

分良好な状態を呈するけれども、吸込み側の詰め物匣は、内部の圧力が大気の圧力よりも低いから、外界の空気が詰め物匣を通して内部に滲入し、甚しき不結果を來す。何となれば、空気が滲入して水に混ざると、汲み揚げらるゝ水の量は減じて即ち水量効率を低下せしめ、加之、空気を混じたる水は比重小となるが故に、羽根車は充分に自己の動作を遂行することが出来ない。例へばポンプが全部空気を以て満たされたる場合の如きには、羽根車が如何に回轉するとも、水は決して吸揚げられぬ如き状態となる。

斯かる理由によりて、ポンプ内に空気の滲み込むことは大に嫌はねばならない。而して滲み込む作用は比重の小なるものほど烈しく起るものであるから、水の漏れ出す作用に比して、空気の滲み込む作用は極めて著しい。即ち空気の滲み込むことは、水の漏れ出すことよりも夥しき害を與ふるもので、随つて空気を滲入せしむるよりは、寧ろ水を漏出せしむる方が有益なる結果を與ふるものである。

此の理に基き、吸込み側の詰め物匣、即ち一般に大気圧よりも低き圧力の場所に装置する詰め物匣には、通例細管を附して他の高圧部の水に連絡し、匣の内部の圧力を大気圧よりも高からしむる。之れが

ために、水の幾分は外方に漏出し、又幾分は吸込み側に逆流するやうになるけれども、此の害は空気の滲入する害に比較すれば寧ろ微小である。

吸込み管内の圧力は大気圧よりも低く、空気の吸込まるゝ恐れがあるから、吸込み管の接ぎ目の如きは、注意して嚴密にしなければならぬ。吐出し管内の圧力は大気圧よりも高いから、漏るゝものは水であつて、而して外方に漏れ出すのであるから、監視するのに便利が多いけれども、吸込み管の漏泄は空気が内方に漏れ込むので、外部から鑑識し難く、其の結果不注意になり易きは最も恐るべきものである。

實際に、ポンプの故障の大半は概ね吸込み側に於て起り、吐出し側に於て起るのは稀である。

第二 軸 承 損 失

97. 軸承 羽根車を回轉する軸を支持する軸承 (bearing) には、機械的摩擦を生じ、動力の損失を來す。

此の損失を輕減するには、完全な注油装置を施して軸承面を絶えず滑料 (lubricant) を以て潤し、且つ又軸承面は成るべく廣く造りて、摩擦熱のために、温度が餘りに上昇せぬやうにすることが必要である。

普通に廣く使用されて居る注油装置は、輪の注油

器 (ring oiler) と云ふので、軸承の軸を支ふる面を二分し、其の中央に軸體を露出せしめ、其處に金屬製の輪を懸け、輪の下には油壺を置いて輪の下端が油の中に浸るやうにする。軸の回轉によりて輪は回轉され、其の際油は輪に附着して軸上に運ばれ、其處に之れを塗り付ける。斯くて軸の回轉中は、自働的に、油は軸承面上に絶えず塗り付けられ、完全なる注油法たり得るのである。

第三 他の固體摩擦損失

98. 以上縷述したる填め物匣及び軸承に働く機械的摩擦の外に、凡て二つの固體が相接觸して互に擦れ合ふ場合には、此等と同様の摩擦損失を起すものである。軸の横推力を支持する推承け臺[第125節]の面に働く摩擦の如きは、即ち之れに屬する。

通例固體と固體とが擦れ合ふ面の間には、滑料として、液體たる水若しくは油の、極めて薄い膜を形成せしむるから、嚴格に云へば、二つの固體が直接に接觸するのではなくして、二つの固體間に液體が挿入されてあるのであるから、盤面摩擦[第92項]と同一な流體摩擦に屬せしむべきものであらうけれども、液體が極めて薄い膜を形成して二つの固體間に挿

入されてある場合には、便宜上二つの固體は直接に接觸して居るものとして之れを取扱ふ。

凡て如何なる場合に限らず、固體間の摩擦を減殺するには滑料を充分に供給し、且つ又接觸面を成るべく廣くして、摩擦熱のために温度の餘り上昇せぬやうに企つることが肝要である。固體摩擦は流體摩擦と異なり摩擦力が接觸面の廣さに關係しないから、接觸面は任意に廣くして差支ない。

第八章 各部形状論

第一節 羽根車

99. 側壁の形状 羽根車内部に起る水嵩損失を軽減するには、絶対速度 c_1 が c_2 に變化する状態を能ふ限り緩漫にすることを要する[第77項]。其れには、第一に輻射速度が v_1 から v_2 に緩やかに變化するやうにし、第二に關係速度が w_1 から w_2 に緩やかに變化するやうにすることが肝要で、そうすれば其の結果として、絶対速度が c_1 から c_2 に自然に緩やかに變化するやうになる。

此の第一の條件として、輻射速度を v_1 から v_2 に緩やかに變化せしむるには、羽根車側壁の形状に或る方式に適合する形状を與へて、羽根車の幅が b_1 から b_2 に緩やかに變ずるやうにすることが必要である(第十八圖)。

偕て羽根の厚さを考へぬものとすれば、一般に次の式が成り立つ[(43)式参照]。

$$2\pi r b v = Q$$

或は

$$b = \frac{Q}{2\pi r v}$$

今 $r=r_1$ なる所に於て $v=v_1$ 、 $r=r_2$ なる所に於て $v=v_2$ であつて、而して $v_2=xv_1$ であるとし、 v_1 は v_2 に極めて緩やかに變化するものとする。仍て $r=r_1$ なる所に於て $v=v_1$ 、 $r=r_2$ なる所に於て $v=xv_1$ であつて、 v_1 が xv_1 に極めて緩やかに變化するものとするれば、 r が r_1 から r_2 に變ずる間に於て、 x の如き係数が、1 から x まで極めて緩やかに變ずるやうにすれば宜しい。

先づ最も簡便な場合として、 x の如き係数が、 r に對して一次的 (linear) に變ずるものと假定するとし、上記の條件を満足せしめんには、任意の半徑 r に對する係數をして、

$$1 + \frac{x-1}{r_2-r_1}(r-r_1)$$

に等しからしむれば善いことは明白であるが故に、任意の半徑 r の所に於ける輻射速度 v は、一般に次の如き形に書ける。

$$v = \left[1 + \frac{x-1}{r_2-r_1}(r-r_1) \right] v_1$$

此の値を上式に代入すれば、

$$b = \frac{Q}{2\pi r \left[1 + \frac{x-1}{r_2-r_1}(r-r_1) \right] v_1} \dots\dots\dots(151)$$

半徑 r の種々なる値に對し、此の式より計算されたる b を幅とする羽根車は、縦ひ羽根の厚さは考へて居らぬとも、最も理想的な側壁の形狀を與ふことは、多言を要しない。但し此の式に於て、 x は羽根車の入口及び出口の輻射速度の比 $\frac{v_2}{v_1}$ なる値で、1 よりも大なる場合も小なる場合もある。

若し輻射速度が一定であるならば、 $x = \frac{v_2}{v_1} = 1$ であるから上式より、

$$b = \frac{Q}{2\pi r v_1}$$

或は

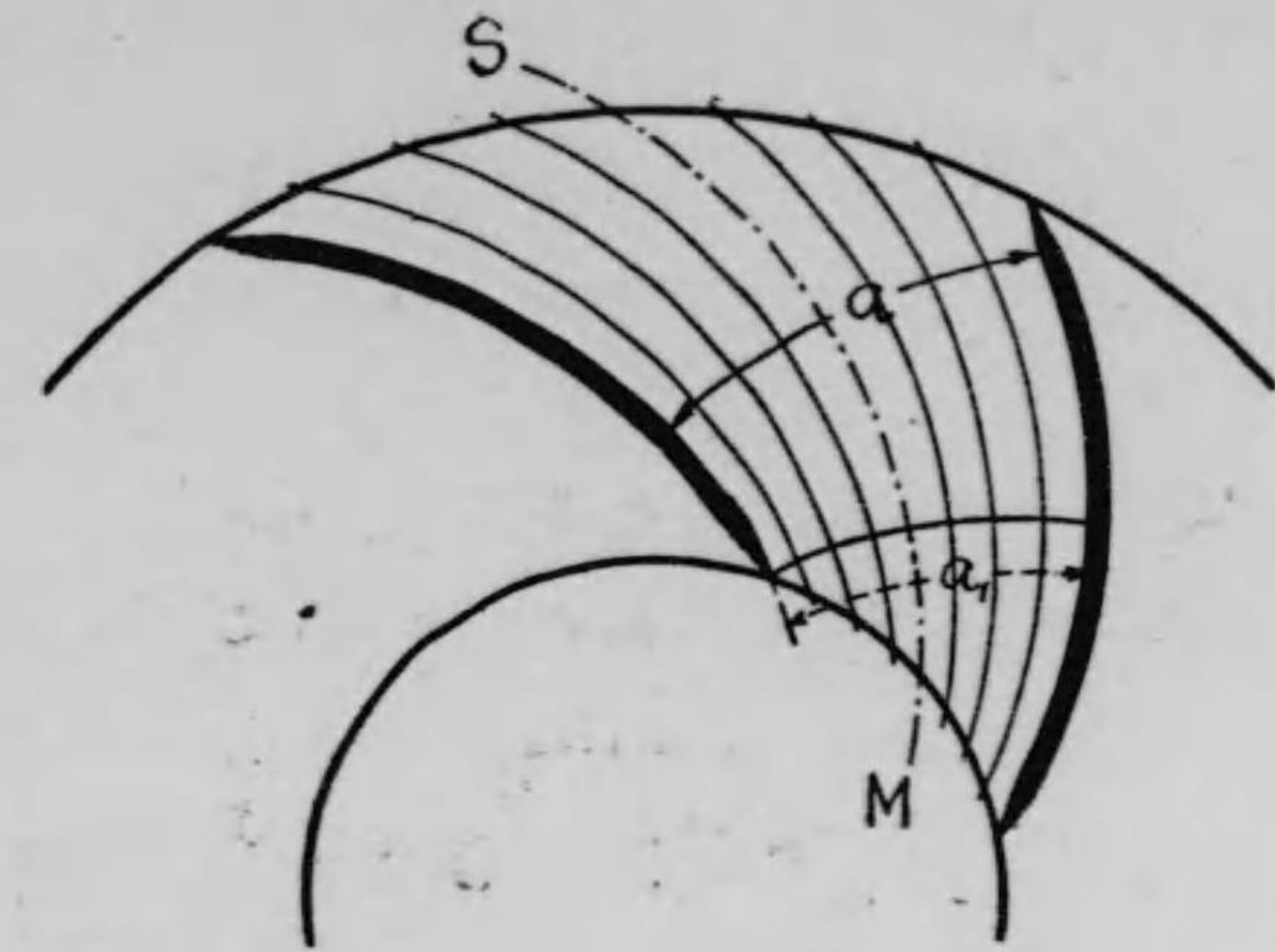
$$br = \frac{Q}{2\pi v_1} = \text{定數} \dots \dots \dots (152)$$

即ち斯様な場合には、 b は r に反比例するが故に、側壁の形狀は、丁度直角雙曲線形の斷面を呈するものとなる。

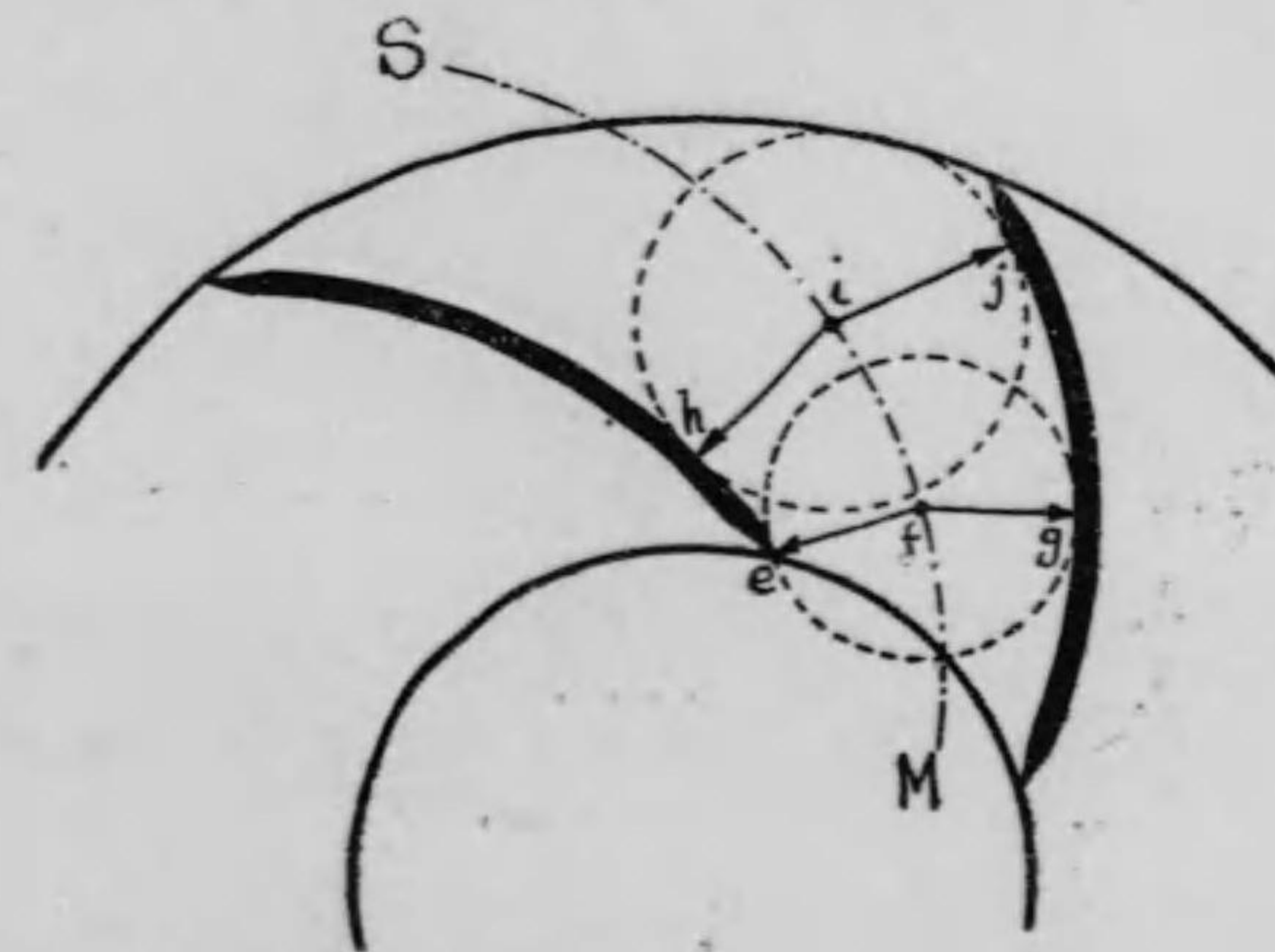
100. 羽根の形狀 前項に掲げた第二の條件として、關係速度を w_1 から w_2 に緩やかに變化せしむるには、羽根の形狀に或る方式に適合する形狀を與へて、羽根と羽根との間を直角に測つた距離、嚴正に云へば、第四十八圖に示す如く、相隣る二つの羽根の間に於て無數に相重れる關係徑路 [第19項] を想像し、其等に順次に直角に横はる或る種の曲線に沿うて測つた羽根と羽根との間の幅が、 a_1 から a_2 に緩やか

に變化するやうにすることが必要である。併し斯様な曲線上の幅は容易に正確に測ることの出來ぬものであるから、實際の場合には之れを簡略にして、

第 四 十 八 圖



第 四 十 九 圖



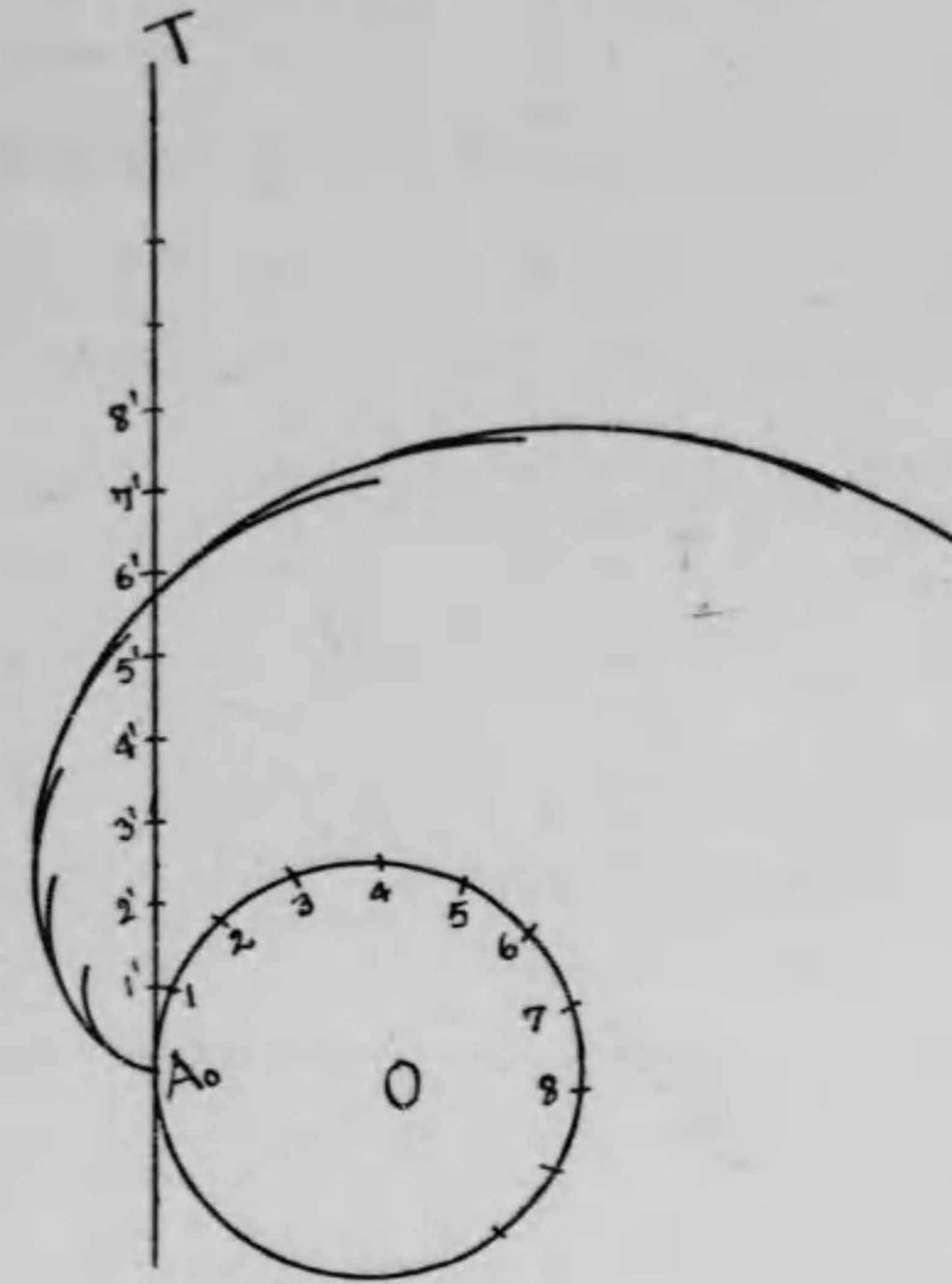
第四十九圖に示す如く、相隣る二つの羽根に接觸する圓を無數に書くと假定し、其等の圓の中心の軌跡を MS なる曲線とすれば、此の曲線から各々の羽根に引きたる垂直線の長さの和、即ち圖に於て *efg, hij* の如き長さを以て、羽根と羽根との間の幅とする。

偕て斯様な幅が a_1 から a_2 に緩やかに増すと云ふ條件に適合する曲線を以て羽根の形狀とすれば、最も水嵩損失の小なるものを得る。而して之れに適合する曲線としては色々あるであらうけれども、其の内に於て、製圖が容易であると云ふことから云へば、圓の卷出し線 (involute of circle) と名付くる曲線を第一に推さねばならぬ。圓の卷出し線とは、圓又は圓筒に絲を巻き付け、而して其れを解す時に、絲の一點が空間中に書く一種の渦線である。

101. 卷出し線の畫法 任意の圓の卷出し線を書く最も簡單なる方法を示す。

第五十圖に於て、與へられたる圓周上の A_0 點より始まる卷出し線を書くには、 A_0 に於て與へられたる圓に接線 A_0T を引く。次に A_0 點より順次に等距離に 1, 2, 3, 4 等の諸點を圓周上に取り、其れと等しき距離を以て直線 A_0T 上に A_0 より等距離に $1', 2', 3', 4'$ 等の諸點を取る。弧の長さと直線の長さとを成る

第 五 十 圖



とする圓弧を A_0 點より始めて連續的に書き、其等の弧に順次に接觸する曲線を書く時は、所要の卷出し線を得る [拙著機械學中卷第 169 項參照]。

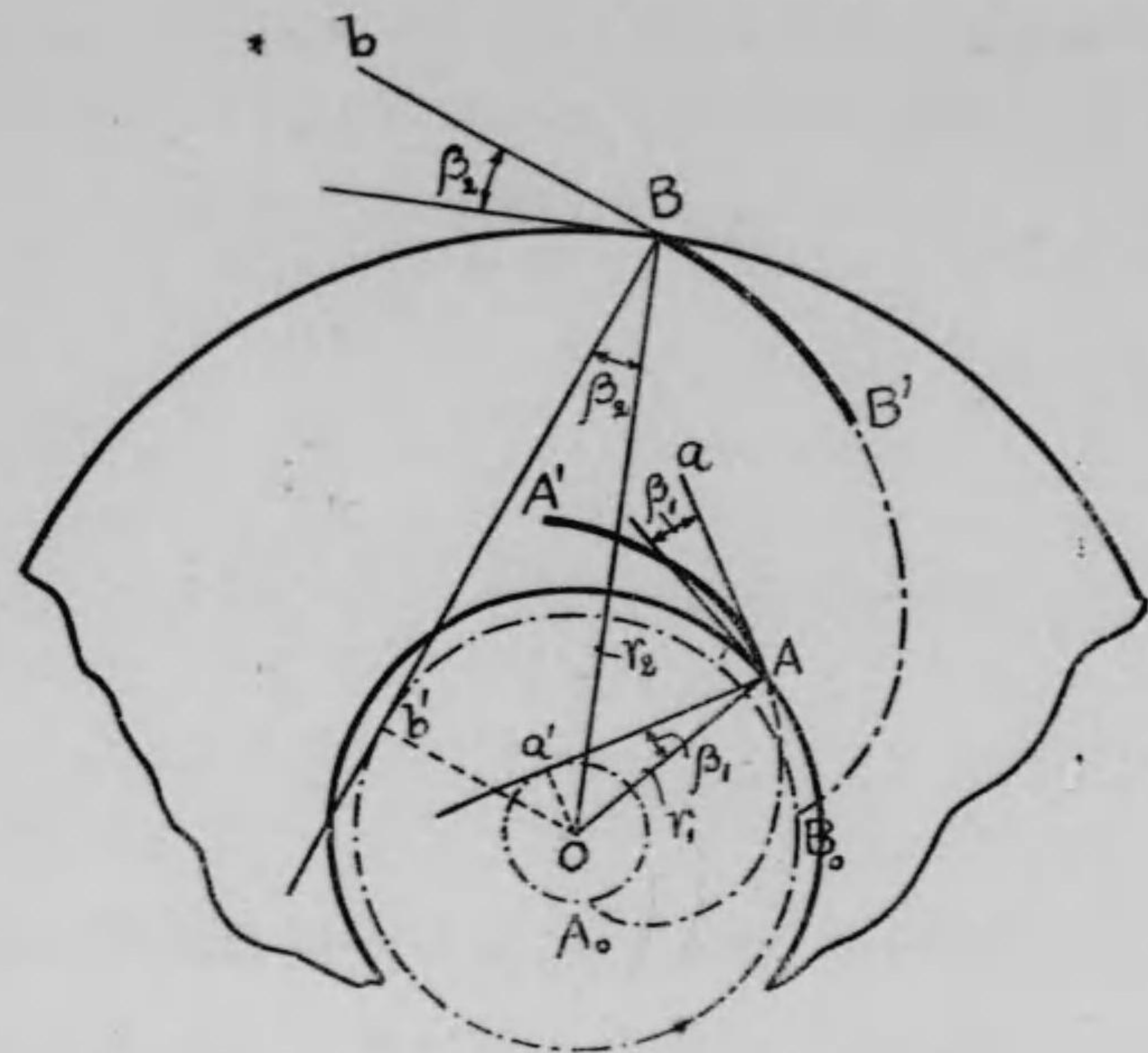
102. 卷出し線形の羽根の形狀 羽根車の入口並びに出口に於て、羽根の方向は水の關係速度の方向に夫々接線的でなければならぬ(第十二圖)。故に第五十一圖に於て、 Aa が入口の關係速度の方向であるとすれば、之れに直角なる直線即ち半徑 OA と

べく等しからしむるを要するが故に、分點は成るべく密接して多數取る時は、一層正確なる曲線を得ることが出来るのである。

斯くて 1, 2, 3, 4 等を中心とし、順次に $A_01', A_02', A_03', A_04'$ 等を半徑

β_1 なる角をなす直線 Aa' を引けば、A 點に於ける羽根の曲りの中心は、直線 Aa' 上になければならぬ。

第 五 十 一 圖



同様に Bb が羽根車出口の関係速度の方向であるとすれば、之れに直角なる直線即ち半徑 OB と β_2 なる角をなす直線 Bb' を引けば、B 點に於ける羽根の曲りの中心は、直線 Bb' 上になければならぬ。

夫故羽根の曲線を圓の卷出し線形にするとせば、中心 O より直線 Aa' 及び Bb' に下したる垂直線の長さを Oa' 及び Ob' とすれば、羽根の入口並びに出

口の曲線は、此等を半径とする圓の卷出し線でなければならぬから、前項に述べた畫法によりて、羽根の形状は定めらるゝ。併るに圖に示した如く、 Oa' と Ob' とは通例等しくないから、入口の卷出し線と、出口の卷出し線とは同一の曲線ではない。

入口並びに出口の卷出し線を同一の曲線であるやうにするには、 Oa' と Ob' とが等しくなることを要する。仍て

$$Oa' = Ob'$$

併るに $Oa' = r_1 \sin \beta_1, \quad Ob' = r_2 \sin \beta_2$

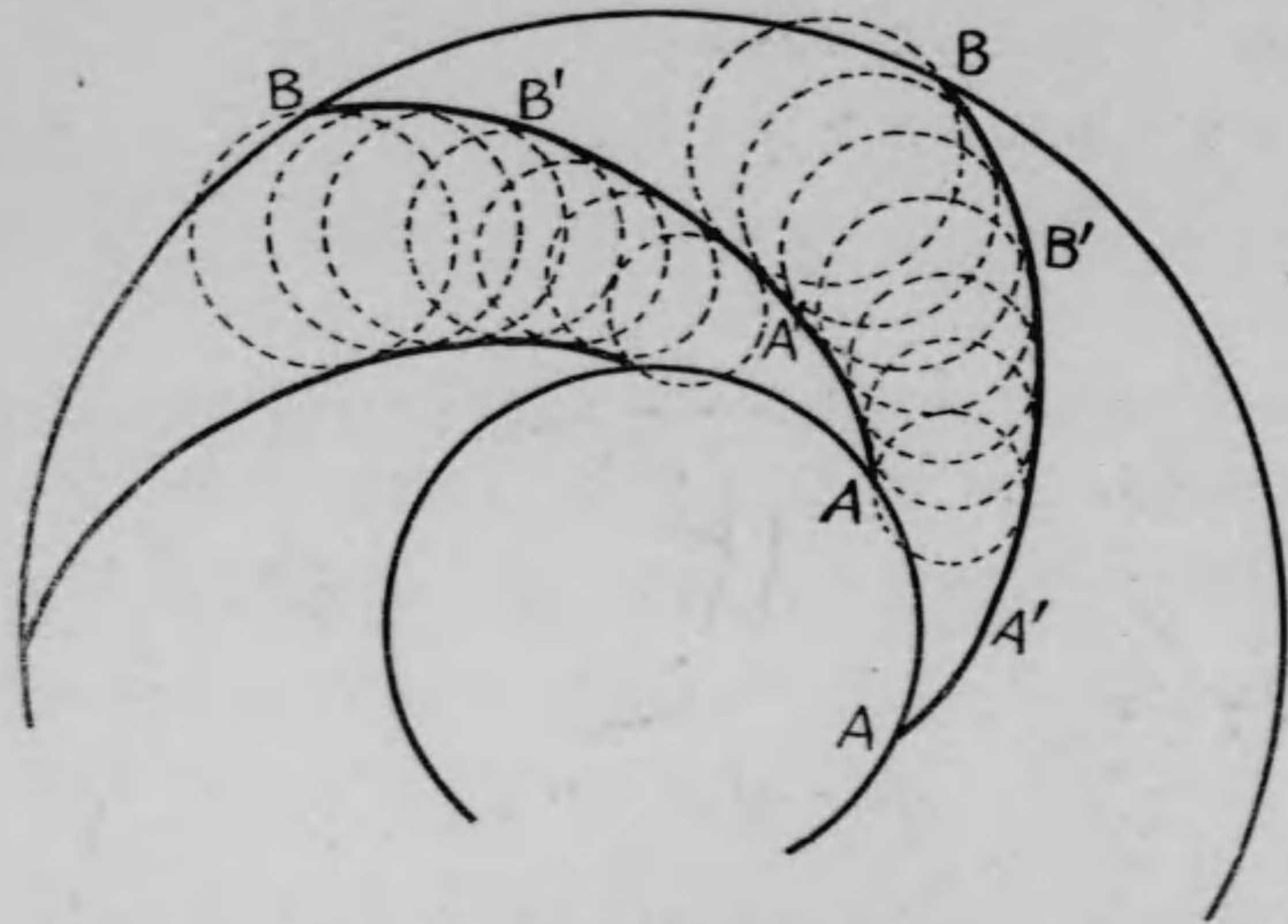
故に $r_1 \sin \beta_1 = r_2 \sin \beta_2$

或は $\frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} = \frac{r_1}{r_2} \dots \dots \dots (153)$

即ち羽根の入口並びに出口角が、其等の半径に對して、此の式を以て表さるゝ如き關係にある時に限り、羽根の形状は一の連續したる卷出し線を呈出する。併るに實際の場合に際して、入口角 β_1 は入口の状況を參酌して適當に定め、出口角 β_2 は出口の状況を參酌して適當に定むるが故に、 β_1 及び β_2 は必ずしも此の式を以て表さるゝ如き關係を有つて居らないから、卷出し線は通例入口と出口とに於て別種のものとなるのを免れない。

斯く入口と出口との曲線が違ふからして、此等を連結するに或る他の曲線を挿入せなければならぬ。即ち第五十二圖に於て、 AA' 及び BB' を入口及び出口の巻出し線とし、而して此等二つの曲線を連結するに、他の任意の曲線 $A'B'$ を挿入する。但し $A'B'$ の挿入し方は、第四十九圖の方式に準じ、相隣る二

第五十二圖



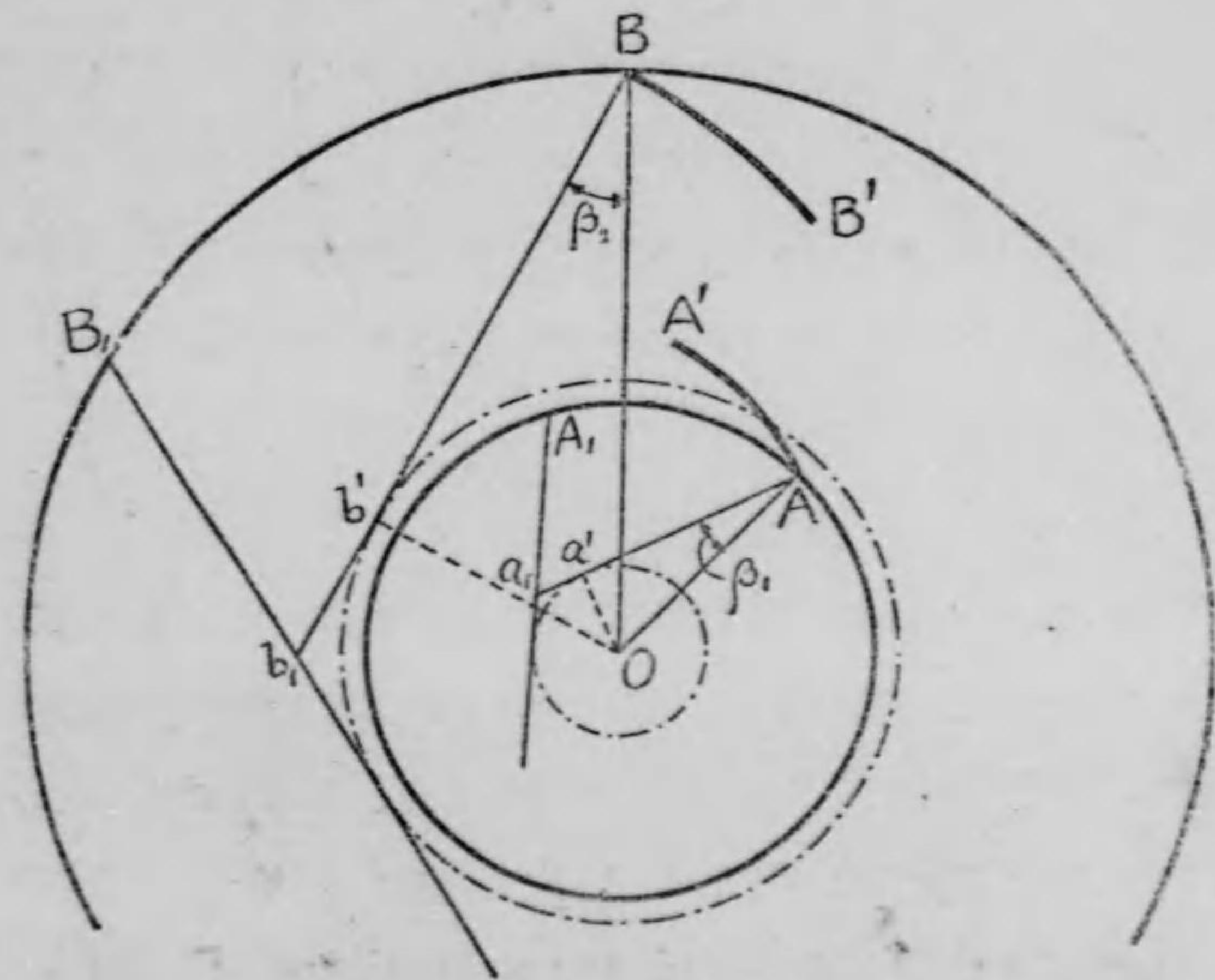
つの羽根に順次に接する多数の圓を書いて見て、其等の圓の半径が、羽根の入口より出口に至るに従ひ、無理なく次第に大きくなるやうに、種々に按排して、 $A'B'$ なる曲線の形を定むることを要する。

103. 簡單なる巻出し線形の羽根の書法 最も

嚴正なる巻出し線形の羽根は、半径が Oa' から Ob' (第五十一圖)に順次に變る如き圓の巻出し線を無數に求め、其等を順次に連結したるものでなければならぬことは明白である。

之れに反し、最も簡單なる巻出し線形の羽根の形状を定むるには、第五十三圖に於て、羽根の入口 A の曲りの中心は直線 Aa' 上になければならぬのであるから、 A にて始まる羽根の次ぎの羽根は A_1 にて始まるとすれば、此の點より Oa' を半径とす圓に接線

第五十三圖



A_1a_1 を引き、 Aa' の延長線との交点を a_1 とすれば、 A にて始まる羽根の入口の一小部分 AA' なる巻出し線は、 a_1 を中心とする圆弧であると看做して大差がない。

同様に羽根の出口 B の曲りの中心は直線 Bb' 上になければならぬのであるから、 B にて終る羽根の次ぎの羽根は B_1 にて終るものとすれば、此の點より Ob' を半径とする圓に接線 B_1b_1 を引き、 Bb' の延長線との交点を b_1 とすれば、 B にて終る羽根の出口の一小部分 BB' なる巻出し線は、 b_1 を中心とする圆弧であると看做すことが出来る。

斯くて AA' 及び BB' なる羽根の兩端の小部分の形狀が定まつたならば、第五十二圖の方式に従ひ、此等の曲線の位置を都合よく按排し、其等の間に他の曲線 $A'B'$ を挿入して一の連続したる曲線たらしむれば善いのである。

104. 概説 羽根の動作は、唯水を掻き廻して之れにエネルギーを附與するものであるとすれば、羽根の形狀は直線形にても圓形にても差支なき理であるけれども、水嵩損失を輕減すると云ふ條件を以て看れば、直線形や圓形の羽根は良くないので、直線や圓に對して製圖上にも製作上にも較や困難を免

れぬけれども、以上に述べた如き形狀のもの、其の他凡て關係速度が w_1 から w_2 に無理なく徐々に變化するやうな形狀にすることを必要とする。

猶ほ注意すべきことは、羽根は成るべく短かいのを尙ぶ。羽根が長い時は摩擦面の廣くなる結果として、摩擦損失が増大する。又餘り短かいのも宜しくない。羽根が短か過ぎると、羽根の間隔が先端に於て餘りに廣くなつて水の混流が著しくなる。斯様な場合には、第十九圖に示す如き半羽根を添加すれば混流は減ずるけれども、摩擦面が多くなるから、損失が却つて増加することになる。

之れを要するに、羽根の長さは長きに失せず短きに過ぎざることが最も肝要であるけれども、之れに關しては一定の方針がないから、從來諸種の實物に對する實驗を調査し、羽根車の各型式に對して最良と思考せらるゝ形狀にするのが最上の策である。

羽根の數に關しても大に注意を要すべきは言ふ迄もなきことで、數多き時は水の通りは温順になつて、混流の害は少くなるけれども、摩擦損失は増し、數少き時は摩擦損失は減ずるけれども、混流の害が増す。併し之れに關しても確然たる方針を與ふことが出来ぬから、從來の實驗に徴して、最も良好と認

めらるゝ数を備ふべきである。概括して言へば、羽根の数は、半羽根を除き、六枚乃至八枚、若しくは十枚が普通である。

第二節 渦巻き室及び導き羽根

105. 側壁の形状 渦巻き室及び導き羽根の任務は、既に詳述した通り、羽根車より流出した水の絶対速度を、徐々に小さくして巻き匣に向つて導くのであるから、側壁の形状は、輻射速度が v_2 から v_1 に次第に變ずるやうにせなければならぬ。

偕て第83項及び第84項に説いた所によりて明らかなる如く、渦巻き室又は導き羽根が巻き匣に通づる點に於ては、 $v_1 = c_1 \sin \alpha_1$ なる水の輻射分速度は必ず損失となるのである。故に此の損失を軽減するには、 v_1 を成るべく小ならしむることを要する。即ち吾人の要する所は、 v_2 をして徐々に v_1 に小たらしめんとするのである。

此の場合には、羽根車の場合の側壁の形状[第99項]と同一理論の應用せらるべきは明白であるからして、(151)式と同形式の算式は最も理想的な側壁の形状を與ふるものである。即ち其の結果は、羽根の厚さを考へぬものとすれば、

$$b = \frac{Q}{2\pi r \left[1 - \frac{1-x}{r_1-r_2} (r-r_2) \right] v_2} \dots\dots\dots(154)$$

であつて、半径 r の種々なる値に對し、此の式より計算さるべき b を幅とする渦巻き室又は導き羽根は、最も良好なるものである。但し此の式に於て、 x は渦巻き室又は導き羽根入口及び出口の輻射速度の比 $\frac{v_1}{v_2}$ なる値で、常に1よりも小さいさからしむる。

最も簡単な構造は、側壁を平行ならしめたものである。斯様な場合には、幅 b が一定であるから、羽根を考へぬものとすれば、

$$2\pi r b v = Q$$

なる一般式に於て、

$$r v = \frac{Q}{2\pi b} = \text{定數} \dots\dots\dots(155)$$

なる關係を得るが故に、輻射速度が半径に反比例することを知る。随つて出口に於ては、

$$r_1 v_1 = \frac{Q}{2\pi b}$$

或は

$$v_1 = \frac{Q}{2\pi r_1 b} \dots\dots\dots(156)$$

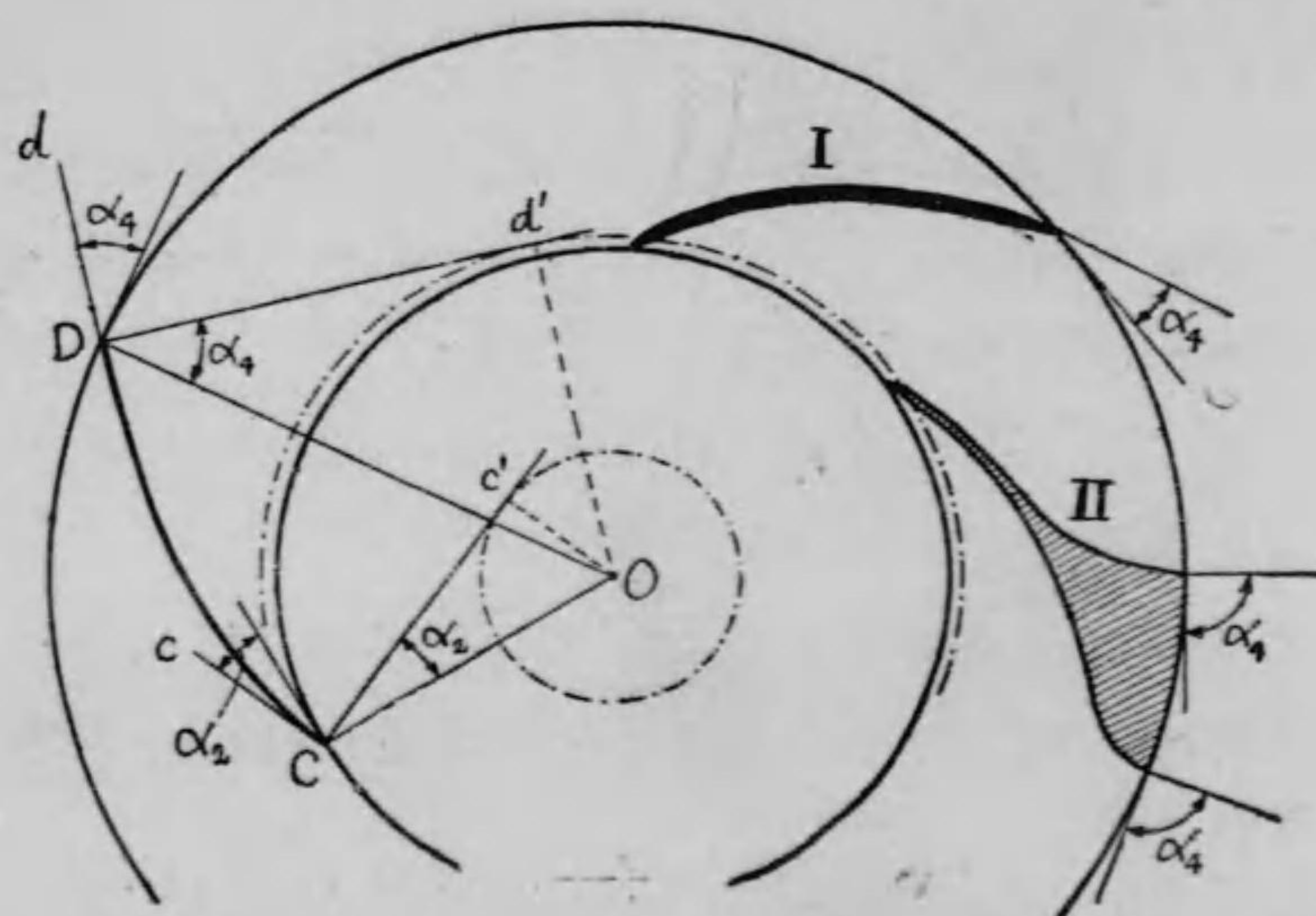
更に上記の場合のやうに $v_1 = x v_2$ と置けば、

$$x = \frac{Q}{2\pi r_1 b v_2} \dots\dots\dots(157)$$

多段渦巻ポンプの最後の段を除く他の段、即ち羽根車と同心圓形の巻き匣を備ふるものに在つては、出口の輻射速度 v_1 を小ならしめねばならぬ理由はないから、斯かる場合には、 x の値は1よりも大なるものとなし得る。併し(154)式に變りはないから、直ちに此の式を應用して、斯かる場合の側壁の形狀も亦之れを定むることが出来る。

106. 導き羽根の形狀 導き羽根の構成に關する要領は、羽根車の羽根の構成に關するものと異なることなく、随つて其の畫法も亦之れと同じである。

第 五 十 四 圖



只導き羽根の入口は、羽根車出口の水の絶對速度の方向に接線的なるを要するが故に、第五十四圖に於て、Cc'及びDd'を導き羽根の入口及び出口に於ける絶對速度の方向とすれば、此等に夫々直角なる直線即ちOC及びODと夫々 α_2 及び α_1 なる角をなす直線Cc'及びDd'を引けば、C及びD點に於ける導き羽根の曲りの中心は、夫々直線Cc'及びDd'上になければならぬから、圓の卷出し線を以て羽根の曲線を作るとすれば、中心Oより直線Cc'及びDd'に下したる垂直線の長さOe'及びOd'を、夫々の半徑とする圓の卷出し線たることを要する。

斯様にして導き羽根の入口及び出口の小部分の形狀を定め、而して後第五十二圖に示した要領に準じ、其等の中間に他の任意の曲線を挿入し、都合よく按排して、一の連續したる羽根の形狀を定むること、總て羽根車の場合と同一である。

導き羽根の出口に於ける水嵩損失は、角 α_1 の小なるほど小となることは第83項及び第84項に記述した所によつて鮮明である。故に羽根と羽根との間が餘りに密接して、水の通路が餘りに狭くならぬ範圍内に於て、羽根の出口角 α_1 は能ふ限り小ならしむることが利益である。

羽根車から直ちに巻き匣に流出する型式のポンプであると、之れと同理で、羽根車の絶対流出速度 c_2 の方向を、差支なき限り圓周的ならしめ、成るべく流出角 α_2 を小ならしむることを要する。

一段渦巻ポンプ及び多段渦巻ポンプの最後の段の巻き匣、即ち凡て吐出し管に連続する巻き匣に於ては、導き羽根は第五十四圖上に I と記した如き形にして、角 α_1 の成るべく小なるを要するけれども、多段渦巻ポンプの最後の段を除きたる他の段の巻き匣の如く、凡て巻き匣の形が羽根車と同心圓なる場合には、水は出来る限り輻射的に流出するを要するが故に、II と記した如き形状にして、角 α_1 が 90° になるやうにすることが肝要である。

要するに、羽根の各部の形状は凡て周圍の状況に鑑み、構造上最も都合よき、而して理論上最も水嵩損失の小なる如き形状たらしむるのである。

第三節 巻き匣

107. 巻き匣の形状 一段渦巻ポンプ及び多段渦巻ポンプの最後の段の巻き匣、即ち一般に吐出し管に連続して、羽根車渦巻き室若しくは導き羽根より流出したる水を順次に集めて、之れを吐出し管に

向つて送り出す作用をなす巻き匣の形状は、自然渦巻形所謂ぜんまい形 (spiral form) を呈するが故に、之れを巻き匣と命名したのである。

斯かる巻き匣内に流るゝ水の方向は殆ど圓周的であるけれども、多段渦巻ポンプの最後の段以外の段の巻き匣内に於ては、水は輻射的に流れて、其のまゝ次の段の吸込み側に向つて流動するのであるから、巻き匣は自然羽根車と同心な圓形を呈する。斯様な巻き匣は、特に丸匣 (circular casing) と名付くる。

多段渦巻ポンプの最後の段の巻き匣は渦巻形でなければならぬ譯であるけれども、往々丸匣を使用することがある。是れ構造が簡單で、安價に製作し得るが故であるけれども、水嵩損失が比較的大きいから、斯様な場合には、成るべく段の數を多くして羽根車を小さいくし、導き羽根より流出する水の速度を出来る限り小ならしめて、損失の小さいくなるやうにすることが必要である。

