

始



發 電 工 學 新 書

電 氣 技 術 研 究 會  
著

電 氣 書 院



543.  
D58

年 月 日 707

上	國								060



錫山濟

正日

543  
D58

# 發 電 工 學 新 書



電 氣 技 術 研 究 會

著



電 氣 書 院

1032  
115

# 發電工學新書

## 目次

### 1 總 說

- 1.1 發電用資源..... 2
- 1.2 水力發電と火力發電..... 5
- 1.3 發電の分類..... 6

### 2 水 力 發 電

- 2.1 一 般..... 6
- 2.2 水量及び流量..... 7
  - 2.2.1 雨 量
  - 2.2.2 流量(流出量)
  - 2.2.3 流域面積
  - 2.2.4 流況曲線
  - 2.2.5 流量の區分
  - 2.2.6 水位の測定
  - 2.2.7 流量の測定
  - 2.2.8 水位流量曲線
- 2.3 堰 堤..... 11
  - 2.3.1 一 般
  - 2.3.2 固定堰堤
  - 2.3.3 高 堰 堤
  - 2.3.4 可動堰堤
  - 2.3.5 堰堤附屬設備
  - 2.3.6 魚 道
- 2.4 取 水 口..... 16
  - 2.4.1 一 般
  - 2.4.2 位 置
  - 2.4.3 構 造
- 2.5 水 路..... 18
  - 2.5.1 位 置
  - 2.5.2 開 渠
  - 2.5.3 暗 渠
  - 2.5.4 隧 道
  - 2.5.5 各水路の比較
  - 2.5.6 勾 配
  - 2.5.7 水 路 橋
- 2.6 水路工作物..... 20
  - 2.6.1 貯 水 池
  - 2.6.2 調 整 池
  - 2.6.3 副 調 整 池
  - 2.6.4 逆 調 整 池
  - 2.6.5 水 槽
- 2.7 水 壓 管..... 23

2.7.1 種 類	2.7.2 配 置
2.7.3 太 さいの 決 定	2.7.4 接 續
2.7.5 施 設	2.7.6 主 要 機
2.7.7 水 壓 管 の 使 用	2.7.8 水 槌 作 用
2.7.9 サ ー チ タ ン ク	2.7.10 水 槌 作 用 輕 減 法
2.7.11 水 壓 管 の 附 屬 設 備	2.7.12 水 壓 管 の 破 壞 原 因
2.8 水 車	30
2.8.1 分 類	2.8.2 落 差
2.8.3 損 失 落 差 減 少 策	2.8.4 ベ ル ト ン 水 車
2.8.5 フ ラ ン シ ス 水 車	2.8.6 プ ロ ペ ラ 水 車
2.8.7 カ プ ラ ン 水 車	2.8.8 特 有 速 度
2.8.9 無 拘 束 速 度	2.8.10 水 車 の 能 率
2.8.11 水 車 の 選 定	2.8.12 吸 出 管
2.8.13 放 水 路	2.8.14 空 洞 現 象
2.8.15 水 車 の 腐 蝕	2.8.16 調 速 機
2.8.17 蓄 勢 輪 效 果	2.8.18 水 車 附 屬 設 備
2.8.19 水 車 の 故 障 原 因 と 防 止 法	
2.9 電 氣 設 備	48
2.9.1 水 車 發 電 機	2.9.2 勵 磁 機
2.9.3 變 壓 器	2.9.4 配 電 盤
2.9.5 母 線	2.9.6 保 護 裝 置
2.9.7 電 線 接 續 圖	
2.10 水 力 發 電 計 畫	65
2.10.1 負 荷 曲 線	2.10.2 發 電 所 出 力 の 決 定
2.10.3 水 車 の 設 計	2.10.4 50 ~ 60 ~ 兩 用 發 電 所
2.10.5 洪 水 位 高 き 低 落 差 發 電 所	2.10.6 洪 水 面 下 の 水 力 發 電 所
2.10.7 雪 害 對 策	2.10.8 建 設 期 間 の 短 縮
2.10.9 模 型 試 驗	2.10.10 資 材 節 約
2.11 水 力 發 電 所 の 運 轉	70
2.11.1 起 動	2.11.2 出 力 の 低 下
2.11.3 出 力 増 加 對 策	
2.12 特 殊 水 力 發 電 所	72
2.12.1 單 床 式 發 電 所	2.12.2 低 落 差 發 電 所
2.12.3 揚 水 發 電 所	2.12.4 自 動 發 電 所
2.12.5 屋 外 式 發 電 所	2.12.6 水 中 發 電 所
2.13 水 力 發 電 所 の 試 驗	75
2.13.1 落 成 試 驗	

## 3 火 力 發 電

3.1 總 說	78
3.1.1 原 動 機 の 種 類	3.1.2 發 電 所 施 設 の 一 般
3.2 發 電 用 燃 料	79
3.2.1 分 類	3.2.2 分 析 と 發 熱 量
3.2.3 粘 結 性 炭 と 熔 灰	3.2.4 石 炭 購 入 に 際 し 考 慮 す べ き 点
3.2.5 石 炭 の 風 化	3.2.6 燃 燒 に 必 要 な 空 氣 量
3.2.7 炭 酸 ガ ス 記 録 計	3.2.8 液 体 及 び ガ ス 燃 料
3.2.9 石 炭 運 搬 裝 置	3.2.10 貯 炭
3.2.11 灰 運 搬 裝 置	
3.3 蒸 氣	85
3.3.1 顯 熱 (液 体 熱)	3.3.2 氣 化 潜 熱
3.3.3 エ ン タ ル ピ (全 熱 量)	3.3.4 限 界 壓 力 及 び 限 界 溫 度
3.3.5 飽 和 蒸 氣	3.3.6 過 熱 蒸 氣
3.3.7 ゲ ー ジ 壓 力 と 絶 對 壓 力	3.3.8 高 溫 高 壓 蒸 氣 の 利 益
3.4 火 爐 及 び 氣 罐	88
3.4.1 火 爐	3.4.2 氣 罐 の 種 類
3.4.3 氣 罐 の 構 造	3.4.4 過 熱 器
3.4.5 過 熱 低 減 器	3.4.6 水 冷 壁
3.4.7 節 炭 器	3.4.8 空 氣 預 熱 器
3.4.9 氣 罐 及 び 附 屬 設 備 の 使 用 材 料	3.4.10 加 熱 面 積
3.4.11 沸 水 作 用	3.4.12 氣 水 分 離 器
3.4.13 氣 罐 の 附 屬 設 備	3.4.14 氣 罐 の 掃 除
3.5 燃 燒 方 式 及 び 裝 置	96
3.5.1 燃 燒 方 式	3.5.2 給 炭 機 燃 燒 式
3.5.3 微 粉 炭 燃 燒 式 の 原 理	3.5.4 微 粉 炭 燃 燒 の 方 式
3.5.5 微 粉 炭 燃 燒 裝 置	3.5.6 微 粉 炭 燃 燒 式 の 取 扱 上 の 注 意
3.5.7 燃 燒 率	3.5.8 通 風 設 備
3.5.9 自 動 燃 燒 制 御 方 式	3.5.10 集 塵 裝 置
3.6 氣 罐 給 水	106
3.6.1 硬 水 と 軟 水	3.6.2 氣 罐 給 水 中 の 不 純 物 の 影 響
3.6.3 給 水 處 理 法	3.6.4 給 水 機
3.7 蒸 氣 タ ー ビ ン	109
3.7.1 タ ー ビ ン が 往 復 動 蒸 氣 機 關 よ り 優 れ て ゐ る 点	
3.7.2 タ ー ビ ン の 分 類	3.7.3 衝 動 タ ー ビ ン
3.7.4 反 動 タ ー ビ ン	
3.7.5 衝 動 タ ー ビ ン と 反 動 タ ー ビ ン の 比 較	

3.7.6 タービンの構造	3.7.7 特殊タービン
3.7.8 タービンの臨界速度	3.7.9 タービンの運転
3.7.10 タービンの最近の発達	3.7.11 調速装置
3.7.12 非常調速機	
3.8 復水設備	116
3.8.1 復水器の目的	3.8.2 表面復水器
3.8.3 表面復水器の附属設備	3.8.4 真空破壊装置
3.8.5 冷却池及び冷却塔	
3.9 管類と瓣類	119
3.9.1 気管の種類	3.9.2 蒸気管の配管
3.9.3 蒸気管の材料	3.9.4 蒸気管の接續
3.9.5 異形管	3.9.6 配管上の注意
3.9.7 瓣類	3.9.8 凝結水排除管
3.9.9 スチーマ・トラップ	
3.10 発電所の熱能率	123
3.10.1 発電所の熱能率	3.10.2 熱勘定
3.10.3 熱能率の向上策	
3.11 電気設備	124
3.11.1 タービン発電機	3.11.2 變壓器
3.11.3 補助機	3.11.4 運轉遠方監視用計器
3.11.5 現在負荷及び豫想負荷表示器	
3.12 設計及び据付	127
3.12.1 位置選定	3.12.2 機器の組合せ
3.12.3 氣壓、氣温の決定	3.12.4 火力発電所の進歩
3.12.5 資材節約	
3.13 運轉と故障並に對策	129
3.13.1 起動	3.13.2 運轉上の注意
3.13.3 運轉中の非常操作	3.13.4 故障と對策
3.14 特殊火力発電所	131
3.14.1 熱貯蔵発電所	3.14.2 水銀タービン発電所
3.14.3 デイゼル機關発電所	
3.15 水火併用	133
3.15.1 水火併用の得失	3.15.2 水火併用の負荷分擔
3.15.3 尖頭負荷用発電所	3.15.4 負荷率の向上策
3.15.5 電力系統の周波數制御	3.15.6 発電機の調相機化

## 演習問題

1 總説	2 水力發電	3 火力發電
------	--------	--------

## 序 説

吾々の日常生活は、窮局する處、エネルギーの轉換と利用に盡きる例へば、一日の行動に就て反省して見ると、朝起きて、食事を攝る之れは食物の有するエネルギーを思考力に行動力に變換する操作である。出勤途上、電車に乗る、この電車は申す迄もなく、電氣的エネルギーを機械的エネルギーとして利用してゐる。更らに、工場に着いて工作機で仕事をする事とも、結局は、機械的エネルギーを利用して物を作るにある。斯くて、エネルギーの轉換に利用に明け暮れするのが吾々の一日であり、昔も今も、はた又、將來も變ることのない、人類の営みである。

之れは、如何に巧みにエネルギーを轉換し利用するかに、民族の興亡がかゝつてゐると云つて、決して過言でない。

従つて、發電工學は、この意味からも十分に研究して貰はねばならぬ。

1つのエネルギーの形態を他の形態に轉換すると、100% 轉換されずに、其處に損失を生ずる。この損失を能ふ限り尠くし、轉換能率を向上することに、吾々は絶間のない努力を續けてゐる。利用の場合も亦、同様であつて、能ふ限り有効に、利用率高く、餘す處なく活用しやうとする。

更らに吾々は、エネルギー資源を常に開拓し、之れを最も利用し易い形のエネルギーに變換することを研究せねばならない。之れが發電工學の受持つ分野である。

元來、電氣エネルギーは1~3本の電線で幾山河を越へた彼方にも、或は海峡を隔てた彼方にでも、自由に手輕に送り得る。即ち、吾々がエネルギーを利用しやうとする場所に極めて簡単に導き得ることが特長であつて、茲に、人類は輝かしい電氣の文明時代を現出し

た譯である。

従つて、エネルギー利用の最終の形が如何にあらうとも、ともかゝ一時は電氣的エネルギーとすることが得策である——尤も、之れが致命的な欠點として、貯藏の困難はあるが——この各種のエネルギーを電氣的エネルギーに轉換することが発電工学の目的である。従つて、発電工学の目標を分つと、電氣的エネルギーに化するエネルギー資源を見出すことと、之れを極めて能率高く、然かも經濟的に電氣的エネルギーに變換することになる。

.....

本書は、現在、實用されてゐる水力及火力発電所に就て、極めて實惠的な智識を與へるに止るが、讀者諸君は、進んで、上述した處から、更らに高い觀點に立つて、視野を発電工学の全分野に及ぼして研究せられるやう希望する。

## 1. 總 説

### 1.1 發電用資源

① **水力發電** 水力發電を太陽熱發電と云ふと、奇異の感にうたれるであらうが、事實はこうである。地上の水分、海水が太陽の熱に依つて蒸發し、之れが雨、雪などに化して高地に降下すると、地勢に應じて流れ集り、河川の流れとなつて海に流ぐ。斯くて再び蒸發し、降下して河川の流れとなると云ふやうに循環する。この滔々たる河川の流れを利用したのが水力發電である。即ち、上流と下流の高低差を利用し、或は河川を堰止めて水位を上げ、河水を高所より落下させ、高速度の流水で水車を回轉させて發電機を運轉する。この水力發電の根源となつてゐるエネルギーは、上述のやうに、實は太陽エネルギーに外ならないのだから、水力發電は太陽熱發電だと申してもよい譯である。

石炭、石油資源に乏しく、有用な火力発電所を失つた我が國では動力源として水力發電に過分の期待が寄せられてゐる。つとに諸君

が承知して居られるやうに、山脈地帯が多く、然かも之れが海岸に迫つてゐる我が國では僅かの水路亘長で大きい落差が得られ、自然の恩恵として水力發電にめぐまれてゐる。

註、我が國の水力発電所に就て、其の落差と流量の範圍を示すと、大体、次の如くである。

落差（水車に働く水壓に相當する高さ） 24—700 米

流量（水力発電所で使用する毎秒の流量） 5—220 立方米/秒

② **火力發電** 今日、火力發電と云はれてゐるのは主に、石炭の有する熱エネルギーから電氣エネルギーを得ることである。即ち、石炭を氣罐（ボイラー）で燃焼して蒸氣を作り、之れで蒸氣タービンを回轉して、發電機を運轉する。或は重油に依つてディーゼル機關を動かして發電機を運轉することもある。

水力發電では流水のエネルギーを直接的に利用するのだから、能率がよく流水の有するエネルギーの約 80% 以上も利用し得るが、火力發電は、石炭を燃して蒸氣を作ると云ふやうに石炭の有する熱エネルギーを間接的に利用するので、發電力として利用し得るのは石炭の有する熱エネルギーの 20% を僅かに越す程度である。尙、火力發電では石炭を常に消費するが、水力發電では其のことがなく運轉費は格安である。然し、水力發電は大きな土木工事をせねばならないので建設費は火力發電の 2—4 倍となり、建設期間も長くかかる。

前述したやうな事情で、我が國では水力を主とし火力を従とする水主火従の發電國策が取られてゐる。

③ **天然ガス發電** 油田を開発すると、同時に天然ガスが得られることが多い。この天然ガスによつてガス機關を運轉し、發電機を回轉して發電を行ふ。

註、我國でも新潟縣や秋田縣等の油田で、實用に供されてゐる。

④ **下水ガス發電** 下水の汚物を腐蝕させて處理するとき、メタンガスを發生する。このメタンガスを利用して發電を行ふ。

註、米國では 200kW を發電してゐる實例がある。

⑤ **地熱發電** 温泉地に行くと、地熱によつて地表面上に蒸氣を

噴出してゐる處がある。この蒸氣によつて蒸氣タービンを回轉し、發電を行ふ。即ち、一種の火力發電である。

註、蒸氣の噴出量にどれ程の永續性があるか判然としたいため、實用には供し難い。

⑥ 風力發電所 別荘地帯に行くと、風車を利用して、井戸水を汲揚げてゐる家がある。風が全く風變りな仕事をしてゐる。又、オランダ等の國で、風車を利用して海水を汲み出してゐるのは、餘りにも有名な話である。然し、これを發電に利用すると、種々な困難がある。その主なものは、風速、及び風向きが常に變化する又、暴風雨のとき、破壊される虞れがある等である。

註、風力發電所は、我が國では未だ實驗の域を脱せず、實用されてゐない

⑦ 潮力發電 潮の干満を利用して水車を運轉しようとするのがこの潮力發電所である。然し、潮の干満は1日に2回宛であるから、1日中連続して發電ができない。又、機器が潮風によつて錆びやすく、壽命が短い等の缺点がある。

⑧ 太陽熱發電 直接的に太陽エネルギーを利用する發電で次の2種がある。即ち、球面型の大きい反射鏡で太陽熱を反射し、その焦點に氣罐を置いて、蒸氣を發生させる。この蒸氣で蒸氣タービンを回轉し、發電機を運轉する。次は、大型の堰層光電池等を作り、これに日光を当て、その發生電氣を利用する。

⑨ 原子力發電 原子力に就ては、現在、吾々は極めて僅かの智識しか與へられてゐないので、詳細を記することが出来ない。要するに、原子爆彈の發生するエネルギーを制御し、之れを永續性のもとして、氣罐の代りに、水を加熱し蒸氣を作つて、タービンを回轉さすことになるらしい。従つて、現在の火力發電と極めてよく似たものになる。原子力發電で困難な問題は、核分裂の際に發生し、タービンに行く蒸氣中にも含まれる放射線の處理である。之れを防ぐには極めて厚い鐵壁を要する。又、發電原價が現在の處では相當に高價になるので、原子力發電が發電界の革命となることは、國際情勢もあつて、10年以上も將來のことになるであらう。

## 1.2 水力發電と火力發電

一般の電力供給用として水力發電と火力發電の得失を比較すると、次の如くである。

① 建設費と運轉費 前述のやうに、水力發電所は、河川の流水を堰止めてこれを發電所に導くため、堰堤や水路等を必要とし、建設費が相當に嵩む。然し、自然の流水を利用するのであるから、運轉費は甚だ安い。

一方、火力發電所は、建設費が水力發電所より遙かに安い。運轉費として石炭石油等の燃料費、人件費等が嵩む。要するに、水力發電所は建設費の金利が大きく、火力發電所は運轉費が大きい。故に、兩者に就いて發電原價は何れが安くなるかを検討する。

② 地理的事務 火力發電所は、電力需用地の中心地點近くに建設することが出来る。然し、水力發電所は、河川の落差と流量を利用するため、山間の僻地に建設され、之れと需用地の間に長大な送電線——變電所——開閉所を設けねばならない。従つて、水力發電の發電原價には之等が附加されて来る。

③ 發電能率 之れも前述したやうに、水力發電では、水の持つてゐるエネルギーの内70~80%が電氣的エネルギーに變へられる。これに對して火力發電では、燃料の保有する熱エネルギーの20~30%程度が電氣的エネルギーに利用されるに過ぎない。即ち、火力發電の發電能率は、水力發電に比べて著しく低い。

④ 負荷率 負荷率とは、或る期間中の需用電力の平均値を、その最大値で除した數値である。この負荷率が著しく低いと、發電所は殆んど輕負荷で運轉してゐることになる。斯様な場合には、水力發電より火力發電を採用して、燃料費を節約する方が經濟的である。反對に負荷率が高い場合には、運轉費の安い水力發電所が有利となる。

註、水力發電に依るか、火力發電に依るかは、有利な水力發電地点があるか、石炭を豊富且つ容易に搬入し得るかを確かめた上で比較せねばならない。然して、我が國では、水力發電の值用水量を夏季並冬季の濁水量にすると出



力1kW 當りの建設費が割高となり、且つ河川の發電力を十分に利用出来ないで、使用水量を過水量以上に取つてゐる。斯くすると、過水量以上に相當する發電力を當時供給用と出来ないで、冬季並夏季に之れを補助する火力發電所——補給用火力發電所と云ふ——を併設する。之れを水火併用と云ひ何れ後述するが、斯様にすると所謂、水主火従の精神が合理的に生かされて、綜合發電原價が低廉となる。更らに使用水量を増して、常用火力發電所を併設することもある。

### 1.3 發 電 の 分 類

① 供給用と自家用 發電の目的から分類すると一般供給用と自家用になる。後者は、例へば、紡績や人絹工業等のやうに、多量の蒸氣と電力を必要とする時、先づ蒸氣タービンで電力を發生し、その排氣を工場に使用する。或は、製鐵所やコークス製造所等で發生するガスを利用してガス機關を動かし發電を行ふ等の他、一般には餘り許可されない。

② 常用と補給用 一般供給用は、更らに常用と補給用に分けられる。前者は常時運轉して、負荷の一定部分を分擔する。後者は、河川が過水して、水力發電所の出力が低下したとか、負荷が増加した等の場合に、補給用として運轉し、負荷の増加部分を分擔する。

③ 豫備發電施設 一般供給用の發電設備には、次の豫備機を設けるやう命令されてゐる。

(イ) 豫備機の總出力は常時出力の 20% 以上のこと

(ロ) 豫備機 1 臺の出力は、最大出力の常用機出力以上のこと

註、以上の目的は電力不斷の供給にあるが、今日の如き資材難の際には、緩和した解釋——例へば、豫備機の兼用——が取られてゐる。

## 2. 水 力 發 電

### 2.1 一 般

水力發電の方式を大別すると、次の 3 種になる。

① 水路式 河川を堰き止め、水路で貯水池に河水を導く。この



水力發電方式

貯水池の水を再び水路で水槽に送り、水槽より急勾配の水圧管内に流下させて、高速度の流水を作り、水車を回轉させる。

註、貯水池は、河川の流量が季節的に變化しても、發電力を一定に保つやう、水を貯へる池である。——豊水期に貯水し過水期に流出さす——この貯水池を小規模にしたものが調整池である。これ等の池は、地勢上より設けられない場合が多々ある。

② ダム式(堰堤式) 河川を横斷して大堰堤を設け、その上流に貯水して高い水位差(落差)を作る。この貯水を水圧管によつて直ちに水車に導き、發電機を運轉する。

③ 水路ダム併用式 上記の兩方式を併用したものである。圖のやうに、河川の取水口から調整池までは普通の水路を用ひ、調整池から水槽までは壓力隧道とする。壓力隧道と云ふのは、トンネル式の水格に壓力のある水を流すやうにしたもので、水壓鐵管の延長と考へられる。故に、調整池より以下は、ダム式的一種と考へてよい

### ④ 水路式とダム式の比較

水路式の利点	ダム式の利点
① 堰堤が小さくてよく、堰堤の築造が容易である。	① 長い水路、水槽、調整池等を設ける必要がない。
② 堰堤が決潰した時の被害が少い。	② 負荷の變動が大で、且つ、急變する場合の發電所に適する(尖頭負荷用發電所)
③ 水路を適當な所に延長して高落差發電所が作られる。	③ 河川流量を有効に利用するため使用水量を大きく取つても、建設費の増加が少い。

### 2.2 水量及び流量

2.2.1 雨量(降水量) 海上、地上の水分が太陽の熱によつて蒸

發し、これが雨、雪、霰、雹と化して地表上に降下する。これを容器に貯めて、その水深を秤で測つたものを雨量と云ふ。雨量には、水深を加算する期間によつて月雨量と年雨量の別がある。年雨量は地域によつて著しく大小があり、又、同一地域でも年によつて異なる。月雨量は、一般に4月~6月の梅雨期が最大で、12月~1月が最小である。

我國の平均年雨量

地 方	平均雨量(耗)	地 方	平均雨量(耗)
北 海 道	1056	山 陰	1756
東 北	1265	内 海	1449
關 東	1654	南 九 州	2444
北 陸	2232	全 國 平 均	1785

註、例へば日本海方面では、11月頃から3月頃迄降雪がつゞき、積雪する一方だから冬季の渇水期になる。4月頃より雪解けして6月頃迄は豊水である。7月、8月は降雨が少ないので夏の渇水期になり、9月~11月頃は、雨量が多く豊水である。

太平洋方面は、2月頃が最渇水期で、5月、6月頃が最豊水期である。又、9月10月頃には暴風雨があり、屢々洪水が出て被害が多い。

**2.2.2 流量(流出量)** ① **流量** 雨量の一部は地表より蒸發し、一部は植物に吸収されて葉面から蒸發し、一部は地中に滲透して地下水となり、その残りが河川の流量となる。

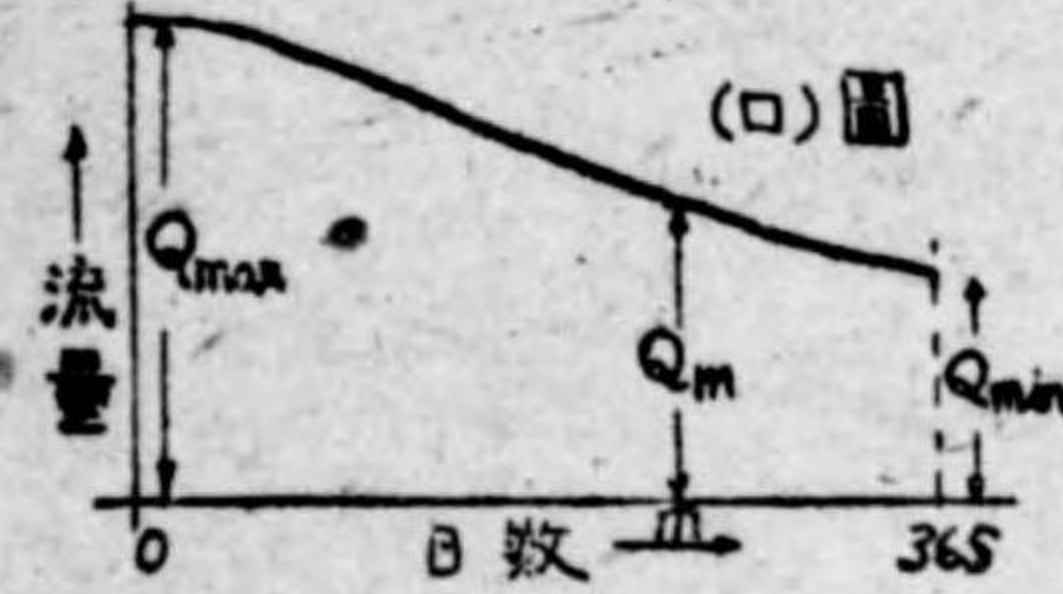
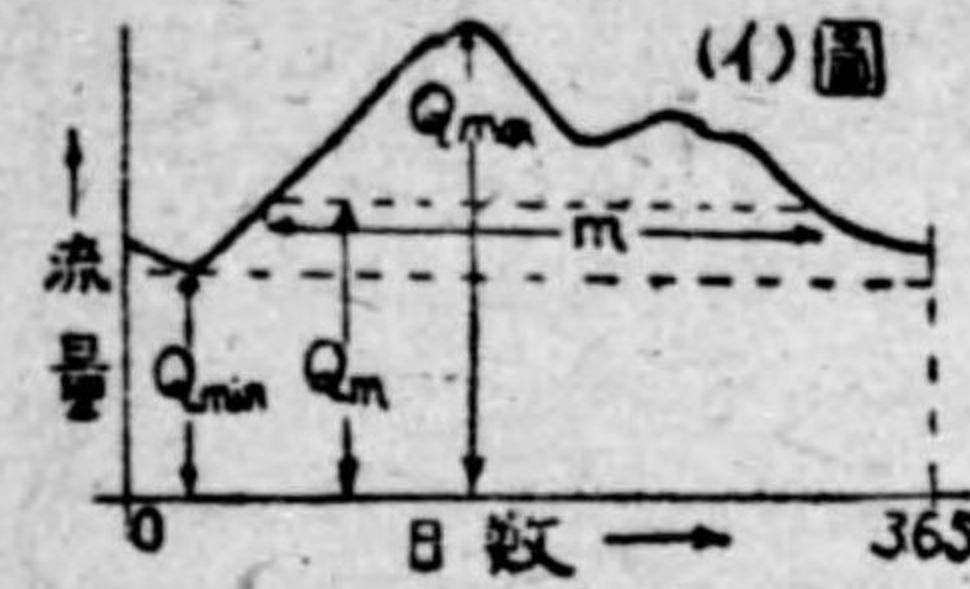
② **流出係數** 河川の流量は、雨量の約20~40%位である。この數値を流出係數と云ふ。流出係數は、雨の降り方や地勢、地質、植林状態、實測する地點等によつて著しく異なる。

**2.2.3 流域面積** 或る河川の流量は、分水嶺で囲まれたその上流地域内に降る雨量によつて定まる。この地域内の面積を、その河川の流域面積と云ふ。故に、河川の一年間の平均流量は、

$$\text{平均流量} = \frac{\text{年雨量(耗)} \times \text{流域面積(平方米)} \times \text{流出係數}}{365 \times 24 \times 60 \times 60} \text{ 立方米/毎秒}$$

註、毎秒1立方メートルの流量を、流量の單位とし、これを1箇と云ふ。

**2.2.4 流況曲線** 上圖のやうに、横軸に日數、縦軸に流量を取



流況曲線

つて、或る河川の毎日の流量を1年365日間記録する。これを下圖のやうに、流量の大きい順に並べる。即ち、最大流量  $Q_{max}$  を左端に、最小流量  $Q_{min}$  を365日の處に夫々取る。又、任意の流量( $Q_m$ )は、上圖より河川流量が  $Q_m$  以上の日數  $m$  を求め、下圖の日數  $m$  の處に  $Q_m$  を取る。斯様にして、河川の一年間の流量を大きさの順に並べたものを流況曲線と云ふ。

註、流況曲線より、任意の流量が一年中で何日間使用できるかを、容易に知ることが出来る。本曲線は、水力發電所の設計に重要である。

**2.2.5 流量の區分** 流量には、一般に次のやうな區分がある。

- ① **渇水量** 1年の中で10日間を除いた355日はこれより下ることのない水量。
- ② **低水量** 1年の中、275日間(9ヶ月)はこれより下ることのない水量。
- ③ **平水量** 1年の中、180日間(6ヶ月)はこれより下ることのない水量。
- ④ **豊水量** 1年の中、95日間はこれより下ることのない水量。
- ⑤ **高水量** 毎年1~2回位起る大出水量。
- ⑥ **洪水量** 數年に一度の最大出水量。

但し、水位に就ても上記と同様に、渇水位、低水位、洪水位等と云ふ。

註、低水量を9ヶ月水量、平水量を6ヶ月水量と云ふこともある。

これ等の各流量は、前圖の流況曲線より容易に求められる。

**2.2.6 水位の測定** ① **測水所** 或る河川の流量、及び水位を實測する處を測水所と云ふ。測水所の位置は、水路の取水口の附近で、次の條件に適合した處を撰ぶ。

- (イ) 河身の真直ぐなこと。(ロ) 河床の變化が少いこと。
- (ハ) 水流の緩やかなこと。(ニ) 地盤の堅固なこと。

② 水位の測定 測水所に量水標(長い棒に、長さの目盛を施したものを)、水面と垂直に建て、その浸水の目盛を讀んで水位を測る。これを、毎日一定の時間に行つて、その實測値を記録する。

註、水位の測定は、放水路、貯水池、調整池、水槽等でも行はれる。

2.2.7 流量の測定 ① 流速計法 河川の横斷面積に、流速の



河川の横斷面

平均値を乗じて、流量を算出する方法である。圖のやうに、流水と直角に河川横斷線 XY を張り、これに約 2 米 (6 尺) 毎の目印をつける。この目印(例へば圖の No2) の直下の流速を、上中下(圖の abc) の 3 點で測り、それを平均して平均流速を求める。次に、No.2 垂線の兩側 1 米 (3 尺) 宛の斷面積 PQRN の面積を測つて、次式よりその平均流量を求める。

$$PQRN \text{ 内の平均流量} = PQRN \text{ の面積} \times \text{平均流速}$$

これを全部の目盛に就いて行ひ、その總和を取ると、この河川の全流量が求められる。

流速計には種々あるが、その原理は、流水中に回轉羽根(スクリュー)を沈めて、その回轉數から流速を知るやうになつてゐる。

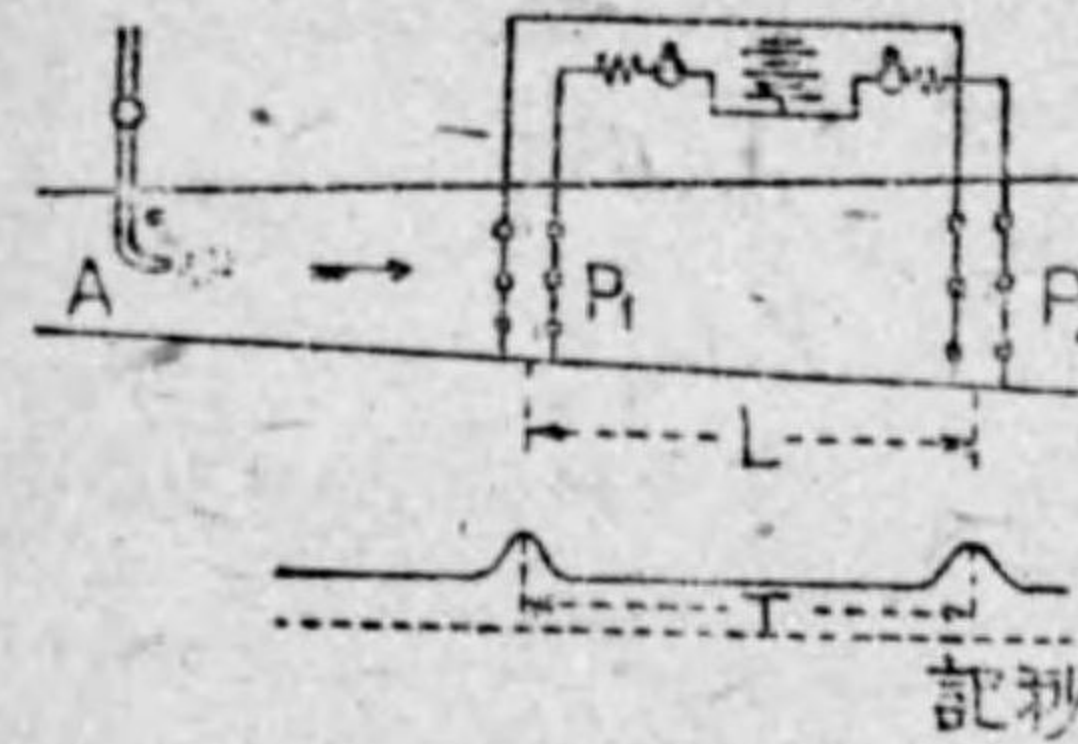
註、上記は精密法であるが、大体の流量を知るには、水面より深さの 6 割の點の流速を測つて、これを平均流速として算出する。

尙、この平均流速を測るには、次のやうな方法がある。

② 浮子法 流水中に浮子を浮かべて流下し、その速度より平均流速を知る。本方法は、流れが緩やかで、河床の平らかな區間でないと、誤差が大きい。

註、浮子には、棒状のものを用ひ、水面下に相當沈ませて、風による誤差を防ぐ。

③ 食塩速度法 水路中に一定の距離を隔てて 2 組の電極を浸しこれに電池を圖のやうに接する。又、電池と直列に記録電流計を挿入して、流水を通じて流れる電流を記録する。河水は清水である



食塩速度法

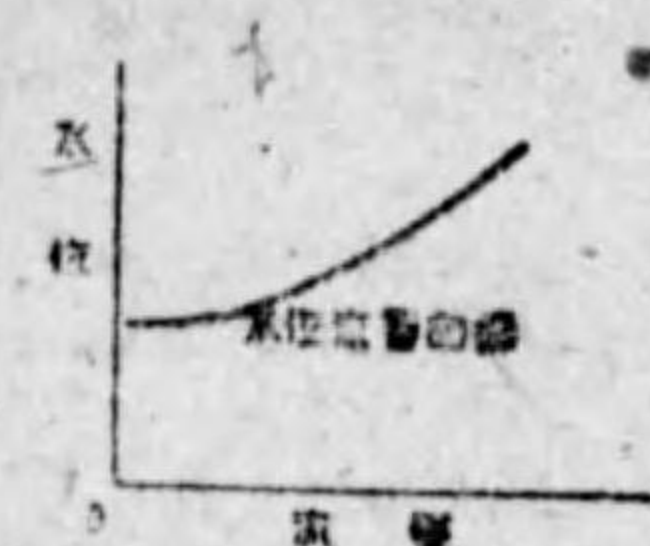
この兩山形間の經過時間で、 $P_1P_2$  間の距離  $L$  を除すると、流速が求められる。

註、本方法は割合に正確で、費用が少く、最近廣く用ひられてゐる。

④ 堰測法 流水を堰き止め、堰に矩形、又は三角形の切込みを作つて、これより流水を放流させる。放流の水深より流量を算出する。

註、本方法は、正確であるが、流量が大きいと費用が高む。

2.2.8 水位流量曲線 横軸に流量、縦軸に水位を取つて、或る



水位流量曲線

河川の水位と流量の關係を表はしたものを水位流量曲線と云ふ。この流量  $Q$  と水位  $h$  との間には、一般に次のやうな關係がある。

$$水量 Q = a + bh + ch^2$$

但し、 $a, b, c$  は常數で、その數値は曲線より求められる。

註、或る河川について、一度この水位流量曲線を求めて置くと、以後は、水位を量水標で讀むだけで、簡単に流量が求められる。但し、河床等が變化するので、時々この曲線を更正する必要がある。

2.3 堰 堤

2.3.1 一般 水力發電所に於て、堰堤を使用する目的は

- ① 水の取り入れを容易にする(水路式)
- ② 高い落差を作り、この落差を發電で利用する(ダム式)
- ③ 貯水して、河川の流量が變化しても、發電力を保持する。

から、常時は殆んど電流が流れない。今、この上流 A に於て、濃食塩水を短時間噴出すると、それが流水に混じて  $P_1$  に來た時、電極間の電氣抵抗が減じて電流計の記録に第一の山形が出来る。更らに、食塩水が  $P_2$  に達すると、第二の山形ができる

次に、堰堤を築造するに適當な地点は、

- ① 岩盤が露出して、地盤が堅固なこと。
- ② 河床が狭いこと。但し、流量が大きく、急流の場合には、工事の容易な地点を選ぶ。
- ③ 堰堤に貯水する時、その上流にある民家や田畑等の浸水が少いこと。
- ④ 洪水による被害の少いこと。
- ⑤ 高い堰堤では、萬一決潰した場合に、その下流に及ぼす被害の少いこと。

註、堰堤は、資材を節約し、強度を増すために河身に直角に設けることを原則とする。

2.3.2 固定堰堤 堰堤を使用材料によつて分類すると、次表の如くである。

分 類	構 造	用 途
木 造 堰 堤	木材で組立てたもので、建設費は安い が、修繕費が高く寿命が短い。	工事用 假堰堤
土 堰 堤	土壌を堆積し、中心にコンクリートの 柱を入れて補強する。堰堤の上部より 溢流させると決潰する。	灌漑用、水道用
石 造 堰 堤	堰堤の表面に石を張つたもので、内部 には普通玉石コンクリートを詰める。 工事期間が短く石材の多い處に適する	溢流堰（堰堤の 上部を水が越し て流れる）
鋼板製堰堤	鋼板を組立てて堰堤としたもので、中 空である。寿命が短く、工事費が嵩む	餘り用ひられ ない
コ リ ト 製 堰 堤	堤体を全てコンクリートで作る。機械 的に丈夫であり、重量が大きいので安 全である。	ダム式等の大堰 堤に廣く用ひら れる
鐵筋コン ク リ ー ト 堰 堤	鐵筋を入れて補強し、中空にして資材 を節約したものである。竣工期間が短 く、經濟的であるが、輕量のため倒壊 する虞れがある。	

次に、堰堤を構造上より分類すると、次の如くである。

- ① 重力堰堤 堰堤の受ける力——即ち、轉倒しようとする力と押し流さうとする力——を堰堤自身の重さによつて支へる。本型は地盤の良い處で採用され流木、筏等が衝突しても丈夫な特長がある

註、コンクリート堰堤、石造堰堤、土堰堤等は重力堰堤である。



(A) 重力



(B) 中空



(C) 洪

堰堤 構造上の分類

② 中空堰堤 資材を節約するため、堰堤を中空にしたものである。堰堤と水の接觸面を斜にして、この部分の水の重量により、堤体の轉倒や滑りを防いでゐる。

註、材料費は重力型の4割位ですが、流木が多い處には適さない。本型には、鐵筋コンクリート堰堤等がある。

③ 洪堰堤(アーチ・ダム) (C) 圖のやうに、堰堤の面を水に對して凸出させ、水壓を兩側の岩盤で支へたものである。狭い溪間では、半径が小さい爲に、堰を薄くしても丈夫で、材料が節約できる。

註、但し、長い堰堤では上記の効果が少く、重力堰堤に近くなる。従つて、資材は餘り節約されない。

2.3.3 高堰堤 最近、高堰堤の採用される場合が多くなつた。その理由

は

- ① 堰堤の築造技術が進んで、高堰堤が容易に出来るやうになつた。
- ② 河川の流量を有効に利用するため、高堰堤を採用して、貯水量を増す。
- ③ 大容量のダム式發電所が建設されるやうになつた。
- ④ 河川の流量を發電用、灌漑用、流木用等の多方面に使用する等に依る。

高堰堤には、一般にコンクリート造の重力堰堤が用ひられる。次にその築造上の諸点を記す。

- ① グラウジング(膠結法) 高堰堤を築造するには、地盤の良いことが最も重要で、岩盤の露出してゐる處が適する。この岩盤に龜

裂等がある場合には、これにセメント汁を高圧力を浸透させる。これをグラウジングと云ふ。

註、クラウジングは、水路に亀裂が生じた場合等にも行はれる。

② **コンクリートの水和熱** コンクリートが硬化する際には、化学作用によつて多量の熱を発生する。そのため堤体に亀裂が発生することがある。これを防ぐには、堰堤を區切つて、逐次に築造して行く。

註、堤体内に抵抗温度計の素子を埋入れて、堤体内の温度を測る。又、堤体内に冷却水管を設けて、冷却を行ふこともある。

③ **監査抗** 堤体内に横抗を設けて、体内の亀裂等を検査する。又、排水を行ふ。

④ **伸縮接手** コンクリートが温度の変化によつて伸縮すると、堰堤に大きい内力が生じて、亀裂を発生する虞れがある。これを防ぐために、堰堤を區割して、その間に銅板等を入れる。これを伸縮接手と云ふ。

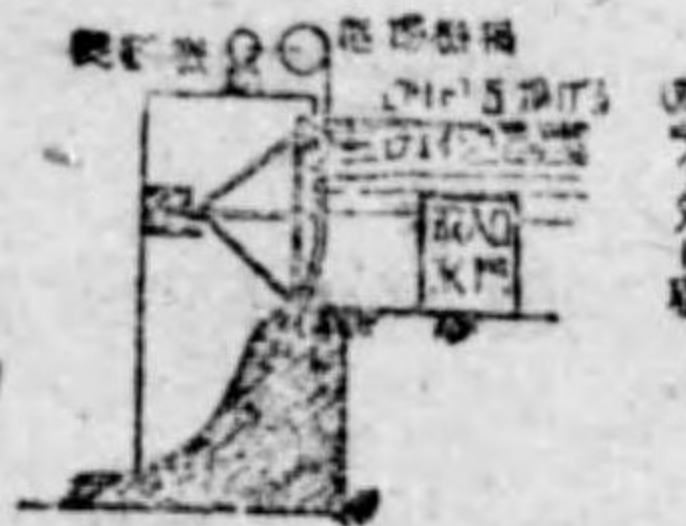
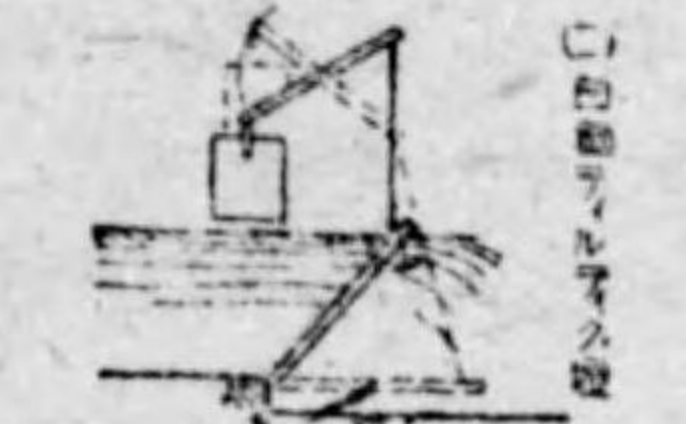
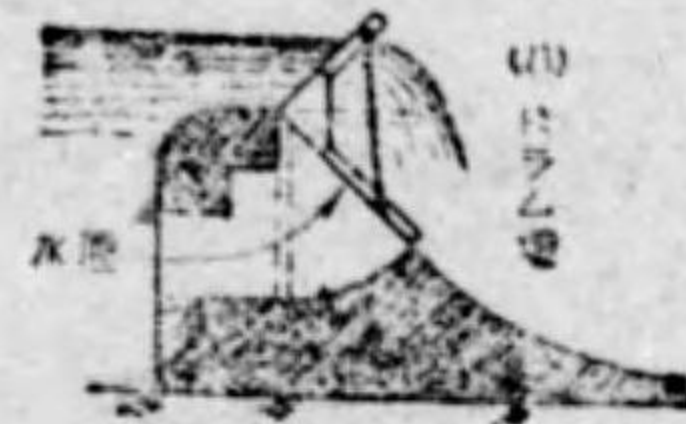
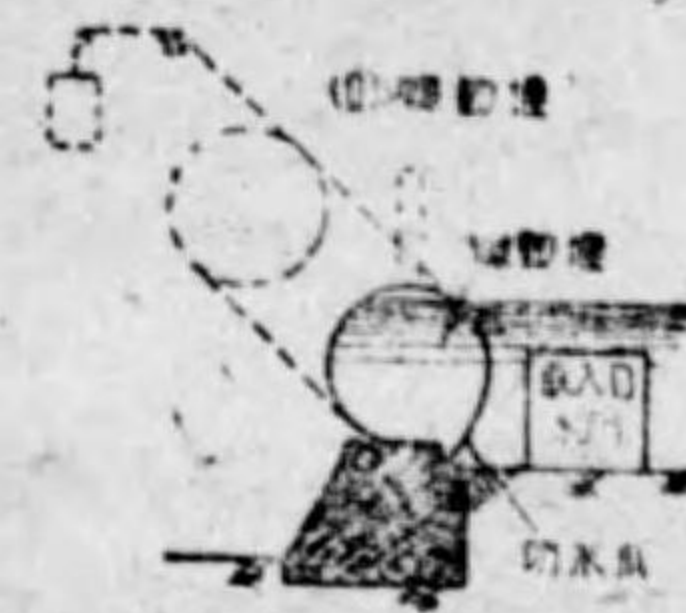
⑤ **洗堀** 堰堤の上流より水を溢流させると、堰堤の下流が洗堀される。これを防ぐために、堰堤の裾に邪魔物を置いて、溢流した流水の勢を挫く。

2.3.4 **可動堰堤** 堰堤の高さが變へられるもので、固定堰堤の頂部に用ひられる。その目的は、

- ① 洪水時には、堰堤を低くして、多量の水を放流させる。
- ② 洪水時に流下する木材、土砂等を放流させる。
- ③ 平時には満水位を低くし、濁水期前に満水位を高めて、発電所の使用水量を一定に保つ。等にある。次に可動堰堤を分類すると次の如くである。

① **負落** 堰堤に設けた凹状切込みの相對する兩側面に溝を作りこれに長方形の木材を積み重ねて水を堰き止める。水位を上下するには、その数を増減する。

② **決窩板** 木板を組立て、堤を作る。洪水時に水位が上昇して溢流するやうになると、破壊されて流れ去る。寿命は1回限りであるが工費が安い。



③ **可動堰(ローリング・ダム)** (ロ) 圖のやうに鐵板製の圓筒で水を堰き止め、常時には水が充滿してゐる。これを齒車と鎖によつて巻揚げる、その際に、圓筒内の水は放流する。

註、長いものが作られ動作が容易であるため洪水量の多い處に適する。然し、漏水し易い缺點がある。

④ **自動ドラム堰** (ハ) 圖のやうな構造で、常時には、下部の水壓が上部の水壓よりも大きく、扉は圓の位置にある。水位が上昇して溢流すると、上部の水壓が勝つて扉は点線のやうになる。流量が減ると扉は再び元の位置に歸つて、水を堰き止める。

⑤ **自動テイルタンク堰** (ニ) 圖のやうな構造で、水壓と重量を平衡させてゐる。その作用は④と同様で、溢水時には扉は点線のやうになる。

⑥ **テンター堰** (ハ) 圖のやうに鋼鐵板を扇形に作り、扇の要に當る處を中心にして、上下に巻揚げるやうにする。上部と下部の水壓が差動的に働くので、開閉が最も容易である。巻揚げには、電動機を用ふる。

⑦ **スルース堰(上下動堰)** 普通の水門に用ふる門扉と同様で、上下して放水口の開度を變へる。

註、門扉にローラーを付けて、上下動を容易にしたものをローラー堰と云ふ。

2.3.5 **堰堤附屬設備** ① **土砂吐門** 堰堤の上流より多量の砂利、土等が流下すると、堰堤を堰め、又、取水口から水路に流れ込んで、通水量を減ずる。これを防ぐため、堰堤の底部に水門を設けて、これを時々開いて土砂を排出する。この水門を土砂吐門と云

ふ。

② 余水吐 堤体の頂部より水を溢流させない堰堤では、余水を放流させるために、堰堤の一箇處を低くして、これに余水路を設ける。これを余水吐と云ふ。

註、余水路は、一般に開渠、コンクリート管、鐵管等で作られる。工事費を節約するために急勾配にして、水路の長さを減じ、流水速度を大きくして断面積を減ずる。

餘水路は、一般に土砂吐水門にも連絡され、水櫃に土砂も流下させるやうにしてゐる。

③ 流木路 河川を横断して堰堤を築くと、流木や舟の運行が中断される。流木が少い場合には、堰堤の一部を切開いて、これに角落しを設けて置く（これを流木路と云ふ）。流木が滞つた時、この角落しを開いて木材を水と共に流下する。流木が多い場合には、鐵板で放水路を作り、木材を1本宛流す。

註、或は、堰堤の上下にケブルカーを懸けて、これに材木を乗せて運搬する方法もある。この一種にインクラインがある。

2.3.6 魚道(魚梯) 河川を遡降する魚類(鮎、鱒、鮭、鰻など)が堰堤に阻止されないやう、堰堤に魚道を設ける。

① 勾配式 堰堤の上流と下流を緩やかな勾配で連絡し、これに放流したものである。魚類がこの勾配を遡上できるように、水流をなるべく緩やかにする。

② 階段式 上記の勾配に階段を作つて、魚が休息し乍ら跳躍して登るやうにしてゐる。

③ エレベーター式 堰堤の下流に水深を作り、その下に掬網を沈めて置く。魚が此處に集まると、エレベーターで掬網を引上げて堰堤の上流に魚を放流する。

註、魚を一箇所に集めるには、電氣網を用ふる。これは水中に或る間隔を置いて針金を張り、その間に低い電壓を加へる。魚は、この針金に近づくと感電するので近寄らない。

## 2.4 取 水 口

2.4.1 一般 堰堤で堰き止めた水を水路に導く處を取水口又は

取入口と云ふ。その目的は、

- ① 水路へ流入する土砂や砂利等を少なくする。
- ② 流木や玉石等を水路に入れない。
- ③ 制水門を設けて、水路への取水量を加減する。或は、取水を全く遮断する。
- ④ 洪水時にも安全に取水ができ、且つ、被害を少なくする。

2.4.2 位置 取水口の位置は、堰堤の近くで、上記の条件をよく満す處に設ける。即ち、

- ① 水の流れが真直ぐで、緩やかなこと。又砂礫が沈殿しない事
- ② 地盤が良く、取水口の築造が容易なこと。
- ③ 洪水時に、土砂や流石、流木等が取水口に向はぬこと。

2.4.3 構造 圖は堰堤、及び取水口の見取圖である。



堰堤及び取入口

① 防柵 取水口の前方に柵を浮かべて、流木や流石による被害を防ぐ。

② 溺堤 取水口の閘を河床より高くして、土砂や砂利の流入を防ぐ。或は、取水口の前河床に、高さ1米位の堰を造るこれを溺堤と云ふ。

③ 塵除金物 浮游物や流木等を阻止するために、鐵柵を設

ける。これを塵除金物と云ふ。

④ 制水門 取水量を加減するために設ける。一般に上下動の門扉(ストニー式、カタピラー式など)が用ひられる。

⑤ 沈砂地 水路の断面積を大きくして、流速を緩やかにし(0.3~1m/秒)、この區間を長くして(150~200m)、流水中の土砂を沈殿させる。この沈砂池と水路との間に溺堤を作つて、その前部に土砂が溜るやうにする。この土砂を時々排除するために、沈砂池と並列に豫備の水路を設ける。

註、水路の取水中に土砂を含むと、これが水路中に沈殿して、水路の通水

量を減ずる。又、水路の周縁を侵蝕する。更らに水車に達すると、水車を摩滅してその能率を低下する。

⑥ 土砂吐 沈砂池に沈澱する土砂を、常時排除するために設ける。

⑦ 餘水吐 取水口より過剰の水が入つた際に、この余水を放流する。

2.4.4 取水口の監視 ① 制水門の開きと取水量の割合を豫じめ知つて置き、所要の取水量に對して、制水門を適度に開く。

② 洪水時に、余分の水を水路に入れぬやう堰堤、及び取水口の制水門の開度を加減する。

③ 塵除金物の塵埃を時々掃する。

④ 増水時には、土砂吐水門を開く。

2.5 水 路

2.5.1 位置 取水口より取入れた流水を水槽に導くのが水路であつて、その位置を選定するには、

- ① 工事が容易で、水路の直長が短いこと。
- ② 山崩れや斷層等の虞れがないこと。又、土捨て場に困らないこと。
- ③ 水路の落差損失が少いこと。又、工事費が安いこと。

