

始



發電所物語

電氣技術研究會
著

電氣書院

412
503



時 231
521



發 電 所 物 語

電氣技術研究會
著

發 行
電 氣 書 院



緒 言

電氣技術講座第四卷「發變電所の建設と運轉」に發電所は土木工學、機械工學、電氣工學等より成る綜合藝術であると喝破されて居る。正に其の通りであつて、部門は廣く互り、且つ深く潛入しなければ其の眞諦に達し得ない。従つて、其の悉くを一書に講述することは不可能であつて、上記の書では發電所の常識は一通りあるものとして、専ら、其の箇々の事項を深く研究することゝした。従つて同書に至る入門階梯書として、發電所工學を其の第一歩より述べた書を必要とするに至つた。

又、發電所に初めて勤務する人、或は變電所勤務者、送配電線保守者として、發電所工學の一通りの常識を涵養する手輕な入門書の刊行を渴望して居つた。本書は此の渴望の幾分を醫さんとするものである。

本書を講述するに當つて、第一に留意したことは發電所使命の強調であり、其の概觀を畫くと共に重要事項を漏さず説明することゝした。然し、其の重点は飽く迄も發電所本然の姿を顯現するにあつて、箇々の事項を深く研究してゐない。之れは入門書として當然のことであつて、本書を終つて前記の書に依つて更らに研鑽を深められたい。着眼の第二は、説明を平易懇切として、理論と實際の平行的講義を行つたことである。之れは吾々の使命とする専門工學の普及化から云つて當然の心掛けである。

幸に御愛讀を賜り、諸氏の技術的識見に何物かを加ふるを得れば幸甚の至りである。

昭和十六年十月

電氣技術研究會

發電所物語

目次

(I) 前 が き

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1 我國の發電…………… 1 | 2 發電用資源…………… 2 |
| 3 水力か火力か…………… 4 | |

(II) 水 力 の 理 論

- | | |
|----------------|-------------------|
| 4 雨量と流量…………… 5 | 5 流量の季節的變化…………… 6 |
| 6 落 差…………… 8 | 7 水の理論馬力…………… 9 |

(III) 導水設備の一般

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 8 水力發電系統……………10 | 9 水路式と堰堤式……………10 |
| 10 堰 堤……………12 | 11 堰堤の溢流設備……………13 |
| 12 魚道と流木路……………15 | 13 取入口……………15 |
| 14 水 路……………16 | 15 水 槽……………17 |
| 16 水 壓 管……………18 | 17 水壓管の附屬設備……………19 |
| 18 貯水池と調整池…………… 21 | 19 揚水式貯水池……………22 |

(IV) 水 車 設 備

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 20 水車の分類……………22 | 21 ベルトン水車…………… 25 |
| 22 フランシス水車……………26 | 23 プロペラー水車……………27 |
| 24 吸 出 管……………29 | 25 調速機の構造と作用……………29 |

(V) 火力發電の概念

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1 火力發電所……………30 | 2 發電用燃料……………30 |
| 3 石 炭……………31 | 4 蒸 汽……………32 |
| 5 火力發電系統……………34 | |

(VI) 汽 罐 設 備

- | | |
|------------------|----------------|
| 6 汽罐の種類.....36 | 7 輓近の汽罐.....38 |
| 8 汽罐の燃焼装置.....39 | 9 通風設備.....41 |
| 10 給水設備.....44 | 11 送汽設備.....46 |

(VII) 蒸 汽 ター ビ ン 設 備

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 12 蒸 汽 ター ビ ン の 分 類47 | 13 蒸 汽 ター ビ ン の 構 造48 |
| | A 単動衝撃タービン |
| | B 複速衝撃タービン |
| | C 復速衝撃タービン |
| | D 復速複速タービン |
| | E 軸流反動タービン |
| 14 各部の構造.....51 | 15 調速機及應急装置.....55 |
| 16 特殊タービン.....55 | |
| A ユングストロームタービン | B 背圧タービン |
| D 再熱タービン | C 抽気タービン |
| | E 混圧タービン |
| | F 前置タービン |

(VIII) 復 水 設 備

- | | |
|---------------|-----------------|
| 17 復水器.....58 | 18 各種ポンプ.....60 |
|---------------|-----------------|

(IX) 熱 勘 定

- | | |
|------------------|---------------------|
| 19 発電所のヒートバランス62 | 20 ヒートバランス線圖.....62 |
|------------------|---------------------|

(X) 發 電、變 電 及 配 電 設 備

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 21 水力発電所の電気設備...63 | 22 火力発電所の電気設備...70 |
| A 發電機.....63 | A 發電機.....70 |
| B 勵磁機.....64 | B 變壓器.....71 |
| C 變壓器.....66 | C 主回路の接続方式...71 |
| D 主回路の接続方式...67 | D 開閉設備及母線...71 |
| E 開閉設備及母線.....68 | |
| F 配電盤及制御装置...68 | |
| G 所内設備.....69 | |

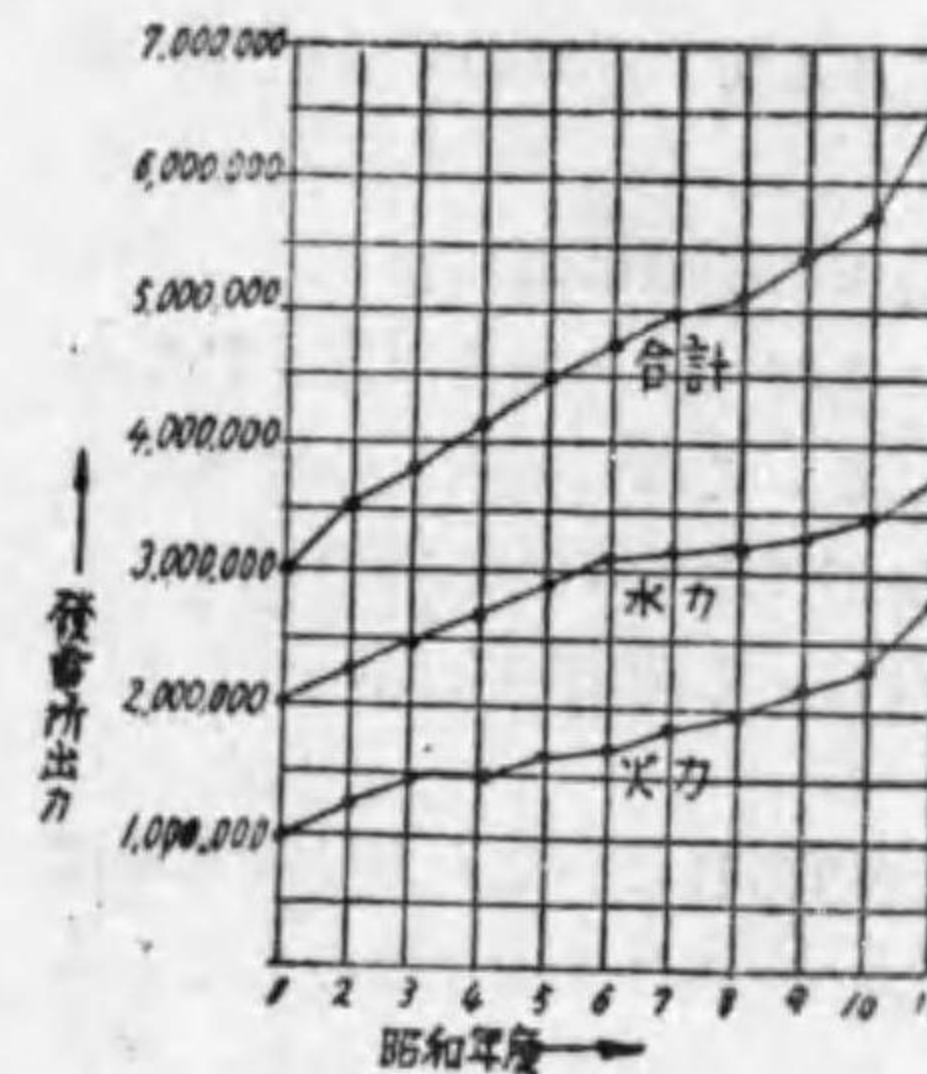
發 電 所 物 語

(I) 前 が き

1. 我國の發電

人類が生活を営む上に於て必要な光と熱と動力は電氣を利用することによつて非常に好都合となつて來た。今日の文明は電氣によつて招來されたと云つても過言では無からう。

工業立國を標榜して躍進を續ける我が産業界に追隨して發電々力量も逐年増加の一途を辿つてゐる。第1圖は過去10年間に於ける内地の發電所出力の増加状況を示したもので、昭和11年末に於ては水力 3,726,000kW, 火力 2,817,000kW 合計 6,543,000kW に達してゐる。最近に於ける發電所出力の増加は刻下の非常時に直面し



第 1 圖

て極めて顯著なものがある。さうして1ヶ年間に於ける總發生電力量(昭和11年度)は約 33,213,600,000 kWh にも達し、世界に於ても數指の中に數へらる發展振りである。

さて發電所を大別すると、河水、湖水の有するエネルギーを水車に與へ以て發電機を廻して發電する水力發電所又は石炭石油を燃やして蒸氣を發生し、これ以て蒸氣タービンを廻し

て發電する汽力發電所、或は自動車や飛行機の機關 (engine) の様に瓦斯、若しくは油類の点火爆發を利用して發電機を廻す内燃機關發電所となるが、普通に後者2つを一括して火力發電所と稱してゐる。

我國は地勢の関係上水力は極めて豊富で、内地だけでも利用し得べき水力は約 1000 万 kW と云はれてゐるが、現在利用されてゐるのはこれが水力の $\frac{1}{3}$ に過ぎないのでまだまだ有望な譯である。従つて我國の發電方策は豊富な水力を主にして、産出量埋藏量に心もとない石炭、石油による火力發電を従とし、火力は水力の不足を補ふ所謂水主火従の方策をとつてゐる。さうして愈々電力國家管理の立前から 8 億 8 千萬圓の日本發送電會社が明年度より設立され電力の經濟的開發並に供給の合理化を捗る筈である。

2. 發電用資源

支那事變が本格的な長期戦に入るに及んで、資源の開發愛護が喧しく論ぜられる様になつたが、我國は土地狭く天與の各種産物に甚だ乏しい。然し四面は海に圍まれ、岳々の山脈は概ね脊を走つてゐるので自ら河川は急峻となり、各所に良好な水力地点が恵まれてゐる。河の流れは滔々として盡きる事なく、これこそ永久の發電資源である。日本アルプス連峯の白雪もやがて溶けて流れて電氣のエネルギーに變るのである。或る人は云つた、この白雪を白い石炭と…適切な譬へである。

又石炭、石油は無盡藏でないから何時の日にかは火力發電も不可能になるに違ひ無い。然し電氣の需要は際限なく増すであらうから將來の發電用資源として種々のものが考へられてゐる。此の中から目ぼしいものを拾つて次に擧げてみよう。

① 天然ガス發電 油田の開發に伴ふ天然ガス (1m³ 當りの發熱量約 8900 カロリー) を利用するもので米國ではこの天然ガスを高壓輸送管により遠距離 (最長のものは 600km) に送り發電用に供してゐる我國でも新潟縣の西山油田 (700kVA) 秋田縣の黒川油田 (1000kVA) はじめ其の他に於ても發電を行つてゐる。

② 下水ガス發電 下水の汚物處理場に於て發生するメタンガスを利用してガス發電を行ふのである。米國のイリノイ州に於けるものは 200kW を發電してゐる。

③ 地熱發電 これは地熱のため地下水が蒸發して噴出する蒸氣を利用する發電法である。伊太利の某發電所の年發電量は 1 億 kWh に達してゐる。我國に於ても東京電燈會社が別府に 2kW の發電機と蒸氣タービンを設置し電燈に電力を供給した例がある。然し蒸氣の噴出量がどれ程でどれ位永續性のあるものかも判然としてゐない状態である。

④ 空中電氣 空氣中に多量の電氣が發生する事は昔から雷の現象で判つてゐるので、その利用方法は色々と考案並に實驗が行はれてゐる。然し空中電氣は高所にあり、或る瞬時だけ數百萬 kW と云ふ様な値にもなるが、其の時間は僅か數万分の 1 或は十數万分の 1 であるから假りに利用しても kWh は極めて僅少である。今のところ有利な利用法は無い。

⑤ 太陽熱發電 光電管の發達と共に大光電管を利用して發電する方法で獨逸に於ては建設費 50,000 圓/kW を要するが運轉費が殆ど不用な發電方法が發表され、又米國では直徑 1m の盤狀の銅板を一面だけ酸化させ、他面は薄い銀張りとし、この兩面を抵抗の低い線で接續することにより晴天には 1 kW を發電し得たといふ。

⑥ 風力發電 風力によつて發電する事は早くより研究され、又實際的には價值がある。ソ聯邦では 1 基 5000kW を標準とする大風力發電所が計畫中とも云はれ、又米國ではローター船と同一原理でローター (圓筒) を軌道に走らせ 1 本で約 1000kW が發電出來やうだと發表した。

〔註〕 本邦では三重高等農林學校で小容量の直流發電 (蓄電池と併用) を行つてゐる。

⑦ 潮力發電 潮の干満を利用して水車を運轉するもので、干満の差が大きい程有利である。然し設備機器が海水に對して錆び無いことが必要であり、又潮の干満は 1 日に 2 回宛であるから、1 日中連続して發電出來ない欠点がある。其の他海岸に打寄せる波濤を

利用して發電する方法等を實驗されてゐる。

〔註〕 大阪市電四ツ橋電氣科學館に模型裝置がある。

3. 水力か火力か

發電所を建設しやうとする場合、唯理論的立場から考へる事なく色々の事情を綜合し最も經濟的に發電し得るやう、水力又は火力の何れかを選ぶべきであらう。この時考慮しなければならぬ主眼点を列挙してみると

① 地理的事情 發電所は原則として電力需要の中心に置くのがよい。然し水力發電所は大抵電力需要地から離れた箇所に建設されるのが普通であるから發電所の建設費用だけでなく、送電線や變電所の費用をも考へねばならぬ。火力發電所は比較的容易にこれが要求に合致出来る。

② 資本と運轉費 水力發電所は河川の流れも一時的に貯へたり或は水を發電所に導くために^{ボウダイ エンライ} 龐大な堰堤(ダム)とかトンネル等の水路を設ける爲大きな資本を要するので、建設費は1kW 當り350—500 圓が必要である。然し運轉費は殆ど只の水を利用するので非常に小額で足りる。

一方大容量の火力發電所の建設費は1kW 當り100—180 圓位であるが、運轉費は石炭石油の燃焼費、人件費が多く必要である。又數千kW 以下の小容量の火力發電所では蒸氣タービンを用ひるよりは内燃機關を用ひる方式が優れてゐる。

〔註〕 例へば10000kW の發電所を建設するものとして、水力によれば、350—500 圓、火力によれば100—180 萬圓の建設費を要することになる。

③ 發電能率 火力發電所で燃料の有する熱エネルギーを電氣的エネルギーに変化する場合は普通僅かに十數%内外で、最新式のものでも30% 程度である。然るに水力發電所では水車や發電機の能率を考慮しても70—80% 位で、更に送電線變電所に於ける電力損失を考へても尙最初に水力が持つてゐたエネルギーの60% を有効に利用し得る譯である。

④ 負荷率 負荷率 (load factor) は $\left[\frac{\text{平均負荷}}{\text{最大負荷}} \times 100 (\%) \right]$

で表はされるもので、これは發電所の總設備がどれ位有効に働いてゐるかを示す目安となるものである。即ち負荷率のよいといふ事は1 日中發電所に掛る負荷 (load) にムラが無く運轉する事であり、負荷率の悪いと云ふ事は或る時間だけ大きな負荷 (これを尖頭負荷といふ) が掛り、他の時間は左程大きな負荷が掛らぬ事である。従つて後の場合には多くの時間中發電所機械の大部が遊んでゐることになり不經濟となる。

一般に負荷率のよい場合は水力によるのが利益で、後者の様に發電所の負荷に高低が甚だしいものには火力發電が適してゐる。

〔註〕 負荷率にも期間の取り方によつて日負荷率、月負荷率、年負荷率の種類がある。

結局水力と火力との何れがよいかと云ふ事は一寸六つかしい問題で、我國に於ける様に原則上水力を主にすべき条件等も入つて来るから一概には云はれぬ。要は1kWh 當りの發電電力元價が最小になる様にすべきである。これがためには水火併用も亦大切な手段である。又最近水力發電所に於て運轉費を減じ運轉系統を簡略化するため發電所に人を置かずに或る親發電所からボタン1つで自由に制御し得る自動發電所も澤山現はれてゐる。

(I) 水力の理論

4. 雨量と流量

發電水力の要素は何れ後で詳述するが、水量と落差である。この中使用するべき水量即ち河川の流水量 (流量) (run off) の多寡は主として其の流域面積及び流域内の降雨量 (雨量) (rainfall) に依つて決まつて来るのである。

而して、雨や雪が地上に降つてから蒸發せらるゝもの、或は土地に滲透し又は植物に吸収せられて減少し、其の残りも地中に吸ひ込まれた一部が地表面水となり、之等が集合して河川を形成するのである。さて一休降雨量のどれ位が河川の流量になつて来るかと云ふ

に流域の地勢、地帯、地質や植物等により一概にその数値を挙げ難いが、流域が廣く耕地が多く地勢が概して平坦な所では約 30% が流水量となり、流域が狭く、土地急峻で禿山等の地域は降雨量の約 90% も流水量となる。例へば或る河川の流域面積が 250 km² で、1 ケ年間の総雨量が 1500 mm であるといふ。今蒸發、滲透等の損失を 30% とすれば平均有効水量は何立方メートルとなるか。

① 流域上の年雨量を m³ に直すと

$$\frac{1500}{1000} \times 250 \times 1000 \times 1000 \text{ m}^3$$

② これを毎秒 m³ にて表はすと平均有効水量が求め得られる。

$$\frac{1500 \times 250 \times 1000 \times 1000}{1000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365} \times (1 - 0.3) = 8.53 \text{ m}^3$$

序いでに我國の年雨量の例を第 1 表に掲げて見る。雨量 1 mm は坪當り 1.75 升に相當する。

地 方	年 雨 量 (mm)	
	最 大	最 小
山 形	2442	1331
東 京	2194	1161
松 本	1582	578
和 歌 山	2031	922
高 知	4160	1605
鹿 兒 島	3550	1398

第 1 表

5. 流量の季節的變化

一般に森林は雨量を増加し、地面の蒸發量を減じるため、其の葉面蒸發量が少々あつても結局流量を増加するものである。尙森林は流量調節の役目をなし、洪水量を減じ渴水量を増す働きをする。河川の流量は四時變化し、變化の状態も一定せず、又年々變るもの

である。主要河川の流量は逓信局の水力調査書によれば大体判明する。逓信省では流量を次の様に區別してゐる。

(1) ^{カフスイリヨウ} 渴水量 1 年中 355 日間即ち、10 日間を除き之より下ることのない水量

(2) ^{ライスイリヨウ} 低水量 1 年中 275 日間 (9ヶ月) 之より下ることのない水量

(3) ^{ヘイスイリヨウ} 平水量 1 年中の 180 日間 (6ヶ月) 之より下ることのない水量

(4) ^{コウスイリヨウ} 高水量 毎年 1, 2 回起る出水量

(5) ^{コウズイリヨウ} 洪水量 數年に 1 度の最大出水量

(6) ^{ヘイクンスイリヨウ} 平均水量 上記の各水量の數年間の平均

(7) 最大渴水量及び洪水量 之は既往の記録又は古老の言葉や碑文により推定した渴水量及び洪水量

〔注〕 我國では渴水、低水は主として冬期に来ることが多い。又大正年代に建設せられた發電所は安全のため渴水量を基準に發電出力を設計したが、最近のものは貴重な水を一滴も無駄に放流せぬ様に低水量、平水量を基準に設計されてゐる。

然し實際上河川の流量を觀測する事は必要であり、これが方法には次のものがある。

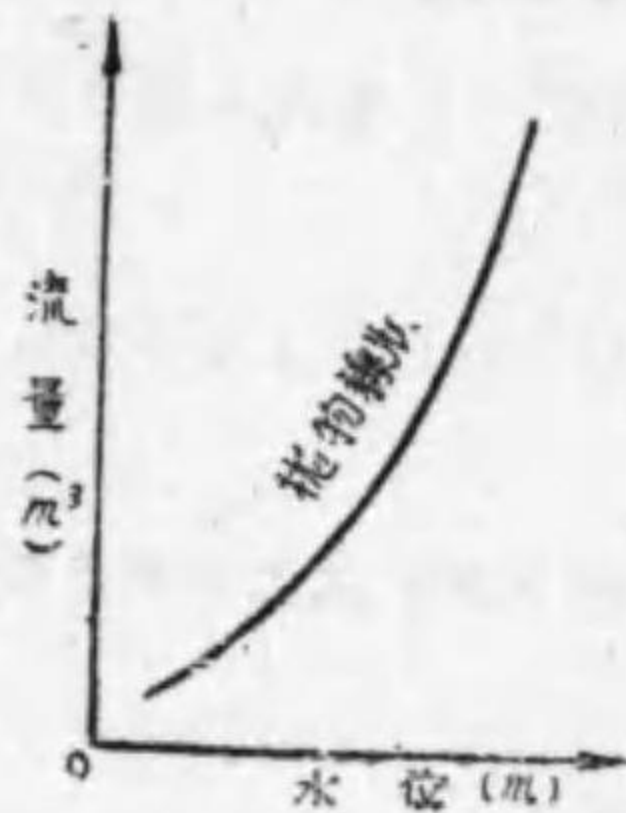
① ^{リウツクケイホク} 流測計法と謂ひ、河川の斷面積と流速計 (Current meter) ^{カレントメーター} による平均流速の測定から流量を求める方法

② ^{ウキボク} 浮子法は浮子 (floats) ^{フロート} を用ひて河川の大体の流速を決定し、さうして河川の斷面積とから流量を概算する方法

③ ^{エンツクホク} 堰堤法は、河中に堰を設けて流量を測る方法で、小さい河川 (流量 2m³/秒) の流量測定に適してゐる。

④ 公式測法は種々の實驗式から流量を測定する方法である。

斯様に種々の方法で河川流量を測定し得られるが、1 ケ年間の流量を知りたければ毎日測定を行はなければならぬ。こんな事は實際



第2圖

上不可能である。そこで一般に水位の變化と流量との間には一定の関係があるから、數十回の流量測定と其の時に観測した水位により年中の流量を査定することが出来る。第2圖は此の關係を表示したもので、これを流量曲線 (discharge curve) と呼んでゐる。水位の測定には、河岸に簡単な量水標を立てるか、或は、自記水位記録計によつて知る事が出来る

6. 落差

高所にある水を落下せしめると大きな動力を發生し得る譯で、同一水量なればその落下の高さが大きい程大きな動力が得られる。この高さの事を水力発電では單に落差 (head) と云つてゐる。

水力発電所で此の落差を得るためには、或る地点で河川を横斷して堰堤 (dam) を築き、河川の本流から緩い勾配の水路を造つて発電所の位置迄水を導いて來て所要の落差を得るのである。斯様な方式を所謂水路式 (head race system) と云ふ。又河川勾配の多少に拘らず、地勢により比較的高い堰堤を築いて水位を高め、其の箇所で直ぐに水力発電をなさしめる方式を堰堤式 (dam system) と呼んでゐる。上の兩者を折衷した様な方式は堰堤水路式と稱してもよからう。

一般に水力発電の落差は取入口と放水路の水位の高低差であるが實際には水を導いて來る間に相當の勾配を要し又水壓管其の他で摩擦等のために落差の損失を來たすものである。それで上下兩地点間の落差から之等の損失落差を差引いたものが眞に利用し得る落差即ち有効落差となるのである。而して、水力発電所を建設しやうとする場合この落差の多い地点を求めると、低廉な工事費で其の落差を有効に利用することが大切である。

落差の測定は大體土木に屬する仕事で、正確には水準儀、函尺等を使用して行ふのであるが、大略を知るには携帯用の晴雨計を以て上下2地点の氣壓の差を測り、水銀柱 2.5 mm が約 30 m の高低差に相當する理由をもとに計算して求めることが出来る。

7. 水の理論馬力

有効落差を Hm , 水量を $Q (m^3/s)$ (毎秒 Q 立方 m) とすれば

$$\text{理論水力} = 9.8 QH \text{ kW}$$

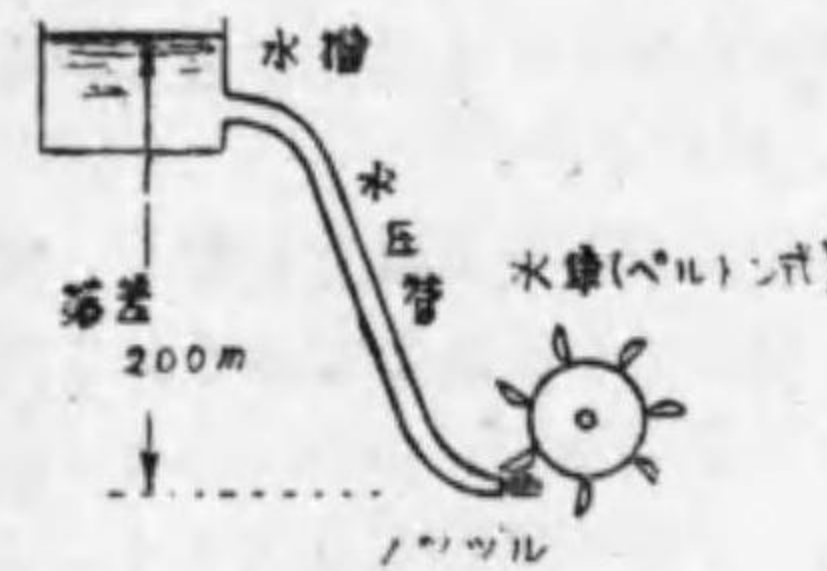
である。今水車の能率を η_1 , 發電機の能率を η_2 とすると

$$\text{發電機の出力} = 9.8 \eta_1 \eta_2 QH \text{ kW}$$

となる。普通發電所出力と云へば發電所に設備した發電の容量を指してゐるのである。

前節に述べた様に同一の發電出力に對して、低落差で大水量の場合と高落差で小水量の場合と何れがよいかと云へば一概には結論出來ぬが、一般的には後者の方が建設が容易で且つ經濟的であるから地勢の許す限り高落差を利用するのがよろしい。

〔例〕 ベルトン水車を使用する發電所がある。水槽面と水車のノツヅル (噴射口) との高低差は 200 m であつて、水車に直結された發電機は 3000 kW を發生してゐると云ふ。今水車及び發電機の能率を夫々 88%, 95% とし、水壓管内の水頭損失を上記高低差の 2% とすれば使用水量は毎秒幾立方 m であるか



第3圖

〔解〕 水車に働く有効落差 H

は $H = 200 \times (1 - 0.02) = 196m$ であるから、水量 Q は上の式に代入すると

$$3000 = 9.8 \times 0.88 \times 0.95 \times Q \times 196$$

$$\therefore Q = \frac{3000}{9.8 \times 0.88 \times 0.95 \times 196} = 1.92 (m^3/s)$$

【註】 取入口、放水路間の高低差が 150m で、水路の長 4km, 其の勾配を 1/2000, 水圧管中の水頭損失を 1m とすれば、有効落差は

$$150 - 4000 \times \frac{1}{2000} - 1 = 147\text{m} \text{ となる。}$$

【Ⅱ】 導水設備の一般

8. 水力發電系統

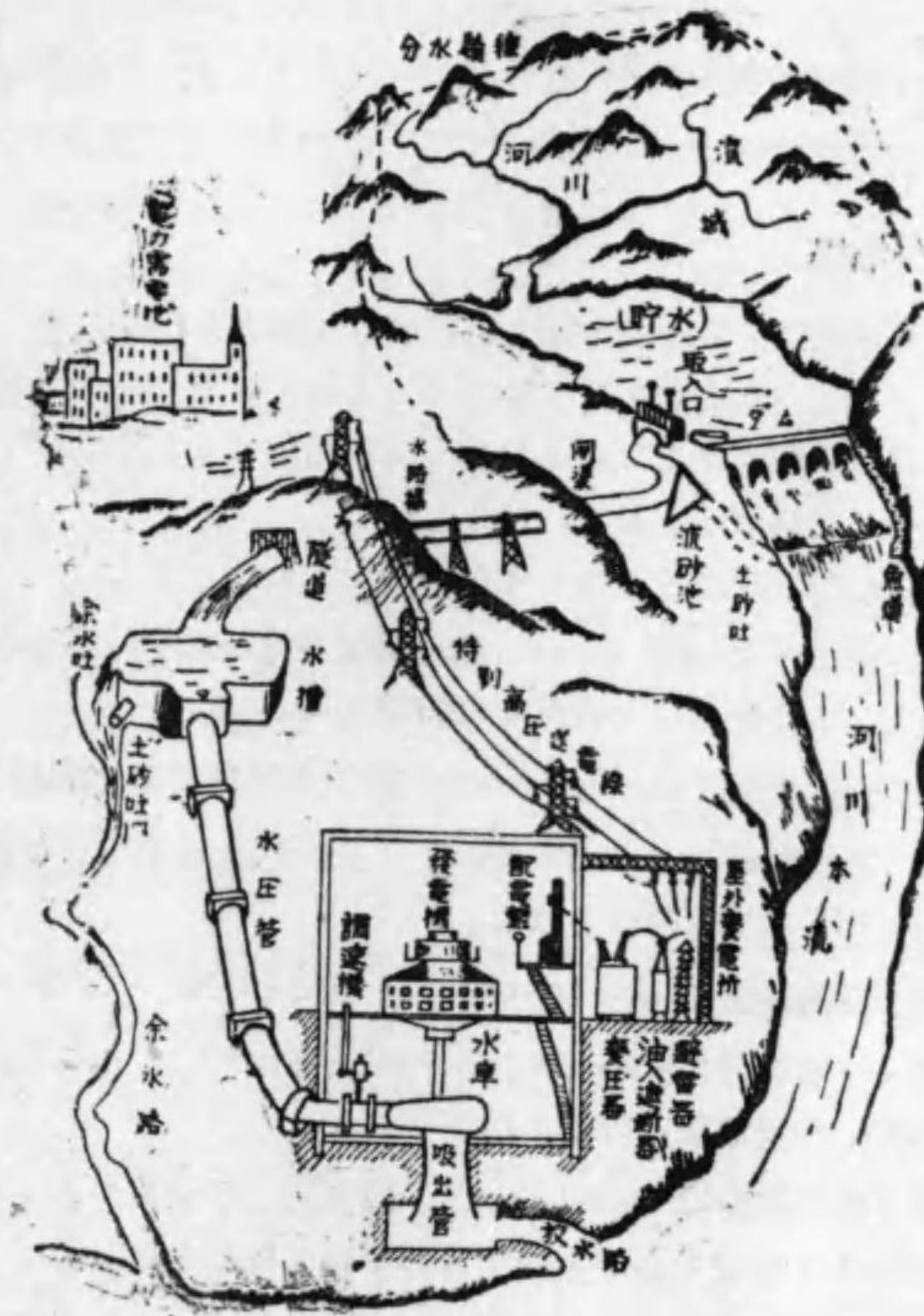
これから發電所の諸設備を説明するのであるが、理解を容易ならしめる意味で水力發電所の代表的系統圖を画いてみると第 4 圖の様になる。概して水力發電所は水量の澤山ある落差の多い地点に設けられる關係で、多くは都會から離れた山間避地にあるので、多額の建設資金と技術の粋を以て發生された電力は何十 km, 何百 km の延々たる送電線によつて需用地に送電されるのである。

9. 水路式と堰堤式

導水する方式によつて前にも一寸説明した様に水路式と堰堤式とに大別出来る。第 4 圖は大体水路式の系統を示すものである。

堰堤式發電所は堰堤によつて高められた落差を直ちに水車に導いて發電するもので、近來このダム式が發達した主な理由は ① 水路式に較べて長大な水路、沈砂池、水槽、調整池等を設ける必要がないので、必然的に夫れ等に要する費用を節約し得ること。② 高落差の良好な水力地点が次第に開發され、近時低落差大水量地点の開發をしなければなくなつたこと。③ 低落差に適する水車並に機器が進歩したこと。④ 尖頭負荷に對しても容易に應じ得られること等の特徴を有するからである。

次にその欠点とする所は堰堤に多數の工事費を要し、尙堰堤の上流地域がこの人工湖水の底に沈んでしまふのであるから用地費が大となる。又河川を堰止めるので筏の流下、魚類の上下、通船等産業上の問題も喧しく従つて之に對する補償費用も大きくなる。其の他万一堰堤が崩壊した際には莫大な災害を下流地方に及ぼすし、洪水結氷等の影響も多く受けることになる。



