

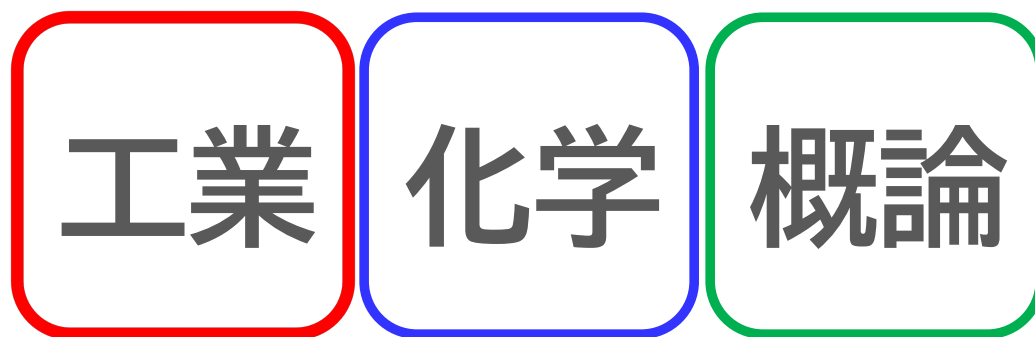
工業化学概論

技術士（総合技術監理部門）

技術士（化学部門）[選択科目:化学装置および設備]

池田和人（いけだ かずと）

工業化学概論



化学プラントを知る

今後、化学の道を歩むならば、化学プラントを知らなければなりません。化学プラントを知るためのコツは以下のとおりです。

- 実物を見る。
- フローシートを見て、モノの流れを理解する。
- 化学工学を学ぶ。(数式を見て自然現象をイメージできるようにする。)

会社では、大学で習った事を使うのか？

私は、学生時代、会社に入ったら大学で習った事とは全く違う仕事をするのかと思っていました。しかし、実際は、会社での30年間、化学工学の専門書を見ながら仕事をしてきました。化学以外の会社でも、結局は大学で習ったことを使って仕事をします。大学で習うことは、仕事そのものです。私の授業では、「会社に入る前に知っておけば得すること」を教えたいと思っています。

大学院を狙う学生もいると思います。工学という学問は、実際に社会に役立てるための実学です。化学プラントを知っておけば、大学院で学んでいることがどのように世の中に活かされるのかをイメージできるようになります。そうなれば、実のある良い研究ができます。学問を理解するためには、物事を大局的に俯瞰する能力を身につけることが大切です。概論とはそういうものです。

【アンケート】

「化学プラント」と聞いて、画像をイメージできますか。

化学プラント

[出典:写真ACより]



