



(1) 何を求めるか

熱交換器を設計する場合、システムの特性をシミュレーションする場合や既存設備の性能チェック用など目的によって求める項目が異なるものであり、一般に、流体の出側温度や流量及び伝熱素子長さや本数等が対象となります。その際に必要となる伝熱諸元(熱伝達率、交換熱量、圧力損失、その他流体の組成等)を順序立てて熱設計のアルゴリズムを構築することとなります。

(2) 入力項目の設定

求めるべき項目を設定したら、これを解くための関係式を与えることとなりますが、多変数、多重ループ計算処理として扱われる事が多く、細心の注意が必要です。

(3) 計算ループの構成

熱設計に必要な熱伝達率や物性値はその熱交換器の出入側流体平均温度と伝熱素子壁平均温度との平均温度に対応する値を常に呼び込めるようループを構成する必要があります。入出力条件によってプログラミング構成が大きく異なり、たとえば、熱交換器の構造、が与えられる場合は熱伝達率が決定されるためNTU法が便利です。

また、伝熱素子の長さが未知数の場合は交換熱量が求まる条件でLMTD法が便利ですが流体のパス条件によってはLMTDの補正係数が必要であり、このためNTU法とLMTD法をリンクして連立出来るようにする工夫も必要です。

(4) 条件設定の組合せ例

求めるフローに進む前に、まず、物性値の組み合わせ方法、伝熱管の形状、管内側及びシェル側パス数、流体の流れ方向等必要に応じた組み合わせについて設定できるようにすることが筋道であります。