第 4 圖

今参考のために兩方式の工事費百分比を第 2 表に掲げてみる。

工事費目	用地費	堰堤入口	水路槽	發電所	建機物	水壓管	水車	總掛費	合計
水路式	1	3	52	3		21		20	100

ダム式	5	33	15	5	22	20	100
-----	---	----	----	---	----	----	-----

第 2 表

10 堰堤

水力発電に於て堰堤を築く目的は ①落差を得るため ②引水に便なること ③貯水をなす場合等であるが、万一これが崩壊する場合の惨害は想像以上であるから、其の目的の如何を問はず構造は堅牢としなければならぬ。

堰堤の形状には色々ありその材料から分類すると

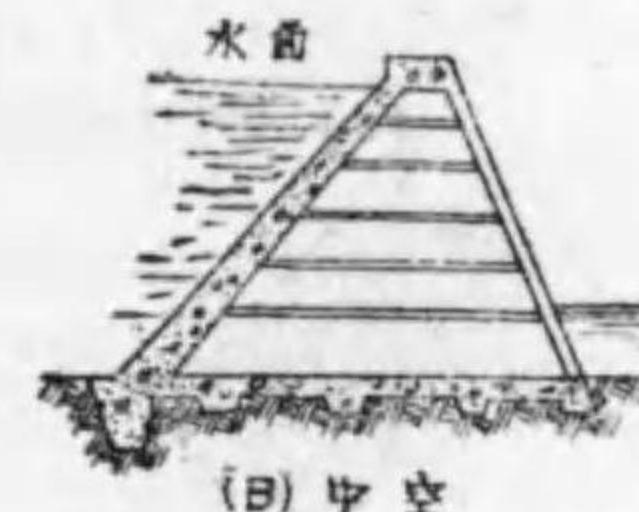
- ① 土堰堤 (earth dam) ^{アース ダム} 灌漑或は水道用貯水池等に用ひられるもので、大仕掛な水力発電には役立つ。
- ② 土造堰堤 (wooden dam) ^{ウーズン ダム} 仮工事用にしか使用されぬ。
- ③ 石詰堰堤 (rock fill dam) ^{ロック フィル ダム} 土の代りに岩や石を詰めたもので発電用には殆ど用ひられぬ。
- ④ 石造堰堤 (masonry dam) ^{マーズンリー ダム} 河川を堰切つて水路に水を取り入れ易くする場合に洗堰 (洪水時は上端を溢流する) として用ひられるもので、小発電所に可成り用ひられる。
- ⑤ 鋼製堰堤 (steel dam) ^{スチール ダム} 漏水防止の利益があるが耐久力が割合少く工事費も多額を要するので殆ど用ひられぬ。
- ⑥ 鉄筋コンクリート堰堤 (reinforced concrete dam) ^{レインフォースド コンクリート ダム} 要部に鉄筋を入れ中空としたもので材料が少くて経済的である。又竣工期間短く、堰堤内部の検査にも便利で内部を他の目的 (水車を設け発電してある例もある) に利用し得る長所があるが、軽量のため倒壊する虞れが多い。
- ⑦ コンクリート堰堤 (concrete dam) ^{コンクリート ダム} 大発電所の堰堤に多く用ひられる。(註、現に東洋第一の稱ある庄川水力電氣の小牧発電所のダムは拱形重力式コンクリート堰堤で高さ 97m、長さ 305m、所要コンクリート容量 288,500m³ である)

又堰堤の安定を得る力學上から分類すると

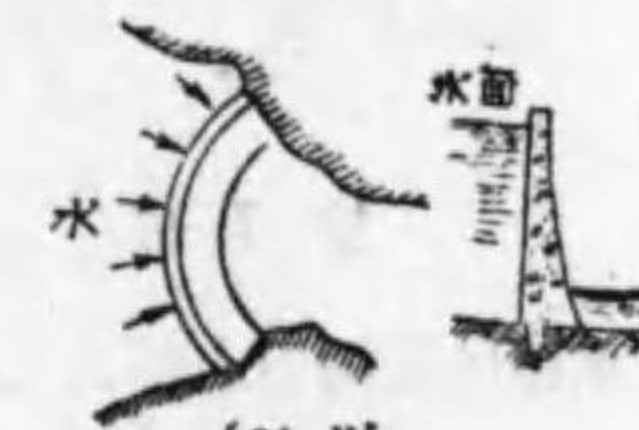
- ① 重力堰堤 (gravity dam) ^{グラビティ ダム} (第 5 圖 (A) 参照) 堤体自身の重量によつて轉覆又は滑りを防いでおるものを云ふ。
- ② 中空堰堤 (hollow dam) ^{ホロウ ダム} (第 5 圖 (B) 参照) 水との接觸面を斜にして堤体の轉覆や滑りを防ぐ様にする。材料の節約出来る長所がある。
- ③ 洪堰堤 (arch dam) ^{アーチ ダム} (第 5 圖 (C) 参照) 堰堤の面を水に對して凸出させ水壓を兩側の岩壁で支へたもので、狭い溪間では半径が小さいために拱の厚さが薄くても安全で且つ材料が節減出来る。半径が大きくなるとその断面は重力式に似てくる。



(A) 重力



(B) 中空



(C) 洪

第 5 圖

11 堰堤の溢流設備

堰堤の上流の水位を一定に保たしめるために有り余つた水を溢流せしめ、又は洪水時に莫大な水量を放流せしめるために適當な設備が必要である。次に説明する之等の設備は堰堤の頂部に取付られるのであるが、時にはこれのみによつて堰堤の目的をなさしめる場合がある。斯かるものを可動堰 (moving dam) と稱してゐる。

- ① 堰板工 (flash-board) ^{フラッシュボード} 長方形の木板を重ね積んで水を堰止めるもので、水位を加減するにはその數を加減するのである。最も平易で且つ幼稚なものである。
- ② 傾斜扉 (tilting gate) ^{チルティングゲート} 第 6 圖はその原理を示すもので、水

位が高くなれば水壓によつて扉は押下げられて放水し水位が下れば重錘との平衡によつて扉が自動的に復歸する様になされる。

③ 扇形扉 (tainter gate) 高い堰堤の上
に設けられる水深の大なる可動堰として最も
普通に用ひられるもので、鋼鐵板を以て圓弧
狀に造られた扇の要に相當する部分を中心と
して上下に捲揚げ得る様に出てゐる。捲揚
げる際に摩擦の少いのが此の水門の特徴であ
る。(第7圖参照)

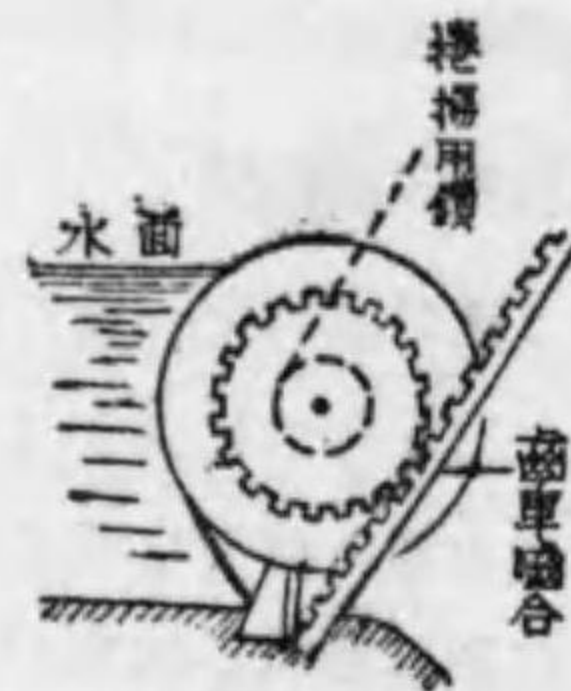


第6圖

④ 輾對扉 (rolling gate) 扉は鋼鐵製の
中空圓筒で、平常は固定堰頂上にあつて閉鎖



第7圖



第8圖

され水位は圓筒の上部まで高まる。若し洪水となれば圓筒の兩端に取付けられた特殊な齒車の嚙合せと鎖の働きによつて扉を捲揚げてしまふ。(第8圖参照)

⑤ サイフォン餘水吐 (siphon spill way or discharger) 堰堤
が溢流型でないものでは餘水吐が必要である。サイフォン餘水吐は
サイフォンの原理を應用したもので、洪水位を僅かに 0.3m 以下の
上昇に止め得て堰堤高を節約し、又餘水吐の廣さを著しく減少し得
る長所がある。然し浮動した氷雪、流木のある箇所には不適である
この餘水吐は堰堤だけでなく水槽の溢流堤にも應用せられる。

12 魚道と流木路

河川を横斷して高い堰堤を築造すると、魚類の遡上下並に採伐木材の流下、舟運が中斷されてしまふ。

そこで沿岸漁業者に對し又魚族保存の目的から、堰堤の一部に魚類の遡上し得る様に階段を設け且つ其の勾配を緩かにして(流速は3m以下)充分な水量を流すことが必要である。これを魚道 (fish way) …魚梯ともいふ…と呼び 階段式 と 斜面式 とがあるが、下流側の昇り口はなるべく水深のある所に置かねばならぬ。又非常に高い堰堤では エレベーター式魚道 といひ、大函を沈置して魚類の集合を待つて掬ひ揚げ、時々昇降機でこれを上下して運ぶのである。實際のところ魚道の價値は疑問であつて、これが爲に要す建設費、水量の損失等を考へると寧ろこの費用で以て稚魚を養殖して河川に放流する方がよいときへ云はれる。

次に沿岸の木材業者の流木に對しては堰堤の一部に流木路 (log way) を作り、材木を一度に纏めて脇道に導いた後時間を定めて下流に流下せしめる。又流筏や舟に對しても夫々設備される。

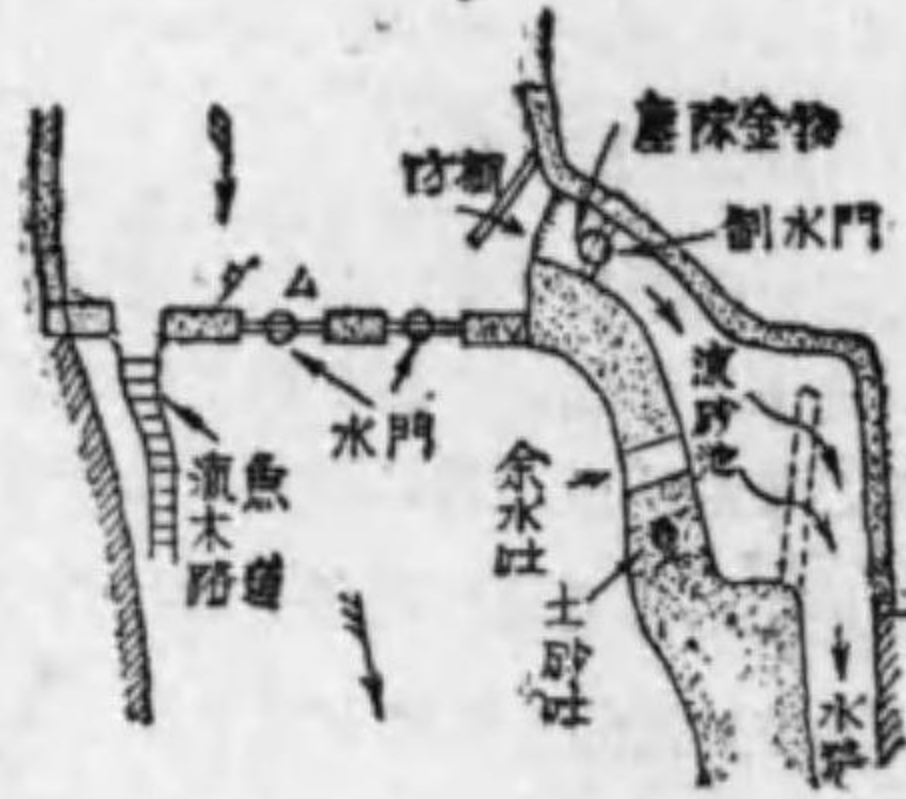
〔註〕 本邦最大の稱ある小牧發電所の堰堤には運材用コンベヤーを設備し當時世人を驚動せしめた流木問題を解決してゐる。

13 取入口

堰堤で堰止められた水は取入口 (intake) から水路に導入するのである。取入口は ① 土砂、流木、塵芥、氷雪等の浮遊物が流入しないこと ② 平素は安全に導水し洪水時にも被害の少いこと ③ 必要に應じて自由に且つ迅速に取水量の加減が出来ること等が必要である。

これが爲には河川の流れが真直ぐで緩かであり、尙砂や礫等が沈帶せず、河床に岩盤が露出してゐる様な所が理想的である。第9圖は取入口附近の見取圖で、塵芥流木等を防ぐために防柵或は塵除金物を、水量の加減には制水門 (堰堤のところでも説明した様な水門) を設

ける。沈砂池 (settling basin) は此處で流速を一時 0.15m/秒以下にして水中の土砂を沈澱排除するために設備する。流水中に土砂を含む場合は水車を擦り減らし其の寿命を短くするし或は水路に沈澱して通水を妨げる等悪い影響を與へるので大切な設備である。



第 9 圖

14 水路

水路 (water route) とは取入口から水槽迄の人工水路のことであつて、前にも一寸述べた様に落差損失を少なくするために勾配の小さい事が必要である。(註、互長 4km の水路が $\frac{1}{2000}$ の勾配の時 $4000 \times \frac{1}{2000} = 2m$ が落差損失となる) 又工事費や水の摩擦損失を少なくする様に水路の互長を短くする。これがため地形によつては山を穿ち (コウバイ) 時には谷川を水路橋 (aque duct) で涉つたり、逆サイフォン (inverse siphon) で横断したりする。併して水路を大別すると次の 3つになる。

(1) 開渠 (open canal) 水路中の最も普通な形のもので、(第 10 圖 (A) 参照) 地形が急傾斜してゐない様な場所に比較的低廉に設け得る。然し隧道の様に山を貫流さず事も出来ないもので其の互長が大となり、山崩れや雨雪の害を受けたり、塵芥土砂の流入が多い欠点がある。断面の形は圖の様な梯型が最も有利と云はれる。

(2) 暗渠 (culvert) 隧道の一種とも云へるが、隧道と違ひ開渠の如く露天掘した其の上をコンクリート等で巻いたもので、内部の形は隧道の形と概ね同じ様にする。山崩や雪崩に対しても安全であり、畜の墜落などの危険も少くなる。



第 10 圖

(3) 隧道 (tunnel) これは工費が高くなり建設にも長期を要するが、完成後は保守費少く且つ水路として永久的に最も安全性を持つてゐる。其の形状は第 10 圖 (B) に示す様に施工に都合よく、外力にもよく耐へ且つ経済的である爲に馬蹄形が採用される。

隧道の中に壓力隧道と稱するものがあるが、之は隧道中に水が充滿してゐるもので、内部は鉄筋コンクリート巻として頑丈に施工する事が多い。

水路の勾配は $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{1500}$ が普通で、落差損失は勾配が緩かな程少いが、一方流速が遅くなる關係で水路断面は大きくしなければならなくなり工費が増して来る。次に水路中の流速が大であると土砂は沈澱しないが側壁を害したり、摩擦のため落差を損したりする一方緩か過ぎると土砂沈積の外に雜草水苔が生へるので具合悪い。それで大抵流速は 2m/秒 内外にとる。

15 水槽

水路式発電所の水路の終端と水壓鐵管とを結ぶ設備が水槽 (head tank) である。これが設置される目的は

- ① 水中の土砂塵芥を除いて水車を保護すること、
- ② 負荷が急激に變動する場合即ち負荷が激増の際は水を一時的に補ひ、負荷が急に無くなった場合には過剰水を溢流する。
- ③ 水路からの水を渦流しない様に水壓管に導くこと、
- ④ 水槌作用 (後で述べる) を緩和すること等である。

以上の目的に適ふためには水槽中の流速を 0.3m/秒 程度とする。主要な附属設備は第 11 圖を参照されたい。

16 水圧管

スイアフックワン ベンストック
水圧管 (penstock) とは水槽 (堰堤式では堰堤上流の貯水) から水車に導水する鉄管のことで、

ベウセフクワン リベテッド パイプ
水圧管は大抵軟鋼製の鉄管である。是に紙接管 (riveted pipe)……
ヨウセフクワン ウエルデッド パイプ
(落差100m 迄に使用せられ低廉である)……と 銲接管 (welded pipe)
……(材料が節約され磨擦損失も少く寿命が長い)……とがある。時には
60m 以下のものに鑄鐵管やコンクリート管を用ひる事がある。

この水圧管は水車 1 台に 1 條とすれば運轉も安全で且つ便利であるが、必ず 1 台 1 條と限つてゐるのではなく、小水力で水車の台数の多い様な発電所では 1 條の水圧管から 2~3 台の水車に給水するものもある。

水圧管の直径は流速を大きくすると細くなつて價格も廉くなるが他方摩擦損失が多くなり水槌作用も大となつて危険を伴ふから普通 3m/秒 の流速にする。

〔例〕 有効落差 30m, 出力 500kW の水力発電所の水圧管の直径 (D) は、水車及び発電機の合成能率を 75% とすれば、

$$500 = 9.8 \times Q \times 30 \times 0.75 \quad (\text{但し } Q \text{ は使用水量})$$

$$\therefore Q = \frac{500}{9.8 \times 30 \times 0.75} = 2.27 \text{ m}^3/\text{秒}$$

併して管の切斷面積を A (m²), 速度 v m/秒 (茲では v=2m/秒) とすれば $Q = Av = \pi/4 D^2 v$ であるから

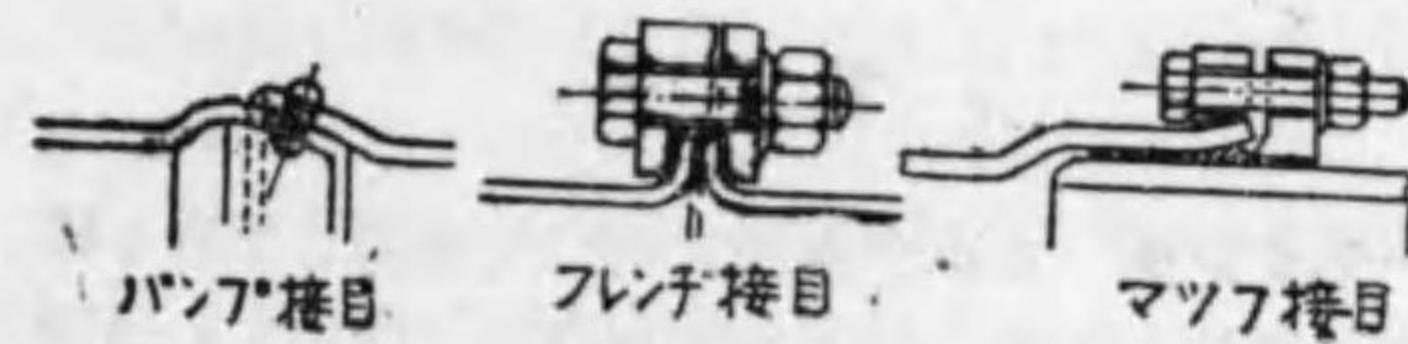
$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad \text{に代入すると}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2.27}{3.14 \times 2}} = 1.2 \text{ m} \quad \text{となる。}$$



第 11 圖

併して、この水圧管は堅固な岩盤の上にコンクリートの固定台を設け頑丈に取付ける。若し水圧管が大氣中に露出してゐる時は氣温の變化によつて伸縮出来る様に伸縮接続をしなければならぬ。第12圖は銲接管に於ける管の接続法で、何れも伸縮接続を兼ねてゐる。



第 12 圖

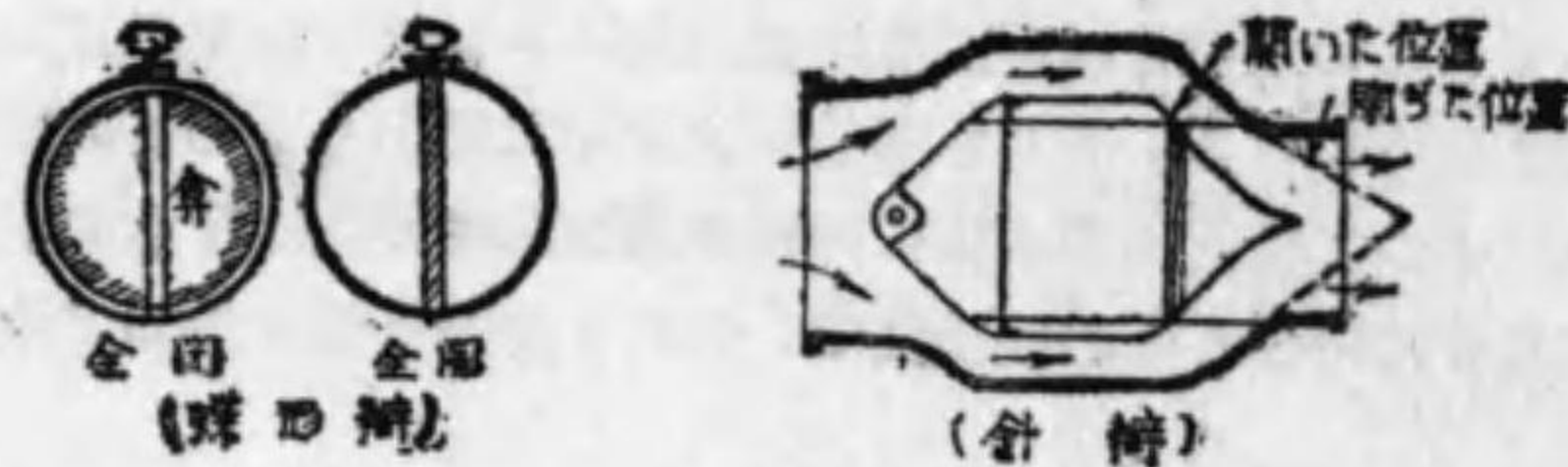
〔註〕 水圧管の厚さも生じ得る最大水壓に耐へる様にし、特に長い水圧管では全長を數區に分けて下方管直径を小さくする方が利益である。

17 水圧管の附属設備

① 制水門と主要弁 水槽の水圧管入口に制水門を、水車入口即

ち水圧管の下端に主要弁 (main valve) を設けるが、低落差の場合はどちらか一方だけに設ける。水圧管入口の制水門には取入口の場合と同様な摺戸、捲上戸が用ひられ、低落差のものには扇戸も用ひられる。又 フラツプ弁 (flap valve) と稱し、椀形の蓋を蝶番で水圧管口の上部へ取付けたものも使用される。

主要弁には高落差以外は第 13 圖の様に水圧管中に圓板状の弁を取付け、これを水流に直角 (全閉) 或は平行 (全開) などして水量を加減する蝶型弁 (butter fly valve) が最も安價な爲に多く用ひられる。高落差で鐵管の直径の小さいものには塞止弁 (gate valve)…… (水道の栓の如く作用する)……を、鐵管の直径の大きいものには第13圖の針弁 (needle valve 又は johnson valve) や、回轉弁 (rotary valve) が用ひられる。之等の弁は水車が事故の時急に閉ぢても破損のない様に頑丈に設計してある。

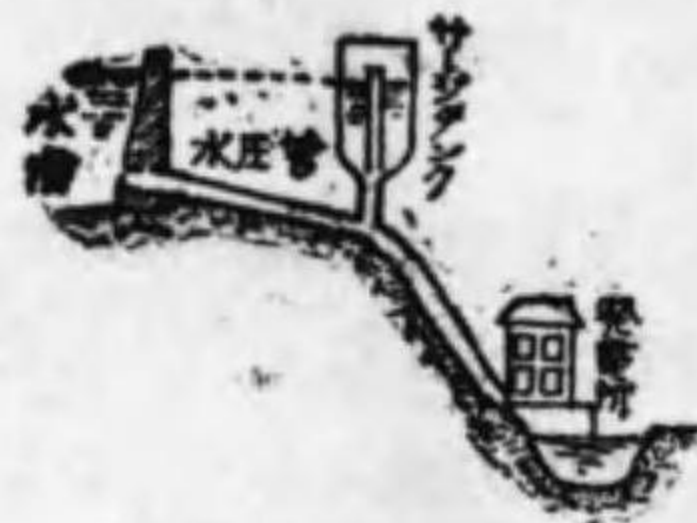


第 13 圖

② サーチタンク 水車が負荷を荷つて運轉してゐる時、もし何かの原因で水壓管の下端にある主要弁が急に閉鎖した場合、今迄水壓管中を非常な速度で流れてゐた水のエネルギーは水壓管の下端に大きな壓力となつて加はるから、遂には水壓管を破壊する様な事になる。この壓力は常規壓力の上下に波動するもので之を水槌作用 (water hammer effect) と稱してゐる。

又急に水車の負荷が増すと水槽内の水はその瞬間の間は合はず結局水壓管内に真空が出来る。この様な壓力の急變を防ぐために水壓

管中に第 14 圖の様にサーチタンク (surge tank) を設ける。このサーチタンクにも單式、差動式、小孔式などの種類がある。



第 14 圖

③ 其他 サーチタンクの様に上部に水槽を持たず唯直立した管を立てサーチタンクと同様な目的に使用する直立管 (stand pipe), 管内に真空の生ずるのを防ぐための空氣管或は空氣弁、又水壓管中の壓力が或る限度を超へると破れる破裂板 (busting plate) 等がある。其の他運轉休止中の水壓管に溜る水を除く排水弁や、特に水壓管が長くなると所々に人穴 (man hole) なども設けられる。

18 貯水池と調整池

河川の流量は季節によつて變化があるもので、この變化は發電容量の安定を缺くものである。そこで豐水期に有り余つた水を貯へおき、渴水期に之を使用すれば發電容量を大きくし、水力を有効に使用出来る譯である。この目的に設けられるものが貯水池 (reservoir) である。我國の様には人家稠密の地では人工的に貯水池を造る事は困難であるから多くは天然の湖沼を利用する外はない。

(註) 宇治川電氣の宇治川發電所が琵琶湖から、東京猪苗代第一發電所が猪苗代湖を利用するが如きは其の適例である。

次に調整池 (regulating pond, pondage) は貯水池の様に流量の季節的變化を補ふものではなく、1 日中の負荷の變化に應じて水量を調整するものである。調整池はなるだけ水槽と接近することが望ましく、大抵は人工的に造られる。

第 15 圖は主として電燈負荷に供給する發電所の負荷曲線の一例を示したもので、今調整池の必要な貯水量を計算してみよう。



第 15 圖

先づ1日中の發電々力量 (曲線に圍まれた全面積) は

$$3 \times 500 \times 24 = 36,000 \text{ kWh}$$

$$\text{平均負荷} = \frac{36000}{24}$$

$$= 1500 \text{ kW}$$

又平均負荷以上の面積

$$1500 \times 8$$

$$\text{然るに發電所出力 } P = 9.8Q \times \eta \times H$$

$$= 12,000 \text{ kWh}$$

(η ……水車發電機合成効率で茲では 75% と假定する、さうすると

$$\text{水量 } Q = \frac{P}{9.8 \times \eta \times H}$$

今 P kWh ならばこれに要する水量 (V m³) は

$$V = \frac{12000 \times 3600}{9.8 \times 0.75 \times 100} = 58800 \text{ m}^3$$

(3600 なる数は 1 時間を秒に換算したものである)
 ついでに、この発電所の負荷率は次の様になる。

$$\text{負荷率} = \frac{\text{平均負荷}}{\text{最大負荷}} = \frac{1500}{5000} = 0,3 = 30\%$$

19 揚水式貯水池

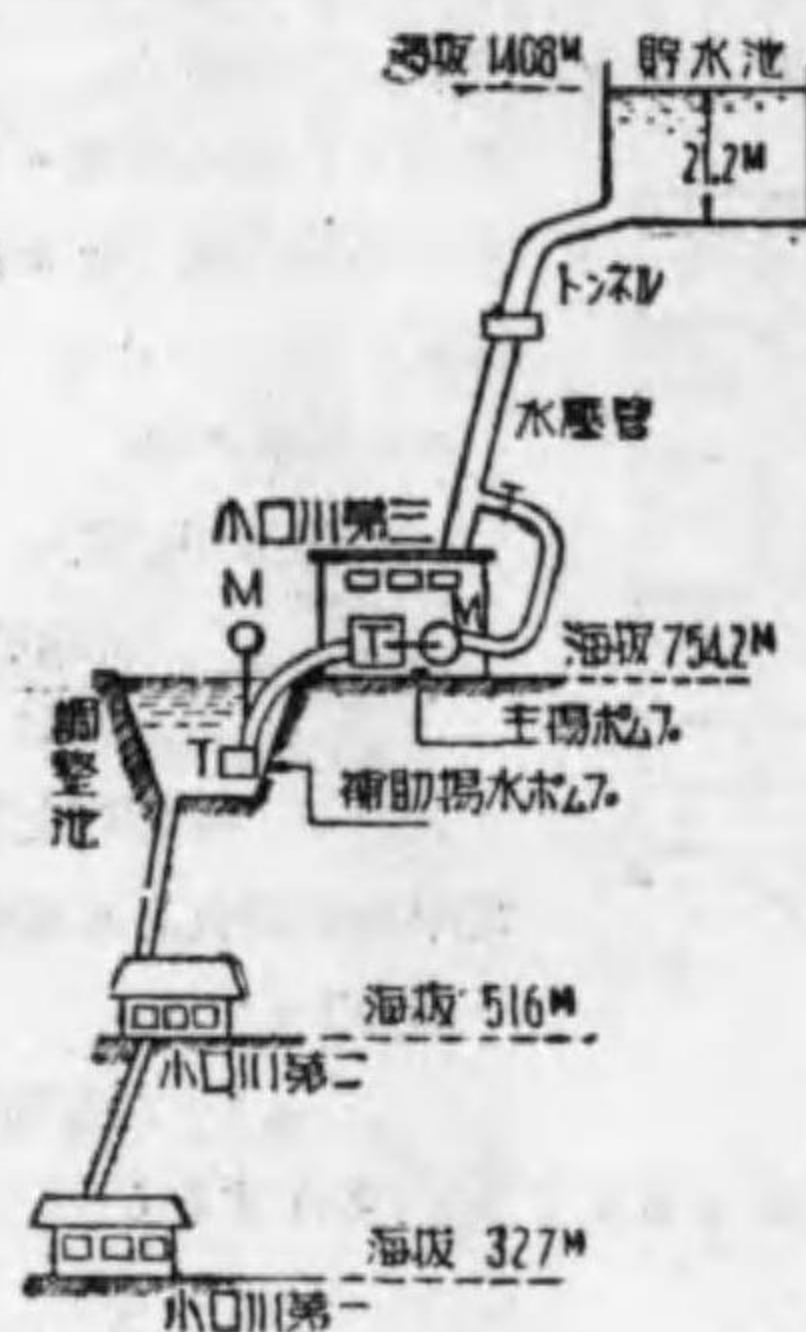
ヨウスイシキハツデンショ
 揚水式発電所と云ふのは、深夜或は休祭日等の軽負荷時に、有
 り余つた所謂過剰電力を利用して（聯絡のある他の発電所から逆に
 電力を送つて貰ふ）ポンプを運轉し、発電所下流の水を上部にある貯
 水池に揚水して貯へおき、尖頭負荷時或は其の必要に応じてこの貯
 水池を落下して発電するものである。

従つて、発電所の上下に相當廣い揚水式貯水池（pumping up
 storage）が必要であるし、又上下貯水池の落差がなるべく大きい

こと等地勢によつて色々と制限
 される。而して揚水する場合水
 車を切離し主発電機を一時電動
 機として別に設備された揚水専
 用のポンプを運轉する方式が多
 く採られる。

而して揚水式発電所の能率は
 60%内外のものである。

第 16 圖は日本電氣小口川発電所
 の揚水発電系統を示すもので、下流
 の揚水貯水池としては下流発電所の
 調整池を利用してゐる。発電機は、
 10000 kVA で、直結される水車は
 12000 H.P (8952 kW) である。揚水
 する時は別に設けられた全揚程 663
 m 揚水量 0.39 m³/秒、4350 H.P



第 16 圖

1200 R.P.M の揚水ポンプを調整池側に設けられた 75 H.P の補助揚水ポン
 プを電動機により運轉してゐる。

(Ⅱ) 水車設備

20 水車の分類

現在用ひられてゐる水車は大體次の様に類別出来る。

(A) 動作原理より分類

① 衝動水車 (impulse turbine) シヨウドウスイシヤ インパルス タービン 水の速力のみを使用するも
 ので、後述するが、承椀 (bucket) バケツト へ水を噴射衝撃せしめるもので
 今日實用のものはペルトル水車 (pelton wheel) ペルトン ホイール だけである。

