

2장 에너지 수지 3. 응용

$$U + mgh + \frac{1}{2}mv^2 = Q - W$$

에너지보존의 예: 수력발전

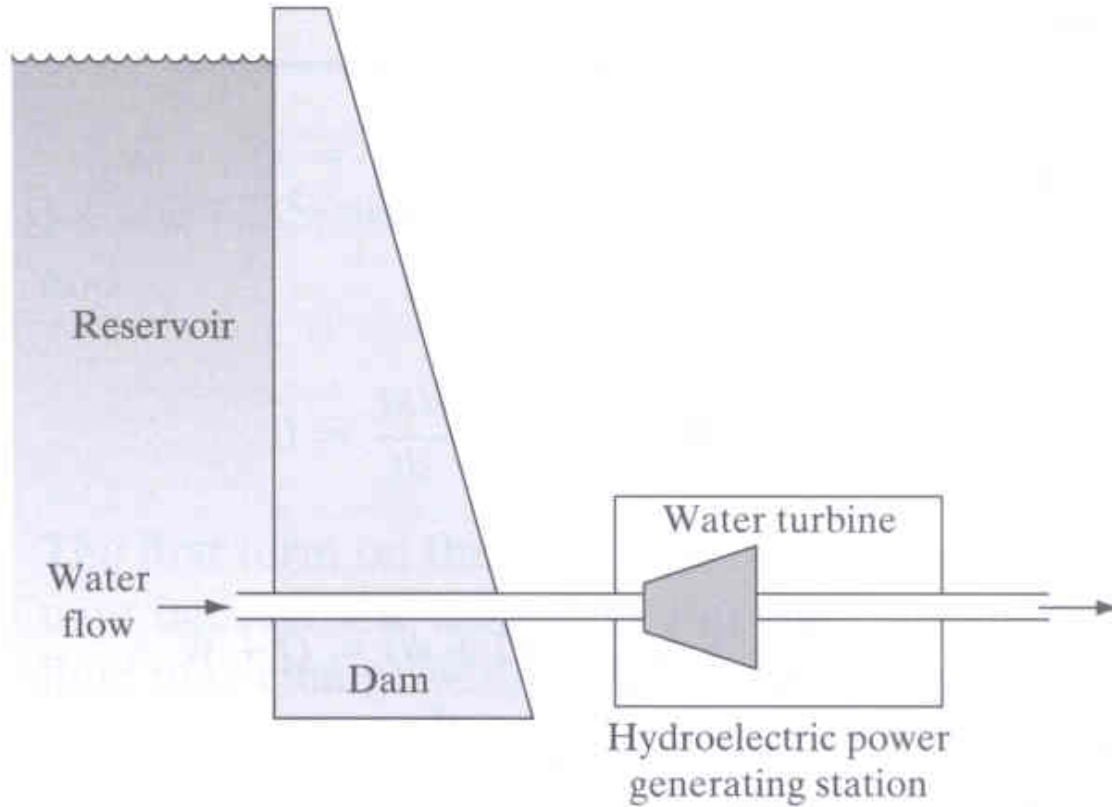


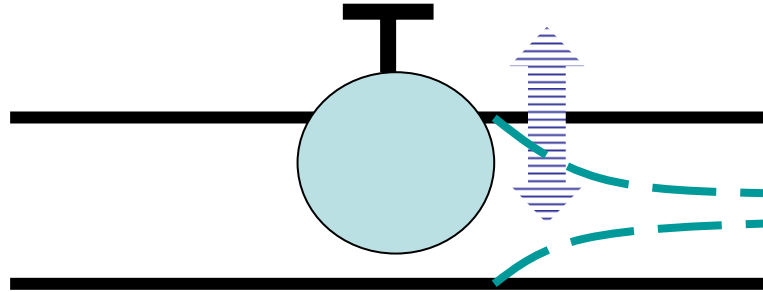
그림 2-1. 수력 발전소: 큰 압력차에 의하여 흐르게 되는 유체로부터 일을 얻어내는 장치.