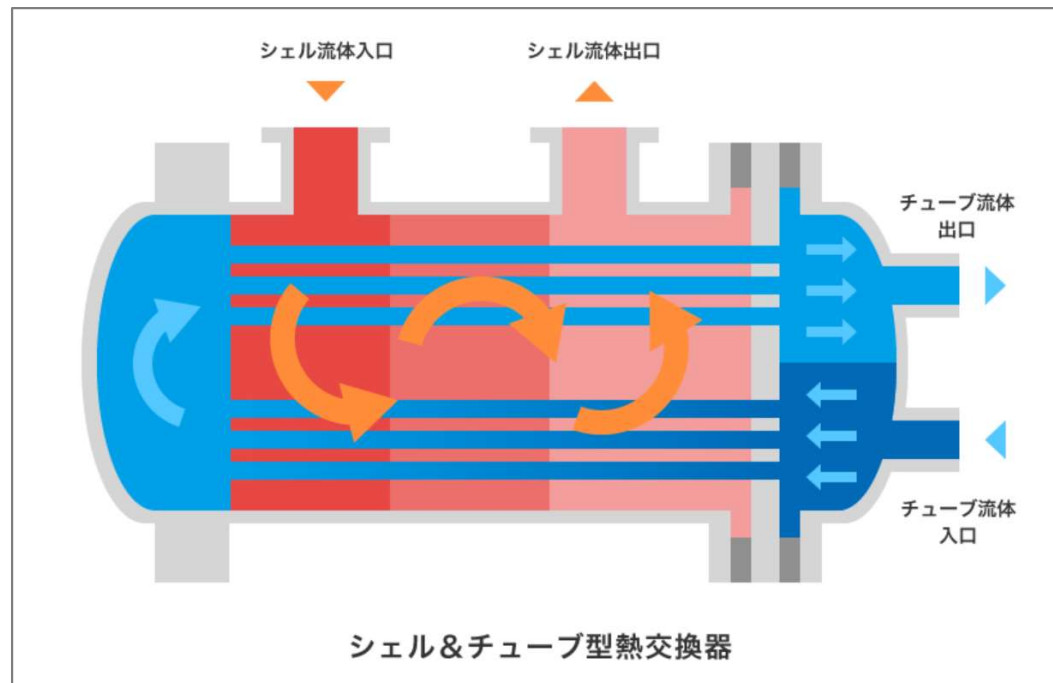
【アンケート】

「熱交換器」の内部構造をイメージできますか。

化学プラント：熱交換器



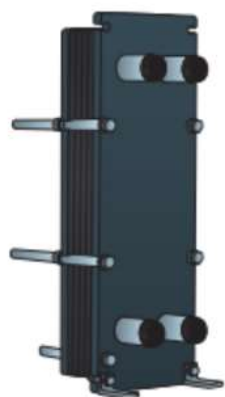
[出典] 帝人エンジニアリングHP



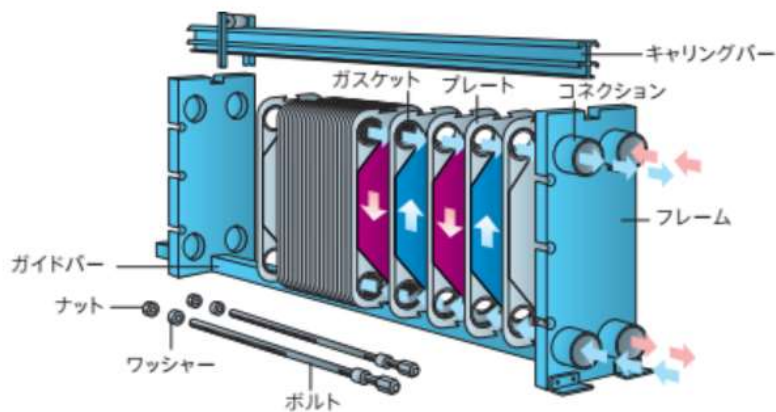
シェル&チューブ型熱交換器

[出典] 株式会社シーテックHP

プレート式熱交換器



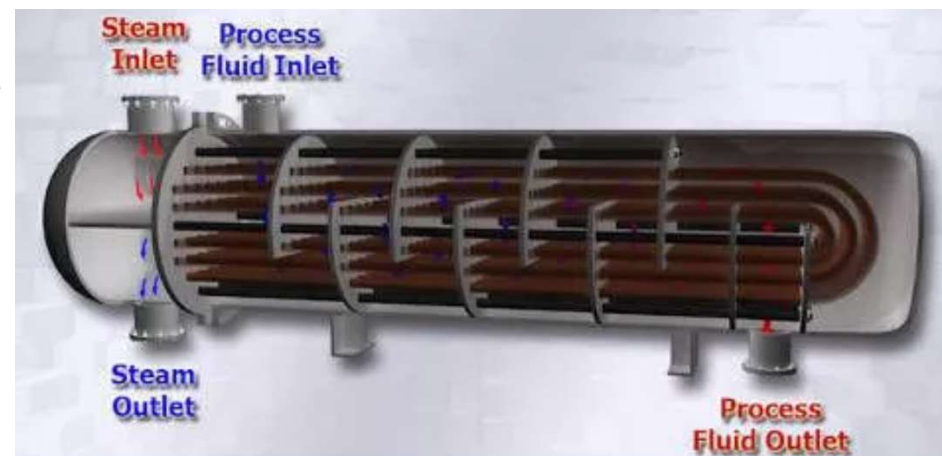
外観



構造

[出典] 株式会社アピステHP

シェル&チューブ式熱交換器



[出典] CONTROL ENGINEERING HP

【アンケート】

「熱交換器」の基本設計では、
化学工学の「伝熱」の理論式を使うことを知っていますか。

熱交換器の設計（化学工学の「伝熱」）

$$(W_h[kg] \times C_h[kcal/kg C]) \times (T_1 - T_2)[C]$$

熱流量の単位
1KW = 1000W = 860kcal/hr

温めるべき熱量 = 温められる熱量
冷やすべき熱量 = 冷やせる熱量

伝熱面積 $A(m^2)$ = これで熱交換器のサイズが決まります。これを求めます。

$$Q = UA\Delta T$$

Q 伝熱量 [kcal/hr]