② 反動水車 (reaction turbine) ハンドウスイシヤ リアクション タービン 水の壓力と速力を利用するも
 ので、現在用ひられるものに 2 種類ある。

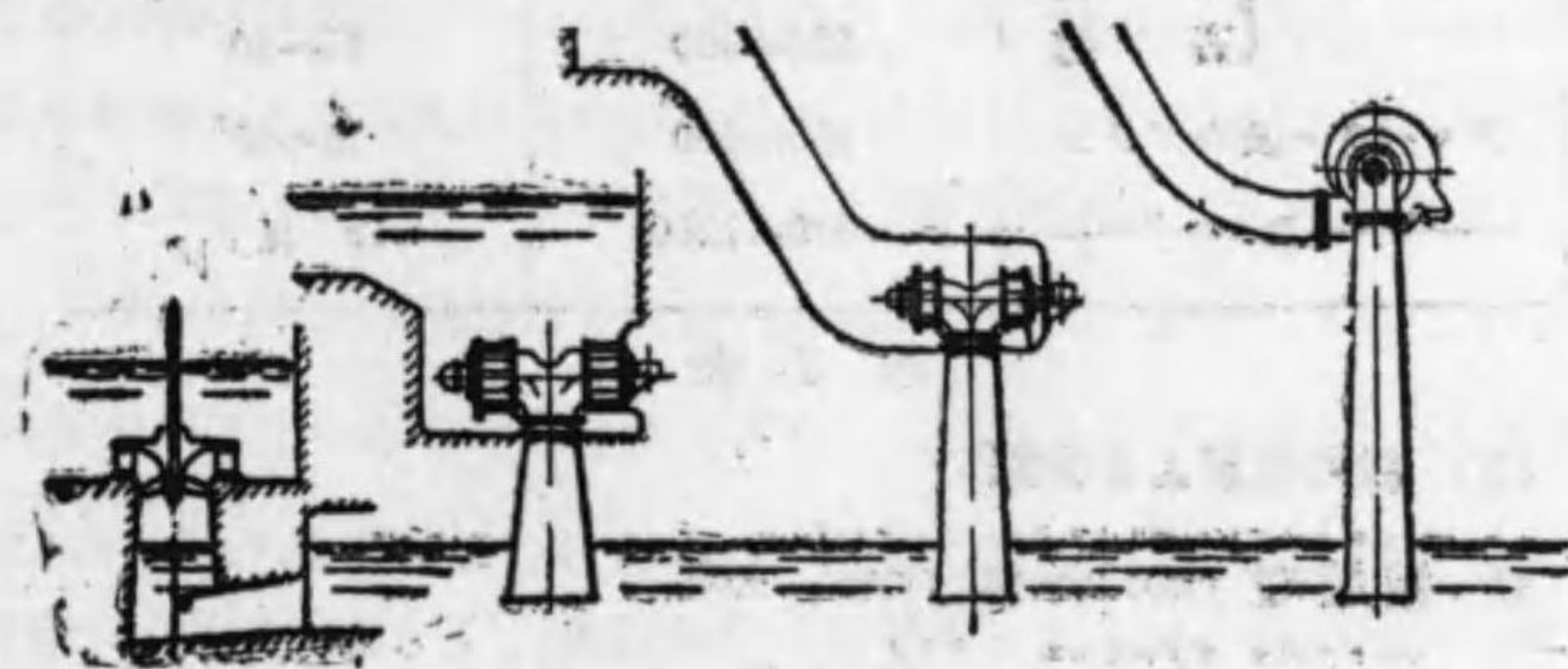
(イ) フランシス (Francis) 水車

(ロ) プロペラー (Propeller) 水車

(B) 構造上より分類 (第 17 圖参照)

① 露出型 (open flume type) 水車 ロシュツガタ オープンフリューム タイプ これは水壓管を省いて
 水槽内に反動水車を浸して取付けたもので低落差に限られる。

② 圓洞型 (drum type) 水車 エンドウガタ ドラム タイプ 直向水車とも云ふが、之は水
 槽の代りに密閉した鐵函内水車を水に浸して取付けたものである。
 余り高い落差には不適である。



第 17 圖

カズマキガタ スパイラル ケーシング タイプ
 渦巻型 (spiral casing type) 水車 水流に無理が無い様に
 カタツムリ
 蝸牛の殻の様に渦巻型としたもので、其の中に反動水車のランナー
 を納めたものである。今日最も多く採用される型である。

(C) 特有速度より分類

トクユウソクド スペシフィック スピード
 水車の特性を表はす重要な要素で、この特有速度 (specific speed) とは與へられた水車を相似形に保ちつゝ大きさを變じ、1m の落差で 1 kW の出力を出す様な場合の回轉數 (最大能率に相當する) を其の水車の特有速度と呼んでゐる。これは水車の回轉數が早い遅いと云ふ意味を表はすのでは無い。

而して、落差に応じてそれに適當した水車の特有速度は決つてゐるもので、通常、① コウソクスイシヤ ハイ スピード タービン 高速水車 (high speed turbine) … (低落差用) ② ノーマル スピード タービン 常速水車 (normal speed turbine) … (中落差用) ③ ロウスピード タービン 低速水車 (low speed turbine) … (高落差用) に分類される。第 3 表は水車の特有速度と適當な落差を一覽表にしたものである。

水 車 型 式	特 有 速 度	落 差 (m)
ベ ル ト ン	10~30	200 以上
フ ラ ン シ ス	低 速	50~150
	常 速	150~250
	高 速	250~500
ブ ロ ヲ ー 及 カ プ ラ ン	400~600	15~25
—//— 及 —//—	600~1200	15 以下

第 3 表

(D) 軸の位置より分類

ヨコアキガタ ホリゾンタル タイプ
 ① 横軸型 (horizontal type) 水車

タテアキガタ ヴァーチカル タイプ
 ② 縦軸型 (vertical type) 水車

に分けらる。而して衝動水車は殆ど横軸型であるが、反動水車では

オレドノアキガタ スラスト ベアリング
 押止軸承 (thrust bearing) に優秀なものが出来たので、近來は
 縦軸が多く採用される。

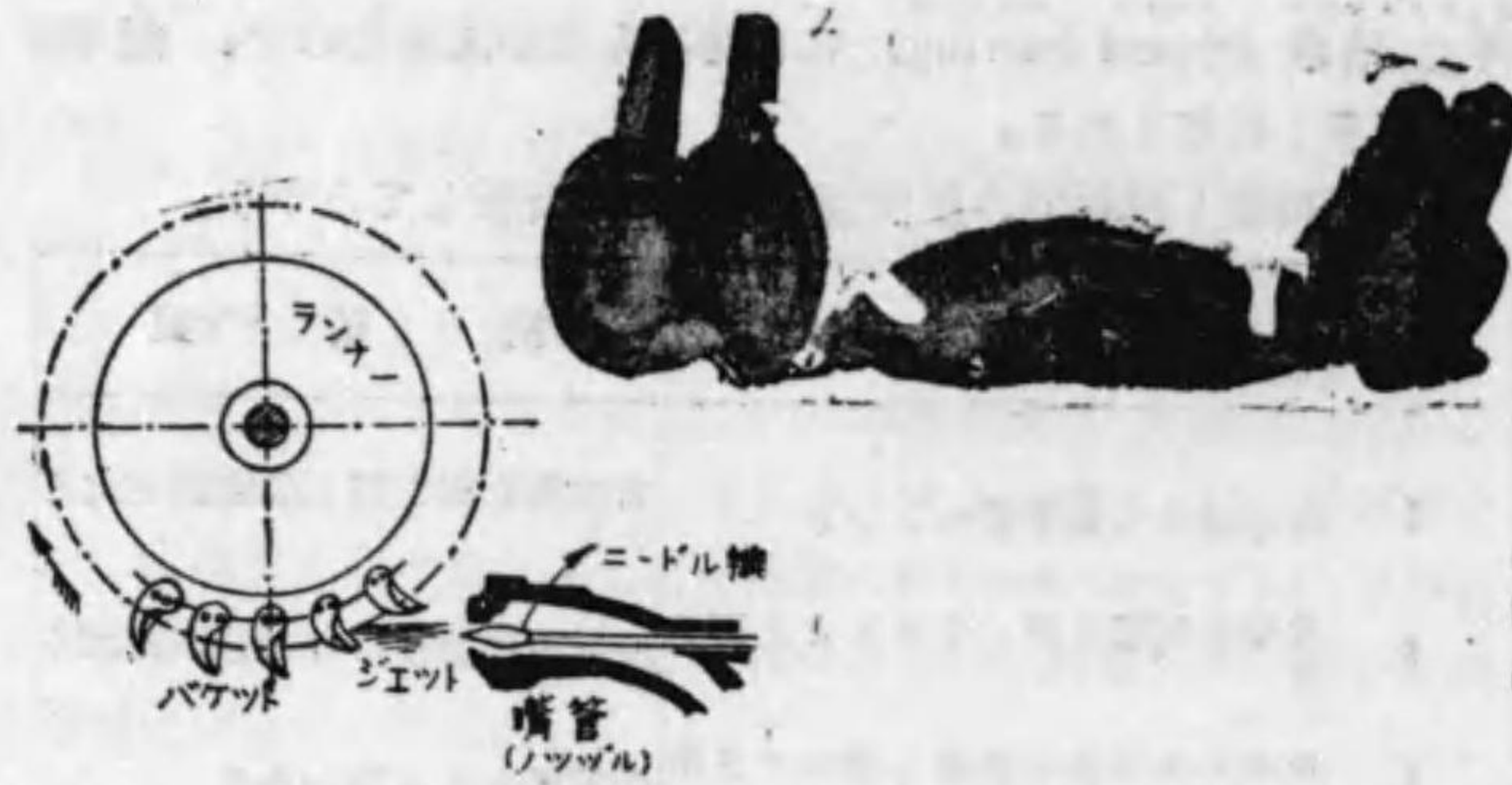
次に縦軸型と横軸型の長所短所を簡単に比較してみよう。

	縦 軸 型	横 軸 型
1	床面積少く建築費小となる	床面積を廣く要し建物費が大となる
2	地盤の掘鑿を深くすることを要する	地盤面に据付けることが出来る
3	洪水のため發電機迄も浸水する虞が少ない	全部浸水する虞がある
4	点檢等に際し水車の各部に近寄り難い	各部に近寄り易く点檢も便利である
5	水車、發電機の運轉監視に困難である	同一床面に据付けられるから監視が便利である
6	軸承に関する故障が多い	故障が少い
7	低落差に適當である	高落差に適當である

21 ベルトン水車

この水車は高落差に用ひられるもので、第18圖の如く嘴管 (nozzle) より噴射した水は高速度のジェット (jet) となつて承椀 (bucket) に突き當り之を回轉するのである。(同圖 (B) はバケツトを示す)

ノズルの中には圓錐形の針瓣 (needle valve) があつて、これによりバケツトへ當る水量を調節する。このベルトン水車には吸出管 (draft tube) を附けないから車の中心から放水面に至る迄の落差を有効に利用出来ないが、普通高落差用であるから此の落差損失は大勢上大なる影響はない。尙水量が多い時はノズルの數を増すと或は更に多くなれば一つの軸に多くの車を取付ける。



第 18 圖

バケットは鑄鋼で、モリブデン等を混じて硬度と耐蝕性を増す場合もある。ノズルは磷青銅等の摩耗に耐へて摩擦の少ない金属を用ひ、ニードルは不銹鋼を用ひる。

(註) ノズルとニードルは磨耗部分であるから取替へ得る構造になつてゐる。

又外殻は水圧を受けないで只水の飛沫を防げばよい譯だから簡単な鋼板製のものがよい。

22 フランス水車

フランス水車は、主として中落差に用ひられるのであるが、其の範囲は、甚だ廣いと謂はねばならぬ。第 19 圖はフランス水車(^{ドクダ} 縦軸で渦巻型)の大略を圖示したもので、水は導翼 (guide vane) よりランナーの翼に入り、さうして吸出管を通じて出て行く。

ランナーは低落差では普通鑄鐵であるが、落差 (75m 以上) が次第に高くなれば丈夫な鑄鋼製を用ひる。若し河水に酸等を含む時は耐酸性の青銅或は砲金を用ひ、高落差の場合十分な強度を得るために鑄鋼にて芯を造り、之等の合金で鑄込法により包んでしまつたものも用ひる。導翼はランナーへ流入する水量を加減し、且つ流向を適當に導くもので、其の材料は多く鑄鋼を用ひ、時には鋼板を熔接



第 19 圖

したものもある。

外被は低落差では軟鋼板を鋸綴して用ひるが、高落差となれば鑄鐵又は鑄鋼にて渦巻型を用ひる。渦巻型が高落差に使用される理由は

- ① 水流に對して摩擦少く効率がよいこと。
- ② 形が極めて丈夫に出来るから高水壓に耐へ得る。

等である。

導翼の開閉即ち水量の加減は後述するが、サーボモーター (servo motor) によつて行ふ。一般に導翼の開きが全開の $\frac{3}{4}$ 位の場合、正規の水量が流れる様にし全開には過負荷に堪へる様にするのである。若し水車に入る水に泥砂が混入しておれば導翼やランナー其の他の内面が摩滅するし、火山地帯の水は硫黄や酸類を含んでゐることが多いので水車を化學的に腐蝕するであらう。又ランナーを輕負荷で使用するか或は設計の拙い水車で渦流のため翼の部分に真空が出来、所謂空洞現象 (cavitation) によつて物理的に侵蝕されることも起る。それ故落差水量に適應した特有速度を有するランナーを用ひる事が大切である。第 20 圖は特有速度の異なる色々のランナーを示したものである。

第 20 圖



23 プロペラー水車

極く低落差となるとフランス水車は能率の点から回轉數を低くとらねばならぬことになり、水車發電機の直徑が大きくなつて不經

濟となる。この短所を救ふ目的で、最近 15 年間にプロペラー水車 (propeller turbine) が發達し、この結果今迄不利と考へられてゐた低落差大水量の水力地点の開發が盛んに目論まれる様になつた。プロペラー水車はフランス水車と同様に水の速度と壓力を使用する反動水車で、この水車の主な利点は

- ① 能率が比較的よいこと。
- ② 特有速度が高いから水車や發電機の直徑が小さくなる。
- ③ 構造が簡單であるから運搬、建設等の工事費が節約出来る。

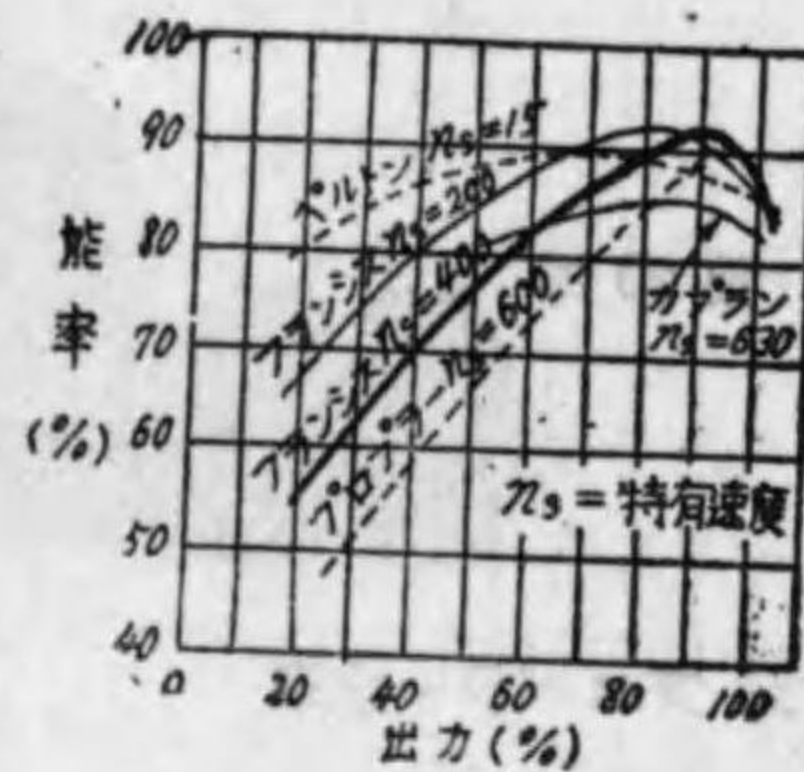
等で、25m 以下の落差には此の水車の獨占場と云つてもよい。

一方この水車の欠点とするところは、輕負荷に能率が著しく低下する傾向を有し、又低落差であるのでどうしても水位の變動が激しく、従つて水量も亦變化する度合が著しい。そこで、此の短所を改善するために、水車の翼の角度を自在に變化し得るカプラン水車 (Kaplan turbine) (1912 年獨逸のカプラン博士が考案) が生れたのである。この水車の機構は左程驚く程のことではないが、其の効果は甚だ大きく、現今プロペラー水車と謂へば即ち可動翼であるカプラン水車と稱しても過言でない。翼を動かすには水車發電機の軸を通して軸上より壓油を送り調速機と關聯させて操作されるのである。

第 21 圖はカプラン水車 (三菱製 5200H.P.) を示したもので、我國最大のもは關東水力佐久發電所に設置された 10,500H.P. (日立製) 有効落差 24.3m, 最大使用水量 37.6 m³/秒, 回轉數 250r.p.m. であ



第 21 圖



第 22 圖

る。第 22 圖は各種水車の能率曲線 (efficiency curve) を示したもので、普通何れの水車も導翼即ち水口開口が全開の $\frac{3}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ に相當する時、發電機が定格出力を出し得る様に設計される。

24 吸出管

吸出管 (draft tube) は反動水車のランナーから出る水を放水路に導く鐵管又はコンクリート管で、その形は今迄にも屢々圖示した様に圓錐形 (喇叭型) のものが一般的で、其の他 L 字型をしたもの、漸擴型 (spreading type) 等がある。これの主な目的並に効能は

- ① ランナーから出る水の持つ運動の勢力 (この時の勢力は水力の全勢力に對しフランシス型 3~8%, プロペラー型は 25% にも達する) を位置の勢力に變へ、即ち速度水頭を壓力水頭に變へて吸込落差として働かしむ。
- ② 水車を洪水位以上に据付け得る。
- ③ 水車と放水面間の落差を有効に利用し得る。

さて吸出管の高さは即ち放水面から水車出口迄の高さで、理論上は 10.35m 迄取り得るが、實際上は約 2~6m の範圍である。

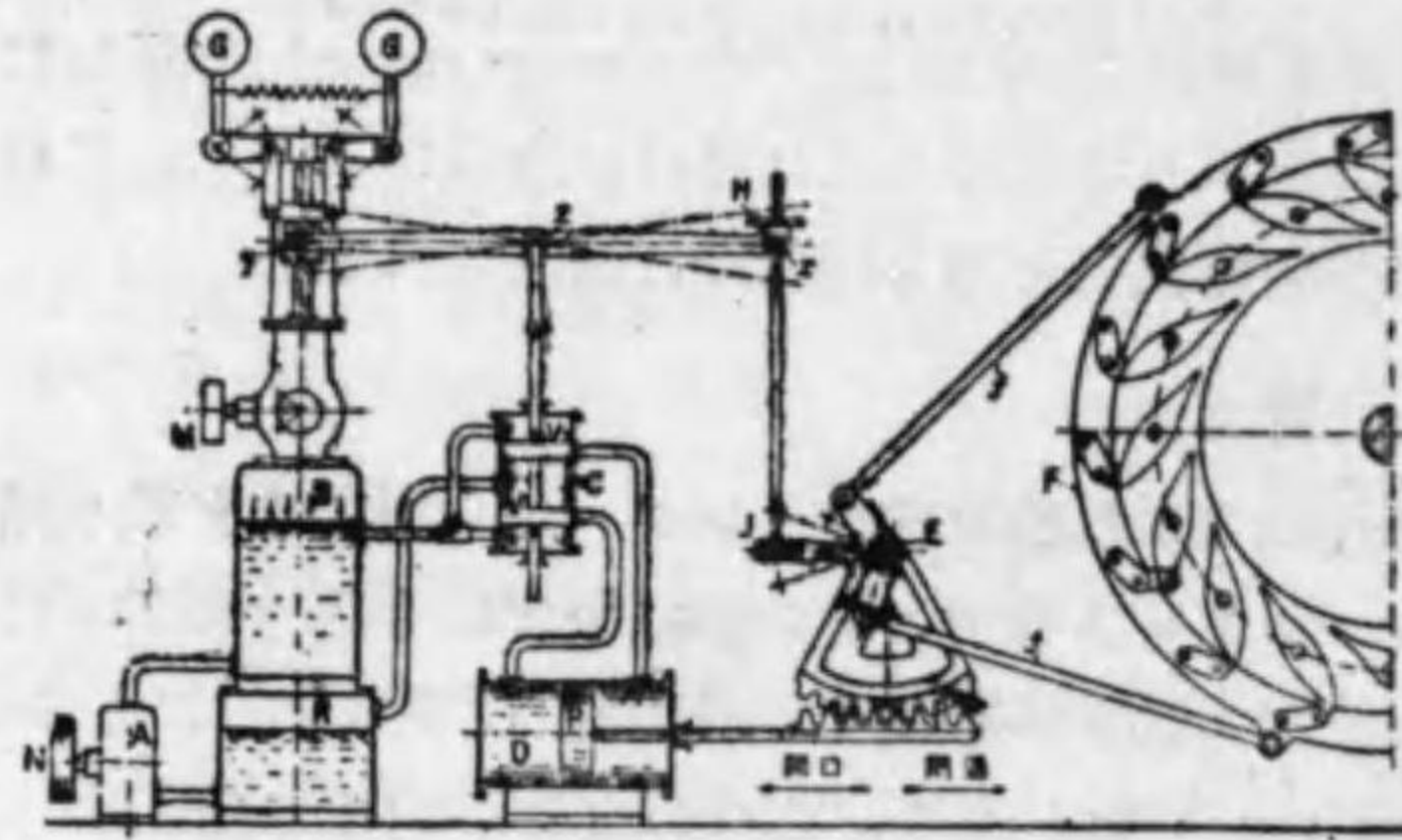
(註) 反動水車を用ひ、水槽から水車出口 (横軸では水車中心) 迄の落差を 50m, 吸出管の吸込落差を 5m とすれば全落差は 55mm となる譯である又付け加へるが水車の出力は落差の % 乘に比例する。

25 調速機の構造と作用

調速機 (speed governor) の説明に入る迄に、水車の無拘束速度

ランアウェイ スピード (run away speed) を考へてみる。これは又逸走速度とも云ひ、水車を無負荷状態に於て水口全開のまま放置する時に到達する水車の最大速度を云ふのであつて水車及び發電機はこれに耐へるだけの機械的強度を有さねばならぬ。この無拘束速度は定格速度に對する百分率で表はされるが水車の型により略一定せるものでベルトン水車で 175%、フランス水車で 180%、プロペラー水車では 200% 位である

次に負荷に應じて水量を加減し水車速度を一定に調整する爲に調速機を用ひるのである。第 23 圖はその機構の説明圖で、右端は水



第 23 圖

車の導翼開閉機構を示し、左端は壓力油を収める部分である。今水車の負荷が變動したとすれば必然的に速度が變化する。そこで遠心錘（G）が作用して槓杆の支点（Z）を上下し V V なる分配弁（distribution valve）を移動して壓力油をサーボモーター（servo motor）（D）に導き、ピストン（P）を動かして、齒棒と齒腕（rack and pinion）の機構で水車の導翼を開閉し、その負荷に適應した水を流す様にするのである。さうして、負荷の變化が起つてから調速機のサーボモーターのピストンが動き始める迄の所要時間を、不動時間（dead time）と云ひ、余り鋭敏過ぎても困るので普通は $\frac{1}{2}$ ~1 秒にとる。又負荷の變化が起つてから水口開きの變化完了迄の所要時間を動作時間（closing time）と稱し、これが早過ぎると水槌作用を起し、遲きに失すると無拘束速度に上る危険があるので低落差の露出型では 1 秒位、中落差以上のもものでは大抵制壓弁（次節参照）を持つてゐるので中型水車では $1\frac{1}{2}$ ~2 秒、大型で 3~4 秒、高落差では 10 秒間位に定めるのである。

(V) 火力発電の概念

1 火力発電所

火力発電所の大部分は石炭の燃焼によつて蒸気を発生し、その壓力を利用する所謂、汽力発電所で、その他石炭ガス或は天然ガスを利用する瓦斯力発電所や、石油とか重油によつて運轉するディーゼル機関発電所など多少あるが、大発電所の殆ど全部は汽力発電所で

ある。さうして汽力発電所の原動機は大抵、蒸気タービン（steam turbine）である。

火力発電所はそれ自身獨立の目的をもつ場合もあるが、前にも水力発電のところで述べた様に、我國では主として水力発電所の補給用或は豫備として、時には水力発電所建設迄の中繼として設けられる事が多いのである。火力発電所の發達は目廻ぐるしい許りで嶄新を誇る新発電所も僅か 10 年も立つとその誇りを失ふに至るのである。只今のところ世界第 1 の火力発電所は紐育にある 45 萬 kW のもので、我國では尼ヶ崎にある關西共同火力発電所の 30 萬 kW（建設中の第 2 発電所を合すると實に 60 萬 kW になる）である。又、火力発電所の發電機單位容量の記録は、米國に於ける 165,000 kW（1800r.p.m）で本邦では共同火力第 2 発電所の 75,000 kW（1800r.p.m）の國産機が最大である。

さて、水力発電所は水力地点の關係で大抵は電力需要地から遠隔の地に建設されるが、火力発電所の建設位置は比較的融通性がある今火力発電所の位置選定と重要な關係にある條件を列挙してみよう

- ① 石炭の運搬貯蔵に都合がよいこと。
- ② 給水が良質で充分多量にあること。
- ③ 復水器用の循環水が豊富にあること。
- ④ 地盤が出来るだけ堅固で地價の廉いこと。
- ⑤ 高潮、洪水、火災等の心配のないこと。
- ⑥ 灰を放棄する場所を有すること。
- ⑦ 電力の需要地に近いこと。
- ⑧ 將來増設擴張の余地があること。

等であつて、之等に就ては逐次説明の進むにつれて諒得して貰へると思ふ。

2 發電用燃料

燃料（fuel）は通常次の 3 通りに分類する事が出来る。

- ① 固体燃料……石炭、木炭、木材、煉炭、骸炭等

② 液体燃料……石油、其の乾溜物（揮發油、重油）

③ 瓦斯体燃料……石炭ガス、天然ガス等、又石炭を適當に處理して燃料ともする。例へば微粉炭として使用するもの、或は低級炭を低温乾溜法（low temperature distillation）によつて瓦斯体燃料として使用する場合もある。

燃料 1 kg 當りの發熱量は大體次表の如きものである。

燃料	木炭	泥炭	褐炭	有煙炭	無煙炭	燐炭	煉炭	石油	揮發油	重油
發熱量 kg cal	7200	3600	6000	8000	8300	7200	8300	11000	10000	10000

第 4 表

然して 1 kg の燃料を分析し炭素 C. kg、水素 H. kg、硫黄 S. kg あつたとすれば、完全燃焼するに必要な空氣量 W. kg は

$$W = 11.6 C + 34.8 H + 4.35 S \text{ (kg)}$$

である。實際の空氣量は石炭 1 kg につき大約 15 m³ と考へて差支へない。

3 石炭 (coal)

火力發電所用燃料の首位を占める石炭の我國埋藏量は貧弱であつて、内地のみでは今後 30~50 年にして皆無となる様に謂はれる。けれども朝鮮、滿洲、北支の石炭を活用する方策があるから心配は無いが、資源の愛護上石炭の節約は技術者として眞剣に考へねばならぬ。而して本邦の石炭は外國のものに比して發熱量は少く、且つ灰分 (10% 以上) の多い短所がある。尙硫黄の含有量が比較的多いので灰が熔結し易く、汽罐 (boiler) を傷めることも甚だしい。

石炭には無煙炭 (發熱量 1 kg 當り 8100~8300 瓦カローリ) 瀝青炭 (有煙炭) (7500~8800 kg cal) 褐炭 (6100~7500 kg cal) 等の別があるが、發電所には主に瀝青炭を用ひるので、發熱量は 7000~8000 瓦カローリの範圍と記憶すればよい。時には發熱量を瓦カローリで表

はす代りに蒸發力 (evaporative power) なる語を用ひる事がある。これは燃料 1 kg を燃焼して、100°C の水を同温度の蒸汽に蒸發せしめ得る水の重量 (kg) を指すのである。石炭の比重は 1.2~1.8 で、石炭塊の大きさによつて塊炭、粉炭、切込炭等に類別されることもある。一般の商取引では 1.2 m³ の容積を以て 1 t と推定してゐる。

それでは、一機發電所に如何程の石炭が必要かと云ふに、大體、1 kWh 當り石炭消費量は 0.7~1.2 瓦 (平均して 1 kg) であるから、10,000 kW の發電所が 1 晝夜運轉したとすれば

$$10,000 \times 24 = 240,000 \text{ kg (240 t)}$$

の石炭が必要である。石炭の價格は變動の多いものであるが、今假りに 1 t 當り 25 圓とすれば、石炭代は 7000 圓にも達する。若し 10 万 kW のものであれば 7 万圓となる勘定である。

それ故石炭の運轉に都合よいことゝ、僅かな發電所能率の向上も運轉費に大きく響くことが知れやう。軍艦陸奥が 1 晝夜高速運行すれば 4 萬圓の燃料費が必要と聞かて居り、刻下の聖戰に石油燃料が如何に重要であるか認識され、かつて歐州大戰當時佛國首相が石油の一滴は血の一滴にも優ると叫んだ理由も判る。

4 蒸 汽

① 飽和蒸汽 (saturated steam) 種々の壓力に於て、その沸騰点で出來たまゝの蒸汽をその壓力に於ける飽和蒸汽と云ふ。これには濕潤飽和蒸汽と乾燥飽和蒸汽との 2 種があり、前者は蒸汽中に水分を含むもので汽罐から發生する蒸汽は特別の裝置が施されてゐない限りは多少の水分を含んでゐる。他のものは蒸汽中に少しも水分を含まない全く乾燥した蒸汽を云ふ。

② 過熱蒸汽 (super heated steam) 飽和蒸汽を熱してその温度と壓力、或は其の温度と容積を上昇又は増加させたものを其の温度或は其の壓力の過熱蒸汽と云ふ。

飽和蒸気を熱するのに若し壓力を一定とすれば容積は溫度と共に増大し、又容積を一定とすれば壓力は溫度と共に上昇する。近頃の大発電所は普通後者の状態の過熱蒸気を使用するのである。

さて水を加熱して蒸気を作るに水の最初の溫度と造るべき蒸気の壓力により之に要する熱量は違ふ事は説明する迄も無い。

① **顯熱 (sensible heat)** 感熱とか液体熱とも呼ばれ、或る壓力のもとで水を氷点から沸点迄熱するに要する熱量を其の壓力に於ける顯熱と稱するのである。

② **潜熱 (latent heat)** 或る壓力のもとに於て沸騰点にある水を同溫度の蒸気となすに要する熱量を其の壓力又は其の溫度の蒸気の潜熱と云ふ。大氣壓では、100°C の水 1 kg を 100°C の蒸気に化するために 539.31 珎カロリーの潜熱が必要である。

③ **全熱量 (total heat)** これは水を氷点から或る溫度の蒸気に變ずる爲に加へられた熱量を其の溫度に於ける蒸気的全熱量と呼んでゐる。之等は蒸気表を用ひるとか、特殊な實驗式に依つて見出すことが出来る。