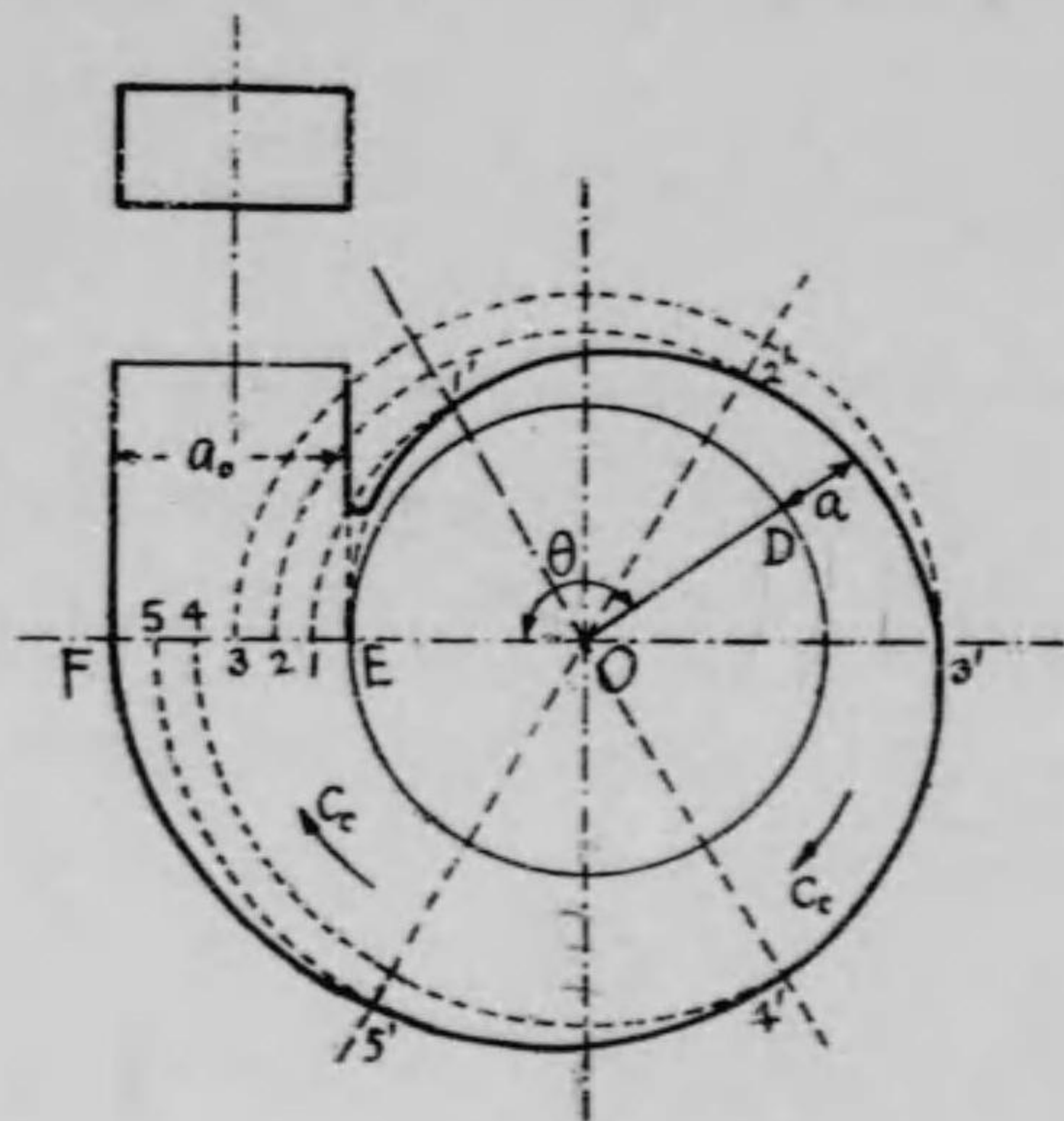
巻き匣の断面形には方形、圓形其の他種々の形状がある。簡單なる點より云へば、方形と圓形とが最も宜しく、殊に圓形のものは計算上にも製作上にも甚だ簡便で、其の上外觀に於ても最も壯麗である。

次に種々の場合に適合する巻き匣の形状に就い

て述ぶるが、断面形は便宜上方形のものと同形のものゝを掲ぐる。但し此の他一般の不規則な形状を呈するものゝ計算法は、此等を参考することによつて容易に實行し得るから、代表的に此等を選んだのである。

108. 幅一定なる方形断面の巻き匣 第五十五

第五十五圖



圖に於て、巻き匣は幅 b_0 の一定なる方形断面のものであるとすれば、任意の半径 OD の所の巻き匣の断面積は $a \times b_0$ である。而して凡て巻き匣内の水の速度

c_c は一定なるを要するが故に [第82頁*]、此の断面を通過する水量を Q_0 とすれば、

*深く研究せんとせば、第88項をも参照すべし。巻き匣内の水の速度 c_c が一定であるのは却つて宜しくないといふのが、ギブソン氏の説である。

$$Q_0 = ab_0c_c$$

羽根車若しくは導き羽根より流出する水量は、全周に沿うて均一なるが故に、 Q_0 は角 θ に正比例することは明白である。故に k を或る定数とすれば、

$$Q_0 = k\theta$$

と書くことを得る。因て上式より、

$$k\theta = ab_0c_c$$

$$a = \frac{k}{b_0c_c} \theta \dots\dots\dots(158)$$

此の式に於て、 $\frac{k}{b_0c_c}$ は定数であるが故に、巻き匣の厚さ a は角 θ に正比例すると云ふことになる。因て此の場合の巻き匣の外圍の曲線は、理論上「アルキメデスぜんまい線 (Archimedes spiral) と名付くる一種の渦線を呈出する。

巻き匣出口に對して上式を應用すれば、

$$a_0 = \frac{k}{b_0c_c} \times 360^\circ$$

之れより、

$$k = \frac{a_0 b_0 c_c}{360}$$

此の k の値を (158) 式に代入する時は、次の結果を得る。

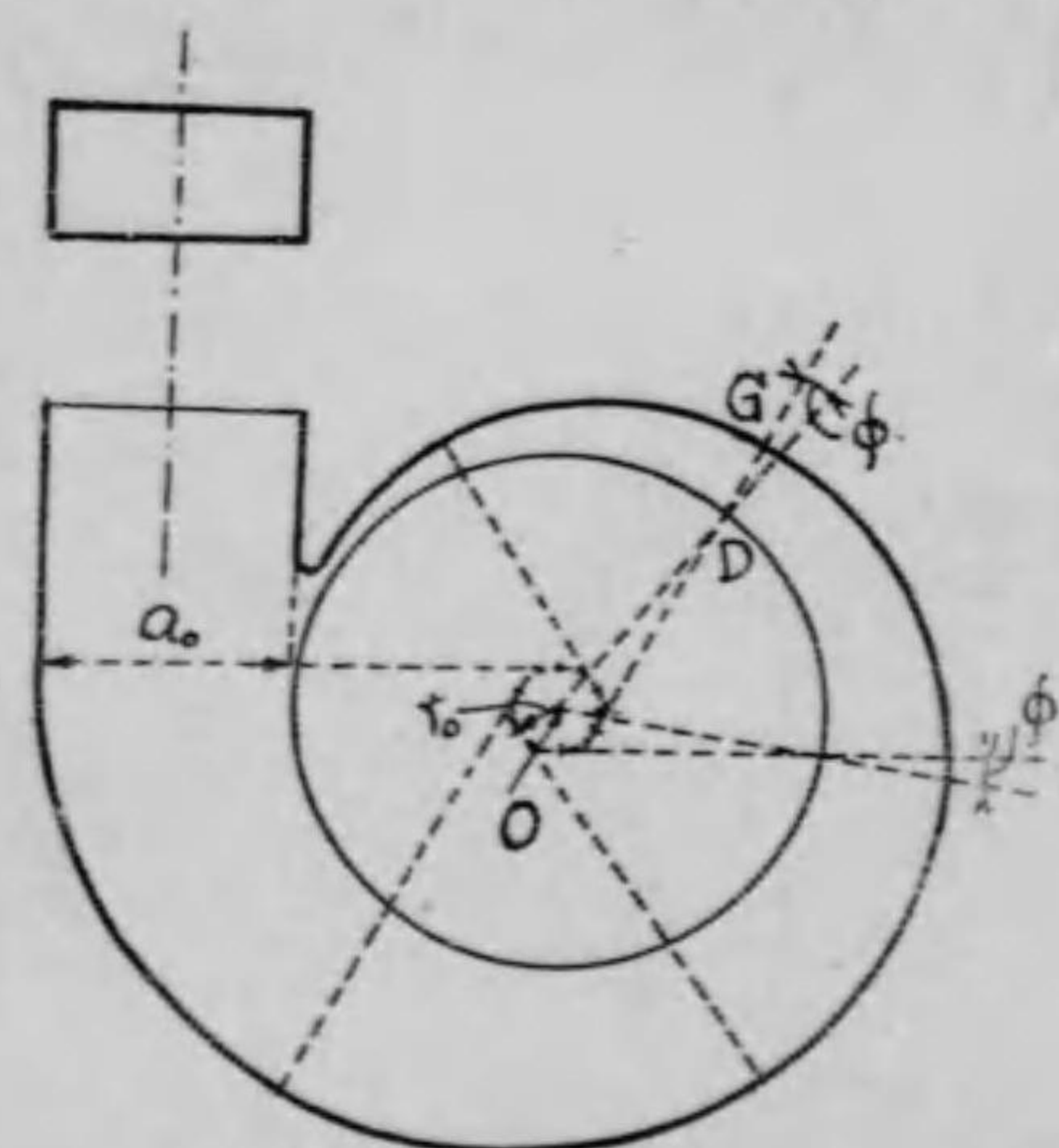
$$a = \frac{a_0}{360} \theta \dots\dots\dots(159)$$

此の式に於て、 θ は度を以て表さるべき角である。

巻き匣の外形が「アルキメデスぜんまい」線なるが故に、其の書法は甚だ容易で、第五十五圖に示す如く、出口の厚さ EF を任意の數に等分し、其れと同じ數に O を周る中心角を等分し、O を中心とし、EF 間の分點を通りて書きたる圓弧が、O より引きたる等分角の輻射線と順次に交る點を求め、其等の諸點を連結する曲線は即ち求むる外形である。

109. 同上別法 「アルキメデスぜんまい」線を以て外形とする巻き匣に於ては、中心 O より引きたる輻射線上に測つた斷面が角 θ に正比例する。併るに若し輻射線と或る ϕ なる角をなす線上に測つた斷面が角 θ に正比例すると云ふ如き巻き匣なる時

第 五 十 六 圖



は、其の外形は圓の卷出し線を呈出する。即ち第五十六圖に於て巻き匣の外形は O を中心とし、 r_0 を半徑とする圓の卷出し線であつて、輻射線 OD に對して、或る一定の角 ϕ をなす DG な

る斷面が角 θ に正比例するのである。

實際巻き匣内を流動する水の平均流速 c_0 の方向は完全に圓周的ではなくして、其れより幾分か外方に向いて居る譯であるから、 c_0 の方向が圓周方向に對して、 ϕ なる角をなせると考へらるゝ場合に對して、此の形状の巻き匣は最も合理的なものであることになる。

斯かる外形の巻き匣を書くには、先づ底圓 (base circle) の半徑 r_0 を定むるを要する。それには巻き匣出口の厚さを a_0 とすれば、明らかに

$$2\pi r_0 = a_0$$

なる關係があるから、

$$r_0 = \frac{a_0}{2\pi} \dots\dots\dots(160)$$

斯くて底圓の半徑を得たるならば、其の卷出し線は第 101 項の方法を以て容易に書くことが出来る。或は一層簡略に求むるには、圖に示す如く、底圓の圓周を任意の數に等分し、其等の分點に於て底圓に接線を引き、相隣る二つの接線の交點を順次に中心とし、圓弧の集合を以て一の連續したる曲線を書く時は、大略所要の外形を得る。等分點の多きに從ひ、益々正確なるものに近似のものとなる。

110. 幅一定ならざる方形断面の巻き匣 此の場合には幅は一定でないから、幅を一般に b にて表せば、第 108 項を参照して次の関係を得る。

$$Q_0 = abc_c$$

或は $Q_0 = k\theta$ なるが故に、

$$k\theta = abc_c$$

故に

$$a = \frac{k\theta}{bc_c}$$

今巻き匣の最も狭き所即ち $\theta = 0^\circ$ の所の幅を b_1 とし、巻き匣出口即ち $\theta = 360^\circ$ の所の幅を b_0 とし、而して幅は b_1 から b_0 に一次的に変化するものとすれば、任意の位置に相當する幅 b は、一般に次の式を以て表すことが出来る。

$$b = b_1 + x\theta \dots\dots\dots(161)$$

但し x は或る定數である。

此れを上式に代入すれば、

$$a = \frac{k\theta}{(b_1 + x\theta)c_c} \dots\dots\dots(162)$$

以上の關係を出口の断面に應用すれば、

$$Q = k \times 360^\circ$$

故に

$$k = \frac{Q}{360} \dots\dots\dots(163)$$

但し Q は巻き匣の出口、即ち吐出し管より吐出さる

ゝ水量である。又

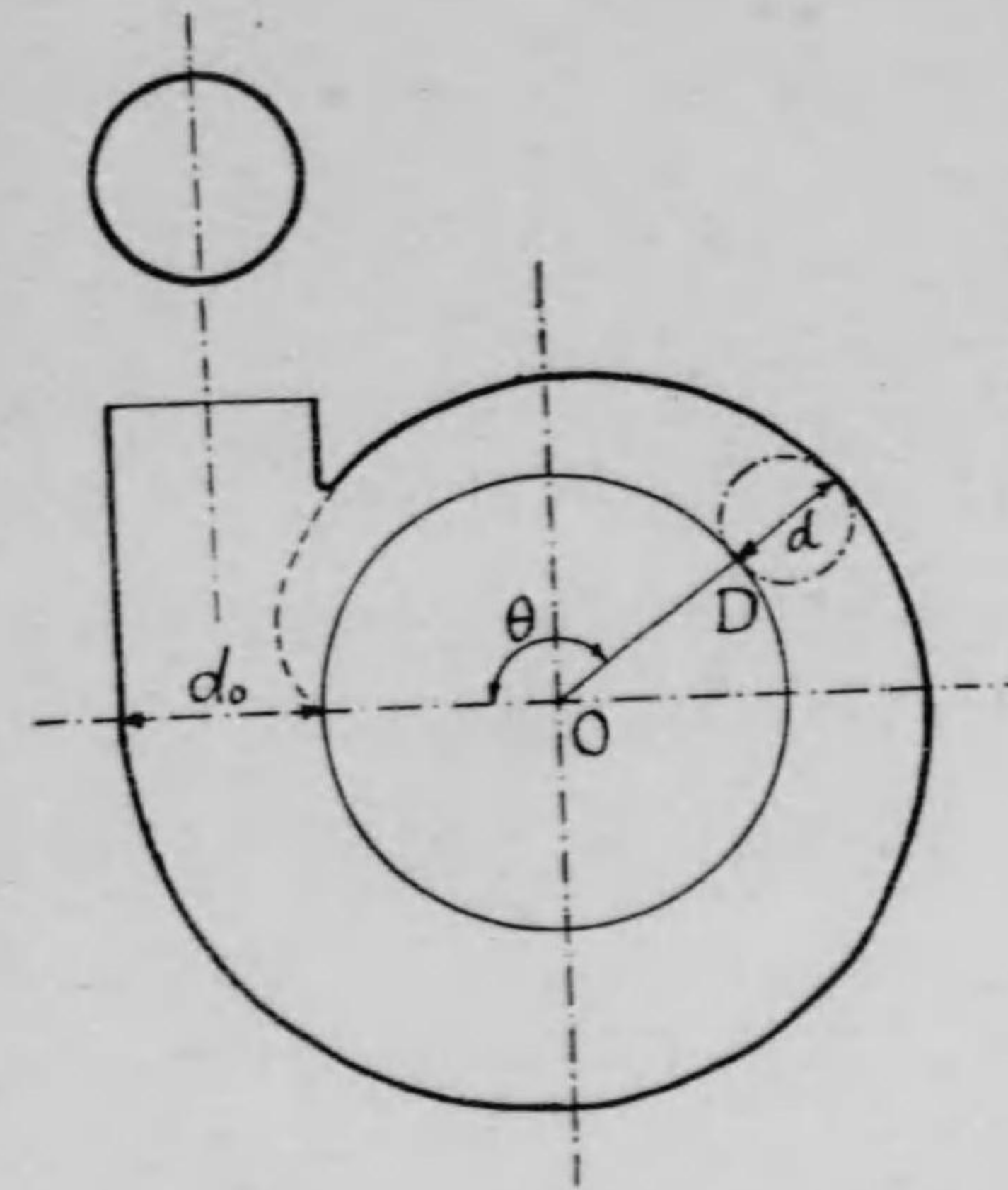
$$b_0 = b_1 + x \times 360^\circ$$

故に

$$x = \frac{b_0 - b_1}{360} \dots\dots\dots(164)$$

即ち (163) 及び (164) の兩式より k 及び x の値を定め、此等を (162) 式に

第五十七圖



代入して任意の角 θ (度にて) に對する巻き匣の厚さ a を定め、而して之れに對する幅 b は (161) 式から定むるのである。

III. 圓形断面の巻き匣 第五十七圖に於て、任意の半徑 OD に對する卷

き匣の斷面積を一般に A とすれば、

$$Q_0 = Ac_c$$

併るに

$$Q_0 = k\theta$$

故に

$$k\theta = Ac_c$$

因て

$$A = \frac{k}{c_c} \theta \dots\dots\dots(165)$$

出口の断面積を A_0 とし、之れに上式を應用すれば、

$$A_0 = \frac{k}{c_c} \times 360^\circ$$

之れより、

$$k = \frac{A_0 c_c}{360}$$

此の値を (165) 式に代入すれば、

$$A = \frac{A_0}{360} \theta \dots\dots\dots (166)$$

之れは任意の形状の断面を有する巻き匣の外形を求むるに必要な一般の算式である。但し此の式に於て、 θ は度を以て表さるゝ角である。

若し断面が圓形で、任意の角 θ に對する其の直径が d 、而して出口の直径が d_0 なる時は、

$$A = \frac{\pi}{4} d^2, \quad A_0 = \frac{\pi}{4} d_0^2$$

なるが故に、此等を上式に代入すれば、次の結果を得る。

$$d = d_0 \sqrt{\frac{\theta}{360}} \dots\dots\dots (167)$$

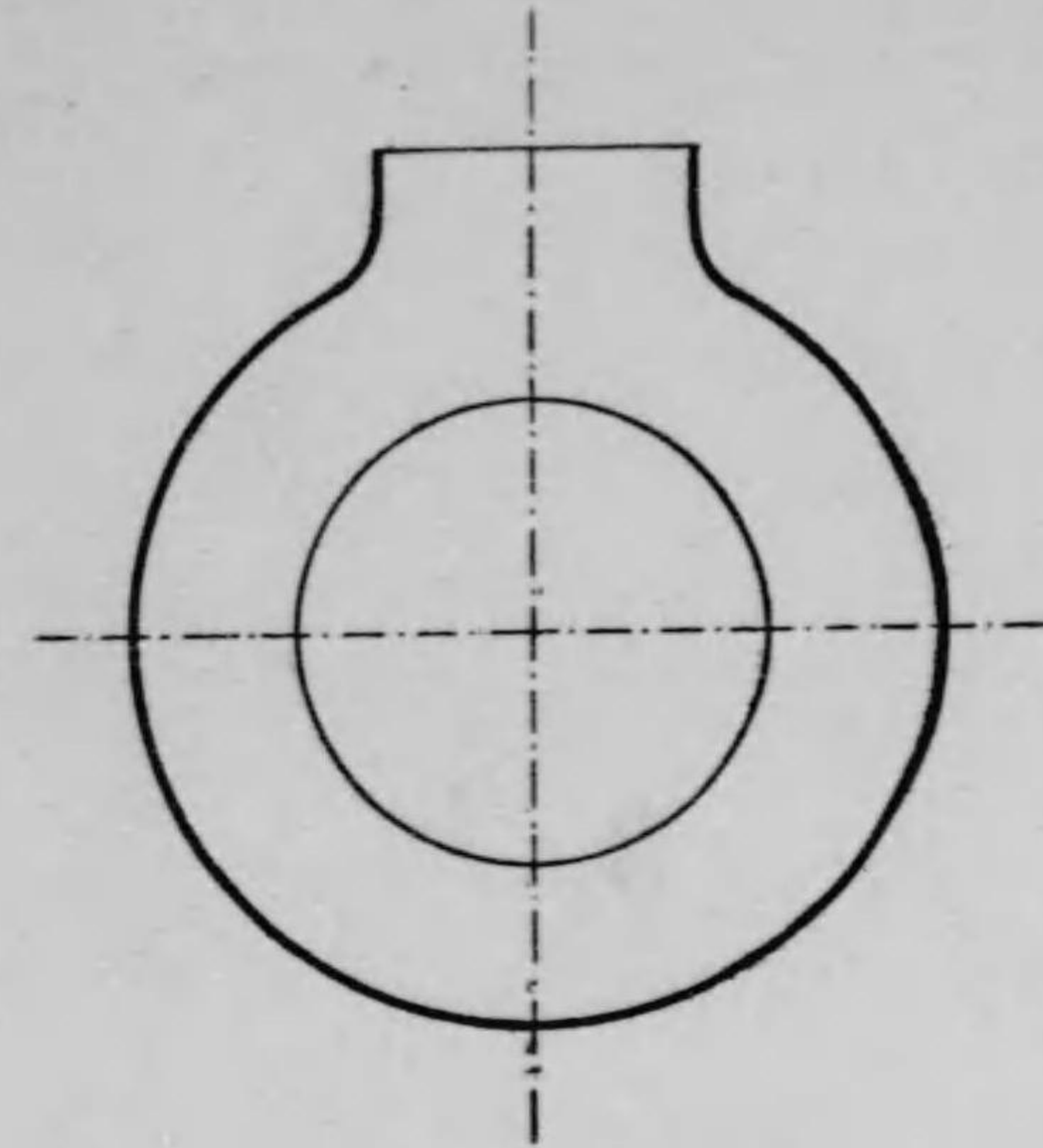
任意の角 θ (度にて) に對する巻き匣の断面の直径は、此の式を以て算定さるゝ。

112. 丸匣 多段渦巻ポンプの最後の段を除きたる他の段の巻き匣は、皆丸匣であるが、此の丸匣は

羽根車と同心圓形にすることを要するは言ふまでもない。

多段渦巻ポンプの最後の段、即ち吐出し管と連結

第五十八圖



する巻き匣を丸匣にする場合には、出來得る限り導き羽根より流出する水の速度を小ならしめ、而して羽根車と同心圓形に造ることを要する(第五十八圖)。

斯様な巻き匣

内に於ては、或る豫定し難き位置に於て水の流動が左右に二分され、互に反對の方向に流れ、各々吐出し管に向つて流動することになるからして、若し偏心 (eccentric) に造る時は、狭い断面を生ずる故に、其の部に於て恐しき水の混亂を起し、損失を大ならしむる。夫故必ず羽根車と同心 (concentric) にせねばならぬのである。

113. 巻き匣出口の圓錐管 巻き匣の出口に圓

錐部を備へんとする場合に、注意すべきことは、圓錐の擴大率を餘りに大ならしむるも、又は餘りに小ならしむるも、共に宜しくないことである。餘りに大であると、巻き匣内の流速 c_0 は容易く吐出し管内の流速に縮小するから、圓錐部の短小となる利益はあるけれども、混流を生じ易い。又餘りに小であると、 c_0 を c_a に縮小せしむるために、圓錐部は長大となり、混流の害は除かるゝけれども、其の内部に於て摩擦損失が増大することになる。

ギブソン氏の説によると、圓錐部の擴がり角は、兩側合はせて 6° を以て最良とし、角が之れより大なるも小なるも、共に水嵩損失の増大を來す。

114.* **ギブソン氏の説に基づく巻き匣の形状**

第79項に詳述したる論説に基づき、ギブソン氏が事實上最も理想的であると唱道した、巻き匣の形状に關し、同氏によりて公表されたる方法を茲に示す。

断面の位置を表す値 x を與へて (137) 式より n の値を定め、之れを (136) 式に應用して m の値を得、而して後之れを (139) 式に適用して、其の斷面積 A_0 を求める。斯くて x の値を種々に變じ、斯かる手順を反復

*初學者は此の一項を省略して差支ない。

して、總ての位置に該當する斷面積を求める。そうすると、巻き匣の外形は決定する譯で、之れが即ち同氏の方法である。

例を掲げて説明するために、 $r_2=8$ 吋、 $b_2=1.5$ 吋、 $n_2=10$ 枚、 $\alpha_2=10^\circ$ なる羽根車があるとし、而して水は羽根車より直ちに巻き匣に入るものとする。——若し導き羽根或は渦巻き室を備ふる場合ならば、此等の符號は總て其の出口の符號とすれば善いので、計算の方法は凡て同一である。然る時は、

$$\sin\alpha_2 = \sin 10^\circ = 0.1736$$

故に (138) 式より、

$$A_2 = \frac{2\pi r_2 b_2}{n_2} \sin\alpha_2 = \frac{2\pi \times 8 \times 1.5}{10} \times 0.1736 = 1.31 \text{ 平方吋}$$

又 (137) 式を以て、 x の種々なる値に對して n の値を計算すれば (第四十四圖) 次の如き値を得る。

- $x = \frac{2\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根一枚目の點に於ては $n=1$
- $x = \frac{4\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根二枚目の點に於ては $n=2$
- $x = \frac{8\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根四枚目の點に於ては $n=4$

$x = \frac{12\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根六枚目の點に於ては..... $n=6$

$x = \frac{16\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根八枚目の點に於ては..... $n=8$

$x = \frac{20\pi r_2}{n_2}$ なる時、即ち E 點より羽根十枚目の點に於ては..... $n=10$

而して此等の n の値と $\alpha_2=10^\circ$ とを以て、(136) 式より m の値を計算する時は、次の値を得る。

$n=1$ なる時は..... $m=1.4$

$n=2$ なる時は..... $m=2.1$

$n=4$ なる時は..... $m=4.3$

$n=6$ なる時は..... $m=7.8$

$n=8$ なる時は..... $m=12.1$

$n=10$ なる時は..... $m=17.5$

斯くて此等の m の値と A_2 の値とを以て、(139) 式より断面積 A_c を計算すれば、次の結果を得る。

羽根一枚目の點に於ては、

$$A_c = 1.4 \times 1.31 = 1.83 \text{ 平方吋}$$

羽根二枚目の點に於ては、

$$A_c = 2.1 \times 1.31 = 2.75 \text{ 平方吋}$$

羽根四枚目の點に於ては、

$$A_c = 4.3 \times 1.31 = 5.63 \text{ 平方吋}$$

羽根六枚目の點に於ては、

$$A_c = 7.8 \times 1.31 = 10.2 \text{ 平方吋}$$

羽根八枚目の點に於ては、

$$A_c = 12.1 \times 1.31 = 15.9 \text{ 平方吋}$$

羽根十枚目の點に於ては、

$$A_c = 17.5 \times 1.31 = 22.9 \text{ 平方吋}$$

斯くの如く各部の断面積が決定されたるが故に、断面の形状に従ひ、直ちに巻き匣の外形は定めらるる。

第九章

水嵩効率論

115. ポンプが最も善良の状態に動作せる場合には、羽根車並びに導き羽根入口の羽根の方向は、羽根車入口の水の関係速度の方向、及び其の出口の水の絶対速度の方向に夫々接線的であるが故に、此等の入口に於ては、羽根に對して水の衝突より起る水嵩損失は、理論上無いと考へて差支ない。

水嵩損失の起るのは、羽根車、導き羽根若しくは渦巻き室及び巻き匣内の摩擦損失と、其等を通過する際に起る水の速度の大いさ及び方向の變化とに基因する。此等の内で、羽根車及び導き羽根の入口で、水が羽根に衝突せぬ場合を考ふれば、最も大なる水嵩損失の原因となるものは、巻き匣に流入する際に於て、速度の變化より生ずる損失である。

第62項に詳論した如く、羽根車が水に附與したエネルギーの内で、壓力エネルギーは其の50乃至70%で、残る30乃至50%は速度エネルギーであるから、羽根車より巻き匣に入る迄の間の構造の如何により

ては、速度エネルギーの此の全額が悉く消失するやうなことになる。

斯く羽根車より巻き匣に入るまでの間に於て起る水嵩損失は、之れによりてポンプ全體の生命が左右せらるゝほど主要なるものであるから、本章に於ては、二三種のポンプの構造を假定し、其等の優劣を比較せんとする場合の標準を定むるために、巻き匣に流入する際に、速度の變化より起る損失のみを考へ、而して他の總ての損失を考ふることなしに、水嵩効率に關する研究をして見んとするのである。

偕て(9)式より、

$$H+h=\phi H$$

併るに基本方程式(11)によれば、

$$\phi H = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

故に

$$H+h = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} \dots \dots \dots (168)$$

此の式に於て、 H は現在水嵩、 h は水嵩損失である。而して水嵩効率を η とすれば、(20)式より、

$$\eta = \frac{gH}{u_2 c_2 \cos \alpha_2}$$

以上二式を應用して、以下の計算を行ふものす。

116. 羽根車は直ちに巻き匣に連り而して巻き

匣の構造最も不完全なる場合 之れは構造の最も不完全なるポンプの場合である。斯かる不完全なるポンプに於ては、羽根車を流出する速度エネルギーの全額が悉く消失するものと考えることが出来るから、

$$h = \frac{c_2^2}{2g}$$

故に (168) 式より、

$$H + \frac{c_2^2}{2g} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

併るに (46) 式より、

$$c_2^2 = v_2^2 + (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2$$

尚ほ又速度三角形(第十六圖)より、

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - v_2 \cot \beta_2$$

なるが故に、此等を上式に代入すれば、

$$H + \frac{v_2^2 + (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2}{2g} = \frac{u_2 (u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}$$

即ち $2gH = 2u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - v_2^2 - (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2$

之れより、

$$2gH = u_2^2 - v_2^2(1 + \cot^2 \beta_2) = u_2^2 - v_2^2 \operatorname{cosec}^2 \beta_2$$

故に $u_2 = \sqrt{2gH + v_2^2 \operatorname{cosec}^2 \beta_2} \dots\dots\dots(169)$

或は之れを比速度 [第57項] にて表すならば、

$$U_2 = \sqrt{1 + V_2^2 \operatorname{cosec}^2 \beta_2} \dots\dots\dots(170)$$

次に $\eta = \frac{gH}{u_2 c_2 \cos \alpha_2} = \frac{gH}{u_2 (u_2 - v_2 \cot \beta_2)} \dots\dots\dots(171)$

或は之れを比速度にて表すならば、

$$\eta = \frac{1}{2U_2(U_2 - V_2 \cot \beta_2)} \dots\dots\dots(172)$$

之れによりて看ると、 β_2 の大なるほど、即ち羽根の出口が輻射方向に近付くほど、回轉度は小となり、同時に水嵩効率も亦小となる。之れに反して β_2 の小となる程即ち羽根の出口が回轉方向に對して後方に俯せば俯すほど、回轉度は大となると同時に、水嵩効率も亦大となる。

例へば $V_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2gH}} = 0.15$ なる場合には、上式より U_2 及び η を計算すると、 β_2 の種々なる値に對して、次表に示す如き結果を得る。

| β_2 | $U_2 = \frac{u_2}{\sqrt{2gH}}$ | η |
|-----------|--------------------------------|--------|
| 90° | 1.01 | 0.413 |
| 45° | 1.02 | 0.563 |
| 30° | 1.04 | 0.617 |
| 20° | 1.09 | 0.676 |
| 15° | 1.16 | 0.719 |

此の表に示す η の値は、巻き匣に流入する點に於ける水の速度の變化のみを考へ、他の總ての損失を

考へざる結果であるから、實際の値は此等よりは一層小なるべきことは勿論である。併し此等によつて大體の標準を知得することが出来る。

117. 羽根車は直ちに巻き匣に連り、巻き匣の構造は完全にして然かも圓錐部を有せざる場合、巻き匣の出口に圓錐部を有せざる場合に、巻き匣の構造完全なりとせば、此の場合の水嵩損失は大略(125)式にて表さるゝ。但し羽根車より直ちに巻き匣に連結する場合であるから、附標4の代りに2を添ふれば、

$$h = \frac{c_2^2(1 + \sin^2 \alpha_2)}{4g}$$

故に(168)式より、

$$H + \frac{c_2^2(1 + \sin^2 \alpha_2)}{4g} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

或は $c_2 \sin \alpha_2 = v_2$ なるが故に、

$$H + \frac{c_2^2 + v_2^2}{4g} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

c_2^2 及び $c_2 \cos \alpha_2$ の代りに前項に與へた如き値を代入すれば、

$$H + \frac{v_2^2 + (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2 + v_2^2}{4g} = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}$$

之れより、

$$4gH = 4u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - 2v_2^2 - (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2$$

$$= 3u_2^2 - 2u_2 v_2 \cot \beta_2 - v_2^2(2 + \cot^2 \beta_2)$$

$$\text{又は } 3u_2^2 - 2u_2 v_2 \cot \beta_2 - v_2^2(2 + \cot^2 \beta_2) - 4gH = 0$$

此の二次方程式より u_2 を解き、而して u_2 に正號の値を與ふる結果のみを採れば、

$$u_2 = \frac{1}{3} v_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{3} \sqrt{v_2^2 \cot^2 \beta_2 + 3[v_2^2(2 + \cot^2 \beta_2) + 4gH]}$$

.....(173)

之れを比速度にて表すならば、

$$U_2 = \frac{1}{3} V_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{3} \sqrt{V_2^2 \cot^2 \beta_2 + 3[V_2^2(2 + \cot^2 \beta_2) + 2]}$$

.....(174)

η の算式は(171)又は(172)式と同一である。又角 β_2 の大小が回轉度并びに水嵩効率に對する關係も、凡て前項の場合と同一である。

例へば $V_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2gH}} = 0.15$ なる場合には、上式より U_2 及び η を計算すると、 β_2 の種々なる値に對して、次表に示す如き結果を得る。

| β_2 | $U_2 = \frac{u_2}{\sqrt{2gH}}$ | η |
|-----------|--------------------------------|--------|
| 90° | 0.827 | 0.740 |
| 45° | 0.883 | 0.775 |
| 30° | 0.929 | 0.803 |
| 20° | 1.01 | 0.826 |
| 15° | 1.09 | 0.866 |

118. 羽根車は直ちに巻き匣に連り、巻き匣の構造は完全にして然かも圓錐部を有する場合 巻き匣の出口に圓錐部を有する場合に、巻き匣の構造完全なりとせば、斯かる場合の水嵩損失は大略(112)式によりて表さるゝものである。但し羽根車から直ちに巻き匣に連る場合であるから、附標4の代りに2を添ふれば、

$$h = \frac{c_d^2}{2g} + \frac{(c_2 \sin \alpha_2)^2}{2g}$$

故に(168)式より、

$$H + \frac{c_d^2}{2g} + \frac{(c_2 \sin \alpha_2)^2}{2g} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

又は $c_2 \sin \alpha_2 = v_2$ なるが故に、

$$H + \frac{c_d^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_2 (u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}$$

即ち $2gH = 2u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - c_d^2 - v_2^2$

或は $2u_2^2 - 2u_2 v_2 \cot \beta_2 - c_d^2 - v_2^2 - 2gH = 0$

此の二次方程式より u_2 を解き、而して u_2 に正號の値を與ふる結果のみを採れば、

$$u_2 = \frac{1}{2} v_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{2} \sqrt{v_2^2 \cot^2 \beta_2 + 2(c_d^2 + v_2^2 + 2gH)}$$

.....(175)

或は之れを比速度にて表せば、

$$U_2 = \frac{1}{2} V_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{2} \sqrt{V_2^2 \cot^2 \beta_2 + 2(C_d^2 + V_2^2 + 1)}$$

.....(176)

η の算式は(171)及び(172)式と同一で、其の他 β_2 が回轉度並びに効率に對する關係も、凡て前項の場合と同一である。

例へば $V_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2gH}} = 0.15$, $C_d = \frac{c_d}{\sqrt{2gH}} = 0.1$ なる場合には、 β_2 の種々なる値に對して、上式より U_2 及び η を計算すると、次表の如き結果を得る。

| β_2 | $U_2 = \frac{u_2}{\sqrt{2gH}}$ | η |
|-----------|--------------------------------|--------|
| 90° | 0.720 | 0.965 |
| 45° | 0.800 | 0.966 |
| 30° | 0.860 | 0.968 |
| 20° | 0.956 | 0.961 |
| 15° | 1.05 | 0.971 |

此の表によりて看ると、此の場合には、水嵩効率は角 β_2 に關して大なる相違がない。又圓錐部を備ふる場合は、之れを備へざる前項の場合に比較して、同一状態に於て、羽根車の回轉度の減少することが判る。こは巻き匣内の水の速度を、羽根車出口の水の圓周分速度に等しからしめたがために、損失が減少し、ポンプが一層有効に動作せるに因るのである。

119. 完全なる構造の渦巻き室と巻き匣とを有し而して圓錐部を有せざる場合 此の場合には、巻き匣の入口即ち渦巻き室の出口に於ける水嵩損失は、略々(125)式を以て表さるゝが故に、

$$h = \frac{c_4^2(1 + \sin^2 \alpha_4)}{4g}$$

又は $c_4 \sin \alpha_4 = v_4$ なるが故に、

$$h = \frac{c_4^2 + v_4^2}{4g}$$

最も簡單なる場合として、渦巻き室の側壁が平行なるものとすれば、第66項に論じた所により、

$$c_4 = c_2 \frac{r_2}{r_4}, \quad v_4 = v_2 \frac{r_2}{r_4}$$

なるが故に、

$$h = \frac{c_2^2 + v_2^2}{4g} \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2$$

因て(168)式より、

$$H + \frac{c_2^2 + v_2^2}{4g} \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

或は前項と同一の代入を行ふ時は、

$$H + \frac{v_2^2 + (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2 + v_2^2}{4g} \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}$$

之れより、

$$4gH = 4u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - 2v_2^2 \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 - (u_2 - v_2 \cot \beta_2)^2 \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2$$

$$= u_2^2 \left[4 - \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 \right] - 2u_2 v_2 \cot \beta_2 \left[2 - \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 \right] - v_2^2 \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 (2 + \cot^2 \beta_2)$$

或は $\frac{r_2}{r_4} = m$ と置く時は、

$$(4 - m^2)u_2^2 - 2(2 - m^2)u_2 v_2 \cot \beta_2 - v_2^2 m^2 (2 + \cot^2 \beta_2) - 4gH = 0$$

此の二次方程式より u_2 を解き、而して u_2 に正號の値を與ふる結果のみを採れば、

$$u_2 = \frac{2 - m^2}{4 - m^2} v_2 \cot \beta_2 + \sqrt{\left(\frac{2 - m^2}{4 - m^2} \right)^2 v_2^2 \cot^2 \beta_2 + \frac{1}{4 - m^2} [v_2^2 m^2 (2 + \cot^2 \beta_2) + 4gH]} \dots \dots \dots (177)$$

或は之れを比速度にて表せば、

$$U_2 = \frac{2 - m^2}{4 - m^2} V_2 \cot \beta_2 + \sqrt{\left(\frac{2 - m^2}{4 - m^2} \right)^2 V_2^2 \cot^2 \beta_2 + \frac{1}{4 - m^2} [V_2^2 m^2 (2 + \cot^2 \beta_2) + 2]} \dots \dots \dots (178)$$

η の算式其他凡て前項の場合と同じ。

例へば $V_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2gH}} = 0.15$ なる場合に、 β_2 と $m = \frac{r_2}{r_4}$ との種々の値に對し、此等の式より計算したる U_2 及び η の値は、次表に示す如くである。

| β_2 | m | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 90° | $U_2 =$ | 0.778 | 0.759 | 0.745 | 0.732 |
| | $\eta =$ | 0.827 | 0.870 | 0.901 | 0.935 |
| 45° | $U_2 =$ | 0.843 | 0.829 | 0.813 | 0.808 |
| | $\eta =$ | 0.855 | 0.885 | 0.926 | 0.943 |
| 30° | $U_2 =$ | 0.897 | 0.884 | 0.875 | 0.866 |
| | $\eta =$ | 0.873 | 0.905 | 0.926 | 0.952 |
| 20° | $U_2 =$ | 0.983 | 0.971 | 0.964 | 0.957 |
| | $\eta =$ | 0.893 | 0.922 | 0.939 | 0.962 |
| 15° | $U_2 =$ | 1.07 | 1.07 | 1.06 | 1.05 |
| | $\eta =$ | 0.918 | 0.918 | 0.943 | 0.962 |

此の表でみると、水嵩効率は何れも、実際は他の流體抵抗の影響のため、此等よりは遙に小なるものである。

120. 完全なる構造の渦巻き室と巻き匣とを有し而して圓錐部を有する場合 此の場合の巻き匣入口の損失は、略々(122)式を以て表さるゝが故に、

$$h = \frac{c_d^2}{2g} + \frac{(c_d \sin \alpha_4)^2}{2g}$$

又は前項の場合の如く考ふれば、

$$c_d \sin \alpha_4 = v_4 = v_2 \frac{r_2}{r_4}$$

なるが故に、

$$h = \frac{c_d^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2$$

因て(168)式より、

$$H + \frac{c_d^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2 = \frac{u_2 c_d \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_2 (u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}$$

$$\text{即ち} \quad 2gH = 2u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - c_d^2 - v_2^2 \left(\frac{r_2}{r_4} \right)^2$$

$$\text{或は} \quad 2u_2^2 - 2u_2 v_2 \cot \beta_2 - c_d^2 - v_2^2 m^2 - 2gH = 0$$

但し此の式に於て、 $m = \frac{r_2}{r_4}$ である。

此の二次方程式より u_2 を解き、而して u_2 に正號の値を與ふる結果のみを探れば、

$$u_2 = \frac{1}{2} v_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{2} \sqrt{v_2^2 \cot^2 \beta_2 + 2(c_d^2 + v_2^2 m^2 + 2gH)} \dots (179)$$

或は之れを比速度にて表すならば、次の形となる。

$$U_2 = \frac{1}{2} V_2 \cot \beta_2 + \frac{1}{2} \sqrt{V_2^2 \cot^2 \beta_2 + 2(C_d^2 + V_2^2 m^2 + 1)} \dots (180)$$

η の算式其他凡て前項の場合と同じ。

例へば $V_2 = \frac{v_2}{\sqrt{2gH}} = 0.15$, $C_d = \frac{c_d}{\sqrt{2gH}} = 0.1$ なる場合に、 β_2 と $m = \frac{r_2}{r_4}$ との種々の値に對し、此等の式より U_2 及び η の値を計算したる結果は、次表に示す通りである。

| β_2 | m | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 90° | $U_2 =$ | 0.715 | 0.715 | 0.713 | 0.713 |
| | $\eta =$ | 0.978 | 0.978 | 0.983 | 0.983 |
| 45° | $U_2 =$ | 0.795 | 0.795 | 0.793 | 0.790 |
| | $\eta =$ | 0.976 | 0.976 | 0.981 | 0.989 |
| 30° | $U_2 =$ | 0.855 | 0.855 | 0.855 | 0.851 |
| | $\eta =$ | 0.980 | 0.980 | 0.981 | 0.992 |
| 20° | $U_2 =$ | 0.951 | 0.950 | 0.949 | 0.949 |
| | $\eta =$ | 0.966 | 0.978 | 0.992 | 0.981 |
| 15° | $U_2 =$ | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| | $\eta =$ | 0.971 | 0.971 | 0.971 | 0.971 |

此の表で看ると、水嵩効率 η は m と β_2 とに關して大なる影響なく、殆ど同一の値を示してゐることが知れる。

121. 渦卷ポンプと水タービンとの効率の比較
第15項に説明した通り、渦卷ポンプは、水タービンを正に逆に動作せしめたものであつて、羽根車と水との關係的動作は、兩者に於て全く同一である。併し効率に就いて兩者を對照すると、渦卷ポンプの効率は、殆ど常に水タービンの効率よりも小さい。而して此の理由は、大凡次の二つの理由に基づくものと考へらるゝ。

(一) 水タービンに於ては、水の壓力の嵩を速度の

嵩に變じて羽根車に動力を與ふるのであるけれども、渦卷ポンプに於ては之れと正反對で、羽根車の回轉によりて速度の嵩を作り、而して其れを壓力の嵩に變ぜんとするのである。併るに壓力を速度に變へるは易く、速度を壓力に變へるは困難であつて、大なる損失を伴ひ易い。是れ渦卷ポンプが水タービンよりも効率の小なる原因の一つである。

(二) 水タービンの一般に使用されて居るものは、水が羽根車の周圍より入り、而して次第に集中する徑路 (converging passage) を通り、軸心に向つて流動するけれども、渦卷ポンプに於ては通例之れと正反對で、水が羽根車の中心より入り、而して次第に擴離する徑路 (diverging passage) を通り、外方に向つて流動する。併るに前者の如き流動は安定 (stable) であるけれども、後者の如き流動は不安定 (unstable) で、混流を生じ易い。是れ渦卷ポンプが水タービンよりも効率の小なる他の一原因である。

第十章

横 推 力

122. 横推力 第五十九圖は、羽根車の左右の隙間 A 及び B と、吸込み側 S とに働く壓力分布の有様を線圖を以て示したものである。

境界線或は基線 YY の左側に畫きたる線圖 $abdf$ hga は隙間 A と吸込み側 S とに働く壓力分布の有様で、正に第四十七圖に示したものと同一のものである。又 YY の右側に畫きたる線圖 $ab'd'i'ga$ は、隙間 B に働く壓力分布の有様であつて、此の線圖の曲線 $b'd'i'$ は左側の線圖の曲線 bdi と同一の拋物線を呈することは明白である[第90項参照]。

偕て此等の壓力が羽根車の表面に作用して羽根車を横に推す動作を考ふるに、A 及び S に働く壓力は羽根車を右方に推し、B に働く壓力は之れを左方に推す。

此の動作を線圖上から案ずるに、YY の左方の線圖を以て表されたる壓力は羽根車を右方に推し、YY の右方の線圖を以て表されたる壓力は之れを左方に推さんとする。故に YY の左右の線圖を以て

表されたる壓力が均等でないならば、羽根車は必ず大なる壓力の方より小なる壓力の方に向つて押しやられる、理である。

之れを線圖に照して言へば、YY の左方の線圖 ab

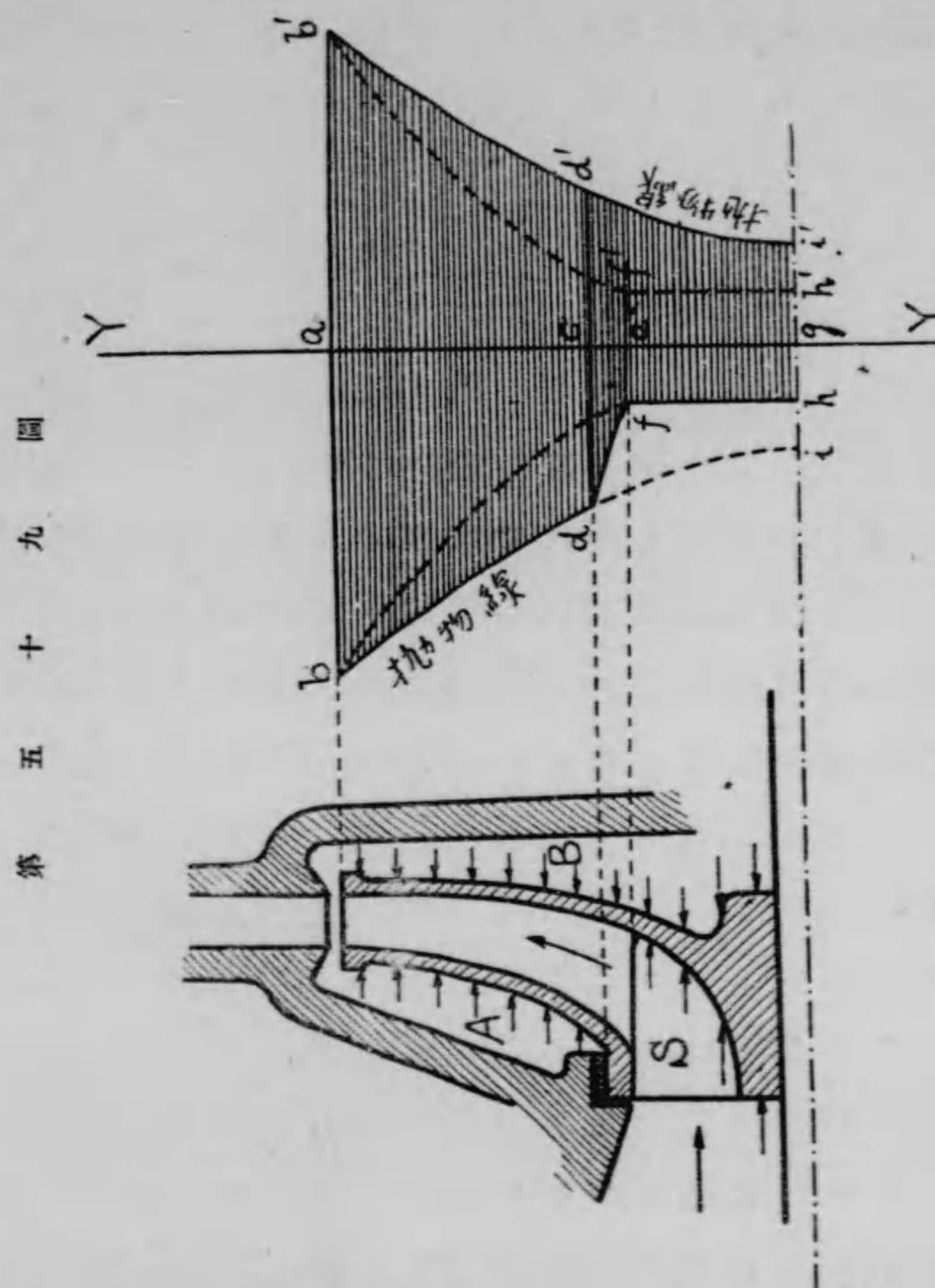


圖
九
十
五
第

$dflga$ は其の右方の線圖 $ab'd'iga$ よりは常に小さいからして、羽根車は必ず右方より左方に向つて、換言すれば、吐出し側より吸込み側に向つて推しやらるゝ譯になる。