화학공정 해석

$$\left[\frac{dm(H + gh + v^2 / 2)}{dt} \right] = [H + gh + v^2 / 2]_{in} \times \dot{m}_{in} - [H + gh + v^2 / 2]_{out} \times \dot{m}_{out} + \dot{Q} - [\dot{W}_S + \dot{W}_{EC}]$$

1. 열린계 (H), 닫힌계 (U)
2. 정상상태 (dH/dt=0), 비정상상태 (dH/dt≠0),
3. 물질수지 및 에너지 수지식
4. 공정의 특성파악 (단열, 노즐, 압축, 펌프 등)
5. 상태방정식, 정적열용량, 정압열용량 등 열역학적 물성치사용
6. 단위해석

공정장치의 에너지 수지 <밸브와 노즐>



$$\left[\frac{dm(H + gh + v^2/2)}{dt} \right] = [H + gh + v^2/2]_{in} \times \dot{m}_{in} - [H + gh + v^2/2]_{out} \times \dot{m}_{out} + \dot{Q} - [\dot{W}_s + \dot{W}_{EC}]$$

$$0 = \left[H + \frac{v^2}{2} \right]_{in} \cdot \dot{m} - \left[H + \frac{v^2}{2} \right]_{out} \cdot \dot{m}$$

$$0 = \left(-\Delta H - \frac{\Delta v^2}{2} \right) \dot{m}$$

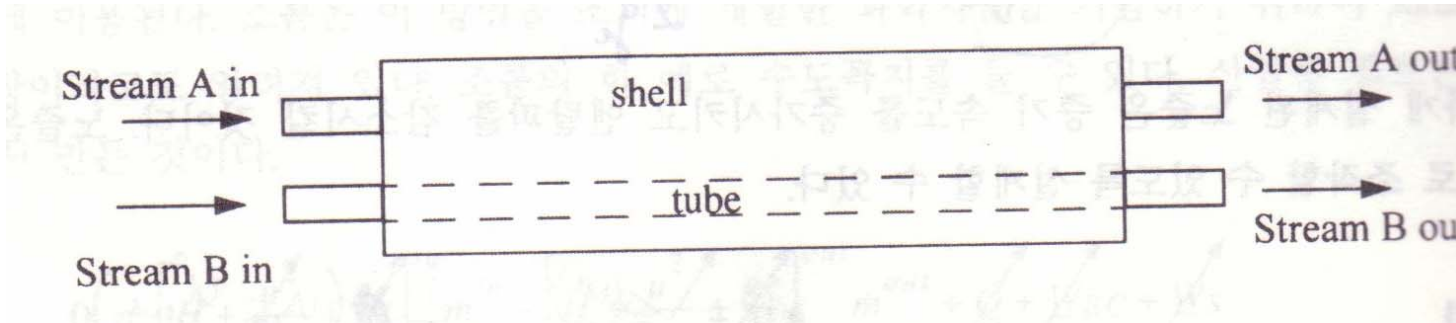
밸브(동일직경, 또는 액체):

$$0 = \Delta H$$

노즐(작아진 직경 또는 기체):

$$0 = \Delta H + \frac{\Delta v^2}{2}$$

공정장치의 에너지 수지 <열교환기>



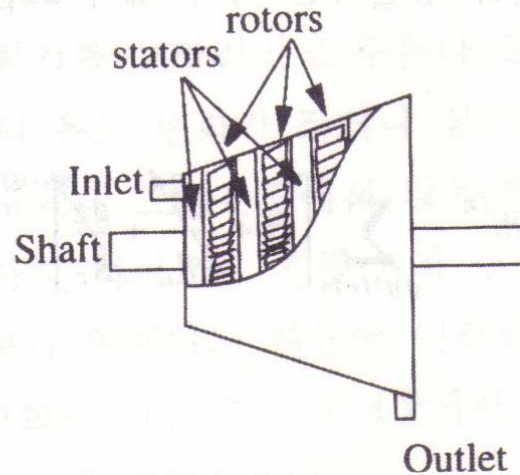
$$\left[\frac{dm(H + gh + v^2/2)}{dt} \right] = [H + gh + v^2/2]_{in} \times \dot{m}_{in} - [H + gh + v^2/2]_{out} \times \dot{m}_{out} + \dot{Q} - [\dot{W}_S + \dot{W}_{EC}]$$

