

パソコンおよび二次元 CAD による熱交換器の設計・製図例

瀧本 昭夫*・藤村 謙祐**・岩谷 健治*・中澤 孝行***

Design of a Heat-Exchanger by Use of a Personal Computer,
the M-Draf 16 and M-Draf 32 with their 2-D CAD Systems

Akio TAKIMOTO, Kensuke FUJIMURA, Kenji IWATANI

and Takayuki NAKAZAWA

Abstract

To examine usefulness of a personal computer, the M-Draf 16 and M-Draf 32 with their 2-D CAD systems in designing the practical machines at industries, a standard heat-exchanger of multitubular cylindrical type having the generating surface area from 30m² to 250m² was designed. The necessary material's data are filed in a floppy disk from which the require data can be easily selected for variations in the design. Basic equations and conditions in designing the above machine parts are programed in a system by which the major design calculations are carried out nearly automatically. In addition to this, the detailed design calculation programs are also filed in the system. Thus all the designed data for the heat-exchanger are printed out by giving the necessary input data to the program.

The M-Draf 16 with it's 2D-CAD system is operated with these designed data and the two-dimensional machine parts are drafted. By use of recently provided the M-Draf 32 with it's 2D-CAD system the above design is followed. The details of the designed data and the drafts of the heat-exchanger are presented and the usefulness of the above personal computer systems are discussed.

1. 緒 言

産業のハイテク化に伴ってコンピュータによる援用設計が発達し、CAD (Computer Aided Design) という言葉も一般的な用語となりつつある現在、小さな投資で活用できるパソコン CAD も分野や企業の大小を問わず急速に普及している。筆者らは、このパソコン CAD に着目し 2 年前よりパソコンおよびパソコン CAD システムを用いた設計方法の確立とその効果を考察⁽¹⁾⁽²⁾することを主たる目的とし、製図機能を主眼にした CAD システム (以下 CAD と略す) と 8 ビットパソコンを併

用しての設計・製図を卒業研究³⁾を兼ねて試行している。そこで今回はこれまでの設計・製図のうち熱交換器の場合を例にとりその概要を報告する。

2. 使用機器の概要と実施内容

2.1 使用機器の概要

今回使用した主な機器は次のとおりである。

a) パーソナルコンピュータ

富士通 Fujitsu Micro-11AD2

(言語: BASIC 09)

プリンタ

エプソン MP-80

b) 二次元パソコン CAD システム

武藤工業 M-Draf 16 (Photo. 1)

M-Draf 32 (Photo. 1)

* 生産機械工学科

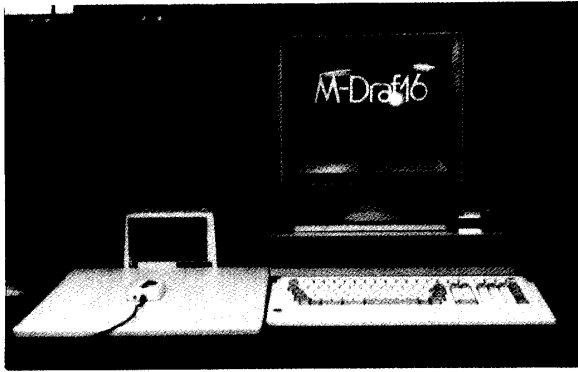
** 元・生産機械工学科

*** 生産機械工学科 (現・大同銅板株式会社)

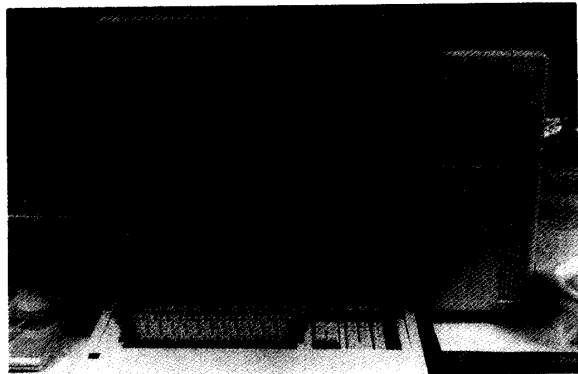
プロッタ

武藤工業 iP-100A₂
iP-230

なお、今回の熱交換器の図面作製では M-Draf 16 を使用し作図した。32ビットの M-Draf 32は今回使用する機会が得られたので M-Draf 16と同様な図面作製を



(a) Mutoh M-Draf 16



(b) Mutoh M-Draf 32

Photo. 1 The 2-D CAD systems based on a personal computer.