2.5.2 開渠 漏水する虞れのない土質の處では、單に掘割るだけで装工しない。この場合、流速が大きいと水路の内壁を侵し、小さいと流水中の土砂が沈澱し、苔が生じて流水の摩擦を増す、一般に採用される流速は、

粗砂層 0.45~0.65 米/秒。 硬岩 4 米/秒

粗 砂 0.19 米/秒 砂利 0.45 米/秒

但し、水路の内壁をコンクリートで塗つた場合、或は石積みにして、摩擦を少なくするために、その表面にモルタル(セメントと砂を調合したもの)を塗つた場合の流速は

流量 15 立方米/秒 以下 流速 1.5~2.0 米/秒

" 15 立方米/秒 超過 " 2.7~3.45 米/秒

2.5.3 暗渠 開渠で掘割が深いとき、その上をコンクリートで巻いて土を覆せたものである。その形状は、次の隧道と同様である

2.5.4 隧道 普通の隧道と同様であるが、次の 2 種がある。

① 無壓隧道 水路の内壁に、強制的な水壓の加はつてゐない隧道を云ふ。その断面積は、水面が高さの 80~95%



無壓隧道

のときに所要の水量を通ずるやうにする。又、断面の形状は、地質が岩盤等のやうに良質の時には、工事に便利で、外壓によく耐へ、經濟的な馬蹄形が一般に用ひられ、内面を装工しない。然し、漏水の虞れがある場合には、内面にモルタルを吹き付ける。或は、コンクリートで巻き、その上にモルタルを塗つて、流水の摩擦損失を少なくする。

② 壓力隧道 隧道とした水路に水壓を有する水を通じたもので水路と云ふよりむしろ水壓管の延長と考へられる。崩落ちや漏水の虞れがない地質では無装工にするが、地質の悪い時には断面を圓型にして鐵筋コンクリートで巻立てる。壓力隧道の流水は、兩端の水壓の差によつて流れるため、他の水路のやうに傾斜をつけなくともよい。

2.5.5 各水路の比較

	特 長	缺 点
開 渠	① 工事費が最も安い ② 工事の期間が短い ③ 流量の増加が容易にできる	① 水路の長さが増し、落差損失が大きい ② 山崩、地震等で埋没され易い ③ 水が溢流すると崩れる。
無 壓 隧 道	① 水路直長を短く出来る ② 永久的で、保守費が少い	① 工事費が高み、工事期間が長い ② 一般に増水の餘裕がない
壓 力 隧 道	① 所要水量の急變に應じられる ② 勾配を要せず、落差損失が少い ③ 流速が大きくなり、断面面積が小さい	① 工事費が最も高む ② 漏水が起り易い

註. 以上の各水路の傾れを選定するかは、使用の安全、工事費 及び維持費の大小、落差損失等を考へて定める。

尚、壓力發道が採用される場合は、

① 堰堤式發電所は、堰堤に貯水して落差を作り、水壓の加はつた水を水路で水車に導くとき、

② 調整池、又は貯水池で水位の變動が大きい時、水位の高い時の落差を有効に利用する場合等である。

**2.5.6 勾配** 流水に適當な速度を與へるために、水路は幾分か傾斜させる。これを水絡の勾配と云ふ。

勾配を緩やかにすると、落差の損失が減ずる。然し、流速が小さくなり、一定の水量を通すのに水路の所要斷面積が増大して、工事費が増す。勾配を急にすると、この反對になる。一般に採用されてゐる値は 1/10.0~1/5000 である。

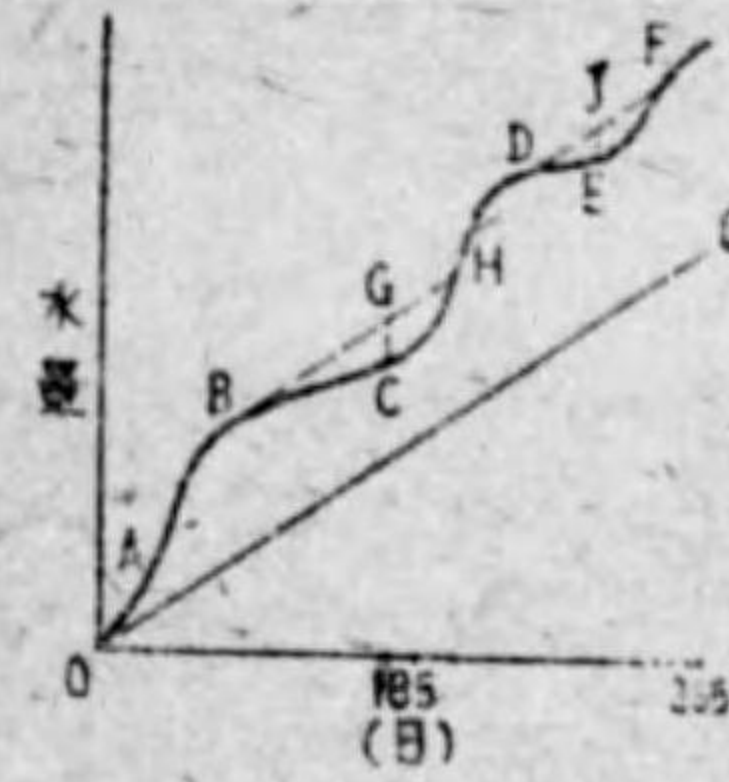
註. 例へば、1/1000 の勾配と云ふのは、水路の直長が 1000 米につき、落差が 1 米となることを意味する。

**2.5.7 水路橋、逆サイフォン** 何れも水路が溪川等のやうな窪地を横斷する時に用ふる。水路橋は、水路を橋のやうに高い桁で支へたものである。逆サイフォンは、これと反對に、鐵管等で U 字型に地面を這はせたものである。

**2.6 水路工作物**

**2.6.1 貯水池** 河川の流量は季節によつて變化する。即ち、普通 12~2 月は渴水する。然し、一般需用家の使用電力は、冬季には増加して最大になるから、河川の流量が不足する。そこで豊水期の余水を大きい池に貯へて、渴水期にこの水を使用する。斯様にすると、發電所の常時使用水量を河川の渴水量より大きい低水量、或は平水量に取ることが可能で、河川の流量が有効に使用される。この目的に設けられた池を貯水池と云ふ。貯水池の容量は、必要の限度内で大きい方が良いが、一般に地勢によつて制限せられる。通常天然の湖沼や溪間等を利用してゐる。

〔貯水池の容量算定〕 横軸に 1 年間の日数、縦軸に水量を取つて河川の流量を日々積算して行くと、例へば圖の ABC...F 曲線のや



流量積算曲線

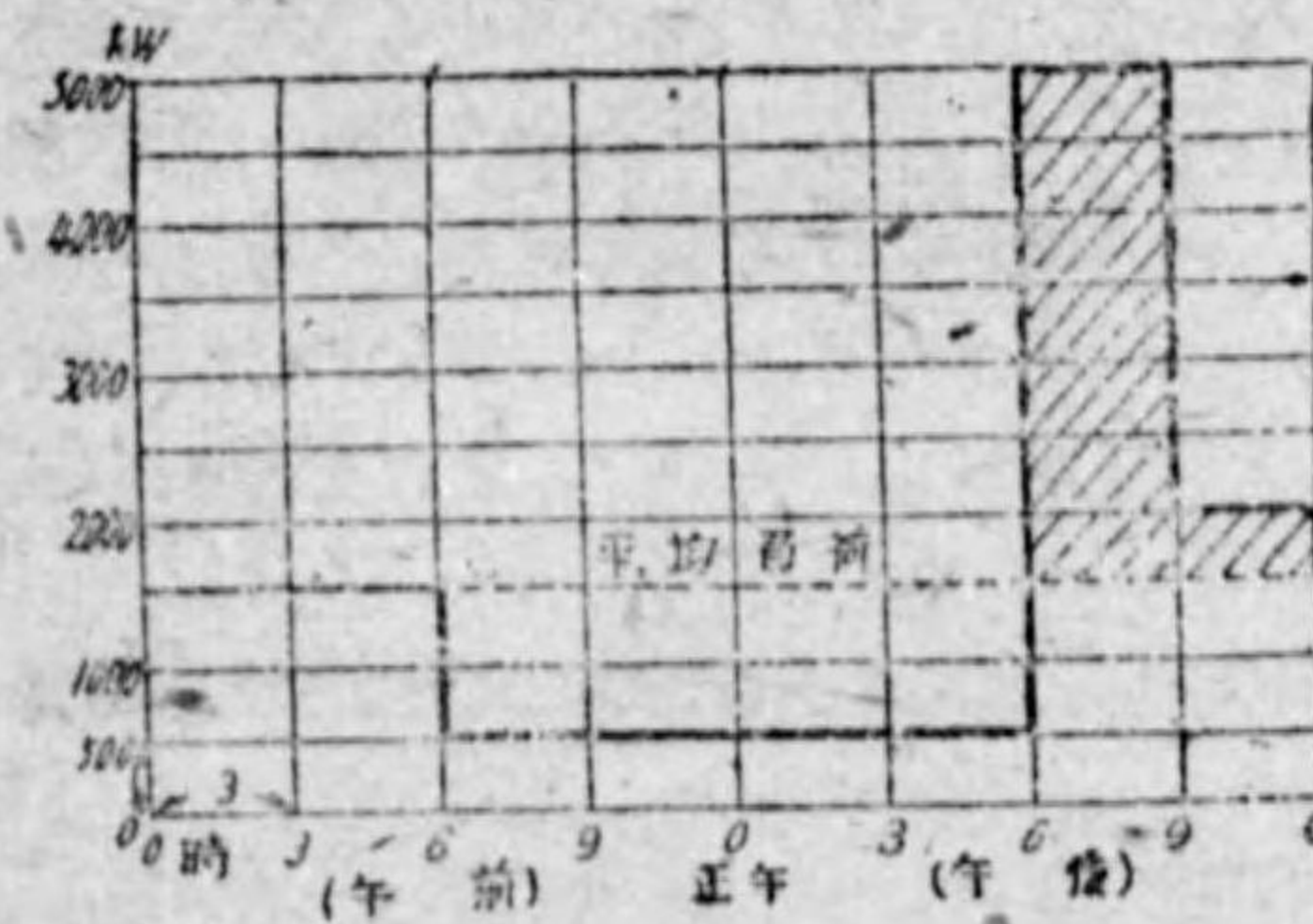
AB間……貯水 BC間……放水 CD間……貯水  
DE間……放水 EF間……貯水

故に、貯水池の容量(貯水量)は、CG、又は EJ の何れか大きい方に相當する水量にする。

註. 貯水量は、立方メートル、又は、個日で表はされる。1 個日と云ふのは、毎秒 1 立方メートルの水量を 1 日中貯水した時の水量である。即ち、

$$1 \text{ 個日} = 1 \times 60 \times 60 \times 24 \text{ 立方メートル}$$

**2.6.2 調整池** 一日中に於て、發電所の使用水量の少い時(輕負荷時)に貯水し、使用水量の大きい時(重負荷時)に之れを放水する目的に設けられるのが調整池である。即ち、貯水池が河川流量の季節的變化を補ふのに對して、調整池は、發電所使用水量の一日中の變化に應ずる。



負荷曲線

調整池の容量は、負荷曲線によつて定められる。即ち、圖のやうな發電所負荷曲線に對し、平均負荷以上の尖頭負荷電力量(斜線を施した部分)に相當する水量を、調整池の容量にする。一般の發電所では、冬季に於て尖頭負荷電力が 4~5 時間続いた時の電力量に相當する水量を調整池

調整池の容量は、負荷曲線によつて定められる。即ち、圖のやうな發電所負荷曲線に對し、平均負荷以上の尖頭負荷電力量(斜線を施した部分)に相當する水量を、調整池の容量にする。一般の發電所では、冬季に於て尖頭負荷電力が 4~5 時間続いた時の電力量に相當する水量を調整池



の容量としてゐる。

註、調整池の容量は、然り大きくないから全く人工的に作られることが多い。

尚、貯水池、調整池には漏水や蒸發があり、悉くの貯水が利用されないから、實際の容量は、上記の各算出値よりも幾分大きくする。勿論、經濟的に許されるなら、なるべく大きくして置く方が良いが通常、地形地質によつて制約されることが多い。

〔調整池の附屬設備〕 ① 土砂吐門 調整池に堆積した土砂を一年に1~2回排出するために土砂吐門を設ける。

② 平水渠 調整池の入口と出口を連絡した水路を云ふ。調整池を掃除する時、取水をこの水路に通ずる。

③ 流入口及び流出口 調整池より出てゐる水路が壓力隧道の場合には、最低水位でも壓力隧道内に空氣が入らぬやうにする。

④ 其他 塵除金物、雪除裝置、氷除裝置等を設ける。

2.6.3 副調整池 調整池から發電所迄の距離が長いと、その間の水路が水が流れるのに相當の時間がかかり、水路が壓力隧道でないと、流量が負荷の急變に應じ切れぬ。このやうな場合、發電所の近くに、今一つの調整池を設ける。これを副調整池と云ふ。

註、副調整池は、後述の水槽を大きくしたやうなものである。

2.6.4 逆調整池 上記の調整池を設けると、輕負荷時には余剰水量を貯水するので、この時、發電所より下流の河川の流量が減退して灌溉用水や舟運等に支障を來す。これを避けるために、發電所の下流に更に調整池を作つて、上流の調整池で變化した流量を、元の平均した自然流量に戻して放水する。即ち、上の調整池が貯水するとき放水し、放水するときに貯水する。従つて、之れを逆調整池と云ふ。

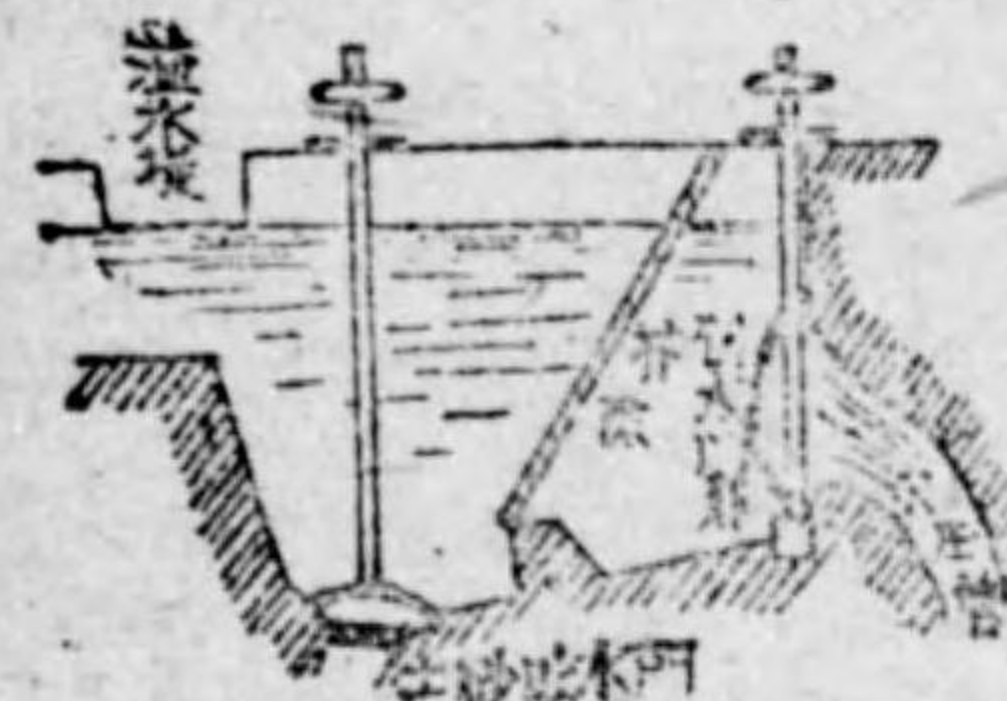
註、一つの河川に多數の發電所がある場合は、逆調整池は最下流の發電所に設ける。

2.6.5 水槽 水路と水壓管の連結点に水槽を設ける。その目的は

① 負荷の急變に應ずる。即ち、負荷が急増した時の所要水量の増加を一時補ひ、反對に負荷が急減すると、余水を貯水、又は放水

する。

- ② 水中の上砂や塵芥を除いて、水車を保護する。
- ③ 水路からの水が渦流しないやうに水壓管に導く。
- ④ 水槌作用(後述)を緩和する。



〔水槽の附屬設備〕 圖のやうに溢水堤、土砂吐水門、弁除金物、制水門等を設ける。

水槽内の流速は、土砂の沈殿を容易にするため、0.3米/秒位に低下する。

註、水槽の容量は、發電所の最大使用水量を數分間供給できる程度にする。

〔サイホン余水吐〕 水槽溢水堤の中を長くできない時、又は、多量の水を溢流させる必要のある場合には、サイホン余水吐が適する。



サイホン余水吐

① 構造 水槽の堤体中に、圖のやうに灣曲した放水路を設け、その一端は水槽水面下に、他端は放水面下に夫々開口させる。然して、灣曲放水路の頂部は、溢流を開始させる

水位とし、この部分に空氣孔を設ける。

② 作用 水槽水面が高まると、最初は普通の溢流堤と同様に、放水路の頂部より水が溢流する。水面が更らに上昇すると、空氣孔は水で塞り、水が放水路を落下する時、放水路内を眞空とするやうに働き、水の吸込作用を増大する。故に、普通の溢流堤より、溢水速度が遙かに大きい。

## 2.7 水壓管(ペンストツク)

2.7.1 種類 水槽(ダム式では、堰堤上流の貯水)から、水車に水を導く爲に用ふる水管を水壓管と云ふ。主として軟鋼板に依る鐵管が用ひられるが、各種の水壓管を示すと次表の如くである。

普通管	銑接管	鐵板の重ね合せ部分を、銑綴りする。この部分が弱点になり易く、約100米以下の落差に使用される。銑頭が流水の摩擦損失を増す。
	熔接管	鐵板の重ね合せ部分を熔接する。材料が節約され、流水に対して摩擦損失が少い。又、銑綴部の腐蝕が少く寿命が長い。
	引拔管 (鑿目なし管)	熔鐵より引拔法によつて、直接に管を作つたもので縦の鑿目がない。強度が最も大きく高落差に用ひられるが高價である。
特殊管	鑄鋼管	鑄型によつて鑄造したもので、内部に氣泡が生じ易く、高落差には適さない。曲管等の特殊管に用ひられる。
	鐵管 コンクリート管	鐵材を要せず安價であるが、強度が小さい。落差約60米以下に用ひられる。
	木管	落差約30米以下に用ひられる。寿命が短い。

〔接合能率〕 水壓鐵管の接合部分の強度が、鐵板部分の強度の何割に當るかを接合能率と云ふ。その値は、

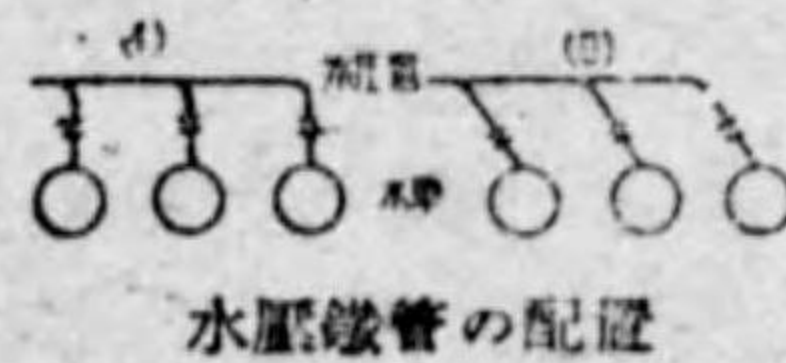
銑綴管 單列 50% 複列 70~80% 三列 73~85%  
 熔接管 電氣熔接管 80~100% ガス熔接管 90%

2.7.2 配置 發電所に多量の小水車があるとき、建設費を節約するため、1本の水壓管より數台の水車に分岐する場合がある。この時、圖(イ)のやうに分岐管の角度を鋭くすると、流水の摩擦損失が増加するから、(ロ)のやうに鈍角にする。

然し、最近では、水車1台に水壓鐵管1本を設けて、運轉を容易にする單位式が貴く用ひられる。殊に高落差、大水量ではこの方が經濟的である。

2.7.3 太さの決定 同一の流量に対して、水壓管内の流速を大きくすると、

- ① 管の所要直徑が小さく、安價になる。
- ② 流水の摩擦損失が増す。又、水槓作用(後述)が大きくなり



管を破裂さす危険が加はる。

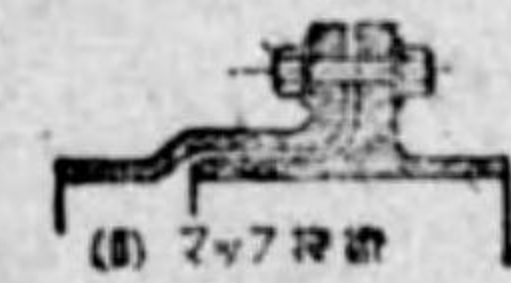
水壓管内の流速は通常3米/秒位に定められる。其處で水壓管の直徑は、次のやうにして算出される。

$$\text{水壓管の斷面積} = \frac{\text{發電機の所要水量(立方米/秒)}}{\text{流速(米/秒)}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{故に、水壓管の直徑 } D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \text{水壓管の斷面積}}$$

注、但し、水壓管内の流速は下部になる程加速するから、管の直徑も、上部より下部になる程、小さくてよい。

2.7.4 接續(接手) 水壓管は据付、及び運搬に便利なやうに、1本の長さを10米位にしてゐる。——太い管内に細い管を入れて運ぶ——従つて、これを多數接續しなければならない。その接續には圖のやうな方法がある。



水壓鐵管の接續



伸縮接續

銑接管……フランチ接續

熔接管……薄いものはパンプ接續

中厚のものはマッフ接續

厚いものはフランチ接續

引拔管……フランチ接續

〔伸縮接續〕 水壓管は、外氣の溫度によつて伸縮する。この内力が上記の接續部分に加はつて、之れを損傷し漏水する虞れがある。其處で

水壓管路の適當な處に伸縮接續を挿入する。圖は、その構造の一例を示したもので、一方の管が他方の管の内部に摺動できるやうになつてゐる。

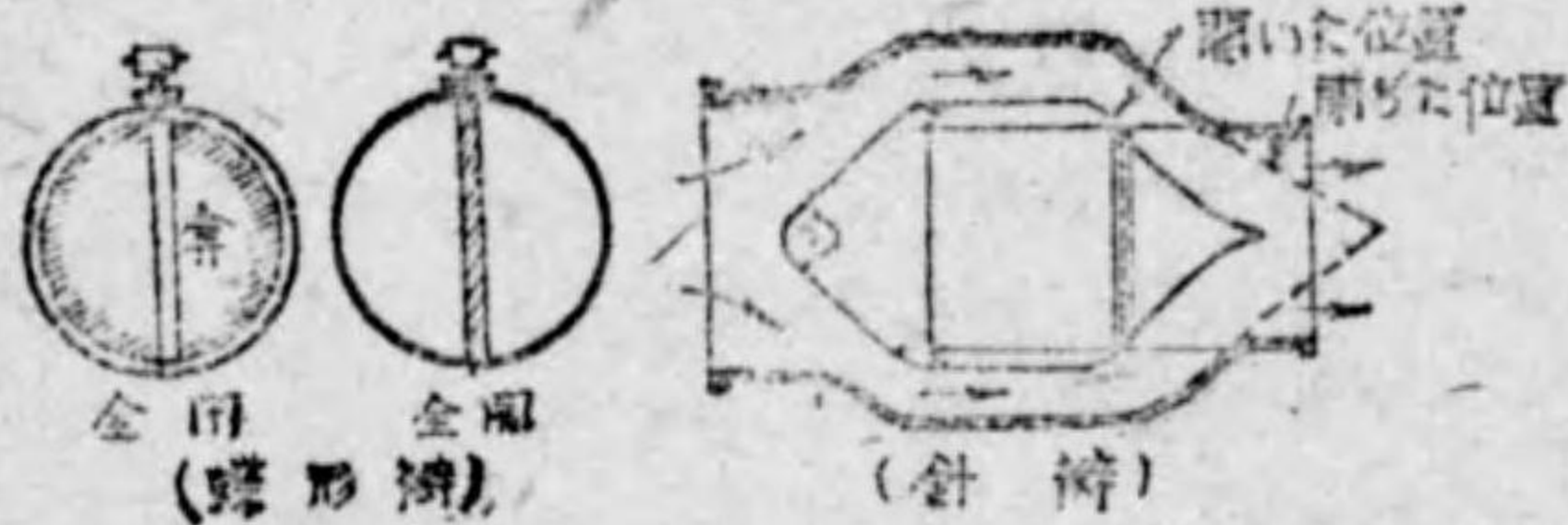
2.7.5 施設 水壓管を施設するには、次の2つの方法がある。

露出管	①鐵管が周圍の土壤によつて、腐蝕される事が少い。
	②鐵管の施設費(掘鑿及び埋戻し)が少い。
	③鐵管を修理するとき近づき易い。
埋設管	①嚴寒の時、運轉を停止しても管内の氷結する虞れが少い。
	②山崩れや、雪崩れ等に対して安全である。
	③外氣溫度の影響が少く、伸縮接續を要しない。

註、引出管では、一定の距離毎に固定台を設けて、管を頑丈に固定する。この固定台のすぐ下部に伸縮接續を挿入する——伸縮接續を一區劃の下部に入れると、管が伸縮する時に、伸縮接續へ大きい内力が加はる——

2.7.6 主要弁 水槽より水壓管を引出す處には、制水門を設けて、水壓管内の流水を加減する。又、水壓管の下端（水車の入口）には主要弁を設けて、水車が故障の時、これを急速に閉ぢて流水を遮断する。但し、低落差の場合には、何れか一方だけ設ける。

〔制水門〕 一般に取水口と同様な上下動の門扉が用ひられる。又高落差にはフラツ 弁と稱し、椀形の蓋を螺番で水壓管の入口上部に取付けたものも使用される。



主 要 弁

〔主要弁〕

主要弁の具備すべき條件は  
①漏水の少ないこと、②構造が簡単で機械的に丈夫な

こと、③大きい水壓に耐して閉ぢ得ること。尙、この開閉時間が調整できること、等である。

〔蝶弁（バタフライバルブ）〕 左圖のやうに、水壓管内に圓板状の弁を取付けたものである。弁を水流に直角（全閉）、又は平行（全開）にして開閉を行ふ。主に低落差に用ひられ、安價である。

〔針弁（ニードルバルブ）〕 右圖のやうに、水壓管の一部が球状に膨れて、その中に圓筒形の中空弁がある。この中空内に高壓力の水を入れると、弁の右半分が右に延びて、圖の点線の位置に来て、水流を遮断する。

註、本弁は、高價であるが、操作が容易な上に、弁の流水摩擦損失が少い又、大きい水壓に抗して弁を開閉できるため、高落差に用ひられる。

〔塞止弁（締切り弁）〕 上下動の門扉と同様に、平板の弁を上下して開閉を行ふ。高落差で水壓管の直径が小さい時に用ひられる。

註、その他、回轉弁（高落差で太い鐵管に用ひられる）等がある。

〔側路弁（バイパスバルブ）〕 主要弁の前後を細い鐵管で連絡して側路を作り、これに弁を設けたものを側路弁と云ふ。その目的は水壓管内に満水すると主要弁に大きい水壓が加はつて、その開放が困難になる。この時、側路弁を開いて水を水車の嘴管（ベルトン水車）、又は外殼（フランシス水車…共に後述）まで満水すると、主要弁に加はる水壓が皆無になり、容易に開かれる。主要弁を開放後は側路弁を閉ぢる。

註、側路弁の鐵管は細いから、従つてこの弁に加はる水壓も小さい。

2.7.7 水壓管の使用 水車の運轉を休止してゐる時でも、通常水壓管内は満水して置く。その理由は、

- ① 水車の起動が容易に行はれる。
- ② 管の内壁に空氣が觸れないので、酸化が少い。
- ③ 外氣の温度の變化による水壓管の伸縮が少い。

この場合、管の途中、及び主要弁の漏水を時々点檢する。又、冬季に於て管内の水が氷結する虞れのある時には、

- ① 水壓管の周圍を熱の絶縁物で包む。又は管を埋設する。
- ② 水車を交互に運轉して、管内の水を長く靜止させない。
- ③ 水車の停止後も、管内の水が氷結せぬやう最小限度の水を流して置く。

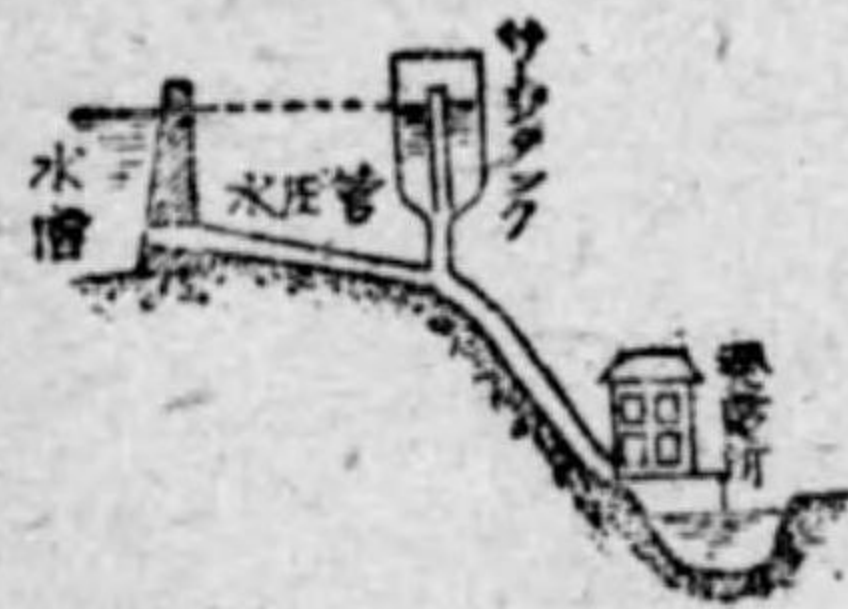
2.7.8 水槌作用 水車の運轉中に、事故などの理由で主要弁を急に閉ぢると、管内を高速度で流れてゐた水は弁に衝突して大きい壓力を生じ、次にこの壓力は反射して上部に傳はる。上部に達した壓力は、更らに下部に向ふ。……斯様な事を繰返して、管内の水壓が、常規水壓の上下に激しく動搖する。反對に弁を急に開くと、水柱が切れて真空ができ、同様に水壓の動搖が起きる。この現象を水槌作用と云ふ。この水槌作用は次の事項に影響される。

- 水速の變化……急に變化させる程大きい。
- 水壓管の長さ……長い程、大きい。
- 落差……大きい程、常規水壓に對する水槌作用に依る壓力の變動の割合が小さい。
- 水壓管の太さ……無關係

水槌作用を起すと、過大水壓を生じて、水壓管を破裂する虞れがある。故に、水槌作用は極力小さくする。

註、水槌作用を減少させるには、弁の閉鎖時間を長くするとよいが、これでは水車側が困る。例へば、発電機の負荷を急に遮断した場合、弁を緩やかに閉じると、その間に水車の回転数が著しく高まって、破壊される虞れがある。故に、水槌作用を小さくするには、次の方法が用ひられる。

2.7.9 サーチタンク (減壓水槽) 水槌作用を軽減させるために

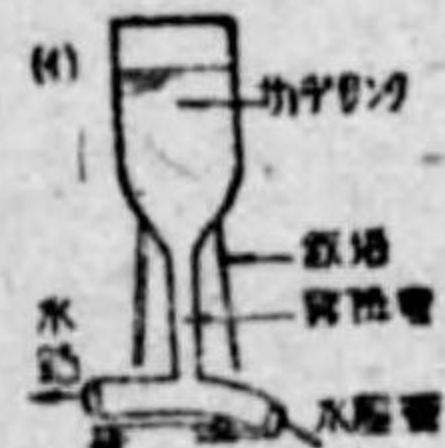


サーチタンク

圖のやうに水壓管の途中に、一種の水槽を設ける。これを減壓水槽 (サーチタンク) と云ふ。次にその作用を述べる。

水槌作用によつて水壓が高まるとサーチタンク内に水が上昇流入して水壓の上昇を防ぐ。即ち、水壓管内の水が外部に出るので、當然、管内

の水壓が低下する。次に、水槌作用により水壓が低下すると、サーチタンク内の水が下降流出して、この水壓の低下を補ふ。斯様にサーチタンク内の水位が上下に動揺して、水槌作用による水壓の變動を常に相殺する。——この作用はスプリングに依つて衝動を緩和するのと同様である——



(イ) 單式減壓水槽  
(ロ) 小孔式減壓水槽  
(ハ) 差動式減壓水槽

【種類】 ① 單式 普通のタンクと水壓管を昇降水管で連絡したものである。壓力の増減による水槽水面の上下變動が大きいため、水槽の所要容積が大きくなる。

② 小孔式 昇降水管を小孔にして、水が入る時の摩擦を大きくしてゐる。①より所要容積は小さくてよいが、水槌低減作用が劣る。

③ 差動式 昇降水管の上部に圓筒 (ライザー) を設けたものである。上昇する水は、大部分が圓筒を昇つてその上部よりタンク内に溢れ

る。單式より遙かに所要容積が小さくてよく、且つ、水槌低減作用の顯著な特長がある。

次に、サーチタンクと普通水槽の使用場所の相違を示すと、

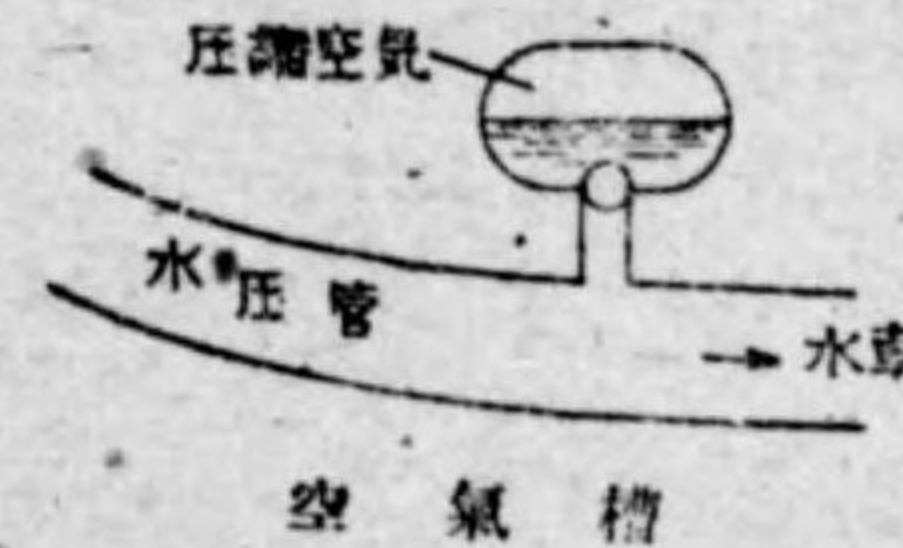
① 開渠式水路 (又は無水壓隧道) —— 普通水槽 —— 水壓管

② 水壓隧道 —— サーチタンク —— 水槽

註、サーチタンクの位置を水壓管の下端にする程、有效であるが、その所要高さが著す。故に、實際には前圖のやうに緩勾配と急勾配の境目に設けられることが多い。

2.7.10 水槌作用軽減法 水槌作用を軽減するには、サーチタンクの外に次のやうな方法がある。

① 空氣槽 圖のやうに、水壓管の下部に密閉した鋼板製圓筒を取付ける。その上半分は壓縮空氣で満し、水壓と平衡させる。



空氣槽の作用は、サーチタンクの場合と全く同様で、水槌作用により空氣槽内の水位が上下して、水壓の動揺を減ずる。

註、サーチタンクでは水位の上下が著しいので、所要容積が相當に大きくなる。空氣槽では、上部に壓縮空氣を入れ、この水位の上下を少くして、容積を節約してゐる。然し、サーチタンクに比べて、それだけ水槌作用を軽減する効果が少くなる。

② 空氣管 (直立管) 水壓管の下部に直立した管を立て、その上部を密閉して、壓縮空氣を入れたものである。作用は、上記の空氣槽と全く同様である。

③ 破裂板 水壓管の下部で適當な處に支管を出し、その先端を鐵板 (破裂板) で塞いでゐる。水壓調整機等の故障のため、水槌作用による水壓管内の水壓が著しく過大になると、破裂板が破れて水を放出し、水壓の過大上昇を防ぐ。

但し、一回破裂すると、修理したければ水壓管内に通水ができない。故に、高落差で非常に高い水壓を發生する虞れのある場合に、稀に用ひられる。

- ④ 水壓調整機（制壓機）を設ける（2.8.18を参照）
- ⑤ ベルトン水車では折流板、及び制壓嘴管を設ける（2.8.3を参照）

**2.7.11 水壓管の附屬設備** ① 空氣管、水壓管に通水中、その上部の弁を閉じると水柱が切れる。従つて、この部分に真空ができ水壓管が大氣壓によつて損傷される虞れがある。これを防ぐために水壓管の上部に直立した管を立て、その上部より空氣が侵入して真空を破るやうにする。これを空氣管と云ふ。

或は、空氣管の代りに空氣弁を設けて、水壓管内の壓力が下ると弁が開いて空氣が外部より管内に侵入するやうにしたものもある。

② 人穴 水壓管の内部を掃除するために、水壓管の要所所に人のはいれる人穴を設ける。

③ 排水弁 水壓管内の水を空にしたとき、管内の灣曲部や凹處に溜る水を排除するため、これ等の各箇處に排水弁を設ける。

**2.7.12 水壓管の破壊原因** ① 水槌作用によつて、過大水壓が発生したとき。

- ② 管壁が腐蝕、及び摩滅したとき。
- ③ 管壁の一部分に製作上の缺陷があつたとき。
- ④ 継目が不完全なとき、及び管が外氣溫度によつて伸縮し、大きい内力を発生したとき。
- ⑤ 水壓管上端の弁が閉ぢられ、管の上部に真空ができたとき等である。

## 2.8 水 車

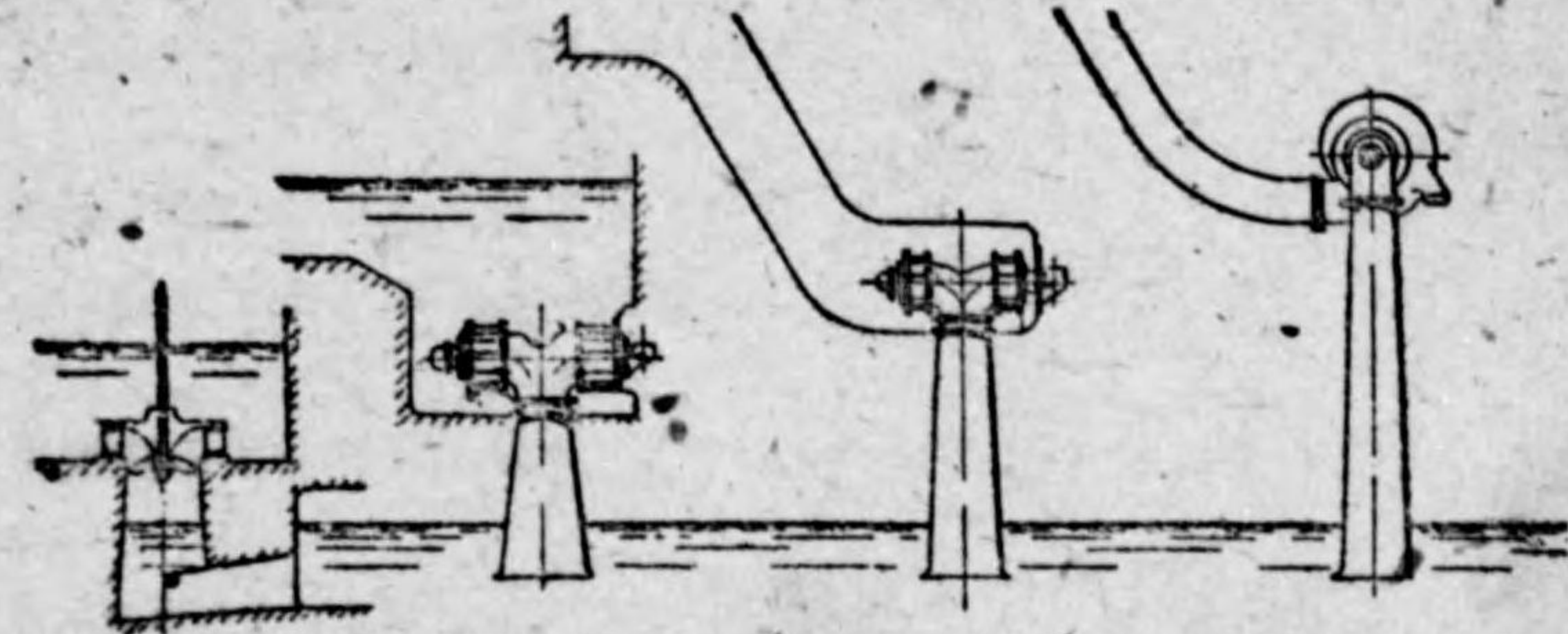
### 2.8.1 分 類

#### (1) 動作原理による分類

衝動水車 (ベルトン水車)	高速度の水を、回轉車の受籠(バケツト)に噴射して、回轉車を廻はす。水の速度勢力を利用する。
反動水車 (フランシス水車)	水が導翼(ガイドベン)より可動翼(ムービング・ベン)に流入し、更らに可動翼より水が放出する時の反動力を利用する。

- (プロペラ水車) 反動水車の一類である。回轉車の形が船や飛行機のプロペラに似てゐる。
- (カプラン水車) プロペラ水車の一類である。負荷の増減によつて回轉形根の傾きを変へ、能率の低下を防ぐ。

#### (2) 構造による分類



露 出 型	圓筒型(直向型)	渦 卷 型
縦軸型 横軸型 水壓管を省いて、水槽内の水中に反動水車を取付ける。低落差に用ひられる。 構造が簡單であるが、高水壓には安全でない。	水槽の代りに、密閉した鐵函内に水車を取付け浸水する。低落差に用ひられる。 得失は左に同じ。	水車の外周に渦卷型の殼を作つて、水車に入る水に、旋回運動を與へる。 中落差に用ひられる。

#### (3) 軸の位置による分類

水車と發電機を1つの垂直軸で連結したものが堅軸型であり、兩者を水平軸で連結したものが横軸型である。

堅 軸 型	横 軸 型
①床面積が少く、建築費が少い。 ②洪水時に發電機の浸水する虞れが少い。 ③簡單に吸出管が取付けられ落差の損失が回收できる。故に低落差に適する。 ④大型の水車を無理なく回轉できる ⑤点檢の際に水車の各部に近寄り難い。	①地面の掘鑿費が少い。 ②水車の各部分に近寄り易く、点檢に便利である。 ③同一の床面に据付けられ、監視に便利である。 ④軸受の故障が少い ⑤洪水時に、發電機が浸水する虞れがある。

⑥特殊な軸受とするので運轉上に注意を要する。

主に、反動水車に用ひられる。

⑥吸出管の取付が面倒である。

但し、高落差では吸出管による落差回収の割合が少く、効果が少い故に高落差に適する。

主に、衝動水車に用ひられる。

**2.8.2 落差** ① **總落差** 或る發電所の總落差とは、取水口(取水口に於ける河川の水面)と、放水面(水車放水路の水面)の高低差(米)を云ふ。

② **有効落差** 取水口、水路、水槽、水壓管、水車等の途中で失はれる損失を總て落差に換算した總落差損失を、總落差より差引いたものを有効落差と云ふ。

この有効落差が水車に働き、(有効落差×流量)に相當する機械力を發生する。

註、水路が無壓の場合(壓力隧道以外の水路)では、取水口から水槽迄の高低差は、總て損失落差になる。

**2.8.3 損失落差の減少策** 上記の損失落差を少なくするには、

〔取水口より水槽まで〕 ① **水路互長** 隧道、逆サイフォン、水路橋等を使用して、水路の互長を極力短くし、勾配による落差損失を減ずる。

② **流速** 流速を大きくするためには、勾配を急にする必要があり、この高低損失と流水による摩擦損失が増加するので、二重に損失落差が増加する。反対に流速を小さくすると、勾配による損失落差は減少するが、土砂が沈澱し、雜草や水苔が出來て、流水の摩擦損失が増加する。

③ **水路壁** 水路の内面を滑らかにして、流水による摩擦損失を減少する。

④ **壓力隧道**、壓力隧道を使用すると、落差損失は摩擦損失のみとなり、勾配による落差損失がない。

註、但し、上記は水路の途中に貯水池、及び調整池等を含まない場合である。

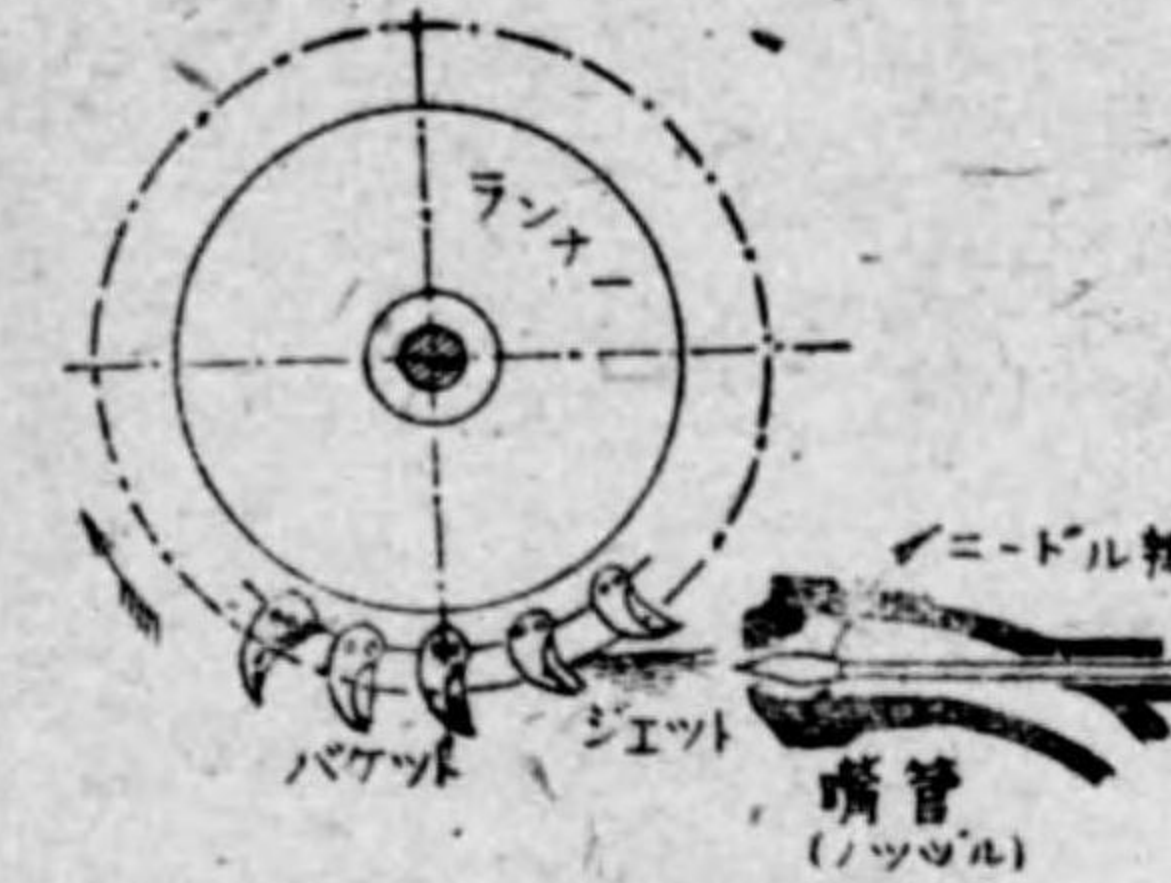
〔水壓管内〕 ① **流速** 流速を余り大きくすると、流水による摩擦損失が増加する。

註、流速を反対に小さくすると、水壓管の太さが増す。

② その他 水壓管の灣曲を避ける。又、水が水壓管に流入する箇所で渦流を生じないやうにする。

**2.8.4 ベルトン水車** ① **嘴管(ノズル)** 回轉車(ランナー)の

受腕(バケツ)に高速度の水を噴射(ジェット)させるために用ふる。



ベルトン水車

ノズルの中には圓錐形の針辨(ニードル)があり、之を右左に移動して、噴射水量を加減する尙、大型の水車では、一つのランナーに數個のノズルを取付けてランナーに對し渦巻状に噴射する。

註、ノズルには錳青銅等のやうに摩擦に耐へ、流水に對して摩擦の少い金屬を用ふる。又ニードルには不銹鋼を用ふる。——これ等は摩擦すると取替へが出来る——

② **受腕(バケツ)** 皿状の形をしたもので、鑄鋼とモリブデンの合金鋼等で作られる。これをランナーの周圍に、同一の方向に多數取付ける。

③ **外殼** ランナーの周圍には、水の飛沫を防ぐために、鋼板でかこい(外殼)を作る。

④ **吸出管** ベルトン水車には、通常、吸出管を使用しない。その理由は、簡単に吸出管を取付け得ないこと、ベルトン水車は一般に高落差に使用されるため吸出管によつて、水車と放水面間の落差を回収しても、この全落差に對する割合は極めて僅少で、吸出管の効果が少いこと等による。

⑤ **軸の型式** ベルトン水車は一般に横軸とされる。豎軸にするとバケツから飛散する水がノズルよりの噴水を妨げて、水車の能率を低下する。

註、ベルトン水車は、構造が簡單で機械的に頑丈であるから高落差に用ひ

られる。又、摩滅部分を取替へ得るので、寿命が長い。

●〔折流板、ジェット・デフレクタ〕衝動水車のノズルの先端に取付けて、噴水の方向を變へる一種の邪魔板を折流板と云ふ。その用途は水槌作用の軽減にある。即ち、水車の負荷が激減すると、先づ折流板でバケットに衝突する噴水の方向を他に向け、徐々にノズルを閉ち、水槌作用の軽減を圖る。ノズルの開きが所要の開きになると、折流板を再び元の位置に歸らせる。

以上の動作は、調速機によつて行ふ。

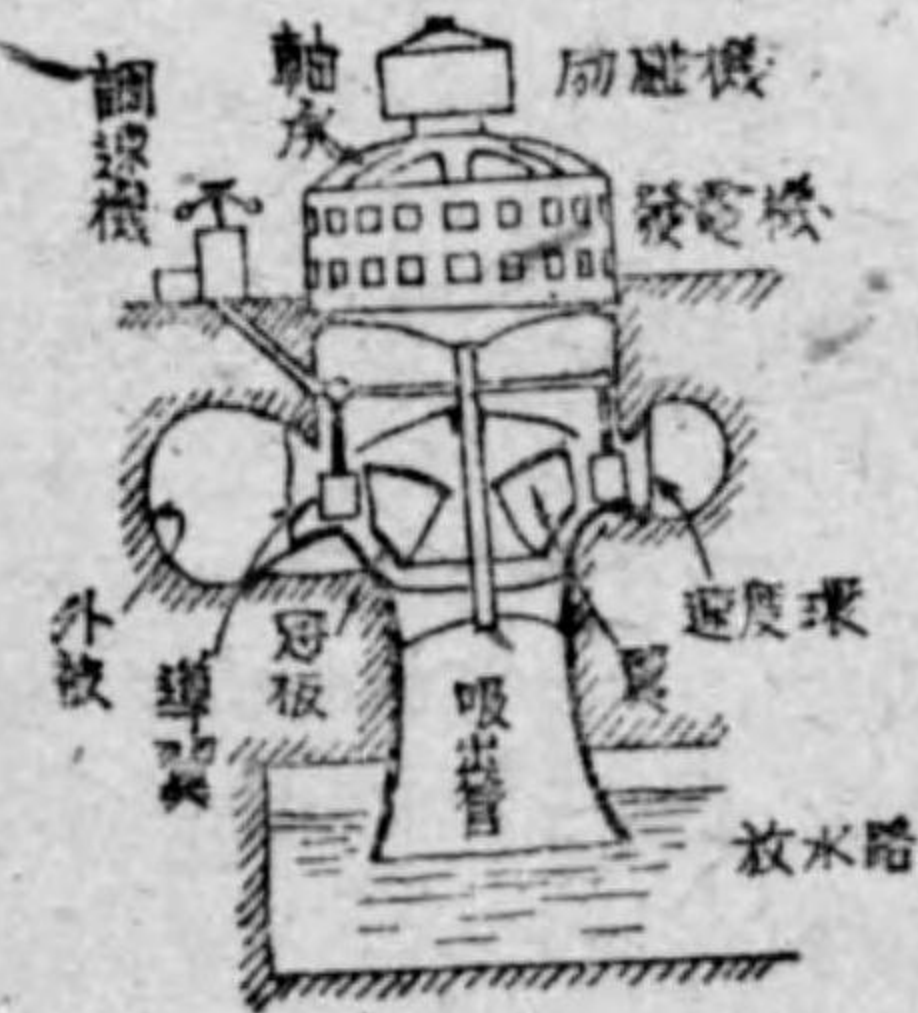
註、本器は、高落差で水槌作用により著しく高い水壓を發生する虞れのある場合に用ひられる。

