

空調用凝縮器熱設計支援ソフト  
< 活用手順書・計算事例 >

はじめに

この度は、本ソフトをご覧ご利用頂きありがとうございます。本計算ソフトは最もオーソドックスなクロスフロータイプのフィンチューブ型凝縮器に対する熱設計支援ソフトとして提供するものであります。

多管式クロスフロー型熱交換器は、省エネルギーのための熱回収やプロセス用熱交換器等多方面で使用されている代表的熱交換器の一つであります。

基本構成は伝熱管の外側には伝熱面積を増大させる目的でラジアルフィンやプレートフィンを設けるのが一般的であります。

フィン側の流体として空気、管内側に冷媒を流し、また伝熱管の材料は主に銅系材料、フィン材としては熱伝導率の比較的高く、比重の小さいアルミニウムが使用されており最もメジャーな組み合わせとなります。主に空調用コンデンサーとしてこれらの構成要件を含めた伝熱特性や構造寸法の予備設計として本ソフトが活用いただけます。

※ 本プログラムを使用頂く上で、結果のいかなる問題やトラブル及びこれらに基づく保証等について著作者は一切の責任を持たないことを予めご承知下さい。

1. 本計算ソフトの熱設計にあたって ----- P3
2. 計算ソフト利用手順 ----- P4
3. 計算事例 ----- P8
  - 3-1 計算事例 1 (過飽和蒸気の冷却)
  - 3-2 計算事例 2 (飽和蒸気の凝縮)
  - 3-3 計算事例 3 (過冷却液の冷却)

## 1. 本計算ソフトの熱設計にあたって

### 1-1 空気側(フィン側)

フィン側では空気の顕熱による熱伝達率を高めるためのフィン表面に凹凸や波型構造をとる場合がありますが、本ソフトでは平板での熱伝達率及び圧力損失を採用しております。これらの伝熱促進効果と圧力損失割合の増加については不確定要素大きいため一義的に確定することは困難であるため熱伝達率補正係数及び圧力損失係数として別途経験則に基づき指定出来るようにしてあります。

### 1-2 冷媒側 (管内凝縮側)

冷媒は主にフロン系冷媒が多用され、CFC、HCFC 系や代替フロンとして HFC 系冷媒が主流であります。本ソフトには予め代表的な R134a、R407C、R401A の物性値を相関式として組み込んであり、適正な物性温度、圧力条件での自動読み込みが行われます。もちろんマニュアル入力も可能です。

### 1-3 熱交寸法と熱設計

空調用コンデンサーを設計する際、本計算手法ではコンプレッサーから吐出される冷媒ガス量を全量冷却液化させるに必要な管外側から熱交換器の構造仕様を決定してゆきます。

コンプレッサーからの吐出ガスは過飽和状態のため、相変化の無い顕熱冷却域での計算が必要となり、飽和状態に達した段階では凝縮過程での計算、その後は再び過冷却域となり、液体状態での冷却計算が求められます。本ソフトでは、それぞれの計算を個別に連結することで対応可能としています。

設備の設置スペースを考慮し、熱交換機の横幅（伝熱管の長さ）及び冷却側空気の前面流速を仮定し、コンプレッサーからの冷媒ガス量を既知として計算を行い、計算により縦の管の段数及び列数を求め、熱交換能力に見合った空気ファンの必要流量、許容圧力損失等を満たす逐次設計処理が行えます。

なお、冷凍サイクルに必要な組み合わせとなるクーラー（エバポレータ）につきましては別売、熱設計支援ソフト EVA11 v 01 があります。

## 2. 計算ソフト利用手順

### 2-1 ソフトの立上げ

CON10.exe を選択し、クリックすると「直交流型熱交換器（コンデンサー）計算プログラム」と題した入力画面が現れます（図1）。パスワードのカラムに指定されたパスワードを入力すると計算に必要な諸数値の入力が可能となります。また、限定機能確認版を選択した場合は、パスワードは不要ですが動作確認のみで、サンプル数値のみの動作確認が可能となります。