$$0 = [H]_{in} \cdot \dot{m} - [H]_{out} \cdot \dot{m} + \dot{Q}$$

$$0 = -(\Delta H)\dot{m} + \dot{Q}$$

$$\Delta H\dot{m} = \dot{Q}$$

공정장치의 에너지 수지 <터빈과 팽창기, 그리고 압축기>



$$\left[\frac{dm(H + gh + v^2 / 2)}{dt} \right] = [H + gh + v^2 / 2]_{in} \times \dot{m}_{in} - [H + gh + v^2 / 2]_{out} \times \dot{m}_{out} + \dot{Q} - [\dot{W}_S + \dot{W}_{EC}]$$

$$0 = [H]_{in} \cdot \dot{m} - [H]_{out} \cdot \dot{m} + \dot{W}_s$$

$$0 = -(\Delta H) \dot{m} + \dot{W}_s$$

$$\Delta H \dot{m} = \dot{W}_s$$

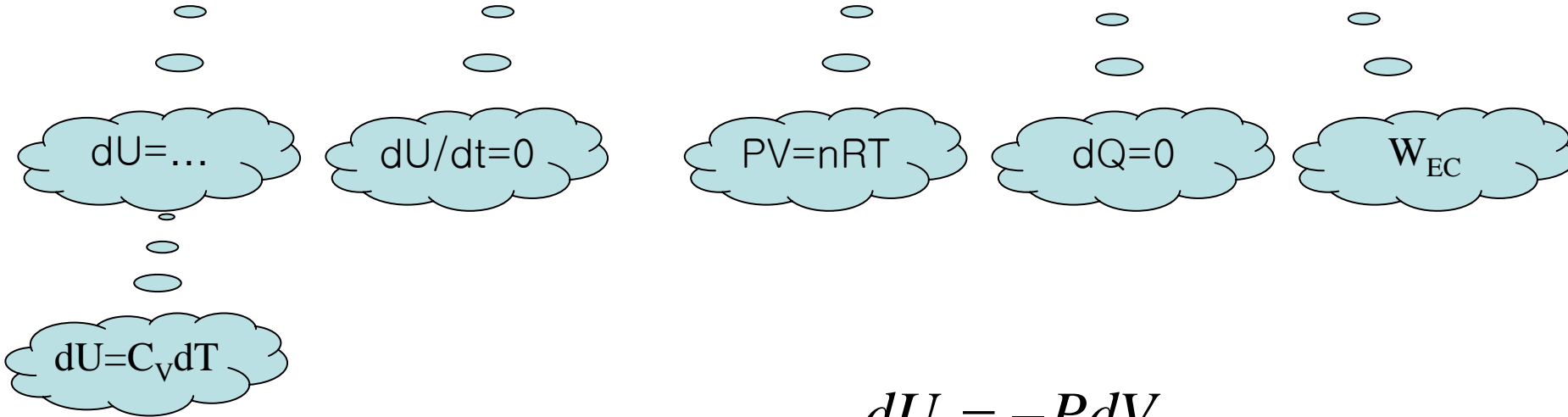
공정장치의 에너지 수지
<펌프 (=액체 압축기)>

$$\Delta H \dot{m} = \dot{W}_s$$

$$\Delta H \dot{m} = \int_{P_1}^{P_2} V dP$$