〔制壓ノズル〕ランナーに對して、上記のノズルと反對側に更に今一つのノズルを設け、その噴射水の方向を、ランナーの正常回轉を止めるやうな方向にしたものである。このノズルも水槌作用の軽減に用ふる。即ち、正常のノズルを徐々に閉ちると同時に、制壓ノズルを開いてこれより噴水し、水車回轉速度の上昇を防ぐ。従つて正常ノズルの閉鎖時間を長くでき、水槌作用が軽減できる。

### 2.8.5 フランス水車 ① 原理

水壓管よりの水は、水車の周囲の外被内に入つて、渦巻状になり、導翼(固定羽根)より回轉車(ランナー)の翼に入る。この翼の中で流水の水壓が低下し、その速度が増して、吸出管内に放流する。この時の放水の反動力で翼(即ち、ランナー)が回轉する。

② 導翼(ガイドベン)ランナーへ流入する水流の方向を適當にし、且つ、水量を削減して、水車の出力を調整するために用ふる。材料には



フランス水車  
を(堅軸、渦巻型)

一般に鑄鋼が採用される。

註、導翼は、ランナーの周邊に同一方向に多数取付けた小さい羽根である。これを圓環でつなぎ、この圓環を一方に廻すと、各導翼の方向、及び導翼と

導翼間の間隙が變るやうになつてゐる。

③ ランナー(回轉翼) 灣曲した多数の羽根を、一定の間隔を置いて圓形に並べ、その周りを2つの圓環で固定したものである。流水は、この羽根と羽根の間を充滿して流れる。

低落差用には、一般に鑄鐵が用ひられるが、高落差では鑄鋼を用ふる。又、河水に酸等を含む時には耐酸性の青銅、又は砲金を使用する。

④ 外被(外殼、ケーシング) 低落差では軟鋼板を鉄綴して作るが高落差では鑄鐵、又は鑄鋼で渦巻型に作られる。渦巻型は一般に高落差に用ひられる。その理由は、

(イ)構造が極めて丈夫に出来てゐるから、高い水壓に耐へる。

(ロ)水流が導翼に流入するとき合理的で、流水の摩擦損失が少く水車の能率が高い等による。

註、大型水車の外被は一般にコンクリート中に埋込まれる。

2.8.6 プロペラ水車 極く低落差になると、フランス水車は、能率の低下を防ぐために回轉數を小さくせねばならない。従つて、同一出力に對して水車發電機の形態が大きくなる。又、低落差は一般に大水量であり、フランス水車のランナーは、斯様な大水量を通すのに不適當である。この缺点を補ふために、低落差にはプロペラ水車を用ひられる。その構造は、フランス水車の下側の圓環を取除き、回轉羽根の數を少くして、大水量を容易に通すやうにしてゐる。このプロペラ水車の發達により、低落差大水量の水力地点が有利に開發されるやうになつた。

さて、プロペラ水車の特長は、

① ランナーの羽根の數が少く、その間隔が廣いので、点檢や手入に便利である。又、流木等が羽根の間を塞ぐことが少い。

② 羽根の構造が簡單で堅牢なため修繕費が少い。

③ 同一出力のフランス水車に比べて、輕量で構造が簡單なため、製作費や運搬費が少い。

④ 同一の水力地点でフランス水車より回轉數が高い。従つて直結發電機が小型になり、その價格が安くなる。

註. プロペラ水車は、一般に縦軸型とされる。その理由は、

- ① 流水が縦軸と平行に流れて、その方向が變らないため高能率である。
- ② 低落差に採用されるため、横軸型にすると、洪水によつて發電機が浸水し易い。勿論、縦軸型では發電機が上部に位置する。
- ③ 吸出管の取付けが容易である。
- ④ 大型の水車では、横軸型より縦軸型の方が運轉に無理を生じない等による。

**2.8.7 カブラン水車** プロペラ水車は、負荷に應じて水量を加減したり、或は落差が變化すると、能率が著しく低下する。この缺點を補ふために、水量、及び落差の變化に應じて、ランナーの羽根の傾きを變へて能率の低下を少くしたのがカブラン水車である。この回轉羽根の傾きは、回轉中でも外部から任意に調速機等によつて調整される。

註. 低落差では、河川の流量が多い時に却つて有効落差が減少し、出力が減退する。例へば洪水時になると、水車の放水面が著しく上昇するが、取水口の水位はそれ程上昇せず、有効落差が減少する。この場合、カブラン水車を用ひて、落差の減少による能率の低下を防ぐ。

**2.8.8 特有速度** 與へられた水車の各部分を等しい割合で縮少し、1 米の落差で 1kW の出力を發生させたとする。この模型水車が最大能率を發揮する回轉數を、その水車の特有速度と云ふ。特有速度は各水車によつて異り、その數値の大きい水車程、同一の落差及び水量で使用した時の水車の回轉數が大きい。特有速度は、次式によつて算出される。

$$\text{特有速度 } N_s = N \times \frac{\sqrt{kW}}{H^{5/4}}$$

但し、N…水車の定格速度 kW…水車の出力(キロワット)  
H…有効落差(米)

低落差では流水の速度が小さいため、特有速度の大きい水車を使用して、回轉數の低下を防ぐ。然し、高落差になると流水の速度が大きくなり、特有速度の小さい水車でよい。次に、各水車の特有速度、及びこれが一般に使用される有効落差を示すと、次表の如くである。

水 車 型 式	特有速度(Ns)	落 差 (米)
ペ ル ト ン 水 車	10~30	200 以上
フ ラ ン シ ス 水 車	低 速	100~300
	中 速	40~100
	高 速	15~40
プ ロ ペ ラ 及 カ ブ ラ ン 水 車	40~600	15~25
〃	600~1300	15 以下

註. 特有速度は、以上のやうに水車の特性を表はす重要な要素である。

**2.8.9 無拘束速度** 水車を無負荷で運轉し、その辨口を全開すると、回轉速度は定格速度より遙かに高い速度になる。この速度を無拘束速度と云ふ。その定格速度に対する割合を各水車に就いて示すと、

ペルトン水車…175% フランス水車…180%  
プロペラ水車…200%

無拘束速度の大きい水車に直結する發電機の回轉子は、高速度に耐へるやう機械的に堅固にする必要がある。

尙、有効落差が定格値より増加すると、無拘束速度も高まる。

〔水車の辨の開き〕 水車のノズル(ペルトン水車)及び導翼(反動水車)の開きは、水車が定格出力を出すとき、通常、全開の 3/4 開きに設計され、能率もこの時最高である。斯様にする理由は、

① 發電機の出力は、その温度上昇によつて制限せられるので、短時間なら相當の過負荷ができる。然し、水車の出力は辨を全開した時が最大で、これ以上の出力は出せない。故に、發電機の過負荷耐量を有効に利用するため、水車の出力に余裕を持たせる。斯様にとすると、發電機の出力が小さくてすむ。

② 水車の能率低下を補ふ。水車は使用中に摩滅や腐蝕等のため能率が低下する。この場合、辨の開きを増して、能率の低下による出力の減退を補ふ。

③ 洪水時に備へる。反動水車を使用する低落差の發電所では、洪水時に放水水位が高まつて有効落差が減少する。この時に辨開口を増して水量を増加し、出力の減退を補ふ等による。



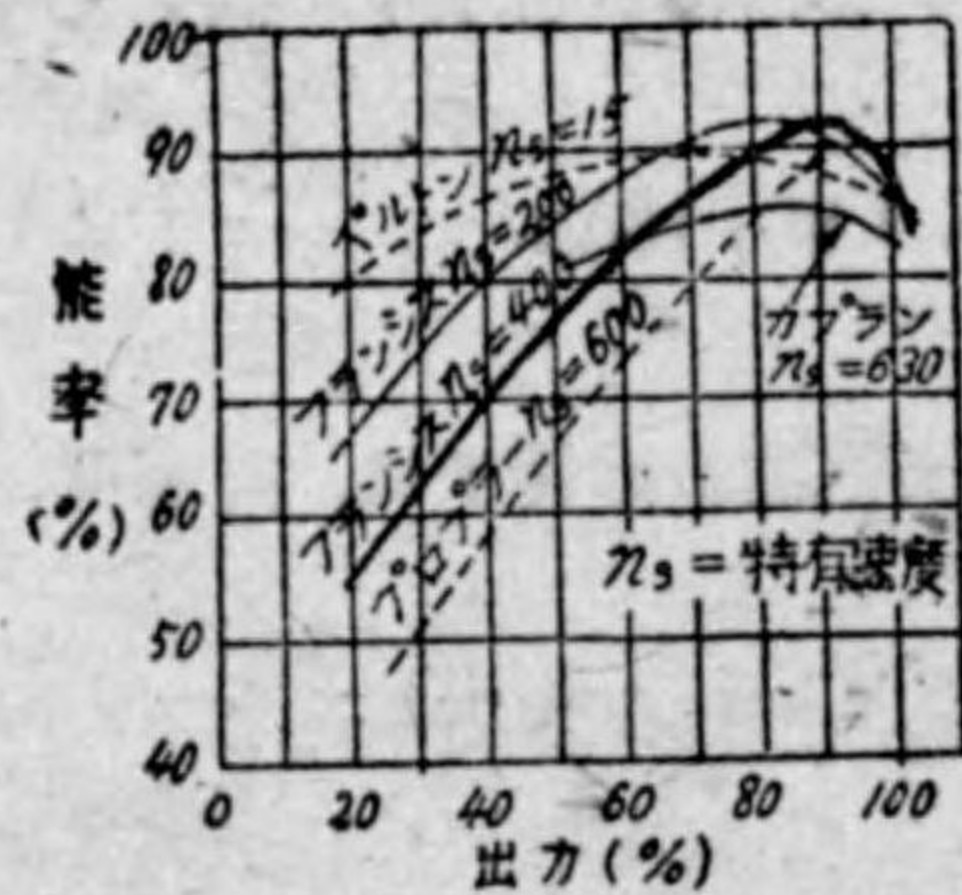
註、以上の様に、當時運轉では弁を全開しないから、これを全開して無負荷にすると回転速度は著しく高くなる。

2.8.10 水車の能率 水車の最高能率は、容量や型式によつて異なる。次にその一例を示す。

水車及び発電機の能率

容 量 (kW)	100	1000	5000	10000	20000
水車能率 (%)	80	83	85	86	88
発電機能率 (%)	90	94	96	96	97
合成能率 (%)	72	77	82	83	85

又、定格出力以外では、一般に能率が著しく低下する。この傾向



各水車の能率と出力

は、特有速度の大きいもの程顕著である。圖ではその一例を示した

① ペルトン水車 最高能率は他の水車より低い。が、負荷に依る能率の低下が最も少い。これは、ノズルの噴射水を減じても、その噴射方向が前と変わらないためである。

② フランシス水車 最高能率は最も高いが負荷による能率の低下が著しい。その理由は、導翼によつて流入水量を減ずると、同時にランナーへ流入する水の方向が變り、流水の渦流損失等が増すためである。プロペラ水車も以上と同様である。

③ カプラン水車 最高能率は最も低い。が、負荷による能率の低下が少い。これは回転羽根の傾きを負荷に応じて變へるからである

〔水車の各種損失〕 ① 水がバケツトから離れる時（衝動水車）又は吸出管より出る時（反動水車）、これ等の放水には相當の速度がある。この放水による損失、

② ノズル及び導翼、バケツト並可動翼、外殼、ランナー、及び吸出管等の内部を水が充滿して流れる時、この流水による摩擦損失

③ 水がバケツト、又はランナーに當る時に、流水の衝突、及び

渦流によつて生ずる損失。

④ 水が導翼からランナーに入る時、その間隙から漏れる水による損失。

註、以上の各損失の合成は、出力の10~20%に達する。

〔水車能率低下の原因〕 ① 落差の變動 河川流量の季節的變化や、洪水等によつて落差が減りすると、水車の能率が低下する。

註、或る水力地点に於て、その有效落差を決定するには、一年中で最も長く使用できる落差に定める。

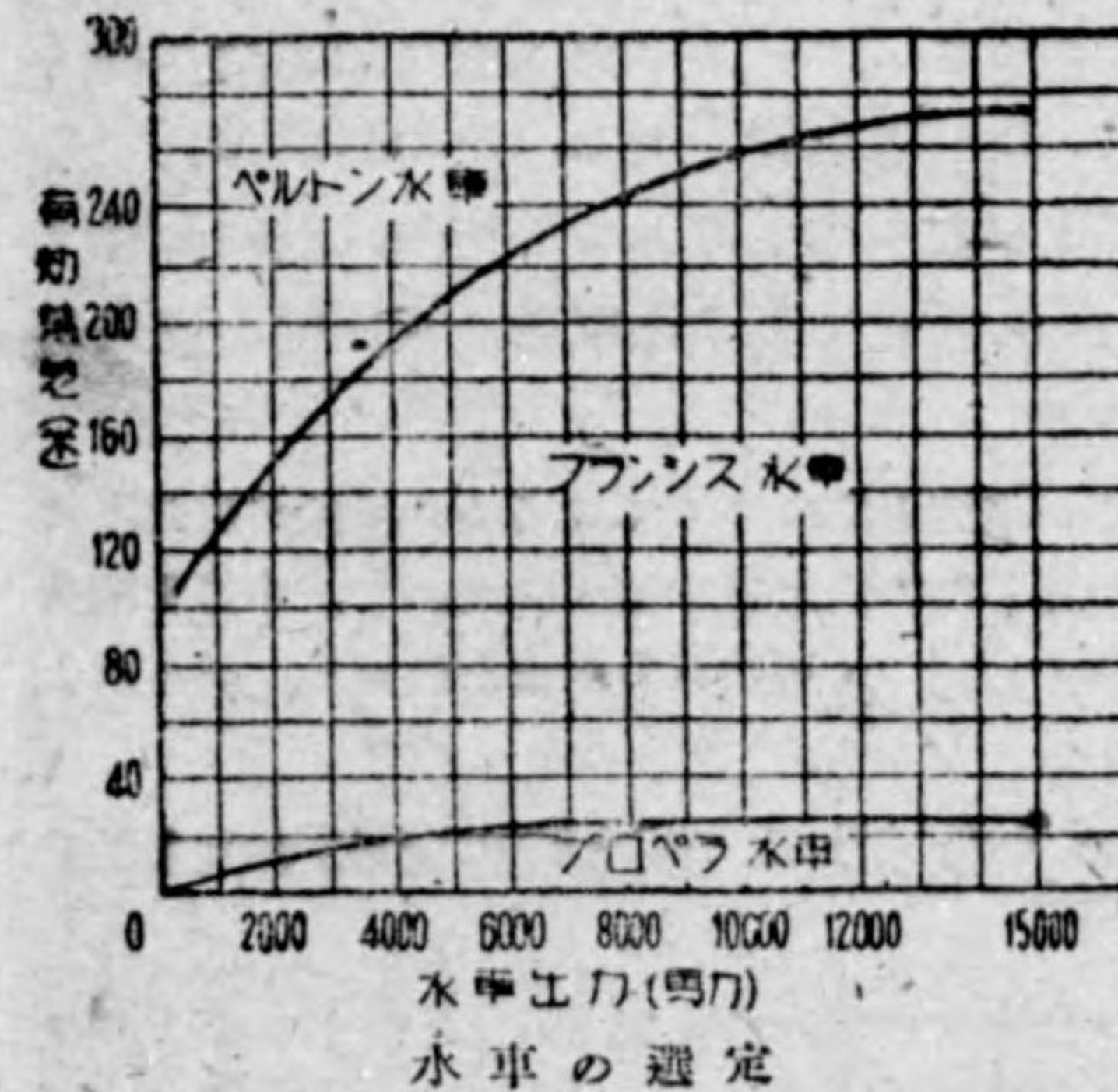
② 負荷の變動 負荷の變動が甚だしいと、能率が低下する。水車が數台ある場合には、負荷によつて水車の運轉台數を加減する。或は負荷の一定部分をフランシス水車に分擔させ、負荷の變動部分をカプラン水車に分擔させる等の方法を用ふる。

③ 水車の摩滅 流水中の土砂によつて水車のランナー、及び導翼が摩滅し、或は、これに塵芥等が附着すると、水車の能率が低下する。この場合、水車を分解修理する。

註、水車が摩耗、及び腐蝕した場合には、熔接によつて肉盛する。

2.8.11 水車の選定 或る水力地点の有効落差、及び流量を測ると、この水力による水車の出力が次式に依つて算定される。

$$\text{水車の出力 } W = 9.8QH\eta_1 \text{ kW}$$



但し、

Q...流量(立方米/毎秒)

H...有効落差(米)

$\eta_1$ ...水車の能率

之れに発電機の能率を乗ずると発電電力になる。

この水車の出力と有効落差によつて、水車の型式を選定する。圖はその一例を示したもので、上と下の曲線に

挟まれてゐる部分はフランシス水車、その上部はペルトン水車、その下部はプロペラ水車を夫々適用する範圍である。

即ち、ペルトン水車は高落差小水量に用ひられ、高落差でも大水量になると、フランシス水車が採用されてゐる。但し、最近では、プロペラ水車がフランシス水車の範圍へ、フランシス水車がペルトン水車の領分へ夫々侵入しつつある。

但し、以上は一般的の傾向であり、特別な場合もある。

〔衝動水車が反動水車に比し低落差に不適當な理由〕

① 衝動水車は反動水車に比べて、同一の落差で回轉數が小さく直結發電機が大型になる。

② 低落差の場合は、一定の出力を得るために、通常使用水量の大きい地点を選ぶ。然るに、衝動水車はその構造上、大水量で流速の小さい場合には適當でない。

③ 低落差では、落差損失の影響が大きい。反動水車は、吸出管(次記)を用ひて水車と放水面間の損失落差を回収できるが、衝動水車は、吸出管の取付が面倒である。

④ 低落差發電所は、洪水によつて受ける影響が大きい。反動水車ではランナーが水中に浸つても運轉できるが、衝動水車はこれができない。

**2.8.12 吸出管** 反動水車のランナーより出る水を放水路に導く爲の鐵管、又はコンクリート管を吸出管と云ふ。その目的は、




① 吸出管内を充滿して落下する流水によつて管内に真空を作りランナーより放出する水を吸ひ込ませて、水車と放水面間の損失落差を回収する。

註、ランナーより放出する水の速度を急に小さくすると、水流が混亂して流水摩擦損失を生ずる。これを防ぐため吸出管を徐々に擴げて、流速を漸次に減ずる。又、吸出管を相當長くして、その出口の流速を低減し、放水によつて失はれるエネルギーを少くする。

② 發電機を放水面より高く据付けて、洪水時に發電機が浸水する虞れを少くする。

註、前述したやうに吸出管は通常反動水車に使用され、衝動水車には用ひられない。

〔吸出管の種類と得失〕 吸出管には種々のものがあるが、次にその代表的なもの 3 種に就いて得失を比較しよう。

種 類	得	失
圓錐型 (ブラジル型) 	① 構造が最も簡單である。 ② 工事が容易で、建設費が安い。 ③ 高落差で、小、中容量に用ひられる。	① 効果が小さい(特に低落差及び大形の場合) ② 吸出管の所要高さが大きい。 ③ 吸出管に振動が生じ易い。
エルボー型  圓錐型の先きを曲げる。	① 工事が比較的、容易である。 ② 効果が割合に大きい。 ③ 吸出管の所要高さが低い。	① 構造が多少複雑である。 ② 形が適當でないとき、効果が小さい。
ムーデイ擴散型  中心部に水車までの芯がある	① 効果が最も大きい。 ② 吸出管の所要高さが小さい。 ③ 吸出管内に真空部が出来ず、空洞現象を生じない。	① 構造が複雑で工事費が高い。 ② 設計が面倒である。 ③ 工事が比較的、難しい。

註、エルボー型、及びムーデイ擴散型は、大型の水車に用ひられる。

〔吸出管の高さ〕 吸出管は内部に真空を作つて水車からの放水を吸込ませるものだから、その高さ——放水面より水車の出口迄の高さ——を理論上では次の數値まで取り得る。

水柱が大氣壓により真空中に上昇する高さ

$$= \text{水銀柱の高さ}(0.76\text{m}) \times \text{水銀の比重}(13.6) = 10.35\text{m}$$

然し、實際に採用されてゐる吸出管の高さは、2~6m 位である。

又、大型の吸出管程、その高さを低くせねばならない

註、吸出管の高さを 10.35m に近づけると、管の上部に空腔が出来て、次

に逃げる空洞現象を起すやうになる。

**2.8.13 放水路** 水車より出た放水を、再び河川に放流させるための水路を放水路と云ふ。

反动水車では、一般に吸出管を使用するから、吸出管内を真空に保つため、放水面が常に一定高さ以上である必要がある。従つて、放水路に門扉を設け、水車の放水が少い時には、この門扉を閉めて放水面の低下を防いでゐる。

**2.8.14 空洞現象（キャビテーション）** 水車のランナーに生ずる一種の腐蝕現象を空洞現象と云ふ。その原因は、

① ランナー内の水流が不自然に流れるとき、或は、吸出管が高過ぎるとき、等の場合に、水流の一部分に真空の空洞を生ずることがある。この空洞は不安定であるから、周囲の水圧によつて壓潰されるが、再び発生し、又壓潰される。斯様なことを繰返して、水車のこの部分が水の衝撃により侵蝕される。

註、空洞現象を発生すると、大きい音を發生する。又、吸出管がコンクリート内に埋込んでないと、吸出管を振動させる。

② 上記の空洞部分に水中の空氣が遊離して、その酸素によりランナーが化學的に腐蝕される。

註、空河洞象は、水車の設計が悪いとき、吸出管が高過ぎる時等に發生する。又、特有速度の大きい水車程、空洞現象が発生し易い。

**2.8.15 水車の腐蝕** 水車のランナーが腐蝕する原因とその対策を示すと次の如くである。

① 河水中に酸、アルカリ等を含むと、化學的に浸蝕される。これを防ぐには、ランナーの材質に砲金、クロム鋼等の特殊合金を使用する。

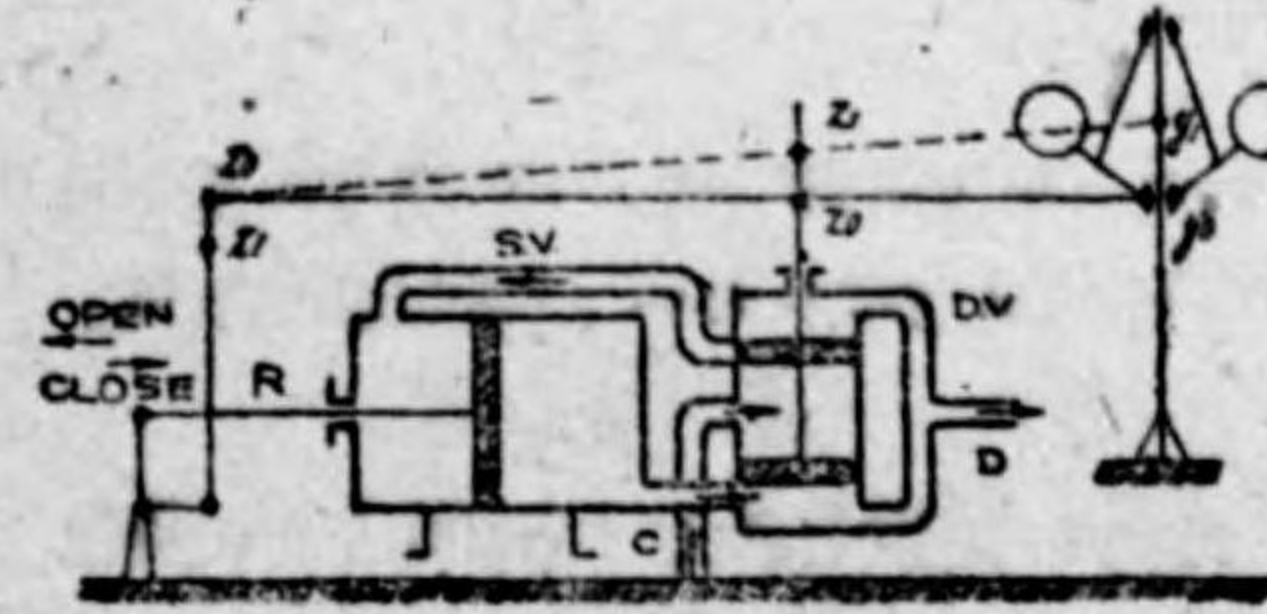
② 河水中に含まれる土砂により、機械的に浸蝕される。之れを防止するには沈砂池、水槽、調整池等で土砂を洗滌させる。

③ 空洞現象によつて浸蝕される。能ふ限り空洞現象を起さぬやうにする。

**2.8.16 調速機（ガバナー）** 調速機は水車の回轉數を常に一定値に保つために用ふる。即ち、水車が運轉中に、その回轉速度が負荷

の變動によつて變化すると、調速機が働いて水車への通水量を加減し、水車の速度を一定値に保持する。

(1) 機構 圖は、調速機の原理を示したものである。P は遠心



調速機の原理

球で水車軸より調帯によつて回轉せられる。DV は配壓弁で、C より高壓力の油が入り、D より排出する。

SV はサーボモータと云はれ、一種のピストン（浮動活塞）である。その浮動弁は、棒 R によつて、水車の導翼（反动水車）、又はノズルの針弁に連結され、浮動弁が左右に移動すると、水車の弁の開きが増減する。尚、 $x_0 x_1$  の部分は、復歸装置である。

(2) 動作 圖に於て、水車の負荷が減少し、その速度が上昇したとすると、調速機の各部は次のやうに働作する。

① P の遠心力が増大して、横に擴がり、 $y_0$  点が  $y_1$  点に上昇する。

②  $Z_1$  点が  $Z_0$  点に移動し、DV の軸、及び弁は引揚げられる。

③ C よりの壓力油が、SV の上管よりその左側に入る。

④ SV の浮動弁が壓力油によつて右に移動し、SV の左側の油が、D より排出される。

⑤ R が右に移動して、水車の弁の開きが減じ、水量が減少して速度が低下する。

⑥ R が右に移動すると、 $x_0$  点が  $x_1$  点に下り、 $Z_1$  点は  $Z_0$  点に引下げられる。即ち、 $x_1 Z_0 y_1$  の各点は一直線上になる。

⑦ DV の弁は元の位置に歸り、SV への壓力油が停止して、SV はその位置に止まる。

⑧ この場合、水車の弁の開きの減少は、負荷の減少値相當よりも少く、最初より少し高い速度で運轉を續ける。

以上は、水車の速度が上昇した場合であるが、速度が下つた時に

は、これと反対に動作する。

註、水車の全負荷速度を  $N_1$ 、無負荷速度を  $N_0$ 、平均速度を  $N$  とすると調速機の速度調定率と云ふのは

$$\text{調速機の速度調定率} = \frac{N_1 - N_1}{N_0 + N_1} = \frac{N_0 - N}{N}$$

この値は、大体 3~4% 位にされる。2 台以上の発電機が平行運転を行ふ場合、この値が餘り小さいと、平行運転が安定に行はれない（『電氣機器新書』P62 以下を参照）

(3) 不動時間(死時間) 水車負荷に變動を生じた瞬間より、調速機サーボモータの浮動弁が動き始める迄の時間を調速機の不動時間(死時間)と云ふ。不動時間は、一般に  $\frac{1}{2}$ ~1 秒位に設計されている

註、不動時間が餘り短いと、負荷が僅かに變化しても調速機が鋭敏に働くその結果、水車の弁の開きが、必要以上に増減して、回転速度が更らに變化し再び調速機が働いて、弁の開きを變へる……斯様なことを繰返して、運転が不安定になる事がある。これを調速機の亂調と云ふ。

(4) 閉鎖時間 水車を全負荷で運転中、急に無負荷にすると、調速機が働いて、水車の水口を全負荷状態より無負荷状態まで閉ぢる。この水口の閉ぢる時間を調速機の閉鎖時間と云ふ。

註、閉鎖時間を餘り短くすると、水圧管の水槌作用が大きくなり、管壁の所要厚さを増さねばならない。反対に閉鎖時間が餘り長いと、水車の逸走速度が増大し、発電機の機械的強度が不安になる。

閉鎖時間は、水圧管の長さ、水車の種類、水槌作用軽減装置の有無等によつて異なるが、一般に 2~5 秒とせられてゐる。

〔電動調速機〕 電動調速機の 1 例について述べると、前記の調速機の遠心錘を専用の電動機で回転するやうにしてゐる。即ち、発電機電圧の周波數の變化に應じて、遠心錘回転用の電動機の回転數を變化させ、調速機を働かせるやうにしてゐる。この電動機用電源の取り方には、次のやうな方法がある。

- ① 變壓器を通じて発電機端子、又は所内母線より取る方法
- ② 主機に直結した専用の耐久磁石發電機より取る方法
- ③ 直結勵磁機の電機子に、別の交流巻線を入れて、これより取る方法

註、①は簡單であるが、電路に短絡等が発生した時に影響を受け易い、②は、主機が低速度であると、耐久磁石發電機が大型になる。③は、簡單で信頼度が高いから、一般に用ひられてゐる。

扱、電動機としては、小型の誘導電動機、及び反動電動機が用ひられる。この電動調速機を普通の調速機に比較すると、

〔特長〕 ① 調速機が任意の位置に据付けられる。

② 遠心錘を運轉するベルトや、齒車等の故障がない。

③ 調速機の感度が良く、又、信頼度が向上する。

〔缺点〕 ① 調速機の構造が稍々複雑となり、費用が増す。

② 電動機、及びその電源回路の故障の影響を受ける。

註、電動調速機は優れてゐるから、最近の大容量發電所には、廣く用ひられてゐる。

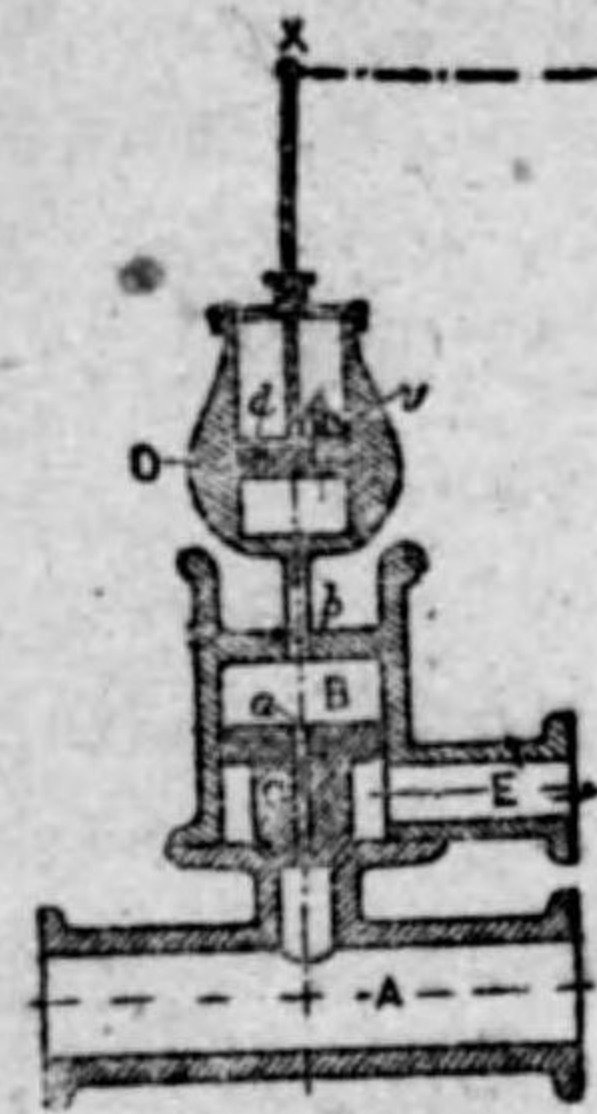
2.8.17 蓄勢輪効果 ① 水車の逸走速度 定格負荷で運轉してゐる水車の負荷を急に遮断したとき、水車の水口は、調速機の不動時間のため直ちに閉ぢない。従つて、この間に水車の回転數は、定格速度の 115~125% 位に上昇する。この時の最大速度を、水車の逸走速度と云ふ。

② 蓄勢輪効果 上記の瞬時速度上昇率は、水車、及び發電機の回転体に慣性がある場合のことである。若し、この慣性がないとすると、全負荷から無負荷になつた瞬時に、理論上では速度が無限大に上昇することになる。慣性による上記のやうな作用を、蓄勢輪効果と云ふ。

註、蓄勢輪効果が小さいと、水車の逸走速度が大きくなるだけでなく、原動機の瞬時速度が常に變化する場合には——例へば、往復動機關——發電機の發生する起電力の波形が亂れて、他の發電機との平行運転が困難になる。故に、水車、及び發電機の回転体には、適當な重量を持たせる必要があり、資材節約の目的で無闇にこの重量を軽くすることは、考慮せねばならない。

2.8.18 水車附屬設備 ① 水壓調整機(制壓機、プレッシャー・レギュレーター)、水圧管に發生する水槌作用を防ぐために用ふる。圖は、その一例の原理を示したものである。

(イ)構造 A は水圧管、E は放水口、S は調速機のサーボモータである。S のピストン P は、水車の導翼に連結されると共に、



水圧調整機

そのまゝ放置すると、v の小孔によつて、D のみが次第に降下する  
 (ロ)作用 水車の負荷が急減して、サーボモータの P が押下げられると、水車の導翼が閉ぢると共に、彈壺 D が引き上げられる。そのため A より C 孔を通つて B 中に充滿してゐた壓力水が、b 孔より噴出し、栓 C が上に押し上げられて、A 管内の壓力水は E より逃れる。

暫時の後、D は次第に下つて b 孔を塞ぎ、B 中に再び A 内の壓力水が充滿して、栓 C が沈下し、E よりの放水がやむ。斯様にして、水車の導翼を閉ぢた瞬時に發生する水錘作用を軽減する。

② 推力軸受 (スラスト・ベアリング) 推力軸受は、豎軸型水車に於て、發電機の回轉子、及び水車ランナーの重量、並に、ラン



平面図  
キングスベリー型

ナーに加はる水壓を支へるために用ふる軸受である。

(イ) キングスベリー型 車軸に固定した回轉板と靜止板の間に、扇形の可動板を多數並べ、これ等の各可動板を突起で支へて、油を満す。回轉板が高速度で回轉すると、その表面の油膜が進行方向に壓せられて、扇形板は圖のやうに傾き、油膜の油壓によつて回轉体の重量が支へられる。

(ロ) スプリング型 車軸に固定した回轉板と

彈壺 D にも連結されてゐる。

彈壺 (ダツシュ、ポット) D は、中に油を充し、ピストン d には小孔と弁 v がある。ピストン P が急に引き下げられると、v の小孔から油が逃れきれないで、彈壺 D も共に引き上げられるが、

靜止板との間に短いスプリングを多數並べ、スプリングの上に薄い金屬板を覆せて、これ等を油中に入れたものである。回轉板が高速度で回轉すると、回轉板と薄金屬板の間に極く薄い油膜ができ、この油膜によつて回轉体の重量が支へられる。

推力軸受は、一般に發電機の上で主勵磁機との中間に取付けられる。

註、推力軸受は、油膜によつて重量を支へるやうにしてゐるから、軸受の摩擦損失が極めて小さい。然し、低速度では油膜が破れ易く、兩金屬が接觸して燒損する虞れがあるから、低速度で長く運轉しないやう注意する。

③ 導軸受 (ガイド・ベアリング) 豎軸型水車の場合、推力軸受だけでは横振れを起す。これを防ぐために、發電機の下部及び上部に振止用の軸受を設ける。これを導軸受と云ふ。

2.8.19 水車の故障原因と防止法 ① 水車の摩滅 流水中の土砂によつて、主に導翼、ランナーの入口、バケットの先端、ノズル等が摩滅する。

註、これを防ぐには、沈砂池によつて十分に土砂を沈澱させる。

② 水車の腐蝕 水中に酸類、硫黄類等が含まれてゐると、これによつて水車の通水部が腐蝕する。又、空洞現象を起すと、この部分が腐蝕状を呈する。

註、防止法としては、水車の材料にニッケル、クロム鋼、マンガ、不銹鋼等の金屬を用ふる。又、水車や吸出管の設計を適當にして、空洞現象を生じないやうにする。

③ 水車の破損 水中に小石、木片等が混入してゐると、これが導水弁やランナーに衝突して、この部分を破損する。

註、之れを防止するには、沈砂池、及び塵除金物によつて、水中の介雜物を除く。

④ 軸受の過熱 軸受の過熱する原因を挙げると、油の劣化及び不足、冷却用通水管の閉塞、軸受の摺合せ不十分、回轉体の振動、据付の不良等である。

註、防止法としては、設計、製作、据付けを慎重にし、常に軸受の溫度に注意する。

⑤ 吸出管の故障 水車を輕負荷で運轉すると、水車内の流水に

渦流が生じて、ランナーの出口に真空部ができることがある。この真空部に放水路の水が逆流し、或は、真空部が生滅して、吸出管を振動させ、これを破壊する場合がある。

註、防止法としては、吸出管を餘り高くせず、これをコンクリート内に埋込んで、頑丈にする。

## 2.9 電 氣 設 備

2.9.1 水車發電機 ① 容量の決定 發電機の單位容量を大きくすると、次のやうな得失がある。

得	失
①單位容量當りの價格が安くなる	①故障時に影響する範圍が廣い
②全負荷時能率が高い	②負荷の變動が著しいと平均能率は低下する
③運轉及び監視に便利である	③材料の機械的強度によつて、最大容量が制限される
④故障の發生する回数が少ない	④豫備機の容量が増す
⑤所要床面積が小さい	
⑥高電壓に設計できる	

註、最近、發電機の單位容量は次第に増大し、1台10萬kW級のものもある。

② 電壓 小容量の發電機には3300V~6600Vが用ひられるが一般に發電機電壓は11000~12000Vで、これを變壓器により變昇して送電してゐる。然し、發電機單位容量の増大に伴つて、22,000V 33000Vと云ふ高電壓の發電機が出現した。その利点は、

(イ) 送電電壓が33000V級の場合には、變昇用變壓器及び附屬設備が省かれる。

(ロ) 變壓器低電壓側の母線、並に開閉装置が省略できる。

(ハ) 發電機自身の能率は低下するが、合成能率が良くなる。

(ニ) 床面積、及び建設費を節約できる。

その欠点は、未だ信頼度が低く、又、送電線の雷電壓が直接に發電機に加はる等である。

③ 定格力率 發電機の定格力率は、80%と規定されてゐる。然し、實際の發電機の力率は負荷の力率と同一で、これが著しく低

いと、定格電壓を發生する勵磁電流が大きくなり、溫度上昇が増加する。斯様な場合には、發電機の許容出力を小さくせねばならない。

註、水力用發電機で注意を要するのは、自己勵磁現象である。之れに就いては『電氣機器新書』P48以下を参照されたい。

④ 冷却方式 小容量機には、一般に自己通風の開放型が用ひられるが、大容量機には、閉鎖通風型が採用される。その利点は、

(イ) 通風量が大き、冷却効果が大きい。又、通風量を任意に加減できる。

(ロ) 回轉部を密閉するので音響が少く、勤務員を疲勞させない

(ハ) 發電機の内部が、外部から機械的に損傷される虞れが少く、又、勤務員が安全である。

(ニ) 外部の清浄な空気を通風するので、發電機巻線が塵埃の附着で汚損されない。

(ホ) 發電機が発火したときは、風洞を閉鎖して發電機内に炭酸ガスを放出し、速やかに消火できる。

(ヘ) 冬季には、發電機の温風で室内を暖め、夏季には、室内の空気を室外に放出して、室内溫度を下げる。

⑤ 傘型發電機 普通の豎軸型發電機は、推力軸受が發電機の上部にあり、導軸受が發電機の下部にあるが、傘型發電機は、推力、導軸受共に發電機の下部に置いたものである。傘型發電機の特長は

(イ) 發電機の高さが減じ、建物が低くてよい。

(ロ) 固定子枠に回轉子や、水車ランナーの重量、及び水車の水壓荷重がかゝらない。故に、固定子枠の強度が小さくてよい。

(ハ) 軸受が回轉子の下部にあるため、その冷却に便利である。

註、但し、軸受を点検修理するには、回轉子を吊上げねばならぬ欠点がある。本發電機は、低落差の低速度用に適する。

⑥ 制動装置 水車發電機には、一般に制動装置を設けてゐる。その理由は、

(イ) 水車の負荷を急に遮断すると、その速度が相當に高くなり遠心力が増大して危険である。この過速度を防ぐために制動装置を設ける。

(ロ) 豎軸型の水車發電機には、推力軸受を使用してゐる。この軸受は、低速度で永く運轉すると焼損する虞れがあるから、水車を停止する際は、制動装置で速やかに止める。

2.9.2 勵磁機 ① 容量 勵磁機の所要容量は、主發電機の容量が同一でも、主發電機の間轉數が小さい程増大し、又、負荷力率が低い程大きい。次に、その一例を示す。

發電機容量 (kVA)	發電機回轉數 (毎分)	勵磁機容量 (kW)	
		力率 (100%)	力率 (80%)
100	1200	2	3
	300	5	7
1000	600	10	12
	150	19	25
5000	600	30	38
	150	50	60
10000	400	53	65
	150	75	95
20000	360	85	110
	120	114	150
30000	360	110	150
	120	140	190

註、勵磁機の容量は、極く大雑把に主機容量の 1~4% と心得てよい。

② 勵磁方式 [中央勵磁方式] 數台の勵磁機を一つの勵磁母線に接続して、この母線から各主發電機の勵磁電流を取る方式である [個別勵磁方式] 各發電機毎に夫々専用の勵磁機を置く方式である。勵磁機は發電機に直結するか、又は、他の動力で運轉する。

[中央勵磁方式と個別勵磁方式の比較] 之れを表示すると次の如くである。

中央勵磁方式	個別勵磁方式
① 勵磁機の單位容量が大きくて、單價が安い。	① 勵磁機 1 台の故障が、他に波及しない。
② 勵磁母線に非常用の蓄電池を並列に入れて使用できる。	② 勵磁電圧は各勵磁機の界磁で調整でき、電力損失が少い。
③ 1 箇所の故障が全体に及ぶ。	③ 主機直結式は、運轉に便利である。

註、個別勵磁方式では、非常用として、1 台の豫備勵磁機と勵磁母線を備

へる必要がある。尙、最近では一般に主機に直結した個別勵磁方式が採用されてゐる。

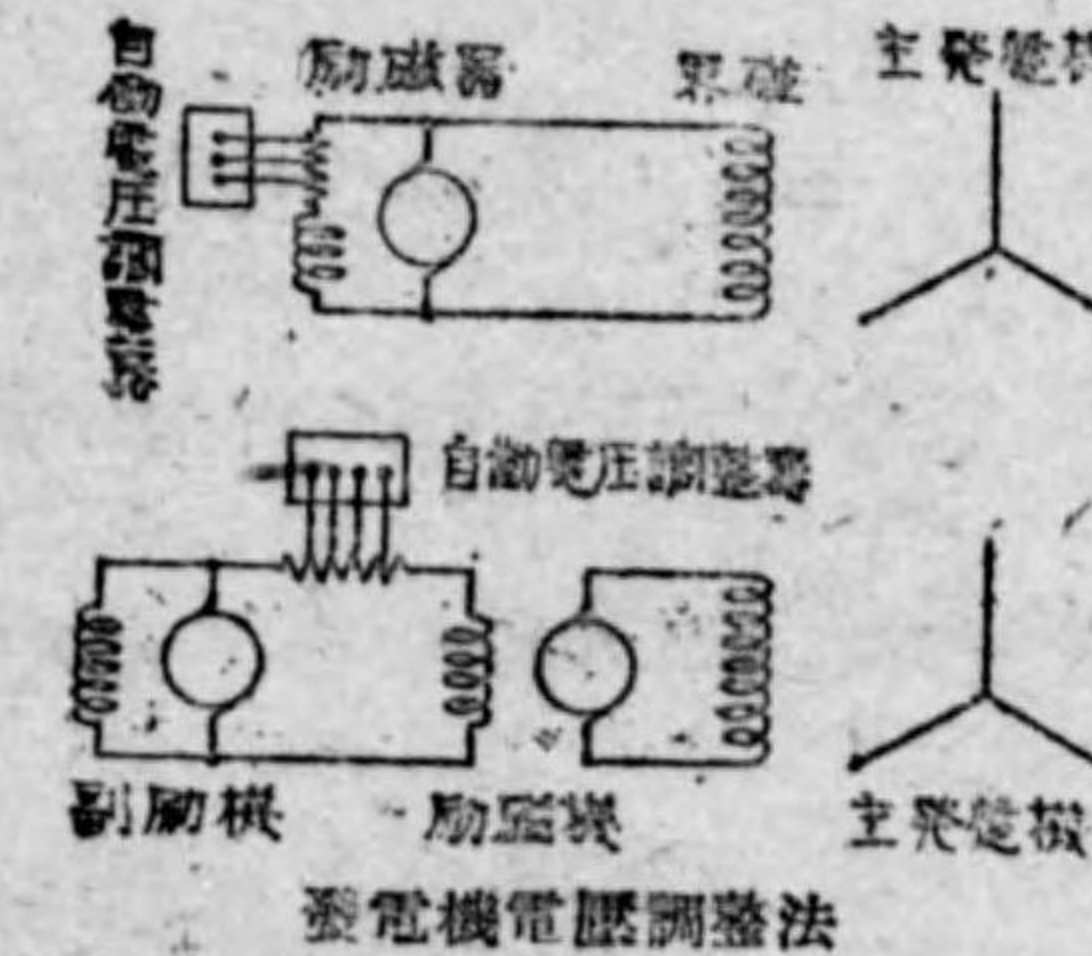
⑧ 運轉方式 之れを一括して表示する。

電動機運轉	水車運轉	二重運轉	主機直結運轉
普通誘導電動機が用ひられる。	小型水車で、勵磁機を運轉する	勵磁機の左右に電動機と水車を取付ける。	主發電機の軸に直結する。
操作が容易で、能率が良く、建設費が安い。	一發電所が單獨に起動する場合に適する。	信頼度が最も高いが、建設費が嵩む。	能率も信頼度も高く取扱が便利である。
中央勵磁方式に最も廣く用ひられる。	非常用として、豫備勵磁機の運轉に用ふる。	起動は水車で、行ひ當時運轉は高能率の電動機に切替へる。	低速度の場合を除き、最も廣く用ひられてゐる。

註、主機直結運轉は、水車の回轉數が低いと、勵磁機が大型になり、高價となる。この場合は、電動機運轉が適する——回轉機械は、速度が大きい程小型になる——

④ 勵磁機の種類 分巻、又は複巻直流發電機が用ひられる。その優劣は一概に云へない。

⑤ 速應勵磁 個別勵磁方式で、主發電機の電壓を調整するには



左圖のやうに勵磁機の回路に自動電圧調整装置を入れて行ふ。然し、この方法では、電圧調整器が働いて界磁抵抗が變化したとき、勵磁機の電壓變化は自己勵磁によつて行はれるので、迅速でない。

其處で、今一つの勵磁機を設けて——これを副勵磁機と云ふ——主勵磁機の界磁を他勵磁にすると、電壓の變化が早くなる。更らに、

(イ) 界磁巻線を幾つかの並列回路に分けて、合成インダクタンスを小さくし、勵磁電流の變化を早くする。

(ロ) 勵磁機を高速度で運轉する。

(ハ) 自動電壓調整器の動作を鋭敏にする。

等の方法を採用すると、主發電機の電壓上昇率も著しく大きくすることが出来る。これを速應勵磁方式と云ふ。

註、速應勵磁方式は、例へば送電系統に故障が発生した時、速やか發電機の電壓を高めて線路電壓の低下を防ぎ、送電系統の混乱を防ぐ等の目的に使用される。

2.9.3 變壓器 ① 单相變壓器と三相變壓器 送電用の主變壓器として、单相變壓器を三相結線して用ふるか、或は三相變壓器を用ふるかは、次の諸項を考へ合せて定める。

(イ) 建設費、變壓器のバンク數(組數)が多い時には、豫備として1バンク以上を置く必要があるから、三相變壓器の方が有利である。然し、バンク數が少いと、单相變壓器を使用して、豫備に单相變壓器1台を置く方が有利である。

(ロ) 運搬、水力發電所は、山間避地にあることが多く、途中の運搬が困難な場合には、大型の三相變壓器を使用できないことがある。

(ハ) 製作技術、發電所の容量が特に大きく、大型變壓器を採用する場合には、三相變壓器より单相變壓器とする方が遙かに製作が容易である。又、製作費も後者の方が安くなることがある。

最近では、發電機1台に三相變壓器1台とする單位方式が廣く採用されてゐる。

註、三相變壓器と单相變壓器による三相變成の比較は、『電氣機器新書』P90以下に詳述してゐる。

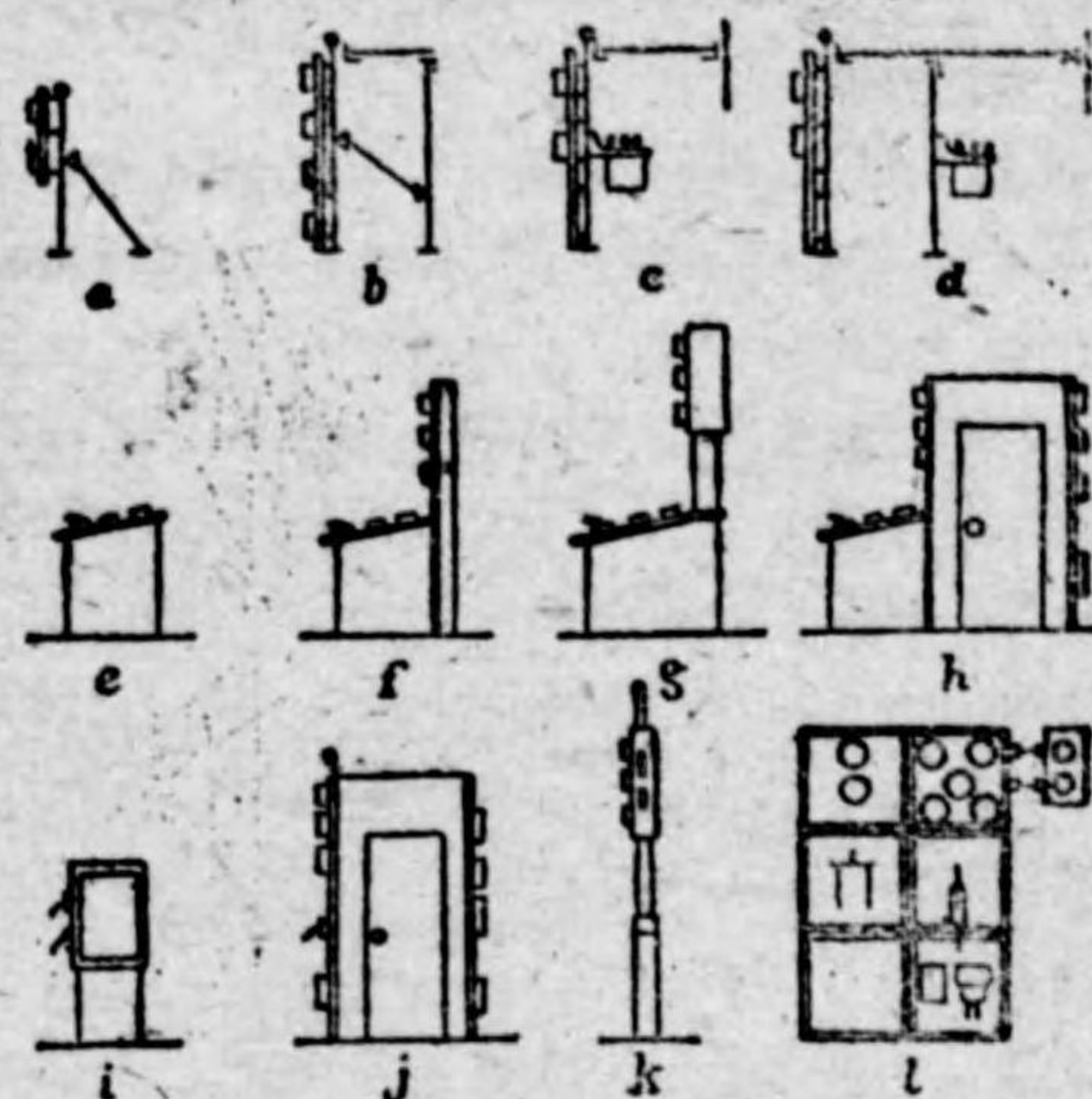
② 冷却方式 大型變壓器では、一般に油入水冷式、又は油入送油式が採用される。

註、變壓器の各種冷却方式については、『電氣機器新書』P77以下を参照されたい。

③ 結線 本邦では、特別高壓の送電線は中性点接地方式を採用するから、一般に變壓器の結線も、發電機側(低電壓側)をΔ結線、送電線側(高電壓側)をY結線とする。

2.9.4 配電盤 配電盤には、各種の計器、遮斷器、及び遠方操作の開閉器等を纏めて取付ける。

① 種類 配電盤には次のやうな種類がある。



abcd...垂直盤 efg...ペンチボード盤  
ij...直柱盤 k...ポスト盤  
l...一垂直面に旋回盤を取付ける  
配電盤の諸型式

〔垂直盤〕 圖のabcdのやうに、直立してゐる配電盤である。油入遮斷器は、配電盤の表面に設置し、その開閉は手動で行ふ。

註、3000V級で小容量のものに用ひられる

〔ペンチボード盤〕 圖のefghのやうに傾斜板がついてゐる油入遮斷器は別の處に設置し、配電盤上の開閉器による遠方制御式にしてゐる。

發電所の重要配電盤には、總てこの型式のものを用ひてゐる。

〔直柱盤、及びポスト盤〕 圖のijは直柱盤は、kはポスト盤の一例を示したものである。何れも補助機用に供し、その直ぐ近くに獨立して置かれる。

〔旋回盤〕 圖のlは、垂直面の右上部に旋回盤を取付けたものでこれには同期檢定器のやうな共通計器が取付けられる。

② 摸擬母線 發電所の母線回路を配電盤上に細い銅帶で單線式に畫いたものを摸擬母線と云ひ、原回路の發電機、變壓器の位置並開閉器の位置を示し、遮斷器の處には把手があつて、之れで遮斷器の操作を行ふ。