線圖上に於ては、YYの左方の $abcdca$ なる壓力配布の有様は、其の右方の $ab'd'ca$ なる壓力配布の有様と均等を保つけれども、左方の $edfhgc$ の壓力配布の有様は、其の右方の $ed'igc$ なる壓力配布の有様よりは小さい。即ち $dihfd$ なる面にて表さるゝ壓力だけ小さいのである。因て羽根車の吸込み側に向つて推しやらるゝ力の大きさは、單に理論的に考ふれば、 $dihfd$ なる面にて表さるゝ壓力に等しい。

斯くの如く、凡て吸込みの片一方な所謂片吸込みの羽根車に於ては、其の左右に働く壓力の大きさの異なる結果として、必ず横推力 (axial or end thrust) を生じ、羽根車は軸と共に吸込み側に向つて推しやらるゝ。

多段渦卷ポンプの横推力は、各々の羽根車に働く横推力の和に等しいことは言を俟たない。

羽根車の内部にも壓力が作用して、兩側壁を外方に壓するけれども、此の作用は左右均等に働くから、此の影響は横推力に關係がない。

上述の原因の外に、尙ほ一つ横推力を起す原因は、羽根車の吸込み側に於て、水は軸と平行に流れ、羽根車に入らんとする時には、其れが軸と殆ど直角に方向が變るから、此の方向の變化のために、羽根車を吸込み側より吐出し側に向つて推す力を生ずることである。斯くの如く、此の推力は、上述の推力と反方向に作用して、之れを弱むることになるけれども、此の推力は比較的微弱であるから、全體に於て、吸込み側に向つて推力を生ずることになる。

要するに、羽根車に横推力を及ぼす原因は、一は羽根車左右の壓力の相違と、一は吸込み部の水流の方向の變化との二つである。

123. 羽根車内壓力の分布 羽根車入口の壓力は吸込み側の壓力に等しく、而して其の出口の壓力は隙間の外端の壓力に等しい。故に第五十九圖に於て、 ab 及び ab' は、羽根車内部に於て羽根車の外端に働く壓力とすれば、 ef 及び ef' は、羽根車入口に於て、羽根車内部に働く壓力を表す。夫故羽根車内部に働く壓力分布の有様は、曲線 bf 及び bf' を以て表さる。圖に點線を以て示したる曲線は即ち其れである。

此の曲線の形狀は、羽根並びに側壁の形狀等によ

りて種々の形を現出する譯であるけれども、羽根の構造が善良であるならば、或る平滑なる曲線を呈するものであるに相違ない。

要するに、羽根車は其の内部に於て、 $abfea$ 及び $ab'f'ea$ なる面に等しき壓力を以て左右に壓せらるゝ。而して $abdfea$ なる面と $abfea$ なる面とを比較するに、前者は後者よりも面の幅が大きい。因て次の定理を得る。

同一半徑の點に於て、羽根車内部に働く壓力は、其の外部に働く壓力よりも常に小なり。

若し羽根車内外の壓力が總ての點に於て相等しくあるならば、填め輪の内外の壓力は平均して、逆流を起さぬことになり、又若し外壓力が却つて内壓力よりも小さいときは、逆流は吸込み側より隙間に向つて起るやうになる。併し此等は殆ど有り得べからざる場合であるから、上記の定理は常に眞理であると認めて宜しい。

羽根車側壁に働く横推力は、其の内外に働く壓力の差であるから、吸込み側の側壁が吐出し側に向つて推さるゝ壓力は $bdfb$ なる面を以て表され、吐出し側の側壁が吸込み側に向つて推さるゝ壓力は $b'd'f'v$ なる面を以て表さる。而して此等二つの面の

差は、結局羽根車全體が吸込み側に向つて推さるゝ壓力を示す理であつて、其の値は勿論 $dihfd$ なる面に等しきこと、前項に述べた結果と合一する。

124. 羽根車内壓力分布に関する算式 今任意の半徑 r なる點の羽根車の圓周速度を u とし、其處を流るゝ水の絶對速度を c とし、絶對速度の方向を示す角を α とすれば、水が半徑 r_1 なる點に於て羽根車に流入した瞬間から、半徑 r の點まで流れ來る間に於て羽根車から附與されたエネルギーは、單位重量につき、

$$\frac{ucc\cos\alpha - u_1c_1\cos\alpha_1}{g}$$

であることは基本方程式(7)を参照することによつて明白である。

因て半徑 r_1 及び r なる位置に於ける羽根車内壓力を夫々 p_1 及び p とし、單位容積の水の重量を γ として、此等二つの位置に於けるエネルギーの均等に關して考ふる時は、次の方程式を得る。

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{c^2}{2g} - \frac{ucc\cos\alpha - u_1c_1\cos\alpha_1}{g} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}$$

之れより p を解けば、

$$p = \frac{\gamma}{g} \left[ucc\cos\alpha - u_1c_1\cos\alpha_1 - \frac{1}{2}(c^2 - c_1^2) \right] + p_1 \dots \dots (181)$$

此の式に於て、羽根車入口の絶対壓力を水嵩にて表したるものを h_1 とすれば、

$$p_1 = \gamma h_1$$

であつて、そして h_1 は(140)式を以て與へたるものと等しいから、 p_1 の値は前以て算定し置くことが出来る。

總ての場合と同じく、 $c \cos \alpha$ 及び $c_1 \cos \alpha_1$ は夫々

$$c \cos \alpha = u - v \cot \beta$$

$$c_1 \cos \alpha_1 = u_1 - v_1 \cot \beta_1$$

であることは、速度線圖(第十四圖)に示す通りであるから、此等は便宜計算が出来る。 β は半徑 r なる位置に該當する羽根の方向を示す角、又 u 及び v は其の位置に於ける圓周速度及び輻射速度である。

若し普通の場合のやうに、羽根車の流入方向が輻射的であるとすれば、 $\alpha_1 = 90^\circ$ となり $\cos \alpha_1 = 0$ となるから、上式は次の如く簡約する。

$$p = \frac{\gamma}{g} \left[u c \cos \alpha - \frac{1}{2} (c^2 - c_1^2) \right] + p_1 \dots \dots \dots (181a)$$

125. 横推力を防ぐ法 横推力のために羽根車が吸込み側の方に推しやられると、羽根の位置は横に移動し、羽根と外匣とが直接に接觸して烈しき固體摩擦を起し、羽根車の出口と導き羽根の入口とが

喰違ひて水の夥しき擾亂を起すなど、凡て恐るべき害を誘致するもので、之れが爲めに効率の低下著しきのみならず、容易く摩滅して、短時日の間に使用し難きものとなることを免れない。

斯様な害を醸すからして、効率の大ならんを欲し、永き使用に耐ゆべからしめんには、羽根車は如何なる場合に遭遇しても、常に一定の位置に釣合ひを保ち、決して左右何れにも移動することの無いやうにせねばならぬ。

此の目的を達するには、横推力によりて羽根車が移動せられんとすれば、之れを支持して移動を防ぐか、或は全然初めから横推力の生じないやうに構造するか、の二途の内、其の一を選ばなければならない。而して前者に屬するものには次の三法がある。

- (一) 軸端に推承け臺を装置する法、
- (二) 軸端に釣合はせ盤を装置する法、
- (三) 導き羽根側壁の端を斜に切り、又は填め輪の構造によりて釣合ひを助くる法。

又後者に屬するものには大凡次の四方法がある。

- (一) 兩吸込みの羽根車を使用する法、
- (二) 羽根車に抜け孔を穿つ法、

(三) 羽根車の一方の側壁の周囲の一部を切り取る法、

(四) 二個又は二個以上の羽根車を組合はす法。

以上列挙したる總計七種の方法につき、之れより順次其等の概要を述ぶる。

126. 推 承 け 臺 羽根車を回轉する軸の一端に數個の環を固着し、其れを**推 承 け 臺** (thrust bearing) を以て支持せしむる。此の方法は、横推力を支ふることに関して**直接法** (direct method) とも謂はるべきものに屬し、推力の支へ甚だ完全で、縦ひ軸が垂直になれる場合、其の他一般に軸が水平ならざる場合にも、羽根車の移動は絶対に防止さるゝ。

此の方法の缺點を言へば、固體摩擦が大きい。凡て固體摩擦は流體摩擦に比較して著しく大きいものであるから、推承け臺には絶えず充分に注油せぬと、大なる摩擦抵抗を生ずる恐れがあつて、随つて優良なる方法であるとは云ひ難い。

127. 釣 合 は せ 盤 羽根車を回轉する軸の一端に**釣 合 は せ 盤** (balancing disc; balancing piston) と名付くるものを装置して、若し羽根車が左方に移動したならば右方に引き戻し、右方に移動したならば左方に押し戻すやうにし、以て羽根車を一定の位置に抑

留し、何れにも移動せぬやうに自働的に動作せしむる。故に此の方法は**自動釣合はせ法** (automatic balancing method) とも、或は前の直接法に對して**間接法** (indirect method) とも謂ひ得る。且つ又此の方法は、通例ポンプによりて汲み揚げられつゝある水の壓力を利用して動作せしむるが故に、**流體釣合はせ法** (hydraulic balancing method) と云ひ、之れに對して推承け臺によりて支持せしむる方法を、**機械的釣合はせ法** (mechanical balancing method) と云ひ得る。

釣合はせ盤には種々の装置があるに相違ないけれども、其の原理に於ては一貫して異なる所なく、皆二種の隙の組合はせより成り、一方の隙は幅が常に一定で、他方の隙は幅が變動するやうになり、而して其等の隙を通じて逆流する水の壓力の變動を利用して、自働的に釣合ひを保たしめんとするものに外ならない。

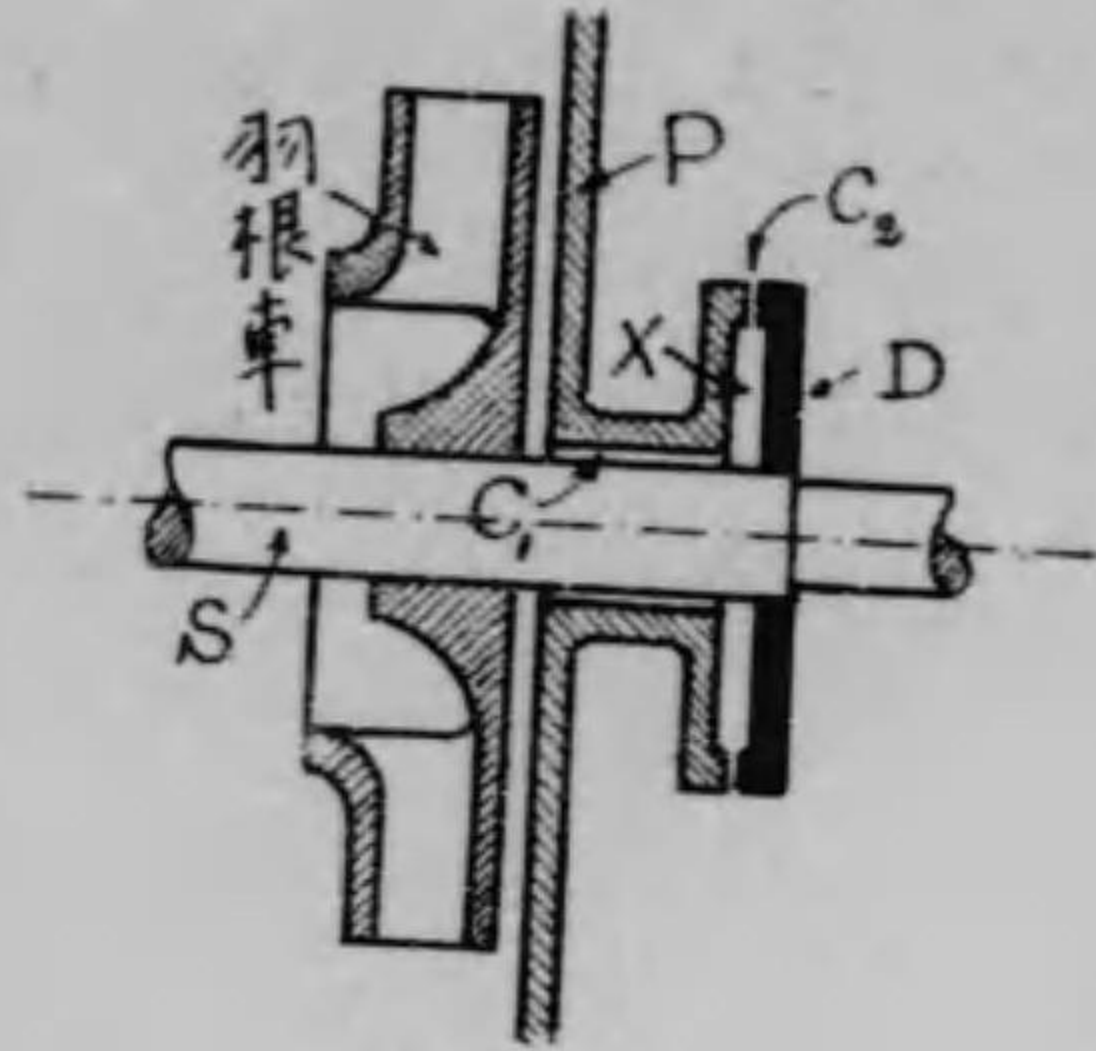
釣合はせ盤に通例二種の別がある。一を**單働釣合はせ盤** (single-acting balancing disc) と云ひ、一を**複働釣合はせ盤** (double-acting balancing disc) と云ふ。次に此等の概要を述ぶる。

(一) 單働釣合はせ盤

單働釣合はせ盤の一例として、第六十圖はツルツッ

(Zulzer)の釣合はせ盤の原理を示す。Pはポンプ

第六十圖



の外匣、Sは羽根車を回
轉する軸、Dは釣合はせ
盤である。釣合はせ盤
は軸に固着し、軸と共に
回轉する圓盤である。
 C_1 と C_2 とは二種の間で、
其の内 C_1 は幅が常に一
定であるけれども、 C_2 は

軸の移動の如何によりて或は廣くなり、又は狭くな
りて幅が一定でない。

羽根車によりて汲み揚げられたる高壓力の水は、
 C_1 を通りてXなる空處に出で、其れより C_2 を通り、そ
して壓力の低き場所、例へば大氣中に向つて棄てら
るゝ。

斯様な装置であるから、若し軸が羽根車と共に左
方に移動すれば、 C_2 なる隙は狭くなり、棄て水の量が
減じてX内の水の速度が小となるが故に、X内の壓
力は昇り、此の壓力がDの内面に作用して軸を右方
に押し戻す。之れと反對に、軸が右方に移動すれば
 C_2 は廣くなりて多量の水が棄てられ、X内の壓力は
降るから、釣合ひを失つて原位置に引き戻さるゝ。

夫故使用の最初に、羽根車が丁度其の中央の位置
に於て釣合へるやうに調節して置けば、絶えず其の
一定の位置に押し戻さるゝ譯になる。

此の種の釣合はせ盤は、壓力が作用して盤を原位
置に戻す動作が片一方であるから、之れを單働釣合
はせ盤と名付けたのである。

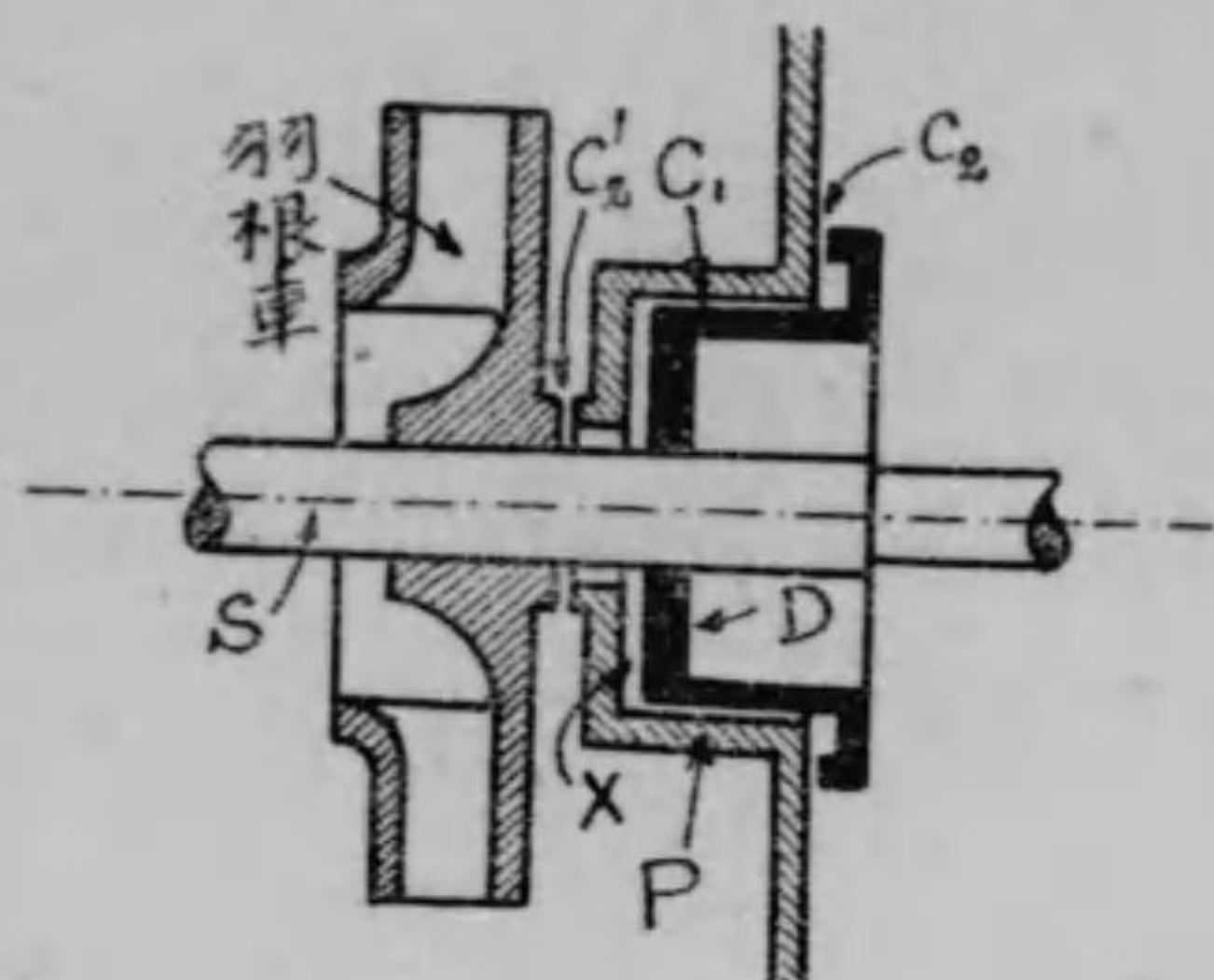
此の釣合はせ盤の缺點は、動作が片一方であるが
故に、摩滅のために隙が廣くなりたる場合には、最初
に調節して置いた位置と異なる位置に戻され、却つ
て害を醸すことである。

(二) 複働釣合はせ盤

幅の變動する隙を二個處に置き、單働釣合はせ盤
を二つ組合はせた如き構造にすると、壓力が作用し
て盤を押し戻す動作が、左右兩方に働くから、摩滅の
ために隙が廣くなるとも、盤は最初に調節して置い
た中央の位置に、常に抑留さるゝやうになる。夫故
此の種の釣合はせ盤は、比較的汚濁の水を取扱ふに
適し、之れを複働釣合はせ盤と云ふのである。

第六十一圖は複働釣合はせ盤の一例として、シュワ
ルツコフ (Schwartzkopff) の釣合はせ盤を示す。 C_1 、
 C_2 、 C_1' は三つの隙で、其の内 C_1 は幅の常に一定なる
もの、 C_2 と C_1' とは軸の移動と共に幅の變動する隙

第六十一圖



である。Pはポンプの外匣、Sは軸、Dは釣合はせ盤である。

若し軸が羽根車と共に左方に移動すると、 C_1 は廣く明き、 C_2 は狭くなる

から、Xなる空處の壓力は昇り、軸を右方に押し戻す。又若し軸が右方に移動すると、 C_2 は廣く明き、 C_1 は狭くなるから、X内の壓力は降り、最初の位置に引き戻さるゝ。

C_1 及び C_2 なる二つの隙は、一方が廣くなれば一方が狭くなる如き關係になれるから、軸が甚しく一方に移動すれば、 C_1 と C_2 との内何れかの隙は全然閉塞されて少しも逆流水を通さぬやうになり、其れ以上移動することはない。故に此の種の釣合はせ盤を使用すると、軸が限りなく片一方に移動するやうなことはなくなる。

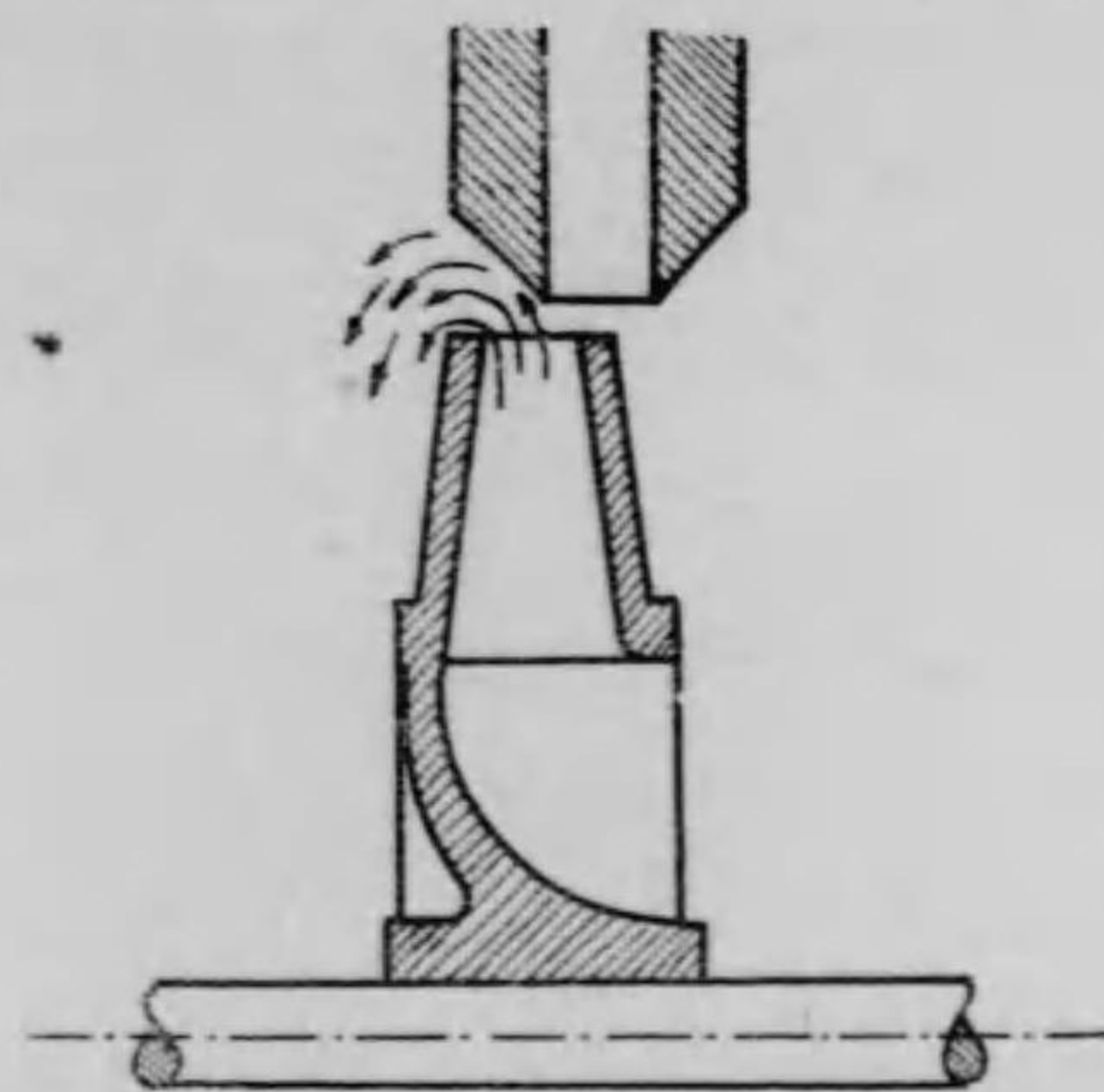
上述の如く、釣合はせ盤を使用して横推力を支へしめんとすれば、一旦汲み揚げた水を逆流せしめて棄つるが故に、其の損失を免れない。併し一般に、流

體釣合はせ法は機械的釣合はせ法に對し、摩擦抵抗が甚だ小さいから、推承け臺よりも却つて良好なる結果を與ふるものである。

128. 横推力を支ふる他の方法 上の二項に説述した方法は横推力を支ふる最も完全な方法であつて、殊に釣合はせ盤を用ゐる方法は、最も優良なる方法の一であるが故に、現今盛に此の方法が應用されて居る。

此等の外、横推力を支へ、或は之れを弱むる他の方法としては、導き羽根の入口の側壁を、第六十二圖に

第六十二圖



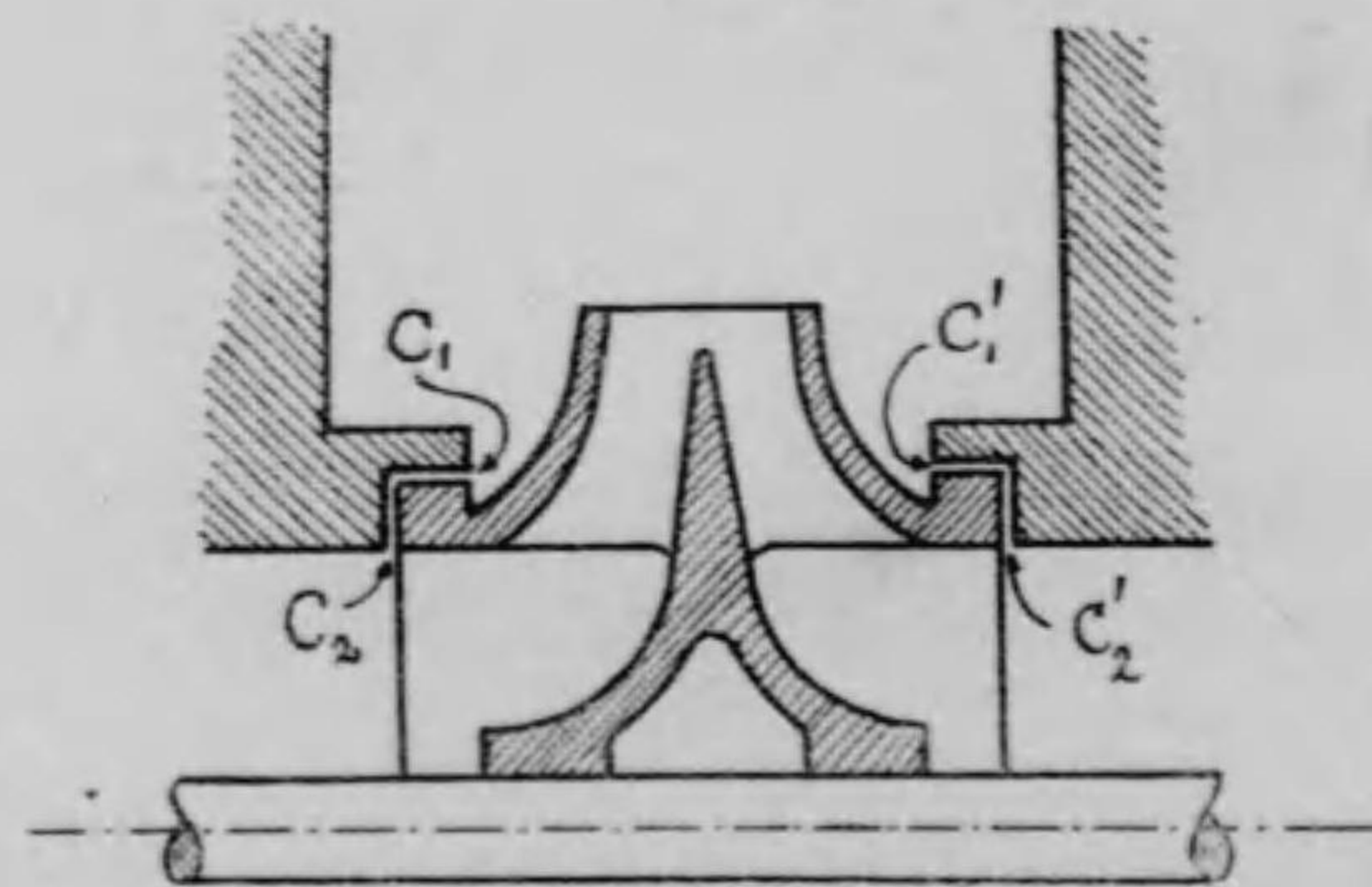
示す如く斜に切るも一方法である。斯くすると、圖に示す如く、例へば羽根車が左方に移動すれば、羽根車より流出する水は左方の隙間に向つて多量に突入せんとし、随つて此の隙間の壓力

は右方の隙間の壓力よりも遙に高くなるから、羽根車は右方に推さるゝ。羽根車が右方に移動する場合にも、同様の動作を以て左方に推され、縦ひ押し戻

すほどの力は生ぜぬとも、斯くて横推力を弱むることが出来る。

第六十三圖に示すやうに、填め輪に軸方向の隙 C_1 及び C_1' と、輻射方向の隙 C_2 及び C_2' とを具ふるやうに造ると、 C_1 及び C_1' は幅が常に一定で、 C_2 及び C_2' は羽根車の移動と共に或は廣くなり又は狭くなる。因て此等の隙の作用は、丁度釣合はせ盤と同一の作用をなすことになる。例へば羽根車が左方に移動すると、 C_2 は狭く C_2' は廣くなるから、左側の逆流水は減少し、右側の逆流水は増加するから、左方の隙間の壓力は右方の隙間の壓力よりも高くなるが故に、羽根車は右方に押し戻さるゝ。又若し羽根車が右方に移動すると、 C_2' は狭く C_2 は廣くなつて、前と正反對なる壓力の動作によりて、左方に押し戻され、斯

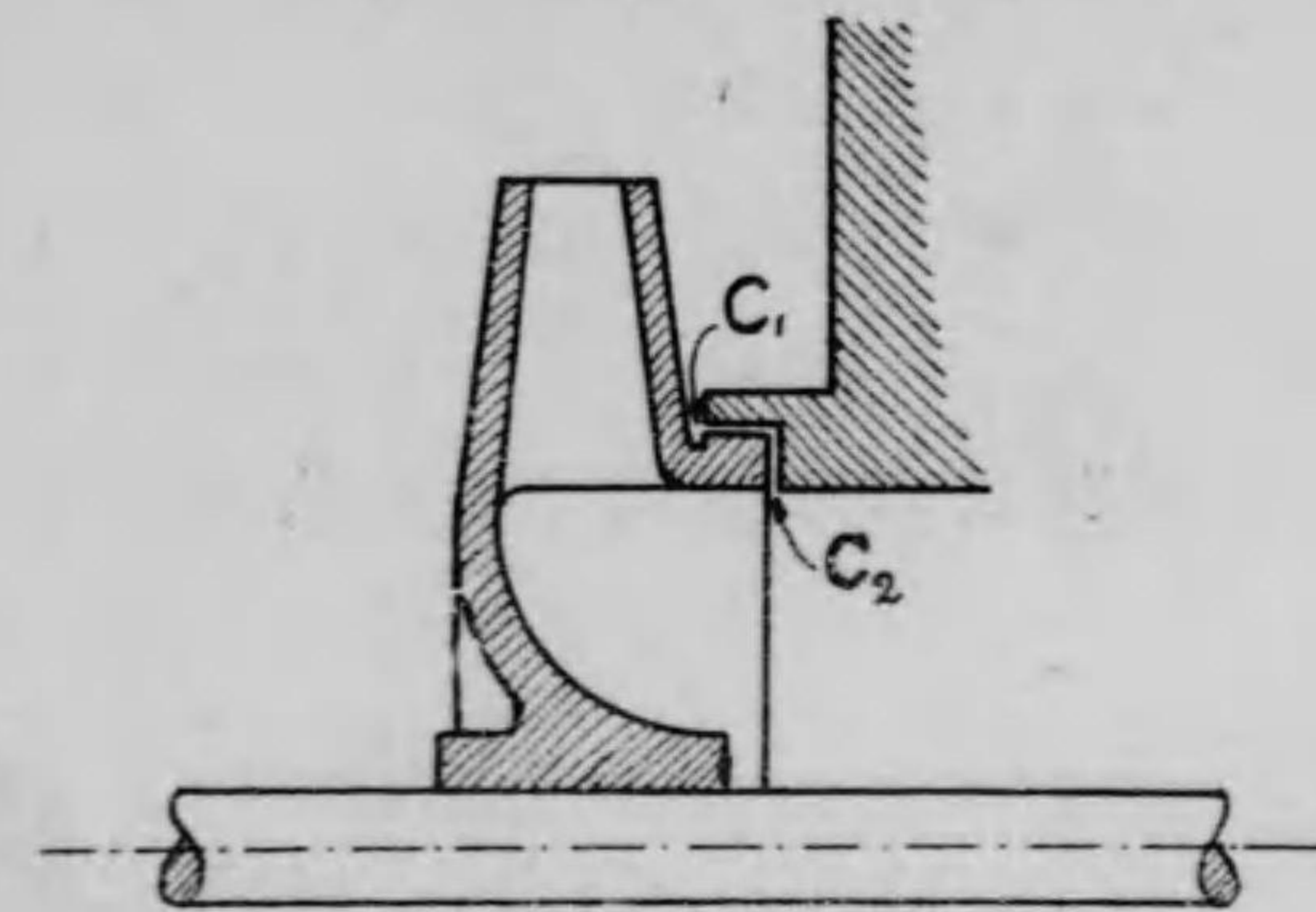
第六十三圖



くて中央の位置を維持するやうになる。此の方法は、凡て填め輪を羽根車の兩側に備ふるものに應用せらるゝものである。

若し第六十四圖に示す如く、填め輪が羽根車の一側にのみ備へてあるものに対しても、上記の如き填め輪を使用すると、吸込み側に向つて羽根車を移動せしめんとする横推力を弱め、釣合ひを助くるに有益な動作をなすものとなることは、看易き理である。

第六十四圖



129. 片吸込みと兩吸込み 片吸込みの羽根車(第六十四圖)を使用すると、横推力の生ずるのを免れない。併るに兩吸込みの羽根車(第六十三圖)を使用すると、推力は其の左右に於て完全に釣合ふから、全然横推力を生じない。

兩吸込みの羽根車は水を兩側から吸込むから、同一の揚水能力の片吸込みの羽根車に比較して、羽根車の直徑は小となり、随つて効率を増し、ポンプは小形となり、加之、一層高速度たらしめ得る利益がある。故に一段渦巻ポンプは、多く兩吸込みにするけれども、多段渦巻ポンプに於ては、羽根車を悉く兩吸込みにすると、ポンプは長くなり、構造困難に、随つて高價となる缺點がある。

茲に注意すべきことは、羽根車が縦ひ兩吸込みであるとしても、兩側から流入する水量や、其の流入する状態並びに詰め輪を漏るゝ水量等、總て羽根車の兩側の構造及び水の動作が完全に相等しくない時には、横推力の生ずることを免れないことである。

兩吸込みの羽根車は兩側に詰め輪を有するが故に、片吸込みのものに對して、逆流水量が正に其の二倍に増加するやうに感ぜらるゝけれども、實際は其れよりは少い。何故かと云ふに、兩吸込みの羽根車は吸込みの直徑が小となるから、詰め輪の直徑も小となり、随つて逆流水の通る隙の面積が、片吸込みの二倍にはならぬからである。

130. 抜け孔 第四十六圖に示す如く、羽根車側壁の中心に近き部に數個の抜け孔 (balancing hole) を

穿ちて、吸込み側 S 部の水と C 部の水とを連絡し、而して羽根車兩側の同一位置に同一構造の詰め輪を装置して、吐出し側の隙間を A と C との二部に區分する時は、A と B との壓力並びに S と C との壓力は夫々相互に釣合ふが故に、第五十九圖に示す壓力に基因する横推力は、毫も生ぜぬことになる。

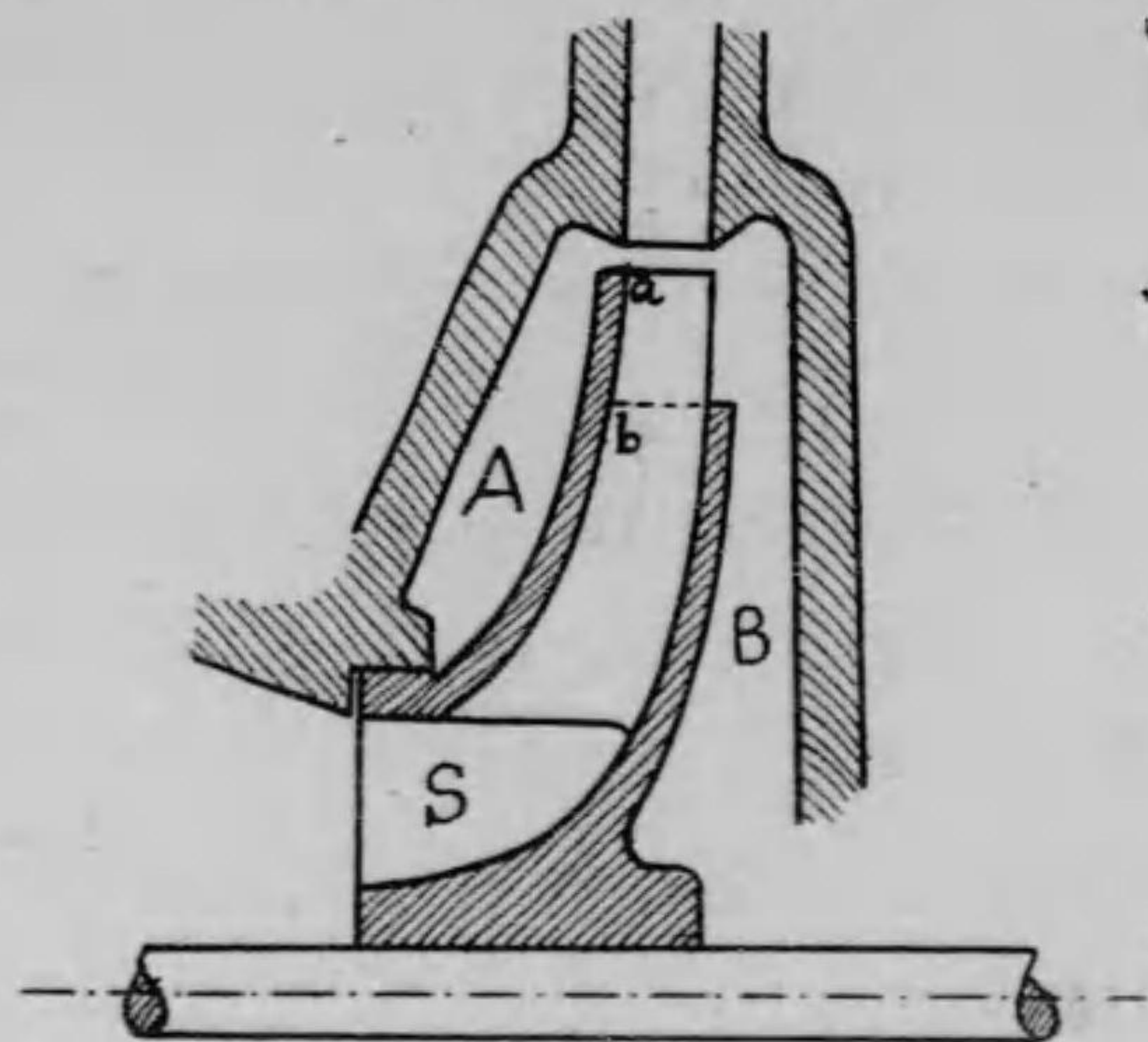
併し羽根車入口に於て、流水の方向の變化に基因する横推力は依然として残り、羽根車は吸込み側から吐出し側に向つて推される。此の僅かの推力を支ふるために、此の種の羽根車を備ふるポンプには、軸端に、比較的小形の推受け臺を装置するのが普通である。

第二圖及び第四圖に示すものは此の種の羽根車を使用したる實例であつて、此の方法の缺點は、詰め輪が羽根車の兩側にあるが故に、漏泄水量が、一側にのみあるものに對して二倍に増加することである。

131 ラトーの方法 第六十五圖に示す如く、吐出し側の側壁の外周の一部を切り取る時は、横推力は、A なる隙間に於て側壁を右方に推す壓力と、B なる隙間に於て側壁を左方に推し、同時に羽根車内部の *ab* なる面に於て側壁を左方に推す壓力との差より起る。併るに第 123 項の定理の表明する通り、羽

根車内部の ab なる面に働く壓力は、之れに相對して、 A なる隙間に働く壓力よりも常に小さいから、吐出し側の側壁の一部を切り取る時は、吸込み側に向つて推す力は、側壁の切り取られぬ場合よりも小さいさくなる譯である。随つて切り取る側壁の大いさをして、羽根車の左右に働く壓力の正に相等しくなるやうにすれば、横推力は完全に除去されるのである。之れをラトール (Rateau) の法と云ふ。

第 六 十 五 圖



此の方法には看過し難き著大な缺點が三つある。第一に、側壁の切り取られたる部は、羽根が隙間に向つて露出して、扇形羽根車(第四十圖)と同じ形狀を呈するが故に、此の部に大なる流體抵抗を惹起するの

みならず、羽根の屈曲し又は摩滅することが烈しい。第二に、羽根車の内外から之れに働く壓力の分布は、計算上からは到底正確に知ることが出来ず、實驗した後始めて知らるゝものであるから、切り取るべき正しき大いさを豫知することを得ず、随つて確實に横推力を除去することは殆ど不可能に屬する。第三に、壓力分布の有様は、水量と回轉度とによりて異なるものであるから、縦ひ或る一状態の下に於て釣合ひがとれて居るとするも、水量や回轉度の些細の變化に對して直ちに釣合ひを失ひ、横推力を現出するやうになる。

132. 羽根車を組合はす法 多段渦巻ポンプに於ては、羽根車を種々に組合はせて、横推力が相互に打ち消されるやうに排置することが出来る。而して排置の方法は種々あるであらうが、水の通路が餘りに複雑とならぬやうに按排することが肝要である。第五圖に示すものは、此の一例である。

段の数が甚だ多い場合には、其れを二つの獨立のポンプに分離し、其の中央に電動機或は調車の如き運轉装置を置き、其等の吸込みと吐出しとを正に反對に排置すれば、横推力は完全に除去されるのみならず、軸承間が短縮するが故に、振動が輕減する。

133. 豎型ポンプ 渦巻ポンプは羽根車を回轉する軸の水平なるか垂直なるかにより、**横型ポンプ** (horizontal pump) と **豎型ポンプ** (vertical pump) とに區別さるゝ。構造の容易と据付けの簡略なるとのために、多くは横型であるが、鑛山用ポンプの場合の如き、横幅の狭い場所に据ゑるポンプとしては、豎型が却つて便利である。

豎型ポンプに於ては、縦ひ羽根車が水壓上からは釣合へるとしても、羽根車と之れを回轉する軸の重量は凡て下方に働いて、横推力の生ずるのを免れない。

豎型ポンプに於ては、其の据付けやうによつて、横推力を却つて有益に使ふことが出来る。即ち片吸込みの羽根車を用ゐ、吸込みが上方に、吐出しが下方になるやうに据ゑると、壓力に基因する横推力が上方に働くが故に、之れを以て羽根車及び軸の重量を支持せしむる。尤も抜け孔[第130項]を具ふる羽根車を使用する場合には、之れと反對に、吸込みが下方に、吐出しが上方になるやうに据ゑる。然る時は、羽根車入口に於て、水流の方向の變化に基因する横推力が上方に働いて、回轉部の重量の一部を支ふるに效がある。

第 十 一 章

比 回 轉 度

134. 比回轉度 水タービンに於ては、其の型式 (type) を定め、又は羽根車回轉度の大小を比較する標準として、**比回轉度** (specific speed; specific rotation) なる數量を用ゐるのが普通である。

水タービンの比回轉度とは、現在動作して居るタービンの寸法を縮め、但し其の性能[第146項]は變へず、唯現在のタービンと同じ比例を以て、相似形に、全部の寸法だけを縮め、單位水嵩に於て、單位馬力を發生するものに造り變へたと想像したる時に、其の縮められたるタービンの回轉度を云ふのである。

渦巻ポンプは水タービンの逆であるが故に、水タービンに應用せらるゝもの、皆渦巻ポンプに應用せらるべき筈である。即ち渦巻ポンプの型式を定め、羽根車回轉度の大小を比較する標準として比回轉度なる數量を用ゐると、甚だ便利であるに相違ない。

渦巻ポンプの比回轉度とは、現在動作して居るポンプの寸法を縮め、但し其の性能は變へず、唯現在のポンプと同じ比例を以て、相似形に、全部の寸法だけ

を縮め、単位水嵩に於て、単位馬力を以て動作するものに造り變へたと想像したる時に、其の縮められたるポンプの回轉度を云ふのである。

135. 圓周速度の關係 性能の同じ、即ち型式の同じ渦巻ポンプとは、流體抵抗の影響水嵩に對する速度の關係等が、相互に同じやうになれるポンプを謂ふのであつて、約言すれば、比速度[第57項]の相互に等しいポンプを謂ふのである。例へば羽根車の圓周比速度について云へば、

$$U_2 = \frac{u_2}{\sqrt{2gH}}$$

或は $u_2 = U_2 \sqrt{2gH} = U_2 \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H} \dots \dots \dots (182)$

性能の同じポンプに於ては、 U_2 は相互に相等しき値で、即ち定數であるから、性能の同じなポンプの圓周速度は、水嵩の平方根に正比例することを知る。

136. 回轉度の關係 羽根車の回轉度、即ち毎分間の回轉數を N とすれば、

$$u_2 = 2\pi r_2 \frac{N}{60} = \pi r_2 \frac{N}{30}$$

此の値を(182)式に代入すれば、

$$\pi r_2 \frac{N}{30} = U_2 \sqrt{2g} \sqrt{H}$$

故に $N = \frac{30U_2 \sqrt{2g}}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{H}}{r_2} \dots \dots \dots (183)$

即ち性能の同じポンプに於ては、回轉度は $\frac{\sqrt{H}}{r_2}$ に正比例する。

137. 水量の關係 有效水量 Q_e は次の式を以て表さるゝ——漏泄を考へぬものとして、

$$Q_e = 2\pi r_2 b_2 v_2$$

併るに性能の同じポンプに在つては、輻射比速度が相互に等しき故に、

$$v_2 = V_2 \sqrt{2gH} = V_2 \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H}$$

に於て、 V_2 は定數である。而して此の値を上式に代入すれば、

$$Q_e = 2\pi r_2 b_2 V_2 \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H}$$

倍て各部を一定の割合を以て、相似形に、寸法だけを縮めたポンプに於ては、幅 b_2 と半徑 r_2 との比は一定數でなければならぬ。仍て此の比を k にて表せば、

$$b_2 = k r_2$$

故に $Q_e = 2\pi k V_2 \sqrt{2g} \cdot r_2^2 \sqrt{H} \dots \dots \dots (184)$

之れによりて看ると、性能の同じ、而して相似なポンプに於ては、有效水量は $r_2^2 \sqrt{H}$ に正比例する。

138. 馬力の關係 軸馬力は、大體に於て、水量と水嵩との積に正比例する。故に μ を或る定數とすれば、軸馬力 B.H.P. は次の如き式を以て表さるゝ。

$$B.H.P. = \mu Q_c H$$

之れに(184)式の値を代入する時は、

$$B.H.P. = 2\pi k V_2 \mu \sqrt{2g} r_2^2 H \sqrt{H} \dots \dots \dots (185)$$

即ち性能の同じ、而して相似なポンプに於ては、軸馬力は $r_2^2 H \sqrt{H}$ に正比例する。

以上の四項に列叙した圓周速度、回轉度、水量及び馬力の關係は、性能の同じ、而して相似なポンプを、相互に比較對照する場合に必要な算式であるのみならず、同一のポンプの寸法の割合を種々に變へ、例へば大なるポンプより之れに相似な小なるポンプを造り、又は小なるポンプより之れに相似な大なるポンプを造る場合等に於て、其等相互間の圓周速度、回轉度、水量及び馬力を算定するに必要なものである。