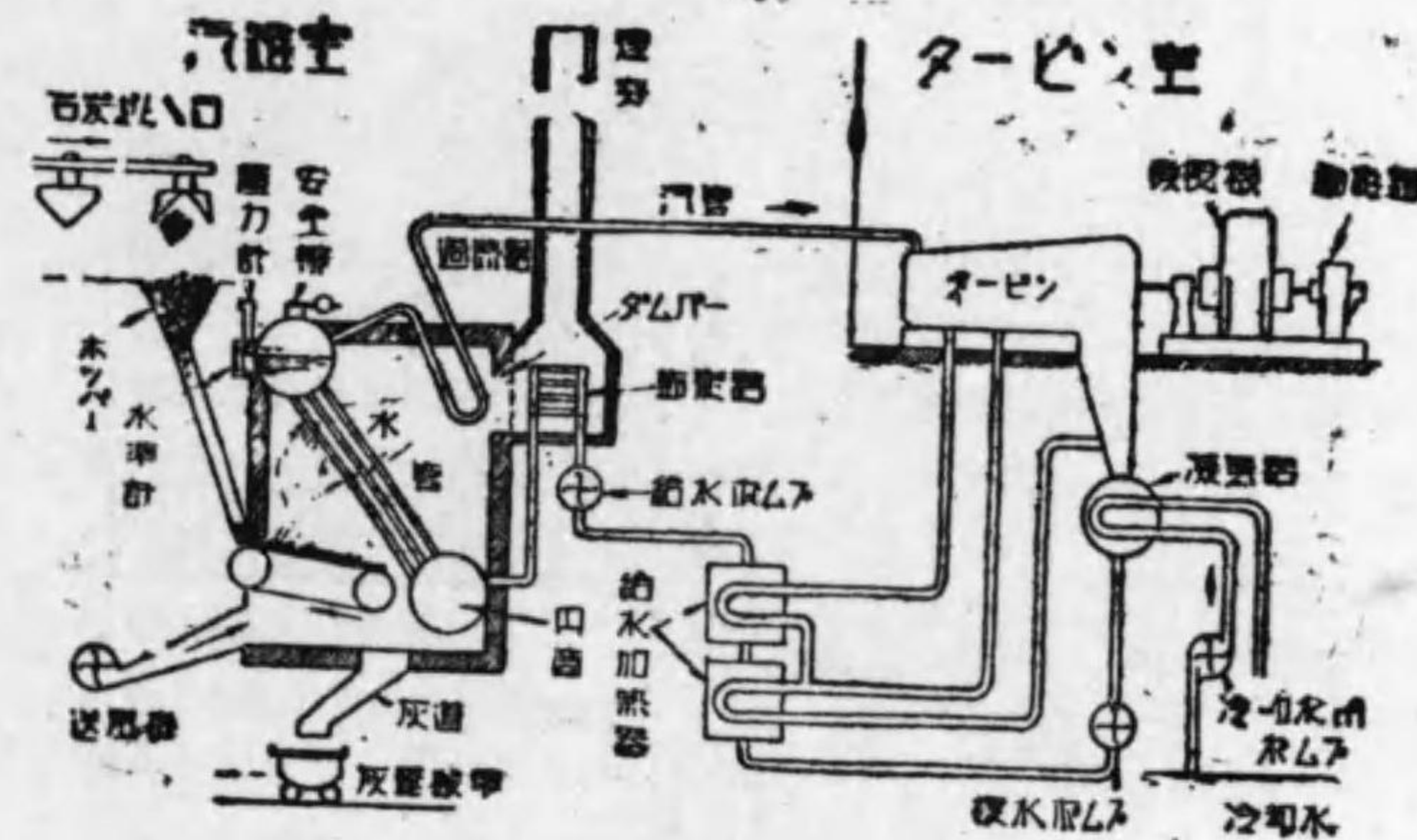
次に蒸気の壓力を表はすのに 1 平方糎當り珎數 (kg/cm²) 又は 1 平方吋當り封度數 (lb/in²) を用ひる。時には眞空を零として測定した壓力を**絕對壓力**と稱し、之に對して上記の壓力のことを**ゲージ壓力**と云つてゐる。

〔註〕 1 氣壓に相當する壓力は 1.033kg/cm² であるから、10kg/cm² のゲージ壓力は絕對壓力の 11.033kg/cm² に相當する。

最近の火力発電所では總て過熱蒸気を用ひる。過熱蒸気はその過熱度に相當するだけの余分の熱量を持つてゐるから、多くの仕事が出来、又過熱度に相當するだけの熱を失ふ迄は水分を生じないから之に因く摩擦損失が尠くなり、従つて熱能率は向上する。而して我國に於ける近代的な発電所に於ては其の使用蒸気の壓力は 40~45 kg/cm²、溫度は 400~450°C 位である。

〔註〕 蒸気に關する様な諸問題を解く場合、絕對溫度と云ふものを用ひる事がある。今絕對溫度を T にて表はすと、 $T=t+273.1^{\circ}\text{C}$ (攝氏) 或は、 $T=t+459.6^{\circ}\text{F}$ (華氏) に相當する。

5 火力發電系統

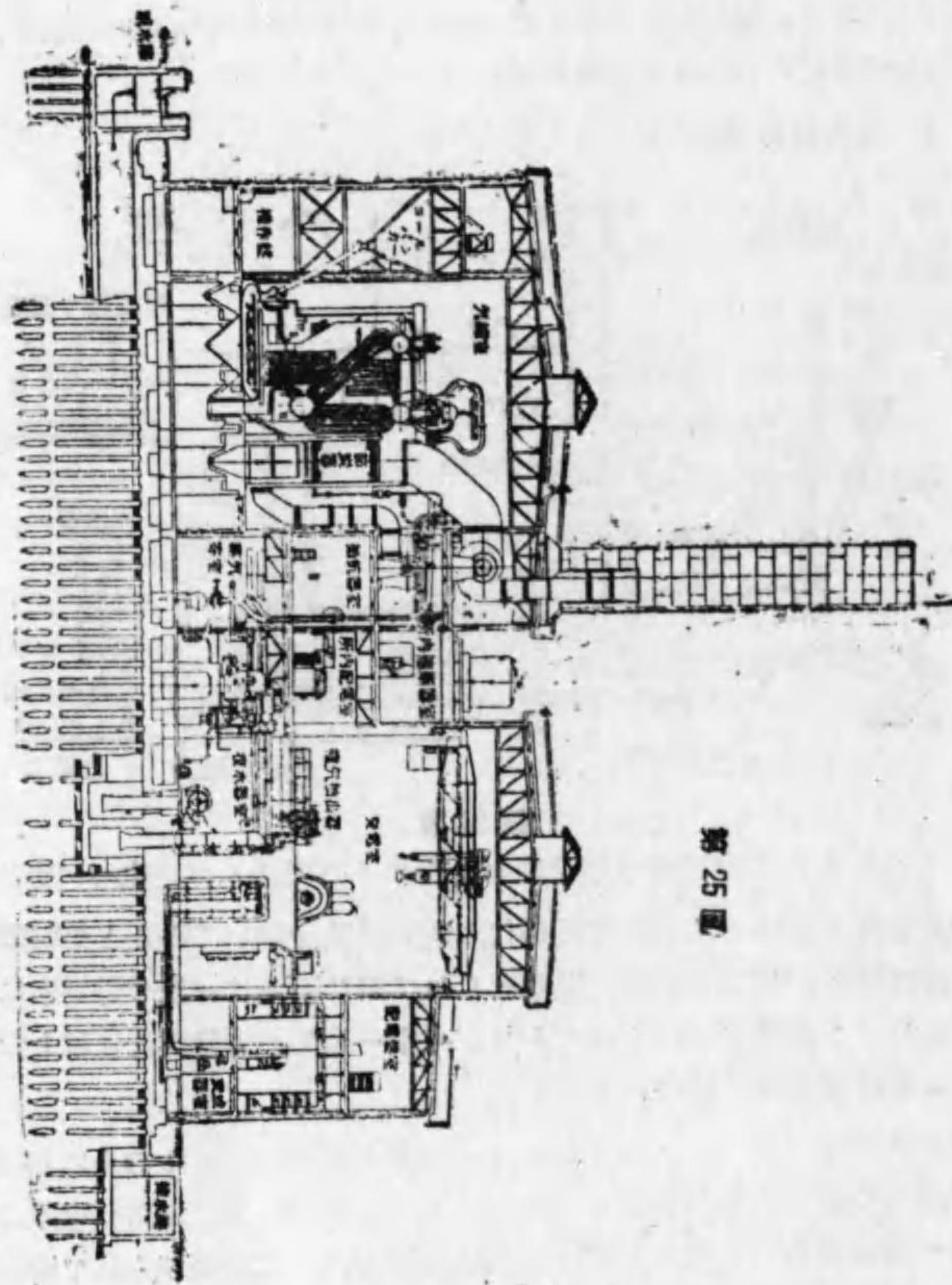


第 24 圖

これから火力発電所の諸設備を説明するのであるが、先づ一般的概念を得る意味で火力発電所の代表的系統圖を画いてみると第24圖の様になる。鐵道や船舶で運搬せられて來た石炭は一先づ貯炭場に置かれ、この貯炭場からベルトコンベヤー等で汽罐室内或は屋上の**コールバンカー**に運ばれて行く。

ベルトコンベヤーはエスカレーターの様な原理でベルトの上に石炭を積んで順々に運ぶ装置と考へればよい。斯様にして小貯炭場所の**コールバンカー**に來た石炭は各汽罐の**ホツパー**に分配せられて給炭機に至り燃焼する。この熱が蒸気を生じ數萬 kW の發電機を運轉するのである。

第 25 圖は 25,000 kW のタービン發電機 1 基、汽罐 3 基を有する既設発電所の断面圖で、先の系統圖と照し合して見られるならば参考となることが多からう。



第25圖

(VI) 汽罐設備

6 汽罐の種類

水を熱して壓力のある高温度の蒸汽を作るところの汽罐(boiler)を型式によつて分類すると次の様になる。

- ① 圓筒式汽罐 (cylindrical boiler)
シリンダリカル ボイラー
- ② 焰管式汽罐 (smoke tube boiler)
スモーク チューブ ボイラー
- ③ 水管式汽罐 (water tube boiler)
ウォータ-チューブ ボイラー

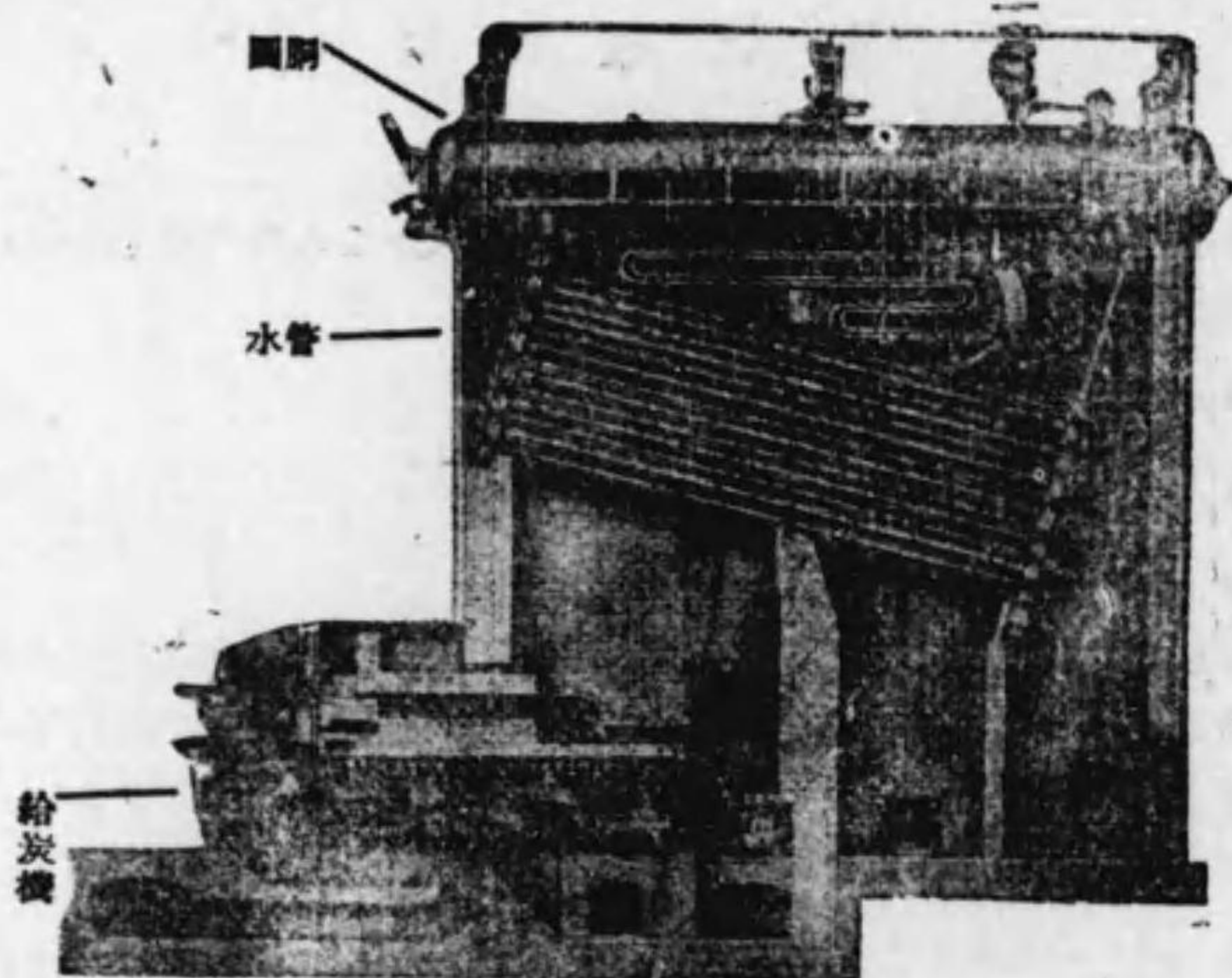
而して、圓筒式はその壓力も $5\sim 8\text{kg/cm}^2$ 位で、現在は暖房用等に使用されるに過ぎない。又焰管式は鐵道の蒸汽機關車や船舶用に使用される位で、發電所用としては全てが水管式と云つてもよい。水管式が發電所用として採用される根據は

- ① 罐水の循環がうまく行はれ、又加熱面積(一面は罐水又は蒸汽に接し他面は熱瓦斯に觸れる罐面を云ふ)が廣いため、水管式では蒸汽發生が速かで、従つて急激な負荷の變動にも應じ得られる。
- ② 高壓蒸汽を使用するため、圓胴(drum)と水管の直徑が小さい水管式が優れてゐる。
- ③ 節炭器(economizer)や空氣豫熱器(air preheater)などの取付が便利で、その上熱能率もよく比較的小型に出来るので重量も小さく、据付の面積も少なくて済む譯である。
- ④ 強制通風によつて汽罐の無理焚き即ち過負荷耐量が大きいこと。

等に因るのである。

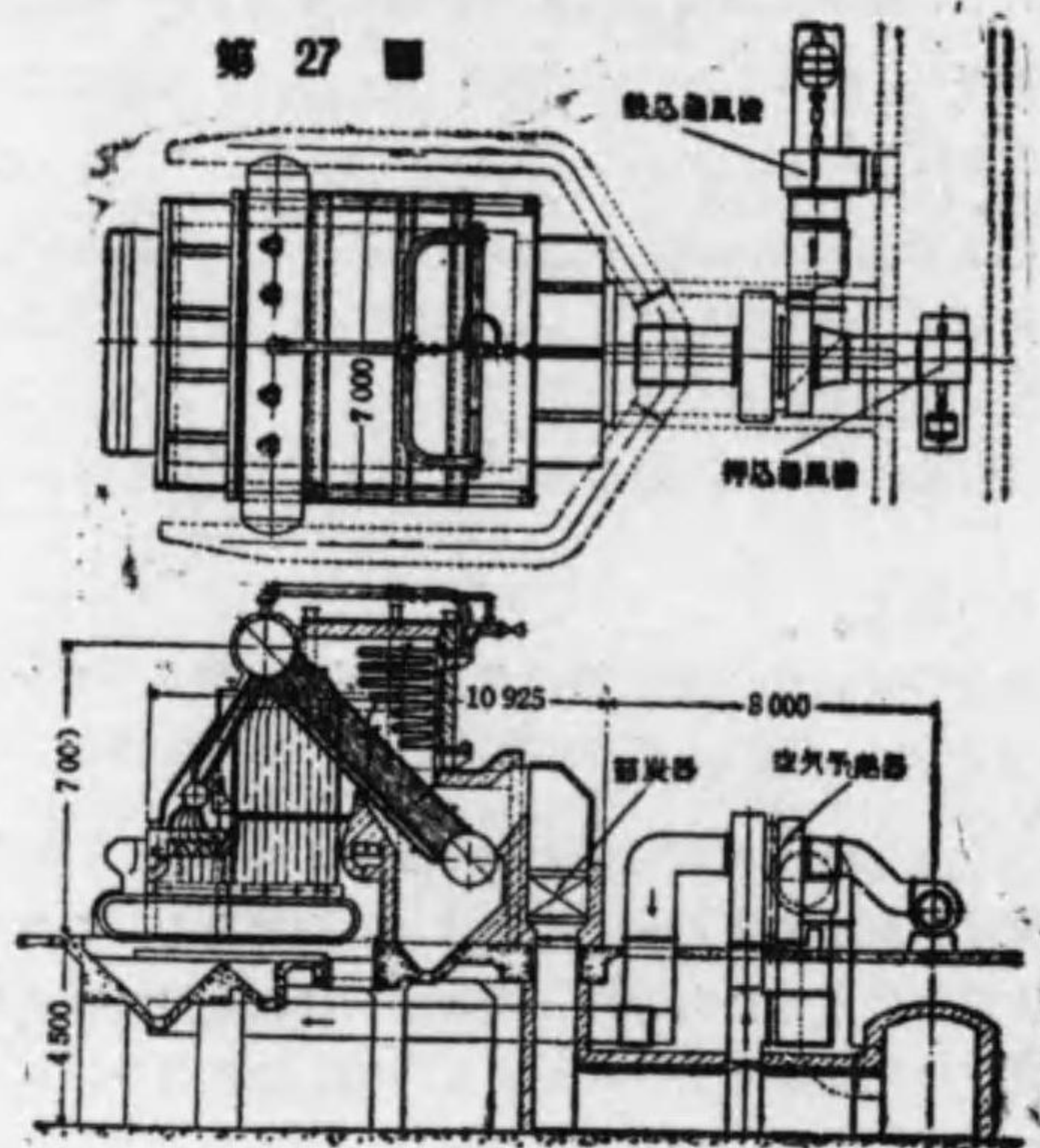
第26圖は我國に於て廣く採用されるバブコック・エンド・ウィルコックス汽罐の (Babcock & Wilcox boiler) 縦断面である。水管列の上方にある曲つた管は過熱器(super heater)である。

第27圖は最新式のタクマ式汽罐の大要圖である。この型は我國の田熊常吉氏が考案したもので、罐水の循環に新機構を有してゐる其の他我國では三菱のセクションナル汽罐、日立のヤーロー汽罐等が使用されてゐる。



第 26 圖

第 27 圖



7 最近の汽罐

● 汽罐の容量 汽罐容量は一般に實際蒸發量を以て表はされる併しこの蒸發量の大小を比較するには一定の標準状態例へば 100°C に於ける蒸發に換算した等價蒸發量^{トウキゼウハフレウ}を以てしなければならぬ。

蒸發量とは加熱面積 1m^2 より蒸發せられる蒸汽の分量で、普通 $30\sim 70\text{kg/時}$ 程度である。汽罐 1 基の蒸發量は $50,000\sim 70,000\text{kg/時}$ のものが多い、最新を誇るものには $145,000\sim 200,000\text{kg/時}$ といふものがある。

(註) 1 汽罐馬力は加熱面積 10 平方呎 (0.93m^2) を以て 1H.P と呼ぶ事があるが最近は余り用ひられぬ。

● 汽罐の加熱面積 水管式に於ては水管 (直徑 $7.5\sim 10\text{cm}$, 長さ $4\sim 6\text{m}$) の外面積を採るのであつて、普通加熱面積は $700\sim 1000\text{m}^2$ 程度であるが大型のものになると $3500\sim 5000\text{m}^2$ に達するものがある。それから想像出来る様に汽罐の火爐 (石炭の燃へる箇所) は非常な高温となるので、耐火煉瓦を使用した爐壁の損傷が甚だしい。そこで水管を以て爐を包む所謂水冷壁^{スイレイヘキ}として爐を保護すると共に加熱面として利用する事がある。大体この水冷壁の蒸發量は汽罐の全加熱面の $10\sim 20\%$ であつたが最近では $30\sim 50\%$ にも及ぶものが現はれてゐる。

● 汽罐の使用壓力 罐の大小や使用目的で違ふが従來 $15\sim 25\text{kg/cm}^2$ の蒸汽壓力のものが多かつたが、最近では 40kg/cm^2 位が標準となり、特殊なものには 100kg/cm^2 程度の高壓力のものが使用される。云ふ迄もなくこの壓力で以て蒸汽タービンを運轉するのである。

● 過熱器と蒸汽溫度 汽罐で發生した高壓力の蒸汽はどうしても濕氣を含むものであるから過熱器^{カネツキ} (super heater) に一旦通してタービンに送るのである。普通過熱器面積は汽罐の全加熱面積に較べて $20\sim 30\%$ にとつてある。此所を通つてタービンに至る蒸汽の溫度は $330\sim 450^{\circ}\text{C}$ になる。

其の他燃焼装置とか通風機構等に就ては次に項を改めて解説しやう。さて従来は蒸汽タービン 1 基に對して、3~5 台の汽罐を備へてゐたが、最近では 2~3 台となり中には 1 台とさへなつてゐるものがある。

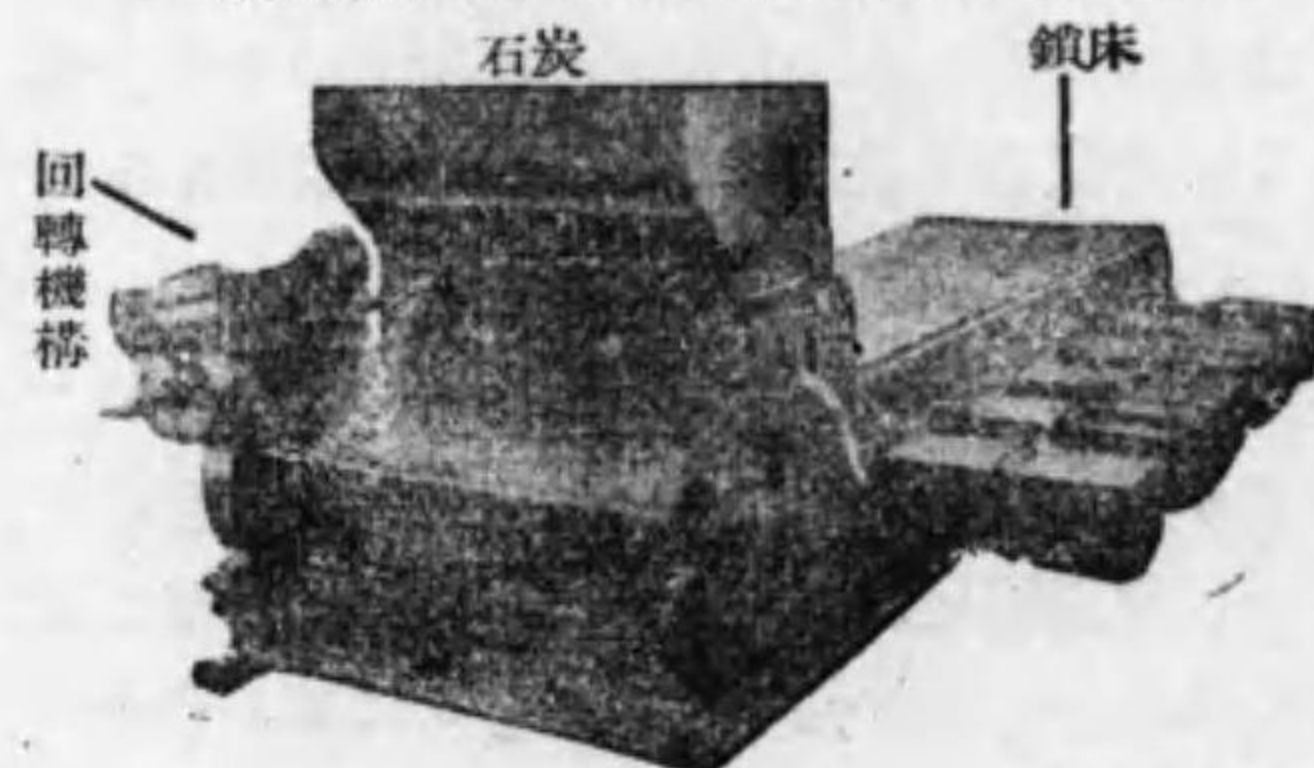
8 汽罐の燃焼装置

汽罐の火床面積 1m² 毎に毎時燃焼する石炭の重量 (kg) を以て ネンセウリフ レート オヴ コムバツション 燃焼率 (rate of combustion) と呼び、一般には 150~180 kg であるが、短時間の尖頭負荷 セントウツカ であれば 200~350 kg にも達し得る。然しこの燃焼率は通風度 フウフウド とか燃料の良否によつて相違のあるものである。この火床面積 ヒドコメンキキ は汽罐にとつて極めて大切なもので、水管式では加熱面積の $\frac{1}{50} \sim \frac{1}{70}$ の廣さである。又火爐容積 (火床上から水管に至る距離即ち其の部分の空間の廣さのこと) カロヨウキキ は加熱面積 1m² に付 0.15 m³ 位となり、後述する ビフンタンネンセウツウチ 微粉炭燃焼装置のものでは、0.3m³ にも達する。

(A) 給炭機 メカニカル ストーカー (mechanical stoker)

發電所では汽罐が大型であるから凡て連続的に且つ機械力を以て自動的に石炭を燃焼せしめる。これを給炭機と呼び次の様な型がある。

① 鎖床式給炭機 チェーン グレート ストーカー (chain grate stoker)



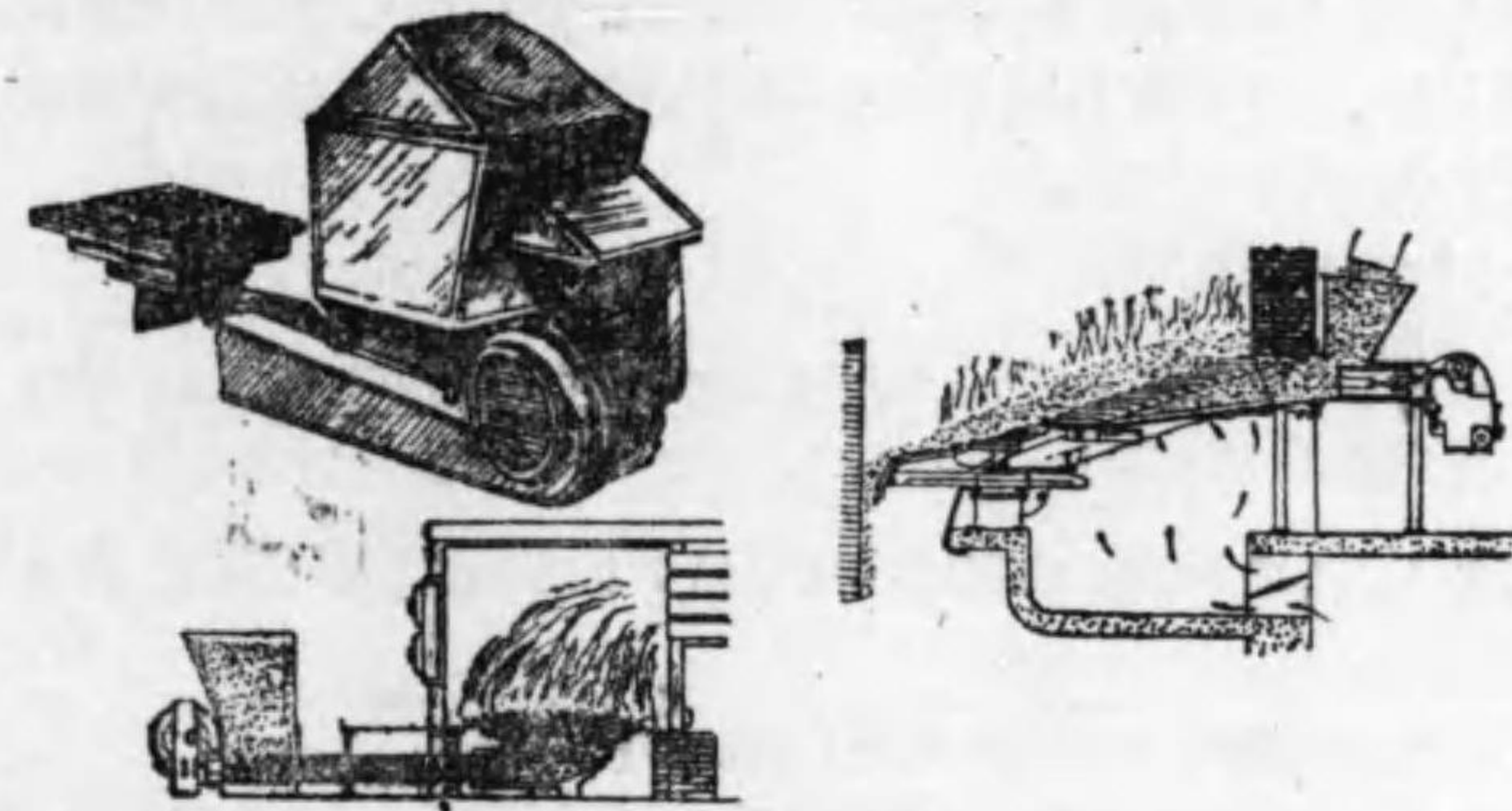
第 28 圖

第28圖の様に火床が多數の鑄鐵製無端連鎖 エンドレスチェーン よりなり之を電動機とか或は小蒸汽機關で運轉し齒車によつて キキチ 焚口から奥に向

つて回轉循環する。石炭の燃へる割合は石炭の厚みを焚口で加減し回轉の速さを負荷に應じ任意に變化して調節するのである。

② 下方給炭式給炭機 アンダー フィード ストーカー (under feed stoker)

石炭を火層の下方から押出して順次燃焼する方式であるから、殆ど無煙燃焼をなし、使用石炭も低級なものでも燃焼がうまく行き、燃焼率も強大で微粉炭燃焼装置にも充分對抗し得られる程の効率を持つてゐる。第 29 圖は此の型の代表的なものである。



第 29 圖

(B) 微粉炭燃焼装置 パルベライズド コール バーニング アパラタス (pulverized coal burning apparatus)

これは石炭を非常に細かく粉碎し火口から普通の瓦斯の様にして点火燃焼するもので、此の微粉炭の製造順序は次の様になされる。
①粗碎器で荒碎をなし、②計量器で石炭の分量を計り、③磁石分離器 ジシヤクブンリキ マグネツク セパレーター (magnetic separator) で石炭中の金屬片を除いて粉碎器にて發火するのを豫防し、④乾燥器 ドライヤー (dryer) で以て水分を除去し、⑤粉碎器 サイキメルベライザーミル (pulverizer mill) にて微粉とする。その微粉程度は石炭の種類によつて異なるが、一般に 200 メツシユ (1 メツシユは 1 平方吋の フルヒ 1/1000 の粗さ) の篩を通過する量が 60~80% 程度でよい。

それでは微粉炭燃焼装置を採用すると如何なる利益があるかを挙げて見やう。

- ①燃焼能率を増進する。
- ②うまく操作すると殆ど無煙とする事が出来る。
- ③負荷に應じて速かに調節し得るから発電所の尖頭負荷用に適する。
- ④過剰空気が少なくてよいから爐内を高温となし得る。
- ⑤点火や滅火が短時間に容易に行ひ得る。
- ⑥劣等炭を使用しても能率がよい。

以上の様な特長を持つてゐるが、①設備費とか維持費が高くつく②微粉炭は貯藏中に自然發火する惧がないでもない。③灰の飛散が甚だしいので我國では何等かの集塵装置を設けなければ之が設備は許されない。

9 通風設備

前述した様に石炭が完全燃焼するためには普通の石炭 1 kg に対し空気量は 20~30 kg, 又空気の容積は 15~20 m³ が必要と謂はれてゐる。この熱焼に必要な空気を供給するための通風 (draft) の方法には

- ① 自然通風 (natural draft) (煙突によるもの)
- ② 機械通風 { 誘導通風 (induced draft) / 強壓通風 (forced draft) }