之れに依ると母線回路の狀態が配電盤上で一目に分る。

③ 照光配電盤 上記の摸擬母線を乳色の半透明体で作り、その表面より色電球で照したものである。遮斷器で電路の一部を開くとこの電路に相當する部分の摸擬母線の光色が變るか、又は電球が消



へて暗くなり、電路の死活區間が一目でわかるやうになつてゐる。

註. 古い配電盤は、遮断器の開閉状態を色電球等で表はして居るが、その識別が明瞭でなく、誤操作を招き易い。

④ 縮小配電盤 自動發電所の起動、同期化、出力調整等の主要操作を親發電所、又は制御所で遠方監視制御する場合、制御所に於て、これ等の制御用開閉器、及び監視用の計器類等を取付けるのに本盤を用ひる。即ち、この縮小配電盤に取付ける開閉器、及び計器類は特に小形に作つて、これを接近して取付け、配電盤を1人で監視できるやうにしてゐる。

⑥ その他 一般の發電所に設置する配電盤の種類を示すと、次の4種になる。

- |              |              |
|--------------|--------------|
| (イ) 發電機用配電盤  | (ロ) 勵磁機用配電盤  |
| (ハ) 送配電線用配電盤 | (ニ) 所内動力用配電盤 |

次に、發電機用配電盤に取付ける計器類を挙げると、

- |            |            |                |
|------------|------------|----------------|
| 1. 電 壓 計   | 2. 電 流 計   | 3. 電力計(指示及び記録) |
| 4. 積算電力計   | 5. 皮相電力計   | 6. 力 率 計       |
| 7. 周波數計    | 8. 同期檢定器   | 9. 檢 漏 計       |
| 10. 計器用變流器 | 11. 計器用變壓器 |                |

註. その他の配電盤は、上記より不必要な計器を取除いたものと考えてよい。

2.9.5 母線 ① 母線の目的 發變電所等に母線の設けられる理由は

(イ) 數台の發電機を並列に運轉し、又は、2つ以上の送電線を連絡する等のために用ふる。

(ロ) 發變電所に引込んだ2系統以上の電線路が連絡されてゐない場合、それ等の間に豫備母線を設ける。然して、1系統が停電すると、豫備母線を用ひて、他系統よりその系統に送電する。

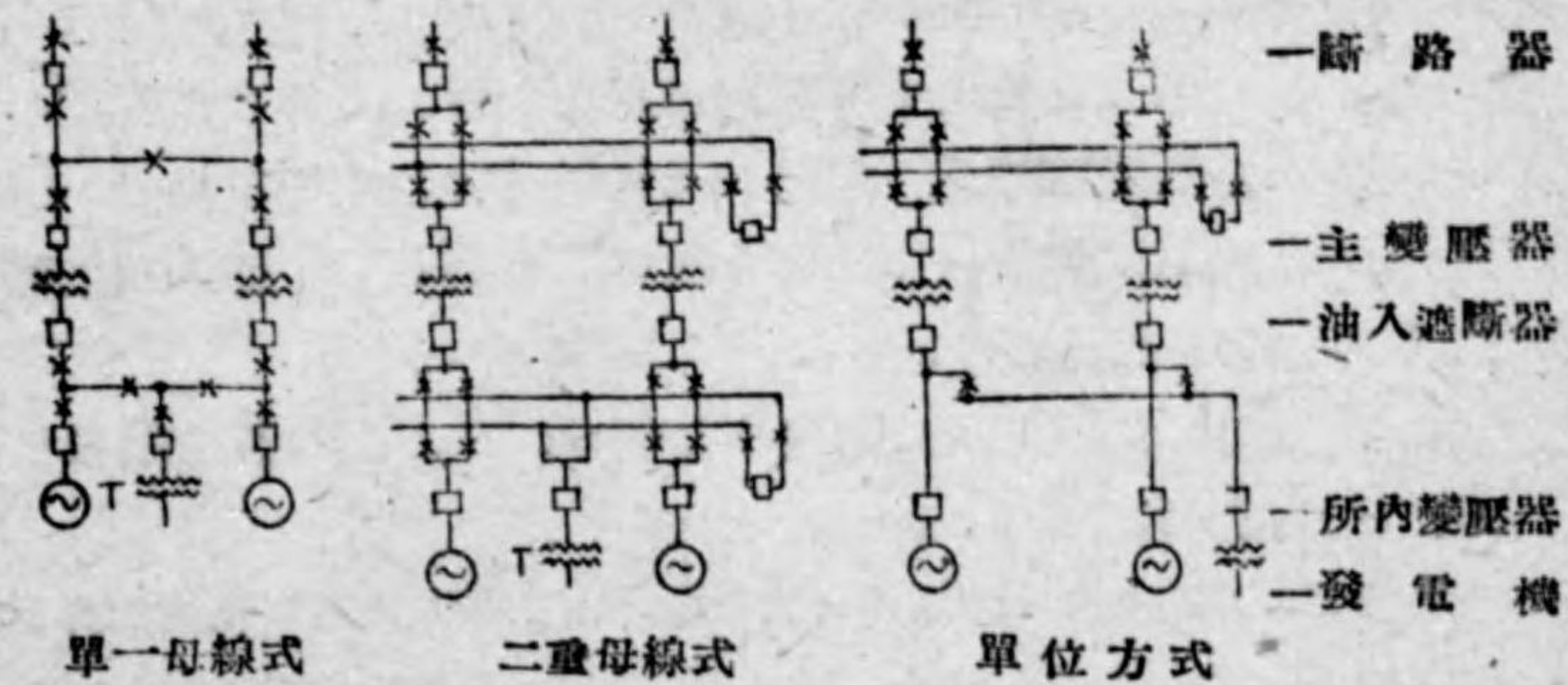
(ハ) 機器の点檢や修理を行ふ場合、これ等を回路より切離しても、回路が停電しないやうに、母線で適當に回路を連絡する。

註. 機器や電路の一部に故障が発生した場合にも、適當に母線を設けて、置いて、この部分のみを切離し、停電を避けることが出来る。

② 材料 母線材料として一般に銅が使用されるが、最近、その代用としてアルミニウムを使用することもある。アルミニウム母線の難点はその接続法である。一般に行はれてゐる方法は、接続面を磨いてワセリンを塗り酸化を防ぎ、兩者をボルト締めしてゐる。又アルミの面を保護し、且つ、熱の放散を良くして電流容量を増すために、アルミの表面に黒色塗料を塗つたものもある。

註. 母線の形には帯狀、棒狀、管狀等があつて、これを碍子頂部の金物に固定する。

③ 接続方式 發電機、變壓器、油入遮断器、所内用變壓器等を



母線で接続するには、次のやうな方式がある。圖はそれ等の一例を示したものである。

〔單一母線〕 各機器を一回線の母線で連絡したものである。最も簡単で、安價であるが、母線の一箇處に故障が起きたとき、切替へて送電することが出来ない。故に、重要な回路には用ひられない。

〔二重母線(複母線)〕 單一母線を二重に設けたもので、發電機、變壓器等は何れの母線にも接続できる。融通性が大きく重要な發電所に適するが、施設が複雑で、費用が嵩む。

〔單位方式(ユニット・システム)〕 大容量の發電所では、發電機を母線で連絡すると、一方に短絡が生じたとき、この連絡母線に莫大な短絡電流が流れる。従つて、連絡母線の油入遮断器の容量も尠大となり、費用が嵩むから、これを取除いて、變壓器の二次高壓側にのみ母線を設ける。即ち、發電機と變壓器を1組にして、1つの

單位を構成する。これを單位方式と云ふ。

但し、各機器の融通性を増すために、發電機側に豫備母線と置き、所内電源は、一般にこれから取るやうにしてゐる。本方式は、最近廣く採用されてゐる。

註、單位方式では、主要變壓器として一般に三相變壓器が用ひられる。

④ 斷路器 (デイスコネクティング・スイッチ) 母線の要所要所に斷路器を挿入する。その使用目的は、

(イ) 電氣機器、及び回路の一部を、他の充電部より絶縁區分する。

(ロ) 電氣機器や母線等の接續替へを行ふ。

斷路器には、電弧を遮断する能力がないから、これで高電壓の電流——變壓器の勵磁電流や、線路の充電電流等のやうな小さい電流も含む——を絶対に遮断してはならない。原則として油入遮断器と直列にして用ひられ、必ず、

“油入遮断器を開いた後に斷路器を開き、又、斷路器を閉じた後に油入遮断器を閉ぢる”

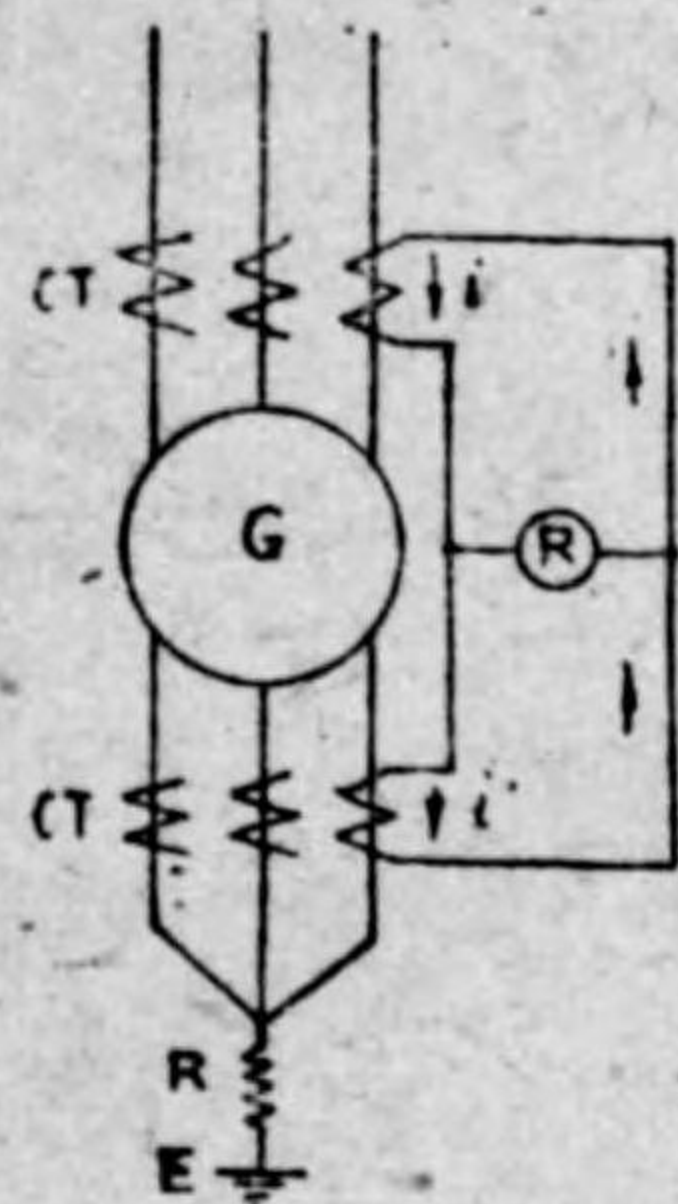
註、斷路器の定格電流は、この電流を連續的に通じた時の温度上昇が、 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$  を越へないやうな値とされてゐる。又、瞬時過負荷耐量として、定格電流の 50 倍を 5 秒間流しても、機械的にも電氣的にも十分に耐へることが規定されてゐる。

2.9.5 保護裝置 發電所に於て、通常、必要な保護裝置は次の如くである。

- ① 發電機の保護 ② 變壓器の保護  
③ 母線回路の保護 ④ 所内全般の保護

① 發電機の保護 發電機の線輪が焼損又は接地した場合の保護には差動繼電方式を用ひ、外部電路の短絡に対しては、過電流繼電器を用ひて保護する。

(イ) 差動繼電方式 圖は、發電機の一相に就いて示したものである。又、Y 結線發電機の中性点側は、線輪の接地保護を容易にするため、3 線を外部に引出し、之を一括して接地してゐる。差動繼電方式は、圖のやうに發電機の兩側に變流器を挿入し、その二次



差動繼電方式

側を直列にして過電流繼電器  $\text{R}$  を分路する。常時、變流器の二次電流は兩器を直列に循環して、繼電器には流れない。然し、巻線に故障が生じて兩變流器の二次電流に差が出来る。この差に比例した電流が繼電器に流れて繼電器が動作し、警報を發する。

註、上記は一相に就いて述べたが、各相に対しても同様に 2 箇の變流器及び 1 箇の繼電器を用ひて保護する。この場合、各變流器の同一側の 3 本の線を共通にして、接續線の總数を 4 本にしてゐる。

(ロ) 過電流繼電器 外部回路の短絡等に依つて發電機に定格電流に比して過大な電流が流れると、之が働いて油入遮断器を動作させ、發電機を回路から切り離す——誘導型のものが用ひられる——

(ハ) 軸受の保護 發電機軸受の過熱保護に溫度繼電器を用ふる。即ち、軸受内に抵抗溫度計の埋入素子を入れて、軸受の溫度が上昇した時、埋入素子の抵抗が増加して繼電器が働き、警報を發するやうにしてゐる。

② 變壓器の保護 變壓器の保護方式も、發電機の場合と同様に差動繼電方式、及び過電流繼電器を用ふる。

(イ) 差動繼電方式 變壓器の一次電流と二次電流の大きさは著しく異なるから、一次側と二次側に挿入する變流器の變流比を變へて兩變流器の二次電流を等しくする。

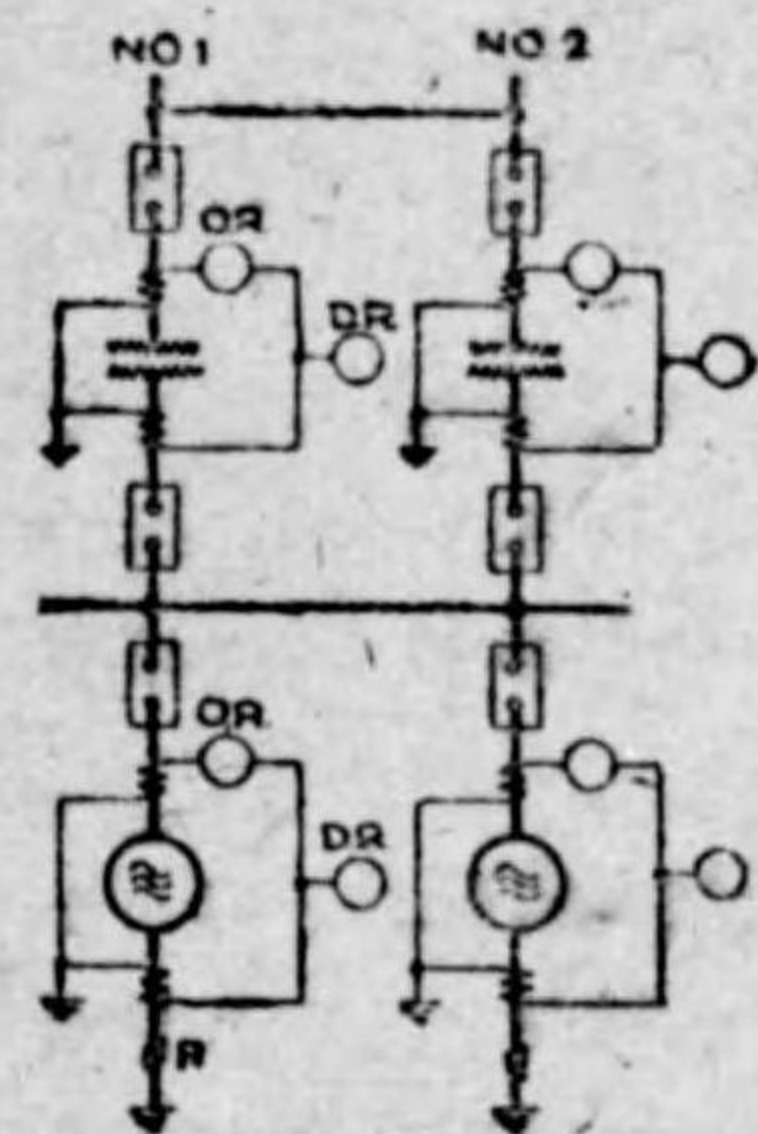
又、例へば變壓器の一次側が三角、二次側が星形結線であると、一次と二次の電流間には  $30^{\circ}$  の相差がある。これを補償するために、一次側變流器二次は Y、二次側變流器の二次は  $\Delta$  に結線してこの Y と  $\Delta$  より出した 3 線を各直列に結び、Y の中性点と各線との間に各 1 箇の過電流繼電器を接續する。

常時、一次側と二次側の兩變流器 (一相) の二次電流は、大きさも位相も等しく、繼電器には電流が流れない。然し、變壓器の巻線

に故障が発生すると、兩變流器の二次電流に差が出来て、繼電器にこの差電流が流れて動作する。

(ロ) 水冷式變壓器の斷水保護 例へば、變壓器より出る冷却水中に繼電器の動作部分を浸け、常時は水壓によつて接点が開いてゐるやうにする。斷水すると、水壓がなくなり、この接点が開いて繼電器が働き、警報を發する。

③ 所内全般の保護



O.R 過電流繼電器  
D.R 差動繼電器  
R 接地抵抗

圖は、2 台の發電機が發電機側で、並列運轉されてゐる場合である——送電線側の連絡母線は、常時開いて置く——變壓器、及び發電機の兩側に各 1 組宛の變流器を挿入して、これを差動繼電方式に接続する。又この變流器の二次回路で、過電流繼電器 OR を挿入する。

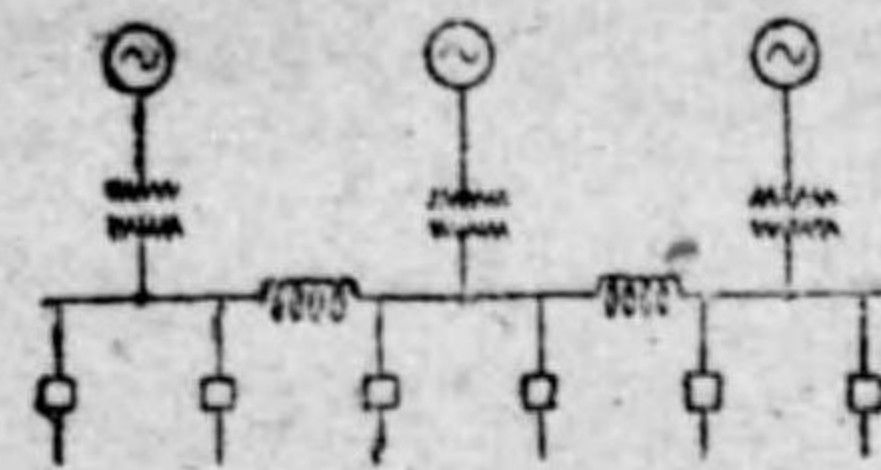
例へば No1 送電線に短絡が発生すると No1 送電線出口の過電流繼電器 OR が働いて、その油入遮斷器を開く。No2 の場合も同様である。又、所内母線に短絡が生じた時、及び送電線出口の過電流繼電器が故障の際には、發電機側の兩過電流繼電器 OR が動作して、兩發電機の油入遮斷器を開く。

尚、各發電機や變壓器の内部故障に對しては、夫々の差動繼電器 DR が働いて、油入遮斷器を開く——變壓器は、兩側の油入遮斷器を開く——

④ 限流リアクトル 發電所の母線には、適當な箇處にリアクタンスを直列に挿入する。その目的は、

- (イ) 母線、及び線路に短絡が生じた時、短絡電流を制限する。
- (ロ) 従つて、油入遮斷器の遮斷容量を減じ、送電系統の動揺を少くする。

但し、リアクトルを挿入すると、回路の電壓變動率が増加する缺點がある。又、リアクタンスを挿入する箇所は發電機から連絡母線



母線區分リアクトル

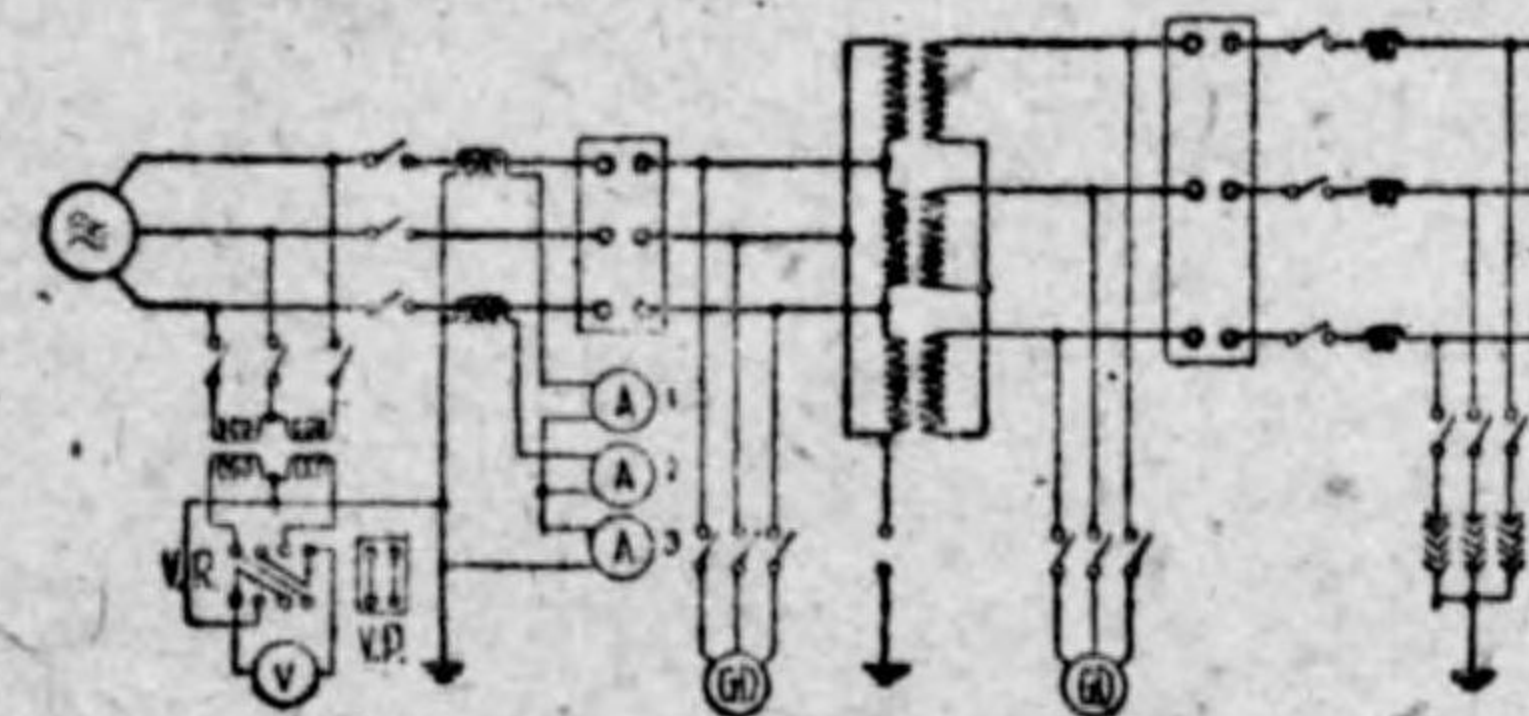
迄の間、或は、連絡母線を幾つかに區分して、この區分点に挿入する。

註、限流リアクトルの構造は、頑丈な木材、又はコンクリートの芯に太い導体を巻いてゐる。

2.9.7 電線接続圖 電氣回路、及び電氣機器の接続状態を圖示したものが電線接続圖である。

〔三相發電機 1 台の場合〕 圖は、三相 3300V 交流發電機 1 台、變壓器 1 バンクで、1 回線の送電線に送電する場合の一例である。以下送電線側より逐次に説明する。

① 避雷器(アレスター) 及び塞流線輪(チョーキング、コイル)



送電線を傳つて來た雷電壓を、塞流線輪によつて或る程度阻止する。この阻止された雷電壓は、避雷器を通じて大地に放電され發電所内の機器を脅かさない。避雷器は、通常、斷路器を経て回路に結び、点檢や取換等の場合には斷路器で回路より切離す。

註、雷電壓の波形は、一般に交流の半波のやうな形であるが、繼續時間が非常に短い。斯様に變化の急な電壓がインダクタンスに加はると、恰もこれに高周波電壓を加へた場合と同様に、インダクタンスのインピーダンスが増大して、電壓の侵入が防げる。

② 油入遮斷器 發電機の引出線、變壓器の一次及二次側、母線連絡線、引出線等に油入遮斷器を挿入する。

註、變壓器の兩側に遮斷器を入れるのは、一次が發電機、二次が外部電源に接続されてゐる時、變壓器の故障の際には兩側共に切り離さねばならない爲めである。

③ 檢漏器 (グランド・デテクタ) 變壓器の一侧に入れた檢漏器 (G.D) は、他側の地氣を指示しない。これは、變壓器によつて回路が電氣的に絶縁されるからである。従つて、變壓器の兩側に檢漏器を設ける。又、檢漏器回路には、絶縁区分のために斷路器を挿入する。

④ 靜電放電器 一侧特別高壓、他側高壓の變壓器には、高壓側の端子近くに靜電放電器を取付けて、特別高壓が高壓側に混觸した時の危険を防ぐ。(工作規程第 27 條による)

註 靜電放電器には、通常、多隙型の放電間隙が用ひられる。この放電間隙は一度放電を起すと、電弧が断たれないから、油入遮斷器を開いて停電しなければならない。

⑤ 電流計 (アンメーター) 發電機の中性点が接地されてゐない時には、任意の 2 線に變流器を挿入して、その二次側に 3 箇の電流計  $A_1 A_2 A_3$  を前圖のやうに接続すると、 $A_1 A_2 A_3$  は各線の電流を指示する。尙、變流器の二次側は第三種地線工事で接地する。

註 三相 3 線式の各線電流のベクトル和は、常に零である。即ち、 $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ 、故に、 $I_3 = -(I_1 + I_2)$  となり、任意の 2 線の電流のベクトル和は、残りの線の電流値に等しい。上圖の電流計  $A_3$  は、中線の電流を指示する。尙、中性点接地式では、變流器、及び電流計を各 3 箇宛用ひないと、各相の電流を指示しない場合を生ずる。

⑥ 斷路器 (デイスコン) 原則として、油入遮斷器の兩側には斷路器を入れる。その理由は、油入遮斷器の点檢、手入、油濾し、取換へ等を行ふ場合に、その兩側の斷路器を開いて、絶縁区分するためである。上圖に於ても、變壓器の一次と二次の斷路器が重複してゐるものと考へると、その兩側に斷路器があることになる。

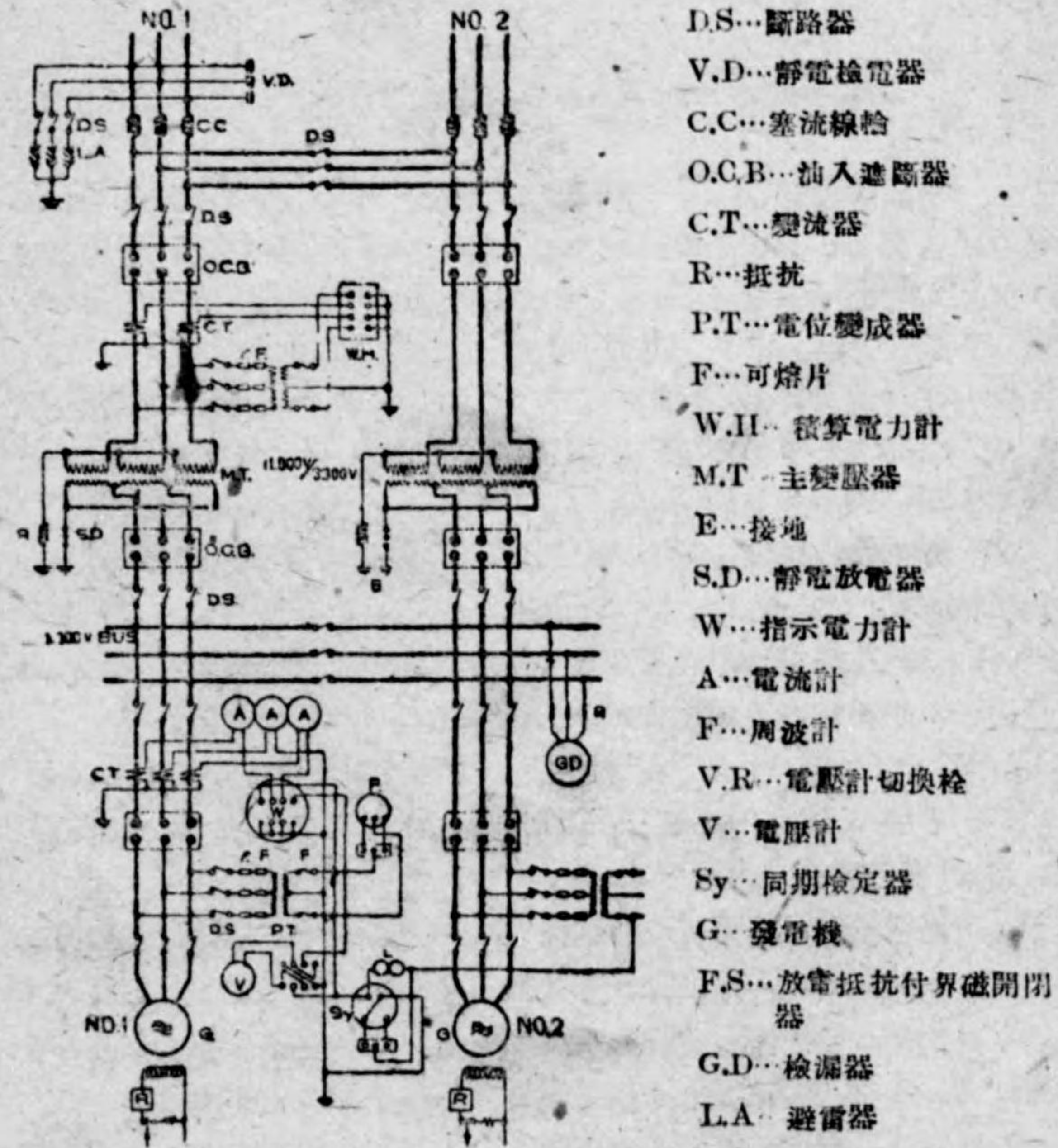
註 送電線側の斷路器は、避雷器、及び塞流線輪の内側に設ける。これは發電所の運轉を休止して斷路器を開いた場合でも送電線を避雷器で保護するためである。

⑦ 電壓計 電壓計は發電機に出来るだけ接近して接続し、發電機の發生電壓を常に指示するやうにする。又、各線間の電壓には余り差異がないので、電位變壓器 (P.T) 2 箇を V-V に結線し、電

壓計用切換栓を用ひて、1 箇の電壓計を切替使用し、各線間電壓を測るやうにする。

註 P.T の一次側には、絶縁区分のために斷路器並電流制限用抵抗器を入れ、二次側には、變壓器を保護するために可熔片を挿入する。尙、二次側は第三種地線工事で接地する。

〔發電機 2 台の場合〕 圖は、3300V 三相交流發電機 2 台、3300V/



11000V 變壓器 2 バンクを並列運轉して、2 回線の送電線に送電してゐる場合の一例を示したものである。前例と同様に送電線側より説明する。

① 静電檢電器 (V.D) 引込口の各線に靜電型の檢電器を吊し、その指示によつて線路が充電されてゐるか、否かを知る。但し、檢電器の指示は余り信用にならない。

註、本器については「電氣測定新書」P25 以下に詳述してゐる。

② 特別高壓側連絡母線 特別高壓側の連絡線は、油入遮斷器、及び斷路器より線路側に設ける。即ち、一方の變壓器に故障を生じたとき、この連絡母線の斷路器を入れて、變壓器の兩側の油入遮斷器を開くと、他側の變壓器で兩送電線に送電を続けることができる。

註、この程度の連絡母線には、通常、建設費を節約するために油入遮斷器を入れない。

③ 積算電力計 (W.H) 積算電力計の指示は、種々の契約上に必要な場合が多いから、専用の計器用變壓器 P.T 及び C.T を用ふる。

註、この部分に電壓計や電流計等を取付けたい場合には、別に P.T 及び C.T を置く。

尙、P.T の二次側には可熔片を挿入するが、C.T の二次側には可熔片を入れてはならない。その理由は、C.T の二次側を開くと、二次電壓が過昇して燒損の虞れがあるからである。

④ 變壓器の結線 變壓器の結線は、一般に發電機側を  $\Delta$  に、送電線側を Y とする。その理由は、

- (イ) 送電線側の中性点が接地でき、その接地保護が容易である
- (ロ) 送電線の對地電位が、線間電壓の  $1/\sqrt{3}$  となる。
- (ハ)  $\Delta$  結線のため、Y 結線側の中性点電位が安定である。
- (ニ) 第 3 調波電流が  $\Delta$  回路を循環して流れるため、外部回路に第 3 調波電壓が表はれない。

⑤ 發電機側連絡母線 發電機側の回路に於て、連絡母線の分岐してゐる前後には、斷路器、及び油入遮斷器を挿入する。斯様になると、何れの發電機に故障が発生しても、この連絡母線の斷路器を入れて、他側の發電機より兩送電線に送電することができる。尙、この母線は、兩發電機を並列運轉するためにも用ひられ、その一端に檢漏器 (G.D) を接続する。

⑥ 電流計 (A)、電壓計 (V) 及び電力計 (W) この電力計は電力の契約等に用ひないから、他の計器と共用する。尙、電流計は電壓

計と異つて、各線電流に差のある場合が多いから、3 箇用ひて各線の電流を指示するやうにする。

⑦ 計器用變壓器 計器用變壓器 (P.T) の一次側には斷路器、可熔片 (F) 及び電流制限用抵抗 (R) を挿入する。この抵抗は P.T が燒損等した場合に、過大電流の流入することを防いだものである。又、P.T. の二次側の中性線には、可熔片を入れない。中性線に可熔片を入れると、若しこれが切れた場合、二次側が第三種地線工事で接地されないことになる。

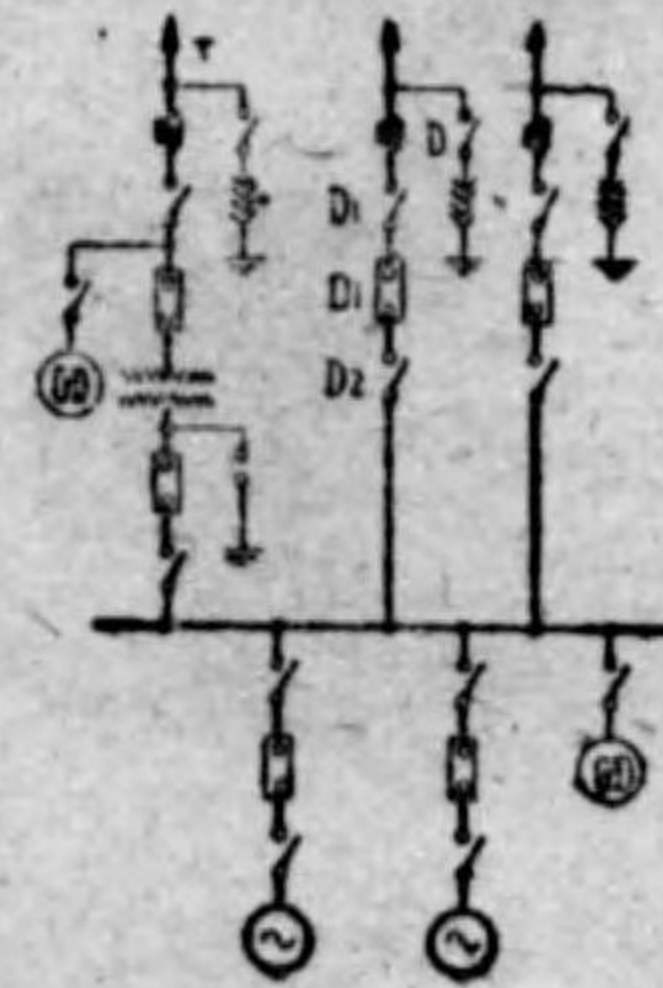
⑧ 放電抵抗付界磁開閉器 (F.S) 界磁回路は巻回数が多く、インダクタンスが大きいので、電流を急に遮斷すると、高い電壓を誘起し——誘起起電力は (電流の變化率  $\times$  巻回数) に比例する——巻線の絶縁を脅かす虞れがある。之を防ぐには、界磁抵抗器の最初の數段の抵抗を特に大きくして、回路電流の減少率を小さくし、更に開いた時には界磁巻線が抵抗、又は電機子で短絡せられるやうにして、電磁エネルギーを消費するとよい。尙、これに使用する開閉器は早切りでないこと。

〔一般の場合〕圖は、3300V 三相交流發電機 2 台を連絡母線で



並列運轉し、3300V 送電線 2 回線、及び 11000V 送電線 1 回線 (變壓器使用) に送電する場合である。この

回路に避雷器、零流線輪、油入遮斷器、斷路器、靜電放電器、檢電器等を上圖右の符號を用ひて挿入すると、下圖のやうになる。



その要領は上記に於て、殆んど盡してゐるが、若干の補説をして置く。

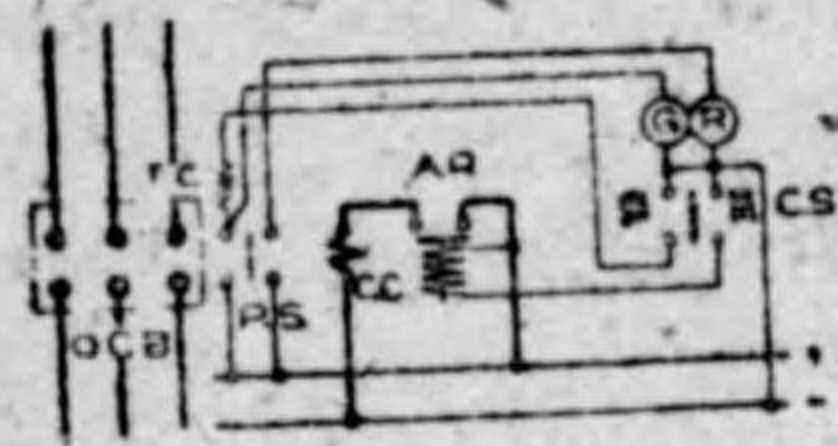
① 檢漏器 送電線側の檢漏器は斷路器より内側へ取付ける。但し、これは 11000V 送電線が他の發電所に連繋してゐない場合で、停電時には斷路器を開いて、檢漏器に雷電壓が加はらぬやうにする。然し、11000V 送電

線が他發電所に連絡して居り、常時充電されてゐる場合には、線路の漏電を常に表示させるため、検電器を断路器の外側に取付ける。

② 断路器 發電機出口の断路器は、その次にある油入遮断器を点検手入、取替へ等する時に、一々發電機を停止しないでもよいやうに設けられてゐる。

又、上記では、連絡母線に断路器を挿入してゐない。——實際、現場では、断路器1箇の挿入も相當に面倒であるから、重要でない断路器は、極力節約する——

〔油入遮断器の操作回路〕 圖は、直流電源を用いた場合である。圖) P.S は補助接觸子で、油入遮断器と機械的に聯動されてゐる。



- T.C...引外線輪
- C.C...投入線輪
- A.R...補助繼電器
- C.S...操作開閉器
- O.C.B...油入遮断器
- P.S...補助接觸子
- R...赤ランプ
- G...青ランプ

即ち油入遮断器が開いてゐる時には左側に接觸して、青ランプ G の回路を作る。反対に油入遮断器が閉ざると、P.S が右側に接觸して、赤ランプ R の回路を作る。即ち、油入遮断器の開閉を、青ランプと赤ランプで表示するやうになつてゐる。

次に、操作開閉器 C.S を右側に投入すると、補助繼電器 A.R の線輪に直流が流れて、その接觸子が上り、投

入線輪 C.C の回路ができて、油入遮断器が投入される。この時、聯動装置によつて P.S は左側に接觸する。反対に、C.S を左側に投入すると、P.S の左側接觸子を通つて引外し線輪 T.C の回路ができ、油入遮断器を開く。

〔補助電源〕 油入遮断器操作の直流電源として、3300V 母線より所内用變壓器によつて 105V、又は 210V の低壓を得、これを小型水銀整流器又は電動發電機（誘導電動機直結直流發電機）によつて整流して直流とする。又、非常用として、蓄電池を設ける。

所内点燈用の交流電源には、上記の 105V 電壓を用ひ、非常時には蓄電池よりも切替点燈できるやうにして置く。

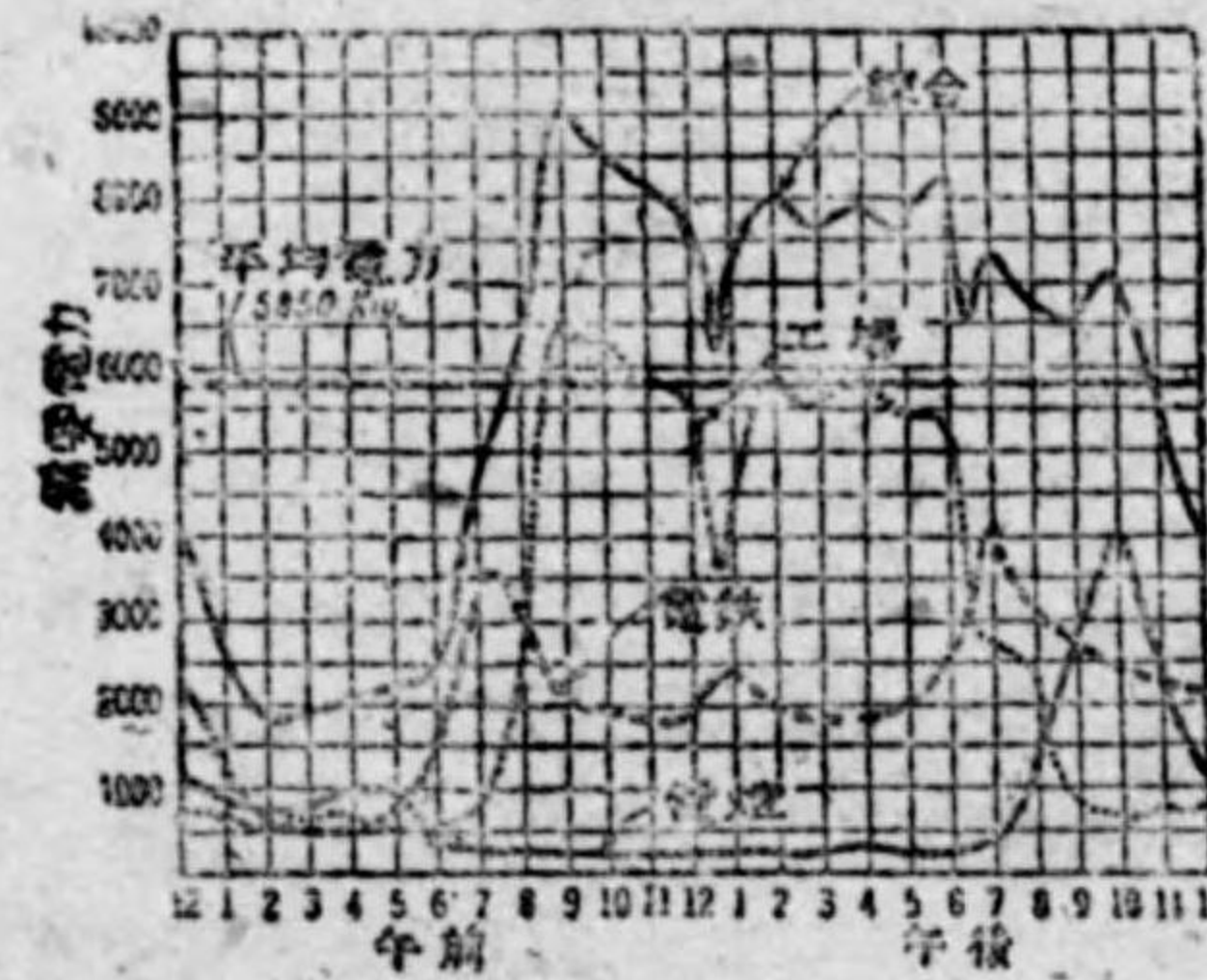
註、上記で、本發電所が單獨に起動するとき、主發電機が電壓を發生しな

いと補助電源が得られない。

故に、自己起動の必要のある場合には、別に小型の原動機（水車、發動機など）を設けて、補助電源用の發電機を運轉するやうにする。

### 2.10 水力發電計畫

2.10.1 負荷曲線 横軸に時間を取り、縦軸に電力を取つて、負荷電力の時々刻々の變化を



夏季の日負荷曲線の一例

曲線に示したものを負荷曲線と云ふ。その期間の取り方により日負荷曲線、月負荷曲線、及び年負荷曲線の別がある。圖は、夏季に於ける日負荷曲線の一例である。

① 総合負荷 電氣の需用（負荷）は、電燈電熱用

動力用、電鐵用、電氣化學用、電氣醫療用……と實に多種多様であるが、これ等を一括した發變電所、送電線等に於ける負荷を総合負荷と云ふ。

② 平均負荷(平均電力) 負荷の時々刻々の變化を或る期間に就て平均したものを其の期間の平均負荷と云ふ。

註、或る區間の負荷曲線の面積を算出し、これを其の區間の長さで除すると、その平均高さは平均負荷（電力）を表はす。

③ 尖頭負荷 負荷曲線に於て、平均電力を越へた部分の負荷をその期間中の尖頭負荷と云ふ。これに對して、尖頭負荷以外の大部分の負荷を、非尖頭負荷と云ふ。

註、尖頭負荷の生ずる時間は、負荷の性質及び同一の負荷でも季節によつて異なるが、一般に電燈負荷は 19~22 時、工場負荷は 8~10 時及び 11~17 時、電氣鐵道負荷は 7~8 時、及び 18~20 時、総合負荷は 8~10 時、及び 17~18 時に夫々生ずる。

④ 負荷率 負荷率は、次の式で與へられる。

$$\text{負荷率} = \frac{\text{ある期間中の平均電力}}{\text{その期間中の最大電力}} \times 100\%$$

上式の期間を1日、1月及び1年にとると、夫々、日負荷率、月負荷率、及び年負荷率となる。

註、負荷率の値は、工場 5~20%、商店 20~40%、住宅 10~30% 位である。

**2.10.2 発電所出力の決定** 同一の水力地点に対して、使用水量を大きく設計すると、水力発電所の単位出力当りの建設費が少くなる。その理由は、水路工事費——これは総建設費の大体 70% 位に當る——堤堰築造費等が使用水量を大きく設計しても、それに比例して増加しないからである。

扱、水力発電所の使用水量を、その河川の湧水量にとると、1年の中 355日は全出力を發電できる。この出力は常時出力として、一般の需用電力に供給が認められる。然し、使用水量を湧水量以上、例へば低水量に設計すると、1年の中 275日しか全出力を發電できない。故に、常時出力（湧水量に相當する出力）を越へた出力は、特殊出力として何時停電してもよい電氣化學等の負荷の外には、供給が認められない。但し、この特殊出力に相當する火力発電所を置くと、特殊出力も常時出力として認められ、一般の需用に供給できるやうになる。

我が國では、現在、一般の電力供給用として水力、火力併用が主であり、又、水力発電所にも貯水池を設けたものが少くない。従つて、使用水量を相當に大きく取つて、その河川の流量を有効に利用する方が經濟上有利な場合が多い。特にダム式発電所では、堰堤を高めるだけで使用水量を増すことが出来るので、使用水量を大きく取るものが多い。最近の発電所に於ける使用水量は、水路式発電所で低水量、ダム式発電所で低水量；又は平水量程度に取られてゐる

〔經濟上よりの使用水量〕 上記の使用水量を經濟上より決定するには、次のやうにする。先づ、使用水量を適當な値に取つて、この出力に相當する水力発電所、及び補給用火力発電所の各建設費を推定する。この建設費に対する1年間の金利、配當金、税金、積立金

水利使用料並に經常費及運轉費等の1年間の總支出を算出し、これをその發電所が1年間に實際に發電できると推定した總積算電力量で除すると、1kW 時當りの發電原價が求められる。使用水量を種々な値に取つて、夫々の場合に對する發電原價を算出し、發電原價が最小となるやうな使用水量を選ぶ。

**2.10.3 水車の設計** 水車の設計に於ける最近の傾向を示すと、

① **單位容量の増大** 最近では、一つの送電系統に多數の發電所が連繋して、運轉されてゐる。従つて、發電所の一水車が故障を起して、これを停止しても、その影響は余り大きくない場合が多い。其處で、水車1台の容量を大きくして、台數を減じ、建設費の低下と取扱の簡便を計つてゐる。

② **速度の増大** 高速度の水車を使用すると、水車、及び直結發電機が小型になり、床面積が小さくてすむ。故に、特有速度の大きい水車を採用する。

③ **豎軸型の採用** 豎軸型水車を採用すると、發電機が洪水面より上に据付けられ、且つ、建物の所要床面積が小さい。特に、最近に於ては、低落差發電所の建設されるものが多く、衝動水車以外は殆んど豎軸型水車が用ひられる。

註 大型のものが製作されるやうになつたので、一般に發電機1台に對し水車1台とされる。

**2.10.4 50~60~ 兩用發電所** 我國に於ける周波數は、關東が 50 サイクル、關西が 60 サイクルと二大分野に分かれてゐる。故に兩分野の間にある發電所は、兩周波數に設計して、電力の融通性を持たせる事が望ましい。その方式を擧げると、

〔水車〕 水車の設計は 55 サイクルを基準として行ひ、兩周波數に共用する。この目的に用ふる水車としては、回轉數が變化しても能率の低下の少いことが必要で、カプラン水車が最も適し、ベルトン水車がこれに次ぐ。

註、2 箇のランナーを用意して、周波數に応じてランナーを取換へる方式もあるが、これはランナーの取替へに 10 時間以上も要し、不便であるから最近では、上記の方法が廣く採用されてゐる。

〔發電機〕 回轉數が變化すると、發電機の電壓も變化する。これを一定電壓に保つためには、種々の方法があるが、一般には勵磁電流を加減してこれを行つてゐる。

註. 詳細は『電氣機器新書』P50 以下を参照。

〔調速機〕 回轉數が變ると、遠心錘の擴がりが變る。其處で、遠心錘用補助ばねの強さを調整用把手で調整し、遠心錘の擴がりを元に戻す。この操作は、水車の運轉中に行はれるから、周波數の切替へは極めて短時間に出来る。

**2.10.5 洪水水位高き低落差發電所** 洪水による發電所の被害を舉げると、

- ① 發電所建物が浸水、又は押し流される。
- ② 取水口に土砂が堆積する。又、水路中に土砂や塵芥が流入する。
- ③ 放水面が上昇し、甚だしい時には水車のランナーが浸水して出力が減退する。

次に、洪水水位の高い低落差發電所に於て、設計上考慮すべき点を舉げると、

- ① 水車、落差が減少しても、能率の低下が少いカプラン水車が最適である。又、水車の容量を所要容量より幾分大きくして、落差が減少した時、水口を大きくして水量を増し、出力の低下を防ぐ。
- ② 軸の型式、一般に堅軸水車を採用して、發電機を洪水面より上に置く。然し、最近では、洪水面にとらはれず、次記の洪水面下の發電所とされる場合が多い。
- ③ 水路、洪水時に取水口から多量の土砂や塵芥等が流入しないやうに取水口の位置、及び構造を適當にする。又、水路に餘裕を残して置いて、洪水時に通水量を増し、出力低下を防ぐ。