139. 比回轉度の算式(其の一) (185)式より r_2 を求むれば、

$$r_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi k V_2 \mu \sqrt{2g}} \cdot \frac{\sqrt{B.H.P.}}{\sqrt{H^2/H}}}$$

此の値を(183)式に代入する時は、Nに關して次の算式を得る。

$$N = \frac{30U_2 \sqrt{2g}}{\pi} \sqrt{2\pi k V_2 \mu \sqrt{2g}} \frac{H \sqrt{H}}{\sqrt{B.H.P.}}$$

$$\text{即ち } N = 30U_2 \sqrt{\frac{2kV_2\mu(2g)^{\frac{3}{2}}}{\pi}} \cdot \frac{H^{\frac{5}{4}}}{\sqrt{B.H.P.}} \dots \dots \dots (a)$$

倍て性能の同じ、而して相似なポンプに於て、 $H=1$ 呎、 $B.H.P.=1$ 馬力たらしめたる場合の回轉度 N は、其のポンプの比回轉度であるが故に、比回轉度を n_s にて表せば、上式より次の結果を得る。

$$n_s = 30U_2 \sqrt{\frac{2kV_2\mu(2g)^{\frac{3}{2}}}{\pi}} \dots \dots \dots (b)$$

之れによりて看ると、(a) 式の右邊の $\frac{H^{\frac{5}{4}}}{\sqrt{B.H.P.}}$ の前の係数は比回轉度に等しい。而して此の係数は、性能の同じ、而して相似なポンプに對して定數であるが故に、比回轉度は、性能の同じ、而して相似なポンプに對しては、定數であらねばならぬことが之れで判る。且つ又、比回轉度の値によりてポンプの性能を知り、之れによりて其の型式を識別することが出来るのも、凡て此の事柄に基因する。

次に比回轉度の算定に必要な算式を作るために、(b) 式の値を (a) 式に代入すれば、

$$N = n_s \frac{H^{\frac{5}{4}}}{\sqrt{B.H.P.}}$$

或は

$$n_s = N \frac{\sqrt{B.H.P.}}{H^{\frac{5}{4}}} \dots \dots \dots (186)$$

是れ即ち或る水嵩 H (呎) に於て、或る回轉度 N (毎分間の回轉數) を以て、或る馬力 B.H.P を以て運轉さるゝポンプの、比回轉度を求むるに必要な算式である。

140. 比回轉度の算式(其の二) (186)式は水嵩、回轉度及び馬力を與へて比回轉度を求むる算式であつて、水タービンの比回轉度は普通此の式を以て算定されて居る。

渦卷ポンプの場合にも、無論此の式を以て比回轉度を定むることを得るけれども、渦卷ポンプの場合には、馬力を與へると云ふよりは、水量を與へて比回轉度を定むる方が遙に便利が多い。何となれば、水タービンは動力を得るのが目的であるに反して、渦卷ポンプは水を汲み揚げるのが目的であるから、馬力を與ふるよりは水量を與ふる方が、實用上に於て大なる價値を有するからである。

斯かる理由の下に、渦卷ポンプの場合に適用すべき、水嵩、回轉度及び水量を知つて、其の比回轉度を求むる算式を作らう。

偕て(184)式より r_2 を求むれば、

$$r_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi k V_2 \sqrt{2g}} \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H}}$$

此の値を(183)式に代入する時は、

$$N = \frac{30U_2 \sqrt{2g}}{\pi} \sqrt{2\pi k V_2 \sqrt{2g}} \frac{\sqrt{H^4/H}}{\sqrt{Q}}$$

即ち
$$N = 30U_2 \sqrt{\frac{2kV_2(2g)^{\frac{3}{2}}}{\pi}} \cdot \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}} \dots\dots\dots (c)$$

性能の同じ、而して相似なポンプに於て、H=1呎、Q=1立方呎(又は1ガロン)たらしめたる場合の回轉度 N は、其のポンプの比回轉度である。夫故比回轉度を n_s' にて表せば、上式より次の結果を得る。

$$n_s' = 30U_2 \sqrt{\frac{2kV_2(2g)^{\frac{3}{2}}}{\pi}} \dots\dots\dots (d)$$

之れによりて看ると、前項の場合と同じく、(c)式の右邊の $\frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}}$ の前の係数は比回轉度に等しい。而して此の係数は、性能の同じ、且つ相似なポンプに對して定數であるが故に、比回轉度 n_s' は、性能の同じ、而して相似なポンプに於ては定數であらねばならぬことが判る。

次に(d)式の値を(c)式に代入すれば、

$$N = n_s' \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}}$$

或は
$$n_s' = N \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \dots\dots\dots (187)$$

是れ即ち或る水嵩 H (呎) に於て、或る回轉度 N (毎分間の回轉數) を以て、或る水量 Q (立方呎毎分又はガ

ロン毎分)を揚ぐる渦巻ポンプの比回轉度を求むるに必要な算式である。

141. 二種の比回轉度の關係 前二項に於ては、二種の比回轉度 n_s 及び n_s' に關する算式を掲げた。而して (b), (d) 二式を比較對照するに、 n_s と n_s' との間には次の關係がある。

$$n_s = n_s' \sqrt{\mu}$$

或は

$$\mu = \frac{\text{B.H.P.}}{Q \cdot H}$$

なるが故に、

$$n_s = n_s' \sqrt{\frac{\text{B.H.P.}}{Q \cdot H}} \dots \dots \dots (188)$$

斯くの如く、 n_s と n_s' との間には自ら一定の關係があるけれども、其等の値は決して等しくない。故に相互の紛れを防ぐために、 n_s を馬力比回轉度 (horse-power specific-speed) とし、 n_s' を水量比回轉度 (discharge specific-speed) として兩者を區別して呼びたいと思ふ。併しながら、水タービンの場合には必ず n_s を以て比回轉度とし、渦巻ポンプの場合には必ず n_s' を以て比回轉度とすると確定して置けば紛るゝ恐れはない。

水量 Q を立方呎毎分の單位にて計算したる n_s' の値と、ガロン毎分の單位にて計算したるものと値が異なるが故に、豫め其の何れの單位を用ゐたるかを

明言する必要がある。今換算の便に供せんがために、立方呎の單位にて表した比回轉度を $(n_s')_{\text{英}}'$ とし、ガロン但し英國ガロンの單位にて表したるものを $(n_s')_{\text{英}}'$ とし、米國ガロンの單位にて表したるものを $(n_s')_{\text{米}}'$ とし、此等の關係を示さう。

英國 1 ガロンは 0.1606 立方呎に等しいから、(187) 式によりて次の關係がある。

$$(n_s')_{\text{英}} = \sqrt{0.1606} (n_s')_{\text{米}}'$$

即ち

$$(n_s')_{\text{英}} = 0.4 (n_s')_{\text{英}}'$$

又は

$$(n_s')_{\text{英}}' = 2.5 (n_s')_{\text{英}}$$

次に米國 1 ガロンは 0.1337 立方呎に等しいから、同様に次の關係を得る。

$$(n_s')_{\text{米}} = 0.366 (n_s')_{\text{米}}'$$

又は

$$(n_s')_{\text{米}}' = 2.73 (n_s')_{\text{米}}$$

142. 高速度と低速度との區別 比回轉度の値は、通例大凡 200 乃至 3,000 (立方呎毎分の單位にて) 或は 500 乃至 8,000 (ガロン毎分の單位にて、英米通じて大凡) の間にある。

ポンプを或は高速度 (high speed) であると云ひ、又は低速度 (low speed) であると云ふのは、凡て比回轉度の大小のみによりて名付けらるゝもので、比回轉度の 200 に近きものを低速度ポンプ (low-speed pump)

と云ひ、3,000 (共に立方呎の單位にて)に近きものを
高速度ポンプ (high-speed pump) と云ふのである。

之れを(187)式によりて看ると、 n_s は N と \sqrt{Q} とに
正比例し、 $H^{\frac{3}{4}}$ に反比例するが故に、現在の回轉度が
大であるからとて、水量と水嵩との如何によりては、
 n_s は寧ろ小となるから、必ずしも高速度であると云
ひ難く、又現在の回轉度が小であるからとて、必ずし
も低速度であるとは速断し難い。回轉度の大小の
比較は、凡て比回轉度の大小によりて成さるべきも
のである。

143. 比回轉度の效用 ポンプの相似 (similar) で
あると云ふことは、各部の寸法の割合が悉く同一で、
羽根の形狀が相似形で、羽根車及び導き羽根の入口、
出口其の他總ての角が、相互に相等しく製作されたる
如きものを云ふのである。

同一性能を有するポンプは同じ比回轉度を有す
るからして、ポンプの型式を云ひ表すに此の値を以
てすれば、最も合理的な彼我の比較が出来、且つ又最
も理想的なポンプの分類法 (classification) が實現さる
譯である。

比回轉度の異なるポンプは、型式の異なる、性能の
異なるポンプであるから、効率も亦互に異なる筈で

ある。此等の關係は線圖的 (diagrammatic) に曲線を
以て表すと極めて便利であつて、即ち種々の型式の
ポンプの比回轉度を横法の軸線上に取り、之れに該
當する効率を縦法の軸線上に取りて曲線を畫く。
斯様な線圖に於ては、効率の最大なる値に該當する
比回轉度の値が一見直ちに知らるゝが故に、斯かる
比回轉度を新たに製作せんとするポンプの比回轉
度たらしむるやうに計畫すれば、最も効率の大なる
優良のポンプが製出さるゝ譯になる。

同一型式のポンプに於ても、回轉度や水量や水嵩
の變化に應じて、比回轉度は夫々違つた値になるか
ら、斯様な比回轉度に對する効率の關係を線圖的に
畫く時は、如何なる状態の下に運轉を行へば、最も大
なる効率を現出するかが一目して判り、新たに製作
せんとする同一型式のポンプの運轉状態を適確に
豫知することが出来る。

比回轉度を計算したる時、若しも其の値が最大効
率の得難きやうな値となつたならば、多段渦巻ポン
プたらしむるか、或は全然獨立せる數臺のポンプを
使用するかにより、各々の羽根車の動作する水嵩又
は水量を任意に按排して、比回轉度の値をして最大
効率を得るやうな値たらしむれば、最も優良なもの

が製出せらるゝことになる。

多段渦巻ポンプの比回轉度とは、各羽根車の比回轉度のことであつて、此の場合に Q は全體の水量、
 ——羽根車を通過する水量は段の數に關係がない
 —— H は各羽根車の動作する水嵩である。又獨立せる數臺のポンプに分割し、同一水嵩に同時に揚水せしむる場合には、 Q は各羽根車の動作する水量、 H は全體の水嵩である。

回轉度と水量とが與へられたる場合に、比回轉度を大ならしめんとすれば、水嵩を小ならしめ、比回轉度を小ならしめんとすれば、水嵩を大ならしむることを要するは、(187)式によりて明白である。斯くして多段渦巻ポンプの各羽根車の動作する水嵩を定め、其れに隨つて段の數を定むることが出来る。又若し回轉度と水嵩とが與へられたる場合には、比回轉度は水量と共に増減するが故に、斯くして水量を適當に定め、隨つて獨立に分割すべきポンプの臺數を知ることが出来る。

水量と水嵩と段の數又はポンプの數とが與へられたる場合には、回轉度を變へることによつて比回轉度を調節せねばならぬ。比回轉度は回轉度に正比例するが故に、此の調節は容易に成さるゝ。

144. 實例 比回轉度に關する注意を一層深刻ならしめ、之れが活用法を知悉せしめんがために、茲に二三の實例を掲ぐる。

(例一) 25呎の水嵩に毎分 17,000 英ガロンの水を揚げ、毎分 500 回轉をなせる一段渦巻ポンプの比回轉度は、(187)式より、

$$n_s' = 500 \frac{\sqrt{17000}}{25^{\frac{3}{4}}} = 5,830$$

即ち此のポンプは、現在の回轉度は比較的低い方であるが、可なり高速度である。

(例二) 1,500呎の水嵩に毎分 500 英ガロンの水を揚げ、毎分 3,000 回轉をなせる五段渦巻ポンプありとせば、各羽根車の動作する水嵩は

$$\frac{1500}{5} = 300 \text{ 呎}$$

なるが故に、此の場合には

$$n_s' = 3000 \frac{\sqrt{500}}{300^{\frac{3}{4}}} = 931$$

即ち此のポンプは、現在の回轉度は甚だ大であるに關らず、低速度ポンプであると謂はるゝ。

(例三) 毎分 1,700 回轉を以て、30呎の水嵩に、毎分 3,000 立方呎の水を揚げんとする場合に就いては、比回轉度を計算して見るに、

$$n_s' = 1700 \frac{\sqrt{3000}}{30^{\frac{3}{4}}} = 7,260$$

で、これは著しく高速度で、到底優良な効率を得ることが出来ぬから、先づ回轉度を減じて n_s' の低下するやうに計畫する場合を案ずるに、今假りに $n_s' = 2,500$ なる時に、効率は最大であると考へる。然る時は (187) 式より、

$$N = n_s' \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q_e}} = 2500 \frac{30^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{3000}} = 585 \text{ 回轉毎分}$$

即ち毎分 585、或は約 600 回轉たらしむるを要する。

次に多段渦巻ポンプにすると考へる。併し之れは不可能である。何故かと云ふに、 n_s' を低下せんとすれば水嵩を大ならしめねばならぬが故に、各羽根車の動作すべき水嵩が、全體の水嵩よりは却つて大であることになり、理に合はない。

然らば最後の手段として、全然獨立せる同型同大の數臺のポンプに分割する場合を考へる。此の場合には、各々のポンプが動作する水量を計算するに、(187) 式より、

$$Q_e = \left(n_s' \frac{H^{\frac{3}{4}}}{N} \right)^2 = \left(2500 \frac{30^{\frac{3}{4}}}{1700} \right)^2 = 355 \text{ 立方呎毎分}$$

故にポンプの數は

$$\frac{3000}{355} = 8.45$$

即ち 8 臺の獨立せるポンプに分割すれば、最も効率の大なる結果を獲得し得る。

(例四) 毎分 600 回轉を以て、900 呎の水嵩に、毎分 250 立方呎の水を揚げんとする場合に就いては、比回轉度は

$$n_s' = 600 \frac{\sqrt{250}}{900^{\frac{3}{4}}} = 57.75$$

であつて、餘りに低速度であるから、良好なる効率を得ることは殆ど望み難い。そこで先づ回轉度を増して、 n_s' を増大するやうに計畫せんとする場合を考ふるに、假りに $n_s' = 300$ を以て最大効率に該當するものとする。然る時は、

$$N = n_s' \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q_e}} = 300 \frac{900^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{250}} = 3,120 \text{ 回轉毎分}$$

即ち毎分 3,120、或は約 3,000 回轉たらしむるを要する。

次に多段渦巻ポンプたらしむるものと思ふれば、(187) 式より、

$$H = \left(N \frac{\sqrt{Q_e}}{n_s'} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(600 \frac{\sqrt{250}}{300} \right)^{\frac{4}{3}} = 100 \text{ 呎}$$

故に段の數は

$$\frac{900}{100} = 9 \text{ 段}$$

(例五) 相似形に設計され、而して性能の同じき大小二種のポンプがあつて、一は毎分 1,700 回轉をなし、毎分 900 英ガロンの水を 40 呎の水嵩に揚げ、一は毎分 1,100 回轉をなし、毎分 3,000 英ガロンの水を揚ぐるとすれば、第一のポンプより比回轉度を計算するに、

$$n_s' = 1700 \frac{\sqrt{900}}{40^{\frac{3}{4}}} = 3,210$$

此の n_s' の値は、二つのポンプに共通の値でなければならぬから、第二のポンプの水嵩を計算すると、

$$H = \left(N \frac{\sqrt{Q_e}}{n_s'} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(1100 \frac{\sqrt{3000}}{3210} \right)^{\frac{4}{3}} = 49.9 \text{ 呎}$$

即ち第二のポンプの水嵩は 49.9 呎で、丁度二つのポンプの性能は合一する。

(例六) 前例の場合に、第一のポンプの羽根車の直径 8 吋ならば、第二のポンプの羽根車の直径如何と云ふに、(182) 式より、

$$\frac{u_2}{\sqrt{H}} = U_2 \sqrt{2g} = \text{定数}$$

故に第二のポンプの圓周速度及び水嵩を夫々 u_2' 及び H' とすれば、

$$\frac{u_2}{\sqrt{H}} = \frac{u_2'}{\sqrt{H'}}$$

$$\text{然るに } u_2 = \pi \frac{8}{12} \times 1700, \quad u_2' = \pi \frac{d}{12} \times 1100$$

なるにより、

$$\frac{\pi 8 \times 1700}{12 \sqrt{40}} = \frac{\pi d \times 1100}{12 \sqrt{49.9}}$$

之れより、

$$d = \frac{8 \times 1700}{1100} \sqrt{\frac{49.9}{40}} = 13.8 \text{ 吋}$$

即ち第二のポンプの羽根車の直径 13.8 吋を以て、丁度第一のポンプの羽根車直径 8 吋のものと同じ性能を現す。

第十二章

性能

145. 基本状態 既に述べて置いた通り、凡て渦巻ポンプが最も善良なる状態にて動作し、最大の効率を現すのは、水量、水嵩及び回転度の或る一定の値を與ふる状態に於てのみ實現されるのであつて、此等の何れが變つても、効率は其れに應じて必ず低下するのを免れない。

水量、水嵩、回転度の内何れが變るとしても、羽根車並びに導き羽根の入口に於て水流の方向が羽根に接線的でなくなるから、水は羽根に衝突し、擾亂してエネルギーの損失を醸すやうになるから、接線적이であつた場合よりも効率の小さいことになることは論ずるまでもない。

導き羽根を有せざるものに在つても、巻き匣に入る時に、水の速度の大きさ及び方向に變動を起すから、初めに最も良好であつた場合に對して、損失を増すことになる。

此の他、凡て水嵩、水量、回転度の何れが變るとしても、之れに應じて、ポンプの内部を流動する水の速度

に變化を來し、種々複雑なる水嵩損失の變動を誘起し、此等が集成して、凡て効率の低下を由來するのである。

ポンプを使用するには、最大効率を與ふる状態の下に於て使用すべきは言を俟たぬ所であつて、斯様な状態の下に於て動作する時、其の水嵩、水量及び回転度を夫々**基本水嵩** (normal or rated head)、**基本水量** (normal or rated discharge) 及び**基本回転度** (normal or rated speed) と云ひ、斯かる状態を**基本状態** (normal or rated condition) と稱へる。

水嵩と水量と回転度との内、何れかゞ一定なる場合に於ても、効率の最大なる状態を基本状態と云ふことがある。例へば回転度が一定なる場合に、効率の最大なる状態に該當する水嵩及び水量を、夫々**基本水嵩**及び**基本水量**と云ふことが往々ある。

146. 性能 水嵩、水量、回転度、効率、比回転度等の間に起る相互間の關係的變遷の状況を、最も看易からしめんには、其等の關係を圖面上に線圖的に曲線を以て表示するに若くはない。而して斯様な線圖を指して、渦巻ポンプの**性能** (characteristic) と云ひ、或は**示性線** (characteristic curve) と名付ける。

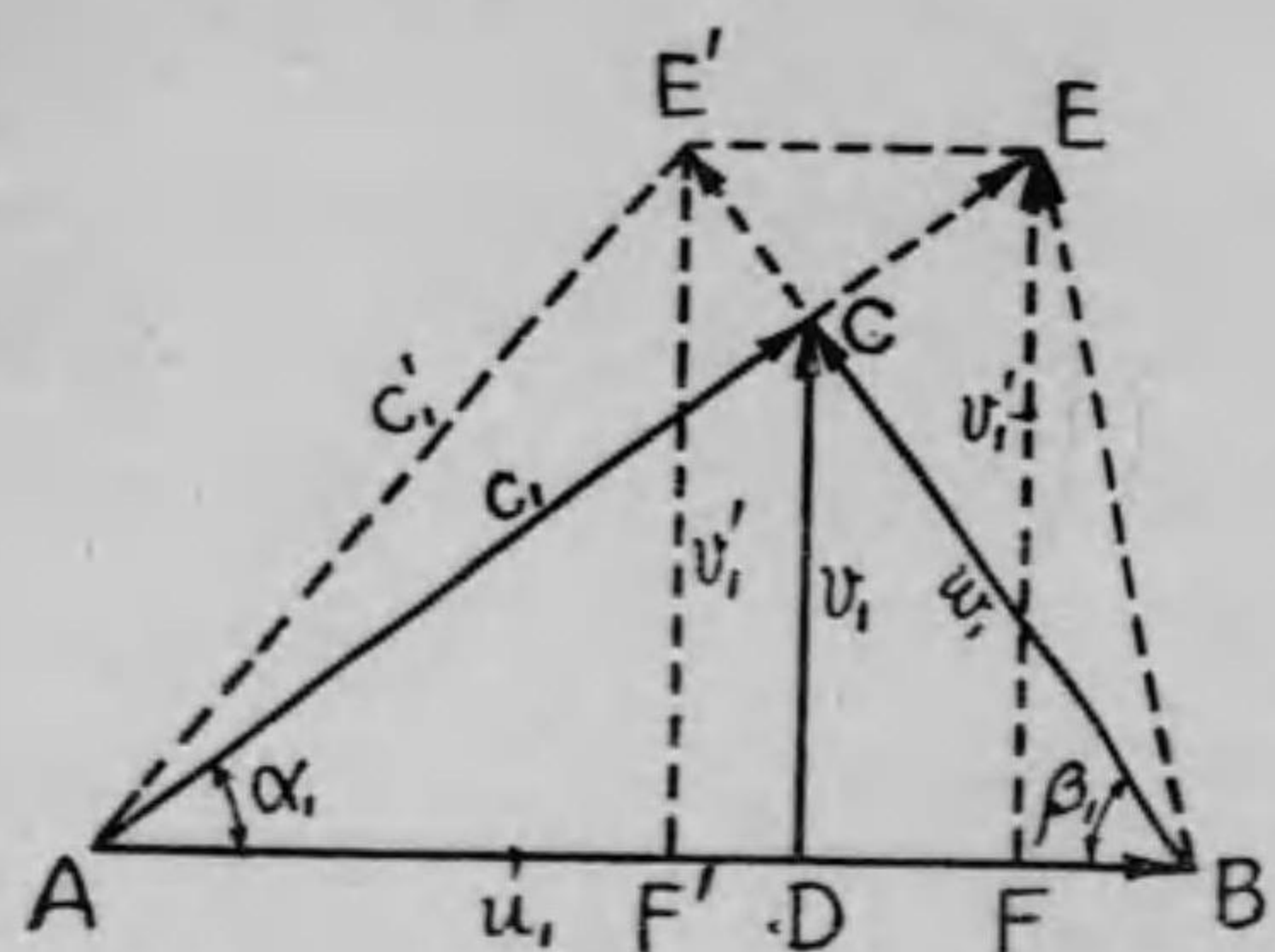
性能は、何れか二つの變數間の關係を表示しても

善く、又は全變數間の關係を同時に表示しても善い。多くは、水量を横法の軸線上にとり、之れに對する他の任意の數量を縦法の軸線上にとりて性能を表すけれども、回轉度或は比回轉度を横法の軸線上にとることも便利が多い。

147. 水量の變化のために、羽根車入口に誘發する水嵩損失 第六十六圖に於て、ABCは基本状態に該當する羽根車入口の速度三角形であるとする。

今回轉度は元のまゝで、唯水量が $DC=v_1$ から、 $FE=v_1'$

第六十六圖



に變つたとすれば、流入速度 AC の方向が一定であると看做して、速度三角形は ABE の如くなる。

そうすると、關係速度 w_1 の方向は、BC から BE に變る。即ち水は羽根車に關して、關係的に BE の方向に羽根車に入らんとする。併るに β_1 は羽根の入口角で、BC の方向が羽根の入口の方向であるから、水は是非とも羽根に沿うて導かれねばならぬが故に、羽根車に入る

や否や、BE の方向に入らんとする水の方向は、BC の方向に押し曲げられるに相違ない。併し豫め水量を定めて置くならば、押し曲げられた後と前とに於て水量に變化はないから、EE' を AB に平行に引き、BC 又は其の延長線との交點を E' とし、三角形 ABE' を畫けば、此の三角形は羽根車に入りたる瞬間の速度三角形である。

斯くの如く、羽根車に將に流入せんとする瞬間には、水の流入速度は AE にて表さるゝけれども、流入したる瞬間には、流入速度は $AE'=c_1'$ を以て表さるゝものとなるが故に、EE' に等しき速度の急激の變化を起し、水は羽根の先端に衝突して茲にエネルギーの損失を生ずる。而して此の際生ずる水嵩損失、即ち水の單位重量につき失はるゝエネルギーの大きさは $\frac{EE'^2}{2g}$ である。併るに

$$EE' = FF' = AF - AF' = AF - (AB - BF')$$

$$= v_1' \cot \alpha_1 - u_1 + v_1' \cot \beta_1 = v_1' (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1) - u_1$$

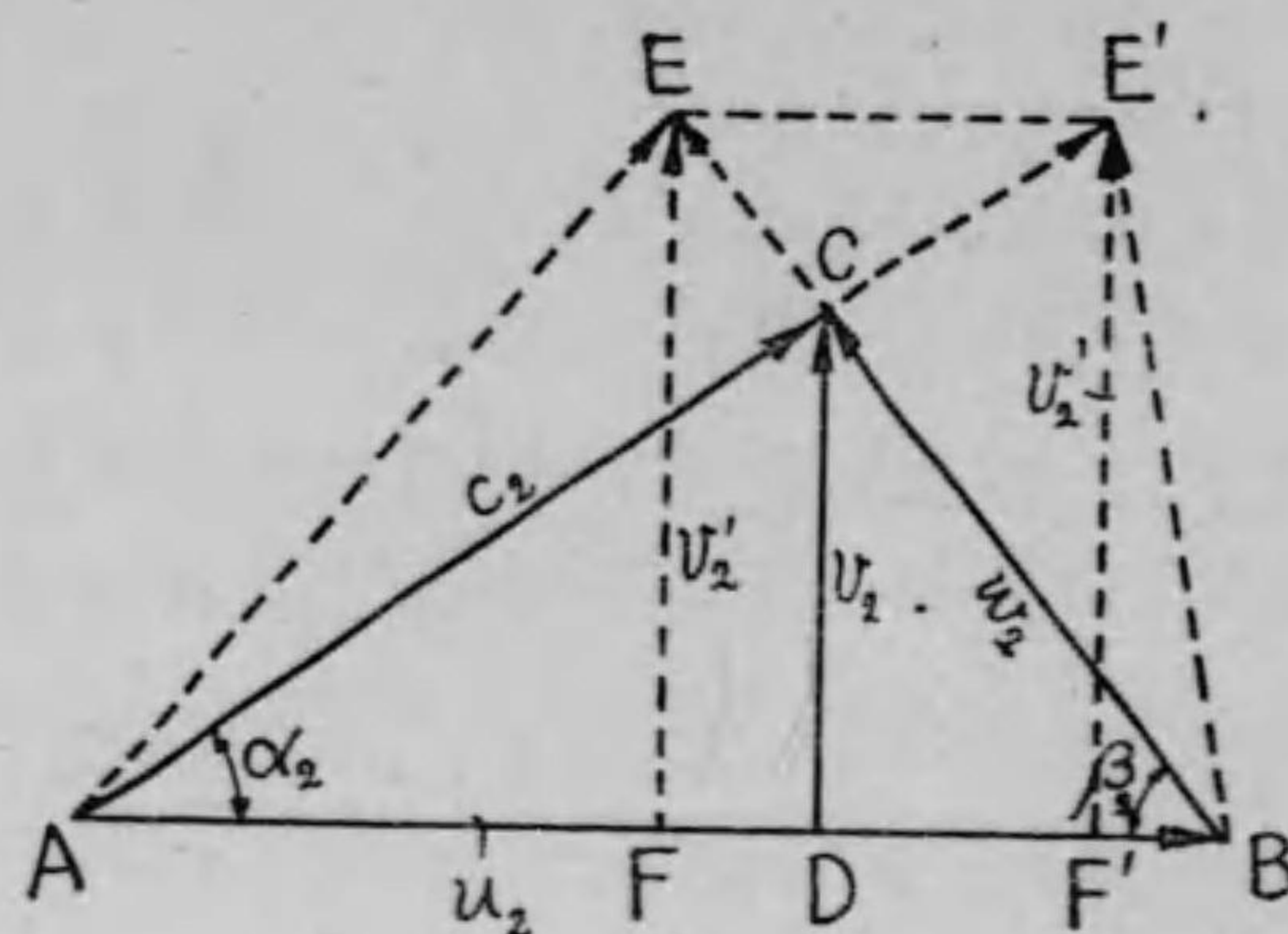
なるが故に、

$$\text{水嵩損失} = \frac{[v_1' (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1) - u_1]^2}{2g} \dots \dots \dots (191)$$

148. 水量の變化のために、羽根車出口に誘發する水嵩損失 第六十七圖に於て、ABCを基本状態に

該當する羽根車出口の速度三角形とする。今回轉度は一定で、唯水量が $DC=v_2$ から $FE=v_2'$ に變化したとすれば、關係流出速度 BC の方向は羽根の方向と一致して常に一定なるが故に、速度三角形は ABE の如くなる。然る時は絶對流出速度 c_2 の方向は AC から AE に變る。併るに導き羽根を備ふるもの

第 六 十 七 圖



とすれば、水は其れに沿うて流動せねばならぬから、導き羽根に流入する瞬間に、絶對速度が、 AE の方向から急激に AC の方向に變らねばならぬ。而して豫め水量を定めて置くならば、導き羽根に流入したる後と前とに於て水量に變りはないから、 EE' を AB に平行に引き、 AC 又は其の延長線との交點を F' と

し、三角形 ABE' を畫けば、此の三角形は導き羽根に入りたる瞬間の速度三角形である。

斯くて羽根車出口の水の絶對速度 AE は、導き羽根に入るや否や $AE'=c_2'$ に變化するが故に、 EE' に等しき急激なる速度の變化を起し、 $\frac{EE'^2}{2g}$ なる水嵩損失を生ずる。而して

$$\begin{aligned} EE' &= FF' = AF' - AF = AF' - (AB - BF) \\ &= v_2' \cot \alpha_2 - u_2 + v_2' \cot \beta_2 = v_2' (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2) - u_2 \end{aligned}$$

なるが故に、

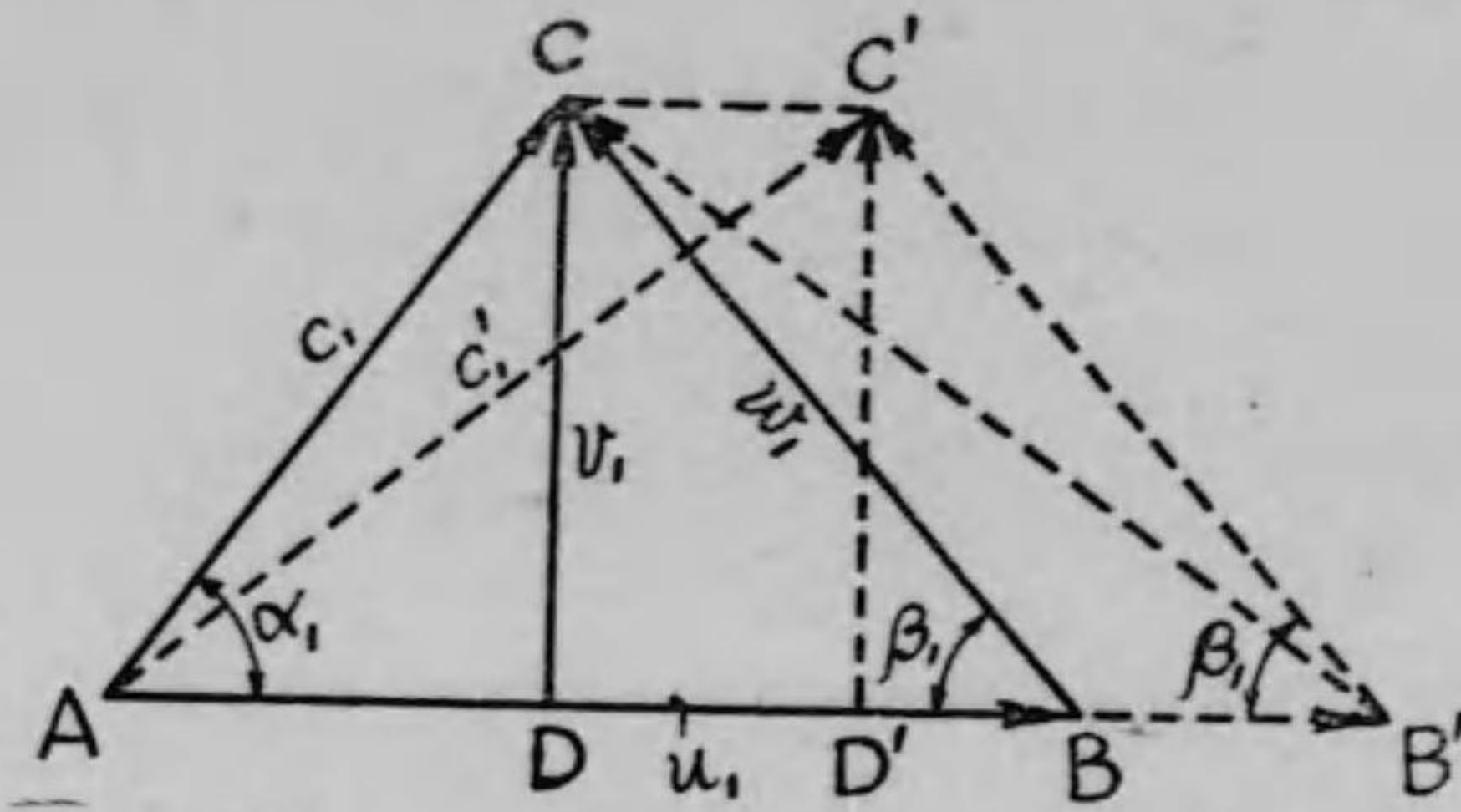
$$\text{水嵩損失} = \frac{[v_2' (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2) - u_2]^2}{2g} \dots \dots (192)$$

導き羽根を備へて居らぬ場合には、之れを備ふる場合のやうな EE' に等しき如き速度の急激な變化は起らぬには相違ないけれども、之れに伴つて或る速度の變化を生じ、水嵩損失の増加を來すことは明白である。

149. 回轉度の變化のために、羽根車入口に誘發する水嵩損失 第六十八圖に於て、 ABC は基本状態に該當する羽根車入口の速度三角形であるとする。今水量は一定に保ち、回轉度の變化のために、圓周速度が、 $AB=u_1$ から $AB'=u_1'$ に變化したとすれば、輻射速度は一定であるから、水の流入方向が一定である

と看做して、速度線圖は $AB'C$ となる。因て關係流入速度は $B'C$ となるけれども、羽根の入口の方向は BC に平行であるから、羽根車に入るや否や、 $B'C$ の方向に入らんとする水の方向は、 BC' に平行な方向に押し曲げられる。仍て $B'C'$ を BC に平行に引き、 AB

第六十八圖



に平行に引きたる CC' との交點を C' とし、三角形 $AB'C'$ を畫けば、此の三角形は羽根車に入りたる瞬時の速度三角形である。

随つて羽根車に將に入らんとする瞬間には、水の流入速度は $AC=c_1$ を以て表さるゝけれども、流入したる瞬間には、流入速度は $AC'=c_1'$ を以て表さるゝものとなるから、 CC' に等しき速度の激變を起し、 $\frac{CC'^2}{2g}$ なる水嵩損失を生ずる。而して

$$\overline{CC'} = \overline{DD'} = \overline{AD'} - \overline{AD} = (\overline{AB'} - \overline{B'D'}) - \overline{AD}$$

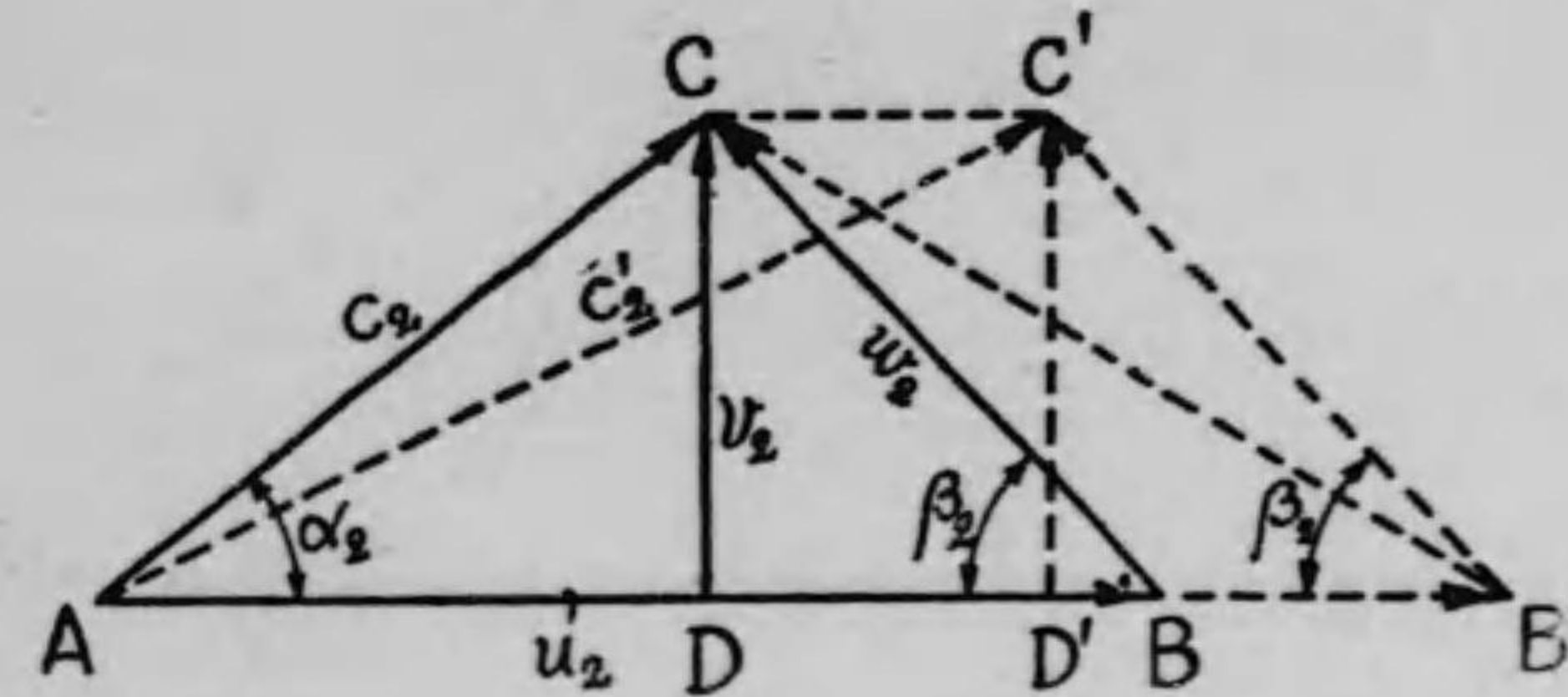
$$= u_1' - v_1 \cot \beta_1 - v_1 \cot \alpha_1 = u_1' - v_1 (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1)$$

なるが故に、

$$\text{水嵩損失} = \frac{[u_1' - v_1 (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1)]^2}{2g} \dots \dots \dots (193)$$

150. 回轉度の變化のために、羽根車出口に誘發する水嵩損失 第六十九圖に於て、 ABC を基本状態に該當する羽根車出口の速度三角形とする。今水量は一定で、唯回轉度の變化のために、圓周速度が

第六十九圖



$AB=u_2$ から $AB'=u_2'$ に變化したと考ふるに、羽根の方向は一定であるから、速度三角形は $AB'C'$ の如くになり、絶對流出速度は $AC=c_2$ から $AC'=c_2'$ に變る。併るに導き羽根を備ふるとすれば、水は其れに沿うて流動せねばならぬから、導き羽根に流入する瞬間に、絶對速度の方向は AC の方向に一致せねばならぬ。随つて、流入したる瞬間の速度三角形は、 $AB'C$ を以て表さるゝものとなる。

之れを要するに、羽根車を流出したる瞬時の水の絶対速度は AC' を以て表さるゝけれども、導き羽根に流入したる瞬間には、此の速度は AC を以て表さるゝものとなる。而して此の速度の變化は、羽根車出口と、導き羽根入口との間に存在する狭い隙の間に於て起るので、其の急激なる變化のため、 $\frac{CC'^2}{2g}$ に等しき水嵩損失を生ずる。そして

$$\begin{aligned} \overline{CC'} &= \overline{DD'} = \overline{AD'} - \overline{AD} = (\overline{AB'} - \overline{B'D'}) - \overline{AD} \\ &= u_2' - v_2 \cot \beta_2 - v_2 \cot \alpha_2 = u_2' - v_2 (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2) \end{aligned}$$

なるが故に、

$$\text{水嵩損失} = \frac{[u_2' - v_2 (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2)]^2}{2g} \dots\dots\dots (194)$$

151. 水量又は回轉度の變化のために、羽根車入口及び出口に誘發する水嵩損失の和 以上を總括するに、水量と回轉度との何れかが變化したるために、羽根車入口に誘發する水嵩損失は、一括して次の式を以て表示せらるゝこと、(191) 及び (193) の兩式を對照することによつて明白に知ることが出来る。

$$\text{水嵩損失} = \frac{[u_1 - v_1 (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1)]^2}{2g}$$

此の式の内にて、 u_1 と v_1 とは其の何れか一方が變數である。

同様に、水量と回轉度との何れかが變化したるために、羽根車出口に誘發する水嵩損失は、一括して次の式を以て表さるゝこと、(192) 及び (194) の兩式を對照して明白である。

$$\text{水嵩損失} = \frac{[u_2 - v_2 (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2)]^2}{2g}$$

此の式の内にて、 u_2 と v_2 とは其の何れか一方が變數である。

羽根車入口と出口とに同時に誘發する水嵩損失は、以上二つの損失の和であつて、之れを h_0 にて表せば、

$$h_0 = \frac{[u_1 - v_1 (\cot \alpha_1 + \cot \beta_1)]^2}{2g} + \frac{[u_2 - v_2 (\cot \alpha_2 + \cot \beta_2)]^2}{2g}$$

或は便宜上

$$\left. \begin{aligned} \cot \alpha_1 + \cot \beta_1 &= C_1 \\ \cot \alpha_2 + \cot \beta_2 &= C_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (195)$$

と置けば、

$$h_0 = \frac{(u_1 - C_1 v_1)^2}{2g} + \frac{(u_2 - C_2 v_2)^2}{2g}$$

C_1 と C_2 とは、與へられたるポンプに對しては、正確に或は略々、定數と看すべき値である。

(33) 式に於て、

$$u_1 = u_2 \frac{r_1}{r_2}$$

又 (43) 式より、

$$v_1 = v_2 \frac{r_2 b_2}{r_1 b_1}$$

或は便宜上

$$\left. \begin{aligned} \frac{r_1}{r_2} &= x \\ \frac{r_2 b_2}{r_1 b_1} &= \frac{1}{x} \frac{b_2}{b_1} = y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (196)$$

と置けば、

$$u_1 = x u_2 \quad v_1 = y v_2$$

$$\begin{aligned} \text{故に } h_0 &= \frac{(x u_2 - C_1 y v_2)^2}{2g} + \frac{(u_2 - C_2 v_2)^2}{2g} \\ &= \frac{1}{2g} [(C_1^2 y^2 + C_2^2) v_2^2 - 2(C_1 x y + C_2) u_2 v_2 + (x^2 + 1) u_2^2] \end{aligned}$$

或は此の式は次の如く書くことを得る。

$$h_0 = \frac{1}{2g} (A v_2^2 - B u_2 v_2 + C u_2^2) \dots\dots\dots (197)$$

但し此の式に於て、A, B 及び C は定數で、夫々次の如き値である。

$$\left. \begin{aligned} C_1^2 y^2 + C_2^2 &= A \\ 2(C_1 x y + C_2) &= B \\ x^2 + 1 &= C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (198)$$

152. 水量對水嵩示性線の理論算式 ポンプの現出する實際の性能は、殆ど量り知るべからざる諸種の流體抵抗の集成したる結果であるから、之を理論上の算式を以て、到底確實に表示せしむること

は不可能に屬する。併し強ひて求めんとならば、或る假定を設くることによりて、或る程度まで實際のものに近い性能をば、算式を以て表示することが出來ぬ譯ではない。

今例へば水量對水嵩に關する性能、詳しく云へば、回轉度を一定に保ち、水量を種々に變へたる場合に、水嵩の變化する状態に關する性能を理論上から求むるため、渦巻ポンプに作用する水嵩損失は、次の二大部より成るものと假想する。

- (一) 羽根車の入口及び出口に起る損失
- (二) これ以外の他の總ての損失

第一の損失は、前節に於て求めた、 h_0 なる値が即ち其れである。第二の損失は甚だ不明瞭なものであるけれども、此の種の損失は、羽根車の絶對流出速度に直接關係せるものと想像して大誤なかるべきにより、總括して、 $\zeta \frac{C_2^2}{2g}$ なる形を以て表さるゝものと假定する。但し ζ はある抵抗係數である。

斯く假定すれば、總水嵩損失、之れを h にて表せば、 h は次の如き式を以て表さる。

$$h = h_0 + \zeta \frac{C_2^2}{2g}$$

之れに (197) 式の値を代入すれば、

$$h = \frac{1}{2g}(Av_2^2 - Bu_2v_2 + Cu_2^2) + \zeta \frac{c_2^2}{2g}$$

併るに、 $c_2 = \frac{v_2}{\sin \alpha_2}$

故に $\zeta \frac{c_2^2}{2g} = \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \frac{v_2^2}{2g}$

随つて $h = \frac{1}{2g}(Av_2^2 - Bu_2v_2 + Cu_2^2) + \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \frac{v_2^2}{2g}$

即ち $h = \frac{1}{2g} \left[\left(A + \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \right) v_2^2 - Bu_2v_2 + Cu_2^2 \right] \dots\dots(199)$

倍て(168)式の示す如く、

$$H + h = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

而して速度線圖(第十六圖)より、

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - v_2 \cot \beta_2$$

故に $H + h = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g} \dots\dots\dots(200)$

或は $H = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g} - h$

之れに(199)式の値を代入すれば、

$$H = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g} - \frac{1}{2g} \left[\left(A + \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \right) v_2^2 - Bu_2v_2 + Cu_2^2 \right]$$

$$= \frac{1}{2g} \left[- \left(A + \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \right) v_2^2 + (B - 2 \cot \beta_2) u_2 v_2 + (2 - C) u_2^2 \right]$$

此の式は、或は次の如き形に書くと便利である。

$$H = -Xv_2^2 + Yu_2v_2 + Zu_2^2 \dots\dots\dots(201)$$

但し X, Y, Z は與へられたるポンプに対しては略々定數で、夫々次の如き値を表す。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2g} \left(A + \frac{\zeta}{\sin^2 \alpha_2} \right) &= X \\ \frac{1}{2g} (B - 2 \cot \beta_2) &= Y \\ \frac{1}{2g} (2 - C) &= Z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(202)$$

而して此等は皆正號の値であることは鮮明である。

斯くて得たる(201)式は、求めんとせる性能に関する理論算式、即ち水量對水嵩示性線の方程式である。

之れによりて看ると、 $v_2=0$ なる時の水嵩を H_0 とすれば、

$$H_0 = Zu_2^2 = \frac{1}{2g} (2 - C) u_2^2 = \frac{1}{2g} (2 - x^2 - 1) u_2^2$$

$$= \frac{1}{2g} (1 - x^2) u_2^2 = \frac{1}{2g} (u_2^2 - u_1^2) \dots\dots\dots(203)$$

こは確かに誤まりなき事實であつて、 $v_2=0$ なる時、即ち水が吐出さるゝことなく、唯ポンプ内にて單に羽根車と同一體をなして回轉せらるゝ場合には、水嵩は遠心力によりて生ずるのみである [第 20 項 參照]。