そこで、一例として組合せ選択範囲の例を図3に示します。

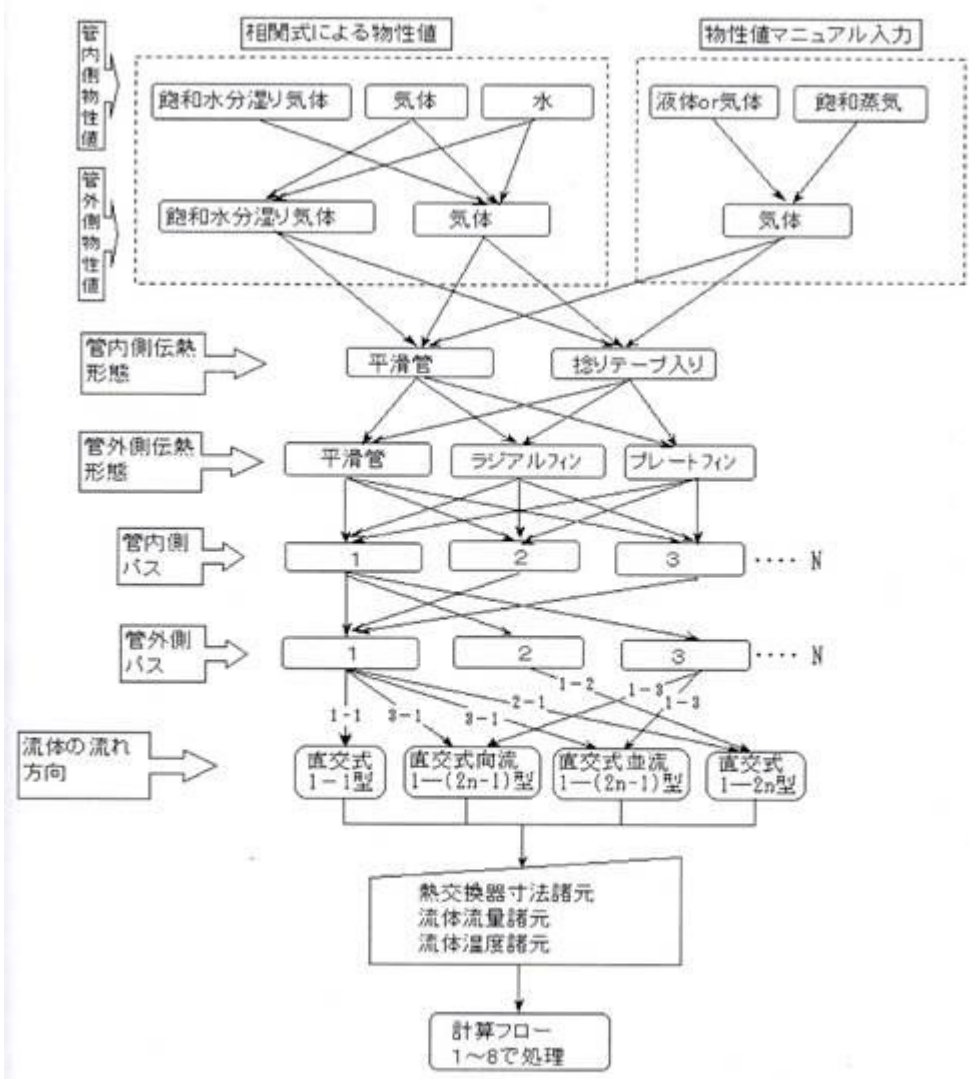


図3 条件設定例

プログラムの構築

熱交換器の設計計算プログラムは何を求めるかによってその組立てスタイルが大幅に異なるため、求める目的に応じたアルゴリズムが必要となります。つまり、設計計算に求められるパターンは入力と出力の様々な組み合わせにより異なるため汎用性のある計算プログラムの構築には目的別にいくつかの計算パターンを条件判断により選択出来るよう第1次のアルゴリズムを組み立てておく必要があります(図4)。

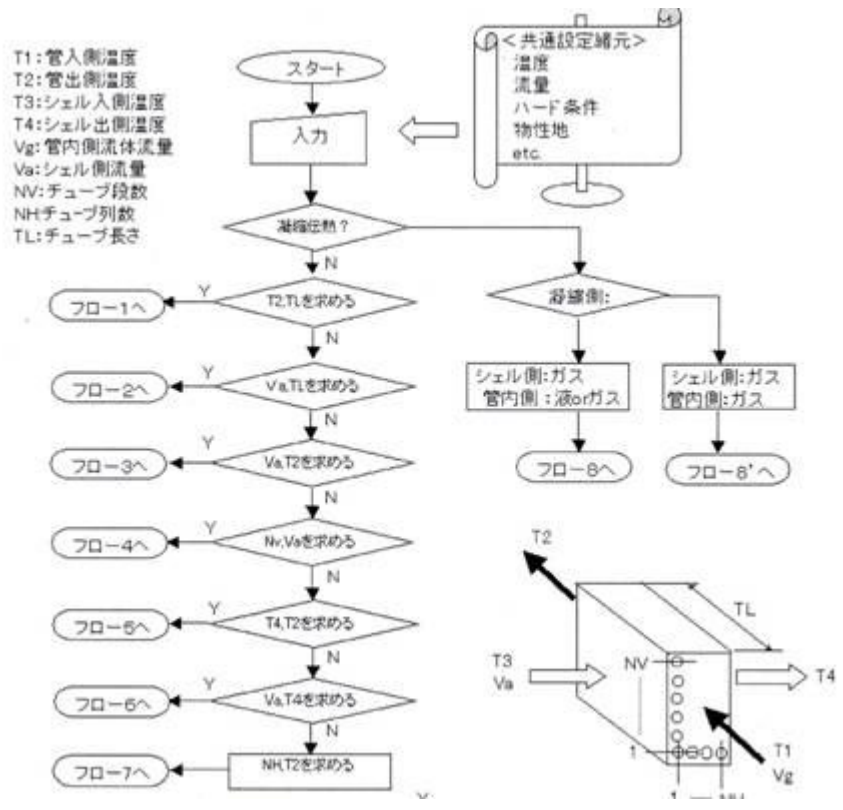


図4 第1次アルゴリズム(処理別フローへの分岐)

