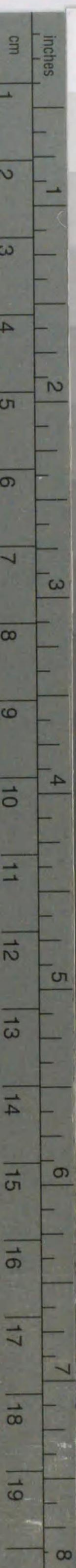
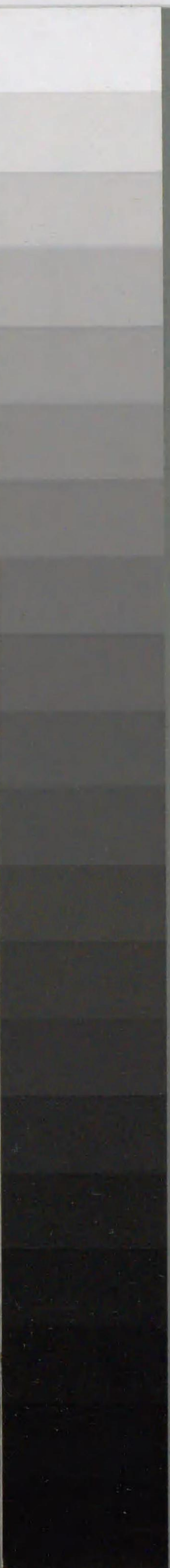


Kodak Gray Scale



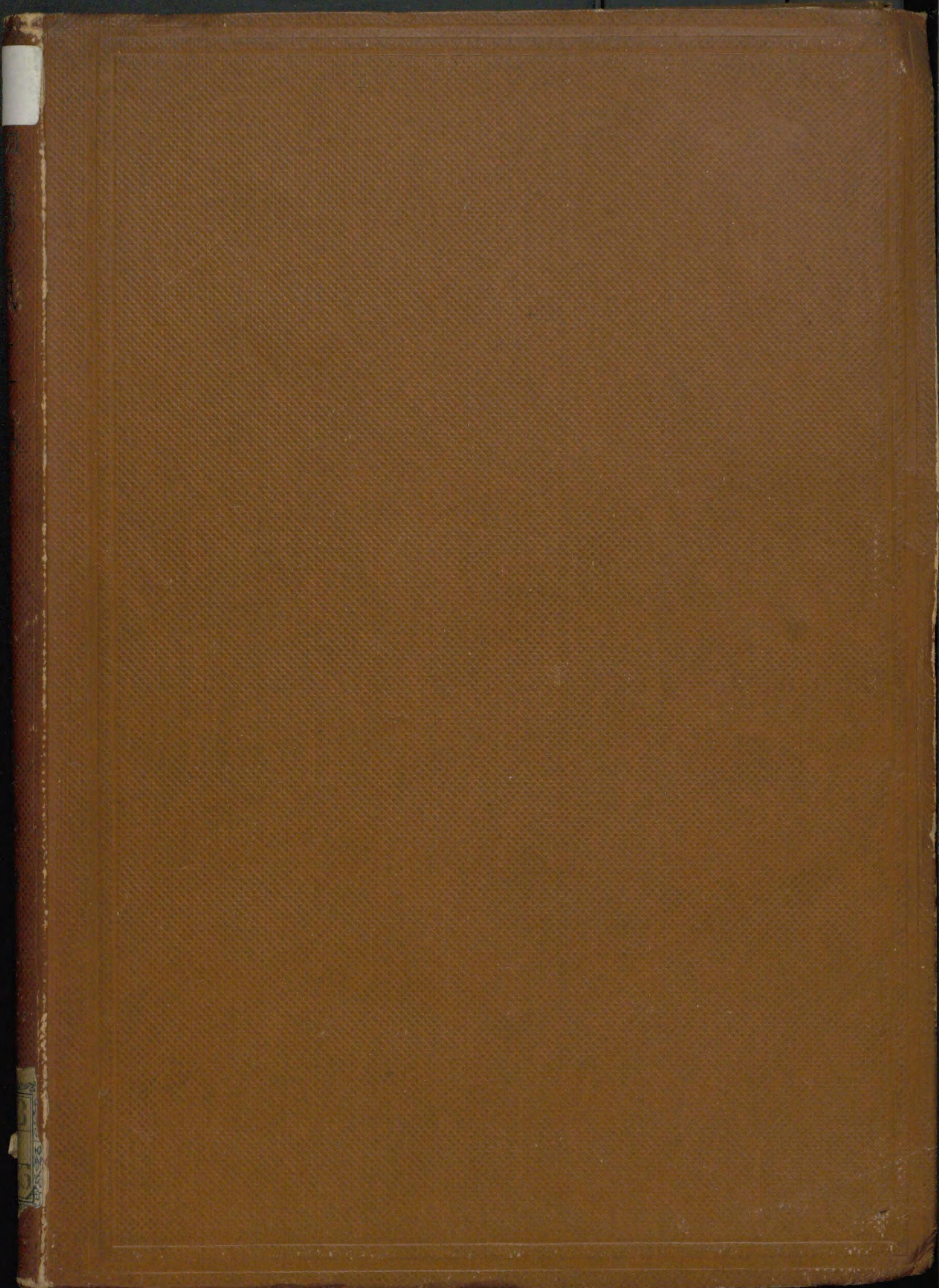
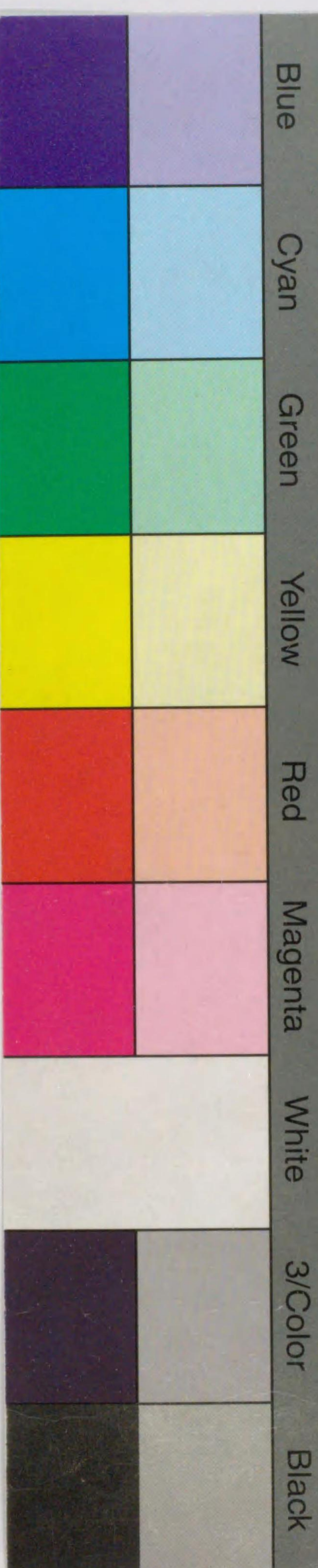
© Kodak, 2007 TM: Kodak

- A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19



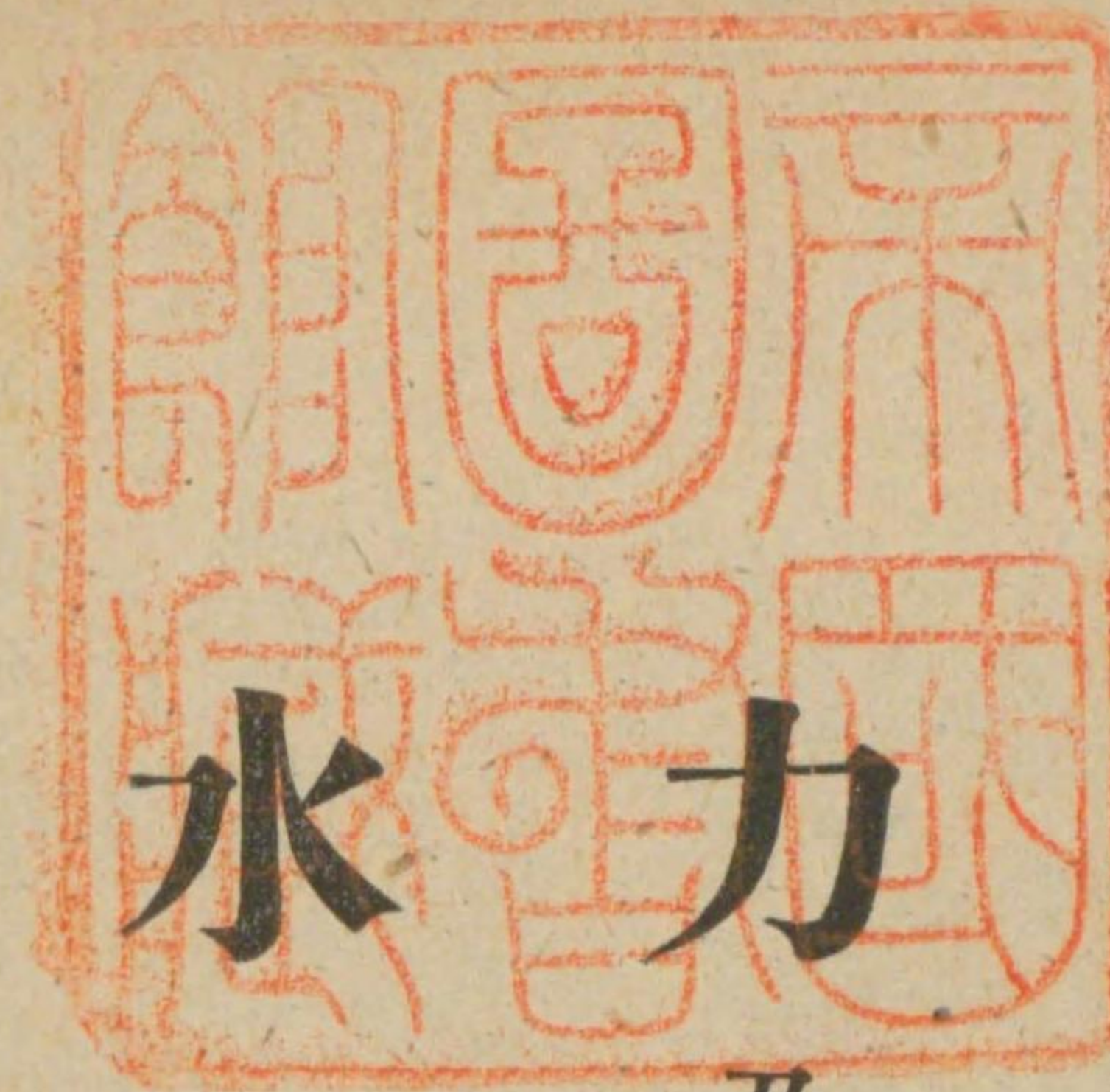
Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



459

563
236



學 力 水

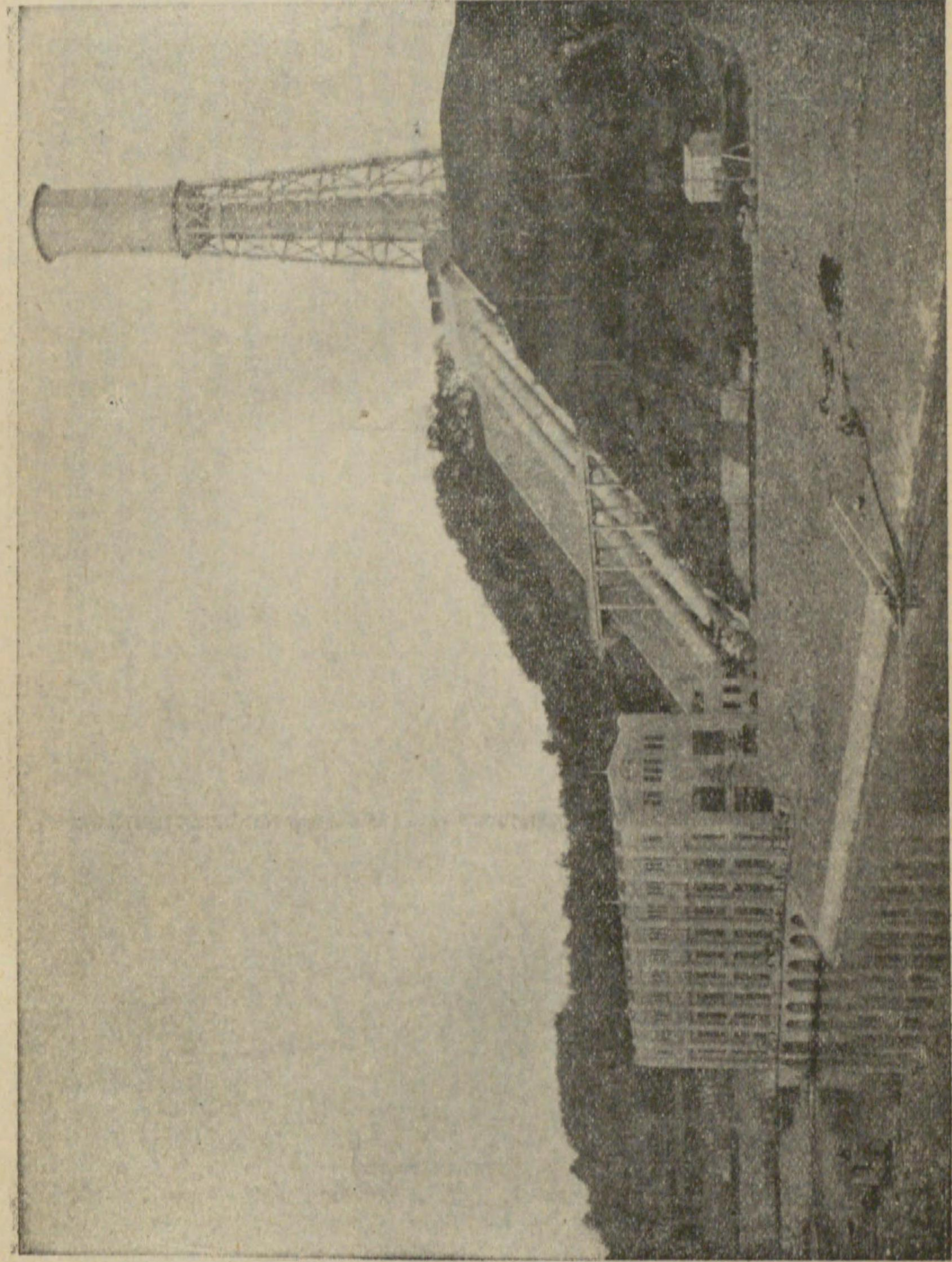
及

電 力 發 水

編 校 學 機 電

初等電氣工學叢書第三卷





關東水力電気株式會社佐久發電所全景
(説明はしがきの後)

はしがき

皆さんは、郊外を散歩されると、あちらこちらに水車が廻つて居るのを見るでせう。いかにもものんびりした情景です。

川の水を引いて水車を廻はし、米をついたり、麥を粉にしたりすることは、昔から人の氣付いたことで、エジプト支那あたりに數千年の昔から既に、行はれて居つたのです。

然るに近年電氣のすばらしい進歩につれ、水車で發電機を廻すことから水車の改良が行はれ、遂に今日では鋼鐵製となり、一臺で十萬馬力近くのものが出来上るに至つたのです。

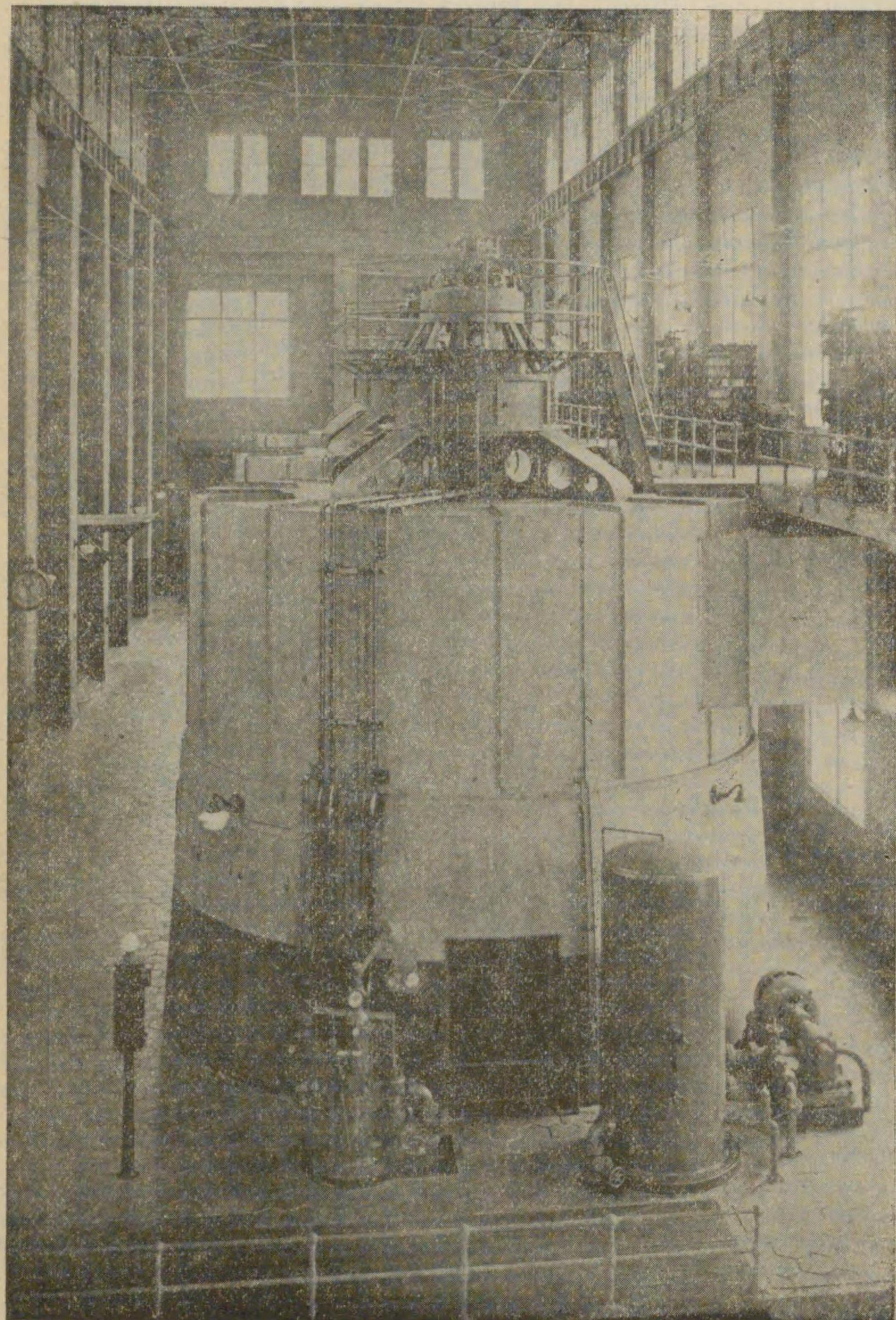
我國は石炭に乏しい國ですから、火力で、蒸氣機關を運轉し、それで電氣を起すのは勿體ないことです。反對に水力は世界の列國を凌ぐ位澤山ありますから、これによつて電氣を起して行かねばなりません。

この初等電氣工學叢書第三卷の水力發電は水の力を如何にして電氣にかへられるか、水力發電所とはどんなものかと云ふことを、ごくわかり易く説いたものです。面白い寫眞も講義中に澤山入れてあります。

皆さんどうか一生懸命にこれを研究されて、國の富を増し電氣文化の華を咲かせる様、努力されんことを切に望みます。

昭和四年十二月

編者しるす



關東水力電氣株式會社佐久發電所内部

(説明ははしがきの後)

口 繪 の 説 明

此の發電所は群馬縣前橋市の近くで利根川の水を利用し長さ 12km の水路を作り 117m の落差、毎秒 58m³ の水量で水力發電を行ふ。

水車は三臺各三萬六千馬力即ち總計十萬八千馬力と云ふ現今我國での最大のもので發電所も最大最新式のものである。

水車は反動式で豎軸單車渦卷型一分間に 300 廻轉である。

發電機はこの上に直結され一臺二萬八千キロヴォルト・アムペアと云ふ大きなもので、此の寫眞の通り一番上に高く位置してゐる。そして長い軸で下の方に水車ランナーがある。

此の發電所の新式なのは水車を別に地下室に置かず發電所の床から一寸一米位階段を降ると水車が見えるから、水車の番人を置かずにすむことである。

又裏の圖は發電所の全景で、高く立つてゐるのは波動水塔(サージタンク)と云つて急に水車をとめたりした時水壓の増加や震動を防ぐ爲めで、この種のものでは現今世界第一の大きさのもので、地上の高さ實に 80m で壯觀を極めてゐる。

發電所もかくの如き壯大なもので立派なビルディングの様でこれならば歐米の一流の大水力發電所とほとんど變らぬ位である。

水力學・水力發電 目次

第一章 緒 論	1—3 ^頁
1 水力と火力— 2 水力發電所— 3 水力電氣の研究 — 練習問題 I	
第二章 液體の壓力	4—18
4 物の状態— 5 壓力— 6 液體の壓力— 7 器壁に作用する壓力の方向— 8 バスカルの原理— 9 水壓機— 10 液體内部の壓力— 11 重さに依る水の壓力— 12 比重— 13 比重 S なる液體の壓力— 14 器底に及ぼす壓力— 練習問題 II	
第三章 氣體の壓力	19—40
15 氣體の壓力— 16 ボイルの定律— 17 大氣壓— 18 トリチェリーの實驗— 19 標準氣壓— 20 眞空— 21 眞空度の表はし方— 22 氣壓計(晴雨計)— 23 土地の高低と大氣壓の強さとの關係— 24 壓力計— 25 液體壓力計— 26 金屬壓力計— 27 ゲージ壓力と絶對壓力— 28 サイフォン— 29 吸揚ポンプ— 30 押揚ポンプ— 31 ヒストン型空氣ポンプ— 32 ゲーデー廻轉空氣ポンプ— 32 ^a 水銀ポンプ— 練習問題 III	
第四章 液體の浮力	41—49
33 浮力— 34 比重の測定— 練習問題 IV	
第五章 水平作用	50—56
35 連通管— 36 毛管現象— 37 水平器— 38 水平器の狂を正す方法— 練習問題 V	
第六章 水の流動	57—66
39 流量— 40 流速— 41 水流の連續性— 42 水の噴出速度— 43 流速と水壓との關係— 44 霧吹き— 練習問題 VI	
第七章 水力パワー	67—74
45 落下する水のなす仕事— 46 落差— 47 水力パワーの計算— 48 効率— 練習問題 VII	

第八章 衝動水車 75—84

49 衝動水車— 50 衝動水車のはたらき— 51 嘴管と針狀瓣— 52 バックケット— 53 外被— 54 バックケット内の水の運動— 55 衝動水車の水の調整— 56 衝動水車の能率— 57 衝動水車の型— 58 衝動水車の用途— 59 衝動水車の運轉上の注意—練習問題 VIII

第九章 反動水車 85—100

60 反動水車の概念— 61 導水瓣の材料— 62 ランナーの材料— 63 ケーシングの材料— 64 導水瓣の開き— 65 反動水車の能率— 66 ランナーの種類— 67 吸出管— 68 吸出管の構造と材料— 69 渦巻水車— 70 堅軸單車渦巻水車— 71 反動水車の据付に関する注意— 72 プロペラー水車の概念— 73 プロペラー水車の將來—練習問題 IX

第十章 速度及水壓の調整 101—111

74 廻轉速度の一定— 75 調速機の構造— 76 調速機の動作の概要— 77 速度變動率— 78 調速機の閉鎖時間— 79 調速機の注意— 80 水壓の上昇— 81 水壓調整器— 82 波動水塔—練習問題 X

第十一章 水車の附屬設備 112—116

83 水車の主要瓣— 84 側路瓣— 85 水車と發電機との連結—練習問題 XI

第十二章 水 壓 管 117—128

86 水壓管の概要— 86 水壓管の種類— 87 鋸接管— 88 鋸接管— 89 鋸接管の長所— 90 永壓鐵管中の流速— 91 水壓管の支持— 92 水壓鐵管の接續— 93 水壓管膨脹継手— 94 バンプ継手とマップ継手の長所— 95 水壓管の附屬設備— 96 フラップ瓣— 97 空氣管— 98 ドレインヴェルツ— 99 永壓管に働く力— 100 水壓鐵管に就ての注意—練習問題 XII

第十三章 水路一般 129—142

101 水路の區分— 102 盛土— 103 切取— 104 水路の勾配— 105 盛土と切取との比較— 106 水路内の流速— 107 開渠側壁の勾配— 108 隧道の形狀— 109 水路の混凝土工事— 110 導坑— 111 機械掘と手掘— 112 隧道工事に對する電氣工作物—練習問題 XIII

第十四章 堰堤並取入口其他の設備 143—162

113 落差はどうして作るか— 114 堰堤の目的— 115 堰堤の材料による分類— 116 土堰堤— 117 木造堰堤— 118 石造堰堤— 119 鐵筋混凝土堰堤— 120 取入口— 121 取入口水門— 122 取入口の位置— 123 力の働きより堰堤の分類— 124 輾動堰— 125 沈砂池— 126 角落— 127 魚道と流木路— 128 灌溉用水— 129 取入口の注意—練習問題 XIV

第十五章 水槽、附屬設備並に貯水池、調整池 163—176

130 水槽— 131 水槽水門— 132 塵除スクリーン— 133 餘水吐— 134 餘水路— 135 土砂吐— 136 サイフォンダム— 137 餘水吐と餘水路に就ての注意— 138 水槽の位置— 139 貯水池— 140 調整池—練習問題 XV

第十六章 發電所一般 177—186

141 發電所の位置の選定— 142 水壓管の配置— 143 發電所内諸機械の配置— 144 電氣工事の設計— 145 諸機械の購入—練習問題 XVI

第十七章 機械の据付と試運轉準備 187—196

146 機械の運搬— 147 機械据付の準備— 148 機械の据付— 149 土木工事の落成— 150 通水— 151 水壓管並に水車に通水の準備—練習問題 XVII

第十八章 試運轉と竣工検査 197—217

152 水壓管と水車への通水— 153 水車の空轉— 154 豫備試験— 155 調速機の豫備試験— 156 水抵抗器— 157 發電機の乾燥— 158 選信省落成検査に對する準備— 159 選信省落成検査— 160 調速機試験— 161 發電機絶縁耐力試験— 162 其他の試験— 163 使用認可—練習問題 XVIII—附録

初等電氣工學 第三卷

水力學・水力發電

電機學校編

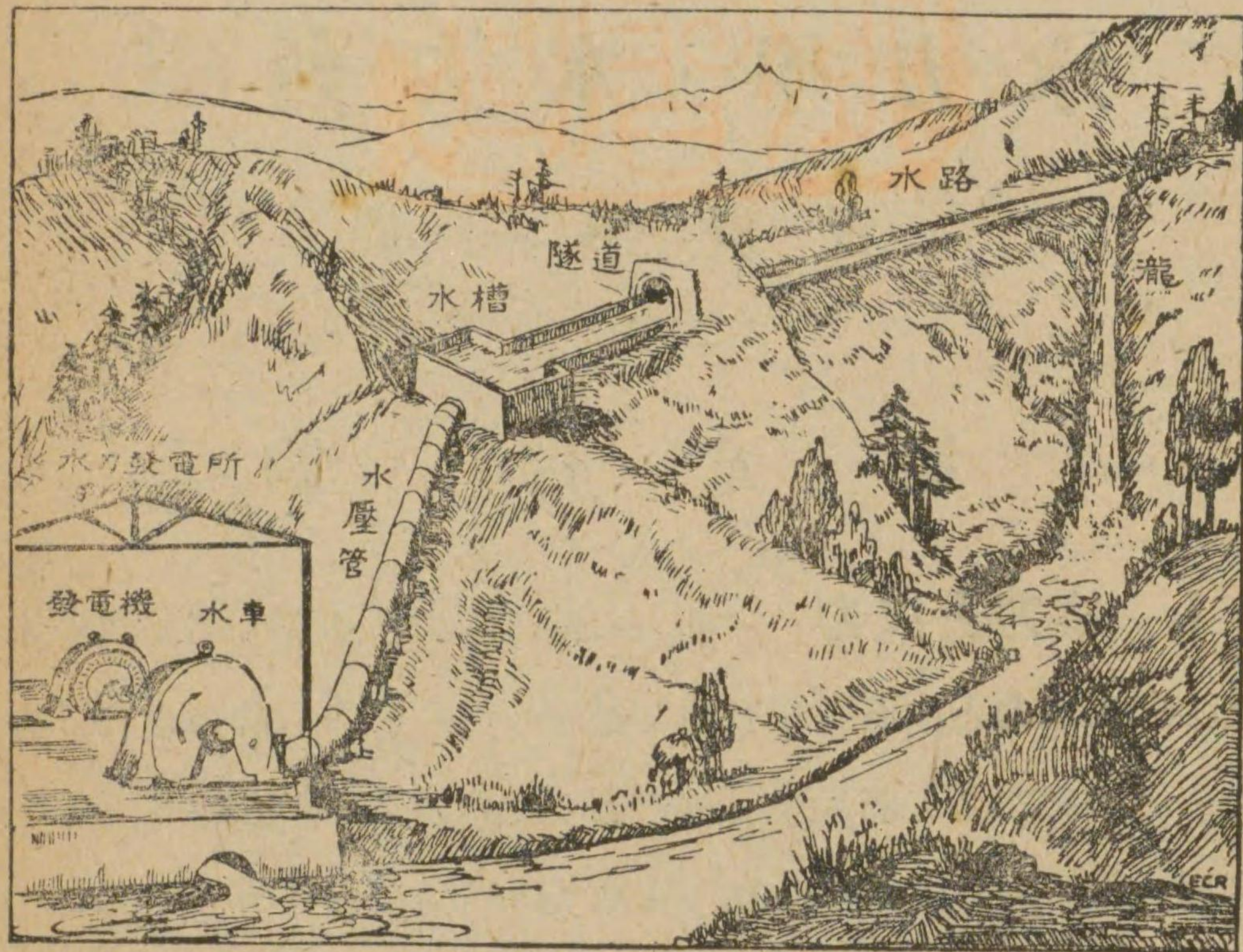
第一章 緒論

1. 水力と火力 動力の源は澤山あるが、結局川の水の勢力即ち水力と、石炭や石油を燃やしてそれから動力を得る火力との二つになる。石炭や石油の需要は中々多い、自動車、飛行機、軍艦、商船等には是非火力を使はなければならない。

處が石炭や石油は天然に土の中にあるものだから一旦取つてしまへば、あとから補充することは出来ない、誠に心細い次第である。然るに水はどうか、川の水は一旦海に入つても大自然のはたきで蒸發して雲となり、雨や雪と化して再び地上に来る。そこでこれから水力を得、永久に其勢力を利用する事が出来る。斯様に水力は動力の源として實に詭向きである。

我國は天然の地勢上から急流の川が多いので、此の詭向きの動力たる水力を利用するには實に申分がない。我國の水力の分量は一千四百萬馬力に達し、米國、カナダの次に位する。さうして現在利用されて居るのは僅かに四百萬馬力位だから、残りの一千萬馬力は、これからの電氣技術者によつて開發される運命にある。

第 1 圖



水力發電所の圖

2. 水力發電所 然らば水力を以て電氣を起すにはどうすれば良いか。第1圖にある様に瀧のわきから水を取つて樋の様な水路の中に入れる。水はこの中を流れて遂に水槽と云ふ池の様な水溜めに入る。

水槽に入つた水はここから水壓管と云ふ鐵管に入つて、遂に水車をまはし、その水は瀧の下流の川に流れ込むのである。だから瀧の水は減るが、發電所で川の下流にもどしてやるから、發電所の下では水は少しも減らないのである。

此の場合は瀧を利用したのだが、瀧は必ずしもなくてよい。急

流の川ならばこんな風に利用出来る。だから一つの川に幾つもの水力發電所を設ける事が出来る、10以上もあるのがある。

3. 水力電氣の研究 水車を學んだり水力の研究をするには第一に物理學が必要である。此の講義では物理學の大意の中で、主として水の事を述べ、次第にたやすく水車に入り、後に水路や水壓鐵管に進み、最後に水力發電所一般の事迄研究する様にし、むづかしい事は一切ぬいてごく大體をつくす様にした。

更に進んで一層深く研究する人は電機學校標準叢書又は標準テレゴグの水力發電を讀めば、もつと詳しい説明だの微に入つた計算などがあるから、爲めになる所が多いだらう。

練習問題 I

1. 我國は世界の國々の内で水力が豊富なのは何故か。
2. 水力は何故動力としてよいか。
3. 水路は何の目的で造るのか。
4. 水を取入れる處より上流の川の水と、發電所の下流の川の水とは何故水の量が同じなのか。
5. 川の水は何故流れて盡きないのか。
6. 動力の源は何と何か。
7. 水壓管と云ふものは何處に造るものか。
8. 水力を利用するには瀧でなくてもよいか。
9. 水力發電所の畫を見て書きなさい。

第二章 液體の壓力

4. 物の状態 物には千差萬別色々な種類があるが、その状態に依つて固體、液體、氣體の三つに區別される。

石や木のやうな物は一定の體積を有し、且つ一定の形を保つてゐる。斯やうな状態に在るものを固體と云ふ。

水や油のやうな物は一定の體積を有するが、其各部分は流動し易く、其の形はそれを容れる器によつて如何やうにも變る。斯やうな状態に在るものが液體である。液體を器に容れるときには、重さの爲低きに流れて器底に溜り、その上面は重力の方向に垂直な所謂水平面になる。

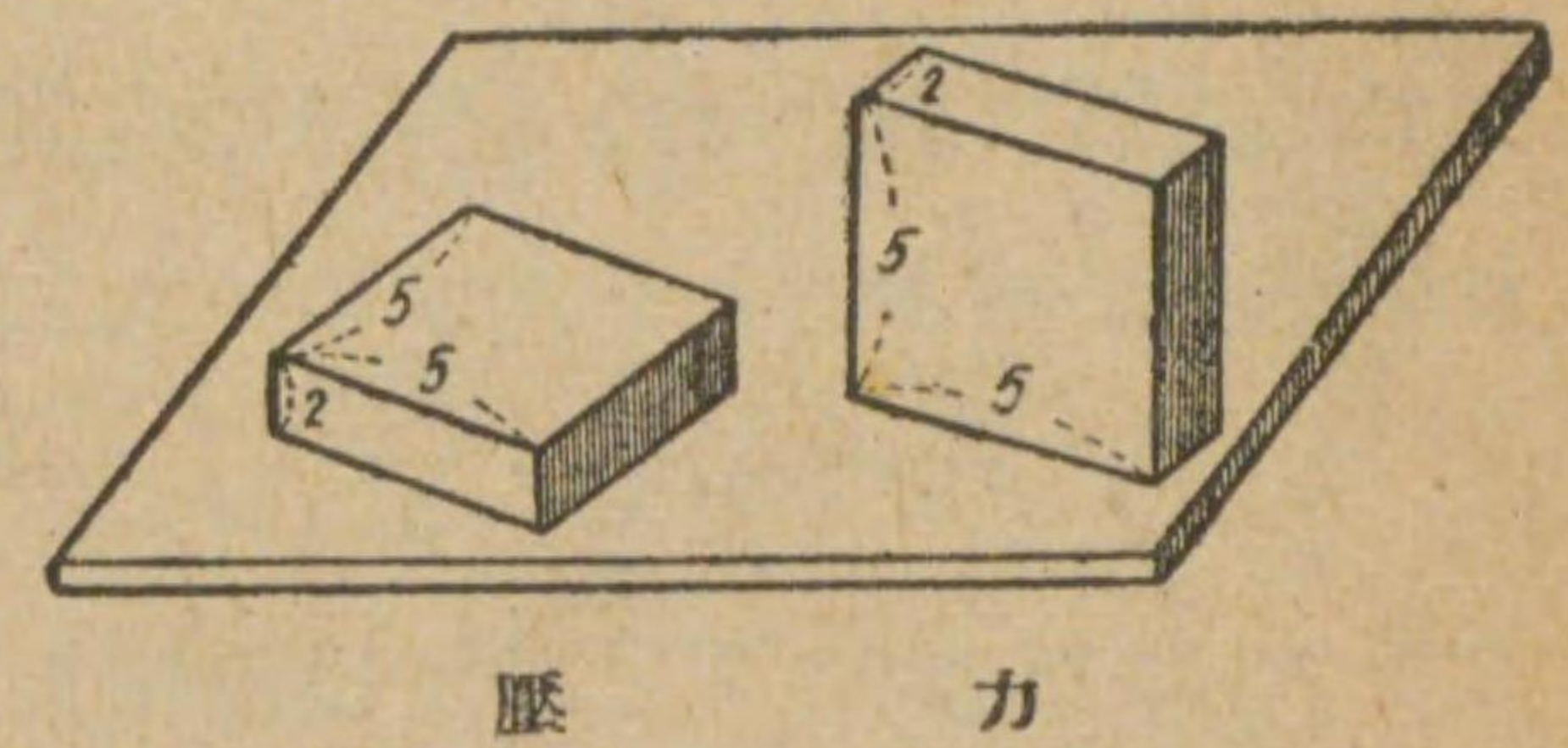
空氣や瓦斯や水蒸氣のやうな物はどんな器に容れても、必ず其の容器に充滿して自分自身では一定の體積も亦一定の形も保てない。斯やうな状態に在るものを氣體と云ふ。

液體と氣體とは流動し易い點、其の他に多くの類似點があるから、此二つを一括して流體と云ふことがある。

5. 壓力 机の上の金屬片は机の面を下方に押し、机は金屬片を上方に押し返して、互に同じ力で押し合つてゐる。又金屬片を途中から上下の二つの部分に分けて考へると、上の部分は下の部分を下方に押し、下の部分は上の部分を上方に押し返して、互に同じ力で押し合つてゐる。斯やうに二つの物或は一つの物の

内の二つの部分が互に押し合ふ力を壓力と云ふ。さうして或る表面全體の力を其表面の全壓力と云ひ、全壓力を其表面の面積で割つた單位面積當りの力を壓力の強さ（或は單に壓力）と云ふ。

第 2 圖



即ち [壓力の強さ] = $\frac{[\text{全壓力}]}{[\text{面積}]}$

例題 1. 第 2 圖の金屬片の重さが 400 g なりとすれば、左のやうに平に置いたときと、右のやうに縦に置いたときとでは全壓力及壓力の強さはどう違ふか。

解 左 [全壓力] = 400 g

$$[\text{壓力の強さ}] = \frac{400}{5 \times 5} = 16 \text{ g/cm}^2 \text{ (註を見よ)}$$

右 [全壓力] = 400 g

$$[\text{壓力の強さ}] = \frac{400}{5 \times 2} = 40 \text{ g/cm}^2$$

6. 液體の壓力 水を容れた器の側壁に小さな穴を開けて見ると、水は直ちにそこから噴き出す。さうして其の穴を指先で押さへて水の噴き出すのを止めると、中から水が押し出す力を感じる。之は、容器内の液體は其の重さにより順次下層の液體を

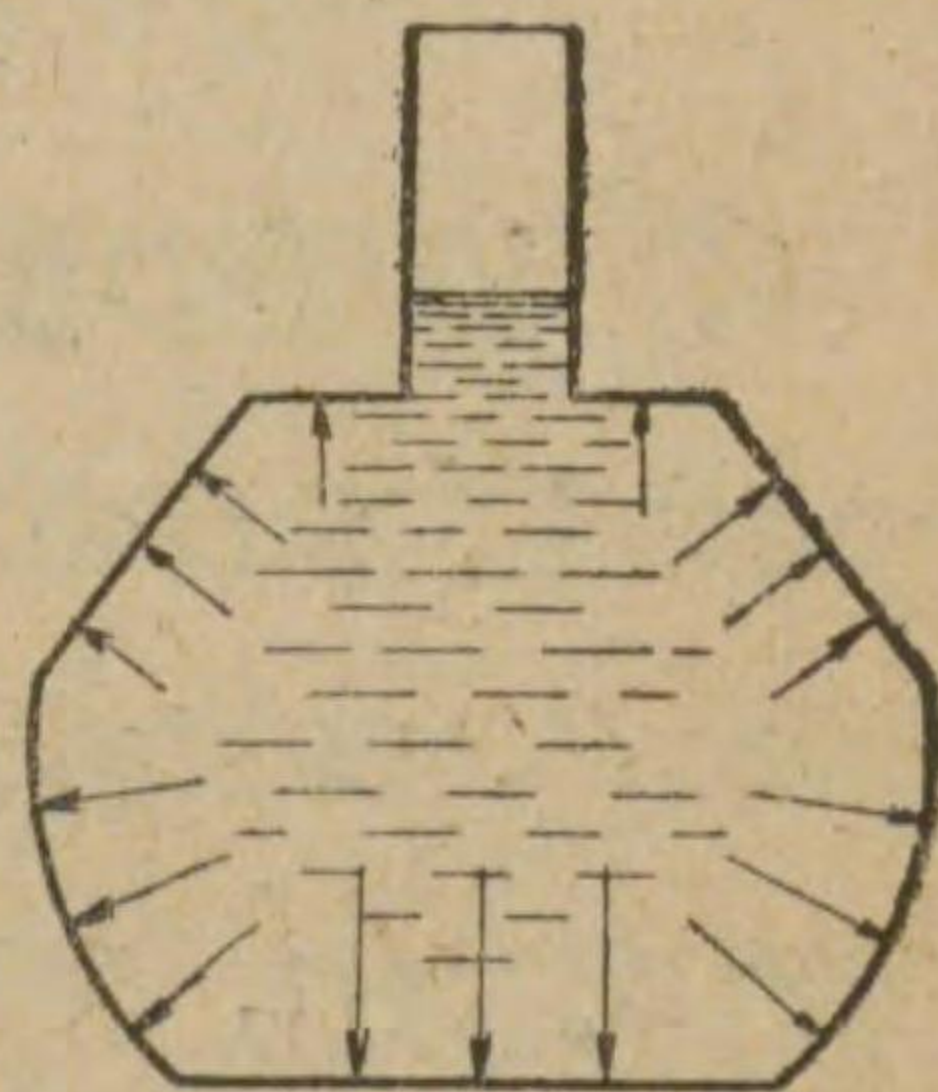
註 1 cm² (平方センチメートル) に付き 16 g (グラム) のことを 16 g/cm² と書き、之を 16 グラム毎平方センチメートルと讀む。

押し、又下層の液體は上層の重さに押されて周圍にハミ出さうとして、液體に觸れてゐる容器の内側の面は、どこでも液體から壓力を受けてゐることを示すのである。さうして穴のないところでは、液體が容器を壓すると同時に容器が液體を押し返して釣合つてゐる。併し穴のところでは液體を押し返す力がないから、水はそこから外へ噴き出すのである。

7. 器壁に作用する壓力の方向 極く滑らかな板の

上に置いた物を板に垂直に押すと、其物は動かない。けれども少し斜に押すと、其物は直ちに滑つて動き出す。液體でも同じであつて、液體を容れた器の内面の壓力が、其面に垂直でなく、水が斜に押し返へされてゐるならば、水は直ちに滑つて動き出さなければならぬ。ところが諸君が毎日見て知つてゐる通り、如何なる形の容器でも之れに容れた水はすぐ動かなくなつてしまふのであるから、液體を容れた器の内側の面に作用してゐる壓力の方向は、第3圖に示すやうに、どこでも容器の内面に垂直でなければならない。

第3圖



8. パスカルの原理 液體は流れ

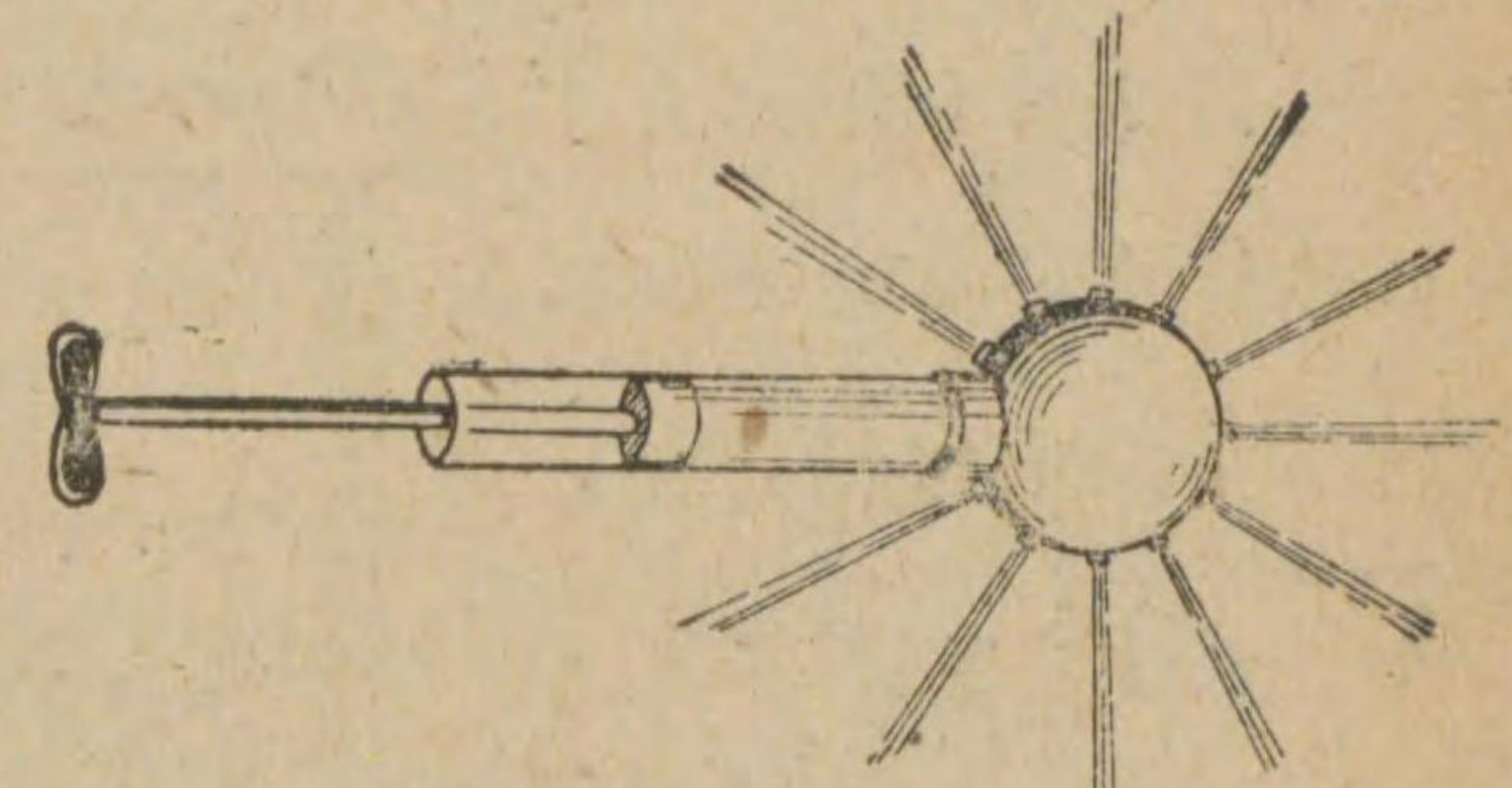
易いものであるから、液體の一部分を壓すると、壓せられた液體は四方にハミ出さうとする。其の結果、液體の一部分に加へた壓力は

液體は器壁を垂直に壓す

其強さを變へずに各方向に一様に傳はるものである。

壓力が各方向に傳はることは、第4圖のやうな多くの細孔のある水鐵砲状のものに水を充し其圓筒部のピストン (piston) を強く壓するとき、どの

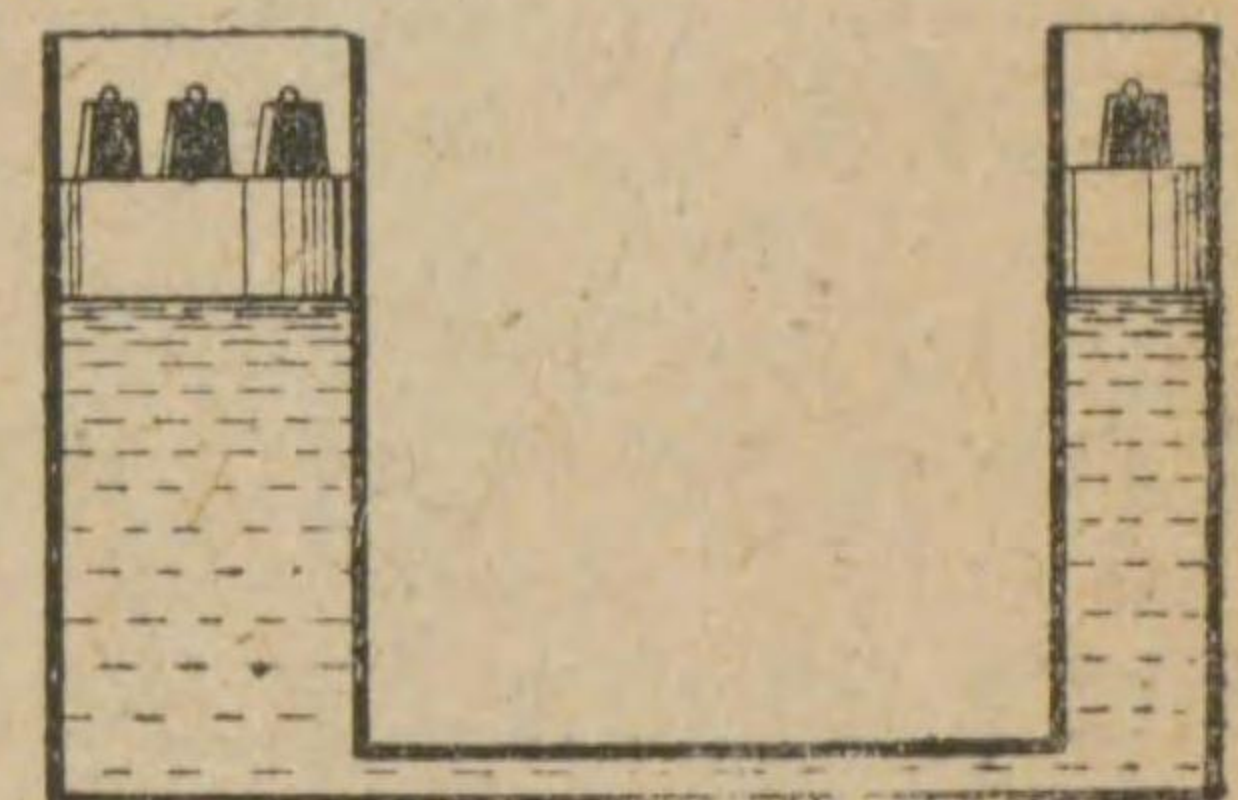
第4圖



パスカルの原理の實驗

孔からも殆ど同じ強さで水の噴出することに依つて知れる。又第5圖に示すやうな、底部が互に連通してゐる大小二個の圓筒に水を充し、兩方の圓筒の斷面積に正比例して、小なる方は小なる力で大なる方は大なる力で水面を壓すると、兩方の力が丁度釣合つて兩方とも上りも下りもしない。これは、小圓筒の水面に加へた壓力が同じ強さで大圓筒の水面に傳はり、其全壓力が面積に正比例して大なる力となるからである。

第5圖



パスカルの原理の實驗

上の原理はパスカルと云ふ人が今より三百年程以前 (1650 年) に發見したのであるから、之れをパスカルの原理と稱してゐる。

9. 水壓機 水壓機は、前節第5圖に就いて説いた理に基いて造られた、小なる壓力を大なる壓力に變へる機械であつて、絲、綿、紙等の壓縮、種や蠟の搾取などに用ひられる。

例題 2. 第6圖の水壓機に於て、右方のポンプのピストンの直徑は 10 cm 水壓機のピストンの直徑は 60 cm とし、挺子に依つ

てポンプのピストンに加
はる全壓力を140kgとす
れば水壓機いんばくのピストンに
及ぼす全壓力は幾許か。

解 ポンプのピストン
に依つて作られる壓力の
強さは、全壓力をピスト
ンの面積で割つて、

$$\frac{140}{\pi \times \left(\frac{10}{2}\right)^2} \text{ kg/cm}^2$$

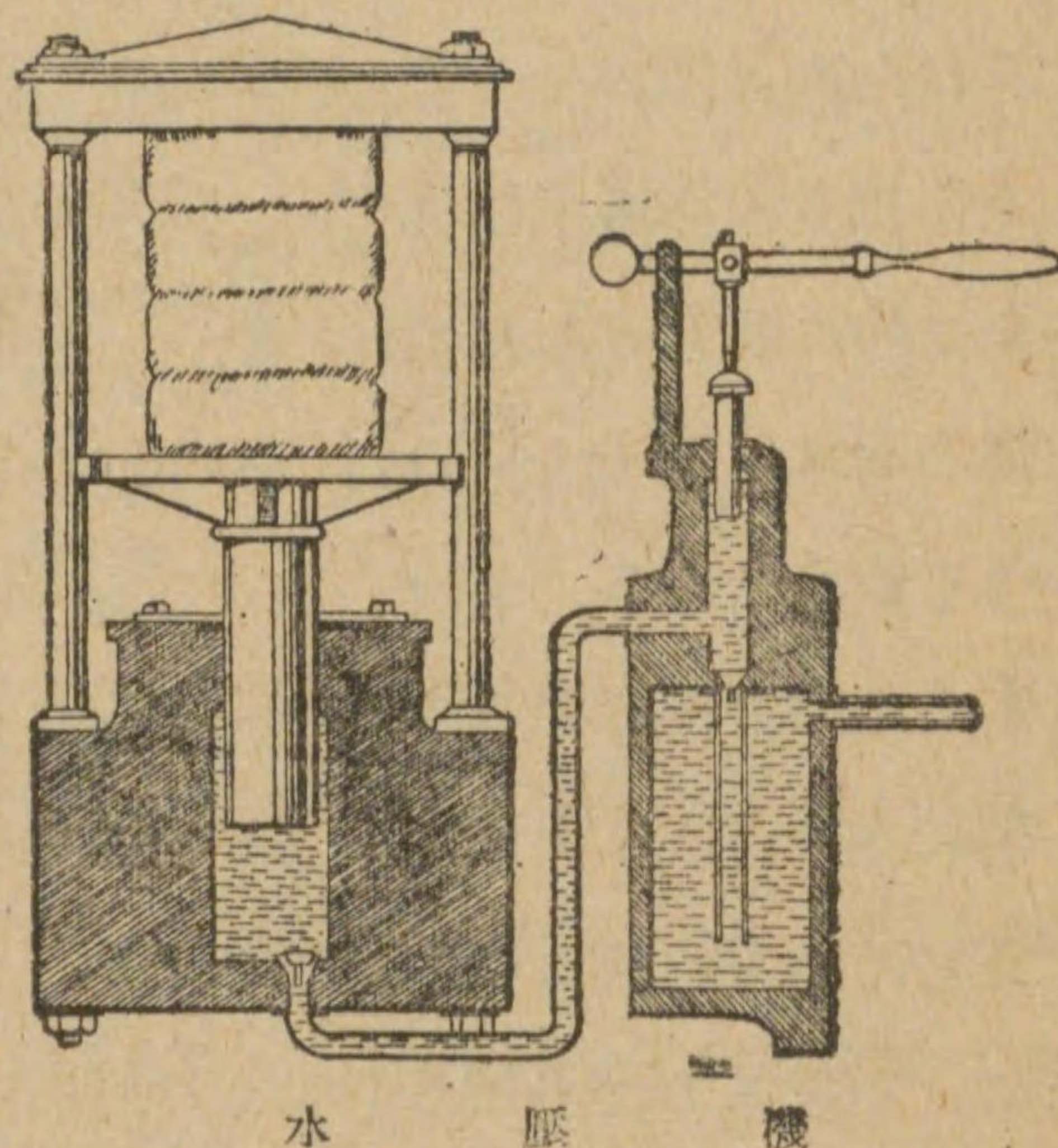
之れが強さを變へずに水壓機に傳はるから、水壓機のピストンに
及ぼす全壓力は、壓力の強さに水壓機のピストンの面積を掛けて

$$\frac{140}{\pi \times \left(\frac{10}{2}\right)^2} \times \pi \times \left(\frac{60}{2}\right)^2 = \frac{140 \times 60 \times 60}{10 \times 10} = 5040 \text{ kg (答)}$$

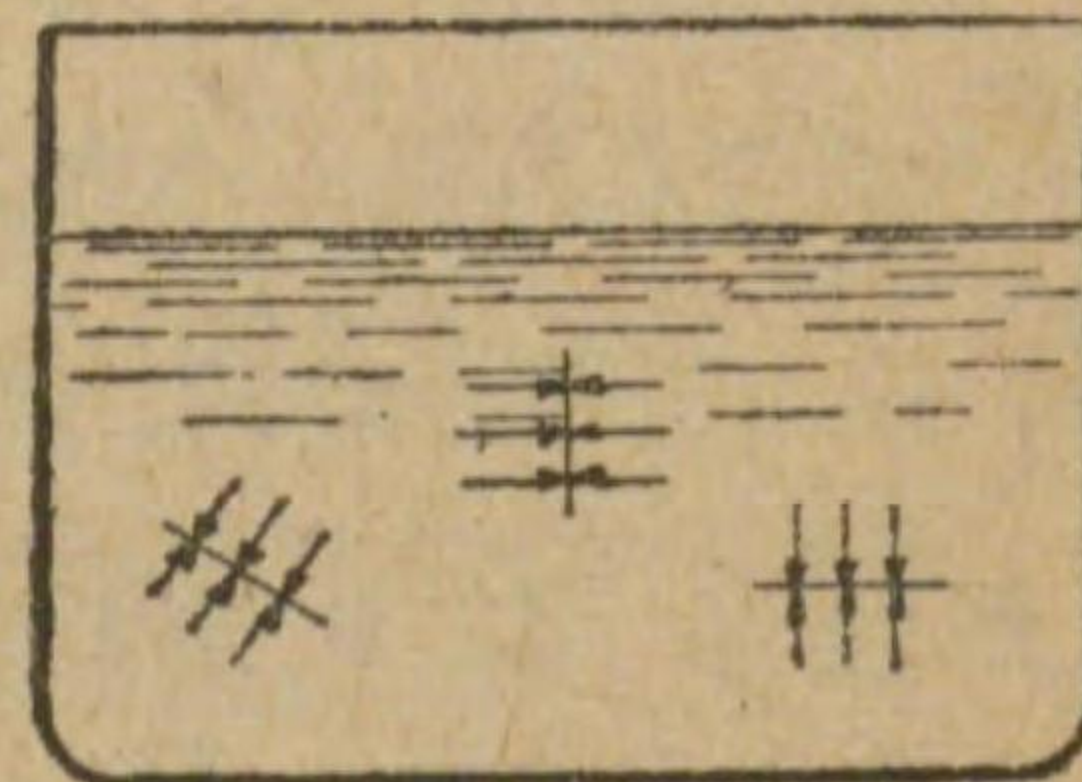
10. 液體内部の壓力 パスカルの原理に従ひ、液體の

壓力は四方に傳達するものであるから、液體の壓力は、液體と容
器とが相接する面許りでなく、液體内の
總ての部分に存在し、容器の内面は勿論
液體内の任意の面に對し、必ず其兩側か
ら同じ力で其面に垂直に押し合つて釣合
を保つてゐるものである(第7圖)。

第 6 圖



第 7 圖

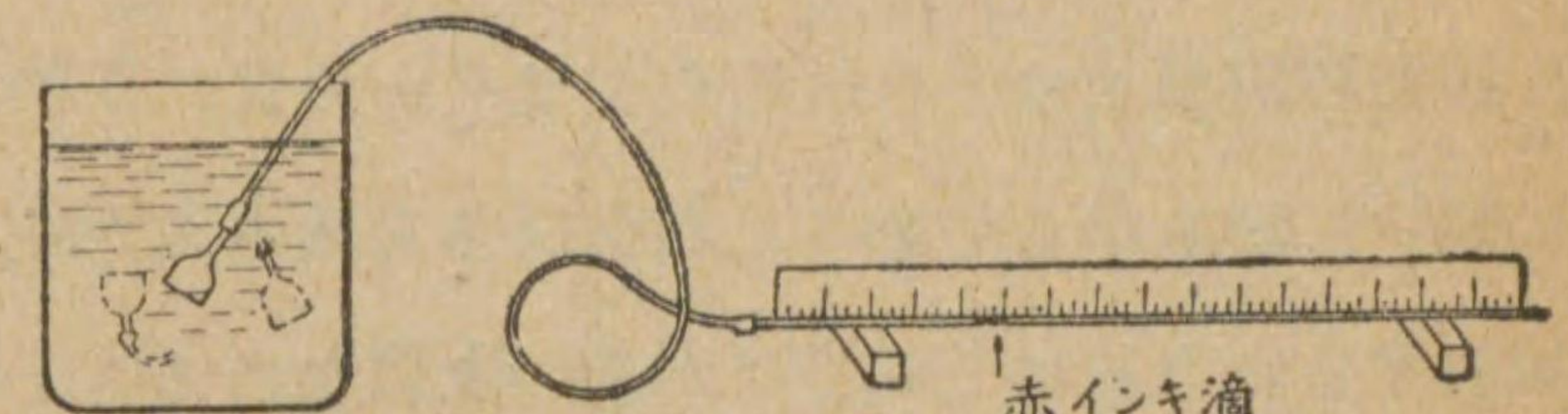


液體内部の壓力

第8圖に示せるものは、液體の壓力を測る簡単な構造の壓力計
である。漏斗じろうごの

第 8 圖

口にゴム膜を張
り、其先に硝子
管を連結したも



液體内部の壓力を示す實驗

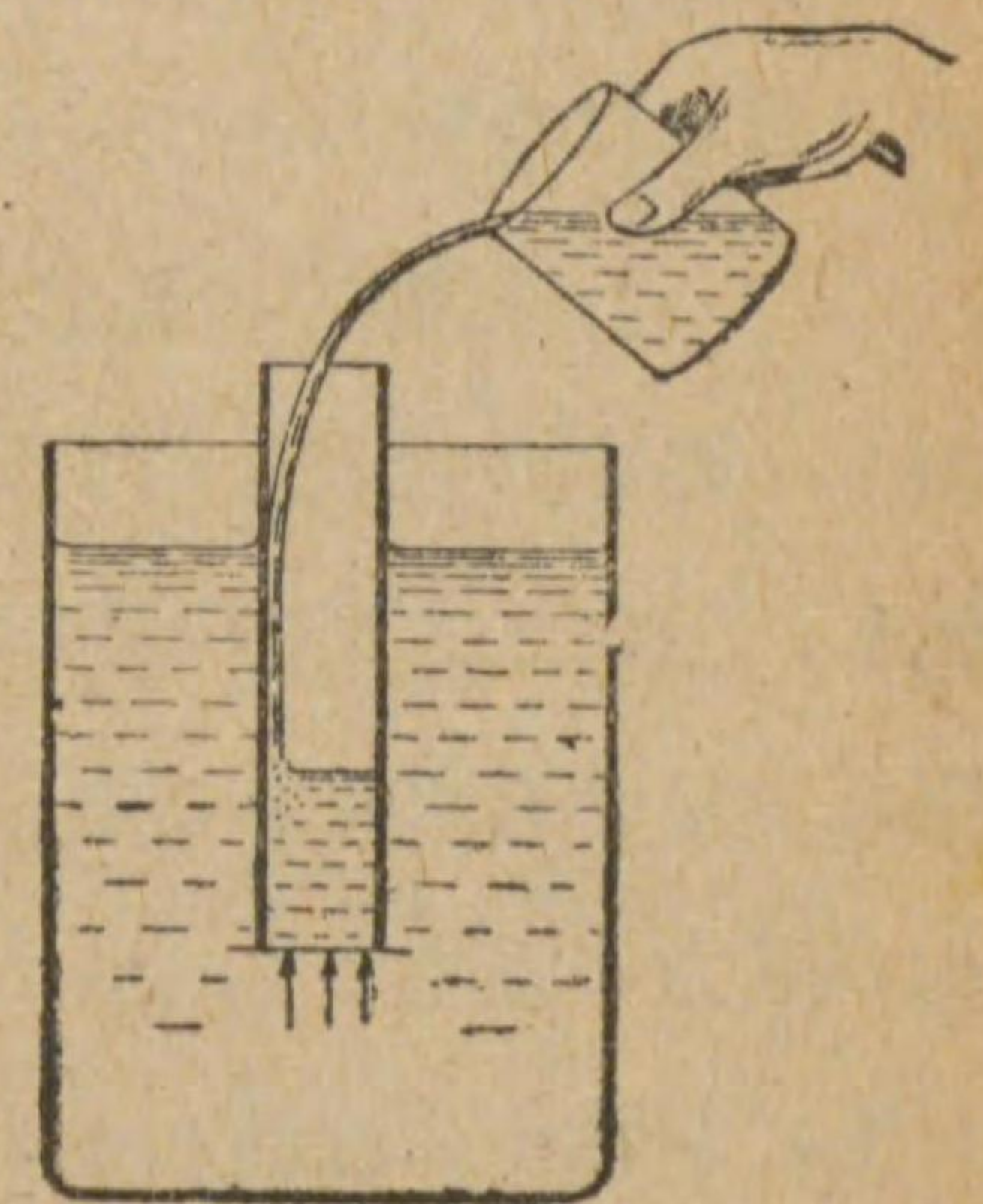
ので管の中には

あらかじめ赤インキあらかじが一滴真中頃まじに入れてあるから、ゴム膜まくを壓すると
赤インキが動く様になつてゐる。漏斗の口を液體に沈めるとき、
同じ深さでは其の口を上に向けても下に向けても又斜に向けても
ゴム膜が壓せられて赤インキ滴が同じ點迄動くから、壓力は液體
内いづれの一點に於ても總ての方向に等しく作用する事が判る。

11. 重さに依る水の壓力 薄い硝子製の底抜け圓筒

の下端に、アルミニウムのやうな軽い
金屬で作つた極く薄うすい圓板を密接させ
て、其の儘それを水中に直立して押し
沈めると、板は圓筒に密着して沈まな
い。併し圓筒のなかへ徐々に水を注
ぎ、其の水面が外部の水面と同じ高さ
になると、板は圓筒を離れて沈む。又
水の代りに秤ふんどうの分銅を少しづつ圓板上
に載せて見ても分銅を或るところまで増

第 9 圖



液體内の壓力の強さを示す實驗

すと、板は沈む。さうして此時の分銅の重さは丁度前に圓筒に充ただけの水の重さと等しい、之れは何故であるか。

始め圓筒が空のときに板が沈まないのは、水の壓力が下から板に働いてゐるからである。圓筒に水を入れるか或は分銅を板の上に乗せるときには、其重さが板の上に加はることになる。併し最初の間は下からの壓力の方が大きいから、板は落ちない。けれども上からの重さが増して、下から板に作用してゐる水の全壓力と同じになると、そこで板は自身の重みで圓筒を離れて沈むのである。即ち此時の圓板上の重さ（板自身の重さも加へて）と、下から圓板を壓してゐる水の全壓力とは等しいのである。

今假りに、圓筒の斷面積が 5 cm^2 、水面から圓板までの深さを 10 cm あるものとすれば、圓板が將に沈まうとするときの圓筒内の水の體積は $5 \times 10 \text{ cc}$ 、其の重さは $* 1 \times 5 \times 10 = 50 \text{ g}$ である。下から圓板に作用してゐる水の全壓力は之れと同じいから、其の壓力の強さは全壓力の 50 を面積の 5 で割つて

$$[\text{壓力の強さ}] = 50 \div 5 = 10 \text{ g/cm}^2$$

即ち、壓力の強さを示す數は水の深さを示す數と同じになつた。但し、茲に云ふ壓力の強さは水面それ自身が後章に述べるやうに空氣で壓せられてゐることを考へない、水自身の重さだけに依る水の壓力の強さである。

上に求めたのは圓板が上に壓せられてゐる壓力の強さであるが

* 水の重さは溫度に依つて違ふが、水力學では 1 cc に付 1 g と取つて差支へない。

パスカルの原理に従へば壓力は其の強さを變へずに四方に傳達するのであるから、重力の影響が板のところと同じい、即ち水面から同じ深さのところでは、どこでも亦どの方向にも壓力の強さは同じである。依つて、一般に水自身の重さだけに依る壓力の強さ（單位 g/cm^2 ）と水面からの深さ（單位 cm ）とは、どこでも亦どの方向にも、常に同一の數で表はされる。即ち

$$[\text{壓力の強さ } \text{g/cm}^2] = [\text{深さ } \text{cm}] \dots \dots \dots (1)$$

例題 3. 深さ 2 m の點の水の壓力の強さ（自身の重さに依る）は $\frac{2}{10} \text{ kg/cm}^2$ なることを證せよ。

$$\text{解 } 2 \text{ m} = 100 \times 2 \text{ cm}$$

故に求むる壓力の強さは

$$100 \times 2 \text{ g/cm}^2$$

$$\text{然るに } 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} \quad \therefore 1 \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ kg}$$

$$\therefore 1 \text{ g/cm}^2 = \frac{1}{1000} \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \therefore 100 \times 2 \text{ g/cm}^2 &= \frac{1}{1000} \times 100 \times 2 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \frac{2}{10} \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

本例の示す通り、壓力の強さは kg/cm^2 を單位とし、深さは m を單位とするときには、前者を示す數は後者を示す數の $\frac{1}{10}$ になる。即ち

$$[\text{壓力の強さ } \text{kg/cm}^2] = \frac{1}{10} [\text{深さ m}] \dots\dots\dots (2)$$

12. 比重 或る一つの物の重さと、之れと等しい體積の水の重さ（厳密に云へば攝氏四度に於ける水の重さ）との比を ひちひら 比重と云ふ。

例へば體積 51 cc なる銅の重さが 453.9 g あつたとすれば、之れと同じ體積即ち 51 cc だけの水の重さは 51 g であるから

$$453.9 \div 51 = 8.9$$

が此銅の比重である。第 1 表は主なる物の比重を示す表である。

第 1 表 主なる物質の比重

物 質	比 重	物 質	比 重	物 質	比 重
イリナウム	22.4	亜 鉛	7.1	水 (0°C)	0.916
白 金	21.5	アンチモン	6.69	木 材	黒 檀 1.1乃至 1.3
金	19.3	アルミニウム	2.65		樫 0.7
タンカステン	17乃至18.8	マグネシウム	1.74		松 0.4乃至 0.6
水 銀 (0°C)	13.596	ナトリウム	0.97		杉 0.3乃至 0.4
水 銀 (15°C)	13.56	カリウム	0.86	コルク	0.2乃至 0.25
鉛	11.4			硫 酸	1.84
銀	10.5	大 理 石	2.5乃至 2.8	硝 酸	1.52
蒼 鉛	9.8	硝 子	2.4乃至 2.6	クロロホルム	1.49
銅	8.9	陶 器	2.2乃至 2.4	硫化炭素	1.29
ニ ッ ケ ル	8.9	硫 黄	2.0	グリセリン	1.26
真 鍮	8.4乃至 8.7	炭 素	金剛石 3.52	鹽 酸	1.21
鐵 (純)	7.86		石 墨 2.3	海 水	1.03
鑄 鐵	7.1乃至 7.7		瓦 斯 炭 1.9	ベンゾール	0.87
鍊 鐵	7.8乃至 7.9		石 炭 1.2乃至 1.5	石 油	0.75乃至 0.85
鋼	7.7乃至 7.9	木 炭 0.3乃至 0.6	アルコール	0.79	
マンガン	7.39	エボナイト	1.8	エーテル	0.72
錫	7.29	セルロイド	1.1		

例題 4. 體積 20 cc のエボナイト棒があり、其の重さは 36 g である。エボナイトの比重を求めよ。

解 此エボナイトと等體積即ち 20 cc の水の重さは 20 g である。故に求むる比重は $36 \div 20 = 1.8$ (答)

例題 5. 面積 30 cm² にして厚さの一樣なる鐵板の重さを測りしに 702 g あつた。其の厚さ幾許か。但し鐵の比重は 7.8 とする。

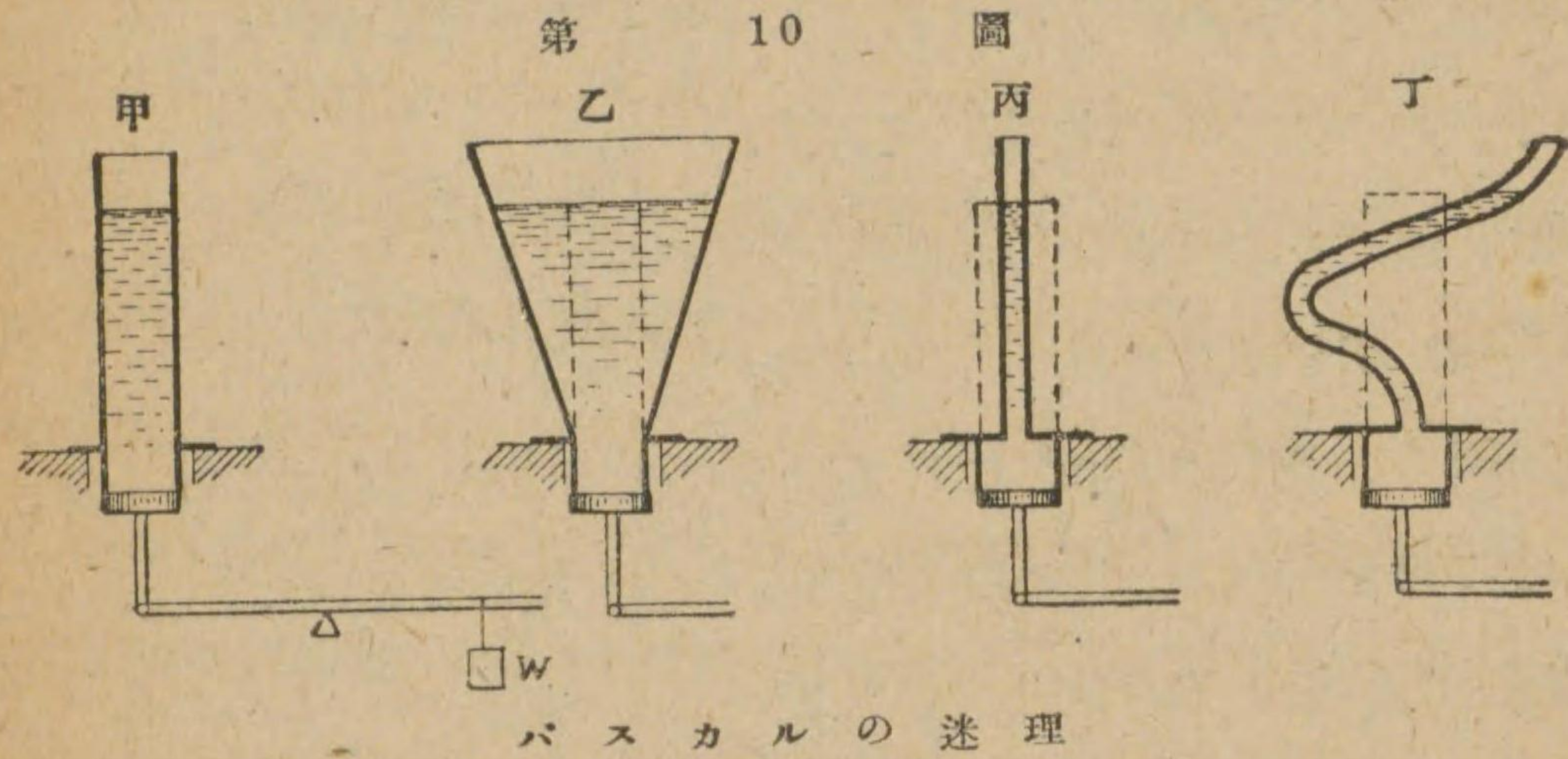
解 此鐵板と等體積の水の重さは $702 \div 7.8 = 90$ g 従つて其の體積即ち鐵板の體積は 90 cc である。依つて鐵板の厚さは $90 \div 30 = 3$ cm (答)

13. 比重 S なる液體の壓力 水の場合には、自身の重さだけに依る壓力の強さは (1) 式及 (2) 式に依つて算出される。併し、液體が水でなく比重 S なる液體のときには、同じ體積の重さが水の場合の S 倍になるから、液體自身の重さに依る壓力の強さも、當然水の場合の S 倍になる。依つて一般の液體の場合には

$$[\text{壓力の強さ } \text{g/cm}^2] = [\text{比重}] \times [\text{深さ cm}] \dots\dots\dots (3)$$

$$[\text{壓力の強さ } \text{kg/cm}^2] = \frac{1}{10} \times [\text{比重}] \times [\text{深さ m}] \dots\dots (4)$$

14. 器底に及ぼす壓力 底抜け圓筒を 其の下端が天秤の一端に取り付けたる平な底板に密接するやうに、併し其の重さは天秤に掛らぬやうに、直立さして固定し置く。第 10 圖甲は



之を示すものとする。さうして、天秤^{てんびん}の他の端^{ふんどう}には分銅 W を乗せ、圓筒内に徐々に水を注ぎ入れるとき、最初の間は分銅の重さに依つて底板を上^{じよ}に押し上げようとする力の方が底板を押し下げようとする水の壓力よりも大であるから、底板は圓板に密着して水は漏れない。ところが、水の量が増して或る深さになると、底板が離れて水が漏れる。次に圓筒の代りに、底面積は甲の圓筒と同じだが、上部の形が乙、丙、丁に示すやうに種々變つたものを用ひて同じことを試みるのに、何れも器内の水の深さが甲の場合と同じに達すると漏水が起る。此の實驗より、器底に及ぼす液體の全壓力は底面積と水面から底面までの水の深さとに依つて定まり、容器の側壁の形には全く關係しない。従つて壓力の強さは側壁の形には無關係に深さに依つて決定されることがよく判る。

上の實驗に於て、甲、乙、丙、丁形に大小があつて水の重量は異つてゐるにも關らず、底板に及ぼす全壓力が皆同じなのは、一見甚だ異様に感ぜられる。之れに就ては水力學の先覺者^{せんかくしや}バスカルも

大に迷つたのであつた。併し、水の重さ許りでなく、水が容器の側壁から受ける壓力をも併せて考へると、其の當然なることが判る。甲の場合には、容器の側面の壓力は水平に働いてゐるから、圓筒内の水の重さだけが壓力として底板に作用する。乙の場合には、水が容器の側面から押し返される壓力は斜上^{ななめ}に向つてゐるから、之れに依つて底板を外れた部分の水の重さが支^{ささ}へられることになつて、底板に壓力を及ぼすのは底板の直上に在る水の重さだけである。即ち、水全體の重さは甲より乙の方が大であるけれども底板に及ぼす全壓力は甲も乙も同じである。丙に於ては、下部の太い部分の上面で、水は容器から下へ向つて壓せられてゐるから之れが底板に傳はつて、水全體の重さは甲及乙に比べて軽いものにも拘らず底板に同じ全壓力を及ぼすのである。

練習問題 II

1. 或る海の底にて海水の壓力が 20 kg/cm^2 であつたと云ふ。此の處の深さは何程か、但し海水の比重を 1.03 とす。
2. 器物に入れたる水の上面は何故に水平になるか。
3. 或る銅線あり、長さ 1000 m 直徑 1 cm とす。この比重を 8.9 とすればその重さは何程か。
4. 或る面上に靜止せる等しき重さの二物體あり、底面積の大なる方が、小なるものよりも下の面に對する壓力は大か小か。
5. 銅線あり、其長さ 1600 m にしてその重さは 1610.5 kg な

り、この直径を求め。但し銅線の比重は 8.9 とす。

6. 或る容器内に水とごまの油を入れたらば、水と油の界はどんな風になるか、その現象を書き理由を述べよ。

7. 鉛筆の心を尖らしたのと、尖らさぬのとは、同じ力で手のひらを押した時その感じが同じか異なるか、その理由を述べよ。

8. 静止せる液体内のある平面に働く力は何故その面に對して垂直なるか。

9. 比重 7.7 の鐵塊あり、其容積 2 リットルなりと云ふ、重さを求め。

10. パスカルの原理を説明せよ。

【解答】 1. 公式 (4) によつて

$$[\text{壓力の強さ } \text{kg/cm}^2] = \frac{1}{10} \times [\text{比重}] \times [\text{深さ } \text{m}]$$

$$\therefore [\text{深さ } \text{m}] \times [\text{比重}] = 10 \times [\text{壓力の強さ } \text{kg/cm}^2]$$

$$\text{故に } [\text{深さ } \text{m}] = 10 \times \frac{[\text{壓力の強さ } \text{kg/cm}^2]}{[\text{比重}]}$$

$$= \frac{10 \times 20}{1.03} = 194.2 \text{ m}$$

2. 高き所にある水は重さの爲め低き所に流れそこを埋める爲めに其結果として、上面は重力の方面に垂直な水平面になる。

3. 銅線の容積は $\left(\frac{\pi}{4} \times 1^2\right) \times 1000 \times 100 \text{ cc}$ にして其重さは

$$\left(\frac{\pi}{4}\right) \times 1^2 \times 1000 \times 100 \times 8.9 = 698650 \text{ g} = 699 \text{ kg}$$

4. 此物體の重さを $P \text{ g}$ とし、大なる方の底面積を $A \text{ cm}^2$ 、小なる方の底面積を $a \text{ cm}^2$ とすれば、此の場合に P が全壓力なるを以て

$$[\text{大なる底面積の壓力の強さ}] = \frac{P}{A}$$

$$[\text{小なる底面積の壓力の強さ}] = \frac{P}{a}$$

この兩方を比較すれば分子は共に同一なれど、分母の小なる方が大なるを以て、小なる底面積の壓力の強さ即ち單位面積當りの力の方が大きいのである。

5. 銅線の直径を $d \text{ cm}$ とすれば

$$\left(\frac{\pi}{4} d^2\right) \times \frac{1600 \times 100 \times 8.9}{1000} = 1610.5 \text{ なるを以て}$$

$$d^2 = \frac{1610.5 \times 1000}{0.7854 \times 1600 \times 100 \times 8.9} = 1.44$$

故に直径 $d = 1.2 \text{ cm}$ 即ち 12 mm である。

6. 水と油は全然混ぜざるものだから、重い方の水が下に位置して、その上の面即ち水と油の界の面は問題の (2) の理で水平になる。油は更にその上に位しその上の面も同理によつて水平になる。

7. 常に單位面積當りの壓力が大きい程感じが強いのであるから問題 (4) と同理によつて、尖らした方即ち面積の小なる方が壓力の強さが大きい。此の場合押す力が全壓力に相當してゐるのである。

8. 若し垂直でないとすると水はそれによつて滑り出さねばならない。然し液體は靜止せる事明かなる故にどの平面に働く力も面に垂直でなければならない。

9. 此の容積は 2×1000 cc なるを以て重さは明らかに

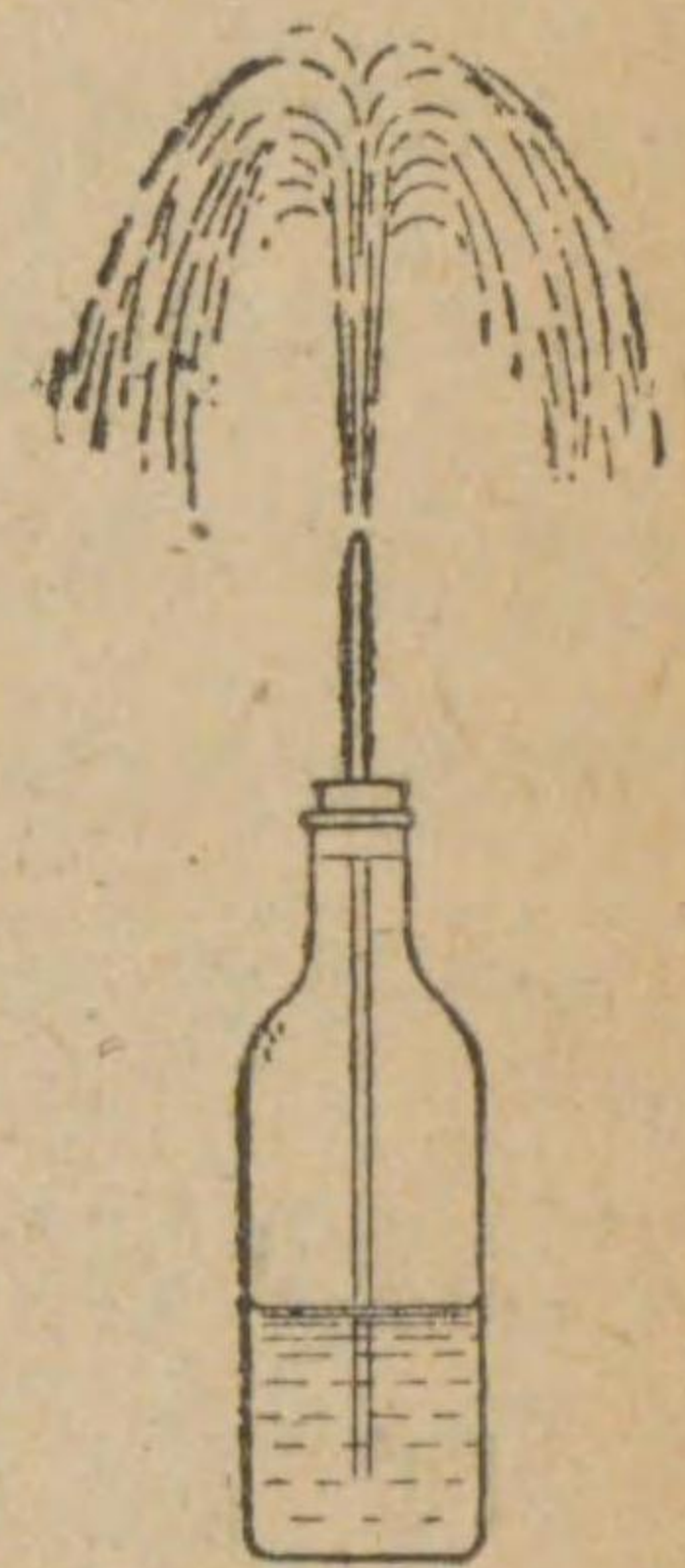
$$\frac{2 \times 1000 \times 7.7}{1000} = 15.4 \text{ kg である。}$$