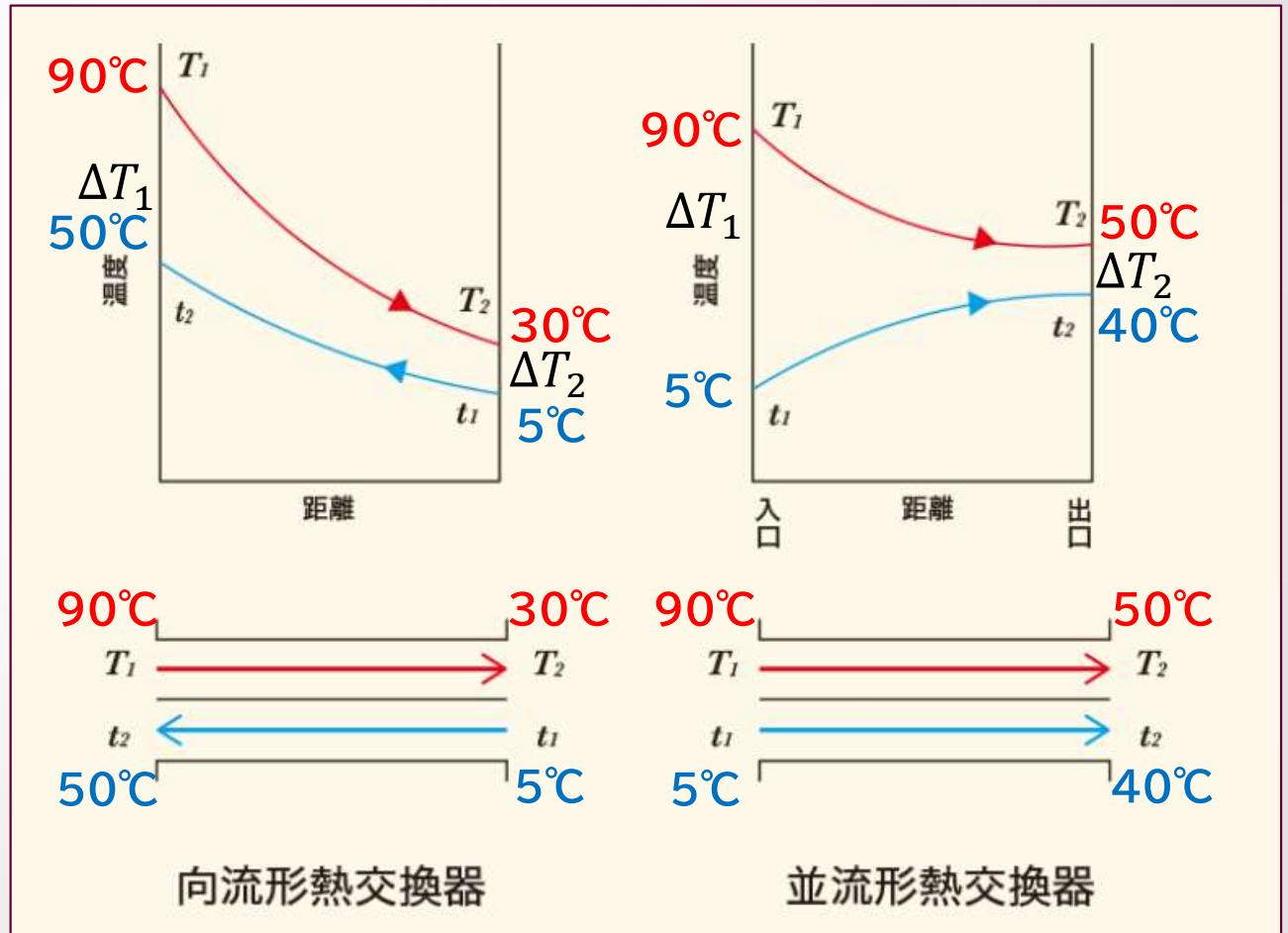
U 総括伝熱係数 [kcal/m² K]

A 伝熱面積 [m²]

ΔT 対数平均温度差 [K]

$$\Delta T = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1) - \ln(\Delta T_2)}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$