Ex. フロー1の事例

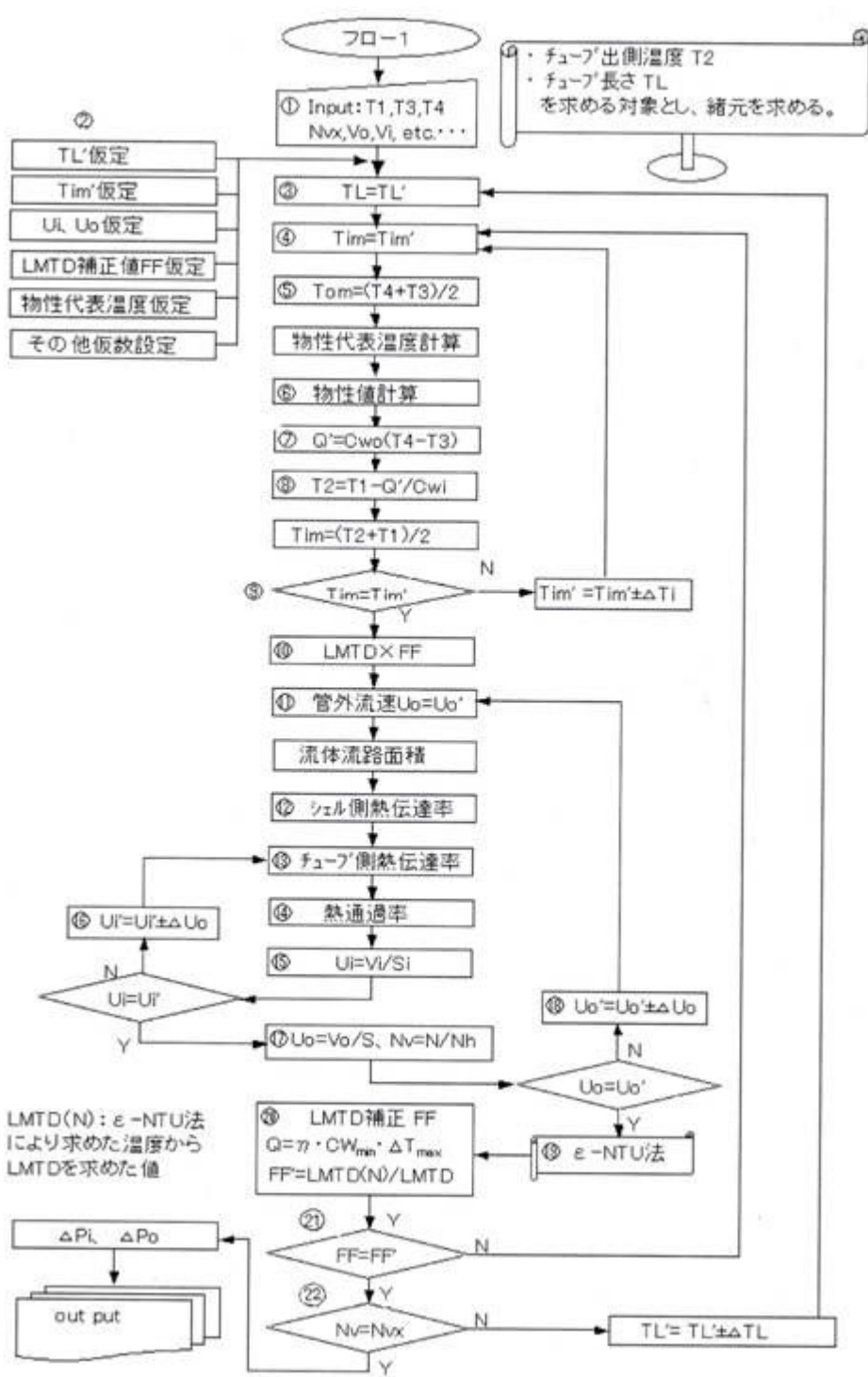


図5 第2次アルゴリズム(管出側温度及び伝熱管長さを求めるフロー)

図5に示すフローのアルゴリズムは伝熱管出側温度及び伝熱管の長さを求める対象とし、これに必要な入力条件を設定し、熱伝達率や交換熱量、圧力損失等を求めるフローです。

熱伝達率や熱通過率等、伝熱諸元を求めるための入力条件として、まず、両流体の入り側温度、伝熱管段数、シェル側流量、さらに流体が混合気体の場合は各成分の割合を入力出来るようにしておき混合気体の物性値が自動的に計算出来るようにしておく。

また、各組成の物性値(比熱、熱伝導率、粘性係数、密度等)は可能なものは温度との相関式を組み込んでおく事がポイントとなる。すなわちマニュアルによる入力項目は出来る限り少なくシンプルにすることです。