第三章 氣體の壓力

15. 氣體の壓力 氣體は液體よりも更に其の各部の運動が自由で常に飛散しようとするから、氣體を容器内に密閉すると、容器全體に擴がらうとして、其の器壁にどこも同じ強さで壓力を及ぼすものである。之れに就てはゴム風船や空氣枕で已に經驗されたことゝ信ずる。

第 11 圖に示すやうに水を少し入れた^{びん}罐の密閉栓を貫いて、先端を細くした硝子管を通し、其の下端を水中に浸させ、上端から息を吹き込むと、此の空氣は水を通り罐の上方に集まる。そこで硝子管の上端から口を放すと、水は管の先から噴き出す。これも氣體の壓力を立證する一つの實驗であつて、罐内に閉ぢ込められた空氣が水面に壓力を及ぼし、水面が押し下げられるから、そこで、水が管を通つて外方へ噴き出すのである。

第 11 圖

氣體の壓力
を示す實驗

16. ボイルの定律 ピストンを有する圓筒内に一定量の空氣を容れ、ピストンを強く壓すると、圓筒内の氣體は壓縮されて其體積を減じてそれ丈ピストンは下り、ピストンを壓する力を減ざると、圓筒内の氣體は自ら膨脹して其の體積を増しそれだけピストンは上る。元來、氣體を壓縮するときには其の溫度が高まり、又氣體が膨脹するときには其の溫度が下るものであるが、

若し溫度が少しも變はらぬやうにして、氣體に加へる壓力を種々に變へて實驗して見ると、其の體積は常に加へられたる壓力に逆比例して變化することが判る。即ち氣體の體積と壓力との間には次の如き一定の關係が存在するものである。

一定溫度に於ては、一定量の氣體の體積は其の受くる壓力の強さに逆比例す。

これをボイルの定律 (又はマリオットの定律) と稱する。

上の定律に従へば、一定量の氣體があり壓力の強さが 10 なるときに其の體積 20 あるものと假定すれば、壓力の強さを種々に變へたときの此の氣體の體積は次の表のやうに變る (但し溫度は一定とす)。

[壓力の強さ]	5	10	20	40	80
[體積]	40	20	10	5	2.5
[壓力の強さ]×[體積]	200	200	200	200	200

扱茲で、[壓力の強さ]と[體積]との積を計算して見ると、いつも 200 と云ふ同じ數になる。依つて、ボイルの定律は

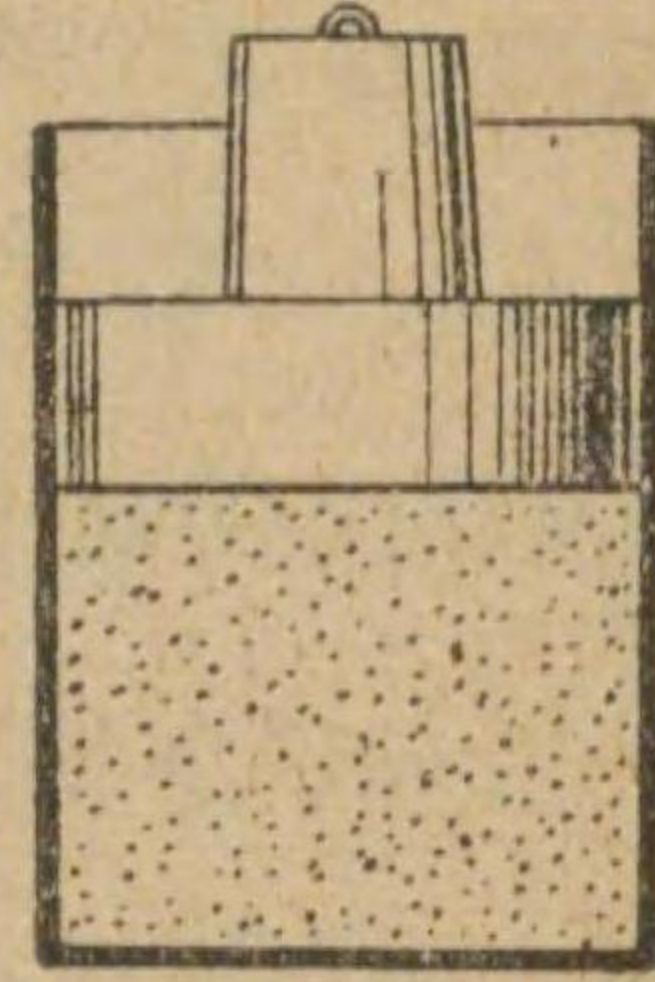
一定溫度に於ける一定量の氣體に就ては、其の[壓力の強さ]と[體積]との積は常に一定數である。

と云ひ換へられる。式で之れを示すと、

$$[\text{壓力の強さ}] \times [\text{體積}] = \text{一定數} \dots\dots\dots (5)$$

或は [壓力の強さ] を P , [體積] を V で表はすと、

第 12 圖



ボイルの定律を示す實驗

$$PV = \text{一定數} \dots\dots\dots (5')$$

例題 6. 1033 g/cm^2 の壓力の強さを 1 氣壓と稱す。今 1 氣壓のときに 28 リットルの空氣を容器内に密閉して、其の體積を 6 リットルに壓縮したものとすれば、其の壓力の強さは幾許となるか。但し溫度は一定とする。

解 求むる壓力の強さを P 氣壓とすれば、

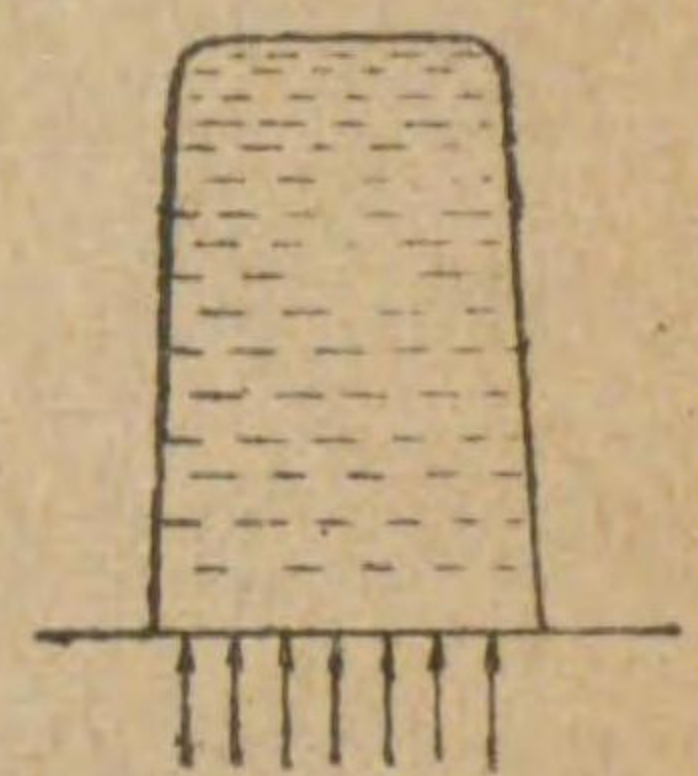
$$P \times 6 = \text{一定數} = 1 \times 28$$

$$\therefore P = \frac{1 \times 28}{6} = 4.73 \text{ 氣壓 (答)}$$

17. 大氣壓 地球の表面に積み重なつてゐる空氣を大氣と云ふ。吾々は此の大氣の底にゐる譯であるから、丁度水の底では水の壓力があるのと同じやうに、大氣の底では大氣の壓力がある。此の大氣の壓力を大氣壓と稱する。

水を充したコップの口に良質の西洋紙或は硝子板を當て、其の儘コップを倒にするも水はこぼれない。又湯呑を口に密着して息を吸ひ込むと湯呑を下へ向けても口より離れ落ちない。之れ等は皆大氣壓の爲め下から押上げられてゐるからである。

第 13 圖



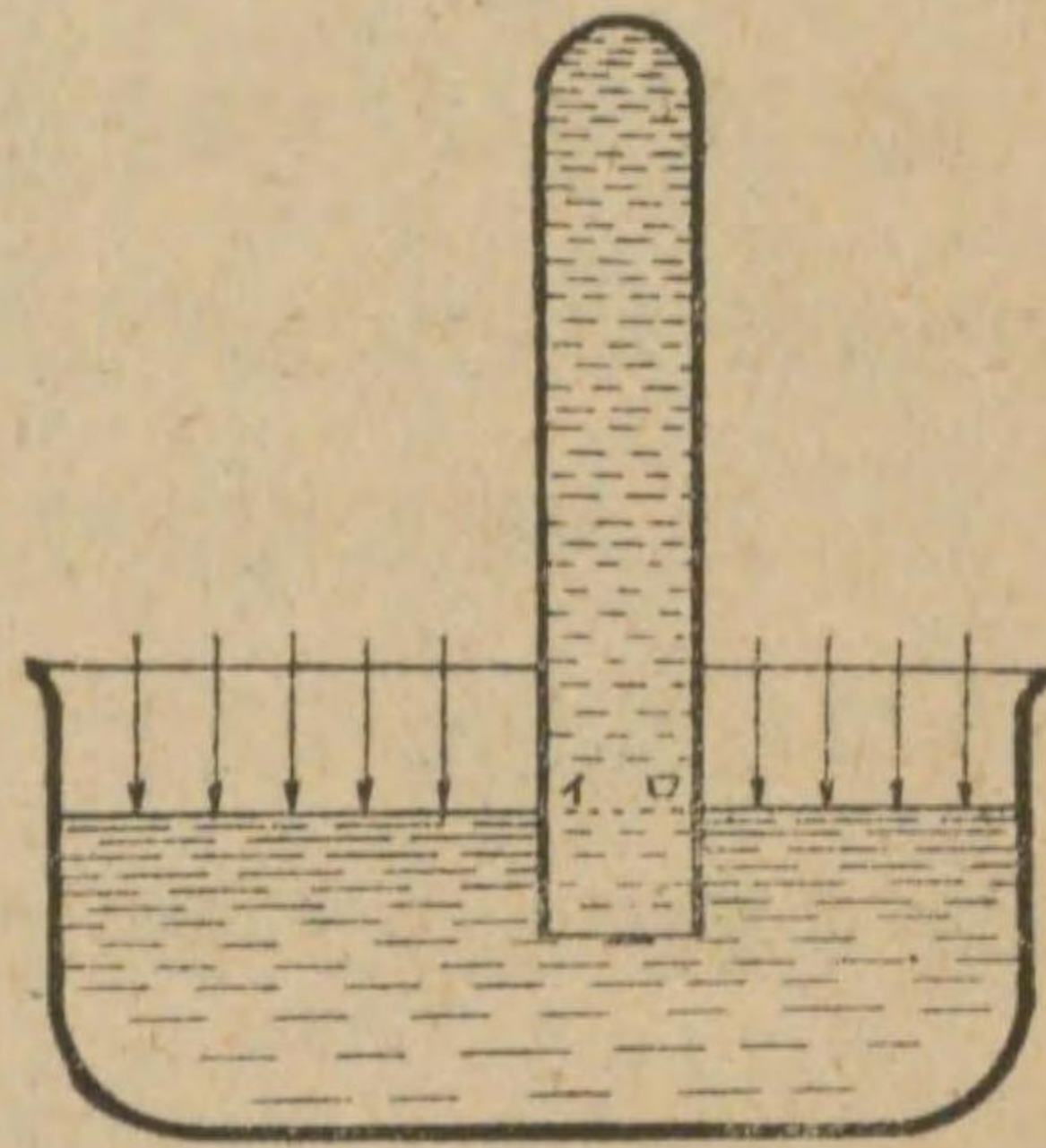
大氣壓を示す實驗

18. トリチェリーの實驗 一端の閉ぢたる硝子管に水を充し指で其の口を塞ぎ、第 14 圖の如く水中に倒に立てると指を去つても水は管内に止まつて降らない、之れは何故か。

外の水面は大氣壓を受けてゐる、さうして此の壓力は強さを變へずに水中の總ての部分に傳はる。であるから、管内にイロなる面を考へると、此の面には大氣壓と同じ強さで壓力が上に向つて作用してゐる。イロの面より上方の管内の水は此の上壓に支へられて外の水面よりも昇つてゐるのである。

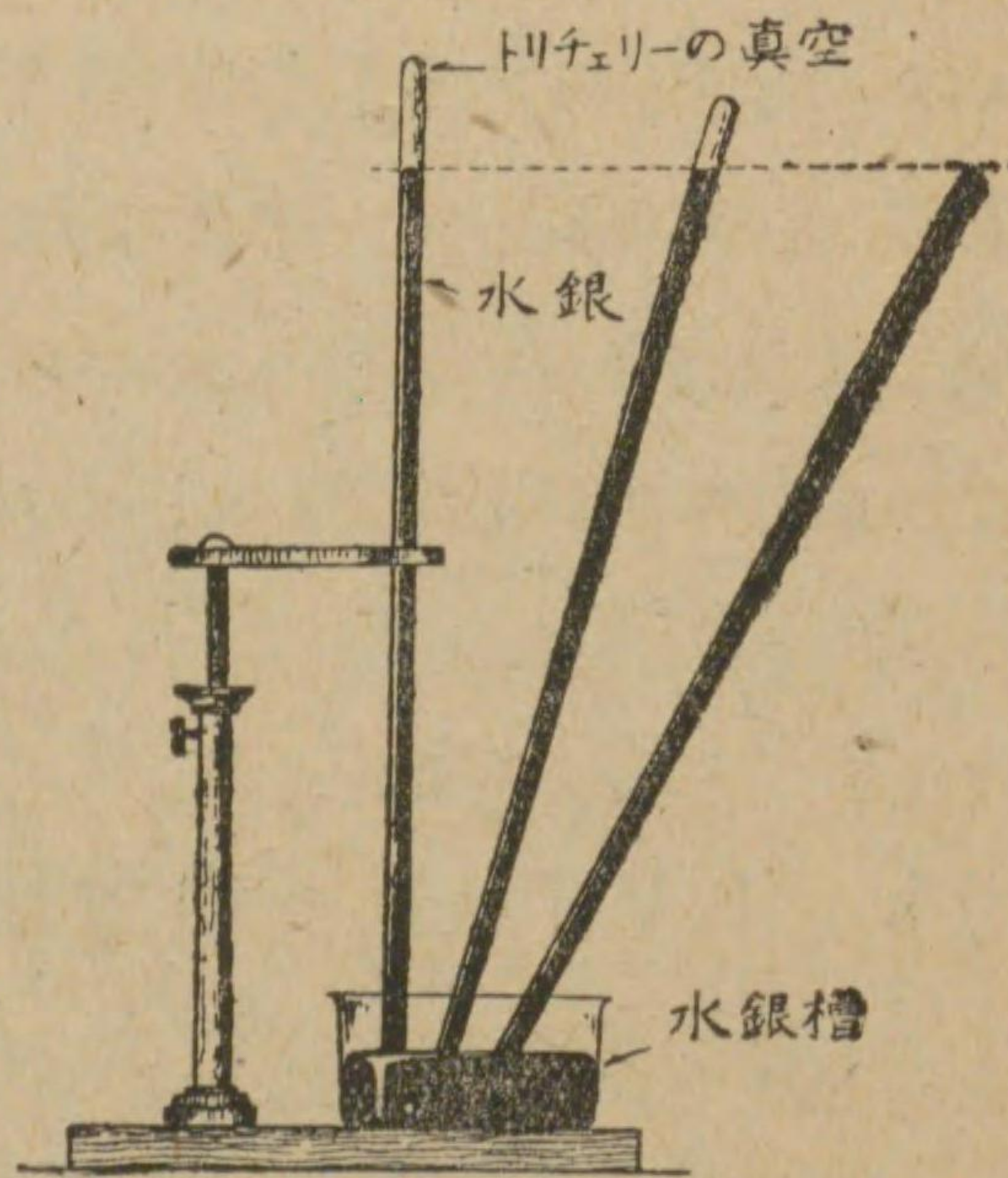
トリチェリーは水の代りに水よりも比重の大きい水銀を用ひて上の實驗を行つた。ところが管が短いときには管の上端まで水銀が昇つてゐるけれども、1メートル程の長い管を用ふると管内の水銀面は少しく降つて上部に空所が出來、容器の水銀面から或る一定の高さ以上には水銀の昇らぬことを知つた。さうして、此の際管内に於て容器の水銀面と同じ高さの面を考へると其の面に於ける上壓は其の時の大氣壓と同じ強さであり、下壓は其の面以上の水銀柱の重さに依る強さであり、此の兩者が釣合つてゐると云ふ理から、水銀柱の高さから大氣

第 14 圖



大氣壓を示す實驗

第 15 圖



トリチェリーの實驗

壓の強さを算出した。

例へば、攝氏零度のときに實驗したのに、管内の水銀柱の外部の水銀面からの高さが76 cm あつたとすれば、其の時の大氣壓は

$$\begin{aligned} [\text{大氣壓の強さ } \text{g/cm}^2] &= [\text{水銀の比重}] \times [\text{水銀柱の高さ cm}] \\ &= 13.596 \times 76 = 1033 \text{ g/cm}^2 \end{aligned}$$

だけの強さを有するのである。

上の様にトリチェリーの實驗に於ける水銀柱の高さが判れば、其の時の大氣壓の強さは直ちに算出されるから、大氣壓の強さは普通水銀柱の高さで表はす。1033 g/cm² と云ふやうに g/cm² や kg/cm² の單位で大氣壓の強さを表はすことは普通やらない。

例題 7. トリチェリーの實驗に於いて管内の水銀柱が76 cm のときに、水銀の代りに水を用ひて同じ實驗をすれば管内の水は何程の高さまで昇るべきか。

解 同じ大氣壓で支へられる管内の液柱の高さは比重に逆比例する。故にトリチェリーの實驗を水で行へば

$$76 \times 13.596 = 1033 \text{ cm} = 10.33 \text{ m} \quad (\text{答})$$

の高さまで水が昇る。

19. 標準氣壓 大氣壓の強さは天候に依つて多少相違するものであつて、720 mm 位に大氣壓の強さが減ずることや、790 mm 位に増すことがあるが、760 mm 前後が普通である。そこで、水銀柱760 mm のときの大氣壓を標準氣壓へうじゆんきあつと稱し、此の時の壓力

の強さを 1 気圧 (1 at と記す) と名付けて、大きい壓力の強さを測るときの単位としてゐる。さうして、

$$1 \text{ at} = 1033 \text{ g/cm}^2 \dots\dots\dots (6)$$

であることは、已に前節で計算した通りである。

20. 眞 空 トリチェリーの實驗に於ける管の上部の空所は、之れをトリチェリーの眞空と稱し、此處には何物も全く存在してゐない。之れは管を段々傾けて行くと空所がだんだん小さくなり、遂には空所が全く消滅することに依つて判る。さうして此處には何物もないのであるから、何物かの重さに依る壓力などの存在する筈は無論ない。又管外の大氣壓は管内の水銀柱の重さに依る壓力と釣合つてゐるから、此處には大氣壓も及んでゐない。それだから此處では壓力は全然なく、其の強さは零である。

眞空とは、上に述べたトリチェリーの眞空のやうに何物も存在せず壓力零の場所を云ふのである。併し、實用上では、大なる容器内に極く僅かの氣體が擴がり、其の壓力が非常に低く其の強さの零に近いやうな場所をやはり眞空と稱することがある。

21. 眞空度の表はし方 トリチェリーの眞空のやうな完全な眞空では其の壓力の強さは無論零である。併し實用上に云ふ廣い意味の眞空即ち完全なる眞空許りでなく之れに近い状態をも含んだ眞空では、眞空と雖も幾分の壓力を有する。上のやうな眞空の壓力の強さを表はすとき其の眞の壓力の強さが幾 g/cm^2 とか或は水銀柱幾 cm とかと云ふことは少しも差支ないのみならず

寧ろ之れが合理的である。けれども火力發電所に於て眞空を作るコンデンサーと稱する器械などでは、作つた眞空の眞の壓力を知るよりも寧ろ其の時の大氣壓よりどれだけ壓力の強さが低くなつてゐるかを知る方が必要である。そこで、斯やうな場合には作つた眞空の壓力の強さが、其の時の大氣壓の強さよりも水銀柱幾 cm に相當するだけ低くなつてゐるかに依り、眞空 65 cm とか眞空 70 cm とかと稱する。

大氣壓が水銀柱 76 cm と云ふのは、大氣の眞の壓力の強さが水銀柱 76 cm に相當することを意味するのであるから、水銀柱の高い程壓力の強さが大なのである。ところが、上のやうにして眞空度を表はすときには、眞空 70 cm と云ふのは、其の時の大氣壓よりも水銀柱 70 cm に相當するだけ壓力の強さが低いことを意味してゐるのであるから、眞空の場合には水銀柱の高い程、其の眞空は完全眞空に近く、壓力の強さは低いのである。

例題 8. 眞空 70 cm と眞空 72 cm とでは其の壓力の強さは何れが何程低いか。

解 眞空 72 cm の方が水銀柱 $72 - 70 = 2$ cm に相當するだけ壓力の強さが低い。此れを g/cm^2 に換算すれば

$$13.596 \times 2 = 27.192 \text{ g/cm}^2$$

例題 9. 眞空 70 cm は眞の壓力幾 g/cm^2 に相當するか。但し其の時の大氣壓は 1 気圧 (水銀柱 76 cm) とす。

解 眞空 70 cm は壓力の強さが大氣壓よりも水銀柱 70 cm だ

け低いことを意味してゐる。依つて其の眞の壓力の強さは 1 at 即ち水銀柱 76 cm よりも水銀柱 70 cm だけ低く、水銀柱 76-70=6 cm が眞の壓力の強さである。故に求むる眞の壓力の強さは

$$\begin{aligned} \text{眞の壓力の強さ} &= 1 \text{ at} \times \frac{6}{76} = 0.079 \text{ at} \\ &= 1033 \text{ g/cm}^2 \times \frac{6}{76} = 81.6 \text{ g/cm}^2 \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

22. 氣壓計 (晴雨計) 大氣壓の強さは天候に依つて相違し、雨天には低く、晴天には高い。又風は大氣壓の強さの高い方から低い方へ吹く。依つて、各地で大氣壓の強さを測れば、之れに依り略天候を豫知することが出来る。此の目的に用ふる大氣壓を計る装置を氣壓計或は晴雨計と稱する。氣壓計には水銀氣壓計とアネロイド氣壓計とがある。

水銀氣壓計はトリチェリー管中の水銀柱の高さを容易に、且つ精密に讀み得るやうに作られたものである。第 16 圖は其の外形であつて、下端に水銀槽があり、之れに水銀を充した長さ約 1 メートルの硝子管を倒立してある。管内に昇つた水銀柱の高い低いで水銀槽内の水銀面は上下して尺度の零と一致しなくなる。これは水銀柱の高さを讀むのに甚だ不便だから、水銀槽の下端は第 17 圖に示すやうに其底部が革で作られ、此革囊を支へてゐる螺旋で水銀面を上下し得るやうにしてある。螺旋を廻



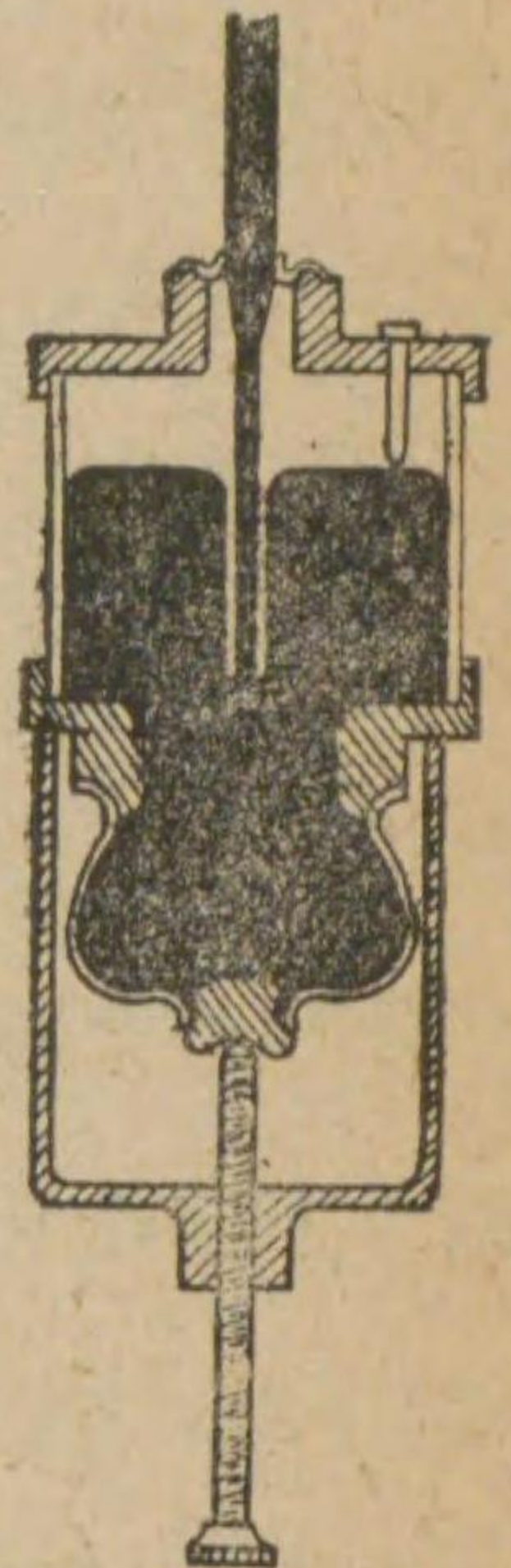
水銀氣壓計の外觀

して水銀面を固定した象牙針の尖端に觸れるやうにすれば、水銀面が尺度の零と一致する。

大氣壓は同じ強さでも、溫度が違ふと水銀柱の高さが幾分違つて來るから、精密なる測定には此の影響を補整することが必要である。

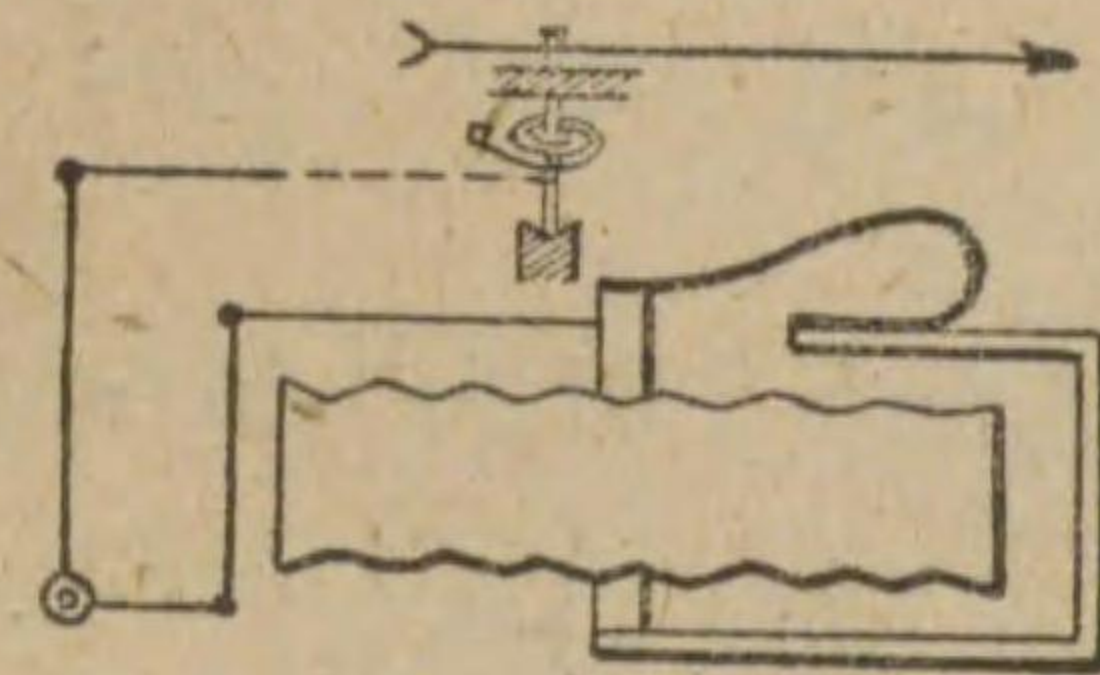
アネロイド氣壓計の構造は第 18 圖及第 19 圖に示す通りである。内部の空氣を排除した薄い金屬板製の函が其の要部であつて、其の表面が外部の大氣壓の變化に依つて歪められる運動を挺子の組合せで擴大して指針に傳へ、目盛板上に大氣壓の強さを指示させるのである。

第 17 圖



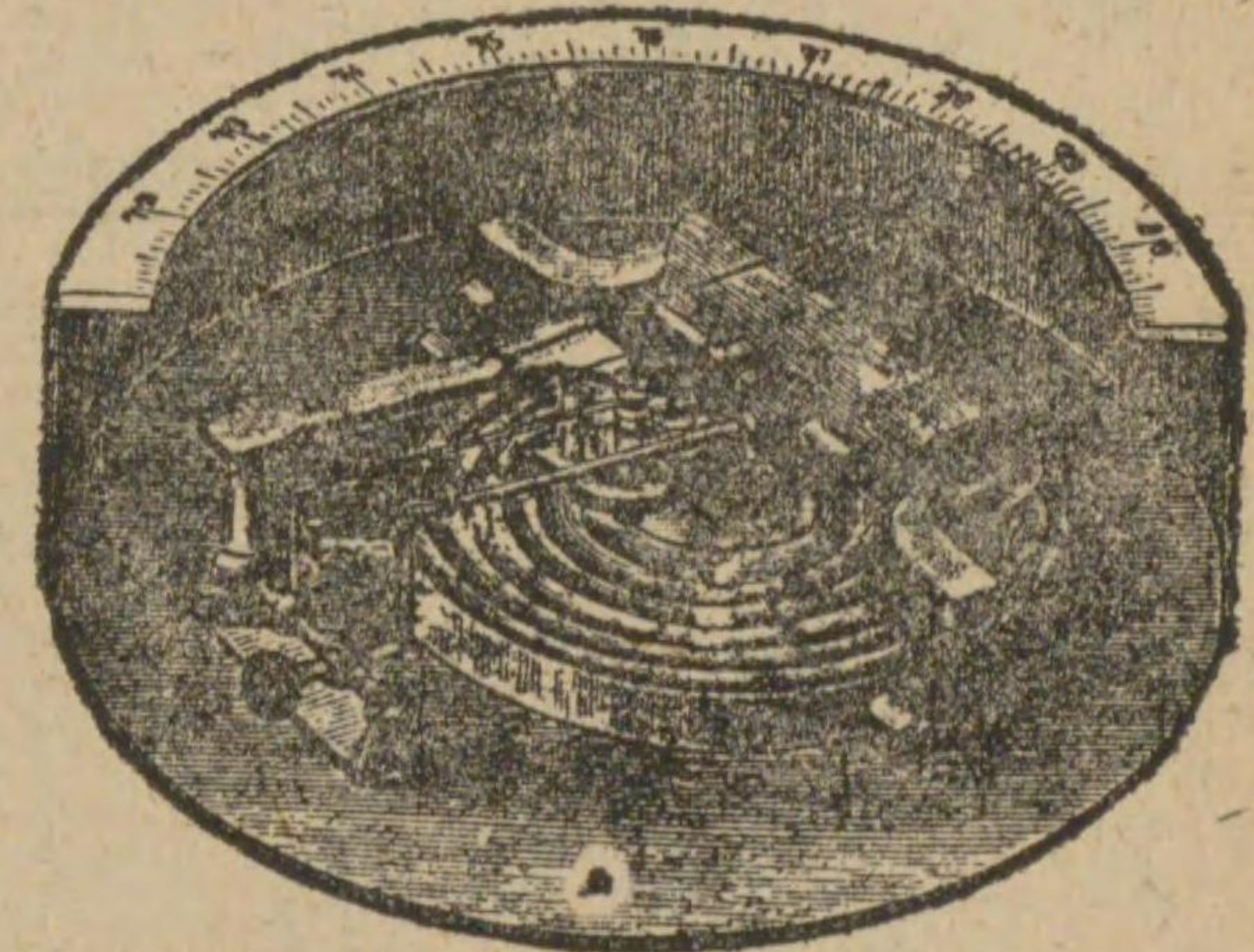
水銀氣壓計の底部

第 18 圖



アネロイド氣壓計の断面略圖

第 19 圖



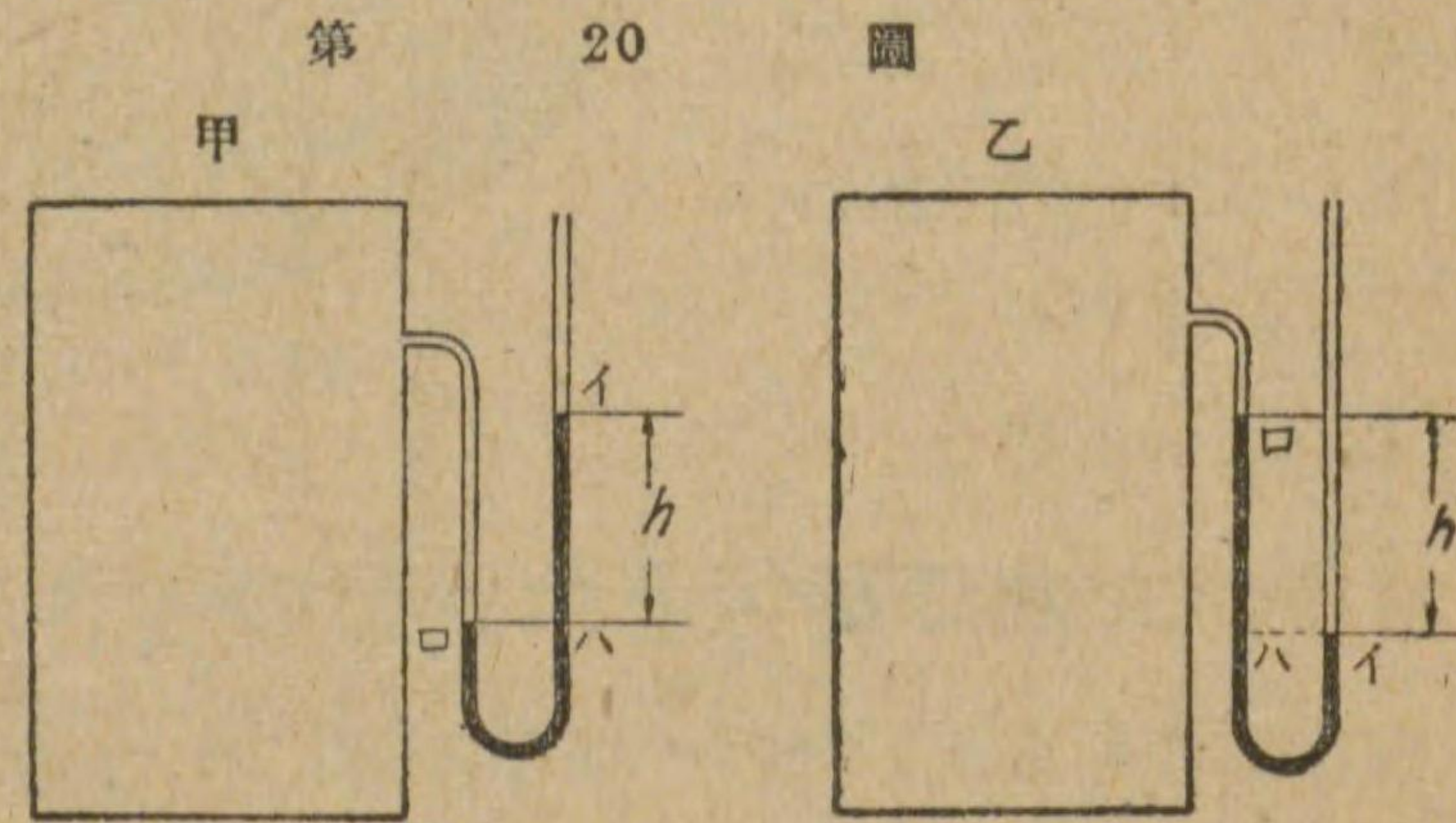
アネロイド氣壓計の外觀

23. 土地の高低と大氣壓の強さとの關係 地表から上方に昇ると、液體の場合と同じ理で、大氣壓の強さも次第に小さくなる。尤も空氣は極く軽い物であるから 5 m や 10 m 位

の高低の差では大氣壓の強さには殆ど差異がない。併し高い山の頂上と麓では相當の差がある。例へば富士山の高さ 3778 m の上では、海面の大氣壓が 760 mm のときでも其の大氣壓が凡そ 480 mm しかない。であるから、此の理を應用して大氣壓の強さの差から概略の高さを知ることが出来る。^{さんかくよう}山嶽用氣壓計と云ふのには大氣壓目盛の他に高さの目盛が施してある。^{ほどこ}飛行機が今地上どれだけ昇つてゐるかも、之れに依つて知れる。水力發電所で山の上から下迄水を落す高さも、之れが數百メートル以上もあるときには其の概略の値を大氣壓から知ることが出来る。

24. 壓力計 氣壓計は大氣の壓力を測る器械であるが、蒸汽や壓縮瓦斯などのやうに密閉した容器の中にある氣體の壓力を計る器械は之れを**壓力計**と云ふ。其の形は色々あるが、(イ) 液體の壓力と比較して壓力を測る**液體壓力計**と (ロ) **金屬壓力計**との二種に大別される。

25. 液體壓力計 第 20 圖に示すやうな硝子の U 字形の曲管に半分程水銀若しくは水を入れ、一端を壓力を測らうとする容器に連絡する。測らうとする壓力の強さが大氣壓の強さ

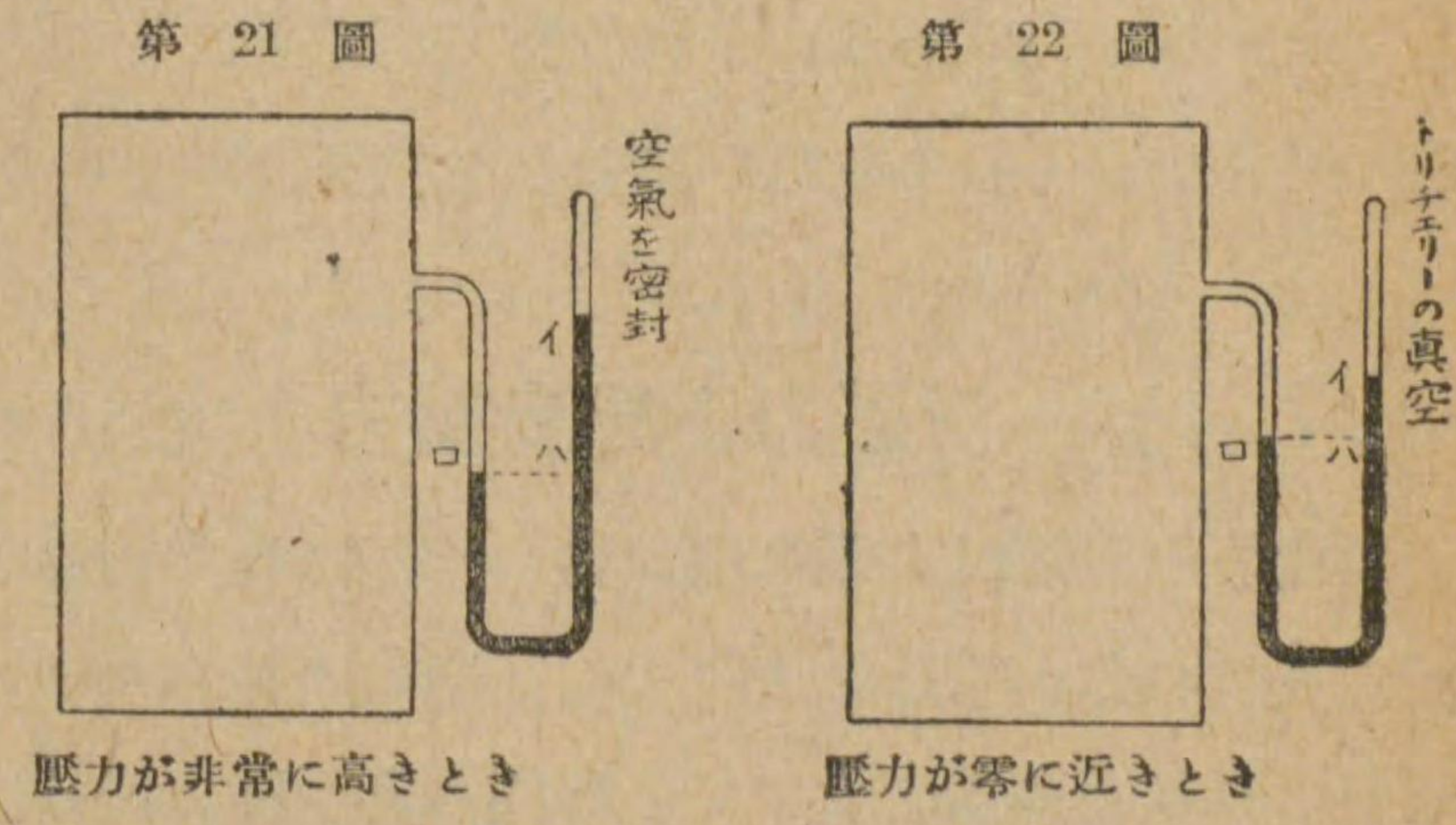


第 20 圖 甲 乙 壓力が大氣よりも高きとき 壓力が大氣よりも低きとき

と甚だしき差のない場合には、U 字管の他端は第 20 圖甲及乙のやうに大氣に開放して置く。甲の場合は器内の壓力の強さが大氣壓の強さよりもイハの液柱に相當するだけ大なることを示し、乙の場合は器内の壓力の強さが大氣壓の強さよりもロハの液柱に相當するだけ小なることを意味してゐる。

甚だ高い壓力を測るときには曲管の先端を閉ぢて空氣を封入し液には水銀を用ふる (第 21 圖)。さうすると、器内の壓力で曲管の先の方へ水銀が昇るときに此空氣が壓縮されて、ボイルの定律に従つて其の壓力が高まり、之れと水銀柱イハの重さに依る壓力とが加はつたものとロの面に働く器内の壓力とが釣合ふことになるから、水銀面の昇り方少く、短い曲管で大なる壓力を測ることが出来る。

極く低い壓力を測るときには、曲管の先端を閉ぢ水銀を先端まで充したものを用ふる (第 22 圖)。此の場合管の先端の空所はトリチェリーの真空になり其壓力の強さは零であるからイハの水銀柱に相當する壓力の強さが器内の眞の壓力の強さである。



第 21 圖 空氣を密封 壓力が非常に高きとき 第 22 圖 トリチェリーの真空 壓力が零に近いとき

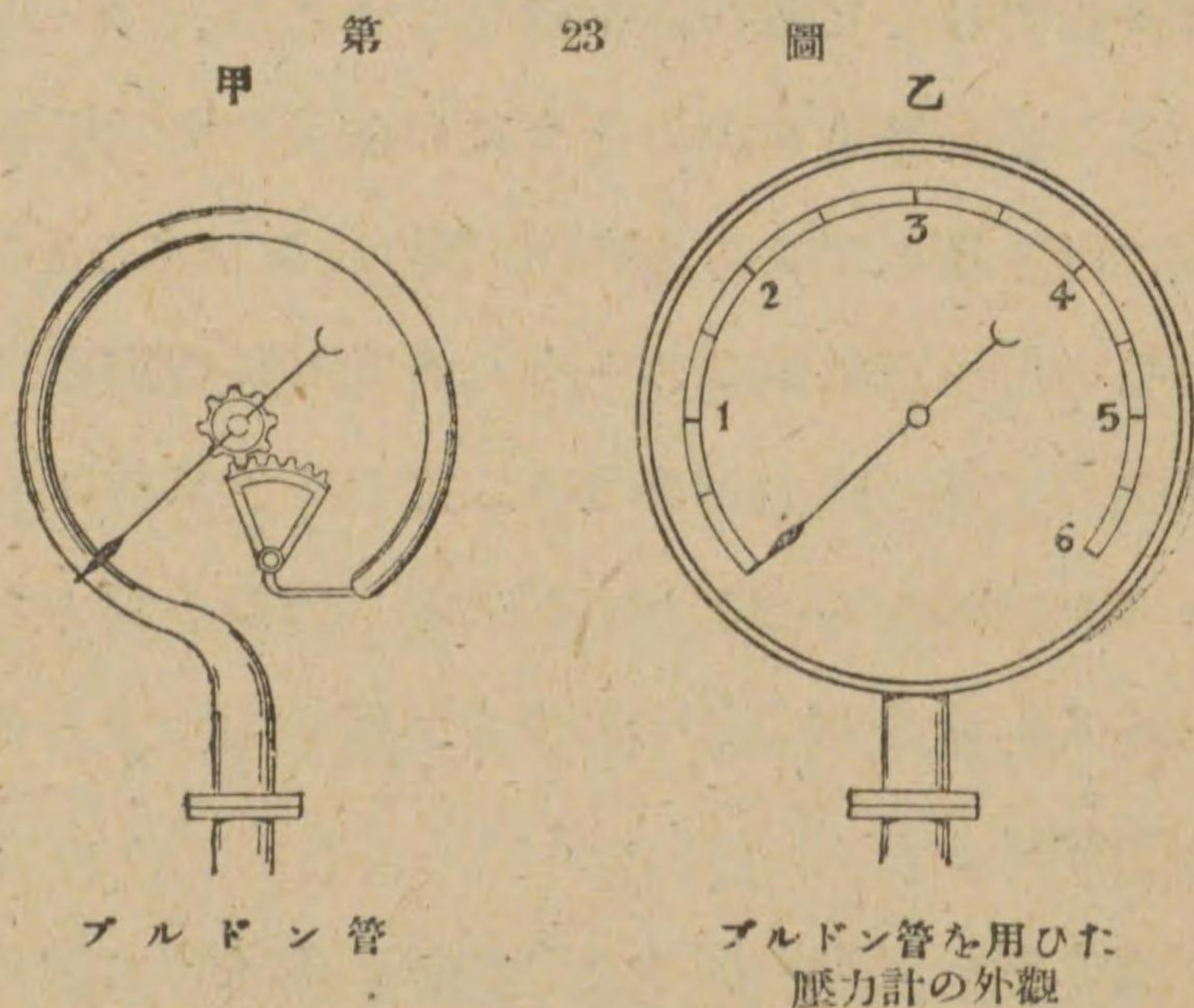
26. 金屬壓力計

此の壓力計は金屬の彈性を利用したもので、最も普通に行はれるのはブルドン管を使用したものである。工業用の壓力計は殆ど此の式である。ブルドン管と云ふのは稍薄い金屬で、切口の形が橢圓形をなし先端の閉じた管を作り、之れを圓形に曲げ

て其の兩端を接近させたもので、其の一端を測らうとする器に連絡するのである(第23圖)

此のやうな曲管は内部の壓力の強さを増すと管の切

り口は圓形にならうとして、其結果は管全體としては眞直に伸びようとするものである。それ故壓力が増せば管の兩端が離れるから、挺子仕掛で此の運動を擴大して指針で示すのである。



27. ゲージ壓力と絶對壓力

第 20 圖の液體壓力計では曲管の先端は大氣に開放されてゐるのであるから、兩脚の液面の高さの差から求めた壓力は、器内の壓力の強さと其の時の大氣壓の強さとの差であつて、器内の眞の壓力の強さではない。又ブルドン管は管内の壓力と外部の大氣壓との差で動作するのであ

るから、之れも器内の壓力の強さと其の時の大氣壓の強さとの差を示すに過ぎない。斯やうな壓力計の示す壓力の強さ即ち眞の壓力の強さと其の時の大氣壓の強さとの差をゲージ壓力と稱する。之れに對し眞の壓力の強さを絶對壓力と稱し、ゲージ壓力に其の時の大氣壓の強さを加へたものが絶對壓力である。即ち

$$[\text{絶對壓力}] = [\text{ゲージ壓力}] + [\text{其の時の大氣壓の強さ}]$$

例題 10. 或る氣體の壓力を測つたのに壓力計は 25.6 kg/cm^2 を示した、絶對壓力は何程か。但し其の時の大氣壓は水銀柱 75 cm とす。

解 水銀の比重を 13.6 として計算すれば、大氣壓水銀柱 75 cm は

$$13.6 \times 75 = 1020 \text{ g/cm}^2$$

$$* \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \quad (* \text{註を見よ})$$

故に求むる絶對壓力は

$$25.6 + 1 = 26.6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{答})$$

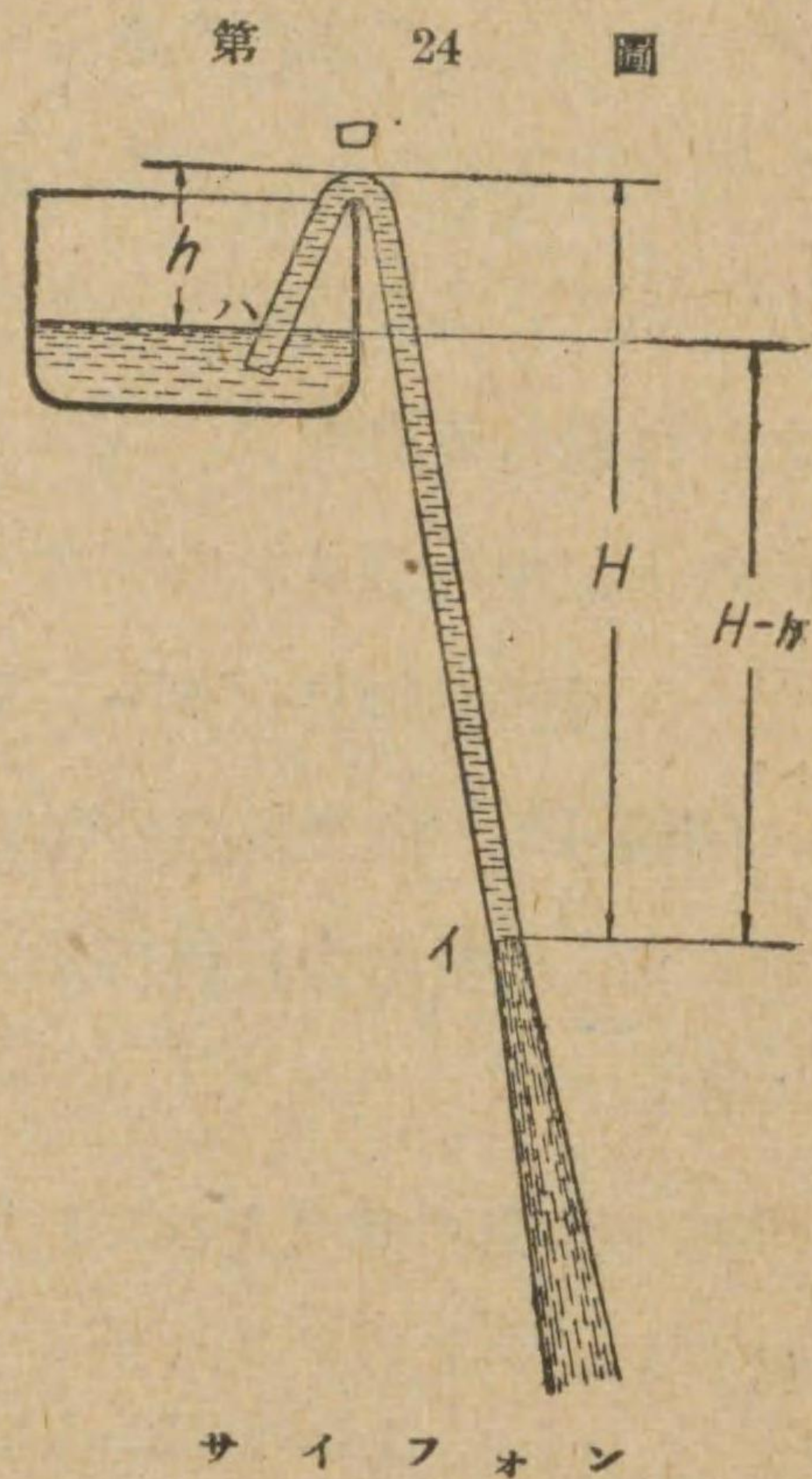
28. サイフォン

第 24 圖に示したやうに、一方の脚の長い曲管内に水を充し、長い方の先端を指で塞いで短い方の端を水中に入れ、指を去ると、水は自然に管を通つて下の口から流出する。斯やうな長短二脚を有する曲管で高所の水其他の液體を低所に導く装置をサイフォンと呼んでゐる。

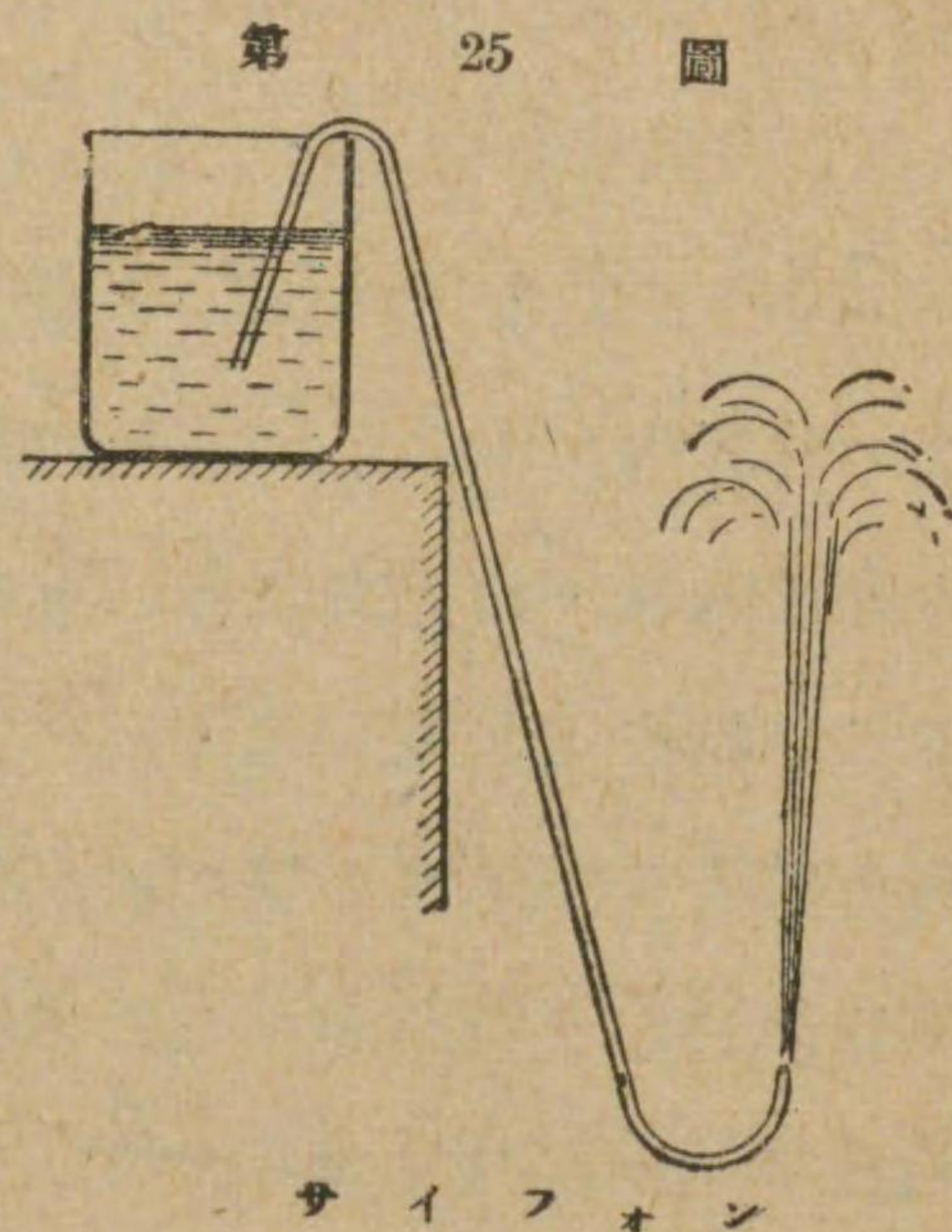
管の口がまだ塞がれてゐる場合には、管の最下點の端の壓力

註 * は略等しきことを示す符號である。

は、イロの水柱に依つて生ずる壓力からハロの水柱に依つて生ずる壓力を減じただけ、即ち高さ $H-h$ の水柱に依つて生ずる壓力だけ、上の水面に作用せる大氣壓より其の強さが大である。ところが指を離して口を開くときに、外から此所へ作用すべき壓力は大氣壓だけであるから、結局内部の水の壓力の方が外の壓力より強く、水は外へ噴出して流れ出す。水がイの口から外へ流れ出すと、管内に空所



が出来ると思はれるが、大氣壓は水を 10 m 餘の高さまで押し昇らせる力があるから、ロハの高さが 10 m を超えない限りは短脚の先から水が壓せられて長脚の方へ来て、水は常に連続して長脚の端から流出する。さうして此のとき管に摩擦がないとすれば、深い水桶の側に水面から $H-h$ の深さに直接に孔を開けたのと同じ盛な勢で水が流

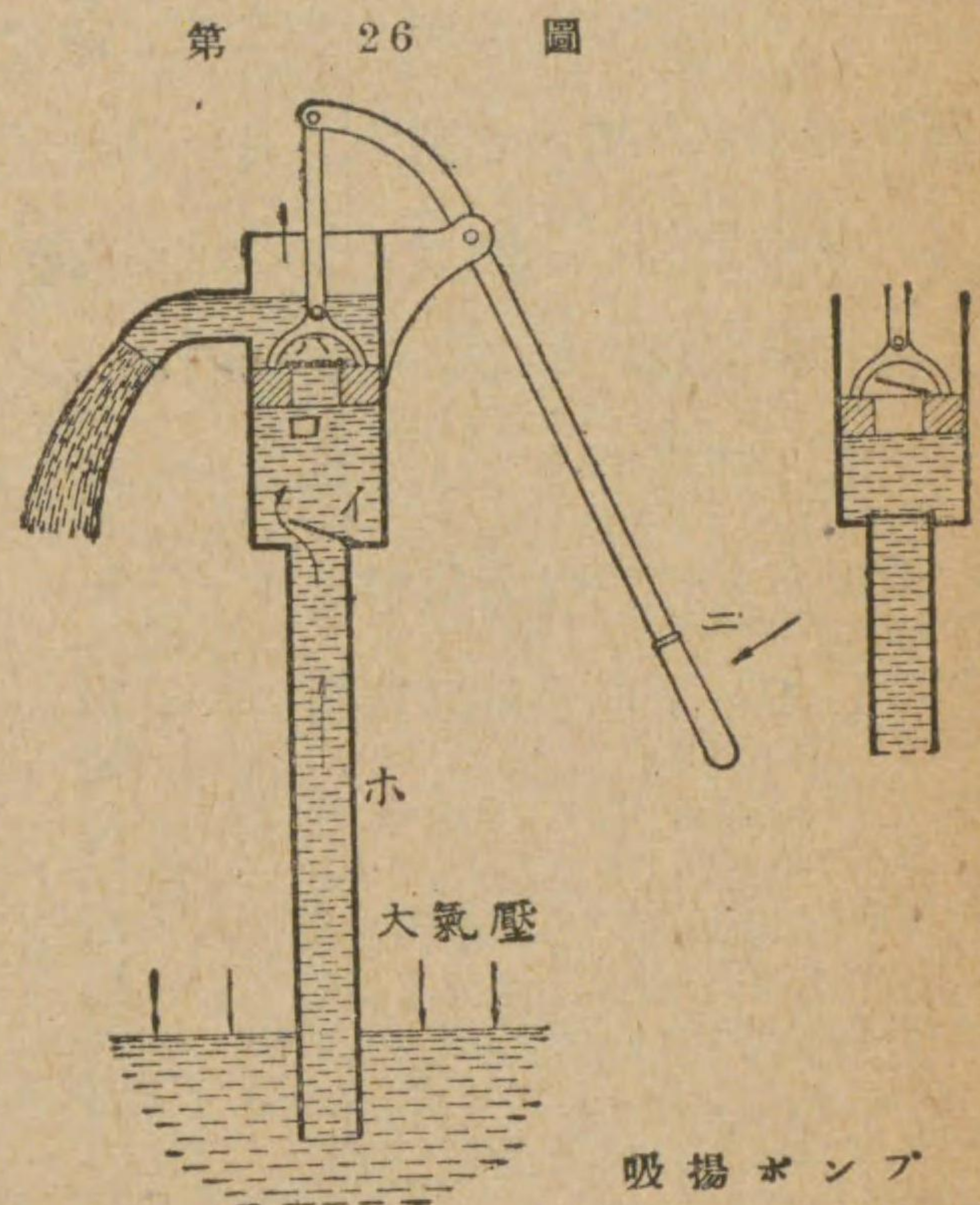


れ出すものである。諸君は第 25 圖のやうなサイフォンを應用した噴水の玩具を知つてゐるだらうが、水が高く噴出するのは全く上の理に依るのである。

29. 吸揚ポンプ

これは大氣壓を利用して、水を低い

ところから高いところに揚げる装置である。第 26 圖の圓筒の下部にイの瓣があり、又圓筒内を上下に動くロのピストンにも瓣ハがあり、共に上のみが開き、下には開かぬ構造になつてゐる。圓筒の下部はホの管で下の水に連絡され、尙管の先端は水中に没してゐる。



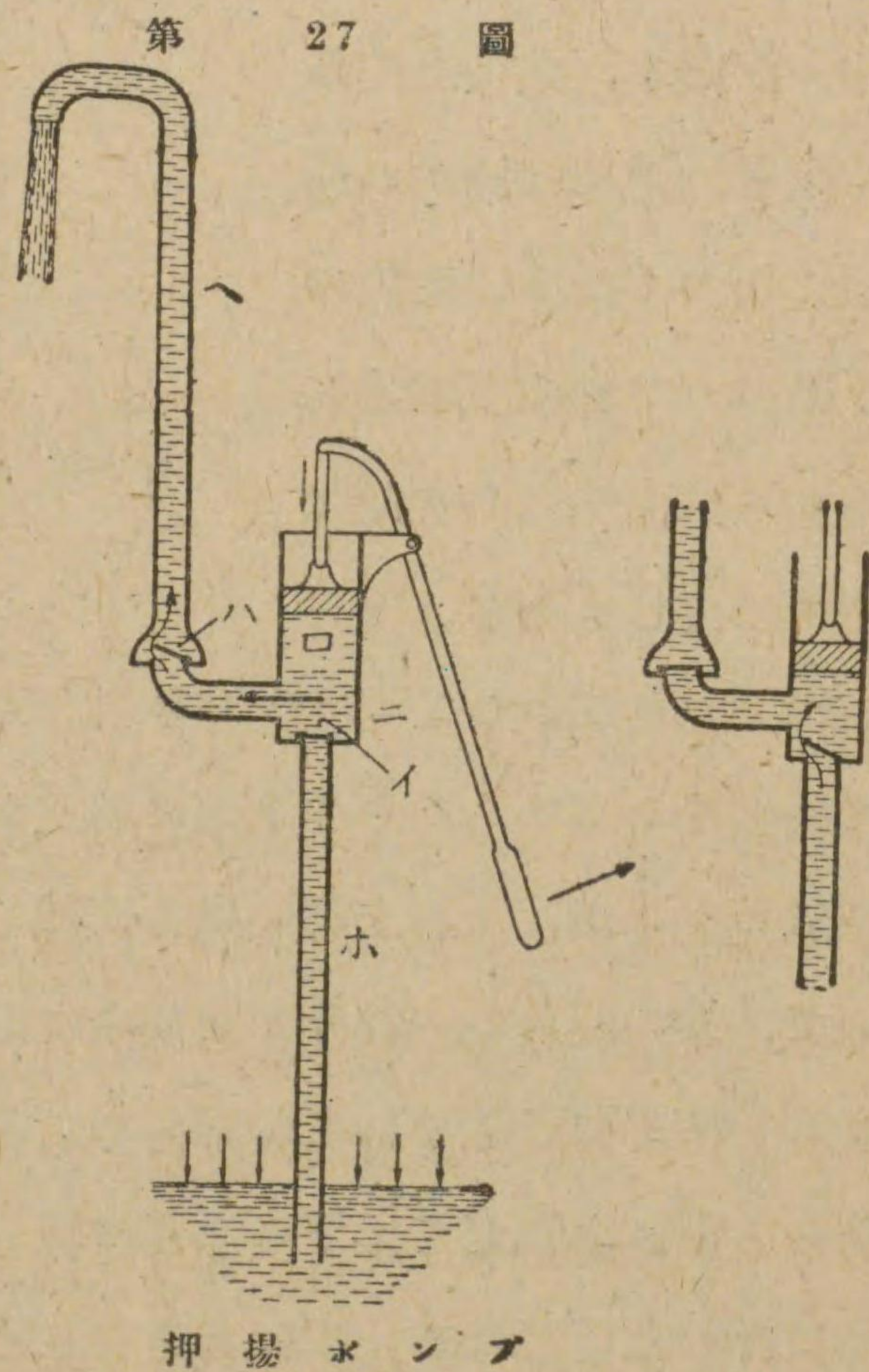
把手=を動かしてピストンを引き上げると、瓣ハは自分の重さで閉ぢてゐるから、その下部に真空が出来ると、ホの部分には最初空気があつたが、イの上部の壓力が減じた結果、瓣イを上へ押し開いて、其の空氣の一部が圓筒中に進入して来る。言はゞホの空氣の一部がイに吸込まれるのである。そこでホの中の空氣の壓力は前より強さを減じて、下の水面に働く大氣壓の爲めに、管ホの下部に押し上げられる。次にロを押し下げると瓣イの上部の空氣が

壓せられ、瓣イは閉ぢ、瓣ハは押し開かれるから、ピストンの下部の空氣は上部に逃げ去る。次にピストンを引き上げると、再び管ホの空氣が圓筒内に吸込まれ、同時に管内の水は益々昇つて来る。斯やうなことを數回繰り返す内には圓筒及管内の空氣が排除されて水で充されるやうになる。茲で尙ピストンを押し下げると圓筒内の水が瓣ハを開いて上に出で、次にピストンを引き上げると、其の上部の水がポンプの口から排出され、同時に下の水が圓筒内に吸揚げられる。故に此のポンプを吸揚ポンプと云ふ。斯やうにして把手を上下する毎に水が盛に排出される。

吸揚ポンプでは大氣壓を利用して、下の水を圓筒内まで吸揚げるのであるから大氣壓に相當する水柱の高さ即ち約 10 m (標準氣壓のときに 10.33 m) 以上に水を吸揚げることは絶対に出来ない。尙實際には幾分の空氣が管内に洩れたりするから實際に水を吸揚げ得るのは 8 m 位が最大限である。

30. 押揚ポンプ

第 27 圖は押揚ポンプの



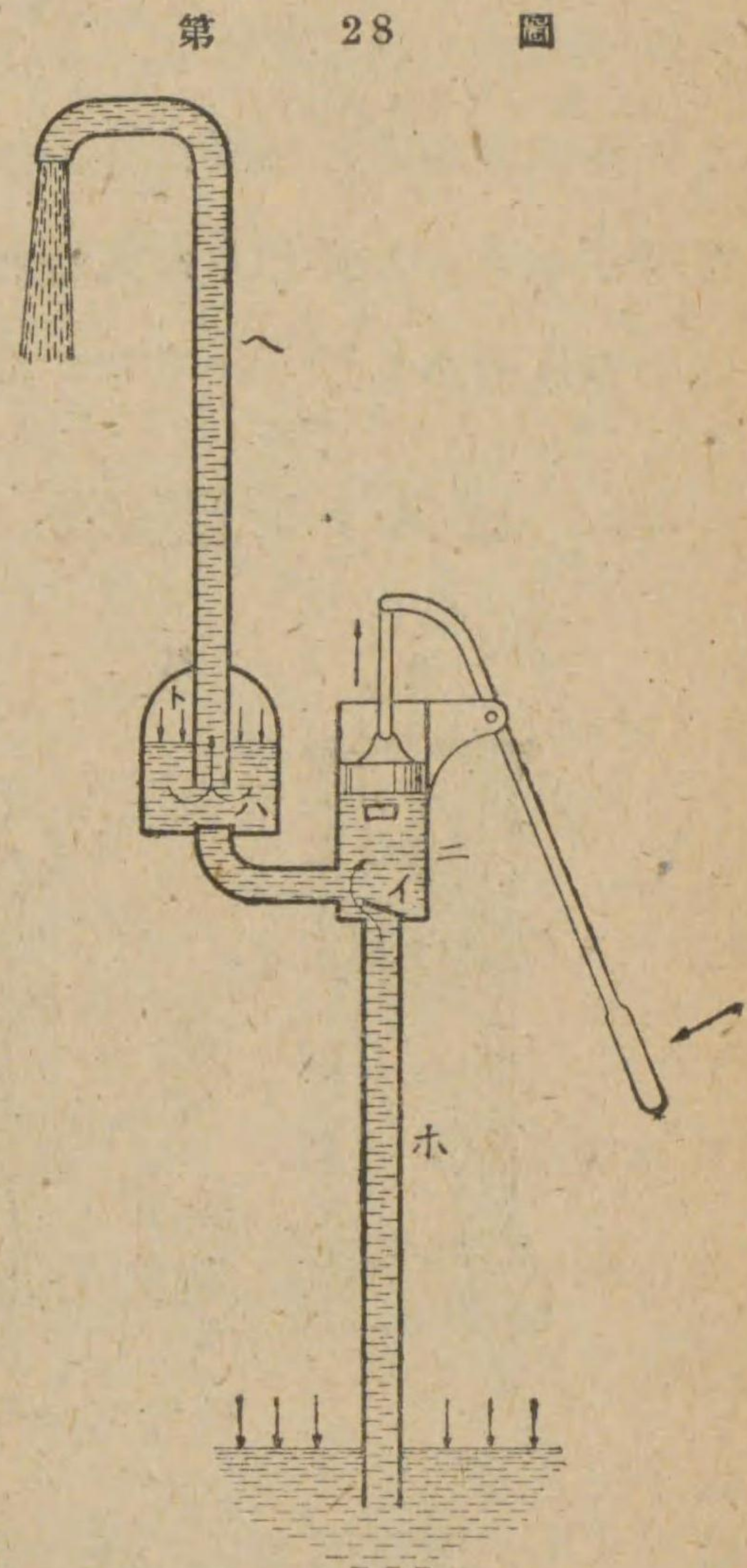
吸揚ポンプ

構造を示すものである。瓣イ及ハは共に上のみを開き下には開かぬ構造となつてゐる。ロのピストンを上に引き上げると、吸揚ポンプと同じ理に依り、水が圓筒内の内に吸込まれる。次でピストンを押し下げると瓣イが閉ぢ、瓣ハが押し開かれて圓筒内の水はへの管に押し揚げられて、上の口から排出される。

第 28 圖も押揚ポンプであるが、これは前のものと異り瓣ハの上部に大きな圓筒トを備へてあり、此の圓筒の上部には空氣を保有してゐる。ロのピストンを押し下げるときに瓣ハを押し

開いて上に出た水の一部分は直ちに管へに上るが、大部分の水は一先づ圓筒トの内の空氣を壓縮して此處に溜まり、然る後トの上部の空氣の壓力に壓せられて比較的徐々に管へに押し上げられて間斷なく上の口から水が排出される。

上のやうに押揚ポンプでは、圓筒ニにあつた水をへの管へ押し上げるのは、ピストンを押し下げる力に依るのであるから、此の

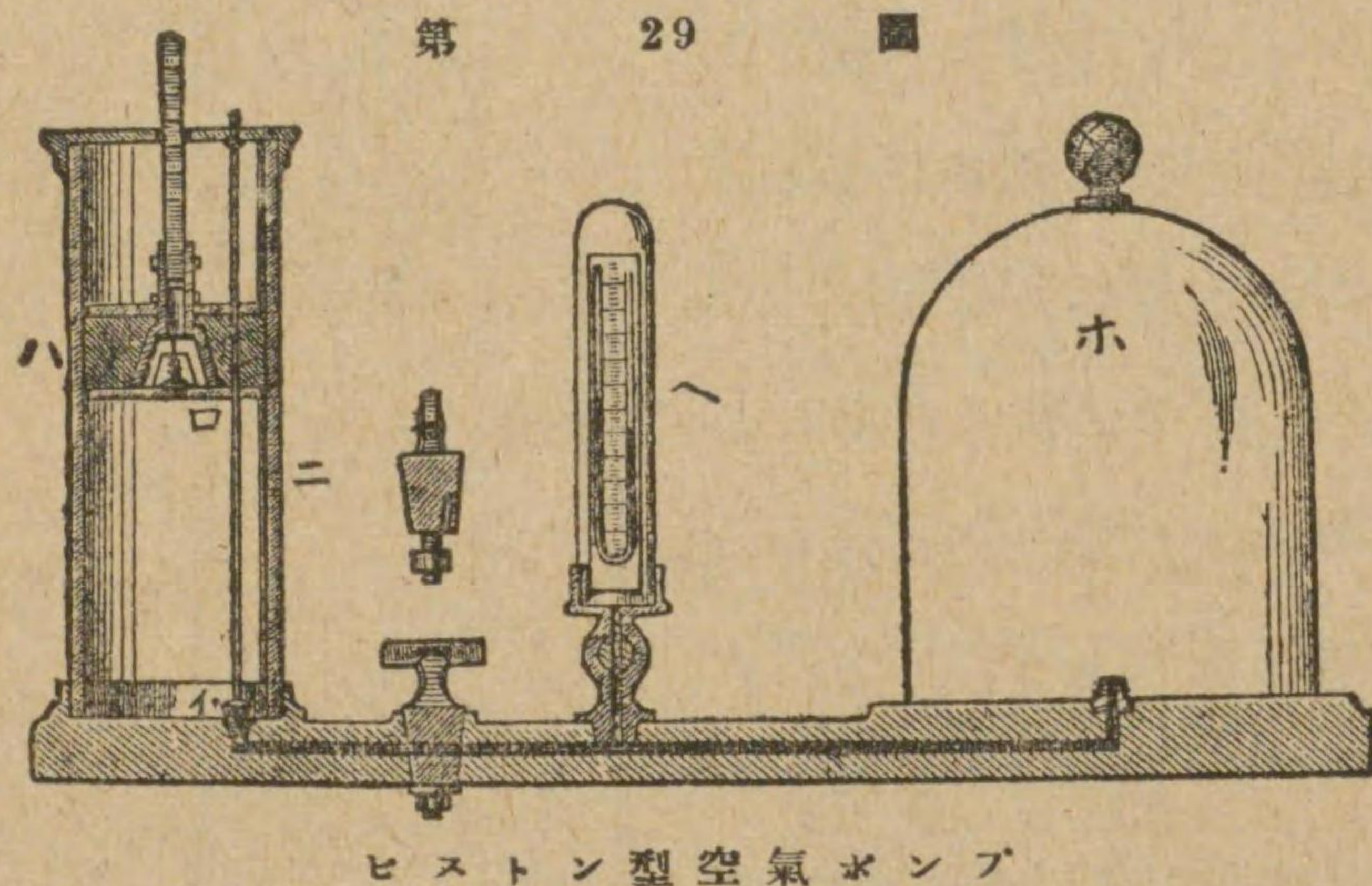


空氣室を有する押揚ポンプ



力さへ大であれば水はいくらでも高く揚げられ、吸揚ポンプのやうに揚水の高さに制限はない。但しニの圓筒まで水を揚げるのは吸揚ポンプと同じく大氣壓を利用するのであるから、ニの圓筒は下の水面から餘り高くしてはならぬこと勿論である。

31. ピストン型空氣ポンプ 第 29 圖に示したもの



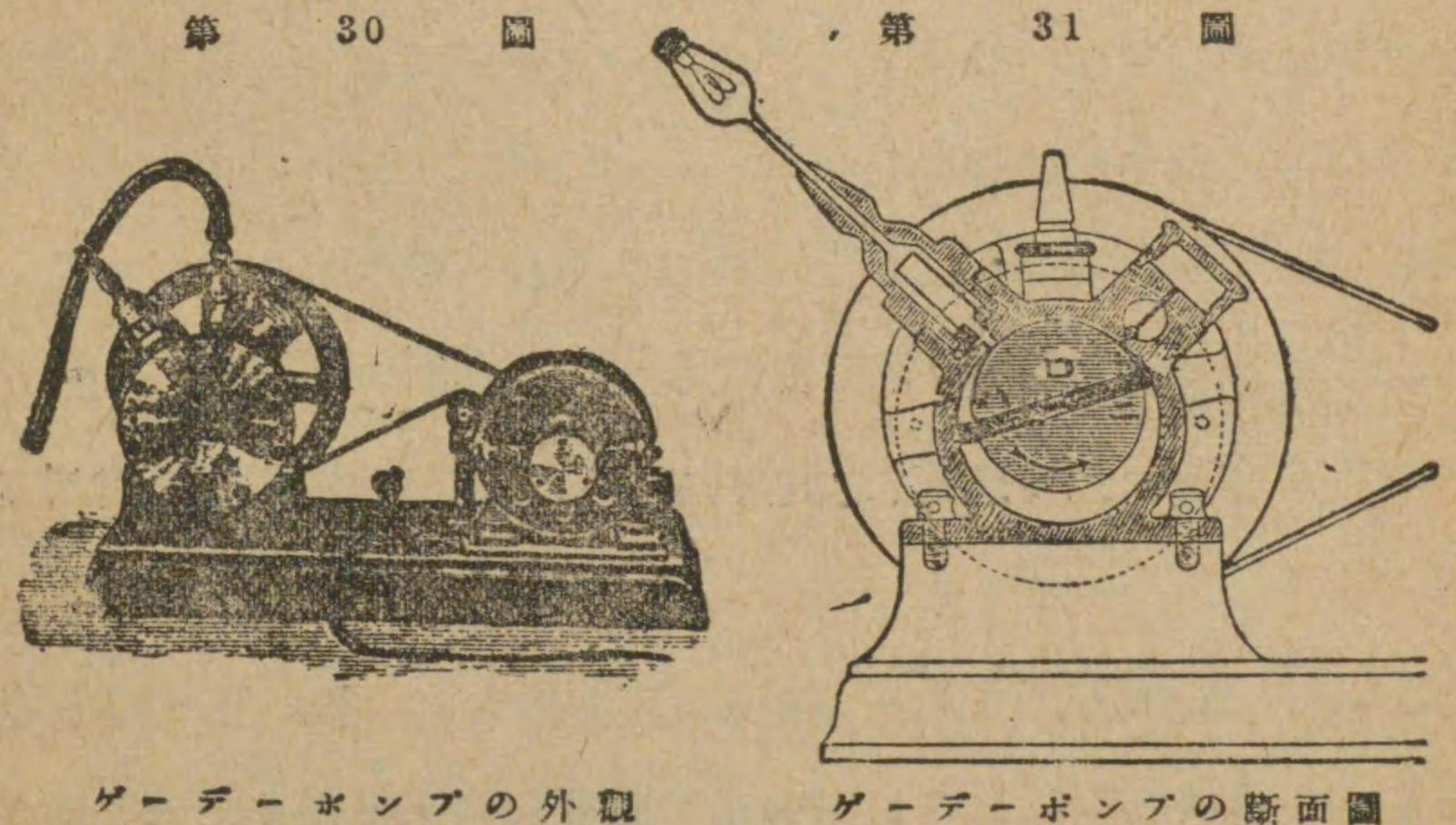
はピストン型空氣ポンプの一種である。ニは圓筒で、其の内部に極く密接して上下に動かし得るロのピストンがある。ピストンと圓筒の下とに、瓣イ及ハがあること吸揚ポンプの場合と同様である。ヘは壓力計で真空の程度を知るために付けてある。排氣しようとする鐘形の硝子器（之れを排氣鐘と云ふ）ホを平板上に密合し、ピストンを引き上げると圓筒内の壓力が減ずるから鐘内の空氣が瓣イを押し開いて圓筒内に入り込む。次にピストンを下げると圓筒内の空氣は壓縮されて壓力が高まり、瓣イは閉ぢ瓣ハが開

いて圓筒内の空氣が排除される。斯やうにピストンを上下すると次第に鐘内の空氣が稀薄となるのである。併し、此種の空氣ポンプでは或る程度の真空に達するのみで完全なる真空を作ることは出来ない。

例題 11. ゴム風船の中に極く僅な空氣を残し、其の口を緊く縛つたものを排氣鐘の中に入れ、鐘内を真空にするとゴム風船は自然に鐘内一パイに膨んで来る。之れは何故か。

解 鐘内の空氣が排除され其の壓力の強さが減ずるに従つてゴム風船内の空氣に加ふる壓力の強さが減少するが故、内部の空氣がボイルの定律に従つて膨脹しゴム風船が膨むのである。

32. ゲーデー廻轉空氣ポンプ 第 30 圖はゲーデー氏の廻轉空氣ポンプを小電動機と連結したものの外觀を示したもので、第 31 圖は其の斷面圖である。空筒イの内に廻轉する圓

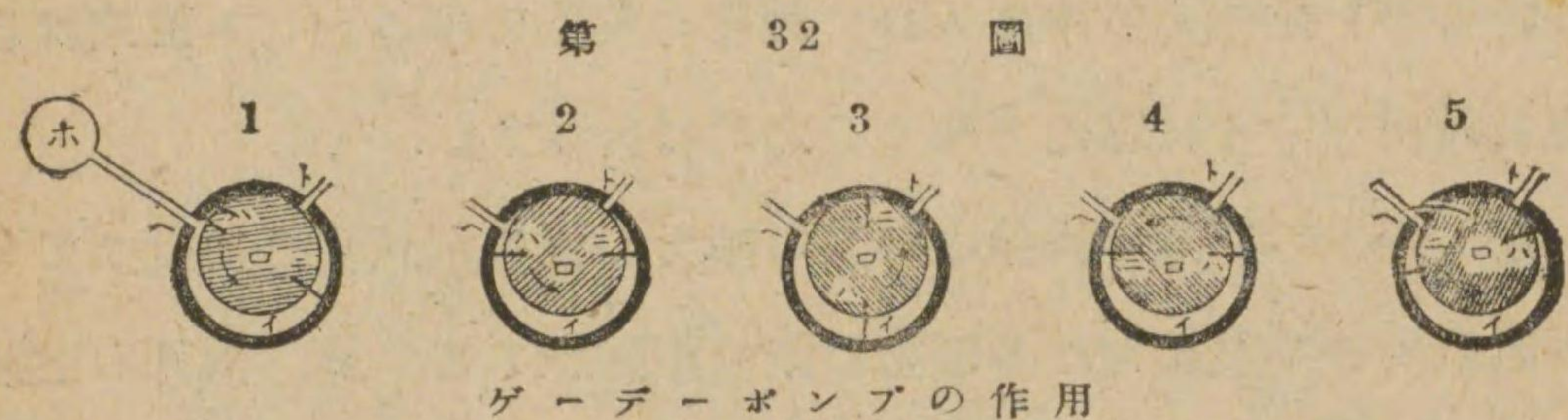


ゲーデーポンプの外觀

ゲーデーポンプの斷面圖

ロがあり、ロの直徑はイの直徑よりも小さく、且つ一方に偏つて上部はイとロとが密接してゐるが、下部には空所が出来てゐる。ロの圓嚢には溝があり、其の中に伸縮自在なバネ仕掛の金屬片ハ及ニがあつて、空筒イを二つの部分に分つやうになつてゐる。