化学工学の「流動」で、「圧力損失」を習ったと思います。

「圧力損失」は、プラントの設計や運転で頻繁に出てきます。

「圧力損失」の求め方の基本式を知っておく必要があります。

【アンケート】

「配管」の設計では、化学工学の「流動」の理論式を使うことを知っていますか。



[出典] 株式会社帝国興産HP



[出典] SHUTTERSTOCKより

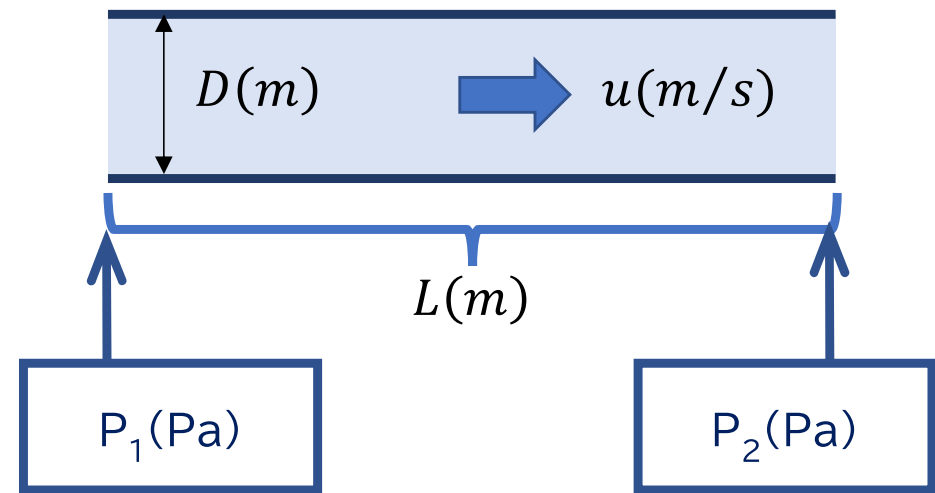
【ここで】

「配管」の設計で使う基本式はファニングの式です。化学工学の授業で習います。

圧力の単位です

$$\Delta P (\text{Pa}) = 4f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{u^2}{2} \right) \rho$$

- ΔP 圧力損失 [Pa]
- f 管摩擦係数 [-]
- L 配管長さ [m]
- D 配管内径 [m]
- u 配管内の線速 [m/s]
- ρ 液体の密度 [kg/m³]



$$\Delta P = P_1 - P_2$$

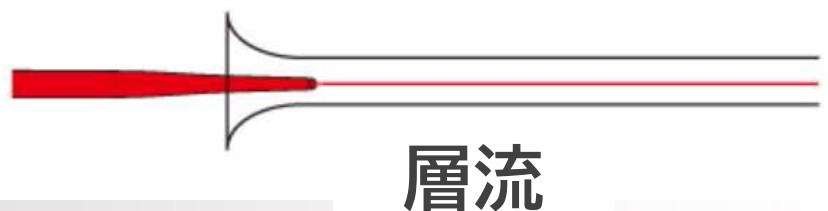
ファニングの式

$$\Delta P(Pa) = 4f \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{u^2}{2}\right) \rho$$



管摩擦係数 f

『管摩擦係数 f 』を求める方法は以下のとおりです。



層流

$$f = \frac{16}{Re}$$



乱流

$$f = 0.0079 Re^{-1/4}$$

$2 \times 10^3 < Re < 2 \times 10^5$ の時

無次元数

Re レイノルズ数 [-]

レイノルズ数、層流と乱流

レイノルズ数(Re数)は、流れが「層流」か「乱流」かを判定するための道具です。

無次元数

$$Re = \frac{Du\rho}{\mu}$$

D 配管内径 [m]

u 配管内の線速 [m/s]

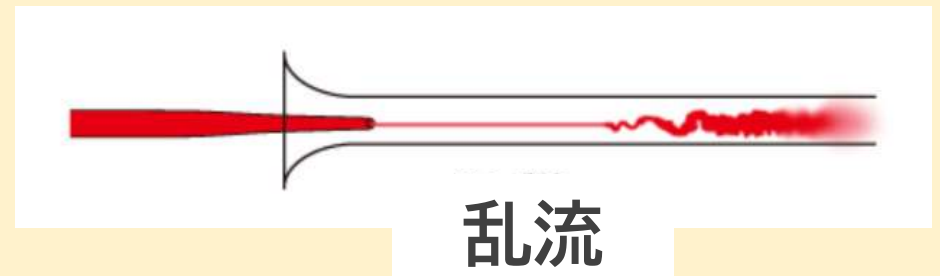
ρ 液体の密度 [kg/m³]

μ 液体の粘度 [Pa s]

$$Re \leq 2300$$

$$2300 < Re < 4000$$

$$4000 \geq Re$$



配管設計では「ベルヌーイの式」も使います。これはエネルギー保存則の式です。

$$P_1 + \frac{\rho u_1^2}{2} + \rho g h_1 = P_2 + \frac{\rho u_2^2}{2} + \rho g h_2 + \Delta P$$