があるが、発電所では大抵①②の兩方法を併用してゐる。

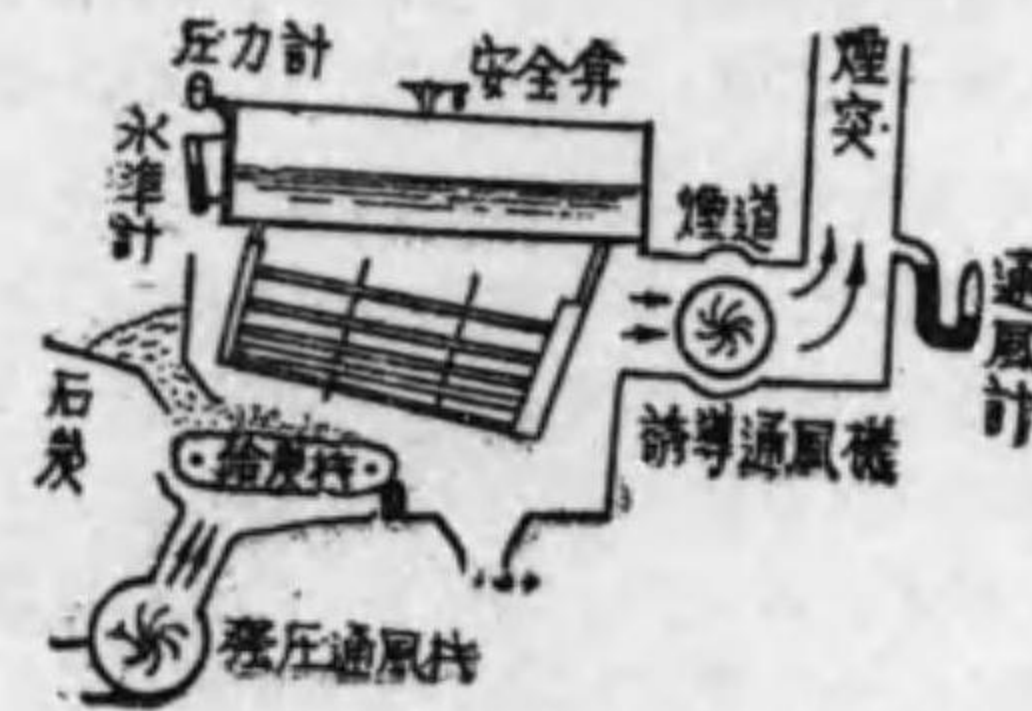
(A) 煙突 (chimney) これには煉瓦製、鐵筋コンクリート製、鋼板製の3種があるが、発電所では煉瓦製のもの使用されぬ。大正の頃はコンクリート製が全盛で、昭和に入つては明治時代に歸つて又鋼板製が多く採用される様になつた。今や鋼鐵の代用品が喧しく叫ばれる折、再びコンクリート煙突の時代が來さうである。煙突の通風度 (煙突のみによる通風度は水柱の 7~15mm 程度) はその高さに比例してよくなるが、經濟的限度から 85m を超へるものは珍しい。近來の発電所では屋上に煙突を設置することが多く、概ねその高さは 50m 内外である。

(B) 機械通風 (mechanical draft) 煙突による自然通風では通風度は殆ど一定で負荷の變動に應じてなす調節はダンパー (damper) を手で操作して行ふのであるが、汽罐を無理焚るとか又節炭器や空氣豫熱器を設置する場合、自然通風だけではどうしても具合悪い従つて機械通風を併用するのであるがその利点は

- ① 燃焼率を増し蒸汽の發生を大ならしめるので汽罐容量が増す
- ② 負荷に應じて通風を自在に調節出来る。
- ③ 給炭機や燃焼に應じて最大燃焼率を保ち得る。

④ 煙突から逃げ去るであらうところの廢熱を節炭器又は空氣豫熱器で以て回収出来る。等であるが、勿論通風設備に相當多くの費用を要する。

機械通風には送風機を煙道中に設けて熱瓦斯を導出して通風を促進する



第 30 圖

と同時に下方から空気を吸込ませる誘導通風と、送風機を以て火床の下から空気を押込む強壓通風とがある。後者は風道を氣密にするか或は第 30 圖の様に平衡通風 (balanced draft) として誘導通風とを併用して火床に於て常に大氣壓とする等しい壓力に保たないと爐の壓力が大氣壓より高くなる場合火や灰を吹き出すことがある第 30 圖から誘導、強壓それぞれの送風機設置箇所が納得されよう機械通風では通風力は送風機の容量で自由に得られるが、強壓通風では水柱の 25~100 mm, 下方給炭機では 150~200 mm 程度である。又誘導通風機では 50~80mm で 100mm を越へるものは少い通風装置の附屬機器として、石炭の完全燃焼に適當な空気を送つてゐるか否かを検する CO₂ 記録計 とか、通風度を測る 通風計 (draft gauge) などが設けられる。又汽罐負荷の變化に應じて燃焼

及び空氣の供給量を自動的に調整して蒸汽壓力を一定に保たしめる自動燃焼制御裝置も廣く採用されつゝある。

10 給水設備

汽罐に給水する事は蒸汽發生に於て第一に必要な事である。肉眼で夾雜物の混つて見へる水はさて置き、上水道の水などでも種々の鐵物質を含んでゐる。之を其の儘汽罐に入れると水分が蒸發した後溶解して居た鐵物が湯垢 (scale) として残留し、罐壁に附着するは熱の不良導體であるから汽罐を部分的に過熱し、遂には破裂せしめるに至る。又之が化學的に罐板を腐蝕せしめる等の障害がある溶解してゐる鐵物は、炭酸石灰 (CaCO₃)、硫酸石灰 (CaSO₄) 等であり、CaO を 1/100,000 含む水を硬度 1 と定め、硬度の 8 以上を硬水 (hard water)、それ以下を軟水 (soft water) と稱して居る。普通、硬度 5 以上のものは豫め之を加熱するが、加熱に依つてその垢が除かれるのは炭酸石灰のみで、硫酸石灰は除かれない。それで之の除去には化學的方法を採る。其の他、油脂等の除去には機械的の濾過器が使用される。即ち給水の處理には、化學的清淨法、濾過器、加熱法、蒸溜法等がある。

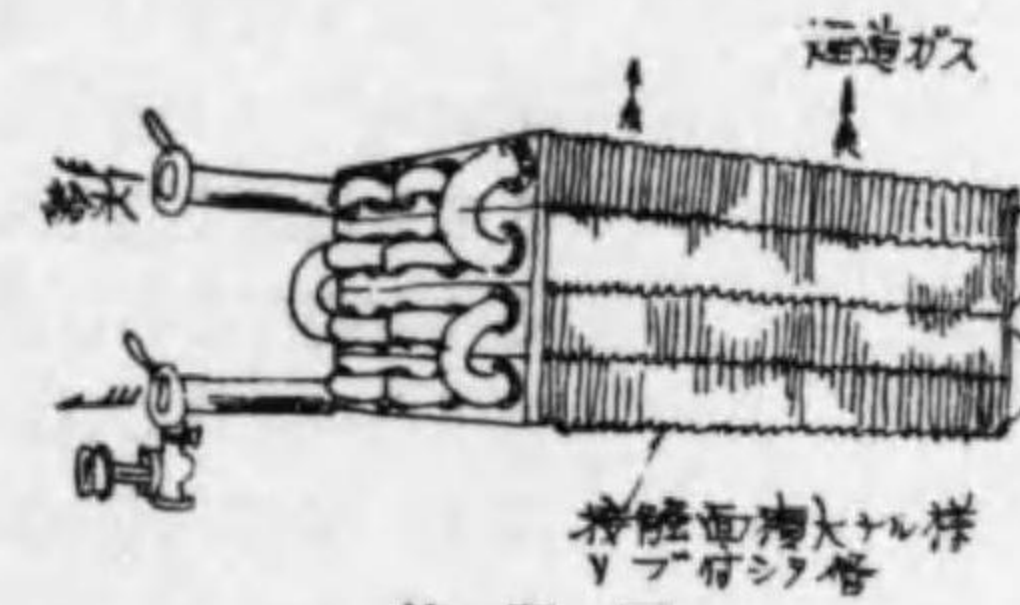
(A) 給水加熱器及節炭器 (Feed water heater and Economizer)

給水を汽罐に冷水のまゝ入れる事は前述の如き障害があり、且つ高温水の中に冷水を入れると部分的に溫度の相異が出来て、之が罐壁の膨脹の度合を變化せしめるから、機械的歪を生じて損傷の原因を造る。それで給水は豫め加熱して置く方が利益である。豫熱の方法に、タービンより出た廢汽、又は相當の仕事量を持つた抽汽……16 特殊タービンの (C) 抽氣タービンの項を参照……に依つて加熱するのを給水加熱器、煙道瓦斯の有する熱に依るものを節炭器と稱する。

① 給水加熱器 には給水面と蒸汽とが直接々觸する開放式と、その間に壁面を有する密閉式とがある。之に入れられる給水は機器を冷却して來たものであつて、之が 2, 3 段に行はれ、150°C 程度に溫度上昇されて節炭器に送られる。

② 節炭器 は給水加熱の上記の利点の他に、煙道瓦斯の余熱を

利用して熱能率を良好にする利点がある。抽汽を利用する給水加熱器の爲に之の用点が減殺された感があるが、近來次第に高温蒸汽が使用される爲その余熱も増大する譯で、近時の發電所ではその加熱

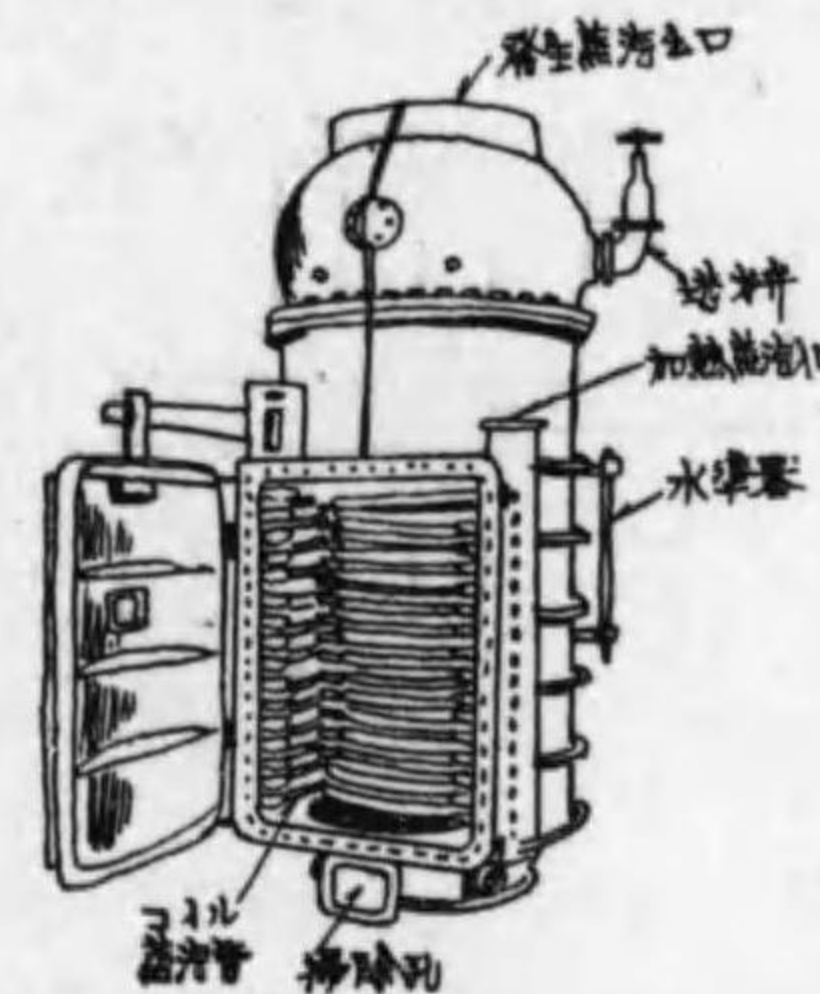


第 31 圖

面積は汽罐のそれと同一に達する迄増大して來た従つて汽罐は唯蒸發熱のみを與へる様な傾向になつてゐるが普通は 50~80% 程度である。第 31 圖は節炭器の構造を示す。

(B) 蒸溜器 (Evaporator)

後に述べる觸面復水器では蒸溜水が得られるから、之を給水として使用する事が非常な利益である。然し漏洩等の爲の減少を補ひ、又タービンの最大出力時にその蒸汽不足を補ふ爲に蒸溜器(蒸化器)が使用される。第 32 圖は之を示すもので、水中にコイル状銅管を入れ、之に加熱用蒸汽を通して生蒸汽を得る。普通は復水器の蒸溜水の 5~10% 程度の容量のものが備へられてゐる。又後述する背壓タービンを用ひた時の最後の廢汽を、自家用發電等では工場用として使用する事がある。此の場合には、第 33 圖の如き蒸汽交換器



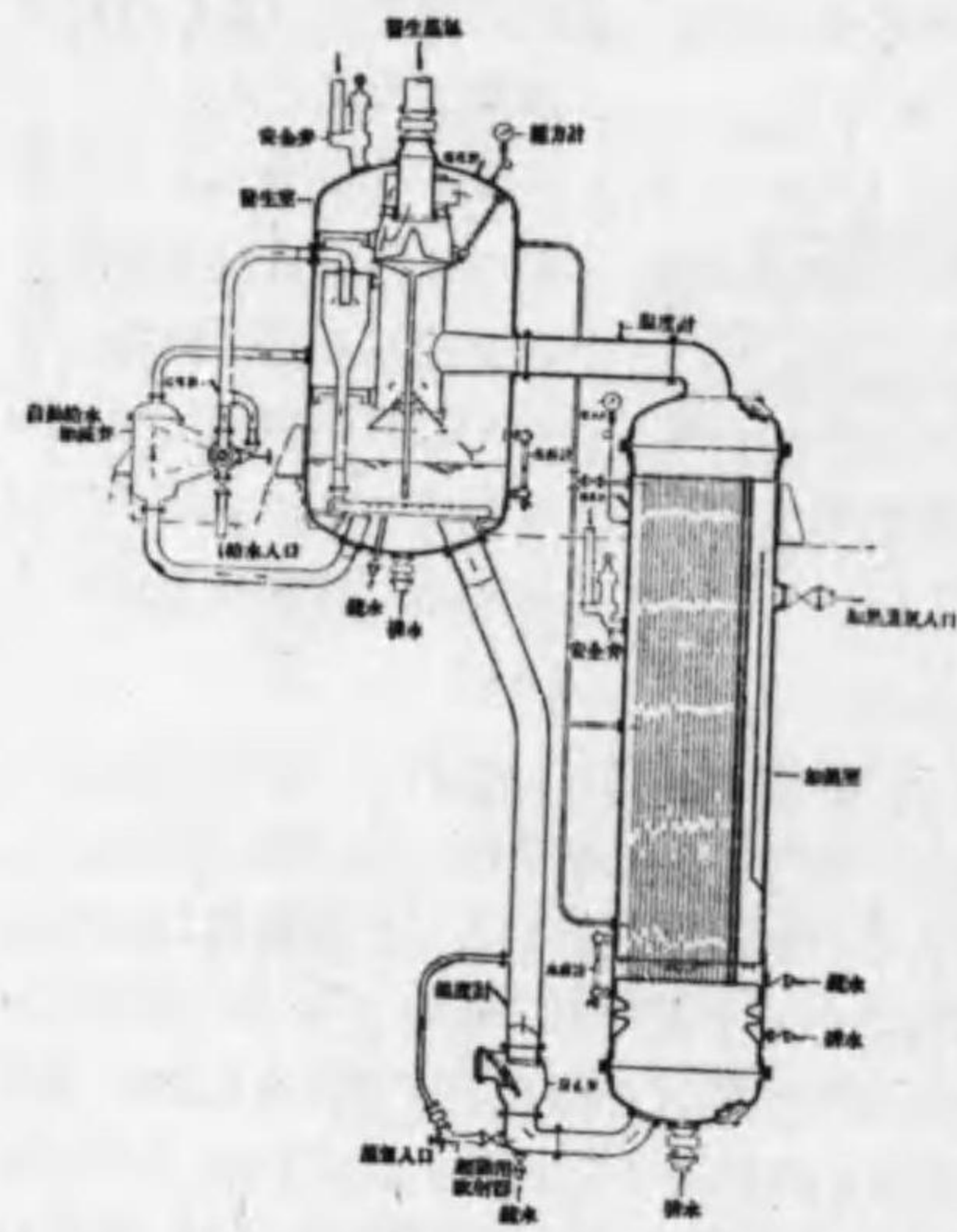
第 32 圖

(steam changer) を使用し、廢汽を以て之の加熱蒸汽とし、蒸發復水した給水を給水加熱器を経て汽罐に送り、別に加熱蒸汽の蒸發熱で工場用蒸汽を得る様にしてゐる。

(C) 給水機械

給水には、タービン・ポンプ (turbine pump) が使用せられ、之れで蒸汽壓力に打勝つて注入せられる。普通その壓力は數十

%高い事が必要であり、その容量は蒸發量の2倍のものを獨立に2箇設備する事になつて居る。



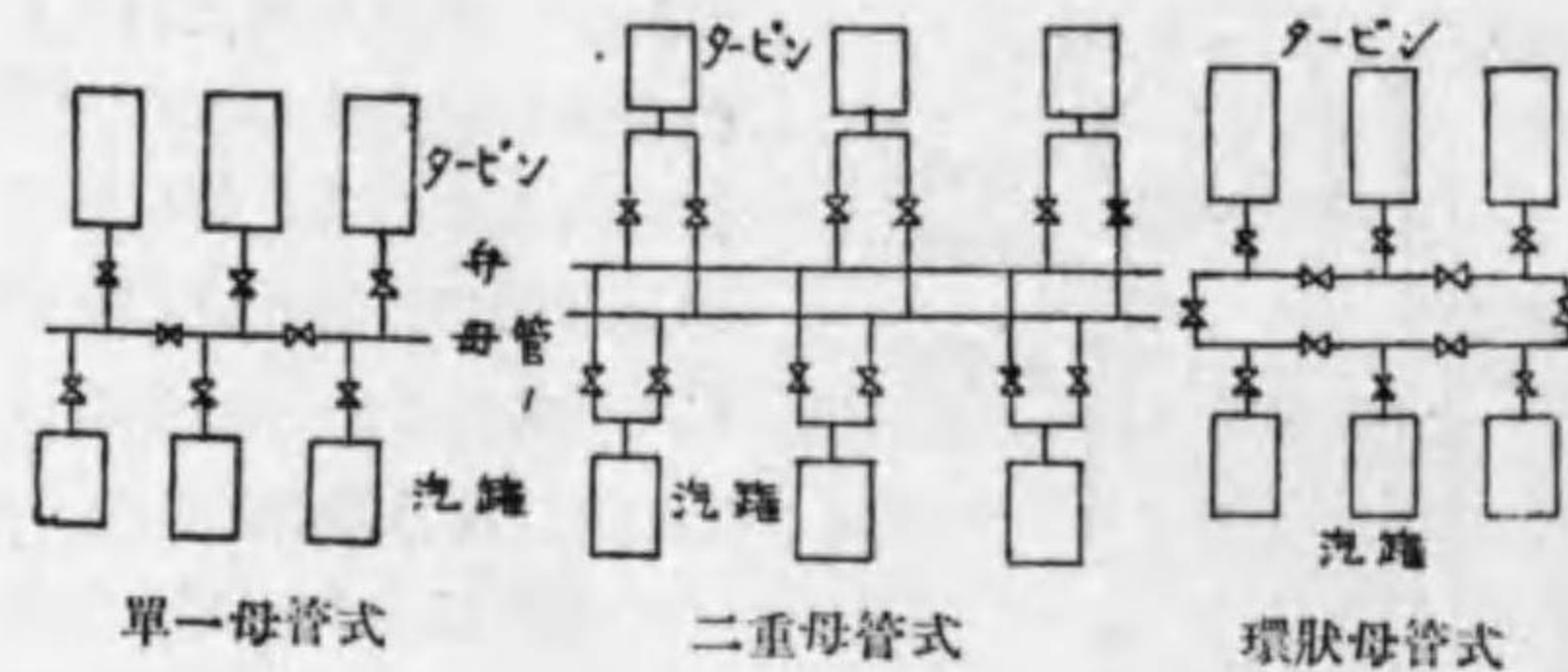
第 33 圖

11 送汽設備

汽罐で發生した蒸氣をタービンに送り届けるのを送汽設備と云ひその主要なものは蒸氣管である。管の材料は軟鋼、鍛鋼、鑄鐵製のものをその要求される條件によく適合した所に用ふるのであつて、腐蝕の虞ある箇所には眞鍮管を特殊加工して使用する。

① 配管方式 汽罐もタービンも唯一台のものでは文句はないが、多段のものとなる

と、その配管方式に第 34 圖の如く、單一母管式、二重母管式、環



第 34 圖

狀母管式等がある。圖で判る様に、環狀式は融通性が大きい上にそ

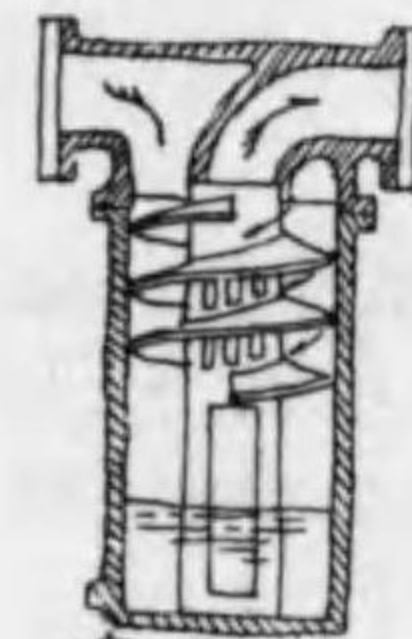
の配管互長も二重式より少なくてすむから専ら之が實施される。然し汽罐、タービンを一對究直列にした單位式なる配管方式もある。

② 汽水分離器及蒸汽トラップ (steam separator and steam trap) スチーム セパレーター アンド スチーム トラップ 配管中を飽和蒸氣又は過熱蒸氣が流れると、管の冷い壁に觸れて幾分かの凝結水が發生する。之は管及びタービン翼等を損傷する原因

となるので、汽水分離器で水分を除去する必要がある。

汽水分離器には水分の遠心力が蒸氣のそれより大なる点を應用した遠心力分離器と、濾過網を用ひた濾過器とがある。

(第 35, 36 圖参照)



第 35



第 36 圖

汽水分離器に依つて分離された水分を適當に管外に排除する爲に蒸汽トラップを使用する。

之には次の如きものがある。入つた水が多くなると槽が沈下して弁が開き水分は器内の壓力の作用で外部に排除される。又入つた水が多くなると浮子が浮き上り、之が弁を開いて浮子の位置が元通りになるまで溜つた水を排除するものである。

(VII) 蒸汽タービン設備

12 蒸汽タービンの分類

蒸汽タービンは水車と同様に分類される。

(A) 動作原理より分類

① 衝動タービン 蒸汽の噴射を動翼に當て、その速度を利用して回轉力を得るものである。

② 反動タービン 蒸汽の噴射の壓力と速度を利用するものである。

(B) 汽筒の様式より分類

之は次に説明する汽筒の數に依り 2 段 3 段等のものがある。

(C) 使用蒸気圧による分類

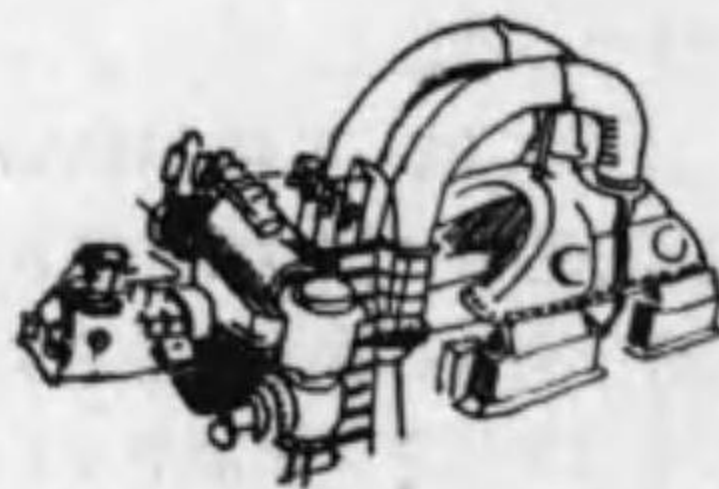
普通は高、中、低圧タービンに分類されるが、之は一台のタービンに於ける汽筒の各々に就いて云はれる。

(D) 蒸気の流れる方向に依つて、軸方向に沿つて流れるものを軸流、回轉圓板の半径方向に流れるものを輻流と稱する。

(E) 軸方向に依つて横軸と縦軸の區別があるが、現在発電所用とされるものは例外なく横軸である。

13 蒸気タービンの構造

蒸気タービンの外見は第 37 圖の如くである。第 38 圖は衝撃タービンの断面圖であつて、之に依つて蒸気タービンの大体の構造が窺へやう。

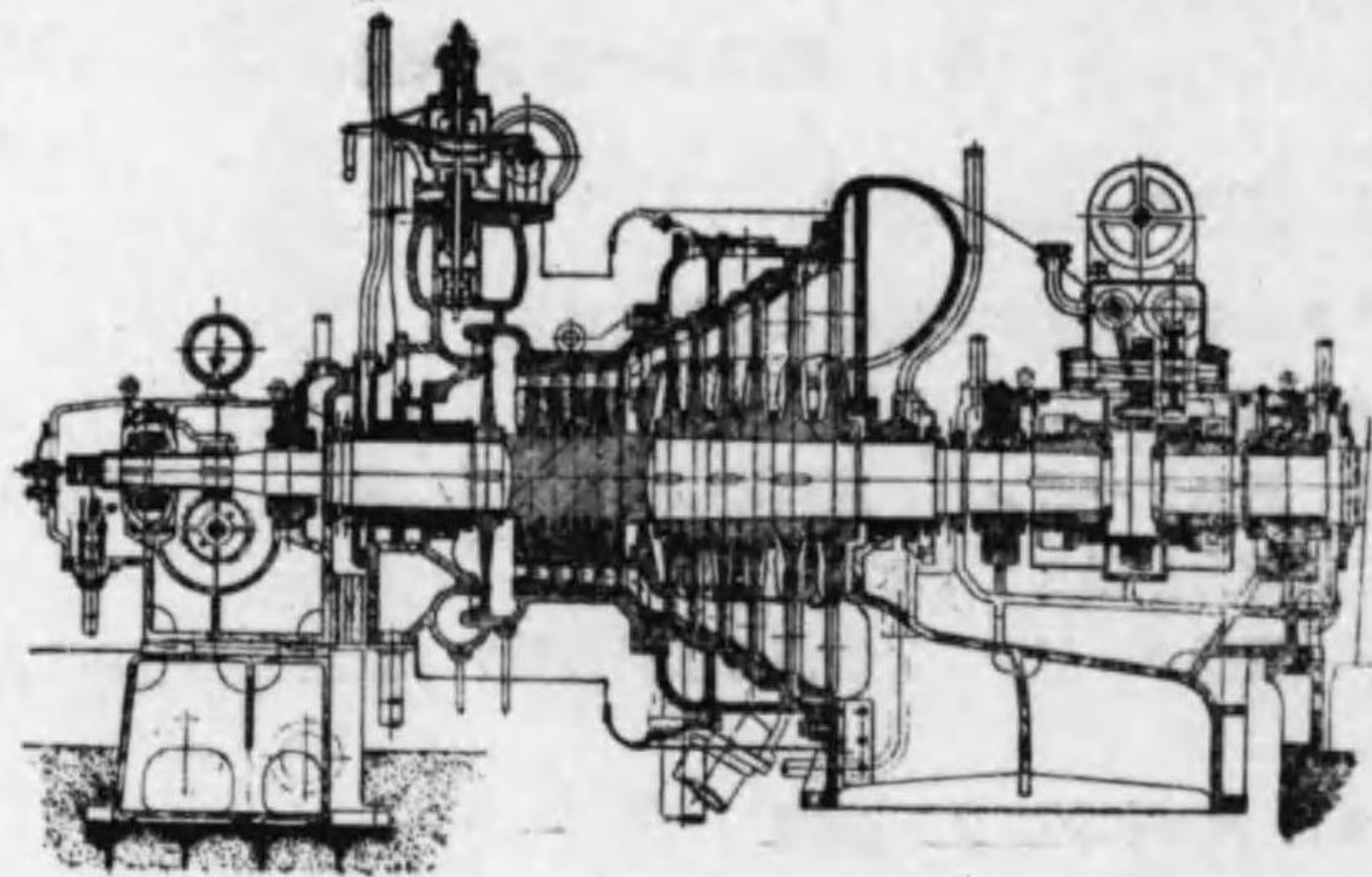


第 37 圖

衝撃タービン反動タービンに於てもその蒸気の膨脹を如何に作用さすかに依つて種々なる型式に分類される。以下之等に就て説明しやう。

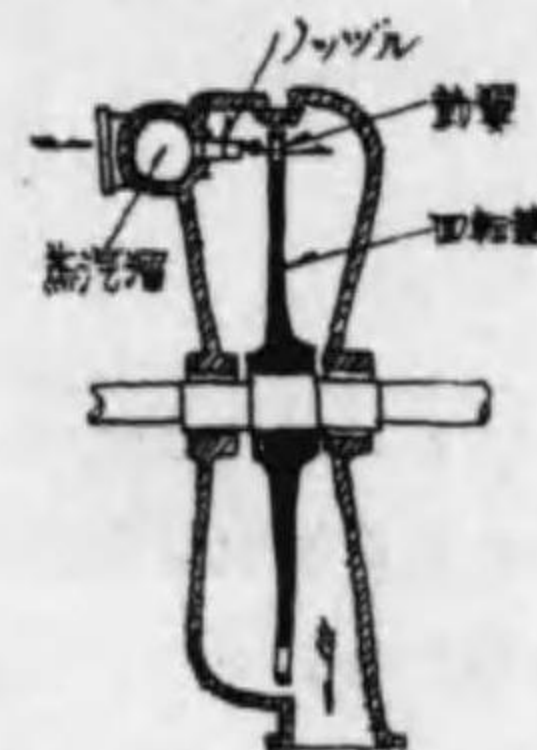
(A) 單動衝撃タービン

第 39 圖の如く單一ノズルによつて蒸気が壓力及び熱降下を行

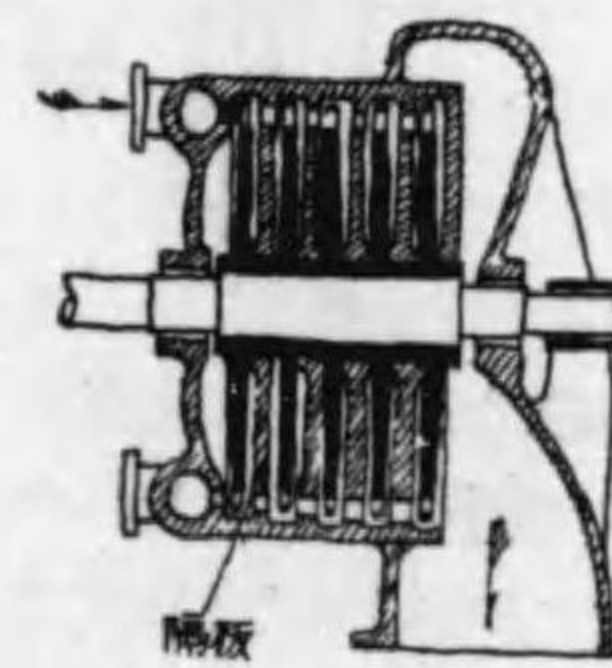


第 38 圖

つて、熱エネルギーは運動エネルギーに変換され、非常な速度で噴射して之が圓板上に一系列に配列された動翼に衝撃する。此の型式では壓力降下が一つのノズルでされる爲、蒸気の噴射速度は非常に大となる。従つて、超高速となり、普通のものには減速齒車装置 (speed reduction gear) を必要とし、且つその仕事をし終つた蒸気に多くの運動エネルギーを含んでゐる (始めの 10% 程度) 故に能率も良好でなく實用的ではない。



第 39 圖



第 40 圖

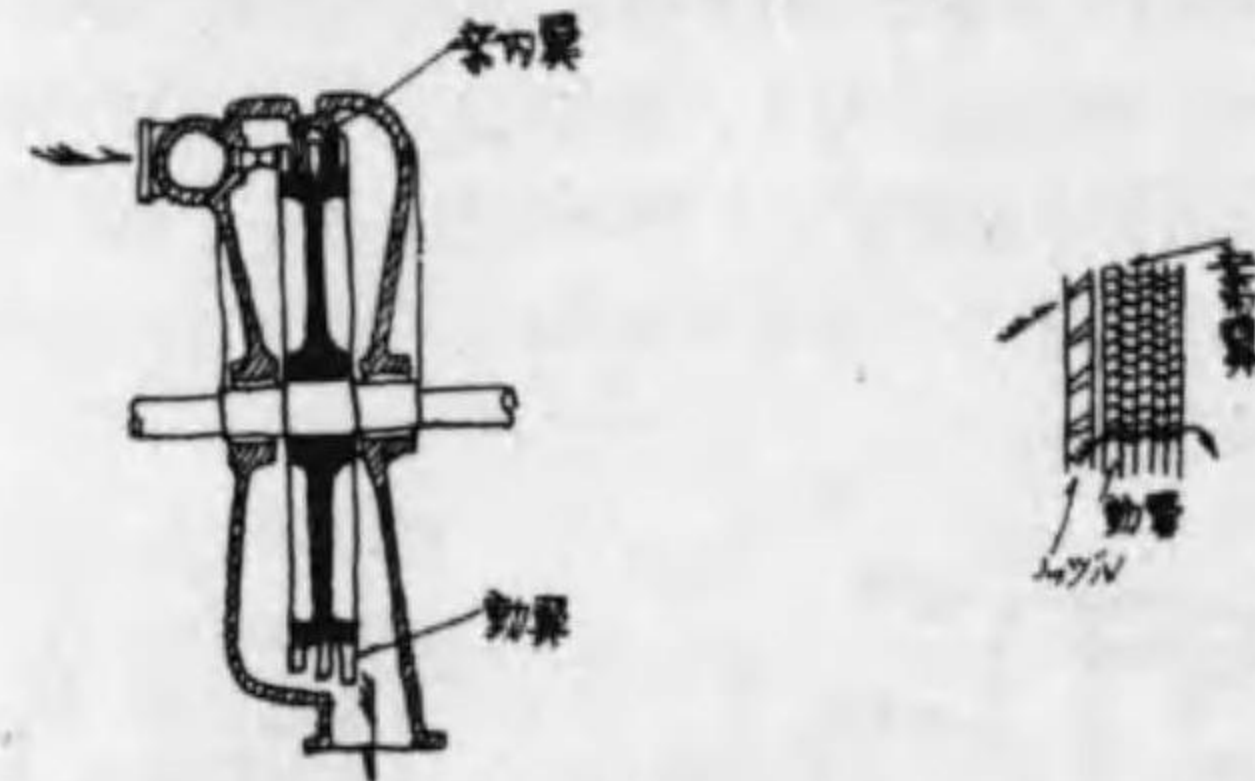
(B) 複壓衝撃タービン (pressure compound impulse turbine)