単位系は旧工学単位及び SI 単位から選択出来ます。

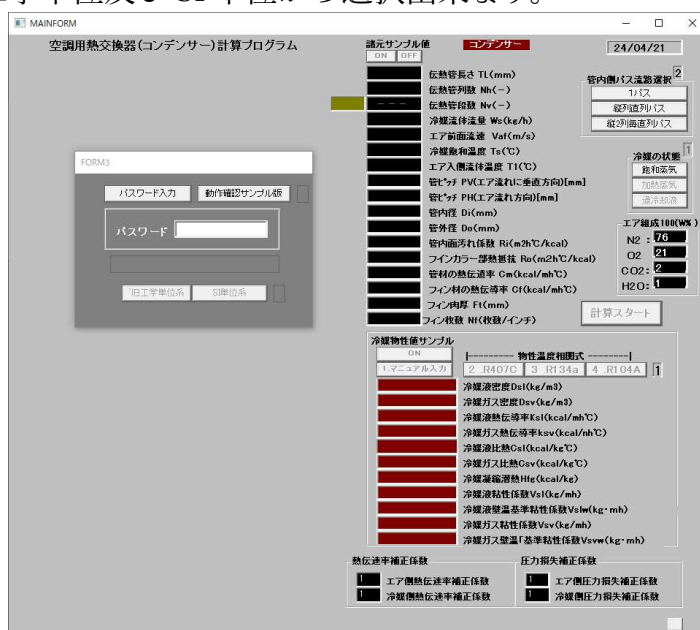


図1. ソフト立ち上げ時の状態

### 2-2 入力項目及び操作

#### ① 諸元入力

このソフトには予めサンプル数値データが登録してありますので、特に諸数値を入力することなしにサンプル計算が実行出来ます（図4）。このサンプル値に実際の数値に入れ替えて計算すると理解し易いです。諸元サンプル値を OFF にしますと全ての値が解除されます。また、ON にするとサンプル値が表示されます。

なお、フィン材の寸法は入力項目にはありませんが、以下の様に定義してあります。伝熱管の縦方向の管ピッチ（垂直中心距離） $P_v$ 、また横方向の管ピッチ（水平中心距離） $P_h$  とし、フィンブロックの縦の長さ  $H=N_v \times P_v + 0.5 \times P_v$ 、奥行き幅  $W=N_h \times P_h$ 、管長手方向幅  $L$  はバンド部を除く 1 パス当たりの管の長さとなります（図2 参照）。

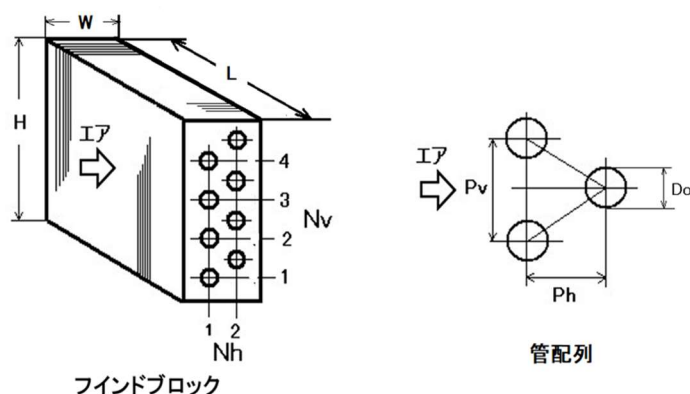


図 2.フィンブロック及び管配列

② 冷媒流路パス

空気側は 1 パス指定です。冷媒側パスは、以下のような選択が出来ます。

- 1) 縦段直列パス : 縦段のみ直結 (直上管とのリターンベンド)
- 2) 縦段 2 列毎直列パス : 縦 2 列交互直結 (縦 2 列交互リターンベンド)
- 3) 1 パス : 管全数が 1 パス (リターンベンド無)