又水嵩は次の如き關係にある時、零となる。

$$Xv_2^2 - Yu_2v_2 - Zu_2^2 = 0$$

之れより v_2 を解き、而して其の正號の値のみを探る時は、

$$v_2 = \frac{u_2}{2X} (Y + \sqrt{Y^2 + 4XZ}) \dots \dots \dots (204)$$

即ち v_2 が此の式にて表さるゝ値なる場合に於て、水嵩は零となる。

次に此の示性線に於ける水嵩の最大なる場合の状態を検出するため、微分學の理論に従ひ、(201)式を v_2 にて微分し、—— u_2 は定數である —— 其の結果を零に等しからしむれば、

$$\frac{dH}{dv_2} = -2Xv_2 + Yu_2 = 0^*$$

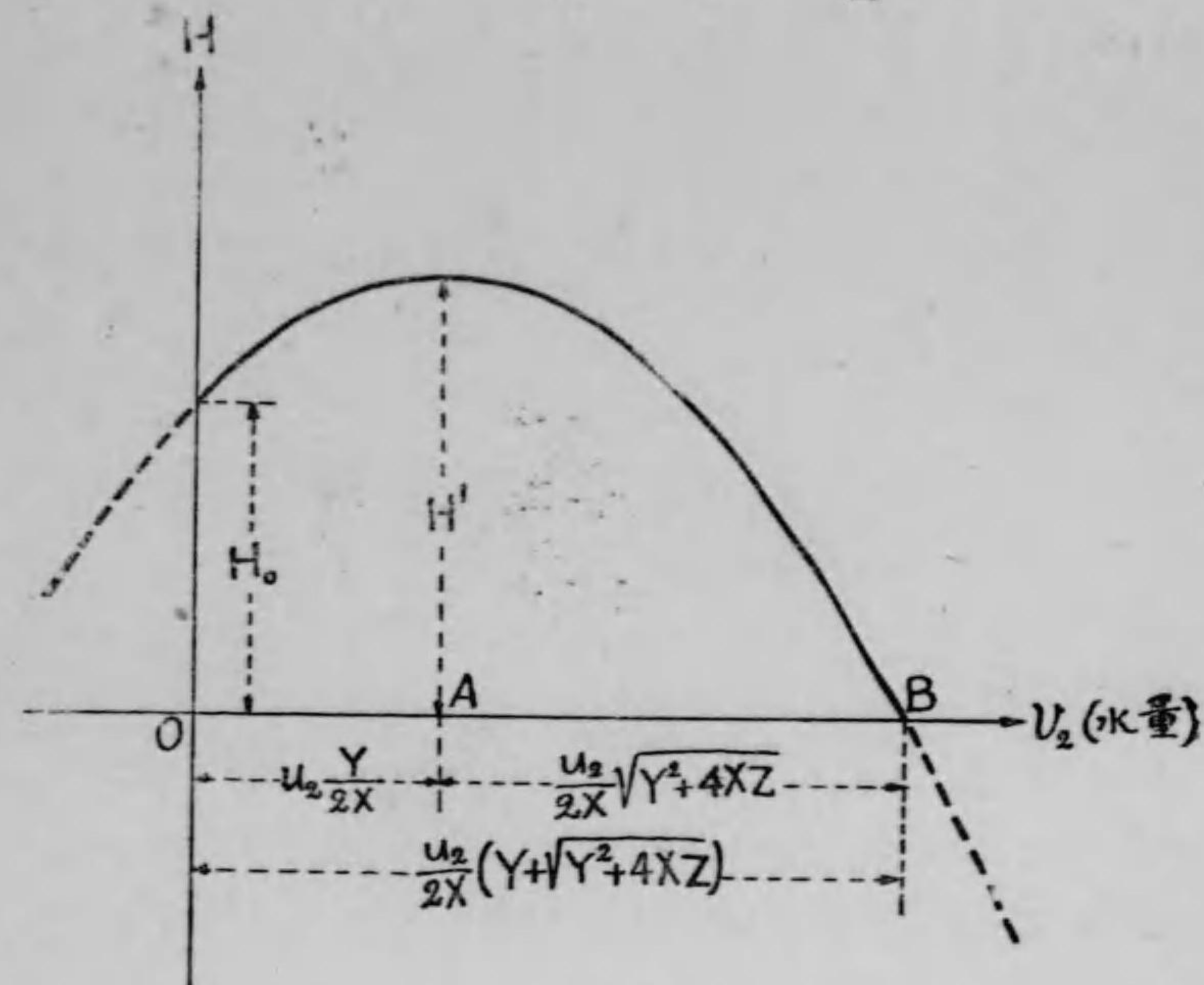
之れより、
$$v_2 = u_2 \frac{Y}{2X} \dots \dots \dots (205)$$

即ち v_2 が此の式にて表さるゝ値である場合に於て、水嵩は最大である。而して之れに該當する水嵩の最大値を H' とすれば、 H' は此の式の v_2 の値を (201)式に代入すれば得られ、其の結果は次の通りである。

$$H' = u_2^2 \left(\frac{Y^2}{4X} + Z \right) \dots \dots \dots (206)$$

(201)式を以て判断するに、水量對水嵩示性線は拋物線を形成し、其の形狀大凡第七十圖に示す如くで

* 此の算式は微分學の初歩を學べば、容易く了解する。



ある。之れによりて見るに、水嵩は、水量零なる時より、水量の増すに従ひ次第に増し、水量が OA に等しき時に最大となり、其れより後は、水量の増すと共に次第に減じ、終に水量が OB に等しくなりたる時に、零となる。而して B は、現在水嵩が抵抗の水嵩に正に等しくなりたる狀況に符合する點であつて、之れより以後は、抵抗の水嵩の方が現在水嵩よりも却つて大きくなるから、現在水嵩は負號の値となる。

153. 回轉度對水嵩示性線の理論算式 此の示

性線は、前項の(201)式に於て、 v_2 を一定とし、 u_2 を變數としたる場合を以て表さるゝことは明瞭である。故に此の示性線に於ては、 $u_2=0$ なる時の水嵩を H_0 とすれば、

$$H_0 = -Xv_2^2$$

又水嵩は次の如き関係にある時、零となる。

$$Zu_2^2 + Yv_2u_2 - Xv_2^2 = 0$$

之れより u_2 を解き、而して其の正號の値のみを採れば、

$$u_2 = \frac{v_2}{2Z} (\sqrt{Y^2 + 4XZ} - Y) \dots \dots \dots (207)$$

即ち u_2 が此の式にて表さるゝ値なる場合に於て、水嵩は零となる。

次に最大水嵩を現出する状態に於ては、(201)式を u_2 にて微分し、其の結果を零に等しからしむれば、

$$\frac{dH}{du_2} = Yv_2 + 2Zu_2 = 0^*$$

之れより、

$$u_2 = -v_2 \frac{Y}{2Z} \dots \dots \dots (208)$$

即ち u_2 が此の式にて表さるゝ値なる場合に於て、水

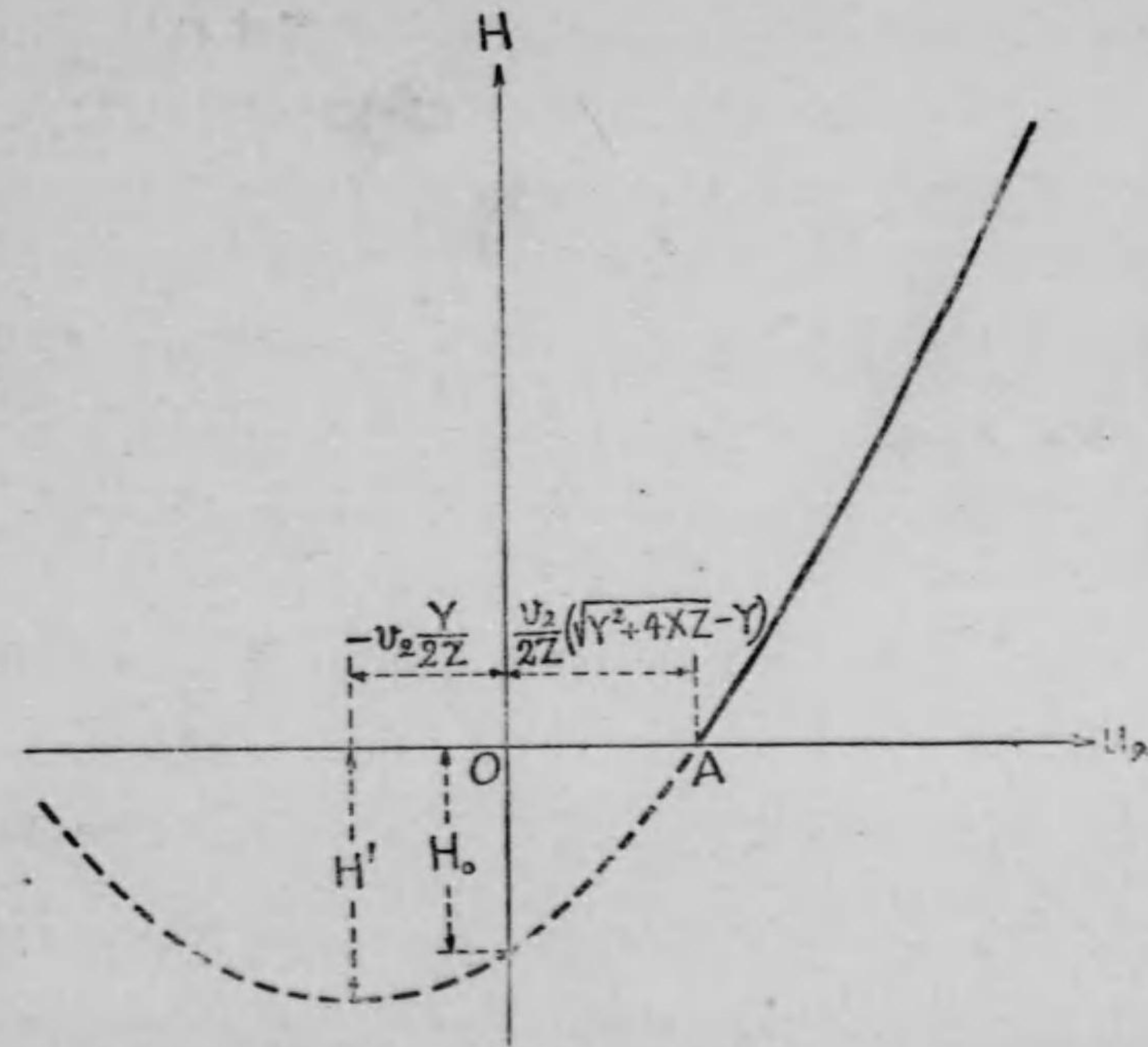
*此の種の算式は、凡て微分學の初歩を學べば、容易く了解する。

嵩は最大、實は最小となり、而して之れに該當する水嵩の最小値を H' とすれば、

$$H' = -v_2^2 \left(X + \frac{Y^2}{4Z} \right) \dots \dots \dots (209)$$

此の示性線も亦拋物線であつて、大凡第七十一圖に示す如き形狀を呈する。之れによつて見るに、水嵩は回轉度が或る値に達するまでは負號を示し、回轉度又は圓周速度が OA に等しくなるに至つて初

第 七 十 一 圖



めて零となり、其れよりは回轉度の増すと共に限りなく増す。凡て水嵩の負號の値であるといふことは、抵抗の水嵩が現在水嵩よりも大なることを意味し、兩者の相等しくなりたる状態に於て、現在水嵩は零となる。

154. 水嵩効率示性線の理論算式 前二項に於ては、水嵩示性線の理論的研究の一斑を説明した。茲にまた他の一例として、水嵩効率示性線の理論的算式に關して述べる。

凡て前項の場合と同一の假定を設置すれば、水嵩損失の總量は、(199)式の示すものと同じ値である。

偕て水嵩効率 η の値は、(200)式の値を使用すれば、

$$\eta = \frac{H}{H+h} = \frac{\frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g} - h}{\frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}{g}} = \frac{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2) - gh}{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)}$$

即ち
$$\eta = 1 - \frac{gh}{u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)} \dots\dots\dots(210)$$

之れに (199) 式の h の値を代入すれば、

$$\eta = 1 - \frac{1}{2u_2(u_2 - v_2 \cot \beta_2)} \left[\left(A + \frac{\xi}{\sin^2 \alpha_2} \right) v_2^2 - B u_2 v_2 + C u_2^2 \right] \dots\dots\dots(211)$$

是れ即ち求むる示性線の方程式であつて、水量對水嵩効率示性線は、此の式の u_2 を一定とし、 v_2 を變數

としたるもの、又回轉度對水嵩効率示性線は、 v_2 を一定とし、 u_2 を變數としたるものである。何れの示性線も、此の場合には、前の場合のやうに簡単な形狀を呈出せぬ。

水量對水嵩効率示性線に於て、 $v_2=0$ なる時の水嵩效率は、

$$\eta = 1 - \frac{C u_2^2}{2 u_2^2} = 1 - \frac{C}{2} = 1 - \frac{x^2 + 1}{2} = \frac{1 - x^2}{2} \dots\dots\dots(212)$$

又回轉度對水嵩効率示性線に於て、 $u_2=0$ なる時の水嵩效率は

$$\eta = -(\text{無限大}) \dots\dots\dots(213)$$

155. 吐出し管を締切りて運轉する場合 吐出し管に通例装置してある堰止め瓣を、締切つて運轉する場合を考へる。

此の場合には、吐出し管よりは一滴も水の流出することなく、唯ポンプ内に於て、水は羽根車と同一體に回轉せられて居るのであつて、之れを (203) 式によりて看れば、此の際羽根車が水に附與する水嵩は、 $\frac{1}{2g}(u_2^2 - u_1^2)$ に等しい。之れは羽根車の内外徑の間に存在する水が、羽根車と共に同一の角速度を以て回轉する場合の水嵩に等しい。

併しながら、水が少しも輻射的に流動をなさぬ場

合であつて、唯羽根車によりて掻き廻されてゐる場合であるからして、流體粘性に引かれて、ポンプ内の水の全體が羽根車の中心から出口までの間に於て、完全に合體して回轉して居ると考へ得る。故に此の場合の水嵩は、軸の半徑を省略して考ふれば、(203)式を以て表さるゝものでなくして、次の如き値であると想像される。

$$H_0 = \frac{u_2^2}{2g} = \frac{(\omega r_2)^2}{2g}$$

之れを實際のポンプに就いて實驗したる結果に徴するに、 H_0 は必ずしも $\frac{u_2^2}{2g}$ に等しくない。或るものは之れよりも大きく、或るものは之れよりも小さい。而して此の相違は大凡次に列擧した理由に因るものと考へらるゝ。

- (一) 吐出し管が完全に締切られて、水の流出は絶対に防止されたりとも、羽根車内には多少の流動あることを免れない。填め輪を漏るゝ水の流れは、即ち羽根車内に多少の流動を誘起するものである。因て流動が少しもないと考へた結果と、異ならざるを得ない。
- (二) 軸が羽根車の中心を通過して居るが故に、回轉する水の内徑が完全に零でない。軸の半

徑を r_0 とすれば、水嵩は $\frac{(\omega r_0)^2}{2g}$ だけ減少する。

- (三) 流體粘性のために、羽根車の外圍に近接せる水は羽根車と同様の回轉をなし、随つて回轉する水の有效半徑が、 r_2 よりも稍や大きくあり得る。
- (四) 羽根と羽根との間、殊に羽根の外端に於て、水は擾亂し、羽根の前方にある水は、羽根の先端を過ぎて後方に迂回すると察せらるゝ如き、一種の混流を起し、完全に同一角速度を以て、徹頭徹尾同一塊をなして回轉せるものでないと想像される。羽根の數少く、同時に羽根が著しく後方に傾けるものほど、益々此の作用は烈しく影響するものと察せらるゝ。^{*}

上記の如き理由により、實際の H_0 の値は、 k を或る實驗的係數とすれば、次の如きものである。

$$H_0 = k \frac{u_2^2}{2g} \dots \dots \dots (214)$$

第七十圖に示す示性線によれば、吐出し管を締切りて水量が零なる場合から、漸次増加するに従ひ、水嵩も漸次に大きくなる。併し實際のポンプにつき

^{*}之れに關する沖巖氏の研究は機械學會誌第十九卷第四十五號及び東京帝國大學工科大学紀要第九冊第一號にあり。

て実験したる結果に徴すると、此の事實は必ずしも眞實でなく、或るものは水量の増加に拘らず水嵩殆ど一定にして、示性線は殆ど水平線を示し、又或るものは水量の増加と共に水嵩は却つて縮小し、示性線は下向きの曲線を示す。凡て水量の零なる近傍のポンプ内部の状況は、普通の運轉状態の近傍に於ける状況と、大に違つて居るに相違ないことは想像に難くない。

水量の零なる近傍の状況は、凡てポンプ夫々に對して固有の性能であつて、堰止め弁を締切り、而して徐々に其れを開きて水量を漸次増加せんとする時、示性線が第七十圖に示す如く、上向きに昇る性能を現出するものを^{の上}上る性能 (rising characteristic) と云ひ、其れが下向きに降る性能を現出するものを下る性能 (falling characteristic) と云ふ。更に下る性能の内に於て、殆ど水平なる性能を現すものを^の平たき性能 (flat characteristic) と云ひ、下ることの甚だ急なる性能を現すものを^の峻しき性能 (steep characteristic) と云ふ。

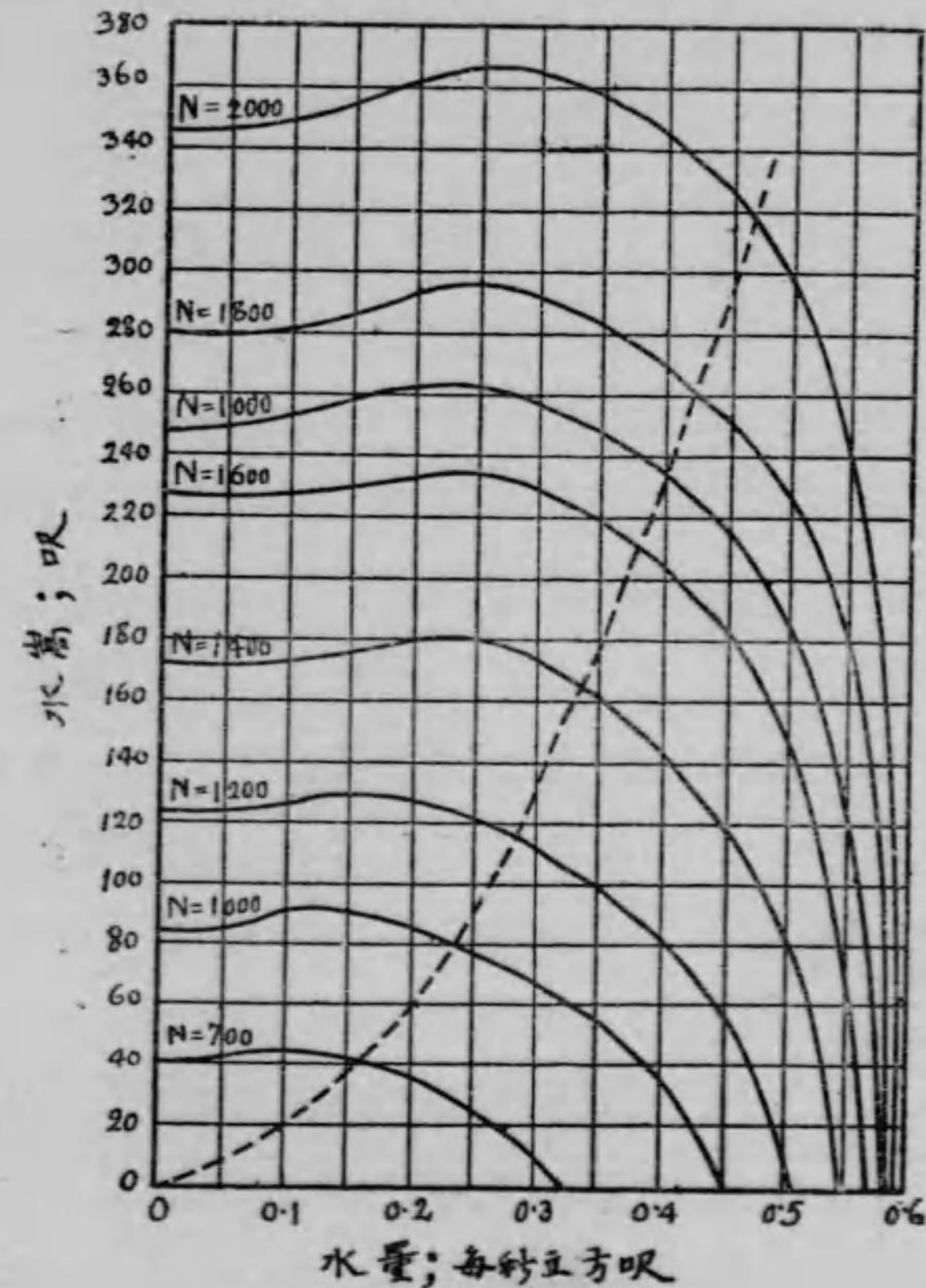
156. 示性線の實例* 今或るポンプの示性線の實例を示す。第七十二圖は種々の回轉度に該當す

*ドーハーチー氏著渦巻ポンプ ("Centrifugal Pump" by Daugherty) 第六章に掲出せるものを例に採つた。

る水量對水嵩示性線、第七十三圖は之れに該當する水量對軸馬力示性線、第七十四圖は其の水量對水馬力示性線を示し、第七十五圖は水量對效率示性線を示す。

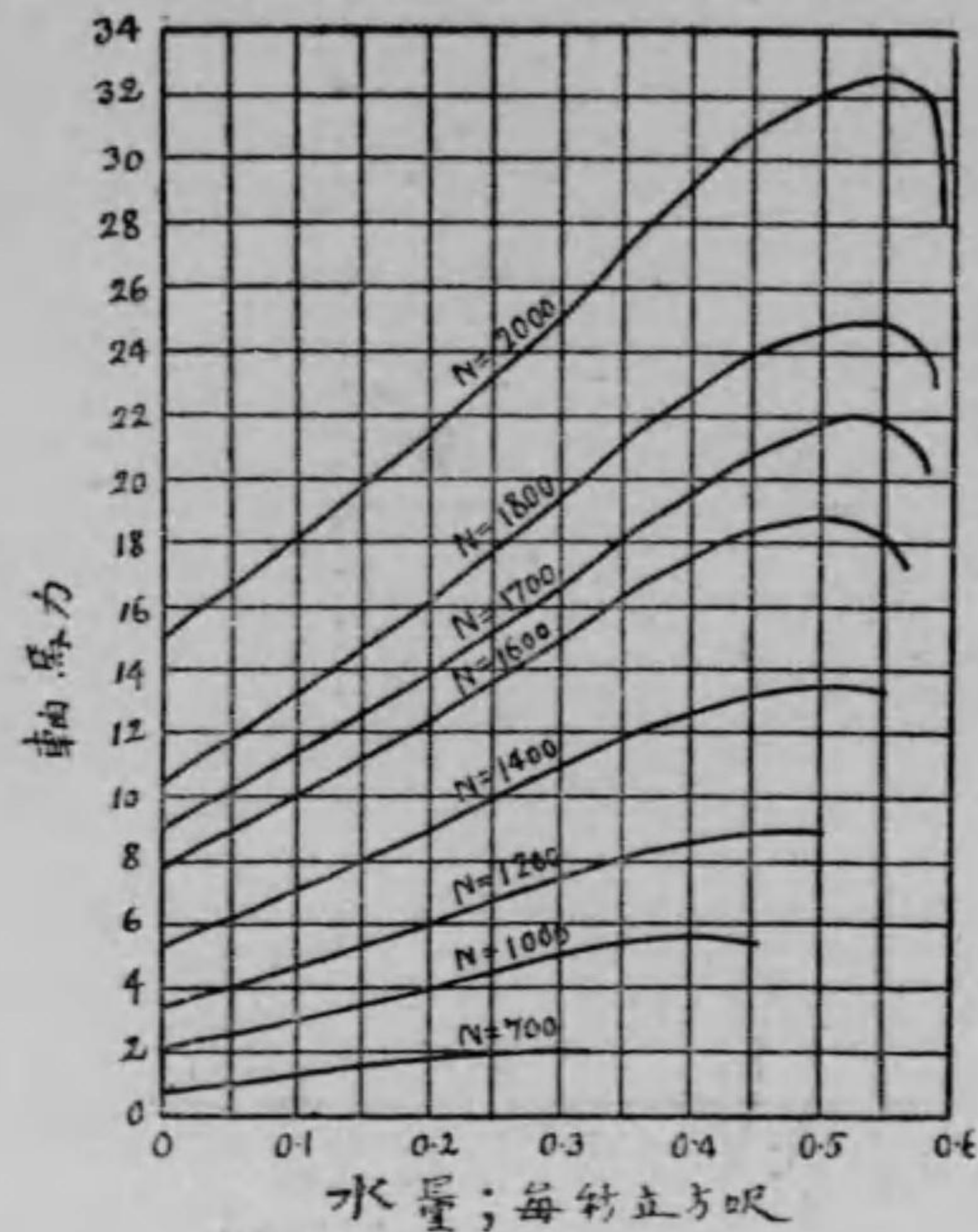
第七十二圖中に點線にて示した曲線は、各回轉度に於て最大効率に該當する水嵩の點を連結したる

第 七 十 二 圖



ものである。故に此の曲線は、最大効率に該當する回轉度、水量及び水嵩を示す。又第七十五圖中に畫

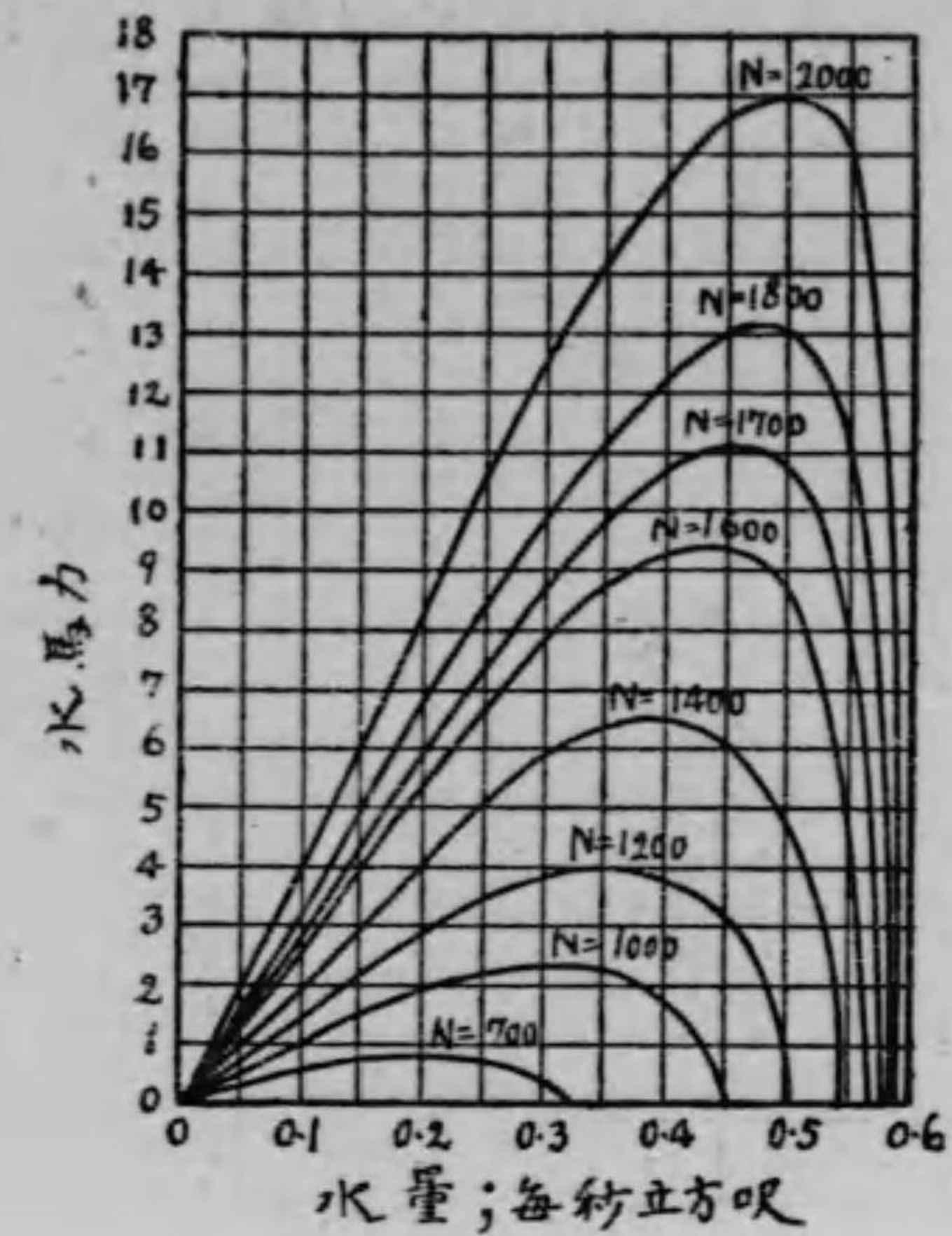
第 七 十 三 圖



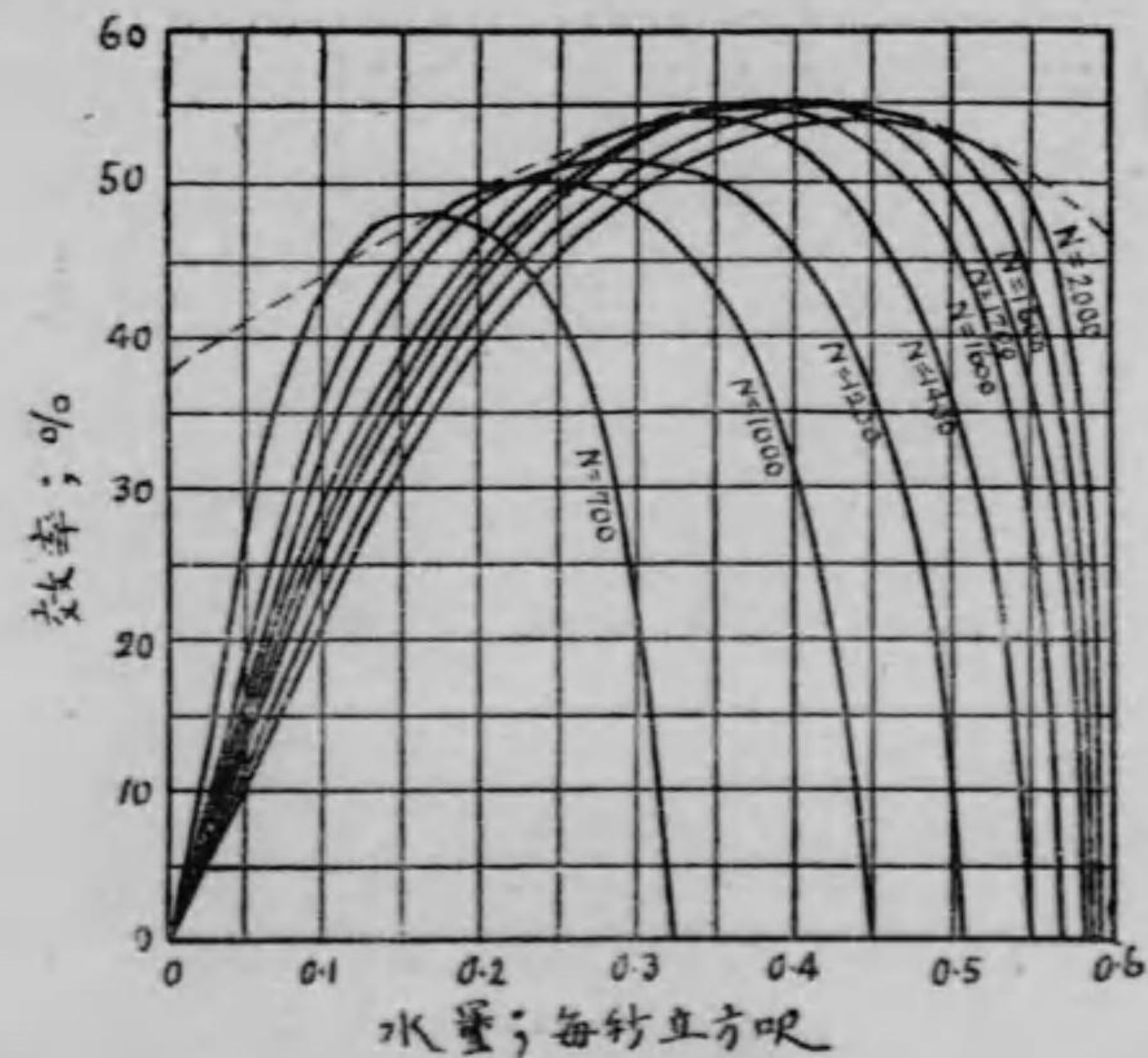
きたる點線は、各回轉度に該當する效率示性線の頂部に順次に接して畫きたる曲線で、此等の示性線の頂が、自ら或る一種の曲線を形成することを表示したのである。

第七十六圖

は、水量對水嵩示性線上に效率示性線を畫き込みたるものである。斯かる線圖は、第七十五圖の效率示性線より、與へられたる回轉度に於て、與へられたる效率を現す水量を求め、之れを、水嵩示性線の其の回轉度の曲線上に、其の水量に該當する點を定め、其の點を與へられたる效率の點とする。而して斯かる手續きを反復し、效率の同じ値を與ふる點を順次に



第 七 十 四 圖

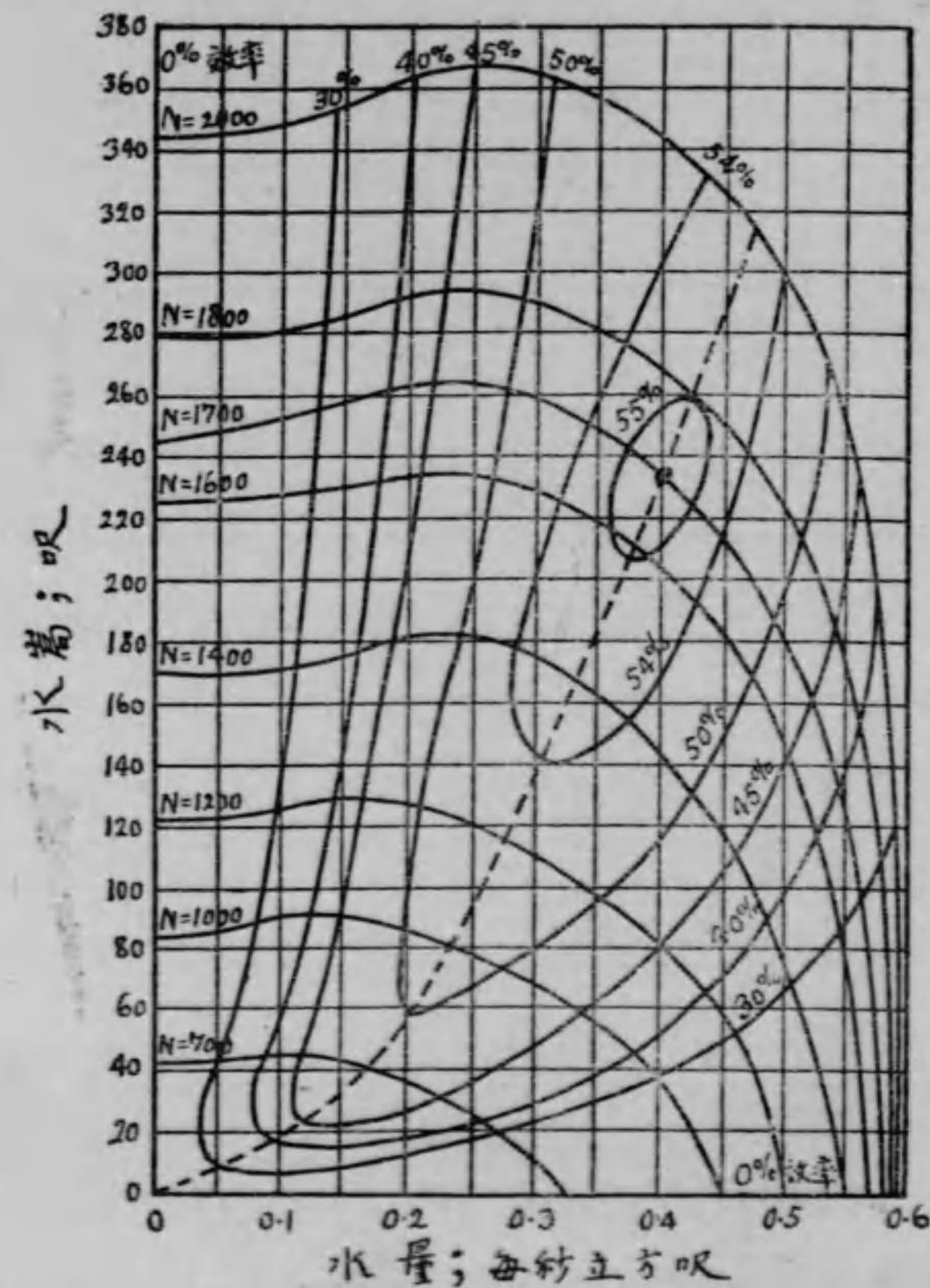


第 七 十 五 圖

求め、其等を連結すれば得らるゝ。

例へば回轉度毎分 $N=1,400$ 回轉に於て、40% 效率を與ふる水量は、第七十五圖によりて、毎秒 0.11 立方呎と毎秒 0.52 立方呎との二つあることが判るから、第七十六圖に於て、毎分 $N=1,400$ 回轉に該當する水

第七十六圖



嵩示性線上に、毎秒 0.11 立方呎と毎秒 0.52 立方呎とに相當する二つの點を定め、其の二つの點を、共に 40% 效率の點とする。斯くて種々の回轉度に於て、同じく 40% 效率を與ふる點を同様の手續きにて求め、其等を順次に第七十六圖の上に定めて、其等の諸點を連結すれば、40% 效率の曲線が現出する。

次に、別な效率に對して同法を反復し、順次同様の曲線を書けば、第七十六圖に示したる如き、效率示性線の一群を生ずるのである。

横法及び縦法の二軸線は、共に 0% 效率の曲線に該當することは明白である。

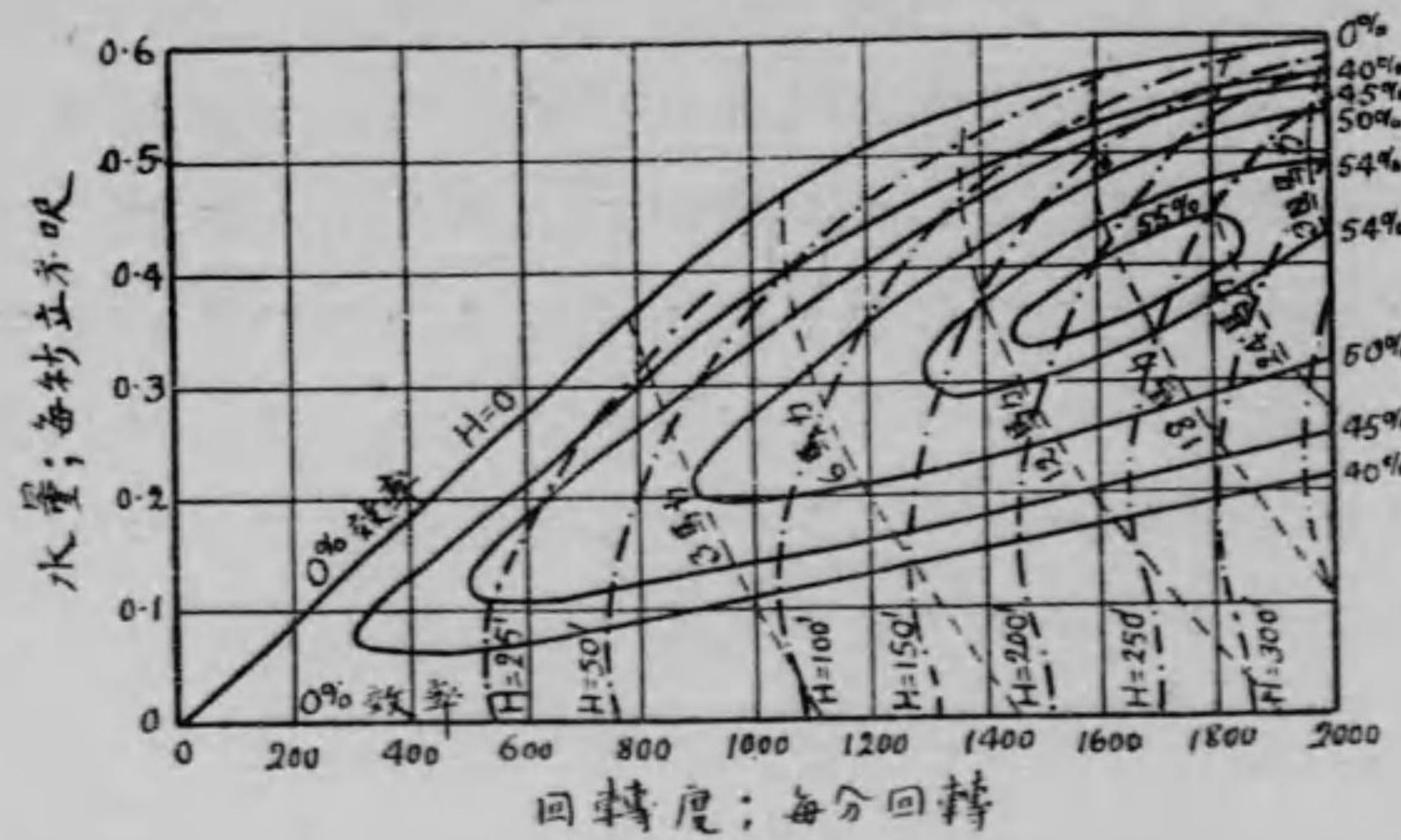
第七十六圖に於て、點線を以て示したる曲線は、各々の回轉度に關して、其等の效率の最大なる點を連結したるものであつて、第七十二圖中に點線にて示した曲線と同一のものである。

第七十五圖にて明らかなる通り、同じ回轉度に對して、同じ效率を現す水量は常に二種ある。随つて第七十六圖にて見る如く、效率曲線は渦巻き形を呈し、同一回轉度の水嵩曲線を、必ず二點に於て切つてゐる。而して斯かる渦巻きの中心は、最大效率の状態即ち基本状態を示すのであつて、例へば本例の場合には、渦巻きの中心、即ち回轉度毎分 $N=1,700$ 回轉

水量毎秒 0.4 立方呎,水嵩 235 呎,効率 55% 強なる状態が,基本状態である。

第七十七圖は回轉度對水量示性線上に,効率線と水嵩線と軸馬力線とを畫き込んだものである。斯様な線圖は,第七十六圖の圖法と同様の方法によりて,畫くことが出来る。此の線圖に於ても,効率線は渦巻き形を呈し,其の渦巻きの中心は基本状態を示す。此の線圖に於ては,水嵩零なる曲線と横法の軸線とが,共に 0% 効率の曲線に該當する。

第七十七圖



以上述べたやうに,第七十二圖乃至第七十五圖に示す水嵩,軸馬力,水馬力等と水量とに關する單獨の示性線があれば,其等を結合して,第七十六圖又は第

第七十七圖に示す如き,一つの線圖上に有らゆる性能を一齊に畫き表すことが出来る。

吾人が與へられたるポンプを,種々の異なる状態にて運轉せんとする場合に,第七十六圖又は第七十七圖の何れかを参照すれば,直ちに規定状態に於て,ポンプが現出する性能を豫知することが出来るのであつて,此の種の線圖は,ポンプ運轉上に於て,極めて肝要缺くべからざるものである。

第七十六圖の線圖は水量を變ずる場合,又第七十七圖は回轉度を變へる場合に,夫々便利なものであつて,此等を示性線圖 (characteristic diagram) と稱へる。

ポンプの使用者は,使用するポンプの性能に關して精細に考査し,回轉度,水量,水嵩等が,縦ひ最高の効率を與ふる状態に合一せぬとしても,最高効率に對して大なる徑庭なき如き場合ならば,必ずしも使用に耐えぬものとして棄つべきものでないことを,心得て居らねばならぬ。

第十三章

実験装置及び方法

157. 実験 ポンプを製作したる時は、必ず其れが実験 (testing) をなすことを要する。実験をなして、始めて、設計の際に使用したる理論的計算が、如何なる程度まで実際に合一するかを覺り、其れが性能を知り、更に進んで設計、計算及び製作上に於て、將來如何に改善し、如何に處理すべきか等の暗示を得ることが出来るのである。

多數のポンプを製作し、実験したる者にして、初めて、優良なる設計者たり、製作者たり得るのであつて、実験の忽にすべからざることは、多言を俟たずして明白である。

ポンプの**大いさ** (size) は、吐出し管の直徑を以て云ひ表すのが通則である。例へば、吐出し管の直徑5時のポンプは、其れを5時渦巻ポンプと云ふのである。水タービンは、其の大いさを云ふに、羽根車の平均直徑を以てするのが通則で、此の點は渦巻ポンプと異なる。

158. 実験の種類 目的によりて、実験装置及び

方法の異なるべきは言ふまでもないことで、此の意味に於て、ポンプの実験を次の四種に區別する。

(一) 回轉度、水量及び水嵩の内、何れか二つを一定に保ち、其れに對して現るゝ他の總ての値を定むる実験。

此の実験は、唯一状態に該當するポンプの動作を知るに過ぎない、最も簡単な実験である。多くは回轉度と水嵩とを一定に保ち、之れに附隨して現るゝ水嵩、馬力及び効率を定むる。

此の実験は、ポンプを販賣する場合等に應用せらるゝものである。

(二) 回轉度、水量及び水嵩の内、何れか一つを一定に保ち、其れに該當して現るゝ他の總ての値を定むる実験。

此の実験は回轉度、水量及び水嵩の内、何れか一つを一定に保ち、他の一つを變數とし、其れに附隨して現るゝ總ての値を定むるものであつて、多くは便宜上回轉度を一定に保ち、水量を種種に變へ、其の一々に對して現るゝ水嵩、馬力及び効率を定むる。

此の実験は、ポンプの性能を知るに必要である。

(三) 回轉度、水量及び水嵩の内、何れも皆變數とし、其れに對して現るゝ總ての状態を定むる實驗。

此の實驗は回轉度、水量及び水嵩を悉く變へる場合であつて、之れを行ふには、例へば回轉度を或る一定の値に保ちて(二)の實驗を行ひ、次に回轉度を他の一定の値に保ちて再び(二)の實驗を行ひ、斯様に回轉度を相互に異なる種々の一定なる値に保ちつゝ、(二)の實驗を反復すれば善いのである。斯くすれば、回轉度、水量及び水嵩の何れも變る場合と同一の結果になる。

此の實驗は、示性線圖を得るに必要なもので、甚だ完全なる實驗に屬する。

(四) (三)の實驗を行ふと同時に、ポンプ内各部を流動する水の壓力、速度の大いさ及び其の方向等を知る實驗。

此の實驗は、普通の實驗以外に、尙ほ吸込み側、隙間の中、導き羽根の内部、巻き匣内の各點、其他之れに類する諸多の位置に於ける水の壓力を測り、速度を知り、斯くて如何なる現象がポンプ内部の各所に誘發されて居るか、而して其れに關する理論的態度は如何等に就いて、詳細な

る實驗を遂げんとするのである。

此の實驗は、ポンプ實驗の最も完全なるもので、徹頭徹尾研究的態度を以て、充分に之れが機能を發見せんとするものである。

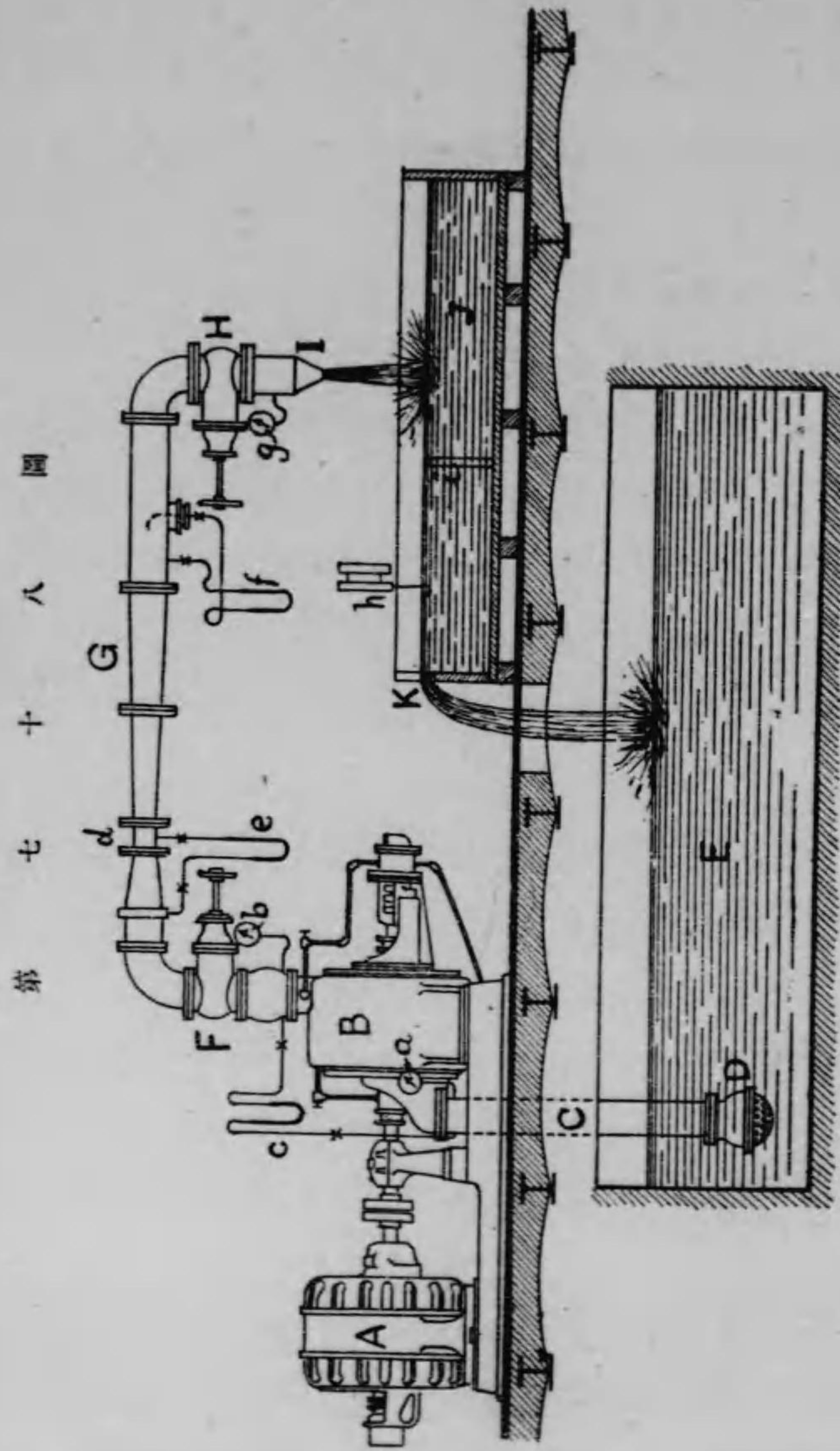
159. 實驗裝置 第七十八圖は較や完全なる實驗裝置の一例を示したものである。Aは電働機、Bはポンプである。圖は電働機をポンプ軸に直結して運轉する裝置を示したものであるけれども、必ずしも電働機を使用する必要なく、Aの位置に調車を裝置し、調車によつて他より動力を供給せらるゝものとしても、或はAの位置に蒸汽機關を置きて運轉するとしても、敢て差支ない。