單動衝撃タービン數筒を第 40 圖の如くに同一軸に直列に設ける即ち第 1 段で仕事をした蒸気を次に第 2 段のノズルで噴射させる……斯様に順次に膨脹させる……ので單動式の如く非常に高速となる事はなく、且つその廢汽損失は 1~2% にまで低下し得る事等の利益がある。此の型式では、各々のノズルと動翼に於て壓力が順次に降下する爲に複壓衝撃タービンとせられ、ツエリー・タービン (Zoelly turbine) 又はラトー・タービン (Rateau turbine) とも稱してゐる。

(C) 複速衝撃タービン (Velocity compound impulse turbine)

第 41 圖の如く回轉圓板に動翼を數列 (普通 3 段以下) 植付けたものを用ひ、ノズルより噴射する時蒸気壓力は一段で落されてしまふが、その速度は列數に逆比例させられるから、單動式の如き高速度とならずに済む。又圖に示す様に、第 1 動翼より出た蒸気方向は

逆方向であるから、別に静止した案内翼で以て一度方向變換して前と同方向に向け直す必要がある。此の式は實用上動翼が3段以下の



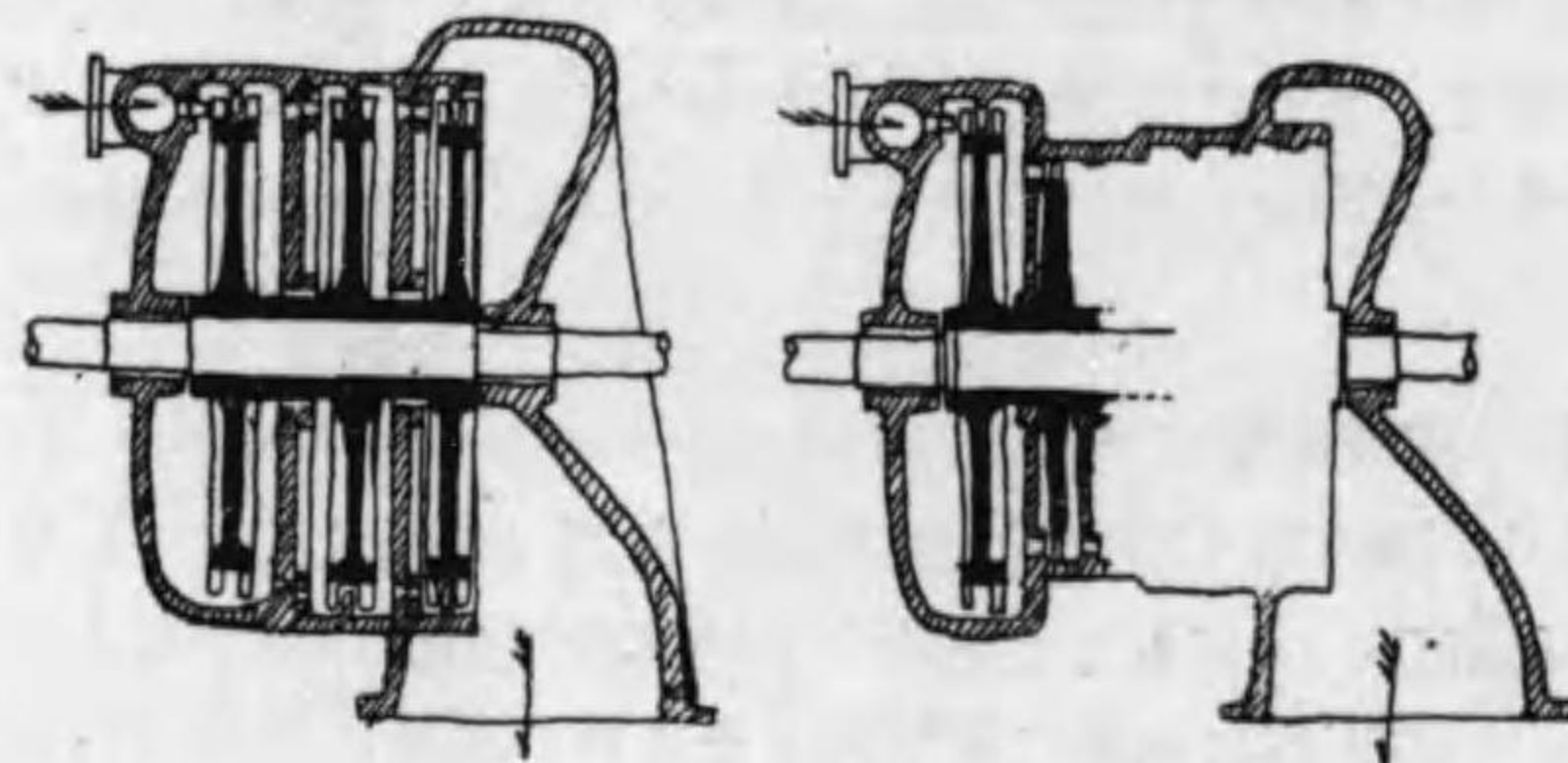
第 41 圖

ものしか用ひられず……速度がまだ高すぎる……且つ能率が悪いので一般に大型機には實用されず、極く小容量且つ取付場所の小なる事を望む所に用ふれば單動式よりは有効である。

(D) 複速複壓衝擊タービン

ベロシチー プレツシュアー コンパウンド インパルス タービン
(Velocity pressure compound impulse turbine)

複速式では3列以上の動翼を使用するのは効率の点で不満であり複壓式ではその列数を大にすると非常に長大なものとなる欠点があるので之等を組合はせて成る可く小型で且つ能率よくしたものが此の方式である。カーチス (Curtis) タービンと稱せられ第 42 圖の如きものである。較近のものには割合に製作される事少く、唯ツエ

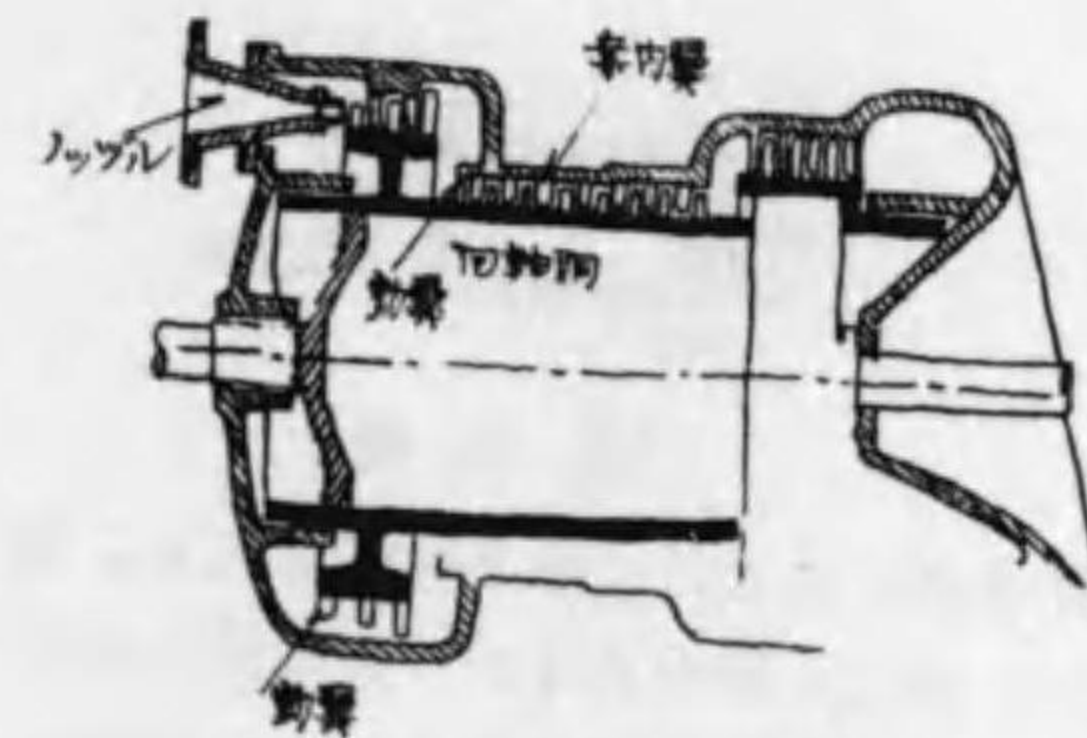


第 42 圖

リータービンの第1翼のみ複速としたカーチスツエリータービンと云ふべきものが多い。

(E) 軸流反動タービン (パーソンズタービン)

回轉圓筒胴 (Rotor drum) の周圍に數十列の動翼を植込み、別に



第 43 圖

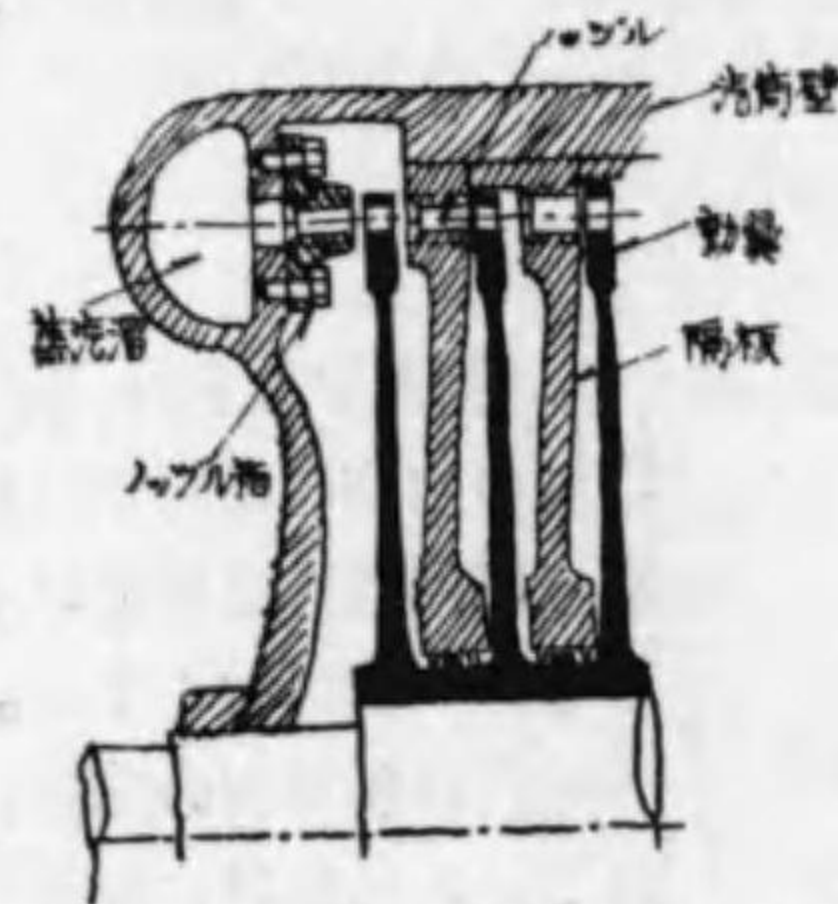
汽筒の内側に圓周形に靜翼 (案内翼) を取付ける事第 43 圖の如くする。

蒸汽は動翼間の膨脹に於て、その動翼に反動力を與へ、靜翼間の膨脹に於てその靜翼に衝擊力を與へて回轉圓筒胴を回轉せしめるものである。此の型式は

- ① 蒸汽の有する熱を充分に利用出来る様、その膨脹は比較的簡單である。
 - ② 且つ低速運轉も容易である。
- 等の利益がある。然し
- ① 高壓部分に於て翼端よりの漏洩蒸汽が大きく、効率が減殺される。
 - ② 翼の段数を多くすると胴が長大になる。
- 等の欠点を有してゐる。此の欠点を補ふものに、高壓側にツエリー或はカーチス型の衝擊翼を取り付けたカーチスパーソンズ型、ツエリーパーソンズ型等のものが實用されてゐる。

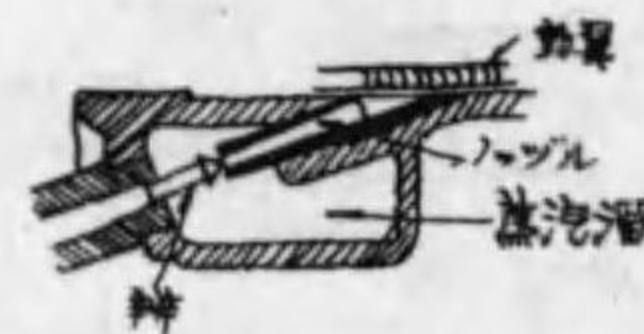
14 各部の構造

① ノズル (Nozzle) は前述の如く蒸汽を噴射するもので、單動衝擊、複速衝擊タービンではその膨脹は1段のノズルに於て行はれる臨界壓力を超えてゐるから廣がりノズルを使用する其の他のタービンに於ては細まりノズルを使用する。例へば廣がりノズルは



第 44 圖

第 44 圖の如き構造をして居りツェリータービンに於ては廣がり細まりノズルが全圓周にそつて隔板に取り付けられてゐる。但し第 1 段のノズルのみは



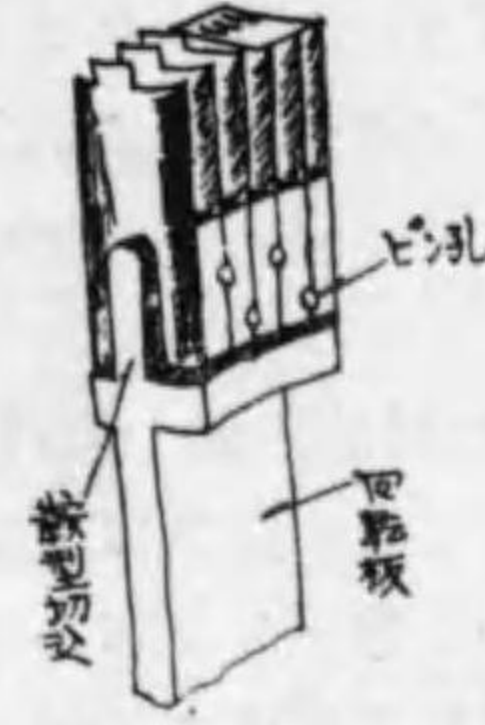
第 45 圖

第 45 圖に示す如く、ノズル箱と稱するものに取り付けられる。此の取付方法も、鑄込法、切出法、組立法等があるが一般に鑄込法が行はれ、精密を要するものに組立法、切出法が適用される。材質は主に不銹鋼が使用される。

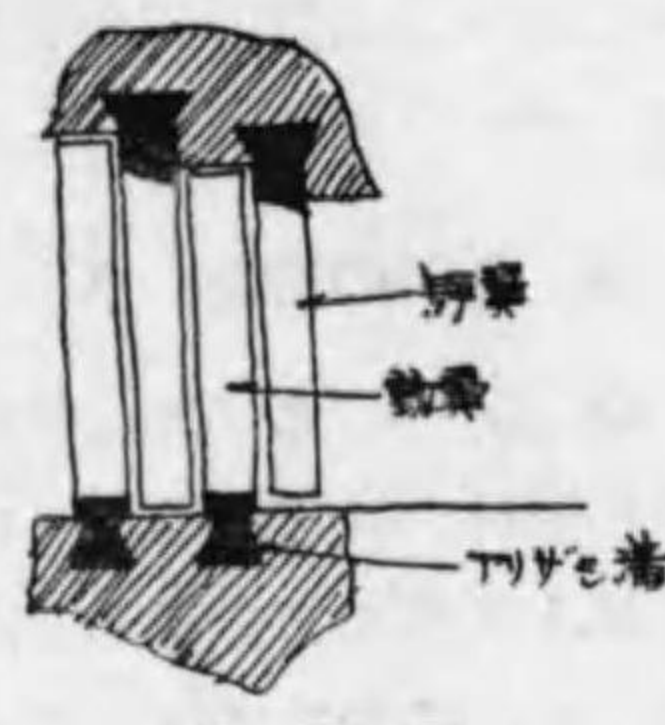
④ 翼の形状は蒸気が流通する際に、出来るだけ多くの仕事量を得、且つ渦流、摩擦損失等が成る可く少い様に設計される。例へば翼の長さは蒸気の流通量に對して必要な通路だけ與へれば宜しい。一方蒸気は高壓段より低壓段に至るに従つて膨脹し、その体積は増大する爲、第 38 圖に見る如く低壓段に従つて大きくされる。翼の巾はその長さの $\frac{1}{2}$ 程度に選ばれ、そのピッチは過小にすぎれば摩擦損失が増大し、過大にすぎれば蒸気の案内の作用が不十分になる。實驗上、衝擊タービン 8~18 mm, 反動タービン 5~



第 46 圖



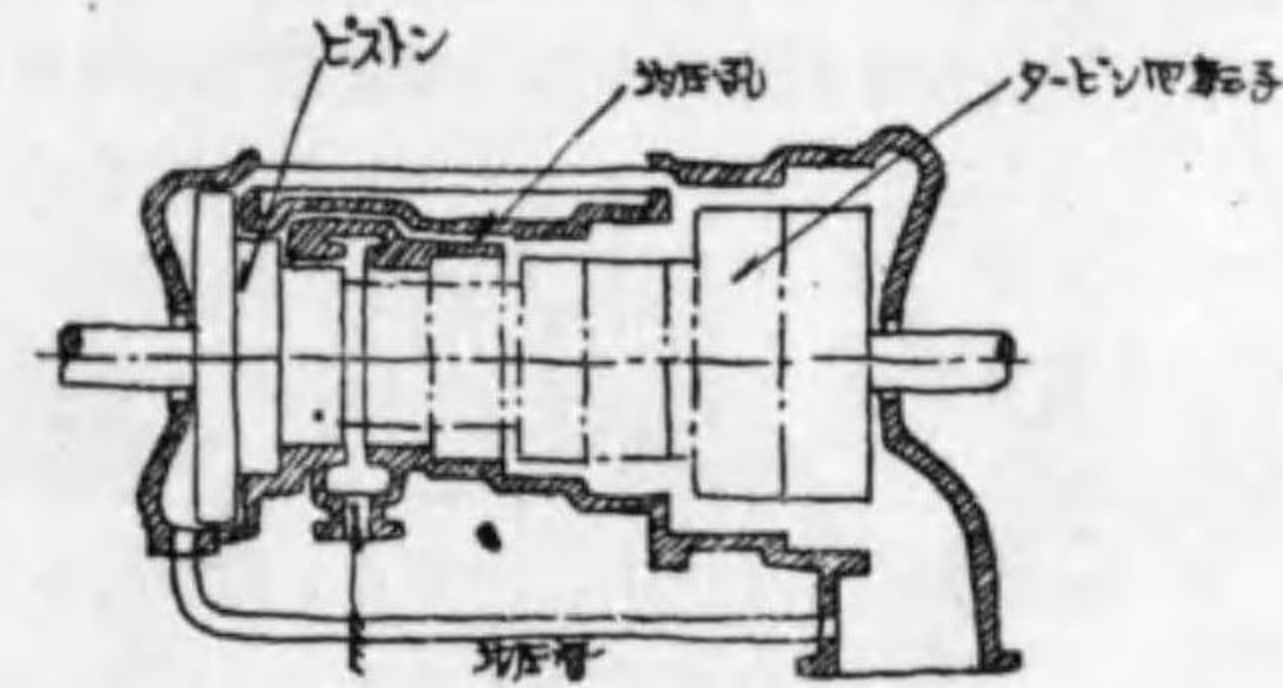
第 47 圖



第 48 圖

15 mm に選定される。又、翼の間隙は衝擊タービンに於てはその尖端は比較的ルーズに行くが、ノズルと動翼の軸間隙が問題で、之は 2~5 mm に選ばれる。又反動タービンに於ては、翼尖端間隙は $0.25 + \frac{8}{12,000} D$ …… D は胴の径…… にて與へられてゐる等である。材料は、工作容易、耐腐蝕性が大、熱膨脹が小、等の点より不銹鋼が主に使用されてゐる。翼の衝擊タービンに於て翼車への取り付けは第 46, 47 圖に示す如く、鞍型切込に嵌め込みピンで固定する法、T型切込に嵌め込む方法等が採用せられる。反動タービンに於ては、第 48 圖に示す如く、アリザシ (dove tail) 溝に依つて固定される。

⑤ 反動タービンの釣合ピストン (Balance piston or Dummy piston) 衝擊タービンに於ては 1 つの翼車の両側では何等膨脹を

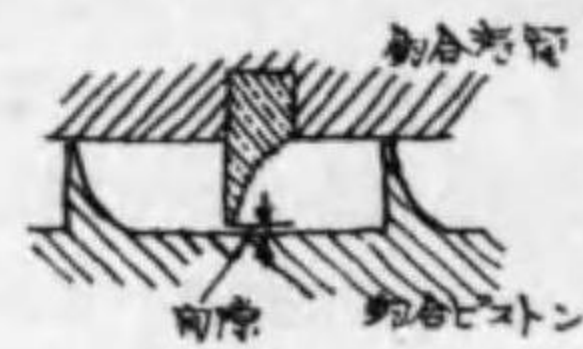


第 49 圖

行はないから、其の両側の壓力は等しい。反動タービンでは翼の手前より向ふ側の方が膨脹に依つて低壓となる爲に、回轉胴全体が高壓側より低壓側に向つて軸方向に一種の推力を受ける事になる。之を防止する装置を釣合ピストンと稱し、第 49 圖に示す如く蒸汽入口より回轉胴と反對側に蒸汽を導き、低壓、中壓、高壓部分の胴の壓力と均壓管を以て連結する。大型機に於ては汽筒の中央より左右に 2 分して流し、その推力を相殺する様にして、此のピストンの必要をなくする方法を採用する事が多い。

① ラビリンス・パッキング (Labyrinth Packing) 均合ピスト

ンと汽筒の間隙が大なる時は之からの蒸気漏洩損が増大し、逆に小さきにすぎれば両者が密着して擦れる虞がある。それで之の防止に設けられるものが、ラビリンスパッキングであつて、ピストンに第



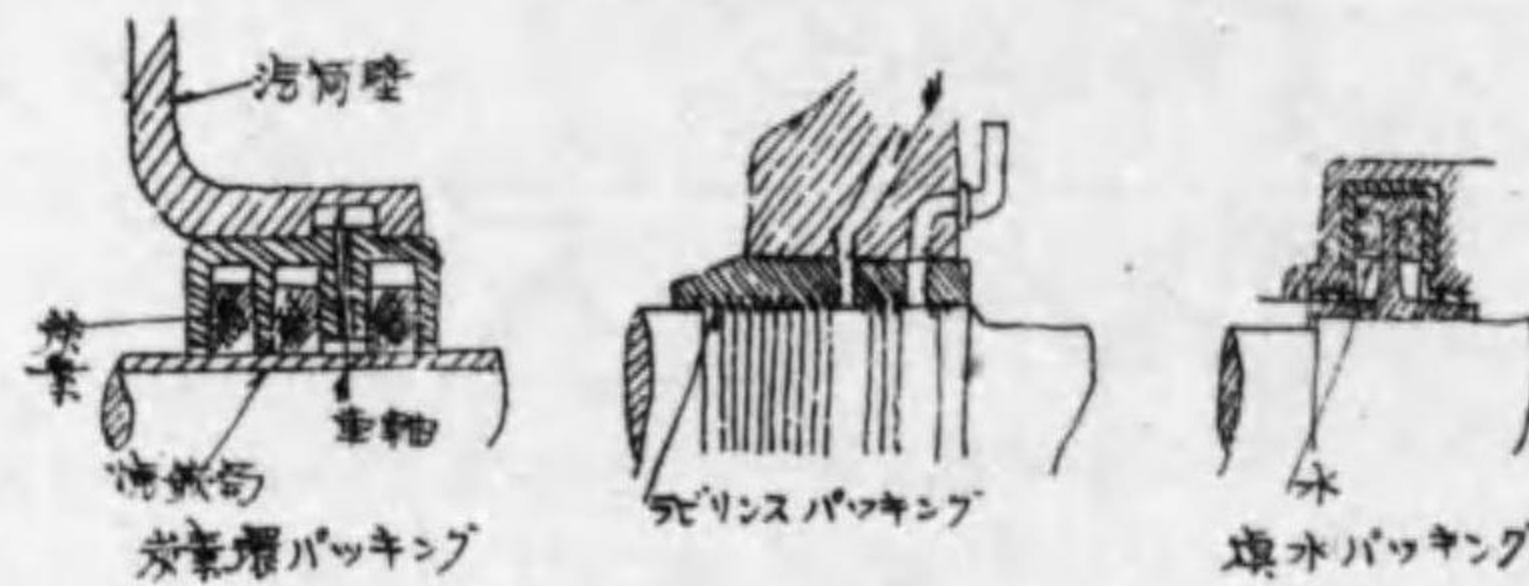
第 50 圖

50 圖に示す如き形状、寸法の^フを削り出す。又汽筒内壁に溝を切り、之に眞鍮線等を植込んで、之等の間隙を蒸気が通過する際に、次第に壓力降下し且つその速度は鏢に衝突するから漏洩が非常に減殺される。

⑥ パッキング・グランド (Packing grand)

グランドとは軸が汽筒より出る境界部分を云ひ、之に間隙が大であると高壓部では蒸気の漏洩があり、低壓部では空気が侵入し、復水に空気を混入する様な不都合が生ずる爲に、之を十分に氣密にする必要がある。此の目的のパッキングとしては

- ① 炭素の耐熱性と摩擦係数の少なき事を利用した炭素環パッキ



第 51 圖

ング

- ② 釣合ピストンのラビリンスパッキングと同一の構造のもの
- ③ 水を入れた箱に依り水と汽筒壁を接觸せしめて氣密を保つ填水パッキング

等がある。第 51 圖に是等を一括して示した。

⑦ **ダイヤフラム・パッキング (Diaphragm Packing)** 複壓衝擊タービンに於ては、各ノズルを取り付ける隔板に依つて各膨脹段に隔たれてゐるが、之と車軸と接觸する部分は蒸気漏洩防止のため充分に氣密にする必要がある。之に用ひるパッキングをダイヤフラム

パッキングと稱し、矢張りラビリンス型のものが採用される。

15 調速機及應急装置

^{スピード} ^{ガバナー} ^{エマージェンシー} ^{エクワイブメント}
(Speed Governor and Emergency Equipment)

蒸気タービンに於ても水車と同様、負荷の輕重に應じて其の供給蒸気量を加減して、其の速度を一定に保持する必要がある。之に用ふるものを調速機と稱する。

調速機は水車と同様の遠心力調速機で、其の聯動々作も殆ど大差はない。然し水車は案内翼の開口、又はノズルの開口の調整をなすものであるが、蒸気タービンに於ては

- ① **絞り調速** と稱し、調速機の作用槓杆で以て蒸気の汽筒に入る箇所の主瓣を絞つて、蒸気の量を加減する方法と
- ② **ノズル調速** と稱し、高壓側に衝擊段を有するタービンのみ

に設け得るもので、全ノズルを數組に分ち、負荷の減少と共に各組の瓣を順次に閉ぢて、蒸気の量を加減する方法とがある。兩者の得失を考へて見ると、ノズル調速では締め切られて居らないノズルは全壓力の蒸気が通つて居る故、絞り調速に比べて輕負荷の場合に能率は良好である。然し、構造が非常に複雑であるから、絞りの欠点さへ承知の上なら、絞り調速の方が得策である。又運轉に於ても、蒸気は負荷の如何に不拘、車室を全周一様に暖める様に導入されるから、車室の變形を防止出來、又上部車室へ主蒸気管を連絡する必要がないからタービンの解賠が簡單である。調速性能に於ては調速瓣と蒸気室間に保有される高壓蒸気量を極少に出來るから、急激な負荷變化せる際、瞬時速度變化を減少せしめる事が出來る。

應急装置としては、規定速度より 10% の速度上昇せる場合には危急蒸気遮斷装置に依つて主瓣が閉塞されると共に、空氣抽出器用の蒸気を遮斷すると同時に、復水器の眞空を破つてタービンの停止を速かにする。又之と關聯して油入遮斷器が働き、蒸気を遮斷した儘タービンを空回轉せしめる危険を防止する。

16 特殊タービン

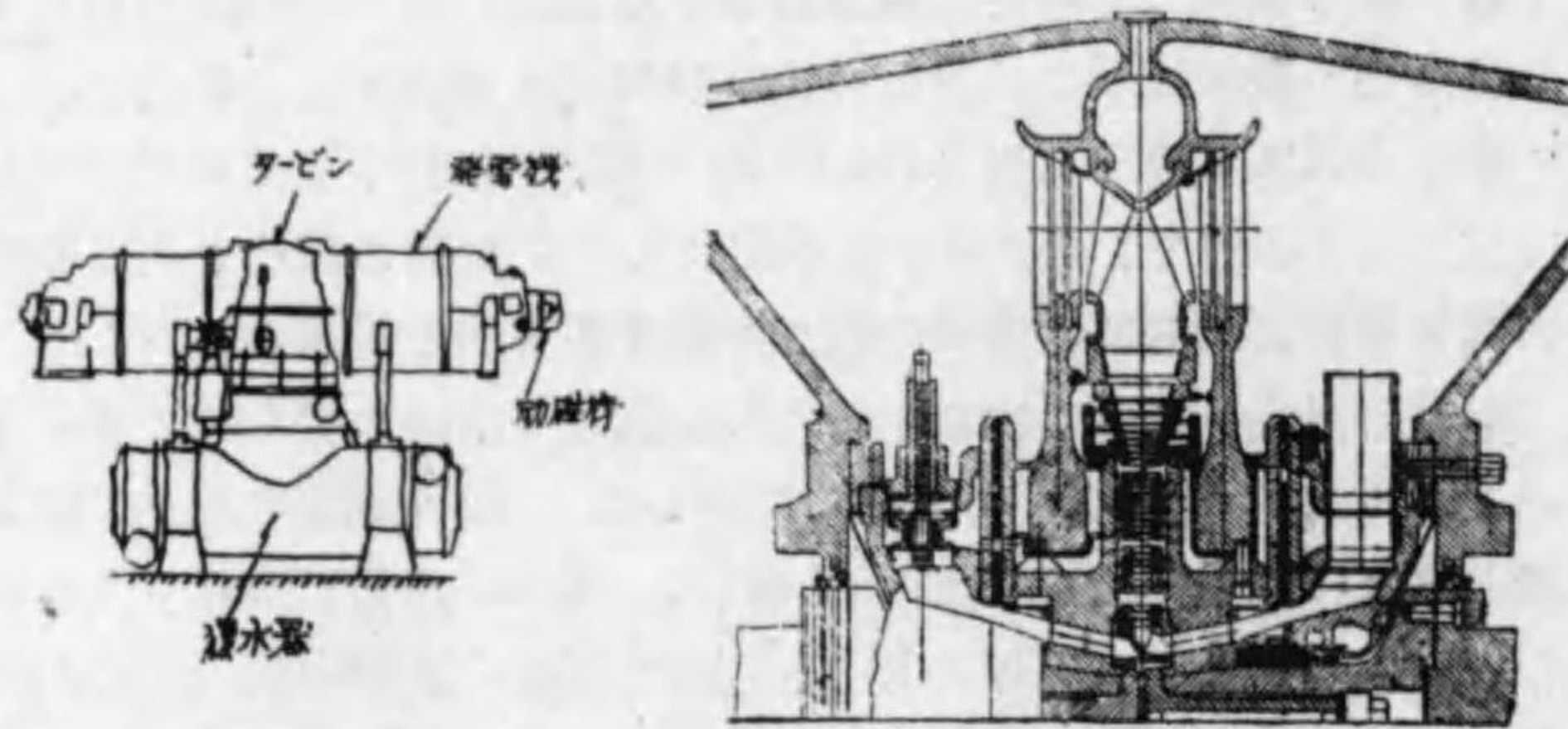
(茲に述べる特殊タービンは、その構造、蒸気、熱サイクル等が普通のもの
と異つて居るものを一括した)