図 3 参照。

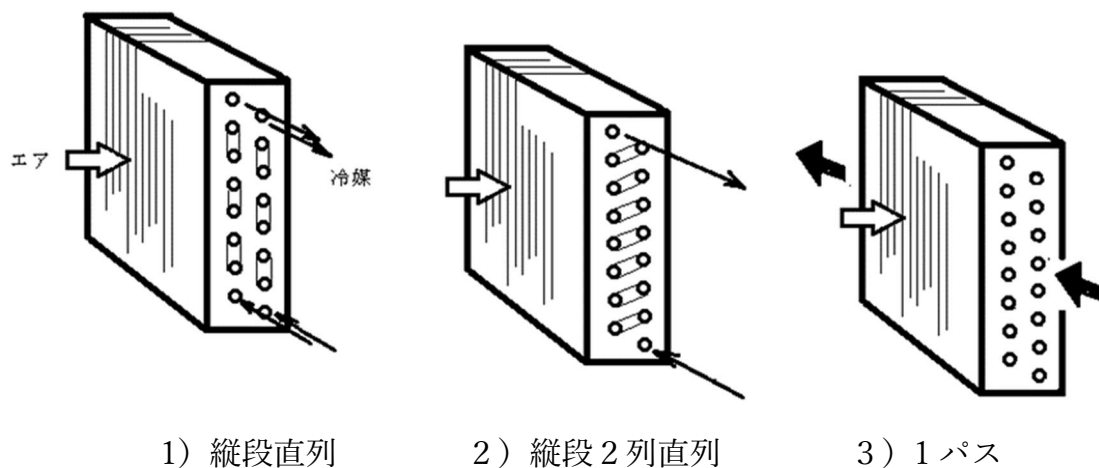


図 3. 管流路パス

③ 空気の組成選択

空気中の水分量はコンデンサーの設計にとって重要なファクターとはなりません。本ソフトでは主要 4 成分 N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O (%) を規定出来ます。

なお、N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O は合計 100% になるよう入力します。

④ 冷媒物性値の入力

冷媒サンプル値を初期表示するようにしてありますので、サンプル値を OFF にする事でblankとなり新たに任意入力が可能となります。

本ソフトでは予め冷媒 R407C、R134A、R407C の物性値を登録してありますのでこれらの物性値を選択しますと適正な温度、圧力条件の下での物性値を呼び込むことが可能となります。

- ⑤ 飽和蒸気による潜熱計算、過飽和蒸気での顕熱計算、過冷却液での顕熱計算の3つの選択が可能です。
- ⑥ 熱伝達率及び圧力損失補正係数

管内及び管外側の熱伝達率及び圧力損失補正カラムは通常1が登録してあります。特に、フィン側の伝熱促進用凹凸構造による熱伝達率増加及び圧力損失の増加分の補正として入力することが出来ます。但し、この数値は個々の表面構造によって異なりますので経験則に基づき設定する必要があります。