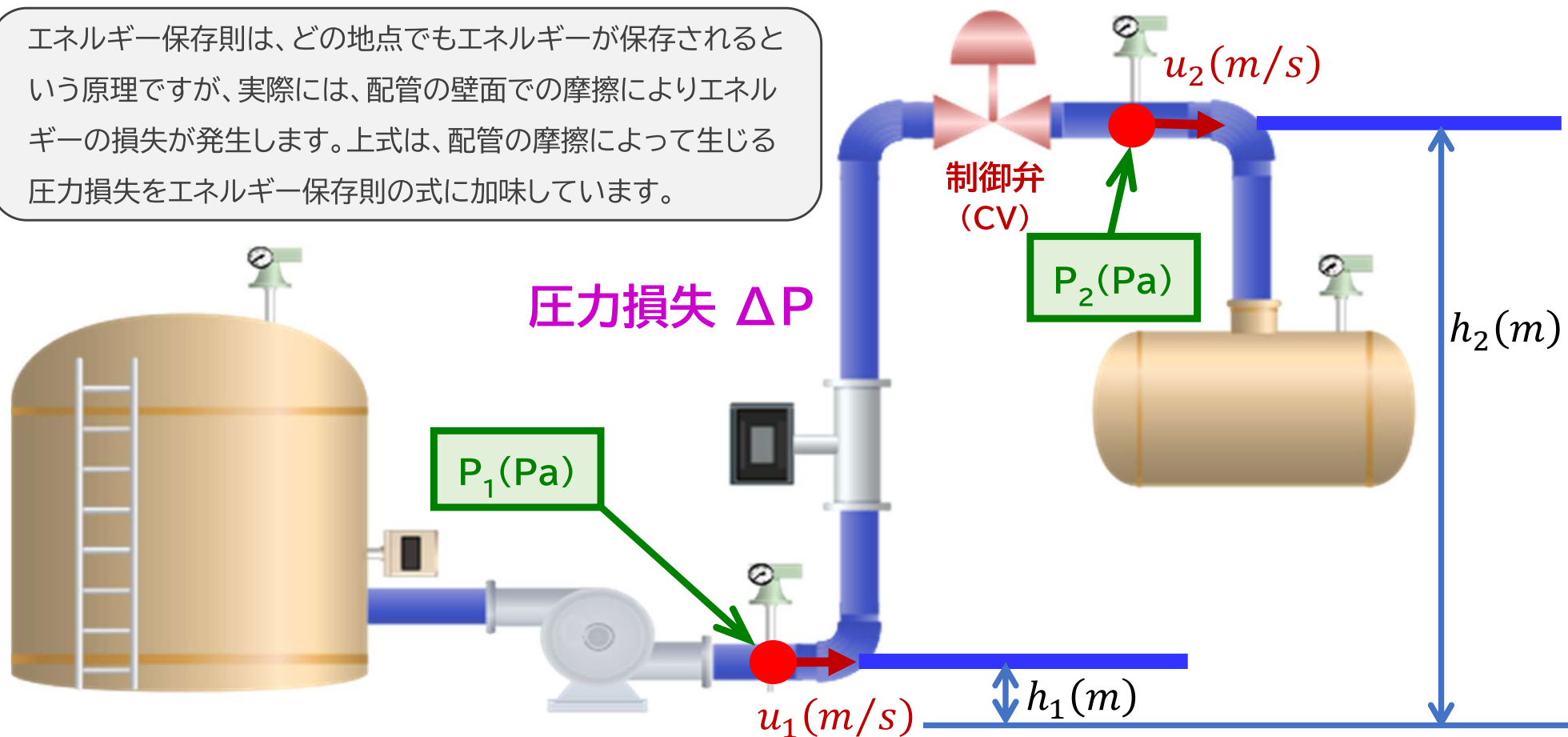
静圧 運動エネルギー 位置エネルギー 圧力損失

ρ 液体の密度 [kg/m³]

高さがある時に、上式で圧力損失を求めます。

圧力の単位です

エネルギー保存則は、どの地点でもエネルギーが保存されるという原理ですが、実際には、配管の壁面での摩擦によりエネルギーの損失が発生します。上式は、配管の摩擦によって生じる圧力損失をエネルギー保存則の式に加味しています。



生産性向上のコツ

生産性向上のコツ [問題]

【問題】

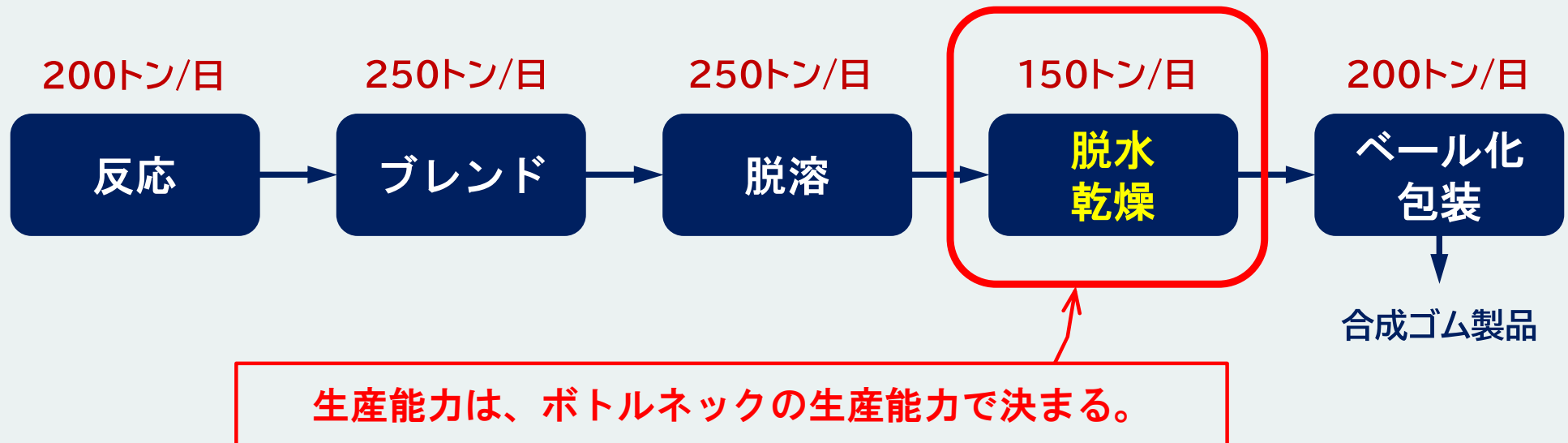
下図は合成ゴムプラントのブロックフロー図です。
このプラントの一日あたりの生産能力は何トン/日ですか。
(合成ゴム製品は、一日何トン生産されますか。)