예제 2.9: 피스톤/실린더

닫힌계, 정상상태, 이상기체, 단열, 팽창



$$dU = -PdV$$

$$C_v dT = -PdV$$

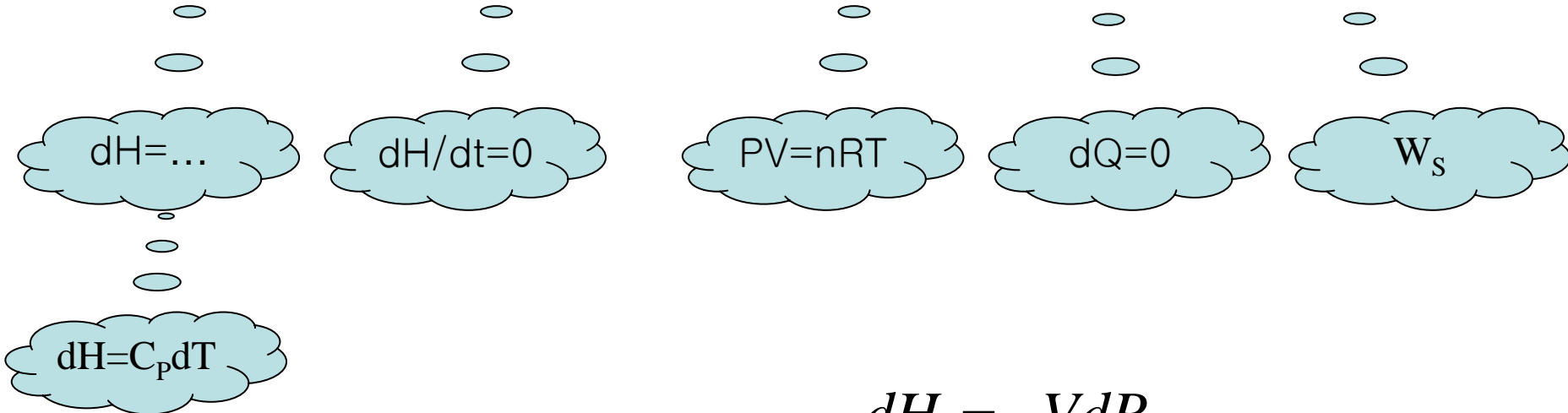
$$C_v dT = -nRT \frac{dV}{V}$$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_v \frac{dT}{T} = -nR \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$dU = dQ - PdV$$

예제 2.10: 압축기

열린계, 정상상태, 이상기체, 단열, 압축기



$$dH = -VdP$$

$$C_p dT = -VdP$$

$$C_p dT = -nRT \frac{dP}{P}$$

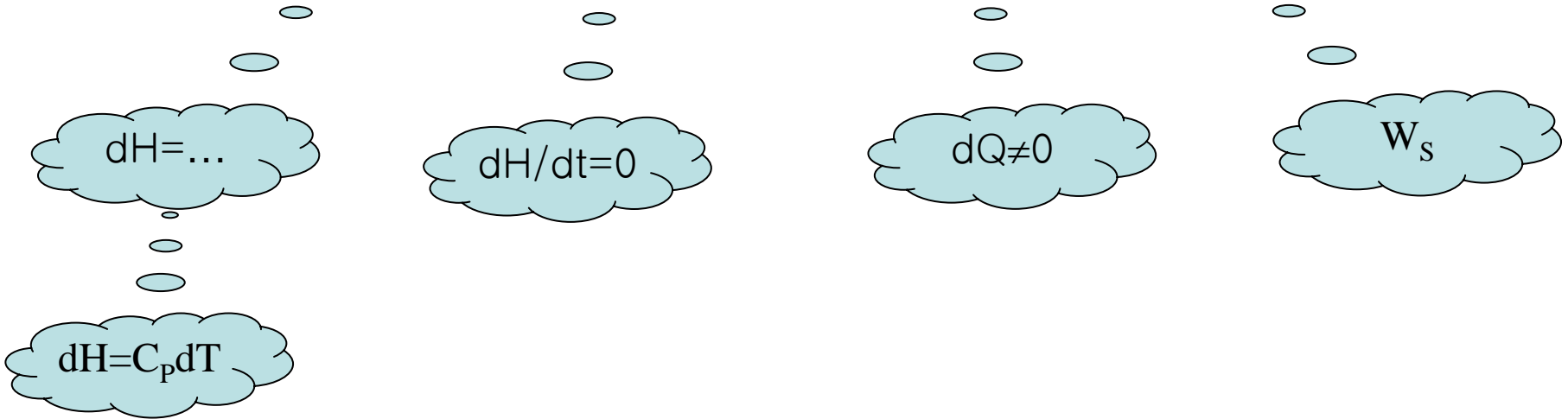
$$\int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT}{T} = -nR \int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P}$$

$$dH = dQ - VdP$$

식 2.57 (p77)
유도과정?

