

熱流体トレーニング (1)

刑部真弘*1

OSAKABE Masahiro

我々の生活を支える発電や輸送等のシステムは進化し続け非常に複雑なものとなっているため、それらを設計製造するときのみならず、運転・維持管理する場合にも熱流体工学の「考え方」をトレーニングすることが非常に重要となってきている。これまで不思議だ！変だ！と感じた熱流体の挙動について紹介したい。

図1に示したのは、発電装置である。ワイヤに円柱状の浮きが多数設置されたものが、上下のプーリで固定されている。また、片側の浮き群は、図に示したように水深 h の水槽に沈められている。水槽中の浮きには浮力が作用するので、この浮き付きワイヤはゆっくりと右回転を始め、プーリに設置された発電機を回す。また、水槽に浮きが入るところでは、多少の水漏れは生じるが、発電装置で発生する電気を使って多少給水してあげれば、水位が減少して浮力が作用しなくなることを防ぐことは可能である。なお、浮きは非常に軽い材質で無視できる重さであり、ワイヤも無視できるほど細い。

これは実際に我々の大学に持ち込まれたアイデアであり、どこからともなくエネルギーが湧いてくる永久機関である。世の中にはこれに飛びつく人も結構存在する。エネルギー技術者として、どのように反論したらよいであろうか？一番、あっさりした反論は、「永久機関は熱力学の第一法則上存在しない」である。ただし、子供の頃に教えられた「浮力というのは物体が押しつけた体積分の水の重さである」というアルキメデスの原理だけを覚えている人々には、「熱力学の第一法則」という怪しい法則こそおかしいのではないかという気持ちになるようである。

ここで、発想の転換が重要になる。発想の転換には、物理現象についての十分な思考トレーニングを経験してはじめて可能である。すなわち、浮力というのは、元々何なのかと突き詰めて考えてみたことがある人は以下のように反論する。

浮力は物体に働く圧力による。例えば、図2の断面積 A の円柱状浮きに作用する浮力は、上面と下面に作用する水圧による力の合力に過ぎない。上面の水深が h_1 であり、下面の水深が h_2 であるとすると、浮力は水圧の合力として、

$$F_b = \rho_L h_2 g A - \rho_L h_1 g A \\ = \rho_L g A (h_2 - h_1)$$

ここで、 ρ_L : 水の密度、 g : 重力加速度である。さらに、浮きの上面と下面の差は浮きの高さ Δh であるので、

$$F_b = \rho_L g A \Delta h \\ = \rho_L g V$$

ここで、 V : 浮きの体積 ($=A\Delta h$) である。この式は、「浮力というのは物体が押しつけた体積分の水の重さである」というアルキメデスの原理を表している。

ここで、図1に示した水深 h の水槽下面から入ってくる浮きに注目してみる。この浮きには上面に

$$F_{in} = \rho_L g h A$$

の力が働くことになる。一方水深 h に含まれる浮きの浮力の合計は

$$F_b = \rho_L g A \sum \Delta h < \rho_L g h A = F_{in}$$

すなわち、水槽中の浮きに作用する浮力の合計は、常に入口の浮きに作用する水圧による力より小さい。これでは、この発電装置が継続して動くことは不可能である。

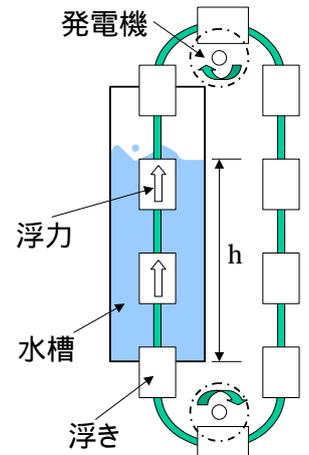


図1 永久機関

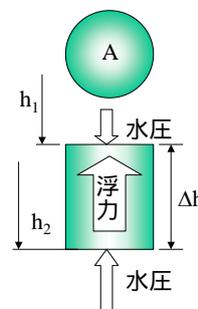


図2 断面積 A の円柱状浮き

参考サイト

- (1) 東京海洋大学蒸気動力研究室HP
<http://www.e.kaiyodai.ac.jp/~osakabe>

*1 東京海洋大学海洋工学部 海洋電子機械工学科
 (江東区越中島2-1-6) .