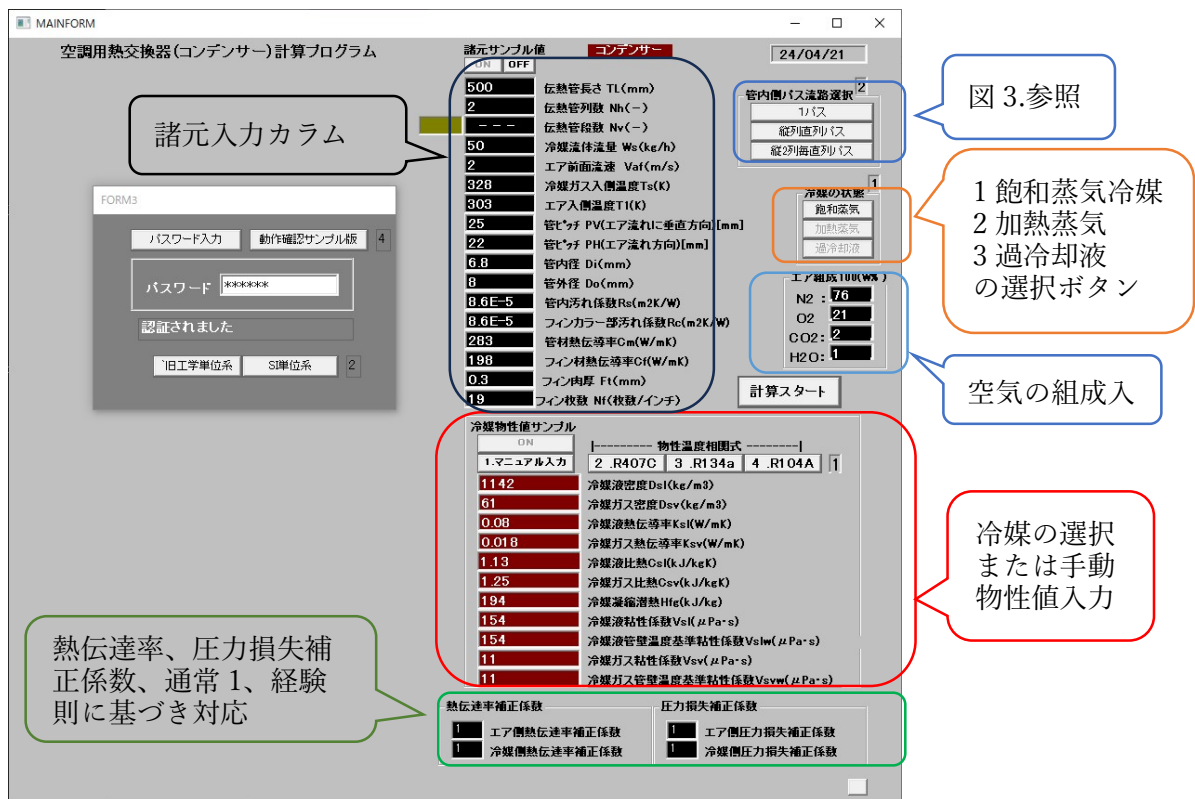


図 4. パスワード入力後のサンプル値表示

## ⑦ 計算の実行

すべての入力項目の登録が終了後、計算実行ボタンをクリックすることで計算が実行され、計算結果が簡易図と共に表示されます。

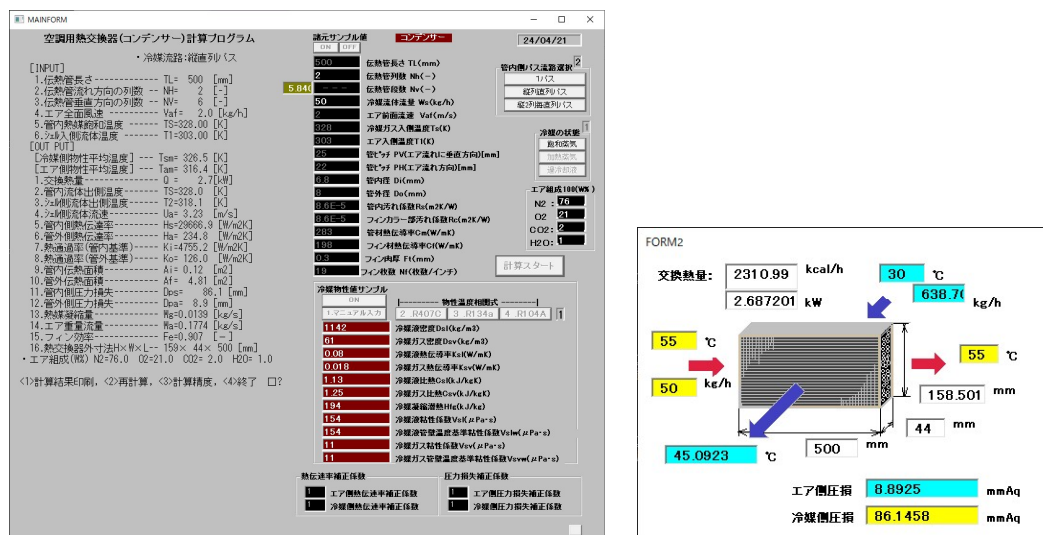


図5. 計算結果表示例

## ⑧ 印刷・再計算・計算精度、終了

画面下に 1) 印刷 2) 再計算 3) 計算精度 4) 終了 □? が表示印刷を行う場合は□?をクリックするとプロンプトが現れ、1)を入力すると更に1) 簡易図ハードコピー 2) 計算結果数値印刷 □?が表示されます。