**2.10.6 洪水面下の水力發電所** 發電所の建物を耐水構造にして發電機室を洪水面下に置いた發電所が最近採用されてゐる。この發電所の得失は、

〔特長〕 ① 主軸の長さが短くてよく、据付に便利で、保守や監視が容易である。

② 主軸が短いため軸受、油管、水管等の資材が節約でき、建物が小さくてよい。

③ 發電所の位置が制限されない。

〔缺點〕 ① 建物を耐水構造にする必要上、通風や晝光照明（太陽に依る）が悪くなる。

② 尙、洪水時に發電機室が浸水する虞れがある。

③ 發電所の建設中に洪水が起きると、被害が大きい。

註. 申す迄もなく、水車を洪水面下とし、發電機を面上にすると兩者を結ぶ軸長が長くなり、水車も洪水面上にすると平時の落差損失が大きい。

**2.10.7 雪害対策** 降雪の多い地方に建設する發電所の設計上考慮すべき事項を舉げると、

- ① 發電所の位置は雪崩れの虞れのない場所を選ぶ。
- ② 建物の山側には窓を設けない。又、屋根の勾配を急にする。
- ③ 水樋、開渠等の水路は、蓋をするが、なるべく隧道水路とする。
- ④ 取水口等より流雪の流入することを防ぐために流雪路を作る。

**2.10.8 建設期間の短縮** 水力發電所の建設工事期間を短縮するために考慮すべき事項を舉げると、

- ① 水車や發電機の基礎を、建築工事とは関係なく築造できるやうな構造にする。
- ② 建物 鐵骨の組立てが完了すると、直ちに屋根を葺き得るやうに、例へば屋根を I 鋼葺きとする。
- ③ 水車室床と發電機室床は、單床式とせず複床式にする。
- ④ 起重機は大型のものを少数用ふるよりも、小型機を多數とする。又、なるべく機械力を利用する。

**2.10.9 模型試験** 水力發電所を設計する場合、豫じめ水路、工作物、及び水車等の模型を作り、この模型について次のやうな實驗を行ふ。

① 堰堤、ダム式發電所で堰堤の高さを定める場合、堰堤を高くした時の工事費の増加を發電電力の増加が十分に償ひ得るかを模型によつて實驗する。



註. 大堰堤では、下流の洗掘作用を模型によつて實驗する。

② 水路、上記と同様に、水路の勾配、流速等を模型について種々實驗し、最も經濟的な値を決定する。

③ 水車、設計した水車が、實際上、定格出力を出し得るか否かを、模型によつて確める。又、水車の詳細な能率曲線を知り、或は空洞現象の發生等を模型によつて實驗する。

模型を用ふると、その他、理論上、あいまいな種々の事項を明白に出来るので、最近、廣く用ひられてゐる。

**2.10.10 資材節約** ① 發電所建物の屋根を省き、發電機を塔内に入れた屋外式發電所とする。

② 發電機室の床を省いた單床式を採用する。

③ 發電機の直結勵磁機をやめて、建物の高さを低くする。

④ 發電機の床面を低くして、主軸を短くする。

次に、代用品の採用を擧げると、

① 水壓管として、鐵管の代りに鐵筋コンクリート管を用ふる。

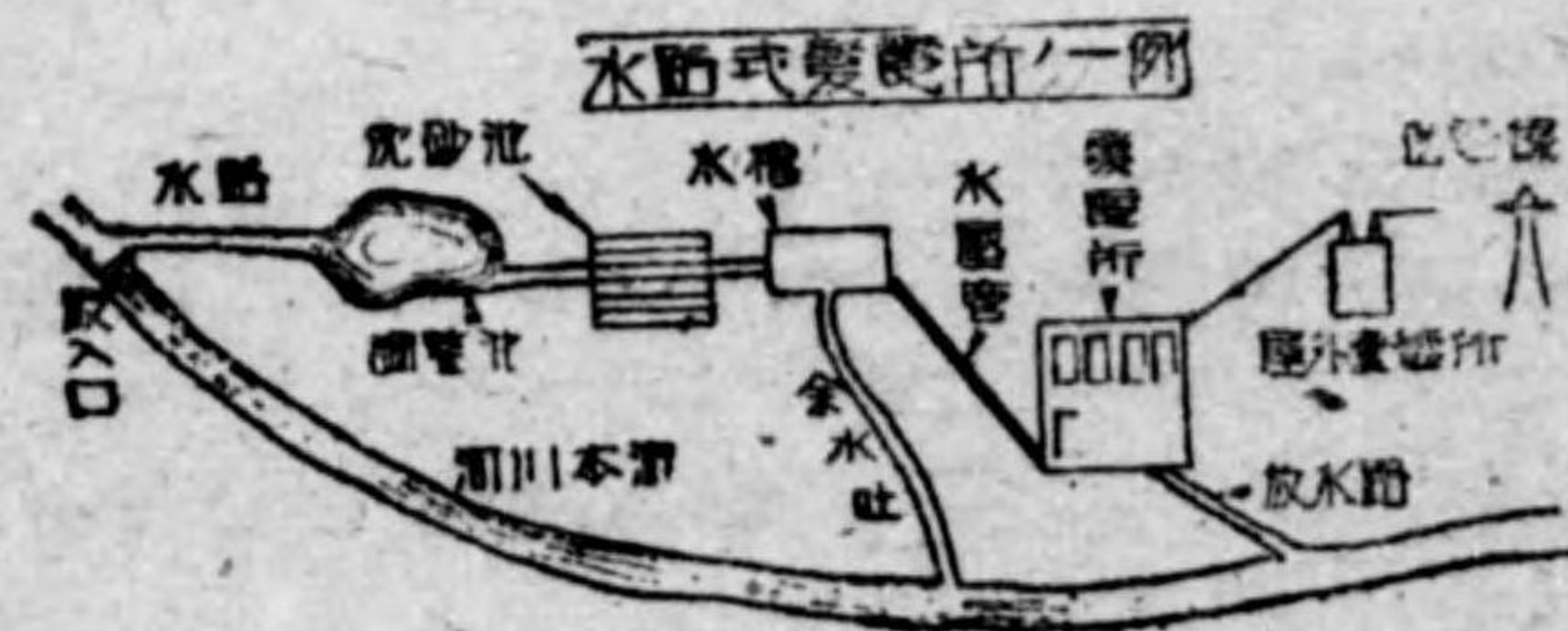
② 鐵筋コンクリート建物を竹筋コンクリート、又は木造建物にする。

③ 堰堤等の門扉で小型のものは、木造にする。

④ 吸出管のライナーやその他ベース、ピット、パイプ支へ等をコンクリートに代へる。

## 2.11 水力發電所の運轉

**2.11.1 起動** 茲では水路式發電所について、運轉開始から發電機を送電線に並列運轉する迄の操作を述べる。



の水位を高める。

機を送電線に並列運轉する迄の操作を述べる。

① 取水堰堤の水門を閉ぢて、取水口

## 2.11 水力發電所の運轉

② 取水口の土砂吐水門を開いて土砂を排出し、取水口の水門を開く、暫らくの後、土砂吐水門を閉ぢる。

③ 水路に通水し、水槽に満水する。この時水槽の土砂吐水門を開いて排砂を行ふ。

④ 水槽が満水する間に、發電機や母線回路等の絶縁をメガで測る。

⑤ 水壓管入口の水門を開き、先づ勵磁機用の水車を運轉して、繼電器の引外し回路を充電する。

⑥ 側路弁を開いて、水車の外殼に満水する。

⑦ 主要弁を開き、調速機を手動にして、水車の導翼を開き、水車を徐々に巨轉する。側路弁を閉ぢる。

⑧ 徐々に加速して定格速度とし、調速機を自動操作に移す。この時、各部の振動、音響、發熱等に注意する。

⑨ 發電機の勵磁電流を徐々に増して、定格電壓を發生させ、同期檢定器によつて、送電系統と並列に入れる。

⑩ 調速機の制御用電動機によつて、水車の流入水量を増し、徐々に負荷をかける。

註. 水車を起動する前に、軸受の油壓を十分に高くして置く。

**2.11.2 出力の低下** 水力發電所の出力は、使用年數の経過と共に次第に低下する。その原因、及び改善方法を述べる。

① 水量の減少; 水路に土砂が堆積し、水草や水虫が生成して、水路の通水斷面積が減ると、通水量が小さくなる。又、水路内壁の流水に対する摩擦損失が増加して水速が減じ、通水量が減ずる。

註. 対策は、運轉休止時に、土砂や水草等を取り去る。又、水虫は竹箒等で掃き落し、日光に曝すと容易に死滅する。

② 水車の能率低下; 流水中に土砂や酸類等を含む場合、及び空洞現象を發生すると、使用年數を重ねるにつれて、水車の觸水面が磨滅する。そのため、漏水が増し、或は、觸水面が粗雑となつて流水の摩擦損失を増加して水車の能率が低下する。

註. 水車の局部が腐蝕した場合には、電氣熔接によつて、この部分に肉盛りする。

③ 電氣機器の能率低下; 發電機, 變壓器, 開閉器類, 等の電氣機器に塵埃が附着して, 熱の放散を減じ, 許容出力が減退する。或は, 發電機軸受の摩滅や, その他電氣機器の自然劣化等によつて, 損失電力が増し, 發電所の出力が低下する。

註, 各機器の分解掃除, 不良部分の取替等を勵行して出力減退を防ぐ。

**2.11.3 出力増加対策** ① 使用水量の増加; 河川及び水路の近くにある湖沼の水を發電用に取り入れる。魚道及び流木路の放水量を最小限度に減じ, 或は一定の期間だけ放流する。溪流の流量を取り入れる。堰堤を高くし, 又は調整池, 貯水池等の底を掘り下げて貯水量を増す。堰堤, 水路, 門扉, 水壓管の辨等よりの漏水を減ずる。所内用水(冷却水等)を節約する。

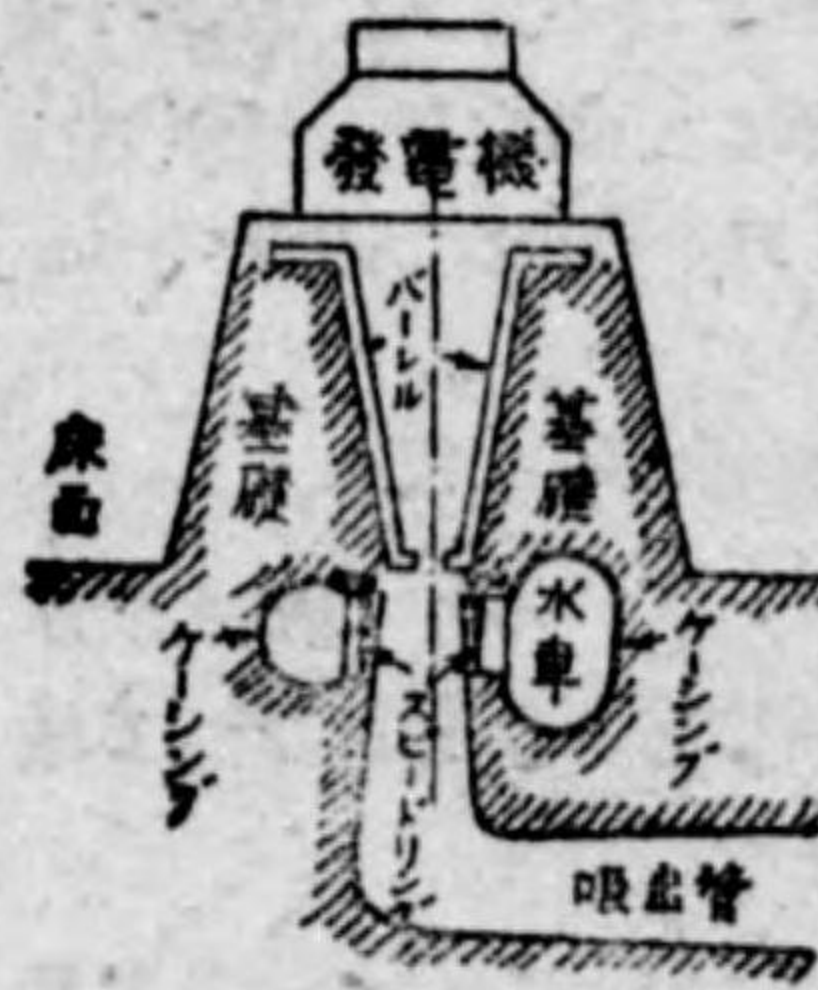
② 有効落差の増加; 堰堤, 水槽等の嵩上げを行ふ。水路の土砂水虫, 水草, 等を取除く。調整池及び貯水池を有する發電所は, 高水位に保つやう運轉する。

③ 運轉能率の向上; 水車を修繕して, 能率の低下を防ぐ。多數の水車を有する場合は, 常に高能率となるやう負荷によつて運轉台数を定める。

④ その他; 所内電力を節約する。

## 2.12 特殊水力發電所

**2.12.1 單床式發電所** 豎軸型發電機を使用した發電所は, 一般に發電機, 及び水車に夫々別箇の床面を設けてゐる。單床式發電所では, 水車の上に井戸杵状のコンクリート支持物を造り, この上に發電機を載せて, 發電機床面を省いてゐる。その特長は



單床式發電所

① 建物が簡単で, 幾分小さくてよく, 建設費が節約される。

② 水車の附近が明るく, 且つ点検に便利である。

③ 水車附屬設備の配置, 及び構造

が簡単で動作が確實である。

が簡単で動作が確實である。

但し, 水車ランナーを点検, 修理する場合, 發電機の回轉子を抜き出した上でないとランナーを取出し得ない欠點がある。

註, 近頃, この單床式が廣く採用されてゐる。

**2.12.2 低落差發電所** 最近, 建設された發電所には, 低落差發電所が多い。その理由は,

① 水力地点の開発は, 經濟上有利な地点より行ふから, 中, 高落差の水力地点は, 既に大部分開発され盡した。従つて, 今後は低落差を開発することになる。

② 河川に大堰堤を築いて貯水し, これを發電, 灌漑, 舟運等と多角的に利用する場合, この堰堤の落差を利用して低落差發電所を設ける。

低落差發電所は一般に出水等によつて有効落差の變動が大きいから, 水車の選定には注意を要する。この目的にはカプラン水車が適當であるが, この水車は能率が低いため, フランシス水車とカプラン水車を併用して, 常時, フランシス水車には基底負荷をカプラン水車には變動負荷を夫々分擔させて, 高能率運轉を行ふと良い。

註, 低落差發電所は, 又, 洪水時に浸水の虞れが多いためその対策を講じて置く。

**2.12.3 揚水發電所** 揚水發電所は, 結局, 蓄電池發電所と同じやうな役目をする。即ち, 發電所の上下に貯水池を設けて, 輕負荷時には, 他の發電所の余剩電力で下の貯水池の水を上貯水池に揚水し, 尖頭負荷時には前に揚水した水を放流して發電する。斯様にすると, 他の發電所に於ける輕負荷時の余剩水を無駄に放流することなく有効に利用できる。揚水發電所には, 次の種類がある。

① 水車發電機と, ポンプ電動機を各 1 組宛別箇に設ける。

② 上記で發電機と電動機をを兼用する。即ち, 横軸の場合には同期機の兩側に水車とポンプを取付け, 豎軸の場合には, 同期機の下に水車, その下にポンプを据付ける。

註, この場合, 主軸には聯結子を用ひて, 水車の運轉中には, ポンプを切離す。但し, ポンプの運轉中には, 水車に壓縮空氣を送つて, その中の水を

排出する。

③ 水車とポンプ、及び發電機と電動機を夫々共用する。本方式は、最も簡單であるが、一般に水車をポンプに流用すると、その回轉方向を反對にする必要があり、能率が著しく低下する缺点がある。

揚水發電所には、揚水のみによつて貯水するものと、これに河川の流量が加はるもの、或は、1日の負荷變動に應ずるものと、河川流量の季節的變化に應ずるもの等の別がある。

揚水發電所の發電能率——揚水に要する電力量と、この揚水を放流して發生する電力量の割合——は一般に50~65%と云ふ低い値である。故に、揚水發電所が經濟的に建設されるには、建設費の安いこと、負荷率が極めて低いこと、等の條件が必要である。

**2.12.4 自動發電所** 自動發電所には、その操作方式によつて次の種類がある。

① 全自動式、發電所の起動、停止、出力及び電壓の調整等を全くその發電所自身が行ふものである。余り主要でない小容量の發電所に用ひられる。

註、起動、及び停止を行ふには、時計開閉器か、又は水槽水位に依つて働く水槽の浮子開閉器等を用ひ、出力の調整は、電壓變電器等によつて行ふ。

本方式は、装置が著しく複雑になり、建設費、及び維持費が嵩む缺点がある。

② 半自動制御式、全自動發電所の主なる操作は、親發電所から遠方制御し、他の附隨的な操作を自身によつて行はせる。信頼度が高く、稍々重要な發電所では、大抵この方式を採用する。

註、遠方制御を行ふのは、主に起動、停止である。

③ 遠方制御式、上記の各操作を總て親發電所から、遠方制御によつて行ふ方式である。遠方制御の方式には、各種各様があるが、何れも制御線の数を少なくするやう考慮されてゐる。例へば、自動電話と同様の方法を用ひ、親發電所から斷續電流を送つて、その組合せにより自動發電所の各種操作を行ふ。

① 起動、一般に水車側より起動する。即ち、上記の操作によつて水車に通水し、回轉數が同期速度の約95%に達した時、遠心力

開閉器によつて、發電機を無勵磁のまま送電線に接続する。すると發電機は誘導電動機として回轉する——磁極に籠形の制動巻線を設けてゐる——次に、勵磁回路を閉じて同期運轉に引き入れる。

② 出力調整、水槽水位によつて水車の水口を加減する。故に、水のある限り全負荷運轉をする。

③ 勵磁方式、最も簡單なものは、勵磁を變化しない。

自動發電所の特長は、勤務員が不要となり、人件費が節約されることで、山間僻地の小水力發電所に採用される。

**2.12.5 屋外式發電所** 自動發電所は運轉員が不要であるから、建物を省いて屋外式發電所にすると、建設費が節約できる。次に、屋外式の一例について述べよう。

① 主變壓器、油入遮斷器、避雷器等には屋外型を用ひ、そのまゝ屋外に設置する。これ等の配線は、鐵構によつて行ふ。

② 主發電機は、周圍を鐵板で圍んで、發電機床面を水車室の屋根にする。又、發電機塔にはガラス窓を設けて、内部を視察し得るやうにする。塔の内壁には石綿紙等を張つて、水滴の滴下を防ぎ、外氣を送つて内部を冷却する。

③ 配電盤や計器、繼電器類は、發電機塔内に置くか、又は單獨の塔内に入れる。

このやうな屋外式自動發電所では、時々監視員が廻つて来て、内部を点検する。

**2.12.6 水中發電所** ダム式發電所に於て、發電所の建物全体を水中に建設したものである。導水管が短くて灣曲が少いため、流水の損失が少い。又、發電機の冷却が良く、定格容量の7倍位の負荷に耐へると云はれてゐる。本發電所は地上より見へないので、防空發電所としても適當である。

## 2.13 水力發電所の試験

**2.13.1 落成試験** 水力發電所が落成すると、官廳の使用認可試験を受ける。この試験の目的とする處は、

(イ) 落成した發電所の各工作物が、工事前に認可された設計通

りに行はれてゐるか。

(ロ) 各種工作物が電氣事業施行規則、又は工作物規程に抵触してゐないか。

を見るに、擬、この落成試験に合格すると、官廳より使用認可が與へられ、始めて運轉開始ができる。

① **通水試験** 河川の上流から始めて堰堤、水路、水壓管と順次に通水し、1日位満水して水路工作物の漏水状態等を調べる。異状がないと水車の試運轉にかゝる。先づ、軸受の給油状態を点檢した上、水車に徐々に通水して、定格速度の $\frac{1}{4}$ 位の回轉數で數時間空廻しして、各部の振動、音響、發熱等の状態を見る。次に、回轉數を次第に上げて定格速度で約24時間運轉し、故障がないと試運轉に合格とする。

註、但し、以上は使用認可試験を受ける前の豫備試験として行はれることが多い。

② **發電機試験** 主な試験項目は、負荷試験と耐壓試験である。負荷試験は、發電機を全負荷で3~5時間位、運轉して、電機子線輪、鐵心、軸受等の温度を15~30分間毎に測定し、過熱するか否かを見る。發電機の負荷としては、發電機の信頼度がまだ分らないから、一般の需用電力は用ひられず、水抵抗器等を負荷する。

註、水抵抗器は、各相の電極を同一の間隔を置いて水中に浸し——三相では、各電極を正三角形の各頂点に配置——電極間の水の抵抗を利用したものである。水抵抗器を設計する場合、水の抵抗は、水中の不純物によつて著しく異なるから注意を要する——純粹の蒸溜水は、電氣を通じない——又、水抵抗器に電力を消費させると、水の温度が上昇して、その抵抗値が減じ、消費電力が増加する。この場合は、電極間の距離を擴げるか、又は、電極の浸水面積を小さくする。

次に耐壓試験として、電機子巻線と大地の間に、最大使用電壓の1.5倍の電壓を10分間加へ、これに耐へるか否かを見る(電氣工作物規程第8條)。

註 耐壓試験は、温度試験の直後に行ふ、その理由は、一般に絶縁物の絶縁耐力は、温度を高めると弱くなるからである。

③ **變壓器の試験** 發電機と同様に耐壓試験と負荷試験が主体で

ある。

負荷試験の方法として、小容量では水抵抗等を用ふるが、大容量には主に返還負荷法が採用される。耐壓試験では、各巻線間、及び巻線と鐵心間に次の交流電壓を10分間加へ、これに耐へることが規定されてゐる(電氣工作物規程第10條)

- ① 低壓の變壓器 1000V、(但し、250V以下の變壓器は、500V)
- ② 高壓の變壓器 最大使用電壓の $\frac{3}{2}$ 倍(但し、500V以下の變壓器は1000V)
- ③ 特別高壓の變壓器 5000V未満のもの 最大使用電壓の2倍  
5000V以上10000V未満のもの 最大使用電壓+5000V  
10000V以上50000V未満のもの 最大使用電壓の1.5倍  
50000V以上 最大使用電壓+25000V

④ **水車及び調速機の試験** 水車を定格速度で運轉し、發電機に $\frac{1}{4}$ 負荷をかけた後急に負荷を遮断して、回轉速度、水壓管内の水壓、發電機の電壓等の瞬時最大値、及び調速機の閉塞時間等を記録する。これを負荷遮断前の各値と比較して、水車の速度變動率、發電機の電壓變動率、及び水壓管内の水壓上昇率等を知る。同様なことを $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 及び全負荷について行ひ、各場合の記録を取る。この結果によつて、調速機の機能と水車の負荷状態、及び水壓調整機がある時にはその動作状態等を調べる。

註、時には水車の能率試験を行ふこともある。その方法は、發電機を定格速度で運轉して、これに負荷をかけ、發電機の出力を電力計で測る。發電機の損失(又は能率)は、製作所で相當正確に算定されてゐるから、この發電機の全損失をその出力に加へて、發電機の入力、即ち、水車の出力を定める水車の入力、有効落差 $H$ 米と流量 $Q$ 立方米を測つて、 $入力=9.8QH$ 「キロワット」より求め、 $能率=(出力/入力) \times 100$ より能率を算定する。

但し、有効落差を知るには、水壓管内の流水壓力を測つて算出する。

⑤ **配線及び配線器具** 各種の遮断器、開閉器、器具、及び配線等に對して、絶縁耐力試験を行ふ。その方法は、これ等の電氣回路を一括し、之れと大地間に試験電壓を一定の時間加へて、耐へるか否かを見る。

⑥ **出力試験** 河川より發電所の設計使用水量を取水して、認可

出力が発電できるか、否かを調べる。洪水期には、河川より最大水量を取入れ、その発電電力より認可出力を推定する。

### 3. 火力発電

#### 3.1 総説

**3.1.1 原動機の種類** 火力発電所に於ける原動機の主なる種類を挙げると、次の3種である。

① 蒸気タービン、② 往復蒸気機関 ③ 内燃機関。

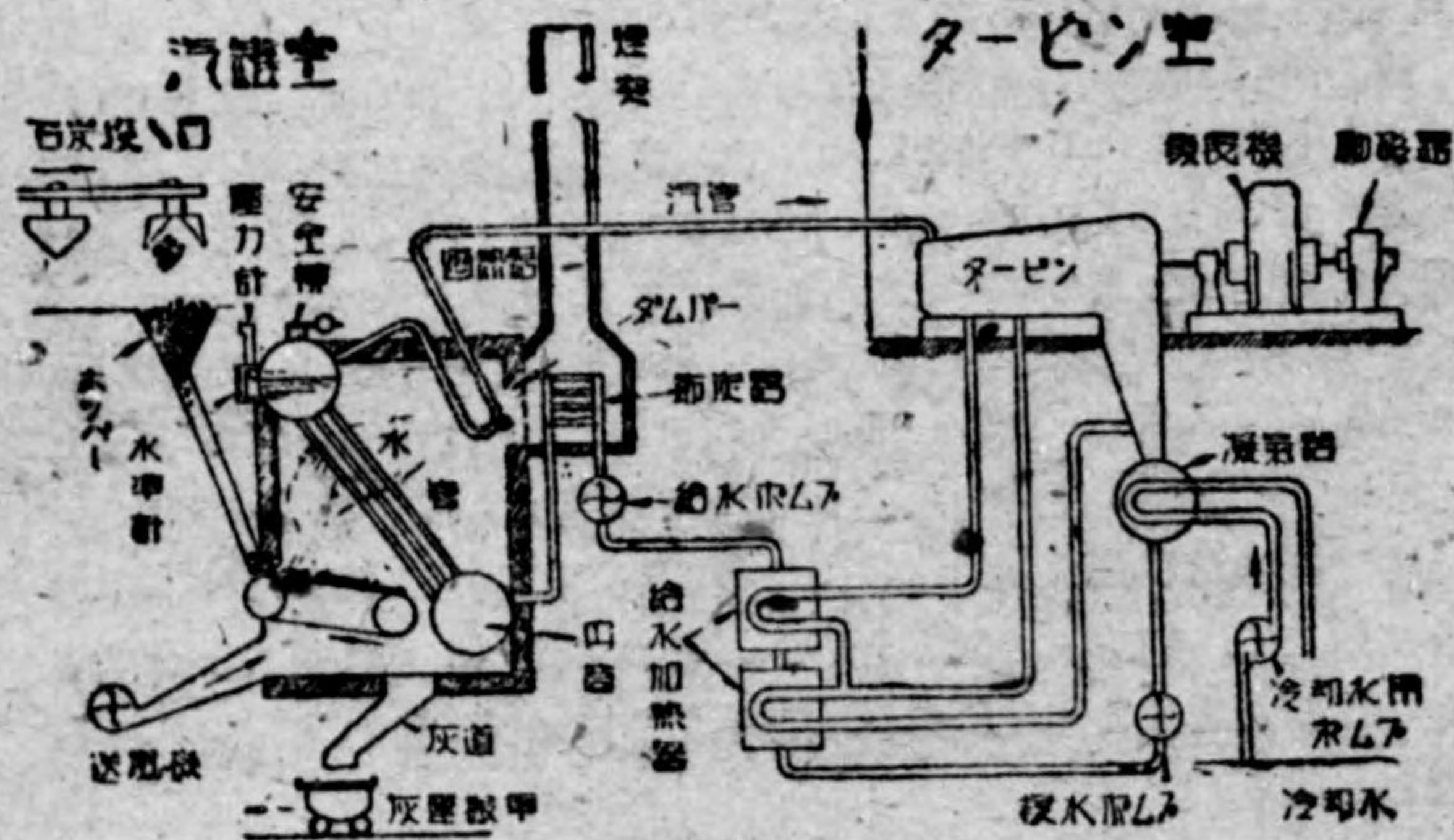
①が火力発電所用原動機として最も適当である。

②を①と比較すると発電所用として種々なる缺点があるため(後述)現在では使用されてゐない。

③は、建設費及び運轉費が小さく、然も獨立で簡単に起動ができるので小容量の自家発電所や豫備用等に適する。

上記のやうに、現在、最も一般に用ひられてゐるのは、蒸気タービン発電所であるから、以下これについて述べる。

**3.1.2 発電所施設の一般** 圖は、タービン発電所の設備の一般を



給炭機節炭器発電所の一般

示したものである。

石炭運搬機によつて運ばれた石炭は、ホツバ(漏斗)内に落され給炭機に達する。更らに給炭機で火爐内に送られ、給炭機の火床上で燃焼して、燃殻は火床の右端より灰道内に落下する。この灰は灰運搬車に入り、人力で外に運び去られる。又、火床の下方より送風機で燃焼に必要な空気を送り込んでゐる。

火爐内には氣罐の水管があり、石炭の燃焼熱を吸収して、水管内の水を蒸發する。この蒸氣は火爐内の過熱器によつて更らに加熱され蒸氣管を通つて、タービンに導かれる。タービン内では蒸氣を膨脹させて、タービンを回轉し、その排氣を復水器(凝氣器)で冷却して凝結させる。この凝結水(復水)は、復水ポンプで復水器内より取出され、給水加熱器で温められる——その熱源には、タービン内の蒸氣の一部を抽出して用ふる——更らに給水ポンプで加壓され、煙道内の節炭器で温められて、氣罐に供給され、前と同一の経路を辿る。

その他、氣罐には蒸氣壓を指示する壓力計、及び蒸氣壓が過大になつた時、蒸氣を空中に吹出す安全弁がある。又、煙道には、空氣量を加減するダンパ(扉)がある。

以上は、大体の設備を示したものであるが、この他にも種々な設備があり、これ等については、以下で詳述する。

#### 3.2 発電用燃料

**3.2.1 分類** 燃料を大別すると次の3種になる。

① 固体燃料……石炭、木炭、木材、煉炭、骸炭など。

② 液体燃料……石油、揮發油、重油など。

③ ガス燃料……石炭ガス、天然ガス、メタンガス、發生爐ガスなど。

火力発電の燃料として、最も一般に用ひられてゐるのは石炭である。その他に重油、石炭ガス、天然ガス等も使用されてゐるが、特別の場合の外は餘り用ひられない。

各種燃料の1瓦當りの發熱量

燃 料	木 炭	泥 炭	骸 炭	煉 炭	石 油	揮發油	重 油
發 熱 量 k カロリ	7200	3600	7200	8300	11000	10000	10000

石炭を大きく分類すると、次の4種になる。

① 無煙炭 最も良質の石炭で、殆んど炭素より成立つてゐる。燃焼する時に無煙であるが、着火が悪いので、一般に他種の石炭等と混合して用ひられる。

② 瀝青炭 多量の揮發分を含み、よく燃へるが、煙が甚だ多い

③ 褐炭 瀝青炭と泥炭の中間で、水分が多く、外氣に曝すと風化(後述)し易い。

④ 泥炭 種々の植物が水底に溜つて炭化したものである。

發電用の石炭には、普通、瀝青炭(有煙炭)が用ひられるが、最近では褐炭も多く使用されてゐる。

3.2.2 分析と發熱量 ① 工業分析 石炭の成分を固定炭素、揮發分、硫黄、及び灰等に分析する。この各成分の割合によつて、各種の燃焼方式に適する石炭の種類を選ぶ。

② 元素分析 石炭の成分を炭素、水素、酸素、窒素、及び水分等の各元素に分析する。この各元素の割合より、石炭の發熱量や燃焼にも必要な空氣量等が算定される。

各種石炭の分析と發熱量

名 稱	燃焼狀況	揮發分 (%)	發 熱 量 k カロリ	元 素 分 析 (%)		
				炭 素	水 素	酸 素 及 窒 素
無 煙 炭	短青焰	3~5	8000~8300	93~95	2~4	3~5
瀝 青 炭	光輝焰	12~26	7800~8900	75~90	4.5~5.5	6~15
褐 炭			3900~6100	45~65	6~6.8	30~45

3.2.3 粘結性炭と燼灰 石炭が燃焼する際に、炭片が膨脹して粘り、骸炭状(コーキングと云ふ)となるものがある。これを粘結性炭と稱し、斯様にならないものを不粘結性炭と云ふ。

註. 粘結性炭は、燃焼の際に通風を害し、火床を損傷し易い缺點がある。

又、石炭灰の軟化温度が低いと、灰が熔けて大きい熔灰塊(クリンカーと云ふ)を生じ、給炭機燃焼では火床を損傷し、微粉炭燃焼では、水管に熔結する等の缺點がある。これを灰の熔結と稱する。

註. 灰の軟化温度は、普通 1100~1360°C 位である。

3.2.4 石炭購入に際し考慮すべき点 ① 發熱量に對して價格が安いこと。

② 硫黄分が少いこと。硫黄は燃焼の際、亞硫酸ガスを生じ、これが水分に触れると硫酸が出来て金屬を腐蝕する。

③ 灰をそのまま取出す場合は、灰の熔融温度が低いこと。又、灰を熔融状態で取出す場合(微粉炭燃焼の場合)は、灰の熔融温度が低いこと。

④ 灰の含有量が少いこと。

⑤ 水分が少いこと——水分は蒸發する際に熱を奪ひ去る——

⑥ 炭塊の大きさが適當で、雜物を混じでないこと。

3.2.5 石炭の風化 石炭を長く貯藏すると、水分を吸収する。この水分が温度によつて膨脹、伸縮し、石炭が碎けて細くなる。又、石炭中の成分が酸化して發熱量が減する。これを石炭の風化と稱する。

貯炭層が厚いと、風化によつて生じた内部の熱が蓄積され、石炭の酸化が急進して、發熱し、自然に發火する場合がある。(自然發火)

3.2.6 燃焼に必要な空氣量 石炭が燃焼すると、炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)、酸素(O)、一酸化炭素(CO)、窒素(N)、炭化水素等のガスを生ずる。然して、是等の割合は通風量によつて次のやうになる。

即ち、空氣量が過剰でも不足でも CO<sub>2</sub> の割合が少く、4~6% であり、通風が適當で完全燃焼をする場合は 12~18% である。従つて、CO<sub>2</sub> の割合から通風の適不適を知ることが出来る。之れが炭酸ガス記録計(CO<sub>2</sub>レコーダー)である。或は供給空氣量が不足だと CO が多く、過剰だと CO の少いことから、一酸化炭素記録計(COレコーダー)が設けられることもある。

石炭の完全燃焼に必要な空氣量は、石炭中の各元素の割合から理論的に定められるが、實際には、理論空氣量より多くの空氣を要す

る。これを過剰空気と稱する。その割合は、

給炭機燃焼……45~55% 重油燃焼……20~23%

微粉炭燃焼……30%位、(空気を360°C位に豫熱すると25%位)

注 通風が過剰であると、空気が多量の熱を持ち去るので爐内の温度が下る。反対に通風が不足すると、一酸化炭素が多量に出て、石炭の發熱量が減少する。常に、通風量は常に過不足しないやうに調整する必要がある。通風の過不足を知るには、上記の記録計を用ふると最も正確であるが、大体は煙の色の濃(通風不足)淡(通風過剰)によつて知ることができる。

**3.2.7 炭酸ガス記録計** 燃焼ガス分析器には各種のものがあるが、茲では電気式の1種で、炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)量を指示する前記の炭酸ガス記録計について述べよう。その原理は、炭酸ガスの熱傳導率が他のガスより低い性質を利用してゐる。

4本の白金線でホイートストンブリッジの4邊を作り、2邊を空氣中に、他の2邊を煙道ガス中に置いて、普通のホイートストンブリッジと同様に、電池と檢流計を結ぶ。煙道ガス中の炭酸ガスが多いと、この中の2邊はIR熱の放散が減じて、白金線の温度が昇る。従つて白金線の抵抗が増し、ブリッジの平衡が破れて檢流計が偏れる。檢流計の偏れは、煙道ガス中の炭酸ガスの多少によつて變るから、檢流計の偏れによつて、炭酸ガスの含有率を指示させることができる。

注 煙道ガスを化學的に分析するには、一定量のガスを取り、その中の例へば炭酸ガスのみを薬品に吸収させて、ガス容積の減少より炭酸ガスの容積を知る。斯様な操作を繰返して、各ガスの容積を算定し、その含有割合を知る。

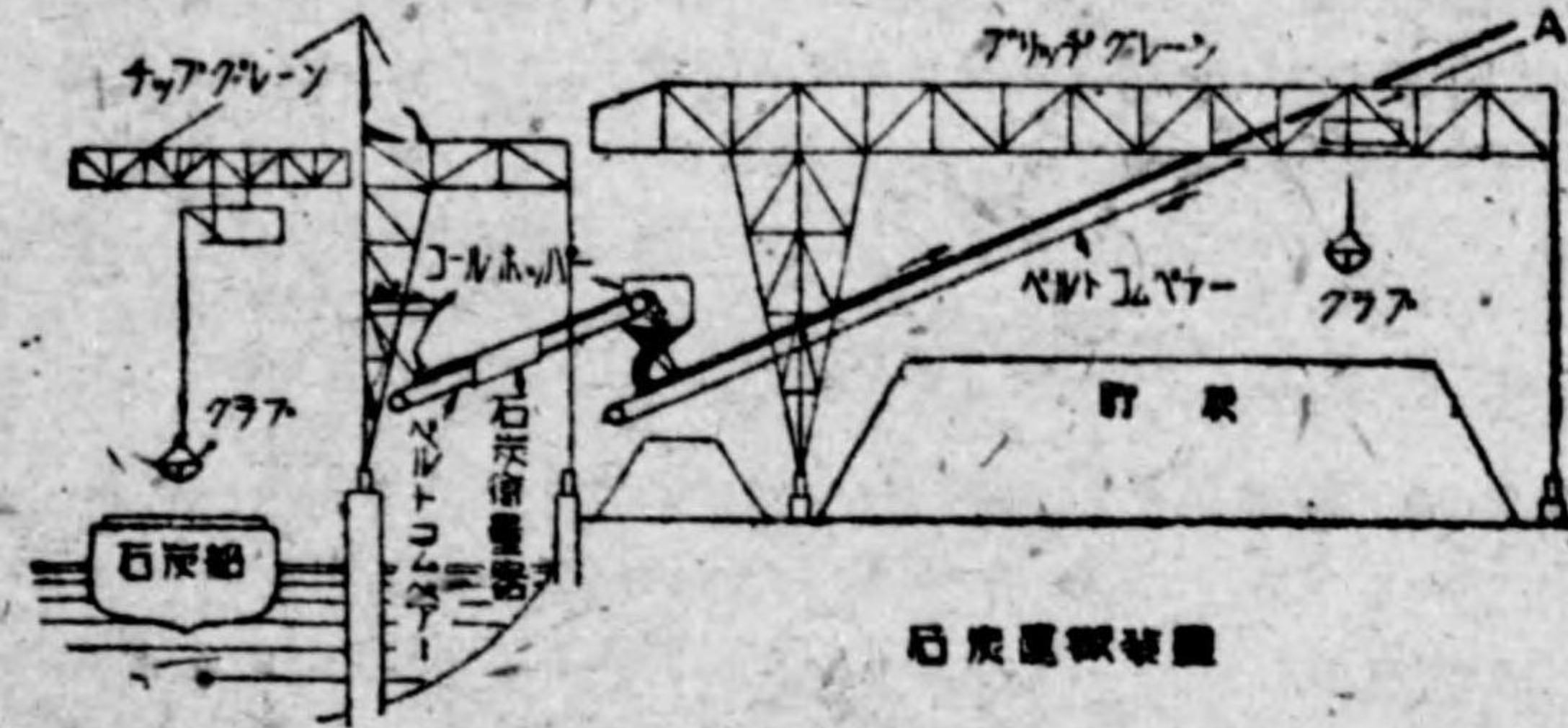
**3.2.8 液体及びガス燃料** 液体、及びガス燃料を石炭と比較すると、

利 点	缺 点
①単位重さ當りの發熱量が大きい	①産出量が少く、高價である。
②着火、消火が簡單であり、燃焼の操作が容易である。	③貯蔵に不便で、爆發の危険がある。

液体及びガス燃料は高價であるから、天然、又は他の工業によつてガスを發生する場合、或は重油がディーゼル機關に用ひられる等

の特殊用途の外は一般に用ひられない。

**3.2.9 石炭運搬装置** 運炭、及び貯炭設備は、土地の状況、發電



所の出力等によつて千差萬別である。圖は、石炭を石炭船から炭槽まで運搬する装置の1例を示したものである。

① 石炭の陸揚げ 小出力の發電所では人力によるが、一般にコンベヤ類、起重機類等が用ひられる。圖は、石炭陸揚塔を設けてクラブ・バケットを使用するものである。

② ベルト・コンベヤ 石炭や灰等の移送に最も廣く用ひられる。その構造は、電動機で回轉する無端ベルトを多數のローラーで支へたもので、逆轉も容易に出来る。ベルトの最大速度は、ベルトの幅、運搬物の種類等によつて相違するが、塊炭…75米/分、粉炭…100米/分、灰及びセメント…90米/分程度である。

ベルト・コンベヤの主なる長所として、①構造が簡單である。②所要動力が小さい。③ベルトの何處からでも運搬ができる。④ベルトの最大長は300米位まで可能である。等が數へられる。

注 ベルト上に石炭等を載せるには、圖のやうにホッパー(1種の漏斗)を用ふる。

③ ブリッジ・クレーン(橋型起重機) 渠梁上を走行する起重機によつてクラブを移動し、材料を運搬するものである。圖の場合は貯炭場の石炭を、傾斜ベルト・コンベヤへ載せるために用ひてゐる。

④ 石炭衡量計 陸揚側のベルト・コンベヤの中間に設けて、石炭の搬入量を計る。

② 貯炭函 (コール・パンカ) 傾斜コンベヤで発電所内に搬入した石炭は、氣罐室の上部に設けた貯炭函内に入れ、これよりホツパーで氣罐の給炭機に送炭する。

以上の運炭の工程を示すと、

船→陸揚機→コンベヤ→計量器→



**3.2.10 貯炭** 火力発電所は、炭坑の罷業、炭價の定期的値上り等に備へるため、一般に相當量の石炭を貯へてゐる。貯炭に於て、最も注意を要するのは自然發火である。これを防止するには、

① 發生した熱をよく逃すやう炭層を約5米以下にする。或は炭槽中に放熱用の鐵棒等を立てる。

② 空氣と石炭の接觸面積を少くする。

註、水中に貯炭すると、風化が全く生じないが、大きい貯水池を要し、手数と費用がかかる。或は、貯炭槽の上部をロールで固めると、効果が著しいが兩方法とも一般には用ひられてゐない。

③ 貯炭場の排水を良くする。

④ 交互に濕つたり乾いたりすることを避ける。

最も一般に採用されてゐる方法は、屋外貯炭である。

**3.2.11 灰運搬装置** 灰は石炭と異り、高温で煉瓦狀の塊となつてゐることが多いから、運搬装置を摩滅し易い。又、吸濕すると金屬を腐蝕するから、特別の注意が必要である。灰運搬装置としては

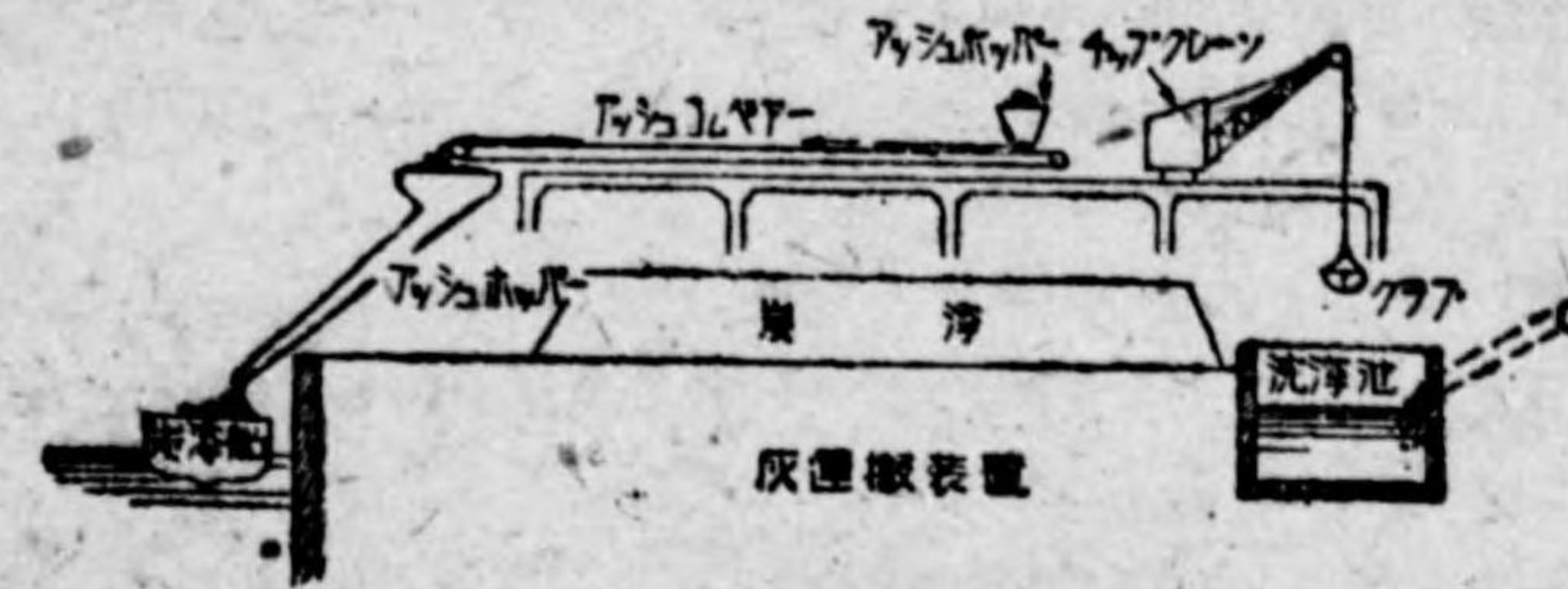
① 灰出口の扉を時々開いて、トロツコ、貨車等の中に灰を落下させ、そのまま外に運ぶ。

② 上記の石炭の場合と同様に、機械的の装置によつて運搬するその1例にウォーター・トラフ式がある。

③ 壓搾空氣、又は蒸氣によつて、灰を外に壓送する。又、真空式は真空の吸込作用によつて、灰を外に吸出す。

④ 灰を水に溶かして、外に流し出す。この1例にウォーター・スルース式(水洗式)がある。

[ウォーター・トラフ式] 圖は本方式の1例を示したもので、灰



溝 (アッシュ・ピット) の下部に鑄鐵製の沈滓池(水槽)を設け、この中に灰塊を落下して、洗滌させる。これをクラブで引上げ、起重機でアッシュ・ホツパーの上口内に落し、コンベヤで炭滓船まで運ぶ。

[ウォーター・スルース式] 灰出口の下部に傾斜した溝を設け、これに水を流して灰を運び去る。この溶灰を水溜内に洗滌させて、適當な方法で搬出する。

註、本方式は、塵埃が少く、成績が良い。

[真空式] 上記の方式では、灰を取り出す時、灰出口の扉を開くので、冷却空氣が入つて、熱損失が増す。真空式は、真空ポンプによつて灰を屋外に誘出する方式で、この缺点がなく、且つ能率が高い。但し、設備費は嵩む。

### 3.3 蒸 氣 (スチーム)

**3.3.1 顯熱(液体熱)** 水を氷点から沸点(沸騰点)まで高めるに要する熱量を顯熱、又は液体熱と稱する。例へば1氣壓の下で、 $0^{\circ}\text{C}$ の水1kgを $100^{\circ}\text{C}$ まで高めるには、1kカロリの熱量(顯熱)を要する。

註、水に強い壓力を加へる程、顯熱は増加する。即ち、水の沸点が上昇する。

**3.3.2 氣化潜熱(潜熱)** 同一壓力の下で、沸点にある水を更らに熱すると、水の溫度は昇らず、加へた熱によつて同一壓力、同一溫度の蒸氣を發生する。斯様に、沸点の水を同溫度の蒸氣に變へる



ための熱量を氣化潜熱と云ふ。1 氣壓の下で、 $100^{\circ}\text{C}$ 、 $1\text{kg}$  の水の氣化潜熱は、約  $539\text{k}$  カロリである。

註、水に加へる壓力を増すと、氣化潜熱は漸減し、壓力が  $225.2\text{kg}/\text{cm}^2$  に達すると、氣化潜熱は零になる。

**3.3.3 エンタルピ(全熱量)** 顯熱と氣化潜熱の和、即ち、或る壓力の下で、氷点の水を沸点の蒸氣とするのに要する全熱量をエンタルピと稱する。1 氣壓の下では、 $1\text{kg}$  の水のエンタルピは、

$$\text{エンタルピ} = \text{顯熱} + \text{氣化潜熱} = 100 + 539 = 639\text{k カロリ}$$

**3.3.4 限界壓力及び限界溫度** 密閉容器内の水を熱して蒸發させると、蒸氣のために器内の壓力が増して、沸点が上昇する。更らに加熱すると、壓力と沸点は漸昇するが、器内に水がある間、壓力は  $225.2\text{kg}/\text{cm}^2$  以上には昇らない。この壓力を限界壓力と稱し、この時の溫度  $374^{\circ}\text{C}$  を限界溫度と云ふ。

註、限界壓力に達すると、蒸氣は水と同一容積、同一状態になり、蒸發の現象がなくなる。即ち、氣化潜熱が零になる。これ以上加熱すると、壓力は昇らないが、溫度が上昇する。

**3.3.5 飽和蒸氣** 或る壓力の下に於て、その沸点で蒸發したまゝの蒸氣、即ち、水と接觸し乍ら發生した蒸氣を、その壓力の飽和蒸氣と稱する。

飽和蒸氣の中で、水分を多く含んでゐる蒸氣を濕潤蒸氣と云ひ、水分の少い蒸氣を乾燥蒸氣と稱する。

註、普通、蒸氣と稱するのは、飽和蒸氣を指す。氣罐で發生したまゝの蒸氣は濕潤蒸氣であり、直接これを蒸氣タービンに導くと種々の害があるので乾燥蒸氣か、又は過熱蒸氣にして蒸氣タービンに導く。

**3.3.6 過熱蒸氣** 飽和蒸氣を水の無い所で更らに加熱して溫度又は壓力を高めたものをその溫度、又はその壓力の過熱蒸氣と稱する。過熱蒸氣を使用することの利益は、

① 過熱蒸氣は、飽和蒸氣より過熱しただけ熱エネルギーが大きいので、蒸氣タービンの出力が増す。

② 氣溫が飽和蒸氣の溫度に下るまで、水滴を生じないから、タービン内で翼等を腐蝕することが少い。

③ 上記の水滴による摩擦損失が少く、蒸氣タービンの熱能率が向上する。

註、飽和蒸氣を加熱する時、壓力を一定にすると、容積は溫度と共に増大し、反對に容積を一定にすると壓力は溫度と共に上昇する。最近の大發電所では、一般に後者の状態の過熱蒸氣を使用してゐる。

尚、過熱蒸氣と飽和蒸氣の溫度の差を過熱度と稱する。

**3.3.7 ゲージ壓力と絕對壓力** 壓力の大きさを表はすには、次の2つがある。

〔ゲージ壓力〕 壓力と直角な平面上に於ける1平方吋當りの壓力貶數 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )、又は1平方吋當りの壓力封度數 ( $\text{lb}/\text{in}^2$ ) の各數値を以つて表はす。

〔絕對壓力〕 ゲージ壓力は、1氣壓に相當する壓力 ( $1.033\text{kg}/\text{cm}^2$ ) を壓力の基準 (零壓力) としたが、絕對壓力は、眞空の壓力を基準 (零壓力) として、上記と同様の方法で壓力を表はしたものである。

註、例へば、 $10\text{kg}/\text{cm}^2$  のゲージ壓力は、 $10 + 1.033 = 11.033\text{kg}/\text{cm}^2$  の絕對壓力に相當する。

蒸氣や水壓等の壓力を表はすには、通常、ゲージ壓力を用ふる。

**3.3.8 高温高壓蒸氣の利益** 高溫度の蒸氣を使用することの利益は、上記の過熱蒸氣の場合と同様で、タービンの出力、及び熱能率が向上し、翼等の腐蝕が減ずる。

次に、高壓力の蒸氣を使用することの利益は、

① 蒸氣タービン内で、大きい蒸氣壓の降下が得られるので、出力が増す。

② 一定容積の蒸氣が含む全熱量が増すため、タービンの蒸氣消費量が少くなる。

③ タービンが小型になる。

氣溫と氣壓は、實際上相關聯して考へねばならぬ。即ち、高壓力の蒸氣を使用すると、タービン内で水滴を生じ、翼の腐蝕や摩擦損失を増加する。この水滴を減ずるためには、蒸氣溫度を高める必要がある。即ち、高壓とすると同時に高温とせねばならず、一方的に片方を高める譯には行かない。