今ロを矢の方向に廻轉するとき、第 32 圖 1 の位置までは、空



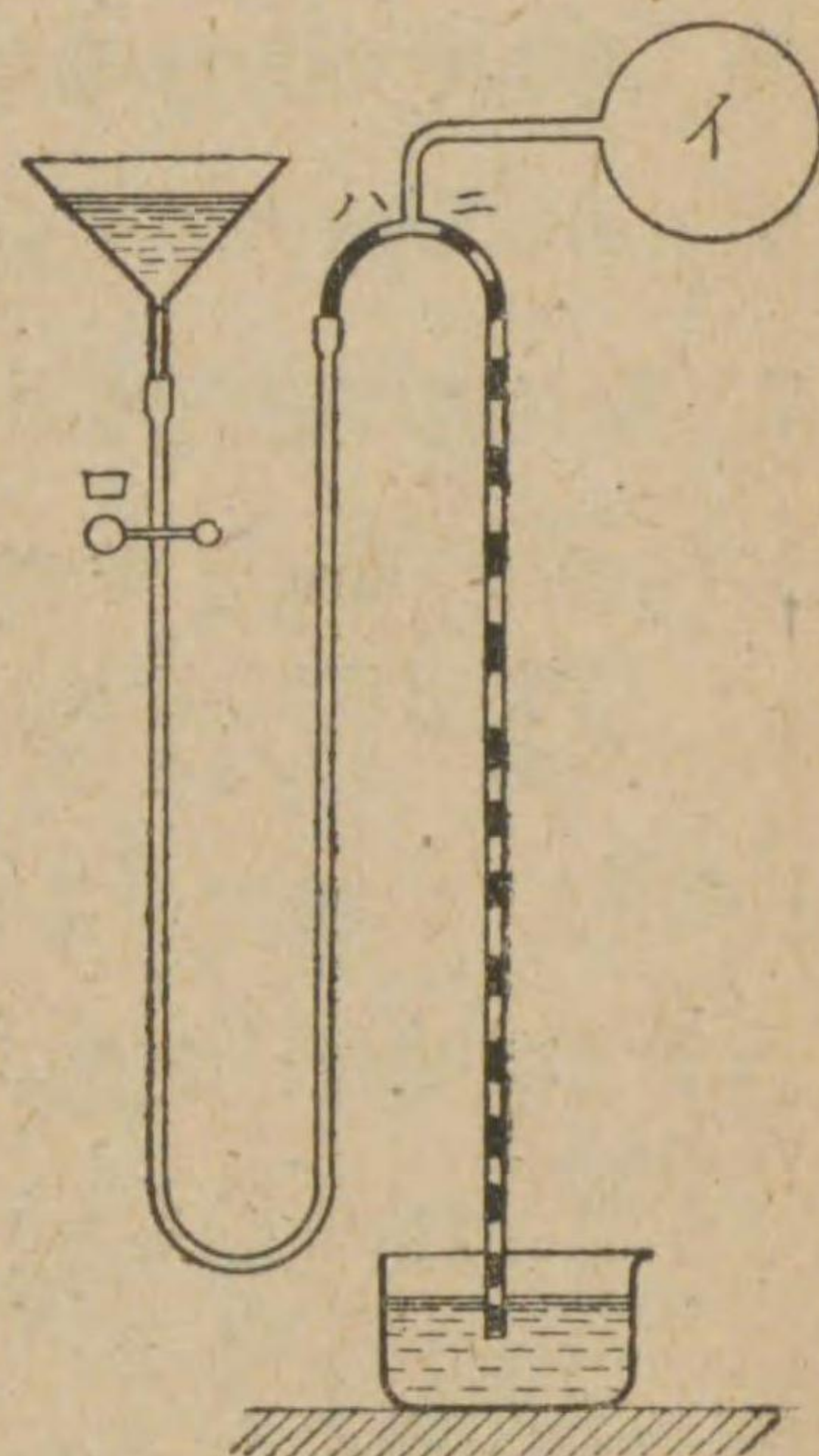
ゲ-デー-ポンプの作用

氣を抜かうとするものホの中の空氣が空筒内に入つて来る。ところが今少しく廻轉して 2 の位置になると金屬片ハに依つて空筒内に入り來つた空氣はホと連絡が斷たれ、廻轉が 3, 4, 5 と進むに従ひ此の空氣は非常に壓縮されてトの口から外へ追ひ出され、之れだけホの空氣が排除される。尙續いて廻轉すれば、以上の作用が金屬片ハ及ニの兩側で行はれ、一回轉に二回宛への口から空筒内に空氣を吸ひ込み、之れをトの口から外へ吐き出すのである。

上の装置は、十分油を差しながら用ふると、壓力 $\frac{1}{100}$ mm 位の真空が容易に且つ迅速に得られるから、電球の製作等に實用されてゐる。

32a. 水銀ポンプ 機械装置に依らず、細い管の中を動いて行く水銀に空氣を押し出さして高度の真空を得る工夫を施し

たものを水銀ポンプと稱する。第 33 圖は簡単な水銀ポンプであつて、イは空氣を抜かうとするもの、ロは水銀の流れ方を加減する爲めにゴム管を挟むやうになつてゐる一種のコックである。之れで適當に加減すると、ハのところからニのところへ流れる水銀が切れ切れになるやうに出来る。水銀の切れたときに其切れた部分にイの中の空氣の一部分が擴がり、此の擴がつた空氣は次に來る水銀の爲めにイとの連絡を斷たれて下に押しやられる。斯やうにしてイの空氣は次第に稀薄になるのである。



水銀ポンプ

水銀空氣ポンプは非常に高度の真空が得られるが、破損し易いこと、操作が迅速に行はれぬこと等の缺點があるから、現今では工業上には餘り用ひられない。

練習問題 III

1. 容器の内壁に及ぼす流體壓力の現象と其原因は氣體でも同じか異なるか。
2. 或る容器の中に空氣を密閉したるに其容積は V リットルで壓力は 1 氣壓だつたと云ふ。それを更に壓縮して容積が元の $\frac{3}{5}$ になつた時には壓力は何氣壓となるか。但し温度は一定なる

ものとす。

3. 或る真空の眞の壓力の強さが 353.6 g/cm^2 であると云ふ。
これは真空何 cm か。 答 50 cm
4. トリチェリーの實驗を述べよ。
5. 金屬壓力計の構造と原理を述べよ。
6. ゲージ壓力と絶對壓力とは何か。
7. 或氣體の絶對壓力は 8 kg/cm^2 だとする、その時の大氣壓を
水銀柱で 76 cm とすると金屬壓力計で計るゲージ壓力は何程か。
8. 吸揚ポンプは下の水面からどの位迄有効なるか。

【解答】 1. 液體の場合には其重さによる壓力が内壁に直角に及ぼす。氣體は、氣體自身が飛散しようとするのを密閉するのであるから、擴がらうとして器壁に直角に壓力を及ぼすのである。

$$2. [1 \text{ 氣壓}] \times V = q \times \frac{3}{5} V \quad \therefore q = \frac{5}{3} = 1.7 \text{ 氣壓}$$

$$7. [\text{ゲージ壓力}] = 8 - \frac{76 \times 13.6}{1000} = 8 - 1.033 \\ = 6.97 \text{ kg/cm}^2$$

8. 大氣壓を利用して吸揚るものだから理論上 10.33 m 迄出来るわけである。然し實際は 8 m 位迄が有効である。

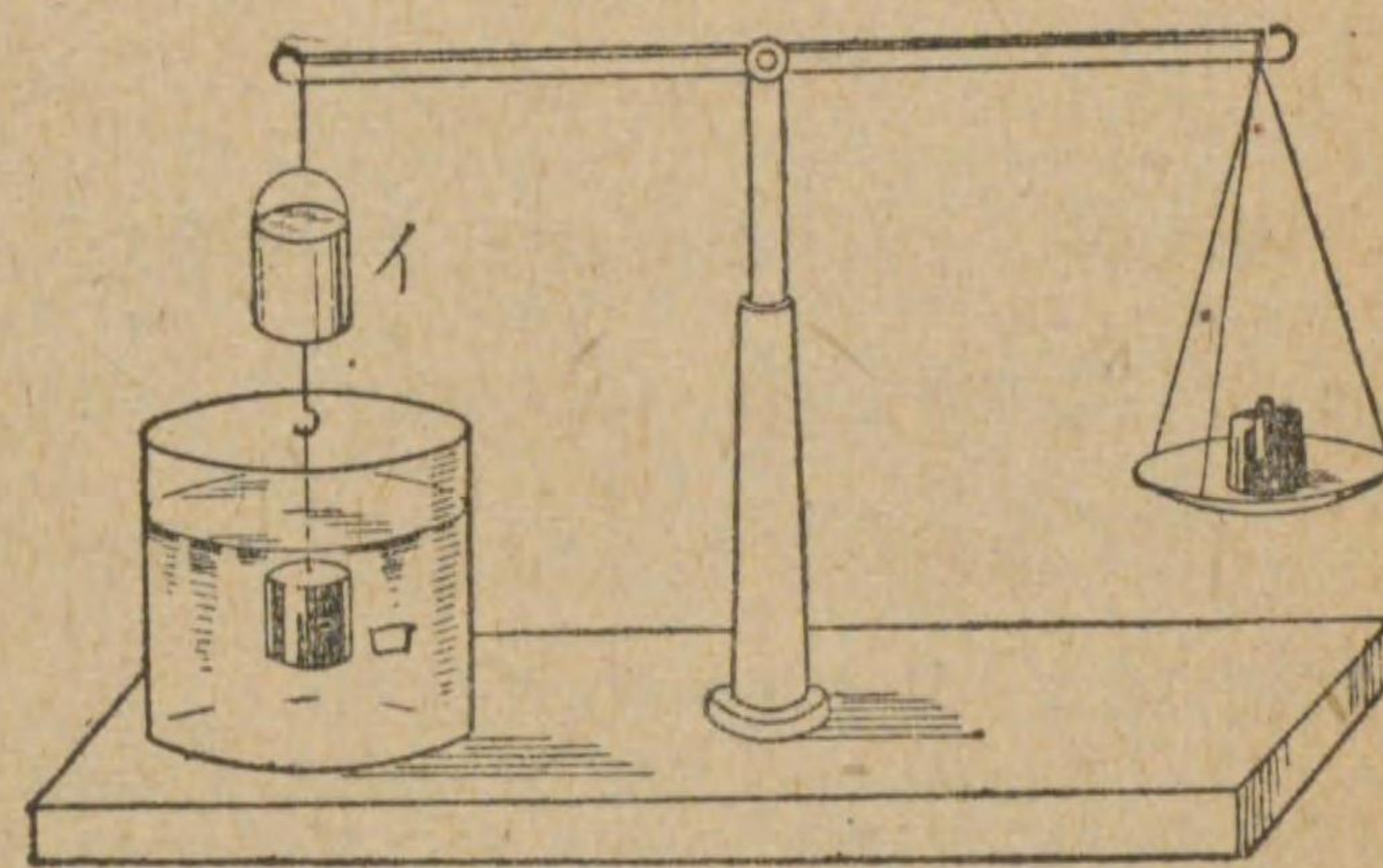
第四章 流體の浮力

33. 浮力 水の中で物を持ち上げると、空中でそれを持ち上げるときよりも軽く感ずる。これは水中に限らず總ての液體の中にある物は、其の液體の爲めに幾分上の方に押し上げられてゐる爲めで、此の液體の押し上げる力を^{ふりよく}浮力と稱する。

天秤の桿の一方に、

第 34 圖

金屬製の小さい圓筒形の容器イと、丁度此の容器イの中に入れ得る圓壺ロとを第 34 圖に示すやうに吊し天秤の他方の皿に適當の分銅



を載せて釣合はしめ、次に圓壺ロだけを液の中に沈ませると、ロは液の浮力によつて押し上げられる。こゝで桿を再び釣合はさせる爲めに、分銅の代りにイの圓筒へ同じ液體を徐々に注ぐと、丁度液が圓筒を充すときに桿は最初の通り平衡する。此の事實はロに働く浮力はイ(即ちロと等しい體積)の液の重さと等しいことを示してゐるのである。

浮力に關しては、アルキメデスが已に二千餘年の昔に於て次の原理を發見してゐる。即ち

或る物全部又は一部が液體中にあるときに受ける浮力は其の物が排除しただけの液體の重さに等しい。

之れをアルキメデスの原理と云ひ、此の原理は液體のみならず氣體に於ても其の儘成立つものである。

上のやうに流體中に在る物には、其流體の浮力が作用するから、流體中で感ずる重さは眞の重さではないわけであつて、之れを見掛^{みかけ}の重さと稱する。さうして、此の見掛の重さに其の物に作用してゐる浮力を加へて始めて其の物の眞の重さとなるのである。即ち

$$[\text{眞の重さ}] = [\text{見掛けの重さ}] + [\text{浮力}] \dots\dots\dots (7)$$

併し、氣體は極く軽いものであつて、其の浮力も極く僅かであるから、空氣中で感ずる重さは略眞の重さである。

例題 12. 頸までの體積が 50 リットルある人が、比重 1.03 なる海水中に頸まで入つたときに受くる浮力は幾許か。

解 頸より上部には空氣の浮力が作用してゐるが、之れは極く僅かだから閑却する。さうすると、求むる浮力は此人が排除した海水 50 リットルの重さに等しい。即ち

$$\text{浮力} = 1.03 \times 50 = 51.5 \text{ kg (答)}$$

例題 13. 體積 15 cc、空中にて測つた重さ 117 g の鐵塊の水中に於ける見掛けの重さは幾グラムか。

解 水中に於て此の鐵塊に作用する浮力は 15 g である。さうして、空中にて測つた重さ 117 g は此の鐵塊の眞の重さと取り得

るから、求むる水中に於ける見掛の重さは

$$117 - 15 = 102 \text{ g (答)}$$

例題 14. 比重 13.6 なる水銀中に比重 7.8 なる鐵塊を入れるとき此の鐵塊は浮くか沈むか。

解 鐵塊が全部水銀中に浸つてゐるとすれば、鐵の重さ 7.8 に對し、浮力(即ち鐵に依つて排除された水銀の重さ)は 13.6 の割合である。斯やうに浮力の方が大きいから、鐵塊は浮力に押されて浮き上つて來る。

本問より、或る液體上に浮き上る物の比重は必ず其の液の比重より小さいことが知れる。例へば水に浮く木の比重は水の比重 1 よりも小である。之れに反し水に沈む石の比重は水の比重 1 よりも大である。

例題 15. 前問に於て鐵塊が水銀上に浮上つて靜止するとき、其の體積の幾パーセントを液面上に露出するか。(パーセントとは百分率のこと)

解 全體の體積を x cc、水銀中に浸つてゐる體積を y cc とすれば、浮力は y cc だけの水銀の重さ即ち $13.6y$ g で、之れと鐵塊の重さ $7.8x$ g とが釣合つてゐるのである。故に

$$13.6y = 7.8x$$

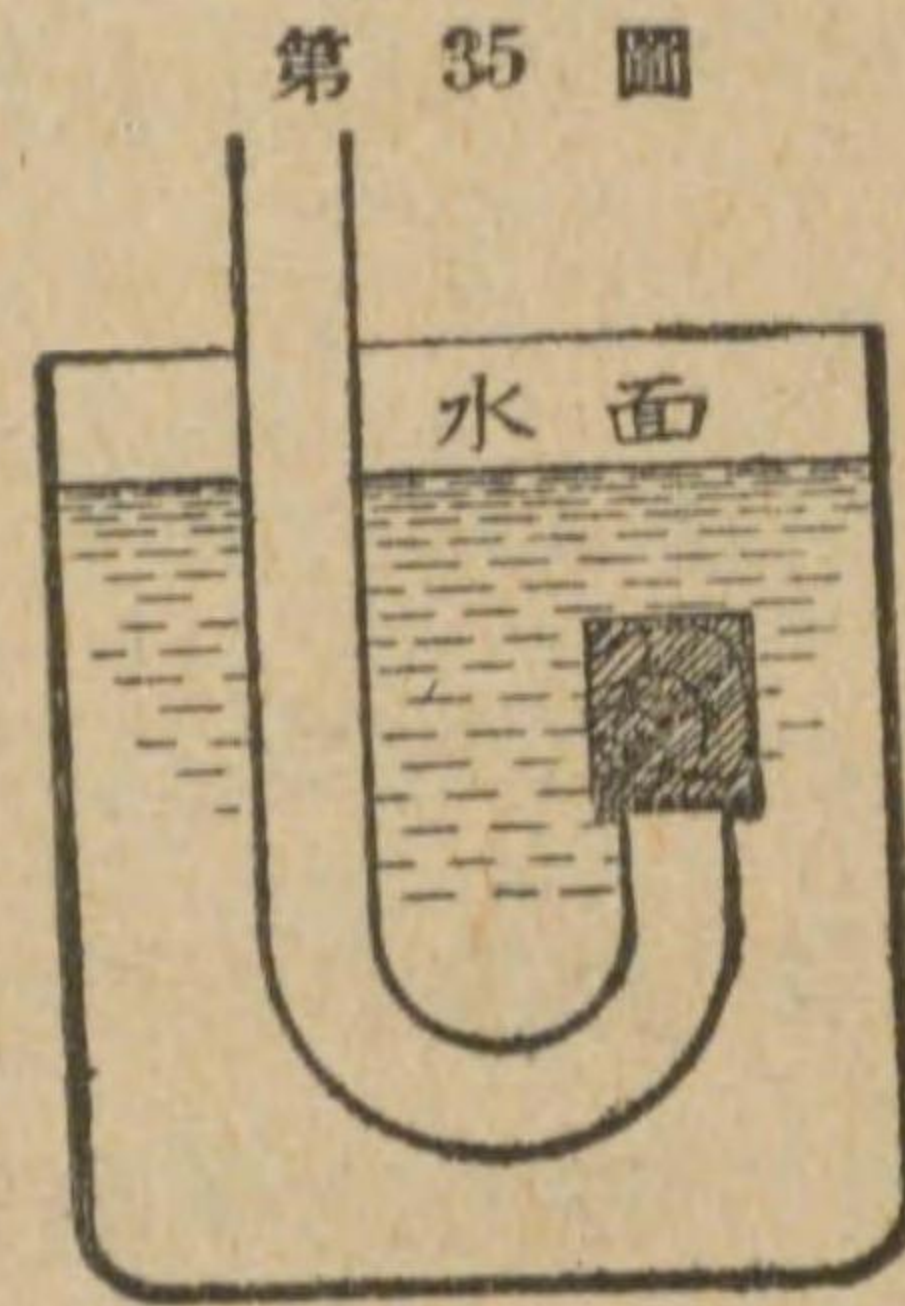
$$\therefore \frac{y}{x} = \frac{7.8}{13.6} = 0.573$$

即ち液面下に沈んでゐる體積は全體積の 57.3%、従つて液面上に

露出してゐる體積は全體積の

$$100 - 57.3 = 42.7\% \quad (\text{答})$$

例題 16. 木は水よりも比重小さく、水中には浮き上る筈であるのに、第 35 圖のやうに曲つた管の上に木片を密着して之れを水中に入れると、木片は浮上つて來ない。之れは何故か。



第 36 圖

解 管なしに水中に沈めたとすれば(第 36 圖), 木片の上面には

$$[\text{大氣壓}] + [\text{水深 } h \text{ に相當する壓力}]$$

又下面には

$$[\text{大氣壓}] + [\text{水深 } H \text{ に相當する壓力}]$$

が作用し上壓の方が下壓よりも水深 $(H-h)$ に相當するだけ大である。さうして之れが即ち浮力となるのである。

ところが第 35 圖のやうに管がある場合には、木片の下面には水の壓力がなく大氣壓だけが作用してゐるのであるから、上面の下壓の方が水深 h に相當するだけであり、結局木片には

$$[\text{重さ}] + [\text{水深 } h \text{ に相當する壓力}]$$

が下に働くから、木片は到底浮上ることは出來ない。

34. 比重の測定 水に溶けない固體の比重は、其の種類に依つて、次の (I) 或は (II) の方法中何れかで求められる。

(I) 水より重い固體 天秤を用ひて次の諸量を正確に測る。

空中に於ける重さ……………便宜上之れを [重さ甲] と稱す

水中に於ける重さ……………便宜上之れを [重さ乙] と稱す

さうすると、空氣の浮力は極く僅かであるから、[重さ甲] は其の物の眞の重さであり、又アルキメデスの原理に依り、其物と同體積の水の重さは

$$[\text{眞の重さ}] - [\text{水中に於ける見掛の重さ}]$$

$$= [\text{重さ甲}] - [\text{重さ乙}]$$

であるから、其物の比重は

$$[\text{比重}] = \frac{[\text{重さ甲}]}{[\text{重さ甲}] - [\text{重さ乙}]}$$

(II) 水より軽い固體

其の物を空中で測つた重さ…………… [重さ甲]

其の物に錘を附し水中に沈めて測つた重さ…………… [重さ乙]

錘だけを水中に沈めて測つた重さ…………… [重さ丙]

を天秤で測る。さうすると、

$$[\text{重さ乙}] - [\text{重さ丙}]$$

が、其の物だけを水中に沈めたと假定したときの重さである。従つて (I) に於けると同様に依り

$$[\text{比重}] = \frac{[\text{重さ甲}]}{[\text{重さ甲}] - \{[\text{重さ乙}] - [\text{重さ丙}]\}}$$

例題 17. 或る眞鍮塊の重さを空中で測つたら 28.9 g 又蒸溜水中で測つたら 25.5 g あつたと云ふ、其の比重何程か。

解

$$[\text{比重}] = \frac{28.9}{28.9 - 25.5} = \frac{28.9}{3.4} = 8.5 \quad (\text{答})$$

例題 18. 重さ 15 g の木片があり、之れに錘を附し共に水中に沈めて其の重さを測つたら 16 g あり、又錘だけを水中に沈めて重さを測つたら 40 g あつたと云ふ、木片の比重何程か。

解

$$[\text{比重}] = \frac{15}{15 - \{16 - 40\}} = \frac{15}{15 + 40 - 16} \\ = \frac{15}{39} = 0.38 \quad (\text{答})$$

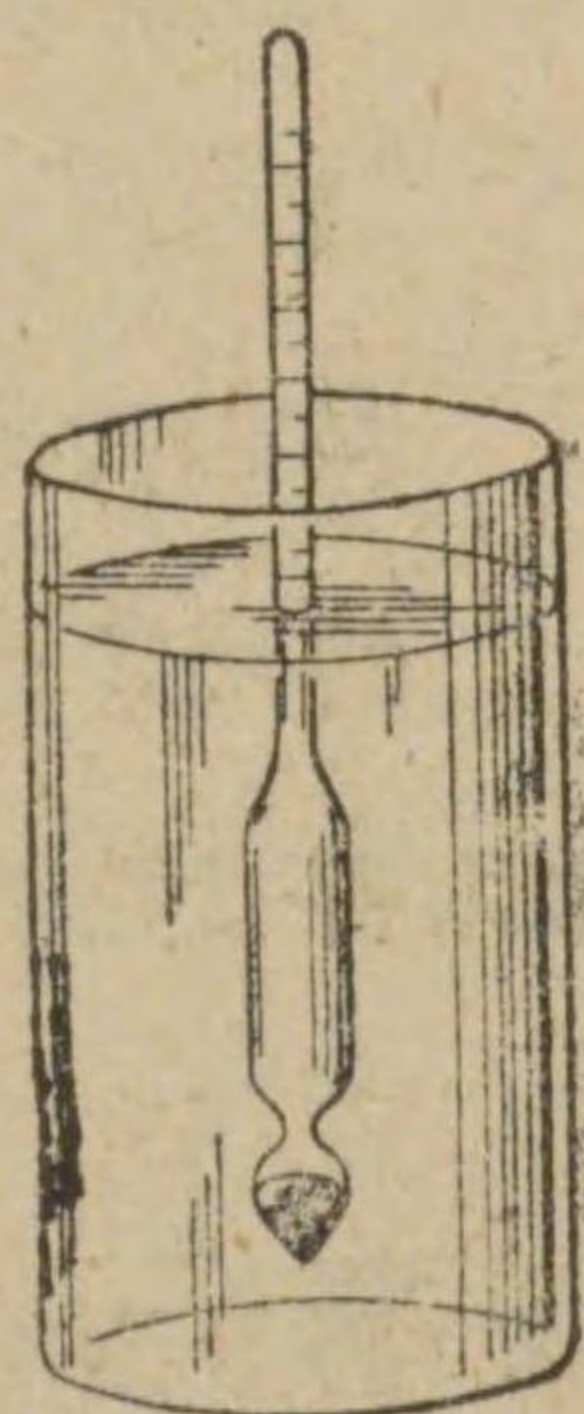
(III) 液體の比重測定 液體の比重を測る方法は種 第 37 圖

々あるが、蓄電池用の硫酸の比重を測るときなどには、浮秤と云ふものを目的の液に浮かして、液面に接する點の目盛を讀んで其の比重を知るのである。

浮秤は比重計とも稱し、第 37 圖のやうな目盛をした軽い硝子管から出來てゐて、液の中で鉛直に浮ぶやうにする爲め下部に水銀或は散彈さんだんが入れてある。

水より重い液體の比重を測るのに用ふる重液比重計と、水より軽い液體の比重を測るのに用ふる輕液比重計とがある。目盛には直接比重の判るやうに目盛されたものと、ポーム目盛と稱する特殊の目盛のものがある。第 2 表はポーム目盛と眞の比重との關係を示したものである。

第 37 圖



第 2 表

重液比重計		輕液比重計	
ポームの度	比重	ポームの度	比重
0	1.00	10	1.00
5	1.04	15	0.962
10	1.07	20	0.928
15	1.11	25	0.897
20	1.16	30	0.867
25	1.21	35	0.842
30	1.26	40	0.817
35	1.32	45	0.802
40	1.39		
45	1.45		

練習問題 IV

1. 諺に石が流れて木の葉が沈むと云ふことがあるが、そんな事は實際あるかどうか。
2. 水中に於て、水より軽いものは浮び、水より重いものは沈む理を最も簡明に述べよ。
3. 水の深い所に、ある木片を入れた場合と、同じ木片を浅い所に入れた場合とを比較して、浮力はどつちが多いか。
4. 或る木片を水銀で満した容器の中に入れた時と、水の中に入れた時と浮力を比較せよ。

5. 重さ 77g の鐵塊 (比重 7.7) を海水の中に浸した時 66.7g だつたと云ふ、海水の比重を求む。

【解答】

1. 石の様な、或る重いものでも水中では浮力が働いて軽くなつてゐるから動かし易い。洪水の様な場合には水勢が甚強くその流れる勢で石を轉々動かしてしまふ。川の中の石が丸いのは皆こんな風に動かされて角が取れたのである。

又水路の中などには、落葉が腐つたりすると水を含んで重くなつて水の底に沈んでしまふ。水路を流れる木の葉には水の表面を浮いて流れるのもあり、丁度中心位の深さを保つて流れるのもあり、水の底に近い位の位置で流れて行くのもあるのを見るだらう。水の表面を浮いて流れる木の葉以外のものは皆水の流れが止ると下に沈んでしまふのである。

3. [浮力] = [同容積の水の重さ]

である。そして右の項は、水の深淺で變るものではないから明らかに浮力は一定なものである。

4. [水銀中に入れた時の浮力] = [同容積の水銀の重さ w_h]

[水の中に入れた時の浮力] = [同容積の水の重さ w_w]

$w_h > w_w$ だから上の方が明らかに浮力が大きいのである。

5. 鐵塊と同容積の水の重さは明らかに

$$\frac{77}{7.7} = 10\text{g}, \text{ 故に同容積の海水の重さは } 10 \times [\text{海水の比重}] \text{g}$$

$$\text{だから} \quad 66.7 = 77 - 10 \times [\text{海水の比重}]$$

$$\text{故に} \quad 10 \times [\text{海水の比重}] = 77.0 - 66.7 = 10.3$$

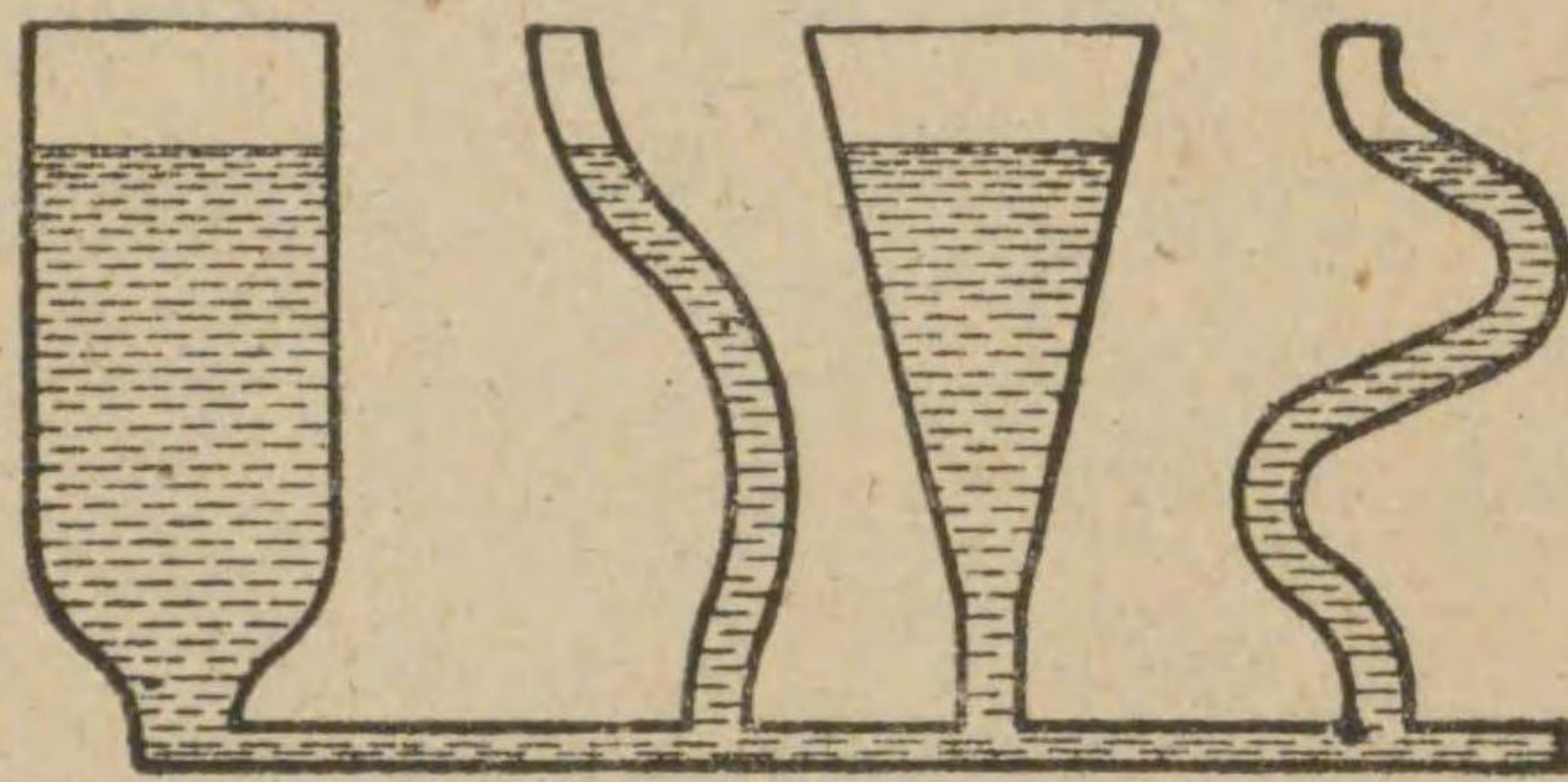
$$[\text{海水の比重}] = 1.03$$

第五章 水平作用

35. 連通管 第 38

圖のやうな、上の開いた多くの枝管を其の底部で連通したもので、一方から水其の他の液體を注入すると、管の側面の

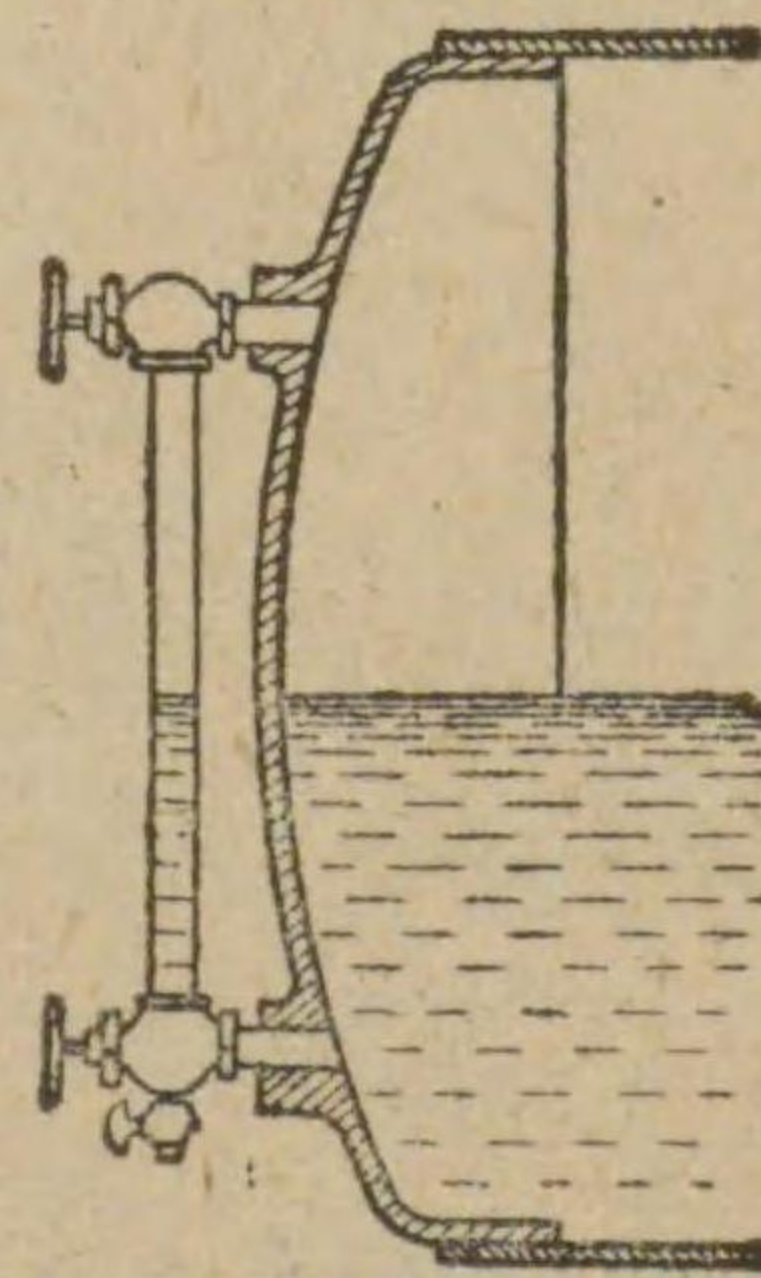
第 38 圖



形や管の太さに關係なく、其液體の面は各枝管を通じて同じ水平面をなして靜止する。それは各枝管の下端に於ける壓力の強さは、各枝管の液面を壓する大氣壓の強さと各枝管内の液柱の重さに依る壓力の強さとの和であつて、之れが各枝管を連通してゐる水平管内のどこでも等しくなければならぬのであるから、其の當然の結果各枝管の液の深さが等しくなるのである。

但し上の場合各枝管の先端が閉ぢられてゐて、液面上を壓する氣體の壓力の強さが各枝管に於て相違する場合には、各枝管の液面の高さも亦相違するのは云ふまでもない。各枝管の液面が同じ水平面をなすには、枝管の下部が液體で連通してゐると同時に上部の氣體の部分も相互連通してゐなければならぬ。

第 39 圖



蒸汽罐の前面には、水準計と云ふ太い硝子管が鉛直に取付けて

ある(第 39 圖)。之れは要するに連通管の理を應用して内部の水面の高さを知る爲めに用ひられてゐるのである。

第 40 圖は大工が家を建てるときに土臺などに高低のないやうにする爲めに用ふる水盛と云ふものであるが、之れも連通管の理を應用したものである。

第 40 圖

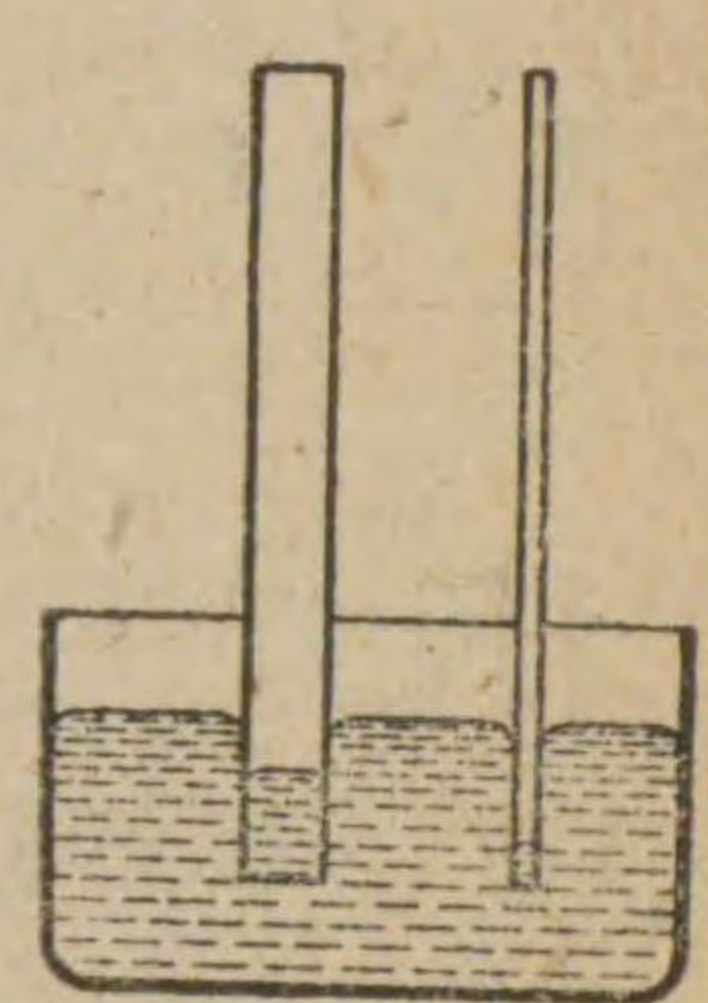
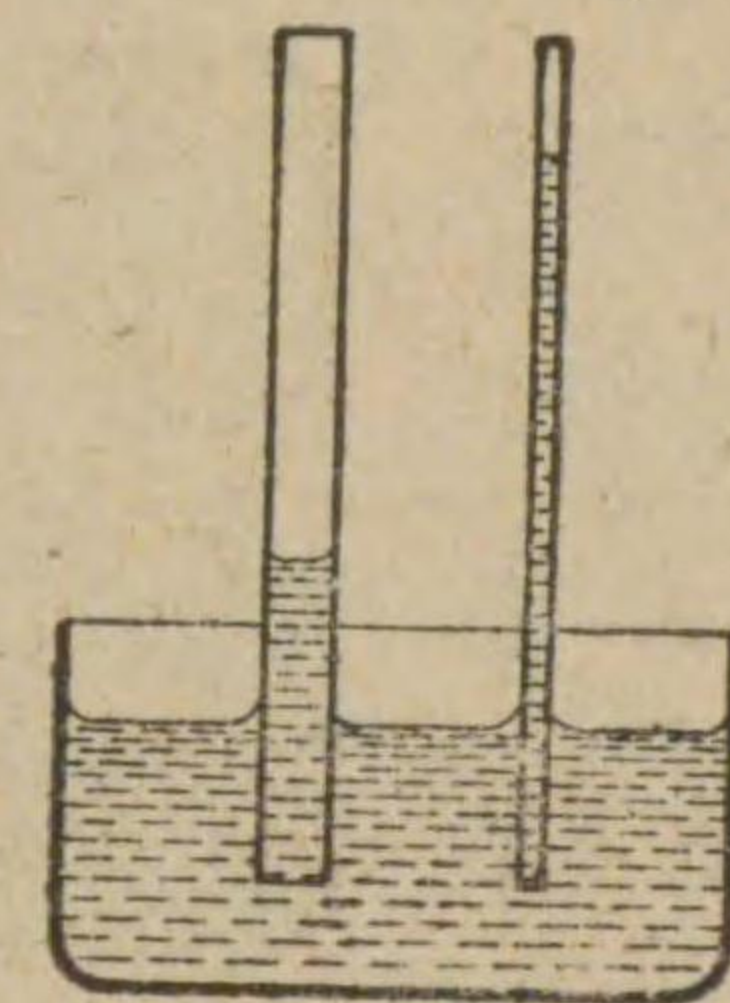


36. 毛管現象

直徑の極く細い硝子管を濡らして之れを水中に立てると、管内の水面の方がまはりの水面より高くなる(第 41 圖)。又斯やうな管を水銀中に立てると管内の水銀面は周圍の水銀面より或る深さ丈

第 41 圖

第 42 圖

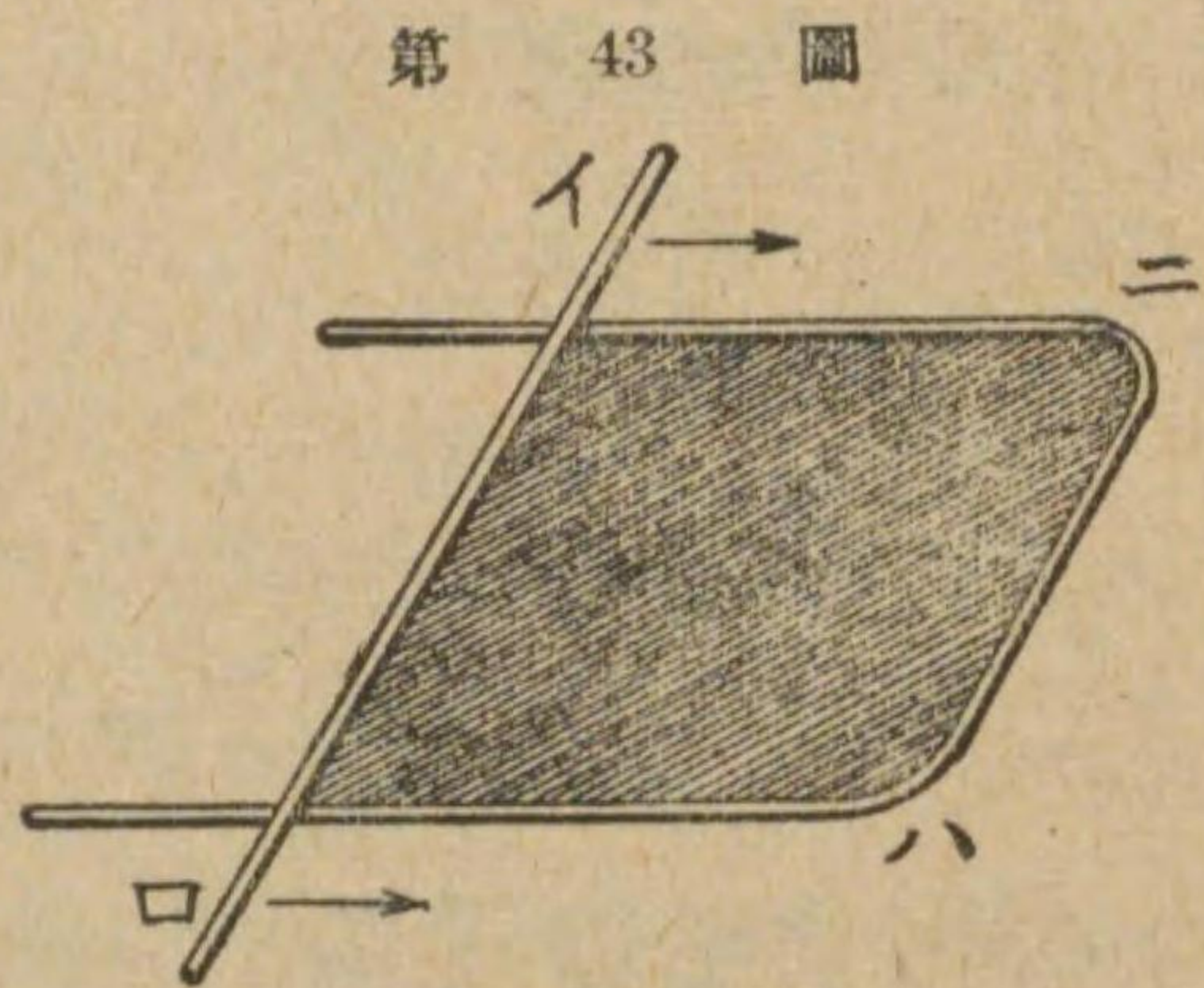


け降る(第 42 圖)。之れは前節に述べたところと甚だしく矛盾してゐる、何故であらうか。

元來液體の表面には、丁度引き伸されたるゴム膜のやうに、常に其の表面を縮めようとする力が作用してゐる。此の力を表面張力と稱してゐる。雨滴が球狀をなして落下し、流し口から廣い幅で落下する水も先になると棒狀になるのは皆表面張力で、出来るだけ表面が縮まらうとす

る結果である。尙表面張力に就ては次に述べるやうな簡単な實驗がある。

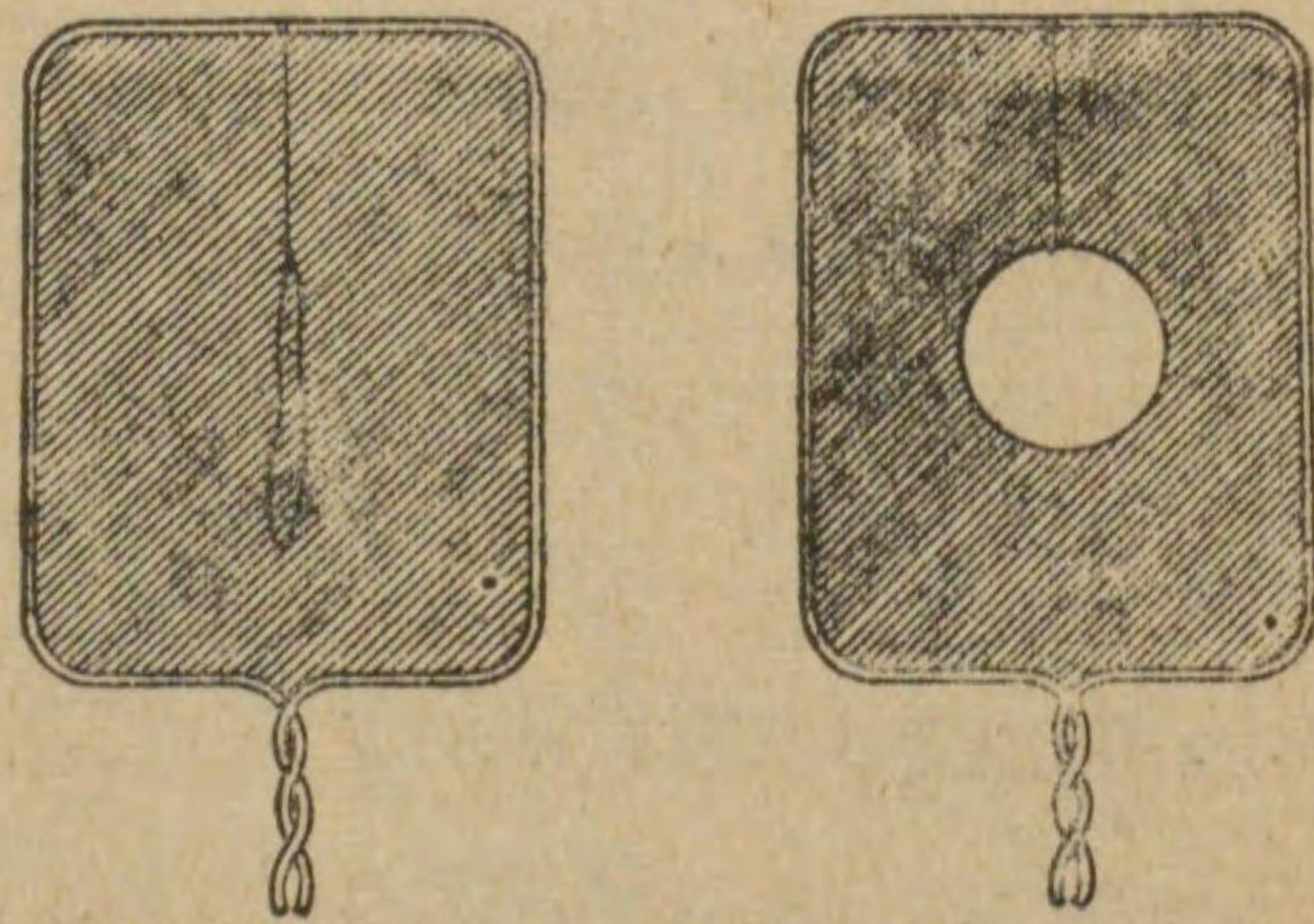
第 43 圖のやうに針金をコノ字形に曲げ、其の上に他の針金を渡し、之れを石鹼水中に浸して、針金で出来た長方形の部分イロハニの間に石鹼膜を張ると、イロハニの針金は自然に引かれて、ハニの方へ移動して行く。又針金を四角に曲げた枠に糸を輪状にして吊して置き、之れを石鹼水中に入れて膜を作り、糸の輪の中の膜を燒火箸で突いて破ると、糸は外側の膜に引張られて圓形に擴がる。(第 44 圖)



第 43 圖

扱、前に述べた細い管を液體中に立てるとき管内の液體が外の液面よりも昇つたり降つたりするのは、全く液體表面の張力に依り管内の液面が縮小しようとすることに起因するのである。

水の場合には管内が濡れてゐる、さうして管内の水面が上昇する程表面が小さくなるのであるから、當然水は管を昇つて行く。これに反し、水銀は他物を濡さぬものであり、さうして管内の水

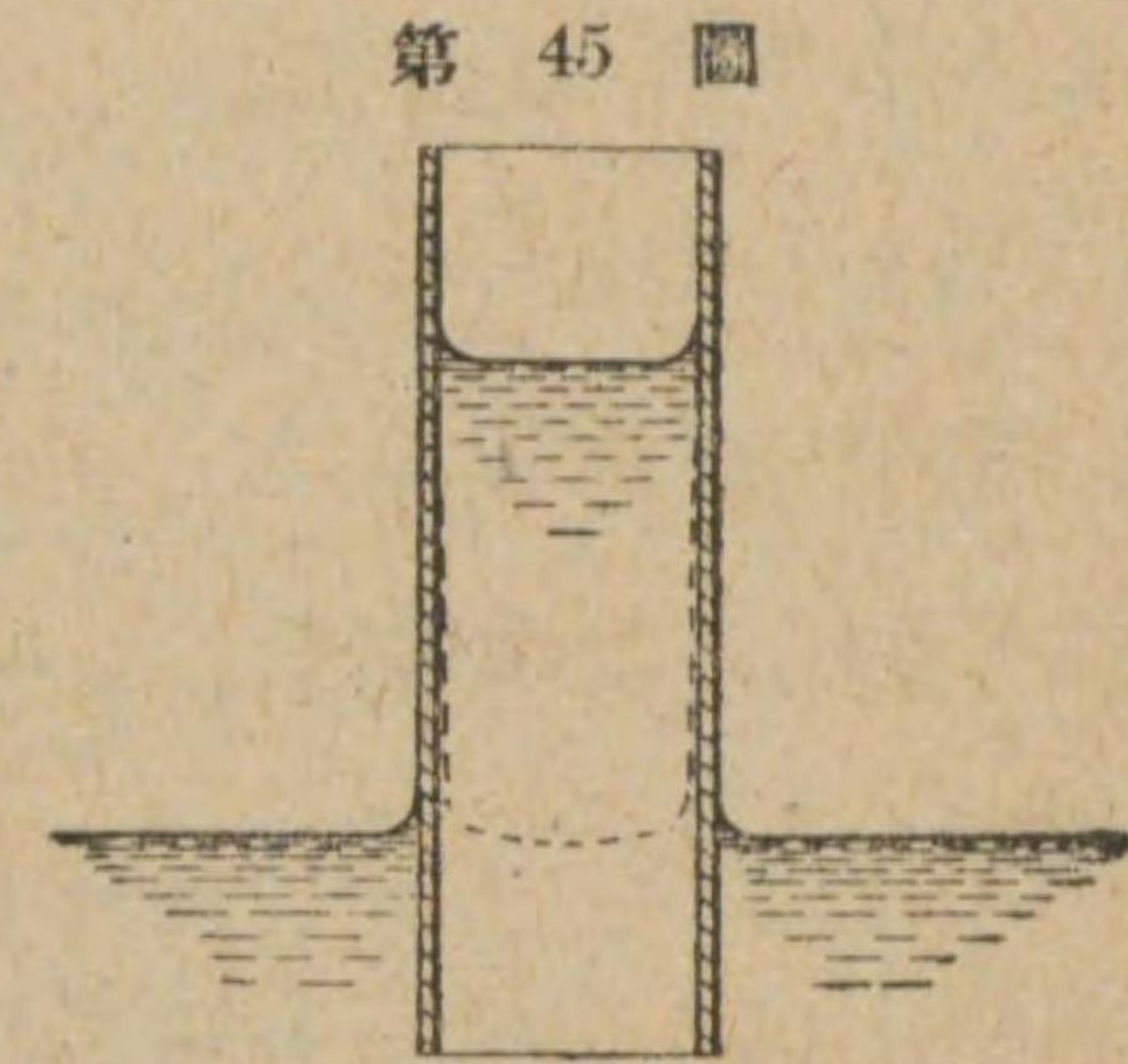


第 44 圖

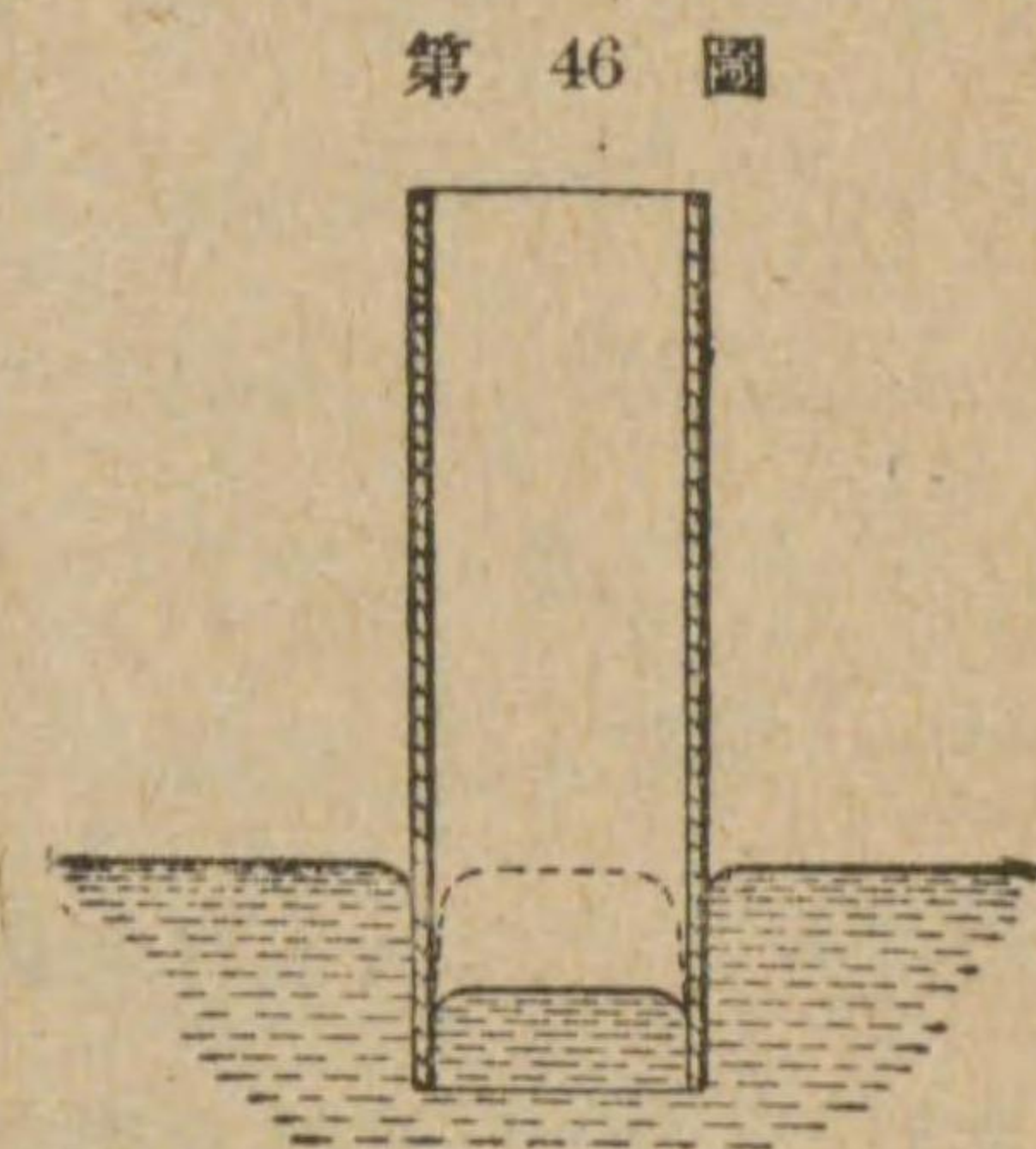
銀面が下降する程表面が小さくなるのであるから、管内の水銀面は下降するのである。(第 45 圖及第 46 圖)

上の現象を毛管現象と稱し、管の場合のみならず、極く狭い間隙に於ては一般に起るものである。油がランプの蕊に吸上げられ、インキが吸取紙に吸収されるなどは皆毛管現象に外ならないのである。

毛管現象は管の直徑や間隙が小なる程著しく起るものであつて、管の徑や間隙が大きいと、多量の液體を引き上げたり引き下げたりしなければならぬので、重力の影響が大であるから、毛管現象は現はれない。さうして、毛管現象が現はれない限りは、同一液體の大氣に接せる自由表面は何處も同一水平面をなすこと前節に述べたる通りになるものである。



第 45 圖



第 46 圖

37. 水平器 水平器 (level) は或る面を水平に定むるのに用ふるもので、建築や機械の据附等に缺くべからざるものである。第 47 圖は小形の水平器であつて、半径の大なる圓弧狀に曲げた硝子管イの内にエーテルの如き動き易い液體を充し、小さな氣泡ロを残して密閉し、之れを平な臺の上に取り付けてある。臺

を水平な平面上に置いたときに、管の中央が位置最高となり氣泡が此處に靜止するやうになつて居り、硝子管には此の點を零として左右に振り分けて

目盛がしてある。

水平に定めようとする面上に水平器を

置いたときに、其の

面が完全に水平ならば氣泡は零の位置に靜止する。併し、其の面が水平でなく右上りのときには曲管の最高點が中央より右に偏る

から氣泡もそこまで

偏つて靜止し、反對

に其の面が左上りな

らば氣泡は左に偏つ

て靜止する。依つて

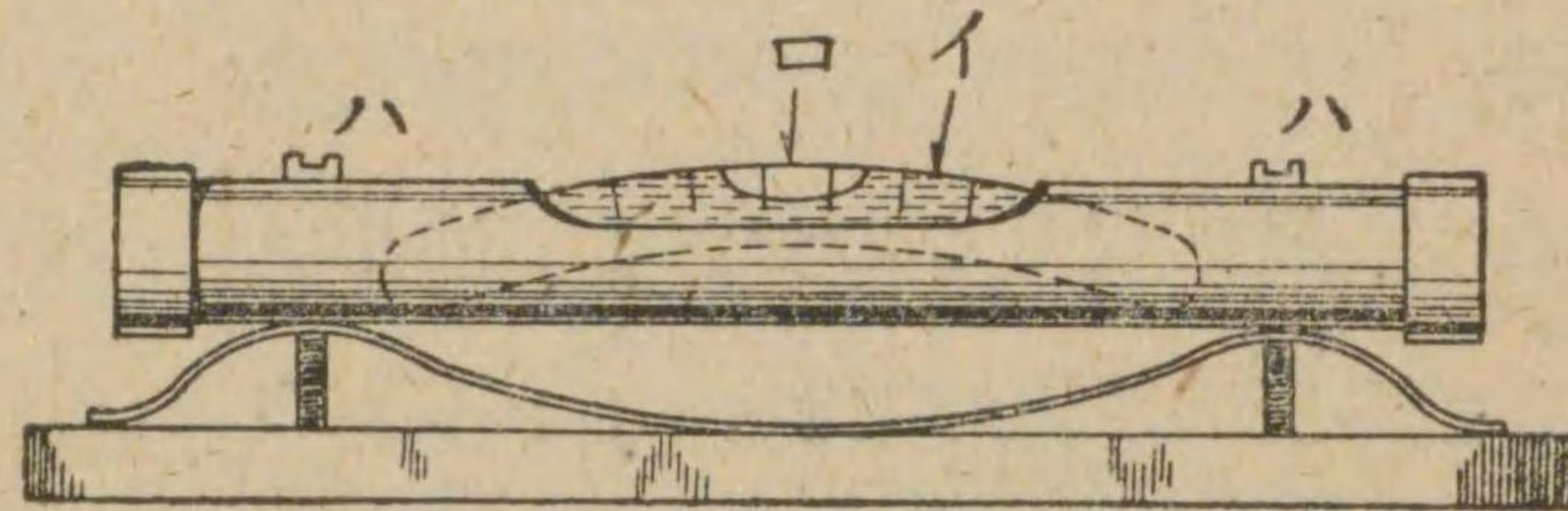
氣泡の偏つてゐる方

の側を下げるか或は反對の側を上げて氣泡が零位置に来るやうに

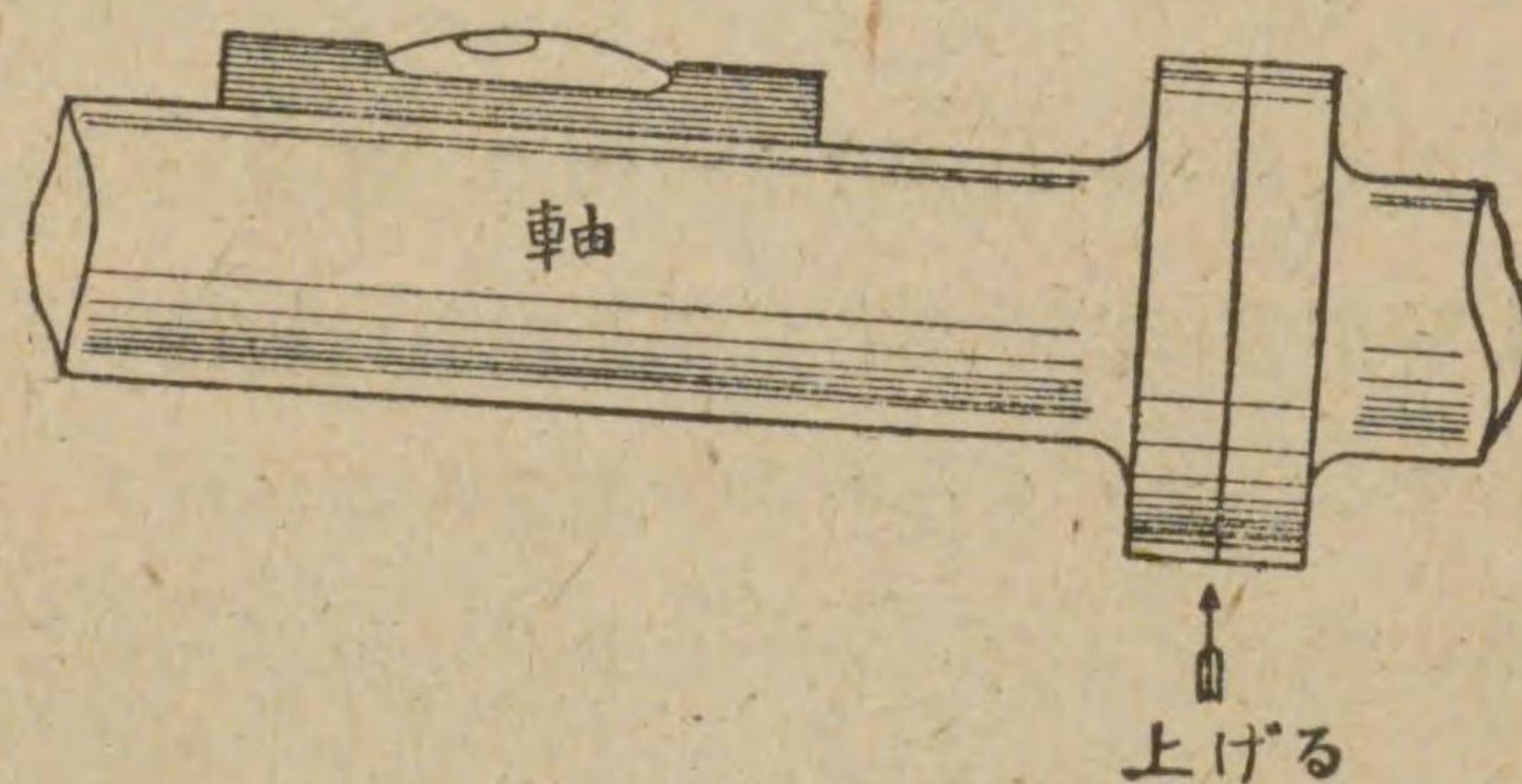
すれば、其の面は水平になつたのである。

例へば、機械を据附けるとき、機械軸を水平にするには、軸の上に水平器を置き上の要領で水平器の氣泡が零位置に来るまで軸の何れかの端を上下する。機械軸を鉛直に定めるには、第 49 圖のやうに軸の末端に飛び出し

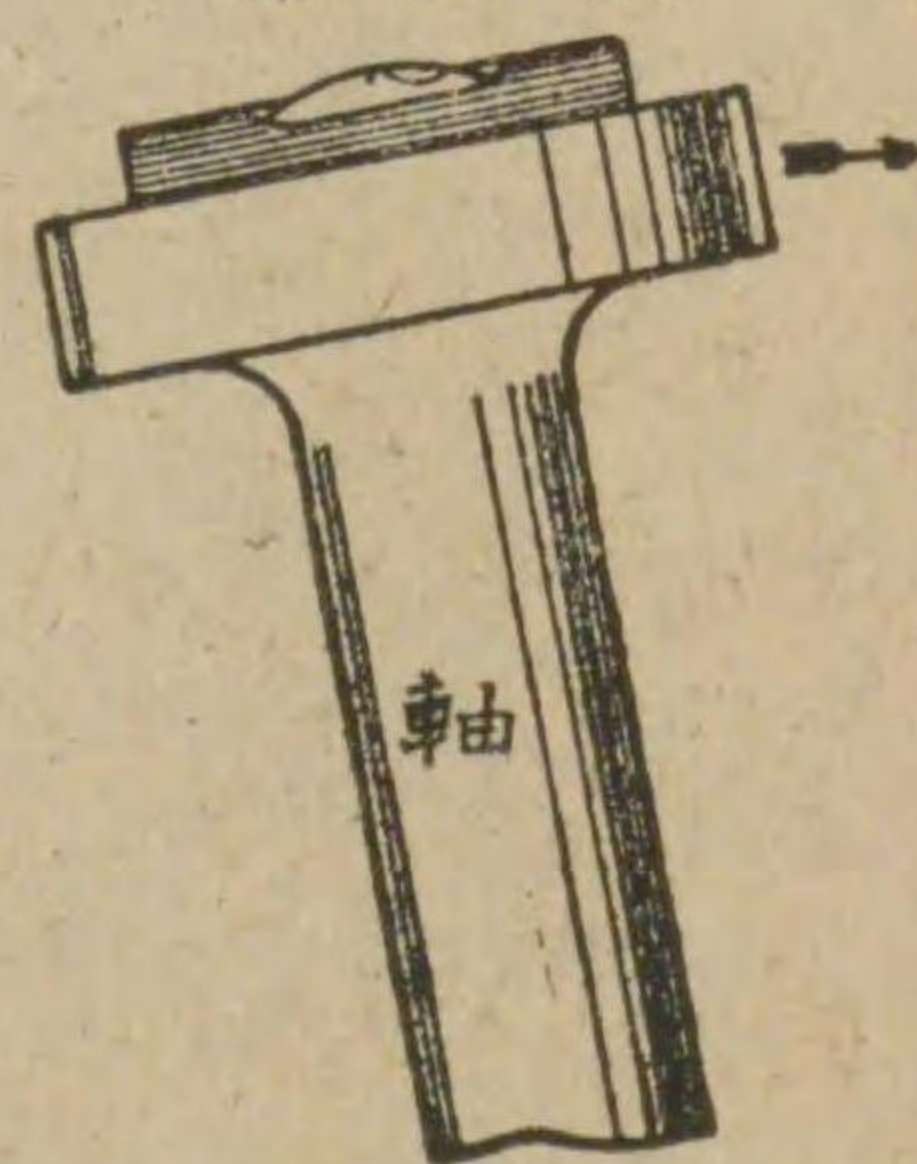
第 47 圖



第 48 圖



第 49 圖



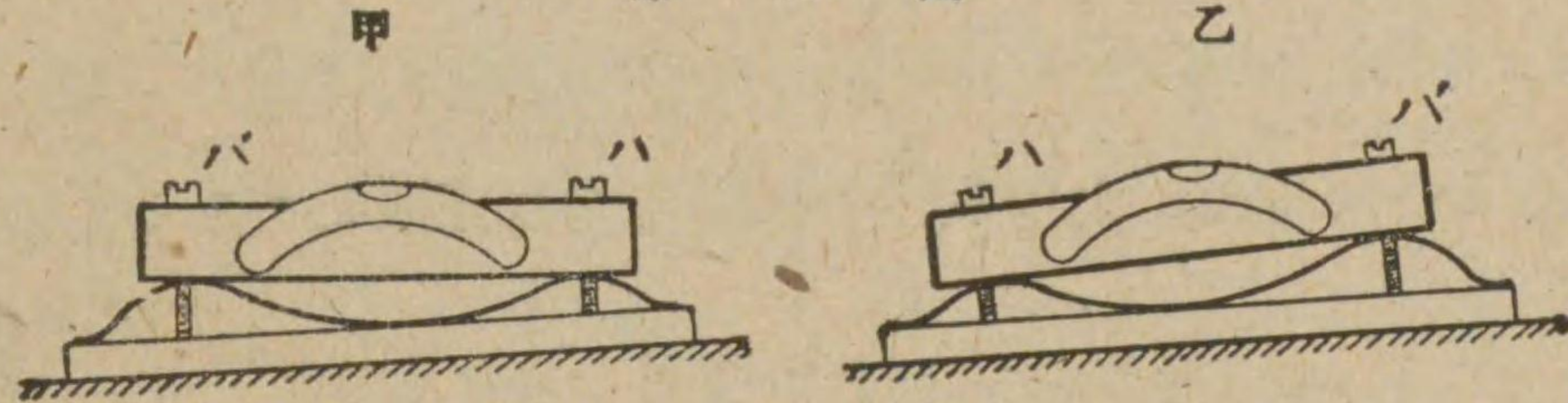
てゐるフランジの面は軸に垂直であるから、此の面に水平器を置き氣泡が偏つて居れば、其の偏つてゐる方向に軸を幾分傾けて、フランジの面を水平に定むれば軸は鉛直に定められる。

大きな發電機や蒸汽タービン、水車等の軸は極めて精確に水平(或は鉛直)を要求するものであるから、之れを定める水平器は極く上等のものを用ひなければならぬ、上等のものになると、水平面上に之れを置いて氣泡が中央零の位置にあるとき、水平器の一端の下に西洋紙一枚(厚さ $\frac{5}{100}$ mm 見當)敷いても、氣泡が偏る程の感度をもつてゐる。

38. 水平器の狂を正す方法

水平器は、之れを正しい水平面上に置いたときに、氣泡が正しく零位置に靜止するものでなければならぬ。果してかうなつてゐるか否かを驗すには、次のやうにする。

第 50 圖



水平器を一つの平面上に置き、氣泡が零位置に靜止するまで其の面の傾を正す(第 50 圖甲)。そこで、其の平面を固定し置き、水平器を左右反對に向を變へて元置いたと同じ場所に置く。此の時に水平器が正しければ、氣泡はやはり零の位置に靜止する。併し第 50 圖乙のやうに氣泡の靜止の位置が零より偏るならば、其

の水平器は狂つてゐるのである。さうして、此の場合に狂を正すには、調整用の捻子^{ねじ}ハを廻して氣泡の偏つた側を下げるか反對の側を上げて、乙圖の位置と零との中間に氣泡が来るやうに修正すれば宜しい。

練習問題 V

1. 連通管とはどう云ふものか。
2. 毛管現象を述べよ。
3. 水平器は何に用ゐるものか。
4. 正確なる水平器をある平面の上に置いた時、その水平器を丁度反對に置き換えても、水泡がいつも向て左の方に行つたとしたらこの面は右左どちらがあがつてるのか。
5. 水平な溝の一端に水を入れると水は流れるかどうか。

【解答】

1. 二つ又は二つ以上の上の開いた管の下部が皆同じ液體で連通してゐると同時に、上の氣體の部分も相互連通してゐるものを云ふ。
3. 凡て水平に設置しなければならぬ機械とか、家屋の土臺とかをきめる時に用ゐる。
4. 向て左の方が高い。
5. 水は一端から入れると水其物は水の無い部分より高い。然るに水は常に低きに行くものだから流れ出すのである。

第六章 水の流動

39. 流量 孔から噴出する水でも、河や開渠を流れる水でも、其の断面の大小及水の流れる速さの大小に應じて、一定時間内に流れ行く水の量はそれぞれ違つてゐる。そこで、吾々は水流の内に任意の横断面を考へ、此の断面を單位時間毎に流れ過ぎる水の量を其の流れの流量と稱してゐる。

流量の單位には種々あるが、メートル式では m^3/sec . (立方メートル毎秒) 及 l/sec . (リットル毎秒) を用ひ、日本式では個と云ふ單位を用ひる。

m^3/sec . は一秒毎に一立方メートル宛流れる流量、 l/sec . は一秒毎に一リットル宛流れる流量、又個は一秒毎に一立方尺宛流れる流量である。

例題 19 流量 $1 \text{ m}^3/\text{sec}$. は流量何個に相當するか、又流量 1 個は流量幾 m^3/sec . に相當するか。

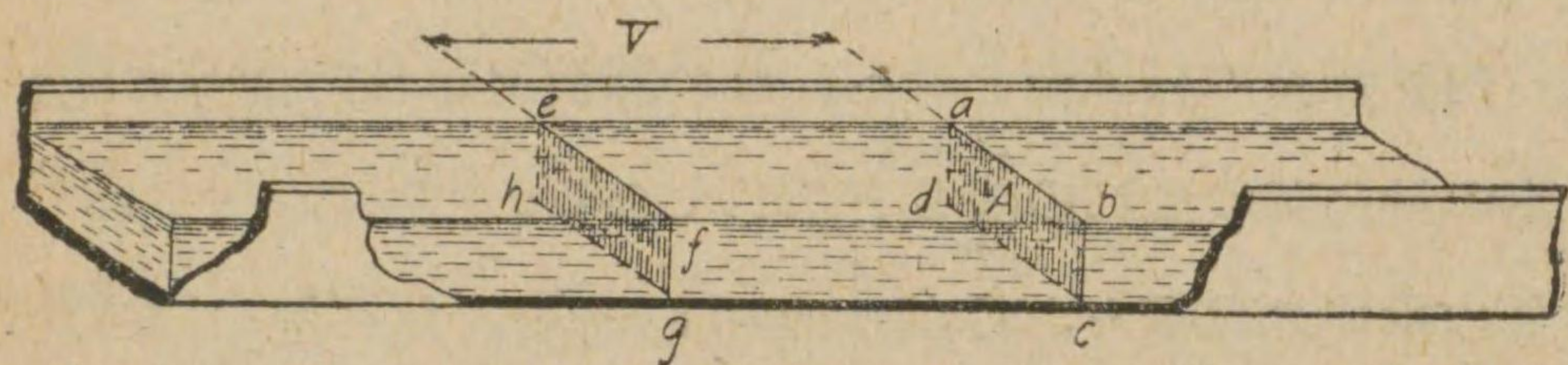
$$\begin{aligned} \text{解} \quad 1 \text{ m} &= 3.3 \text{ 尺} \quad \therefore 1 \text{ m}^3 = 3.3^3 \text{ 立方尺} \\ \therefore 1 \text{ m}^3/\text{sec} &= 3.3^3 \text{ 立方尺}/\text{秒} = 3.3^3 \text{ 個} \\ &= 35.9 \text{ 個 (大略)} \end{aligned}$$

$$1 \text{ 個} = 1 \text{ 立方尺}/\text{秒} = \frac{1}{3.3^3} \text{ m}^3/\text{sec} = 0.0279 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (\text{大略})$$

40. 流速 断面の面積が A なる水の流れがあり、水

の流れる速さが其の断面の何處でも毎秒 V であるならば、水流中の一断面 $abcd$ を今通つた水は一秒後には V だけ進んで $efgh$ にある。(第 51 圖參照)。即ち今から一秒の間には断面 $efgh$ と断面 $abcd$ との間にある體積 VA だけの水が断面 $abcd$ を流れ過ぎるわけである。依つて此の場合の流量を毎秒 Q とすれば、

第 51 圖



$$Q = VA \quad \text{従つて} \quad V = \frac{Q}{A}$$

或は

$$[\text{流量}] = [\text{流速}] \times [\text{断面積}] \quad \text{又} \quad [\text{流速}] = \frac{[\text{流量}]}{[\text{断面積}]} \quad \dots (8)$$

なる關係がある。

上の關係に於て流量を m^3/sec を單位とするならば、流速は m/sec . (メートル毎秒)、断面積は m^2 (平方メートル) を單位としなければならぬ。又流量を個即ち立方尺/秒を單位とするならば、流速は尺/秒、断面積は平方尺を單位としなければならない。次の式は流量と流速との關係式に單位をも書添へたものである。

$$[\text{流速} \text{m}/\text{sec}.] = \frac{[\text{流量} \text{m}^3/\text{sec}.]}{[\text{断面積} \text{m}^2]} \quad \dots (8a)$$

$$[\text{流速} \text{尺}/\text{秒}] = \frac{[\text{流量個}]}{[\text{断面積平方尺}]} \quad \dots (8b)$$

河や開渠などを水が流れるときの實際の速さは同じ横断面でも場所に依つて違ふものである。底や側に近い部分の流速は摩擦の爲めに中央部の流速よりも遅い、又水の表面も空氣の摩擦の爲めに流速が幾分遅いものである。管の中を水が流れるときにも周圍は遅く中央部に於て流速が最大である。併し、上に述べた流量と流速との關係は同一横断面内でも流速が場所に依つて違ふことを無視してゐるのである。それ故、實際の河なり水路なりに就て第(8)式より求めた流速は一断面各部の流速を平均した所謂平均流速が得られるに過ぎない。さうして、水路や水壓管内の流速幾許と云ふときの流速は普通此の平均流速を意味してゐる。

例題 20 直徑 50 cm. の水管にて $1.6 \text{ m}/\text{sec}$. の流速(平均流速)で水を流すと 30 分間にはどれだけの水が流れるか。

$$\begin{aligned} \text{解. } [\text{流量} \text{m}^3/\text{sec}.] &= [\text{流速} \text{m}/\text{sec}.] \times [\text{断面積} \text{m}^2] \\ &= 1.6 \times \left(\pi \times \frac{0.5^2}{4} \right) = 0.314 \text{ m}^3/\text{sec}. \end{aligned}$$

即ち一秒毎に 0.314 m^3 宛の水が流れる。依つて 30 分の間即ち $60 \text{ 秒} \times 30 = 1800 \text{ 秒}$ の間に流れる水の量は

$$0.314 \times 1800 = 560 \text{ m}^3 \quad (\text{答})$$

例題 21 流量 $\frac{1}{30}$ 個のかけひの水は四斗樽を充すに幾許の時間

を要するか。但し $1 \text{ 升} = 64827 \text{ 立方分}$

$$\begin{aligned} \text{解} \quad 4 \text{ 斗} &= 64827 \times 40 = 2593080 \text{ 立方分} \\ &= 2593.08 \text{ 立方寸} \end{aligned}$$

=2.59308 立方尺

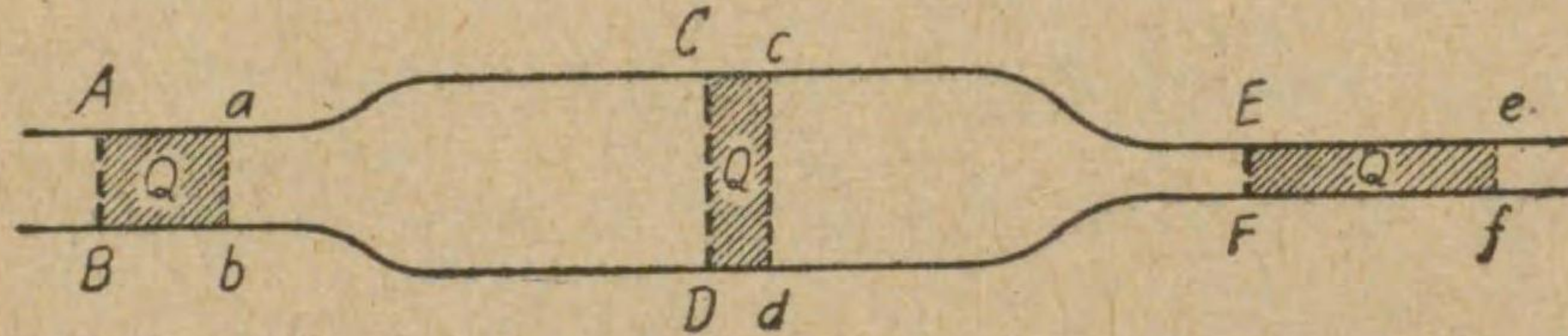
さうして、流量即ち毎秒の水量は $\frac{1}{30}$ 立方尺 であるから、

所要時間 = $\frac{2.59308}{(\frac{1}{30})} \approx 78$ 秒 (答)

41. 水流の連続性

同じ水の流れでも、流れの断面は太くなつたり細くなつたり種々に變化することが多い。併し其の断面がどのやうに變化する場合にも、漏水もなく又外からの差し

第 52 圖



水もない限りは、水流中の任意の二断面例へば第 52 圖の AB と CD との間或は CD と EF との間に含まれてゐる水の量は常に一定である。従つて若し 1 秒の間に AB 断面を通つて Q だけの水が流れ込めば同時に CD 断面を Q だけの水が EF の方へ流れ行かなければならない。同様に EF の断面でも其の他の總ての断面でも Q だけの水が一秒間に流れ過ぎなければならぬ。之れに依つて見れば、連続して流れてゐる一つの水流では、どこで測つても其の流量は等しいものである。

上のやうに、連続した一つの水流では断面の大なるところも小なるところも流量は同じであるが、流速は断面の大小に依つて異

ることは勿論である。例へば、流量が $10 \text{ m}^3/\text{sec.}$ なる水流では

断面積が 2 m^2 のところでは 流速 = $\frac{10}{2} = 5 \text{ m/sec.}$

断面積が 4 m^2 のところでは 流速 = $\frac{10}{4} = 2.5 \text{ m/sec.}$

断面積が 6 m^2 のところでは 流速 = $\frac{10}{6} = 1.66 \text{ m/sec.}$

となり、其の流速は断面積に反比例するものである。

42. 水の噴出速度

容器の底或は側に小さな孔を開けると、内側の水の壓力に押されて孔から水が噴出することは已に諸君の知つてゐることである。さうして、此の場合水面から孔までの水深が大なる程水の壓力の強さは大であるから、水の噴出の勢も亦従つて大となることは云ふまでもないことであつて、水面から孔までの水深が $H \text{ m}$ とすると、孔から噴出する水は

$V = \sqrt{2 \times 9.8 H} \text{ m/sec.}$ (註を見よ) (9)
 $= 4.43 \sqrt{H} \text{ m/sec.}$

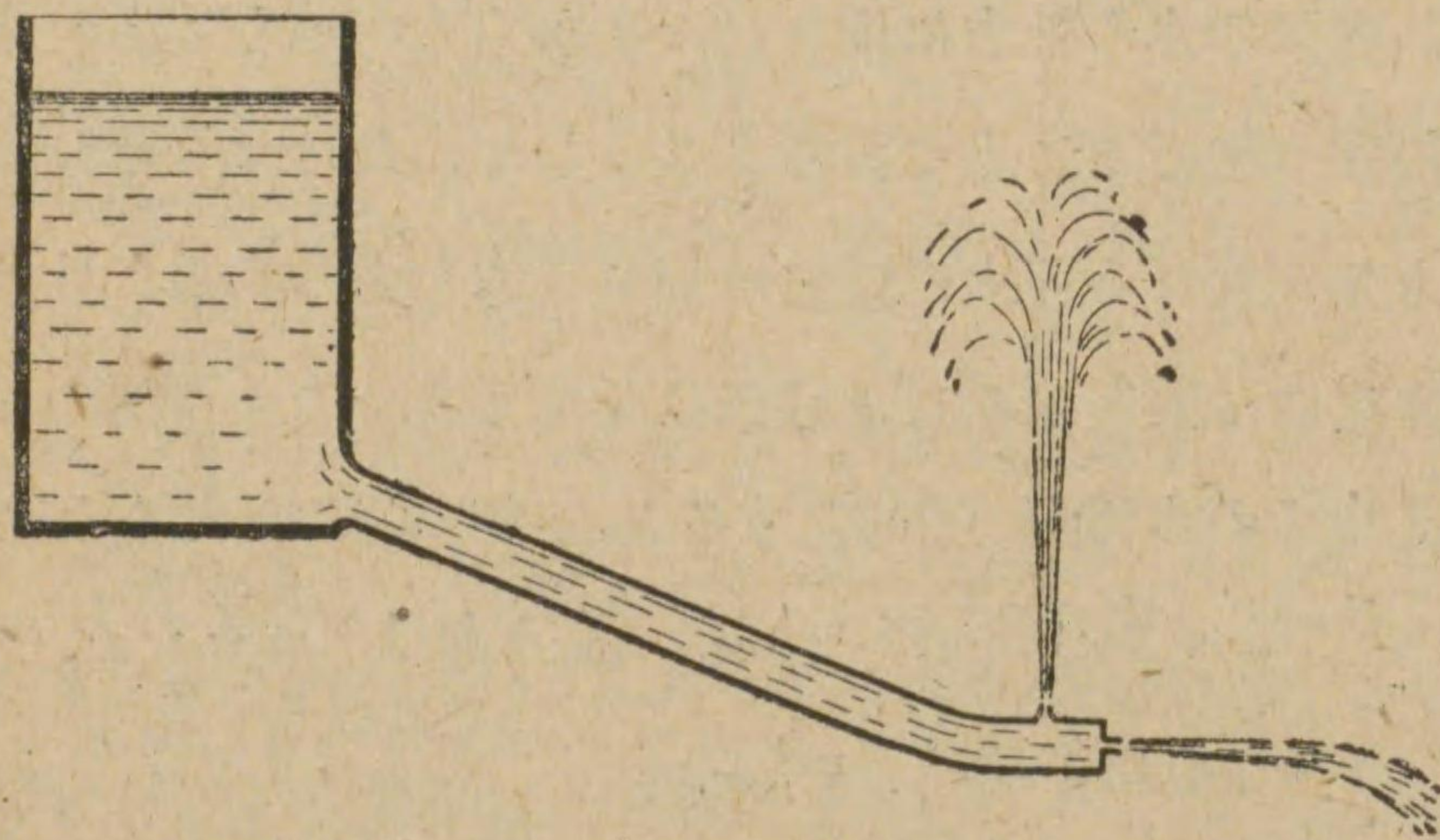
なる速さを有するものである。但し之れは理論的の噴出速さであつて、實際には孔の周囲の摩擦の爲め幾分之れよりも遅くなるの