試み、その性能や機能を知ることが主目的とした。

2.2 実施内容

このパソコンと CAD を用いた設計方法では、パソコンはあくまでも CAD による設計を援助する目的で使用した。

手順としてはまず、パソコンで設計計算を行い、主な形状寸法を決定し、その結果を用いて CAD の CRT 上で概要を検討した。更に細部の設計を行い最終的に図面を仕上げた。

具体的には、基本設計⁴⁾⁵⁾⁶⁾の段階として胴側流体の流量、管側のパス数、胴側と管側それぞれの圧力、流体出入口温度、圧力損失などの設計条件を基本設計プロ

グラムに入力する。その結果、胴の内径、板厚、伝熱管の本数、配置、邪魔板の形状、枚数、配置が決定され、胴本体の設計が行われる。ここでは、プログラムは対話形式としたため入力条件などは必要に応じて変更が可能で仕様や適用範囲等を検討しながら設計計算を進めることができる。また、計算結果は一度設計データファイルに保管し詳細設計で参照できるようにした。

詳細設計⁷⁾⁸⁾⁹⁾の段階では基本設計をもとに鏡板、管板、ノズル、支持脚の設計計算とボルトにかかる応力の計算¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾を行い、それらの結果から CAD の機能を用いて作図を行った。Fig. 1 にパソコンおよび CAD による熱交換器の設計の手順を示す。

2.3 設計内容

a) 計算目的

API40°のケロシン12500Kg/hr を120°C から50°C まで冷却する多管円筒式熱交換器を設計する。

b) 設計条件

① 冷却流体	水道水
② 冷却水入口温度	30°C
③ 冷却水出口温度	40°C
④ 管側設計圧力	10kgf / cm ²
⑤ 胴側設計圧力	5 kgf / cm ²
⑥ 管側許容圧力損失	0.5kgf / cm ²
⑦ 胴側許容圧力損失	0.1kgf / cm ²
⑧ パス数	2

とした。

構造は比較的製作が簡単で安価であり、一般に広く使用されている固定管板形を採用する。管の配列については四角直列、四角錯列、三角錯列の三種類あるがそれぞれを CAD の CRT 上で検討し最も効率のよくなるものを選定した。

鏡板の形状も最も一般的なボンネット形とし、胴本体に取り付けるためのフランジは JIS 規格⁷⁾に従った。管板は使用する伝達管を拡張とするので管を固定するための穴の径は19.2mmとし、管板の外径は鏡板のフランジの外径に合わせてボルト穴なども同様にフランジに合わせてことにした。ドレン抜き、空気抜きのノズルは25A のものを使用することにし、これは規定により補強を必要としないため補強は行わない。但し流体の入口と出口のノズルには外力がかかるため補強を行った。フランジは JIS 規格品⁷⁾を使用した。

支持脚は鏡板重量を同じ長さの円筒重量に等しいと仮定して応力の計算を行い、寸法を決定した。ここで Fig. 2 に基本設計の出力結果を Fig. 3 には詳細設計の結果を、いずれも四角直列の場合を示す。

