

1. はじめに

わが国の水力発電はほとんど開発し尽くされているが、なお河川には低落差のエネルギーは残されている。また海洋には、波力、潮力、海流などのエネルギーが豊富にあるが利用されていない。その原因は、これらの自然エネルギーは稀薄なため、変換効率が極めて小さいことである。この問題を解決するには、稀薄なエネルギーを濃縮する技術が必要になる。その1つの方法として、筆者らは低落差のエネルギーを利用して揚水する装置を開発した。この装置の実験では、低落差のエネルギーが高落差のエネルギーに変換できることが確認された。またこの装置に波力エネルギーを利用する研究も進めているので、その計画について報告する。

2. 低落差を高落差に変換する装置

本装置は低落差のエネルギーを気圧エネルギーに変換する作動水室と、揚水回路を形成する階段状水室及び連結回路、作動水室と階段状水室間のエネルギーの伝達と運転を制御する気圧回路により形成される。

(a) 作動水室

作動水室は2個をもって1ユニットとし、各水室において、低落差の水頭 H_1 のエネルギーを水面の上下運動とすることによってこれを気圧エネルギーに変換する役割を持つ。図(1)について説明すると、水室1をL.W.L側配置し、L.W.Lまで水を入れる。次に弁4, 6を開じ3, 5を開けば、水室内に(+)圧が作用するのでこれを11の制御室へ導く。水室2はH.W.L側に配置し、H.W.Lまで水を入れる。次に弁7, 10を開じ8, 9を開けば水室内に(-)圧が作用するのでこれを制御室12へ導く。

(b) 階段状水室

階段状水室は上下の2箇が1ユニットになって1行程の揚水をする。いま水室13と15が満水している場合について述べると、弁23, 28, 10を開き、他の弁を閉じると、制御室11より(+)圧が13へ作用し、12より(-)圧が14へ作用するので13より14へ揚水される。この操作を水室15と16の間で行なうものとし、これを第1行程とする。第2行程は水室14と15及び16と17の間で行なう。第3行程は水室17に(+)圧、13に(-)圧を作用させて揚水する。以上が最も簡単な基本型であるが、実際の条件に適合させると多様な形態になる。なお本装置の適用落差は大気圧までになるが、次に述べるように低落差の効率がよく、高落差で効率がわるくなるので7mぐらいが限界である。

(c) 揚水効率

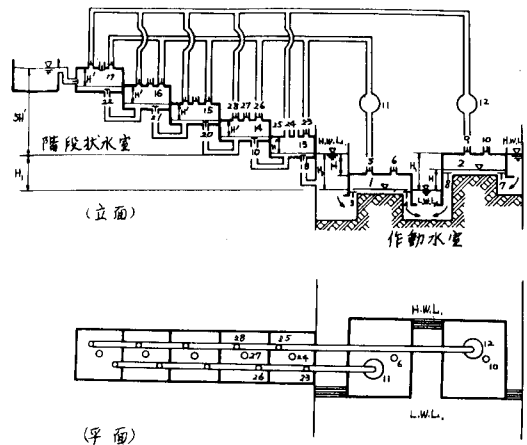
初落差 H_1 から下限川までの水頭を有効水頭として制御する場合、主な損失は

(i) 階段状水室1ユニットの揚程を H' とすると $|H| > H'$ でなければならないので $|H| = H' + \Delta H$ とおけば、 ΔH は損失水頭になる。

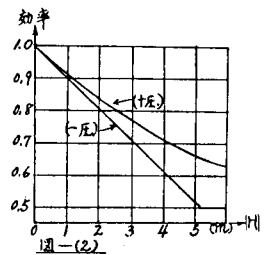
(ii) 階段状水室の上方水室で H' の揚程を得るために、下方水室で H' の水頭を失うことになるので50%の損失になる。

(iii) 作動水室で水压を気圧に変換するとき、空気の膨張および圧縮容積に相当する水量を余分に消耗するので損失になる。この損失と H の関係を図(2)に示す。

以上のほかに揚水回路、気圧回路などの損失を見込むと20~35%ぐらいになる。



図一(1)