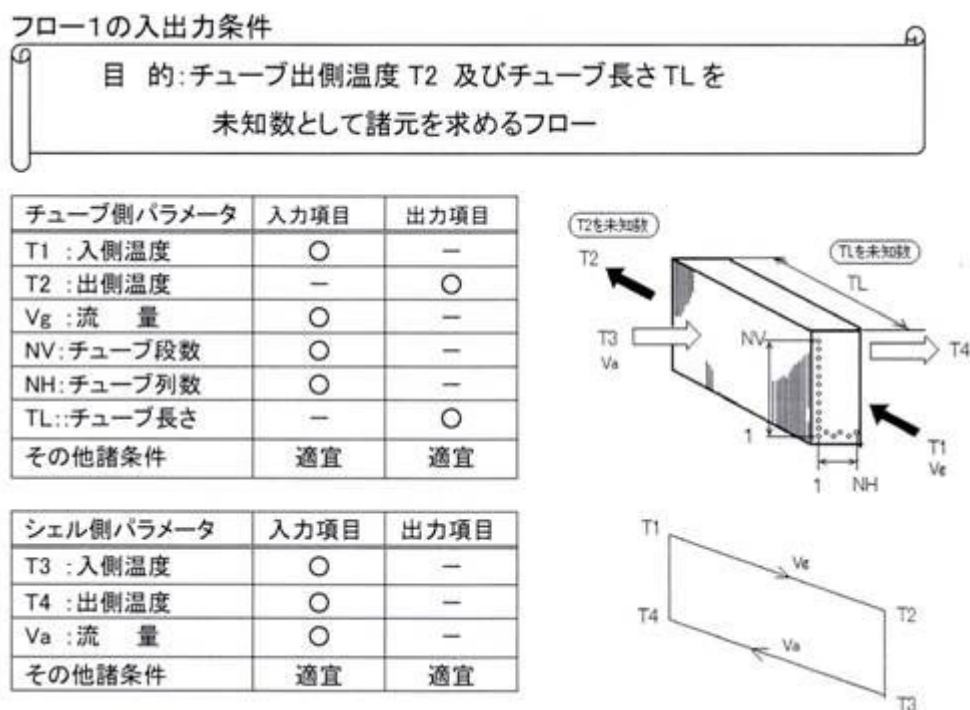


図6 フロー1の入出力緒元

フローの手順として、①入力項目(管内側流量及び入側温度、シェル側流量及び出入側温度、チューブ本数その他)を設定、②計算上の暫定初期値(伝熱素子の長さ TL' 、流体出入平均温度 T_{im}' 、管内側物性平均温度、流体流速、等)の設定、これらの仮の値と、入力項目の既知数とから、⑤シェル側流体平均温度 T_{om} をもとめ、⑥物性代表温度を計算し物性値の相関式に代入する(この段階では管壁温度は仮定値のまま)、また、⑦既知シェル側温度差より交換熱量 Q' の計算を行う、⑧ Q' よりチューブ側出側温度 $T2$ を計算、⑨ $T2$ よりチューブ側流体算術平均温度 $T_{im} = (T2 + T1) / 2$ を計算、 $T_{im} = T_{im}'$ とみなせるまで $T_{im}' = T_{im}' \pm \Delta T$ として繰り返し計算を行う。

ΔT は収束精度によって選定する事が出来るがあまり精度を高くすると収束時間が長くなるため、通常収束条件 P は $1/100^\circ\text{C}$ 程度で十分でしょう。

次に、⑨の $T_{im} = T_{im}'$ とみなせた段階で次のフローに進むわけであるが、この段階では、まだ伝熱管出側温度 $T2$ は真値では無いため、物性値もまだ仮の値の状態にあるが、更に仮の $T2$ を用いて⑩数平均温度 $LMTD$ を求める。このとき $LMTD$ の補正係数 FF' も暫定値となる。

次に、シェル側熱伝達率はシェル側流体流量と⑪流体流路断面積(伝熱管長さの仮数に基づく面積)により計算を行い、⑫シェル側流量と流路断面積とから算出した流速 U_o' によりシェル側熱伝達が計算され、更に第2の計算ループとして⑬管内側熱伝達は⑭流体速度 $U_i = (\text{管内側流量} / \text{管内流路断面積})$ で決定されるから、⑯ $U_i' = U_i' \pm \Delta U_i$ として⑬へ返し、これらより $U_i = U_i'$ とみなせるまで繰り返し計算を行

い⑭熱通過率を計算する。

$U_i=U_i'$ の条件に達した段階で、更に第3のループに進み、⑰ $U_o=(\text{シェル側流量}/\text{シェル流路断面積})$ であるから、⑱ $U_o'=U_o\pm\Delta U_o$ として⑪へ返し、 $U_o=U_o'$ とみなせるまで繰り返し計算を行う。この段階で第3のループを終了し、⑲NTU法による計算条件が整い温度効率より熱交換器の出入り側温度が計算され、⑳LMTD補正係数 $FF=Q_{NTU}/Q_{LMTD}$ として求め、 $FF=FF'$ とみなせるまで FF' を④へ返し、再度第1ループの $T_{im}=T_{im}'$ 、第2ループの $U_o=U_o'$ 、第3ループの $FF=FF'$ とみなされるまでの一連の再計算が繰り返される。

$FF=FF'$ と判断した段階で伝熱管長さ TL を決定するために第4ループに入る。これまでの過程で得られた伝熱面積と伝熱管長さ TL' の仮数から伝熱管段数 N_v と N_{vx} を比較し、入力で指定した段数 N_{vx} が $N_v=N_{vx}$ とみなせるまで $TL'=TL\pm\Delta TL$ を③へ返し、前と同様ループ1～5までの繰り返し計算を実行する。

⑳ $N_v=N_{vx}$ とみなせた段階で収束計算は終了し、シェル側及びチューブ側圧の力損失を求め、計算結果を表示する工程に移り一連の計算処理が終了します。

これらのフローにより構築された計算プログラムによる事例は本ホームページの[設計事例](#)を参照ください。

[トップに戻る](#)