註 [甲の數] の平方が [乙の數] に等しきとき、[甲の數] を [乙の數] の平方根と稱する。 $2^2=4$ であるから、2 は 4 の平方根である。同様に 3 は 9 の平方根、4 は 16 の平方根である。さうして或る數の平方根を表はすには $\sqrt{\quad}$ なる記號を其の數に冠らせる。例へば $\sqrt{4}=2$, $\sqrt{9}=3$, $\sqrt{16}=4$ と表はす。 $\sqrt{19.6}=4.43$ である。平方根の求め方は算術と代數學との本を参照されたい。

が常である。

既に力學で習はれたであらうが、如何なる物でも地球の重力に引かれて自然に落下するとき、最初から H^m 落下した點では常に $\sqrt{2 \times 9.8H}$ m/sec. の速さになるものであつて、丁度上の水の噴出の速さは此の落體の速さと等しいのである。言ひ換へれば、水深 H^m の點にある小孔から噴出する水の速さは、水の表面と同じ高さから落下した物が孔と同じ高さまで落下したときの速さと等しいのである。これをトリチェリーの定理と稱する。

第 53 圖



以上述べたところは、直接容器の側や底に開けたる小孔から水が噴出する場合ばかりでなく、第 53 圖に示すやうな管の先きを開けた小孔から水が噴出する場合にも適用される。即ち水の噴出の速さは水面から孔までの深さに依つて定まるものであつて、水深さへ同じならば孔が横に向つてゐても上に向つてゐても、常に同じ速さで水が噴出するものである。

例題 22 水深 100m の點にある小孔から噴出する水の速さは幾許か。

解 $V = 4.43\sqrt{H} = 4.43\sqrt{100}$

然るに $10^2 = 100 \quad \therefore \sqrt{100} = 10$

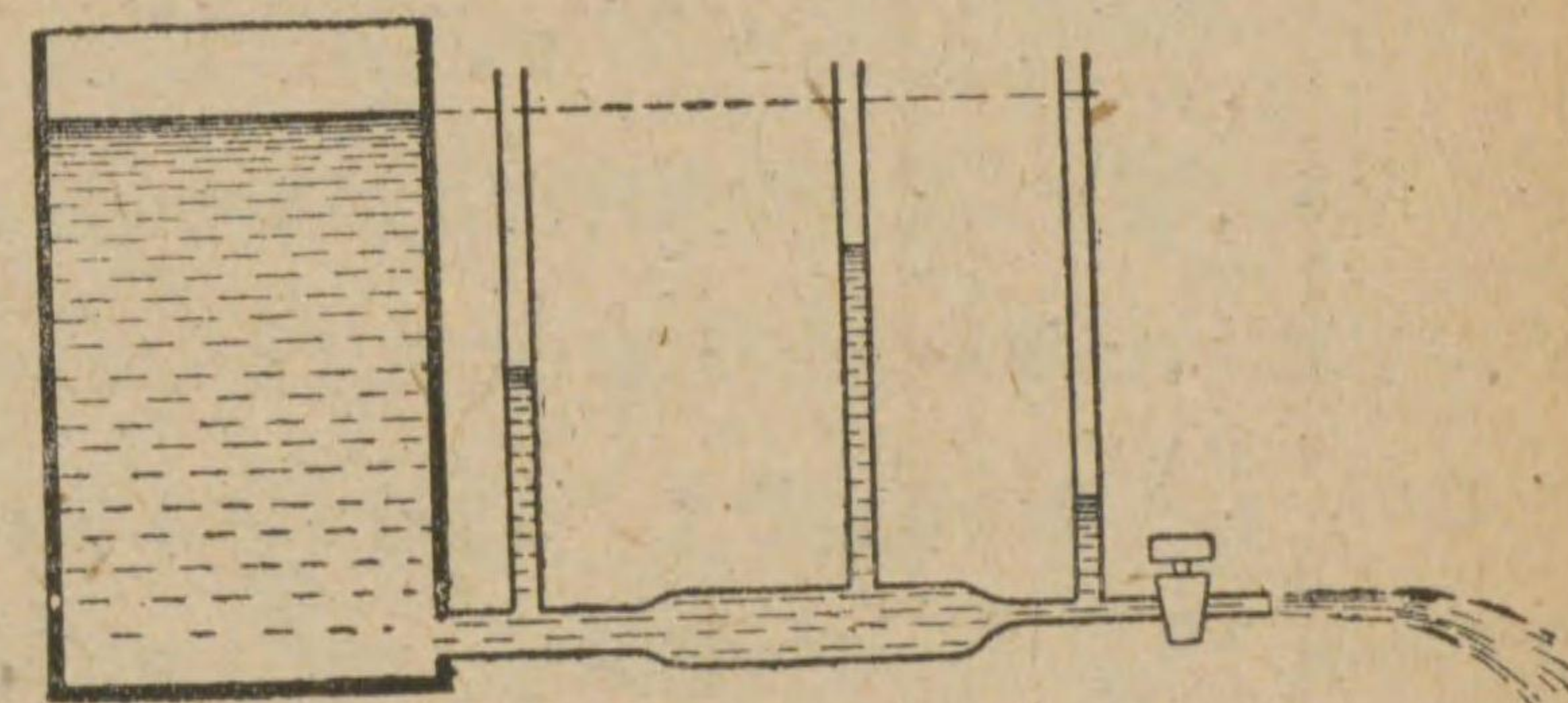
$\therefore V = 4.43 \times 10 = 44.3$ m/sec. (答)

43. 流速と水壓との關係 第 54 圖のやうな先の開

いた水平管を有する連通管に水を充すとき、水平管の先を閉ぢて置いて水が流れぬ

第 54 圖

やうにすれば、已に述べた通りに各枝管の水面は容器内の水面と同じ水平になる。ところが、



が、水平管の先を開いて之れに水を流すと、各枝管の水面は急に下るのみでなく、水平管が細くして之れを流れる水の流速の早いところ程枝管内の水面の下り方が甚だしいことを實驗する。之れは何故であるか。

水深 H^m の點にある孔からは $V = \sqrt{2 \times 9.8H}$ m/sec. の速さで水が外に噴出することは前節にて述べた通りである。其の代りに孔の内側に於ては水は

[大氣の壓力] + [水深 H^m に相當する壓力]

だけの壓力であつたものが、孔から外に噴出すると、其壓力は大氣の壓力と等しくなつてしまふのである。即ち此の場合には

$$V = \sqrt{2 \times 9.8H} \text{ m/sec.}$$

の流速を得た代りに、水深 H m に相當するだけの壓力を失つたのである。このことは孔から水が噴出する場合のみに限らず、管の中を水が流れるときでも、河や開渠の中を水が流れるときでも同じことであつて、一般に流速 V m/sec. を得るためには、必ず

$$V = \sqrt{2 \times 9.8H} \text{ を満足するだけの水深即ち}$$

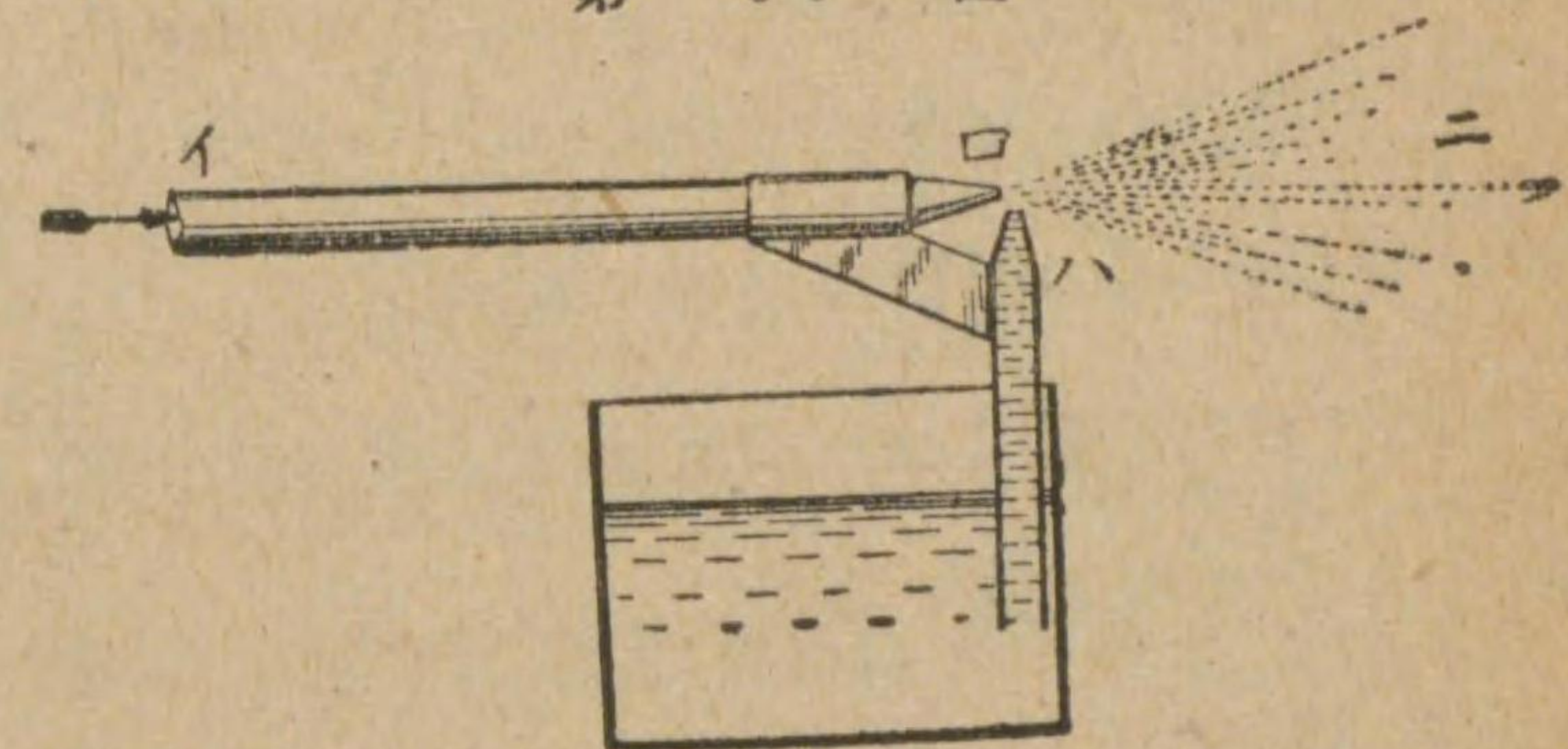
$$H = \frac{V^2}{2 \times 9.8} \text{ m} \dots\dots\dots (90a)$$

の水深に相當する壓力が失はれるものである。さうして、此の式の示す通り、流速が早い程之れに應じて失はれる壓力も大である。これが、前の連通管に於て、水平管に水が流れるときに各枝管の水面が降下し、且つ管の細いところ程水面の降下の甚だしき所以である。以上の事柄は中々分り兼ねるかと思はれるが、動水力學の根本となる事であるから、繰返し熟讀せねばならない。

44. 霧吹き 前節に述べた、流速の早い程多くの壓力が失はれて壓力が低くなることは、水許りでなく一般の液體及氣體に適用される。霧吹は此の理を氣體に應用したるものである。

第 55 圖に於てイの口を強く吹くと、ロの口から空氣が大なる速さで噴出する。ロから噴出した空氣はロを離れる程擴がつて流速

第 55 圖



が遅くなり外部にあつた空氣と混じて其の壓力も外部の空氣と同じ大氣壓になつてしまふ。従つて圖の=

の附近では其の壓力が略大氣壓と等しいが、此處よりロに近づく程流速が大であるから、其の壓力も低く、噴出口ロを出たすぐの所では流速が非常に早いから、其の壓力も=の附近よりはずっと低く、大氣壓以下になつてゐる。其の爲めに下の容器内の水がハの管に吸込まれハの口まで上昇し、ロから噴出する空氣と共に霧となつて飛散するのである。

練習問題 VI

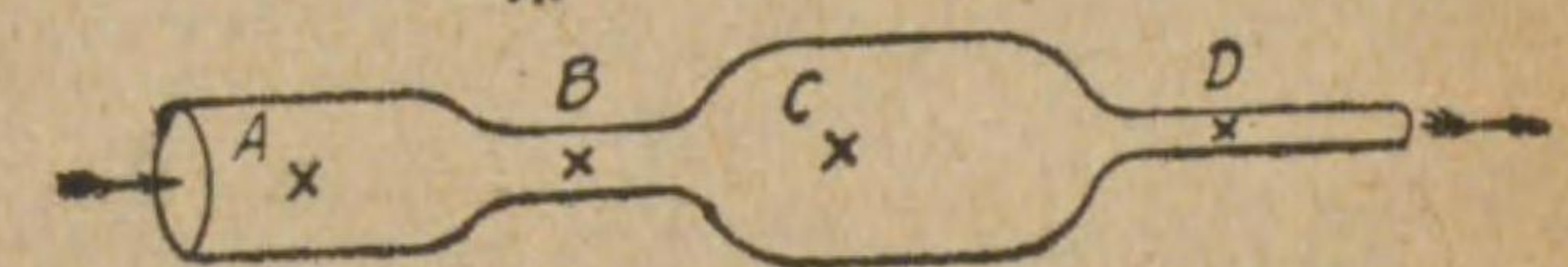
1. 流量とはどう云ふものか。
2. 河や開渠、鐵管等で中央の水の速さは周圍の水の速さより何故速いのか。

3. 水流の連續性とは何か。

4. 右の圖の様な管がある、水は矢の方向に連續して流れる。A, B, C,

D の斷面の大きさの比較は $C > A > B > D$ の順序である。

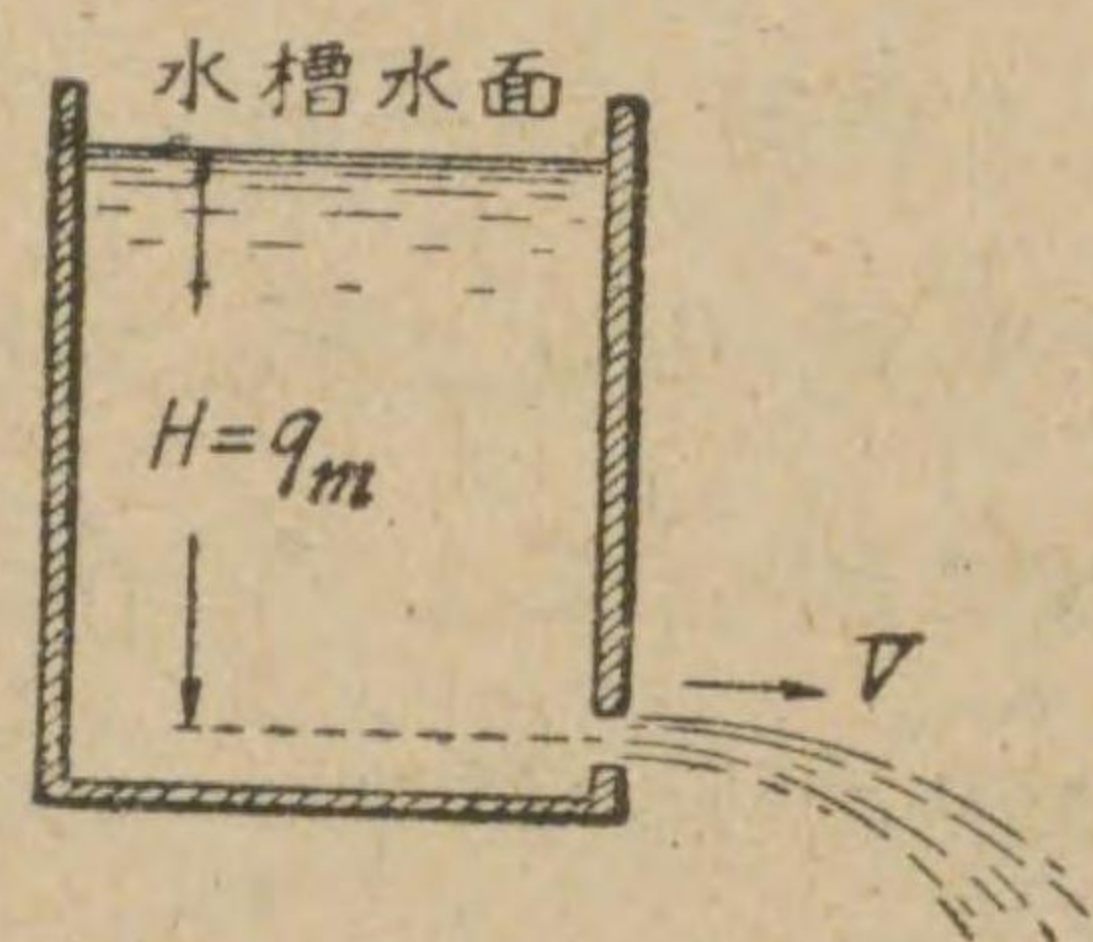
第 56 圖



どの點の流速が一番早くて、どれが一番遅いか。

5. 表面積の大なる水槽があつて圖の如く其最下部の出口から水が噴出する。その出口は直徑 1cm の孔とす。この孔から出る水の流速を求む。

第 57 圖



【解答】

1. 管でも開渠でも一定の断面を單位時間(一秒間)に通る水の量を流量と云ふ。
2. 中央の部分は水と水とが相接しながら流れるが、周圍の部分の水は開渠の壁や、鐵管の壁と相接するから、水と水同士より摩擦が多く流れ難い。だから流速は遅い。
3. 鐵管や開渠の中を續いて水が流れる時には、任意のどの断面を考へてもそこを通る流量は常に變りがない、この事を云ふ。
4. [流量]=[流速]×[切斷面積]
問題(3)によつてこの右の積は 4 個所共一定である、だから明かに切斷面積の一番少い D の流速が一番早く、断面の一番大きい C の流速が一番遅いことがわかる。
5. 水の理論的速度

$$V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 9} = 4.43\sqrt{9}$$

$$= 4.43 \times 3 = 13.29 \text{ m/sec.}$$

第七章 水力パワー

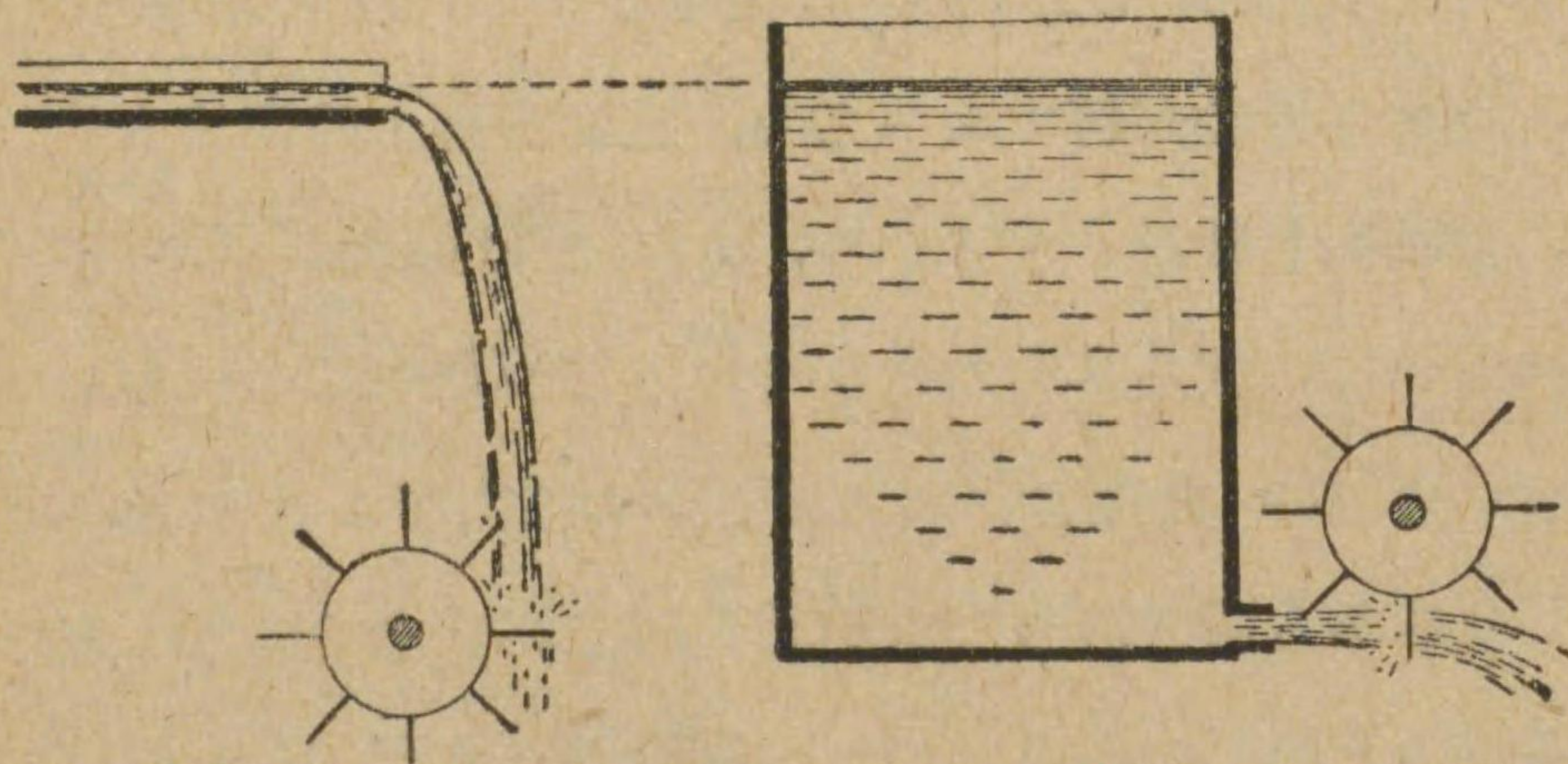
45. 落下する水のなす仕事 $W \text{ kg}$ の物を地球の重力に逆つて鉛直に $H \text{ m}$ 持ち上げるには、其の持ち上げる人なり機械なりが $WH \text{ kg-m}$ の仕事をしなければならない。反對に $W \text{ kg}$ の物が地球の重力に引かれて $H \text{ m}$ 落下して他物に衝突すれば、其の落下した物が $WH \text{ kg-m}$ の仕事をする(以上力學參照)。このことは落ちた物が何であつても、重さと落下の高さとさへ同じなら、常に同じ仕事をするから、 $W \text{ kg}$ だけの水が $H \text{ m}$ 落下して他物に當れば、其の落ちた水はやはり $WH \text{ kg-m}$ の仕事をする。

水面から $H \text{ m}$ の深さにある小孔から噴出する水の速さは水面と同じ高さから溢れ落ちた水が孔と同じ高さまで落ちて來たときに得る速さと同じである。従つて斯やうな水深 $H \text{ m}$ の點にある孔から噴出する水が他物に當つてする仕事の量は $H \text{ m}$ の高さから溢れ落ちる水が他物に當つてする仕事の量と少しも變りがない筈である。即ち此の場合にも孔から噴出した水が $W \text{ kg}$ であるならば、其の水はやはり $WH \text{ kg-m}$ の仕事をするのである。

46. 落差 水力發電所に於ては、河から引いた水を高所にある水溜に導き、こゝから水壓管を^{おろ}下し、其水壓管の先に水車を仕掛け、これに依つて發電機を廻はすのである。

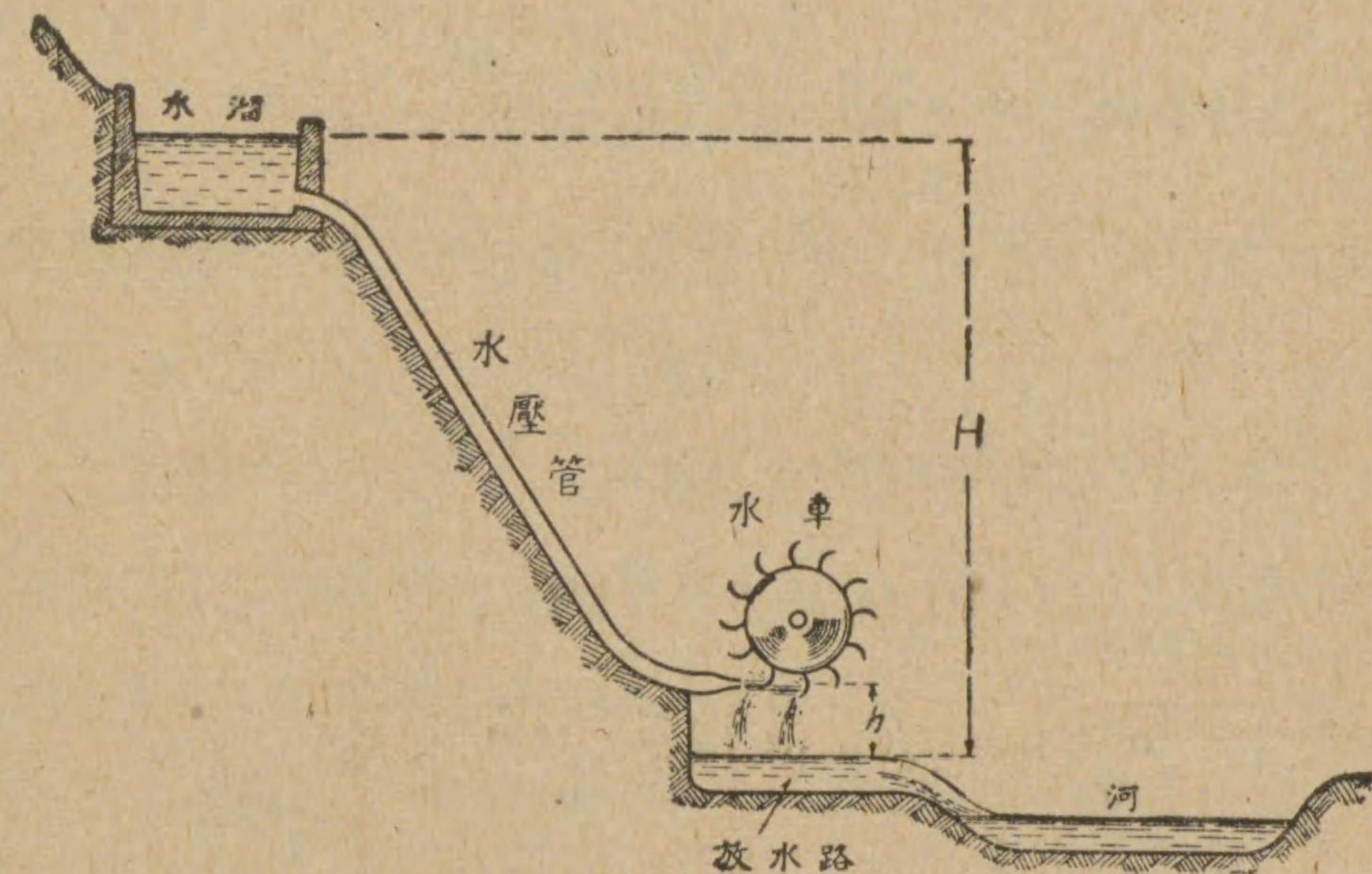
第 58 圖は其仕掛の一種を示すものであつて、水壓管の下端に設けた小孔から水を噴出さして、これを水車の周りに多數に取付けてあるバケツトと云ふ椀形のものに衝突せしめて、水車を廻らすのである。水が衝きあつて動かすからこんなのを衝動水車と云ふ。此の場合上の水溜の水面から下の放水路の水面までの高さ即ち此の場合の水を落下させる高さを^{らくさ}落差 (head) と稱する。

第 58 圖



第 59 圖に示した仕掛けでは、水車の羽根に當つた水は下の水面まで自然に落下するだけであつて、噴出孔から噴出する水の勢力従つて水の仕事量は噴出孔から上の水面までの高さのみに依つて定まる。であるから、此の場合に全落差は H であるが、噴出孔から下 h は全然無効であつて、 $(H-h)$ だけが有効である。此の外水壓管の摩擦などに依つて水の噴出の勢は $(H-h)$ に相當するよりも尙幾分少くなる。之れ等の摩擦の爲めに空費される高さをも前記の $(H-h)$ より差引いたものが、實際に水の噴出の速さを

第 59 圖



決定するのに有効な高さであつて、之れを^{いふかららくさ}有効落差と稱する。

47. 水力パワーの計算 或る水力発電所に於て其の有効落差が H m, 水車内へ噴出する水の流量が Q m³/sec. であるとしよう。其の場合に一秒毎に水車に^{あた}中る水の重さは $1000 Q$ kg であるから、水力即ち水が水車に中つて發生する動力は一秒間毎に $1000 QH$ kg-m 宛即ち

$$1000 QH \text{ kg-m/sec.}$$

である。

力學の教ふるやうに、或る物が單位時間毎になす仕事の量を^{パワー}power と稱し、其の單位に kW (キロワット) 又は H.P. (馬力) と^{はりき}云ふのがあつた。さうして

$$1 \text{ kW} = \frac{1000}{9.8} \text{ kg-m/sec.} \text{ 従つて } 1 \text{ kg-m/sec.} = \frac{9.8}{1000} \text{ kW}$$

$$1 \text{ H.P.} = 0.746 \text{ kW} \text{ 従つて } 1 \text{ kW} = \frac{1}{0.746} \text{ H.P.}$$

であるから、上の $H \text{ m}$ の有効落差、 $Q \text{ m}^3/\text{sec.}$ の流量で發生する水力パワーは

$$\begin{aligned}
 P &= 1000 QH \text{ kg-m/sec.} \\
 &= \frac{9.8}{1000} \times 1000 QH = 9.8 QH \text{ kW} \\
 &= \frac{1}{0.746} \times 9.8 QH = 13.14 QH \text{ H.P.}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

或は

$$[\text{水力 kW}] = 9.8 \times [\text{流量 } \text{m}^3/\text{sec.}] \times [\text{有効落差 m}] \dots\dots (10 A)$$

$$[\text{水力 H.P.}] = 13.14 \times [\text{流量 } \text{m}^3/\text{sec.}] \times [\text{有効落差 m}] \dots\dots (10 B)$$

$$\approx 13 \times [\text{流量 } \text{m}^3/\text{sec.}] \times [\text{有効落差 m}] \text{ (大略)}$$

流量及落差を日本單位の個及尺で測つたときには

$$1 \text{ 個 (即ち立方尺/秒)} = \frac{1}{3.3^3} \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$$1 \text{ 尺} = \frac{1}{3.3} \text{ m}$$

として換算を行つて、

$$[\text{水力 kW}] = \frac{[\text{流量 個}] \times [\text{有効落差 尺}]}{12.10} \dots\dots\dots (10 C)$$

$$\approx \frac{[\text{流量 個}] \times [\text{有効落差 尺}]}{12} \text{ (大略)}$$

$$[\text{水力 H.P.}] = \frac{[\text{流量 個}] \times [\text{有効落差 尺}]}{9.027} \dots\dots\dots (10 D)$$

$$\approx \frac{[\text{流量 個}] \times [\text{有効落差 尺}]}{9} \text{ (大略)}$$

48. 能率

前節の諸式から算出したパワーは、理論上の水力パワーであつて、之れを理論パワーと稱し、パワーの單位に依つて理論キロワット或は理論馬力とも稱する。しかし、水車が實際に發生する動力は理論パワーより必ず少いものである。之れは何故か、其の理由は次の通りである。

水と水車の羽根との間の摩擦や、水車の軸と軸承との間の摩擦などの爲めに失はれるパワーがあり、又水車から出て行く水も尙幾分の勢力を持つて流れ去るから之れに依つてもパワーの損失がある。理論パワーから之れ等の諸損失パワーを引き去つた残りが、水車が實際に發生する動力即ち水車から取り出し得る動力である。此の水車が實際に發生し得る動力を水車の出力或は實馬力しつりよく じつはりき (BHP) と稱す。即ち

$$[\text{出力}] = [\text{理論パワー}] - [\text{諸損失パワー}]$$

さうして、[出力] と [理論パワー] との比を水車の能率のちりつ と稱する。

即ち

$$[\text{能率}] = \frac{[\text{出力}]}{[\text{理論パワー}]} \dots\dots\dots (11)$$

従つて、又

$$[\text{出力}] = [\text{能率}] \times [\text{理論パワー}] \dots\dots\dots (12)$$

水車の能率は水車の大小に依つて相違するが、小さい水車では規定出力のときの能率 70 パーセント内外、大きな水車では規定出力のときの能率が 85 パーセント以上 90 パーセントを超えるものもある。

例題 23. 有効落差 100 尺. 使用水量 (水車内に流す水の流量のこと) が 15 個の水車があり、其實馬力は 125 なりと云ふ、能率幾許か。

$$\text{解 [理論パワー]} = \frac{15 \times 100}{9.027} = 166 \text{ H.P.}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{能率} &= \frac{125}{166} = 0.753 \\ &= 75.3\% \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

(能率はパーセントで表はすのが普通である。)

例題 24. 有効落差 200 m, 使用水量 5.5 m³/sec. の水車がある、其の能率を 90% とすれば出力幾 kW か、又幾馬力か。

$$\begin{aligned} \text{解 [出力 kW]} &= [\text{能率}] \times [\text{理論 kW}] \\ &= \frac{90}{100} \times (9.8 \times 5.5 \times 200) \\ &= 9700 \text{ kW} \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{出力 H.P.}] &= [\text{能率}] \times [\text{理論馬力}] \\ &= \frac{90}{100} \times (13.14 \times 5.5 \times 200) \\ &= 13000 \text{ H.P.} \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

$$\text{或は [出力 H.P.]} = \frac{4}{3} \times [\text{出力 kW}] = \frac{4}{3} \times 9700 = 13000 \text{ H.P.}$$

練習問題 VII

1. 落差とは何か。
2. パワーとは何か。
3. 理論馬力を説明せよ。
4. 水車の能率はどの位のものか。
5. 能率 88% にして、落差 100 m の水車の出力は 10000 馬力なりと云ふ、水量 Q を求む。
6. 甲乙二つの水車あり。甲は落差 400 m, 乙は落差 100 m にて能率は相等しく、甲の水量は乙の $\frac{1}{2}$ なりと云ふ。甲水車の出力は乙の何倍か。

【解答】

1. 衝動水車では水槽の水面と管の出口迄の鉛直の高さが總落差で、それから水圧管中の摩擦損失——大抵總落差の 3—5% 位のものを——を差引いた残りが有効落差と云はれる。摩擦損失の計算はむづかしいから省略して置くが、一般に云ふと管が長いとか、細いによつて大きくなり又流速が大となると著しく大になるものである。

2. 一秒間に爲す仕事の量をパワーと云ふ、キロワットで計るときと馬力で計るときと両方ある。

3. 理論馬力とは水の勢力が単位時間に爲し得る仕事の割合である。

4. 小形のものでは70%内外, 大形のものでは85乃至90%である。

$$5. 13.14 \times 100 \times Q \times \frac{88}{100} = 10\,000$$

$$\therefore Q = \frac{10\,000}{13.14 \times 88} = 8.65 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

6. 甲の水量を Q とすると乙のは $2Q$ である。

$$[\text{甲の出力}] = 13.14 Q H \times [\text{能率}] = 13.14 Q \times 400 \times [\text{能率}]$$

$$[\text{乙の出力}] = 13.14 \times (2Q) H \times [\text{能率}] \\ = 13.14 \times 2 Q \times 100 \times [\text{能率}]$$

故に其比は

$$\frac{[\text{甲の出力}]}{[\text{乙の出力}]} = \frac{Q \times 400}{2 Q \times 100} = 2$$

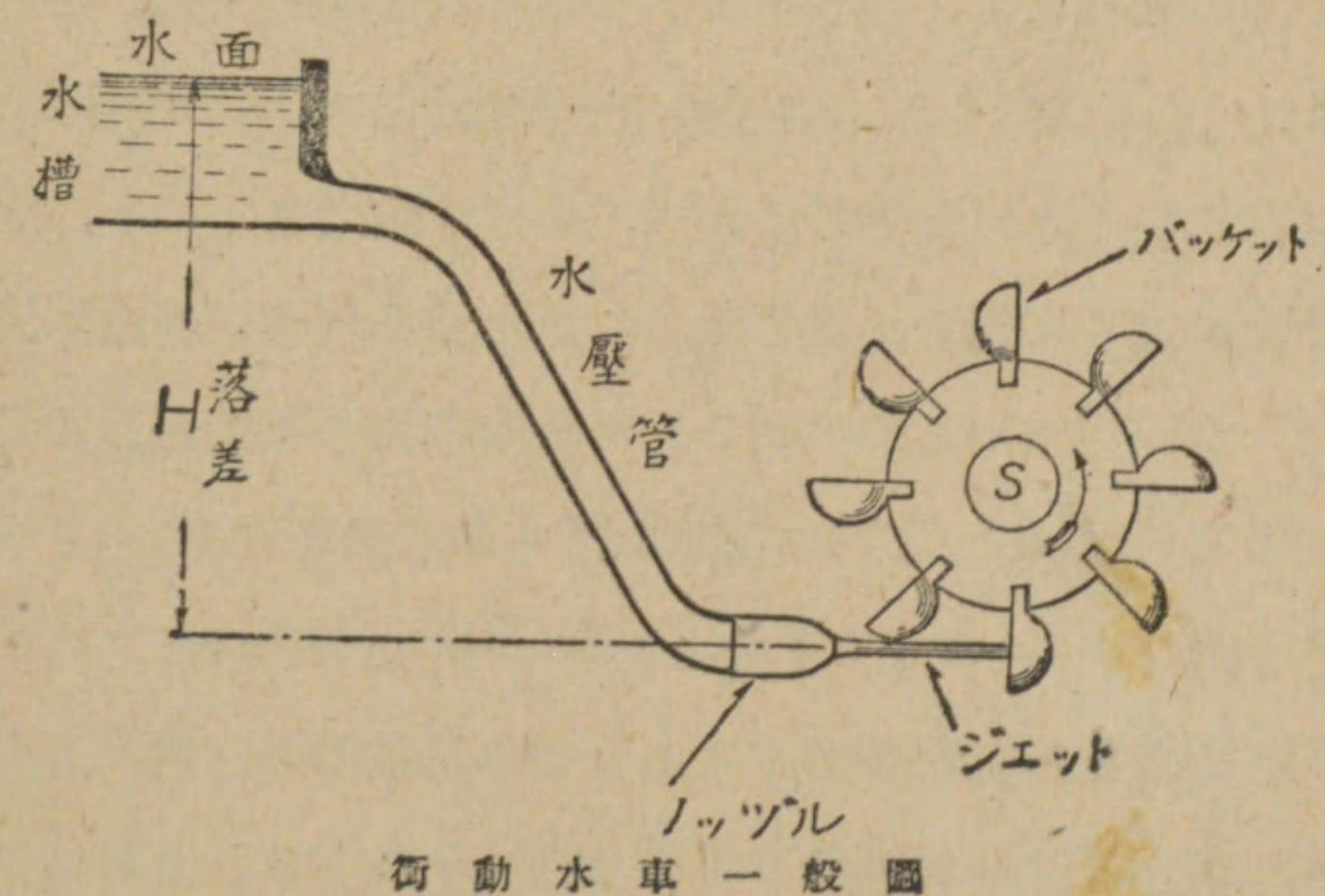
即ち甲水車の出力は乙水車の2倍である。

第八章 衝動水車

49. 衝動水車 前章第47節に於て述べた水車は、水圧管の下端から盛んな勢で噴出する水を、水車の周りに取り付けたバケットに衝突させ、水の衝突する力に依つて水車を廻轉さすのである。か様に水の衝動によつて動く水車はしょうどうすいしゃ衝動水車と云はれる。ペルトンと云ふ人が案出したものであるから、俗にペルトン水車と呼ばれる。此の型の水車は水の噴出の勢が強い程都合がよいから、多く高落差の所に用ゐられる。

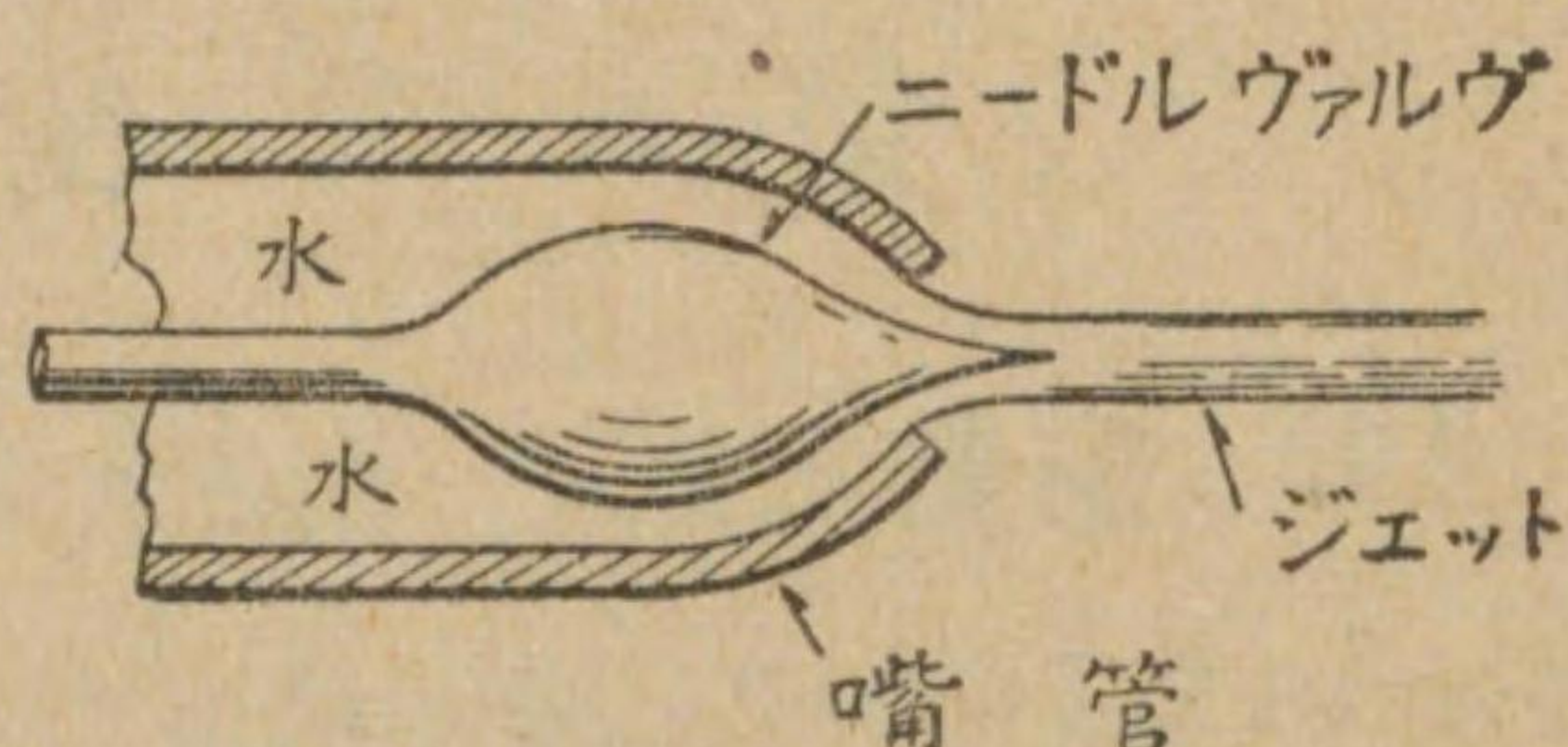
50. 衝動水車のはたらき 第60圖は衝動水車のはたらきを示す略圖である。圓板及其周りに取附けたるバケットは

第 60 圖



鐵製である。水は水壓管先端の口から丁度ガラスの棒の様になつて眞直に噴出して、バケットに衝突する。この棒状の噴水をジェットと云ひ、水壓管の先のジェットの噴出する部分をしくわん嘴管（ノズル）と稱する（第 61 圖）。一つのバケットにジェットが衝突して水車が廻ると、其次のバケットが来て之れにジェットが當り、か様にして順々に次のバケットにジェットが衝突して、水車が廻轉する。第 60 圖で S は軸即ちシャフトである。

第 61 圖



嘴管と針狀瓣（ニードルヴァルヴ）の圖

51. 嘴管と針狀瓣

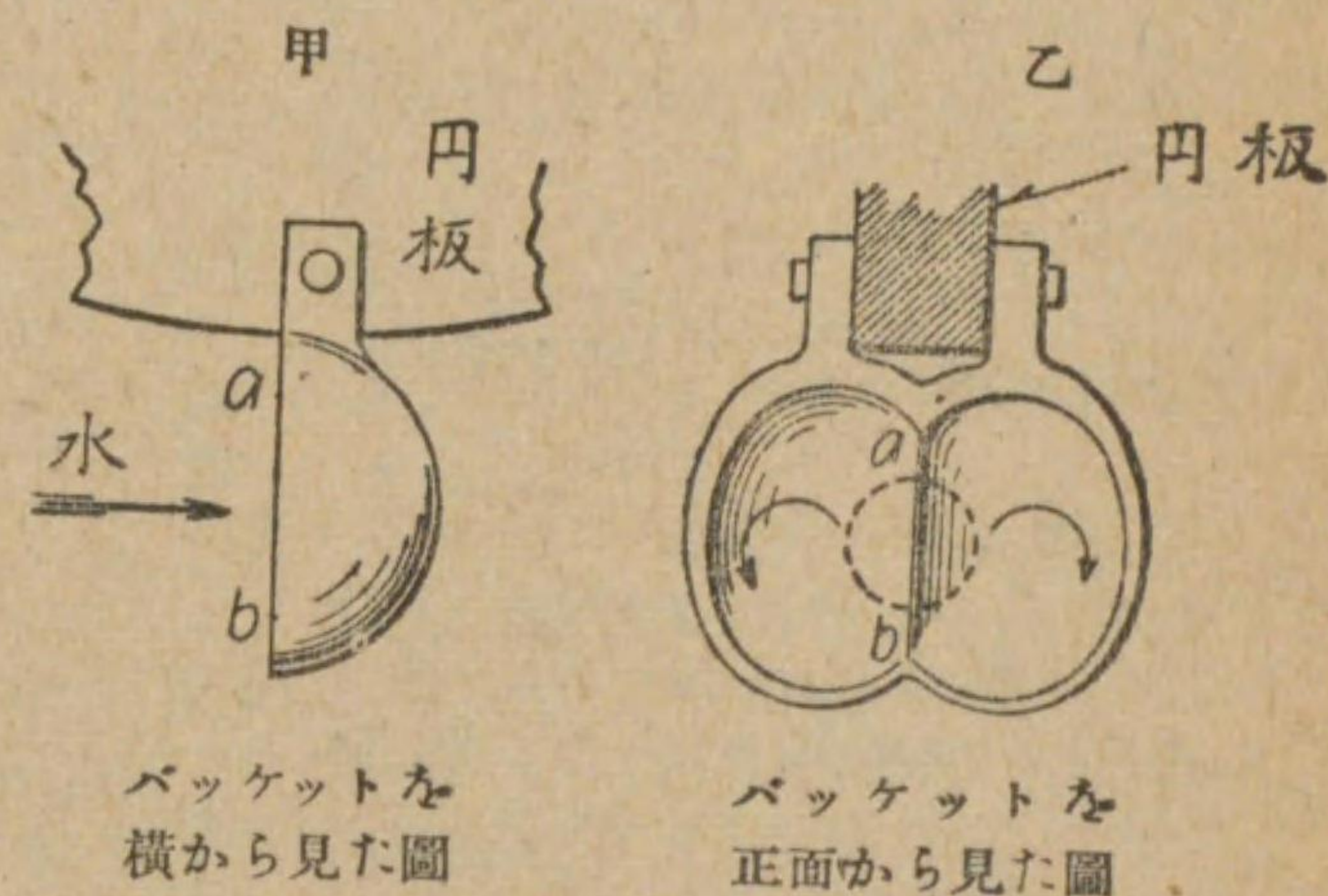
嘴管は鑄鋼即ち鋼鐵を鑄て造つたもので第 61 圖の如く嘴管の中央にどんぐり状のものがあつて、嘴管の心棒の様になつて動き得る。これを針狀瓣と云ふ。これが前方（圖では右）に動くと、嘴管の口が狭められて噴水の量が減る。極端に前進すると口が閉ぢるから、水は全然出なくなり、水車は停止する。之と反對に、瓣を後ろに退かせる程嘴管の口が廣くなるから、水が澤山出るのである。何故瓣の先きを尖らして針狀にしてあるかと云ふと、之れは噴水が滑らかに流れジェットを丸い棒状にする爲である。さうでないとなつてジェットの先が開いてからバケットに衝きあたるから勢が弱くなる。この針狀瓣の運動は人の手でも出来るが、平生は自動的出来る様になつてゐる。これは後に詳

しく述べよう。針狀瓣は英語でニードルヴァルヴと云ふ。

52. バケット

これは丁度くるみの實を半分に割つた形で中央にしきりがある。第 62 圖の ab がしきりでナイフの刃の様に鋭くなつてゐる。

第 62 圖



その兩わきの内部は凹んで居るから、噴水が刃の中央にあつて半分宛に分れて流れる。さうして矢印の如く内部に流れて遂にふちから外に出で去る。水がバケットの中を流れて出る迄の間に水車に機械的の勢力を與へるのである。

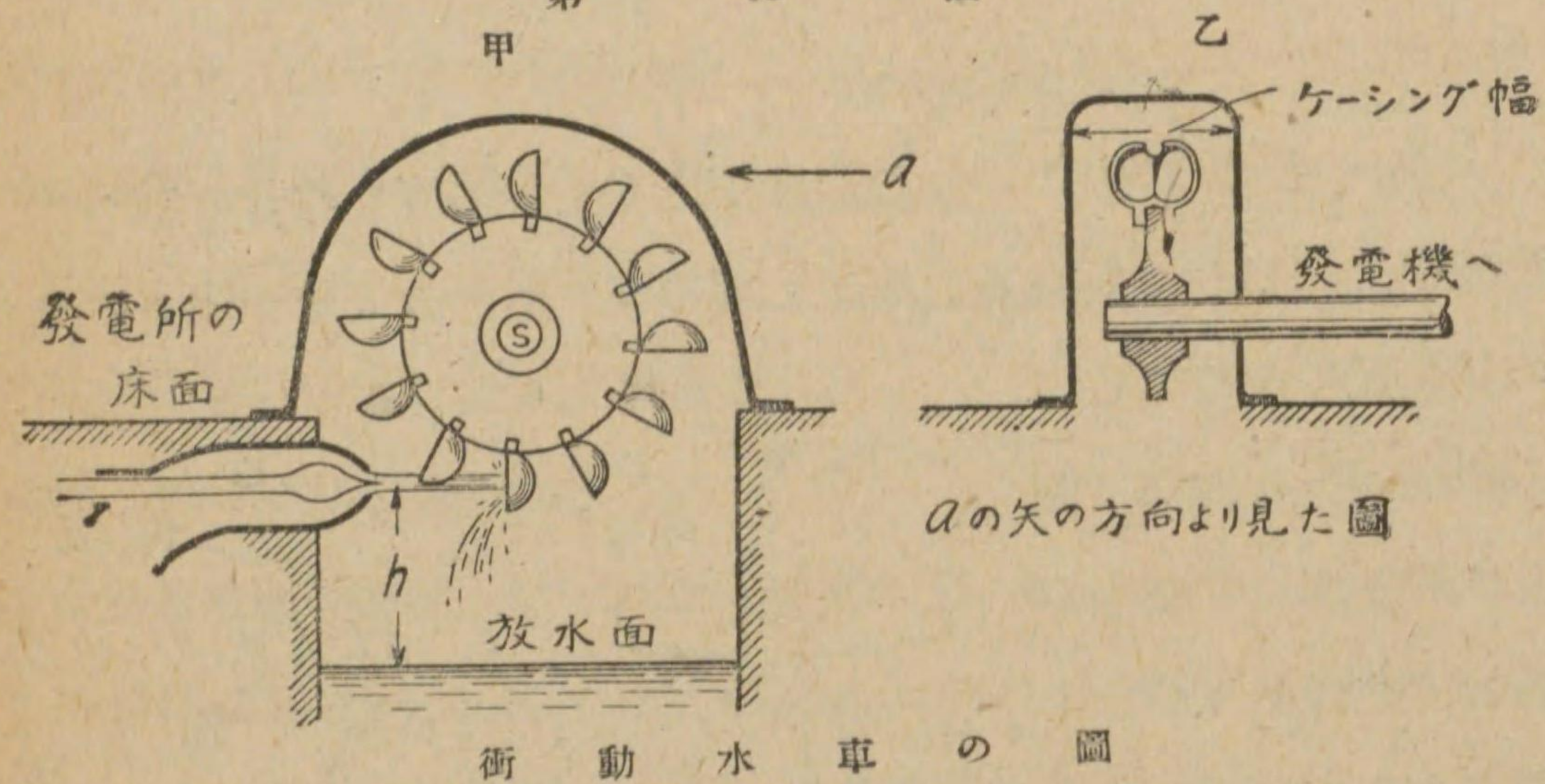
53. 外被

これは水車の外にある覆ひの事でケーシングと云ふ。水車を廻した水は水車と共に廻轉し遠心力でまはりに飛び散るのを防ぐ爲に次頁の第 63 圖の様な覆ひが必要である。これは極く薄いものでよい。

54. バケット内の水の運動

バケットを上から見ると第 64 圖乙の通りで、噴水は中央の縁で半分に分れ、各バケットの内面に沿ふて流れ、最後に AB の端から飛び出してしまふ

第 63 圖

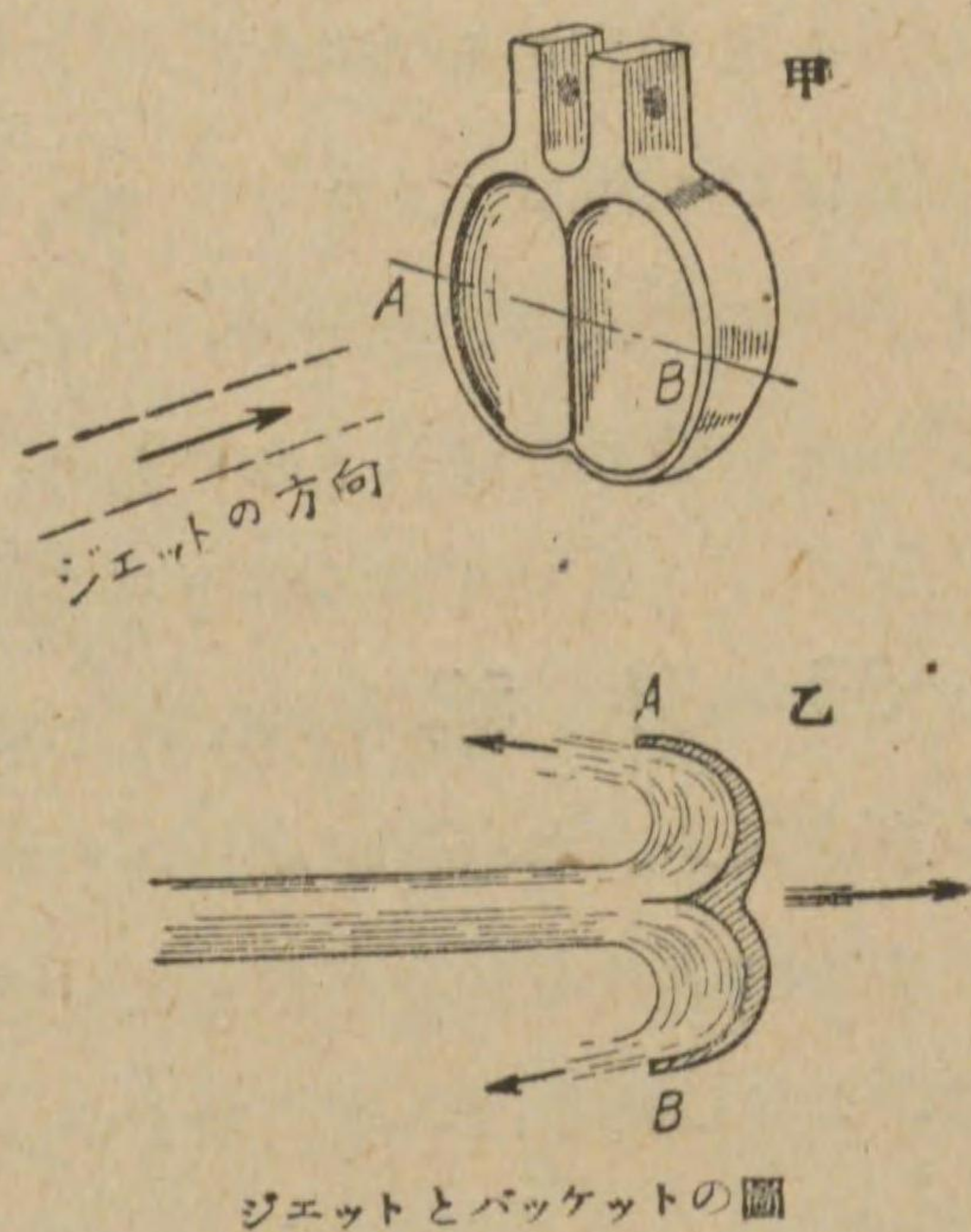


衝動水車の圖

のである。バケットの内面は滑らかな程水の摩擦が少く、能率がよいのである。バケットの内面があまり小さいと、水が圓滑に流れにくく混亂するから、水車の力が減ずる事になる。それかと云つてバケットをあまり大にすると、今度は水の通る長さが増すから、それによる摩擦の損失が大となり又水車の力が減ずる。だからジェットの徑に對しバケットの適當の大きさが必要である。ジェットの直徑は馬力の大きい程大きい。

55. 衝動水車の水の調整 今 Q 丈けの噴水を出し

第 64 圖



ジェットとバケットの圖

て水車が廻り、發電機がある電力を發生して居つたとする。今急に發電機から電力が發生しなくなつたとすると、水の勢力は依然として其電力に對する勢を持つてゐるから水車が空轉し、廻轉數が上昇して危険な状態に近づく。ところが噴水をごく少量にしてやれば勢力が少くなるから水車は規定の廻轉數を持続することが出来る。今又 100 キロワットの電力を發生して居るとする時、負荷が 50 キロワットになると、水量も 100 キロワットの大約半分としてやればよいのである。此の場合には 100 キロワットの時嘴管の口が一杯に開いて居つたとすると、50 キロワットの時には嘴管から出る噴水の斷面積は大約 $\frac{1}{2}$ 位になつて居ればよい事は明かである。さうしてかくの如き水量の調整は針狀瓣の運動によつて出来るのである。

56. 衝動水車の能率 一體管の中を水が通るときに

はその内面の摩擦の爲めに勢力を減少するのである。だから水壓管の中を水が流れる時にはそれ丈け既に勢力を減じて來るのである。この分量は、どの位かと云ふに、落差が 100 m ならば、3 乃至 5 m を減ずる。即ち 100 キロワットの勢力は 97 乃至 95 キロワットになつてしまふ。この事は水壓管内の摩擦損失と云ふて大切なことである。しかし、これは水車とは別途に論じられるのが常であつて、水車の入口に於ける水の持つてゐる勢力即ち水壓管内の摩擦損失を除いた勢力を水車の入力とする。

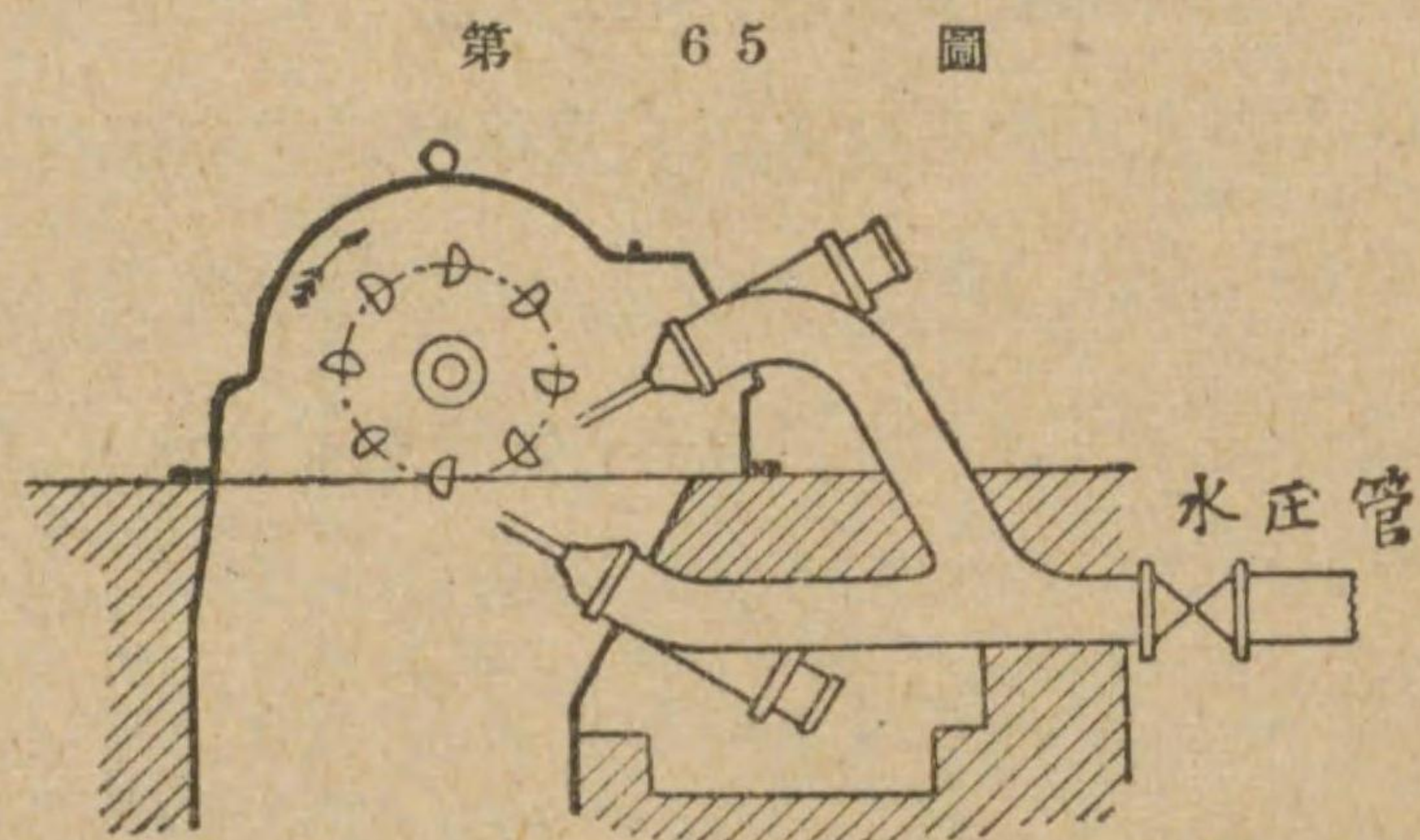
衝動水車の損失を順に述べると、嘴管の出口でその摩擦の爲めに僅かの損失がある。次にジェットがバケットにあたると、その中の摩擦等の爲めに幾分の損失が起る。これ等の損失を入力から差引いたものが機械

的出力となり、尙これから軸承の摩擦などの爲に失はれる幾分の機械的損失を差引いたものが、正味の水車出力となつて

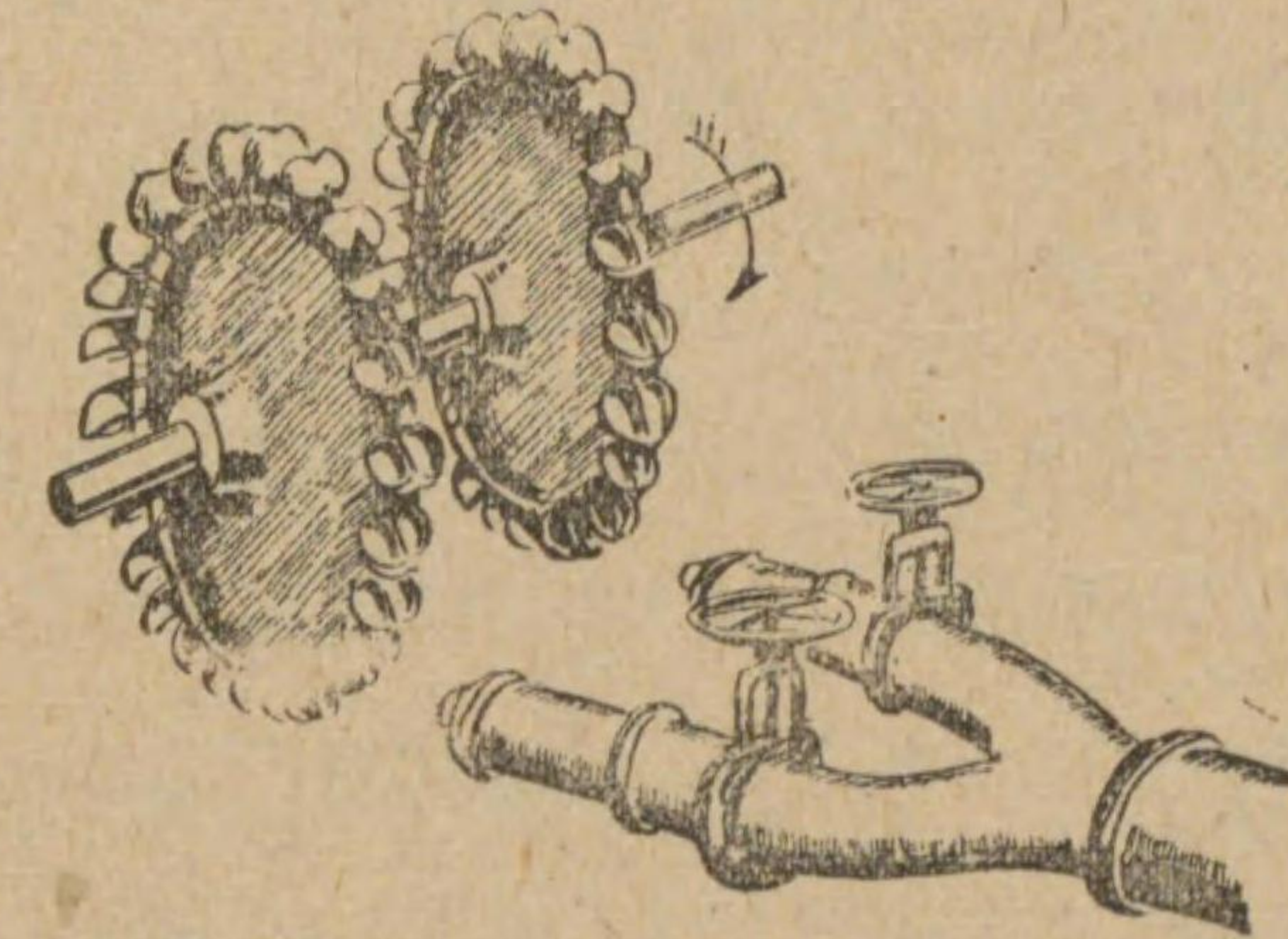
發電機に與へられる。さうして、此の正味の出力と前に述べた水車入力との比が水車の能率である。

衝動水車の能率は通常小形の水車では 70% 乃至 75% 位のものであるが、新式の大形の水車では 85% 以上 90% にも近いものがある。

57. 衝動水車の型 今迄のべたのは、一つの車に一つのジェットがあたる場合である。これをたんしくわんたんしゃ単嘴管單車衝動水車と云つて標準のもので能率が一番よい。第 65 圖と第 66 圖の様に變つたものがある。第 65 圖のは一つの車に二本のジェットがあたるから一つのジェットの二倍の力が出るのである。第 66 圖のは一つの軸に二つの車があつて、其一つの車に一本のジェットがあたる。だ



第 66 圖



から全體から云ふとやはり二つの車で、一つの二倍の出力がある事になる。

58. 衝動水車の用途 前にも述べた通りで高落差程噴水の勢力が大きいから、落差 300 m 以上は絶對的に此の水車の勢力範圍である。今迄は 200 m 位でも衝動水車がよく用ゐられて居つたが、近來反動水車の製作が進歩し、275 m (900 尺) 位迄のものも出來て來た。日本第一の高落差たる四國の別子銅山の 560 m (1850 尺) とか、世界第一の瑞西フーリー發電所の 1650 m (5412 尺) の如きは勿論衝動水車である。

只困る事は川に洪水が起ると、嘴管の近く迄下水面があがつて來る。若しジェットが水に接したら、それこそ力は少しも出なくなるから、常に洪水面を考へてそれより上に嘴管を置く必要がある。従つて平生は嘴管から下の落差は全然利用出來ない事になる。

59. 衝動水車の運轉上の注意 嘴管の口は狭いものだから、樹の枝や草の根などが一寸でも引かかると、ジェットの形が悪くなって、水勢が弱くなる。木の葉などは一枚一枚なら何でも無いが、落ち葉の多數がかたまつて来てその口につまる事もある。然しこれは只取除きさへすればよいのだが、若し水の中に粗い砂だの小石が流れて来たら、噴水の勢は非常に早いものだから、針狀瓣やバケットを損傷してしまふ。水槽から水壓管の入口には普通 2 cm 位の隙のある塵除けの格子があつて、番人がたえず熊手でゴミを取除いて居る。然し小さい樹枝や小石は何かの拍子に這入るのは避くべからざる事であるが、出来る丈これを防止しなくてはならない。それかと云つて格子の隙をもつと狭くすると、木の葉がそこにつまつて肝心の水が這入らなくなるから、その手加減が必要である。

要するに衝動水車は實に簡單で取扱ひも樂だが、後に述べる反動水車はこれと比較にならぬ程複雑して、其の理論も極めてむづかしいから大體丈を述べるに止めよう。

練習問題 VIII

1. 衝動水車はどうして動くか。
2. 針狀瓣を動かすのは何の爲めか。
3. バケットの中にしきりがあるのは如何なる利益があるのか。

4. 洪水の時此水車にどんな影響があるか。
5. 水壓管の上部の入口にある塵除け金物の隙間は多い方がよいか少ない方がよいか。
6. 水壓管内の摩擦損失とはどう云ふ事か。
7. 水壓管内の摩擦損失と水車の能率とは密接の関係があるものかどうか。
8. 或る水車のジェットの徑 10 cm で、その噴出する速度が毎秒 100 m とする。水壓管の直徑は 1 m で水車は單嘴管のもの一臺が一本の水壓管に連結する。この水壓管中の水の流速は何程か。

【解答】

2. 負荷の變化に應じて水量を調整する爲めである。水車の運轉開始と運轉停止には勿論之を用ゐる。
3. ジェットを二分し水の流れが滑らかにバケットの中を通り有效な力を出させる爲めである。若し中央のしきりが無いと水がそこにたまつて渦流などの爲め著しく勢力を失ふのである。
4. 洪水の際若し嘴管の口迄下水面の水が来ると水車は運轉出来なくなるから、如何なる洪水の時でもそこ迄は川の水面が昇らぬ所の位置に嘴管を置くべきである。だから洪水面がそこ迄来ぬ場合には、水車の出力には何の影響もない。
5. 隙があまり大きいと木の枝や草の根が嘴管の口につまることがあつて水勢をそぐ、又小石の様なものが入ると非常な速度でバケットにあたるからそれを傷める。反對にあまり狭くすると、

落葉などが隙間につまつて規定の水量が水壓管に入らなくなつたり、水が入り難い爲めに落差が減つたりして悪い影響を來す。

6. 水壓管がガラスの様に全く摩擦の無いものとするとき水は管の内部の壁の摩擦の影響を受けない。だから下の管の口から出る水の流速は $\sqrt{2gH} = \sqrt{2g \times (\text{總落差})}$ の値で出るから非常に速いのであるべきに、実際はもつと遅いものである。これは滑らかな鐵管でも中々摩擦のあるもので、それに打ち勝つて水が通る爲めに勢力が失はれる。たとへば總落差が 100 m でもこの摩擦の爲め 5 m 位失はれ 95 m 丈けが有効に水車に働くのである。だから前式の H が總落差でなく有効落差となるから水の噴出速度 = $\sqrt{2g \times (95)}$ となるのである。

7. ほとんど直接関係がない。何故かと云ふに水車の入力即ち理論キロワットなるものは、摩擦損失が増すと減じてしまふが、水車の出力はそれに應じて減るので、其比はほとんど變らない。

$$8. \text{ ジェットの斷面積} = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{10}{100}\right)^2 = \frac{0.7854}{100} \text{ 平方メートル}$$

故に噴出する

$$\text{水量} = 100 \times \left(\frac{0.7854}{100}\right) = 0.7854 \text{ 立方メートル/毎秒}$$

然るに水壓管の斷面積 = $0.7854 \times 1^2 = 0.7854$ 平方メートル

$$\therefore \text{水壓管内の水の速度} = \frac{\text{水量}}{\text{斷面積}} = \frac{0.7854}{0.7854} = 1 \text{ メートル/毎秒}$$

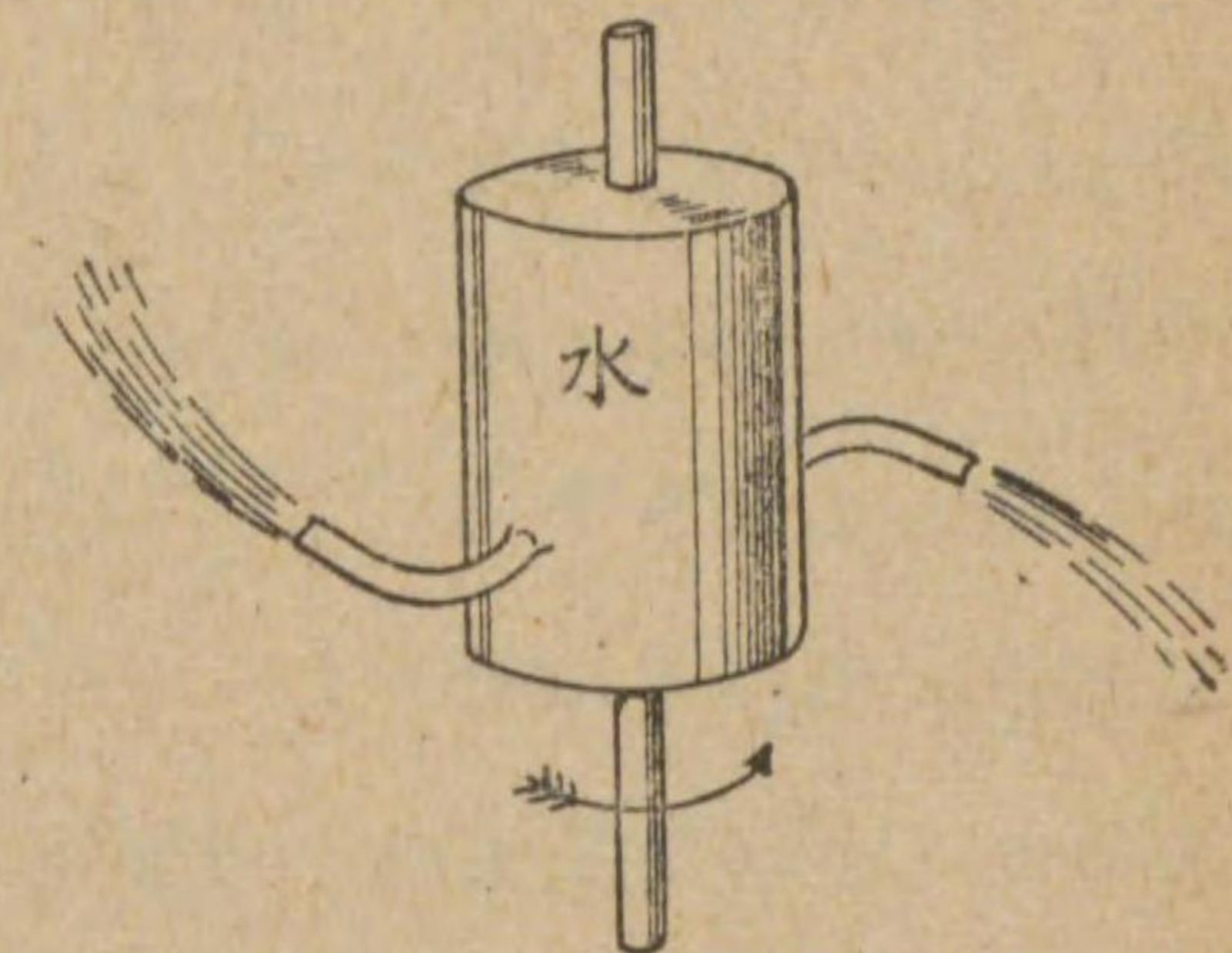
普通水は連続して流れるのであるからこの通りになる。

第九章 反動水車

60. 反動水車の概念

第 67 圖の様な玩具が昔からあつた。それは圓筒形の容器に水を入れると、その出口はほぼしり出る水の方向と反對方向に動くため矢印の様に容器が廻る。これは小舟に乗つた人が岸をおすとその方向と反對に舟が動くのと同理である。

第 67 圖

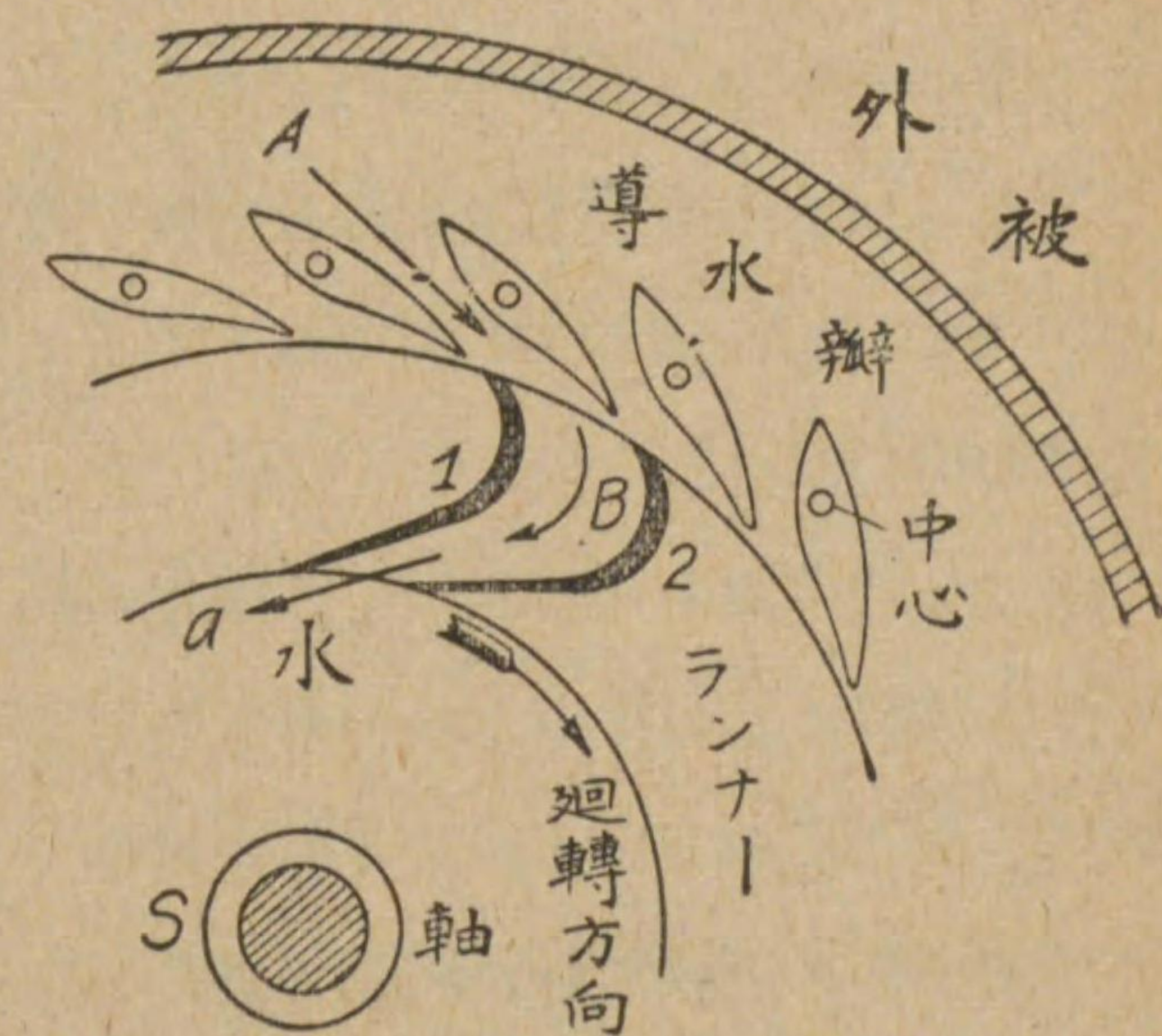


玩具の反動水車

今第 68 圖の様に水車のまはりに 1, 2, の様な澤山な羽根があるとす。水は外側の A の方から流れ込む。B の矢の様に進むのだがその羽根の先が割合せまいので流速が甚早い。だから丁度第 67 圖の理で水は a の方向

に出るから羽根は反動力で a と反對方向に動かうとする。然し 1, 2

第 68 圖



導水被とランナーの關係圖

等の羽根はSと云ふ水車の軸に固定してゐるから、矢印の様に廻轉するのである。この羽根は澤山あるから、各の部分で此の様な働を爲し、それが合して大きな力で水車を廻はすので

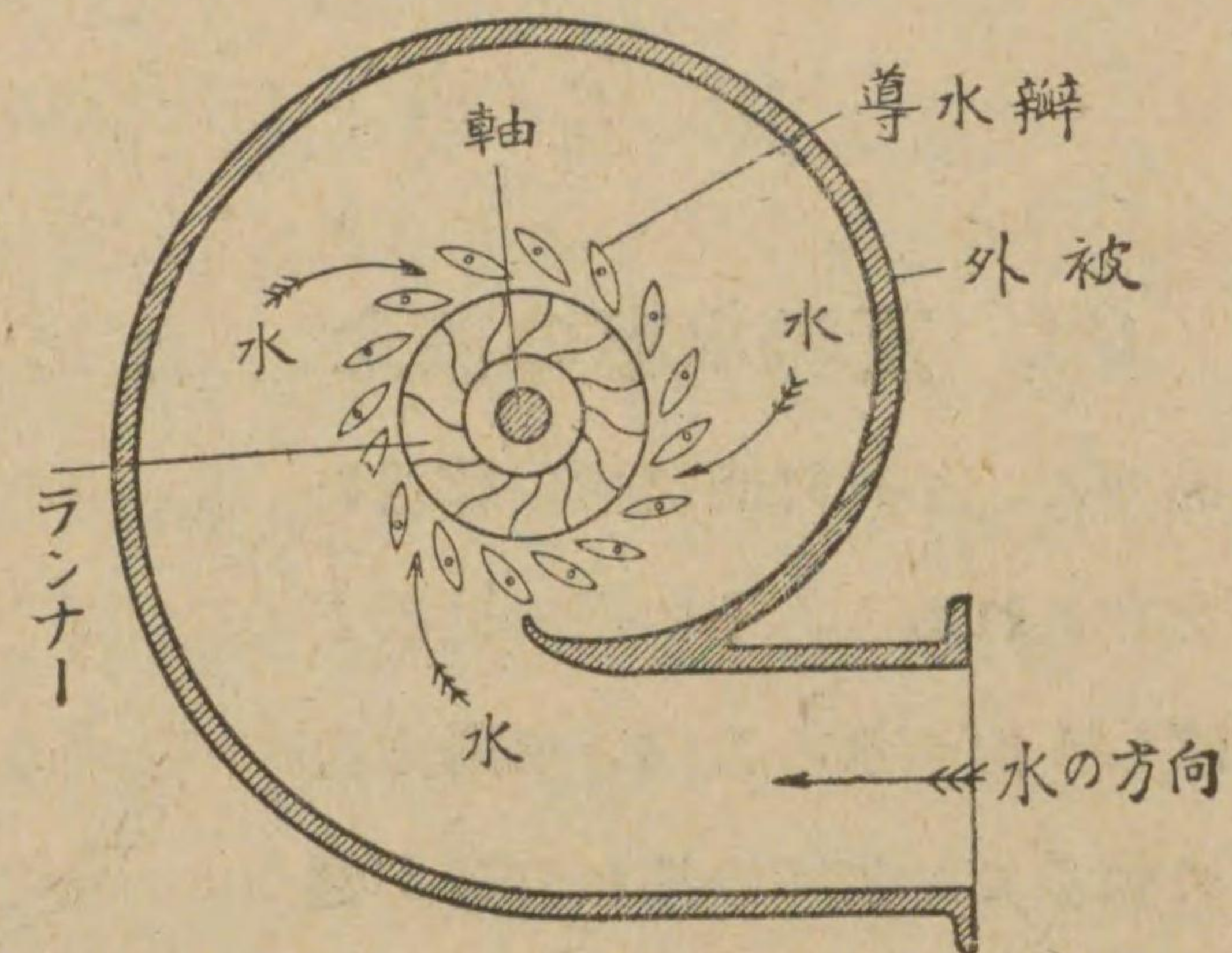
ある。この廻はるものをランナーと云ひ、第 68 圖の魚のヒレの様な水を導くものを導水瓣どうすゐべん（ガイドヴェーン）と云ふ。

水は導水瓣のまはりから外被ケーシング（ケーシング）迄一杯満ちて居る。それからランナーを出た水は吸出管きょしゅつくわん（ドラフトチューブ）を通つて、下の水の中に落下するのである。