註、高温、高壓の蒸氣を使用すると、上記のやうに大きい利益があるので

最近の大発電所では、材料の許容値近くまで、気温及び気圧を高めてゐる。我國に於ける大発電所の一例を挙げると、気温 100~500°C、気圧 40~50 kg/cm<sup>2</sup> である。

### 3.4 火爐及び氣罐

**3.4.1 火爐** 燃料を燃焼する室を火爐と稱し、その周圍を圍んでゐる壁——通常、耐火煉瓦を用ふる——を爐壁と稱する。火爐内には、給炭機、燃焼アーチ、灰道、氣罐、過熱器等がある。

**3.4.2 氣罐の種類** 氣罐は申す迄もなく、蒸氣タービンに使用する蒸氣を發生するもので、その型式によつて分類すると、

① **圓筒式氣罐** 大きい圓筒形の罐内に、煙道管を設けたものである。大型氣罐には適さないため、小工場、病院、學校等に用ひられるに過ぎない。

② **煙管式氣罐** 煙道管が多數の小管より成つてゐるもので、蒸氣機關車や船舶等に用ひられるに過ぎない。

③ **水管式氣罐** 大きい圓筒罐より多數の細長い水管を引出し、この水管内で蒸氣を發生するやうにしたものである。發電所用の氣罐としては、殆んど之れが用ひられてゐる。その理由は、

(イ) 水管が細いので、蒸氣壓を容易に高めることが出来る。

(ロ) 氣罐の加熱面積が廣く、温水が水管内を早く循環するので蒸氣の發生が速いである。従つて、急激な負荷の變動に應じ得る。

(ハ) 氣罐の重量が軽い。——加熱面積が廣く、熱能率が良いので、小型になる——

(ニ) 過熱器、節炭器、空氣豫熱器等の取付が容易である。

(ホ) 小部分に分解して運搬することが出来る。

(ヘ) 通風量を大きくすると、氣罐の無理焚きが出来る。

水管式氣罐には、各種のものがあるが、水管の配置によつて大別すると、次の2つになる。

〔セクショナル型〕 水管の傾きが 15~20° (水平面に対して) 程度で、その兩端をヘツダに取付け、罐胴 (ドラム) に連絡してゐる

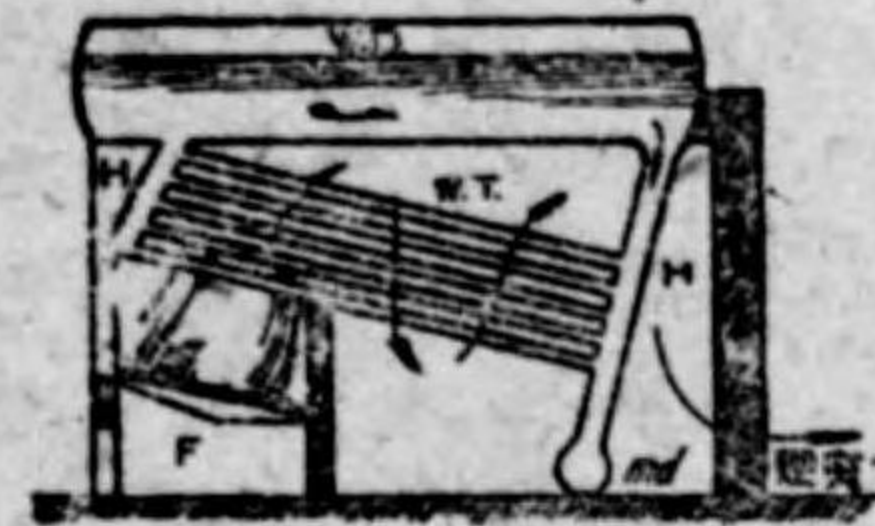
註、本型には、バブコックス・ウイルコックス氣罐、三菱セクショナル氣罐

がある。

〔垂直型〕 水管の傾きが 75~90° 程度で、水管を直接にドラムに連結してゐる。

註、本型には、ヤロー氣罐、田熊氣罐、ガルベ氣罐等がある。

**3.4.3 氣罐の構造** 圖は、バブコックス・ウイルコックス氣罐の構造を示したもので、次のやうな部分より成立つてゐる。



バブコックス・  
ウイルコックス氣罐

①、**罐胴 (ドラム)** 氣罐の上部に水平に置いた圓筒 (W.D.) で、下半分は水、上半分は蒸氣で満たされてゐる。

罐胴の目的は、これに水管を取付けて罐水の循環路を作り、又、蒸氣を集めて取出すにある。

註、罐胴内の浸水部分を水室、蒸氣部分を蒸氣室と稱し、兩者の境界面 (水面) を蒸發面と云ふ。

② **ヘツダ (H)** 數本の水管 (W.T.) の兩端を夫々一括して、罐胴に連結した樋をヘツダと稱する。水管内の水は、熱せられると比重が減じて左方のヘツダ H を昇り、罐胴内 W.D. を右に進み、右方のヘツダ H を降つて水管に歸る。斯様にして、罐水の循環が繰り返へされ、蒸氣は W.D. 内に集積される。

③ **泥筒 (M.D.)** ヘツダの下部には、罐水中の不純物が溜るのでこの部分に泥筒を設け、泥筒の汚水排除管を時々開いて、沈澱した汚水を排除する。

④ **火床 (F)** 火床は石炭を燃焼して、水管内の水に熱を與へるために用ふる。

**3.4.4 過熱器** 過熱器は、罐胴内で發生した蒸氣を更らに加熱して、過熱蒸氣とするために用ふる。その構造は、多數の水管群の中に蒸氣を通すやうにしたもので、これを爐内に設置する位置によつて、次の3種に大別される。

〔對流型〕 氣罐水管群の上部、又は2つの水管群の間に設置して燃焼ガスの對流熱を吸収するやうにした方式である。

〔輻射型〕 爐壁に設けて、火床よりの輻射熱を吸収するやうにした方式である。

註、氣罐の負荷が増すと、多量の燃料を燃焼する必要上、通風を高めるので多量の高熱ガスを発生する。對流型はこの高熱ガスを受けるから、重負荷時には過熱度が増す。反對に負荷が減ると、ガスの発生量が少くなるので對流型は過熱度が減少する。然るに、輻射型は、通風を減少するので、却つて過熱度が増す。斯様に、對流型と輻射型の過熱度の特性は、反對である。

〔平衡型〕 之れは過熱器として、對流型と輻射型の2つを設けて兩者を直列に使用し、負荷によつて、蒸氣の加熱度が變化しないやうにした方式である。

**3.4.5 過熱低減器** 過熱低減器は、上記の平衡型と同様に、過熱蒸氣の溫度を一定に保つために設ける。その原理は、過熱蒸氣を水中に置いた管内に通じ、過熱蒸氣の溫度の上下によつて、水管の浸水度を變化して、蒸氣溫度を一定に調整する。

註、最近、過熱蒸氣の溫度は、材料の許容限度近くまで取られるので、過熱蒸氣の溫度が規定値を越へると危険である。これを防ぐためにこの過熱低減器の用ひられることがある。或は、高温高壓の蒸氣より低温低壓の蒸氣を得たい場合に、過熱低減器と減壓弁を用ふる。

**3.4.6 水冷壁 (水格子爐)** 水冷壁は、爐壁に多數の水管を取付けて、これに罐水の一部を通ずるやうにしたものである。その効用は、

- ① 火爐内の輻射熱を吸収して、蒸氣を発生する。
- ② 爐壁を冷却して、爐壁の損傷を防ぐ。
- ③ 爐壁の損傷が少ないので、火爐の大きさが小さくできる。

註、水冷壁は、爐壁の損傷を防ぐために考案されたのであるが、その蒸發量が非常に大きく、遂に氣罐全蒸發量の65%以上を蒸發するやうなものさへ現はれた。

水冷壁を有する氣罐で、火爐容積1立方メートル當りの毎時の許容發熱量は、微粉炭燃焼爐で20~30萬キロカロリー、給炭機燃焼爐で25~50萬キロカロリーである。

水冷壁には、次のやうな種類がある。

〔裸水管〕 裸の水管を爐壁に取付けたもので、熱の吸収がよく、蒸氣の發生量が大きい。然し、爐内が冷へ過ぎて、燃焼が妨げられ

る缺点がある。

〔被覆水管〕 裸水管の上面を煉瓦等で覆つたもので、上記のやうな缺点がない。

〔鍍付水管〕 水管に鍍を付けて、熱の吸収を良くし、且つ水管の腐蝕を防ぐやうにしたものである。

註、水冷壁は、特に微粉炭燃焼式によく用ひられ、四壁を水冷壁で囲んだものが多い。

**3.4.7 節炭器** 煙道より煙突に排出される燃焼ガスは、まだ相當に高温である。節炭器は、この煙道ガスの餘熱によつて、氣罐の給水を加熱するもので、次のやうな種類がある。

〔固定型〕 過熱器と同様の構造で、煙道内に固定した水管群の管内に給水を通じ、管外周に煙道ガスを觸れさせる。

〔回轉型〕 上記の水管群を高速度で回轉し、煙道内の通風を妨げぬやうにしたものである。

〔蒸發型〕 節炭器内で既に氣罐給水の一部を蒸發させ、この蒸氣を氣罐の罐胴内に送り込むやうにしたものである。

次に、節炭器の効用を述べる。

- ① 煙道ガスの餘熱を吸収して、發電所の熱能率を高める。
- ② 氣罐に温水を給水するので、負荷の急増に應じ得る。
- ③ 氣罐給水に冷水を用ふると、冷水に觸れた罐壁は、收縮して大きい内力を生じ、氣罐を損傷する虞れがある。節炭器によつて給水を加熱すると、この心配がない。

④ 氣罐給水を加熱すると、給水中の不純物が沈澱するので、氣罐の内壁にできる罐石——沈澱物が固着したもの——を減少できる。

**3.4.8 空氣豫熱器** 節炭器と同様に、煙道ガスの餘熱によつて燃焼用の空氣を加熱するものである。空氣豫熱器の得失は、

長	①煙道ガスの餘熱を回収して、發電所の熱能率を高める。 ②石炭の燃焼量、及び燃焼溫度を高めて氣罐の熱能率並に蒸氣發生量を増す。
所	③不良炭を完全に燃焼させる。
缺	①非常に大きい場所を取る。又、煙道が長くなる。
点	②通風を妨げるので、通風機の容量が増す。 ③掃除に面倒である。

空気豫熱器の型式には種々あるが、最も広く用ひられてゐるのは次の3種である。

〔平板型〕 煙道内を平板で多数の通路に仕切り、煙道ガスと燃焼用空気を通路の交互に通ずるやうにしたものである。

〔管型〕 上記の平板の代りに多数の管を用ひて、煙道ガスと燃焼用空気の通路を仕切つたものである。

〔再生型〕 煙道内を2つに仕切つて、1方に煙道ガス、他側に燃焼用空気を通じ、兩通路に跨つて多数の放熱板を有する回転子を設ける。回転子を毎分2~5回の速さで回転すると、煙道ガス中で熱せられた放熱板は、燃焼用空気中で放熱し、ガスの熱を空気に傳へる。本型は、能率が良いこと、占有場所が少いこと、放熱板が空気によつて清掃されること等の特長があるが、一方、所要動力の大きい欠点がある。

註、空気豫熱器は、節炭器に比べると、高圧力を受けないから構造が簡単で價格及び維持費が安い。然し、熱の吸収率が小さいので大型になる。最近タービンの抽氣によつて給水を加熱するので(後述)節炭器によつて、煙道ガスの餘熱を十分に利用出来ない。従つてその餘熱を空気豫熱器で回収する。

3.4.9 氣罐及び附屬設備の使用材料 水管式氣罐、過熱器、水冷壁、節炭器、及び空気豫熱器等には、何れも多数の管を用ふる。この管は、高温及び高圧に耐へ、腐蝕の少いこと等の條件を必要とする。次表にこれ等の水管材料を示す。

氣罐の水管	過熱器	水冷壁	節炭器	空気豫熱器
低炭素鋼 引拔管	低炭素鋼 特殊鋼	低炭素鋼	鑄鐵管	鐵板 鐵管

3.4.10 加熱面積 氣罐に於て、水管、罐胴、水冷壁、節炭器及び過熱器等の外周部で燃焼ガスに觸れる部分の總面積を氣罐の加熱面積と稱する。次に、加熱面積と他の面積の割合を示す。

加熱面積：火床面積=1：(50~60)

但し節炭器、空気豫熱器付は 1：(30~45)

總加熱面積：水冷壁の面積=1：(0.1~0.2)

過熱器の加熱面積：給炭機の火床面積=10：1

節炭器の加熱面積：給炭機の火床面積=15：1

尙、加熱面積1平方米當りの蒸氣發生量の平均は30~70kg/時位である。

註、氣罐1台の加熱面積は、普通氣罐で70~1000m<sup>2</sup>、大型氣罐で1000~20,000m<sup>2</sup>程度である。

3.4.11 沸水作用(ブライミング) 罐胴内で罐水が蒸發する際に激しく沸騰し、蒸氣中に多量の水滴が混ざる現象を沸水作用と稱する。沸水作用の原因を挙げると、

① 氣罐の負荷が急増すると、氣壓が急減して、罐水が沸騰し、一時的に沸水作用を起す。

② 罐胴の蒸氣室が小さいと、少しの過負荷で①と同様の結果になる。

③ 罐水に塩類やアルカリ分を含むと、罐水面に泡が立ち、沸水作用を起すことがある。

次に、沸水作用による障害を挙げると、

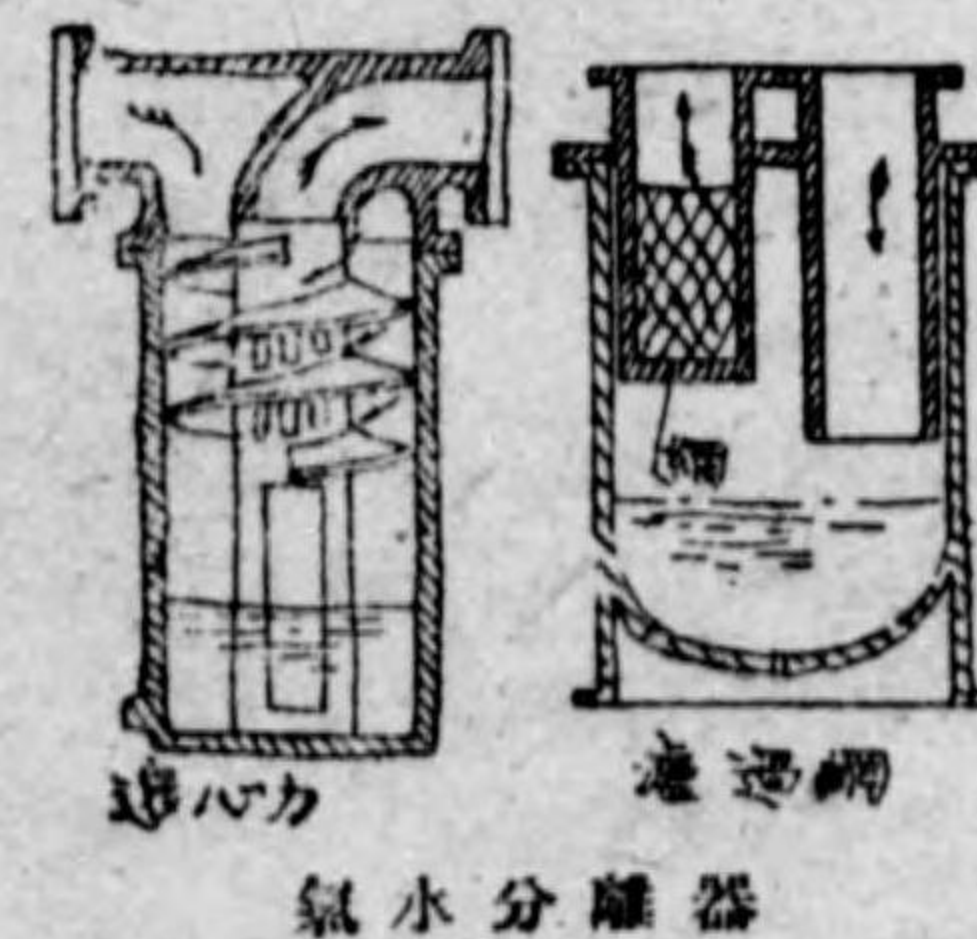
① 蒸氣タービン内に水滴の多い蒸氣を通ずることになり、タービンの翼等がこの水分によつて腐蝕する。又、水滴が高速度で翼に衝突するため、摩擦損を生じ、且つ、タービンを振動させることがある。

② 水滴による摩擦損等のために、發電所の熱能率が低下する。

3.4.12 氣水分離器(スチーム・セパレータ) 水分の多い蒸氣を

蒸氣タービンに通ずると、上記のやうな障害があるので、この水分を除くために氣水分離器を用ふる。氣水分離器には種々あるが、茲では圖のやうな2種について説明する。

左圖は、蒸氣に旋回運動を與へて、質量の大きい水分を周壁に附着させて、分離する方法である。



右圖は、蒸氣が濾過網を潜る時に、水分が網に附着すやうにしたものである。

氣水分離器は、蒸氣が罐洞より出る所、及び蒸氣タービンへの入口等に設けられる。

註、蒸氣が罐洞内より出る所へ邪魔板を置き、これに水分を附着させて、氣水分離を行つてゐるものもある。尙、上圖の容器内に溜つた凝結水は、凝氣トラップ(後述)によつて、取り出し、氣罐給水に加へるやうにしてゐる。

**3.4.13 氣罐の附屬設備** ① 水準計(水位計) 罐内の水面が低過ぎると、氣罐が過熱する虞れがあり、反對に高過ぎると、蒸發面が動搖して、沸水作用が起り易い。故に、罐水面を一定に保つ必要がある。然るに、罐内は外から見へないから、水準計を取付ける。

水準計の最も簡單なものは、氣罐の外部にガラス管を置き、上部を蒸氣室に、下部を水室に各々連結して、ガラス管内の水位が罐内の水位を表はすやうにしてゐる。

② 低水位警報器 罐洞内に浮子を浮かせ、罐水面が著しく降下又は上昇すると、浮子の上下によつて警報を發するやうにしたものである。

註、最近の氣罐では、給水を絶つて全負荷運轉すると、5~7分間位で罐洞内の水が蒸發して了ふ。其處で、水位を一定に保つため一般に自動給水装置が用ひられる。従つて、この警報器は餘り使用されない。

③ 自動給水調整器 罐洞内の水位變動を手動で調整することは繁雜で、實際上、不可能である。従つて、自動給水調整器を用ひて罐水面を一定に保つてゐる。



壓力計

自動給水調整器の種類は多いが、その1例は、浮子の上下によつて辨を働かせ、給水量を自動的に調整するやうになつてゐる。

④ 壓力計 罐洞内の蒸氣壓力を指示させるために壓力計を用ふる。圖は壓力計の1例を示したもので、ACはA点で固定された灣曲管、EFは齒車である。ACにBより蒸氣を導くと、その壓力に比例して、ACが伸び、CDが上に引かれて

Fが回轉し、ZはACの伸び、即ち、蒸氣壓に比例した指示をする。

註、本壓力計で、ACに高温の蒸氣を直接に導くと、温度のために誤差を生ずる。これを防ぐために曲管部ABを設け、この部分で蒸氣を凝結させ、ACに高温度を傳へない。

⑤ 安全辨 壓力計が狂つてゐたり、或は、負荷の急減等によつて、氣罐内の蒸氣壓が過昇した時、氣罐内の蒸氣を一時放出して、氣罐の破裂を防止するために安全辨を用ふる。安全辨には、通常次の3種が用ひられる。

〔槓桿安全辨〕 氣罐の開放口の辨を槓桿の中程で押へ、槓桿の一端を蝶番にし、他端に重錘を吊したものである。蒸氣壓が過昇すると、辨が押し上げられて蒸氣が噴出し、蒸氣壓が下ると、重錘によつて辨を閉ぢる。辨が開く蒸氣壓を加減するには、重錘を槓桿上の左右に移動して行ふ。

〔發條安全辨〕 蒸氣の噴出辨を發條によつて押へたもので、動作は上記と同様である。

〔重錘安全辨〕 蒸氣の噴出辨を重錘で押へたものである。

安全辨が働かないと、氣罐が破裂する虞れがあるので、必ず1氣罐に2箇の安全辨を取付ける。

⑥ 人孔(マンホール) 氣罐の罐洞内に於ける作業のために罐洞の両端に人の這れる孔を設ける。これを人孔と稱する。

⑦ 汚水排除辨(ボロー・オフ・バルブ) ヘツダの泥筒には、汚水排除辨を設けて、使用中も時々この辨を開き、泥筒に溜つた汚水を噴出させる。又、氣罐内を洗ふ時等の場合には、汚水排除辨を開いて、これより氣罐内の水を全部排出する。

註、氣罐を空にした時、水の溜る箇所には排水コックを設ける。

**3.4.14 氣罐の掃除** 氣罐の壽命を短縮する原因の主なもの、次の2つである。

〔罐石(スケール)〕 氣罐給水中の不純物が罐内に沈澱して(給水處理の項で詳述)、これが罐内面に固着したものを罐石と稱する。罐石ができると;

① 罐石の熱傳導率が低いので、氣罐の能率が低下する。又、氣罐が過熱する。

② 罐石に亀裂ができると、蒸氣の發生量が急増して、罐内の氣壓が急昇する。

罐石を除くには、氣罐を停止し、——火を消し煙道を閉ぢる——自然に冷却するのを待ち——急冷すると、氣罐が不同伸縮して破損する虞れがある——罐水を排除して、人孔より水を注ぎ乍ら、罐洞内を刷毛でこする。

水管内を洗ふには、チューブ・クリーナーを用ふると便利であるその構造は、自由に曲る蛇管に水を送つて、その先端に取付けた水車を回轉させ刷子を廻すやうにしたもので、曲つた水管内でも洗管できる。

註、氣罐の休止手入れは、大体、1~3ヶ月目毎に行ふ必要がある。

〔腐蝕〕 氣罐（過熱器、節炭器、空氣豫熱器等を含む）の外表面には煤塵が堆積する。この煤塵が濕ると硫酸を生じて——燃燒ガス中の亞硫酸ガスを水に溶かすと、硫酸ができる——氣罐が侵かされる又、煤煙によつて氣罐の能率が著しく低下するから、運轉中でもこの煤塵を除くために、次のやうな器具を用ひてゐる。

① スート・ブロー（煤煙掃除器） 氣罐の外表面に高壓蒸氣、又は壓縮空氣を吹きつけて、水管に附着した煤塵を吹き飛ばすやうにしたものである。これを1日に數回行ふと、氣罐の能率の低下が非常に少い。

② スクレーパー 氣罐の外表面に着いた煤塵を、機械的方法で掻き落とすやうにしたものである。

### 3.5 燃燒方式及び裝置

3.5.1 燒燒方式 火力發電所に於ける石炭の燃燒方式を大別すると、次の2つになる。

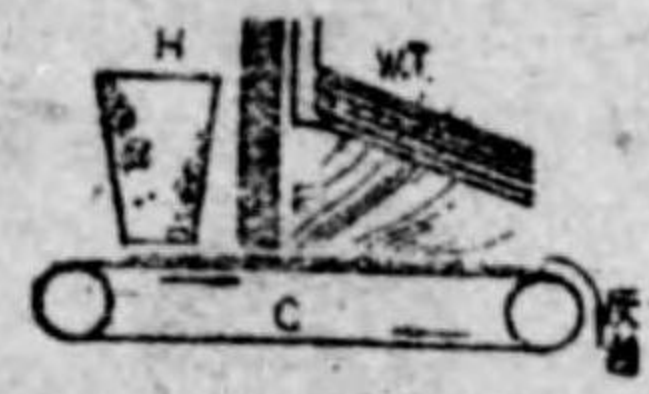
	給炭機燃燒（直接燃燒）	微粉炭燃燒
方 法	石炭をそのまま火床上で燃燒する。給炭は殆んど機械力で行つてゐる。	石炭を乾燥して細粉に粉碎し空氣と共に噴出して、これに着火する。

得	①石炭を粉碎する設備及び費用を要しない。 ②燃燒の際に生ずる煤塵が少い ③發電所内及び附近の塵埃が比較的少い。 ④石炭の貯蔵が容易である。（微粉炭は爆發の危険がある） ⑤火爐の損傷が比較的少い	①微粉炭と空氣の接觸がよく、燃燒状態が良い。 ②劣等炭でも完全に燃燒できる即ち、石炭の使用範囲が廣い ③過剩空氣量が僅かであり ④点火や滅火が簡單、迅速である。 ⑤埋火損失が少い。 ⑥負荷の大きい變化に容易に應じ得る。 ⑦蒸氣發生迄の時間が少い。
失		

註、最近では、良質炭の入手が困難であるから、微粉炭燃燒方式が適する尙、埋火損失とは、氣罐を暫らく休む時、罐の冷却を防ぎ、再点火を容易にするため、火床に多少の火を残して置く。この損失を云ふ。

3.5.2 給炭機燃燒式 給炭機燃燒式には、石炭を供給する方法によつて、次のやうな種類がある。

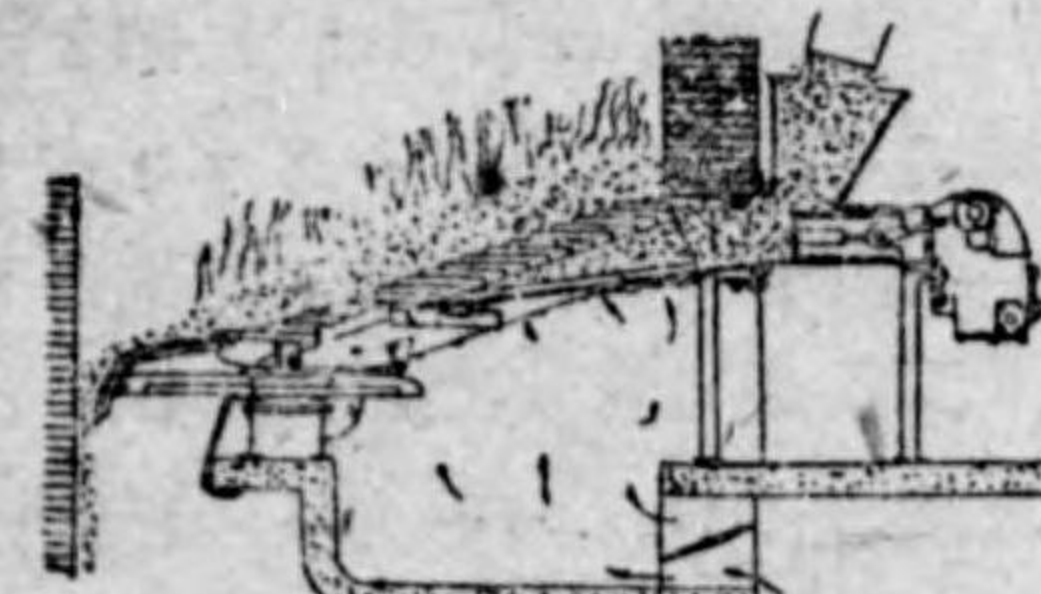
〔移床式〕 圖は移床式の1例を示したもので、Hはホツバ（漏斗）、Fは爐壁、W.Tは水管である。又Cは、鑄鐵製の火格子片を多數連鎖した火床で電動機によつて圖示の方向に回轉する。



移床式給炭機

H内に入れた石炭は、火床C上に適當の厚さに並べられCと共に右に移動して、火爐内で燃燒し、燃殻は右端より灰道に落ちる。石炭の燃燒量を加減するには、炭層の厚さ、及び火床の移動速度、通風等を變へる。

註、火床の大きさは、大型のもので長さ6~7米、巾5米位である。又、火床の移動速度は15米/時程度である。



下方給炭機

〔下方給炭式〕 圖は傾斜型の1例を示したもので、大型に用ひられる。石炭はプランジャで火床の下層より上層に押し上げられ、上層で燃へた石炭は、火床の左端より落下する。この際、石炭は下層で既に加熱せられて

るので、低級炭でもよく燃へる。又、負荷の急増に應じ得る。

〔上方給炭式〕 30°~45° 傾斜した火床の上端より石炭を供給し、火床を動揺させて、石炭を下方に滑らせる。石炭は火床の中頃で燃焼し、下端で燃殻となつて、下に落ちる。

註。本方式の特長は、燃料が石炭でなくともよいが、燃焼量が小さいので発電用には餘り用ひられない。

以上の各種の給炭機式燃焼に適する石炭の性質を挙げると、

① 移床式には、粘結性が少く、灰の熔融温度の高い石炭が適する。粘結性が強いと通風を妨げるので、燃焼状態が悪くなる。又、灰の熔融温度が低いと、熔灰が火床に固着して、火床が破損する虞れがある。

② 下方給炭式では粘結性の少いことが条件で、移床式より廣範圍の石炭が用ひられる——粘結性が強いと、石炭の押出しが困難になる——

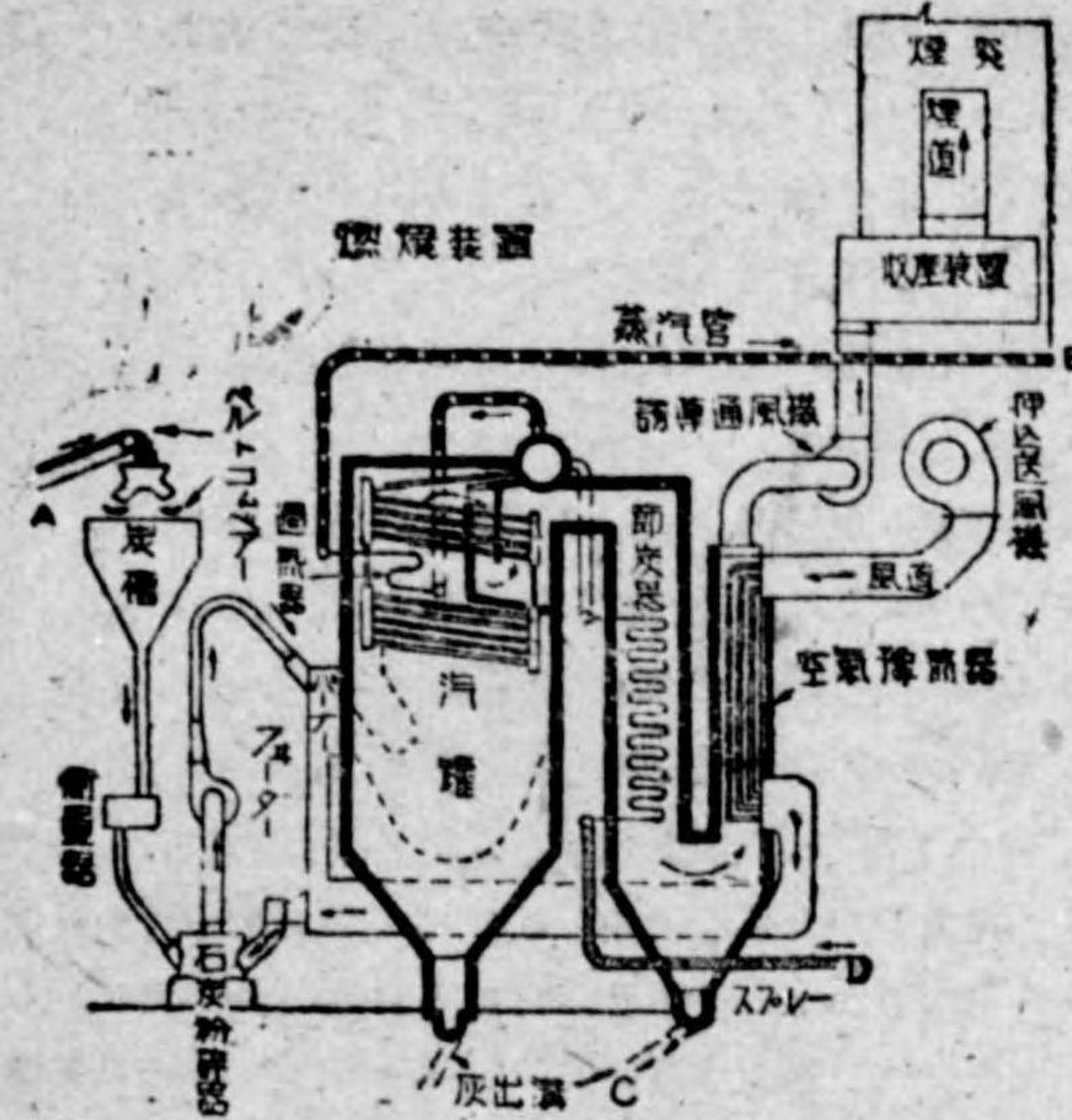
③ 上方給炭式では、更らに廣範圍の石炭が用ひられる。

〔附屬設備〕 (イ) 灰道(アッシュピット) 給炭機終端の下部に設けた穴道で、この中に落ちた灰は灰道を通つて火爐の外へ取り出される。

(ロ) 灰塊粉碎機、熔灰性の石炭は、大きい熔灰塊となつて灰道を塞ぐ虞れがあるから、給炭機の終端に灰塊粉碎機を設けて、灰塊を粉碎する。

(ハ) 燃焼アーチ、火床の入口側の上部で火床面に相對して設けた壁面を燃焼アーチと云ふ。これは、火床上に熱を反射して、火床の入口部の石炭の着火を容易にする作用をする。

3.5.3 微粉炭燃焼式の原理 圖は、微粉炭燃焼装置の1例を示したものである。圖について説明すると、屋外よりベルトコンベヤAによつて運ばれて來た石炭は、先づ炭槽内に入る。炭槽より出た石炭は、衡量器を経て石炭粉碎機に入り、此處で粉炭に碎かれる。この粉炭はフィーダによつて壓縮空氣と混合され、バーナー(1種の火口)より氣罐内に噴射される。これに着火して粉炭を燃焼する。燃焼した粉炭は、火爐の下部に溜まり、灰出溝より外に取り出され



る。  
註。圖のやうに火爐の上部には氣罐水管及び過熱器があり煙道内には節炭器及び空氣豫熱器が設置されてゐる。又、煙道の途中に誘導通風機、並に押込通風機を設けて燃焼用の空氣を供給し(後述)、更らに收塵装置によつて、煙道ガス中の煤塵を捕へてゐる。

3.5.4 微粉炭燃焼の方式 微粉炭燃焼方式には、次の2種がある  
〔單位式〕 上圖のやうに各氣罐毎に石炭粉碎機、及びフィーダ等を設備して、粉碎機で作つた粉炭を直接に爐で燃焼する方式である  
〔貯藏式〕 大型の石炭粉碎機で作つた粉炭を、一時貯へて、これを各氣罐に導いて燃焼するやうにした方式である。即ち、石炭粉碎機やフィーダ等を氣罐と獨立して、1箇所に集めた方式である。

單位式と貯藏式の比較

單位式	貯藏式
① 微粉炭を貯藏する必要がないため設備が簡單である。	① 粉碎機の容量によつて、火爐内の燃焼量が制限されない。
② 貯藏中の微粉炭が爆發する危険が少い。	② 燃焼量の制御が容易である。
③ 石炭粉碎機で微粉炭と空氣を混送できるため、フィーダを要しない。	③ 粉碎機は常に最高能率で運轉できる。
④ 所要床面積が小さい。	④ 粉碎機が一時故障を起しても、直ちに燃焼量が減じない。
⑤ 粉炭機1箇の容量が小さいので、石炭乾燥器を省いても影響が少い。	⑤ 粉碎機は常に全出力で運轉するため、粉碎機の所要容量が小さい。
	⑥ 粉碎機の摩滅によつて、燃焼量が直接に減じない。

3.5.5 微粉炭燃焼装置 微粉炭燃焼方式に於ける各装置を炭槽側より順次に説明する。

① 衡量器 石炭の消費量を積算して指示する計器である。

② 磁気分離器 石炭中に鐵片等が混入してゐると、粉碎機が破損する虞れがあるので、先づ電磁石で、石炭中の鐵片等を吸着分離する。

③ 乾燥器 石炭表面の水分が多いと、次のやうな害がある。

(イ) 粉碎機の所要動力が増し、石炭の粉碎量を減ずる。

(ロ) 微粉炭が輸送鐵管中に詰まつて、自然發火の原因になる。

(ハ) 燃焼の溫度を低下させ、氣罐の能率を悪くする。

以上のやうな欠点を除くために、乾燥器で石炭を乾燥する。

註、乾燥器を設けると、設備費、所要動力費、維持費、床面積が増すので最近では豫熱空氣、又は燃焼ガス——餘り溫度が高いと自然發火をするから冷い空氣を混入する——を直接、粉碎機に導いて、粉碎と同時に石炭を乾燥し、乾燥器を省いた方式が多い。

④ 粉碎機 主なる石炭粉碎機を粉碎方式により大別すると、次の3種になる。

[衝撃式] 高速度で回轉する羽根、又は突起物で石炭を打碎く。

[ドラム式] ドラム内に多數の小鋼球と石炭を入れ、ドラムを回轉して石炭を粉碎する。粉碎した石炭は、壓縮空氣によつて空氣と共に外に壓送する。

[ボール式] 大きい鋼球を腕金で回轉軸に取付け、これを高速度で回轉して石炭を打碎く方式で、廣く用ひられてゐる。

註、粉碎機の所要電力は、微粉炭1噸當り16~25kWHである。

⑤ 送炭装置 粉碎機で作つた微粉炭を貯炭槽へ送るには、次のやうな方法がある。

[スクリュウ・コンベヤによる方法] 信頼度が高く、修繕費が少いが、曲線通路には送炭できない。

[鐵管内を壓縮空氣にて吹き送る方法] 所要動力、及び維持費が少く、割合に遠くへ送炭できるので、廣く用ひられる。但し、水分の多い微粉炭は、管中に詰つて故障を起し易い欠点がある。

註、その他に、ポンプ送炭式、空氣混合式等がある。

⑥ **フィーダー**(給炭機) 貯炭槽の微粉炭をバーナー(火口)へ送り、且つ送炭量を負荷に應じて調整するものである。

⑦ **バーナー**(火口) 微粉炭を火爐内へ噴出して燃焼するのに用ふる火口をバーナーと云ふ。普通、用ひられるバーナーでは、送炭装置によつて燃焼に必要な空氣の一部を微粉炭と共に混送し、他の空氣はバーナーの周圍、又は爐壁より送る——特に、前者の空氣を一次空氣、後者の空氣を二次空氣と稱することもある——通常用ひられるバーナーを大別すると、

[カルメツド型] 數箇の孔を有する火口の交互の孔から一次空氣を混じた微粉炭と二次空氣を噴出させ、両者が混流するやうにしたものである。

[ロチ型] 一次空氣を混じた微粉炭の噴出口の周圍より二次空氣を噴出させ、両者を高速度で回轉する旋車で混流するやうにしたものである。

註、一次空氣を餘り高温にすると、送炭中に微粉炭が發火する虞れがあるので約50~70°Cとされる。然し二次空氣は200°C位に高めて、燃焼を良くしてゐる。

⑧ **燃焼爐**(火爐) 微粉炭燃焼では、バーナーより噴射する火焰が長くて爐壁に觸れ、且つ少い過剩空氣で完全に燃焼するため、爐内が高溫度となり、著しく爐壁が損傷する。これを防ぐために、爐壁に水冷壁を用ふる。或は、四角な火爐の四隅より微粉炭を放射し、その火焰が爐内で渦を巻くやうにして、火焰の長さを短くしてゐるこれを正切型燃焼と云ふ。

⑨ **灰の處分** 微粉炭燃焼では、爐内が高溫度になるので灰が熔融し易い。其處で、爐内の灰に酸化鐵、石灰等を混じて灰の熔融溫度を下げ、灰を熔融して火爐内より取出すやうにした方式もある。

3.5.6 微粉炭燃焼式の取扱上の注意 微粉炭燃焼式の取扱上に於て、注意すべき二大眼目は、微粉炭の自然發火、及び引火による爆發を防ぐことである。之れが細部の注意事項を挙げると、

① 微粉炭と空氣の混合割合を、爆發を起し易い範圍内にせぬこと



と。

- ② 各種操作の順序を誤らぬこと。
- ③ 乾燥器内で石炭を過熱させぬこと。
- ④ 室内を清潔にし、裸火の使用や喫煙を禁ずること。
- ⑤ 点火の時に未燃焼の微粉炭が煙道内に堆積して、これが引火し爆発を起す危険があるので、点火の際には、誘導通風を強くして未燃炭の堆積をなくすること。
- ⑥ 火花を生ずる電気機器は、防塵型とするか、又は極力室外に置くこと。
- ⑦ 微粉炭輸送装置、微粉炭車等は運轉中に決して開放しないこと。

**3.5.7 燃焼率** 給炭機燃焼では、火床面積の1平方メートル当たり、微粉炭燃焼では、火爐の容積の1立方メートル当りに付き、夫々毎時燃焼する石炭の重量を燃焼率と稱する。次に、燃焼率の概数を示すと、

移床給炭機 150~250 吨 (火床の送り速度は 6~36 米)

下方給炭機 250~350 吨

微粉炭燃焼 10~35 吨 (微粉炭の噴射速度は 6~90 米/秒)

註、但し、燃焼率は通風量によつて著しく異なる。例へば移床給炭機では、通風量を普通の2倍にすると、燃焼率は約25%増す。

**3.5.8 通風設備** 燃料を完全に燃焼させるためには、適當の空氣を火床に供給しなければならない。これを通風と稱し、大別すると次のやうになる。

- ① 自然通風…煙突による通風
- ② 機械通風…押込通風、吸出通風、平衡通風

① 煙突 煙突を設けると、煙突内の廢氣ガスは空氣より高温であるから比重が軽く、上昇する。従つて、煙突の下部より吸込作用をなし、通風が行はれる。

煙突は高い程、吸込作用が大きいのが、建設費が嵩む。又、發電所では大きい通風力を得るために機械通風を用ふるので、煙突の高さは低くてよいが、余り低いと附近の民家に煤煙が落ちて問題が起きる。

註、發電所用の煙突は、一般に鐵筋コンクリート製、又は鋼板製で、場合によつては、煙突下部の内面に耐火煉瓦が張られる。



通風計

〔煙突内の通風力〕 兩端の開口した U 字管内に水を入れ、その1端を圖のやうに煙道内に開口し、他端を外氣中に置く。これを通風計と稱する。煙突内の氣壓は大氣壓より低いので、U字管内の兩脚に水位の差  $h$  が出来る。この  $h$  を尺で測つた數値を煙突内の通風力と稱する。これは機械通風の場合も同様である。

尚、煙突及び機械通風に於ける一般の通風力を示すと、

煙突通風 7~15 耗 (但し、高さ 10~50 米)

機械通風 押込通風 25~100 耗

吸出通風 50~80 耗

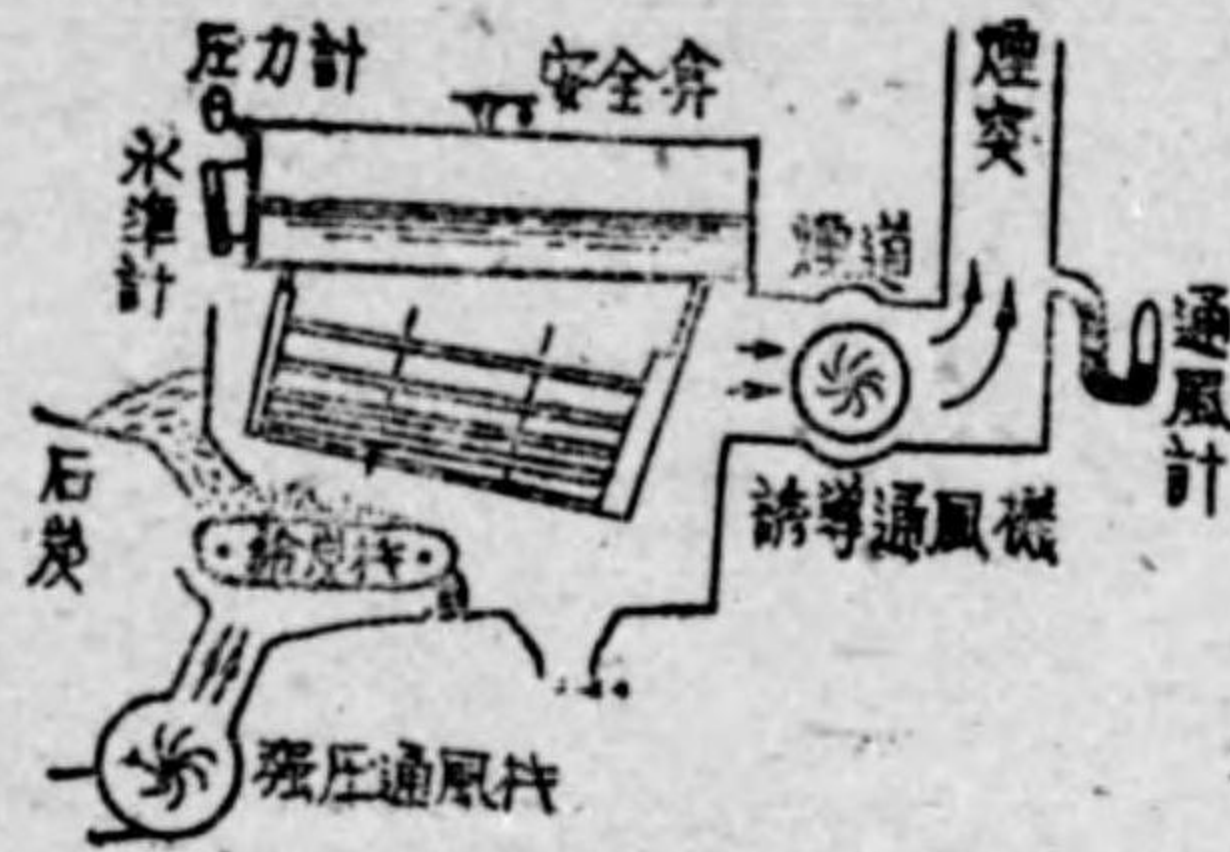
註、火爐内や煙道内に氣罐、過熱器、節炭器、及び空氣豫熱器等を設けると、これ等によつて煙突に吸込まれる空氣が妨げられ、上記の通風力が減少する。この減じた通風力を上記の各施設の通風損失と稱する。

② 機械通風 氣力發電所では、氣罐、過熱器、節炭器、及び空氣豫熱器等の通風損失が大きいので、煙突による自然通風のみではとても燃焼に必要な空氣が供給されない。其處に必要な通風力の殆んどは機械通風によつてゐる、機械通風を大別すると、

〔押込通風(強壓通風)〕 扇風機を用ひて、氣罐の火床の下方より爐内に空氣を吹き込み、燃焼に必要な空氣を供給するやうにした方式である。

〔吸出通風(誘導通風)〕 煙道内に扇風機を設けて、爐内の空氣を煙突に排出し、火床の下部より爐内に空氣を吸込ませるやうにした方式である。

〔平衡通風〕 押込通風では、運轉中に爐の扉を開くと、爐内の火焰が噴き出す欠点がある。吸出通風は斯様な欠点はないが、扇風機は高温のガスを取扱ふので大型になり、且つ損傷し易い。平衡通風は、圖のやうに兩者を併用して、各々の欠点を緩和したもので、爐内の壓力は略々大氣壓に等しくされてゐる。



平衡通風

③ 通風量の調節 負荷の変動や石炭品質の変化等に應じて、通風量を調節するには、次のやうな方法が用ひられてゐる。

(イ) ダンパー、煙道内に設けた扉をダンパーと稱する。この扉によつて煙道内のガス通路を加減し、通風量を調節する。

(ロ) 扇風機の回轉數、機械通風では、扇風機の回轉數を變化して、通風量を調節する。その方法には次の2種がある。

(i) 巻線型誘導電動機を用ひてその二次抵抗を加減するか、又は整流子電動機を用ひて、電動機を調整する。

(ii) 定速度の電動機と扇風機主軸の連結に、流体接手を用ふる。

註、流体接手は、電動機によつて油ポンプを回轉し、油ポンプの壓力油で扇風機に直結した油車(水車)を回轉するやうにしたものである。循環油の量を加減すると、油車の回轉速度が廣範圍に變へられる。

尚、氣罐の所要通風力は、給炭機の種類、石炭の種類及び厚さ、過熱器及び空氣豫熱器の構造、煙道の形狀、煙突の高さ排氣ガスの溫度及び速度等によつて異なる。

④ 分函通風(コンパートメント通風) 給炭機燃焼では、火床上の各部分の通風量が、必要な部分(炭層の厚い燃焼部)に少く、不必要な部分(炭層の薄い燃焼部)に多くなる傾向がある。これを防ぐため火床下部の通風路を小さく區分して、各區分に設けた扉の開きを調整すると、火床上の各部分の通風量を合理的に調整し得る。この方式を分函通風と稱する。

⑤ 二次加壓通風方式 上記では、火床の下部より燃焼用の空氣

機械通風の利点を挙げると

(イ) 大きい通風量が得られるので、燃焼率が増し、氣罐の容量及び能率が增大する

(ロ) 負荷の変動に對して通風量を廣範圍に然も簡単に調整できる。

(ハ) 通風量を過大にして過負荷に應じ得る。

を送つてゐるが、更に火床の斜上方より加熱空氣を火床面に向けて吹きつける。斯くすると、火床の上部で成層してゐる燃焼ガスを混流させて、燃焼状態が良くなる。これを二次加壓通風方式と稱し、その空氣量は、主燃焼空氣の30%、壓力は300程度である。

3.5.9 自動燃焼制御方式 最近の氣罐は、1氣罐の蒸氣發生量が大きい割合に、蒸氣室が小さい。従つて、負荷が増減すると蒸氣壓が變化し易く、これが變動すると、氣罐の能率が低下する。さて蒸氣壓を常に一定に保つことは、上述のやうに關聯する處が廣いので、手動では極めて困難である。之れを自動的に行ふやうにしたのが自動燃焼制御方式であつて、最近の大容量發電所では、本方式が逐次に採用されつゝある。

自動燃焼制御方式には各種のものがあるが、その原理の一般を記すると、

① 負荷が増減すると蒸氣消費量が變化して、蒸氣壓が變動する

② 蒸氣壓の變動を利用して、燃料の供給量と押込及び吸込通風の度合を加減する。

③ 上記の操作は、爐内の燃焼状態に無關係であるから、更に煙道ガス中の炭酸ガスの割合に應じて、燃料と空氣量を再調整する

④ 保護装置として、例へば各部の調整の行過ぎを制限し、或は1箇所が故障した時の處置を行ふ。又、自動から手動への切換へ等の装置も設ける。

次に、自動燃焼制御方式の特長を述べると、

① 燃焼が合理的に行はれ、燃料の消費量が少い。

② 人件費が節約でき、且つ、運轉監視が容易である。

③ 蒸氣壓の過昇による危険が防止される。

3.5.10 集塵装置 煤煙は不衛生であり、ものを汚損するので、都市近郊にある微粉炭燃焼發電所やセメント工場等のやうに多量の煤塵を出す煙突には、集塵装置を設けて、煙突内の煤塵を捕足してゐるものが多い。一般に用ひられてゐる集塵装置の種類は、次の3種である。

〔水洗式〕 噴水の中に煙道ガスを潜らせるか、或は、煙道中に水

で濡つた邪魔板を設けて、これに煤塵を附着させ、流し去る等の方式がある。

註、本方式では、煙道ガス中の亜硫酸ガスが水に溶けて硫酸を生ずるので装置の表面を鉛、アスファルト等で蔽ふて腐蝕せぬやうにする。

〔遠心力式〕ガスを渦状の殻内に通ずると、煤塵は遠心力によつて殻の内壁に集合する。これを集めて集塵を行ふ方式である。

〔電気式〕電気式の中で最も有名なコツトレル式の1例について述べると、煙道内に金網を約20極宛隔てて多数吊し、これを正極として接地する。又、金網の各間には多数の針金を垂下し、これを負極として兩電極間に直流高電圧を加へる。この各電極間に煙道ガスを通過させるとガス中の微粒子は帯電して正電極に附着し、集塵が行はれる。

註、本方式は、集塵作用が大きいのが、設備費及び維持費が嵩む欠点がある。

### 3.6 氣 罐 給 水

**3.6.1 硬水と軟水** 蒸溜水でない地下水や河水等は、大抵、不純物を含んでゐる。この不純物を多く含んだ水を硬水、少く含んだ水を軟水と云ふことがある。又、石灰、マグネシヤ等の炭酸塩類を含んだ硬水は、煮沸するとこれ等が沈澱して軟水になるので、特に一時硬水と稱する。これに對して、硫酸、塩酸等の塩類を含んだ硬水は、煮沸してもこれ等が沈澱しないので特に永久硬水と云ふ。