\* なお、プリンターの機種によってはソフトを遮断しないと印刷が開始しない場合がありますので、出来るだけ本ソフトでの印刷は予めPCの印刷モードをpdf優先に切り替え、pdfに一度落とし、終了後まとめて印刷することを推奨。Pdfへの印刷は2回目以降の印刷は初期ファイル名に逐次インストールされます。

\* 本計算ソフトの処理対象範囲は図6の①、②、③の領域を各領域別に計算サポートします。

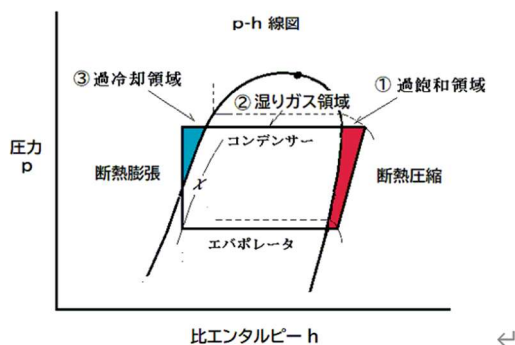


図6. P-h線図上のコンデンサーの処理範囲

### 3. 計算事例

#### 3-1 計算事例 1 (① 過飽和冷媒ガスの冷却)

諸元等の入力後、計算実行ボタンをクリックすると計算が開始され、計算結果画面が表示される図 6。

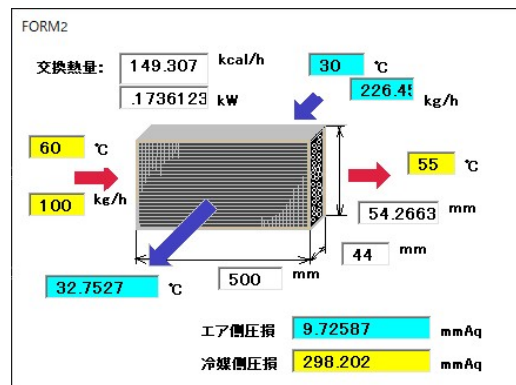


図 6. 過飽和冷媒蒸気の冷却計算結果及び簡易図表示画面



### 3-2 計算事例2 (②冷媒飽和蒸気の場合)

諸元等の入力後、計算実行ボタンをクリックすると計算が開始され、計算結果画面が表示される図6。

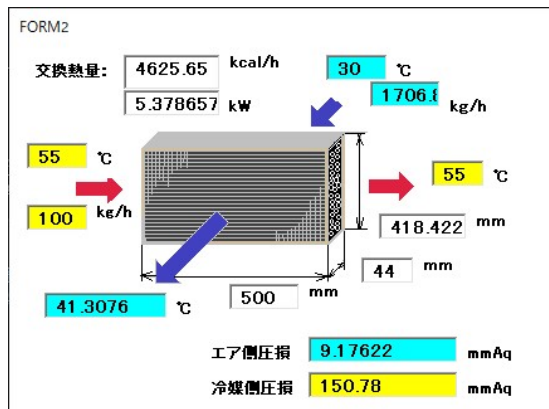


図7. 冷媒飽和蒸気の計算事例及び簡易図表示画面

### 3-3 計算事例 3 (③冷媒過冷却液の場合)

諸元等の入力後、計算実行ボタンをクリックすると計算が開始され、計算結果画面が表示される図 8。

空調用熱交換器(コンデンサー)計算プログラム

冷媒流路:縦直列バス

[INPUT]

- 伝熱管長さ TL= 500 [mm]
- 伝熱管流れ方向の列数 NH= 2 [-]
- 伝熱管垂直方向の列数 NV= 1.193 [-]
- エア全面風速 Vaf= 2.0 [kg/h]
- 管内熱媒飽和温度 TS=328.00 [K]
- エア入側流体温度 T1=303.00 [K]

[OUTPUT]

[冷媒側物性平均温度] Tsm= 321.7 [K]  
 [エア側物性平均温度] Tam= 310.0 [K]