ポンプBは吸込み管Cより水を吸ふ。Dは水漉しで、Eは給水槽 (supply tank) である。

汲み揚げられたる水は、堰止め瓣Fを過ぎ、吐出し管Gを通り、更に堰止め瓣Hを経て筒口Iより吐出さるゝ。

吐出された水は排水槽 (discharge tank) Jに入り、Kなる口より給水槽Eに戻る。斯くて水は反復使用され、水の浪費が省かるゝ。

160. 水嵩の測定 水嵩は、出来る限りポンプに接近したる位置に於ける吸込み側の壓力と、吐出し



第七十八圖

側の壓力とを測ることによつて測定される。此の目的のために、斯様な二つの位置に**壓力計** (pressure gauge; manometer) を装置する。

吸込み側の壓力計には**眞空計** (vacuum gauge) 又はU字形の**水銀壓力計** (mercury manometer) を用ゐ、吐出し側には普通の壓力計を用ゐる。

壓力計を装置する場合に注意すべき事は、壓力計を取付ける管は、取付くべき面に直角、即ち嚴格に云へば、水流の方向に直角ならしめ、且つ又管の先端が、取付くべき部の内面と平坦なることを要する。管の先端を、取付くべき部の内側に突出させたり、或は窪くあつたりすると、其處に水流の混亂を生ずるが故に、正確な壓力を指示しないやうになる。又壓力計に連結する管内は水を以て満たされ、決して空氣を留置せしめてはならぬ。空氣の重量と水の重量とは大に異なるから、空氣を留置して居ると、幾分異なる壓力を指示し、嚴正を缺くからである。

壓力計の指示する壓力は、壓力計の中心即ち文字板(dial)の中心の壓力であつて、管の接續する點の壓力ではない。夫故豫め文字板の中心の位置を精密に固定して置く必要がある。又U字形の水銀壓力計に於ては、ポンプに連續する方の管に現るゝ水銀

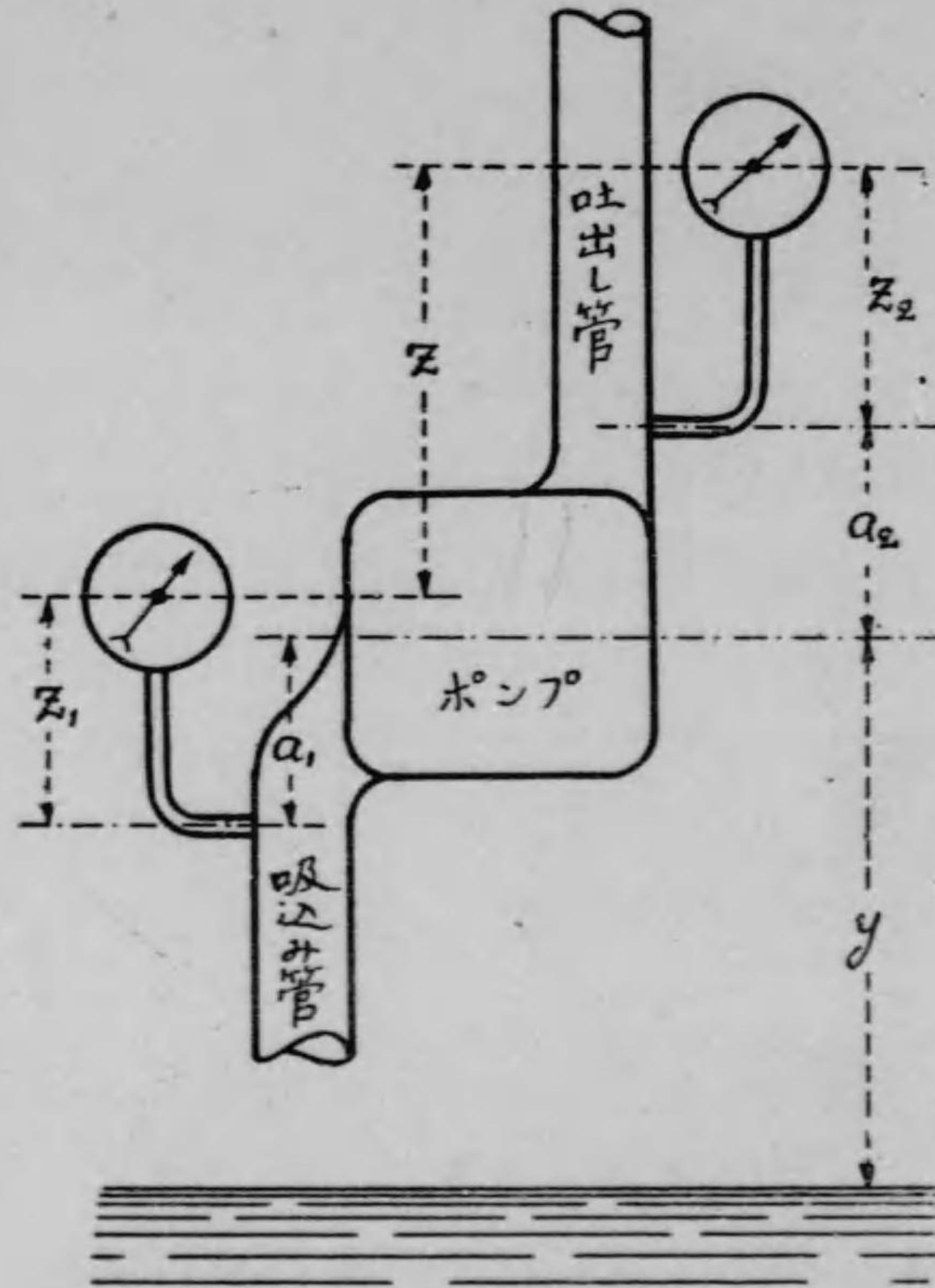
面の圧力を示せるのであるから、此の場合には、圧力を指示する位置が水銀の移動と共に變る。

第七十八圖に示す装置に於ては、 a と b とは吸込み側と吐出し側とに装置したる壓力計である。

斯くて水嵩を測定するには次の計算による。

今第七十九圖に於て、

第七十九圖



y = 下水面よりポンプ中心までの高さ、即ちポンプの吸揚げ嵩(呎にて)、

a_1, a_2 = ポンプ中心より各壓力計取付け點までの高さ又は深さ(呎にて)、

z_1, z_2 = 壓力計管の取付け點より壓力計中心までの高さ(呎にて)、

$z = a_1 + a_2 + z_2 - z_1$ = 二つの壓力計中心間の高さ(呎にて)、

R_s = 吸込み側真空計の讀み(大氣壓以下の壓力を水銀柱の高さに換算し、吋にて)、

R_d = 吐出し側壓力計の讀み(大氣壓以上の壓力、ポンド毎平方吋にて)、

h_a = 大氣壓を水の高さに換算したる値(呎にて)

とすれば、吸込み側の真空計取付け點に於ける水 1 ポンドの有するエネルギーは、位置のエネルギーと壓力のエネルギーと速度のエネルギーとの和であるから、其の値は、

$$y - a_1 + \left(h_a - \frac{R_s \times 13.6}{12} + z_1 \right) + \frac{c_s^2}{2g}$$

である。但し 13.6 は水に對する水銀の比重で、

$\left(h_a - \frac{R_s \times 13.6}{12} \right)$ は真空計の讀みを以て表されたる絶對壓力を、水の高さに換算したる値である。

同様に、吐出し側の圧力計取付け點に於ける水 1 ポンドの有するエネルギーは、

$$y+a_2+\left(\frac{R_a \times 144}{62.4}+h_a+z_2\right)+\frac{c_a^2}{2g}$$

である。但し 62.4 ポンドは水 1 立方呎の重量で、 $\left(\frac{R_a \times 144}{62.4}+h_a\right)$ は圧力計の讀みを以て表されたる絶對壓力を、水の高さに換算したる値である。

ポンプ内に於て、水が羽根車によりて附與された有効なエネルギーは、以上二種のエネルギーの差でなければならぬ。故に羽根車によりて附與された有効なエネルギーは、水 1 ポンドにつき、

$$\begin{aligned} & y+a_2+\frac{R_a \times 144}{62.4}+h_a+z_2+\frac{c_a^2}{2g} \\ & -y+a_1-h_a+\frac{R_s \times 13.6}{12}-z_1-\frac{c_s^2}{2g} \\ & =a_1+a_2+z_2-z_1+\frac{R_s \times 13.6}{12}+\frac{R_a \times 144}{62.4}-\frac{c_s^2}{2g}+\frac{c_a^2}{2g} \\ & =z+1.13R_s+2.31R_a-\frac{c_s^2}{2g}+\frac{c_a^2}{2g} \end{aligned}$$

である。而して此のエネルギーは、即ちポンプが水に與へたる有効なる水嵩であるから、ポンプの現在水嵩 H 呎は、次の通りである。

$$H=z+1.13R_s+2.31R_a-\frac{c_s^2}{2g}+\frac{c_a^2}{2g} \dots\dots(215)$$

此の算式を以て、ポンプの現在水嵩は、實驗上から

算定される。但し c_s と c_a とは呎毎秒の單位にて與ふべき吸込み管及び吐出し管内の水の速度で、今

d_s, d_a = 夫々吸込み管及び吐出し管の内徑(吋にて)、

Q_c = 有效水量(立方呎毎分にて)

とすれば、

$$\left. \begin{aligned} c_s &= \frac{Q_c}{60 \times \frac{\pi}{4} \frac{d_s^2}{144}} = 3.06 \frac{Q_c}{d_s^2} \\ c_a &= \frac{Q_c}{60 \times \frac{\pi}{4} \frac{d_a^2}{144}} = 3.06 \frac{Q_c}{d_a^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots(216)$$

而して g は平均毎秒毎秒 32.2 呎なる地球重力の加速度であるから、

$$2g=2 \times 32.2=64.4$$

故に

$$\left. \begin{aligned} \frac{c_s^2}{2g} &= \frac{3.06^2}{64.4} \cdot \frac{Q_c^2}{d_s^4} = 0.145 \frac{Q_c^2}{d_s^4} \\ \frac{c_a^2}{2g} &= \frac{3.06^2}{64.4} \cdot \frac{Q_c^2}{d_a^4} = 0.145 \frac{Q_c^2}{d_a^4} \end{aligned} \right\} \dots\dots(217)$$

此等の値を(215)式に代入すれば、次の算式を得る。

$$H=z+1.13R_s+2.31R_a+0.145Q_c^2\left(\frac{1}{d_a^4}-\frac{1}{d_s^4}\right) \dots\dots(218)$$

此の算式は、如何なる種類の壓力計を使用するとも、常に應用され得るものである。而して之れによりて看ると、壓力計管は成るべくポンプに接近して取付くるを要することは言ふまでもなきことであ

るけれども、 H は取付け點の關係的位置には無關係で、唯壓力計中心間の高さ z にのみ關係せるものであるから、二つの壓力計の中心が、同一水平面上にあるやうに適宜の場所に設置すると、 $z=0$ となる便がある。

特別な場合として、吸込み管と吐出し管とが同じ直徑なる時は、上式は次の如く簡約する。

$$H = z + 1.13R_s + 2.31R_d \dots \dots \dots (219)$$

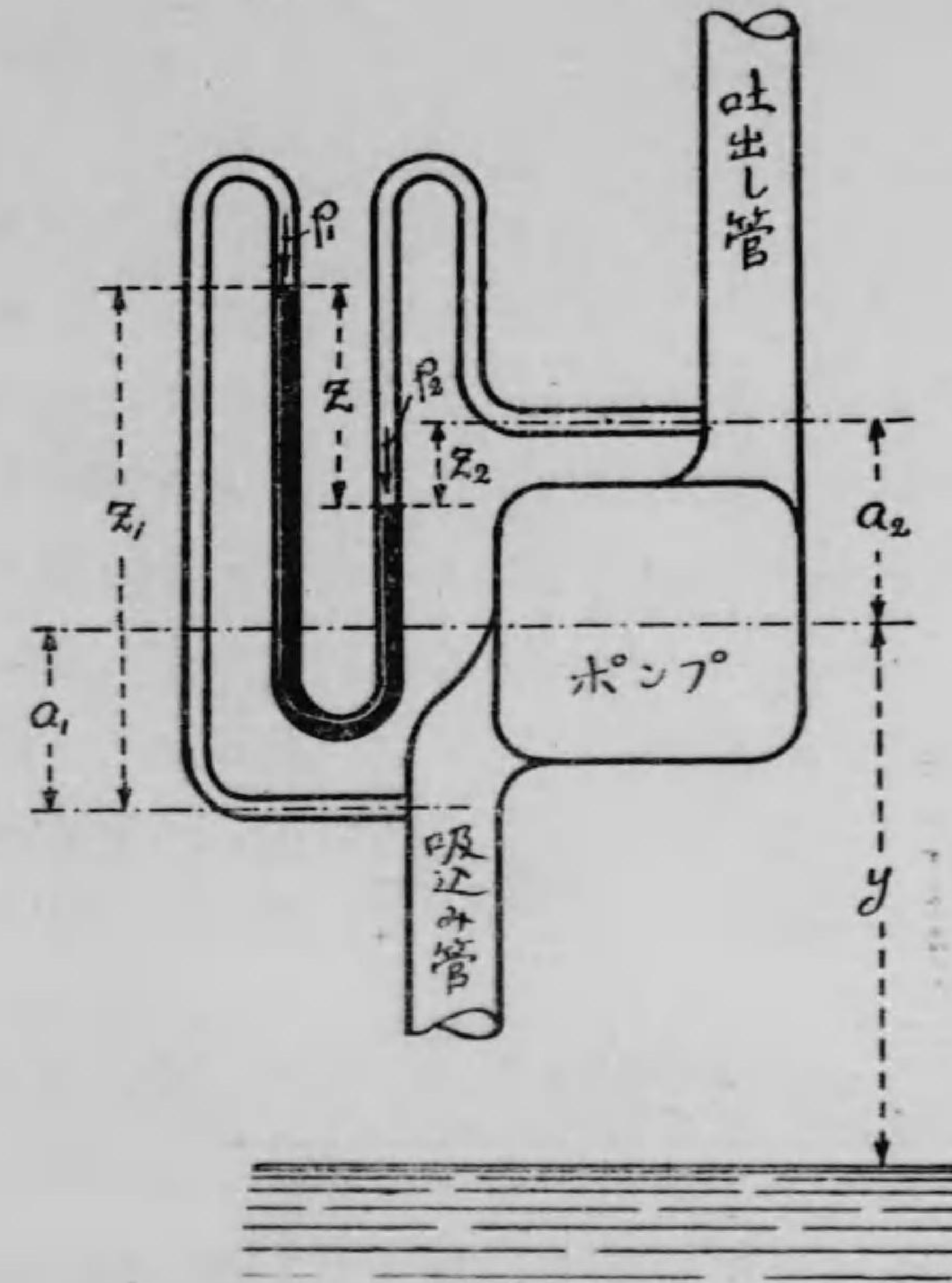
(215) 又は (218) 式にて計算さるゝ水嵩は、ポンプが、ポンプとして發現する有效な水嵩であつて、吸込み管及び吐出し管内の流體抵抗を含まない。随つて、此等の式にて算定さるゝ水嵩より、兩管内の抵抗に基因する水嵩を減ずれば、ポンプ装置全體の現在水嵩となるのである。夫故此等の算式を以て算定さるゝ水嵩、即ち壓力計によりて測定さるゝ水嵩を名付けて、測定水嵩 (manometric head) と稱へる。

測定水嵩は、完全にポンプの發現する現在水嵩を表す。吸込み管及び吐出し管の機能と、ポンプの機能とは全然異なるが故に、ポンプのみの機能を判定せんには、兩管内の影響を除去せなければならぬ。是れ、測定水嵩が、ポンプの機能を定むるに充分なる所以であつて、壓力計管は成る可くポンプに接近し

て取付くるを要するも、また、此の理に外ならない。

161. 差壓計にて水嵩の測定 第七十八圖に於て、 c は吸込み側と吐出し側との間に裝置して、兩側間の壓力の差を直ちに讀ましむる、U字形の水銀差壓計 (differential gauge) である。之れにて測定水嵩を定むるには、次の如き計算による。

第 八 十 圖



前項の場合を参照し、第八十圖に示す所により、吸込み側の差圧計管取付け點に於ける水1ボンドの有するエネルギーは、之れに連続するU字管内水銀面の壓力を水の高さに換算したるものを p_1 呎とすれば、

$$y - a_1 + p_1 + z_1 + \frac{c_s^2}{2g}$$

で、又吐出し側の差圧計管取付け點に於ける水1ボンドの有するエネルギーは、之れに連続せるU字管内水銀面の壓力を水の高さに換算したるものを p_2 呎とすれば、

$$y + a_2 + p_2 - z_2 + \frac{c_d^2}{2g}$$

であるから、此等の差、即ち H 呎の値は次の通りである。

$$H = p_2 - p_1 - (z_1 + z_2 - a_1 - a_2) - \frac{c_s^2}{2g} + \frac{c_d^2}{2g}$$

今 z を二つの水銀面間の高さ(吋にて)とすれば、

$$z_1 + z_2 - a_1 - a_2 = \frac{z}{12} = 0.0833z$$

而して
$$p_2 - p_1 = \frac{z \times 13.6}{12} = 1.13z$$

なるが故に、此等の値を上式に代入すれば、

$$H = 1.13z - 0.0833z - \frac{c_s^2}{2g} + \frac{c_d^2}{2g}$$

即ち
$$H = 1.05z - \frac{c_s^2}{2g} + \frac{c_d^2}{2g}$$

或は
$$H = 1.05z + 0.145Q_c^2 \left(\frac{1}{d_a^4} - \frac{1}{d_s^4} \right)$$
(220)

之れによつて看ると、水嵩は唯兩水銀面間の高さに關係し、管の取付け位置に關係がない。

此等の算式は、吸込み管と吐出し管との直徑が等しい場合には、次のやうに簡約する。

$$H = 1.05z \dots \dots \dots (221)$$

162. 水量の測定 ポンプの實驗中に於て、最も不確實になり易く、然かも最も重大なるものは、ポンプの吐出す水量の測定である。

水量の測定には種々の方法がある。水量の多少、場所の廣狹、設備費の多寡、精密の度の如何等によつて、測定裝置及び方法に夫々相違があつて、既定時間内に通過する水の容積或は重量を測ることも、水量を定むる一方法なるべく、浮き (float) を流し、又は流速計 (current meter) によりて水量を定むることも、一方法なるべしとは云へど、ポンプの實驗に際して、其の水量を測定する方法として應用せらるゝものには、測定の方法に自ら限りがある。

水量の測定は甚だ不確實に陥り易きものであつて、唯一種の裝置を以て測定したのみでは、充分な信

頼を値するやうな結果を得ることは到底不可能であるから、成るべく各種の異なる装置を以て、同一の水量を同時に測り、其等の平均値を以て、始めて較や信頼すべき結果とすることを要する。

ポンプに關して、其の水量の測定に、通常最も多く使用せらるゝものは、エンチュリ管、ピトー管、ノズル及び切欠き流量計の四種である。次に此等の測定装置に關して、順次に略述する。

163. エンチュリ管 第七十八圖に於て、 d と記載したる所は、吐出し管の一部を圓錐形に絞りにて、管の直徑を小さいくしたのである。是れ即ちエンチュリ管 (Venturi meter) と名付ける部であつて、斯様にすると、絞つた部を通る水の速度は他の部を通る速度よりも大となり、随つて絞られた部の壓力は他の部の壓力よりも低くなるから、絞られて直徑の最小となれる部、此の部はエンチュリ管の喉 (throat) と云ふが、此の喉の部と絞られない他の廣き部との間に、圖に e と記した如き差壓計を装置すると、此等二個處の壓力の差が直ちに測られ、其れによつて、管中を流るゝ水の速度を知り、之れに管の斷面積を乗じて、水量を測定せんとするのである。今

c_a, p_a, d_a = 吐出し管の廣き部の水の速度 (呎毎秒にて)、壓力 (水の高さ呎にて)、内徑 (吋にて)、

c_a', p_a', d_a' = 喉の所の水の速度 (呎毎秒にて)、壓力 (水の高さ呎にて)、内徑 (吋にて)

とすれば、流動のエネルギーは管の廣き部と喉の所とに於て相等しきが故に、

$$p_a + \frac{c_a^2}{2g} = p_a' + \frac{c_a'^2}{2g}$$

エンチュリ管は、便宜上から、多く水平に据付けらるるが故に、エネルギーは壓力エネルギーと速度エネルギーとの和のみを考へ、位置のエネルギーを考ふる要がない。

上式より、

$$p_a - p_a' = \frac{c_a'^2 - c_a^2}{2g}$$

尙ほ又水量は一定なるが故に、

$$\frac{\pi}{4} d_a^2 c_a = \frac{\pi}{4} d_a'^2 c_a' = Q_e$$

故に

$$c_a' = c_a \left(\frac{d_a}{d_a'} \right)^2$$

之れを上式に代入すれば、

$$p_a - p_a' = \frac{c_a^2}{2g} \left[\left(\frac{d_a}{d_a'} \right)^4 - 1 \right]$$

故に $c_a = \sqrt{\frac{2g}{12}z} = \sqrt{\frac{2 \times 32.2}{12}} \sqrt{z} = 2.32\sqrt{z}$

多少の流體抵抗を免れぬから、實際の速度は之れに或る係數 C を乗じたものである。即ち

$$c_a = 2.32C\sqrt{z} \dots\dots\dots(225)$$

C は既定水量を通して實驗的に定むべき係數である。

故に $Q_e = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_a}{12}\right)^2 c_a \times 60 = 0.327d_a^2 c_a$
 又は $Q_e = 0.327d_a^2 \times 2.32C\sqrt{z}$
 $= 0.759Cd_a^2\sqrt{z}$ } 立方呎 毎分... (226)

165. ノヅル 第七十八圖に於て、I は極めて精密に造られたる圓錐形の筒口即ちノヅル (nozzle) で、之れから水を大氣中に噴出せしめ、而して之れに近接したる部に壓力計 γ を置く。今

R = 壓力計の讀み(大氣壓以上每平方吋につき、ポンドにて)、

z = ノヅルより壓力計中心までの高さ(呎にて)、

c_a, d_a' = ノヅルを通過する水の速度(呎毎秒にて)及び其の内徑(吋にて)

とすれば、エネルギーは一定なるが故に、

$$z + \frac{R \times 144}{62.4} + \frac{c_a'^2}{2g} = \frac{c_a^2}{2g}$$

$$\frac{c_a'^2 - c_a^2}{2g} = z + 2.31R$$

併るにエンチュリ管の場合の如く、

$$c_a' = c_a \left(\frac{d_a}{d_a'}\right)^2 = c_a a^2$$

なるが故に、

$$\frac{c_a^2}{2g} (a^4 - 1) = z + 2.31R$$

之れより

$$c_a = \sqrt{\frac{2g(z + 2.31R)}{a^4 - 1}} = 8.03\sqrt{\frac{z + 2.31R}{a^4 - 1}}$$

實際の値は之れに實驗的係數 C を乗じたものでなければならぬから、

$$c_a = 8.03C\sqrt{\frac{z + 2.31R}{a^4 - 1}} \dots\dots\dots(227)$$

故に $Q_e = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_a}{12}\right)^2 c_a \times 60 = 0.327d_a^2 c_a$
 又は $Q_e = 0.327d_a^2 \times 8.03C\sqrt{\frac{z + 2.31R}{a^4 - 1}}$
 $= 2.63Cd_a^2\sqrt{\frac{z + 2.31R}{a^4 - 1}}$ }(228)

166. 切 缺 き 流 量 計 第七十八圖に於て、K は切缺き流量計 (gauge notch) である。ノヅル I より噴出したる水は、排水槽に落下するが故に、排水槽の水面は著しく擾亂する。之れを靜平ならしむるために、i と記した如きもの、又は之れに類する他の適切

な装置をなし、静平になつた水面上には、流量計から或る距離を距りたる所に、 h なる^{かぎじやく}鉤尺 (hook gauge) を置いて、水面の位置を表示せしむる。

水量の甚だ少き場合に限り、三角形の流量計が優つて居るけれども、水量が比較的多い場合には、四角形の流量計の方が却つて便利であるから、多くは四角形のものを使用する。

三角流量計 (triangular notch) を流過する水量の理論公式は、

$$Q_c = 4.28C \tan \frac{\theta}{2} \cdot H^{\frac{5}{2}} \dots \dots \dots (229)$$

である。 θ は三角形の頂角、 H は三角形の頂点より水面までの深さ、 C は実験的係数である。

又**四角流量計** (rectangular notch) を流過する水量の理論公式は、

$$Q_c = 5.35CBH^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (230)$$

である。此の式に於て、 B は四角形の幅、 H は四角形の底邊より水面までの深さ、 C は実験的係数である。

167. 係数 C の制定 以上縷述したる通り、水量を測るには必ず或る種の公式を用ゐ、其等の公式は必ず或る実験的係数 C を包含して居るから、 C の値が不確實ならば、其れによつて算定した結果の不確實なることは言ふまでもない。夫故何れの方法を

以て水量を測るにもせよ、先づ第一に制定して置かねばならぬ重要問題は、係数 C の確定である。随つて此の制定に關して、種々の実験公式が發表されてあるけれども、元來 C の値は、装置其のものに固有の値であつて、到底一般的の公式などから、確實な値の得らるべき性質のものでない。

斯かるが故に、與へられたる装置を設置し、其れに既知の水量を流して反復実験し、装置其のものに固有なる係数 C の値を定め、而して之れを實用に供するより外に適確なる方法はない。

168. 回轉度の測定 軸の回轉度を測る最良法は、精密なる**回轉度計** (tachometer) を以てすることである。之れであると、瞬時的の回轉度が測定される。併し折々檢定して眞偽を修正せなければ、信頼し難きものとなる。回轉度計には、ポンプ軸に調革を懸けて絶えず回轉さるゝ固定的のものと、軸心に當てて臨機に測る一時的のものとある。

電氣を應用した發電機式の回轉度計も屢々使用さるゝ。此のものは、ポンプ軸に調革を懸けて回轉され、而して其れが現出する電壓を以て回轉度を測らんとする原理によるものであつて、甚だ精密なるものである。

渦巻ポンプ式の回転度計もある。此のものは、極めて小なる一種の渦巻ポンプを形成し、之れをポンプ軸に調革を懸けて回転する。而して其れが現出する水嵩によつて、回転度を測らんとする原理によるのである。此の回転度計には、水、油の如き流體を使用し、其れが硝子管内に昇る高さによりて、直ちに回転度を讀ましむるやうに出来て居る。

此等總ての回転度計は、皆瞬時的の回転度を測定するもので、時々精細なる檢定を経れば、甚だ精密な程度に於て、回転度を測定し得るものである。

若し此等の回転度計の何れをも所有せぬ場合には、**回転計** (revolution counter) を以て既定時間内の回転数を測定し、其れより回転度を算出するやうな方法によらねばならぬ。即ち回転計は或る時間内の平均回転度が測定されるのであつて、瞬間的の速度は測定することが出来ない。随つて時々刻々速度の變化する状態の如き、瞬間的の實驗は出来ないけれども、回転度計の如く、間接に回転度を知るのではなくして、直接に回転数其のものを讀むのであるから、測定した結果に於て、絶対に誤謬がないことは回転計の優れる所である。

169. 馬力の測定 ポンプに供給する軸馬力數

を測る最良法は、正確なる**傳導動力計** (transmission dynamometer) を使用するに若くはない。

電働機と直結して運轉する場合には、豫め其の電働機の効率試験を行ひ置き、其の効率と電力とを以て、ポンプに供給する軸馬力數を測ることも便利で、且つ誤謬が少い。

蒸汽機關の如き原動機と直結する場合には、其の原動機の圖示馬力 (indicated horse-power) と、其の効率とより、ポンプに供給する軸馬力數を測ることが出来る。

調革の如き中間装置を挿入して、電働機若しくは蒸汽機關と間接に連結する場合には、中間装置の効率をも算入せねばならぬ。

170. 實驗方法 實驗を行ふに際しては、先づ堰止め瓣を閉鎖して吐出し管との連絡を斷ち、ポンプ内に水を注入し、滑油の狀況其の他に注意し、各部が皆善良の状態にあるやうに用意する。之れと同時に、種々の測定装置等も、一應監査して手落ちなきやうに努むる。

實驗者一人にては到底手廻り兼ねるに由つて數人の助手を要するに相違ないが、斯様な場合には、各自の部署を區分し、各自の擔任する役目を定め、實驗

中に混雑して、読み落としや二重読みのないやうに、
豫め注意肝要である。

別に一人を記録係りに選び、実験者の報告する諸
種の事項を記録せしむる。

実験に先立ちては、実験の種類及び目的に應じ、實
験の際に測るべき馬力數、回轉度、壓力計、差壓計、鉤尺
等の讀みの如き有らゆる條項を、明細に、手落ちなく、
且つ順序よく列記したる表を作り、其れを記録係り
に交附し其れに萬事を記録せしむるのである。

上記の準備が悉く整頓したならば、始めて動力を
かけ、羽根車に回轉を起させる。初めの内は羽根車
の作用が充分でないから、水はポンプ内に於て唯掻
き廻さるゝ如き状態にあるけれども、暫時にして充
分な動力を有するに至り、揚水能力を具ふるやうに
なるから、其の頃を見計らひ、堰止め瓣を少しづゝ極
く徐々に開き、必要なる水量を通過せしむる。最初
から堰止め瓣を開放して置いたり、或は急いで之れ
を開いたりしてはならぬ。

水量の増減は、一に堰止め瓣の明きの多少によつ
て加減さるゝのであるから、水量を種々に變化して
実験するやうな場合には、堰止め瓣を種々の明きに

開き、而して其の一定状態に於て、總ての讀みを取る
のである。

實驗を終りたるならば、計算の必要あるものは計
算し、曲線を畫く要あるものは畫き、斯くて實驗なる
ものに關する萬事の手順を終へたのである。

第十四章

結 論

171. 往復ポンプと渦巻ポンプ 従来は、ポンプとさへ云へば殆ど皆往復ポンプであつた。原動機として蒸気機関萬能の時代には、之れを以て運轉するに、往復ポンプは其の性能と運動の型式とに於て、最もよく適合一致せるが故に、蒸気機関の聲價と共に、往復ポンプを以て揚水機械の絶好なるものと自ら認定せらるゝに至り、また他を考ふる餘地を與へなかつた。

併るに今や蒸気機関萬能の時代は去り、蒸気タービン若しくは電働機が着々其の聲價を高むるに至り、蒸気機関需要の途は或る局部に限制さるゝに至つた。茲に於てか、従来蒸気機関を以て唯一の運轉方法として居つた諸機械の多くが、蒸気タービン若しくは電働機を以て運轉さるゝに至り、諸機械の型式に一大變遷を惹起するやうになつた。

往復ポンプが渦巻ポンプに變遷したのもまた實に之れに基因する。蒸気機関は往復運動をなす原動機で、之れと同様の運動をなす往復ポンプが之れ

に適應せるのみならず、何れも比較的低速度の機械であつて、性能が甚だよく一致して居る。併るに蒸気タービン若しくは電働機は、回轉運動をなす機械であつて、高速度に於て有效であるに反し、往復ポンプは低速度でないとも有效でない。是れ即ち往復ポンプが、蒸気タービン若しくは電働機を以て運轉するに適せざる所以であつて、渦巻ポンプの今日の隆盛を致したる、實に之れに由來する。

渦巻ポンプは回轉する機械である。蒸気タービン及び電働機も亦回轉する機械である。故に此等兩者に直接に連結して運轉するに、毫も不都合なく、又善く高速度に適するが故に、兩々相呼應して、些の不釣合ひがない。蒸気タービン、殊にも電働機の顯著なる今日の發達は、遂にポンプ界より往復ポンプを驅逐し、渦巻ポンプ之れに代つて、日一日と進歩發展の途に向ひ、隆々として殆ど底止する所なき盛況を現出するに至つた。

斯くて従来好評を擅にしたりし往復ポンプは、今や或る特別なる事由の下に於てのみ舊態を留め、使用せらるゝ如き狀況となつた。

次に往復ポンプに對する渦巻ポンプの優劣を比較して看る。

172. 渦巻ポンプの優れる條項 渦巻ポンプが往復ポンプに對して優れる條項を叙列すれば次の如くである。

(一) ポンプ瓣を要せざること

往復ポンプには水の運動を支配するポンプ瓣 (pump valve) が是非とも必要であつて、其の瓣の一定の開閉の動作に處理されて、初めて水は一定方向の流動をなし、揚水の目的が達せらるゝのである。併るに渦巻ポンプに於ては、水の流動方向は一定であるから、瓣の必要更にない。

瓣は開放の位置から閉鎖の位置まで動く間に或る時間を要し、其の間に水は吸込み側へ向つて逆流するものであるから、瓣の運動は成るべく活潑にすることを要するけれども、活潑であれば、また一方に於て、逆流せんとする水の運動の止まることが急激に起るから、大なる撃動を誘致し、却つて害を及ぼす。又若し瓣の運動が緩慢であれば、撃動の害は輕減するけれども、逆流水量の増加が著しくなる。

瓣は少しも水を漏らさぬやうに、瓣座に密着するやうになつて居らねばならぬ。併るに、使用するに従ひ次第に不規則に摩滅して、終に水を漏らすやうになるのを免れぬ。瓣と瓣座との間に水中の浮游

物が挟まつた如き場合には、多量の水が逆流して、著しく揚水能力を低下せしむるものである。夫故往復ポンプは、比較的清淨の水を汲むに適し、汚濁の水には適當しない。

要するに、往復ポンプに於ける瓣の作用は、人の心臓と同じく、ポンプ各部中最も緊要なるものであつて、其の善惡は、總てポンプの善惡を支配するものである。實に往復ポンプの故障は、概して瓣の故障に因る。

之れに反して、渦巻ポンプには瓣がない。縦ひ運轉上の必要上、地獄瓣と堰止め瓣とを吸込み管の入口と吐出し管とに夫々装置するけれども、此等はポンプの動作に對しては何等必要のないものであつて、ポンプの動作中は開放のまゝに保たれ、往復ポンプの場合の瓣とは、自ら作用が違ふ。夫故渦巻ポンプには瓣の故障更になく、随つて汚水又は下水の排除の如きに適し、甚しきは、河底若しくは海底より土砂の浚渫用としてさへ、一般に使用されて居る。

(二) 高速度に適すること

往復ポンプは高速度のポンプとしては不適當である。何となれば、高速度であれば、一定時間内に於ける瓣の開閉度數は多くなる。開閉の度數が多く

なれば十分に閉鎖せぬ内に開放の動作に移らなければならぬから、一層高速度になると、瓣は開け放しの位置に止まるやうになり、殆ど揚水の目的を達することが出来ない。

瓣は其の上下に及ぼす壓力の差が瓣を上ぐるに充分な力を現すに至つて初めて開くものであるから、瓣の動作は全然自動的である。故に此の種の瓣を自動瓣 (automatic valve) と云ふ。自動瓣に對して、開放及び閉鎖の動作を機械的に外方から行はしむる瓣を機械瓣 (mechanical valve) と呼ぶ。

往復ポンプの高速度のものには自動瓣は役に立たぬから、是非とも、機械瓣を使用せなければならぬ。併し機械瓣を使用すると、機械的装置が自然複雑となるから、小形のポンプには應用し難い。

之れに反して、渦卷ポンプには其の動作に於て、少しも瓣の必要がないのであるから、如何なる高速度にも適應し、毫も故障を感じない。即ち渦卷ポンプは高速度に適し、往復ポンプは之れに適しない。

凡そ機械が高速度であると、形態の小なる割合ひに大なる能力を具へ、機械各部に働く力が小となるから、總てが一様に小形となり、軽くなる。之れに伴つて、製造し易く、安價となり、運搬に便に、据付け方簡

易にして、且つ又取扱ひ容易となる。故に機械は成るべく高速度たらしむる方が利益が多い。此の意味に於て、渦卷ポンプは往復ポンプよりは利益である。

(三) 空氣室を要せざること

往復ポンプのピストン又はプランヂャーの運動はクランク (crank) の回轉運動から導かるゝものであるから、運動の速度が一往復中絶えず變動し、少しも一定して居ない。随つて、之れによりて吸揚げられ吐出されて、吸込み管及び吐出し管中を流動する水の速度は、絶えず變動して、片時も一定でない。之れがために擊動を誘起するから、管の一部に空氣室 (air chamber; air vessel) を設置し、空氣の膨脹性を利用して、此の害を輕減することを要する。

之れに反して、渦卷ポンプに於ては、管中を流動する水の速度は一定であつて、既定状態の下に於ては、速度の變動は毫もないから、空氣室の必要更がない。

(四) 機械的運動部少く構造簡略なること

往復ポンプは往復運動をなす機械なるが故に、蒸汽機關、電働機等を以て之れを運轉せんとすれば、回轉運動より往復運動を得んがため、クランクと連桿 (connecting rod) とを装置せねばならぬから、機械的運

動部が甚だ多くなり、ポンプが長大となる。加之、高速度に適せぬのであるから、ポンプの形骸が一層尨大となるのを免れぬ。且つ又連鐸が無限に長くない限りは、連鐸とピストン鐸 (piston rod) との接合部に不衡力を生じ、振動を誘發するから、これだけですら、高速度の運動に適當しない。

之れに反して、渦卷ポンプは回轉運動をなす機械であるが故に、蒸汽機關、蒸汽タービン若しくは電働機の軸に直ちに連結して運轉するに適し、中間の機械的装置を要せぬから、運動部少く、構造簡略となり、甚だ小形となる。且つ又不衡力を生ずる部がないから、理論的に振動は絶對になく、動作が極めて圓滑で、一層高速度たるに適當する本性を有する。

(五) 蒸汽タービン若しくは電働機と直結するに適すること

蒸汽タービン及び電働機は高速度に於て効力が大きい。併るに往復ポンプは低速度でないとなつて効力は著しく減退する。夫故此等の動力を以て往復ポンプを運轉するには、兩者の中間に、或る傳導装置を挿入して、速度の遞減を圖らねばならぬ。之れがため、全體の機械的装置が著しく複雑となり、甚だ廣大

なる場所を占有するに至るのみならず、機械的抵抗が増大して、動力の減殺を來す。

之れに反して、渦卷ポンプは蒸汽タービン及び電働機に對し、運動の形狀と其の性質とが甚だ善く適應一致せるが故に、直接に結合して何れも高速度たらしめ得るから、機械的装置が著しく簡易となり、小形となつて、僅小の場所へも充分完全に設置することが出来る。

(六) 水量の調節極めて容易なること

往復ポンプの吐出す水量は、ピストン又はプランジャーの運動に直接關聯せるものであつて、水量を加減せんとすれば、此の物の運動を加減するか若しくは脇路 (by pass) の如きを設け、吐出し管と吸込み管とを連絡して、一旦吐出したる水の一部を、吸込み管に戻すかせねばならぬ。何れにしても、簡易なそして有益な方法ではない。

併るに渦卷ポンプに於ては、水量と羽根車の回轉運動とは左程固着した關係はなく、堰止め瓣の明きを適宜に加減することによつて、羽根車の回轉運動に關係なく、水量は隨意に調節し得る。堰止め瓣を完全に閉鎖し、水量が零なる場合ですら、羽根車を一定の回轉状態に保たしめ得るのである。夫故渦卷

ポンプは水量の変動する場合のポンプとして最も適應する。

173. 渦巻ポンプの劣れる條項 渦巻ポンプが往復ポンプに對して劣れる條項を列叙すれば、次の通りである。

(一) 設計、計算及び製作が簡易ならざること

往復ポンプは水に對する動作が直接であつて、ピストン或はプランジャーの運動は直ちに管中に水の流動を與ふるけれども、渦巻ポンプは斯くの如く單純なものでなく、各部が甚だ精緻なる機能を有し、少しにても設計、計算又は製作を誤る時は、到底揚水の目的を達することの出來ぬものとなる。

(二) 效率が概して小なること

ポンプのみの效率は、渦巻ポンプの效率が、往復ポンプの效率に、概して及ばない。これは、渦巻ポンプ内に於て、水の運動が甚しく緻密で、流體抵抗を誘致し易く、設計上並びに製作上に、不備な點があるからである。

(三) 羽根車の回轉緩漫に失する時は、ポンプは空虚になること

往復ポンプは、縦ひ其の運動が緩漫となり、若しくは全く停止するとも、水は其のまゝの状態に支持さ

れ、再び運轉を繼續することなど隨意に行ふことが出來るけれども、渦巻ポンプに於ては、羽根車の回轉が緩漫となり、揚水に不充分となつて、水嵩が負號の値となる如き場合(第七十一圖參照)には、水は悉く給水槽に落下し、ポンプは空虚となり、直ちに運轉不可能に陥る。

(四) 運轉の始めに給水を要すること

往復ポンプは、空氣ポンプとしても充分其の動作をなし得るものであるから、運轉の始め、即ちポンプ内が空虚なる時に於ても、之れを運轉すれば空氣を排除して水を吸揚げ、直ちに揚水の状態になるけれども、渦巻ポンプの羽根車は、元來水を取扱ふために設計し計算されてあるのであるから、水よりも遙に比重の小なる空氣は、到底其れを排除して水を吸揚ぐるだけの力を誘起することが出來ない。随つて渦巻ポンプは、始動に方りて、先づポンプ内に水を供給して置く必要がある。

174. 兩者の比較 以上の二項に列記した、渦巻ポンプ對往復ポンプの優劣を比較對照して見るに、機械的機能と機械的裝置とに關しては、往復ポンプは渦巻ポンプに及ばぬことが甚だ遠い。渦巻ポンプの缺點は、常に設計、製作及び運轉上に於て看出さ

るゝものであつて、機械的機能に於ては何等缺點を看出ることが出来ない。

往復ポンプの缺點は、機械的機能が根本的に劣悪であることに由来するのであるから、最早や改善の餘地は少いけれども、渦巻ポンプの缺點は、設計、製作及び運轉上にあるのであるから、之れが改善の餘地は充分にある。即ち前項に列叙した渦巻ポンプの缺點(一)は設計、及び製作に慣るゝに従ひ次第に簡易となつて誤りを生ぜざるべく、(二)は設計、計算及び製作上に深き注意を拂ひ、研究の效を積めば漸次優秀の域に達し、往復ポンプに對して何等遜色なきものとなし得べく、(三)は吸込み管に地獄瓣を装置することによりて全然除去され、而して(四)は唯運轉前に於て些細の手數を要するのみで、別段深く苦痛を感ずる理もない。

之れを要するに、渦巻ポンプは、ポンプとして遙に往復ポンプよりも優越して居つて、今後益々改善を怠らねば、正に往復ポンプを廢滅に歸せしむることが出来る。

175. 今後の方針 渦巻ポンプが往復ポンプに劣れる點は、管に設計、計算及び製作の困難にある。

是れ吾人が今後に於て、大に研究を要求する事項である。

由來流體の運動は極めて錯雜紛糾せるもので、普通の腦力を以てしては、到底其が本來の眞理を完全に捕捉することの出来る程度のものでない。水に於てしても、其れが完全液體で、流體抵抗少しもなく、且つ速度が極めて微弱である如き運動をなせる場合ならば、理論上の解決は比較的容易であるかも知れぬけれども、自然界に現存する水は決して完全液體でなく、粘性を具有し、運動に對して必ず抵抗を誘致するものであるのみならず、吾人が工業上に於て取扱ふ如き場合の水の速度に於ては、水の各分子は著しく混淆したる運動をなし、殆ど其の概念さへも十分に捕捉することの出来ぬものである。

唯單に直管中に流るゝ水の運動に關してさへ既に斯くの如くである。況してや渦巻ポンプ内に流るゝ水の運動であつて看れば、其の詳細を知悉することの出来ぬのは、無理もなきことである。

斯かる難事に屬するからして、渦巻ポンプの改良は、一朝一夕に成就せらるべき性質のものでないことは鮮明である。併しながら、渦巻ポンプを以て、僅々30呎ぐらゐまでの低き水嵩に限り揚水し得るも

のと認定し去られて居つた當時を以て、渦巻き室若しくは導き羽根を装置し、更に多段渦巻ポンプを製出し、着々改良の歩を進め、數百呎、數十百呎の水嵩に容易に揚水し得るに至りたる今日あるを想へば、縦ひ遅々たりとも、尙ほ將來の改善進歩、期して待つべきものがある。

之れが改善進歩を圖るには、成るべく數多くの實驗を行ひ、其の結果を理論的研究の結果と融和せしめ、理論と實際との并進を計り、着々善良の域に向つて進展せしむるにある。

附

録

欠

欠

第二表 日本度量衡表

| 尺 度 | 衡 量 | 面 積 | 立 積 |
|--------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1寸 = 10分 | 1匁 = 10分 | 1平方尺 = 100平方寸 | 1立方寸 = 1,000立方分 |
| 1尺 = 10寸 = 100分 | 1斤 = 160匁 | 1步又は坪 = 1平方間 = 36平方尺 | 1立方尺 = 1,000立方寸 = 1,43升 |
| 1丈 = 10尺 = 100寸 = 1,000分 | 1貫 = 1,000匁 | 1畝 = 30步 = 1,080平方尺 | 1立方間 = 216立方尺 = 31.2石 |
| 1間 = 6尺 | 1萬斤 = 1,600貫 | 1段 = 10畝 = 300步 | 1合 = 10勺 |
| 1町 = 60間 = 360尺 | | 1町 = 10畝 = 3,000步 | 1升 = 10合 = 61.83立方寸 |
| 1里 = 36町 = 12,960尺 | | 1平方里 = 1,555.2町 = 4,665,600步 | 1斗 = 10升 = 0.6483立方尺 |
| | | | 1石 = 10斗 = 6.481立方尺 |

第三表 英國度量衡表

| 尺 度 | 衡 量 | 面 積 | 立 積 |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1呎 = 12吋 | 1オンス = $\frac{1}{16}$ ポンド | 1平方呎 = 144平方吋 | 1立方呎 = 1,728立方吋 = 6.228ガロン |
| 1ヤード = 3呎 = 36吋 | 1ポンド = 16オンス = 7,000グレイン | 1平方ヤード = 9平方呎 = 1,296平方吋 | 1立方ヤード = 27立方呎 = 168.2ガロン |
| 1マイル = 5,280呎 = 1,760ヤード | 1ハンデレッドウェイト = 112ポンド | 1エーカー = 4,840平方ヤード = 43,560平方呎 | 1ガロン = 277.5立方吋 = 0.1606立方呎 |
| | 1トン = 20ハンデレッドウェイト = 2,240ポンド | 1平方マイル = 640エーカー | 1ブッシェル = 8ガロン |
| | 1英國トン = 2,000ポンド = 0.8929英國トン | | 1米調 = 231立方吋 = 0.1337立方呎 = 0.8325英國ガロン |