註、水によつてその中に含む不純物の量及び種類が著しく異なる。

**3.6.2 氣罐給水中の不純物の影響** 氣罐給水に不純物を含んだ水を用ふると、次のやうな害がある。

- ① 不純物が氣罐の内面に沈澱して固着し、罐石(スケール)を生ずる。
- ② 酸類を含んだ水は、氣罐を腐蝕させる。
- ③ アルカリ類を含んだ水は、罐板の強度を弱く(脆弱化)する
- ④ 罐内の水が蒸發して不純物が濃厚になると、沸水作用を起し易い。
- ⑤ 給水中にガスを溶解してゐると、給水が蒸發する際にこのガ

スが分離して、蒸氣と共に蒸氣タービン内に運ばれ、タービン内を腐蝕する。又、このガスのため復水器内の真空度が低下し、タービンの出力を低下する。

**3.6.3 給水處理法** 氣罐の給水として良水の得られない時には、給水中の不純物を除かねばならない。これを給水處理と稱し、次のやうな方法が用ひられてゐる。

① 軟化劑(淨水劑) 氣罐給水中に軟化劑——主に曹達類である——を溶かして、不純物を固結沈澱させる方法である。軟化劑には天然、又は人造りものが用ひられ、種々のものがある。

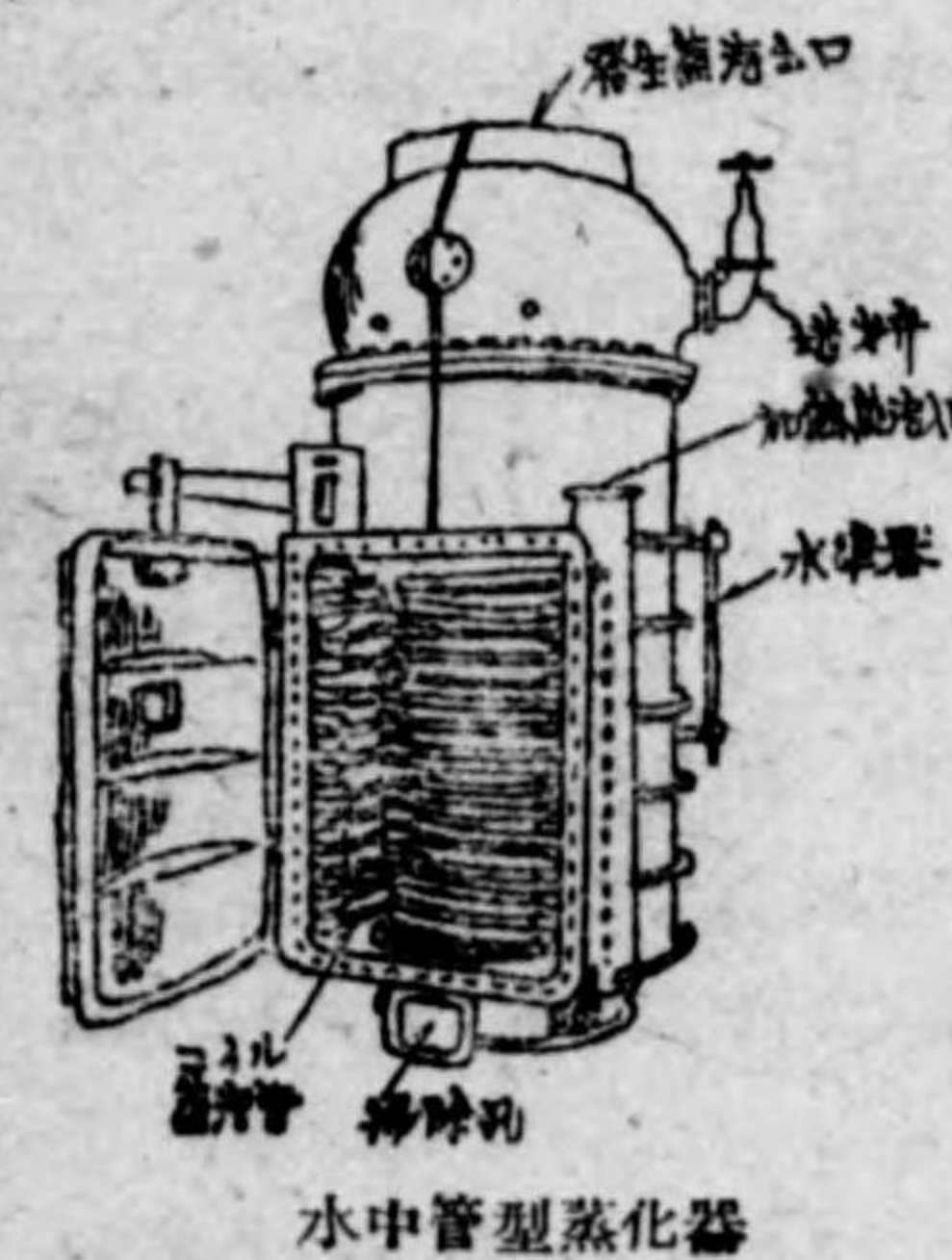
② 溫水器 給水を煮沸すると、上記のやうに石灰、マグネシヤ等の炭酸塩類が沈澱して、淨化せられる。溫水器は斯様な目的に用ひられるが、現在では溫水器の主目的は、節炭器と同様に發電所の熱能率の向上にあり、淨化は第二の目的である。

溫水器の熱源には、一般に蒸氣タービンの中途よりタービン内の蒸氣を抽出して、この抽出蒸氣を用ふる。

註、上記のやうに、溫水器の使用目的は節炭器と同様であるが、一般に兩者が併用されてゐる。その理由は、節炭器に送る水の温度が煙道ガスの露点(約70°C)以下であると、節炭器の表面に露ができ、これに煤塵が溶けて硫酸を生じ、節炭器が腐蝕される。これを防ぐために、氣罐給水を先づ溫水器で露点以上に温めて、節炭器に送る。

③ 蒸化器(エバポレーター) 蒸氣で給水を加熱蒸發させ、蒸發した蒸氣を冷やして得た水を氣罐給水に用ふる方法である。一般には次の2種が用ひられてゐる。

〔水中管型〕圖のやうに給水を入れた容器内にコイル状の銅管を設け銅管内に加熱蒸氣を通じて、給水を加熱蒸發させる。場合によつては、數箇の蒸化器を直列にして、第1の蒸化器で發生した蒸氣を以つて第2の蒸化器の給水を蒸發し、その蒸氣



を第3の蒸化器の熱源にする。……斯様にして使用すると、1段毎に蒸溜水の量が増す。これを多段蒸化器と稱する。

〔フラッシュ型〕 温めた給水を真空の器内に噴射すると、水は瞬間沸騰する。この蒸気を給水で冷却し、給水を温めると共に蒸気を凝結して、蒸溜水を得る。

④ 濾過法 砂、礫、コークス等の層で給水を濾過し、給水中の固形物、泥土、鐵分等を除く方法である。

⑤ 脱氣器(デアレーター) 給水中に溶解してゐるガスを除くために用ふるもので、一般に使用されてゐる方法を挙げると、

〔化學的方法〕 鐵粉層に温めた給水を通じ、鐵粉を酸化させ、給水中の酸素ガスを除く。

〔機械的方法〕 加熱した給水を壓力の低い密閉室内に噴射すると給水が瞬間沸騰して、水中に溶解してゐたガスが分離する。この分離したガスを排氣ポンプで、密閉室外に排出する。

3.6.4 給水機 氣罐内に給水を送るには、一般に次の2方法が用ひられてゐる。

① 給水ポンプ 廣く用ひられてゐる方法で、原動機には電動機又は、信頼度を増す目的で電動機と蒸氣タービンを併用する。ポンプを温水器と氣罐の間に置く場合、ポンプが温水面より高いと、ポンプの真空側に蒸氣が発生して真空が出来ないから、ポンプは温水面より低くする。又、ポンプを温水器の手前に置くと、温水器はポンプの押込水壓を受ける。

次に、給水ポンプの仕様を述べると、

(イ) ポンプの給水容量は、氣罐最大蒸發水量の130~150%にする。

(ロ) ポンプの水壓は、氣罐内氣壓の1.3倍位にする。

(ハ) ポンプ及び電動機は、必ず豫備機を置く。

② インゼクター 高氣壓の蒸氣を噴射して、この部分に給水を導くと、給水が吸ひ込まれる。斯様な方法を數段繰返すと、給水壓が1段毎に高まり、氣罐内に給水できる。この方法は、原動機が不要であり、且つ蒸氣の熱は給水に加はり能率が良い。然し、高温の

給水は、吸込側に蒸氣を生ずるので高い水壓が得られない。

### 3.7 蒸氣タービン

#### 3.7.1 タービンが往復動蒸氣機關より優れてゐる点

- ① 回轉速度が均一で、發電機の並行運轉が容易である。
- ② 高速度のものが作られ、且つ、振動が少い。
- ③ 排氣に油が混入しないため、排氣を冷却して氣罐給水に使用し得る。
- ④ 蒸氣の消費量が少く、輕負荷でも能率の低下が少い。
- ⑤ 所要床面積が少さく、且つ基礎が簡單でよい。
- ⑥ 油の消費量が少い。

#### 3.7.2 タービンの分類 蒸氣の作用によつて分類すると、

衝 動 タ ー ビ ン	反 動 タ ー ビ ン
噴口(固定)にて蒸氣の壓力を下げ、壓力を速度に變へて高速度の蒸氣を得る。この蒸氣を回轉羽根に噴射して、回轉さす。	固定羽根と回轉羽根を交互に置き、蒸氣が固定羽根を通る間に壓力が降下して、速度が増す。この蒸氣が回轉羽根を飛び出す時、その反動で回轉さす。

註、この兩者を共用したものが混成タービンで、先づ高壓蒸氣を衝動タービンに作用させ、その排氣を反動タービンに通ずる。

次に、蒸氣の流れる方向によつて分類すると、

軸 流 タ ー ビ ン	輻 流 タ ー ビ ン
蒸氣が主軸と同方向に流れるもので、單流型と複流型がある。複流型は、蒸氣を2分して、2組のタービンに備かせ、その回轉軸を直結したもので、主にタービンの低氣壓部に用ひられる。	固定羽根と回轉羽根を主軸と直角の方向に交互に配置したもので、蒸氣は氣筒の中心より入り、軸と直角方向の放射狀に流れる。コグストロームタービン等がこれに屬する。

註、以上の他にも種々の分類があるが、本文中に述べる。

尙、蒸氣タービンは、回轉部と固定部の間隙が狭く、豎軸型とすることが困難なため、總て横軸型にせられてゐる。

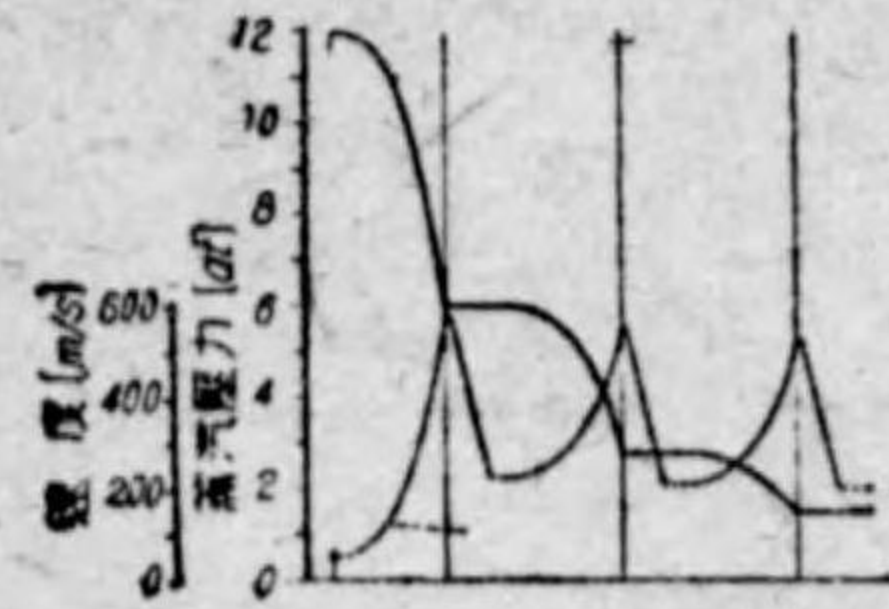
3.7.3 衝動タービン 以下の各圖は、タービンの噴口(蒸氣噴出口)及び回轉羽根の1組の断面を示したもので、斯様な組が多數、回轉軸の圓周に沿ふて配置されてゐる。



衝動タービン



單段落複速型



複速型 (Zoelly)

① 單段落單速型(トラバール型) 圖のやうに、噴口と回轉羽根が1組のものである。蒸氣の壓力の殆んどを1段の噴口内で速度に變へるため、蒸氣の噴射速度が過大になり、回轉數が超高速度となる。又、回轉羽根も1段であるから、噴射蒸氣の速度を十分に利用することが出來ず、従つて、タービンの能率が低いので、實用的でない。

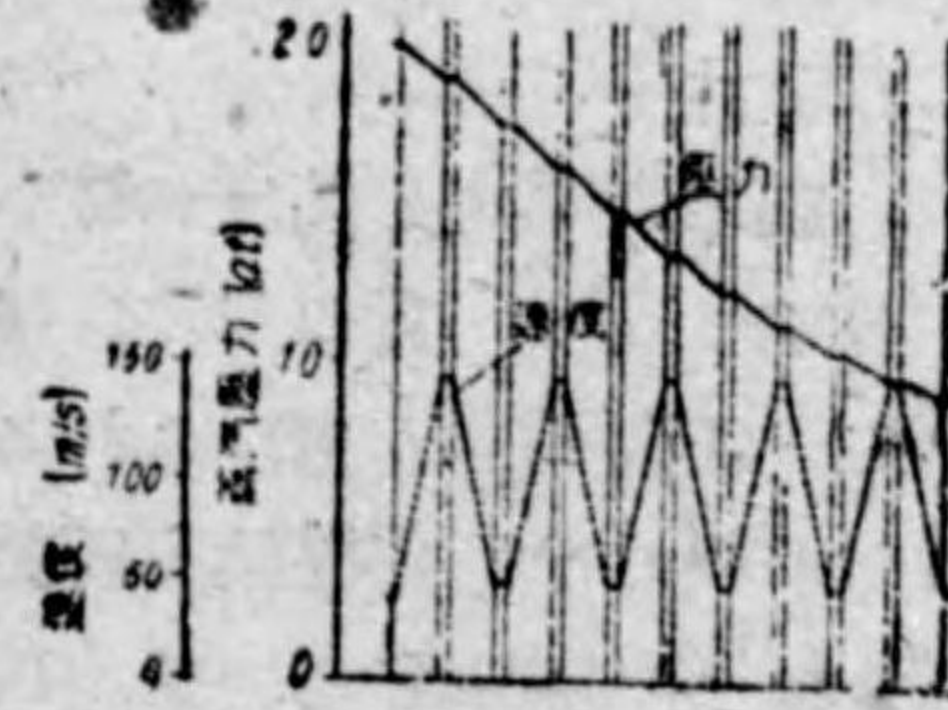
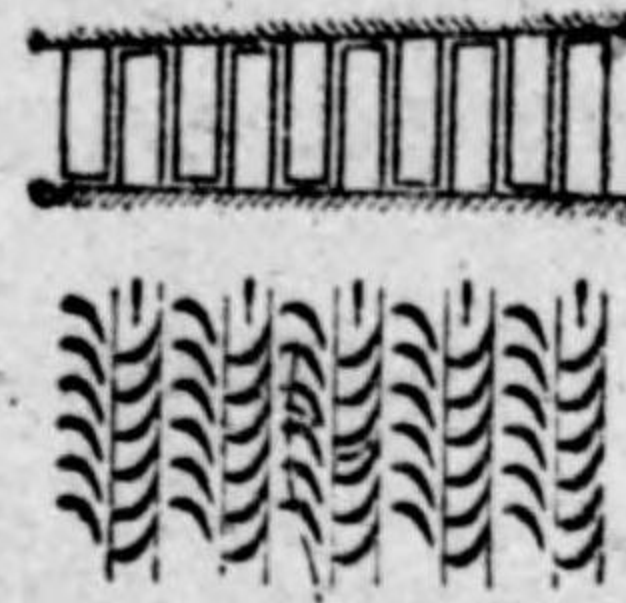
註、單段落とは、1列の噴口で蒸氣壓力が1回降下することを云ふ。即ち、噴口兩側の蒸氣壓には、大きい差があるので、これを段落と稱する。衝動タービンは、回轉羽根内では蒸氣壓が下らないが、反動タービンでは、固定羽根と回轉羽根の兩方で蒸氣壓が下る。従つて、後者では、1組の固定羽根と回轉羽根に於ける蒸氣壓の降下を、1段落と云ふ。又、タービン内で蒸氣壓を數回に分けて降下させる場合を、多段落と稱する。

② 單段落複速型(カーチス型) 前型の回轉數を減ずるために、回轉羽根を2段にして、噴射蒸氣の速度を2段に降下させるやうにしたものである。この場合、動翼と動翼の間にある固定翼は、單に蒸氣流の方向を變へるのに役立つ。

③ 複速型(ラトロー型) 單段落單速型を幾組か直列に用ひ、蒸氣壓を數段に分けて降下させるやうにしたものである。

註、本型は、蒸氣の壓力、及び速度を十分にタービンに働かせることが出来るので、タービンの能率が向上し、且つ、回轉數を低下できる。

3.7.4 反動タービン 圖は軸流型(パーソン型)を示したもので、圓筒形の氣筒の内壁に植へた固定翼の列と、回轉胴の外周に植へた可動翼の列を交互に組合せ、蒸氣は、その間を軸方向に通ずる。



反動タービン

蒸氣壓は、固定翼と動翼で次第に低下し、速度は、固定翼で増し動翼で減ずる。——動翼では、蒸氣の速度を吸収して仕事をする——反動タービンは、固定翼及び動翼兩側の蒸氣壓に差があるので、蒸氣の1部が、各羽根の尖端の隙間から、その進む方向に漏洩してタービンの能率を低下する。従つて、1段落で降下する蒸氣壓を小さくする必要があり、段數が甚だ多くなる。これに對し衝動タービンでは、車軸が隔板(圓周に噴口を設けた圓板)を貫通する部分を容易に氣密に出来るため、噴口で降下する蒸氣壓を大きく出来る。

註、蒸氣の壓力を降下させるには、蒸氣の容積を増す必要がある。従つてタービンの低氣壓部は、高氣壓部より蒸氣の通路を大きくしなければならぬ

3.7.5 衝動タービンと反動タービンの比較

衝動タービンの長所	反動タービンの長所
①段數が少いので長さが短い。	①氣壓と速度を徐々に降下させるので、蒸氣の摩擦損や渦流損が小さく、能率が良い。
②動翼で蒸氣壓を降下させぬため、高壓力の蒸氣に對して安全である	②蒸氣の速度が小さく、羽根の壽命が長い。
③長さが短いので、溫度による伸縮が小さく、丈夫である。	③低速度で運轉が容易である。
④蒸氣の軸方向への漏洩が少い。	
故に衝動タービンは、高壓力の蒸氣を使用する場合に適する。	故に反動タービンは、比較的、低壓力の蒸氣を用ふる場合に適する。

註、1方の長所は、他方の短所と考へてよい。

3.7.6 タービンの構造 [衝動タービン] ① 噴口(ノズル)

蒸氣の壓力を速度に變へて、高速度の蒸氣を回轉翼に噴射するために用ふる。衝動タービン特有のもので、反動タービンには無い。

② 隔板 回轉翼の兩側に設けた固定圓板で、その目的は、

(イ) 隔板の圓周に多數の噴口を設ける。

(ロ) 回轉翼の各段の仕切りとなる。即ち、蒸氣が噴口以外より軸方向に漏れぬやうにする。

③ 翼車 車軸に多數の回轉翼を嵌め込んだものを翼車と稱し、モリブデン鋼、ニッケルクローム鋼等で作られる。

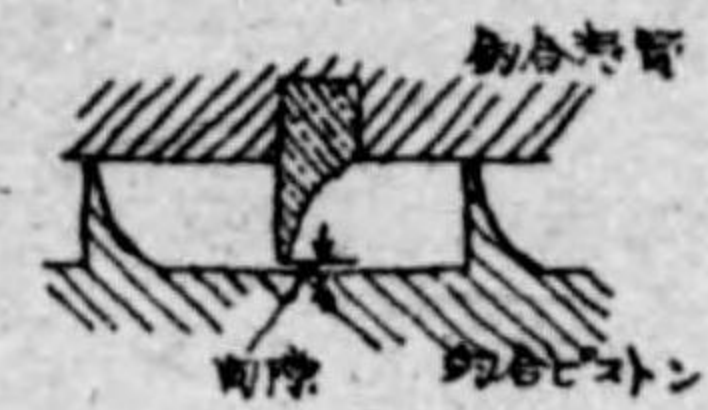
〔反動タービン〕 ① 翼 固定翼では、蒸氣の壓力を速度に變へ回轉翼では、蒸氣の速度を降下させて、仕事をし、翼の形は、細長い槓形で、その材質にはタンダステン鋼、不銹鋼等が用ひられる

② 翼車 反動タービンでは翼の列數が多いので、回轉軸を圓筒にして、これに溝を作り、溝に多數の翼を植へて固定する。又、1列の翼の尖端を綴金で綴り、蒸氣が翼の尖端部より漏れぬやうにする。

③ 氣筒 タービンの翼車を包んだ圓筒で、その内面に固定翼を取付け、蒸氣が外部に漏れることを防ぐ。

〔グランド及びパッキング〕 回轉軸が氣筒を貫通する部分を蒸氣グランドと稱する。この部分の高氣壓部では蒸氣が漏出し、低氣壓部では氣筒内に空氣が漏入して復水器内の真空を害する。又、この部分を緊密にすると摩擦によつて過熱するから、次のやうなパッキングを用ひて氣密を保つ。

(イ) ラビリンス・パッキング 種類は多いが原理は同一で、圖のやうに固定部と回轉部の空隙に、幾段もの細隙を設けてゐる。これ等の細隙を蒸氣が通過する時、蒸氣は細隙間の空間で急に膨脹して氣壓が下る。従つて、細隙を多段にすると、蒸氣の漏洩が甚だ少くなり氣密が保たれる。



ラビリンス・パッキング

註、尚、膨脹等によつて細隙が觸れても、細隙の尖端が直ちに摩滅するので、相對した部分を損傷しない。このパッキングは優秀なので、最も廣く用ひられてゐる。

(ロ) 炭素パッキング 固定部と回轉部の間に炭素環を嵌めて氣密を保つやうにしたものである。

(ハ) 填水パッキング 固定部に設けた溝の中を回轉部に取付けた羽根車が回轉するやうにしたものである。この溝内に水を満すと、水は羽根車によつて回轉し、遠心力のため羽根車と溝の空隙に充滿して、氣密が保たれる。



填水パッキング

〔鈎合ピストン(ダンミー・ピストン)〕 反動タービンでは、回轉翼で壓力が降下するため、翼車全体が高氣壓側より低氣壓側に向つて、軸と同一方向の推力を受ける。この推力に對抗するために鈎合ピストン、及び推力軸受を用ふる。

鈎合ピストンは、主軸上に於いて、回轉翼と反對側に主軸に固定したピストンを設けたもので、このピストンに加はる蒸氣壓が、上記の推力を相殺するやうにしてゐる。尙ピストンの圓周邊には、ラビリンス・パッキング等を設けて蒸氣の漏洩を防ぐ。

註、推力軸受の構造は、水車の場合と同様である。

3.7.7 特殊タービン ① 抽氣タービン(ブリーダー・タービン) 膨脹段の中間より氣筒内の蒸氣の一部を引出すやうにしたものを、抽氣タービンと稱する。この引出した蒸氣は、氣罐給水の加熱(溫水器)や 場用等に用ひられる。本タービンの特長は、

(イ) 排氣量が減るので、復水器が小型になる。

(ロ) 復水器内で排氣を冷却するために失はれる熱損失が減少する。

(ハ) 低氣壓部の濕り蒸氣を抽出すると、翼長が短くてよく、翼の腐蝕が減る。

② 再熱タービン タービンの膨脹段の中途から蒸氣を全部引出して、この蒸氣を再熱氣罐、又は高温蒸氣によつて加熱し、再びタービンの次の膨脹段に返すやうにしたものである。本タービンの特長は、

(イ) 排氣の濕りが少いので、低氣壓部の翼の腐蝕が少い。

(ロ) タービンの熱能率が向上する。

③ 背壓タービン タービンの排氣を總て他の用途に用ふるもので、復水器を有しない。本タービンは、電力と多量の蒸氣を同時に使用する人絹、製紙等の工場に用ひられる。

④ 混壓タービン タービンの膨脹段の中途へ、他のタービン、又は蒸氣機籠の排氣等の低壓蒸氣を加へて、タービン内の蒸氣と混流使用するやうにしたものである。斯様にすると、タービンの低氣壓部の能率は低下するが不用の蒸氣を使用するのであるから、一概には云へぬが經濟上、有利となる。

⑤ 塔型タービン タービンを高氣壓部と低氣壓部に分けて、低氣壓部の氣筒の上に高氣壓部の氣筒を重ねたものである。所要場所及び熱損失の少い特長がある。

⑥ 前置タービン（トップ・タービン） 低壓低温の蒸氣を使用した舊設備の發電所へ、高壓氣罐と高壓タービンを増設する。斯様にして、兩氣罐を直列に使用して高壓高温の蒸氣を發生し、これを高壓タービン、及び舊低壓タービンに直列に通ずると、次のやうな利点がある。

(イ) 舊設備の發電所の出力を、簡単に増加できる。

(ロ) 發電所の熱能率が向上する。

このやうな目的に設けた高壓タービンを、トップタービンと稱する

**3.7.8 タービンの臨界速度** タービンの回轉体を静止して、衝撃を與へると、回轉体はある周期で暫時、振動を続ける。従つて、タービンを回轉する時、回轉数の周期が、上記の周期に一致すると、共振作用によつて、回轉体が著しく振動し、破損する虞れがある。この速度を臨界速度と稱する。大体、毎分 3000 回轉以上の蒸氣タービンの定格速度は、最初の臨界速度を越へた点に設計されてゐる

**3.7.9 タービンの運轉** ① 煖機（ウォーミング） 休止中のタービンに急に多量の蒸氣を通ずると、タービン各部の溫度上昇が不平等になり高温度の部分が余計に膨脹して、大きい内力を生ずる。これを防ぐため、最初は、蒸氣を徐々に通じて、各部の溫度が一樣に上昇するやうにする。これを煖機（豫熱）と稱する。

② 運轉上の注意 タービンの起動に當り速度を上昇する際には

回轉体の臨界速度の附近をなるべく手早く乗り越へて、激しい振動が起らぬやうにする。定格速度に達すると、無負荷で長く運轉せず徐々に負荷を増す。

註、その他の注意事項については、後述する。

**3.7.10 タービンの最近の發達** ① 單位容量の増大。1 台の出力を増大すると、單位出力當りの價格が安くなると共に、能率が向上し、所要床面積、及び建物費が減する等の利点がある。然し、1 台の容量が 100,000~200,000kW 級になると、低氣壓部の翼長が非常に長くなり、回轉数が 1200~1500 回轉（毎分）に制限されるので、著しく大型になる欠点がある。従つて、低氣壓側を 2 氣筒に分けて主軸を直結した串型複筒式等が用ひられる。

② 回轉速度の上昇。蒸氣タービンの形の大小は、通過蒸氣の容積に比例する。故に形を小さくするには、蒸氣を高速度にするか、或は高温蒸氣を採用する。前者に對しては、回轉数を高めるとよいが、低氣壓部の長い回轉翼は遠心力に耐へられなくなるから、翼長を短くするために、低氣壓部の蒸氣を制限しなければならない。

③ 高壓、高温蒸氣の採用。タービンの熱能率向上のために、材料の許し易る範圍に於て、高壓高温の蒸氣が採用されてゐる。

註、その他に、真空度の向上、水銀蒸氣を用ふる水銀タービンの採用等がある。

**3.7.11 調速裝置** タービンの速度を常に一定に保つためには、水車の場合と同様に調速機を用ひて、負荷の増減により蒸氣量を調整する。この蒸氣の調整方法を大別すると、次の 2 方法になる。

〔絞り調整法〕 タービンに入る蒸氣管に絞り加減弁を設け、この弁の開きを調速機によつて加減し、蒸氣量を増減する。

註、本方法は、弁の開きを減ずると、蒸氣壓が低下し、タービンの熱能率が悪くなる欠点がある。

〔噴口調整法〕 タービンの噴口を 2~5 箇宛に分けて、これを 1 群とし 1 箇の塞止弁を設ける。従つて、全体では斯様な群が數箇乃至十數箇出来る。負荷の變化に應じて順次に塞止弁を開閉し、噴口の開いた數を増減して蒸氣量を調整する。

**3.7.12 非常调速機 (エマージェンシ・ガバナー)** 调速機が故障によつて働かないと、タービンの速度が過昇して、回轉体を破損する虞れがある。これを防ぐため非常调速機を設けて、タービンの速度が定格速度の 109~111% に上昇すると、自動的に蒸氣を絶つてタービンを停止するやうにしてゐる。即ち、タービン主軸の 1 端に偏心錘を取付け、之をばねで押へてゐる。速度が過昇すると、錘の遠心力がばねの力に打ち勝つて錘が飛出し、繼電器を働かせて蒸氣を遮断する。

註、水車には非常调速機を設けない。これは、水の速度が蒸氣速度程に早くなく、水車の速度を著しく上昇させない。又、水の重量は大きいから其の慣性が大きく、急に遮断することが出来ないからである。

**3.8 復 水 設 備**

**3.8.1 復水器の目的** 蒸氣タービン内で蒸氣のする仕事は、タービンに入る蒸氣壓  $P_1$  が高い程、又、排氣壓  $P_2$  が低い程、大きい故に、蒸氣を有効に利用するには、 $P_1$  を増す——高壓蒸氣を用ふる——か、又は  $P_2$  を減するとよい。 $P_2$  を減するには、タービンの排氣を復水器内に導き、これを冷却して、凝結水として復水器内に真空を作つて、排氣を吸込ませるやうにする。即ち、復水器の目的は

- ① タービンの排氣壓を減じて、蒸氣を有効に働かせ、タービンの出力を増加する。
  - ② タービンの熱能率を向上して、單位出力當りの蒸氣の使用量を減ずる。
  - ③ 排氣を凝結して、純良な氣罐給水を得る。
- 復水器の種類を大別すると、次のやうになる。

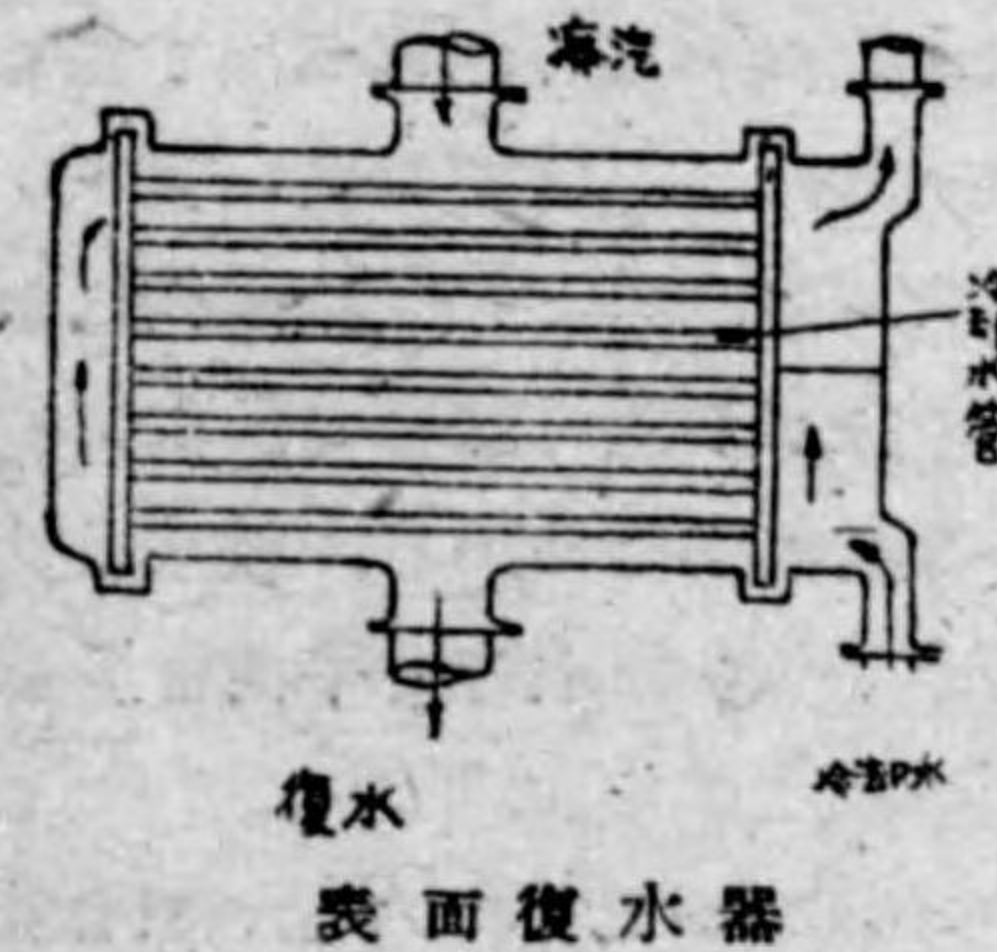
	種 類	構 造	用 途
表 面 式	表面復水器	冷却水を冷却管内に通じ、その外面に排氣を觸れさせて冷却する。	一般の氣力發電所に用ひられる
	蒸發復水器	冷却管内に排氣を通じ、その外面に冷却水を雨下する。冷却水が蒸發する際に管内の排氣を冷却する。	冷却水の少い處に用ひられる。

混 水 式	貫射復水器	復水器内に冷却水を雨下して、水と蒸氣を直接に觸れさせ、凝結させる。	良水が豊富な發電所に用ひられる。
	放射復水器	多數の漏斗を重ねたやうな構造の放射器内に水を放射し、排氣をこの放射水に吸込ませて、共に放流する。	構造が簡單であるが、真空度が低い。

註、表面式は、凝結水 (復水) が純良であるから、氣罐給水に用ひられるが、多量の冷却水量を要する。

混水式の得失は上記と反對で、復水は一般に放流するか、又は工場用水等に用ひられる。

**3.8.2 表面復水器 (サーフェース・コンデンサー)** 圖は原理を示したもので、タービンの排氣は上部より入り、多數の冷却水管の表面に接觸して凝結し、雨滴となつて降下する。雨滴が再び冷却水管に觸れると、必要以上に冷却され、又、蒸氣の冷却面積を減ずるから、そらせ板を用ひてこれを防いでゐる。又、復水器の下部に溜つた凝結水は、排氣で幾分温められ、發電所の熱能率を向上させるやうにしてゐる。復水器の構造上より具備すべき点は、



① 冷却面積が廣いこと。又、蒸氣が容易に冷却面に觸れること  
 ② 凝結水 (復水) が過冷却されぬこと。  
 ③ 空氣が復水器内に漏入しないこと。又、復水器内に空氣等の溜る部分が出來ぬこと。  
 ④ 復水器内で蒸氣が十分に膨脹でき、然も小型で安價なこと。

尙、一般に復水器内を 2 分して、1 方は運轉中でも、他方は休止して点檢や掃除等が出来るやうにしてゐる。

**3.8.3 表面復水器の附屬設備**  
 ① 循環ポンプ 復水器内の冷却管に冷却水を通ずるために用ふるポンプで、一般に渦巻型が使用される。ポンプ容量は、所要全容



量の75%程度のもを2台設けて、常時は1台を運転するが、夏期、冷却水の温度が上昇した場合等には、2台を運転するやうにしてゐる。又、ポンプの原動機には、普通に電動機が用ひられるが信頼度を高めるため小型蒸気タービンと併用されることが多い。

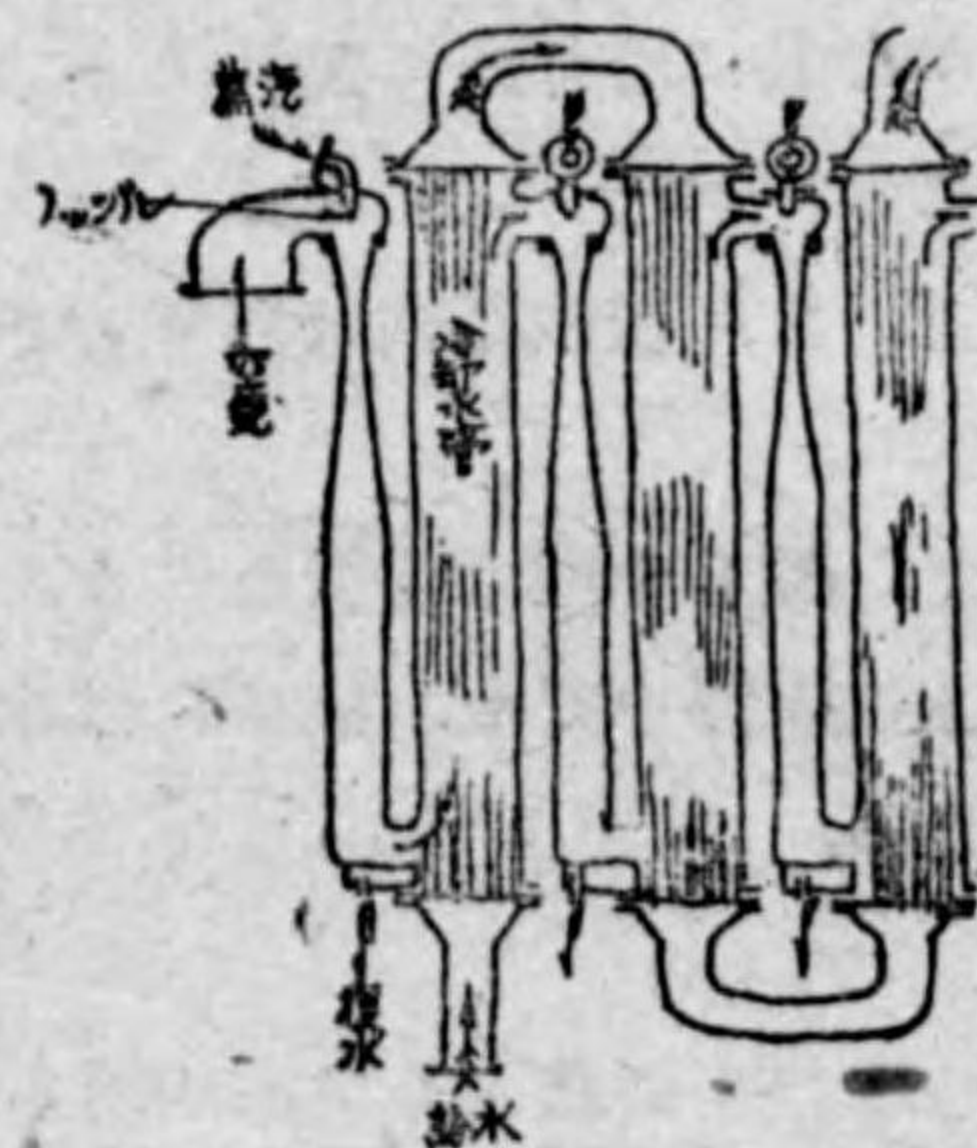
註、冷却水量は、その温度によつて異なるが、大体、蒸気重量の50~80倍を要するので、ポンプの所要電力は補助機中最大で、タービン出力の2~8%にも達する。

尚、発電所が運転中に本ポンプが停止すると、復水器内の蒸気圧が高まつてタービンの出力が減るだけでなく、タービンが破損する虞れがあるから運転中は絶対に停めぬやうにする。

② 復水ポンプ 復水器内の凝結水(復水)を外部に取出すために用ふるポンプで、一般に渦巻型が用ひられる。温度の高い復水を真空中より引き出すのであるから、復水が自然にポンプに流れ込むやうポンプを低く据へてゐる。運転中に復水が無くなると、ポンプが空轉して、空気が復水器内に漏入する虞れがあるから、復水ポンプで汲み出した水を再び復水器内に返せるやうに水管(平衡管)を設けてゐる。

註、本ポンプは、上記の循環ポンプと共に極めて重要であるから、同容量のものを2台備へて、1台を豫備としてゐる。

③ 空気抽出器 タービンの排氣中に含まれた空気、及び復水器



蒸気噴射式

の継目より漏入する空気等によつて復水器内の真空が害されると、タービンの出力が低下し、又、復水器の冷却効果が減ずる。空気ポンプは、この復水器器中の空気を抽出するもので、次の種類がある。

(イ) 乾式空気ポンプ、復水器内の空気を單獨に抽出する。

(ロ) 湿式空気ポンプ、空気と復水を1台のポンプで同時に抽出する本ポンプは、高真空度用には適さな

い。

(ハ) 蒸気噴射式 前圖は3段抽氣式を示したもので、第1のノズルより蒸気を噴射して、復水器内の空気を噴射蒸気中に吸込むこれを冷却すると蒸気は凝結水となり空気が残る。斯様な操作を2段、3段と繰返して、空気の壓力を高め、大氣中に放出する。

註、蒸気噴射式は、取扱が簡単であり、冷却水に氣罐給水を使用して、噴射蒸気の熱エネルギーが回収できる等の利点があるため廣く用ひられてゐる。

④ 給水槽(ホットウエル) 復水器内の復水を氣罐給水に使用する場合、一般にこの復水を一旦水槽に導いた後、氣罐に給水する。この水槽をホットウエルと稱する。

3.8.4 真空破壊装置(バキューム・ブレイカ) 上記の噴射式復水器では、器内の復水と空気を共に湿式空気ポンプで抽出するが、使用中にこのポンプが停まると、復水が器内、或は蒸気タービンまで浸入して、不測の損害を招くことがある。真空破壊装置はこれを防ぐために用ふるもので、復水面が昇ると浮子によつて復水器に設けた辨を開き、復水器内の真空を破つて、復水をこれより放出させる

3.8.5 冷却池、及び冷却塔 復水器の冷却用水が豊富でない場合には、冷却池を設け、排氣で温められた水を冷却池で冷やして再使用する。この場合、冷却効果を大きくするには、温水を冷却池の上に噴水する。但し、斯様にすると、蒸發による補給水が増す。

次に冷却塔は、木材や鐵材等で高い塔を組み、復水をその頂上に押上げて、頂上より噴霧状に雨下させ、塔の下部より風を吹き上げて、冷却効果を大きくしたものである。

### 3.9 管類と辨類

3.9.1 氣管の種類 先づ高壓力の加はる氣管を挙げると、

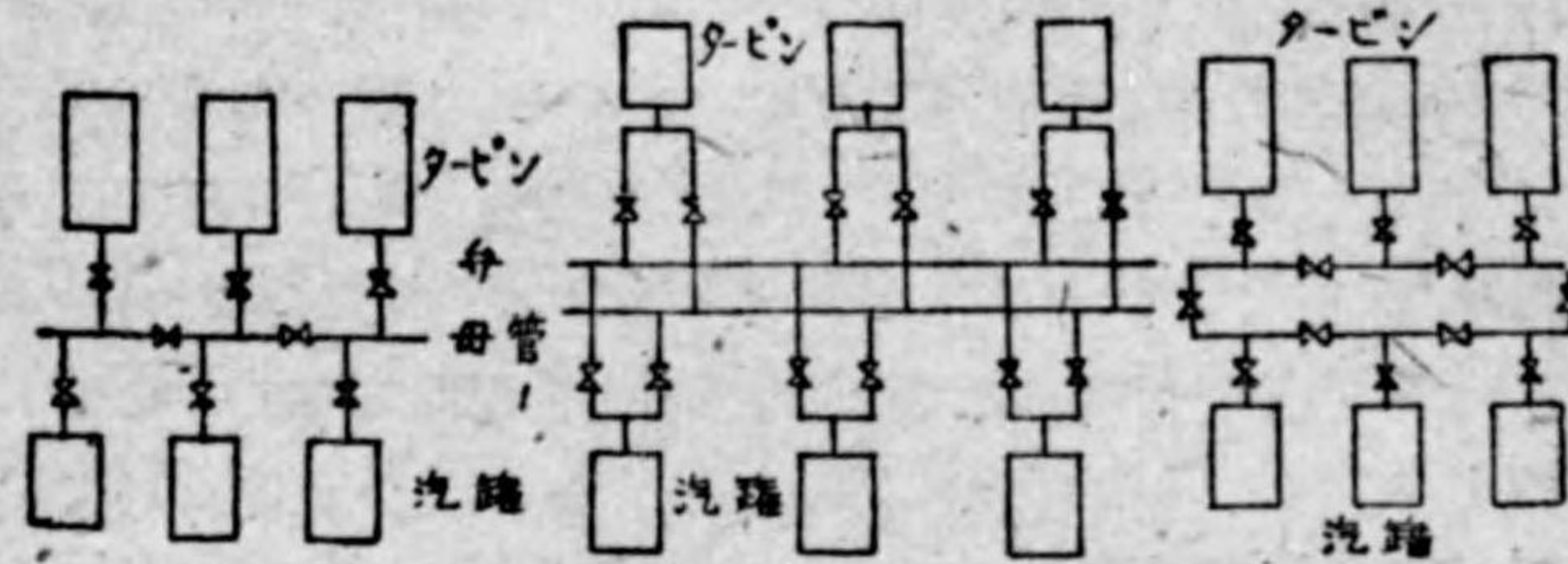
- ① 氣罐より主タービン、及び補助機に至る主蒸氣管。
- ② 高壓蒸氣管の凝結水排除管(ドレーン・パイプ)
- ③ 氣罐給水用の水管

次に低壓力の加はる氣管を挙げると、

- ① タービンより復水器に至る排氣管(エキゾースト・パイプ)

- ② 復水ポンプの吸込管 (サクション・パイプ)
- ③ 低壓気管のエキゾースト・パイプ

3.9.2 蒸気管の配管 気罐で発生した蒸気をタービンに送る蒸気管の配管方式を大別すると、次のやうになる。

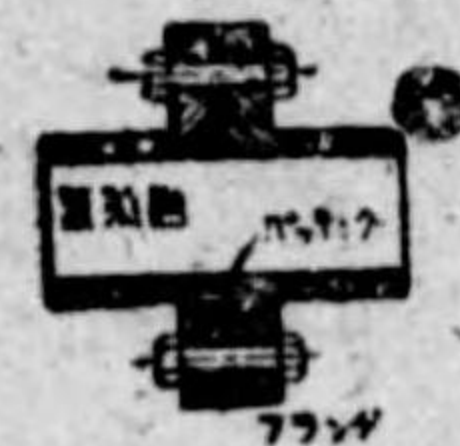


単一母管式	二重母管式	環状母管式
<p>単一の母管に、各気罐及び各タービンを蒸気管で連結する方式である。</p> <p>最も簡単であるが、配管に故障が生じた時の融通性が小さい。小発電所に用ひられる。</p>	<p>単一母管式の母管、及び各蒸気管を組設けた方式である。</p> <p>配管が複雑であるが、融通性が大きく、信頼度が高い。重要な発電所に用ひられる。</p>	<p>母管を環状にして、これに各気罐、及び各タービンを蒸気管で連結する方式である。</p> <p>配管が割合に簡単で、然も融通性が大きい。一般に用ひられてゐる。</p>

3.9.3 蒸気管の材料

材 料	長 所	欠 点	使用場所
軟鋼管	強靱、耐熱性大、安價	錆び易い	一般
鉄鋼管	加工が容易、錆びない	高價で強度が稍々小	特殊管
鋳鉄管	安價	強度が小さい	低圧管
鋳鋼管	耐熱性がある	質が脆い	過熱器

3.9.4 蒸気管の接続 蒸気管の接続には、普通、低圧管にはね



フランジ接続

じ込み、高圧管にはフランジ接続が用ひられる。圖はフランジ接続の断面を示したもので、兩管端に取付けた銜をボルトで締めて接続する。銜と銜の間には真鍮、錫、鉛、麻屑、木綿、石棉等のパッキングを挟んで、管が多少伸縮しても蒸気が漏洩せぬやうにしてゐる。



湾曲管

蒸気管が長いと、温度の變化による管の伸縮が増大するので、伸縮接続か、或は圖のやうな湾曲管を配管の一部に挿入して、管の伸縮に應ずる。



90° 湾曲管



テェ



クロス

3.9.5 異形管 蒸気管を湾曲、及び分岐する所、

或は、大管と小管を接続する場所等には、圖のやうな特殊の形をした異形管を用ふる。

註、異形管には、鋳鋼又は鋳鐵が用ひられる。

3.9.6 配管上の注意 蒸気管の配置が不適當であると、運

轉に不便な上、發電所の信頼度を低下する等の缺点があるので、十分に考慮を要する。次に、配管上の注意事項を挙げると、

- ① 蒸気管をなるべく短く設計し、繋の取付位置を適當にする。
- ② 管内に凝結水が溜ると、これが蒸気によつて加速され、気管の湾曲部、彎類等に衝突して、之れを破壊する虞れがある。故に、凝結水が溜る箇所には凝結水排除管を設ける。
- ③ 気管の湾曲部は、なるべく緩やかに曲げて、蒸気の摩擦損失を減ずる。
- ④ 配管の中途に伸縮装置を挿入する。又、管を支持するには、固定しない。

⑤ 気管は石棉、マグネシヤ、獸毛等で包んで、熱の放散を防ぐこれを管の保温 (ラツギング) と稱する。

3.9.7 弁類 弁は、電気回路に於ける開閉器に相當するもので、気罐、及び蒸気タービンを配管と接続し、又は切離すために、配管の適當な所に挿入される。弁の種類を大別すると、次のやうになる

- ① 止め弁 最も一般に用ひられるもので、手動、水壓又は電動機等で弁を開閉する。之れに塞止弁 (ゲート・バルブ)、球形弁 (グローブ・バルブ) 等が用ひられる。
- ② 側路弁 (バイパス・バルブ) 高壓蒸気を開閉する弁は、弁を閉ちると之れに高氣壓が加はるので、弁の開放が困難になる。これ

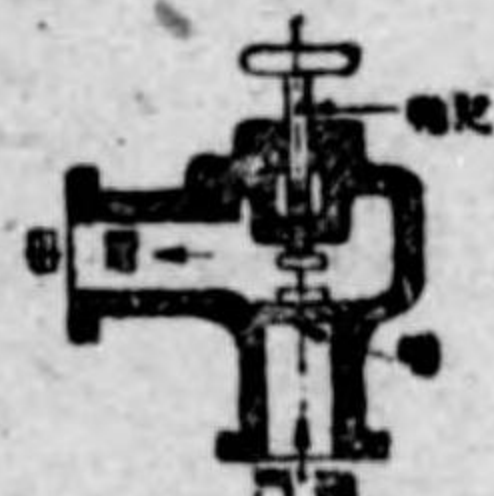
を除くために瓣の前後に小孔の側路を作り、先づ側路より蒸氣を通じて瓣兩側の氣壓を平均した後に、主瓣を開くやうにする。この側路に設けた瓣を側路瓣と稱する。

註、側路は小孔であるから、瓣に加はる總力が小さく、瓣の開閉が容易である。

③ 逆止瓣 各氣罐を母管に連結する場合、一氣罐が故障を起して蒸氣壓が下ると、母管の蒸氣が氣罐に逆流して故障を擴大する虞れがある。これを防ぐため、各氣管と母管の連結管に、蒸氣を一方向しか通じない逆止瓣を挿入する。

註、給水管に用ふる逆止瓣を、チェック・バルブと稱することがある。

④ 不戻瓣 逆止瓣と同様であるが、瓣の開きを任意に變へられるものである。圖はその1例を示したもので、氣罐の蒸氣は瓣を押上げて母管に通ずるが、瓣の上部の軸心を上下すると、瓣の最大開きが任意に變へられる。



不戻瓣



レリーフ・バルブ

④ レリーフ・バルブ 本バルブは、蒸氣タービンと復水器を連絡する排氣管に設置される。圖は本バルブの1例を示したもので、左側は大氣中に、右側は排氣管に連結されてゐる。常時、復水器内は真空状態に近いので、ピストンPは大氣壓によつて下方に壓着され、排氣管内は氣密に保たれる。復水器内の真空が破れて、その排氣壓が大氣壓を越へると、Pが開いて、排氣管内の蒸氣が大氣中に噴出し、復水器を保護する。圖のHは、手で瓣を開閉する把手である。

3.9.8 凝結水排除管(ドレイン・パイプ) 凝結水排除管は、蒸氣管や蒸氣タービン内で凝結水の溜る箇所に設けた管で、凝結水を排除するために用ふる。この凝結水は、再び氣罐給水として使用する

3.9.9 スチーム・トラップ 凝結水排除管で凝結水を取出し場合同時に蒸氣が排出されないやうにする必要がある。スチーム・トラップは、凝結水排除管に溜つた凝結水を、自動的に排除する装置で次のやうな種類がある。

