2015 問 1 水力発電 P = 9.8QH 単位変換

水力発電所の理論水力 P は位置エネルギーの式から $P=\rho gQH$ と表される。 ここで H [m]は有効落差,Q $[m^3/s]$ は流量,g は重力加速度 =9.8 m/s^2 , ρ は水の密度 =1000 kg/m^3 である。以下に理論水力 P の単位を検証することとする。 なお,Pa は「パスカル」,N は「ニュートン」,W は「ワット」,J は「ジュール」である。

P=
ho gQHの単位は ho, g, Q, Hの単位の積であるから, $kg/m^3 \cdot m/s^2 \cdot m^3/s \cdot m$ となる。これを変形すると, (\mathcal{P}) m/sとなるが, (\mathcal{P}) は力の単位 (\mathcal{T}) と等しい。すなわち P=
ho gQHの単位は (\mathcal{T}) \cdot m/sとなる。

ここで、(イ)・mは<u>仕事(エネルギー)の単位である</u>(ウ) と等しいことから $P = \rho g Q H$ の単位は (ウ) /sと表せ、これは<u>仕事率(動力)の単位である</u>(エ) と等しい。

ゆえに、理論水力 $P = \rho g Q H$ の単位は (T) となるが、重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ と水の密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ の数値 $9.8 \times 1000 \text{ を考慮すると}$ 、P = 9.8 Q H [(オ)] と表せる。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
(1)	kg·m	Pa	W	J	kJ
(2)	$kg \cdot m/s^2$	Pa	J	W	kW
(3)	kg·m	N	J	W	kW
(4)	$kg \cdot m/s^2$	N	W	J	kJ
(5)	kg·m/s ²	N	J	W	kW

一見、難しそうですが、問題中にヒントがあるので、よく読めばなんとなく解けるのではないでしょうか。

解説

(ア)
$$kg \cdot m/s^2$$

kg/m³·m/s²·m³/s·m を計算します。 (s は秒、second です)

$$\frac{kg}{m^3} \times \frac{m}{s^2} \times \frac{m^3}{s} \times m$$

$$= \frac{kg \times m}{s^2} \times \frac{m}{s}$$



(イ) N

問題中に「力の単位」とあり、力の単位と言えばN「ニュートン」になります。

力は F(force) で表され「F=ma」(運動方程式)という物理の有名な公式があります。 F=ma に単位を当てはめると、

 $F[N] = m[kg] \times a[m/s^2]$

単位だけで見ると、 $N = kg \cdot m/s^2$ になります。

公式

運動方程式

(物体に作用する力,物体の質量,物体に生じる加速度の関係を表す式)

$$F = ma$$

F[N]: 物体に働く力

m [kg]: 物体の質量

a [m/s 2]:加速度

(ウ) J

問題中に「<u>仕事(エネルギー)の単位である</u>」とあるので、仕事(エネルギー)の単位と言えば J「ジュール」になります。

 $[J] = [N] \cdot [m]$ の関係にあり、 $\frac{N = kg \cdot m/s^2}{s^2}$ なので、

 $[J] = [\frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}}] \cdot [\text{m}]$ の関係になります。

 (\perp) W

問題中に「<u>仕事率(動力)の単位である</u>」とあるので、<u>仕事率(動力)</u>の単位と言えばW「ワット」になります。

「仕事率」と言われてもピンとこないかもしれませんが、仕事率(動力)とあります。

動力は P で、P の単位は $[W] \rightarrow P[W]$

このように言われれば納得できるのではないでしょうか。

ちなみに、[W] = [J/s] の関係になります。

また、次のように(オ)の答えから考えてもわかります。

「 $(P = \rho gQH \$ において)重力加速度 $g = 9.8 \$ m/s 2 と水の密度 $\rho = 1000 \$ kg/m 3 の数値 $9.8 \$ と $1000 \$ を考慮すると」とありますが、

これは $P = \rho gQH$ に g = 9.8, $\rho = 1000$ を代入するということです。

$$P = \rho g Q H$$

$$\downarrow$$

$$P = 1000 \times 9.8 Q H$$

ここで、(オ)の答え P=9.8QH の単位は[kW]とわかっているので、 $P=1000\times 9.8QH$ の単位は[W]になります。

$$P = \frac{1000}{1000} \times 9.8QH [W]$$

$$\downarrow (k = 1000)$$

$$P = 9.8QH [kW]$$

(才) kW

P= 9.8 QHは、水力発電の**理論出力**(発電電力)を求める公式のため、単位は[kW]になります。

<u>答(5)</u>

この問題の結論としては、 $P=\rho gQH$ [W] と P=9.8QH [kW] は同じである、ということを言っています。

水力発電の理論出力(発電電力)を求める公式は、次のようになります。

公式

水の流量が毎秒 Q[m³]で、有効落差 H[m]のときの 水力発電の理論出力 (発電電力) を求める式

P = 9.8 QH

P[kW]: 出力

Q [m³/s]:1 秒当たりの水の流量

H [m]: 有効落差

この公式は、水車や発電機による損失が考慮されていないため、

この式で求められた値を理論出力と言います。

実際には水車や発電機には損失が発生するので、それらを考慮する必要があります。 水車効率 と 発電機効率 を考慮した出力 (発電電力) を求める公式は、次のようになります。

公式

水の流量が毎秒 $Q[m^3]$ 、有効落差 H[m]、水車効率 η_t 、発電機効率 η_g のときの水力発電の出力 (発電電力) を求める式

 $P = 9.8 Q H \eta_t \eta_g$

 $\eta_{\rm t}$: 水車効率

ηg: 発電機効率