第四表 佛國度量衡表

| 尺 度 | 衡 量 | 面 積 | 立 積 |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1センチメートル = 10ミリメートル | 1センチグラム = 10ミリグラム | 1平方センチメートル = 100平方ミリメートル | 1立方センチメートル = 1000立方ミリメートル |
| 1デシメートル = 10センチメートル = 100ミリメートル | 1デシグラム = 10センチグラム = 100ミリグラム | 1平方デシメートル = $\frac{1}{100}$ アール | 1立方デシメートル = 1000立方ミリメートル |
| 1メートル = 10デシメートル = 1,000ミリメートル | 1グラム = 10デシグラム = 1,000ミリグラム | 1ミリアール = $\frac{1}{10}$ 平方メートル | 1立方メートル = 1000立方デシメートル |
| 1デカメートル = 10メートル | 1デカグラム = 10グラム = 100ミリグラム | 1センチアール = 10平方メートル | 1立方デカメートル = 1000立方メートル |
| 1ヘクトメートル = 100メートル | 1ヘクトグラム = 100グラム = 1,000ミリグラム | 1アール = 100平方メートル | 1立方ヘクトメートル = 1000立方デカメートル |
| 1キロメートル = 1,000メートル | 1キログラム = 1,000グラム | 1ヘクタール = 10,000平方メートル | 1立方キロメートル = 1,000立方ヘクトメートル |
| | 1トン = 1,000キログラム | 1平方キロメートル = 10,000アール | 1立方キロメートル = 10,000立方ヘクトメートル |

第五表 英日佛尺度比較表

| 英 國 | 日 本 | 佛 國 |
|---------|----------------------|---------------------|
| 1吋 | 0.8382寸 | 2.540センチメートル |
| 1.193" | 1" | 3.030" |
| 0.3937" | 0.3300" | 1" |
| 1呎 | 1.006尺 | 0.3048メートル |
| 0.9942" | } 1" | 0.3030" |
| 11.93吋 | | 0.3030" |
| 3.281呎 | } 3.300" | 1" |
| 39.37吋 | | 1" |
| 1ヤード | { 0.5029間 3.0175尺 | { 0.9144" 1.818" |
| 1.988" | | |
| 1マイル | 0.4098里 | 1.609キロメートル |
| 2.440" | 1" | 3.927" |
| 0.6214" | 0.2546" | 1" |

第六表 英日佛重量比較表

| 英 國 | 日 本 | 佛 國 |
|-------------|---------------------|---------------|
| 1オンス | 7.560匁 | 28.35グラム |
| 0.1323" | 1" | 3.750" |
| 0.03527" | 0.2667" | 1" |
| 1ポンド | { 0.7560斤 121.0匁 | { 0.4536キログラム |
| 1.323" | | |
| 2.205" | 0.2667貫 | 1" |
| 1ヘン德里ットウェイト | 13.55" | 50.80" |
| 8.267ポンド | 1" | 3.750" |
| 1トン | 270.95" | 1.016トン |
| 0.9842" | 266.7" | 1" |
| 1米トン | 242.2" | 0.908" |

第七表
英日佛面積比較表

| 英 國 | 日 本 | 佛 國 |
|------------|------------|----------------|
| 1平方呎 | 0.70255平方寸 | 6.451平方センチメートル |
| 1.423" | 1" | 9.183" |
| 0.1550" | 0.1089" | 1" |
| 1平方呎 | 1.012平方尺 | 0.0929平方メートル |
| 0.9885" | 1" | 0.09183" |
| 10.76" | 10.89" | } 1" |
| 1.196平方ヤード | 0.3025坪 | |
| 1" | 0.2529" | 0.8361" |
| 35.56平方呎 | } 1" | 3.306" |
| 3.954平方ヤード | | |

第八表
容量比較表

| 英 國 ガロン | 米 國 ガロン | リ ー ト ル | 升 | 石 | 立方呎 | 立方センチメートル | 立方メートル | 立方寸 | 立方尺 |
|------------|------------|---------|------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|
| 1 | 1.201 | 4.546 | 2.520 | 0.02520 | 0.1606 | 4,516 | 0.004546 | 163.3 | 0.1633 |
| 0.8325 | 1 | 3.785 | 2.098 | 0.02098 | 0.1337 | 3,785 | 0.003785 | 136.0 | 0.1360 |
| 0.21905 | 0.2641 | 1 | 0.55435 | 0.0055435 | 0.03532 | 1,000 | 0.001 | 35.93 | 0.03593 |
| 0.3968 | 0.4765 | 1.804 | 1 | 0.01 | 0.06371 | 1,804 | 0.001804 | 64.83 | 0.06483 |
| 3.768 | 47.65 | 180.4 | 100 | 1 | 6.371 | 180,400 | 0.1804 | 6,483 | 6.483 |
| 0.003604 | 0.004329 | 0.01639 | 0.009086 | 0.0009086 | 0.0005788 | 16.39 | 0.000,01639 | 0.5889 | 0.005889 |
| 6.228 | 7.480 | 28.315 | 15.70 | 0.1570 | 1 | 28,315 | 0.028315 | 1,018 | 1.018 |
| 0.0002200 | 0.002641 | 0.001 | 0.00055435 | 0.000055435 | 0.000,03532 | 1 | 0.000,001 | 0.03594 | 0.000,03594 |
| 220.0 | 264.1 | 1,000 | 554.35 | 5.5435 | 35.32 | 1,000,000 | 1 | 35,940 | 35.94 |
| 0.0006122 | 0.0007352 | 0.02783 | 0.01543 | 0.0001543 | 0.0009827 | 27.83 | 0.000,02783 | 1 | 0.001 |
| 0.6122 | 0.7352 | 27.83 | 15.43 | 0.1543 | 0.9827 | 27,830 | 0.02783 | 1,000 | 1 |

第九表
清水重量表

平均常温(華氏 62°)に於ける大約の値を示す

| 清水立積 | ポ ン ド | ト ン | キログラム | 貫 |
|----------|--------|----------|--------|---------|
| 1 英國ガロン | 10.0 | 0.00446 | 4.54 | 1.21 |
| 1 米國ガロン | 8.33 | 0.00372 | 3.78 | 1.01 |
| 1 リートル | 2.20 | 0.000932 | 0.998 | 0.266 |
| 1 石 | 397 | 0.177 | 180 | 48.0 |
| 1 立方吋 | 0.0361 | 0.000161 | 0.0164 | 0.00437 |
| 1 立方呎 | 62.4 | 0.0279 | 28.3 | 7.55 |
| 1 立方メートル | 2,200 | 0.982 | 998 | 266 |
| 1 立方尺 | 6.11 | 0.00273 | 2.77 | 0.739 |

第十表

清水容量表

平均常温(華氏 62°)に於ける大約の値を示す

| 清水重量 | 英國ガロン | 米國ガロン | リートル | 石 | 立方吋 | 立方呎 | 立方メートル | 立方尺 |
|---------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|----------|-------|
| 1 ポンド | 0.100 | 0.120 | 0.454 | 0.00252 | 27.7 | 0.0160 | 0.000154 | 0.164 |
| 1 トン | 224 | 269 | 1,020 | 5.65 | 62,100 | 35.8 | 1.02 | 366 |
| 1 キログラム | 0.220 | 0.265 | 1.00 | 0.00555 | 61.0 | 0.0353 | 0.001 | 0.361 |
| 1 貫 | 0.826 | 0.990 | 3.76 | 0.0208 | 229 | 0.132 | 0.00376 | 1.35 |

第十一表
海水重量及び容量表

海水の比重=1.02 乃至 1.03, 平均 1.025 とするの値を示す

| 海水重量及び容量 | ポ ン ド | ト ン | キログラム | 貫 | 英國ガロン | リートル | 立方呎 | 立方尺 |
|----------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1 英國ガロン | 10.25 | 0.0457 | 4.66 | 1.24 | — | — | — | — |
| 1 リートル | 2.26 | 0.00101 | 1.02 | 0.273 | — | — | — | — |
| 1 立方呎 | 64.0 | 0.0286 | 29.0 | 7.74 | — | — | — | — |
| 1 立方尺 | 6.26 | 0.00280 | 2.84 | 0.758 | — | — | — | — |
| 1 ポンド | — | — | — | — | 0.0975 | 0.443 | 0.0156 | 0.160 |
| 1 トン | — | — | — | — | 219 | 995 | 35.0 | 357 |
| 1 キログラム | — | — | — | — | 0.215 | 0.975 | 0.0344 | 0.352 |
| 1 貫 | — | — | — | — | 0.806 | 3.67 | 0.129 | 1.32 |

第十二表

液體の比重及び重量表

重量は水 1 立方呎の重量を 62.4 ポンドとしたるものに該當する値を示す

| 液 體 | 比 重 | 1 立方呎の重量ポンド | 液 體 | 比 重 | 1 立方呎の重量ポンド |
|-------|-----|-------------|-----|-------|-------------|
| アルコール | | | 水 | 1.00 | 62.4 |
| 純粋の | .79 | 49.3 | タール | 1.02 | 63.7 |
| 販賣せる | .83 | 51.8 | 海水 | 1.02 | 63.7 |
| ベンゼン | .83 | 51.8 | | 1.03 | 64.3 |
| 石 腦 油 | .85 | 53.0 | 牛 乳 | 1.03 | 64.3 |
| テレメン油 | .87 | 54.3 | ビール | 1.03 | 64.3 |
| 石 油 | .89 | 55.5 | 醋 酸 | 1.06 | 66.2 |
| 菜 種 油 | .91 | 56.8 | 鹽 酸 | 1.20 | 74.9 |
| オリーブ油 | .91 | 56.8 | 硝 酸 | 1.22 | 76.1 |
| 鯨 油 | .92 | 57.4 | 硫 酸 | 1.84 | 115.0 |
| 亞麻仁油 | .94 | 58.7 | 水 銀 | 13.60 | 849.0 |

第 十 三 表

英 佛 壓 力 比 較 表 (其 一)

p ボンド = ボンド 毎平方吋の壓力,

p キログ = キログラム 毎平方センチメートルの壓力とすれば

p キログ = 0.0703 p ボンド

| p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | .0703 | 35 | 2.460 | 69 | 4.850 | 103 | 7.241 | 137 | 9.632 |
| 2 | .1406 | 36 | 2.530 | 70 | 4.921 | 104 | 7.312 | 138 | 9.704 |
| 3 | .2109 | 37 | 2.601 | 71 | 4.991 | 105 | 7.382 | 139 | 9.772 |
| 4 | .2812 | 38 | 2.671 | 72 | 5.061 | 106 | 7.452 | 140 | 9.843 |
| 5 | .3515 | 39 | 2.741 | 73 | 5.131 | 107 | 7.522 | 141 | 9.913 |
| 6 | .4218 | 40 | 2.812 | 74 | 5.202 | 108 | 7.593 | 142 | 9.983 |
| 7 | .4921 | 41 | 2.882 | 75 | 5.272 | 109 | 7.663 | 143 | 10.054 |
| 8 | .5624 | 42 | 2.952 | 76 | 5.342 | 110 | 7.733 | 144 | 10.124 |
| 9 | .6327 | 43 | 3.022 | 77 | 5.413 | 111 | 7.804 | 145 | 10.194 |
| 10 | .7030 | 44 | 3.093 | 78 | 5.483 | 112 | 7.874 | 146 | 10.264 |
| 11 | .7733 | 45 | 3.163 | 79 | 5.553 | 113 | 7.944 | 147 | 10.335 |
| 12 | .8436 | 46 | 3.233 | 80 | 5.624 | 114 | 8.015 | 148 | 10.405 |
| 13 | .9140 | 47 | 3.304 | 81 | 5.694 | 115 | 8.085 | 149 | 10.475 |
| 14 | .9843 | 48 | 3.374 | 82 | 5.764 | 116 | 8.155 | 150 | 10.546 |
| 15 | 1.0546 | 49 | 3.444 | 83 | 5.834 | 117 | 8.226 | 155 | 10.897 |
| 16 | 1.1248 | 50 | 3.515 | 84 | 5.905 | 118 | 8.296 | 160 | 11.249 |
| 17 | 1.1952 | 51 | 3.585 | 85 | 5.975 | 119 | 8.366 | 165 | 11.600 |
| 18 | 1.265 | 52 | 3.655 | 86 | 6.045 | 120 | 8.436 | 170 | 11.952 |
| 19 | 1.335 | 53 | 3.725 | 87 | 6.116 | 121 | 8.507 | 175 | 12.303 |
| 20 | 1.406 | 54 | 3.796 | 88 | 6.186 | 122 | 8.577 | 180 | 12.655 |
| 21 | 1.476 | 55 | 3.866 | 89 | 6.256 | 123 | 8.647 | 185 | 13.006 |
| 22 | 1.546 | 56 | 3.936 | 90 | 6.327 | 124 | 8.718 | 190 | 13.358 |
| 23 | 1.616 | 57 | 4.007 | 91 | 6.397 | 125 | 8.788 | 195 | 13.710 |
| 24 | 1.687 | 58 | 4.077 | 92 | 6.467 | 126 | 8.858 | 200 | 14.061 |
| 25 | 1.757 | 59 | 4.147 | 93 | 6.537 | 127 | 8.929 | 210 | 14.76 |
| 26 | 1.827 | 60 | 4.218 | 94 | 6.608 | 128 | 8.999 | 220 | 15.46 |
| 27 | 1.898 | 61 | 4.288 | 95 | 6.678 | 129 | 9.069 | 230 | 16.16 |
| 28 | 1.968 | 62 | 4.358 | 96 | 6.748 | 130 | 9.140 | 240 | 16.87 |
| 29 | 2.038 | 63 | 4.428 | 97 | 6.819 | 131 | 9.210 | 250 | 17.57 |
| 30 | 2.109 | 64 | 4.499 | 98 | 6.889 | 132 | 9.280 | 260 | 18.27 |
| 31 | 2.179 | 65 | 4.569 | 99 | 6.959 | 133 | 9.350 | 270 | 18.98 |
| 32 | 2.249 | 66 | 4.639 | 100 | 7.030 | 134 | 9.421 | 280 | 19.68 |
| 33 | 2.319 | 67 | 4.710 | 101 | 7.101 | 135 | 9.491 | 290 | 20.38 |
| 34 | 2.390 | 68 | 4.780 | 102 | 7.171 | 136 | 9.561 | 300 | 21.09 |

第 十 四 表

英 佛 壓 力 比 較 表 (其 二)

p ボンド = 14.22 p キログ

1 キログ 毎平方センチメートル = 大約 1 氣壓

| p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド | p キログ | p ボンド |
|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|
| .1 | 1.422 | 3.1 | 44.091 | 6.1 | 86.761 | 9.1 | 129.431 |
| .2 | 2.844 | 3.2 | 45.514 | 6.2 | 88.183 | 9.2 | 130.853 |
| .3 | 4.266 | 3.3 | 46.936 | 6.3 | 89.606 | 9.3 | 132.275 |
| .4 | 5.689 | 3.4 | 48.358 | 6.4 | 91.028 | 9.4 | 133.698 |
| .5 | 7.111 | 3.5 | 49.781 | 6.5 | 92.450 | 9.5 | 135.120 |
| .6 | 8.533 | 3.6 | 51.203 | 6.6 | 93.873 | 9.6 | 136.542 |
| .7 | 9.956 | 3.7 | 52.625 | 6.7 | 95.295 | 9.7 | 137.965 |
| .8 | 11.378 | 3.8 | 54.048 | 6.8 | 96.717 | 9.8 | 139.387 |
| .9 | 12.800 | 3.9 | 55.470 | 6.9 | 98.140 | 9.9 | 140.809 |
| 1.0 | 14.223 | 4.0 | 56.892 | 7.0 | 99.562 | 10.0 | 142.232 |
| 1.1 | 15.645 | 4.1 | 58.315 | 7.1 | 100.984 | 10.5 | 149.343 |
| 1.2 | 17.067 | 4.2 | 59.737 | 7.2 | 102.407 | 11.0 | 156.455 |
| 1.3 | 18.490 | 4.3 | 61.159 | 7.3 | 103.829 | 11.5 | 163.566 |
| 1.4 | 19.912 | 4.4 | 62.582 | 7.4 | 105.251 | 12.0 | 170.678 |
| 1.5 | 21.334 | 4.5 | 64.004 | 7.5 | 106.674 | 12.5 | 177.790 |
| 1.6 | 22.757 | 4.6 | 65.426 | 7.6 | 108.096 | 13.0 | 184.901 |
| 1.7 | 24.179 | 4.7 | 66.849 | 7.7 | 109.518 | 13.5 | 192.013 |
| 1.8 | 25.601 | 4.8 | 68.271 | 7.8 | 110.940 | 14.0 | 199.124 |
| 1.9 | 27.024 | 4.9 | 69.693 | 7.9 | 112.363 | 14.5 | 206.236 |
| 2.0 | 28.446 | 5.0 | 71.116 | 8.0 | 113.785 | 15.0 | 213.348 |
| 2.1 | 29.868 | 5.1 | 72.538 | 8.1 | 115.207 | 15.5 | 220.459 |
| 2.2 | 31.291 | 5.2 | 73.960 | 8.2 | 116.630 | 16.0 | 227.571 |
| 2.3 | 32.713 | 5.3 | 75.382 | 8.3 | 118.052 | 16.5 | 234.682 |
| 2.4 | 34.135 | 5.4 | 76.805 | 8.4 | 119.474 | 17.0 | 241.794 |
| 2.5 | 35.558 | 5.5 | 78.227 | 8.5 | 120.897 | 17.5 | 248.906 |
| 2.6 | 36.980 | 5.6 | 79.649 | 8.6 | 122.319 | 18.0 | 256.017 |
| 2.7 | 38.402 | 5.7 | 81.072 | 8.7 | 123.741 | 18.5 | 263.129 |
| 2.8 | 39.824 | 5.8 | 82.494 | 8.8 | 125.164 | 19.0 | 270.240 |
| 2.9 | 41.247 | 5.9 | 83.916 | 8.9 | 126.586 | 19.5 | 277.352 |
| 3.0 | 42.669 | 6.0 | 85.339 | 9.0 | 128.008 | 20.0 | 284.464 |

第十五表
氣 壓 對 照 表

H = 水柱の高さ(呎),

h = 水銀柱の高さ(吋),

p = 壓力(ポンド毎平方吋)とすれば

$$p = 0.4333H = 0.491h$$

$$h = 0.8826H = 2.037p$$

$$H = 1.133h = 2.308p$$

| 水銀柱の高さ h 吋 | 壓力 p ポンド 毎平方吋 | 氣 壓 | 水柱の高さ H 呎 | 海面上よりの高さ, 呎 | 水の沸騰點 華氏度 |
|---------------|---------------------|------|--------------|----------------|--------------|
| 31 | 15.2 | 1.03 | 35.1 | -890 | 213.9 |
| 30 | 14.7 | 1.00 | 34.0 | 0 | 212.2 |
| 29 | 14.2 | .97 | 32.9 | +920 | 210.4 |
| 28 | 13.7 | .93 | 31.7 | 1,880 | 208.7 |
| 27 | 13.2 | .90 | 30.6 | 2,870 | 206.9 |
| 26 | 12.7 | .86 | 29.5 | 3,900 | 205.0 |
| 25 | 12.2 | .83 | 28.3 | 4,970 | 203.1 |
| 24 | 11.7 | .80 | 27.3 | 6,080 | 201.1 |
| 23 | 11.3 | .76 | 26.1 | 7,240 | 199.0 |
| 22 | 10.8 | .72 | 24.9 | 8,455 | 196.9 |
| 21 | 10.3 | .69 | 23.8 | 9,720 | 194.7 |
| 20 | 9.8 | .67 | 22.7 | 11,050 | 192.4 |

第十六表
水 嵩 と 壓 力 と の 對 照 表

H = 水嵩(呎)

p = 壓力(ポンド毎平方吋)とすれば

$$p = 0.4333H$$

$$H = 2.308p$$

| H 呎 | p ポンド 毎平方吋 | H 呎 | p ポンド 毎平方吋 | H 呎 | p ポンド 毎平方吋 | H 呎 | p ポンド 毎平方吋 | H 呎 | p ポンド 毎平方吋 |
|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|
| 1 | 0.433 | 28 | 12.12 | 55 | 23.82 | 82 | 35.52 | 109 | 47.21 |
| 2 | 0.866 | 29 | 12.55 | 56 | 24.26 | 83 | 35.95 | 110 | 47.64 |
| 3 | 1.299 | 30 | 12.99 | 57 | 24.69 | 84 | 36.39 | 111 | 48.08 |
| 4 | 1.733 | 31 | 13.42 | 58 | 25.12 | 85 | 36.82 | 112 | 48.51 |
| 5 | 2.165 | 32 | 13.86 | 59 | 25.55 | 86 | 37.25 | 113 | 48.94 |
| 6 | 2.599 | 33 | 14.29 | 60 | 25.99 | 87 | 37.68 | 114 | 49.38 |
| 7 | 3.032 | 34 | 14.72 | 61 | 26.42 | 88 | 38.12 | 115 | 49.81 |
| 8 | 3.465 | 35 | 15.16 | 62 | 26.85 | 89 | 38.55 | 116 | 50.24 |
| 9 | 3.898 | 36 | 15.59 | 63 | 27.29 | 90 | 38.98 | 117 | 50.68 |
| 10 | 4.333 | 37 | 16.02 | 64 | 27.72 | 91 | 39.42 | 118 | 51.11 |
| 11 | 4.764 | 38 | 16.45 | 65 | 28.15 | 92 | 39.85 | 119 | 51.54 |
| 12 | 5.20 | 39 | 16.89 | 66 | 28.58 | 93 | 40.28 | 120 | 51.98 |
| 13 | 5.63 | 40 | 17.32 | 67 | 29.02 | 94 | 40.72 | 121 | 52.41 |
| 14 | 6.06 | 41 | 17.75 | 68 | 29.45 | 95 | 41.15 | 122 | 52.84 |
| 15 | 6.49 | 42 | 18.19 | 69 | 29.88 | 96 | 41.58 | 123 | 53.28 |
| 16 | 6.93 | 43 | 18.62 | 70 | 30.32 | 97 | 42.01 | 124 | 53.71 |
| 17 | 7.36 | 44 | 19.05 | 71 | 30.75 | 98 | 42.45 | 125 | 54.15 |
| 18 | 7.79 | 45 | 19.49 | 72 | 31.18 | 99 | 42.88 | 126 | 54.38 |
| 19 | 8.22 | 46 | 19.92 | 73 | 31.62 | 100 | 43.33 | 127 | 55.01 |
| 20 | 8.66 | 47 | 20.35 | 74 | 32.05 | 101 | 43.75 | 128 | 55.44 |
| 21 | 9.09 | 48 | 20.79 | 75 | 32.48 | 102 | 44.18 | 129 | 55.88 |
| 22 | 9.53 | 49 | 21.22 | 76 | 32.92 | 103 | 44.61 | 130 | 56.31 |
| 23 | 9.96 | 50 | 21.65 | 77 | 33.35 | 104 | 45.05 | 131 | 56.74 |
| 24 | 10.39 | 51 | 22.09 | 78 | 33.78 | 105 | 45.48 | 132 | 57.18 |
| 25 | 10.82 | 52 | 22.52 | 79 | 34.21 | 106 | 45.91 | 133 | 57.61 |
| 26 | 11.26 | 53 | 22.95 | 80 | 34.65 | 107 | 46.34 | 134 | 58.04 |
| 27 | 11.69 | 54 | 23.39 | 81 | 35.08 | 108 | 46.78 | 135 | 58.48 |

水嵩と壓力との對照表 (續き)

| H 呎 | P ポンド 毎平方吋 | H 呎 | P ポンド 毎平方吋 | H 呎 | P ポンド 毎平方吋 | H 呎 | P ポンド 毎平方吋 | H 呎 | P ポンド 毎平方吋 |
|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|
| 136 | 58.91 | 163 | 70.91 | 190 | 82.30 | 217 | 93.99 | 244 | 105.69 |
| 137 | 59.34 | 164 | 71.04 | 191 | 82.73 | 218 | 94.43 | 245 | 106.13 |
| 138 | 59.77 | 165 | 71.47 | 192 | 83.17 | 219 | 94.86 | 246 | 106.56 |
| 139 | 60.21 | 166 | 71.91 | 193 | 83.60 | 220 | 95.30 | 247 | 106.99 |
| 140 | 60.64 | 167 | 72.34 | 194 | 84.03 | 221 | 95.73 | 248 | 107.43 |
| 141 | 61.07 | 168 | 72.77 | 195 | 84.47 | 222 | 96.16 | 249 | 107.86 |
| 142 | 61.51 | 169 | 73.20 | 196 | 84.90 | 223 | 96.60 | 250 | 108.29 |
| 143 | 61.94 | 170 | 73.64 | 197 | 85.33 | 224 | 97.03 | 251 | 108.73 |
| 144 | 62.37 | 171 | 74.07 | 198 | 85.76 | 225 | 97.46 | 252 | 109.16 |
| 145 | 62.81 | 172 | 74.50 | 199 | 86.20 | 226 | 98.10 | 253 | 109.59 |
| 146 | 63.24 | 173 | 74.94 | 200 | 86.63 | 227 | 98.33 | 254 | 110.03 |
| 147 | 63.67 | 174 | 75.37 | 201 | 87.07 | 228 | 98.76 | 255 | 110.46 |
| 148 | 64.10 | 175 | 75.80 | 202 | 87.50 | 229 | 99.20 | 256 | 110.89 |
| 149 | 64.54 | 176 | 76.23 | 203 | 87.93 | 230 | 99.63 | 257 | 111.32 |
| 150 | 64.97 | 177 | 76.67 | 204 | 88.36 | 231 | 100.06 | 258 | 111.76 |
| 151 | 65.41 | 178 | 77.10 | 205 | 88.80 | 232 | 100.49 | 259 | 112.19 |
| 152 | 65.84 | 179 | 77.53 | 206 | 89.23 | 233 | 100.93 | 260 | 112.62 |
| 153 | 66.27 | 180 | 77.97 | 207 | 89.66 | 234 | 101.36 | 261 | 113.06 |
| 154 | 66.70 | 181 | 78.40 | 208 | 90.10 | 235 | 101.79 | 262 | 113.49 |
| 155 | 67.14 | 182 | 78.84 | 209 | 90.53 | 236 | 102.23 | 263 | 113.92 |
| 156 | 67.57 | 183 | 79.27 | 210 | 90.96 | 237 | 102.66 | 264 | 114.36 |
| 157 | 68.00 | 184 | 79.70 | 211 | 91.39 | 238 | 103.09 | 265 | 114.79 |
| 158 | 68.43 | 185 | 80.14 | 212 | 91.83 | 239 | 103.53 | 266 | 115.22 |
| 159 | 68.87 | 186 | 80.57 | 213 | 92.26 | 240 | 103.96 | 267 | 115.66 |
| 160 | 69.31 | 187 | 81.00 | 214 | 92.69 | 241 | 104.39 | 268 | 116.09 |
| 161 | 69.74 | 188 | 81.43 | 215 | 93.13 | 242 | 104.83 | 269 | 116.52 |
| 162 | 70.17 | 189 | 81.87 | 216 | 93.56 | 243 | 105.26 | 270 | 116.96 |

第 十 七 表

圓 の 面 積 表

| 直 徑 吋 | 面 積 平方吋 | 直 徑 吋 | 面 積 平方吋 | 直 徑 吋 | 面 積 平方吋 | 直 徑 吋 | 面 積 平方吋 |
|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| 1/2 | .0122 | 11 1/2 | 103.87 | 28 | 615.7 | 44 1/2 | 1555.3 |
| 3/4 | .0190 | 12 | 113.10 | 28 1/2 | 637.9 | 45 | 1590.4 |
| 1 | .1104 | 12 1/2 | 122.72 | 29 | 660.5 | 45 1/2 | 1626.0 |
| 1 1/4 | .1963 | 13 | 132.73 | 29 1/2 | 683.4 | 46 | 1661.9 |
| 1 1/2 | .4417 | 13 1/2 | 143.14 | 30 | 706.8 | 46 1/2 | 1698.2 |
| 1 3/4 | .7584 | 14 | 153.94 | 30 1/2 | 730.6 | 47 | 1734.9 |
| 2 | .9940 | 14 1/2 | 165.13 | 31 | 754.7 | 47 1/2 | 1772.1 |
| 2 1/4 | 1.227 | 15 | 176.71 | 31 1/2 | 779.3 | 48 | 1808.6 |
| 2 1/2 | 1.767 | 15 1/2 | 188.69 | 32 | 804.2 | 48 1/2 | 1847.5 |
| 2 3/4 | 2.405 | 16 | 201.06 | 32 1/2 | 829.5 | 49 | 1885.7 |
| 3 | 3.141 | 16 1/2 | 213.82 | 33 | 855.3 | 49 1/2 | 1924.4 |
| 3 1/4 | 3.976 | 17 | 226.98 | 33 1/2 | 881.4 | 50 | 1963.5 |
| 3 1/2 | 4.908 | 17 1/2 | 240.53 | 34 | 907.9 | 50 1/2 | 2003.0 |
| 3 3/4 | 5.939 | 18 | 254.47 | 34 1/2 | 934.8 | 51 | 2042.8 |
| 4 | 7.068 | 18 1/2 | 268.80 | 35 | 962.1 | 51 1/2 | 2083.1 |
| 4 1/4 | 8.295 | 19 | 283.53 | 35 1/2 | 989.8 | 52 | 2123.7 |
| 4 1/2 | 9.621 | 19 1/2 | 298.65 | 36 | 1017.9 | 52 1/2 | 2164.8 |
| 4 3/4 | 11.04 | 20 | 314.16 | 36 1/2 | 1046.3 | 53 | 2206.2 |
| 5 | 12.56 | 20 1/2 | 330.06 | 37 | 1075.2 | 53 1/2 | 2248.0 |
| 5 1/4 | 15.90 | 21 | 346.36 | 37 1/2 | 1104.5 | 54 | 2290.2 |
| 5 1/2 | 19.63 | 21 1/2 | 363.05 | 38 | 1134.1 | 54 1/2 | 2332.8 |
| 5 3/4 | 23.75 | 22 | 380.13 | 38 1/2 | 1164.2 | 55 | 2375.8 |
| 6 | 28.27 | 22 1/2 | 397.61 | 39 | 1194.6 | 55 1/2 | 2419.2 |
| 6 1/4 | 33.18 | 23 | 415.48 | 39 1/2 | 1225.4 | 56 | 2463.0 |
| 6 1/2 | 38.48 | 23 1/2 | 433.74 | 40 | 1256.6 | 56 1/2 | 2507.2 |
| 6 3/4 | 44.17 | 24 | 452.39 | 40 1/2 | 1288.2 | 57 | 2551.8 |
| 7 | 50.26 | 24 1/2 | 471.44 | 41 | 1320.3 | 57 1/2 | 2596.7 |
| 7 1/4 | 56.74 | 25 | 490.87 | 41 1/2 | 1352.7 | 58 | 2642.1 |
| 7 1/2 | 61.61 | 25 1/2 | 510.71 | 42 | 1385.4 | 58 1/2 | 2687.8 |
| 7 3/4 | 70.88 | 26 | 530.93 | 42 1/2 | 1418.6 | 59 | 2734.0 |
| 8 | 78.54 | 26 1/2 | 551.55 | 43 | 1452.2 | 59 1/2 | 2780.5 |
| 8 1/4 | 86.59 | 27 | 572.5 | 43 1/2 | 1486.2 | 60 | 2827.4 |
| 8 1/2 | 95.03 | 27 1/2 | 593.9 | 44 | 1520.5 | 60 1/2 | 2874.8 |

第十八表

管中を流るゝ水の流量表(其一)

本表は毎秒1呎の速度を以て圓管中を流るゝ水の立方呎毎分の流量を示す。毎秒c呎の速度に該當する流量は本表に示す値のc倍に等しい。

| 直徑 吋 | 流 量 立方呎毎分 | 直徑 吋 | 流 量 立方呎毎分 | 直徑 吋 | 流 量 立方呎毎分 | 直徑 吋 | 流 量 立方呎毎分 |
|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|
| 1 | 32725 | 13 | 55.305 | 25 | 204.53 | 37 | 448.00 |
| 2 | 1.3090 | 14 | 64.141 | 26 | 221.22 | 38 | 472.55 |
| 3 | 2.9452 | 15 | 73.631 | 27 | 238.56 | 39 | 497.75 |
| 4 | 5.2360 | 16 | 83.776 | 28 | 256.56 | 40 | 523.60 |
| 5 | 8.1812 | 17 | 94.575 | 29 | 275.22 | 41 | 550.11 |
| 6 | 11.781 | 18 | 106.03 | 30 | 294.52 | 42 | 577.27 |
| 7 | 16.035 | 19 | 118.14 | 31 | 314.49 | 43 | 605.09 |
| 8 | 20.944 | 20 | 130.90 | 32 | 335.10 | 44 | 633.53 |
| 9 | 26.507 | 21 | 144.32 | 33 | 356.37 | 45 | 662.68 |
| 10 | 32.725 | 22 | 158.89 | 34 | 378.30 | 46 | 692.46 |
| 11 | 39.507 | 23 | 173.11 | 35 | 400.88 | 47 | 722.90 |
| 12 | 47.124 | 24 | 188.50 | 36 | 424.11 | 48 | 753.98 |

第十九表

管中を流るゝ水の流量表(其二)

本表は毎秒1呎の速度を以て圓管中を流るゝ水の米國ガロン毎分の流量を示す。毎秒c呎の速度に該當する流量は本表に示す値のc倍に等しい。

| 直徑 吋 | 流 量 ガロン毎分 | 直徑 吋 | 流 量 ガロン毎分 | 直徑 吋 | 流 量 ガロン毎分 | 直徑 吋 | 流 量 ガロン毎分 |
|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|
| 1 | 2.448 | 13 | 413.71 | 25 | 1530.0 | 37 | 3351.3 |
| 2 | 9.792 | 14 | 479.81 | 26 | 1654.8 | 38 | 3534.9 |
| 3 | 22.032 | 15 | 550.80 | 27 | 1784.6 | 39 | 3723.4 |
| 4 | 39.168 | 16 | 626.69 | 28 | 1919.2 | 40 | 3916.8 |
| 5 | 61.200 | 17 | 707.47 | 29 | 2058.8 | 41 | 4115.1 |
| 6 | 88.128 | 18 | 792.15 | 30 | 2203.2 | 42 | 4318.3 |
| 7 | 119.95 | 19 | 883.73 | 31 | 2352.5 | 43 | 4526.3 |
| 8 | 156.67 | 20 | 979.20 | 32 | 2506.7 | 44 | 4739.3 |
| 9 | 198.29 | 21 | 1079.6 | 33 | 2665.9 | 45 | 4957.2 |
| 10 | 244.80 | 22 | 1184.8 | 34 | 2829.9 | 46 | 5180.0 |
| 11 | 296.21 | 23 | 1295.0 | 35 | 2998.8 | 47 | 5407.6 |
| 12 | 352.51 | 24 | 1410.0 | 36 | 3172.6 | 48 | 5640.2 |

第二十表
管中を流るゝ水の摩擦損失水嵩及び流量表

本表は流體摩擦のために平滑なる直圓管の長さ100呎毎に損失する水嵩と其れに對應する流量とを示す

| 水の速度 呎毎秒 | 管の内徑；吋 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 2.0 | 2.37 | .65 | 1.185 | 2.62 | .791 | 5.89 | 10.4 | .474 | 16.3 | .395 | 23.5 | .378 | 32.0 | .351 | 41.9 |
| 2.2 | 2.80 | .73 | 1.404 | 2.88 | .936 | 6.48 | 11.5 | .561 | 18.0 | .468 | 25.9 | .401 | 35.3 | .410 | 46.1 |
| 2.4 | 3.27 | .79 | 1.639 | 3.14 | 1.093 | 7.07 | 12.5 | .650 | 19.6 | .547 | 28.2 | .468 | 38.5 | .473 | 50.2 |
| 2.6 | 3.78 | .86 | 1.891 | 3.40 | 1.26 | 7.65 | 13.6 | .757 | 21.3 | .631 | 30.6 | .540 | 41.7 | .540 | 54.4 |
| 2.8 | 4.32 | .92 | 2.16 | 3.66 | 1.44 | 8.24 | 14.6 | .864 | 22.9 | .720 | 32.9 | .617 | 44.9 | .611 | 58.6 |
| 3.0 | 4.89 | .99 | 2.44 | 3.92 | 1.62 | 8.83 | 15.7 | .978 | 24.5 | .815 | 35.3 | .698 | 48.1 | .686 | 62.8 |
| 3.2 | 5.47 | 1.06 | 2.73 | 4.18 | 1.82 | 9.42 | 16.7 | 1.098 | 26.2 | .915 | 37.7 | .785 | 51.3 | .765 | 67.0 |
| 3.4 | 6.09 | 1.12 | 3.05 | 4.45 | 2.04 | 10.0 | 17.8 | 1.23 | 27.8 | 1.021 | 40.0 | .875 | 54.5 | .848 | 71.2 |
| 3.6 | 6.76 | 1.19 | 3.38 | 4.71 | 2.26 | 10.6 | 18.8 | 1.35 | 29.4 | 1.131 | 42.4 | .969 | 57.7 | .936 | 75.4 |
| 3.8 | 7.48 | 1.26 | 3.74 | 4.97 | 2.49 | 11.2 | 19.9 | 1.49 | 31.0 | 1.25 | 44.7 | 1.070 | 60.9 | 1.027 | 79.6 |
| 4.0 | 8.20 | 1.32 | 4.10 | 5.23 | 2.73 | 11.8 | 20.9 | 1.64 | 32.7 | 1.37 | 47.1 | 1.175 | 64.1 | 1.122 | 83.7 |
| 4.2 | 8.97 | 1.39 | 4.49 | 5.49 | 2.98 | 12.3 | 22.0 | 1.79 | 34.3 | 1.49 | 49.5 | 1.28 | 67.3 | 1.22 | 87.9 |
| 4.4 | 9.77 | 1.45 | 4.89 | 5.76 | 3.25 | 12.9 | 23.0 | 1.95 | 36.0 | 1.62 | 51.8 | 1.39 | 70.5 | 1.32 | 92.1 |
| 4.6 | 10.60 | 1.52 | 5.30 | 6.02 | 3.53 | 13.5 | 24.0 | 2.11 | 37.6 | 1.76 | 54.1 | 1.51 | 73.7 | 1.43 | 96.3 |
| 4.8 | 11.45 | 1.58 | 5.72 | 6.28 | 3.81 | 14.1 | 25.1 | 2.27 | 39.2 | 1.90 | 56.5 | 1.63 | 76.9 | 1.54 | 100.0 |
| 5.0 | 12.33 | 1.65 | 6.17 | 6.54 | 4.11 | 14.7 | 26.2 | 2.46 | 40.9 | 2.05 | 58.9 | 1.76 | 80.2 | 1.65 | 105.0 |
| 5.2 | 13.24 | 1.72 | 6.63 | 6.80 | 4.41 | 15.3 | 27.2 | 2.65 | 42.5 | 2.21 | 61.2 | 1.89 | 83.3 | 1.77 | 109.0 |
| 5.4 | 14.20 | 1.78 | 7.10 | 7.06 | 4.73 | 15.9 | 28.2 | 2.84 | 44.2 | 2.37 | 63.6 | 2.03 | 86.6 | 1.89 | 113.0 |
| 5.6 | 15.16 | 1.85 | 7.58 | 7.32 | 5.06 | 16.5 | 29.3 | 3.03 | 45.8 | 2.53 | 65.9 | 2.17 | 89.8 | 2.01 | 117.0 |
| 5.8 | 16.17 | 1.91 | 8.09 | 7.58 | 5.40 | 17.1 | 30.3 | 3.24 | 47.4 | 2.70 | 68.3 | 2.31 | 93.0 | 2.15 | 121.0 |
| 6.0 | 17.23 | 1.98 | 8.61 | 7.85 | 5.74 | 17.7 | 31.4 | 3.45 | 49.1 | 2.87 | 70.7 | 2.46 | 96.2 | 2.28 | 125.0 |
| 7.0 | 22.89 | 2.31 | 11.45 | 9.16 | 7.62 | 20.6 | 36.6 | 4.57 | 57.2 | 3.81 | 82.4 | 3.26 | 112.0 | 2.85 | 146.0 |

つゞく

管中を流るゝ水の摩擦損失水嵩及び流量表 (續き)

| 水の速度 呎毎秒 | 管の内徑；吋 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | | |
| 2.0 | .264 | 53.0 | .237 | 65.4 | .216 | 79.2 | .198 | 94.2 | .183 | 110 | .169 | 128 | .158 | 147 | .147 | 167 |
| 2.2 | .312 | 58.3 | .281 | 72.0 | .255 | 87.1 | .234 | 103.0 | .216 | 121 | .200 | 141 | .187 | 162 | .175 | 184 |
| 2.4 | .365 | 63.6 | .327 | 78.0 | .297 | 95.0 | .273 | 113.0 | .252 | 133 | .230 | 154 | .218 | 176 | .205 | 201 |
| 2.6 | .420 | 68.9 | .378 | 85.1 | .344 | 103.0 | .315 | 122.0 | .290 | 144 | .270 | 167 | .252 | 191 | .236 | 218 |
| 2.8 | .480 | 74.2 | .432 | 91.6 | .392 | 111.0 | .360 | 132.0 | .332 | 156 | .308 | 179 | .288 | 206 | .270 | 234 |
| 3.0 | .544 | 79.5 | .488 | 99.2 | .444 | 119.0 | .407 | 141.0 | .375 | 166 | .349 | 192 | .325 | 221 | .306 | 251 |
| 3.2 | .609 | 84.8 | .549 | 105.0 | .499 | 127.0 | .457 | 151.0 | .422 | 177 | .392 | 205 | .366 | 235 | .343 | 268 |
| 3.4 | .680 | 90.1 | .612 | 111.0 | .557 | 134.0 | .510 | 160.0 | .471 | 188 | .438 | 218 | .408 | 250 | .383 | 284 |
| 3.6 | .755 | 95.4 | .679 | 118.0 | .617 | 142.0 | .566 | 169.0 | .522 | 199 | .485 | 231 | .452 | 265 | .425 | 301 |
| 3.8 | .831 | 101.0 | .749 | 124.0 | .680 | 150.0 | .620 | 179.0 | .576 | 210 | .535 | 243 | .499 | 280 | .468 | 318 |
| 4.0 | .913 | 106.0 | .823 | 131.0 | .747 | 158.0 | .685 | 188.0 | .632 | 221 | .587 | 256 | .548 | 294 | .513 | 335 |
| 4.2 | .998 | 111.0 | .897 | 137.0 | .816 | 166.0 | .749 | 198.0 | .691 | 232 | .641 | 269 | .598 | 309 | .561 | 352 |
| 4.4 | 1.086 | 116.0 | .977 | 144.0 | .888 | 174.0 | .815 | 207.0 | .751 | 243 | .698 | 282 | .651 | 321 | .611 | 368 |
| 4.6 | 1.177 | 122.0 | 1.059 | 150.0 | .963 | 182.0 | .883 | 217.0 | .815 | 254 | .757 | 295 | .707 | 339 | .662 | 385 |
| 4.8 | 1.27 | 127.0 | 1.145 | 157.0 | 1.040 | 190.0 | .954 | 226.0 | .881 | 265 | .818 | 308 | .763 | 353 | .715 | 402 |
| 5.0 | 1.37 | 132.0 | 1.23 | 163.0 | 1.120 | 198.0 | 1.028 | 235.0 | .949 | 276 | .881 | 321 | .822 | 368 | .770 | 419 |
| 5.2 | 1.47 | 138.0 | 1.32 | 170.0 | 1.20 | 206.0 | 1.104 | 245.0 | 1.020 | 287 | .947 | 333 | .883 | 383 | .828 | 435 |
| 5.4 | 1.57 | 143.0 | 1.41 | 177.0 | 1.28 | 214.0 | 1.183 | 254.0 | 1.092 | 298 | 1.014 | 346 | .947 | 397 | .888 | 452 |
| 5.6 | 1.68 | 148.0 | 1.51 | 183.0 | 1.37 | 222.0 | 1.26 | 264.0 | 1.167 | 309 | 1.083 | 359 | 1.011 | 412 | .949 | 469 |
| 5.8 | 1.80 | 154.0 | 1.61 | 190.0 | 1.45 | 229.0 | 1.34 | 273.0 | 1.245 | 321 | 1.155 | 372 | 1.078 | 427 | 1.011 | 486 |
| 6.0 | 1.92 | 159.0 | 1.71 | 196.0 | 1.56 | 237.0 | 1.43 | 283.0 | 1.325 | 332 | 1.229 | 385 | 1.148 | 442 | 1.076 | 502 |
| 7.0 | 2.52 | 185.0 | 2.28 | 229.0 | 2.07 | 277.0 | 1.91 | 330.0 | 1.75 | 387 | 1.63 | 449 | 1.52 | 515 | 1.43 | 586 |

つゞく

管中を流るゝ水の摩擦損失水嵩及び流量表 (續き)

| 水の速度 呎毎秒 | 管の内径：吋 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | 18 | | 20 | | 24 | | 26 | | 28 | | 30 | | 36 | |
| | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 | 損失 呎 | 流量 立方呎分 |
| 2.0 | .132 | 212 | .119 | 262 | .098 | 377 | .091 | 442 | .084 | 518 | .079 | 599 | .066 | 848 |
| 2.2 | .156 | 233 | .140 | 288 | .116 | 414 | .108 | 486 | .099 | 564 | .093 | 648 | .078 | 933 |
| 2.4 | .182 | 254 | .164 | 314 | .136 | 452 | .128 | 531 | .116 | 616 | .109 | 707 | .091 | 1018 |
| 2.6 | .210 | 275 | .189 | 340 | .161 | 490 | .145 | 575 | .134 | 657 | .126 | 766 | .104 | 1100 |
| 2.8 | .240 | 297 | .216 | 366 | .185 | 528 | .165 | 619 | .153 | 718 | .144 | 824 | .119 | 1188 |
| 3.0 | .271 | 318 | .245 | 393 | .222 | 565 | .188 | 663 | .174 | 770 | .163 | 883 | .135 | 1273 |
| 3.2 | .305 | 339 | .275 | 419 | .249 | 603 | .211 | 703 | .195 | 821 | .182 | 942 | .152 | 1357 |
| 3.4 | .339 | 360 | .303 | 445 | .278 | 641 | .235 | 752 | .218 | 872 | .204 | 1001 | .169 | 1442 |
| 3.6 | .377 | 382 | .339 | 471 | .308 | 678 | .261 | 796 | .242 | 923 | .226 | 1060 | .188 | 1527 |
| 3.8 | .416 | 403 | .374 | 497 | .340 | 716 | .288 | 840 | .267 | 974 | .249 | 1119 | .207 | 1612 |
| 4.0 | .456 | 424 | .410 | 523 | .373 | 754 | .315 | 885 | .293 | 1036 | .273 | 1178 | .228 | 1697 |
| 4.2 | .499 | 445 | .449 | 550 | .408 | 791 | .345 | 929 | .320 | 1078 | .299 | 1237 | .249 | 1782 |
| 4.4 | .542 | 466 | .488 | 576 | .448 | 829 | .375 | 973 | .348 | 1123 | .325 | 1296 | .271 | 1866 |
| 4.6 | .588 | 488 | .529 | 602 | .482 | 867 | .407 | 1017 | .378 | 1180 | .357 | 1355 | .294 | 1951 |
| 4.8 | .636 | 509 | .572 | 628 | .521 | 905 | .440 | 1062 | .409 | 1231 | .381 | 1414 | .318 | 2036 |
| 5.0 | .685 | 530 | .617 | 654 | .561 | 942 | .474 | 1106 | .440 | 1283 | .411 | 1472 | .342 | 2121 |
| 5.2 | .736 | 551 | .662 | 680 | .602 | 980 | .510 | 1150 | .473 | 1331 | .441 | 1531 | .368 | 2206 |
| 5.4 | .788 | 572 | .710 | 707 | .645 | 1018 | .546 | 1194 | .507 | 1385 | .473 | 1590 | .394 | 2291 |
| 5.6 | .843 | 594 | .758 | 733 | .690 | 1055 | .583 | 1239 | .542 | 1437 | .506 | 1649 | .421 | 2376 |
| 5.8 | .899 | 615 | .809 | 759 | .735 | 1093 | .622 | 1283 | .578 | 1488 | .540 | 1708 | .450 | 2460 |
| 6.0 | .957 | 636 | .861 | 785 | .782 | 1131 | .662 | 1327 | .615 | 1539 | .574 | 1767 | .479 | 2545 |
| 7.0 | 1.21 | 742 | 1.143 | 916 | 1.040 | 1319 | .879 | 1543 | .817 | 1736 | .762 | 2061 | .636 | 2868 |

従へば直径 11 吋、長さ 600 呎の管を以て、200 呎の理論水嵩に、毎分 119 立方呎の水を送る場合ならば、内径 11 吋の縦行中に、流量毎分 119 立方呎に該管する損失水嵩(毎 100 呎に對する) 0.444 呎を得、之れに長さ 600 呎の 6 を乗じて $6 \times 0.444 = 2.66$ 呎を得る。之れは損失の總量であるから、現在水嵩は $200 - 2.66 = 197.34$ 呎である。