- 交換熱量 Q = 0.3 [kW]
- 管内流体出側温度 TSL0=318.0 [K]
- 管内流体出側温度 TS=328.0 [K]
- エア側流体出側温度 T2=309.5 [K]
- 管内側流体流速 Us= 0.33 [m/s]
- 管内側熱伝達率 Hs= 1182.0 [kcal/m<sup>2</sup>hC]
- 管外側熱伝達率 Ha= 236.4 [W/m<sup>2</sup>K]
- 熱通過率(管内基準) Ki=2646.3 [W/m<sup>2</sup>K]
- 熱通過率(管外基準) Ko= 70.1 [W/m<sup>2</sup>K]
- 管内伝熱面積 Ai= 0.03 [m<sup>2</sup>]
- 管外伝熱面積 Af= 1.06 [m<sup>2</sup>]
- 管内側圧力損失 Dps= 12.6 [mm]
- 管外側圧力損失 Dpa= 9.4 [mm]
- 熱媒凝縮量 Wg=0.0278 [kg/s]
- エア重量流量 Wa=0.0483 [kg/s]
- フィン効率 Fe=0.906 [-]
- 熱交換器外寸法H×W×L= 42×44×500 [mm]

エア組成(W%) N2=76.0 O2=21.0 CO2= 2.0 H2O= 1.0

諸元サンプル値 **コンデンサー** 24/04/28

ON	OFF	値	説明
500			伝熱管長さ TL (mm)
2			伝熱管列数 Nh (-)
1.19253			伝熱管段数 Nv (-)
100			冷媒流体流量 Ws (kg/h)
2			エア前面流速 Vaf (m/s)
328			冷媒ガス入側温度 Ts (K)
303			エア入側温度 T1 (K)
25			管ピッチ PV (エア流れに垂直方向) [mm]
22			管ピッチ PH (エア流れ方向) [mm]
6.8			管内径 Di (mm)
8			管外径 Do (mm)
8.6E-5			管内汚れ係数 Rs (m <sup>2</sup> K/W)
8.6E-5			フィンカラー部汚れ係数 Rc (m <sup>2</sup> K/W)
283			管材熱伝導率 Cm (W/mK)
198			フィン材熱伝導率 Cf (W/mK)
0.3			フィン肉厚 Ft (mm)
19			フィン枚数 Nf (枚数/インチ)

冷媒物性値サンプル

ON	OFF	値	説明
1142			冷媒液密度 Dsl (kg/m <sup>3</sup> )
61			冷媒ガス密度 Dsv (kg/m <sup>3</sup> )
0.08			冷媒液熱伝導率 Ksl (W/mK)
0.018			冷媒ガス熱伝導率 Ksv (W/mK)
1.13			冷媒液比熱 Csl (kJ/kgK)
1.25			冷媒ガス比熱 Csv (kJ/kgK)
194			冷媒凝縮潜熱 Hfe (kJ/kg)
154			冷媒液粘性係数 Vsl (μPa·s)
154			冷媒液管壁温度基準粘性係数 Vslw (μPa·s)
11			冷媒ガス粘性係数 Vsv (μPa·s)
11			冷媒ガス管壁温度基準粘性係数 Vsvw (μPa·s)

熱伝達率補正係数: エア側熱伝達率補正係数 1, 冷媒側熱伝達率補正係数 1

圧力損失補正係数: エア側圧力損失補正係数 1, 冷媒側圧力損失補正係数 1

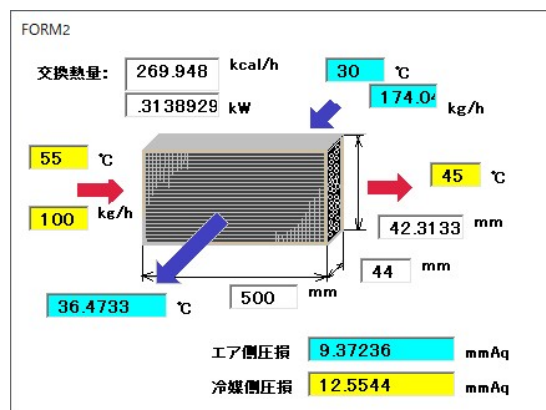


図 8. 冷媒過冷却液の計算事例及び簡易図表示画面

以上