예제 2.12: 터빈

열린계, 정상상태, 열손실, 터빈팽창

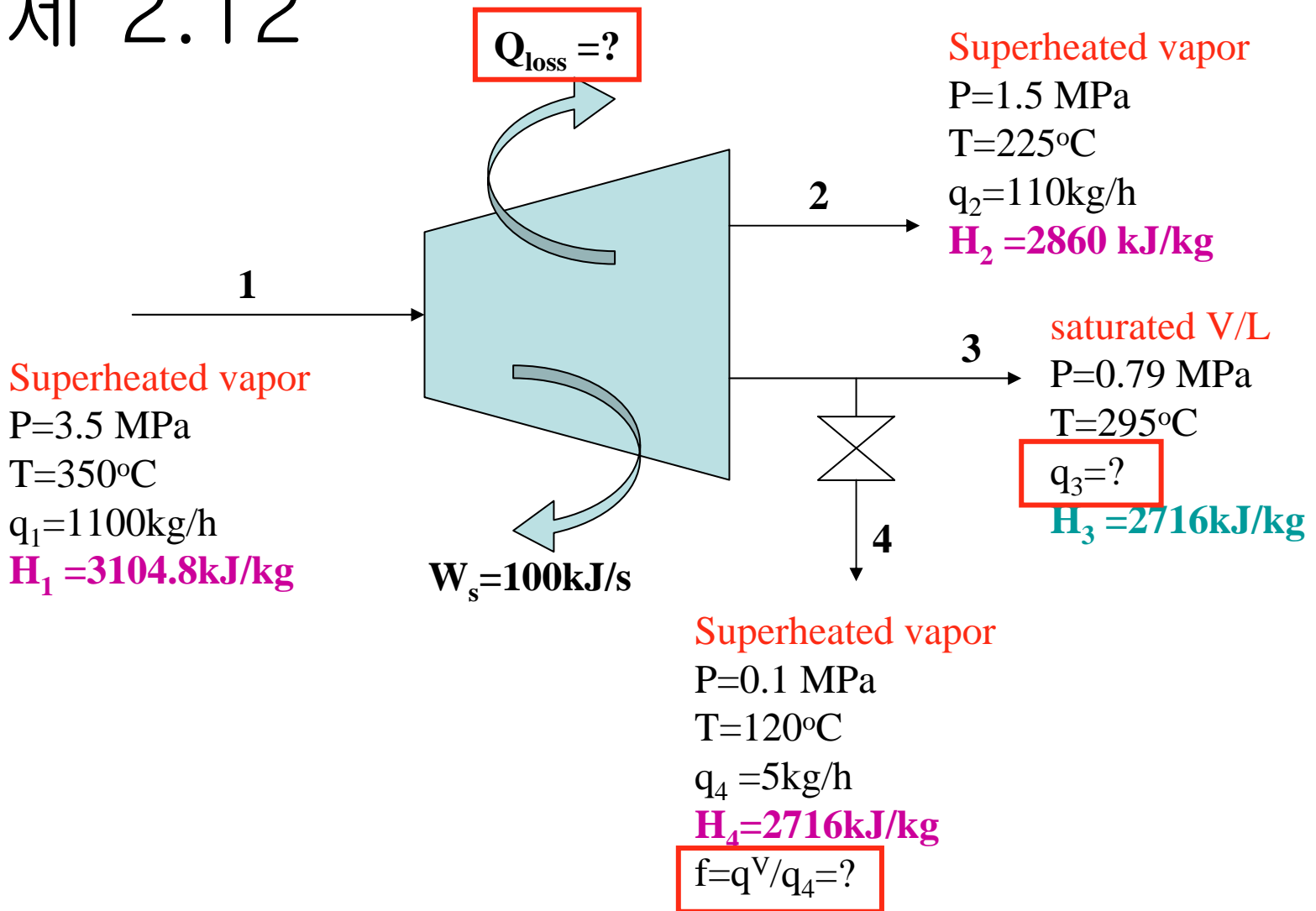


$$dH\dot{m} = d\dot{Q} - d\dot{W}_s$$

$$\Delta H\dot{m} = \dot{Q} - \dot{W}_s$$

$$\dot{Q} = \Delta H\dot{m} + \dot{W}_s$$

예제 2.12



열린계 (H), 정상상태($dH/dt=0$), 열손실 (Q_{loss}), 터빈팽창 (W_s)

과제 4

연습문제: 2.18
2.20

- 참고사항:

2.18: 증기의 질량유속을 구하십시오.

2.20: 첫번째의 유입 유량, m_1 은 모름, 액체물의 열용량 (부록 D.2 참조) 은 $C_p/R=8.712+1.25\times 10^{-3}T$, $H_3=2467.6\text{kJ/kg}$, 첫번째 유출구 유량= 65kg/min , 2kW 의 일이 공장내로 유입됨