第二十一表

$\sqrt{2gH}$ の 値

$\sqrt{2gH}$ は比速度を求むるに必要な値で速度と同じ単位のものである。 $g=32.2$ として計算したる値を示す。

| 水嵩 H 呎 | $\sqrt{2gH}$ 呎毎秒 | 水嵩 H 呎 | $\sqrt{2gH}$ 呎毎秒 | 水嵩 H 呎 | $\sqrt{2gH}$ 呎毎秒 | 水嵩 H 呎 | $\sqrt{2gH}$ 呎毎秒 | 水嵩 H 呎 | $\sqrt{2gH}$ 呎毎秒 |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| 1 | 8.025 | 31 | 44.681 | 61 | 62.677 | 91 | 76.553 | 205 | 114.90 |
| 2 | 11.345 | 32 | 45.396 | 62 | 63.188 | 92 | 76.973 | 210 | 116.29 |
| 3 | 13.899 | 33 | 46.100 | 63 | 63.696 | 93 | 77.390 | 215 | 117.66 |
| 4 | 16.050 | 34 | 46.793 | 64 | 64.200 | 94 | 77.805 | 220 | 119.03 |
| 5 | 17.944 | 35 | 47.476 | 65 | 64.699 | 95 | 78.217 | 225 | 120.00 |
| 6 | 19.657 | 36 | 48.150 | 66 | 65.195 | 96 | 78.628 | 230 | 121.70 |
| 7 | 21.232 | 37 | 48.814 | 67 | 65.687 | 97 | 79.037 | 235 | 123.02 |
| 8 | 22.698 | 38 | 49.469 | 68 | 66.175 | 98 | 79.443 | 240 | 124.32 |
| 9 | 24.075 | 39 | 50.116 | 69 | 66.660 | 99 | 79.847 | 245 | 125.60 |
| 10 | 25.377 | 40 | 50.754 | 70 | 67.141 | 100 | 80.250 | 250 | 126.88 |
| 11 | 26.615 | 41 | 51.385 | 71 | 67.619 | 105 | 82.231 | 255 | 128.15 |
| 12 | 27.799 | 42 | 52.007 | 72 | 68.094 | 110 | 84.166 | 260 | 129.39 |
| 13 | 28.934 | 43 | 52.623 | 73 | 68.565 | 115 | 86.058 | 265 | 130.63 |
| 14 | 30.026 | 44 | 53.231 | 74 | 69.033 | 120 | 87.909 | 270 | 131.86 |
| 15 | 31.080 | 45 | 53.833 | 75 | 69.498 | 125 | 89.722 | 275 | 133.08 |
| 16 | 32.100 | 46 | 54.427 | 76 | 69.960 | 130 | 91.499 | 280 | 134.28 |
| 17 | 33.087 | 47 | 55.016 | 77 | 70.419 | 135 | 93.242 | 285 | 135.48 |
| 18 | 34.047 | 48 | 55.598 | 78 | 70.874 | 140 | 94.953 | 290 | 136.66 |
| 19 | 34.980 | 49 | 56.175 | 79 | 71.327 | 145 | 96.633 | 295 | 137.83 |
| 20 | 35.888 | 50 | 56.745 | 80 | 71.777 | 150 | 98.285 | 300 | 138.99 |
| 21 | 36.775 | 51 | 57.309 | 81 | 72.225 | 155 | 99.909 | 305 | 140.15 |
| 22 | 37.640 | 52 | 57.869 | 82 | 72.673 | 160 | 101.50 | 310 | 141.29 |
| 23 | 38.486 | 53 | 58.422 | 83 | 73.111 | 165 | 103.08 | 315 | 142.42 |
| 24 | 39.314 | 54 | 58.971 | 84 | 73.550 | 170 | 104.63 | 320 | 143.55 |
| 25 | 40.125 | 55 | 59.515 | 85 | 73.986 | 175 | 106.16 | 325 | 144.67 |
| 26 | 40.919 | 56 | 60.053 | 86 | 74.420 | 180 | 107.66 | 330 | 145.78 |
| 27 | 41.699 | 57 | 60.587 | 87 | 74.852 | 185 | 109.15 | 335 | 146.88 |
| 28 | 42.464 | 58 | 61.116 | 88 | 75.281 | 190 | 110.61 | 340 | 147.97 |
| 29 | 43.215 | 59 | 61.641 | 89 | 76.707 | 195 | 112.06 | 345 | 149.06 |
| 30 | 43.954 | 60 | 62.161 | 90 | 76.131 | 200 | 113.49 | 350 | 140.13 |

第二十二表

$\frac{c^2}{2g}$ の値

$\frac{c^2}{2g}$ は速度の當で水當と同じ單位のものである

| 速度 c 呎毎秒 | $\frac{c^2}{2g}$ 呎 | 速度 c 呎毎秒 | $\frac{c^2}{2g}$ 呎 | 速度 c 呎毎秒 | $\frac{c^2}{2g}$ 呎 | 速度 c 呎毎秒 | $\frac{c^2}{2g}$ 呎 | 速度 c 呎毎秒 | $\frac{c^2}{2g}$ 呎 |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| .1 | .000155 | 2.6 | .10503 | 5.1 | .4041 | 7.6 | .8974 | 11.0 | 1.881 |
| .2 | .000622 | 2.7 | .11326 | 5.2 | .4201 | 7.7 | .9212 | 12.0 | 2.239 |
| .3 | .001398 | 2.8 | .12182 | 5.3 | .4365 | 7.8 | .9475 | 13.0 | 2.627 |
| .4 | .002486 | 2.9 | .13067 | 5.4 | .4531 | 7.9 | .9697 | 14.0 | 3.047 |
| .5 | .003885 | 3.0 | .1398 | 5.5 | .4700 | 8.0 | .9944 | 15.0 | 3.497 |
| .6 | .005593 | 3.1 | .1493 | 5.6 | .4873 | 8.1 | 1.0194 | 16.0 | 3.980 |
| .7 | .007613 | 3.2 | .1591 | 5.7 | .5048 | 8.2 | 1.0447 | 17.0 | 4.493 |
| .8 | .009943 | 3.3 | .1692 | 5.8 | .5227 | 8.3 | 1.0704 | 18.0 | 5.037 |
| .9 | .01259 | 3.4 | .1726 | 5.9 | .5408 | 8.4 | 1.0963 | 19.0 | 5.612 |
| 1.0 | .01554 | 3.5 | .1904 | 6.0 | .5593 | 8.5 | 1.1226 | 20.0 | 6.219 |
| 1.1 | .01880 | 3.6 | .2014 | 6.1 | .5782 | 8.6 | 1.1492 | 21.0 | 6.856 |
| 1.2 | .02237 | 3.7 | .2127 | 6.2 | .5973 | 8.7 | 1.1761 | 22.0 | 7.525 |
| 1.3 | .02626 | 3.8 | .2244 | 6.3 | .6164 | 8.8 | 1.2032 | 23.0 | 8.224 |
| 1.4 | .03045 | 3.9 | .2363 | 6.4 | .6364 | 8.9 | 1.2307 | 24.0 | 8.955 |
| 1.5 | .03496 | 4.0 | .2486 | 6.5 | .6564 | 9.0 | 1.259 | 25.0 | 9.717 |
| 1.6 | .03978 | 4.1 | .2612 | 6.6 | .6768 | 9.1 | 1.287 | 26.0 | 10.51 |
| 1.7 | .04490 | 4.2 | .2741 | 6.7 | .6975 | 9.2 | 1.315 | 27.0 | 11.33 |
| 1.8 | .05034 | 4.3 | .2873 | 6.8 | .7185 | 9.3 | 1.344 | 28.0 | 12.18 |
| 1.9 | .05609 | 4.4 | .3008 | 6.9 | .7397 | 9.4 | 1.373 | 29.0 | 13.06 |
| 2.0 | .06215 | 4.5 | .3146 | 7.0 | .7613 | 9.5 | 1.402 | 30.0 | 13.99 |
| 2.1 | .06857 | 4.6 | .3288 | 7.1 | .7832 | 9.6 | 1.432 | 31.0 | 14.93 |
| 2.2 | .07520 | 4.7 | .3432 | 7.2 | .8055 | 9.7 | 1.462 | 32.0 | 15.90 |
| 2.3 | .08219 | 4.8 | .3580 | 7.3 | .8280 | 9.8 | 1.492 | 33.0 | 16.92 |
| 2.4 | .08950 | 4.9 | .3731 | 7.4 | .8508 | 9.9 | 1.523 | 34.0 | 17.97 |
| 2.5 | .09711 | 5.0 | .3884 | 7.5 | .8740 | 10.0 | 1.554 | 35.0 | 19.03 |

第二十三表

$H^{\frac{3}{2}}$ 及び $H^{\frac{4}{3}}$ の値

此等の値は比回轉度に関する計算に必要なものである

| H | $H^{\frac{3}{2}}$ | $H^{\frac{4}{3}}$ | H | $H^{\frac{3}{2}}$ | $H^{\frac{4}{3}}$ | H | $H^{\frac{3}{2}}$ | $H^{\frac{4}{3}}$ | H | $H^{\frac{3}{2}}$ | $H^{\frac{4}{3}}$ |
|----|-------------------|-------------------|----|-------------------|-------------------|----|-------------------|-------------------|-----|-------------------|-------------------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 26 | 11.52 | 77.9 | 51 | 19.10 | 189 | 76 | 25.75 | 322 |
| 2 | 1.68 | 2.51 | 27 | 11.85 | 81.0 | 52 | 19.38 | 194 | 77 | 26.0 | 327.5 |
| 3 | 2.28 | 4.32 | 28 | 12.18 | 85.2 | 53 | 19.65 | 199 | 78 | 26.25 | 333 |
| 4 | 2.82 | 6.34 | 29 | 12.50 | 90.1 | 54 | 19.92 | 204 | 79 | 26.5 | 339 |
| 5 | 3.34 | 8.53 | 30 | 12.82 | 93.3 | 55 | 20.2 | 209 | 80 | 26.7 | 344.5 |
| 6 | 3.83 | 10.9 | 31 | 13.13 | 97.3 | 56 | 20.5 | 214 | 81 | 27.0 | 350 |
| 7 | 4.30 | 13.4 | 32 | 13.45 | 101.5 | 57 | 20.75 | 219 | 82 | 27.25 | 356.5 |
| 8 | 4.76 | 16.0 | 33 | 13.77 | 105.5 | 58 | 21.0 | 224 | 83 | 27.5 | 362 |
| 9 | 5.20 | 18.7 | 34 | 14.10 | 110 | 59 | 21.3 | 230 | 84 | 27.75 | 367.5 |
| 10 | 5.62 | 21.5 | 35 | 14.40 | 114 | 60 | 21.6 | 235 | 85 | 28.0 | 374 |
| 11 | 6.04 | 24.4 | 36 | 14.70 | 119 | 61 | 21.8 | 239.5 | 86 | 28.25 | 379.5 |
| 12 | 6.45 | 27.4 | 37 | 15.00 | 123 | 62 | 22.1 | 245.5 | 87 | 28.5 | 386 |
| 13 | 6.84 | 30.5 | 38 | 15.32 | 127.5 | 63 | 22.35 | 251 | 88 | 28.75 | 392 |
| 14 | 7.24 | 33.7 | 39 | 15.61 | 132 | 64 | 22.6 | 256 | 89 | 29.0 | 398 |
| 15 | 7.62 | 36.9 | 40 | 15.91 | 136.5 | 65 | 22.9 | 261 | 90 | 29.2 | 403 |
| 16 | 8.00 | 40.3 | 41 | 16.21 | 141.5 | 66 | 23.2 | 266.5 | 91 | 29.45 | 409 |
| 17 | 8.38 | 43.7 | 42 | 16.50 | 146 | 67 | 23.4 | 271.5 | 92 | 29.7 | 415 |
| 18 | 8.74 | 47.2 | 43 | 16.80 | 150.5 | 68 | 23.8 | 277.5 | 93 | 29.95 | 421 |
| 19 | 9.10 | 50.7 | 44 | 17.09 | 155 | 69 | 23.95 | 283 | 94 | 30.2 | 427 |
| 20 | 9.45 | 54.3 | 45 | 17.37 | 160 | 70 | 24.2 | 288 | 95 | 30.4 | 433 |
| 21 | 9.81 | 57.9 | 46 | 17.67 | 165 | 71 | 24.45 | 294 | 96 | 30.7 | 440 |
| 22 | 10.16 | 61.7 | 47 | 17.95 | 169 | 72 | 24.7 | 299 | 97 | 30.9 | 445 |
| 23 | 10.51 | 65.4 | 48 | 18.25 | 174 | 73 | 25.0 | 305 | 98 | 31.15 | 452 |
| 24 | 10.85 | 70.2 | 49 | 18.53 | 179.5 | 74 | 25.25 | 311 | 99 | 31.4 | 458 |
| 25 | 11.18 | 73.2 | 50 | 18.80 | 184 | 75 | 25.5 | 316 | 100 | 31.6 | 464 |

第二十四表
四角切抜き流量計の流量表

本表は深さ $\frac{1}{16}$ 吋乃至 $\frac{15}{16}$ 吋の四角形の切抜き流量計の幅 1 吋につき流過する立方呎毎分の流量を示す。幅 1 吋を流過する流量は本表に示す値の 16 倍に等しい。

Table with 16 columns (0 to 15/16) and 24 rows (0 to 24). Header: 流量計の深さ; 時の端数. Content: Numerical values for flow rate.

例へば幅 20 吋の流量計を、 $\frac{1}{2}$ 吋の深さに流過する時の流量を求むるには、左端縦行の 5 吋と、上端横列の $\frac{1}{2}$ 吋とが切り合ふ位置に於て、5.18 なる値を得るが故に、之れに幅 20 吋を乗じたる値、 $5.18 \times 20 = 103.6$ 立方呎毎分は、即ち求むる値である。

第二十五表
直角三角切抜き流量計の流量表

本表は深さ $\frac{1}{16}$ 吋乃至 $\frac{15}{16}$ 吋の直角三角形の切抜き流量計を流過する立方呎毎分の流量を示す

Table with 16 columns (0 to 15/16) and 30 rows (1 to 30). Header: 流量計の深さ; 時の端数. Content: Numerical values for flow rate.

索引表

(日英對譯の部)

各語の見出しの配列順序は五十音順に従ひ、凡て發音通りの假名により、尙ほ「ゐ」は「い」に、「ゑ」は「え」に、「を」は「お」に、「くわ」は「か」に、「ぢ」は「じ」に、「づ」は「ず」に納めた。

各音に關する語の配列は大凡字畫を以てし、畫の少きものより順次多きものに及んだ。

數字はページを表す。

あ

アルキメデスぜんまい線, Archimedes spiral, 215

安定, Stable, 239

不—Unstable, 239

案内羽根, Diffuser, Guide vane, 4, 38

壓力, Pressure, 4

絶對—, Absolute—, 133, 180

壓力のエネルギー, Pressure energy, 30

壓力の嵩, Pressure head, 30

壓力の分布, Distribution of pressure, 132, 185, 243, 245

壓力計, Pressure gauge, Manometer, 313

水銀—, Mercury—, 313

い, り

一次的, Linear, 197

一段渦巻ポンプ, Single-stage centrifugal pump, 12, 13

入口, Entrance, Inlet, 35

入口角, Entrance angle, 43, 46

位置のエネルギー, Position energy, 10, 30

位置の嵩, Position head, 30

う

浮き, Float, 321

渦巻き形, Spiral form, 213

渦巻き室, Vortex chamber, Whirlpool chamber, 6, 124, 208

渦巻き速度, Velocity of whirl, 35

渦巻き運動, Whirling motion, Vortex motion, 73

渦巻きポンプ, Centrifugal pump, 3, 4

一段—, Single-stage—, 12, 13, 142

二段—, Two-stage—, 12

三段—, Three-stage—, 12, 17

四段—, Four-stage—, 12, 17

五段—, Five-stage—, 12
 六段—, Six-stage—, 12
 内流—, Centripetal pump, 50
 外流—, —, 49
 多段—, Multi-stage—, 12, 142
 軸流—, Axial-flow pump, Helicoidal pump, 50
 渦巻液深機, Centrifugal dredger, 2
 運動量, Momentum, 20
 角—, Angular—, 20
 運動量のモーメント, Moment of momentum, 21

え, 系

エネルギー, Energy, 3
 位置の—, Position—, 10, 30
 動—, Kinetic—, 30
 静—, Potential—, 30
 速度の—, Velocity—, 30
 壓力の—, Pressure—, 30
 圓の巻出し線, Involute of circle, 200, 216
 圓周的, Circumferential, 156
 圓周速度, Circumferential velocity, Peripheral velocity, 33, 62, 262
 圓錐部, Conical part, 160, 222
 圓錐管, Conical pipe, 159, 221
 液體, Liquid, 1
 遠心力, Centrifugal force, 26, 48

お, き

大きさ, Size, 308
 ポンプの—, —of pump, 308
 往復ポンプ, Reciprocating pump, 2, 334

扇形, Open type, Unshrouded type, 150
 扇形羽根車, Unshrouded impeller, 151
 推受け臺, Thrust bearing, 194, 248
 横推力, Axial thrust, End thrust, 13, 242

か, くわ

片吸込み, Single suction, 15, 255
 外流, Outward flow, 49
 外流渦巻ポンプ, Centrifugal pump, 49
 瓦斯體, Gas, 1
 瓦斯揚水ポンプ, Air lift or gas-driven pump, 3
 加速力, Accelerating force, 26
 回轉モーメント, Turning moment, 22
 回轉半径, Radius of rotation, 20
 回轉計, Revolution counter, 330
 回轉度, Rate of rotation, 38, 42, 65, 263, 329
 比—, Specific speed, Specific rotation, 261
 基本—, Normal speed, Rated speed, 279
 回轉度計, Tachometer, 329
 回轉度對水量示性線, Discharge-speed characteristic, 306
 回轉度對水嵩示性線, Head-speed characteristic, 293
 回轉度對水嵩效率示性線, Manometric efficiency-speed characteristic, 297
 回轉運動, Rotation, 20
 完全流體, Perfect fluid, 37
 角速度, Angular velocity, 33, 182
 角運動量, Angular momentum, 20

間接法, Indirect method, 249
 渦線, Spiral, 123, 215
 嵩, Head, 10
 吐出し—, Delivery—, Discharge—, 9
 吸揚げ—, Suction—, 9
 位置の—, Position—, 30
 速度の—, Velocity—, 30
 壓力の—, Pressure—, 30
 總水—, Total—, 9
 鈎尺, Hook gauge, 328
 滑狀, Lubrication, 191
 滑料, Lubricant, 193
 慣性力, Inertia force, 26
 擴大率, Rate of enlargement, 122
 擴離する徑路, Diverging passage, 239
 關係流入速度, Relative inflow velocity, 42
 關係流出速度, Relative outflow velocity, 43
 關係徑路, Relative path, 46
 關係速度, Relative velocity, 44, 70

き

切抜き流量計, Gauge notch, 327
 金屬詰め物, Metallic packing, 191
 基本方程式, Standard equation, Fundamental equation, 34, 116
 基本水量, Normal discharge, Rated discharge, 279
 基本水嵩, Normal head, Rated head, 279
 基本回轉度, Normal speed, Rated speed, 279
 基本状態, Normal condition, Rated

condition, 279, 303
 基本第一方程式, First fundamental equation, 43
 基本第二方程式, Second fundamental equation, 43
 基點, Origin, 87
 強制流動, Forced flow, 31
 給水コック, Priming cock, 7
 給水槽, Supply tank, 311
 機械, Machine, 1, 143
 機械的抵抗, Mechanical resistance, 143
 機械的效率, Mechanical efficiency, 56
 機械的鈎合せ法, Mechanical balancing method, 249
 機械的損失, Mechanical loss, 144
 機械的摩擦, Mechanical friction, 143
 機械瓣, Mechanical valve, 338

く

クランク, Crank, 339
 下る性能, Falling characteristic, 300
 空氣コック, Air cock, 17
 空氣ポンプ, Air pump, 8
 空氣室, Air chamber, Air vessel, 339

け

型式, Type, 261
 原動機, Prime mover, 36
 原働, Action, 48
 徑路, Path, Passage, 30
 集中する—, Converging—, 239
 絶對—, Absolute—, 46
 擴離する—, Diverging—, 239

關係——, Relative——, 46
 係數, Coefficient, 182
 修正——, —of correction, 76, 80
 流體摩擦——, —of hydraulic friction, 168
 流量——, —of discharge, 187
 實驗的——, Empirical——, 170, 328
 摩擦——, —of friction, 190
 現在水嵩, Actual head, Effective head, 34, 72, 318
 峻しき性能, Steep characteristic, 300
 こ
 コック, Cock, 7
 水抜き——, Drain——, 7
 空氣——, Air——, 17
 給水——, Priming——, 7
 工作機, Working machine, 36
 五段渦巻ポンプ, Five-stage centrifugal pump, 12
 固体摩擦, Solid friction, 144
 固体摩擦損失, Solid friction loss, 194
 效率, Efficiency, 57
 水量——, Volumetric——, 52
 水嵩——, Manometric——, 35, 73, 82, 227
 全——, Gross——, Total——, 57
 流體——, Hydraulic——, 57
 理論——, Theoretical——, 127
 機械的——, Mechanical——, 56
 高揚程ポンプ, High-head pump, 11
 高等數學, Higher mathematics, 25, 133
 高速度, High speed, 209

高速度ポンプ, High-speed pump, 270
 誤差, Error, 73

さ

三角流量計, Triangular notch, 328
 三段渦巻ポンプ, Three-stage centrifugal pump, 12, 17
 差壓計, Differential gauge, 319, 324

し (ち)

シュワルツコップの釣合はせ盤, Schwarzkopff's balancing disc, 251
 シリンダー, Cylinder, 2
 四角流量計, Rectangular notch, 328
 示性線, Characteristic curve, 279
 水量對水馬力——, Water horse power-discharge——, 301
 水量對水嵩——, Head-discharge——, 291, 301
 水量對水嵩效率——, Manometric efficiency discharge——, 296
 水量對效率——, Efficiency-discharge——, 301
 水量對軸馬力——, Brake horse power-discharge——, 301
 回轉度對水量——, Discharge-speed——, 306
 回轉度對水嵩——, Head-speed——, 293
 回轉度對水嵩效率——, Manometric efficiency-speed——, 297
 示性線圖, Characteristic diagram, 307
 自然流動, Natural flow, 31, 125
 自動釣合はせ法, Automatic balancing method, 249

す (づ)

自置瓣, Automatic valve, 338
 地獄瓣, Foot valve, 7
 眞の水嵩, Real head, 34
 眞空計, Vacuum gauge, 313
 柔軟詰め物, Soft packing, 191
 修正, Correction, 73
 修正係數, Coefficient of correction, 76, 80
 集中する徑路, Converging passage, 239
 浚渫機, Dredger, 2
 バケツ——, Bucket——, 2
 渦巻——, Centrifugal——, 2
 軸, Axis, 20
 軸承, Bearing, 193
 軸承損失, Bearing loss, 193
 軸流, Axial flow, 49
 軸流的, Axial, 49
 軸流渦巻ポンプ, Axial-flow pump, Helicoidal pump, 50
 軸馬力, Shaft horse-power, Brake horse-power, 55, 264
 軸線, Axis, 86
 横法の——, —of abscissa, 86
 縦法の——, —of ordinate, 86
 蒸汽タービン, Steam turbine, 334
 質量, Mass, 21
 質點, Material point, 20
 實驗, Testing, 308
 實驗の種類, Kinds of testing, 309
 實驗方法, Method of testing, 331
 實驗的係數, Empirical coefficient, 170, 328
 實驗裝置, Testing arrangements, 311

水力學, Hydraulics, 120
 水量, Quantity of discharge, 42, 52, 321
 有效——, Quantity of effective discharge, 52, 263
 基本——, Normal——, Rated——, 279
 理論——, Theoretical——, 52
 揚——, —, 42
 漏泄——, Quantity of leakage, 52, 186
 水量比回轉度, Discharge specific-speed, 268
 水量效率, Volumetric efficiency, 52
 水量對水馬力示性線, Water horse power-discharge characteristic, 301
 水量對水嵩示性線, Head-discharge characteristic, 291, 301
 水量對水嵩效率示性線, Manometric efficiency-discharge characteristic, 296
 水量對效率示性線, Efficiency-discharge characteristic, 301
 水量對軸馬力示性線, Brake horse power-discharge characteristic, 301
 水銀壓力計, Mercury manometer, 313
 末廣ろ, Divergent, 129
 吸込み側, Suction side, 173
 吸込み管, Suction pipe, 4
 吸揚げ嵩, Suction head, 9
 隙, Clearance, 146, 181, 249
 隙間, Clearance space, 150, 178
 圖式解法, Graphical solution, 84

圖法的, Graphical, 44

せ

ぜんまい形, Spiral form, 213
 ぜんまい線, Spiral, 128, 215
 アルキメデス—, Archimedes—, 215
 等角—, Equiangular—, 128
 對數的—, Logarithmic—, 128, 136
 全效率, Gross efficiency, Total efficiency, 57
 性能, Characteristic, 279
 上る—, Rising—, 300
 下る—, Falling—, 300
 平たき—, Flat—, 300
 険しき—, Steep—, 300
 接線的, Tangential, 42
 旋轉ポンプ, Rotary pump, 3
 堰止め弁, Sluice valve, 8
 絶對流入速度, Absolute inflow velocity, 42
 絶對流出速度, Absolute outflow velocity, 43
 絶對徑路, Absolute path, 46
 絶對速度, Absolute velocity, 44, 70
 絶對壓力, Absolute pressure, 133, 180
 靜エネルギー, Potential energy, 30
 積分定數, Integration constant, 136
 線圖, Diagram, 85, 240
 みやぎ—, Miyagi's—, 85, 118
 示性—, Characteristic—, 307
 速度—, Velocity—, 44, 62
 線圖的, Diagrammatic, 271

そ

外匣, Casing, 4
 相似, Similar, 270
 側壁, Wall, Shrouding, 128, 148, 196, 208
 測定水嵩, Manometric head, 318
 損失, Loss, 30
 水嵩—, — of head, 124, 145
 羽根車—, Impeller—, 145
 巻き匣—, Casing—, 158
 固體摩擦—, Solid friction—, 194
 流體—, Hydraulic—, 144
 詰め物匣—, Stuffing-box—, 191
 軸承—, Bearing—, 193
 漏泄—, Leakage—, 178
 摩擦—, Frictional—, 148
 盤面摩擦—, Disc-friction—, 187
 機械的—, Mechanical—, 144
 導き羽根—, Diffuser—, Guide-vane—, 152
 損失の分類, Classification of losses, 144
 速度, Velocity, 20
 圓周—, Circumferential—
 Peripheral—, 33, 62, 262
 比—, Specific—, 115
 角—, Angular—, 33, 182
 低—, Low speed, 269
 流入—, Inflow—, 37
 高—, High speed, 269
 渦巻き—, — of whirl, 35
 絶對—, Absolute—, 44, 70

摩擦—, Rubbing—, 144, 188
 輻射—, Radial—, 44, 65
 關係—, Relative—, 44, 70
 速度のエネルギー, Velocity energy, 30
 残りの—, Residual—, 159
 速度の嵩, Velocity head, 30
 残りの—, Residual—, 159
 速度三角形, Velocity triangle, 47
 速度線圖, Velocity diagram, 44, 62
 比—, Specific—, 118
 雙曲線, Hyperbola, 88
 直角—, Rectangular—, Equilateral—, 88, 198
 總水嵩, Total head, 9

た

大氣壓, Atmospheric pressure, 180, 186
 タービンポンプ, Turbine pump, 13
 ダッシュ, dash, 59
 だるまポンプ, Pulsometer pump, 4
 多段ポンプ, Stage pump, 12
 多段渦巻ポンプ, Multi-stage centrifugal pump, 12, 142
 段, Stage, 17
 單働釣合はせ盤, Single-acting balancing disc, 249, 251
 豎型ポンプ, Vertical pump, 260
 對數的ぜんまい線, Logarithmic spiral, 128, 136
 縱法, Ordinate, 88
 縱法の軸線, Axis of ordinate, 86

ち

力の釣合ひ, Equilibrium of forces, 27

直角雙曲線, Rectangular hyperbola, Equilateral hyperbola, 88, 198
 直接法, Direct method, 348
 注射ポンプ, Jet or Ejector pump, 2, 8

つ

ツルツァーの釣合はせ盤, Zulzer's balancing disc, 249
 筒口, Nozzle, 3, 326
 釣合はせ法, Balancing method, 249
 自働—, Automatic—, 249
 流體—, Hydraulic—, 249
 機械的—, Mechanical—, 249
 釣合はせ盤, Balancing disc, Balancing piston, 248
 シュワルツコップの—, Schwartzkopff's—, 251
 ツルツァーの—, Zulzer's—, 249
 單働—, Single-acting—, 249, 251
 複働—, Double-acting—, 249, 251
 詰め物, Packing, 191
 金屬—, Metallic—, 191
 柔軟—, Soft—, 191
 詰め物匣, Stuffing box, 191
 詰め物匣損失, Stuffing-box loss, 191
 詰め輪, Clearance ring, 179

て

出口, Exit, Outlet, 35
 出口角, Exit angle, 43
 低揚程ポンプ, Low-head pump, 10
 低速度, Low speed, 269

低速度ポンプ, Low-speed pump, 269
 抵抗, Resistance, 1, 141
 流體——, Hydraulic——, 33, 141
 機械的——, Mechanical——, 143
 抵抗率, Factor of resistance, 35, 72, 82
 電動機, Electric motor, 11
 傳導動力計, Transmission dynamometer, 331

と

同心, Concentric, 221
 動エネルギー, Kinetic energy, 30
 動力計, Dynamometer, 331
 傳導——, Transmission——, 331
 等角ぜんまい線, Equiangular spiral, 123

な

内流, Inward flow, 49
 内流渦巻ポンプ, Centripetal pump, 50

に

二段渦巻ポンプ, Two-stage centrifugal pump, 12

ぬ

抜け孔, Balancing hole, 180, 256

ね

粘性, Viscosity, 37, 73

の

ノズル, Nozzle, 326
 上る性能, Rising characteristic, 300
 残りの速度エネルギー, Residual velocity energy, 159

残りの速度の嵩, Residual velocity head, 159

喉, Throat, 322

は

バケツ浚渫機, Bucket dredger, 2
 反働, Reaction, 48
 半羽根, Half vane, Partial blade, 69, 207
 吐出し側, Delivery side, Discharge side, 178
 吐出し嵩, Delivery head, Discharge head, 9
 吐出し管, Delivery pipe, Discharge pipe, 4

羽根, Blade, Vane, 4, 198

半——, Half——, Partial——, 69, 207

案内——, Diffuser, Guide——, 4, 38

導き——, Diffuser, Guide——, 4, 137

羽根の数, Number of blades or vanes, 69, 73, 154, 208

羽根車, Impeller, 4, 196

扇形——, Unshrouded——, 151

箱形——, Shrouded——, 151

羽根車の幅, Width of impeller, 69

羽根車損失, Impeller loss, 145

馬力, Horse-power, 330

水——, Water——, 53

ポンプ——, Pump——, 54

軸——, Shaft——, Brake——, 55, 264, 330

揚水——, Water——, 53

馬力比回転度, Horse-power specific speed, 268

排水口, Discharge orifice, 158

排水槽, Discharge tank, 311

幅, Width, 200

羽根車の——, — of impeller, 69

箱形, Closed type, Shrouded type, 150

箱形羽根車, Shrouded impeller, 151

盤面摩擦, Disc friction, 188

盤面摩擦損失, Disc friction loss, 187

ひ

ピトー管, Pitot tube, 325

ピストン, Piston, 2, 339

ピストン桿, Piston rod, 340

平たき性能, Flat characteristic, 300

比回転度, Specific speed, Specific rotation, 261

水量——, Discharge——, 268

馬力——, Horse-power——, 268

比速度, Specific velocity, 115

比速度線圖, Specific velocity diagram, 118

擴がり角, Angle of divergency, 168, 173, 222

ふ

プランジャー, Plunger, 2, 339

不安定, Unstable, 239

分類法, Classification, 270

附標, Suffix, Subscript, 59

浮力, Buoyancy, 3

符號, Notation, 58

複働釣合はせ盤, Double-acting balancing disc, 249

輻射方向, Radial direction, 37

輻射的, Radial, 37

輻射流入速度, Radial inflow velocity, 42

輻射流出速度, Radial outflow velocity, 43

輻射速度, Radial velocity, 44, 65

へ

ベルヌーイの定理, Bernoulli's theorem, 127

エンチュリ管, Venturi meter, 322

平均流線, Mean stream line, 70

偏心, Eccentric, 221

瓣, Valve, 336

ポンプ——, Pump——, 336

自働——, Automatic——, 338

地獄——, Foot——, 7

堰止め——, Sluice——, 8

機械——, Mechanical——, 338

ほ

ポンプ, Pump, 1

タービン——, Turbine——, 13

水槌——, Hydraulic ram, 4

ヴォルット——, Volute——, 13, 18

瓦斯揚水——, Air lift or gas-driven——, 3

だるま——, Pulsometer——, 4

多段——, Stage——, 12

空気——, Air——, 8

注射——, Jet or ejector——, 3, 8

低揚程——, Low-head——, 10

低速度——, Low-speed——, 269

往復——, Reciprocating——, 2, 334
 高揚程——, High-head——, 11
 高速度——, High-speed——, 270
 旋轉——, Rotary——, 3
 豎型——, Vertical——, 260
 横型——, Horizontal——, 260
 ポンプの大きさ, Size of pump, 308
 ポンプ馬力, Pump horse-power, 54
 ポンプ弁, Pump valve, 336
 ヴォルテポンプ, Volute pump, 13, 18
 拋物線, Parabola, 185, 292, 295
 拋物線體, Paraboloid, 182
 断面の圓形なる——, —of revolution, 182

ま

丸匣, Circular casing, 213, 220
 曲りの中心, Centre of curvature, 26, 202
 曲りぶりの半径, Radius of curvature 26
 巻き匣, Spiral casing, Volute casing, 13, 212,
 巻き匣損失, Casing loss, 158
 巻出し線, Involute, 200, 216
 圓の——, —of circle, 200, 216
 摩擦, Friction, 144
 固體——, Solid——, 143
 流體——, Hydraulic——, 166
 盤面——, Disc——, 188
 機械的——, Mechanical——, 143
 摩擦面, Rubbing surface, 188
 摩擦係數, Coefficient of friction, 190

流體——, Coefficient of hydraulic friction, 168

摩擦損失, Frictional loss, 148
 摩擦速度, Rubbing velocity, 144, 183

み

みやぎ線圖, Miyagi's diagram, 85, 118
 水タービン, Hydraulic turbine, Water turbine, 13, 33, 238

水抜きコック, Drain cock, 7

水馬力, Water horse-power, 53

水嵩, Head, 9, 72

見掛けの——, Apparent——, 34

眞の——, Real——, 34

基本——, Normal——, Rated——, 279

現在——, Actual——, Effective——, 34, 72, 318

理論——, Theoretical——, 34

測定——, Manometric——, 318

水嵩効率, Manometric efficiency, 35, 73, 82, 227

水嵩損失, Loss of head, 121, 145

水返し, Reversing channel, 17

水濾し, Strainer, 7

水槌ポンプ, Hydraulic ram, 4

見掛けの水嵩, Apparent head, 34

導き羽根, Diffuser, Guide vane, 4, 137, 208

導き羽根損失, Diffuser loss, Guide-vane loss, 152

も

モーメント, Moment, 22, 188

回轉——, Turning——, Torque, 22

運動量の——, —of momentum, 21

文字板, Dial, 313

ゆ

有效水量, Quantity of effective discharge, 52, 263

よ

四段渦巻ポンプ, Four-stage centrifugal pump, 12, 17

揚水馬力, Water horse-power, 52

揚水量, Quantity of discharge, 42

横法, Abscissa, 88

横法の軸線, Axis of abscissa, 86

横型ポンプ, Horizontal pump, 260

ら

ラトーの法, Rateau's method, 258

り

兩吸込み, Double suction, 15, 255

流入方向, Inflow direction, 38

流入角, Inflow angle, 37

流入速度, Inflow velocity, 37

絶對——, Absolute——, 42

輻射——, Radial——, 42

關係——, Relative——, 42

流出角, Outflow angle, 43

流出速度, Outflow velocity, 43

絶對——, Absolute——, 43

輻射——, Radial——, 43

關係——, Relative——, 43

流動, Flow, 30

自然——, Natural——, 31, 125

強制——, Forced——, 31

流量, Quantity of flow, 171

流量計, Notch, 327

三角——, Triangular——, 328

四角——, Rectangular——, 328

切込み——, Notch, Gauge——, 327

流量係數, Coefficient of discharge, 187

流速計, Current meter, 321

流線, Stream line, 69

平均——, Mean——, 69

流體, Fluid, 1

完全——, Perfect——, 57

流體抵抗, Hydraulic resistance, 33, 141

流體效率, Hydraulic efficiency, 57

流體釣合はせ法, Hydraulic balancing method, 249

流體損失, Hydraulic loss, 144

流體摩擦, Hydraulic friction, 166

流體摩擦係數, Coefficient of hydraulic friction, 168

理論水量, Theoretical quantity of discharge, 52

理論水嵩, Theoretical head, 34

理論效率, Theoretical efficiency, 127

渦巻き室の——, —of vortex chamber, 127, 129, 131

れ

連桿, Connecting rod, 339

ろ

六段渦巻ポンプ, Six-stage centrifugal pump, 12

漏泄, Leakage, 52, 186

漏泄水量, Quantity of leakage, 52, 186

漏泄損失, Leakage loss, 173

わ

脇路, Bye pass, 341

輪の注油器, Ring oiler, 193

—(日英の部終り)—

索引表

(英日對譯の部)

数字はページを表す

A

Abscissa, 横法, 88

Axis of —, —の軸線, 86

Absolute inflow velocity, 絶對流入速度, 42

Absolute outflow velocity, 絶對流出速度, 43

Absolute path, 絶對徑路, 46

Absolute pressure, 絶對壓力, 133, 180

Absolute velocity, 絶對速度, 44, 70

Accelerating force, 加速力, 26

Action, 原働, 48

Actual head, 現在水嵩, 34, 72, 318

Air chamber, 空氣室, 339

Air cock, 空氣コック, 17

Air lift pump, 瓦斯揚水ポンプ, 3

Air pump, 空氣ポンプ, 8

Air vessel, 空氣室, 339

Angle of divergency, 擴がり角, 168, 173, 232

Angular momentum, 角運動量, 30

Angular velocity, 角速度, 33, 182

Apparent head, 見掛けの水嵩, 34

Archimedes spiral, アルキメデスゼン
まい線, 215

Atmospheric pressure, 大氣壓, 180

Automatic balancing method, 自働釣
合はせ法, 249

Automatic valve, 自働弁, 338

Axial, 軸流的, 49

Axial flow, 軸流, 49

Axial flow pump, 軸流渦巻ポンプ, 50

Axial thrust, 横推力, 18, 242

Axis, 軸, 20

Axis of ordinate, 縦法の軸線, 86

B

Balancing disc, 釣合はせ盤, 248

Double-acting —, 複働 —, 249,
251Schwartzkopff's —, シュワルツコ
ッフの —, 251Single-acting —, 單働 —, 249,
251Zulzer's —, ツルツァーの —,
249

Balancing hole, 抜け孔, 180, 256
 Balancing method, 釣合はせ法, 249
 Automatic —, 自動 —, 249
 Hydraulic —, 流體 —, 249
 Mechanical —, 機械的 —, 249
 Balancing piston, 釣合はせ盤, 248
 Base circle, 底圓, 217
 Bearing, 軸承, 193
 Bearing loss, 軸承損失, 193
 Bernoulli's theorem, ベルヌーイの定理, 127
 Blade, 羽根, 4, 198
 Half —, 半 —, 69
 Number of —, —の數, 69, 78, 154, 208
 Partial —, 半 —, 69
 Brake horse-power, 軸馬力, 55, 264, 330
 Brake horse power-discharge characteristic, 水量對軸馬力示性線, 301
 Bucket dredger, バケツ浚深機, 2
 Buoyancy, 浮力, 3
 Bye pass, 脇路, 341

C

Casing, 外匣, 4
 Circular —, 丸匣, 213, 220
 Spiral —, 巻き匣, 13, 212
 Volute —, 巻き匣, 13, 212
 Casing loss, 巻き匣損失, 158
 Centrifugal dredger, 渦巻浚深機, 2
 Centrifugal force, 遠心力, 26, 48,
 Centrifugal pump, 渦巻ポンプ, 外流渦巻ポンプ, 3, 4, 49
 Five-stage —, 五段 —, 12

Four-stage —, 四段 —, 12, 17
 Multi-stage —, 多段 —, 12, 142
 Single-stage —, 一段 —, 12, 13, 142
 Six-stage —, 六段 —, 12
 Three-stage —, 三段 —, 12, 17
 Two-stage —, 二段 —, 12
 Centripetal pump, 内流渦巻ポンプ, 50
 Centre of curvature, 曲りの中心, 26, 202
 Characteristic, 性能, 示性線, 279
 Brake horse power-discharge —, 水量對軸馬力 —, 301
 Discharge-speed —, 回轉度對水量 —, 306
 Efficiency-discharge —, 水量對效率 —, 301
 Falling —, 下る —, 300
 Flat —, 平たき —, 300
 Head-discharge —, 水量對水當 —, 291, 301
 Head-speed —, 回轉度對水當 —, 293
 Manometric efficiency-discharge —, 水量對水當效率 —, 296
 Manometric efficiency-speed —, 回轉度對水當效率 —, 297
 Rising —, 上る —, 300
 Steep —, 峻しき —, 300
 Characteristic curve, 示性線, 279
 Characteristic diagram, 示性線圖, 307
 Circular casing, 丸匣, 213, 220
 Circumferential, 圓周的, 156

Circumferential velocity, 圓周速度, 33, 62, 262
 Classification, 分類法, 270
 Classification of losses, 損失の分類, 144
 Clearance, 隙, 146, 181, 249
 Clearance ring, 環め輪, 179
 Clearance space, 隙間, 150, 178
 Closed type, 箱形, 150
 Cock, コック, 7
 Air —, 空氣 —, 17
 Drain, 水抜き —, 7
 Priming —, 給水 —, 7
 Coefficient, 係數, 182
 Empirical —, 實驗的 —, 170, 328
 Coefficient of correction, 修正係數, 76, 89
 Coefficient of discharge, 流量係數, 187
 Coefficient of friction, 摩擦係數, 190
 Coefficient of hydraulic friction, 流體摩擦係數, 168
 Concentric, 同心, 221
 Conical part, 圓錐部, 160, 222
 Conical pipe, 圓錐管, 159, 221
 Connecting rod, 連桿, 339
 Converging passage, 集中する徑路, 239
 Correction, 修正, 73
 Coefficient of —, —係數, 76, 80
 Crank, クラック, 339
 Current meter, 流速計, 321
 Cylinder, シリンダー, 2

D

Dash, ダッシュ, 59
 Delivery head, 吐出し嵩, 9
 Delivery pipe, 吐出し管, 4
 Delivery side, 吐出し側, 178
 Diagram, 線圖, 44, 240
 Characteristic —, 示性 —, 307
 Miyagi's —, みやぎ —, 85, 118
 Velocity —, 速度 —, 44, 62
 Diagrammatic, 線圖的, 271
 Dial, 文字板, 313
 Differential gauge, 差壓計, 319, 324
 Diffuser, 導き羽根, 案内羽根, 4, 137, 208
 Diffuser loss, 導き羽根損失, 152
 Disc friction, 盤面摩擦, 188
 Disc friction loss, 盤面摩擦損失, 187
 Discharge head, 吐出し嵩, 9
 Discharge orifice, 排水口, 158
 Discharge pipe, 吐出し管, 4
 Discharge side, 吐出し側, 178
 Discharge specific-speed, 水量比回轉度, 268
 Discharge-speed characteristic, 回轉度對水量示性線, 306
 Discharge tank, 排水槽, 311
 Distribution of pressure, 壓力分布, 132, 185, 243, 245
 Divergent, 末廣る, 129
 Diverging passage, 擴離する徑路, 239
 Double-acting balancing disc, 複働釣合はせ盤, 249
 Double suction, 兩吸込み, 15, 255
 Drain cock, 水抜きコック, 7

Dredger, 浚深機, 2
 Centrifugal—, 渦巻—, 2
 Bucket—, ベケツ—, 2
 Dynamometer, 動力計, 331
 Transmission—, 傳導—, 331

E

Eccentric, 偏心, 221
 Effective head, 現在水嵩, 34, 72, 318
 Efficiency, 效率, 57
 Gross—, 全—, 57
 Hydraulic—, 流體—, 57
 Manometric—, 水嵩—, 35, 73, 82, 227
 Mechanical—, 機械的—, 56
 Theoretical—, 理論—, 127
 Total—, 全—, 57
 Volumetric—, 水量—, 52
 Efficiency-discharge characteristic, 水量對效率示性線, 301
 Ejector pump, 注射ポンプ, 3, 8
 Electric motor, 電動機, 11
 Empirical coefficient, 實驗的係數, 170, 328
 End thrust, 橫推力, 18, 242
 Energy, エネルギー, 3
 Kinetic—, 動—, 30
 Position—, 位置の—, 10, 30
 Potential—, 靜—, 30
 Pressure—, 壓力の—, 30
 Velocity—, 速度の—, 30
 Entrance, 入口, 35
 Entrance angle, 入口角, 43, 46
 Equiangular spiral, 等角ぜんまい線, 128

Equilateral hyperbola, 直角雙曲線, 88
 Equilibrium of forces, 力の釣合ひ, 27
 Error, 誤差, 73
 Exit, 出口, 35
 Exit angle, 出口角, 43

F

Factor of resistance, 抵抗率, 35, 72, 82
 Falling characteristic, 下る性能, 300
 First fundamental equation, 基本第一方程式, 48
 Five-stage centrifugal pump, 五段渦巻ポンプ, 12
 Flat characteristic, 平たき性能, 300
 Float, 浮き, 321
 Flow, 流動, 30
 Axial—, 軸流, 49
 Forced—, 強制—, 31
 Inward—, 内流, 49
 Natural—, 自然—, 31, 125
 Outward—, 外流, 49
 Quantity of—, 流量, 171
 Fluid, 流體, 1
 Perfect—, 完全—, 37
 Foot valve, 地獄瓣, 7
 Forced flow, 強制流動, 31
 Four-stage centrifugal pump, 四段渦巻ポンプ, 12, 17
 Friction, 摩擦, 144
 Coefficient of—, —係數, 190
 Disc—, 盤面—, 188
 Hydraulic—, 流體—, 166
 Mechanical—, 機械的—, 143
 Solid—, 固體—, 144
 Frictional loss, 摩擦損失, 148

Fundamental equation, 基本方程式, 34, 116

First—基本第一方程式, 48
 Second—, 基本第二方程式, 48

G

Gas, 瓦斯體, 1
 Gas-driven pump, 瓦斯揚水ポンプ, 3
 Gauge notch, 切欠き流量計, 327
 Graphical, 圖法的, 44
 Graphical solution, 圖式解法, 84
 Gross efficiency, 全效率, 57
 Guide vane, 導き羽根, 案内羽根, 4, 38, 137, 208
 Guide-vane loss, 導き羽根損失, 152

H

Half vane, 半羽根, 69, 207
 Head, 嵩, 水嵩, 9, 10, 72
 Actual—, 現在—, 34, 72, 318
 Apparent—, 見掛けの—, 34
 Delivery—, 吐出し—, 9
 Discharge—, 吐出し—, 9
 Effective—, 現在—, 34
 Loss of—, —損失, 124, 145
 Manometric—, 測定—, 318
 Normal—, 基本—, 279
 Position—, 位置の—, 30
 Pressure—, 壓力の—, 30
 Rated—, 基本—, 279
 Real—, 眞の—, 34
 Suction—, 吸揚げ—, 9
 Theoretical—, 理論—, 34
 Total—, 總—, 9
 Velocity—, 速度の—, 30

Head-discharge characteristic, 水量對水嵩示性線, 291, 301
 Head-speed characteristic, 回轉度對水嵩示性線, 293
 Helicoidal pump, 軸流渦巻ポンプ, 50
 Higher mathematics, 高等數學, 25, 133
 High-head pump, 高揚程ポンプ, 11
 High speed, 高速度, 269
 High-speed pump, 高速度ポンプ, 270
 Hook gauge, 鈎尺, 328
 Horizontal pump, 橫型ポンプ, 260
 Horse-power, 馬力, 330
 Brake—, 軸—, 55, 264, 330
 Pump—, ポンプ—, 54
 Shaft—, 軸—, 55, 264, 330
 Water—, 水—, 揚水—, 53
 Horse-power specific-speed, 馬力比回轉度, 268
 Hydraulic balancing method, 流體鈎合せ法, 249
 Hydraulic efficiency, 流體效率, 57
 Hydraulic friction, 流體摩擦, 166
 Coefficient of—, —係數, 168
 Hydraulic loss, 流體損失, 144
 Hydraulic ram, 水槌ポンプ, 4
 Hydraulic resistance, 流體抵抗, 33, 141
 Hydraulics, 水力学, 120
 Hydraulic turbine, 水タービン, 13, 36, 238
 Hyperbola, 雙曲線, 88
 Equilateral—, 直角—, 88, 198
 Rectangular—, 直角—, 88, 198