

問題 B3 以下の B3-1~B3-3 の 3 問のうちから 1 問を選んで解答しなさい。(配点 10 点)

B3-1 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な答えを候補群から選びなさい。

貯槽からヘッドタンクへポンプを用いて水を輸送している。その運転条件はポンプ性能と配管抵抗から決まる。ここで使用しているポンプ P の揚程 h_a [m] と吐出流量 Q [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$] の関係を与える性能曲線が図 B3-1 に与えられるとき、以下の考察を行う。ただし、性能曲線は式(1)で近似できるものとする。

$$h_a = -Q^2 + 30 \quad (1)$$

1) この配管系の配管抵抗 h_r [m] と吐出流量 Q [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$] の関係が式(2)で与えられるとき、ポンプ P を運転できる条件は、吐出流量 $Q = \boxed{a}$ [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]、揚程 $h_a = \boxed{b}$ [m] となる。
 $h_r = 3Q^2 + 5 \quad (2)$

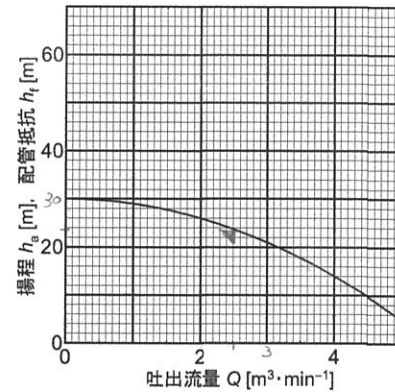
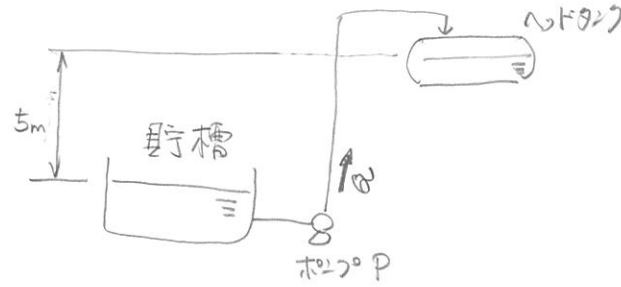


図 B3-1 ポンプ P の性能曲線

- 2) ポンプ P を 2 台直列につないで運転する場合、その性能曲線は単独運転の場合と比べて \boxed{c} 。
 また、配管抵抗の関係が式(2)で変わらないとすると、その運転条件は吐出流量 $Q = \boxed{d}$ [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]、揚程 $h_a = \boxed{e}$ [m] となる。
- 3) ポンプ P を 2 台並列につないで運転する場合、その性能曲線は単独運転の場合と比べて \boxed{f} 。
 また、配管抵抗の関係が変わらないとすると、この場合の運転条件は 2 台直列運転の場合と比べて、 \boxed{g} 。

[候補群]

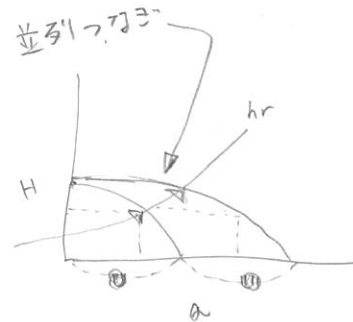
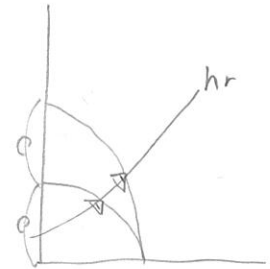
- | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| \boxed{a} | (1) 1.4 | (2) 2.0 | (3) 2.5 | (4) 2.8 | (5) 3.2 |
| \boxed{b} | (1) 17 | (2) 20 | (3) 22 | (4) 24 | (5) 28 |
| \boxed{c} | (1) 同じ吐出流量に対して揚程が 2 倍となる | (2) 同じ吐出流量に対して揚程が 4 倍となる | (3) 同じ揚程に対して吐出流量が 2 倍となる | (4) 同じ揚程に対して吐出流量が 4 倍となる | (5) 変わらない |
| \boxed{d} | (1) 2.4 | (2) 2.9 | (3) 3.3 | (4) 3.8 | (5) 4.1 |
| \boxed{e} | (1) 32 | (2) 38 | (3) 40 | (4) 42 | (5) 48 |
| \boxed{f} | (1) 同じ吐出流量に対して揚程が 2 倍となる | (2) 同じ吐出流量に対して揚程が 4 倍となる | (3) 同じ揚程に対して吐出流量が 2 倍となる | (4) 同じ揚程に対して吐出流量が 4 倍となる | (5) 変わらない |
| \boxed{g} | (1) 変わらない | (2) 揚程、吐出流量ともに小さい | (3) 揚程は大きく、吐出流量は小さい | (4) 揚程は小さく、吐出流量は大きい | (5) 揚程、吐出流量ともに大きい |



1) $h_a = h_r$ a と b を求める。
 $-Q^2 + 30 = 3Q^2 + 5$
 $4Q^2 = 25$
 $Q = \sqrt{\frac{25}{4}} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ m}^3/\text{min}$
 小性能曲線から $h_a = 24 \text{ m}$

2) 直列 (1 つのポンプ P の性能)
 $h'_a = 2h_a$
 $h'_a = h_r$ a と b を求める。
 $2(-Q^2 + 30) = 3Q^2 + 5$
 $5Q^2 = 55$
 $Q = \sqrt{11} = 3.3 \text{ m}^3/\text{min}$
 $h'_a = 2(-3.3^2 + 30) = 38 \text{ m}$

直列 7 台目



並列 7 台目
 $h''_a = -\frac{1}{5}Q^2 + 30$
 $h''_a = h_r$ a と b を求める。
 $-\frac{1}{5}Q^2 + 30 = 3Q^2 + 5$
 $3.5Q^2 = 25$
 $Q = \sqrt{10} = 3.16 \text{ m}^3/\text{min}$
 $h''_a = 25 \text{ m}$