(A) ユング・ストローム・タービン (Ljung strom turbin)

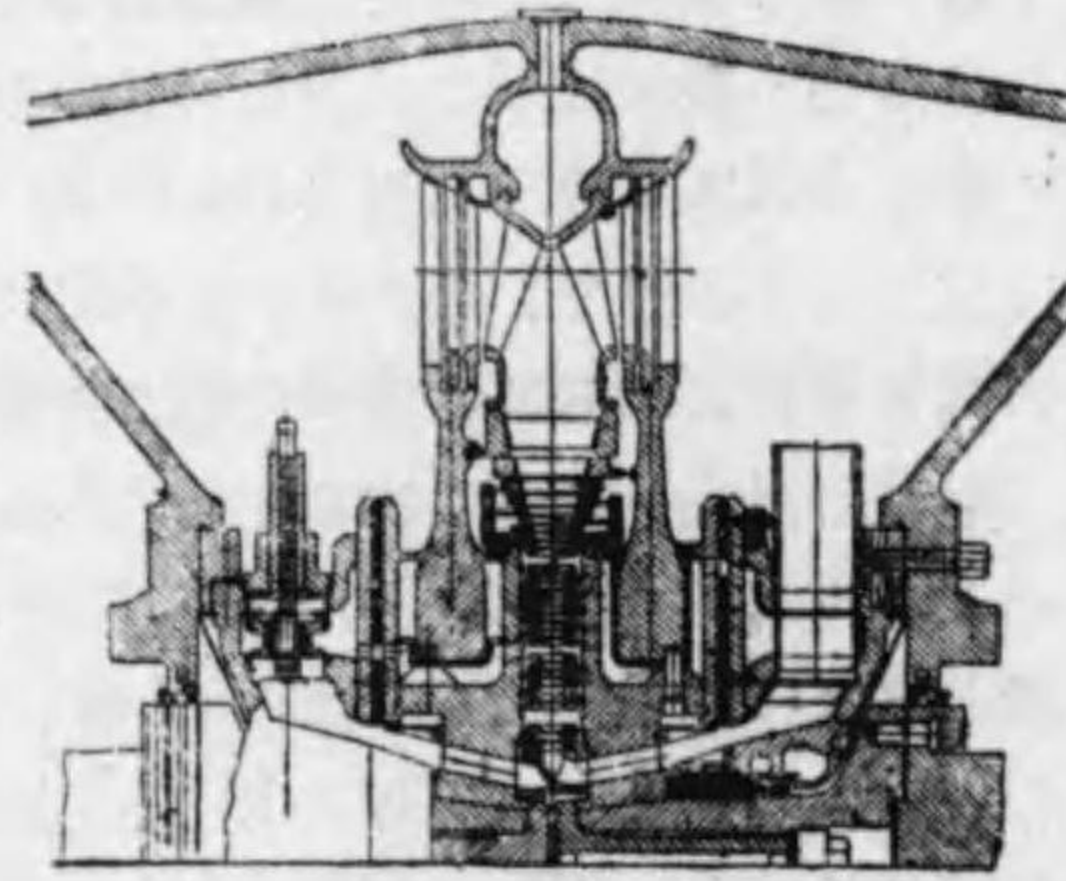
(之の別名として、^{スチール}STAL タービンとも稱するが、之は此の種のタービンが
Svenske Turbinfabrik Aktiebolaget Ljungstrom 社にて當初に製作されたか
らである)

本邦に於ては三菱重工業、川崎重工業、大阪鐵工所の三社が製作
権を得てゐるが、三菱の製品が大多数である。

此の型のタービンの外見は第 52 圖の如く、断面圖は第 53 圖の



第 52 圖



第 53 圖

通りである。圖から判断出来る如く、輻流型双回轉の回轉板を有す
る。普通の反動タービンに於て低速運轉を行はんとすれば、その効
率が非常に低下する爲、靜翼の方も回轉せしめてその關係速度を倍
加せんとする。然し普通型式のものでは汽筒を回轉せしめる事は不
可能であるから、之を圖の如き輻流型として其の目的を達し得たも
のである。その特長を列挙すれば

- ① 普通の反動タービンに比し効率が良好である。
- ② 高速なる爲、形狀重量が小さく、その据付簡單にして床面積
は少い。
- ③ 汽筒の部分では蒸気の膨脹は最低壓、最低温度になつて居る
から汽筒は肉薄で良く、保温も不要である。

- ④ 回轉板、主軸が短いので平衡をとり易い。
- ⑤ 始動が迅速である。

等である。

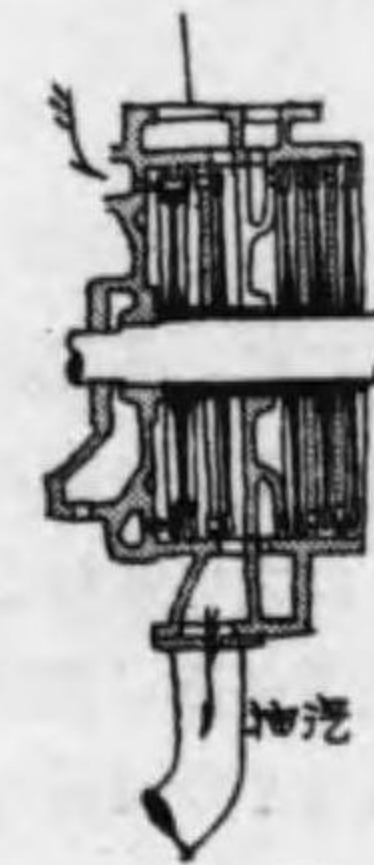
(B) 背壓タービン

製造工業の大工場に於ては、工場用低壓蒸気を要する場合に、高
壓の蒸気を發生してその廢汽を種々利用する。斯様な目的に使用さ
れるタービンを背壓タービン (back pressure turbine) と稱するのであ
つて、其の石炭消費量は 0.3 kg/kWh で足り、熱の利用率は 100
% である。背壓が常に一定な事を必要とする様な場合、工場電力負
荷が變動しても、之を一定に保持するには別に購入電力と並列運轉
する事が必要である。又特に大きな自家用發電所を有するものでは
主タービンと並列運轉される。

(C) 抽汽タービン (Extraction turbine)

低壓蒸気の使用量が變化する様な場合に、大部分の蒸気は復水器
の壓力まで膨脹され、別に適當な膨脹段に於て、汽筒より蒸気を抽
き出して使用する。抽汽タービンは背壓タービンと主タービンとを
一体に纏めたものと同様と見られるが、兩者の利益比較は數字的に
は明かでない。然し一般の發電所に於て此の抽汽で以て給水豫熱を
するとその潜熱は汽罐に返還される譯で、熱能率が良好になり、抽

出された蒸気が膨脹して働く仕事量よりも熱回収が
大である。然し此の抽汽も最高 5 段抽汽を限度とし
てゐる。抽汽タービンの概略を第 54 圖に示す。



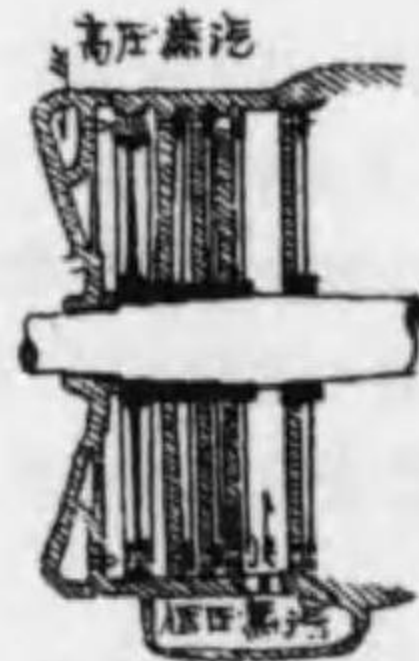
第 54 圖

(D) 再熱タービン (Reheating turbine)

過熱蒸気といつても低壓段に至ると温度が増して
腐蝕を起す。それで抽汽タービンの様に低壓蒸気を
抽汽し、之を再過熱器に依つて加熱して再び使用す
るものである。従つてその運用宜しければ全發電所
としての熱能率を増進せしめる事が出来る。

(E) 混壓タービン (Mixed Pressure turbine)

工場用自家発電所や一般発電所に於て多くのタービンの廢汽を一括して之に依つて回轉せしめるタービンである。之等の廢汽は一
 度蓄熱器 (accumlator) に導き、之にて同 - 壓力の蒸汽に變換して
 タービンに送られる。一般には能率の保證のため別に高壓蒸汽を入れて膨脹せしめる高壓
 衝擊段を併設する。丁度抽汽タービンの抽出口より廢汽を吸入する様なもので、第 55 圖
 にその概略を示す。



第 55 圖

(F) 前置タービン (Top turbine)

之は發電所の出力増加策として行はれる方法であつて、往昔不景氣時代に設けられた出力
 を余り必要としない低壓汽罐及びタービン
 を有する發電所に於て出力を増加しやうとする時に採用される。之
 は高壓汽罐及びタービンを設置して此の廢汽を舊の主タービンに舊
 の低壓蒸汽と混入して供給するもので、技術の進んだ今日、採用さ
 れて宜しき方法である。

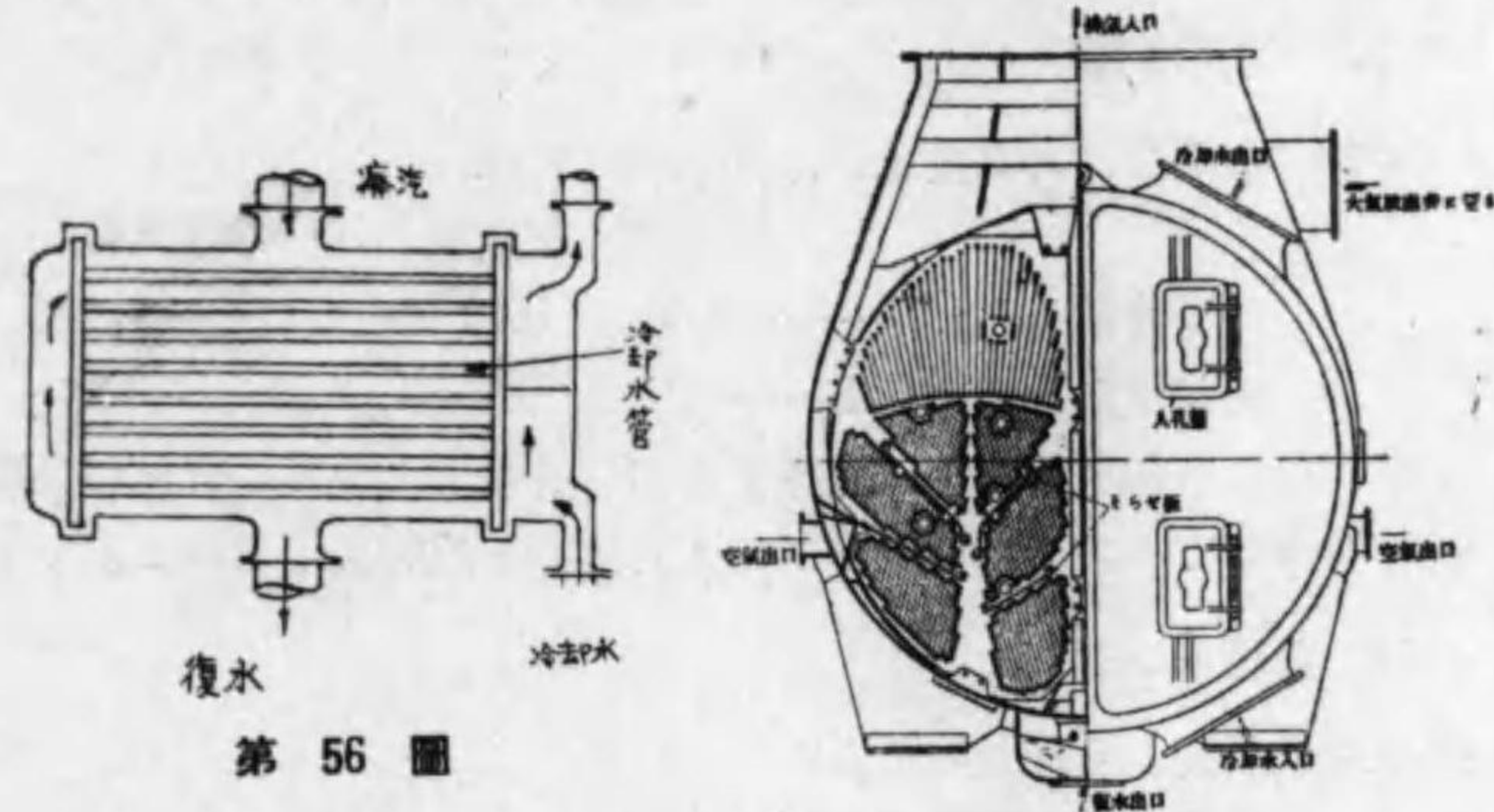
(VIII) 復水設備

17 復水器 (Condenser)

タービンの蒸汽が十分に利用される。即ち膨脹するには、高壓初
 氣壓が一定なる以上、低壓廢氣壓を低下する程有効である。今廢汽
 を冷却凝結し、復水させる時は高度の眞空を得るから、之に連絡した最終膨脹段の氣壓は非常に低下せられる譯で、之が復水器 (凝結器) の目的である。復水器の種類には、冷却用水と蒸汽との接觸方法に依つて次の如く分類される。

- 觸面式 { 觸面復水器...廢汽と冷却水が金屬板の冷却面を
 (Surface condenser) 隔てて接するもの。
 蒸發復水器...廢汽管を千鳥形にし、之の表面
 (Evaporative condenser) に冷却水を雨下せしめるもの。
- 混水式 { 噴射復水器 廢汽管に連絡する器内に冷却水を
 (Jet condenser) 霧水狀に噴射せしむるもの。
 放射復水器...ノズルから冷却水を放射せしめ之
 (Ejector condenser) に廢汽を當てるもの。

此の中、現今多く用ひられるものは觸面復水器が唯一である。



第 56 圖

第 57 圖

(A) 觸面復水器 其の簡単な構造は第 56 圖に示す如きものである。

- ① 冷却水吐出溫度と眞空溫度との差を最小ならしめる事
- ② 復水溫度と眞空溫度とを一致せしめる事
- ③ 復水の空氣量を成る可く少くする事

等の要求のため、實際は第 57 圖の如く、趣の異つた形狀のものとなる。

圖に示す如く、タービンの廢汽は上部より入り、蜂の巢形に配列された冷却水管と觸面接觸し、上部より下部に至るまでに凝結復水して雨滴の如く降下する。滴が冷却水管と接觸するのを防止する爲

に適當にそらせ板を設けてある。又凝結水は復水器の下部でタービン廢汽と直接^{*}觸して復水を加熱する方式が採用される。

圖の如き管の配列では、タービン廢汽の通過する外周面積が大であつて、凝結が速かであると共に凝結するまでの通過距離が短いから、廢汽通過のためのエネルギーが少なくて宜い。そのためタービンに於て出来るだけ膨脹させられて得である。又一般に半區分連續使用型と稱して巢型に配列された管が2分されてゐるものがある。之では何れか半分はタービンの運轉中でも、その清掃や点檢が行はれる様になつてゐる。

(B) 冷却水管

冷却に必要な冷却水量及び冷却面積は大體

	單流型	復流型
冷却面積 m^2/kW	0.08	0.12
冷却水量 $m^3/kW/h$	0.37	0.35

である。冷却水管は之に適應するだけ必要であつて、管材には腐蝕を考慮してニツケル青銅、アルミ青銅等が近時賞用される。

18 各種ポンプ

復水器に必要とするポンプには

- ① 冷却水を送る循環ポンプ
- ② 凝結復水を給水豫熱器に送る復水ポンプ
- ③ 復水より空気を抽出する空気抽出器

の三種がある。

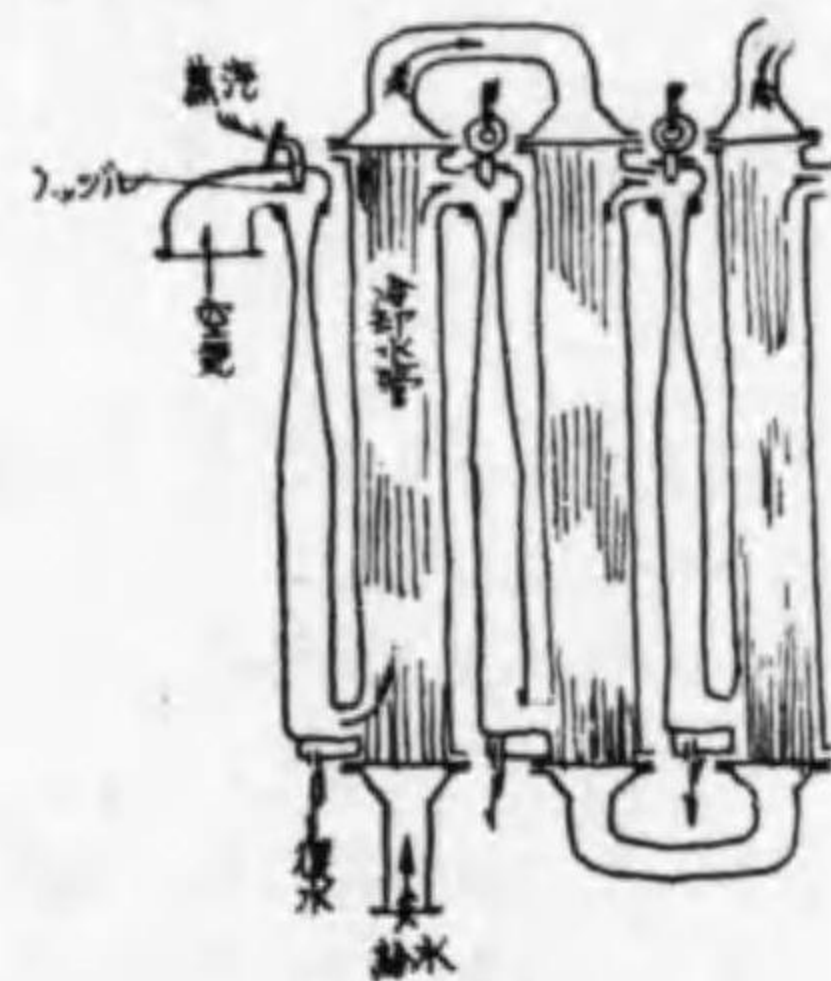
① **循環ポンプ** (Circulating pump) ^{サーキュレーティングポンプ} 型式は渦巻型のものが主である。容量は半區分連續使用型復水器の場合は、タービン出力の60~75% 程度のもので二台を設備するのが普通である。之の原動機も運轉の信頼度のため、一方は電動機、一方は蒸汽タービンに依るものが多い。所要動力はタービン出力の2~8% に達するもので、冷却塔に於て冷却水を冷却する方式では、此のポンプの必要はないが、別に塔に揚水するポンプが必要となる。

② **復水ポンプ** (Condensate pump) ^{コンデンサート ポンプ} 型式は矢張り渦巻型のものが主である。その動力は復水器内の真空に抗して温度の高い復水を取り出す必要上、相當に大きく要し、その水頭は15~18m、その容量はタービン容量の0.1~0.55% 程度である。普通タービン1台に對して2台設備される。

③ **空気抽出器** (Air ejector) ^{エア-エジェクター} 空気及び蒸汽の殘分を復水器内より取り出すのに空気ポンプ (Air pump) ^{エア-ポンプ} を使用するのだが、其の型式には

乾式空気ポンプ (Dry air pump) ^{ドライ} 復水器内の空気及飽和蒸汽のみを取り出すもの

濕式空気ポンプ (Wet air pump) ^{ウェット} 復水のみを取り出すもの



第 58 圖

の2種があり、之を併用して復水器内の空気及蒸汽の排出を行ふが之に依つては93% 以上の真空度は望み難い。それで現在は、専ら放射式空気抽出器が實用されてゐる。之はノズルより蒸汽を放射して空気を吸出せしめるものである。その構造は第58圖に示す如く三段抽氣式であつて、第1ノズルより蒸汽を放射し、此の壓力で空気を吸出する。次に中間冷却器に依つて蒸汽は復水され、次に第2段に於て更に吸出され、特に高真空を望むものは第3段に送られる様になつてゐる。第59圖は復水設備の一般的な配管を示すもので、茲に用ひられてゐる。密閉給水加減弁は

- ① 復水面の降下を防止し
- ② 復水面が上昇して冷却管に侵入しない様に作用する。

又、**サーヂタンク** (surgetank) は水壓管のそれと同様の働きをす

るもので冷却水槽と復水器中間にあり、給水要求量の瞬時的變化に應じてゐる。



第 59 圖

(IX) 熱 勘 定 (Heat balance)

19 發電所のヒート・バランス

汽力發電所の熱勘定とは、燃料が燃焼されてより發電(又は送電)に至るまでの間の熱の發生、回收、損失等を圖示して、その分布を一目瞭然たらしめるものである。發電所の熱の利用率改善に資する爲にも有用なもので、その状態に大なる影響を與へるものは

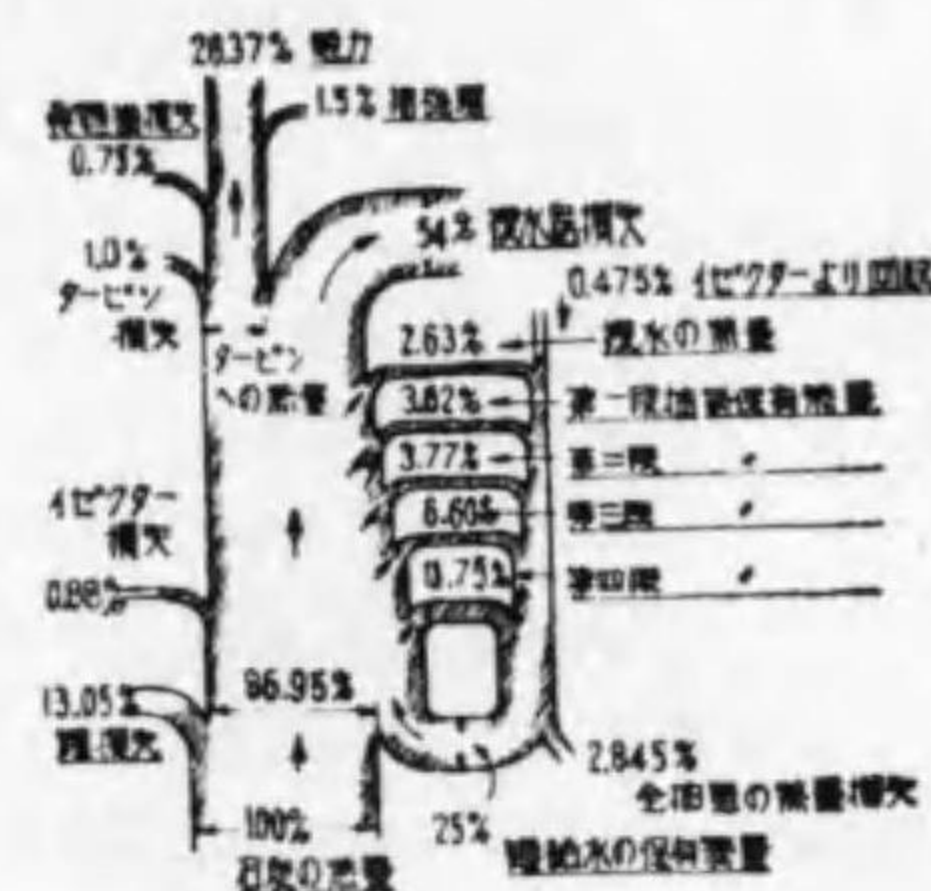
汽罐の汽壓、溫度、熱サイクルの種類、復水器の真空度、空氣豫熱器、節炭器、給水加熱器等の加熱溫度及面積の分配及抽汽段數等である。

20 ヒートバランス線圖

發電所に於ける各部のヒートバランスを一つに纏めたものが、ヒートバランス線圖で、第 60 圖に示す通りである。

(X) 發電、變電、及配電設備

發電所の種々な設備に就て其の概略を述べたが、何といつても發



第 60 圖

電所設備の中樞をなすものは、發電、變電、及所内配電設備である。然して其の様子は水力發電所と火力發電所にて大いに趣が異なるので之を別にして説明する。

21 水力發電所の電氣設備

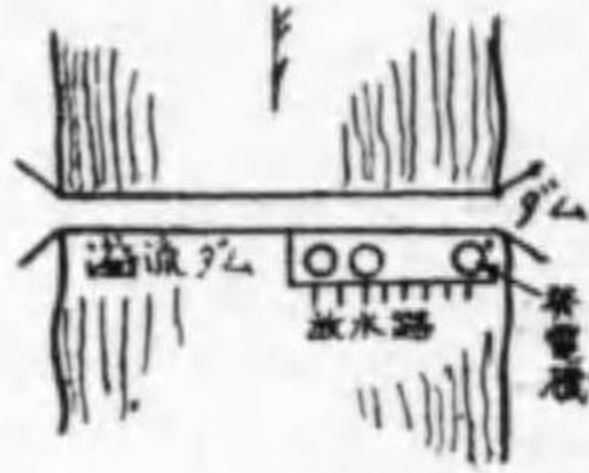
(A) 發電機

① 容量の決定 ① 先づ機械製作上では發電所の落差に依つて水車の能率の良い回転數が決定される。此の速度にて發電機を回轉した時に、回轉子の機械的應力が經濟的な程度で材料の許容範圍に在る程度になる様を選べばその許容回轉子の直徑に依つて大体一台の容量が決定される。

② 能率の良い様を選ぶには、各發電機が成る可く全負荷運轉出来る様にする。

③ 運轉操作上よりは、發電機基數の少い程簡單で故障の影響も少くて宜しい。

結局、之等三者をよく検討して其の發電所の負荷率、重要性等より決定される。尙、朝鮮水力の水豊ダムに於て1台の容量が10萬kWにも達する様選ばれたのは、此の發電所は第61圖の如き配置にあつて、洪水時等に余水を溢水さす要があり、之が充分にするにはダムの溢流部分を長く取る必要がある。その爲發電機の設置場



第 61 圖

所が相當に制限を受けるため、成る可く單位容量を大きくして機の台数を少なくする必要に迫られた爲であると聞いてゐる

② 電 壓 小容量發電機では 3300 ~ 3500V, 大型機では 6600V 又は 11,000V が採用されてゐるが、米國に於ては 13,200 V が普通である。

③ 冷却方法 小型機械では、回轉子自身に取り付けた扇に依つて通風冷却する普通の開放型である。大型機械には閉鎖通風型が採用されるが、之の利点は

- ① 發電機冷却能率が良好となつて、それで増加し得た出力は通風用の電動機の比ではない。
 - ② 發電所の位置よりして、清冷な空氣が得られる故、冷却用空氣の冷却器は不要である。
 - ③ 冬期は冷却に資した空氣を室内暖房用と出来る。
 - ④ 閉鎖外被は噪音防止に役立ち、萬一火災を起した時は通風を止め炭酸瓦斯を送ればその災害が他に及ぶ事が防止される。
- 等である。

(B) 勵 磁 機

① 勵磁方式 には一台の勵磁機を別に水車又は電動機で運轉し、之より母線を通じて各發電機に送る中央勵磁方式 ① と各發電機に 1 台配屬せられてゐる筒別勵磁方式 ② がある。兩者の得失は

① は容量が大きいので能率、建設費が低下する。非常用として蓄電池を並列に入れて使用出来る等の利点がある。然しその故障は全發電機に影響を與へる欠点がある。

② はその能率、建設費は多少高くなる欠点があるが、近時に設置される發電機には、發電機軸に直結される筒別勵磁方式が採用されてゐる。

③ 運轉動力 には筒別勵磁方式では發電機軸直結である。中央勵磁方式では運轉の信頼性向上の爲、水車及び電動機何れでも運

轉出来る二重加動 (double drive) 方式が採用される。

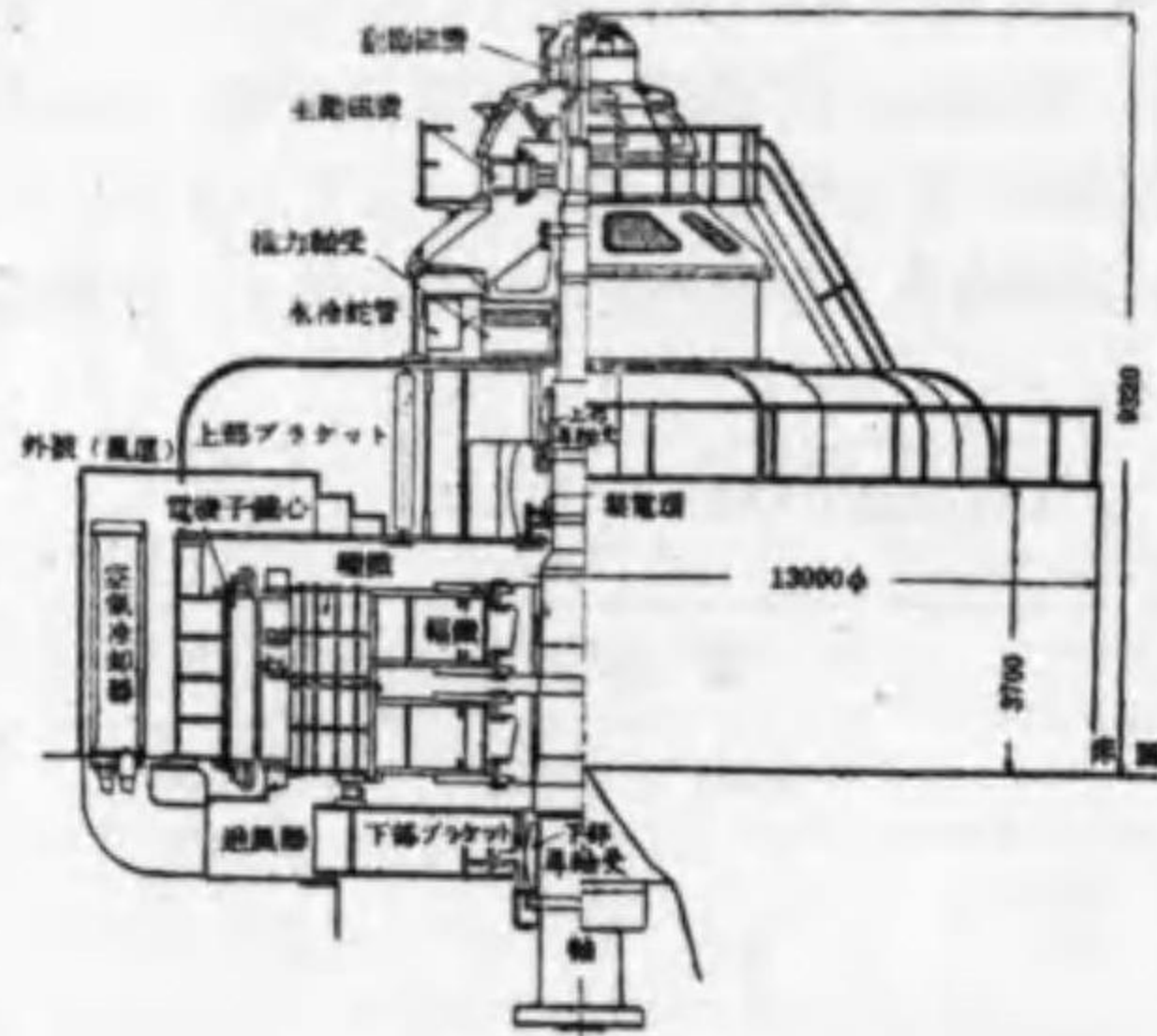
④ 勵磁機の種類 分巻又は復巻直流發電機が使用される。何れも一長一短で、その特別な要求に従つて決定される。又次に述べる速應勵磁方式では、副勵磁機 (分巻機使用) で勵磁する他勵磁機が設けられる。

⑤ 勵磁機容量 は大休次表の如くである。

發電機容量 kVA	r.p.m	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	33
	150	50	60
10000	400	53	65
	150	75	95
20000	360	85	110
	120	115	150
30000	360	110	150
	120	140	190

水豊ダムの 10 萬 kW 機では 125/150 r.p.m で 500 kW に上る。

⑥ 速應勵磁方式 (Quick response ^{クイックレスポンス} excitation system) 水力發電所の發電機は長い送電線に接続してゐるから、送電線の故障時に過大電流が作用して同期運轉を脱せしめる事がある。之に抗して同期運轉を保つて行かうとする力がその送電線に接続された同期機の中に生じてゐる。通常短絡故障時には發電機の電壓が瞬時的に減少するから、此の同期を保つて行く力が非常に小さくなつて遂に同期脱れする。それで短絡時には勵磁を速應して上昇し、その電壓の降下するのを防止する。此の方式を速應勵磁方式と稱し其の方法と