生産性向上のコツ [答え]

【答え】

以下のプラントの一日あたりの生産能力は、150トン/日です。



プラント能力 = 150トン/日。稼働日数を330日とすれば、49,500トン/年。
つまり、『50,000トンのプラント』ということになります。

【ここで、生産性向上のコツ】

一つのラインの生産性を向上させるために、ボトルネックの生産能力を向上させればよい。

化学コンビナートとは

～原油を輸入した後、どうなるのか。～



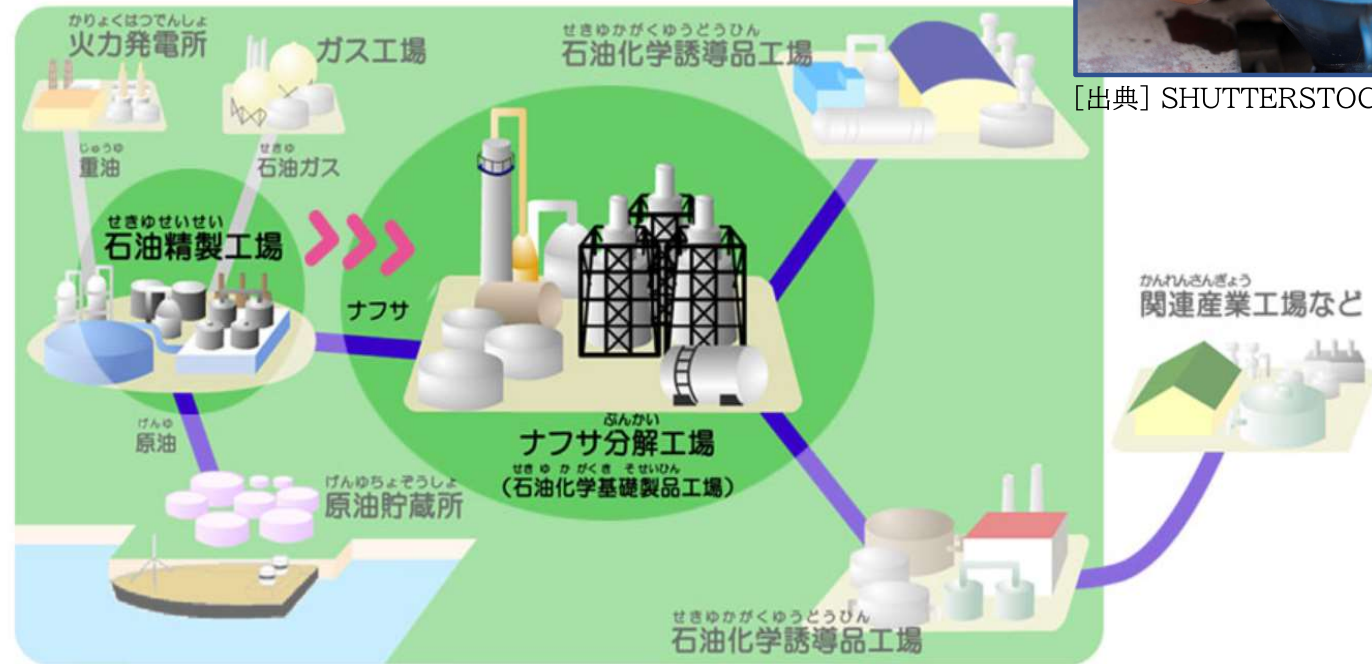