だから反動水車の主要部分かたつわりは外被、導水瓣、ランナー、吸出管の四つで其略圖は第 69 圖の通りである。但し圖には吸出管は示してない。

水は矢印の如く入り來つて、蝸牛のからの様な外被の内面を滑らかに流れ、そして導水瓣の中を通つてランナーに入り込んで之を廻はすのである。水は段々導水瓣に入つてしまふから、終の方では僅かしか流れない。だから終の方程通路を狭くしてある。

第 69 圖



反動水車一般圖

61. 導水瓣の材料 導水瓣は流れ入る水を、止めたり通したりするから、勢ひ丈夫なものでなければならない。そこで鋼鐵を鑄た鑄鋼で作る事が普通である。

62. ランナーの材料 落差が低かつたり小形のものには鑄鐵製があるが、落差が高くなつたり大形のものとなると丈夫でなければならないから鑄鋼製が普通である。川の上流に硫黄性の温泉のある所には、自然其川の水が酸性を帯びてくるから、水車の内部は犯され腐蝕するのである。そしてランナーの傷み方が最も甚しいので、ある所では砲金で作つて腐蝕されるのを幾分なりともさける様にしたのもあるが、然し全くこの作用を免れると云ふ事は出来ない。

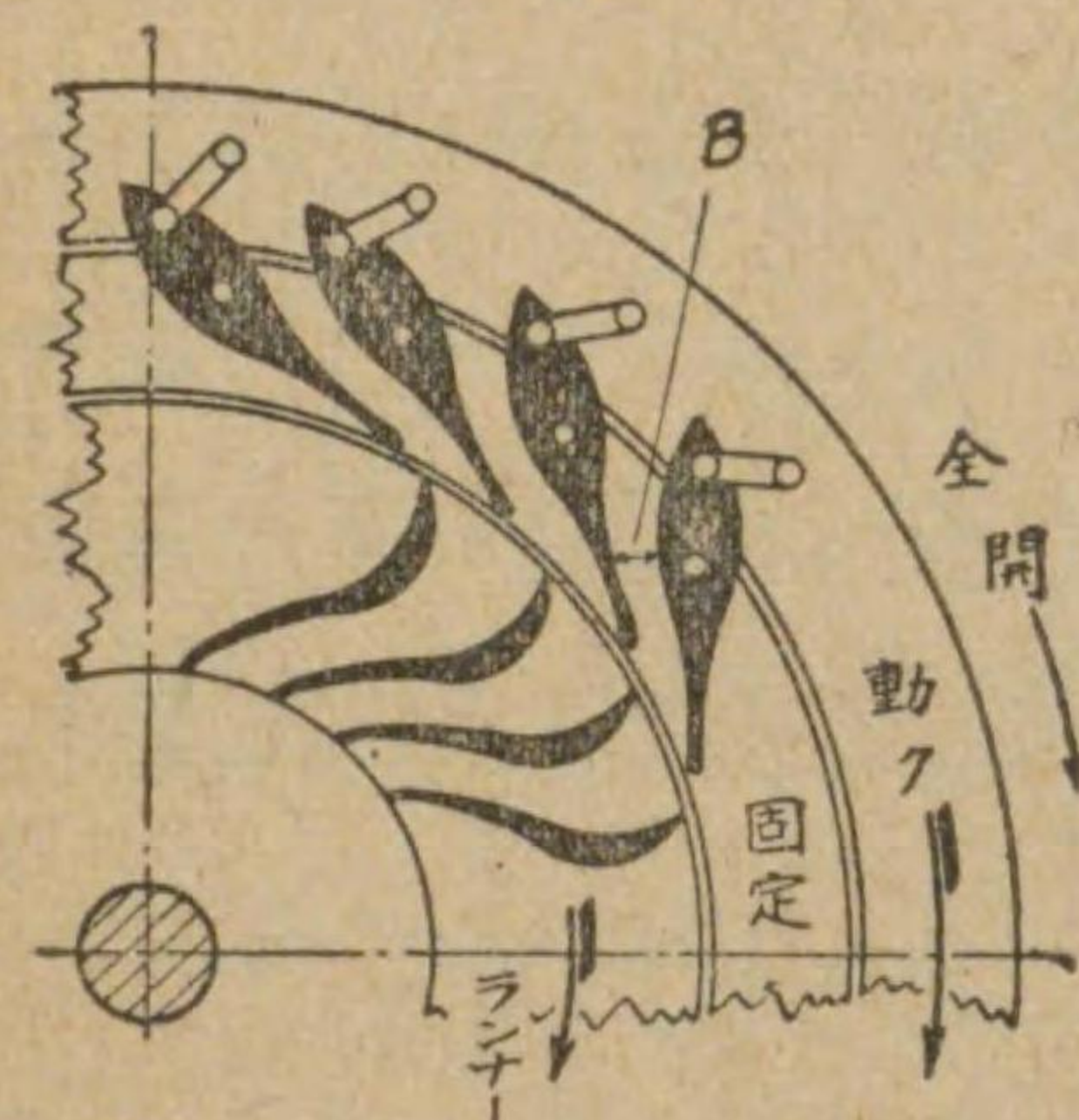
63. ケーシングの材料 前に書いた蝸牛のからの様な外被の水車を渦巻型水車うずまきがたと云ふ。高落差の渦巻型水車では、ケーシングは鑄鐵又は鑄鋼で作る。鑄物は熔けた鐵をある型の中に流し込んであるから、若し熔けた鐵がまんべんなく行き渡らない時には、そこが空虛になる、之を巢すくもが出来ると云ふ。こんなものが出来るとその部分は甚弱くなつてゐるから、運轉中に破裂して水を吹き出したり、大損害を來す事が無いでもない。それだから、製造する時は入念にする事は勿論である。又ケーシングを運搬する時に、下に落したり物に觸れたりして、眼に見えぬ程の龜裂が出来

る事がある。これが前記の故障の原因になる事がある。

この様なわけで、低落差で大形のものとなると、ケーシングは鑄物で作る代りに、軟鋼板を澤山集め、これを銑て接続する(リベットする)事が安全である。

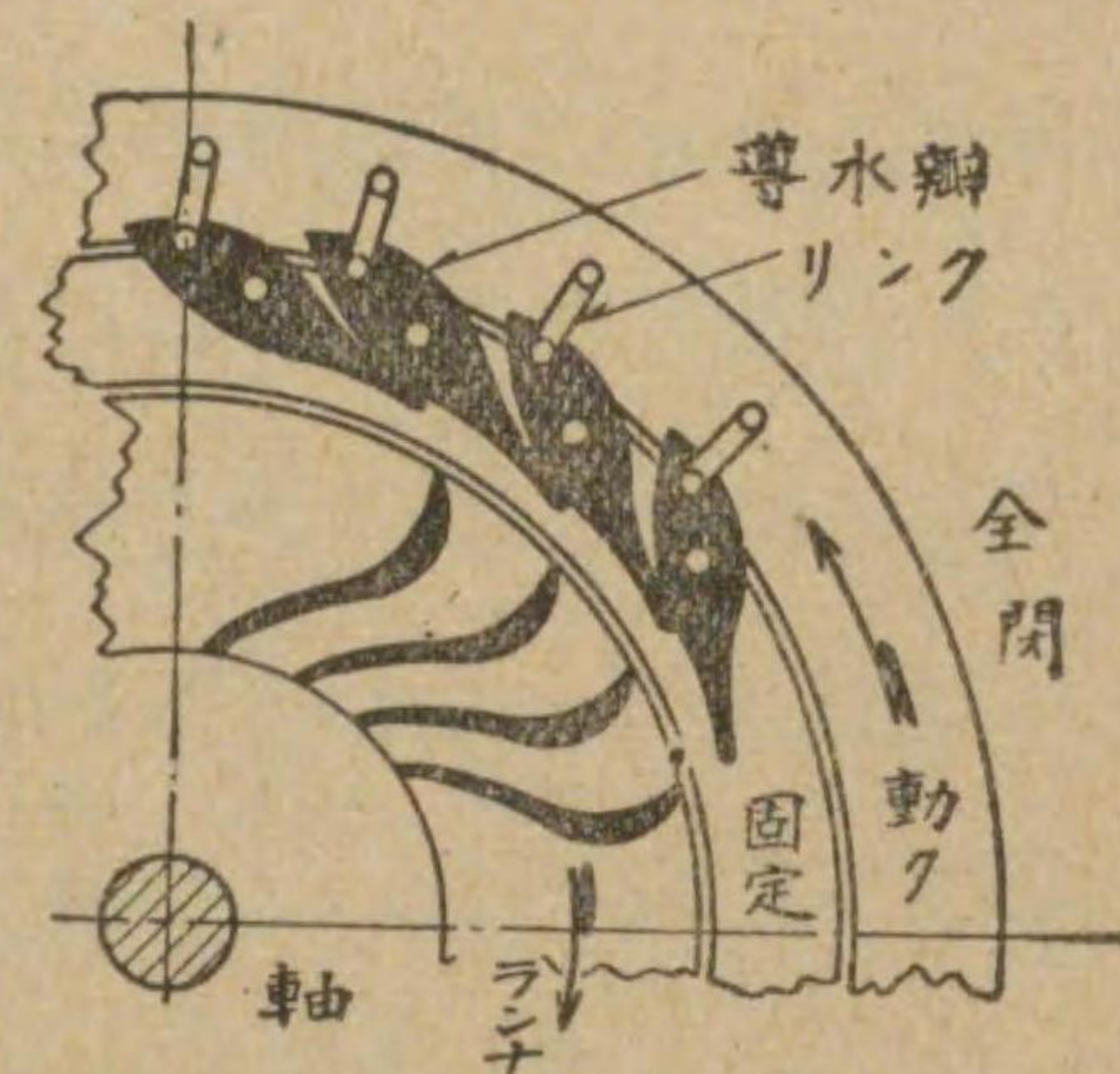
64. 導水瓣の開き 第70圖にある通り導水瓣は中央

第70圖



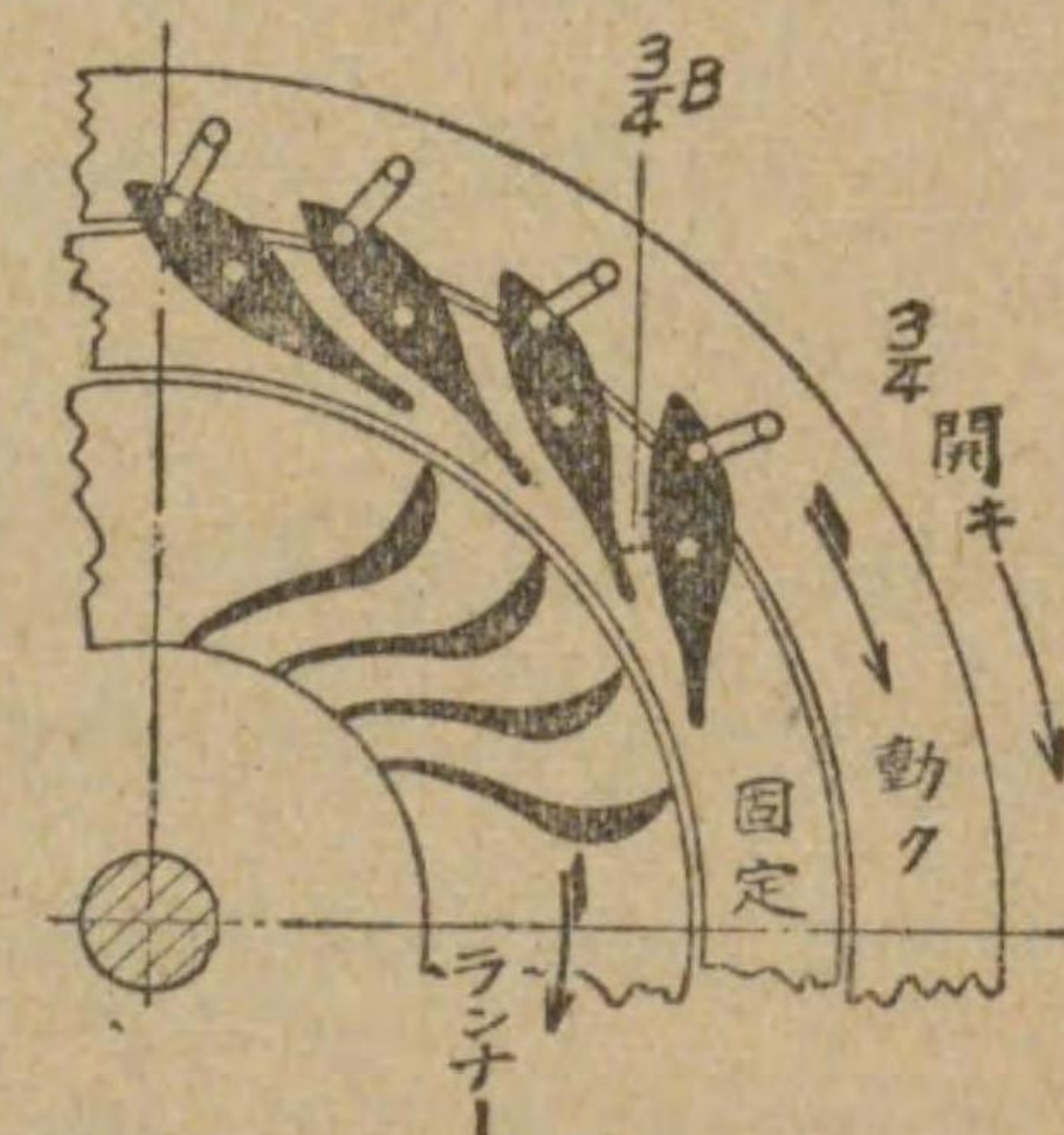
導水瓣全開

第71圖



導水瓣全閉

第72圖



導水瓣 3/4開キ

の心棒を中心として動く。此圖は導水瓣が一杯開いて各の隙間が B の長さになつた時を示して居る。水は此の隙間しか通らないのである。第71圖は導水瓣が互に隙間を閉ぢた時を示して、導水瓣の頭にリンクと云ふ棒が結合される。リンクの他端は外部の動く輪に結合される。導水瓣の心棒はラン

ナーのまはりにある固定輪にしつかり止められてる。第70圖の様に導水瓣が一杯開いた時を全開と云ふ。第72圖の様に隙間が B の 3/4 になる様にするのを規定の開きとし、これを四分の三開きと云ふのである。導水瓣を 3/4 開きにした時規定の水の流量が通る様に定めて置き、此の時に直結發電機が規定の出力を出せる様にしてある。それだから、若し導水瓣を一杯開くと規定出力に對するよりももつと餘分の水が通るから、出力は増大し過負荷(オーバーロード)となる。

65. 反動水車の能率 負荷の大小に應じて、導水瓣

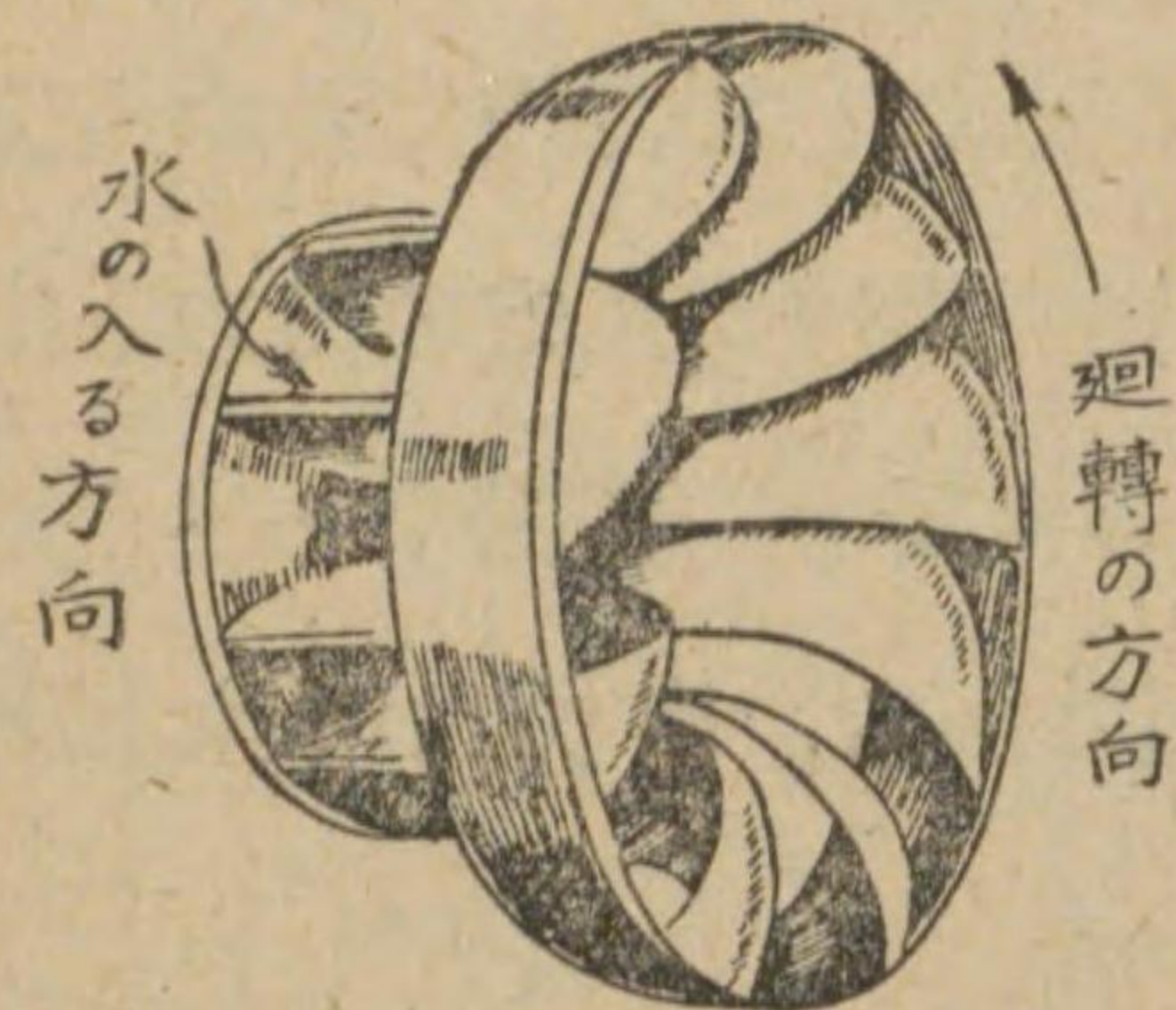
が自動的に水を加減するのである(この事は後に詳しく述べる)。規定出力、即ち規定の水量の時に導水瓣から出る水の方向とランナーの羽根の方向を一致させ丁度水が滑らかに入り込む様に作つてある。だから 3/4 より餘分に開いても、又 3/4 より少く開いても、水の通り方が違つて仕舞ふ。水がランナーの羽根の面に沿はないと、必ずそこに渦卷の様な悪い作用が起つて當然勢力を損失する。だから 3/4 開きの時が能率が一番よくて、全開の時でも、3/4 より狭くした部分負荷の時でも、能率が低くなる。この低くなるのが衝動水車よりも甚しいのである。

66. ランナーの種類 反動水車のランナーは、其の

落差と水量とに依つて、大體次の三つの型の内、何れかが用ひら

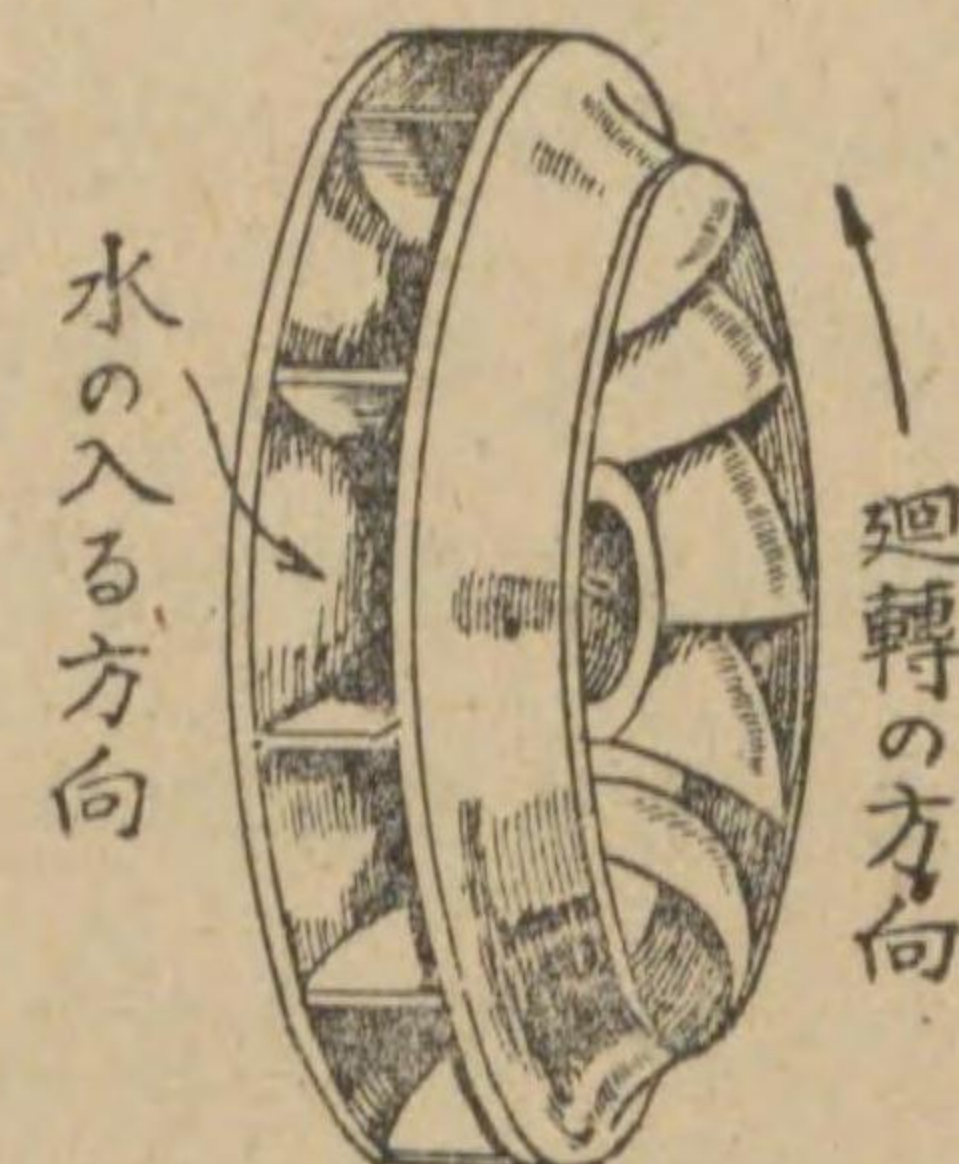
れる。落差が低く、水量の多い時には、勢ひランナー内の水の通路を広くするを要するから、軸方向の幅の大きい、出口の擴がつ

第 73 圖



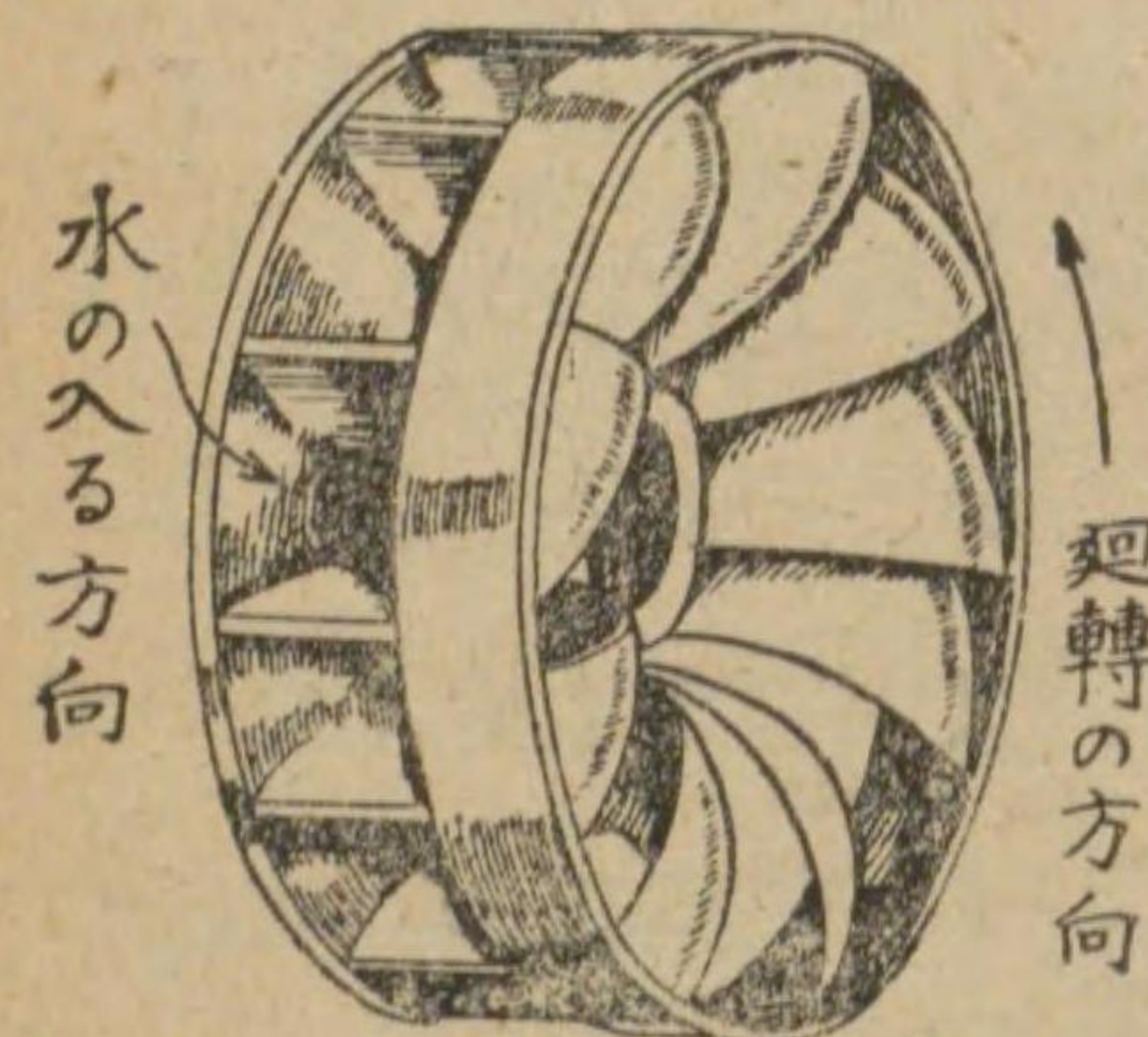
高速ランナー (車)

第 74 圖



低速ランナー (車)

第 75 圖



中速ランナー (車)

た第 73 圖の型が用ひられる。落差が高く水量の少い時には水の通路は狭くてよいから、第 74 圖の型が用ひられる。落差及水量が中程度るときには、中間の第 75 圖の型が用ひられる。

反動水車のランナーの形は複雑し

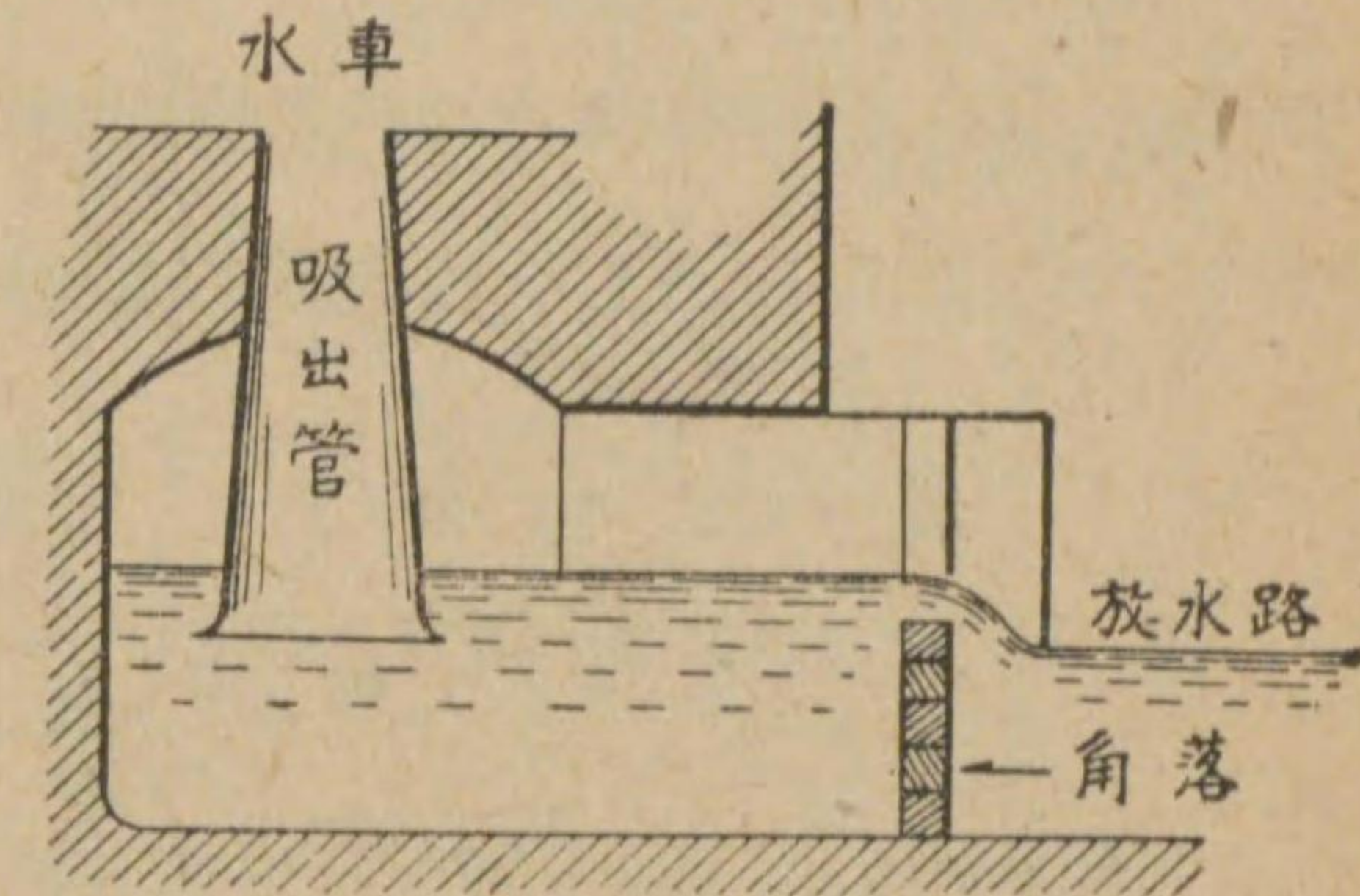
てゐるから、普通の寫真だけでは之れを了解することは困難であるが、要するに横からはいつて開いた方に出る。之れに就て充分に研究されたい。

67. 吸出管

ランナーから出た水は吸出管と云ふ一つの管の中を通つて降下する。第 76 圖の如く管の下端は常に水中

に $\frac{1}{2}$ 米位は没して居る様にしてある。水を満たした管を鉛直に立て閉ぢた方を上部とし、開いた方を水中に入れて置くと閉ぢた部分の水壓は大氣壓より低い。

第 76 圖



吸出管と放水面の関係

吸出管の上部は丁度この状態に近くなつてゐる。ランナーは大氣壓に反抗して動くよりも大氣壓以下の壓力の處で動く方が動き易い、これが吸出管の效能である。そして此の吸出管の高さは大抵 8 米より以下にしてある。だから水車の中心線から下の放水面迄の高さがやはり有効に利用されるのでこれが有効落差に加はるのである。

68. 吸出管の構造と材料

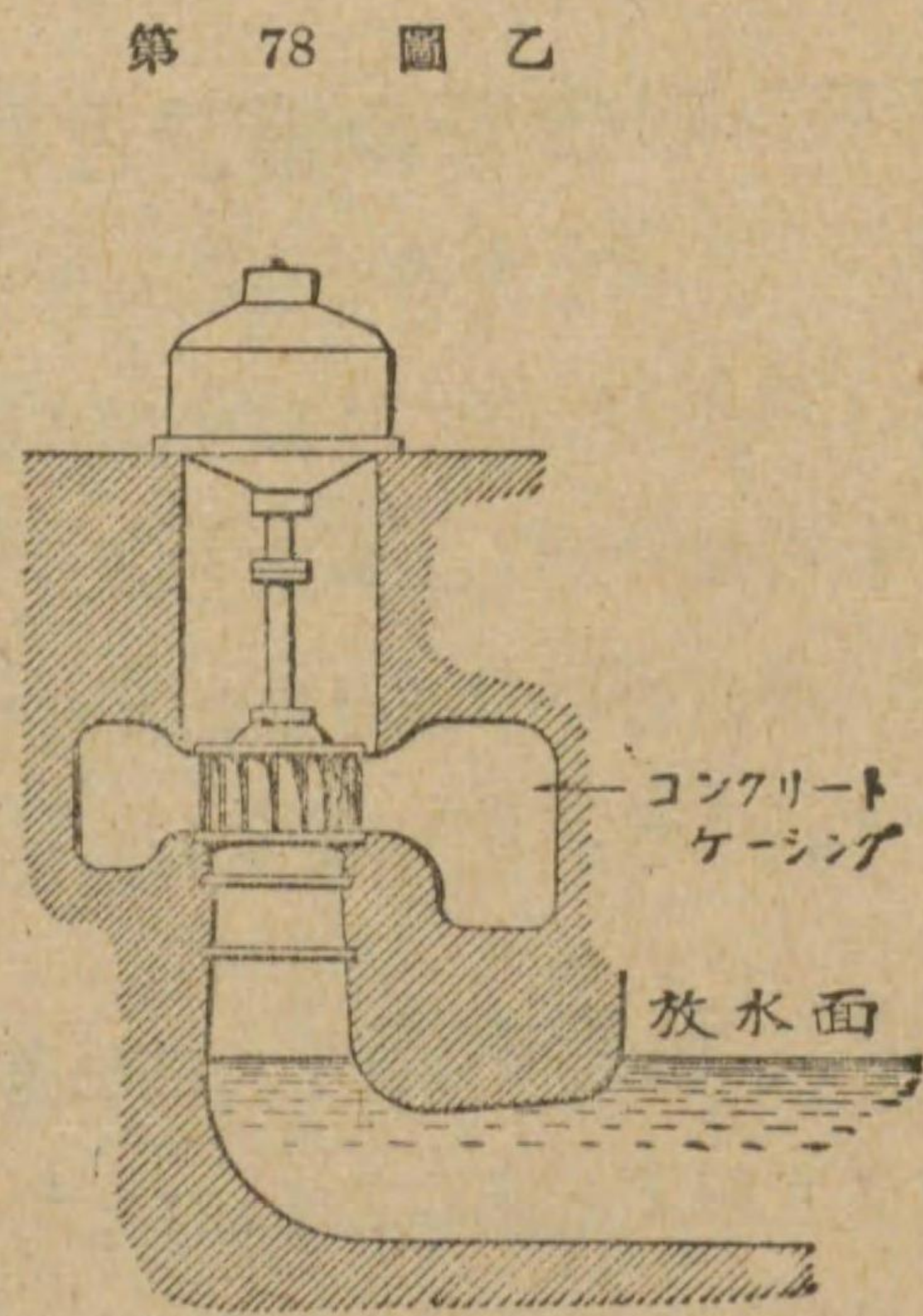
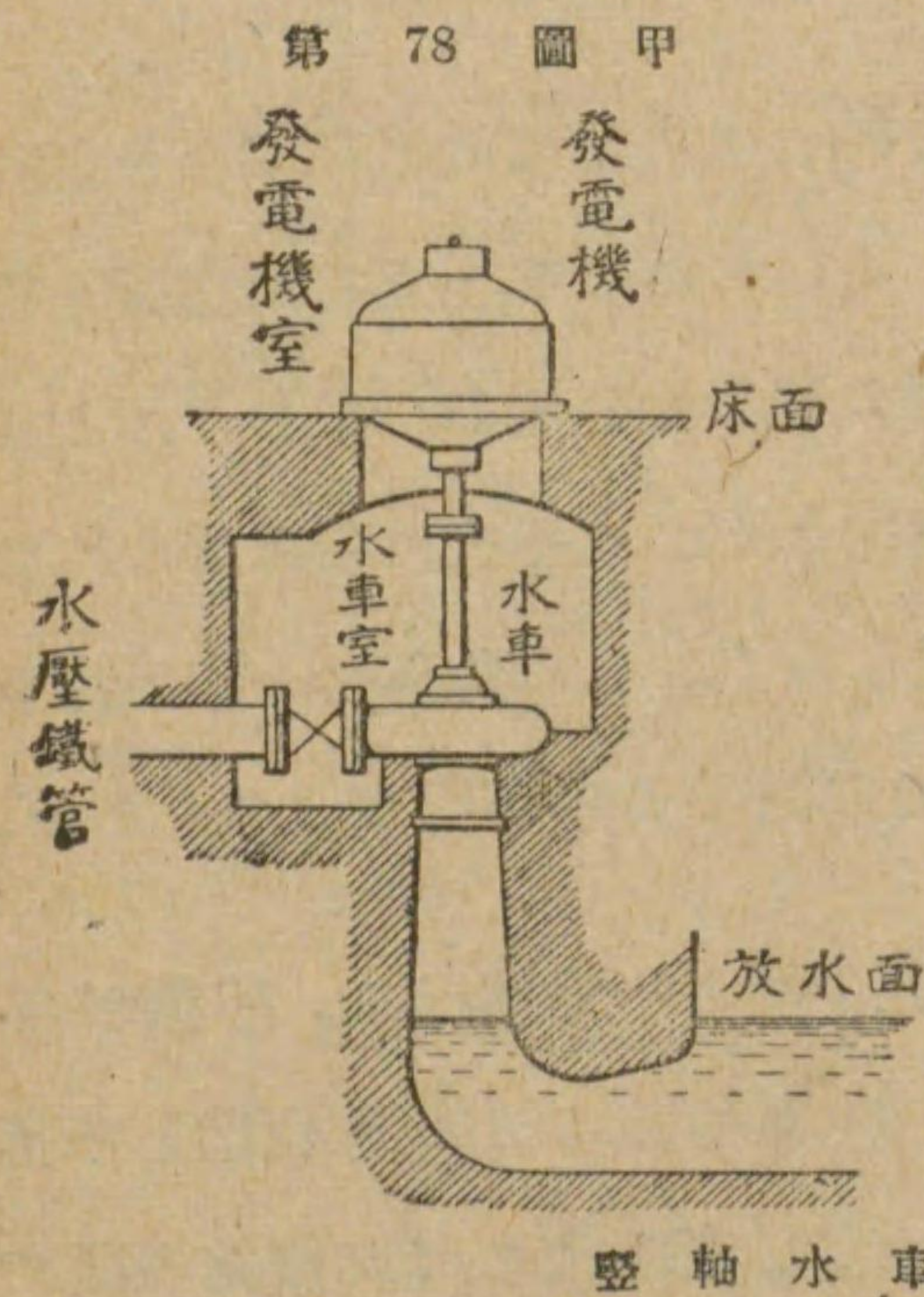
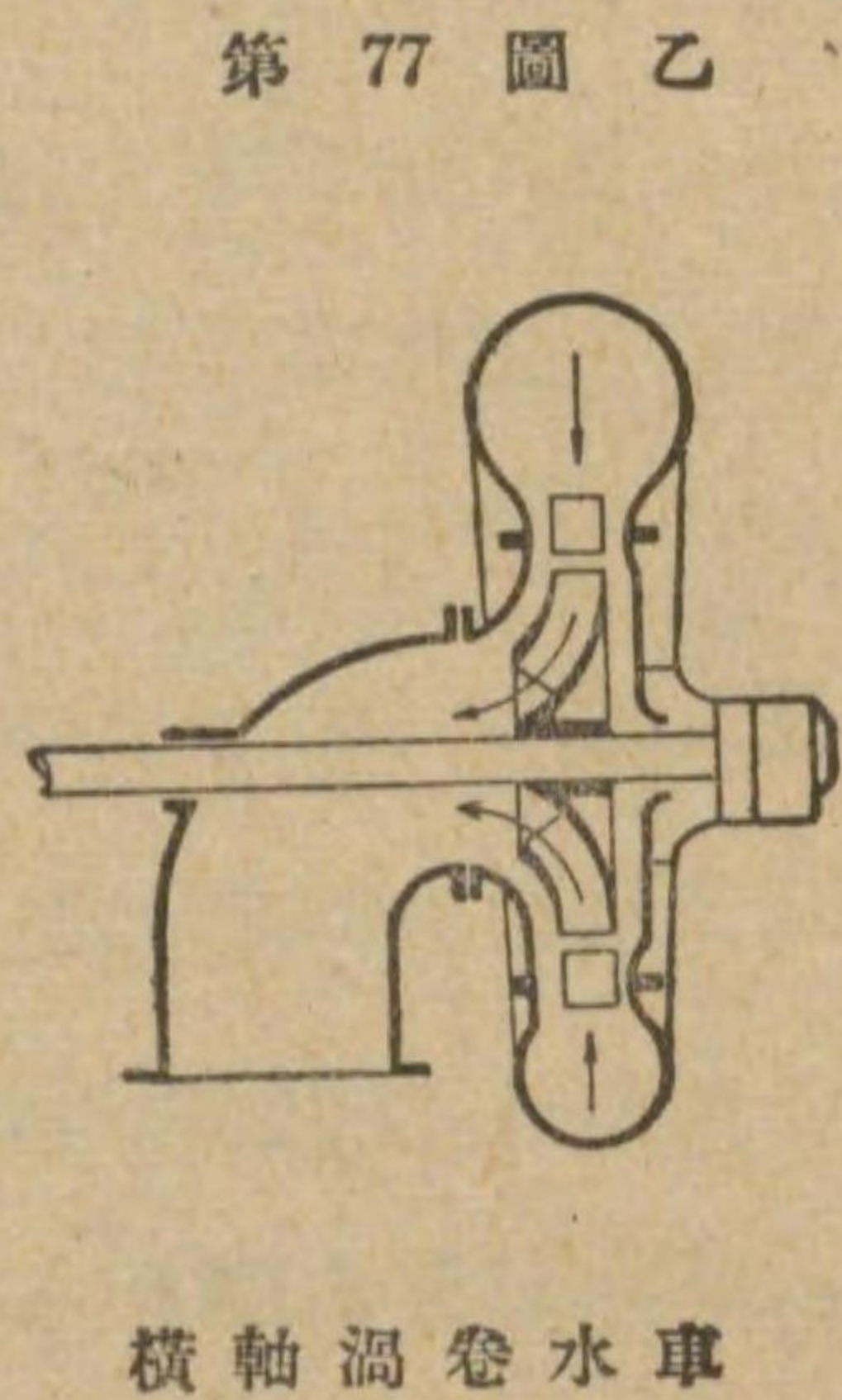
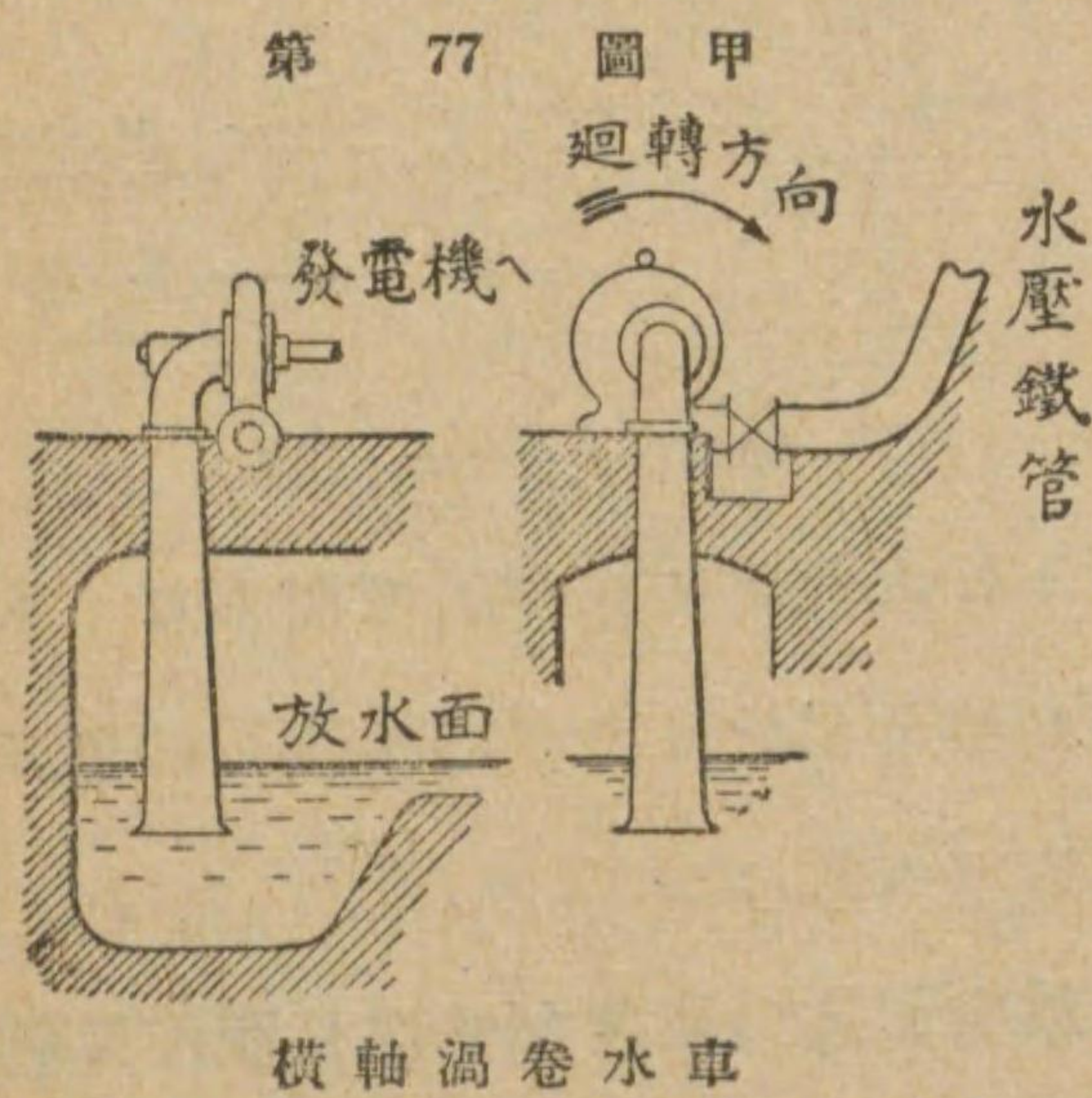
今迄は大抵軟鋼板を銲接即ちリベットしたのであつたが、太いになると近頃は混凝土製が多くなつた。第 76 圖は鋼板製の吸出管を用ゐた場合を示してゐる。此の圖の如く、^{かくおとし}角落と云ふ角材を下から逐次に積み重ねて置いて、吸出管の下部は常に水に浸し置く。この角落は一本宛抜き差しが出来るから、下水面の高さを加減する事が出来るのである。

69. 渦巻水車

茲に落差の事を一寸述べる。落差が 30 米位より以下を低落差と云ひ、約 30 米位から 150 米位迄を中落差と云ひ、中落差以上を高落差と云ふ。然しこれは比較的の語で

其の界は甚漠然たるもので180米位でも中落差と云ふ事もある。

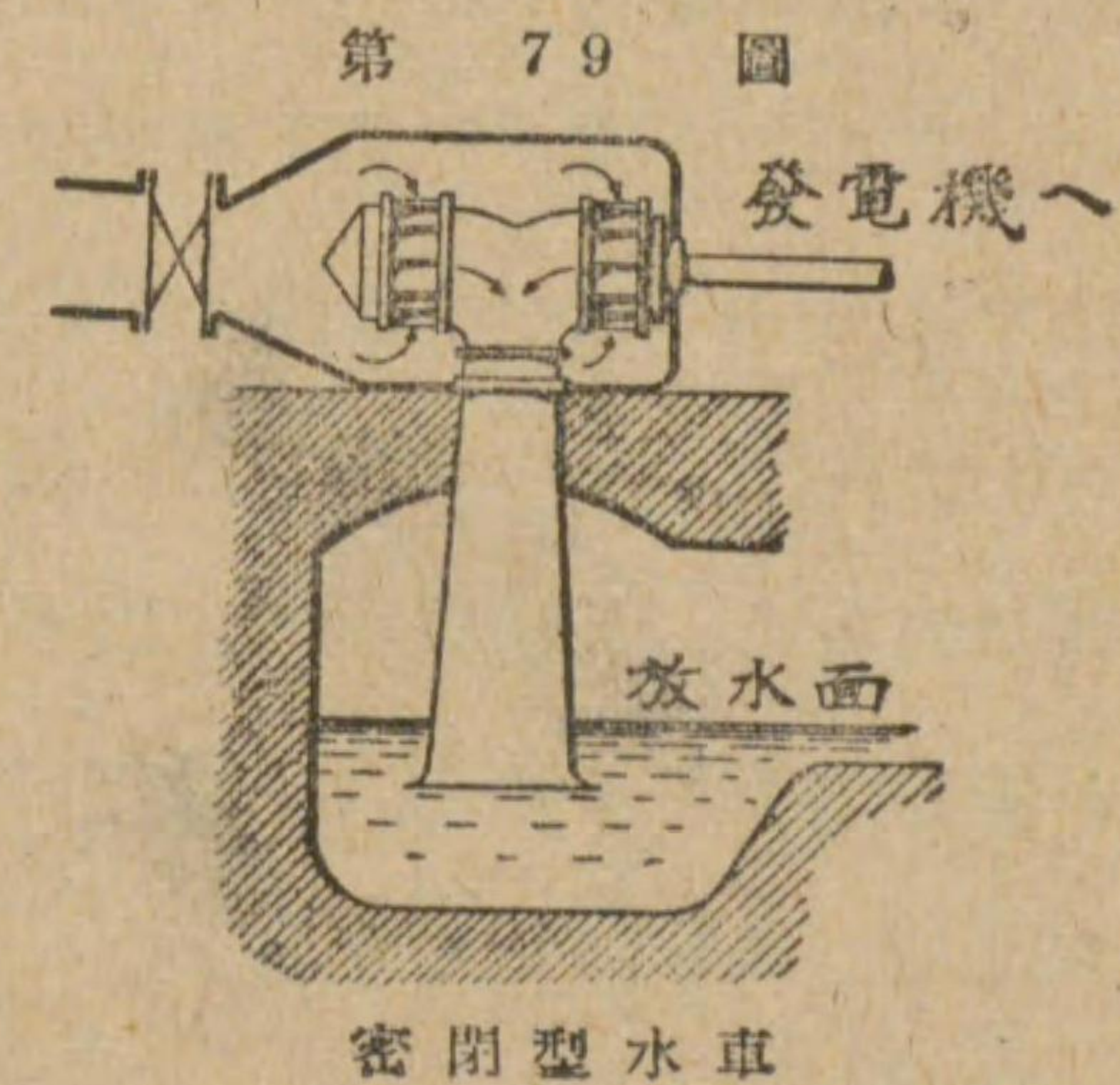
渦巻水車なるものは其の外被が蝸牛のからの形である爲に名づけられたのである。これは従來は横軸で中落差に多く用ゐられて



居つたが、近年豎軸で低落差大容量のものが盛に作られるに至つた。前にも云つた通りこの型は水の流れが順當であるから、反動水車の内で一番優秀なものとされてる。第一水の流れに對して摩擦が少いから結局能率が高い。第二に形が丈夫に出来るから、大きな水壓力に堪へると云ふ點から、可なり高い落差用のものも作られる様になつた。

70. 豎軸單車渦巻水車 今から十年位前迄は水車と云へば第 77 圖の如き横軸が主であつたが、其後豎軸が急に進歩して來た。豎軸は丁度コマの様な風で、心棒が鉛直になつて廻る。その心棒即ち軸を受ける軸承なるものの製作が完全になつて來た結果、豎軸水車が劃時代的の進歩をなして來た。

豎軸では第 78 圖甲乙の如く水がランナーを出てから眞直に下に落ちるのであるから水流が渦巻を作つたり、水の方向變換による損失が少いから能率が極めてよい。ランナー一個のが一番簡單で多く用ゐられてるから豎軸單車渦巻水車が一番優秀なものと云はれてる。今世界第一の大容量と云はれてるナイヤガラ瀑布の 7 萬馬力水車もこの型である。

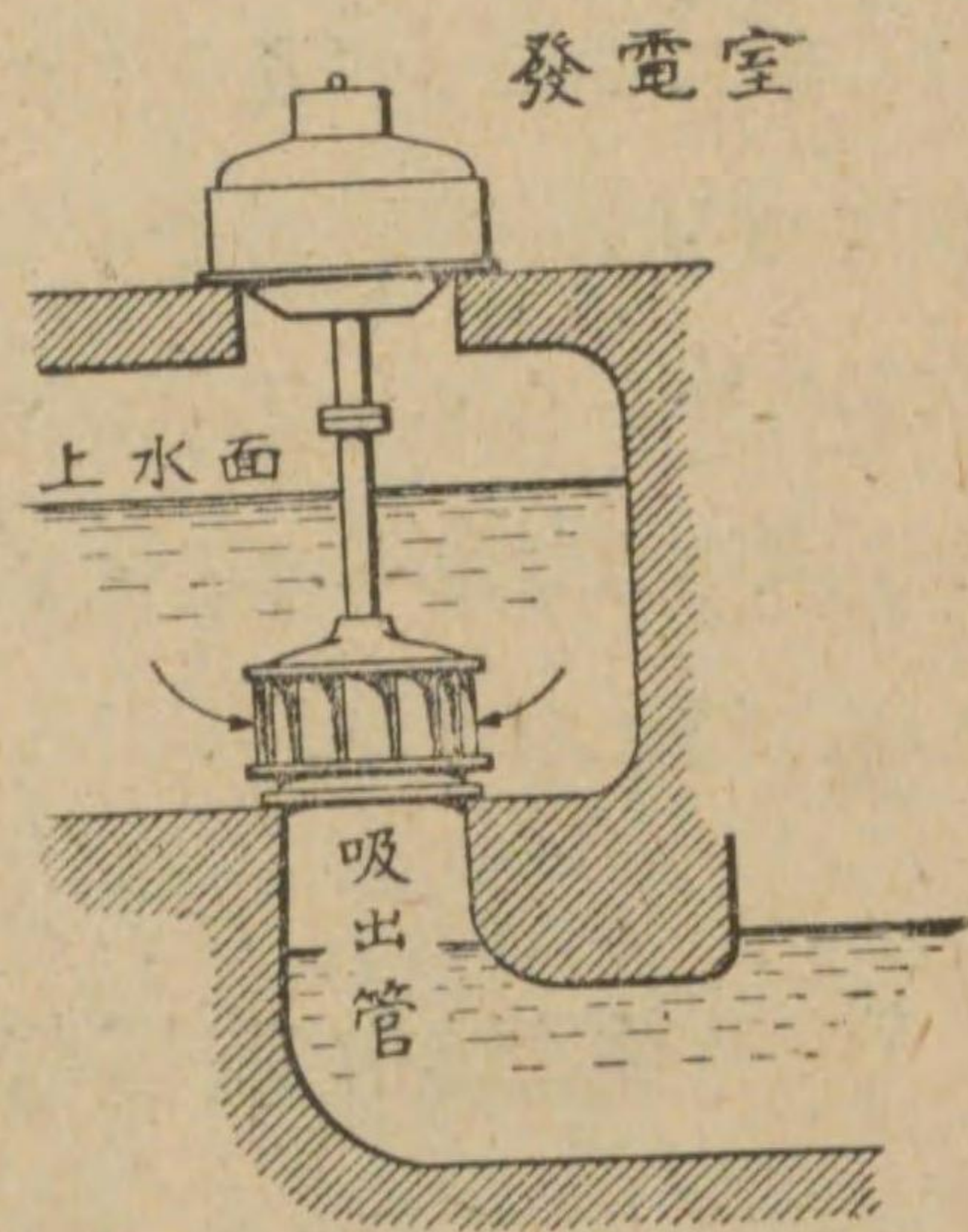


其他第 79 圖の如く外被が圓

筒形のものもある。これは密閉型と云はれ今迄は中落差以下に用ゐられた事がある。

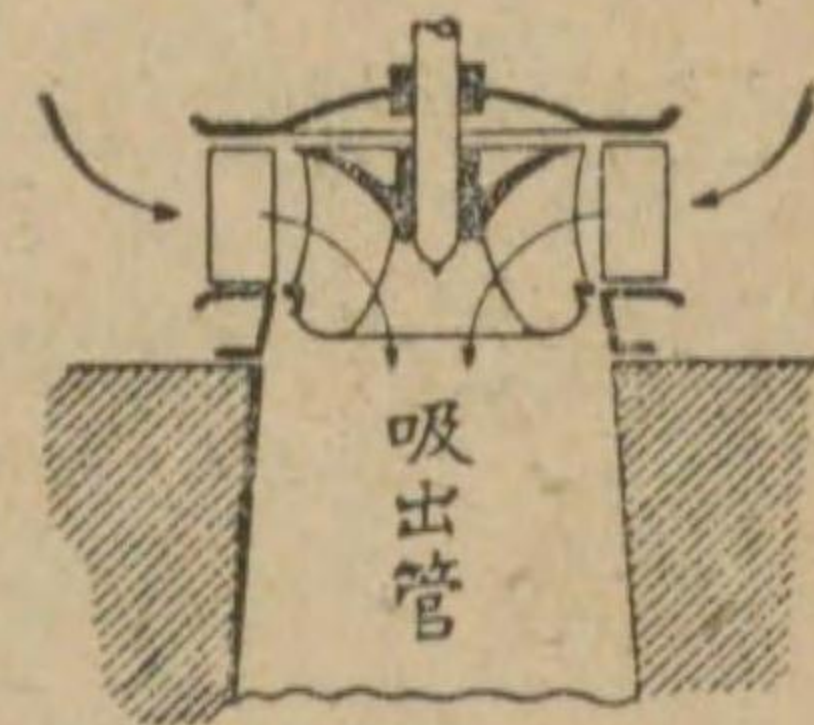
又第 80 と 81 圖の如く低落差で、水槽の底部に外被無しにランナー丈を裸に入れて置いてランナーを廻はしその水を吸出管で放水路に落すものがある。これは開放型又は露出水車と云はれてる。密閉型も開放型も寧ろ舊式に屬してゐるのであるから、圖面丈を示して説明を省略する。

第 80 圖



開放型 (露出) 水車

第 81 圖



開放型 (露出) 水車

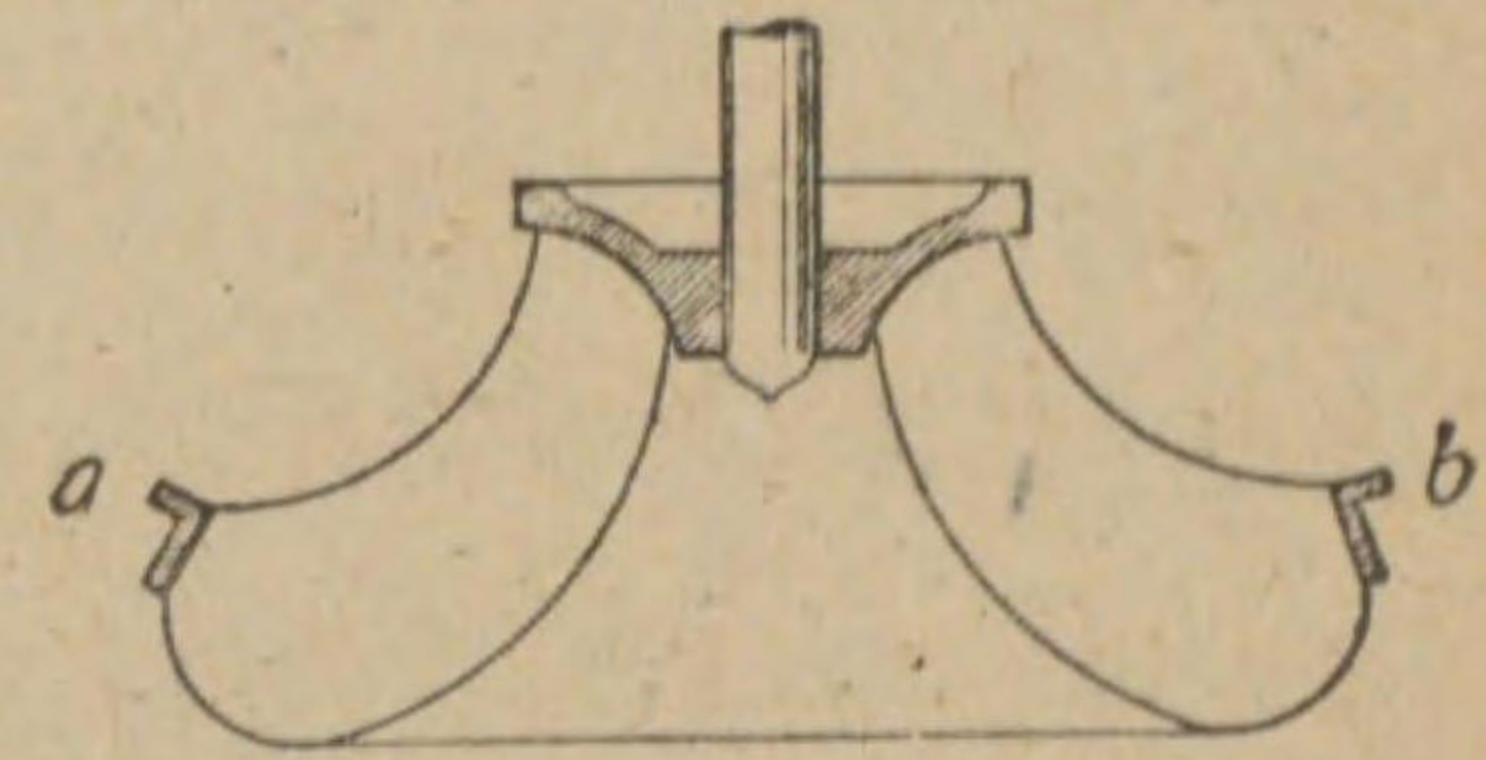
71. 反動水車の据付に関する

注意 横軸では、軸を正しく水平に据える爲め、精確な水平器を用ゐる。これは前に述べた第五章の第 37 節を参照せられたい。縦軸では、水車軸の中心線を鉛直にする事が大切である。それからランナーは、その周囲のごく狭い空隙が一様になる様にする事が必要である。又吸出管は、出来る丈空氣の入りぬ様氣密にしないと能率が低下するから、鐵板の継ぎ目や、混凝土の仕事には充分入念にしなければならない。

72. プロペラー水車の概念

反動水車に於て、水量の極めて大なる場合にはランナーの水の出口が非常に大きくなつて第 82 圖の様になる。この ab

第 82 圖

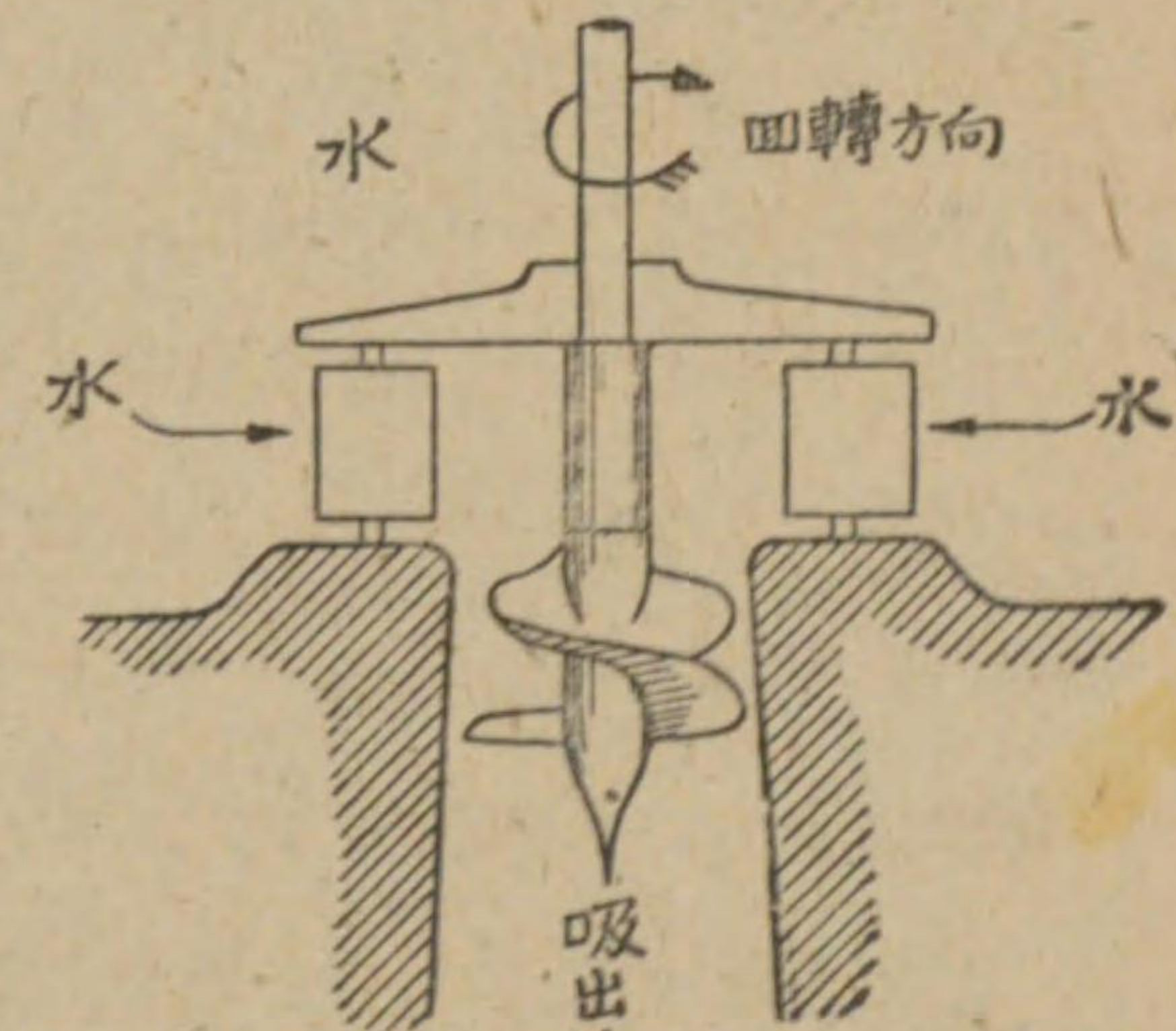


反動水車からプロペラー水車への移り替り

は一つの輪であつて、羽根の先端にあるのだから、水の流れに對しては寧ろ邪魔物である。だからこれを取去つてしまふと、ランナーの羽根は、汽船のプロペラー即ち推進機の様な形になる。これを一般にプロペラー水車と云つてゐる。この羽根の数は三四枚から精々八枚位迄である。普通の反動水車の羽根は 20 枚位もあつて、はるかに多い。

プロペラー水車の導水瓣は普通の反動水車と同様だが、只瓣と瓣との間隔が著しく廣い。これが發明されたのは十年位前で、殊に低落差の場合に反動水車より著しく廻轉の早いものが出る。一體直結發電機は同じ容量でも廻轉數の早いものは値段が著しく安いのであるから、水車の廻轉數を出来る丈早くするのである。この目的を果たす爲めにはこのプロペラー水車は最も都合がよいの

第 83 圖

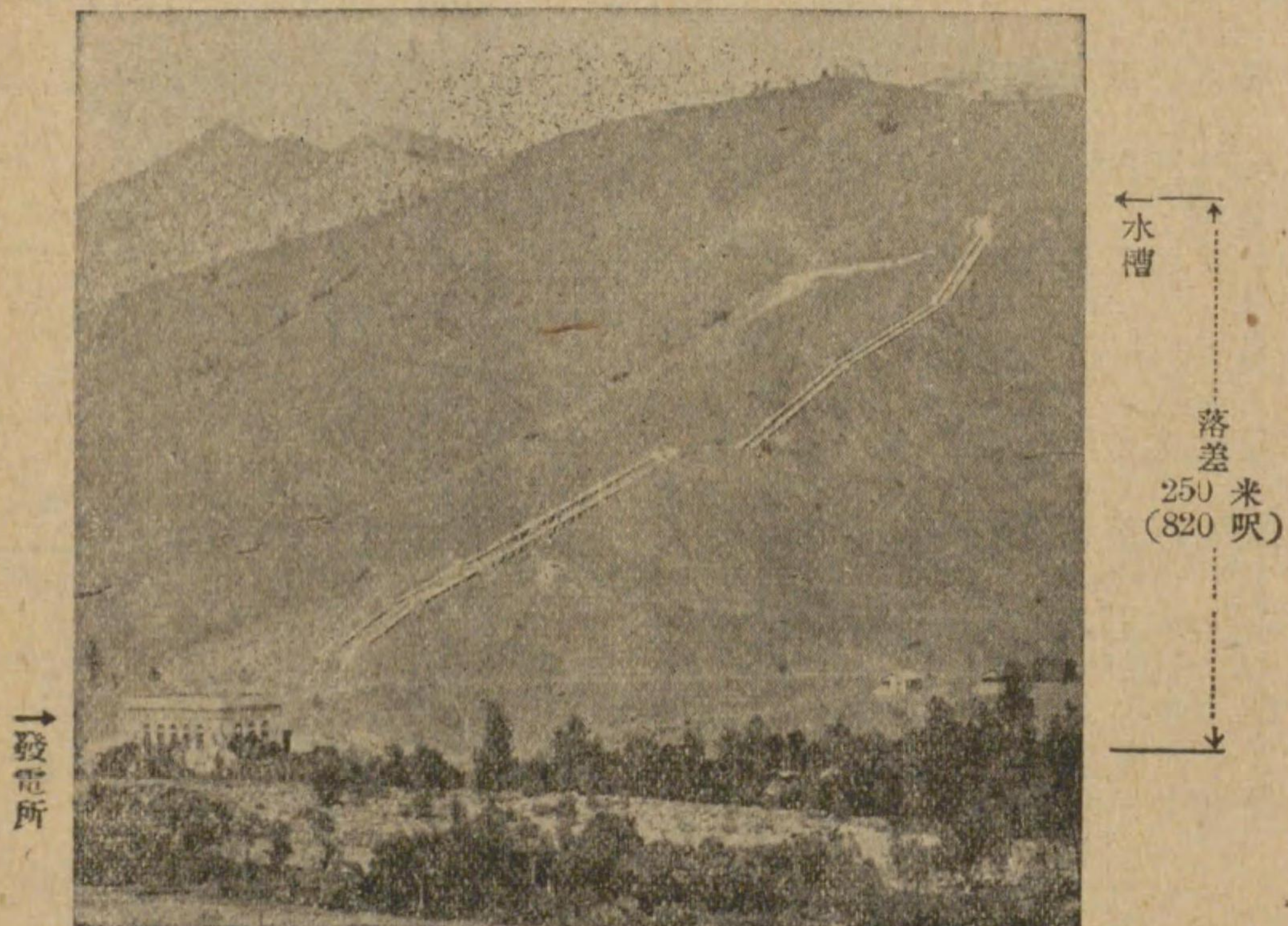


プロペラー水車の一様

で、次第に用ゐられる様になつて將來は益々有望なものである。
第 83 圖は其一種を示して居る。プロペラー水車もやはり反動水車
の系統だから此處に書いて置いた。

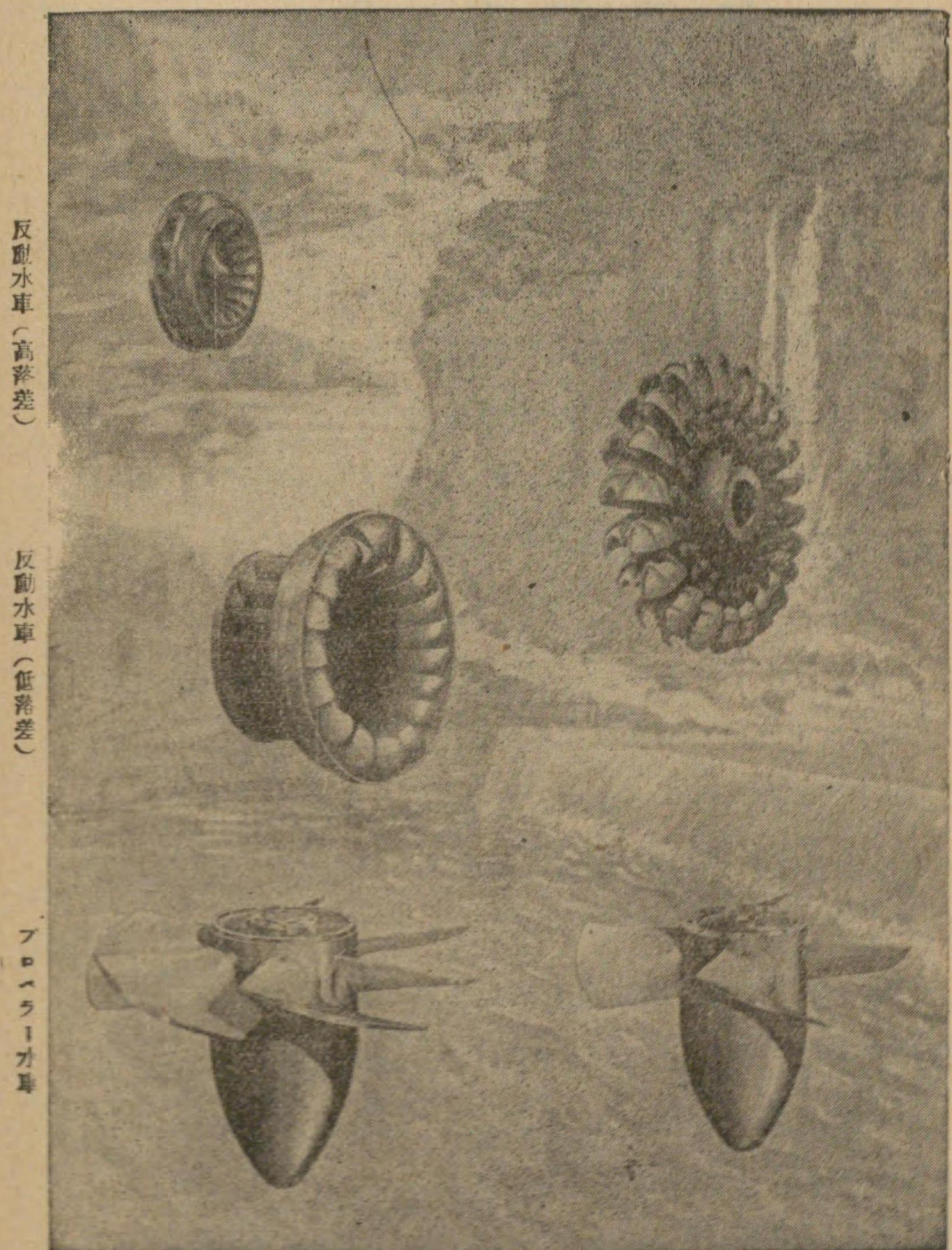
73. プロペラー水車の將來 我國では、水力を利用し始めた時は、水路が短くて川の落差が割合高い所が多かつた。
近頃はこんな善い地點は減じて來て、下流の部分即ち水路長く其
割合に落差が取れぬ地點が多く残つてゐる。こんな處にはプロペラ
ー水車があつらへ向きである。將來の進歩發達は見るべきもので
ある。

第 84 圖



米國の高落差(反動水車)發電所の一例

第 85 圖



水車のいろいろ

練習問題 IX

1. 反動水車はなぜ反動と云ふ名があるのか。
2. 導水瓣は何をするものか。
3. 反動水車を運搬する時に一番注意すべき事は何か。
4. ランナーの種類は幾つあるか、その用途を示せ。
5. 角落とは何か、水車の附近ではどこに使ふものか。
6. 現今はどんな形の反動水車が最も優秀か。
7. 吸出管の下端は何故水中に入つてなければならないのか。
8. 反動水車はその出力が定格出力より大きい時と小さい時には何故能率がわるいか。
9. プロペラー水車の賞用せらるる第一の要點は何か。
10. プロペラー水車は有望なものかどうか。

【解答】

2. 導水瓣は水壓管から來た水を調整し、ランナーに入れる前に適當なる方向に導き、ランナーに流入せしむるものである。
3. 反動水車に於て特に注意すべきはケーシングである。これが鑄物の時には、眼に見えぬ位の僅かな龜裂きれつが出来ても使用に堪へなくなる事が多い。だから、落す事は勿論他物と衝つきあたる等の事は嚴禁である。
4. 高速車、低速車、中速車の三つある。低落差で水量が多いときは高速車、高落差で水量が割に少い時は低速車、その中位の

もの即ち中落差の時には中速車を用ゐる。

5. 角落と云ふのは角材を積み重ねて水の深さを調整するものである。水車の附近では吸出管が常に水中にある様にする目的で放水路に設ける。
6. 現今は豎軸單車渦卷型が最も優秀なものである。
7. 吸出管が只大氣中に出れば、管の中は大氣壓だからランナーの出口が大氣壓と云ふ事になる。然るに管の先きが水中にあると、ランナーの出口が大氣壓より低い壓力になるので、ランナーの廻り方が樂になる。即ち能率が増すのである。だから、ランナーの中心から放水路の水面迄の落差が有效落差の中に加はるのである。
8. 反動水車は導水瓣の開きが全開の $\frac{3}{4}$ の時を定格出力ときめてあるから、導水瓣や、ランナーの羽根はそれを標準として設計してある。即ちこのときに水流がランナーの面に沿ふて少しも隙間なく流れる様にしてある。導水瓣の開きを之より廣くしても狭くしても、水の流れる方向が變るので水はランナーの面を添ふて流れず渦流をも起し勢力を減じ能率低下す。
然し定格出力の時より瓣を餘計に開くときは能率の低下するよりは水量の増加する方が多いからつまり水車の出力は増加する。然し出力は増加しても必ずしも能率はまさぬ。
9. 發電機は同じ容量ならば廻轉數の多いものほど價格が安くなる。であるから、同じ馬力の水車でも廻轉數の多い事を望むの

は當然である。然るに低落差であると、普通の反動水車ではそんなに廻轉數は増せぬ、プロペラー水車は特性として廻轉數の高いのが出来るから、この經濟的見地から賞用されるのである。

10. 同じ出力で比較すると高落差で水量の少い地點の方が、低落差で水量の多いのよりか水力工事は安く出来上る。何故かと云ふと水量が多いから断面の大きな水路を造る事になる。水路費が同工事費中の大部分を占めるのであるから、低落差の方が金がかかる。金のかからない所のみが初め開發されて來たから今未開發で残つて居るのは低落差の多い。プロペラー水車は前問題の如く低落差に特に有利だから將來は大に發達する見込がある。

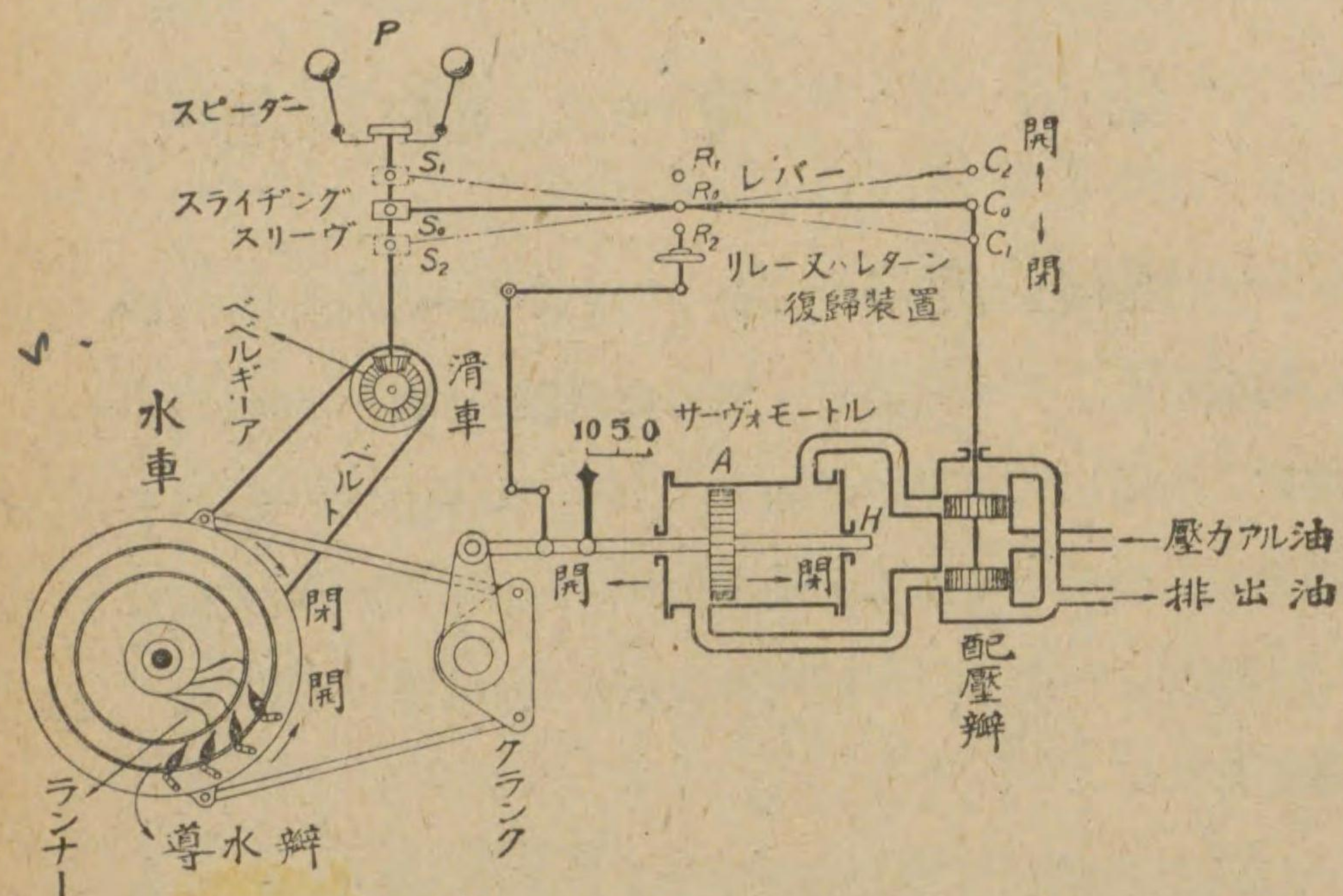
第十章 速度及水壓の調整

74. 廻轉速度の一定 水車は常に定格廻轉數(規定の廻轉數のこと)で運轉し、如何に急激な負荷の變化が起つても廻轉數を一定に保つ事が必要なのである。直流の發電機ならば速度が變ると發生する電壓が變る丈ですむが、交流發電機だとひとり電壓ばかりでなく、一秒間の電氣の波の數即ち周波數が變るから非常に悪い。

此の目的の爲には速度を調整する調速機(ガヴァナー)を用ゐる。これによると、負荷の急激な變動に應じて水車の水量を自動的に調整し、速度を一定に保つことが出来るのである。

75. 調速機の構造 第 86 圖の如く水車軸から調革(ベルト)で齒車が廻り、これが又鉛直な心棒をまはす。その頂部には二つの重い球があつて、心棒と一所にまはつてゐる。その心棒の外には摺動環しどうくわんがあつて、これが水平桿 S_0 R_0 C_0 に連つてゐる。 C_0 は又鉛直の桿に接續しその下には小圓筒の中に入るピストンが二つ付いてゐる。この小圓筒を配壓弁又は分配弁(コントロールバルブ)と云ふ。そのわきに大きなサーヴォモートルと云ふ圓筒があり、その中に油の壓力で動く處のピストンがある。そのピストンの先は水平な軸に連なり、その運動を水車に傳へる爲め上

第 86 圖



下に斜めな二つの桿がある。その桿は此の圖で水車の一番外にあつて摺動する輪に連つて居る。それがまはると導水弁を動かすからランナーへの水量を加減するのである。

サーヴォモートルのピストンロッドに、圖の如く矢印が付いて居る。これはピストンの動く状態、換言すれば導水弁の運動の工合を示して居る。導水弁全閉の時には零を示し、全開の時には 10 を示して、其間を 10 分してある。水の通る導水弁の口の面積が全開面積の $\frac{3}{4}$ の時は 7.5 を示して居る。

76. 調速機の動作の大要

今水車が最大出力を出して居るとすると、導水弁は一杯に開いて、其時定格廻轉でまはつて居るから、遠心力で動く P の球は開いて摺動環は S₀ の位置

にある。それに連なる桿は水平になつて、配圧弁のピストンは上下二つの管の口を閉ぢて居る。このピストンの間には外から唧筒で壓力ある油を送り込んである。

今發電機の開閉器が何かの原因で開くと發生電力は殆んど零となる。さうすると、水は非常な勢力を水車と發電機に與へるから空轉となり、廻轉數が増して、P の球は遠心力の増加で餘分に開いて S₀ を S₁ にあげる。水平の桿は R₀ が支點となつて C₀ を C₁ の位置迄下げる。下の配圧弁は下るから、壓力のある油はサーヴォモートルの左に入つてピストンを右端迄押す。其結果導水弁は殆んど全閉となり、ごく狭い隙から僅かの水が流れて水車を廻はし規定の速さを保持するのである。