第 62 圖

發電機、勵磁機、水車の連結方法の一種を第 62 圖に示す。

トランスフォーマー
(C) 變壓器 (Transformer)

① 容量の決定 發電機の容量、個数が定まつたなら、變壓器の容量はその個數に依つて左右される。常用を 1~3 バンクとし、重要な發電所では豫備に 1 バンクを設けるか、豫備を 1 台とする。主回路が單位式 (後述) のものでは發電機數=バンク數である。

② 單相變壓器か三相變壓器か を決定するには、建設費の多少に依る。豫備を 1 バンクとするものは三相變壓器の方が低廉である。常用バンクが 2 以上となると、豫備が單相一台で良い場合でも三相變壓器を使用する方が良い。然し發電所容量が特に大きい記録的なものでは却つて單相のものの方が一台當りの容量が少くなるから安くなるかも知れない。之等は一に製作者側の見積に俟つ必要がある。技術的には單相のものは故障變壓器の取り除きが簡單で、若し Δ 接続してゐたものは、 V 接続で應急送電も可能であるなどの利点がある。三相のものはその接続母線等が簡單になる利点がある

- して
- ① 鋭敏な電壓調整器を使用する事
 - ② 勵磁回路のインダクタンスを小さくする事
 - ③ 副勵磁で之等の操作をして成る可く回轉速度を大きくする事
- 等がある。

③ 結線 本邦では送電線は中性点接地方式を採用するから、低壓側を Δ 、高壓側を Y 接続とする。

① 冷却方式 には

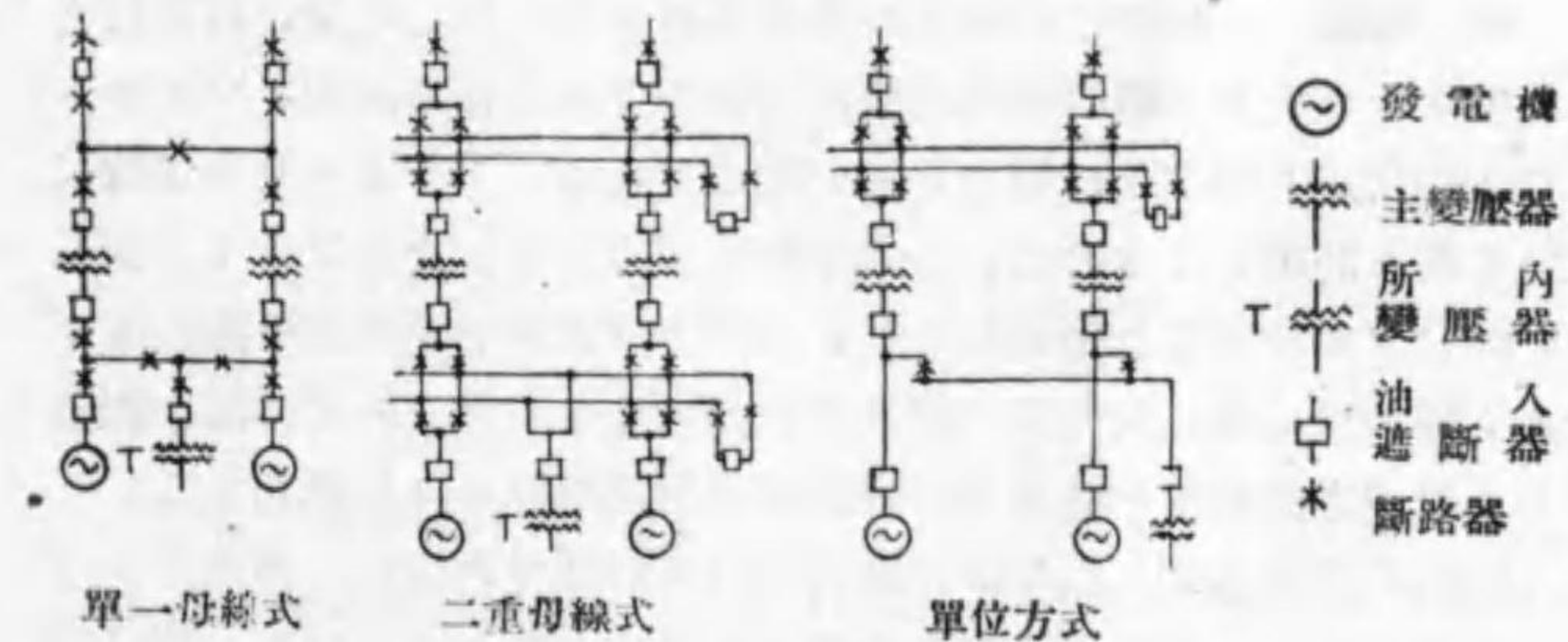
- ① 油入自冷式……外函内に油を入れ外部の空氣にて冷却するもの
- ② 油入水冷式……油入變壓器の外函に冷却水管を取り付け、河川より清冷な水を引いて冷却するもの
- ③ 油入送油式……油入變壓器の油を循環し、油を河川を利用した冷却器にて冷却するもの

等がある。一般に大型器に於ては、② ③ の方式が採用され、之に要する動力は冷却にて得られる損失回收電力よりも遙かに少いもので、建設費が多少増大する点のみ欠点と云へば云へる。

(D) 主回路の接続方式

發電機、變壓器、油入遮斷器、所内用變壓器等の主回路の接続方式には第 63 圖の如く

- ① 單一母線
 - ② 二重母線
 - ③ 單位方式
- 等がある。



第 63 圖

① は簡單を得点とし、信頼性は少い故、重要ならざるものに適用する。

② は重要な發電所に適用され信頼性は大きい。

③ は大容量機の場合に低圧側で接続すると油入遮断器の容量が大なるものを要するから、發電機、變壓器を一對に接続して高壓側にて母線で並列接続する。

(E) 開閉設備及び母線

① 遮断器 従来は早切型、消弧室型等の油入遮断器が使用されたが、現在は節油碍管絶縁式であるデアイオン・グリッド型、油衝型、新消弧型、水遮断器、膨脹遮断器等が使用されてゐる。之は一般に信頼性が舊型のものより高い。遮断器の遮断速度は成る可く早い方が故障を除き得て安定送電が行ひ得る。大容量のもので3サイクル程度のものであるが、普通では8サイクル程度である。

遮断器の操作方式には、直流又は交流ソレノイドの吸引力で引外しを行ふソレノイド方式と、壓縮空氣を用ふる方式が近時多く採用されつゝある。之は

- ① 装置の簡単な事
- ② 空間占有率が少い事
- ③ 開閉操作が柔く衝撃が少い
- ④ 設備費が少い

等の利点がある。遮断器の設備は主に屋外に設置されるが、屋内装置のものは装甲型 (Metal clad) が使用され火災の虞れを無くする

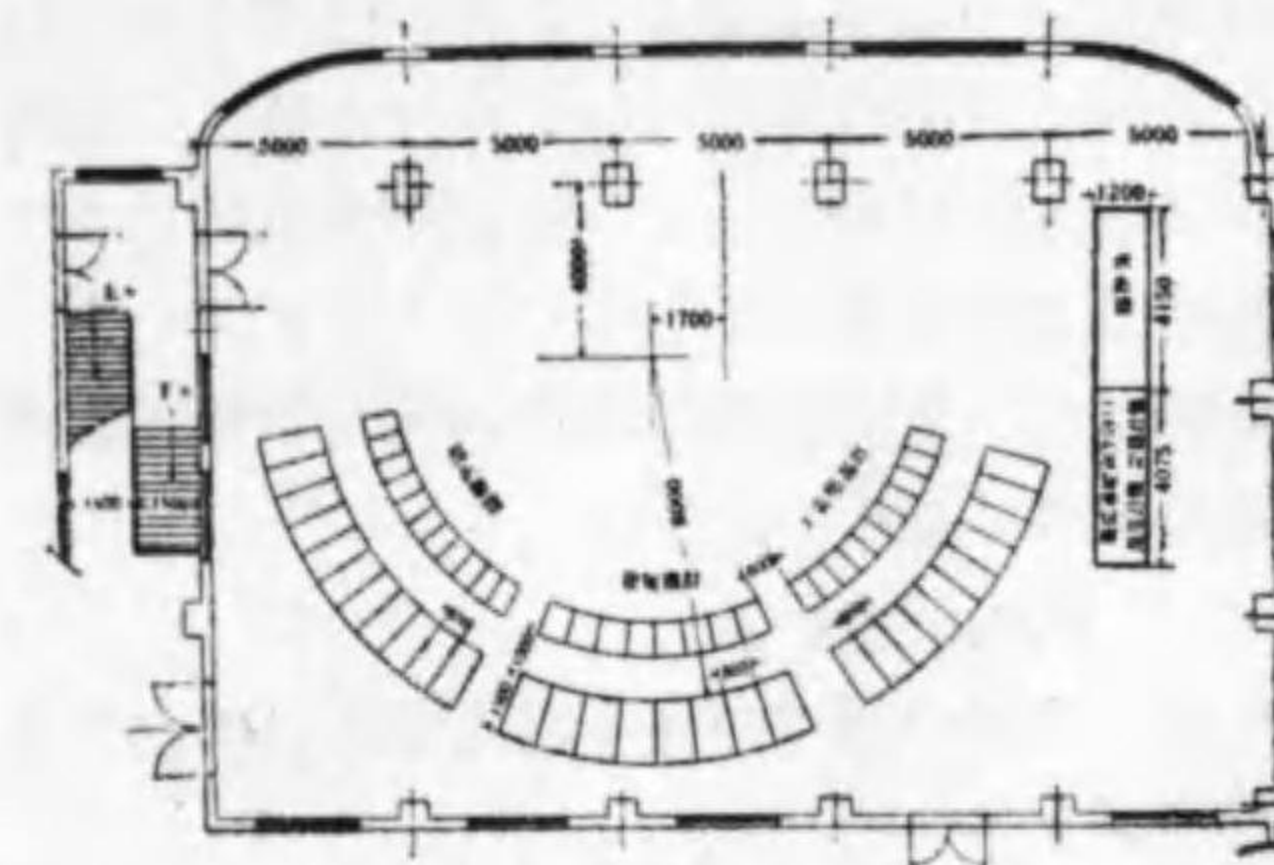
② 母線 材料には銅帯が使用されて來たが、近來、代用材としてアルミニウム帯の使用が盛んになつて來てゐる。尙、マグネシウムの使用も考慮され始めて宜い時期である。アルミニウム母線に於て最も問題となるのは、その接続方法である。之はアルミの新しい面にワセリン等を塗布した上、スプリングワッシャーを通してボルト締めする事に依つて心配はない様である。又アルミの面を保護し、且つ電流容量を増す爲に表面に黒色艶消ワニスを塗布する。

母線の据付方式としては、露出型が多い様であるが、出力の大なる發電所では、母線事故が他に波及するのを防止するため、隔室型 (Compartment type) と稱して母線を壁に作つた溝の中に一線宛收める方式が賞用されてゐる。

(F) 配電盤及制御装置

従来は配電盤を被制御機器の傍に位置して、機械を見ながら制御してゐた。近時、計器制御方法の信頼度が高くなつて來たので、配電盤は機器室より遠く離れた……普通機械室の2階……静かな室に綜合して設ける様になつた。

配電盤型式は従來手動式直立型が採用されたが、遠方制御が発達したので支配電盤を使用し、制御回路の状態を一目瞭然たらしめる爲に模擬母線を盤上に取り付け、色ランプで各機器の動作様子を指示する様にしてある。又制御される機器が多くなり、特に同一河川にある數ヶ所の自動發電所を親發電所より操作聯系する時などは制御配電盤が非常に多くなつて、一人では監視が困難となるので、縮小配電盤、小型計器を使用する傾向にある。既に米國に於て實施されてゐる。



第 64 圖

配電盤室の配電盤配置の方式の一例は第 64 圖の如くであつて、2 階の窓より機械室全般が望見出来る様に壁をガラス張りにした方式のものもある。室内

照明は間接照明が主であつて、尙ほ防空燈火管制設備も充分になされねばならない。

(G) 所内設備

① 所内用動力源 を電力に依るか、水車に依るかが問題となつてゐた。近時は電力源の信頼性向上のため電力使用が多くなつて來た。然し重要なものには矢張り水車と二重加動方式が採用されてゐる。

② 電壓 は本邦の仕入製品が大體 50 H.P 以上の電動機では

3500V 又は 3300V それ以下では 220V である。従つて普通は之を採用してゐる。

④ 電動機 は主として定速の場合は籠型誘導電動機を、可變速度の場合は巻線型電動機を使用する。水滴の多い箇所に防滴型を使用する他は開放型が主である。

22 火力発電所の電気設備

水力発電所で述べた所で、その大略は盡したが、火力発電所のみ特に異なる点を述べる。

(A) 発電機

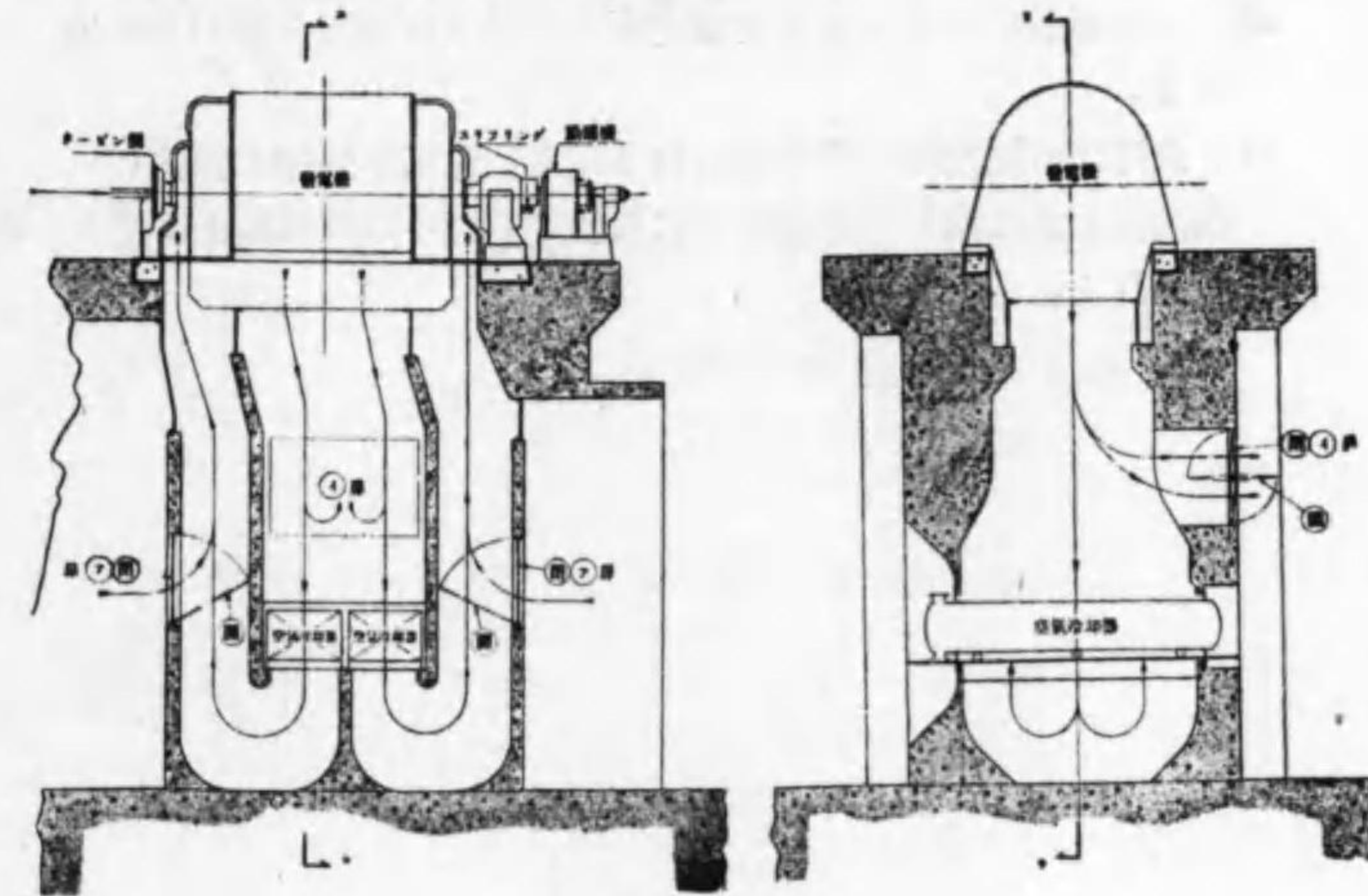
回轉數を増大する程直結タービンが小型となり、且つ能率も良くなるので、成るべく回轉數を大にする方が、其の他建設費の關係にても望ましい。一方、回轉子の遠心應力の増大のため勢ひ、回轉子直徑は小さく制限され、軸方向が長くなる。然し回轉子が長くなると通風、機械的振動、軸受の潤滑等に不都合が多くなるので、

発電機容量が相當に制限される。発電機容量の増大の爲、水素瓦斯冷却が米國に於て採用されてゐる。之には

- ① 水素の密度小さく、風損が少い。
- ② 熱傳導率大でそれだけ熱の放散が多く電流容量が増大する。
- ③ コロナ發生の電壓が上昇す。
- ④ 騒音防止

等の利点がある。電壓は水車用のものと相違はないが、元來火力発電所は都會附近に設立される事が多く、一方、都市の配電電壓は、33,000V 程度である。此の場合 11,000V の発電機ならば變壓器が必要となる。今變壓器と発電機（電壓11,000 V）の建設費と 33,000 V 機のそれを比較すれば、発電機では 3~4%の増大を示すが、變壓器の建設費は不要となる。従つて 33,000 V 機の方が有利であり且つ能率も発電機のみでは低下するが、變壓器の合成能率とを比較すれば、之も亦有利である。故に、雷害防止と水素冷却と兩者の研究が相俟てば、高電壓（33,000 V）発電機が出現するであらう。然

し現在に於ては密閉型自己通風方式を採用し、第 65 圖の如き通風状態で、空氣の冷却は管の外部に熱風を通し、その内部に給水を通して行ひ、冷水は加熱されて熱回収をする。



第 65 圖

(B) 變壓器

容量個數の選定は水力の場合と變らないが、冷却は油入水冷式が主で、冷却用水の使用したものは、復水器の冷却水と同様にして冷却されるか又は補給される。

(C) 主回路の接続方式

單位方式の採用されるのが多くなつて來た。

(D) 開閉設備及び母線

遮斷器（油入）端子、母線等は總て装甲された装甲配電盤が盛んに使用されてゐる。母線の絶縁は、隔室型の改良された ^{アイソレーテッド} Isolated phase arrangement と稱する方式が米國に於て採用され、本邦にて

もその氣運にある。之は三相回路の母線等を各相宛一つの隔室に入れるか、金屬鎧装をする。その利点は

- ① 故障（外部）に依る停電等の度数が少く信頼度が高い。
- ② 金屬鎧装の場合には之を製作所にて仕上げ得て工事が早く出来る。
- ③ 故障は一線接地の形で現はれるから、鎧装を建物と絶縁し、變流器を之に取り付け遮断器に接続すればその故障除去は早く行はれる。

—完—

日本出版文化協會・員番號 119025

昭和十六年九月十五日 印刷

昭和十六年十月十五日 發行



發電所物語

定價 80 錢 (送料 6 錢)

著 作 者 電 氣 技 術 研 究 會

發 行 兼 出 中 增 吉
印 刷 人

印 刷 所 電 氣 書 院 印 刷 所

發 行 所

大阪市西成區南神合町四

電 氣 書 院

電話天下茶屋 5559 番・振替大阪 46157 番

配 給 元

東京市神田區淡路町二丁目九番地

日本出版配給株式會社

電氣技術講座

各巻 二圓五十錢
送料十四錢
全巻 十九圓
送料四十六錢

受験と實地を完全に連繋した全八巻

之ぞ遞試合格への理想的な指導講座だ!!

新鋭無比・詳細懇切

- | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|--|--|
| (1) 電氣技術用基礎學
電氣用數學、物理化學、英語、電氣基礎理論
すべての基礎學を築く。 | (2) 電氣理論と電氣測定法
實用電氣理論、電氣測定器並測定法、電氣磁
氣學と測定工學の一切を盡す。 | (3) 電氣機器一般と取扱法
あらゆる機器を十四章一三九項目に詳論し、
之に新体系を興へた。 | (4) 發變電所の建設と運轉
火力發電所、水力發電所、變電所、閉閉所の
設計と運轉の實際技術を授く。 | (5) 送電線の建設と保守
最新送電工學を詳解した。本書は設計に、運
轉に、保守に、試験に電力輸送の万全を期す | (6) 電燈電熱と電力應用
電燈照明と電熱と電力應用のすべてを多數の
寫眞と圖を以て解説した。 | (7) 電鐵と電氣通信ラチオ
電氣鐵道、電池及通信工學を圖解本位に説き
無線工學を判りよく詳論した。 | (8) 配電工學と電動機應用
配電工學の精華を説き、最新問題を取り上げ
て解説した。之に工場動力を附加した。 |
|---|--|--|--|---|---|--|--|

獨學者を短期間に高級技術者とする

郵券三錢同封お申込になれば、
「受験メモ」付電氣技術講座案内送呈申上ぐ

遂に出た！初等電氣工學の王座!!
之ぞ眞の初歩講座だ!!

定價 一圓七十錢 (送料九錢)

見よ此の堂々たる偉容を:

最新初等電氣講座

- ★明確なる目標的指導
小學校を出て
初めて電氣を學ぶ人に
選試第三種を受ける人に
通檢第三種を目指す人に
實檢電氣を志す人に
最新最新鋭の理想的講座!
- ★懇切明快な初歩講義
素養がなくとも十分理解される
やう、讀まずとも見れば判る圖
解本位の懇切な初歩講義がされ
る。
- ★最新實際技術の教授
日進月歩の電氣工學の最新智識
を興へ、實際技術を授けるから
明日から仕事の役に立つ。
- 標準電氣
シムホル付 内容見本贈呈
三錢切手を封入してお申込み下
さい。
- 第一巻 直流回路及計算
 - 第二巻 交流理論及計算(上)
 - 第三巻 交流理論及計算(下)
 - 第四巻 電氣磁氣測定
 - 第五巻 電氣機械器具(上)
 - 第六巻 電氣機械器具(下)
 - 第七巻 配電及蓄電池
 - 第八巻 電燈照明並電熱
 - 第九巻 火力發電所
 - 第十巻 水力發電所
 - 第十二巻 有線無線通信

完全な通信教授 中等部
通信電氣學校

★講座の學校化
本社直接お申込の會員に限り「通信電氣
學校」中等部に入會せられたのと同じ特典
が興へられる。
・學習課程、受講心得が興へられ、學修
を推進する、尙重點講義も授けられる
・質疑指導用紙が配布され、質問の個人
教授が行はれる。
・個人教授問題に依る懇切な指導添削が
行はれる。
・各巻修了毎に科目修了試験を施行し、
答案の採点添削が行はれる。
・全巻了時には全科目修了試験を行ひ
合格者には本校中等部の修了證書が授
與される。

★獨特の共學制度
お互に勵まし合つて勉強すると著しく勉
學能率が向上する。この点に着目して二人
連名で入會せられた場合各人、毎巻一圓五
十錢(送料九錢)に特別割引申上ぐ。
お申込は 近くの郵便局より振替用紙で
振替口座大阪四六一五七番 電氣書院宛に
「最新初等電氣講座」第何巻分會費と、住
所氏名を明記してお拂込下さい。

工人受験「指導テキスト」

全五篇 四圓五十銭
送料 二十二銭

第一篇 初等電気の理論と計算

九十銭 (税六銭)
小學を出ただけの素人にも判かる様に電氣理論の根本を平易に教へ、計算の上達を計る。

第三篇 電氣機器一般と諸材料

九十銭 (税九銭)
驚異的な多数の實物寫真と圖を以て、電氣機器諸材料を圖解説明し實地に學術に役立しめる。

第五篇 配線法と配線圖の書き方

九十銭 (税六銭)
配線圖は斯うして書くものと平家住宅宅から、工場商店ビルディング等まで配線圖を圖解詳述した。

免許試験問題解答の研究

九十五銭 (税六銭)
全く初歩から説明した、懇切無比の解答は理解容易で記憶に便、更に詳しく註釋で類題を研究し、尙、受験手續の詳しい實例をも附す。

第二篇 配電一般と工作物規程の解説

九十銭 (税六銭)
發電から配電迄を説明し、屋内配電の常識を養ひ、面白きもの哉工作物規程とその精神を説く臨時特例とX線装置を増補す。

第四篇 工事施行方法と工作物試験法

九十銭 (税六銭)
基礎理論より説き起し、施工に不可欠な工種類と基礎作業を圖解し施行法、試験法まで詳述して居る。

屋内電氣工事の設計

五十銭 (税六銭)
先づ設計用器材より見積までを一章とし、次いで正しい配線圖の書き方、吟味訂正法を詳細圖解した。ビルディングの電氣設備まで四章に工事設計の要点を講述す。

検査と試験・故障と対策

五十銭 (税六銭)
検査試験に用ふる器具類を解説し、故障とその處置を一々例を擧げて詳細に検討した更に災害防止に關して述べ事故の絶滅を期した。

通信 工人受験の指導

全くの獨學初心者に對し、電氣の第一歩より懇切に指導し、免許試験に合格せらるゝ迄通信教授を行ふ。

◆主教材 工人受験「指導テキスト」全五篇
◆教授の方法
工人受験「指導テキスト」を中心に指導を進める。先づ課程表指示を與へて講習生一同が大體一様に學習し得る様にし、個人教授質問に依つて講習生一人一人を指導する。此の個人教授は全く獨特の方法で之があるがため通信教授で先生に就いて學ぶより以上の成績が得られる、其の他豊富に教材を提供する。

◆會期 三ヶ月終了入會隨時(入會金不要)
工人受験「指導テキスト」全五篇を毎月二冊宛修了し得る様に課程を與へ、個人指導問題を課して之に解答せしめ之を添削指導申上げ、不明の点は質問用紙に依つて懇切に指導し、最後には模擬試験(全五回)を施行して試験に應ずる實力を與へる。(六ヶ月修了科あり)

◆入會規程 會費(毎月三圓) 三ヶ月修了(毎月一圓五十銭) 六ヶ月修了(一ヶ月分の會費)又は全會費八圓)を振替用紙を使用して郵便局より振替大阪四六一五七番電氣書院宛「工人受験講習會費」として御送りなれば、早速講義材料その他急送申上ます。住所氏名は楷書で明瞭にお書き下さい。

通信電氣學校「工人受験部」

指導法! 熱誠溢るゝ個人教授!!

基礎科 遞試

電氣工學の學習を懇切に
第一歩より手引する...

- ◆教材は.....
第三種科 遞試用初等數學(全一冊)
回路計算の入門(上卷・下卷 二冊)
第二種科 遞試用高等數學(全一冊)
第二種一次遞試讀本(上卷・下卷 二冊)

◆會期及會費は...何れも三ヶ月修了(入會隨時)
第三種 {全 拂六圓 第二種 {全 拂八圓
 {毎月 拂二圓十銭 {毎月 拂二圓八十銭

◆教授方法は.....
教材に對する「學習指針」及「課程」を與へて其の學習を指導し「各科目の綱要」(小冊子)を與へて其の智識を要約せしめ活用を便を計り「個人教授問題」各科目數葉に依り獨特の個人指導を行ひ「個人質疑指導用紙」に依り質問を懇切に誘導す。科目修了試験を行つて其の答案を添削する總て「個人指導調査書」により受講者一人一人を指導員が個人教授する。

受験科 遞試

- ◆一次科 毎年一月開講
第三種・第二種何れも
◆教材 遞試受験テキスト計算篇
計算の根底と論說の要領
◆會費 第三種 五圓 所持者は 第三種 三圓五十銭
 第二種 六圓 所持者は 第二種 三圓五十銭
◆二次科 毎年四月中旬開講
◆教材 第二種遞試受験テキスト計算篇
 第三種二次論說篇(全五冊)
◆會費 第三種 七圓 所持者は 第三種 三圓五十銭
 第二種 五圓 所持者は 第二種 三圓五十銭

一次二次試験に應ずる、基礎智識、應用能力、答案作製術の三者を深刻に教育する整備せる教材と細心なる留意を以て長所を伸長せしめ短所を補ふの個人的指導を行ひ、模擬試験に依り答案作製術を練習せしめる。本科を修了すれば、實戦受験場裡に於て他に先んじて優秀答案を提出し得る。

三ヶ月で合格の實力を與へる

課程表と指示で樂々と準備を進める懇切な個人指導は、一人の講習生に三人の指導員が三重添削する。適中豊富な模擬試験を施行して、答案作製のコツを教へ、實戦能力を極度に伸張せしめる。

通信電氣學校

お申込みは...何科、何種、住所氏名を明記され會費を添へて、郵便局より振替で口座番號大阪四六一五七番、電氣書院宛お拂込下さい。

第二種受験用系統的指導書

Table with columns for '計算問題' (Calculation Problems), '理論' (Theory), and '数学' (Mathematics). It lists various textbooks and their authors, such as '電氣用数学の初歩' and '電氣理論の第一歩'.

大阪市西成區南神合町四
振替口座大阪四六一五七番

電氣書院

Table with columns for '實力養成' (Strength Training) and '論説問題' (Discussion Problems). It lists books like '二次全科目 智識の整理' and '電燈電熱篇'.

Table with columns for '計算問題' (Calculation Problems), '理論' (Theory), and '数学' (Mathematics). It lists textbooks like '電氣技術用基礎學' and '電氣理論と電氣測定法'.

Table with columns for '論説' (Discussion) and '實力養成' (Strength Training). It lists books like '電氣技術講座' and '電氣工學問答集'.

第一種受験備準用指導体系

大阪市西成區南神合町四
振替口座大阪四六一五七番

電氣書院

電 氣 計 算

定價 35 錢 送料 2 錢
 3 ヶ月 105 錢 6 ヶ月 200 錢
 1 月特大號 60 錢 6 月特大號 50 錢
 3 ヶ月分及 6 ヶ月分御拂込の際
 1 月特大號を含むときは 25 錢を
 6 月特大號を含むときは 15 錢を
 加算願ひます
 1 ケ年(二特大號を含み) 4 圓 30 錢
 郵券 3 錢 13 枚同封お申込賜ひば
 最近號を急送申上ます。

懇切なる指導・新鮮なる記事・明朗なる編輯

★初學者獨學々習者の理解を主眼とした
 掲載記事の凡てに亘り、懇切明快にして詳細なる解説をする………
 ★受験に實地に絶好の學修雜誌である
 電氣工學のあらゆる部門に及ぶ發達事項、實際問題を詳にし特に計算問題に對しては、その根本を教へ、活用の力を養ひ、應用の才を養ふ………

★選試受試者の眞の師であり友である
 本社内「選試受試研究會」の研究に成る最も選試の主旨に合致する記事と懸賞問題を掲げ、模擬試験を施行して、直接個人的に指導する………

★全頁が總て血となり肉となる
 一頁の無駄もない苦心の編輯………

仰げ「電計」我等の師表!!

進しる指導の熱意電氣計算
 接せよ向上へと導く電計魂にノ

電 子
 通信工學と初等電氣の雜誌 一部 十五錢
 電 氣 工 人
 選試と免許試験の指導雜誌 一部 十錢
 工事人の指導雜誌 一部 十錢

御注文の棗

- 御注文は總て前金に願ひます。
 代金引換便は郵便規則の改正に依つて取扱はれなくなりましたから成るべく振替を御利用下さい。
- 御送金は最も安全確實な振替用紙を御利用下さい。裏面の通信欄に御注文書名其の他の通信事項をお忘れなく御記入願ひます
- 弊社専用振替用紙(拂込料金弊社負擔)は御請求次第御送り申上ります。
- 郵便切手で御送金は必ず一割増に願ひます
 収入印紙は御断りします。
- 送料は必ず御加算願ひます。
- 御住所姓名は勿論書名數量等はすべて楷書で明瞭に御認め下さい。

電 氣 書 院

電話天下茶屋五五九番
 振替大阪四六一五七番

小包送料	五百瓦迄	10 錢
内地普通	一疋迄	14 錢
内地普通	二疋迄	22 錢
内地普通	三疋迄	30 錢
内地普通	四疋迄	38 錢
内地普通	五疋迄	46 錢
臺灣普通		27
南洋普通		34
南洋普通		47
南洋普通		60
南洋普通		73
南洋普通		79

特231

521



終