(イ) 凝結水が溜ると、その重さで底の瓣が開き、凝結水のみが放流する。凝結水の量が減ると、瓣は自動的に閉ちて、蒸氣の漏洩を防ぐ。

(ロ) 凝結水中に浮子を浮かせて、その上下によつて底の瓣を開閉する。

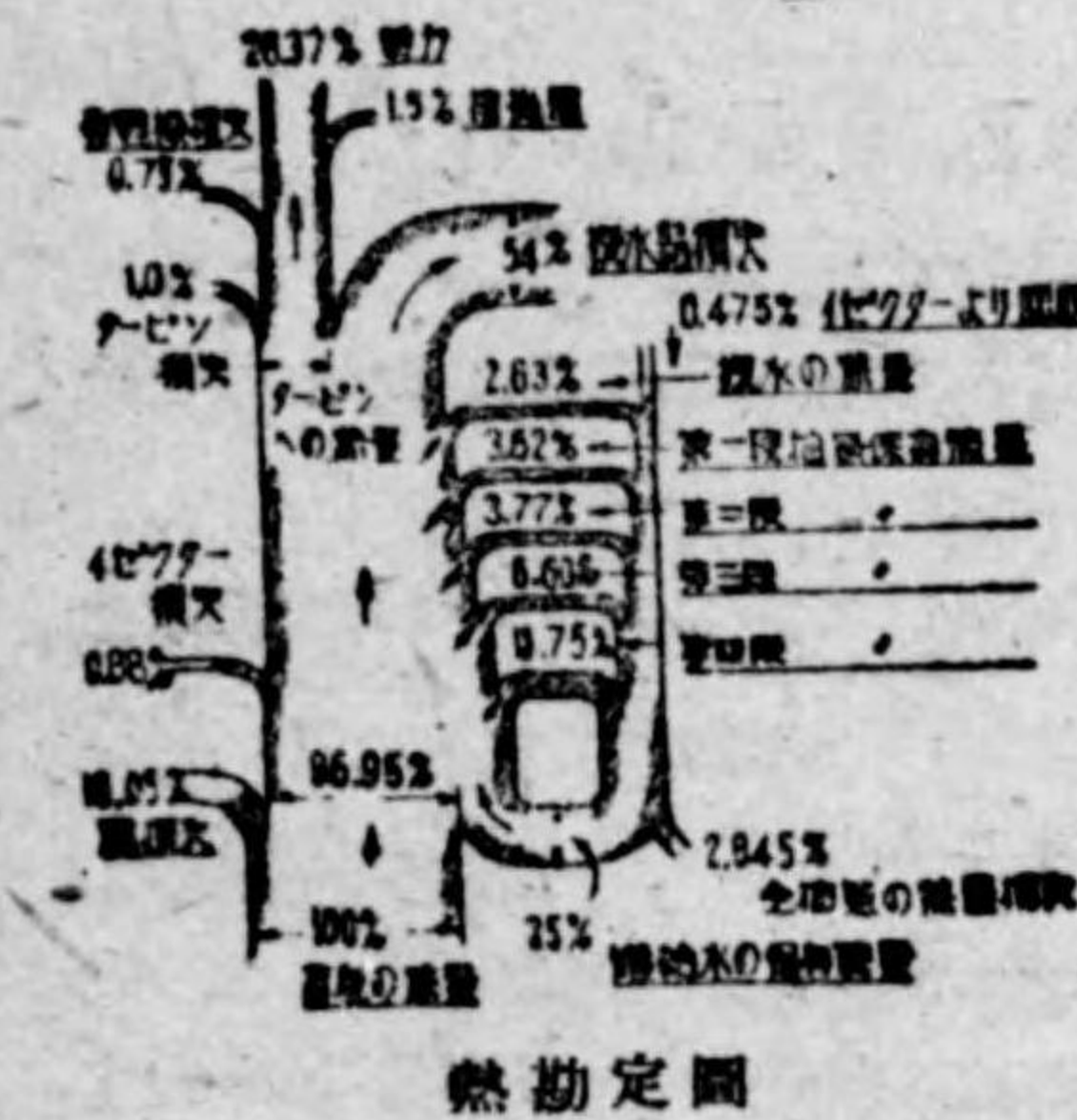
3.10 發電所の熱能率

3.10.1 發電所の熱能率 發電所で発生した電力量(熱量に換算)と、この電力量を発生するに要した燃料の保有熱量の比を、この發電所の熱能率( $\eta$ )と稱する。即ち、

$$\eta = \frac{\text{正味發生電力量(kWh)} \times 860}{\text{燃料の消費量(kg)} \times \text{燃料の發熱量(kカロリ/kg)}} \times 100\%$$

但し、正味發生電力量は、發電機の發生電力量より補助機の消費電力量を減じたものである。

3.10.2 熱勘定(ヒート・バランス) 燃料の保有熱量を100%として、これが、電力に變へられる過程に於ける熱の發生、損失、及び回收等の各割合を示したものを熱勘定と稱する。又、これ等の各割合を圖示したものが熱勘定圖である。次に熱勘定の一例を示すと、



損	① 氣罐(可燃ガスの排出、灰中の可燃物、放熱等)	13.05
失	② タービン(放熱、蒸氣の摩擦損等)	1.00
熱	③ 抽氣蒸氣の保有熱量(給水加熱用)	24.74
量	④ 復水器(冷却水に取られる熱量)	54.00
	⑤ エゼクタ用蒸氣の保有熱量(蒸氣噴射空氣抽出器用)	0.88
	⑥ 復水の保有熱量(復水器内より外に取出される)	2.63
	⑦ 補助機(循環ポンプ、復水ポンプ、通風機、給炭機等)	1.50
	⑧ 發電機(機械損銅損等)	0.75

回収	気罐給水の保有熱量(抽気蒸気によつて加熱)	25.00
決	燃料の熱量	100
	回収全熱量	25.00
算	損失全熱量	98.55
	電力に利用された熱量	$100 + 25 - 98.55 = 26.45$

上表のやうに火力発電所の熱能率は、極めて低く、一般に 15~28% 程度である。又、蒸気タービンの 1kWh 當りの蒸気消費量は容量、負荷、気壓、気温及び真空度等によつて異なるが、一般に、大型機で 4~5kg、小型機で 6~7kg 程度である。

註、火力発電所の石炭消費量は、石炭の品質、発電所の出力等によつて著しく相違するが、普通、0.6~1.2 厩/kWh である。

**3.10.3 熱能率の向上策** ① 節炭器で煙道ガスの餘熱を吸収し給水を温める。

② 空気豫熱器で燃焼用の空気を温め、完全燃焼を行ふ。

③ 自動燃焼制方式を採用して、燃焼を合理的に行ふ。

④ タービンの途中より蒸気を抽出して給水を温め、復水器で冷却水に取られる熱量を減ずる。

⑤ タービン内の蒸気を途中で再加熱して、タービンの熱能率を高める。

⑥ タービンの排気を他の用途に用ふる。

⑦ 水冷壁を用ひて、気罐の放熱を減ずる。

⑧ 高温、高壓の蒸気を採用し、或は、機器 1 台の容量を増大する。

⑨ 水蒸気の代りに保有熱量の大きい水銀蒸気等を用ふる。

### 3.11 電気設備

火力発電所の電気設備は、水力発電所の電気設備と共通した点が多いから、茲では相違した点についてのみ述べる。

**3.11.1 タービン発電機** 蒸気タービンは水車よりも定格回転数が著しく高いから通常、2~4 極 (60 サイクルに對する毎分の回転

数は 3600~1800 回転) が用ひられる。又、遠心力が大きくなるから凸出磁極を避けて圓筒型磁極とし、回転子を細長くしてゐる。更に、巻線に加はる遠心力を小さくするため、銅線の代りにアルミ線を使用したものもある。

尚、回転数が高いため回転子を厳密に平衡させないと、振動の原因になる。冷却方式として、大型機には水素冷却方式を採用して、損失を減じ、出力の増加を計つてゐるものもある。

註、水素冷却発電機については「電気機器新書」P50 以下に詳述してゐる

**3.11.2 變壓器** 容量や個數、結線方式等は水力の場合と同様であるが、冷却方式は稍々異なる。即ち、水力では、冷却水が豊富であり、且つ、水壓管の下部より取水すると冷却水ポンプが不要となるので、一般に油入水冷式が適する。

これに對し火力では、冷却水はあるが冷却水ポンプに電力を要し発電所が海岸近くで冷却水に海水を用ふる時は、冷却管が腐蝕して海水が油中に漏れる虞れが多い。従つて、自冷式か送油式が適當である。又、負荷率の悪い火力発電所では、自冷式に送風機を附加して、重負荷時に送風冷却するも一案である。

**3.11.3 補助機 [電源]** ① 所内用発電機を所内用タービンで運轉する方法；主発電機と無關係であるから最も信頼度が高く、又、発電所の起動時に他より電力を受けなくてよい。斯様に信頼度が高いが、不經濟であるから一般的でない。

② 主発電機より取る方法；最も簡單であるが、信頼度が低く、且つ発電所の自己起動が出来ない。

③ 所内発電機を主軸に直結する方法；簡單で信頼度が高いので最も廣く用ひられる。

註、その他、所内用母線より取る方法、他発電所より取る方法、豫備としてディーゼル発電機を置く方法等がある。

[補助機の種類] 火力発電所に對しては

(A) 気罐 ①給水ポンプ ②給炭機 ③送風機 ④コンベア類

(B) 節炭機 ⑥スクレーパー (C) 発電機 ⑥勵磁機 (D)

復水器 ⑦循環ポンプ ⑧復水ポンプ ⑨空氣ポンプ ⑩給油ボ

## ンブ

〔補助機用電動機〕 従来は小型タービンが用ひられたが、最近では殆んどが電動機運轉で、豫備給水ポンプ1台をタービン運轉とする程度である。電動機には通常、誘導電動機が用いられ、送風機や給水ポンプ等の可變速度を要するものは巻線型とされる。又、大容量には二重籠形、深溝型等の直入電動機が用ひられる。

註、可變速度用には、流体接手や、整流子電動機等が用ひられることもある。又、電動機運轉の特長は、設備が簡單で取扱に便利であり、運轉費が安いこと等である。

**3.11.4 運轉遠方監視用計器** 氣力發電所の運轉を圓滑に行ふためには、監視所で各部の運轉状態を知る必要がある。この目的に遠方監視用計器を用ふる。その原理は、次のやうな諸量を電氣量に變へて、これを監視所に導き、此處で計器を指示又は記録させる。次にその主なものを挙げると、

〔氣罐部〕 ① 水位計；長さの異なる多數の抵抗線を水銀面上に吊し、水位によつて水銀面を上下させると、抵抗線の合成抵抗が變る。従つてこの回路に電流計を直列にすると、電流計の偏れは水位に比例する。

② 水、蒸氣及びガスの流量計；例へば、管内に小孔をあけた板を置き、その兩側に於ける壓力差（流速に比例する）で上記の水銀面を上下して、指示計器を働かせる。

その他、煤煙の濃度指示計、氣罐給水中の不純物指示計等がある  
〔タービン部〕

① 振動計、タービンの振動の大小を計器に指示させる。

② 膨脹計、タービン氣筒の軸方向の膨脹を計器に指示させる。

その他、偏心計、噪音計等がある。

〔電氣部〕 總ての電氣計器は、その電線を監視所に引込むだけで遠方監視用計器になる。

**3.11.5 現在負荷及び豫想負荷表示器** 氣罐室やタービン室で現在の負荷、及び豫想負荷を知ると、運轉に好都合である。これを電氣的に行ふ方法は種々あるが、1例を挙げると、配電盤室と氣罐室

又はタービン室に夫々セルシン電機を置く。然して、セルシン電機の一方向の回轉子を  $\theta$  角廻はすと、他方の回轉子も  $\theta$  角廻るから、配電盤室より氣罐室等に、現在及び豫想負荷を傳へることが出来る。

**3.12 設計及び据付**

**3.12.1 位置選定** 火力發電所の位置選定に當り考慮すべき事項は、

① 燃料輸送費。良質炭が豊富に入手できる場合は、發電所を負荷の中心点近くに置いて、送電線を短縮する。反對に劣等炭の場合は、送電線が多少長くなつても、燃料の輸送費が少い位置に建設する方が、一般に有利である。

② 低温で多量の冷却水が容易に得られること、及び氣罐給水として良質の水が得られること。

③ 送電線がなるべく短くなること。

④ 地盤の堅固な廣い土地が廉價に得られること。又、機器の運搬に便利なこと。

⑤ 灰の捨場に困らぬこと。又、附近になるべく人家が少ないこと以上のやうな條件に對して、一般に都市近郊の海邊（川邊）が適當である。

**3.12.2 機器の組合せ** 以前は氣罐の單位容量が小さかつたためタービン1台に4~5台の氣罐を組合せてゐた。然し、最近は大體氣罐が容易に作られるやうになつたので、通常、タービン1台に氣罐2台として、建設費を減じ、且つ取扱を容易にしてゐる。

尙、最近は單位方式（ユニット・システム）を採用するものが多い。本方式は、氣罐、タービン及び發電機を各1台宛組合せ、これを1單位とする。然して、各單位毎に防火壁で仕切つたものもある。又、電氣設備も、發電機を直接に選昇用變壓器に結び、發電機側の母線を省いたものが多い。

註、單位方式については、2.9.5 に詳述してゐる。

**3.12.3 氣壓、氣温の決定** 高壓高温の蒸氣を使用する程、發電所の熱能率が増進し、燃料費を節約できる。然し、使用材料や製作

設計の困難が増し、建設費及び維持費が嵩む。従つて、これ等の得失を比較して、最も経済的な気圧、及び気温を定める。次に、一般の標準を示すと、

出力 (kW)	気圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	気温 (°C)	抽気回数
3000~8000	14~25	250~320	2回
10000~20000	21~38	370	2~3回
50000~100000	42	400	3~4回
100000~160000	91	450	4回

註. 復水器の真空度は、1000kW級のタービンで92.5%、5000kW級で95%、20000~30000kW級で97.5%位である。

一般的傾向として、大容量発電所で、負荷率の良い場合には、高圧高温の蒸気を採用して燃料費を節約する。これに対して、尖頭負荷用発電所のやうに負荷率の悪い場合は、気圧及び気温を低い目にして、建設費を節約する。

#### 3.12.4 火力発電所の進歩、その主な点を挙げると、

- ① 蒸気の温度及び圧力を高めて、発電所の熱能率を向上させた
- ② 大出力発電所を建設して、出力1kW當りの設備費、及び維持費の低下を圖つた。
- ③ 気罐、タービン、発電機及び変圧器の各単位容量を増大して設備費を減少した。
- ④ タービン及び発電機に高速度機を採用して、機械を小型にした。
- ⑤ 抽気タービン、及び再熱タービン等を使用して、発電所の熱能率を向上した。
- ⑥ 単位方式を採用して、建設費を節約し、機器の取扱を簡単にした。
- ⑦ 資材を節約し、或は代用資材を使用した。

3.12.5 資材節約 ① タービン及び発電機には、大容量で高速度のものを用ふる。

- ② 罐胴の製作には、従來の鉄綴の代りに溶接法を採用する。
- ③ 発電機のはずみ車効果を減じて、軽量にする。

- ④ 水素冷却発電機を用ふる。
- ⑤ 變壓器は、單相變壓器の代りに三相變壓器を用ふる。
- ⑥ 調相機は、同期又は非同期調相機の代りに、靜電蓄電器を使用する。
- ⑦ 母線方式を簡単にし、遮斷器や斷路器等の使用箇數を減少する。

### 3.13 運轉と故障並に對策

#### 3.13.1 起動 氣力発電所の起動順序を示すと、

##### [氣罐の運轉]

- ① 氣罐に火を入れる。
- ② 給炭機の色度と石炭層の厚さを次第に増す——これ等の電力は他の発電所より受ける——
- ③ 氣壓が十分に上昇すると、タービン又はヘツダに至る瓣を開く。
- ④ 各氣管に蒸氣を通ずる。この際、凝結水排除瓣を暫らく開いて、凝結水を排除する。

##### [補助機の運轉]

- ⑤ 補助タービンを起動する(起動方法は主タービンと同様)
- ⑥ 補助電源が規定電壓に達すると、主発電機の給油ポンプ、遮斷器引外し回路繼電器回路、等を充電する。

##### [主タービン及発電機の運轉]

- ⑦ 主発電機回路の絶縁抵抗をメガで測る。界磁抵抗は最大の位置に置く。
- ⑧ 主軸の給油が完全に行はれるか否かを点検する。
- ⑨ タービン各部の凝結水排除瓣を開いて置く。
- ⑩ 復水器の空氣ポンプを運轉し、相當の真空を作つて置く。
- ⑪ パツキングの部分に蒸氣(ラビリンスパツキング)又は水(填水パツキング)を満す。
- ⑫ タービンに徐々に蒸氣を通じて低速度で暫らく運轉した後——即ち暖機を行ふ——次第に速度を高める。この時、各部の振動、

發熱及び音響等に注意する。

- ⑬ 復水器の真空度を高める。
- ⑭ 非常调速機の動作を試験する。
- ⑮ 發電機の並行運轉を行ひ、调速機の補助ばねを調整して流入蒸氣量を増し、負荷をかける。發電所の運轉を停止する順序は、大体、上記と反對に考へれば良い。尙、停止後も暫らく凝結水排除瓣を開き、15分間位は復水器の空氣ポンプを運轉して、タービン内の濕氣を除く。

**3.13.2 運轉上の注意** ① 各軸受の給油状態を点檢し、軸受を出た給油の温度を時々測定する。

- ② タービン及び發電機の異狀音響、振動、及び各部の發熱等に注意する。
- ③ 電氣回路の絶縁抵抗を月に2~3回位測る。
- ④ 復水器は常に器内を高真空に保ち、冷却水の循環状態、水管の腐蝕等に注意する。
- ⑤ タービンを長く休止する時には、内部を十分に乾燥して置く。註、運轉中のタービンの回轉数が變化する主な原因は ①負荷の變化 ②蒸氣壓力の上下、③蒸氣過熱温度の變動、④真空度の高低、⑤调速機の故障等である。

**3.13.3 運轉中の非常操作** 氣力發電所が運轉中、急に發電機の負荷を遮斷した時に操作する主なものを挙げると、

- ① 煙道のダンパを閉ち、通風機を停止する。
- ② 給炭機の給炭量、及び給炭速度を減ずる。
- ③ 氣罐に多量の水を給水して、罐内の氣壓を下げる。
- ④ 復水器の循環水量を減ずる。

註、微粉炭式では、乾燥器内の石炭を全部取出し、石炭が器内に溜つて自然發火することを防ぐ。

**3.13.4 故障と対策** 一般に起り易い故障を挙げると、

〔燃燒装置〕 ①給炭機式では、灰が火床に融着し、或は大塊を作つて灰道を塞ぐ等。

- ② 微粉炭式では、微粉炭の自然發火、及び爆發、灰が熔融して

出口を塞ぐ等である。

以上の対策としては、石炭の種類を選擇するより外に有効な方法がない。

〔氣罐〕 ① 水管の腐蝕破裂、及び外表面に塵埃の附着することなど、これに對しては、スート・ブロア等を用ひて掃除を勵行する。

② 過熱管は焼損が多く、これに對しては、孔を塞ぐ。

③ 瓣やスチーム・トラップ等の漏洩。

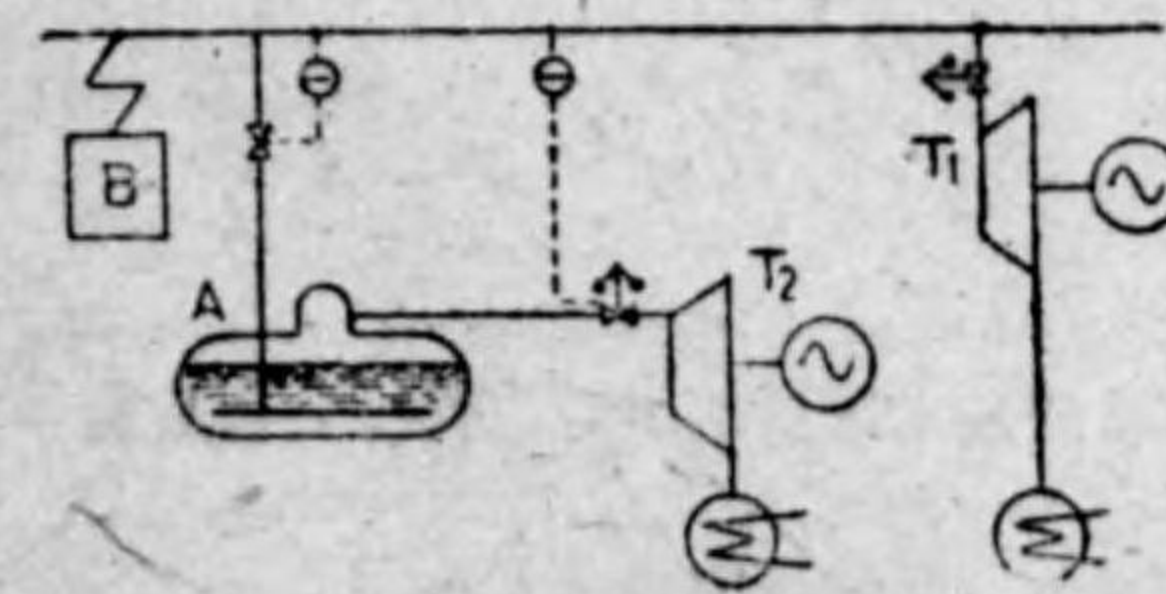
〔蒸氣タービン〕 タービンの故障は發電所の故障中で首位を占め故障は殆んど振動となつて現はれる。その原因は、翼の腐蝕及び破損、軸の熱膨脹による曲り、パツキングの摩擦、軸受の給油不足、据付の不良、基礎の不同沈下、發電機の空隙不同等であつて單純でない。従つて、振動を起すと、直ちにその原因を調べる必要がある。

〔復水器〕 ① 縦目部分等より、空氣が漏入して器内の真空が下る。

② 水管が腐蝕して、冷却水が復水中に混ずる。

註、水管の腐蝕原因を大別すると、①冷却水中の酸類、空氣等によつる化學的腐蝕、②流水中に氣泡が生滅する時の衝撃による機械的腐蝕、③復水器を異種の金屬で組立てると、兩金屬間に電位差を生じ、水を通じて電流が流れ電蝕する。これ等の腐蝕を防ぐには、①及び②に對しては、管材を適當に選ぶ。③に對しては、10V以下の直流電壓を用ひて、上記の電流を打消す等の方法が採用される。

### 3.14 特殊火力發電所



A…熱貯藏器 B…氣罐  
T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>…タービン

**3.14.1 熱貯藏發電所** 電氣が簡単に貯藏出來ると非常に有利であるが、現在の處、經濟的に簡便に大電力を貯藏する方法がない。扱て、普通採用されてゐる電氣の貯藏方法には、①蓄電池を用ふる、

②揚水發電による。③熱量に變へて貯藏する等の方法があるが、①は容量が小さく、②は能率が悪い。③は割合に高能率であるが、大容量が得られず、且つ設備費の嵩む缺点がある。現在實用されてゐるのは、蒸氣貯藏器を用ふる方法で、その原理を示すと圖の通りである。即ち、輕負荷時にはタービン  $T_1$  を運轉し、餘剩蒸氣を A に送り込んで、A の水温を高める。次に、重負荷時には、A よりタービン  $T_2$  に至る弁を開くと、A の温水が蒸發するから、 $T_2$  を運轉して不足電力を補ふ。但し、 $T_2$  の蒸氣壓は  $T_1$  より相當に低い。

註、上記に對して、温水貯藏器を用ふる方法がある。これは、輕負荷時に餘剩蒸氣で温水し、重負荷時にこの温水を氣罐給水に使用して、發生蒸氣量の不足を補ふ。

**3.14.2 水銀タービン發電所** 普通の蒸氣タービン發電所に、水銀罐、水銀タービン及び水銀復水器を設置する。然して、先づ水銀罐で水銀蒸氣を發生させ、水銀タービンに働かせる。水銀タービンの排氣を水銀復水器に導き、茲で多量の冷却水を蒸發する。この蒸氣を蒸氣タービンに導き、その排氣を普通の復水器で冷却する。水銀蒸氣の凝固点は  $230^{\circ}\text{C}$  で、水を蒸發させるに十分な高温度である。

本發電所は、水銀蒸氣の保有熱量が大きい事と、その排氣の熱を回収する等のため發電能率が著しく高く、35.6% と云ふ實例(米國)がある。然し、水銀の産出量が少く、且つ有害で金屬を侵し易い等の缺点があるため、未だ試験期を脱してゐない。

**3.14.3 デイゼル機關發電所** 蒸氣タービンの代りにデイゼル機關を使用して、發電機を運轉する。本發電所をタービン發電所と比較すると、

長 所	①氣罐を要せず設備が簡單で、所要床面積が少い。従つて建設費が安い。
	②起動が迅速で取扱が簡單である。又堅牢で故障が少い。
	③熱能率が高く、輕負荷でも能率の低下が少い。
	④冷却水量が少く、灰を生じない。又、補助機の所要電力が少い。

- |        |                              |
|--------|------------------------------|
| 缺<br>点 | ①回轉が圓滑でなく、發電機の並行運轉が困難である。    |
|        | ②過負荷容量が小さく、保守が面倒である。又、壽命が短い。 |

デイゼル機關用の發電機は、回轉の不均齊を緩和するため、回轉部の重量を大きくするか、或は回轉軸にはすみ車を取付けてゐる。

本發電所は、上記のやうな特長があるため、工場や新聞社、百貨店等の豫備電源用に適する。

### 3.15 水 火 併 用

#### 3.15.1 水火併用の得失

我國の發電事業は、水力發電と火力發電を併用し、一般に前者を主、後者を従としてゐる。この水火併用の得失を擧げると、

〔利点〕 ① 水力發電の使用水量を大きく取り、湯水期には火力發電で補給できるため、河川の流量が餘す處なく利用される。

② 水力發電と火力發電の豫備機を共用できるため、豫備機の容量が小さくてよい。従つて、建設費が減じ、大型機械が採用できて取扱に便利である。

③ 電力の需用に無駄なく應じられる。即ち、水力發電増設直後には、建設費が安く、燃料費を要する火力發電電力を減ずると、經濟的に運轉できる。

④ 故障時に電力を融通し合ふことが出来る。

⑤ 洪水位の高い水力地点も有利に開發できる。即ち、洪水時出力が減少しても、火力發電によつて補給できる。

⑥ 建設費の安い火力發電に、負荷率の悪い尖頭負荷を擔はせると、電力原價が安くなる。

⑦ 火力發電のみに比し、石炭の不足、炭價の變動等の影響を受けることが少い。

〔缺点〕 ① 水力と火力を並行運轉するため、兩原動機の速度變動、發電機及び調速機の特性等を近似させる必要がある。

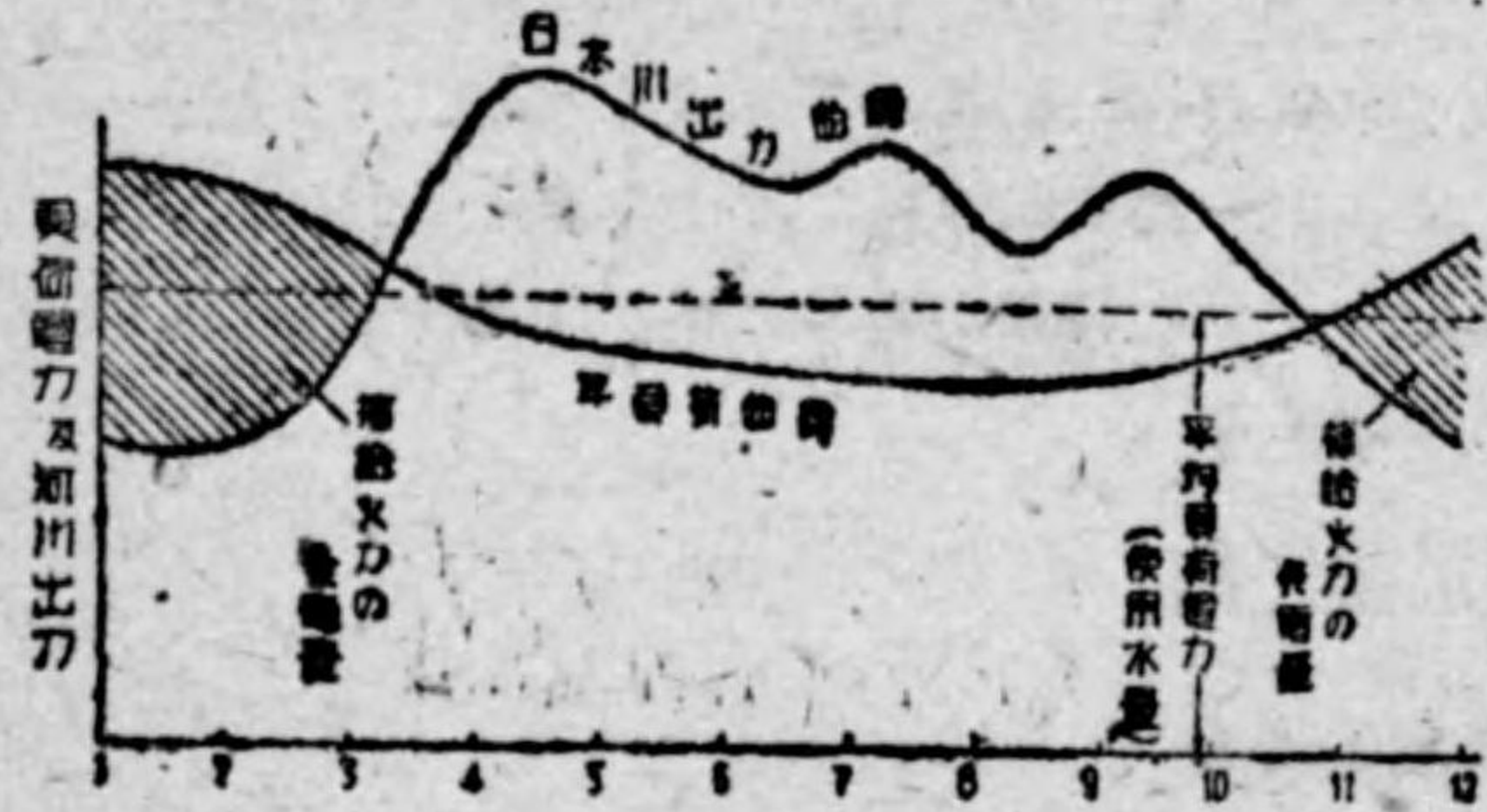
② 電路の一部が故障すると、その波及範圍が廣くなる。

③ 經濟的運轉をするためには、負荷に應じて兩者に適當の負荷



を分擔させる必要があり、運轉が面倒である。

3.15.2 水火併用の負荷分擔 例へば、日本川水力發電所の出力



曲線、及び年負荷曲線が圖のやうであると、圖の斜線を施した部分の電力が不足する。其處で圖の最下線を

連ねた曲線以下の大部分の負荷は、燃料を要しない水力発電に分擔させ、不足電力（斜線を施した部分）は補給用火力発電に分擔させる。斯様にすると、出力の大きい水力発電所の負荷率が向上して、その運轉能率が高くなる。この場合、兩發電所の最大出力は、兩分擔負荷曲線の最大高さで表はされる。

註、上記で水力発電所に貯水池を設け、豊水季に貯水して渇水季に放流すると、補給用火力発電を要しない。但し、この場合水力発電の出力は、最大負荷電力となり、その負荷率が低下する。

3.15.3 尖頭負荷用發電所 負荷電力は常に變化し、時として著しい尖頭負荷を生ずる。この場合、負荷を一定負荷と變動負荷に2分して、兩電力に別々に應ずる發電所を設ける。斯様にして、一定負荷に應ずる發電所（基底負荷用發電所）は建設費が高んでも高能率に、變動負荷に應ずる發電所（尖頭負荷用發電所）は、低能率でも建設費を節約すると、發電費が減少できる。扱て、尖頭負荷用發電所の具備すべき條件は、

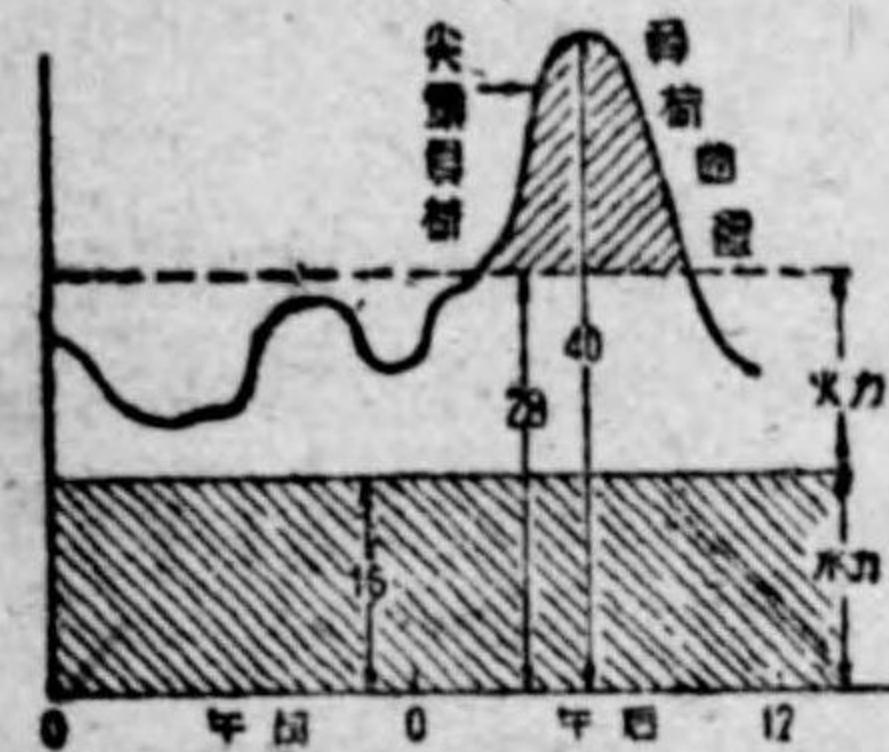
- ① 起動、及び停止が迅速で、然も簡単なこと。又、取扱が容易なこと。
- ② 起動時、及び無負荷時の損失が小さいこと。
- ③ 過負荷耐量が大きく、又、低負荷率でも運轉費の安いこと。
- ④ 建設費が安いこと。

上記のやうな條件に適する尖頭負荷用發電所の種類を挙げると、

水力發電所	火力發電所	そ の 他
①堰堤式發電所	①微粉炭發電所	①ディーゼル發電所
②調整池式發電所	②重油燃焼發電所	②蓄電池式發電所
③貯水池式發電所	③蒸氣貯藏發電所	
④揚水發電所	④熱貯藏發電所	

註、尖頭負荷用發電所として、一般に使用されてゐるのは、微粉炭發電所、堰堤式發電所、揚水發電所等である。

尖頭負荷用發電所を設けた場合の負荷分擔の一例を述べる。圖の



負荷曲線で示すやうに最大負荷電力が40、平均負荷電力が28の負荷がありこれに水火併用で應ずるとする。今水力の出力が16であると、火力の最大出力は  $40 - 16 = 24$  となり、平均出力は  $28 - 16 = 12$  で負荷率が著しく悪く  $(12 \div 24) \times 100 = 50\%$  となる。故に

火力の最大出力を  $28 - 16 = 12$  とし、尖頭負荷用發電所として、最大出力  $40 - 28 = 12$  の揚水發電所を設けたとする。其處で水力、及び火力を常に全負荷運轉し、低負荷時の餘剩電力を利用して揚水發電所で揚水し、これを尖頭負荷時に放水すると丁度良い。——但し揚水發電所の能率を1として——斯様にすると、水力及火力發電所（最大出力28）が常に全負荷運轉するので、平均運轉能率が著しく向上し、發電費が安くなる。

3.15.4 負荷率の向上策 需要電力の負荷率を向上すると、同一の設備容量に對して使用電力量が増し、電力會社の収入が増す。この負荷率を向上する方法は、

- ① 負荷率を加味した電力料金制を採用する。例へば、最大需用電力によつて割増金を取り、或は、深夜間の餘剩電力を安くする。
- ② 負荷曲線の違つた負荷を一緒にして給電する。即ち、送電線によつて、多數の發電所及び負荷地域を連繫する。
- ③ 一般に夏季は豊水で、然も負荷が減少するから、夏季に於け

る季節電力の需用を開拓する。

④ 揚水発電所、又は蒸気貯藏発電所を設ける。

**3.15.5 電力系統の周波数制御** 多数の発電所が並行運転をしてゐる場合、一発電所で発電機の回転数を変へても、その発電所の分擔電力が變化するだけで、系統の周波数は變化しない。其處で系統中で最大出力の発電所——その出力は、系統全出力の5~8%以上のこと——を制御発電所と定め、この発電所の周波数を常に標準周波数に保つ。斯様にすると他の小発電所の周波数は、運転上自らの標準周波数に一致する。扱て、周波数の制御方法を大別すると、次のやうになる。

〔手動周波数制御〕 標準ばね時計と電気時計の指針が同一軸上で回転するやうにした装置を用ふる。この装置の兩指針が常に同一速度で回転するやう、调速機制御用電動機で、原動機を常に一定速度に調整する。

〔自動周波数制御〕 ① 瞬間的制御；周波数繼電器によつて、周波数が變化する度に、调速機制御用電動機を自動操作する。

② 平均周波数制御；一定時間毎に周波数を積算して、この積算量を一定値に保つよう调速機を制御する。

**3.15.6 発電機の調相機化** 底負荷の季節に、休止中の発電機を調相機として運転すると、電力系統の力率が改善でき、電力損失の減少、送電電力の増加等を計り得る。これには一般に、送電系統の末端に近い火力発電所が適するが、水力発電所も用ひられる。但し後者の場合は、水力発電所にも餘裕がある時である。次に、タービン発電機を調相機として使用する場合の起動方法を挙げると、

① 発電機をタービンと直結したまゝ運転する方法；本方法は、豫備をして常時待機してゐる火力発電所に適する。然し、運転中、タービンに全蒸氣量の10%位を通じて置かぬと、風損のため内部が高温になる缺點がある。

② 直結電動機による方法；発電機とタービンを切離して、直結電動機で起動し、同期檢定器を使用して、電力系統に並列にする。

又、発電機が数台あると、1組の発電機を直結電動機によつて、他の発電機を低周波数で同期電動機として運転し、次第に速度を高める斯様にして、1機宛起動を行ふ。

③ 専用の電動発電機を使用し、上記と同様にして起動する。等の方法がある。

## 演習問題

讀み放なし、習ひ放なしでは、學修事項が体得されない。従つて、受験場では優秀な答案が書けないし、又、之れを實務に活用することも出来ない。之れでは全く徒勞である。習ふと云ふことは與へられることとなく、自から考へ、開發することである。諸君は、以下の演習問題を十分に究め、發電工學に對して自からを開發しなくてはならぬ。

## 1. 總説

- (1) 發電用資源について述べ、現在一般に實用されてゐるものの種類を挙げよ。
- (2) 本邦に於ては水力發電と火力發電の何れが主とされてゐるかを述べ、その理由を説明せよ。
- (3) 下記の相違を問ふ。
  - (イ) 供給用と自家用、(ロ) 常用と補給用

## 2. 水力發電

- (1) 水力發電に於て水路式とダム式の得失を比較し、各々に適當な場合を挙げよ。
- (2) 下記の術語を説明せよ。
  - (イ) 雨量、(ロ) 流量、(ハ) 流出係數
- (3) 流況曲線とは如何なるものかを説明し、その用途を記せ。
- (4) 流量の區分につき記せ。
- (5) 水路工作物に於て水位の測定を必要とする理由を挙げ、之が施設場所を記せ。
- (6) 流川に於ける流量の測定方法 3 種を挙げ、その 1 種について説明せよ。
- (7) 水位流量曲線につき知れる處を記せ。
- (8) 水力發電所に於て、堰堤を使用する目的を問ふ。
- (9) 堰堤に對し下記の相違を問ふ。
  - (イ) 重力堰堤、(ロ) 中空堰堤、(ハ) 洪堰堤
- (10) 堰堤に於て下記を説明せよ。
  - (イ) グラウジング、(ロ) 伸縮接手、(ハ) 洗堀
- (11) 輾動堰(ローリング・ダム) の構造並に作用を説明し、之れが使用を

適當とする場合を挙げよ。

- (12) 堰堤に於ける附屬設備 4 種を挙げ、その目的を略述せよ。
- (13) 取水口の構造を説明し、之れが施設を必要とする理由を説明せよ。
- (14) 取水口に於ける日當の監視につき説明せよ。
- (15) 水路の種類 3 種を挙げよ。
- (16) 水力發電所に使用せらるゝ壓力隧道の意義を述べ、且其の施設を必要とする場合を説明せよ。
- (17) 水力發電所に於ける水路に勾配を必要とする場合を挙げ、之れが決定に際し考慮すべき事項を述べよ。
- (18) 調水池と調整池の相違せる点を説明せよ。
- (19) 下記につき知れる處を記せ。
  - (イ) 副調整池、(ロ) 逆調整池
- (20) 水力發電所に於ける水槽の構造を略圖を以て示し、且、其の主なる部分の作用を説明せよ。
- (21) 水力發電所に於て土砂の流入を減ずる爲水路工作物に施すべき設備を挙げ、其の設置箇所及構造を説明せよ。
- (22) 水壓管に於て銲接管と熔接管の得失を比較し、最近、後者が一般に採用される理由を説明せよ。
- (23) 水壓管の太さを決定する方法を述べよ。
- (24) 水壓管の施設に對し露出管と埋設管の得失を比較せよ。
- (25) 水壓管は水車の運轉を休止してゐる時に於ても常に満水し置くを適當とする理由を説明せよ。
- (26) サージタンクの種類を挙げ、その一種について構造並に作用を説明せよ。
- (27) 水力發電所に於て水壓調整器の設置を有利とする場合を挙げ、その理由を説明せよ。
- (28) 水壓管下部に使用する下記の瓣につき其の用途を比較説明せよ。
  - (イ) 蝶瓣(バタフライバルブ)
  - (ロ) ジョソソソ・バルブ(ニードルバルブの一種)
  - (ハ) 側路瓣(バイパスバルブ)
- (29) 水壓管の破裂に對する保護裝置を説明せよ。
- (30) 水車に於て横軸型と豎軸型の得失を比較し、各々の使用を適當とする水車の種類を記せ。

(31) 水力発電所の取水口より水槽に至る間に於て落差損失を少からしむる爲に考慮すべき事項 4 つを挙げよ。

(32) ベルトン水車には通常吸出管を使用しない理由を説明せよ。

(33) 水圧管に於ける水撃作用を軽減するため水車に施すべき装置の 2 種を挙げよ。

(34) フランシス水車に対し下記事項を説明せよ。

(イ) 導翼, (ロ) ランナー, (ハ) 外殻 (ケーシング)

(35) プロペラ水車の特長を挙げ、之が低落差地点に適當なる理由を説明せよ。

(36) カプラン水車に就き知れる知を記せ。

(37) 水車の特有速度の意義を説明し、各水車に於ける概数を記せ。

(38) 水車の無拘束速度につき説明し、之れと水車に連結する発電機同轉子強度の關係を述べよ。

(39) 水車の能率が使用年數を経るに従つて低下する理由を説明せよ。

(40) 吸出管の作用を略述し、その種類 3 種を挙げよ。

(41) 空洞現象につき説明し、之れが防止を必要とする理由を説明せよ。

(42) 水車が腐蝕する原因を挙げ、之れが対策を記せ。

(43) 调速機の構造並に動作を説明せよ。

(44) 電動调速機につき知れる處を記せ。

(45) 下記の事項につき述べよ。

(イ) 推力軸受, (ロ) 導軸受

(46) 水力発電所に於て発電機の冷却に閉鎖通風式の使用を有利とする理由を説明せよ。

(47) 水車発電機に制動装置を必要とする理由を挙げよ。

(48) 発電所に於て使用せらるゝ副励磁機につき説明し、且つ之れが利点を述べよ。

(49) 大容量の発電所に於ける三相用變壓器として、單相變壓器と三相變壓器の得失を比較せよ。

(50) 下記につき知れる處を記せ。

(イ) 模擬母線, (ロ) 照光配電盤

(51) 発電所、變電所に於て母線の施設を必要とする理由を説明せよ。

(52) 発電所に於て斷路器を使用する目的を述べ、且つ之に過する電流を限定する事項を説明せよ。

(53) 発電所に於て下記事項に對する保護装置を説明せよ。

(イ) 三相交流発電機の内部故障

(ロ) 水冷式變壓器の斷水

(ハ) 軸受用油ポンプの停止

(54) 三相 3300V 交流発電機 1 台、三相變壓器 (一次 330V 三角形接続、二次 1100V 星形接続) 1 台を有し、1 回線の送電線に接続する発電所あり、油入開閉器、斷路器、電流計、電圧計、變流器、電壓計用變壓器、檢漏器、避雷器、塞流線輪、靜電放電器を適當に施設せる電線接続圖を示せ、但し三相回路を示すには三線を用ひ、且つ二次側の計器は省略するものとす。

(55) 下記の術語を説明せよ。

(イ) 綜合負荷曲線 (ロ) 尖頭負荷, (ハ) 負荷率

(56) 水力発電所に於ける使用水量の決定方法につき述べよ。

(57) 低落差発電所に於て発電機を洪水面下に据付けるに際し考慮すべき事項を述べよ。

(58) 停止中の水力発電所に於て、運轉開始より送電系統に並行運轉する迄の主要設備の操作順序を説明せよ。

(59) 水力発電所に於て使用年數を経過するに伴ひ発電力の低下する原因 3 種を挙げ、之が改善方法を述べよ。

(60) 下記の発電所につき説明せよ。

(イ) 單床式発電所, (ロ) 低落差発電所

(ハ) 自動発電所, (=) 屋外発電所

(61) 揚水発電所の用途を記せ。

(62) 水力発電所が落成した時に行ふ試験の種類を挙げよ。

### 3. 火力發電

(1) 火力發電用の燃料の種類を挙げ、現在石炭が一般に採用されてゐる理由を説明せよ。

(2) 石炭につき下記事項を問ふ。

(イ) 粘結性炭, (ロ) 灰の熔結, (ハ) 風化

(3) 石炭の購入に當り考慮すべき事項を挙げよ。

(4) 火力発電所に於て燃焼に必要な空氣量の過不足を知る方法を述べよ。

(5) 炭酸ガス記録計の原理、並に構造を説明し、且つ用途を記せ。

(6) 發電用の燃料として石炭と液体燃料の得失を比較せよ。

(7) 火力発電所に於ける下記の用途を問ふ。

(イ) ベルトコンベヤ, (ロ) 貯炭函

- (8) 石炭の貯炭に當り風化を防ぐために考慮すべき事項を述べよ。
- (9) 火力発電所に於ける灰処理法の 1 例について説明せよ。
- (10) 下記の術語を簡単に説明せよ。  
(イ) 液体熱, (ロ) 潜熱, (ハ) 飽和蒸氣
- (11) 過熱蒸氣の意義を説明し、過熱蒸氣を使用すると如何なる利益があるかを記せ。
- (12) ゲージ壓力と絕對壓力の相違せる点を述べよ。
- (13) 氣力発電所に於て、高温高壓の蒸氣を使用すると如何なる利益があるかを述べ、且つその最大値を決定する事項を述べよ。
- (14) 下記の用途を問ふ。  
(イ) 火爐 (ロ) 氣罐, (ハ) ヘツダ (氣罐の)
- (15) 發電用の氣罐として、一般に水管式氣罐が採用される理由を記せ。
- (16) 發電に使用する水管式氣罐の一例を挙げ、その構造を説明せよ。
- (17) 過熱器に於て對流型と輻射型の加熱度が氣罐の負荷によつて如何なる影響を受けるかを説明し、負荷に拘らず一定の加熱度を得る方法を述べよ。
- (18) 最近に於ける氣力発電所の火爐には、殆んど水冷壁が採用される理由を説明せよ。
- (19) 節炭器及び空氣豫熱器の各特長を述べ、相違せる点を説明せよ。
- (20) 氣罐に於ける加熱面積の意義を述べ、給炭機燃焼に於て加熱面積と火床面積の割合の概數を記せ。
- (21) 氣罐にプライミングを生ずる原因を挙げ、之が他に及ぼす障害につき説明せよ。
- (22) 氣水分離器の用途を述べ、その 1 種について説明せよ。
- (23) 氣罐の氣壓過昇に對する保護装置について説明せよ。
- (24) 氣罐に使用する計器類 5 点を挙げ、その用途を記せ。
- (25) 下記を略述せよ。  
(イ) 礮石, (ロ) スート・ブロー, (ハ) スクレーパー
- (26) 氣罐燃焼方式の主なるもの 3 種を挙げ、之が得失を説明せよ。
- (27) 給炭機燃焼に於て移床式と下方式の得失を比較し、之れが使用を適當とする場合を説明せよ。
- (28) 下記につき簡単に説明せよ。  
(イ) 灰道, (ロ) 燃焼アーチ, (ハ) 灰塊粉碎機
- (29) 微粉炭燃焼に於て單位式と貯藏式の得失を比較せよ。
- (30) 微粉炭燃焼に於て、下記の用途を記せ。

- (イ) 磁氣分離器, (ロ) 石炭乾燥器, (ハ) 粉碎機  
(ニ) フィーダー, (ホ) バーナー
- (31) 微粉炭燃焼發電所に於て、運轉上注意すべき主なる事項 5 つを挙げよ。
- (32) 燃焼率の意義を説明し、各種の燃焼方式に於ける燃焼率の概數を記せ。
- (33) 氣罐の通風方式を説明し、且つ通風度を表示する方法を述べよ。
- (34) 氣罐の運轉能率を良好ならしむる爲には通風を如何にすべきや、又通風の適當なることを判別する事項 3 種を挙げ之を説明せよ。
- (35) 下記につき説明せよ。  
(イ) 分函通風, (ロ) 二次加壓通風方式
- (36) 最近の大出力發電所に自動燃焼制御方式の採用されるものの多き理由を説明せよ。
- (37) 集塵装置の施設を必要とする場合を挙げ、その種類 3 種を記せ。
- (38) 氣罐給水に使用する水の具備すべき條件を挙げよ。
- (39) 氣罐の給水中に含有する有害なる不純物を除去する方法を説明せよ。
- (40) 蒸化器の使用目的を問ふ。
- (41) 往復動蒸氣機關が發電用に採用されない理由を説明せよ。
- (42) タービンにつき下記事項を説明せよ。  
(イ) 噴口, (ロ) 段落, (ハ) 軸流型, (ニ) 隔盤
- (43) 蒸氣タービンに於て、一般に高氣壓部は衝動式、低氣壓部は反動式が夫々適當なる理由を説明せよ。
- (44) タービンの回轉軸が氣筒を貫通する部分の氣密を保つ方法 1 種を挙げ、これを説明せよ。
- (45) 下記タービンの用途を記せ。  
(イ) 抽氣タービン, (ロ) 再熱タービン, (ハ) 前置タービン
- (46) タービンの起動に當り一時に多量の蒸氣を通ずると、タービンが破損する虞れのある理由を説明せよ。
- (47) タービンの最近に於ける發達につき述べよ。
- (48) タービンの過速に對する保護装置を述べよ。
- (49) タービンに復水器を使用することの利益を挙げよ。
- (50) 表面復水器の附屬ポンプ 3 種を挙げ、その用途を記せ。
- (51) 下記につき知れる處を記せ。  
(イ) 給水槽, (ロ) 冷却池, (ハ) 冷却塔

- (52) 氣力發電所に於ける主蒸氣管の配管方式 3 種を挙げ、その得失を比較せよ。
- (53) 蒸氣管につき下記事項を問ふ。  
 (イ) 灣曲管, (ロ) 保温, (ハ) 側路瓣, (ニ) 凝結水排除管
- (54) 氣力發電所に於ける熱勘定の意義を述べ、その 1 例にき微數を記せ
- (55) 氣力發電所が多く海岸に設置せらるゝ理由 3 つを説明せよ。
- (56) 水力發電所及び氣力發電所に於ける單位方式につき説明せよ。
- (57) 氣力發電所に於ける最近の發達につき述べよ。
- (58) 氣力發電所に於て發電機負荷が急に取去られたる場合に氣維設備中操作すべき装置 2 種を挙げ、之が操作を必要とする理由を説明せよ。
- (59) 休止中の氣力發電所を起動して並列運轉に入る迄の順序を記せ。
- (60) 本邦に於ける發電事業に對し水火併用の利益を挙げ、且つ負荷分擔方法を述べよ。
- (61) 尖頭負荷用發電所の具備すべき條件を挙げ、これに連する發電所の種類を示せ。
- (62) 電力系統に於ける周波數の制働方法を述べよ。
- (63) タービン發電機を調相機として運轉する場合の起動方法を述べよ。

不許



複製

## 發電工學新書

定價 40 圓

昭和 22 年 8 月 1 日 印 刷

昭和 22 年 8 月 10 日 發 行

著 者 電氣技術研究會  
 發行人 田 中 增 吉  
 印刷人 丸 山 武  
 印刷所 電氣書院印刷所  
 製本所 電氣書院製本所

會員番號 A104015

發行所 電氣書院

京都市東山區今熊野劍宮町33

振替大阪 46157 番

電話 祇園 8 2 7 番

配給元 日本出版配給株式會社

東京都千代田區淡路町二丁目九番地

543

D58

電氣書院刊

終