か様に空轉即ち發電機が無負荷で運轉して居る時に、發電機の開閉器を入れると、急に電流が出て負荷がかかる。さうすると、空轉丈けに必要な僅かの水しかないから、勢力が少い處に重い負荷がかかるので水車の廻轉は遅くなる。P の球はバネ仕掛になつて居るから、遠心力が減ると球の開く力がバネの力にまけて閉ぢる。其の結果 S₀ が S₂ に落ち同時に C₀ が C₂ に昇り壓力ある油は、上の管より入つてピストンを左方に押し進めて導水弁を開かせる。其結果水が増すから、水車の廻轉は定格廻轉數に復舊する。

サーヴォモートルのピストンが左に押し進むと、左にあつた油は配圧弁のピストンがあがつて居るので下の管から流れて圖中の排

出油の出る管に行く。これは別にある油唧筒にもどつて行くのである。

か様に调速機の大體の動作を述べたが、實際はもつと複雑したもので圖中の R_0 と云ふ支點は、水車が無負荷になつた時に自動的に R_1 に昇り、間もなく自然に R_0 にもどる様になつてゐる。だから R_0 の事を復歸装置ふくきさうちと云つてゐる。あまり面倒になるから、此處では省略しよう。

77. 速度變動率 今水車が全負荷で毎分 200 廻轉してると、廻轉計（タクメーター）の針は 200 を示してゐる。急に全負荷がなくなつて無負荷になると其瞬間廻轉計は 260 を示すとす。此 260 回毎分の廻轉數のことを瞬間最大速度と云ふ。この最大速度と定格廻轉數との差と定格廻轉數との比を百分率で表はしたものを速度變動率そくどへんどうりつと云ふ。

例 上述の場合の速度變動率は何程か。

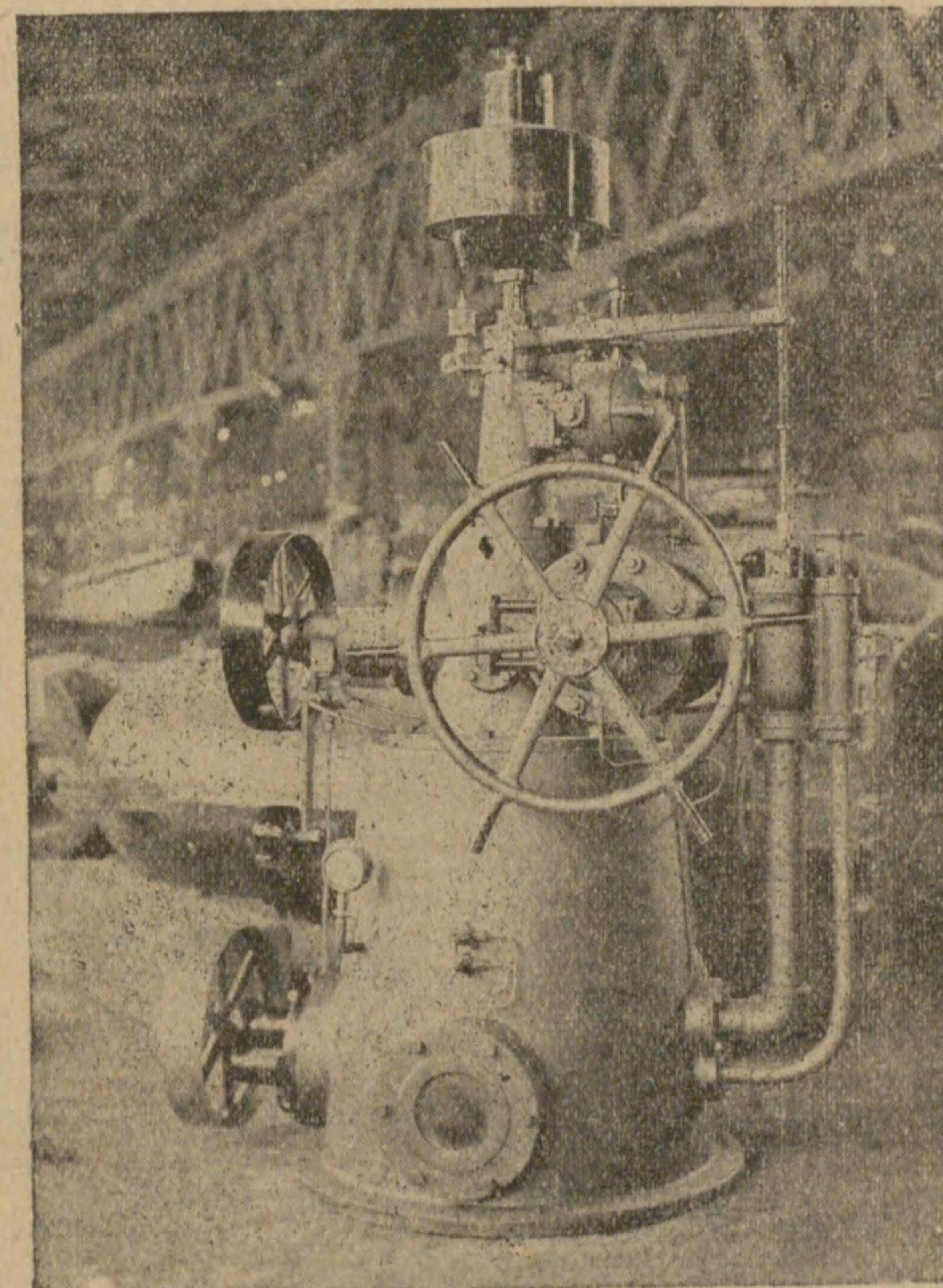
$$\text{速度變動率} = \left(\frac{260 - 200}{200} \right) \times 100 = 30\% \text{ (答)}$$

78. 调速機の閉鎖時間 水車が無負荷となる瞬間から、導水瓣が動き出しサーヴォモートルのピストンが停ると同時に導水瓣が閉ぢる。即ちサーヴォモートルの動いてゐる時間が導水瓣の動いてゐる時間、換言すれば閉鎖に要する時間である。これを调速機の閉鎖時間と云ふ。普通 2 秒から 4 秒位の間である。衝動

水車で針狀瓣が動き出して閉鎖し終る迄もやはり閉鎖時間と云ふ。そしてやはり 2 乃至 4 秒位のものである。

79. 调速機の注意 か様に、水車で一番必要なのは调速機である。若し油唧筒の故障等で、動かぬ時は、人手で動かせる様になつてゐる。第 87 圖の寫眞を見ればよくわかるであらう。

第 87 圖



调速機の全圖

汽力タービンでは、いくら早く閉ぢても元が蒸汽だから恐ろしい影響はないが、水の時には水が壓縮出來ぬもので、しかも蒸汽とちがつて動いてると隋性があるから、^{すみつみきよう}水槌作用（ウオターハンマー）と云ふものが起り、水壓管の全部ばかりでなく、水車の外被全體に大なる水壓力がかかる。この點は次に述べる。

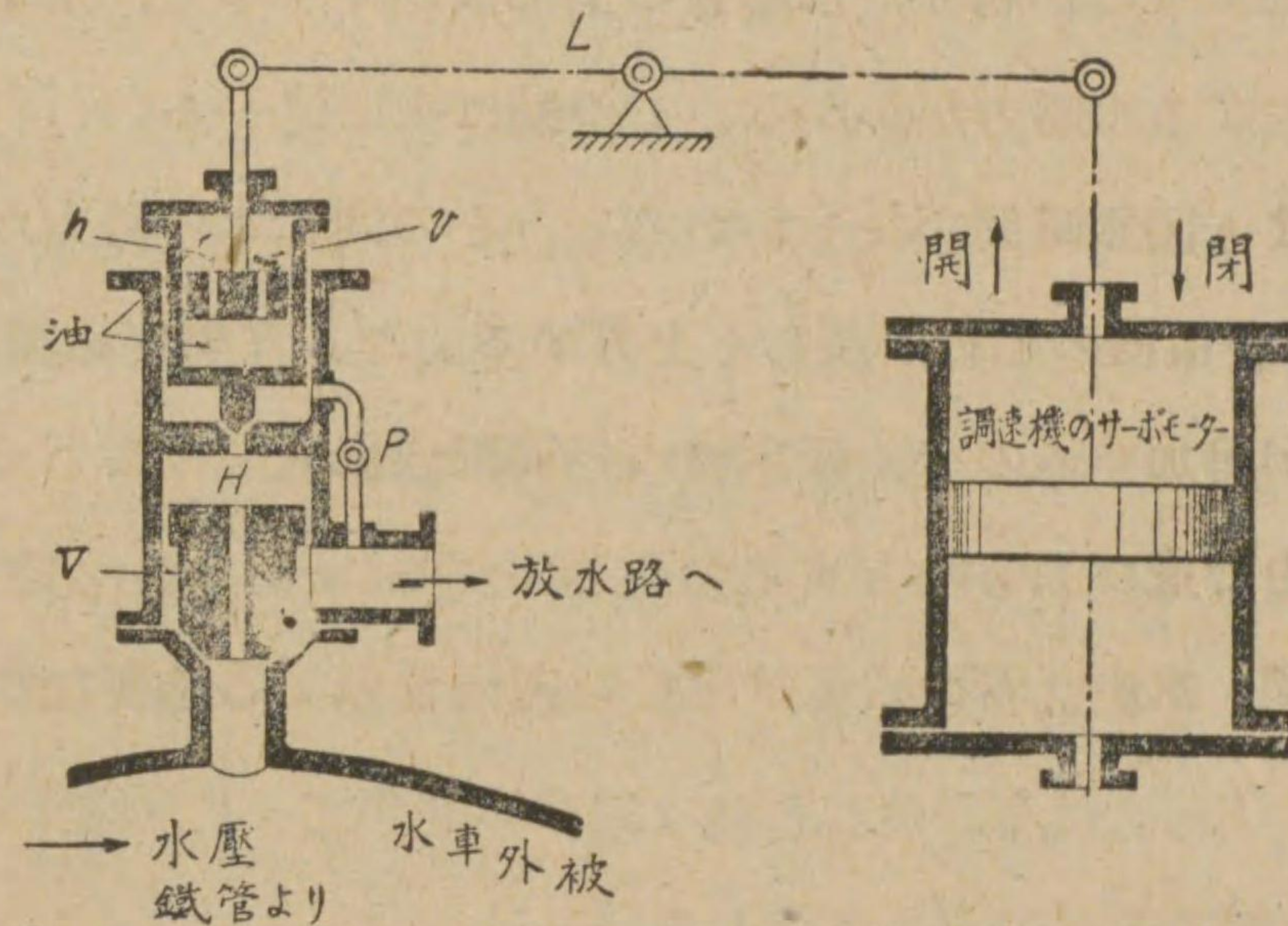
又あまり閉鎖時間が長くかかると、その間に水の勢力が傳はつて、水車發電機の廻轉が甚しく上昇する。こんな事が繼續すると、遠心力が増加するので、發電機の廻轉部分即ち磁極などは非常に大きな力で飛び去らんとする傾向を生ずる。それだから速度調整、閉鎖時間、水壓上昇の三者は密接な關係を以てる重要なことである。

80. 水壓の上昇 前に述べた様に、負荷が急に變らずに徐々に變化すると、廻轉數の變化も徐々にであるから、導水瓣の閉鎖運動も靜かである。そのときには、水壓管を流れる水の速度も徐々に減少する。其結果は水壓が平生より幾分か上昇するに過ぎない。然し急に負荷が變ると、導水瓣が急に閉ぢ、水壓管中の水が急に停止し、甚しき水槌作用を起して、水壓が著しく上昇する。

その時に水壓鐵管だの外被が丈夫でなかつたり、又は龜裂などがあると、そこから破裂して慘害を起すことが無いとも云へない。これを防ぐ爲に次の^{すゐあつてうせいき}水壓調整器を用ゐるのである。

81. 水壓調整器 大體の構造は第 88 圖の通りである。右の方の圓筒はサーヴォモートルでこれに水平桿が連なつて、そ

第 88 圖



の左端が油の一杯はいつてる^{だんこ}彈壺（ダッシュポット）のピストンに連結して居る。この下部は H の孔を閉ぢて居る、 H の部分は水車の外被と V なる重い瓣の中央を通して、水が満ちて居り、さうして其 H の處の水壓は外被のと同じである。

V の瓣は其上部の方が下部よりも面積が廣いので V を下に押し立てる。この外 V 自身の重さもあるから水壓鐵管から來る水は平生は漏れない。 V が昇るとすぐに、水壓管の水壓が高いから、水は右の管を出て放水路に流出するのである。

今若し負荷が急に減ると、サーヴォモートルのピストンは急に下り、彈壺のピストンを急にあげる。このピストンには小孔

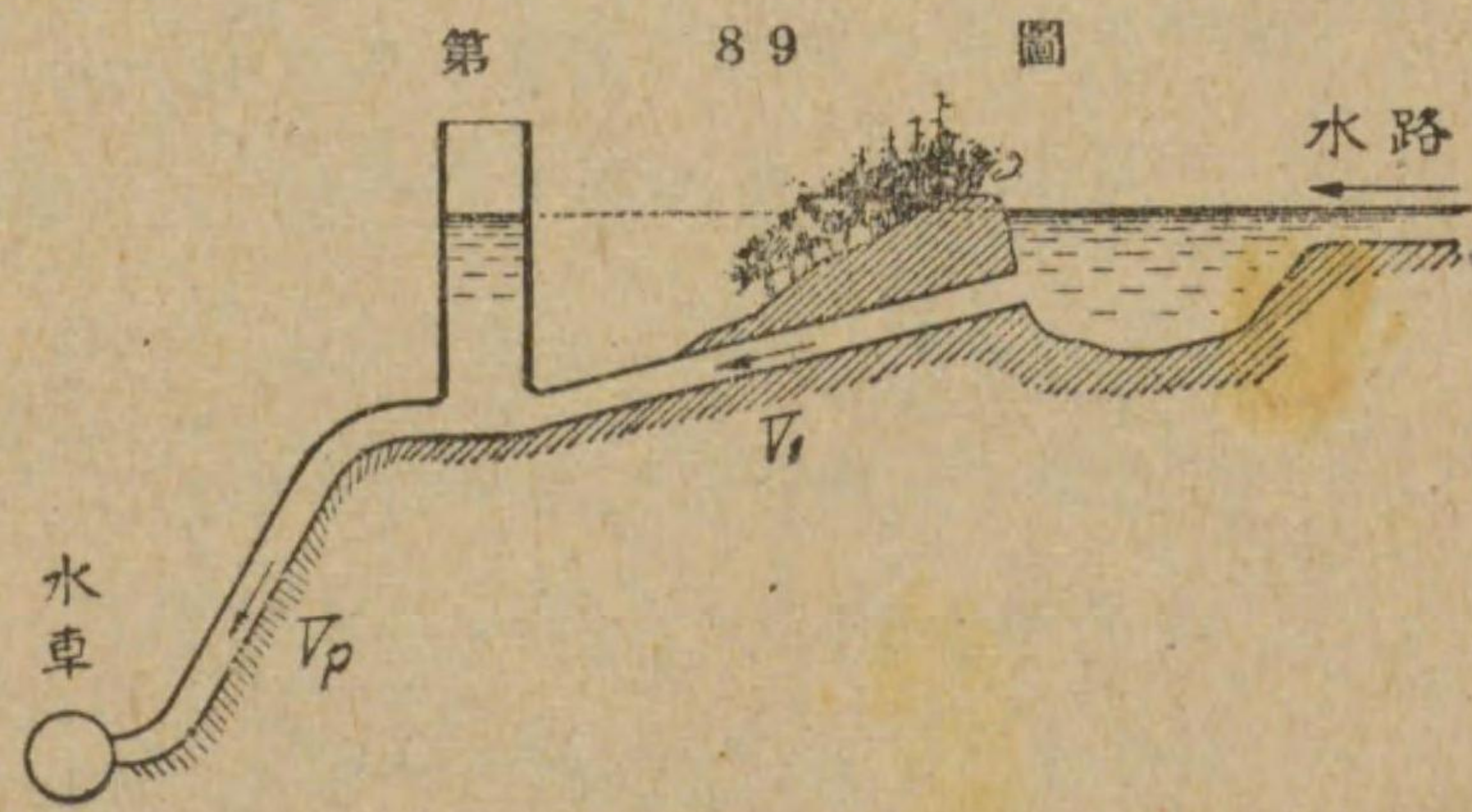
があるが、あまり小さいのでピストンで押された油はこれから流れ落ちるひまがない。他の孔には v の弁があるが、これは閉じてしまふ。そこで彈壺の上の蓋が押し上げられ、彈壺全體があがる。さうすると、 H の口が開いてその水は P の管から外に出る。さうすると V を下に壓する壓力が減るから、水車外被の壓力ある水は V を押し上げて水壓管から來る水の一部を放水路に出してしまふ。そこで水壓管中の水の流速はそれ程急に減らないから、水槌作用はそんなに甚しくない事になる。

反對に急に負荷を加へた時は彈壺のピストンは急に降らんとし、ピストン下部の油を壓し、そこにある油は v の弁を開いて上に移る。その力は H の口を益々壓するを以て、 V の弁は開く事なく、水壓調整器は全く動作しない。

此の外に水壓上昇を防ぐ色々のものがあるが、略して置いて只次のもののみを述べて置かう。

82. 波動水塔 これはサージタンクとも云ふ。第89圖

の様に、水壓鐵管の最上部に深い水槽の様なもの設ける。上の方の貯水池などから隧道を通



つて水がここに来て、それから水壓鐵管に入つて水車に行く。今急に水車導水弁が閉ぢると、水が不要になるので、隧道内の水の流速 V_1 が零にならんとする。若しここにこれがないと、全體に水槌作用をひき起すのであるが、ここに大きな波動水塔がある爲めにこの水面を著しく隆起せしめる丈けで、水槌作用による水壓上昇を防禦する。

練習問題 X

1. 水車の廻轉數は何故一定に保つ事が必要なのか。
2. 調速機は何をするものか簡単に述べよ。
3. 配壓弁の用途をのべよ。
4. サージモートルとは何か。
5. 速度變動率とは如何なることか。
6. 或水車に全負荷をかけて置き急にこれを無負荷にしたらば速度變動率が 25% であつたと云ふ。其の時最も高かつた廻轉計の示度は毎分 750 だつたと云ふ、この定格速度は何程か。
7. 水車の負荷が、全負荷から急に無負荷になつた時、導水弁の閉鎖に要する時間は大抵何程のものか。
8. 速度の調整と水壓上昇とは如何なる關係を有してるか。

【解答】

1. 交流發電機を運轉してるときは、負荷が變つた時にもし廻轉數が變ると電壓、電流の波の一秒間の數が變り、其結果其電氣

で動かされてる電動機などの廻轉数が變り、また電壓も變るので、電燈も光力に變動を來す。だから交流發電機は云ふ迄もなく、直流發電機を運轉して居る場合でも、水車の廻轉数は如何なる負荷の變化があつてもごく僅かしか變動させぬ事を必要とする。

2. 調速機は負荷が急變しても水車の速度を一定に保つ爲めに自動的に水量を加減するものである。

3. 配壓弁とは、油ポンプより送る油をサーヴァモートルに配分するもので、その動作は水車の速度變動に従つて配壓弁の二重ピストンを動かして行ふ。

4. これは導水弁又は針狀弁を油壓を以て開閉する一つの圓筒である。

5. 定格速度 = N , 負荷を取去つた時の瞬間速度 = N_m とすると

$$\text{速度變動率}\% = \left(\frac{N_m - N}{N} \right) \times 100$$

6. 前問により

$$\text{速度變動率} = 25 = \left(\frac{750 - N}{N} \right) \times 100$$

これから

$$N = 600$$

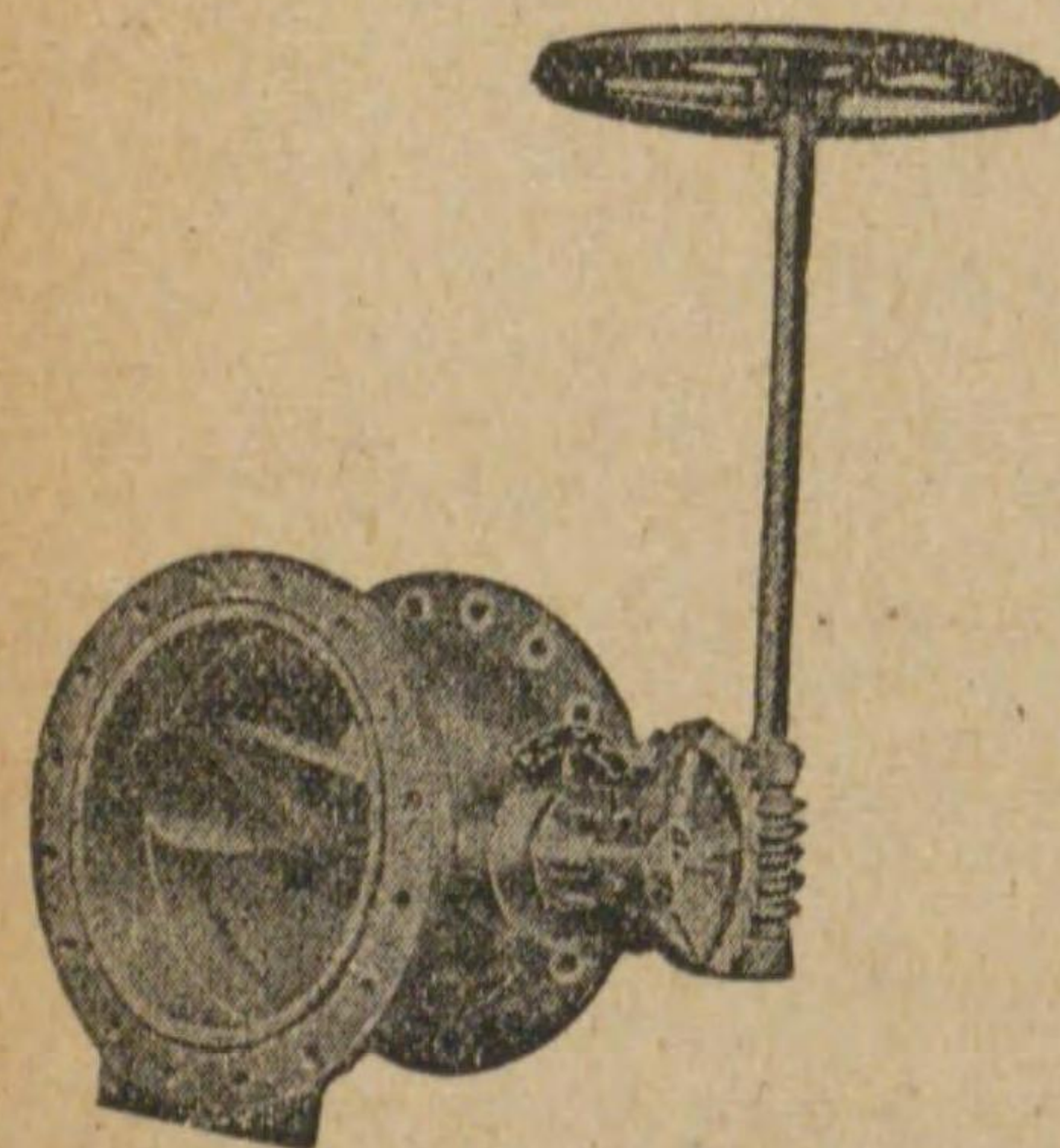
7. 調速機の閉鎖時間は大抵極く早いのが $1\frac{1}{2}$ 秒、ごく遅いのは 5 秒、先づ 2 乃至 4 秒の間である。

8. 水車の負荷が急に減じ導水弁又は針狀弁を急に甚短い時間で閉鎖すると、速度變動率はごく僅かですむが、水壓の上昇が甚だ多い。これに反してもつと長い時間で閉鎖すると、水壓の上昇

は餘程へるが、速度變動率が多くなる。いつも反對の作用をなして居るのである。フライホイールと云ふ大きな重い車輪の様なものを付けて置くと、それが爲め、導水弁をゆつくり閉ぢても速度はあまり昇らない。普通水車のランナーは軽いものだが、發電機が大きくて重いから、これがフライホイールの代りを爲して居るのである。

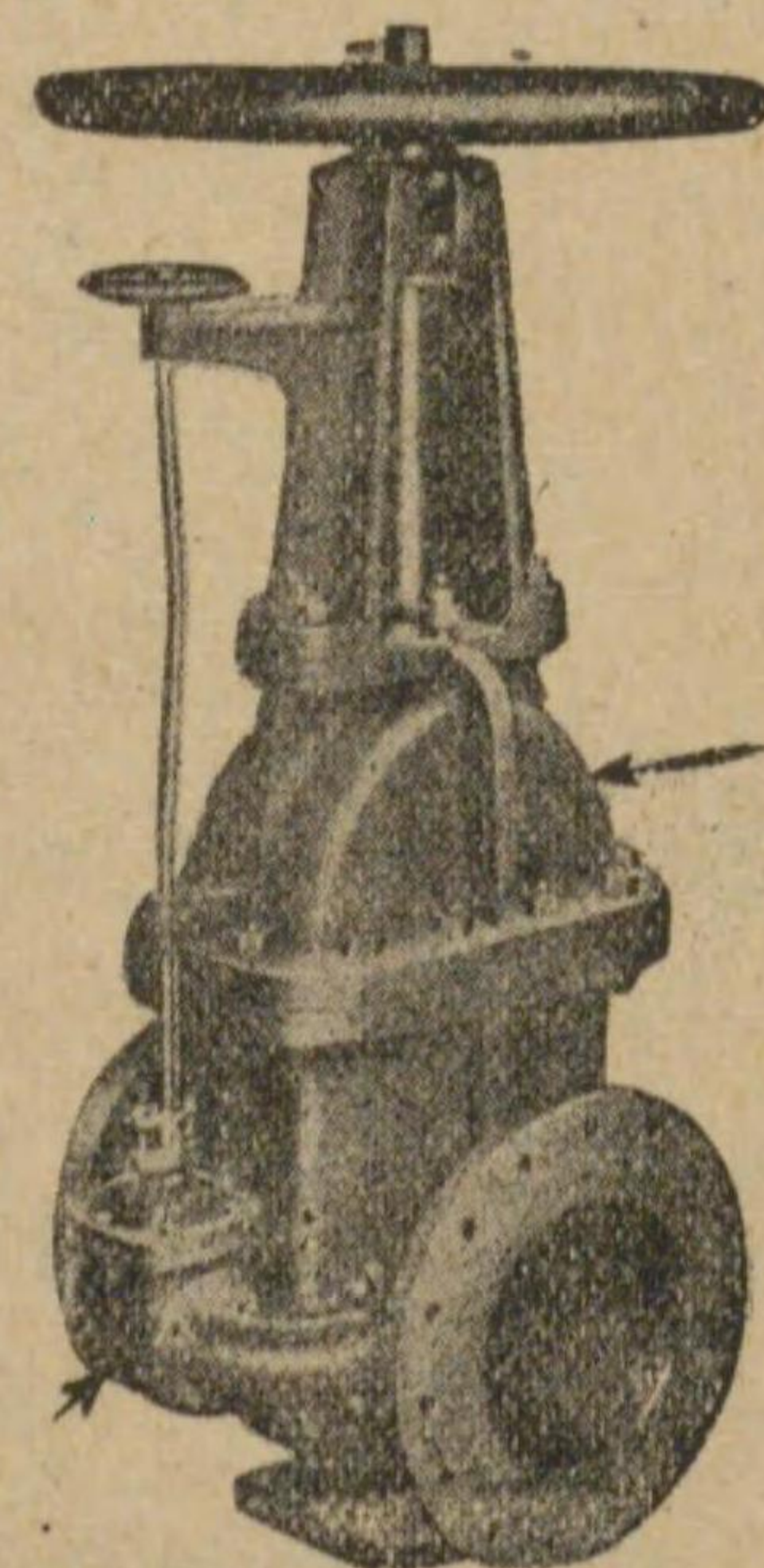
第十一章 水車の附屬設備

83. 水車の主要瓣 水壓管から水車に流れ込む水を、通したり止めたりする目的に用ゐるものを主要瓣と云ふ。普通蝶形瓣（バターフライバルブ）と堰止瓣（スルースバルブ）の二種類である。蝶形瓣は第 87 圖の通りで、専ら落差の低い場合に用ゐられる。これは豎又は横の一つの軸を中心として、圓板の瓣が廻轉する。軸の先には齒車があつて、手働又は水壓力などで動かされる。この瓣は形が簡単なものと値段が安いと云ふ長所がある。然し瓣を一杯に閉ぢても漏水を完全に止める事が出来ないと云ふ短所がある。



蝶形瓣（横軸）

第 88 圖



側路瓣

側路瓣付堰止瓣

堰止瓣は第 88 圖の通り水道管の瓣の様に、水の通る管の丸い口に上から圓板が下りて来て、流水を閉ぢて仕舞ふ。この瓣の長所は水を完全に止め、少しの漏水も無からしめる點である。だから高落差に多く用ゐられ、其値は蝶形瓣より高いのである。

84. 側路瓣 これは蝶形瓣にも堰止瓣にも具へられて居る。瓣が閉ぢて居る時には瓣の水車側の方には空氣がある丈で、瓣の水壓管側は、そこから上部の水槽水面迄の高さによる水壓を受けて居る。だから、瓣を開くのは甚だ無理な事になり、一寸開いた時には、水は高さによる理論速度位の値で流れ込むから、瓣の各部を傷める。之を防ぐ爲に第 88 圖の様な小さい側路瓣を具へて、第一番にこれを開いて水車側に満水して置く。さうすると、水壓が平均するから、容易に主要瓣を開く事が出来るのである。即ち、この瓣は主要瓣を開く丈けの任務しか無いから、用がすむと直ちに閉ぢて置くのである。

85. 水車と發電機との連結 水車と發電機はどう云ふ風に連結するかと云ふに、水車の軸と發電機の軸と結合して同一のものにしたものがある。之を直結と云ふ。此の場合には兩方の廻轉數は同じである。他の方法は水車軸に調車を作り、發電機の軸にはそれより小さい調車を作り、この兩調車を調帶で連絡する。さうすると水車の軸の廻轉より早い廻轉で、發電機をまは

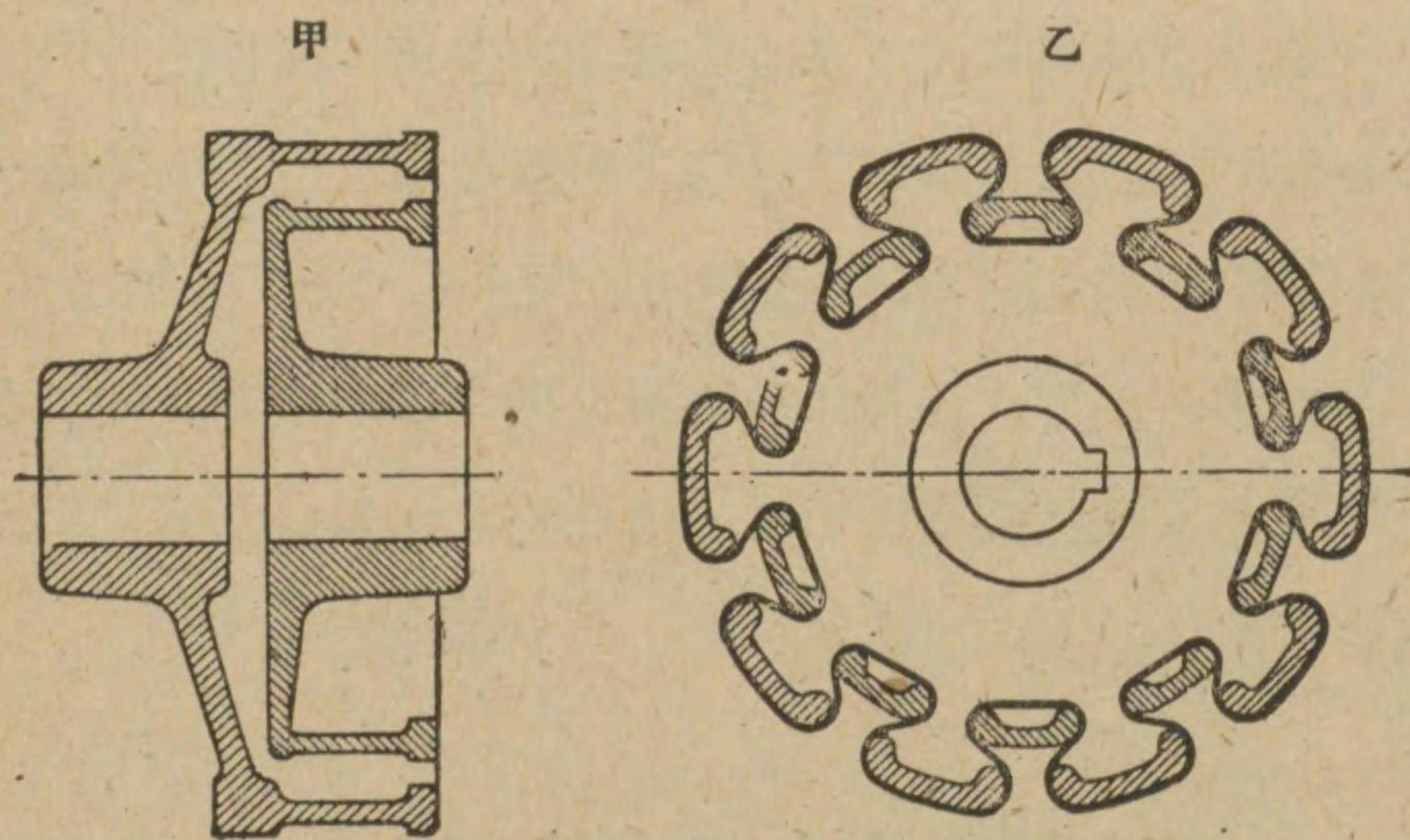
すことが出来るのである。此の方法は小規模のもので、50馬力とか、せいぜい 100 馬力以下に用ゐられる。

直結の場合には次の二つの様式がある。

1. かざられんけつ 可撓聯結
2. こちやくれんけつ 固着聯結

(1) は第 89 圖の様に横軸水車に限つて用ゐられる。水車軸の一端と發電機軸の一端とを圓形の枠にして置き、この枠を革帯で縫つて連結するのである。この聯結は小形のものの据付には最も

第 89 圖

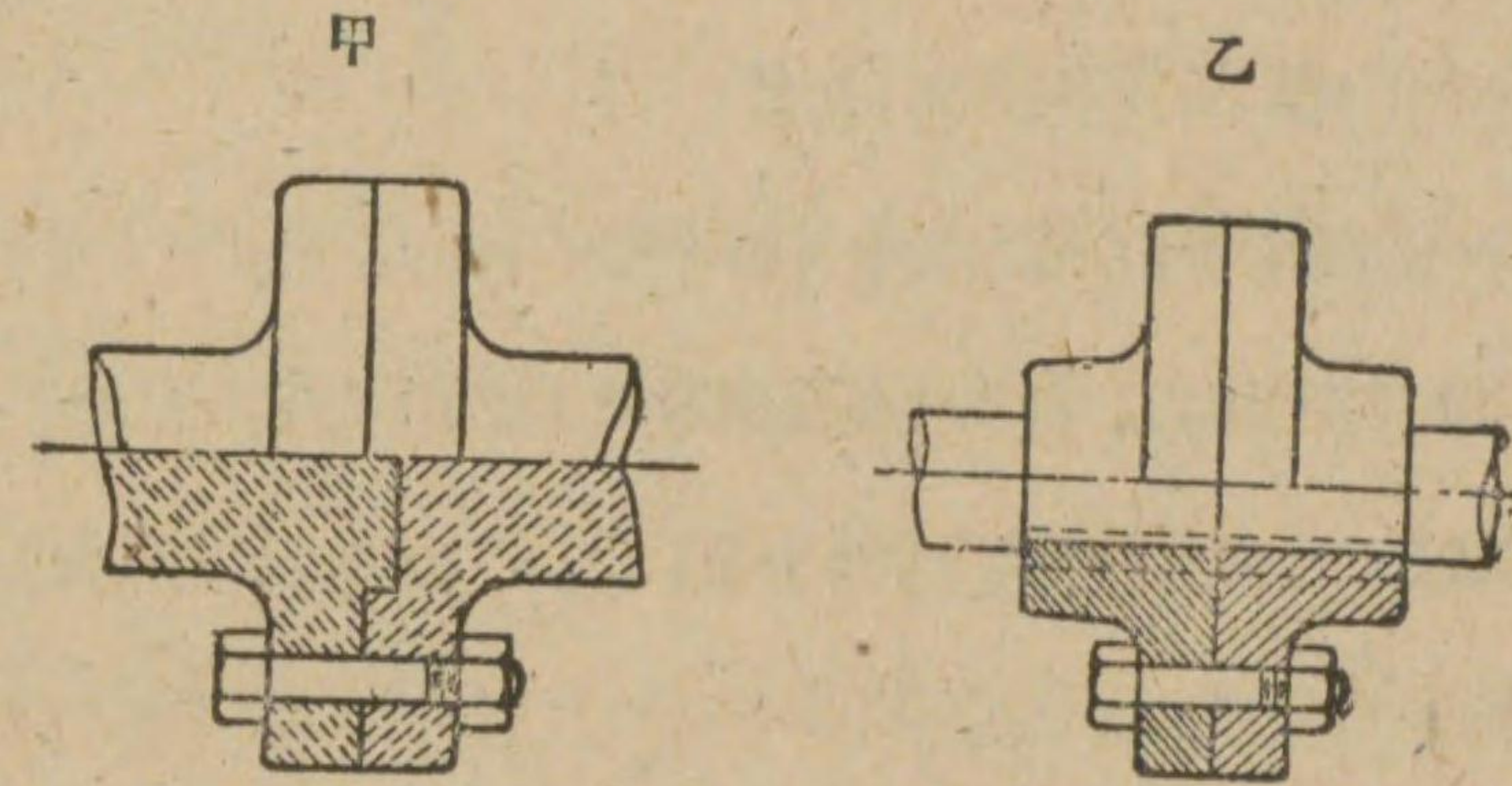


可撓聯結
(甲は縦断面、乙は横断面)

簡便である。それは中心線が完全に一致して居なくても、融通がきくから運轉には差支がない。然し大容量のもの、たとへば 500 馬力以上位になると、中心線に僅かの狂ひがあつても、革に無理が來て切れる事があるから面白くない。

(2) の方は、^{つは}接續される軸の兩方に鑿があつて、之をボルトで固着するのだから据付ける際は中心線が完全に合つてゐる事を要

第 90 圖



固着聯結
(下半は縦断面を示す)

求する。第 90 圖の様に二種類あつて中央部の凹凸を組合はせてるのを、^{いんろう}印籠と云ひ大型のものに用ゐられる(同圖甲)。

練習問題 XI

1. 水車の主要瓣を述べよ。
2. 蝶形瓣と堰止瓣の長所短所を比較せよ。
3. 側路瓣とは何か。
4. 水車と發電機との連結にはどんな種類があるか、其の名稱を記せ。

【解答】

1. 水壓鐵管と水車との區間に用ゐるのを水車主要瓣と云ひ蝶形瓣と堰止瓣の二つが多く用ゐられる。

2. (長所) (短所)
- (a) 蝶形瓣 安 價 完全に停水不能
取 扱 簡 單
- (b) 堰止瓣 完全に停水し得 高 價
3. 水車主要瓣を開く際に水車外被に満水せずして行ふ事は宜しからず又無理だから、初め側路瓣で水車外被に満水し置き、兩方の水壓を平均させて後主要瓣を開く。これは蝶形瓣にも堰止瓣にも共に設けてある。
4. (a) 調革聯結
- (b) 直 結 { イ 可撓聯結
ロ 固着聯結

第十二章 水 壓 管

86. 水壓管の大要 川の水を水路より導き入れた水槽から發電所迄水を導く管を水壓管と稱へる。落差が 10 m 内外の様に低く、水槽の底部に露出水車を置く場合には、水壓管は省略される。

水壓管は通常軟鋼板で造られる。木管や鐵筋^{コンクリート}混凝土管はごく低い落差の場合に使用出来ぬことはないが、水が洩つたり破壊する恐れがあるから用ゐない。水路には、往々木管や混凝土管を用ゐることがある。鑄鐵は其強さが鋼に比してはるかに劣つて計りでなく鑄物が悪い時には破壊する恐れがあるので用ゐられない。それで専ら鐵を使用するために普通水壓鐵管と稱する事が多い。

水壓管を支へる混凝土の受臺がある。水槽から發電所迄の間の水壓管を敷設する地面と、水壓管と受臺を總稱して水壓管路と稱する事がある。

86a. 水壓管の種類 軟鋼板の繼目にあらかじめ孔をあけて置き、これを重ねて其孔の中に赤熱した鉄(リベット)を入れ、これを槌でたゞき、冷却すると共に緊密に繼ぎ合はせる。これを鉄接すると云ふ。落差が高くなるに従つて、厚い鐵板を使用するのであるから、この鉄接が困難となり、3.5 cm 以上の厚さ

第 91 圖

では全然銲接は行
はれない。

第 91 圖は銲接管
を示す。

そこで、鐵板を
只重ね合はせてこ
れを或瓦斯で熱し
て銲接する。之を

銲接と云ふ。かくして出來た鐵管は、銲接より薄いものでかへつ
て強度が大きいのである。かく水壓鐵管は

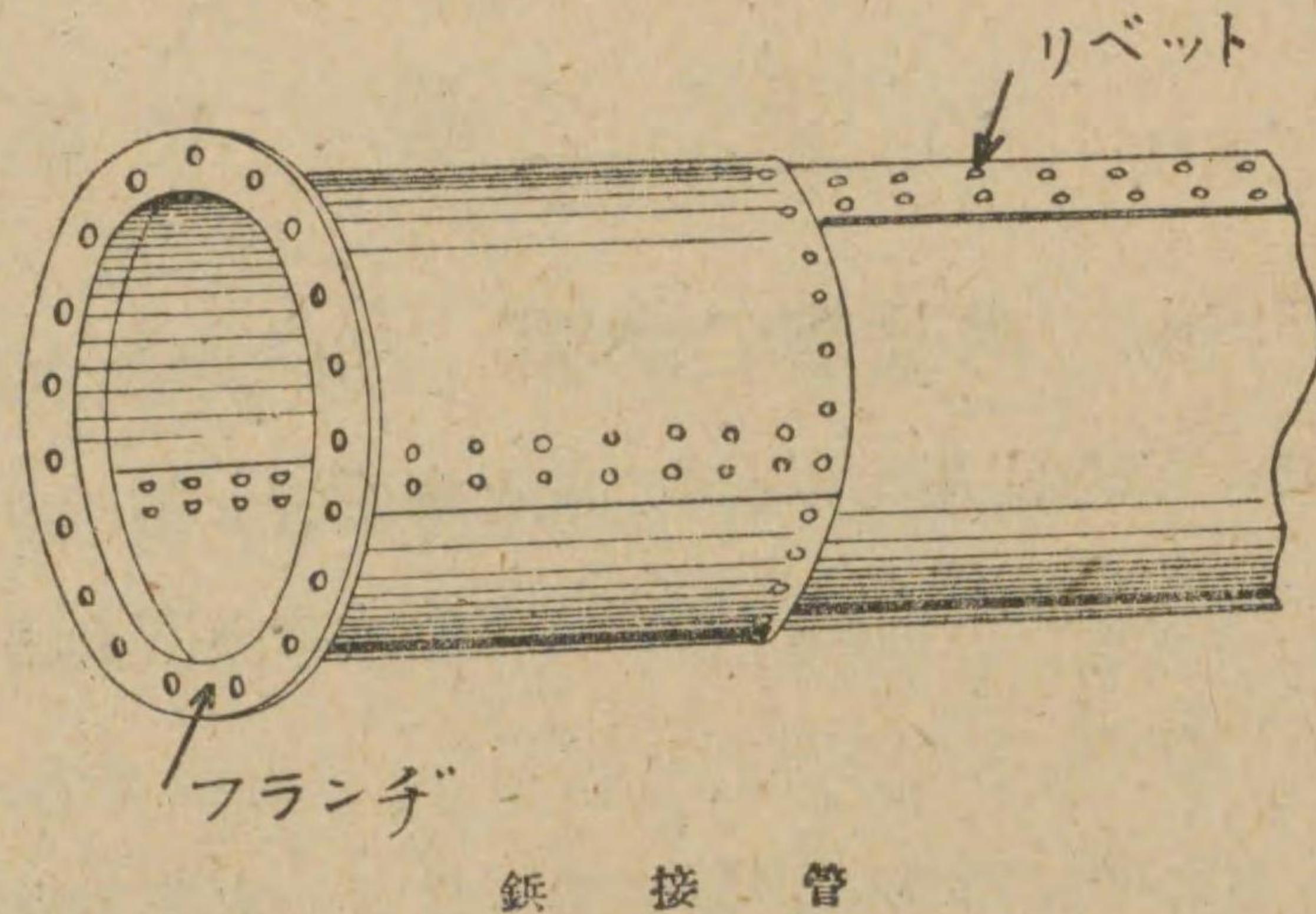
銲接管

銲接管

の二種類に分けられる。

87. 銲接管 これは、200 m 以内の落差には最も普通
に用ゐられる。それは内地でどこでも出來、そして其價も安いと
云ふ長所があるからである。然しながら銲孔をあけた爲に、鐵板
がそれ丈弱くなる缺點は免れない。

88. 銲接管 300 m 以上の高落差になると、どうして
も銲接管では堪へられぬので、これを用ゐる。これは専ら獨乙と
米國で作られ、我國ではまだ出來ぬから勢ひ高價となるを免れな
い。高落差發電所では必ずこれにすべきものだが、經費を切り詰
めた所では下半分の方の水壓大なる部分のみをこれにして、上半



分の水壓少い部分を銲接管にしたのもある。

89. 銲接管の長所 銲接管の厚さは 3.5 cm 位が最も
厚い。そして直徑 3 m 位迄は作られる。管一つの長さは普通 6
m 位である。

この主な長所は次の通りである。

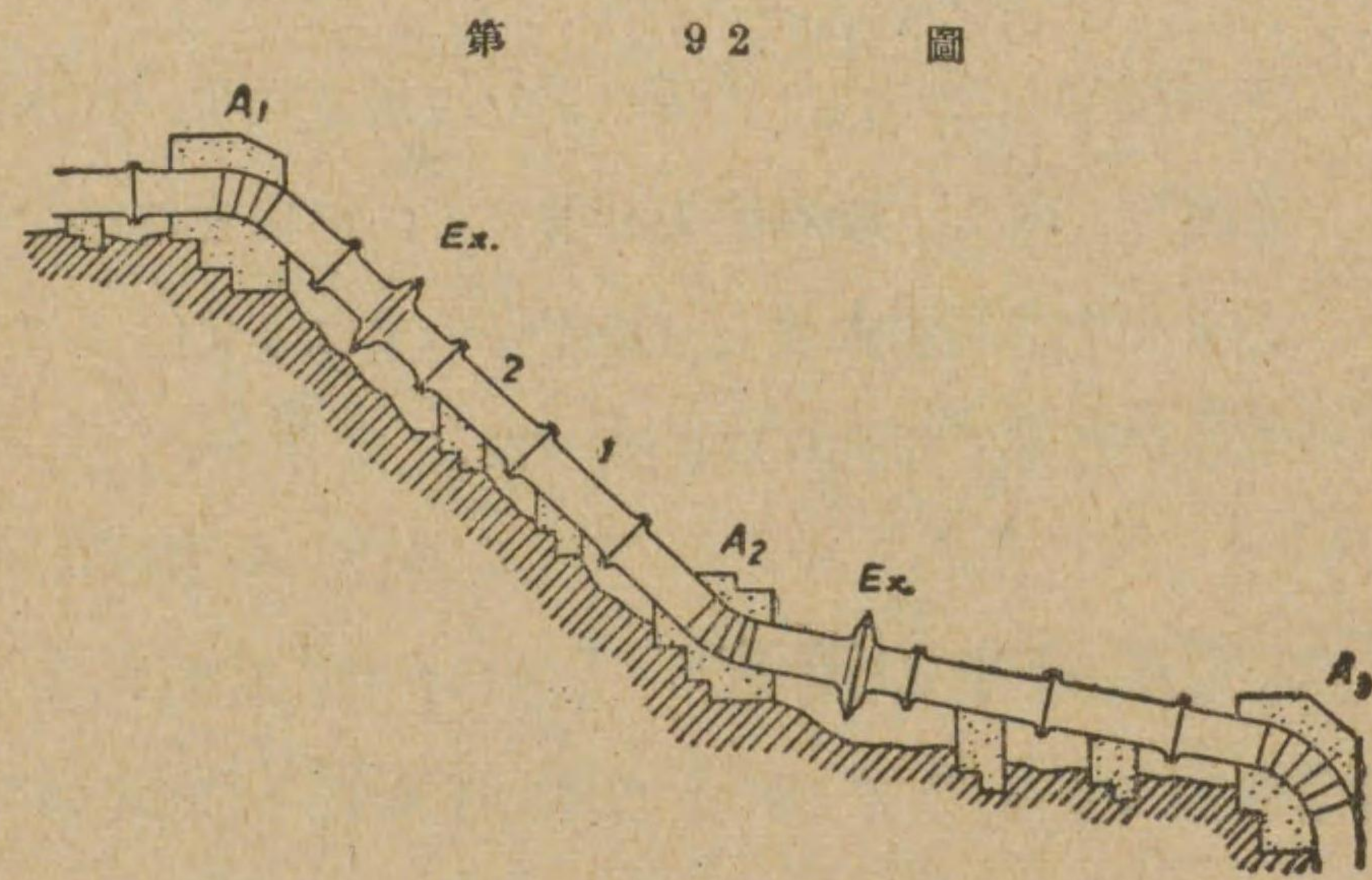
- (1) 銲接に比し摩擦損失が少ないこと。
- (2) 銲接した接續部分の強度が銲接よりも割合に減じないこ
と。
- (3) 銲接管よりも薄いもので足るから、材料が節約される事
銲接管では銲の頭部が管の内部に飛び出して居る結果、流水に對
して著しく摩擦を大にし、摩擦損失を増すも、銲接管にはこの恐
れがない。非常な高落差になると、銲接管のまはりに鋼鐵の輪を
焼ばめしたものが近來用ゐられるに至つた。

90. 水壓鐵管中の流速 これはよく問題になるこ
とで、普通毎秒 1.5 m 乃至 3.5 m 位に取ることになつてゐる。
 $Q=VA$ だから、一定流量に對しては V を大きく取る事が出來れ
ば、 A 即ち斷面積を小にし、結局鐵管の材料が少くなると云ふ經
濟的利點がある。然し流速が大なる時急に水車を停止したりする
と、水槌作用と云ふ現象で管内の水壓の異常上昇を惹起して、甚
だ危険である。それだから上記の範圍内に止めて置くのである。

水壓鐵管の徑は最小 30 cm から最大 3 m 位迄と思つて居ればよい。

91. 水壓管の支持 水壓管それ自身の重さと水の重さと加はつた重さを支持する爲に、受臺と云ふ混凝土の臺を各管の下に設ける。

水壓鐵管が曲線をなす所、即ち勾配の變る所などは固定臺（アンカーブロック）と云ふ、受臺よりもはるか大きい混凝土で管全體を包んでしまふ。そして鐵管の移動や、鐵管にかゝる外力を防止するのである。第 92 圖の受臺と固定臺とを見よ。



鐵管固定臺並に受臺と膨脹継手の配置圖

92. 水壓鐵管の接續 接續の継手は管の種類によつて次の如く別れる。

- (1) 鑄継手（フランヂ継手）

- (2) バンプ継手

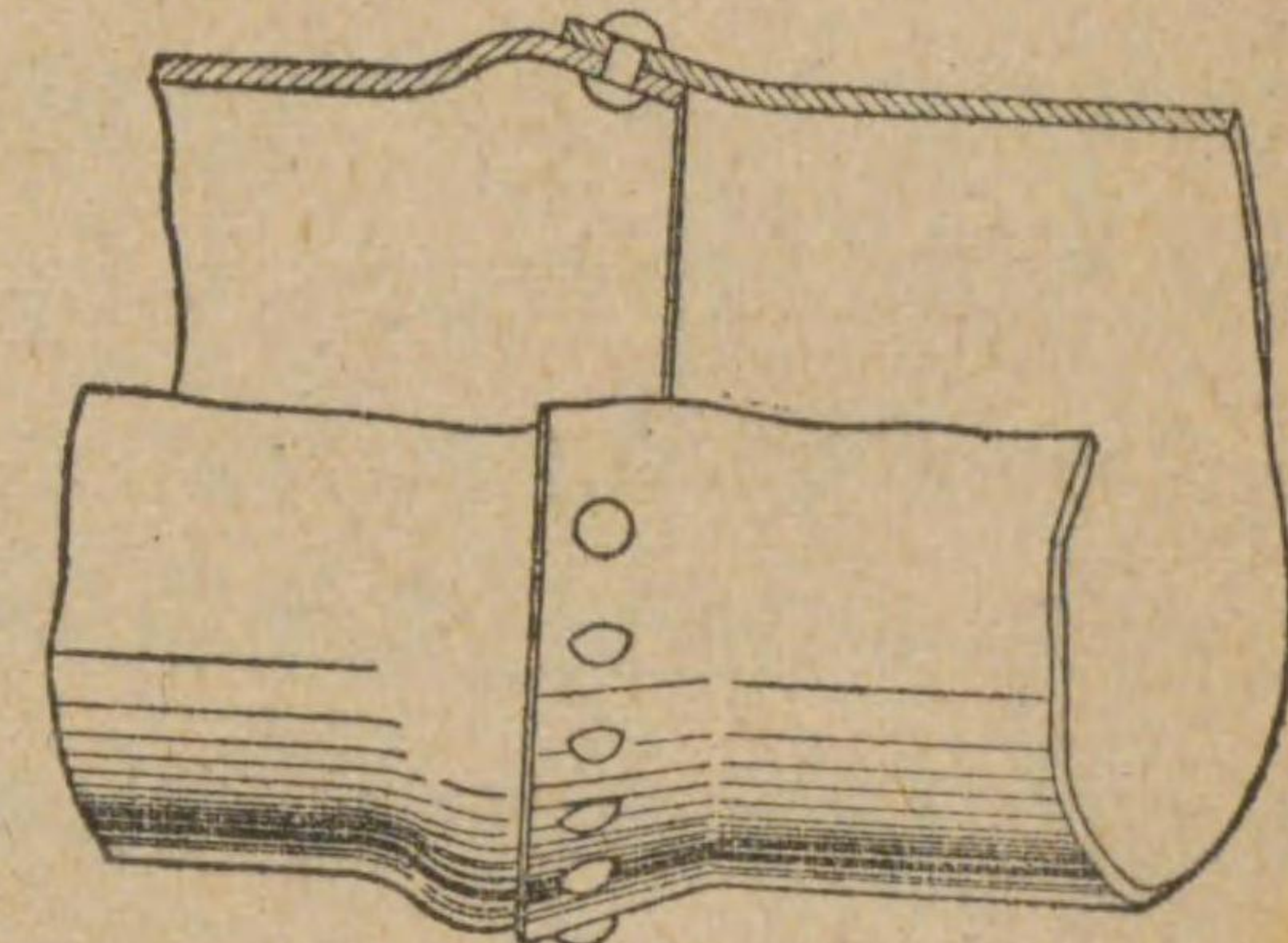
- (3) マッフ継手

(1) 鉄接管は第 91 圖の通り長さは 6 m 内外に造り其の兩端に鑄即ちフランヂを付ける。さうしてフランヂとフランヂとを相接し、その穴の中にボルトを通して、ねぢ廻して締め付けて接續するのである。

この鑄と鑄との間には、水が漏らない様に、鉛板又は麻等に白ペンキ等を塗つたものを入れる。

(2) は第 93 圖の如く、片々はふくれて、片々は擴がつた所にあらかじめ鉄孔があけてある、

第 93 圖



バンプ継手

これに鉄を入れて、中の方をおさへて置いて、外部から鉄の頭を壓搾空氣の槌でたいて締める。この継手は専ら鑄接管に限られてる。尤も壓搾空氣でリベットを打つのは鉄接管の場合でも

行はれる。壓搾空氣が得られぬときは、水壓でしめる事もあり、むしろ人力でやる事が多い。

(3) はやはり鉄接管の接續だが、特に高落差で水壓の大なる場合に用ゐられる。

第 94 圖の通り鑄接管の片々が擴がつて居り、片々がその中に丁度入る様になる。そこであらかじめ、A、B の二つの鋼鐵の輪

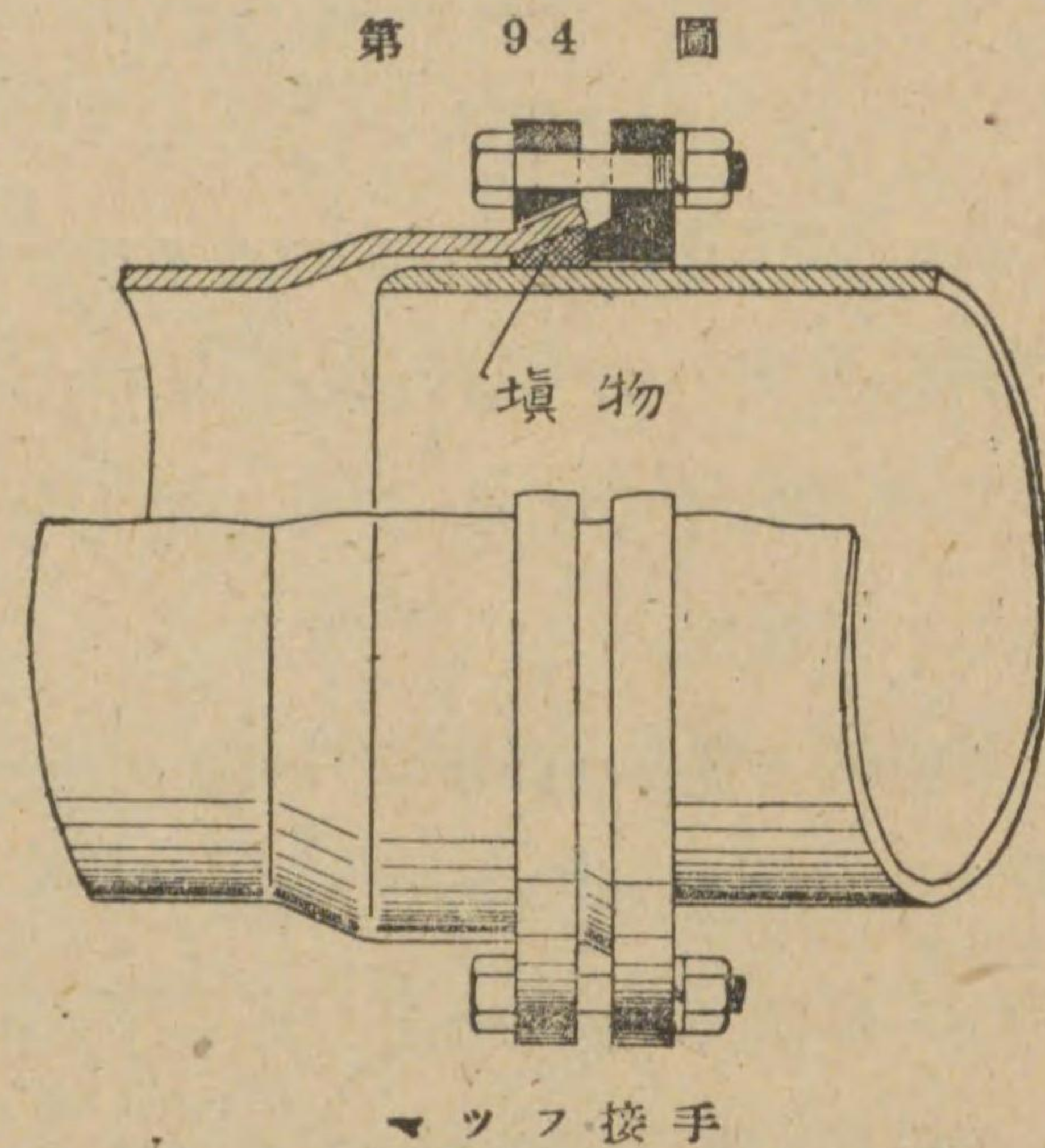
を入れて置き、管の間に麻に白ペンキ又は油を塗つたつめ物を入れ、ボルトを締め付ける。だから、水は少しも漏らなくなる。

93. 水壓管膨脹

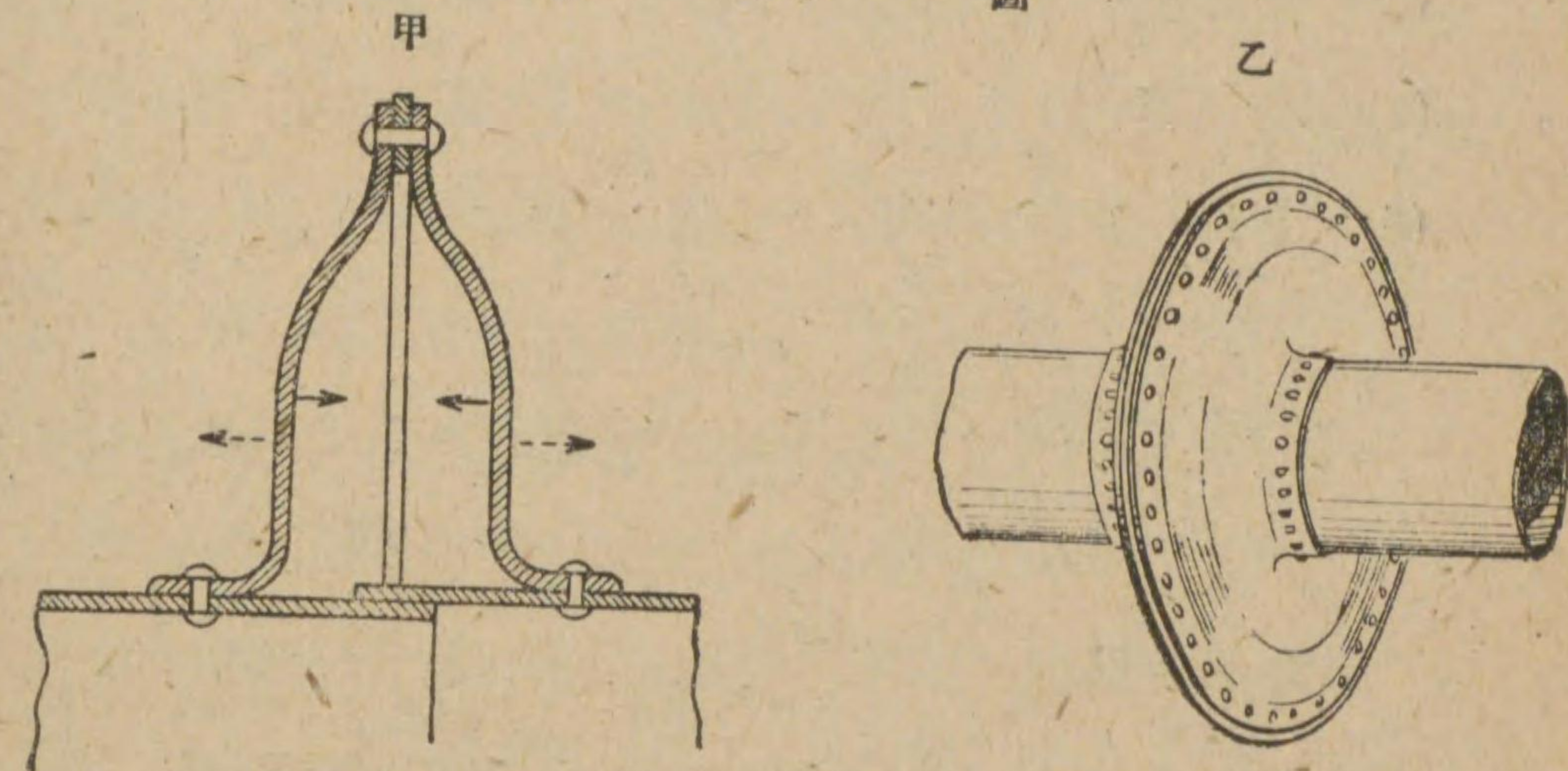
継手 温度の變化で鐵管が伸縮する力は非常

なものである。夏非常に暑い日に、汽車や電車の軌條が伸びて線路の幅が擴つて危険になつたり、北海道や東北地方で、あまり寒い爲めに軌條が縮んで、接続したボルトが切れたり、甚しいのは軌條が切れたことさへある。こんな風に、非常な力を生ずることがよくわかる。水壓管でこんな事が起つたら、水が吹き出して大變なことになるから、これを防ぐために膨脹継手を設ける。

第 92 圖で見る様に、 $A_1 A_2 A_3$ の大きな混凝土の固定臺中に水壓管を固定させてあるからどうしてもこの間で伸縮する。この圖中にそろばん玉の様な膨脹継手を設ける。銲接管では第 95 圖の様なもの、暑い時には管が互に押し合つてこの間で融通する。又寒い時は互に縮まらうとしてこの玉を引張り合つて、やはり玉の處で加減するから差支ない。



第 95 圖



銲接管の伸縮継手

銲接管ではマッフ継手を以て膨脹継手としてるのが普通である。マッフ継手は管が伸縮しても、^{つめ}填物は依然として水の漏るのを防いで居る。

94. バンプ継手とマッフ継手の長所

バンプ継手の長所は、銲の頭の部分が管中で凹んで居るから、水の通る障碍にならないので摩擦損失がごく少い。又マッフ継手の長所は、鐵管接続の場合に仕事が極めて容易である事と、各継目で伸縮を加減出来るから膨脹継手の役をつとめる事と、管の修理等の場合にも一々内部に入らなくとも外部より作業出来る事とである。

95. 水壓管の附屬設備 水壓管には次の様な種々のものが附屬して居る。然し其内一二を缺く事もある。

(1) フラップ弁

(2) 空氣管

(3) 空氣弁

(4) ドレーンヴァルヴ

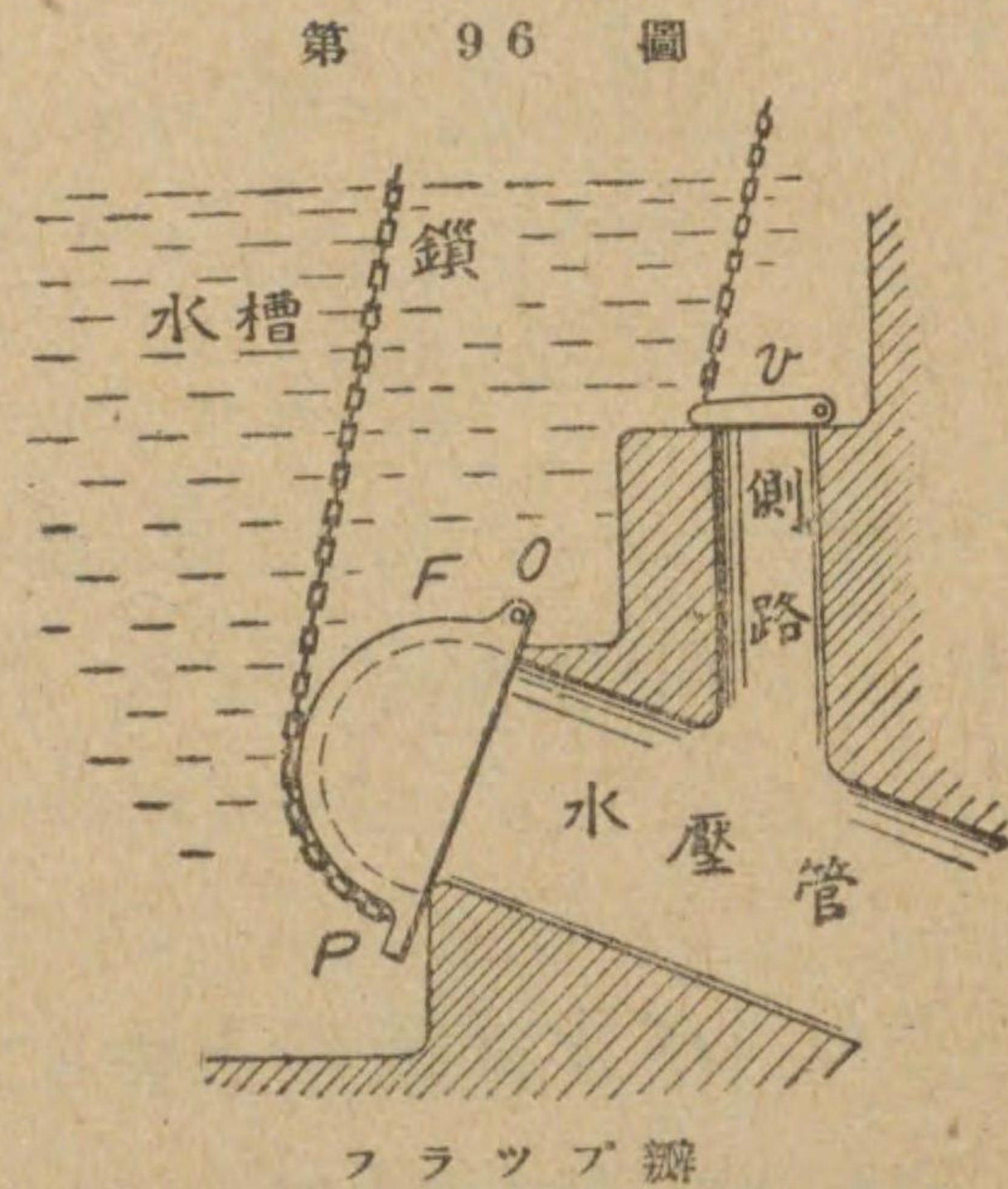
96. フラップ弁 水槽から水壓管へ入る口に第 96 圖

のフラップ弁を用ゐる事がある。殊に水壓鐵管が極めて長い時に多く用ゐられる。若し鐵管の一部が破損して急に水が流出した時には、出来る丈早くこの水を止めねばならぬ。これには、フラップ弁が最も都合がよいのである。

平生この弁は總て O を中心として P が上に引き上げてあり、その鎖は電磁石の作用ではづれる様になつてゐる。だから、遠方からでも電流を通じると、引き上げた鎖がはづれて下に落ち、水壓管の口を塞ぐのである。

初めもし水壓管に水のないときには、圖中の側路の上の弁を開いて水壓鐵管を満水し、フラップヴァルヴの両面の水壓力が平均してから、それを引き上げるのである。

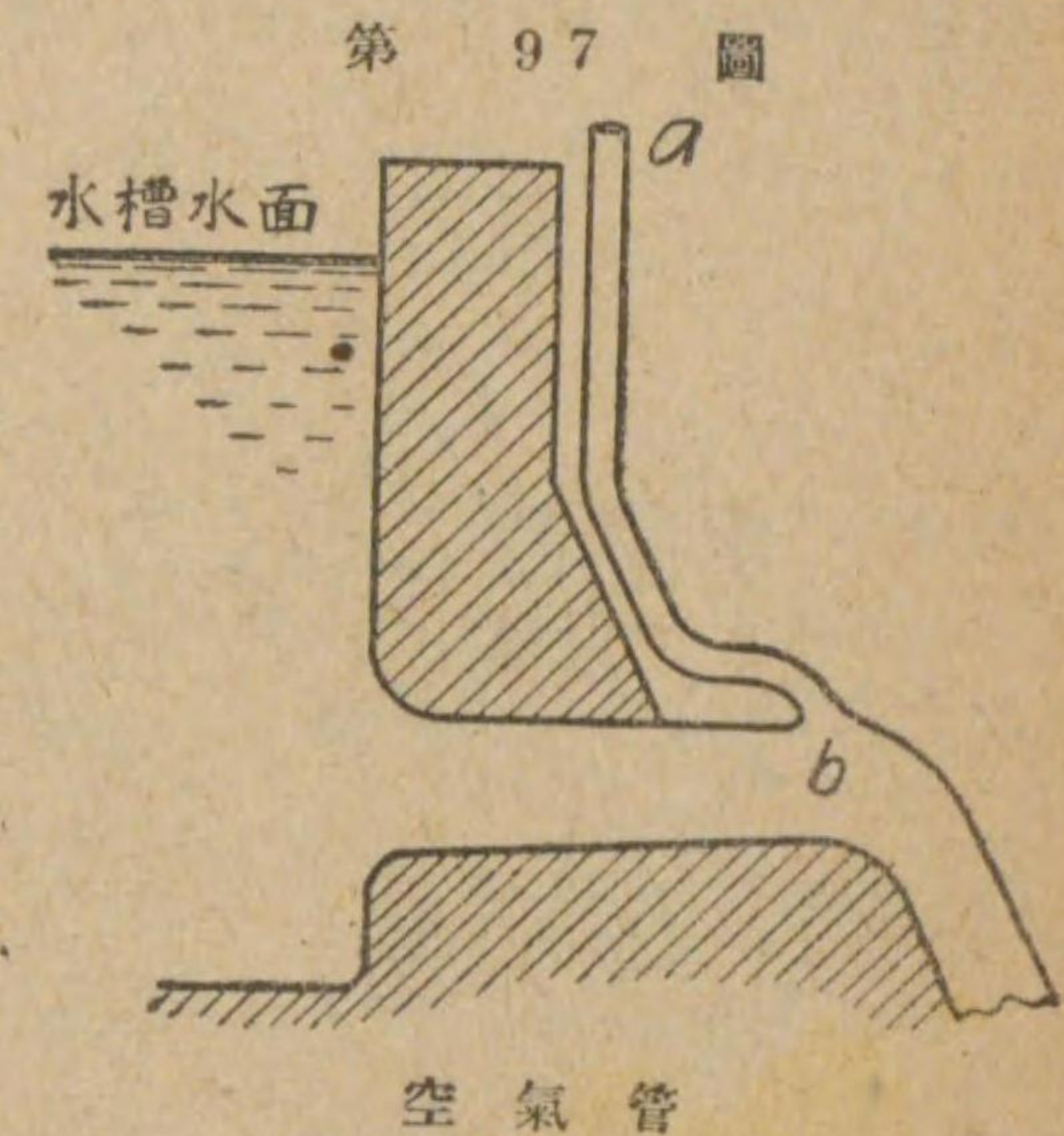
このフラップ弁の操作は、この處の番人でも、出来る様になつてゐる。



第 96 圖

フラップ弁

97. 空氣管 これも水壓鐵管が非常に長い時に用ゐられるのである。第 97 圖の様に直徑 20 乃至 30 cm 位の鐵管を水壓鐵管の最上部に鉛直に設ける。圖中 a は上が大氣に開いて居るから、最初水壓管に満水する時には管内の空氣がこれから逃げ出して行く。それから平生運轉中に若し管の下部が破裂したりすると、管中の水は非常な勢で下に流れ落ちる。水壓管の入口からは、そこから水槽水面迄の落差に相當する流速より早い流速では流れ込めないから、自然水壓管の上部には真空部が出来て、大氣壓の爲め押し潰される。然るにこの空氣管がある爲め、そこから空氣が速かに流れ込んで真空の出来るのを防止する役をつとめるのである。



第 97 圖

空氣管

98. ドレーンヴァルヴ これは水壓管の一番下の部分に設けて置くので、そのわきには水車の主要弁がある。この用途は、水壓管中にたまつた泥などを排出したり、水壓管中を掃除したりする事に用ゐるのである。水壓管に満水した際、これを開く事はよくない。何故かと云ふに、全落差に相當する非常な流速の水がこのヴァルヴから出て、それを損傷する事が多いからであ

る。だから水壓鐵管中の水を早く出してしまふ必要がある時には、フラップ瓣でなく水槽の水門を閉ぢて置き、水車に荷をかけて水をどんどん使つてしまひ、水壓管中の水の柱をなくして後にドレーンヴァルヴを開くと、管中の水は全く流出してしまふのである。

99. 水壓管に働く力 これは詳しく云ふとむづかしいことだから必要な結果丈けを述べて置かう。

前に云つた様に、溫度が變化するときには水壓管はえらい力で引かれて伸縮する。だから鐵管を地中に埋めた所があるが、これは暑さ寒さの甚しい影響を直接受けない様にする爲めである。然しながら、これにも缺點がある。それは、管から水が漏つた時に、それを見つける事が出来ないと云ふ重大なことである。

各鐵管は6m位の長さのもので、各一つ宛の受臺で支へられてゐる。受臺は鐵管の重さと水の重さとを受けるのであるが、水が動かないで居るよりか流れて居る時の方が餘計の力を受ける。最後に最も力の甚しいのは鐵管の曲つてゐる部分である。大抵の場合には、この部分を大きな混凝土で包んで固定臺にしてしまふ。この曲つた部分では、水槌作用の爲め水壓が上昇した時には殊に甚しい力がかかつて、混凝土を破壊したなどの實例があるから、よく注意すべきことである。

100. 水壓鐵管に就ての注意 水壓鐵管なるもの

は非常な勢力を蓄積してそれを水車に與へるのだから、火力發電所の汽罐に相當する。それだから構造上に大に留意すべきは勿論である。其の上、平素保守上細心の注意を要する。普通突發的に來る故障は

(1) 水壓の異常上昇による破裂

(2) 管内に真空發生の結果潰^{つぶ}されること

の二種である。(1)は前記の水槌作用によるもので、(2)は管内に水のなき部分が出来ると、そこが真空に近くなつて大氣壓の爲めに潰されるのである。だから管の最小の厚さは水壓に無關係に大氣壓の點から直徑に應じてたとへば徑1mなら6mm以上とか、徑2m位ならば10mm以上とか厚さの最小限度が定められてゐる。

練習問題 XII

1. 水壓管はどんな材料で造るか。
2. 同じ厚さで鋸接と銲接とは何れが丈夫か其理由を述べよ。
3. 銲接管の短所如何。
4. 水壓管中の流速は大凡何程位か。
5. 固定臺と受臺とはどんな役目をするか。
6. 運轉中に水壓管の最下部が破裂したならば、水壓管は如何なる故障を生ずるか。

【解答】

1. 普通軟鋼板にて造る。鑄鐵や鑄鋼では造らない。
2. 銲接の方は板に穴をあける爲それ丈け板を弱くする。故に銲接は同じ厚さで比較すればはるかに丈夫なり。
3. 内地にては未だ製作出来ざる爲めに高價なるうらみあり。従つて非常に工事を急ぐ場合には外國註文を爲すを得ず。銲接管を内地にて作るなり。

然れども 250m 以上に於ては銲接管にては絶對的に不可能なるにより、銲接管を選定するの外なし。

4. 流速は普通毎秒 1.5m 乃至 3.5m 位の範圍内を選ぶべきなり。

5. 水壓管の屈曲部は大なる混凝土にて包むを以て水壓管の微動をも許さず、故にこれを固定臺と云ふ。

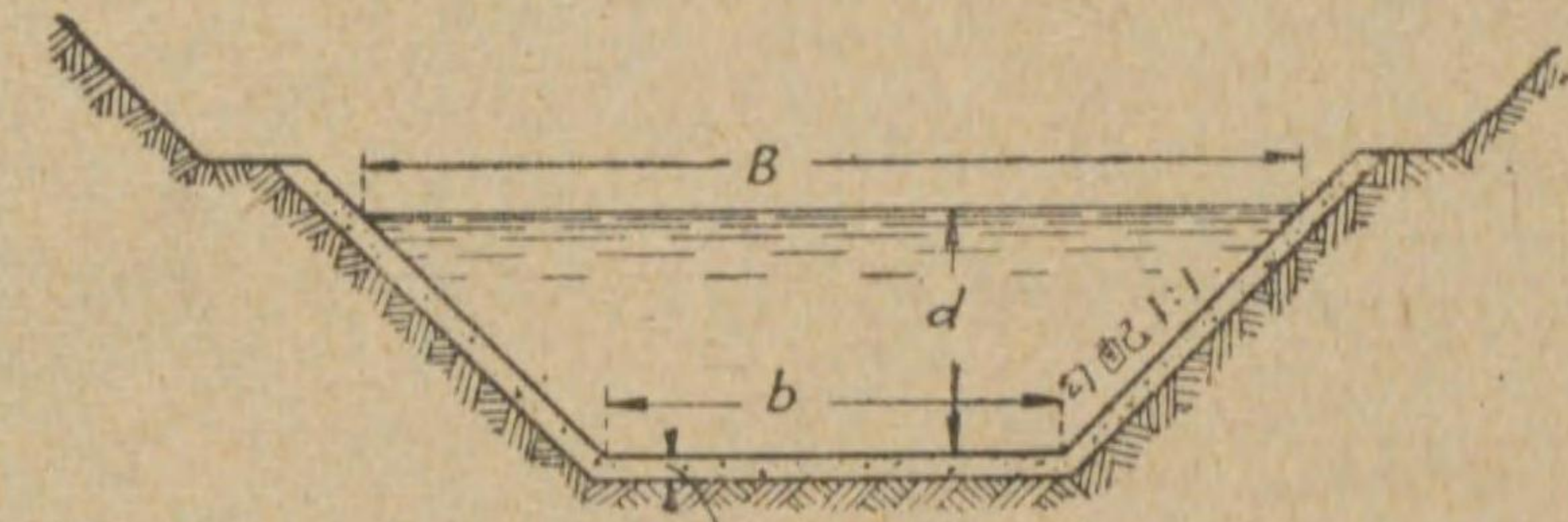
受臺は只水壓管の中心線が四方に位置を狂はせぬ様に受くる臺なり。故に溫度の變化等の場合に中心線の方角のみには動く事を許す。

6. 水壓管の最下部よりは非常な勢にて水が噴出す。然るに管内上部の水は水槽水面よりの落差少き故にその落差による水の速度 $\sqrt{2 \times 9.8 \times (\text{落差})}$ は下部に比して甚小なり。故に管中の水柱は中途にて分離するを以て、其處は大氣壓より少き氣壓となる。故に管の外部より非常なる壓縮力を受け、それに耐へずして潰裂するに至る。

第十三章 水路一般

101. 水路の區分 水路とは取入口から始まつて、水槽

第 98 圖



開渠の圖

の入口迄水を導いて來る人工的の溝を云ふ。この水路の通る所は平地許りでなく、谷や絶壁もあり、又隧道を作つてぬけることもあり、地形によつて様々である。

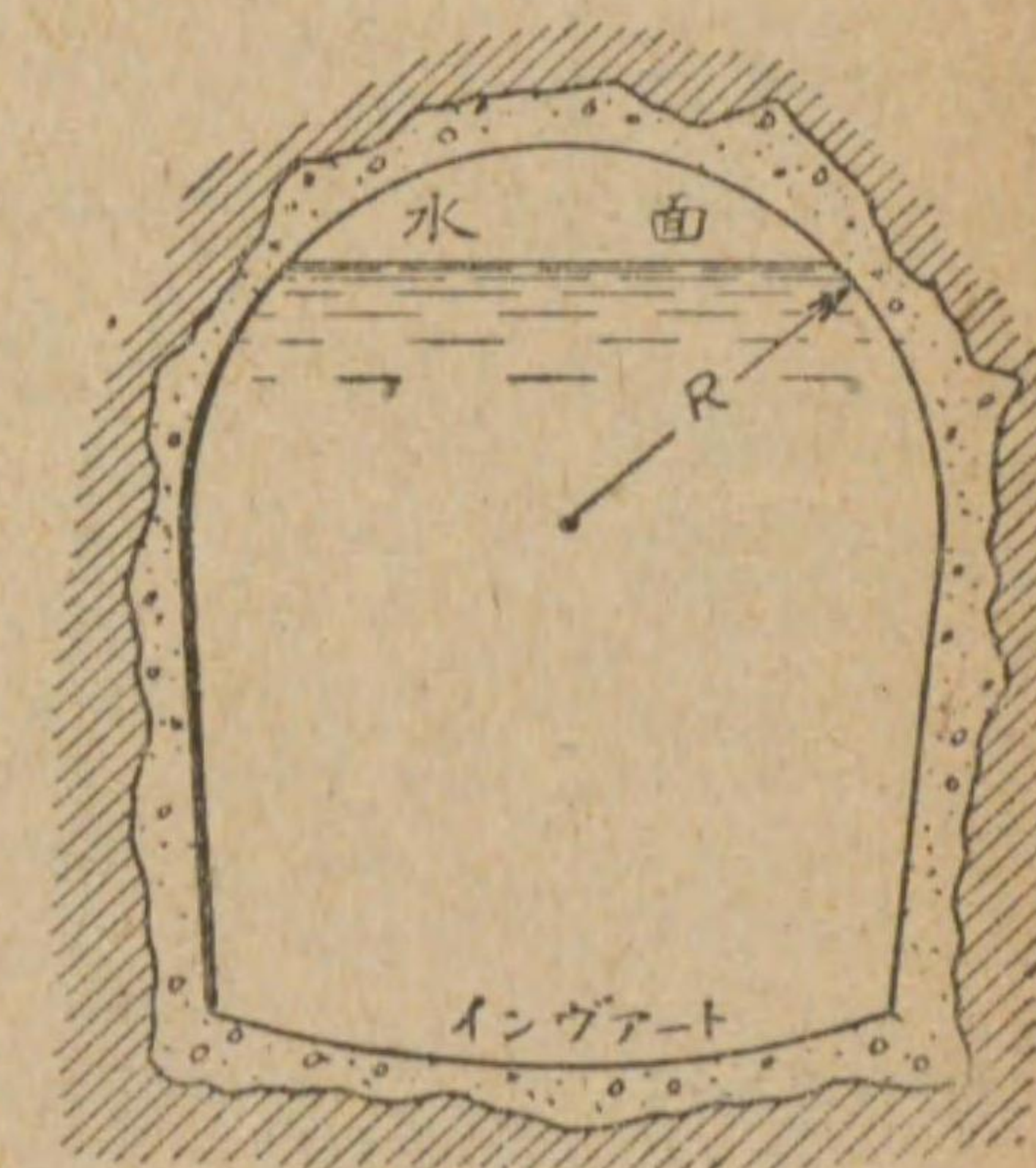
然し大體分けると

- (1) 開渠 (第 98 圖)
- (2) 隧道 (第 99 圖)