[出典] SHUTTERSTOCKより



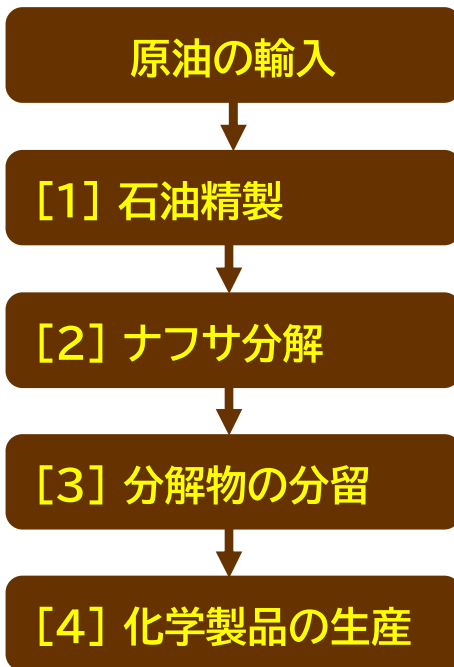
化学コンビナートとは



[出典] SHUTTERSTOCKより



[出典] 石油化学工業協会



原油を蒸留によって石油ガス(LPガス)、ガソリン、ナフサ、灯油、軽油、重油に分離します。

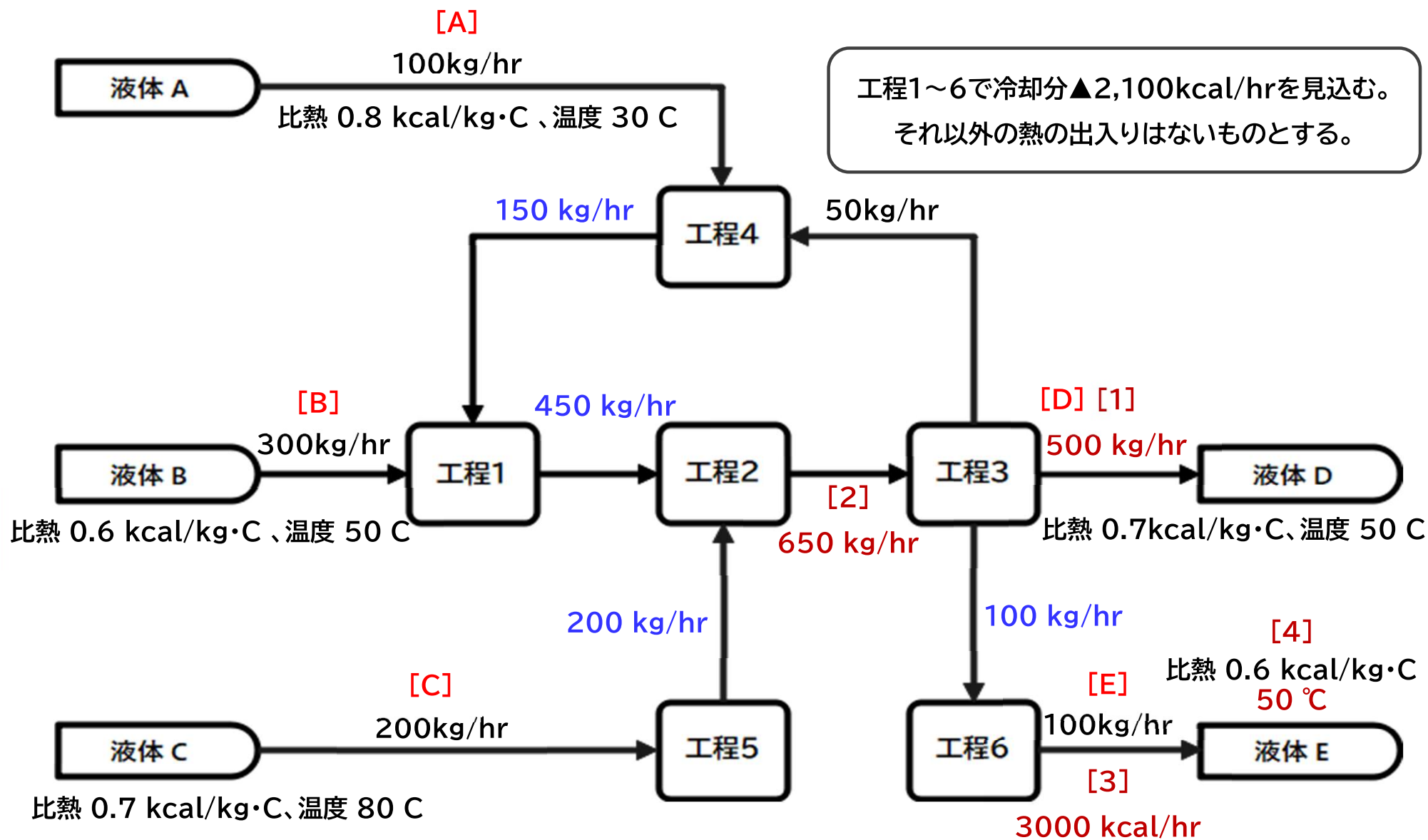
ナフサを分子量の小さなものに熱分解します。(エチレンセンターのナフサクラッカー)