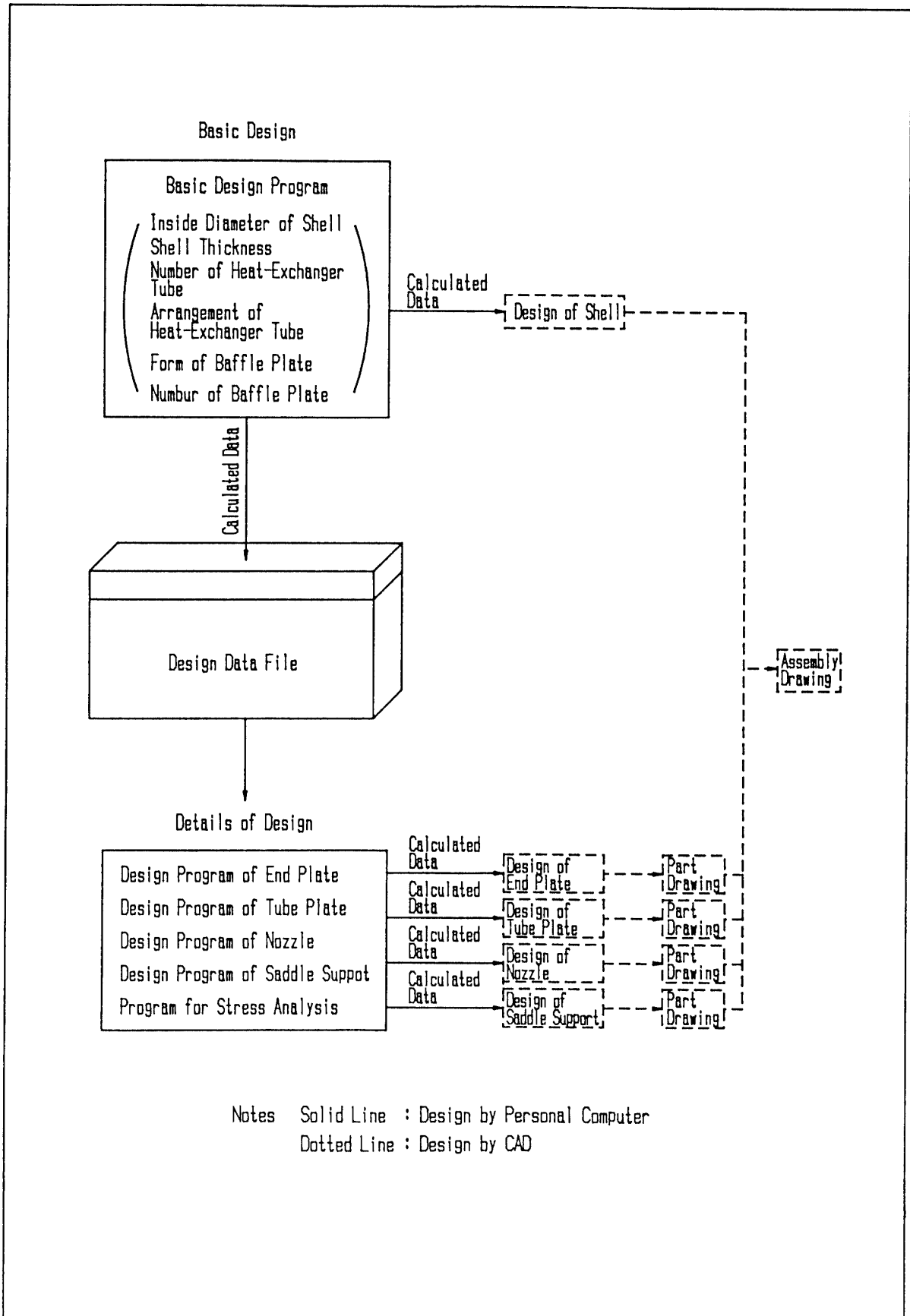


Fig. 1 Block diagram for designing a heat-exchanger.

3. 検討および考察

パソコンおよびCADによる利用効果を得るために今回、多管円筒式熱交換器を例にとり設計を行ったが、コンピュータの得意とする繰り返し計算が設計業務の中で活用でき高能率化できた。

例えば基本設計の段階において管配列を決定する場合、総括伝熱係数を仮定して計算する必要がある。更に境膜伝熱係数などの決定も必要であり、その値は何度も仮定し直すため最終決定には多くの繰り返し計算を伴うことになる。しかし、パソコンを使用することでその時間が短縮でき計算ミスも防ぐことができた。また、管の配置についてもわずらわしい計算や意匠設計をパソコンによる計算やCADの機能を用いることにより短時間のうちに決定することができた。

熱交換器の設計において重要な管の配列には四角直列、三角錯列、四角錯列がある。Fig. 4に四角直列の場合の配列例を示す。この配列は管の間が正方形になるように管を配置していく。胴の内径は746mm、管の本数は552本となり、胴の中にほぼ均等に配置できることがわかる。管の本数などの計算は基本設計プログラムにより求めたもので出力結果は先のFig. 2に示した通りである。Fig. 5は三角錯列の場合で管の間が正三角形になるように配置していく。胴の内径は695.2mm、管の本数は574本と四角直列と比べやや多くなる。これは管の配列を決定する場合、管の長さをまず決定したこと、胴の外径を規格鋼管としたためである。従って伝熱面積は四角直列の場合98.8m²、三角錯列の場合102.8m²となりこの場合必要以上の冷却効果をもち設計としてはよい選択とはいえない。Fig. 6は四角錯列の場合である。管の配列は四角直列が45度傾いたように配置されている。胴の内径は998mm、管の本数は1,014本と三種類の中で最も多くなり伝熱面積は181.6m²となる。

以上のように同じ条件でも配列の仕方によって管の本数、胴の内径が変化している。これは、境膜伝熱係数などの違いにより三角錯列、四角直列、四角錯列の順で伝熱効率が低くなるためである。これらは胴の外径を任意の寸法に決定することによりどの配列でも管の本数を一定にできるが、製作の段階まで考慮した場合規格品の方がコストの面でかなり安価となるので、先にも述べたように胴を規格鋼管としたこの設計方法が良いと考えた。従ってこれらの結果からここでは胴の内径も比較的小さく伝熱が計算通りいくと考えられる四角直列を採用することにしたが、設計プログラムは対話形式としたため設計の自由度が増し、それぞれ