の二つになる。

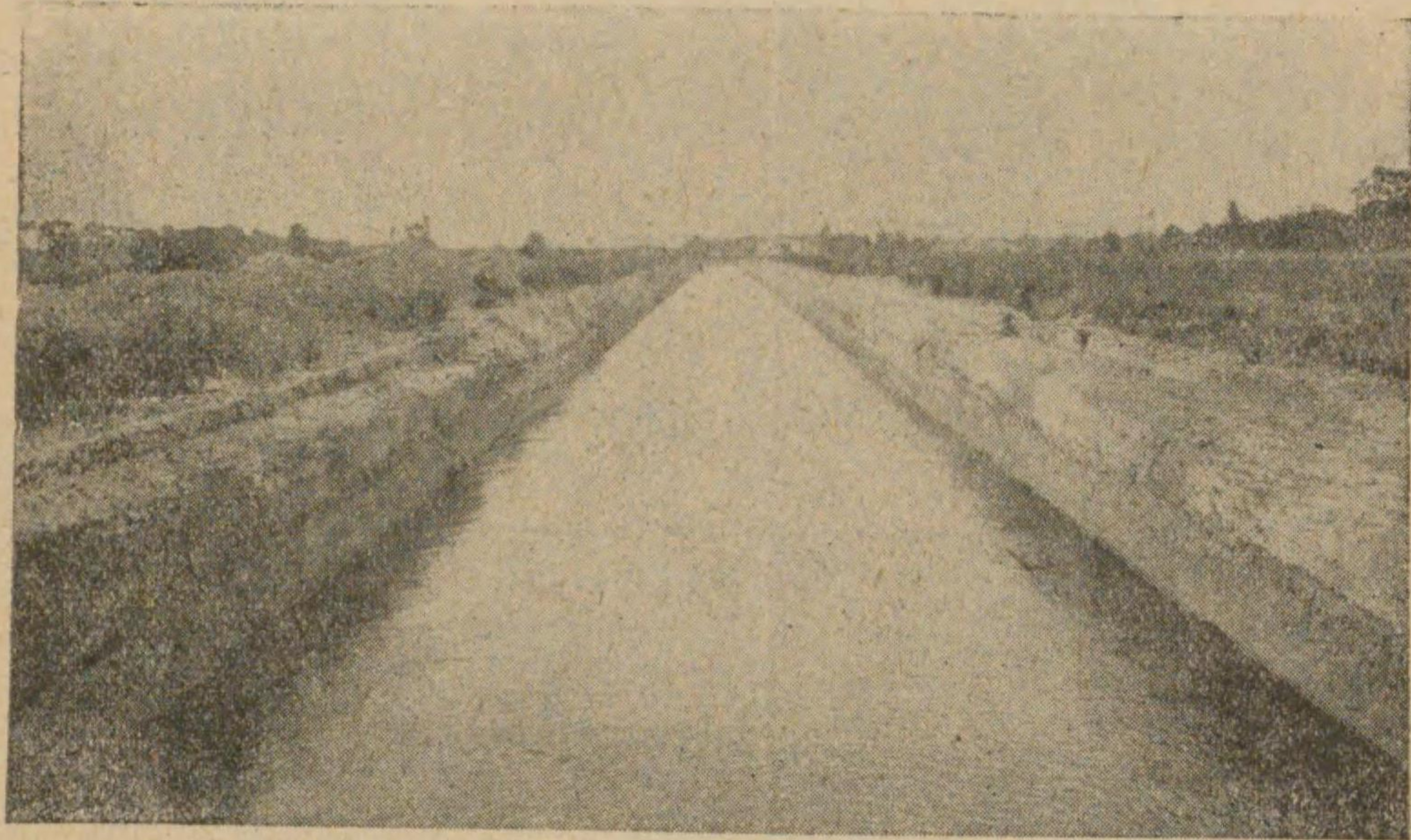
開渠と云ふのは上部が開いて覆ひなき水路の事で第 100 圖は實例である。木造の樋即ち木樋 (第 101 圖) もこの一種である、開

第 99 圖



隧道の圖

第 100 圖

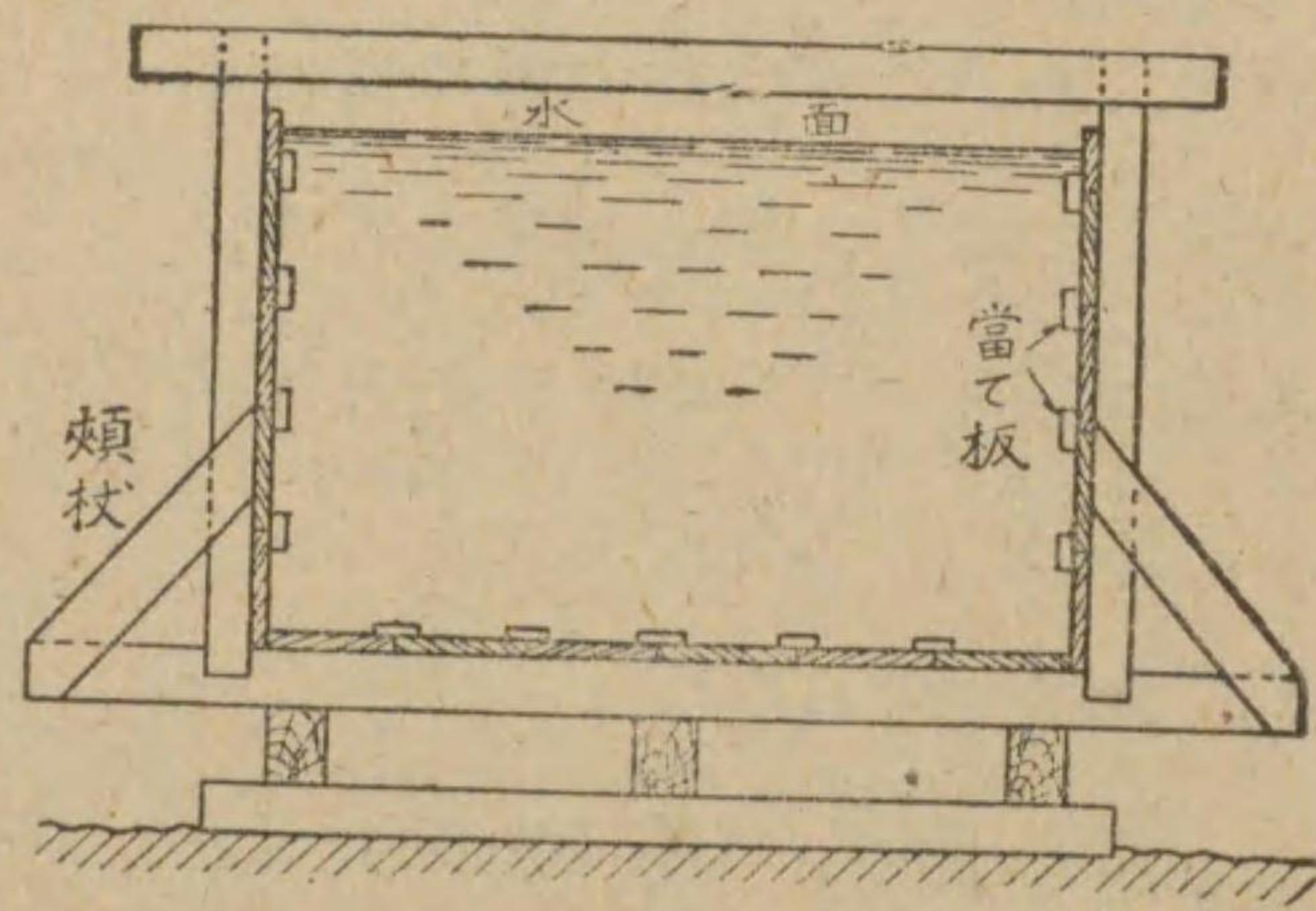


米國ナイアガラ水力の開渠 (幅 15m 深さ 10m)

渠には土又は岩を掘つて造つたものがある。

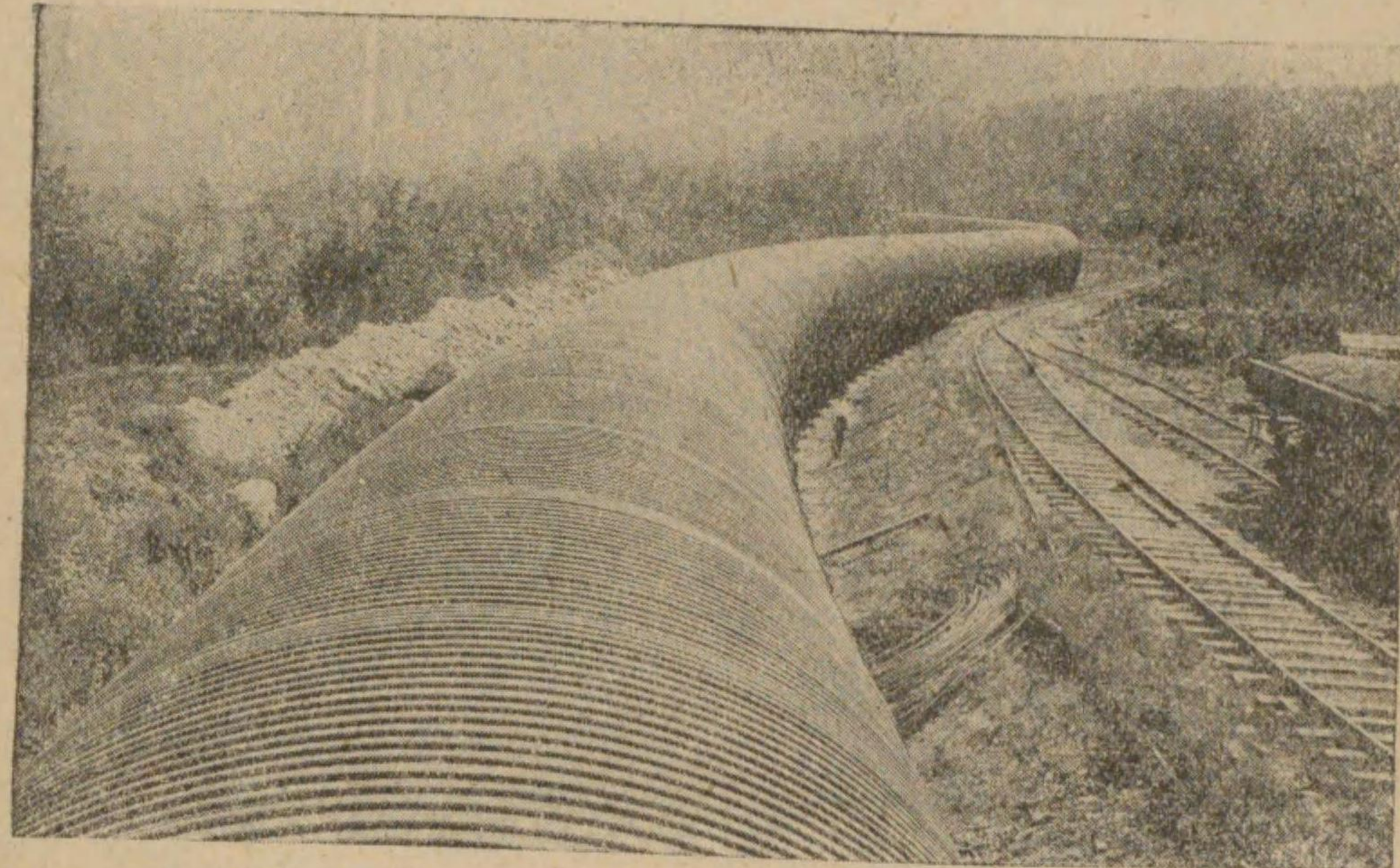
又覆ひのある溝もある、これを暗渠と云ふ。又木や混凝土で圓形に造つた水路管と云ふものもある。(第 102 圖) 隧道と云ふのは汽車のトンネルと全く同じで、只水が通る丈けのちがひがある許りである。水が一杯に満ちて通るのを壓力隧道と云ふ、上の方に水壓が加はるからである。普通の隧道は上の方迄一杯に水を通さず上部に餘裕を存してある。

第 101 圖



木 桶 の 圖

第 102 圖



木 管 水 路

桶状の管を作り其外部を太さ 2cm のバンドにてしめる

102. 盛土 開渠は平地ならば只土を掘取つて造るので工事が容易である。然し、若し低い地面や谷の様な所があつたらどうするかと云ふに、ごくわかり易く云ふと川の堤防の様に土を高く盛り上げ、その上に溝を造ればよい。斯様に土を盛り上げるのを盛土と云ふ。第 98 圖は平地に開渠を作つたのを示して居る。正方形か長方形の断面にしないで、こんな梯形にした理由は、横の壁——これを側壁と云ふ——が崩れる心配があるのと、もう一つはこの形が一番水の摩擦が少くて利益だからである。

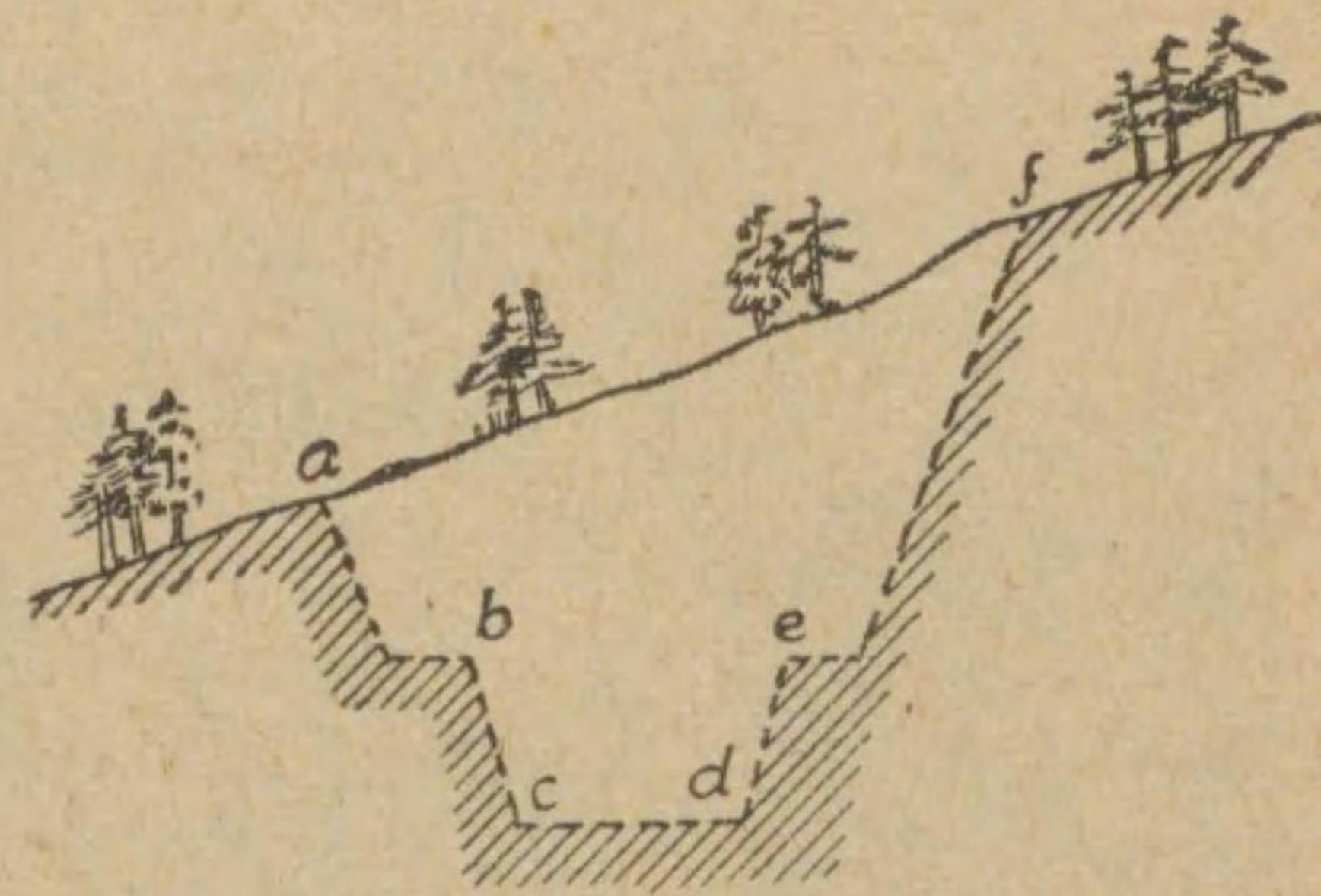
103. 切取 第 103 圖の様に、地面を深く切り取つて

$b c d e$ の溝を作りこれに水を通すので、これを切取と云ふ。斜面の處では第 104 圖の様になつて $b c$ に水を入れると $a b$ の部分は土の厚さが薄いから崩れる恐れがある。ことに、 b の部分からも水が漏つたとすると、崩れる機會が多いのである。だから第 103 圖の様に深い切取の方が水路として極めて安全で理想的のものである。然し深い方が土を餘計に取つて上に運び出すのだから費用が多くかかるのは云ふ迄もない。

104. 水路の勾配 汽車や電車の線路で、勾配と云ふのは長さ 1000 m に付き 1 m の割合で降つてると、降り勾配が $\frac{1}{1000}$ だと云つてゐる。

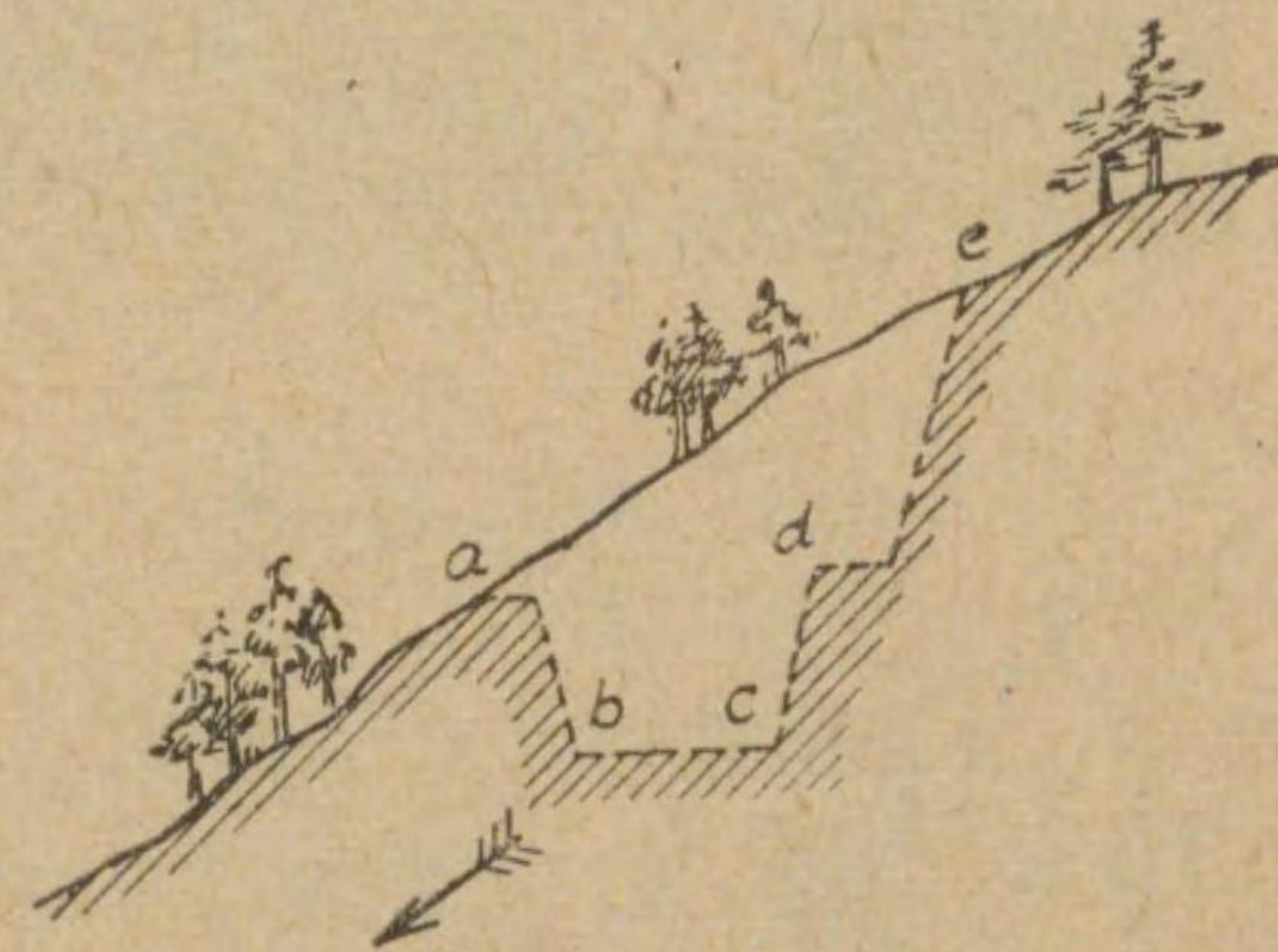
汽車や電車ならば昇つても降つても平氣だが、水はそうは行かない。水は低きにつくと云ふ諺がある位で、いくらでも低い所に行くのであるから、水路を昇り勾配にすることは絶対に出来な

第 103 圖



切取の圖

第 104 圖



浅き切取

い。それ所か、水平にも出来ないのである。だから、汽車や電車の線路とちがつて水路は勾配に對しては融通のきかぬ事おびたない。

勾配はどの位にするかと云ふに、普通は $\frac{1}{1000}$ 乃至 $\frac{1}{2000}$ 位なものである。ごく小規模のものでは $\frac{1}{100}$ 乃至 $\frac{1}{300}$ の様なものもあり、まれに $\frac{1}{3000}$ と云ふものもある。

105. 盛土と切取との比較

取入口の位置がきまつて來ると、水路は前記の勾配で行かなければならぬから、低い地には盛土を作り、高い地に對してはそれを切り取つて行かねばならない。あまり高い地面は切り取るに費用がかかるので隧道にする。水路を造るのに盛土と切取との比較をあげよう。

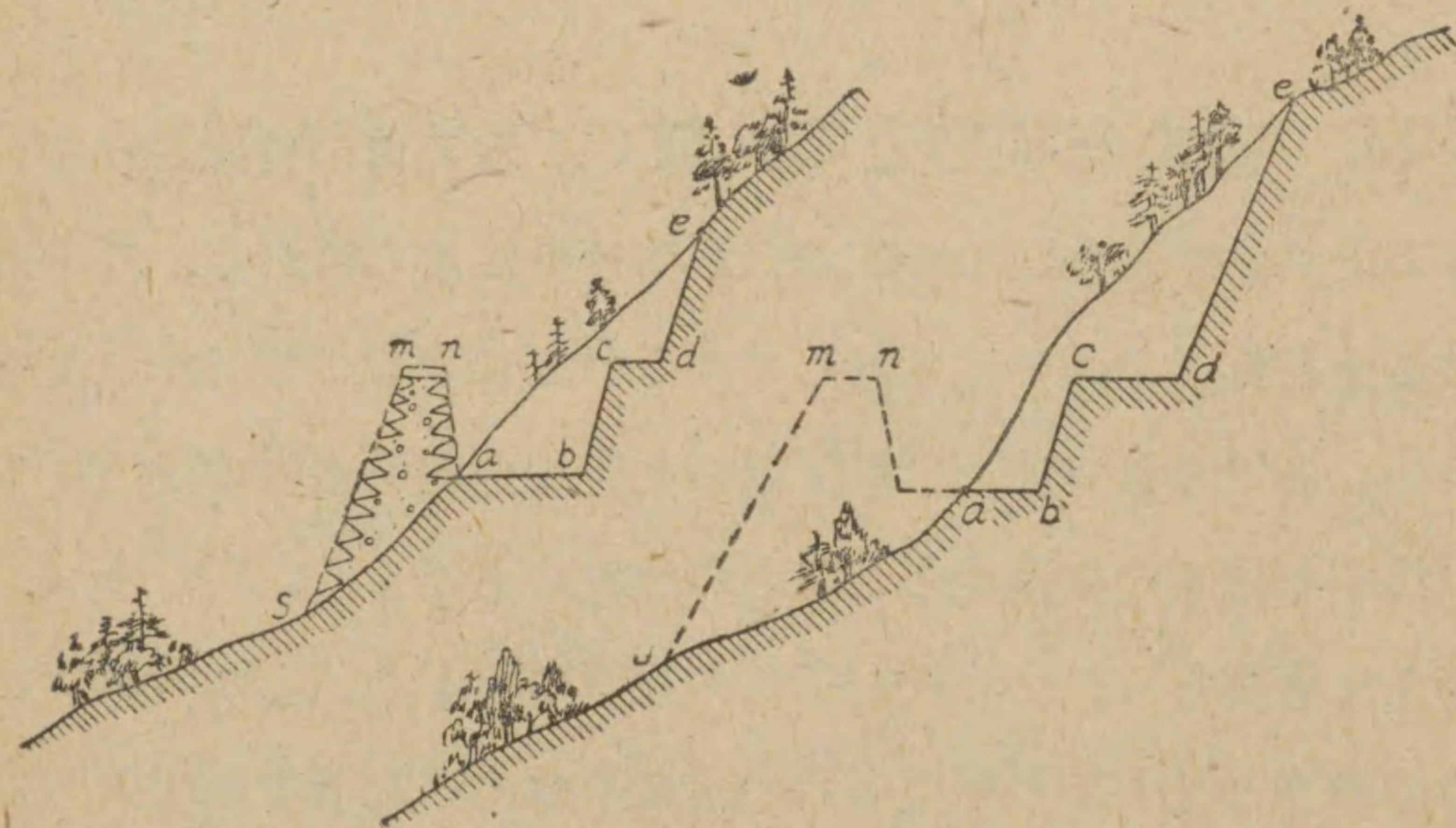
盛土は築堤とも云ひ、土を新しく盛るのだから、土が次第にしまつて來たり又上部の開渠の水の重さの爲めに沈下する傾向が多い。其結果開渠に龜裂が入つて漏水をひき起す。この漏水は實に恐ろしいもので、盛土全體の崩落と云ふ大故障のもとである。開渠に木樋を使つた場合には、木樋が露出してるから水の漏るのはすぐ見出すことが出来るから割合よいが、混凝土の場合には、土の中に水の漏るのはわからないから始末に終へない。

之に反して切取の下は天然の地盤であつて、土が既に充分しまつて居る所であるから、前記の様な心配はなく沈下する事は無

い。只困る事は、切取つた兩方の斜面が崩れ落ち、開渠の流水を停止することと、落ち葉の期節に急に澤山の木の葉などが開渠に入る様なことと、雪の多い地方では雪なだれの爲めに開渠全部埋没したりすることなどである。だから、上に混凝土又は板などで覆ひをするのが安全な事で、かうなると暗渠と云はれる。

第 105 圖の様な半分切取つて其土を低い方に盛土するのを半

第 105 圖



半 切 取

切取と云ふ。これは土を運ぶ費用が減じて利益なのである。然しこれには著しい短所が伴つてゐる。それは、高い處から岩石や土砂などが落下して開渠に入ると、水が溢れて弱い盛土の部分を通り去るとか、更に甚しくなると開渠全體が跡形なく崩落してしまふ事がある。雪國の雪なだれが水路に對する最大脅威であることは云ふ迄もない。

結論として盛土は出来るだけ避ける設計を取るべく、止むを得ず之を設ける時は暗渠とするのが望ましい。隧道にするのが一番安全であるが、金がかかるのと工事に手間がかかる煩がある。然し水路の理想的なのは全部隧道式である。

106. 水路内の流速

水の流れがあまり遅いと、土や砂が水路内に沈澱したり、雑草だの水苔が生じ水の摩擦を増していけない。さりとて、あまり早くと、側壁などがいためられる。適當の流速は通常1.5m/sec.乃至2m/sec.位にする。木曾川の水路で、水蟲の一種が側壁の面に巢を作つて水の摩擦抵抗を増し、規定の水量が減じて困つた話を聞いている。

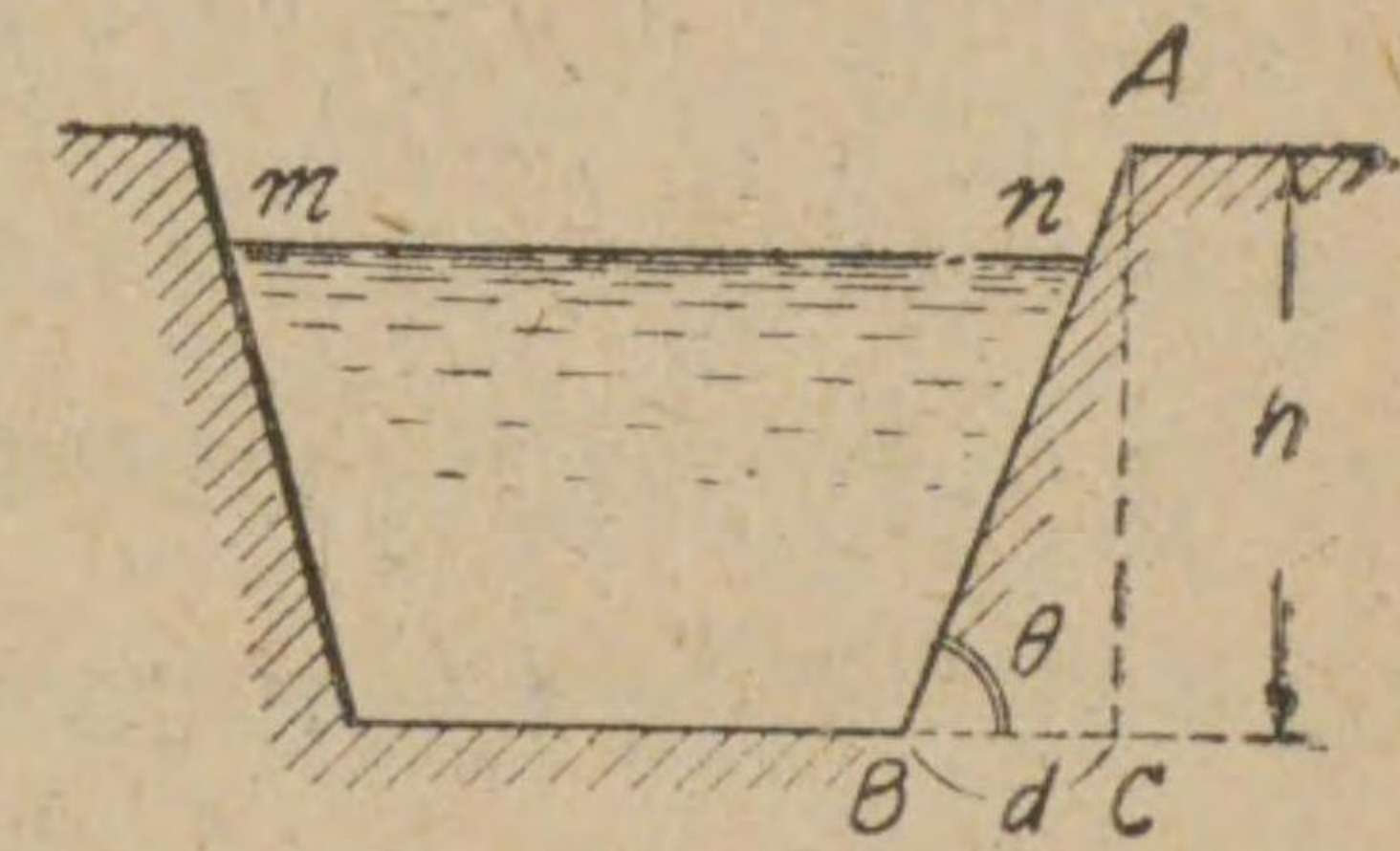
107. 開渠側壁の勾配

第 106 圖に於て

$$\frac{BC}{AC} = \frac{d}{h}$$

を側壁の勾配と云ふ。即ち h が 1 の時 d が 0.5 ならば、これを五分勾配と云ふ。汽車や電車の勾配では、 $\tan \theta$ 即ち $\frac{h}{d}$ であるが、此處ではそれと反對であるからよく注意を要する。 θ が 45° 即ち $h=d$ なる場合は、1 割勾配と云つてゐる。開渠では 1 割より

第 106 圖



開渠の断面圖

緩にする事はないが、盛土ではもつと緩にする方が一層安全である。垂直の高さに對して水平の長さが2倍な時は2割勾配と云ひ、之に比例して高さが1で水平の長さが1.2ならば1割2分の勾配と云つてゐる。

108. 隧道の形狀 普通高さ20m以上の切取はかへつて費用がかかつて隧道の方が安價になる。汽車の線路を見てもそんな深い切取がないのでわかるであらう。

隧道は上から土の壓力を受けるから、それに對して弧狀にするのである。普通第99圖の如く馬蹄形にして、下の方は逆に丸くする。之を俗にインバートと云つてゐる。これは澤山の水量を通す場合であつて、もつと小さいものになると上丈けを弧狀に側壁を鉛直に、底面を平にする。又長方形斷面や圓形の水路もある。

109. 水路の混凝土工事 先づ開渠から述べるが、地盤が岩石の様な堅い時は側壁を鉛直にするのが多い。そして掘り放しにすると、岩の目の間から水が漏つていけない事と、流れに對する摩擦が多くなつてわるいから、この面に**モルタル**(膠泥)を2cmも塗る。このモルタルと云ふのはセメント1と砂2位の割合で混合し水でねつたものである。又地盤が土の様な場合には、第98圖の如く、土の強弱に應じて相當の厚さの混凝土を施し、その面はやはりモルタルを塗り其面を滑らかにする。

隧道は盤が岩石だつたら、掘り放しにする事は稀にある。開渠と

ちがつて、水が漏つても必しも危険な事はないが、水を損してはつまらない。岩の質が非常に堅く密な所で掘り放しにした例はあるが、あまりよくない。だから、やはりモルタルを適當の厚さに塗り漏水を防ぎ、一は摩擦損失を少なくする。もし地盤が軟弱な時は最も警戒を要するもので、もとは煉瓦を澤山に巻いたものだが、近頃は木型を作り、その外部を混凝土で作り上げる。場合によつて豫め混凝土の長方體のものを、ほかで造つて置いて、これを積み上げる事もある、これをコンクリートブロックと云ふ。煉瓦でも、ブロックでも、積み上げたものと周圍の土の間は混凝土をしつかり埋め込んで、隙のない様にしなくてはならない。よく隧道の崩れたあとを調べると大きな隙があつた事が珍しい事でない。これは、工事する時に、監督者の眼を盗んで悪い工事をした爲めである。

110. 導坑 隧道を掘つて行く時には初めから一度にあんなに大きな斷面で掘り進むものでない。最上部丈けを小さな斷面に掘つて進行する。そして他の部分はその間に人手をかけて掘りひろげるのである。この最初進行するのを**導坑**と云ふ。

普通隧道の進行程度は、一晝夜内に於ける導坑の進行程度を云ふのである。そして隧道は兩方の口から掘つて行くのであるが、片口一晝夜の進行は岩石の様に堅い地盤ならば1m位宛である。地盤があまり堅からず軟かならぬ時は3m宛も進行するのであ

る。之れだから隧道の長さ 2000 m あつた時、1 晝夜の進行が片口 2 m 宛なら、合計 4 m で 2000 m を除して、500 日即ち 1 年と 4 ヶ月餘で貫通する。導坑が進行して行くかたはら、他の部分の切りひろげや、混凝土卷工事をやつて行くのである事は勿論である。然し、貫通したら直に水を通せるかと云ふに、そんな事は出来ない。隧道の長さにもよるが、早くて三四ヶ月、甚しいのは貫通してから完成迄半年もかゝる事がある。一寸考へると、人手を増してやれば、もつと工事は進みさうだが、あの狭いあなの中に人を増しても仕事の進まないのは自明の理である。

それだから、水力發電工事全體が晝夜兼行で 2 箇年かかるものとする、どこが一番長くかゝるか云ふに、大抵の場合では最長隧道そのものである。だから、逆に最長隧道の竣工期限を基準として、他の工事を進めて行くのである。これは獨り水路工事のみでなく、水車や發電機を外國で作るとしたら、外國で作る期間が何ヶ月、船で何ヶ月、陸揚してから發電所迄何ヶ月、發電所での据付運轉に何ヶ月と云ふ風に、豫め綿密に計畫して、工事に着手するのである。

上の説明で、この導坑の進行と云ふ事が如何に全局面に影響を及ぼす意義あるものか、仕事の共同動作が必要な事であるかがよくわかるであらう。

111. 機械掘と手掘

普通隧道内の地盤は岩石の事が

多い。そんな場合には^{あつさく}壓搾空気を用ひ、^{さくがんき}鑿岩機を動かし、岩石に澤山の深い小孔を穿ち、中にダイナマイトを装置し、口火を付けてこれを爆發させる。さうすると、岩がザクザクに落ちる、この破片や掘つた土砂を俗にズリと云つて居る。このズリは土運車(俗にトロと云つて居る)などで外部に搬出する。このズリの分量はあなどれないもので、谷全體を埋めてしまふ事もある。木曾川の岸を汽車の中から眺めると、長い土手の様な石垣が連なつて居るのがある。あれは皆ズリを捨ててそこに造つたものである。

機械によらずに人力によつて、のみで岩に孔を穿ち、これにダイナマイトを入れて爆發するのを手掘りと云ふ。勿論、軟かい土ならば、鶴ハシで取ることも出来る、これもやはり手掘りである。通常總延長が 1 km 以内の短い隧道でなければ、手掘りはやらない。これ以上の長い隧道を手掘りでやると、工事が手間取る許りでなく、仕事する人が排氣不充分的爲めに苦しみ、作業が出来なくなる。勢ひ費用をかけて機械掘にして工事を早く進める。壓搾空気はよい事には、時々管の口を開いてやると清淨な空氣が勢よく出るから、坑内の仕事をする人が元氣が出てよいのである。坑内はダイナマイト爆發から出る悪い瓦斯で空氣がわるくなる。坑内で石油を燃すカンテラなどを用ゐると、この烟が著しく空氣を汚すのであるから、電燈を點ずるに越した事はない。

112. 隧道工事に對する電氣工作物

水路の隧道は

一日も早く貫通したいと云ふ事は勿論、汽車や電車でも一日を急ぐのは同じ事である。出来得る丈工事を進捗せしむるには相當の費用を投じて設備をしなくてはならない。そこで、電氣がこの重要な役割を擔當するのである。一寸考へると、電氣専門の技術者は、水車や發電機を据付けて運轉する事と、一方送電線路を構築し、變電所の仕事をすればそれで充分だと思ふが、仲々さうでない。電氣技術者が渾身の勢力を注いで、水路工事を促進させるのは此處である。その種類は

- (1) 工事用電燈
- (2) 排氣及排水電動唧筒の運轉
- (3) 鑿岩機用壓搾空氣原動機の運轉
- (4) 土砂搬出用電氣鐵道

これを逐一詳述すると、これ丈けでも一冊の書物になる位になるから、一二の實際上の要點丈けに止めよう。

(1) 先づ隧道の内部に電燈を點火する事で、これは近所に電源があれば只線を引く丈けでよい。然し、もしなければ、火力設備などで發電してもつて來るのである。場合によつては近くの谷川の水力を利用し臨時發電所を作り、これから電線路を引いて來る事もある。いづれにしても、隧道内に電線を張るのだが、これはいくら短期間でも逓信省の電氣工作物規程によらなくてはならない。規程第 106 條によつて高壓線路でも差支無い。

然し、此際考へなくてはならぬ事は、ダイナマイト爆發の爲め

屢々電線が切斷されることである。切斷を防護する方法には色々あらうが、^{がいそう}鎧裝電線のまはりに、小さい樹枝を澤山まき付けて置くのが最も安全である。鎧裝電線を鐵管の中へ入れたるものは反つてよくない。岩石の破片で鐵管は破壊されてしまふ。

(2) 前に云つた通り、坑内の惡瓦斯を外に出してやる爲めに大きい扇風機のやうな排氣機をモートルで運轉する事がある。然し、これは排水用唧筒程絶對的に必要なものではない。隧道内で地層の間などから湧水がどンドン出た時には、導坑の仕事は出來ず、混凝土工事も勿論出來ず、遂には人命に迄危険が襲つて來る事があるから、どうしても電動唧筒で水を排出してやらねばならぬ。何かの場合に、導坑作業を休んでも、排水唧筒丈は一刻も止められない。だから、停電は絶對的に禁物で、電氣技術者の奮勵努力を要する事最も顯著なのである。電燈は停電してもカンテラで間に合せて導坑作業は出來ぬ事は無い。

(3) 壓搾空氣用原動機は割合馬力を要する。これは、必ずしも電動機で運轉しなくてもよいが、近い所から電力が多く得られる場合には、やはり電氣で動かす事が多い。かうなると、導坑其他掘鑿用の空氣を送るのだから、これ又停電すると直ちに作業に影響するから停電出來ない。

(4) ズリを出すには、通常土運車を軌道上に手押しで動かしてやるのだが、大規模になると専用の電氣機關車で土運車を運轉する。

練習問題 XIII

(1) 長さ 4000 m の隧道があつて導坑の掘進は片口一晝夜に 2.5 m 宛である。兩口が支障なく進行したら何日位で貫通し了るか。

- (2) 隧道の手掘はどの位の長さの隧道迄行はれるか。
 (3) 隧道は導坑が貫通しても何故水を通すのに遅れるか。
 (4) 水路の勾配は大凡どの位のものか。

【解答】

(1) 兩口で $2 \times 2.5 = 5$ m 宛だから

$$4000 \div 5 = 800 \text{ 日} = 2 \text{ 箇年と } 70 \text{ 日}$$

(2) 普通 1 km 以上は必ず機械掘（壓搾空氣で鑿岩機を動かすこと）ですべく、それより短い隧道では手掘でもよい。然し壓搾空氣を得る事容易な場合には短いものでも機械掘で行ふ事が多い。

(3) 導坑は只上の部分の小さな穴だから、貫通したと云ふのは只兩導坑が出遇つた事を云ふのである。だからほかの部分掘取つたり、混凝土を施したりする仕事が多いからそれだけ水を通すのに遅れるのである。

(4) ごく急なのは $\frac{1}{100}$ 、普通 $\frac{1}{1000}$ 乃至 $\frac{1}{2000}$ 、ごく緩なのは $\frac{1}{3000}$ 位のものもある。

第十四章 堰堤竝取入口其他の設備

113. 落差はどうして作るか 緒論の第 1 圖の様に瀑布の上から水を水路に引き入れると、川の方が一層低くなるので、水路の面は川の水面より次第次第に高くなつて、遂には相當の落差が得られる事は説明を要しない。

然し水力を得るには、必ずしも瀑布のみによるものでない、分類すると

- (1) 瀧を利用するもの
 (2) 水路によつて落差を得るもの
 (3) 堰堤のみによつて落差を得るもの
 (4) 堰堤と水路とを共用して落差を得るもの

(1) は第 1 圖の通りで、我國には實例が極めて少い。

一番通俗的なのは米國ナイヤガラ瀑布で、瀧の上から水を取り入れている。瀧を利用するのは落差が直ぐ得られるので一番簡便ではあるが、風景などの關係でいつもさう勝手にこれを利用する事が出来ない。手近い例は日光の華嚴の瀧などは高さが 110 m 水量は毎秒 3 立方メートルもあるから、利用せんとする計畫が度々爲されたのだが、何しろ瀧の水を無くして仕舞ふ（少くとも減ずる）と日光名勝の價値を著しく減少せしむる事は重大な問題になるので容易に實行が許されない。

(2) 川から水を取るには、其處に水が溜つて居ないと困難である。水深の浅い所から水路へ水を引かうと思つても水は澤山流れ込まない。どうしても水の深さの充分な處から引き入れなくてはならない。然し川の中には丁度此目的に適合する深い淵がめつたにあるものでない。よしあつたにしる、此の川の水を皆水路に入れるわけには行かない。どうしても人工を施して川を堰き止める外はない。

川の上流は一般に下流よりも勾配が急であるから、上流の適當な場所に於て、低い堰堤を作つて川の水を堰止める。その水を水路の中に導き入ると、水路は川よりも勾配が急でないから相當長い水路を作ると高い落差が得られる。これはどんな川でも出来るので我國の水力工事は殆んどこの式であると云つても過言でない。此種の水路の長さは規模の大小によつて擧ぐるにいとま無いのだが、先づ 2 km から 4 km 位が多く、極く大規模のは 20 km 以上に及ぶものもある。

(3) どんな緩やかな流れの川でも川を横切つて相當高い堰堤 (dam) を作ると上流の方迄水がたまり細長い池が出来る。そしてその堰堤のすぐそばに發電所を作ると、堰堤の高さ位の落差を利用する事が出来る。これをダム式發電所と云ふ。此式の發電所では、發電所負荷が軽く使用水量の少い時、餘つた水を池に溜めて置いて、重負荷の時に其の溜つた水を利用することが出来るから、川の流量に相當する以上の發電能力が得られる利益がある。

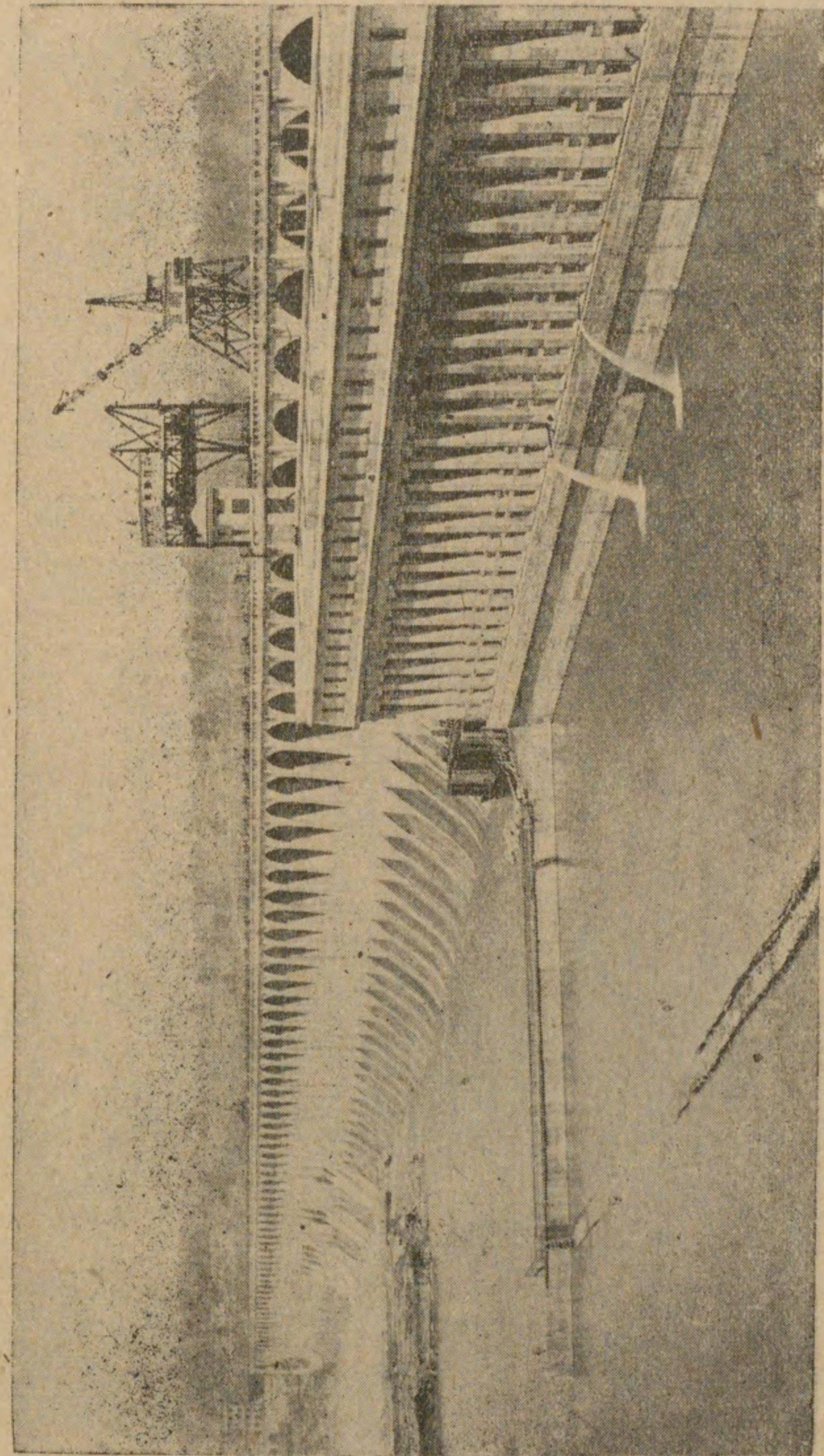


圖 107

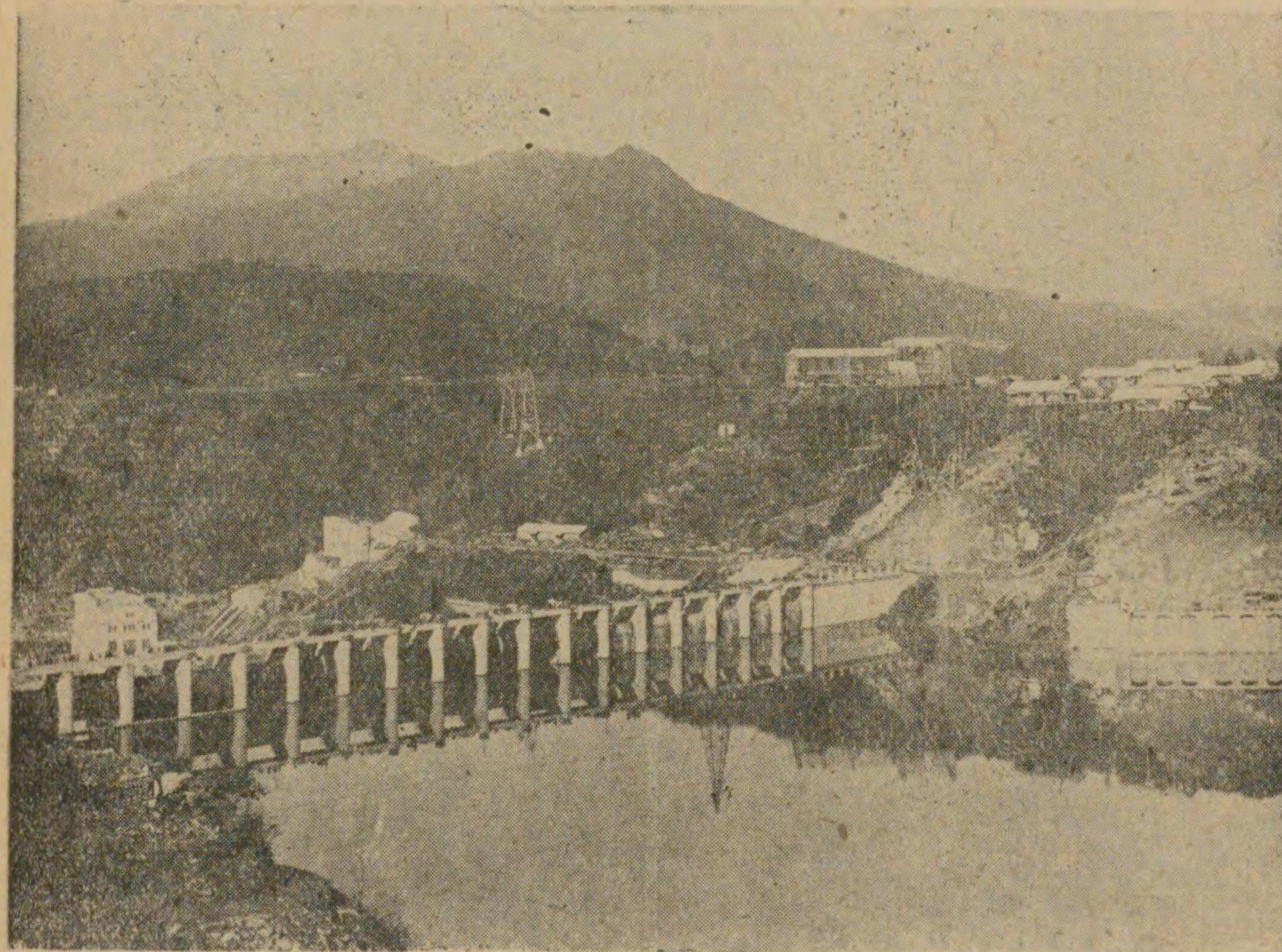
世界第一のダム式發電所 (米國ヤツススルシヨールス發電所)

有效落差 29 m, ダムの長さ 1.4 km, 總出力 650 000 馬力

この方式は米國の様な勾配の緩い大河に設けられる事が多い。我國にては水量の多い大河が無いから殆どこの方式を見ることが出来ない。茲に示した第 107 圖はダム式發電所で世界第一と云はれて居る米國南部テネシー河にウイルソン堰堤を設けた、マッスルショールズ發電所の全景である。堰堤の長さは 1400 m に達し、僅か 29 m の落差で 65 萬馬力の水力が得られる。水車は一臺 35 000 馬力位のものが 18 臺も具へられてゐる。ダム丈の費用が 1 億圓と云はれてゐる。圖中の右が發電所の建物で長さが 330 m もある。

(4) これは堰堤より下流の方に相當の距離をへだてて發電所を

第 108 圖



大岡電力大井發電所

設けるのであるから、堰堤から水を更に水路に導き更に相當の落差を得るので、我國の最高堰堤たる富山縣庄川の小牧發電所の如きは堰堤の高さ 80 m で、それから 1200 m の壓力隧道を経て發電所が設けられてゐる。第 108 圖は木曾川の大井發電所で、發電所はダムの下 320 m の處にある。圖中左に小さく見えるのはそれである。ダムの長さは約 300 m (1000 尺) 高さ 56 m (184 尺)、これで貯へられた水は 2800 萬立方メートルである。

114. 堰堤の目的

以上述べた様に落差を得る爲にダムを設けるのであるが、其他に主要な目的がある。即ち 1 ヶ月、3 ヶ月の如く長期間に亘りて川の僅な流水を貯へるのに堰堤を用ゐる。そこで目的から見た堰堤の種類は次の如くなる。

(1) 河水を堰き止め引水用

(2) ダム式發電所用

(3) 長期間貯水用

(1) (2) は前に述べた通りだが只 (3) の貯水用丈を述べて置かう。川の水が非常に減つたとすると水路に入る水がなくなつて發電不能となる。ところで川の極く上流でも何處でもよいそこに水を貯へて置いて必要な時にこれから水を流出させればよい。これを貯水池と云ふ。

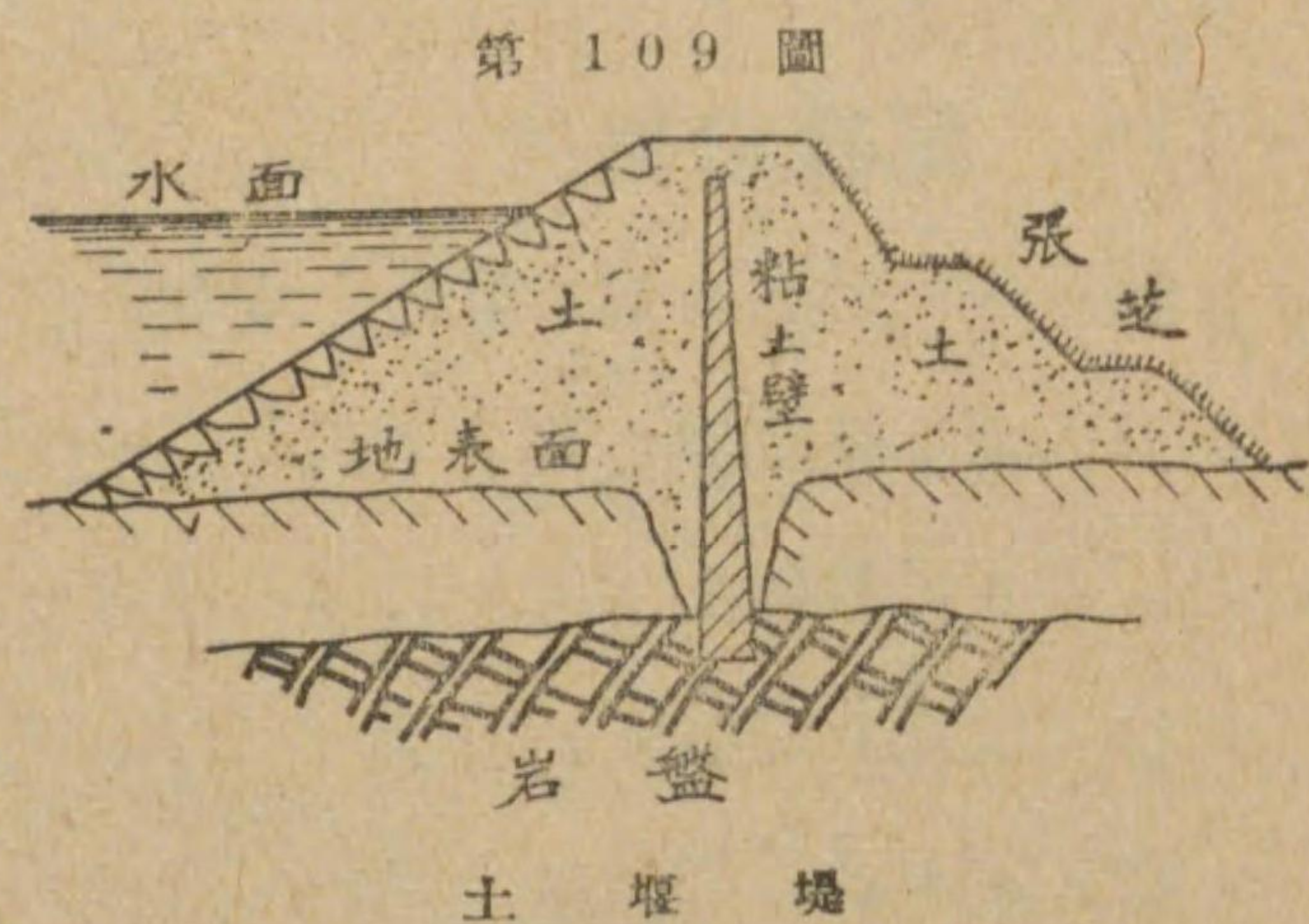
115. 堰堤の材料による分類

- (1) 土堰堤
- (2) 木造堰堤
- (3) 石造堰堤
- (4) 鐵筋混凝土堰堤

其他岩造とか鐵製のがあるが少いから省略する。

116. 土堰堤

第 109 圖の通りで、昔から一番多く用ゐられ來つたもので、工
事費が安價である。こ
れに就て注意せねばな
らぬ主要な點は、土を
通して水が滲み出る事
である。だから、中央
の部分に粘土や鐵筋混



凝土の壁を作つて水の滲出を防ぎ其兩側に土を盛るのである。水
に接する面は石を張り、反對側は芝を植ゑ土の崩れるのを防ぐ。

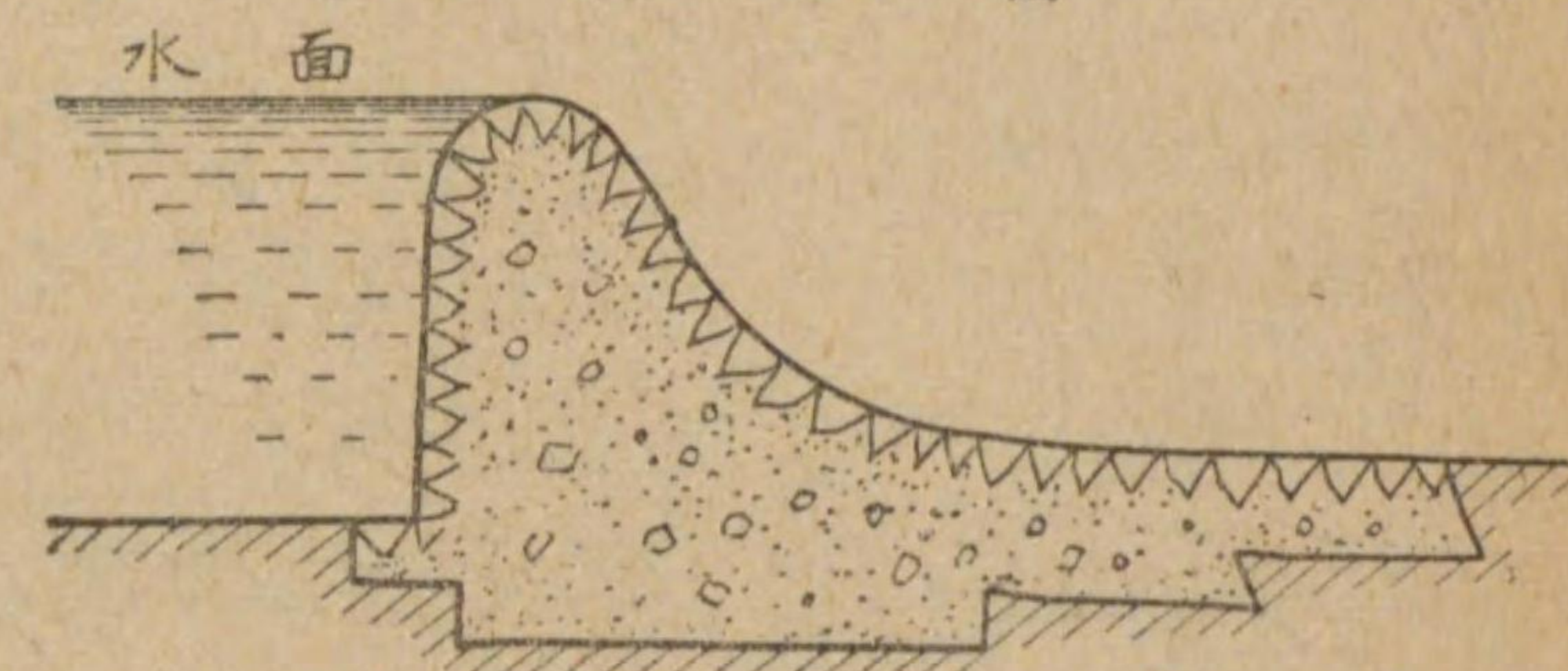
かかるダムでは、水がその上を溢れ落ちると土が崩れるから、
川の中を横斷して造る様な場合には絶対に不可である。多くは山
の間の盆地で、そこには川らしい川もない様な所に作られる。

この一例は、山梨縣の東京電燈會社八ッ澤發電所の水路の途中
にある大貯水池で、高さが 20 m (65 尺) ある。

117. 木造堰堤 これは永久的でなく、假工事等に用ゐ
られるもので木材を組合せその中に岩の屑、石塊等を入れる。川
の水が増した時などは破壊される事が多い。

118. 石造堰堤 これは普通の水力工事、即ち川を横斷
して低い堰堤を作る場合に一番多く用ゐられる。高さは 3 m 乃
至 5 m 位が多く、

内部は混凝土で表
面に切石を張つて
ある。(第 110
圖)。

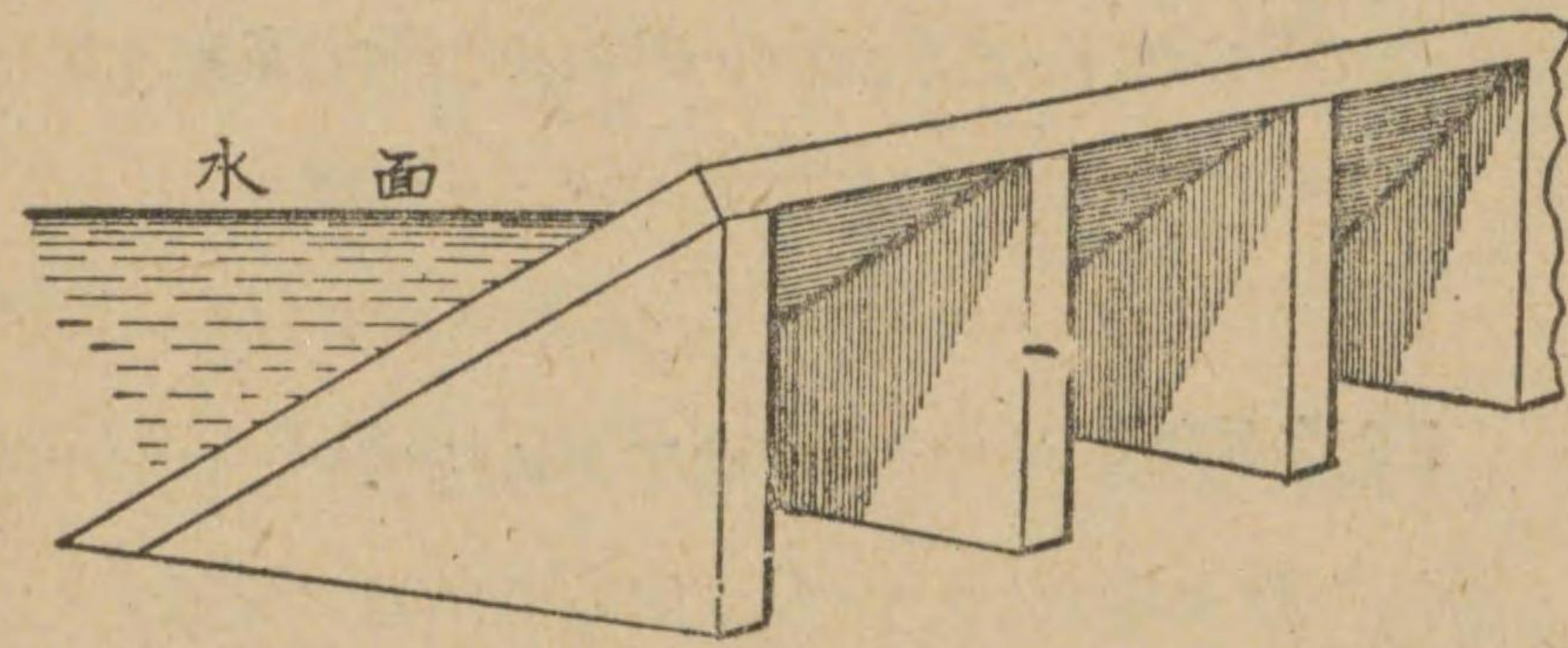


然るにこの石造
堰堤には非常に高く大きいのがある。これはあとで述べるが其物
の重さが非常に重い爲めに横からくる水の壓力に抵抗して其位置
を保つてゐる。普通石造堰堤は内部に玉石と云ふ徑の 20 cm 位な
石を入れて、混凝土で築造するのである。

119. 鐵筋混凝土堰堤 混凝土工事は一般に竣工期限
が短いから、急ぐ工事に適してゐる。そして任意の形ちのものを作
る事が出来る長所を持つて居るから、近來長足の進歩を來したの
である。

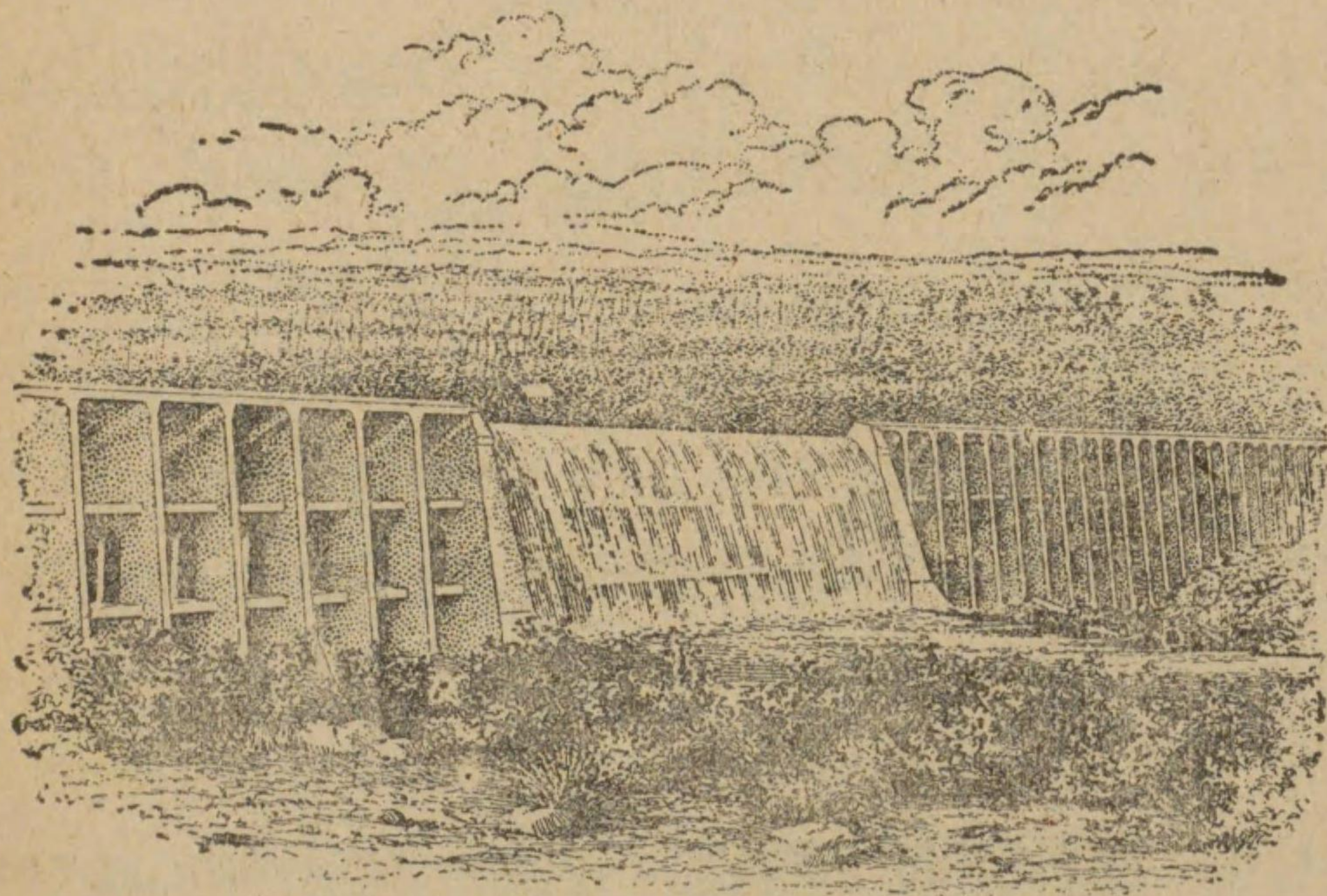
第 111 圖と 112 圖はホローダムと云つて、この一例である。

第 111 圖



★ ロールダムの圖

第 112 圖



★ ロールダムの圖

之は中空である爲め、それだけ材料費と工事費を減じ、且竣工期限著しく短い。其上堰堤の内部の検査が容易である。又一例として歐洲に内部が發電室になつてゐるのがあつた。一名洞ダムと云ふ。

120. 取入口

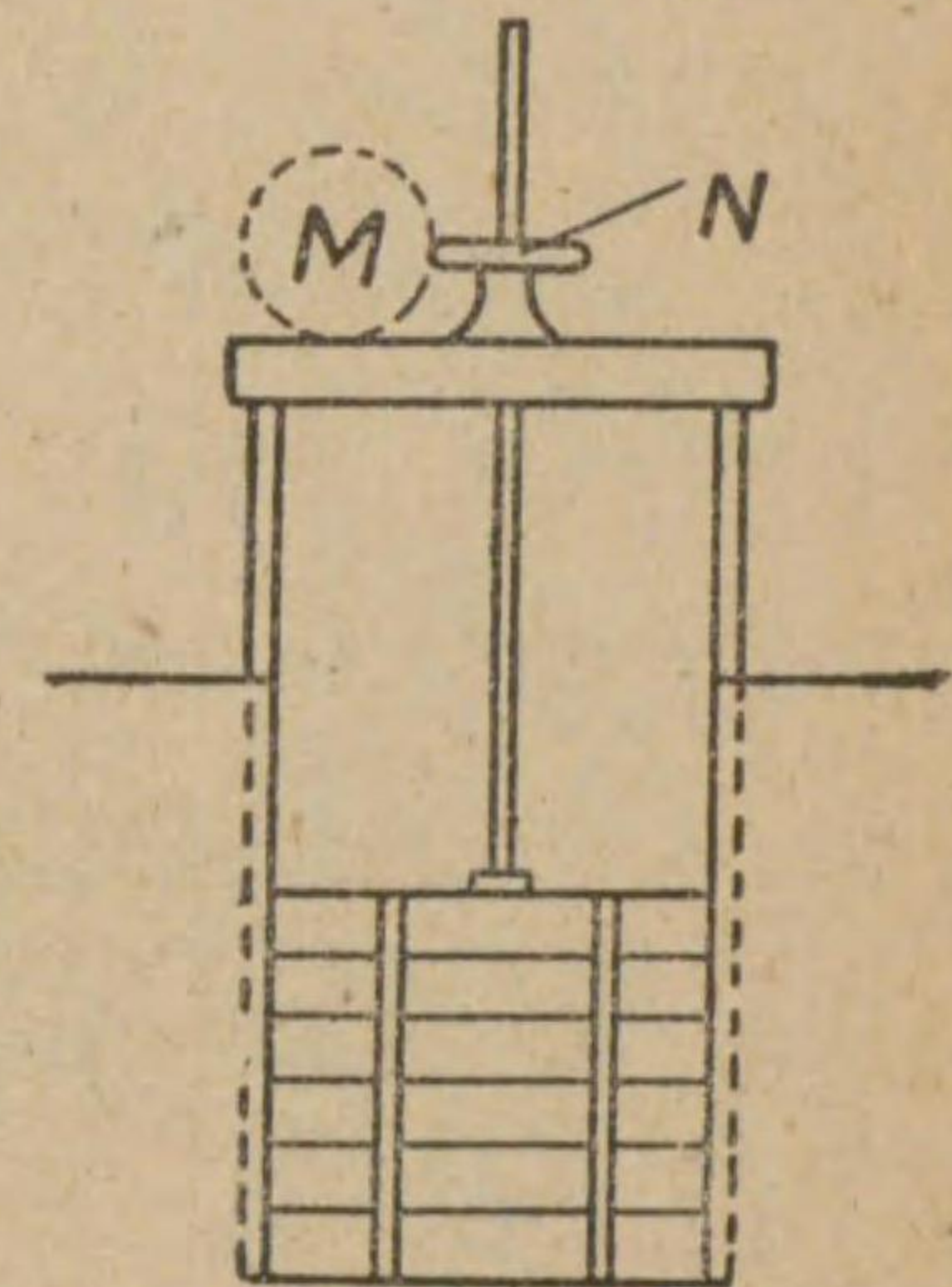
取入口に於ては堰堤によつて高められたる水を安全に水路に導く。發電所の要求に應じ水門の開きを加減して水路の流量を加減するのが重大なる任務である。

又河川から水路に流れ込む流木、樹枝、流水等の凡ての障礙物を除去する任務も重要なのである。

121. 取入口水門

これは第 113 圖の様に門の扉は木材を積上げ、これを鐵板で連結する。そして上に一つの心棒を付け螺旋の作用で上下する。その扉の兩溝は石積又は混凝土で堅固に出来てゐる。螺旋は齒車に連結してゐるから、これを電動機で運轉させて開閉するのが最も大規模な立派な設備である。

第 113 圖



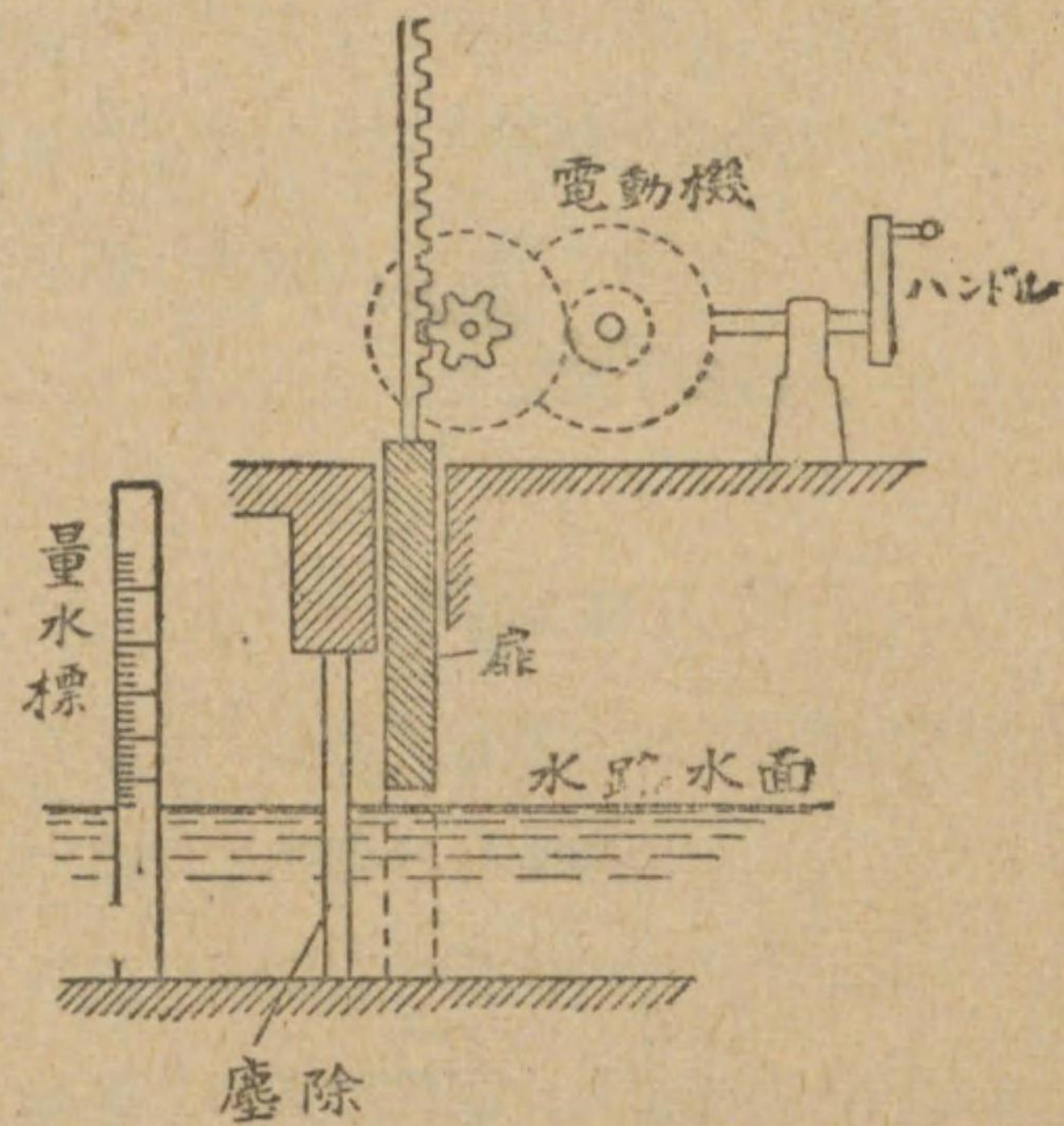
此圖の N は手動輪でこれが牝螺子であるから、これをまはすと心棒が上下する。扉が大きくなると手で動かしては重く且つ手間がかかるので、第 114 圖にかいてある電動機を齒車仕掛にしてこれをまはすと、齒車が廻つて心棒が上下する、此處に用ゐる電動機は 5 馬力内外のものが多い。

それから取入口には普通水の深さを示す量水標なるものを立てて置く。

この圖の水門扉の前に鐵の丸棒で塵除けが出来てゐる。これは普

通鉛直に設けて可なり丈夫にしてある。これは流木とか流水などが非常な力でこれに衝きあたる事が多いからである。そして、その丸棒の隙間は 5cm 乃至 10cm に保つてある。隙間をこれより狭くすると、これに木の葉やゴミがかゝり、それが間隙をふさいで水の通りを悪くする。だから、普通取入口の隙間を広くして大體の障礙物を此處で取除いてやつて、木の葉の様な細かいものは水路の終端の水槽から水壓管入口にある塵除けで取除く事になつてゐる。

第 114 圖



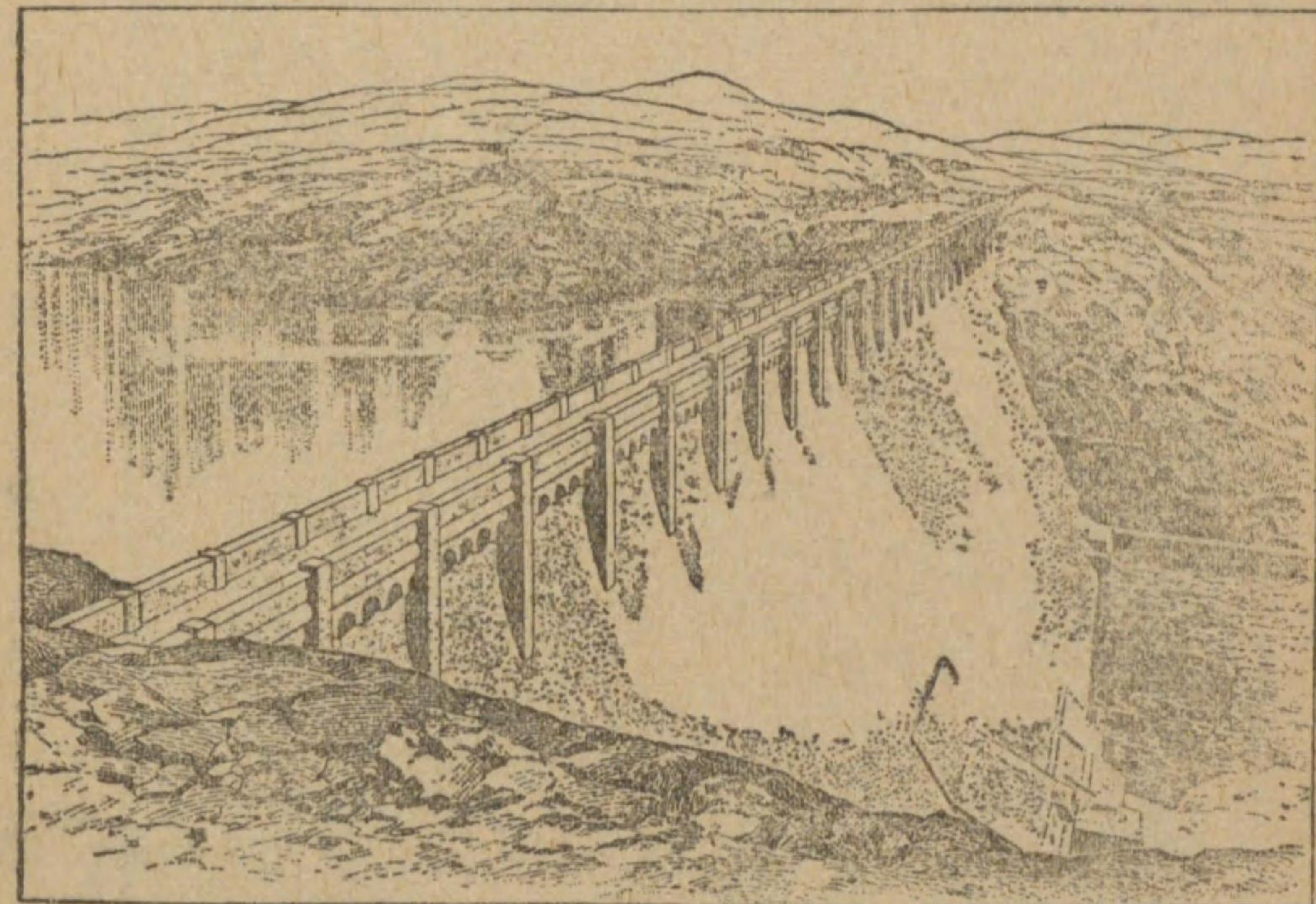
122. 取入口の位置 取入口の位置は極めて重要な關係をもつて居るので、先づ川があまり屈曲しない所で、急流の様な處をさけなければならぬ。又土砂の沈殿しない所でなくてはならぬ。最も重要なのは兩岸の地盤がごく堅固な事を要する。ことに堰堤を川の中に造る時は河底の地盤も極めて丈夫な事が必要である。