図一(2)

(d) 運転速度

階段状水室1ユニットについていえば、初圧 H_1 から有効水頭の下限 H_2 までの気圧エネルギーを水頭に置きかえればよい。これを図(3)のようなもぐりオリフィスを通して時間として計算すると、流量 $Q = C\alpha\sqrt{2g(h_1+h_2)}$ 、 C :流量係数

α :弁の断面積、 h_2 :接近流速水頭とすれば $t = \frac{1}{C\alpha\sqrt{2g}} \left(\frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \right) \int_{h_2}^{h_1} \frac{1}{\sqrt{h_1 + h_2}} dz$
 $h_2 = 0$ かつ $A_1 = A_2 = A$ の場合、 $t = \frac{A}{C\alpha\sqrt{2g}} (h_1^{\frac{1}{2}} - h_2^{\frac{1}{2}})$, $h_1 = 2H_1$, $h_2 = 2\Delta H$

(例) $H_1 = 3m$, $|H| = 2m$, $H = 1.5m$, $\Delta H = 0.5m$ の場合、第1,2行程では $h_1 = 6m$, $h_2 = 1m$ 、第3行程では $h_1 = 3m$, $h_2 = 1m$

$A = 20.25m^2$, 弁の径 $0.5m$, $C = 0.8$ とする場合、第1,2行程は42.2秒、第3行程は42.6秒になる。

3. 実験プラントと実験結果

実験プラントは図(4)に示すもので、基本型をモデルにし、階段状水室を立体構造とした。

(作動水室)2個 [A]: (+)圧用, $64cm \times 64cm \times 40cm$

[B]: (-)圧用, 同上 有効容積 $0.143m^3$

(階段状水室)5個: 円筒形、有効容積 $0.06m^3$, 弁径 $5cm$ 、

(適用条件): 第1,2行程 $H_1 = 0.8m$, $H = \pm 0.45m$

$\Delta H = \pm 0.05m$, $H' = 0.40m$ 、

第3行程 $H = \pm 0.625m$, $\Delta H = \pm 0.225m$

(効率): $H_1 \sim |H|$ の全エネルギーを消耗すると約24%

(実験結果): 時間経過と水頭の変化を図(5)、図(6)に示す。

各行程及び行程切換の時間を含めた所要時間260秒、

効率30%、単位時間揚水量 $2.31 \times 10^{-4} m^3/s$ である。

H を変えた実験では、最小時間は201秒、効率26%、

揚水量は $2.98 \times 10^{-4} m^3/sec$ が最大値を示した。

4. 波力による揚水システム

本装置の波力による揚水システムを図(7)により説明すると、先ず前段において越波堤により第1揚水池に揚水し、低下貯水池との間に落差 H_1 を得る。低下貯水池の水位より海面が低いときは流出し、海面が高いときは逆止扉に阻止される。次に中央揚水装置として、階段状水室2基と作動水室1ユニット設定し、落差 H_1 を利用して第2揚水池へ揚水する。さらに波力を利用するために、別系統の波エネルギー吸収装置を設定し、波エネルギーを(+/-)圧の気圧エネルギーに変換し、これを中央揚水装置に送り、作動水室と同じ作用をさせる。この方式では定圧化タンクを用いず、有効水頭の下限 H_2 より大きい圧力(主圧)と小さい圧力(副圧)とにわけて供給することもできる。

5. まとめ

この実験により揚水効率24%以上になることが確認されたので、これを発電に利用する場合、発電効率を50%とすれば全効率10%以上になり実用に供し得ると思う。本装置は小落差で効率が高いが、水室の数が多くなるので、中間に揚水池を設けてその落差を用いる方法をとれば、1ユニットの揚程を高め得る。

6. 謝辞 この研究は海洋科学技術センターの益田善雄氏の指導を受けたことを記し、ここに深甚の謝意を表する。

(文献) 海洋科学技術センター資料