ナフサの分解物をエチレン、プロピレン、ブタジエンなどに分離します。(エチレンセンター)

エチレンプラントからの原料から化学製品(誘導品)を生産し、いろいろな工場に販売します。

問題

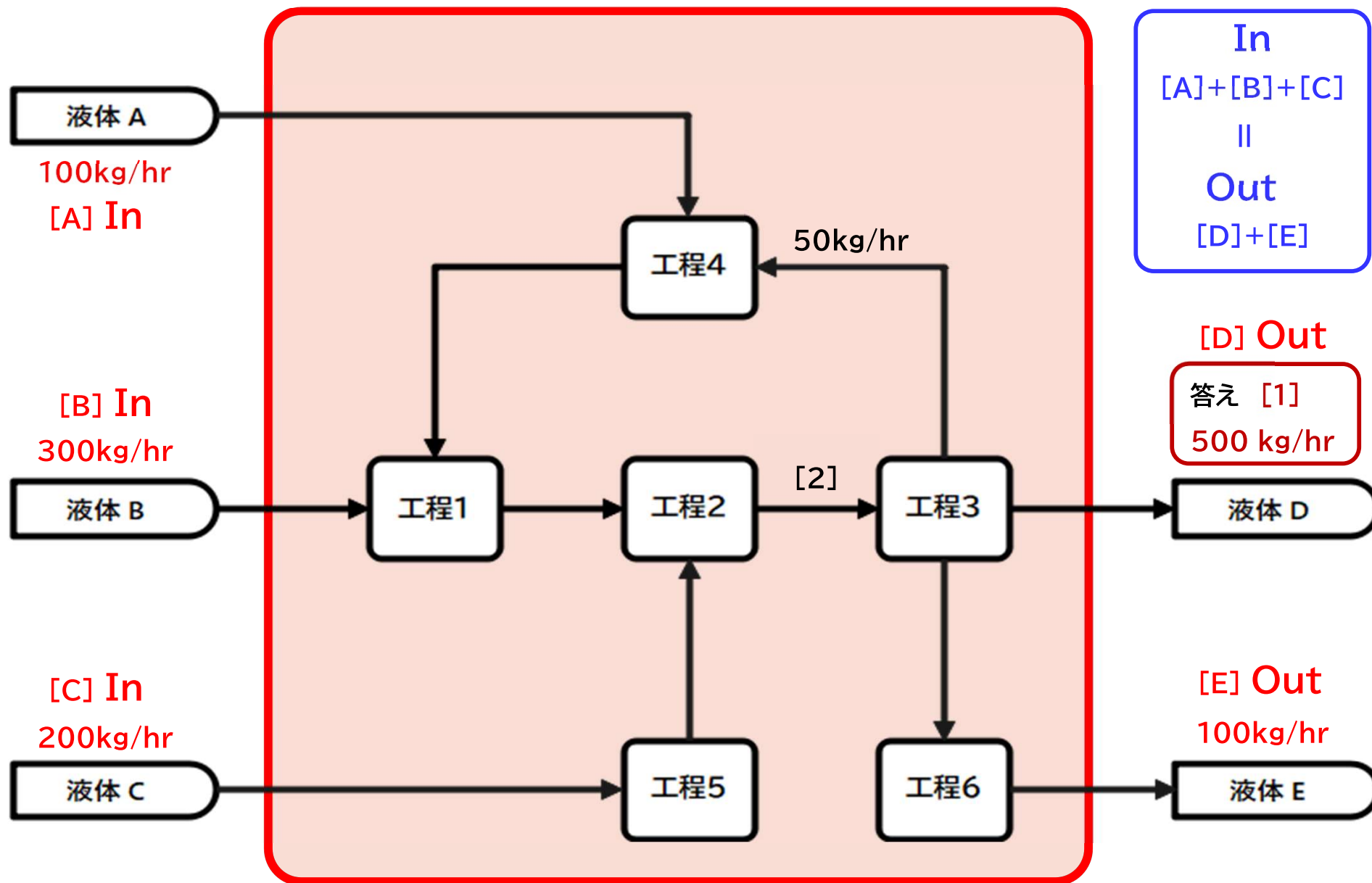
下図のマテリアルバランスとヒートバランスを考えて、[1]～[4]の？に数字を入れて下さい。



答え [1]

マテリアルバランスは、どの系でも、どの成分でも 成り立ちます。

[D]を求める問題[1]を[2]より先にやってもらった理由は、大きな目を養ってもらうためです。



答え [2]

マテリアルバランスは、どの系でも、どの成分でも 成り立ちます。

問題[2]を入れた理由は、小さな目も養ってもらうためです。