123. 力の働きより堰堤の分類 堰堤はこれに働

く力の種類によつて二つに分けられる。

- (1) ^{じゆうりよくがた}重力型堰堤
- (2) ^{こじやう}弧状堰堤

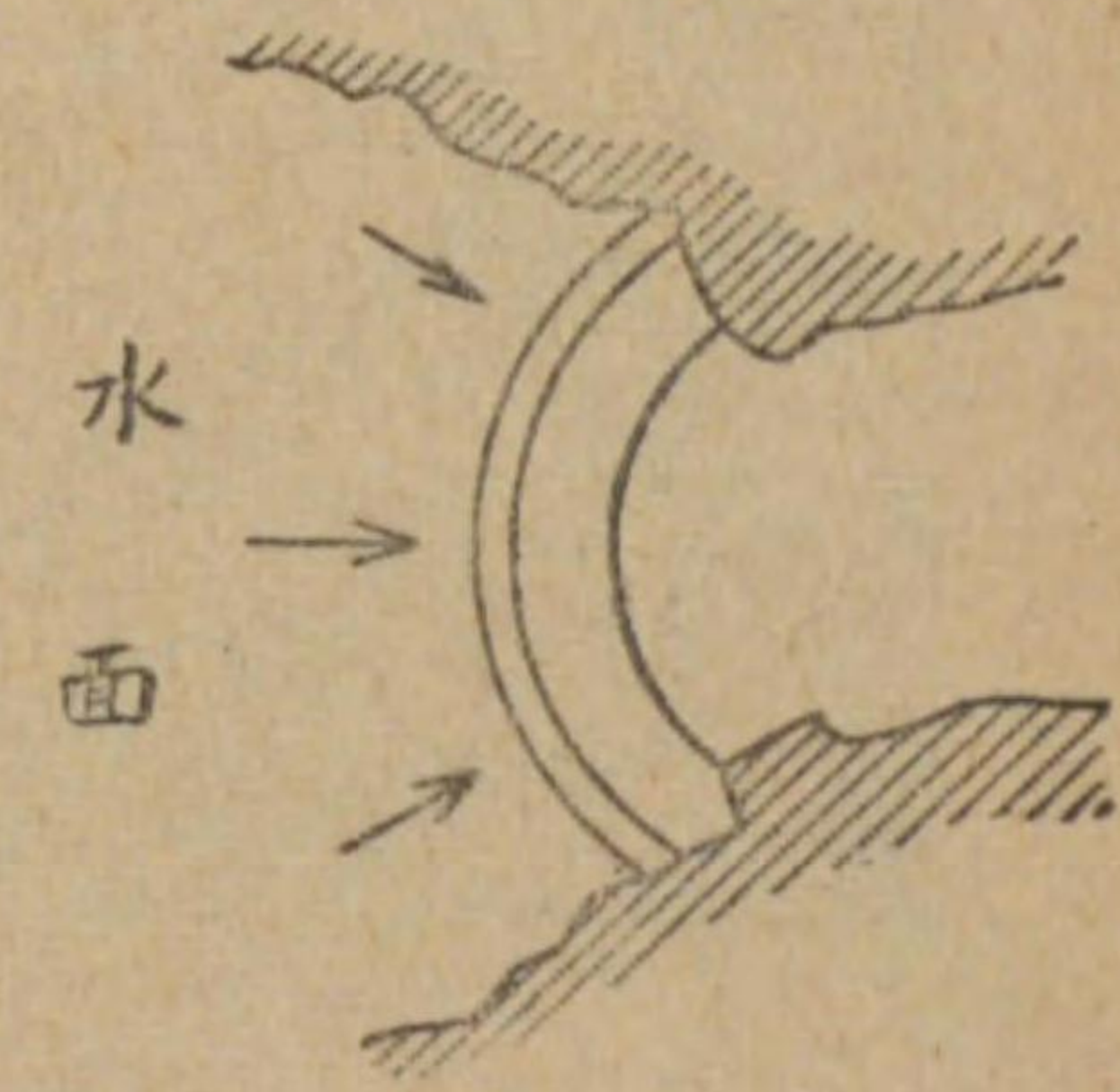
第 115 圖



重力型堰堤

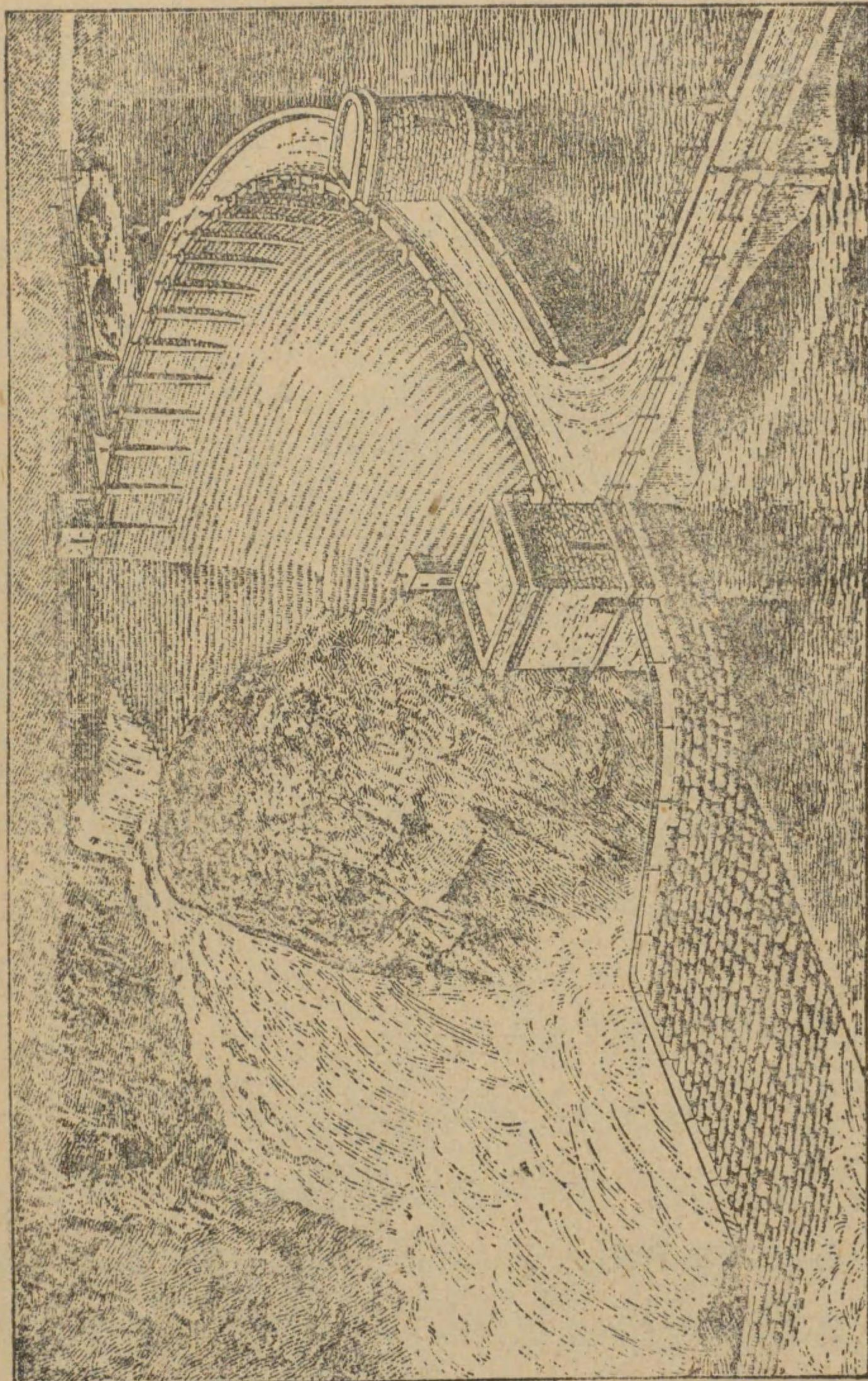
(1) は石造堰堤の様な大きなもので、第 115 圖に示す通り其重さは非常に大きいから、それを利用して水壓に反抗して水平に動きにくい様になつてゐる。

第 116 圖



弧状堰堤

(2) は第 116 圖の如く平面で見ると弧状をなしてゐるので、水壓は矢印



圖

117

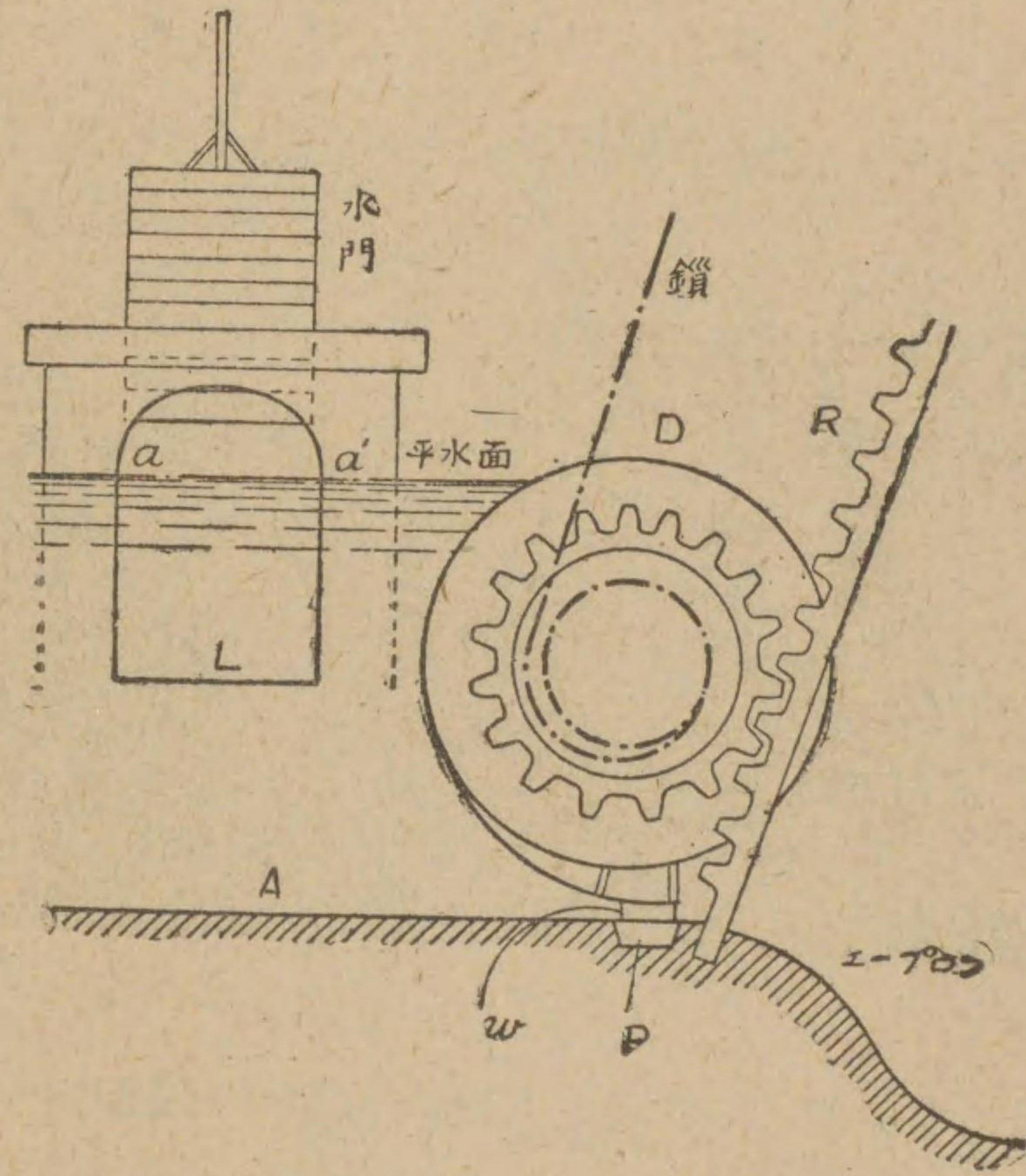
第

壩
堰
狀
圖

の如く働くから、堰堤の兩袖でそれを受ける。だから兩袖は丈夫な岩盤でなければならない。第 116 圖は全景である。

124. ^{てんどうせき} 輻動堰 これはローリングダムと云つて、上下に動き得る堰堤の事を云ふ。その構造は第 118 圖の如く、長い

第 118 圖



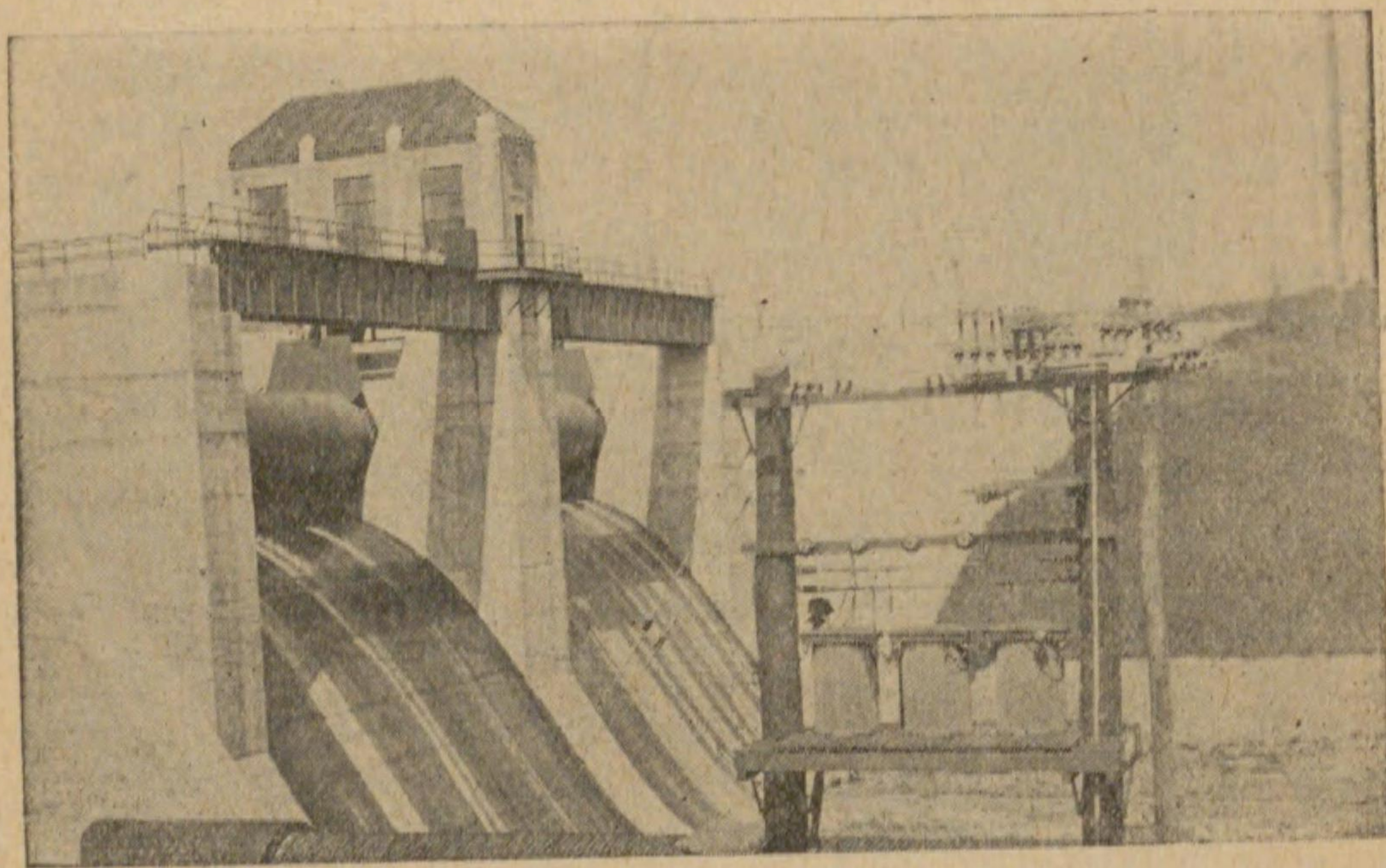
ローリングダム

鐵製の圓筒を水平に置きこれが堰堤となつてゐる。その圓筒の兩端には鎖があつて、之を電動機で捲上げると圓筒は上に昇つて下を

水が流れ去る。平生はこれをおろして置くが、洪水時には非常な勢で水があたり、その上を水が多く越すと破損するから、洪水で水面が昇る前に早く之を上にあげて置くのである。

水の少い時は勿論これは下におろした儘にして置くが、その後部に土砂がたまるから、時々はこの圓筒を上げて水の勢で土砂を流し去る。輻動堰てんどうせきはこんな風に割合長所の多いもので、吾國のや

第 119 圖



ローリングダムの圖

うに、川の水が洪水時に甚しく荒れる所には適當のものである。第 119 圖は米國に於けるこの一例である。

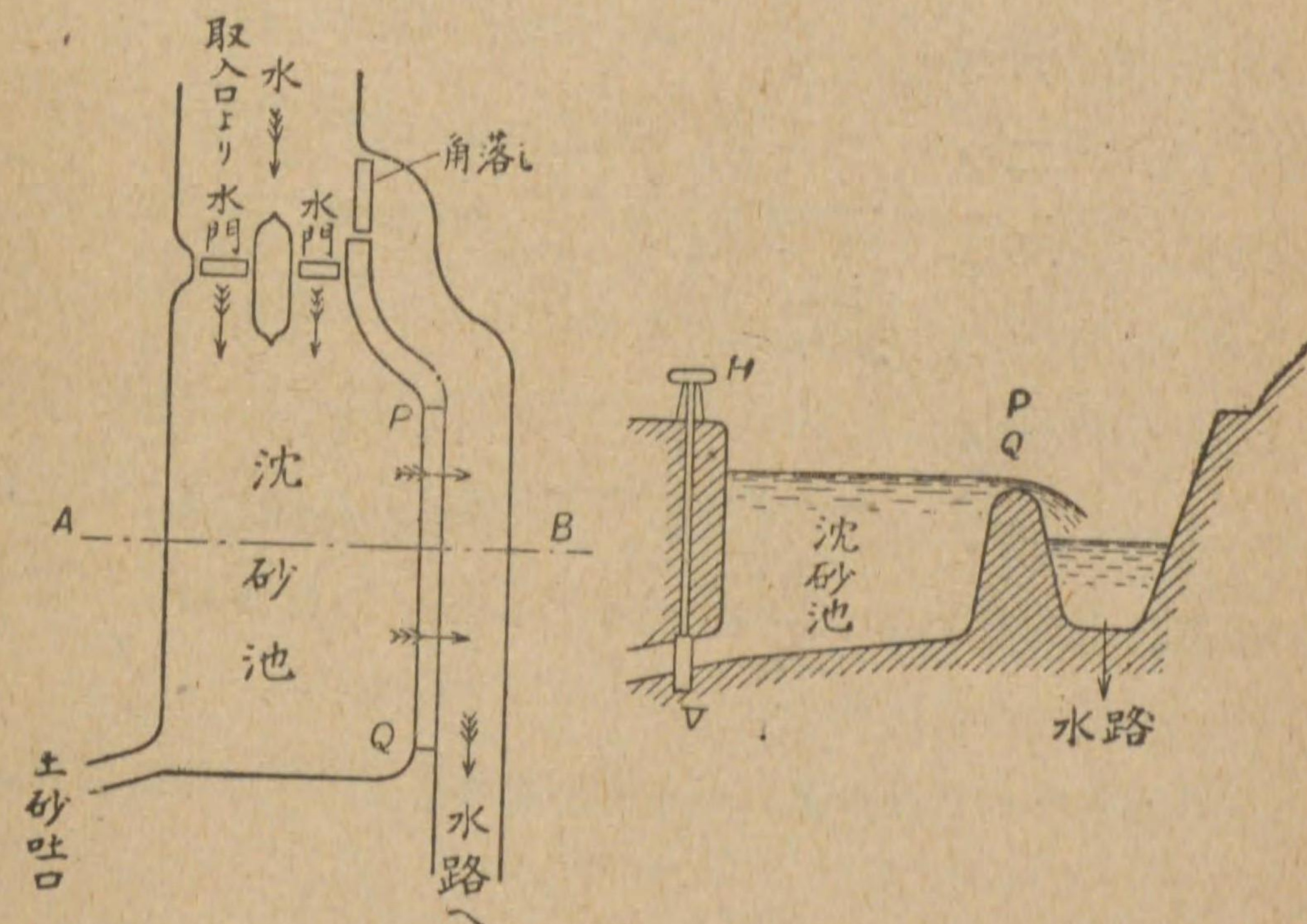
125. 沈砂池 水の流れの中に砂が含まれてると、これが非常な速さで水車の中を通る爲めに、嘴管、針狀瓣、ランナー

等を磨滅する。豆粒大の小石となると恐ろしい破壊力がある。ことに平生はたいした事はないが、洪水時に小石や粗い砂が甚しく入り込んで、取入口だの水槽が水を通せなくなる事もある。

兎に角平生でも砂を出来る丈け沈澱させる事が必要なので、この目的のために沈砂池ちんしゃちが設けられねばならぬ。これは水路の中で取入口の少し下にするのが多いが、水路の中途でもよいのである。

平生は第 120 圖の様に沈砂池水門を開いて置き水路の方は角

第 120 圖



落して水を通させない。さうすると、水の上の部分丈けがPQを越して水路に入り、そしてその水は水槽に行くのである。だから水の下部分の砂はこの池に沈澱する。1ヶ月もたつと、川によ

つては可なり砂がたまる。それを掃除する時には、水門を閉ぢて角落しを開く。さうすると水は池に關係なく水路を流れる。その時沈砂池の土砂吐口の門 V を開く砂が水と共に流出するが、中に流れずに残る砂も随分多い。これは H の手動輪をまはして、V を再び閉ぢて池に一部分水を溜め、たまつた時に又 V を開くと砂が出る。こんな事を再三くりかへすと、中にたまつた砂が出てしまふのである。

126. 角落 これは前に反動水車の處で述べたが、20 cm

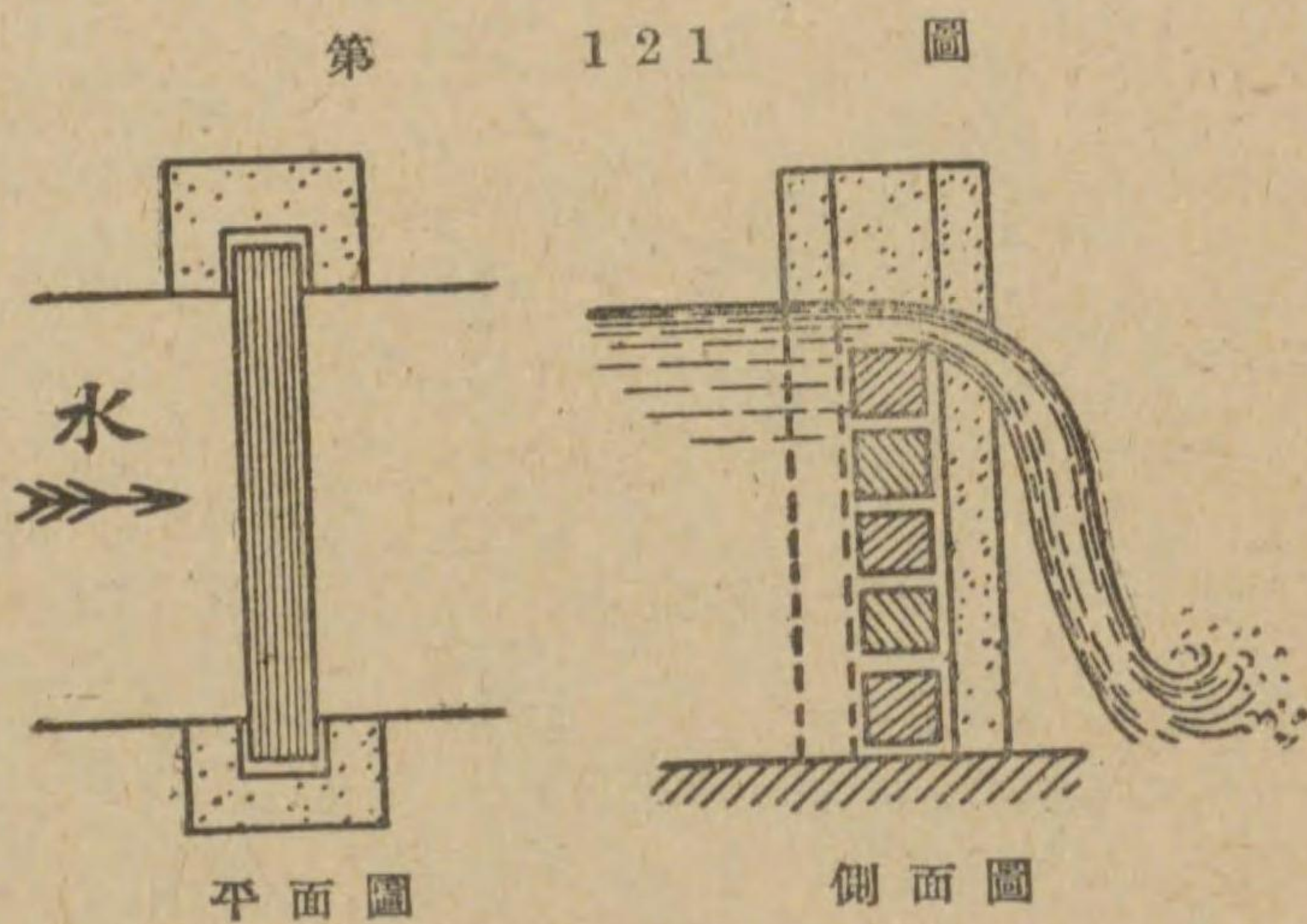
か 30 cm 角の角木材を水平にして二つの溝の中に入れる。

第 121 圖の様に角材を澤山入れる程上の方の水面は昇る。

普通は反動水車の放

水路の出口に用ゐられる事が多い。

水路では取入口の堰堤の一部や沈砂池の邊に多く用ゐられる。



127. 魚道と流木路 堰堤を造つた爲に、魚類がそこから上に登らなくなると云ふ話は知つてゐるだらう。これをさける爲に、堰堤の一部分に魚の登り得る様な傾斜のゆるい水路を作

ることがある。これを魚道といふ。

それから山奥から木を切つて川に流したり、筏に組んで下流に下す事が昔から行はれてる。然るに堰堤を造るとこの爲め木を流せなくなるから、やはり魚道のわきなどに傾斜のゆるい水路を作つて時間を定めてこれを流下させる事がある。これを流木路と云ふ。

128. 灌溉用水 これは中々重要な問題になる事がある。

昔から河の水を引いて水車をまはしたり、水車に水を引いたりして居つたのが、堰堤を造つた爲に、それが利用出来なくなつたとすると、住民の死活問題になる。だから、堰堤の一部に別の小さな取入口を作つて、水を元通りの分量だけ分けてやる事は是非履行しなくてはならない。然し、場合によつて住民がこれを奇價として、工事をするものから多額の金を要求などして係争になる事もある。こんな時は府縣知事が公平な裁決をなしてやるのである。

さて、その灌溉用水なるものは稻の發生期に多く要し、冬期河の水が濁水の時には不要であるから割合に都合のよい事がある。

129. 取入口の注意 取入口には番人を配し、不斷の注意を怠らぬことが、水力發電所の保守上極めて重要である。兎角洪水時などになると取入口が荒されて故障を起す。それ計りで

なく、平素でも急に山奥に雨が降つて川の水が増す時に色々被害をうける事がある。

ことに輾動堰に於ては、前述の通り晝夜番人を付けて置くのがよいから、よく熟練した者を振向けて置くのである。發電所が停電したりして堰の電動機を廻せぬ事になると、少くとも五六人乃至七八人の人手で堰を捲上げるのである。夜半に急に増水したとき番人が居ねむりしてゐた爲に、水路から水が溢れて被害をうけた實例もある。

又夜増水した時、輾動堰の上を水が1m以上の厚さで越した爲めに、それが破壊して修理に一ヶ月もかゝり、その間は水路に水が通せず停電長きに亘つたと云ふ失態もある。だから如何に發電所が優良な機械許りで、従事者も熟練な人がそろつて居つても、只取入口の番人の失錯の爲めに、こんな事になる事があるからよく注意すべきことである。

練習問題 XIV

1. 沈砂池の目的は何か。
2. 取入口の位置を定める要點は何か。
3. 取入口保守上の注意を述べよ。
4. 灌漑用水とは何か。
5. 鐵筋混凝土堰堤の特長を述べよ。
6. 輾動堰は何故我國に適してゐるか。

7. 取入口の任務は何か。

【解答】

1. 水の中に砂や小石があるとそれが殊に水車の各部を損傷する。其他水路などにたまると水が流れ難くなつて困る。故にそれを沈澱させて水路や水車になるべく砂や小石が行かぬ様にするのである。だから取入口の直下に設けるのがよいのである。

2. 要點は

- (1) 川の屈曲しないまっ直ぐな所。
- (2) 土砂の沈澱せぬ處。
- (3) 兩岸の地盤が極めて堅固なる所。
- (4) 河底の地盤も丈夫な所。

3. 保守上の注意

- (1) 障礙物が水路に入らぬ様注意する事。
- (2) 洪水時に特に警戒を嚴にする事。
- (3) 輾動堰にありては洪水時に早く揚げて置く事。
- (4) 輾動堰にては堰の上流部に土砂を溜めぬ様にする事。

4. 水田に對して引く水の事を云ふ、精米用などの水車に水を引くのもこれに準じて扱ふ。

5. 鐵筋混凝土堰堤は次の場合に可なり。

- (1) 工事の竣工を特にいそぐ時。
- (2) 工事費を節約せんとする時。
- (3) 任意の形ちを作り得る事。

(4) 漏水等の検査に便である事。

6. 我國の河川は河床の勾配が急であつて、洪水が起ると土砂を流下し堰堤の上流側に沈澱すること多し。輾動堰は随時に土砂を流れ去らしめ得る故に可なり。

7. 取入口の目的は

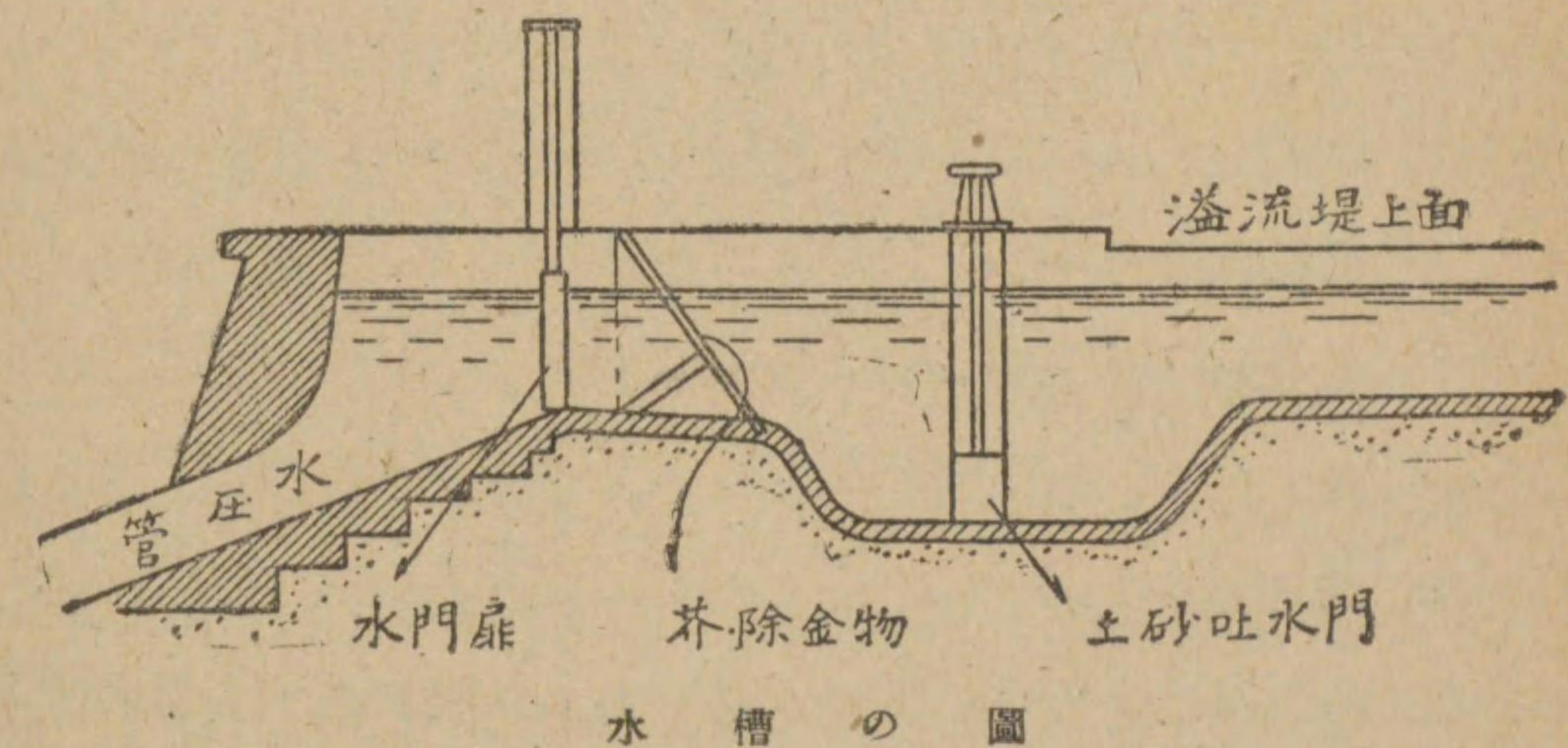
- (1) 堰堤によつて河水面を高めて安全に水を水路に導き入れる事。
- (2) 水路の流量を加減すること。
- (3) 障礙物を水路に入らしめざる事。

第十五章 水槽，附屬設備並に 貯水池調整池

130. 水槽 水槽は水路の一番末端に設けた一つの水溜であつて、これより水を水壓管に送るのである。水槽を設ける主なる目的は次の二つである。第一は水路から流れ来る浮游物をここで除去し、其他水の中に混じて流れて来る土砂を沈澱させて水壓管に入れぬ事である。第二は發電所で要する水を調整する事で、若し負荷が減つて餘ると水槽に設けた餘水吐と云ふ口から水を川の方に流下させるのである。そして水が幾分茲に貯へられるのだから、急に荷が増して多くの水を要求する場合にも、しばらくはそれに應ずる事が出来るのである。

水槽の構造の大略は第 122 圖の通りである。水があまつて來

第 122 圖



ると溢流堤（餘水吐と同じ）の上面を水が乗り越して流れ去るのである。

上に述べた様に一寸の間でも水を貯へる目的に對しては出来る丈け表面積も深さも大きな溜池がよいのである。然し水路の末端は大抵山の頂上の様な所か絶壁の様な所であるから、大きな水槽は作り得ないのが普通である。然し地勢さへ許せば費用は増大しても出来る丈け大きい貯水池の様な水槽だと一番よいのである。

或発電所の如きは落差 200 m もあつて其水槽の邊は高臺になつてるので、約 1 萬坪（300アール）の池を作る事が出来た。これはあとで述べる調整池と云ふもので、一晝夜中のあまつた水を貯へて利用するものである。

水槽は普通高い所にあるので崩れたりする事があるといけなから注意せねばならぬ。水の漏る事などは嚴重な注意を要する。だから極めて堅牢に、混凝土か切石で造り上げる。下が堅い岩なら最もよいが、軟い地盤などは禁物である。普通水槽に設備するものは

- (1) 水門
- (2) 塵除スクリーン
- (3) 餘水吐（即ちオーバーフロー）
- (4) 餘水路
- (5) 土砂吐

である。餘水路は餘水吐の下の水路である。前に述べた波動水塔

の様なものは、あまつた水が皆この中に入つて居るのだから餘水吐はないのである。

131. 水槽水門 第 122 圖には水槽水門の有様を示し、

水壓管一本毎に水門扉一つ宛付いて居るのが普通である。水車を停止する時にはその水車に水を給する水壓管の水門扉を閉ぢる。然し水車を數時間位止める様な時には一々水門は閉ぢない。何故かと云ふに水壓管の下の水車主要瓣丈け閉ぢさへすればよいのであるからである。

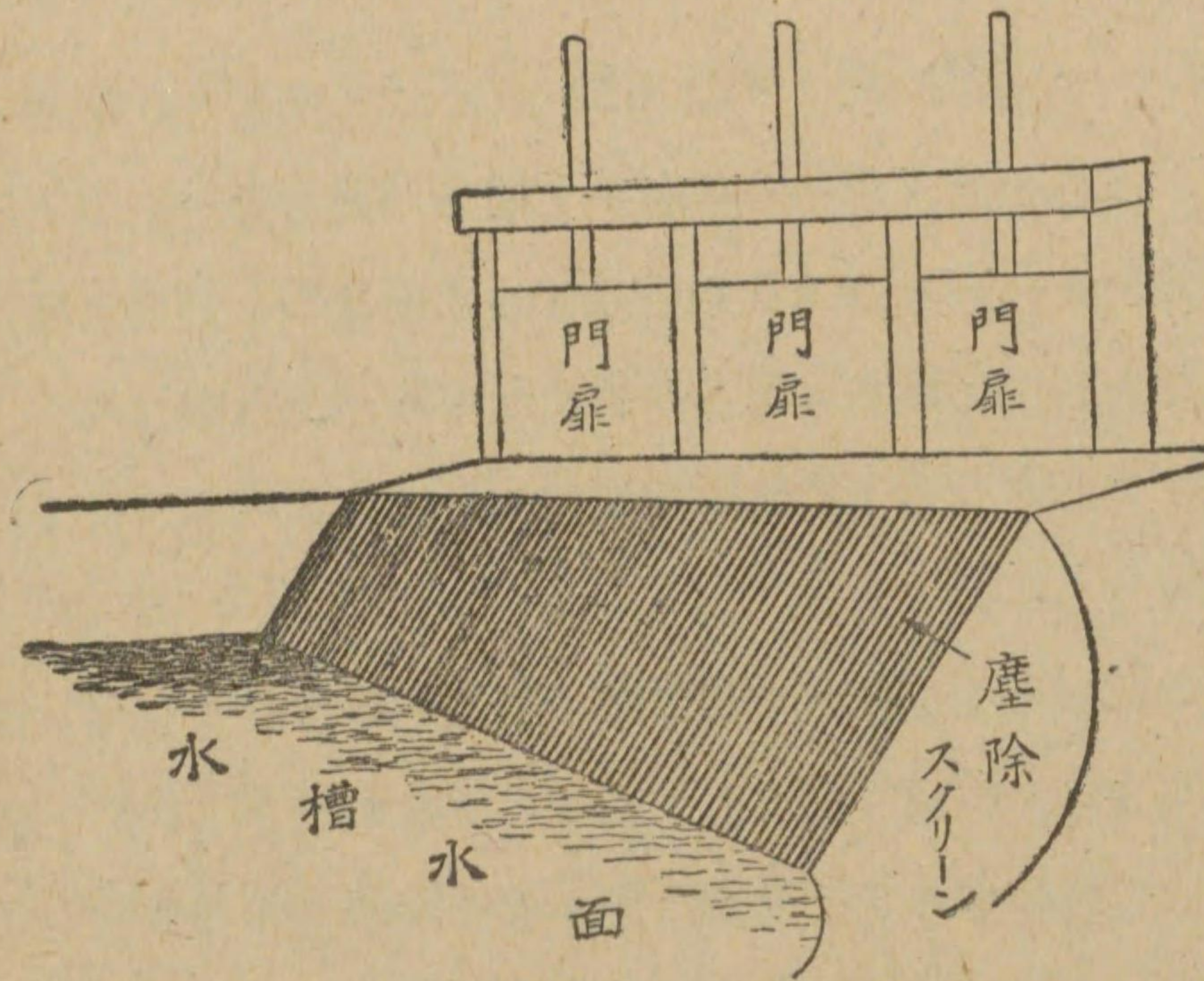
水門の扉は平生運轉して居る時は全くあげてしまつて、其扉の底が水面より上に出る様にして置くのが原則である。若し幾分なりとも水に浸つてると、其處に水が當つて勢力の損失即ち落差の減少を起すからである。水門の扉の開閉は小さいものでは齒車を應用し人力ですが、大きな発電所になると電動機です。そして下の発電所で開閉器を操作すればよいのである。電動機は扉の大小によるが先づ 5 馬力乃至 10 馬力である。前にフラッグ瓣を設ける事をのべたが、時として蝶形瓣を水壓管の入口に付ける事もある。

132. 塵除スクリーン これは第 123 圖の如く幅の

狭い鐵板を櫛の齒の様にならべこれを鐵棒で貫いて固定させる。水の通る隙間は普通 2 cm (6 分) 位が標準でこの隙間が肝要な

ものである。これより廣いと大きな木片などが水車の嘴管や導水

第 1 2 3 圖

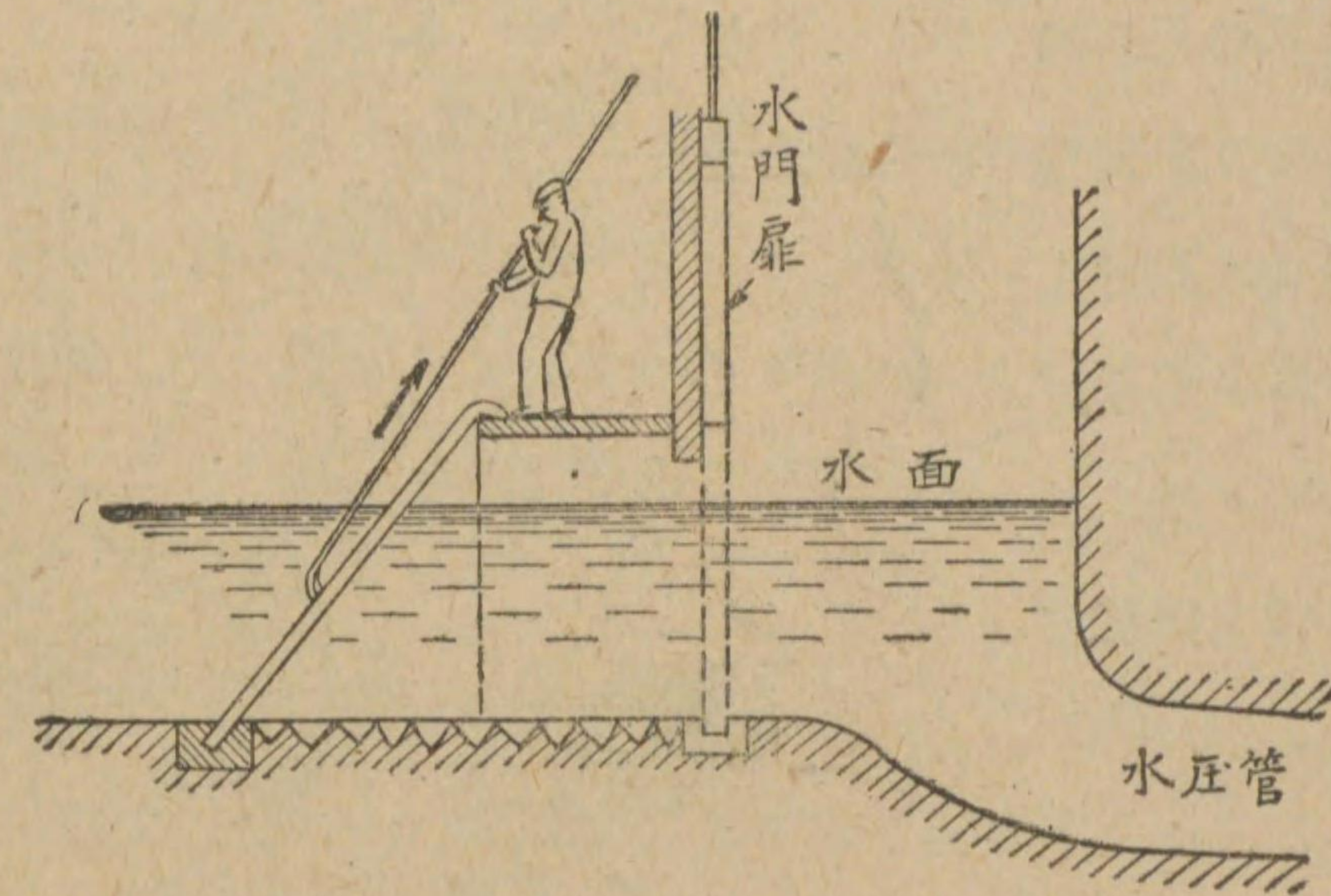


塵除スクリーンの圖

弁につまつて故障を來す。反對にこれより狭くするとかへつて木の葉などが澤山塵除けの目につまつて水が充分に水壓管に入らなくなり其結果落差が減じたりして困る事がある。

秋の末つ方落葉の甚しい時になると水門の番人を増して徹夜でこの落葉を熊手でかき上げる。(第 124 圖) のだが、それでも一寸まごつくと水が隙間から通りが悪くなつて、水の量が減じ水車の廻轉がへるので發電機の電壓が降下して故障となる事が往々ある。

第 1 2 4 圖



塵除作業圖

この塵除金物は水平面に對して 50 乃至 60 度位にして置く。あまり緩くして置くと塵を取りにくいし、あまり急にして置くと塵をかき上げる時に塵をまた水の中に落してしまふ事が多いからである。

133. 餘水吐

第 125 圖の様に水槽の一部に低い口を作つてある。平生規定の水量で發電所が運轉して居るときは、水槽の水面はこの低い口の面よりも低いのである。若し一部の負荷が減つてそれに対する水量があまつてくると、水路から來る水は依然として元の負荷に對する水量であるから、當然餘分の水が生じてくる。そして水槽の水面が昇つて來て餘水吐の口から流れ去る。だから餘水吐を溢流堤とも云つてゐる。この餘水吐は幅を廣く

して置く程澤山の水を落せる。然し水槽は山の頂上とか山腹の狭い場所に設けられる事が多いから、中々餘水吐を長く造る事は事實上困難なのである。

134. 餘水路

これは第 125 圖の如く餘水吐から落ちた水を川迄導く所の水路を云ふ。水槽は

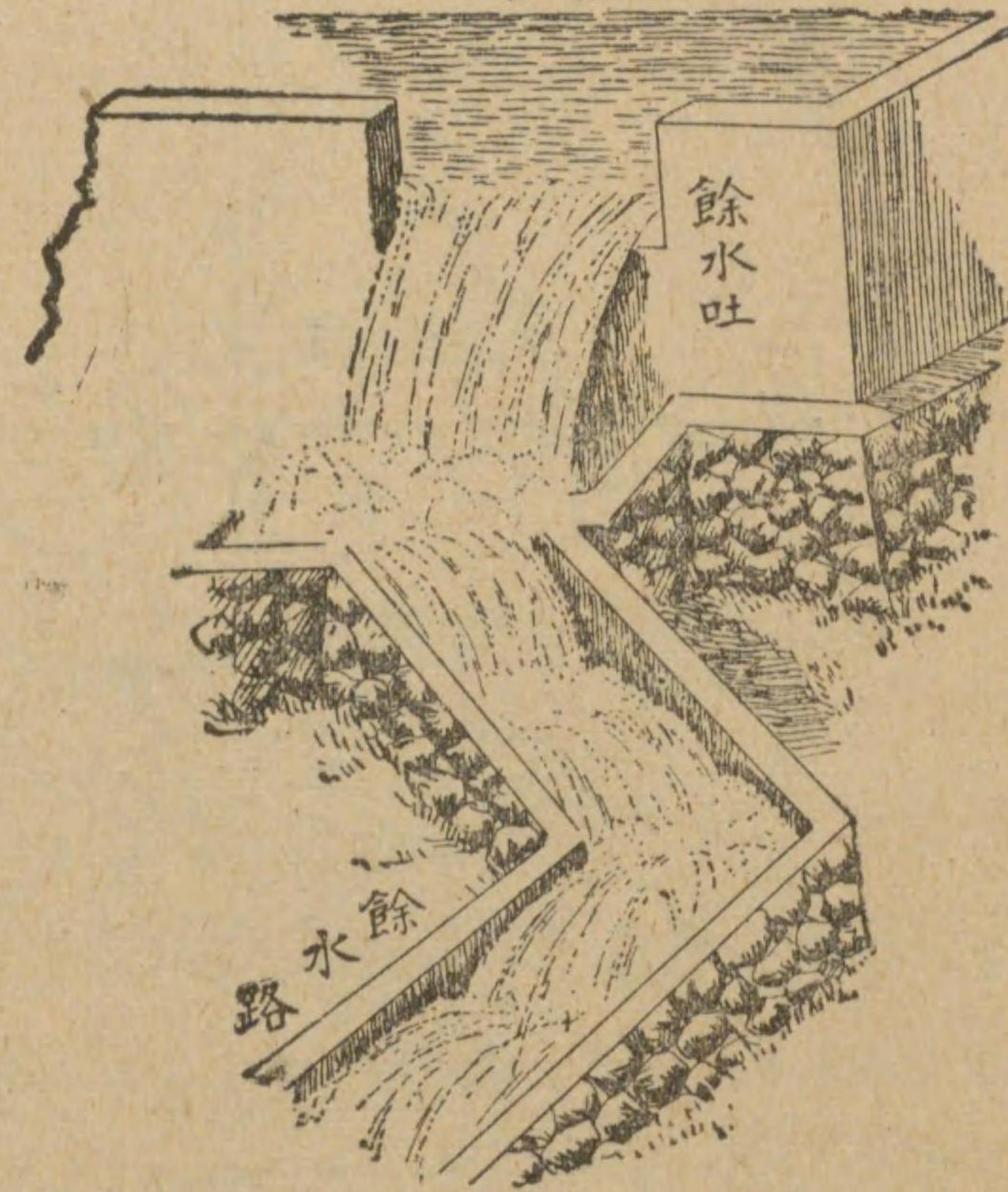
大抵高い所にあり、川迄は非常な急勾配となる結果水は甚しい急速度で流れ、石垣や混凝土を傷める恐れが多い。

それだからこの水路を曲折させ階段的にして置いて水勢を弱めるのである。

餘水路はあまつた水を流すのだから、それほど丈夫にしないでよいと云ふ素人考の人があるが全然誤りである。何故なれば假に此發電所が 1 萬 kW の出力で現在これ丈の電力を發生して居るとする。電線路などの故障等の爲めに停電した時には各水車への

第 125 圖

水槽水面



餘水吐及餘水路

水は不要となる。水路から來る水は依然として 1 萬 kW に相當する水だから忽ち水槽の水面は上昇して餘水吐から流下する。この水量は 1 萬 kW に對する水量即ち水路の全水量である。だから餘水路は水路の全水量を少くとも 30 分や一時間位は流しても故障を生じない様にして置くべきである。それには丈夫に造つて置かねばならぬ事が自然にわかるであらう。

135. 土砂吐

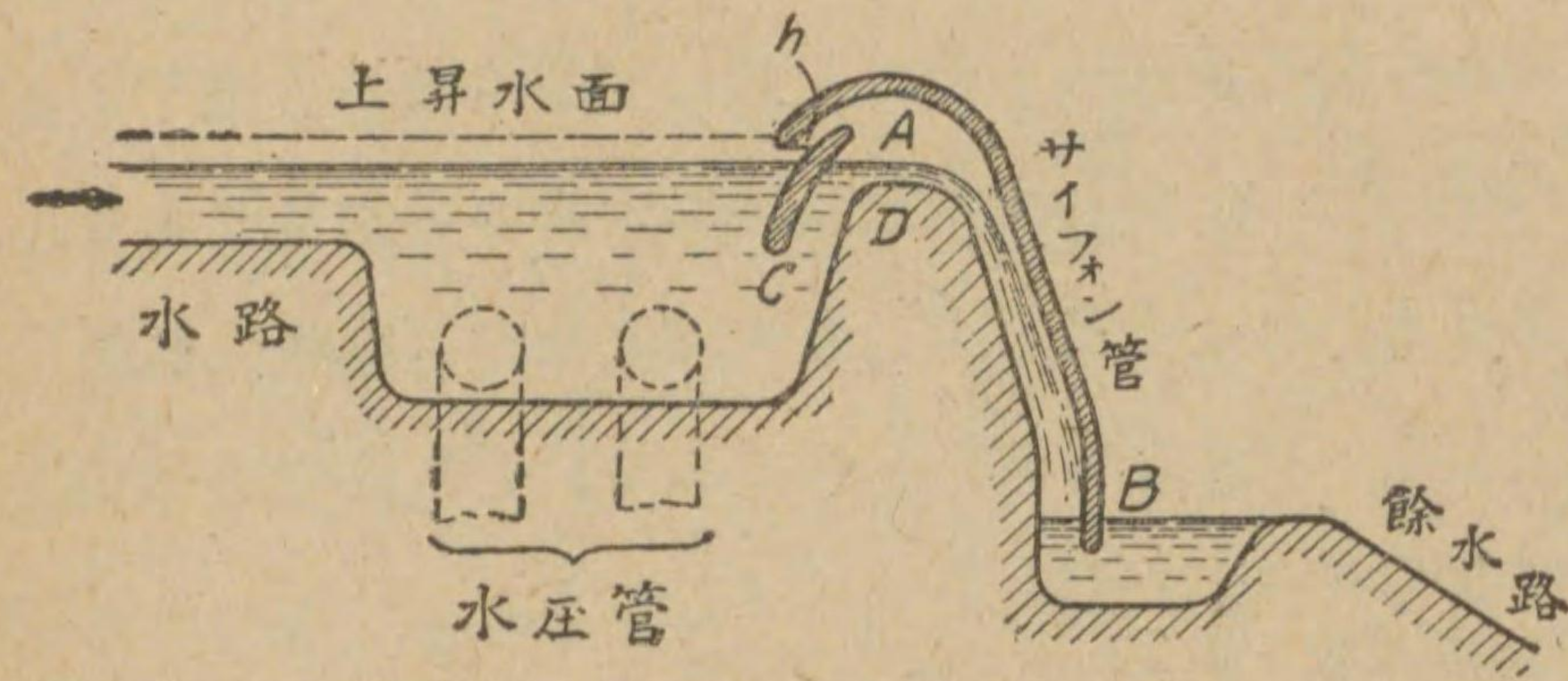
水槽の底に勾配を付けて置いて、沈澱した砂が一番低い所にたまる様にして置く。さうしてその土砂は水槽の一部に設けた土砂吐門の扉をあけて出してやる。この土砂吐門の扉は掃除の場合に開く丈だから一日に一回位操作するに過ぎない。小形の扉は人力で開けるが、大形となると重くなるので電動機を運轉して開閉する様になつてるのが都合よい。

136. サイフォンダム

これは水槽附近の場所が狭くて、長い餘水吐を設ける事が出来ぬ時に造られる。これは第 126 圖の様に混凝土製の角な管で上端は水槽に開き、下端は水溜に連り水溜は餘水路に連絡する。

平生の場合では水路から矢印の如く流れて來る水の面は丁度 D の頂部に位する様にして置く。だから水は D の頂部を越すことなしに運轉状態にある。若し水車の負荷が急に減じると、水があまるから水槽水面は上昇して D の口を閉ぢる。同時に D の頂部

第 126 圖



サイフォンダムの圖

にも水が昇り其水は直ちに A の部分の空氣を伴つてサイフォン管の下に落ちる。其結果 A の空氣の壓力は大氣壓より減じて來るので、水槽面の大氣壓で此處に水が押込まれ、遂に第 1 卷第 28 節で述べたサイフォン作用が行はれて非常な勢で水を吐き出す。夫れだから、水路から來る水が水壓管に入る水より多い時には、いつも水面が D より上昇せんとするが、上昇すれば直ちにサイフォン作用で水が吐出され、水面は此圖の上昇水面以上には昇らないのである。

そこで餘水が吐き出されると上昇した水面が降つて h の口が開き、そこから空氣が A の部に押し入る結果、サイフォン作用がなくなつて水面は D の頂面より下には降下しなくなる。

若しサイフォン管の入口が雪とか氷とかで閉されたらどうか。水路から來る水の爲め水槽の水面は著しく上昇し、時として水槽の壁の上を越して溢れ落ち、その下の石垣の根を洗ひ土を崩したりして水槽が危険な状態となることがある。又空氣孔 h が若しも

閉塞したらどうか、サイフォン作用が繼續することになつて、水面は C の邊迄降下し、水車の落差が減じ面白くない結果を來す。だから水路に雪が多量に流れ込む恐れが多い場所にはサイフォンダムは思はしくない。

137. 餘水吐と餘水路に就ての注意

このことは平生發電所の運轉に重要な關係があるから一寸述べて置かう。

今ある發電所が全出力を出して居るとき、急に送電線路の故障等で停電したとする。取入口と水槽との間は長いからその間の水の容積は中々大きい。それだから此の際取入口を閉ぢて川から水を入れなくても、殆んど全水量が水槽に流れ込む。

發電所では故障箇所の復舊がどの位時間がかかるかと云ふ事は電話等で連絡を取つてゐるから、二時間以上も復舊出来ぬといふ様な場合には、取入口の方に電話をかけて其水門を大部分閉ぢさせ水路への水をごく少くして置き餘水路からこれ丈の水を流下させて置くのである。そして愈三十分か一時間後になると復舊工事が出来上るとなると直に取入口に電話をかけて水門を全開させ水路に全水量を通させる。そこでその水が水槽に到着しても水車がまだ水を要求せぬ間は餘水吐から水を流して置く。そして故障復舊の前から水車を空廻させて置き何時でも負荷がかかる様にして置くのである。

138. 水槽の位置 初め計畫するとき取入口から水路を或る勾配で設計するが、出来る丈澤山の落差を取らねばならないから、費用はかかつても水路を長く取る。然しながら水路を作る地盤が無くなつたら仕方がない。だから水路の終端は大抵山の上か、山の中腹でそれより先きは水路が設け難い場合である。

それだから水槽の敷地は勢ひ狭小なのである。然るに前に述べた様に水槽は大きい程流速がへるからそこに土砂を沈澱させる事が出来又水の調整がよく出来る。だから大きい方が好ましいのだが、どうしても大きく取れぬ事が多い。

それから多量の水をためるのだから地盤が丈夫でなくてはならない。水槽の任務は水壓管へ水を送るのだから、發電所の適当な位置に對して、水壓管を如何なる方向に、如何なる勾配で設く可きかによつて水槽の位置が問題になり、専ら地形に支配される事は云ふ迄もない。

139. 貯水池 川の水の流量は時々刻々變るものである。更に一年中で云ふと春は山の雪が解けて流れるから四五月頃川の水は著しく増す。夏の終から秋にかけ八九月頃に暴風雨が折々ある、其時は洪水が起るのは皆知つて通りで、川の水が一番多くなる。冬は山奥で雨が雪と化するから川の水はふえない所かへつて減じてしまふ。これが一月から二月にかけて一番甚しい。だからこの時期を渇水期と云つてゐる。

今假に或る川の流量が夏期毎秒 10 m^3 とし、この水全部を水路に入れて 6000 馬力を發電する計畫をたてたとする。さうすると二月頃になつて水が減じて毎秒 5 m^3 となると、當然 $6000 \div 2 = 3000$ 馬力しか發電出来ぬことになる。

それだから冬の渇水を補ふ爲めに大きな池を造つて平生あまつた水を溜めて置き、渇水期にこれから水を出して川の流量の減つたのを補ふ、これを貯水池と云ふ。

冬の渇水期間は 1 ヶ月乃至 2 ヶ月位の間だがこの間丈けを補ふ池となると實に大きなものとなる。たとへばある發電所が平水量 1000 個の水で定格出力が出せる様になつたのが、渇水量 500 個の場合にはこの不足の 500 個を 1 ヶ月間引續き補ふのにはどの位の貯水池を要するかと云ふに、

$$500 \times 3600 \times 24 \times 30 = 13 \text{ 億立方尺}$$

13 億立方尺の湖水となると深さ 3 尺にして表面積は 4 億平方尺餘即 2.3 平方里で日光の中禪寺湖位のものとなる。

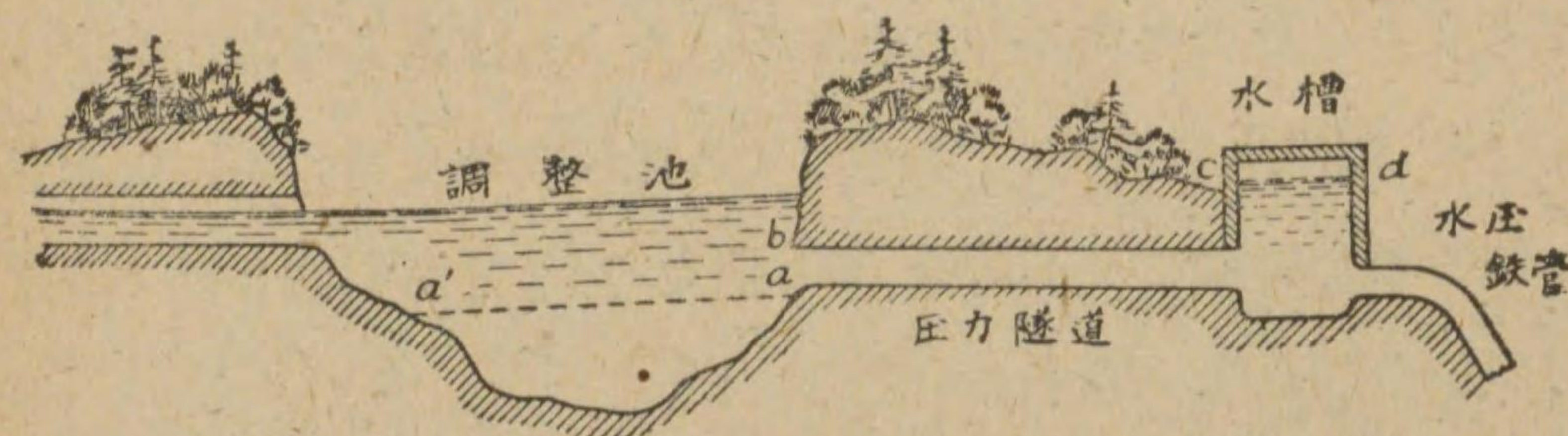
だから 2 ヶ月も引續いてやる爲には猪苗代湖の半分位のものを入工的に造ることになつて、我國では土地もなし工事費も多くない。そんなわけだから米國などの様に財力豊富土地極めて廣大、人口も稀薄な所で始めて行はれる事である。

吾國の琵琶湖とか猪苗代湖などは天惠の貯水池であるから前者から水を引いた宇治川電氣、後者を利用した東京電燈會社が其恩惠を受くるものは絶大なものである。

140. 調整池 前記の貯水池は流量の季節的變化に應ずる事を目的として居るが、茲にのべる調整池は一日中の負荷の變化に對應して水量を調整する爲である。

これを設ける場所は水路のそばで一番よいのは水槽そのものがこれになる事である。又水路の中途の谷を埋めて造つたのもあり又取入口を調整池にしたのもある。第 127 圖は東京電燈會社の山梨縣八ッ澤發電所の大野調整池の略圖である。

第 127 圖



調整池の略圖

調整池にたまつた水は $a a'$ の面以上丈けが利用出来る計りであるからなるべく表面積が廣い方が有利である。 $a b$ の口から壓力隧道になつて水槽に来る。發電所で全然水を要しない時には $c d$ の面が調整池面と同一になつても差支ない様に水槽を深くしてある。普通的水槽はかうしてないから水車で全部水を止めた時に溢れるのである。

練習問題 XV

1. 水槽は何の目的で造るか。

2. 餘水吐の目的は何か。
3. サイフォンダムの目的を略述せよ。
4. 餘水路は何の目的に造るのか。
5. 貯水池と調整池との差異如何。
6. 福島縣猪苗代湖は、我國で第 3 番目の大きな湖水で、水面積は 107.94 平方キロメートル (7 平方里) である。今或る發電所がここから毎秒 2.78 m^3 即ち 100 個の水を取り 200 m の落差で水車を連続運轉して居つたとする、發電所の出力は約 8800 kW である。そして雨も降らず、湖水の水は蒸發もせず、他に流出しないと假定する。或時間を経過して水面が 30 cm (1 尺) 低下したと云ふ、或る時間とは何程か。

【解答】

1. 水槽は此處から水壓管に送水するもので目的は
 - (a) 水路から来る浮游物を除去し、土砂を沈澱せしめること。
 - (b) 發電所で要する水を調整すること。
2. 急に負荷の變動によつて水の不用となつた時にその剩餘水を川に放出せしむる目的を以て、水路の一部に設備せるものを云ふ。
3. 水槽附近の土地狹小の爲めに餘水吐を設け得ざる場合にサイフォン作用を應用して速かに餘水を放水する目的を以て、水槽の一部に設備する混凝土管を云ふ。
4. 餘水吐より出る水を川に放流する目的を以て設くる水路を

云ふ。

5. 貯水池とは一年中長期間に亙つて川の水を溜め置き、渇水期に於て使用する爲めに設くる大なる池を云ふ。調整池とは一日間に於て餘れる水を貯へ、負荷の最も重き時にこれを以て補ふ割合小なる溜池を云ふ。

6. 1 平方里 = (12960)² 平方尺 = 167 961 600 平方尺

∴ 1 平方里で水深 1 尺 (30.3 cm) の水の容積
= 167 961 600 立方尺

∴ 7 平方里で水深 1 尺では 1175 700 000 立方尺

使用水は 100 個だから

$$\frac{1175\ 700\ 000}{100} = 1175\ 7000 \text{ 秒} = 3270 \text{ 時}$$

$$= 136 \text{ 日 と } 6 \text{ 時間} = 4 \text{ ヶ月 } 16 \text{ 日 } 6 \text{ 時間}$$

第十六章 發電所一般

141. 發電所の位置の選定 これは一概には云へない、多くは地勢によつて支配されるのである。原則としては最も多くの水量を取つて、出来る丈け高い落差を得ればよいのである。

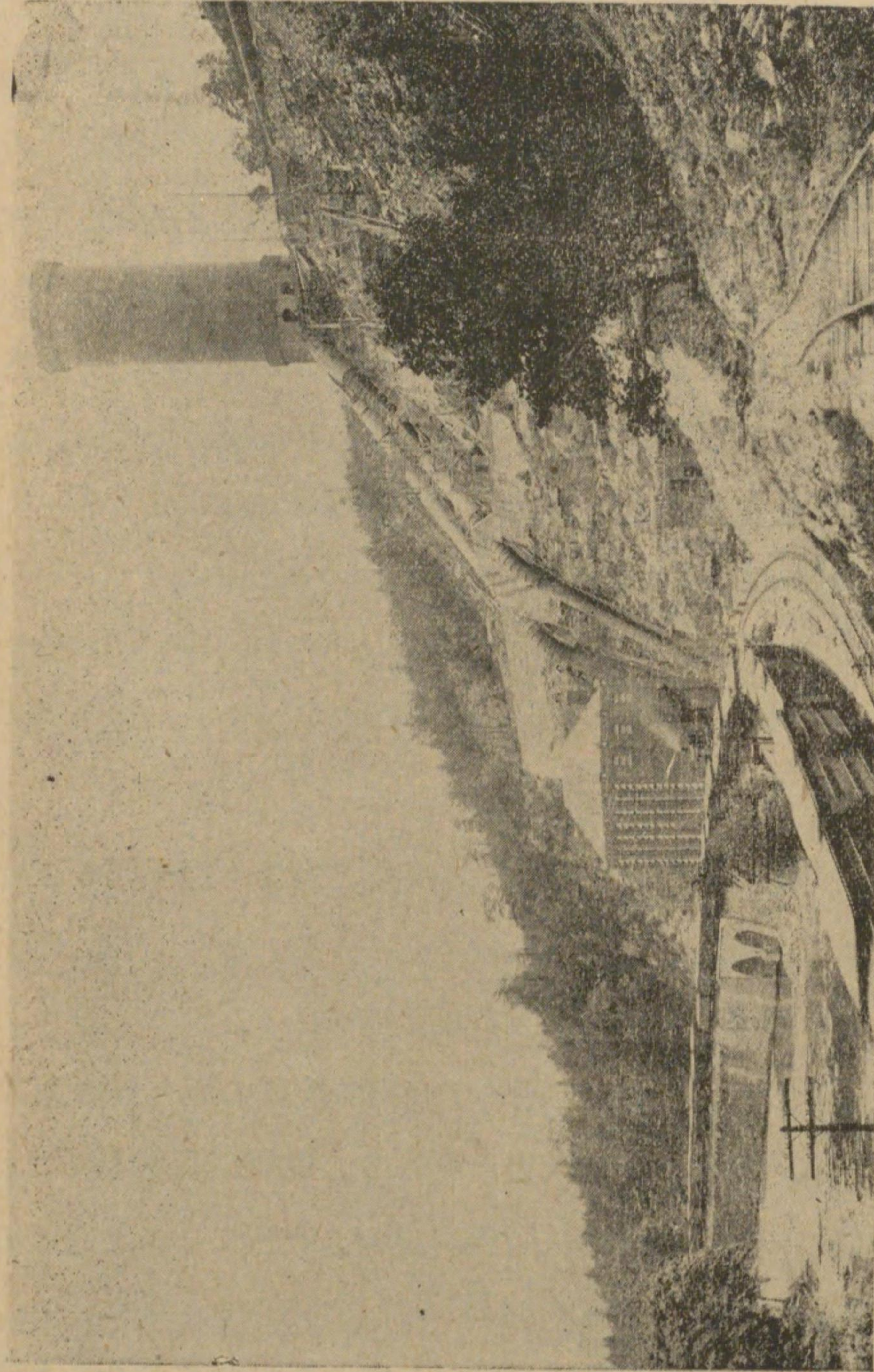
而して其工事費もなるべく安く仕上げねばならぬ。勿論絶対に故障の起らぬ様に、立派なものを造り上げねばならない。兎に角どんな場所を選ぶかといふに

- (1) 洪水の被害のなき所
- (2) 地盤が丈夫で又その周囲の山などが崩れたりせぬ様な所
- (3) なるべく平らで發電所を設けても其周囲に餘裕のある様な所
- (4) 發電所を設ける爲めに、地盤をあまり深く掘り下げたりしないでよい所

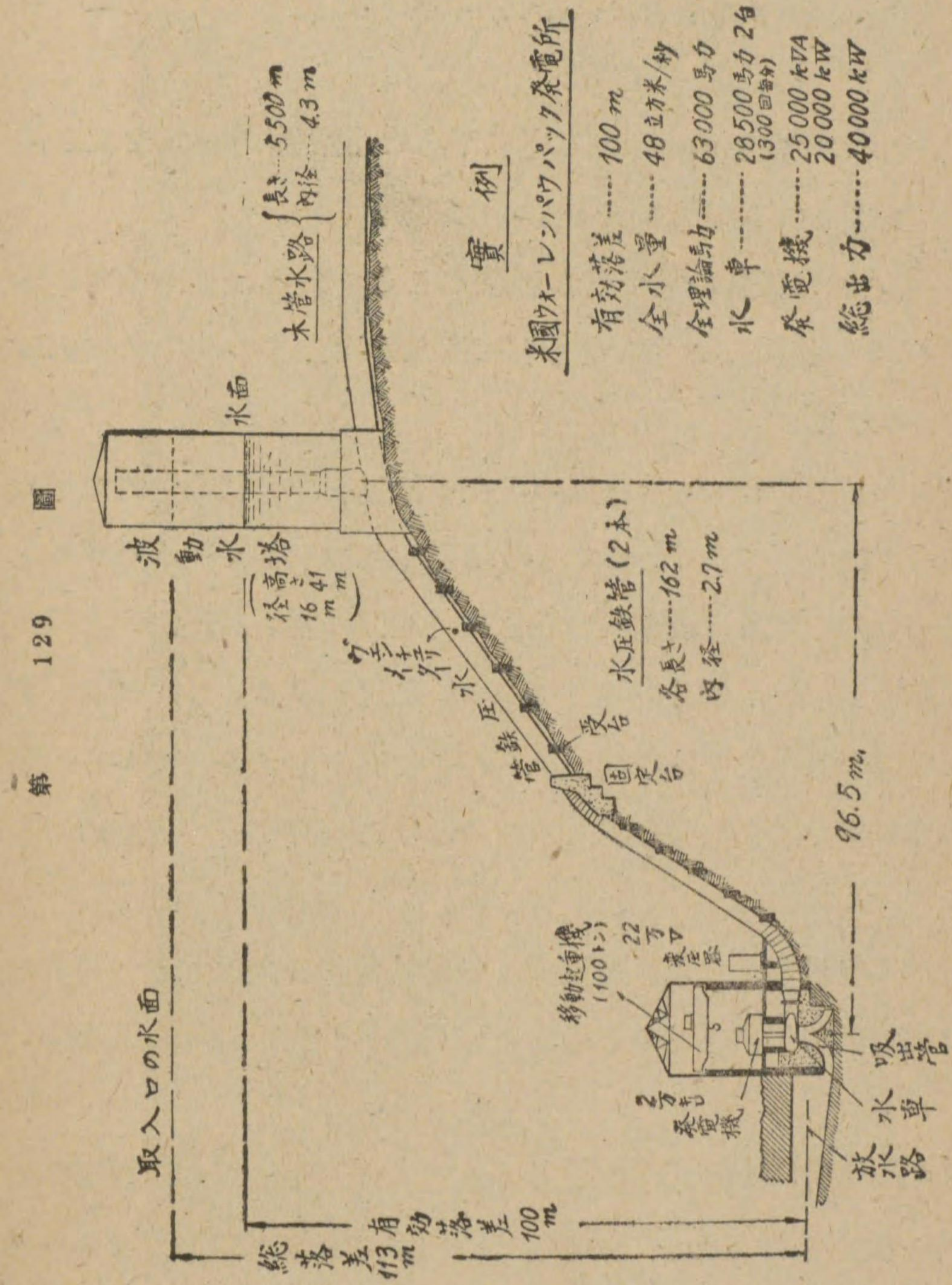
もつと個條はあるが先づ上の事を述べよう。

(1) 發電所を設ける場所が丁度川の流れのまともにあたる所だと、洪水の時に甚しく被害を受ける。堅固な石垣の様なものを造つたにしても安心ならない事が多い。そしてそれを造る丈け費用が増すから悪いのである。

(2) 水力を利用する場所は、火力とちがつて都會地に遠い山の中だから概して地盤は良い。岩石の盤の様な所は最も善いのだ



最新發電所の一例 (次の圖を参照のこと)



最新發電所の一例

が掘取るとその爲めに相當費用がかさむ。

周圍の山，殊に水壓管を置く斜面の地盤は丈夫でなくてはならない。

(3) 山の下，谷川のわきなどに平らな相當廣い場所を要求する方が無理であるがなるべく廣いのが好ましい。

(4) これは經費の點で最も重要なことである。反動水車の所で一寸述べた通り，水車はどうしても放水面上8m以上には置けぬ事になつてゐる。

河の水面から考へて發電所の現在の地盤が非常に高い時は水車は下の方に置くべきであるから勢地盤を思ひ切つて掘り下げる。

又一つのやり方は發電機のみを高い地盤に置いて，深い井戸の様な底に水車を入れ長い軸でこの二つを連結する。こんな風にすると地盤を深く掘り下げないから經費は安く出来るのである。豎軸の水車が非常に勢力を得て來たのは，この點が一つの原因である。

其他水壓鐵管，水車，發電機，變壓器等の運搬はどうしてやるかは發電所の位置を定める際には是非共考へて置かねばならない。

142. 水壓管の配置 水壓管はどうするか，發電所の中の水車が2臺あれば，水壓管も水槽から2本下げて，各水車に専用のもにするのが一番完全なのである。水車が大きなものになるとさうするのが普通だが，小さいもので2本も水壓管を作る

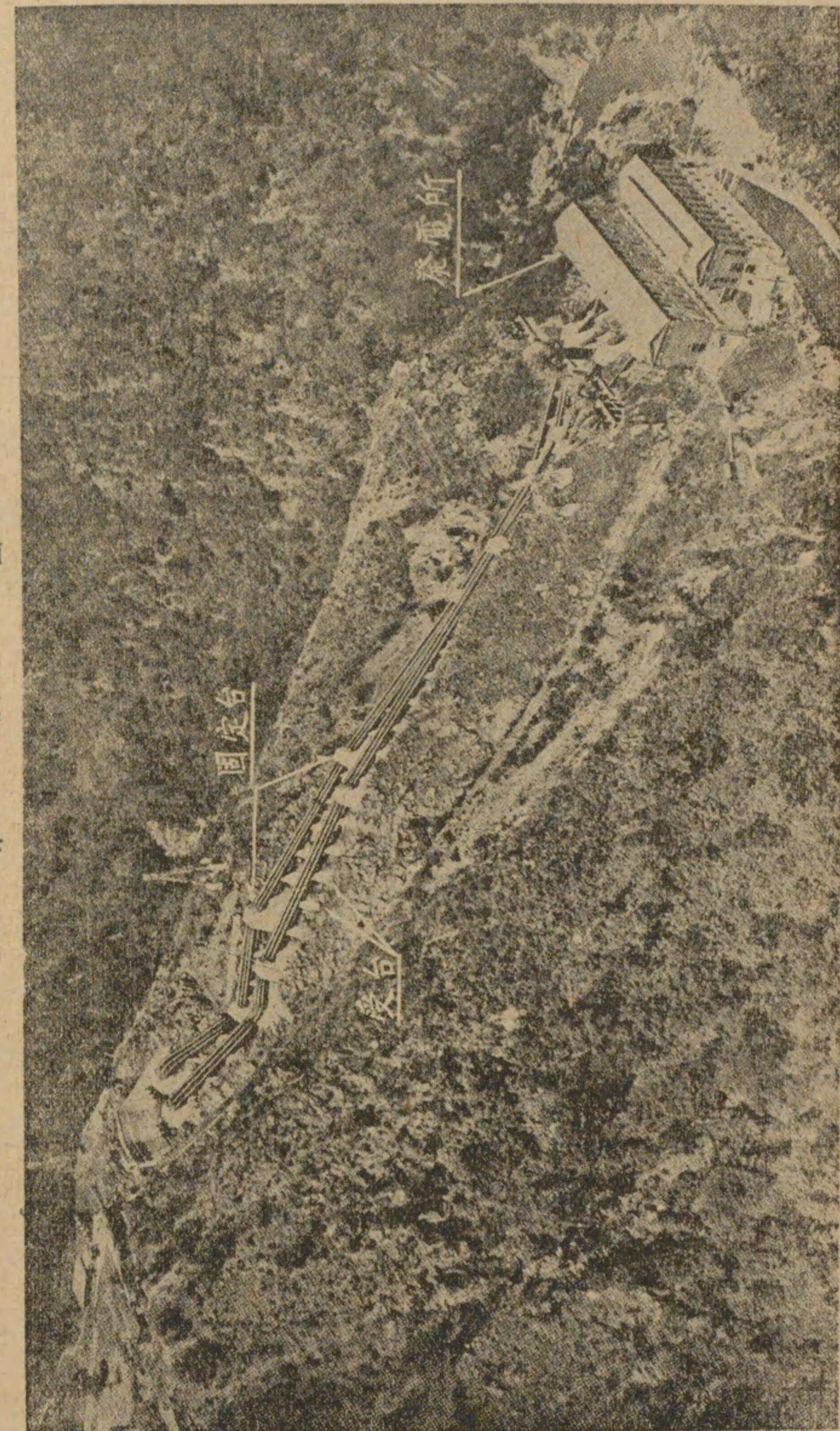


圖 130 第 米國タルラフオームル發電所水壓鐵管配置圖

と云ふ事はぜいたくな事である。普通は1本の水壓管を下迄下げて、下の方で更に小さな管に分けそして各の水車に送水するのである。又ある所では中頃迄は1本の水壓管で持つて来て、下の方を二股に別けてこれを各々の水車に分ける様なものもある。いづれにしても工事費の関係でいろいろな配置にするのである。今述べたのは水車が2臺の場合だが、水車数が4臺となつても同様に水壓管を2本にして途中で4本にしたり色々な設計をなすのである。

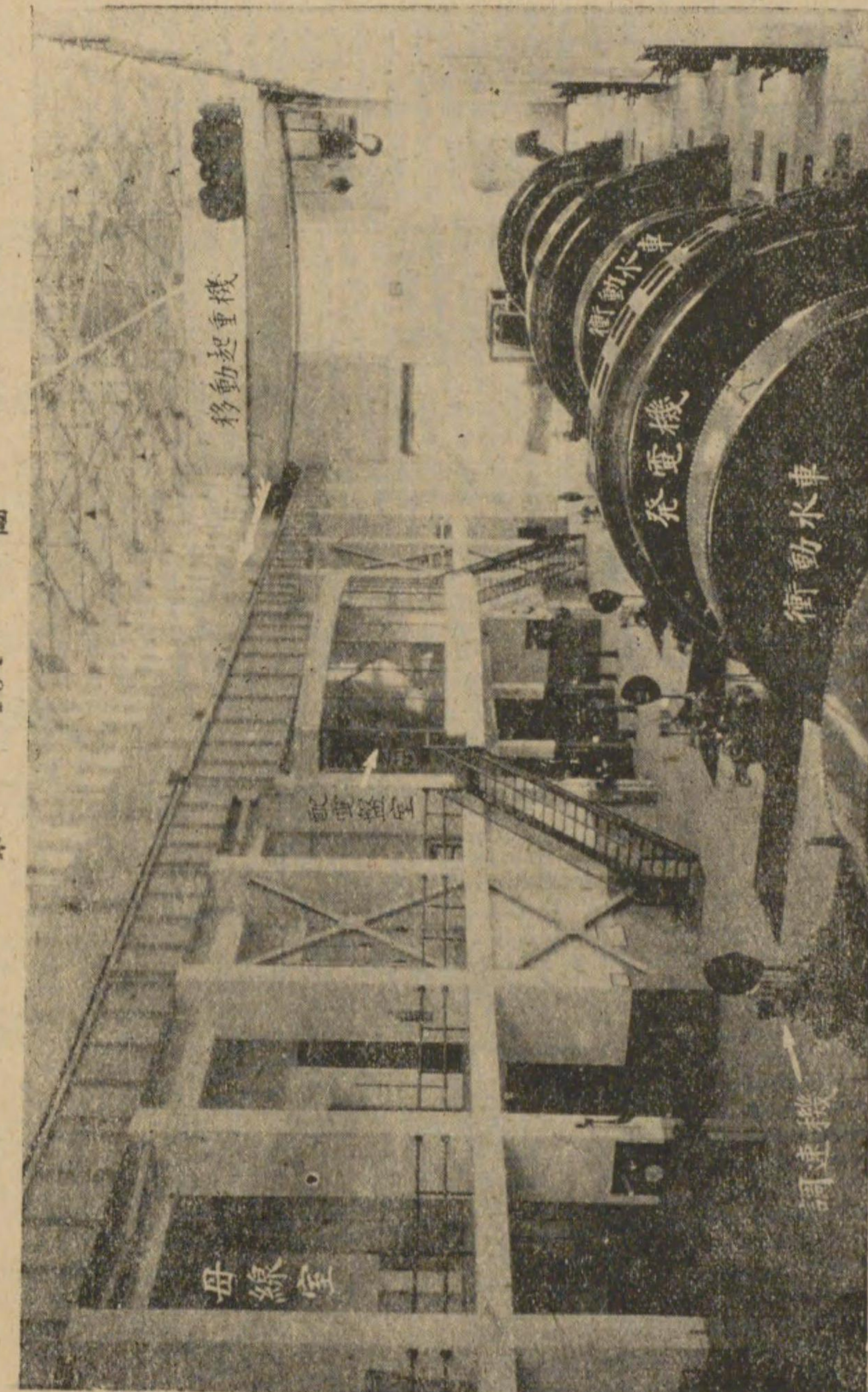
其の場合によつて發電所内の直流發電機即ち勵磁機の専用として小さい水車を置き、それに専用の細い水壓管を1本水壓管と並行に置くやり方もある。これは數萬 kW の大きな發電所でやる事で普通の 3000 kW 位の發電所ではぜいたくになるからやらない。

143. 發電所内諸機械の配置 これは先づ發電所内の諸機械が、皆同じ様に行儀よく配列される事が必要である。

第 131 圖の如く諸機械相互の間に餘地を存して置く事も大切である。何故なれば初め機械を据え付ける時にも運轉後修理する時にも、機械をわきに置いて仕事をするからである。さうかと云つてあまりぜいたくに床を廣くする事は工事費を増して悪い。兎に角事情の許す限り床面積を狭く取るのである。

今述べた機械の配置を整然と行ふのは體裁上の點が主ではない。機械を見通して監督するにも一絲亂れぬ様にしてあれば自ら

これは米國桑港市發電所の内部である。水車は複懸垂型と云ひ中央に發電機をはさんで兩側に武臺宛同一軸で發電機を廻らす。



第 131 圖

發電所機械配置圖

気分も緊張し故障も少い。之に反して亂雑な配置にしたり掃除が不十分だつたら、自然に気分が弛んで思はざる故障も起り勝ちである。

144. 電氣工事の設計 落差、水量、理論馬力から見て、如何なる型の何臺の水車發電機にすべきか、其の廻轉數、電壓、周波數、變壓器の電壓、組の數と送電電壓、送電線路の位置の測量、變電所の位置、變壓器それから配電電壓、配電線路と云ふ風に多くの仕事がある。發電所は圖面をかき水車發電機配電盤變壓器等の配置を記入し、建物の大體の大きさを定める。

差當り大切な事は發電機械水車の基礎を設計する事で、これは常に土木技術者と協議して行ふ。發電所の建物は建築の技術者と協議する。發電所ではこれを原圖に書き青寫真にし、機械据付の際は常にこの青寫真で仕事をする。

送電線路の長いのは何百 km と云ふ位だから、すこぶる廣汎なものでこれ丈けでも大仕事である。測量を行ひ電柱の位置を圖面に書く。そして鐵塔電線などは製造工場に註文する。

水車電氣機械等一切は出来る丈け早く註文をして置き、据付迄に充分に間に合ふ様にして置く。

以上の細かな工事設計をまとめ工事設計明細書とする、そして遞信省に願ひ出てゆるしてもらふのである。

145. 諸機械の購入 水壓管は銲接のものは内地製だから適當の所に註文するが、銲接のものは是非其外國註文を要する。獨逸と米國とに優秀な製作所がある。水車、發電機、變壓器等は内地製で立派なもの出来る様になつた。これ等は最初適當と思ふ製造會社から見積を取り入札させ、安價で、よいものに決定して註文するのである。

練習問題 XVI

1. 水車毎に水壓管を設けるのは何故都合がよいか。
2. 發電所内機械の周圍には、何故相當な餘地を作つて置くのか。
3. 豎軸水車と發電所の地盤との關係を述べよ。

【解答】

1. 一つの水車を検査又は修繕したりする様な時には、それに水を送る水壓管の上部の門扉を閉ぢて水を抜き去る必要が起る。こんな時に若し一つの共通水壓管から二臺の水車に送水してると二臺共同時に運轉を停止する事になるから不便である。
2. 發電機水車等のまはりには、大體其機械の大きさかそれより少い位の面積をあけて置く。それは機械を据付ける時には、据付ける場所のわきに先づ機械を置く必要がある、修繕する時にも同様である。然し餘り餘地を多く取ると不經濟だから考慮を要する。
3. 發電所を設ける天然の地盤が高い所であると、どうしても