の段階でCADによる検討も短期間で行うことができた。また、詳細設計においても同様の効果が得られた。

製図作業の段階においてもCADの作図能力、編集能力を活用することで作図にかかる時間を短縮することができた。例えばFig. 7に示す鏡板やFig. 8に示した管板のように右側と左側がほとんど変わらない形状では、片側を作図すればもう一方は先に作図したものを流用することで簡単に作図することができた。更にフランジ、溶接記号など図面に多く出てくるものはCADのパラメトリック機能やシンボル機能を用いることで作図の手間を省くことが可能となり作業の能率を向上できた。Fig. 9に多管円筒式熱交換器の組立図を示す。これは各部品図を編集して作図したものでありCADのもつ図形作製機能、図形操作機能を利用することにより効率よく作図ができた。更に標準となる部品やシンボル図形の登録が少しづつではあるが、蓄積されてきたのも能率向上の要因のひとつと言える。但し熱交換器の製図はこのシステムでは今回が初めてであったためその殆どが逐次入力する必要があり実際には多くの時間を費やした。

また、熱交換器などの圧力容器の設計では普通誇張表現を用いることが多いが、CADではCRT上に描く図面の大きさが把握しにくく作図に時間を費やすことが多い。これはタンク全体の大きさに対して板厚が薄いため誇張の割合が想像できず何度もプロッタで出力して認確が必要なためである。従って詳細図を用いて寸法を示す方が良い。

今回はパソコンとパソコンCADの併用による設計例について検討したが、本来CADは設計製図という労力と時間のかかるものから人間を解放し、生産性の向上、高品質化、製品開発期間の短縮化などを目的として、設計から生産に至るまでの一貫したプロセスのシステム化をコンピュータを用いて支援するものとしてとらえることができる。生産を伴う業界ではもはやCADだけにとどまらずCAD/CAM (Computer Aided Manufacturing) システムへと移行し、更にこのCAD/CAMはエンジニアリング全体をサポートするCAE (Computer Aided Engineering)へと発展してきている。CAD/CAMシステムには高速度大容量コンピュータを用いたメインフレームによるもの、ミニコンピュータを用いたエンジニアワークステーション (EWS) によるもの、パーソナルコンピュータを用いたパソコンCADに大別できるが、現在ではパソコンの性能が向上しアプリケーションソフトの質や数が向上したためパソコンCADの導入がコストパフォーマンスの観点から幅広く行われているのが現状である。大形CADではシュ

```

===== ヒューイ ショウケン =====
***** トウカワ *****
キョウ アツリョク ソンリツ          .10[kg/cm^2]
リュウタイ                             ケロシソ
リュウリョウ                          12500[kg/hr]
イリクチ オント                         120.00[°C]
テクチ オント                          50.00[°C]
***** カカワ *****
キョウ アツリョク ソンリツ          .50[kg/cm^2]
リュウタイ                             ミス
イリクチ オント                         30.00[°C]
テクチ オント                          40.00[°C]

===== カノ ケッチイ =====
シユルイ                               ハイカワカノ
サ イシツ                              アルプ ラック
ナカサ                                  3000[mm]
ニクアツ                                2[mm]
カ イケイ                              19[mm]
ナイケイ                               15[mm]
ヒ ッチ                                 25[mm]
シキリ トノ ヒ ッチ                   19[mm]
ホツテントウリツ                       100.00[kcal/m-hr-°C]

===== カノ ハイチ =====
ハ ススウ                               2
ハイレツ                               シカク チョウレイ
ホンスウ                               552[ホン]
スグーサー ノ ホンスウ                 8[ホン]
カニルツ スウ
  1                                     26
  2                                     26
  3                                     26
  4                                     26
  5                                     24
  6                                     24
  7                                     24
  8                                     22
  9                                     22
 10                                    20
 11                                    18
 12                                    14
 13                                    8

===== トウ ノ スンボウ =====
ナイケイ                               748.46[mm]
カ イケイ                              762.00[mm]
ニクアツ                                6.77[mm]
サ イシツ                               SB42

===== シノ スンソク =====
キョカキリツ                           .25[%]
マイスウ                                 19[マイ]
アナ ノ ケイ                             20[mm]
アナ ノ レツ                             8[レツ]
カクト                                   1.5

===== キョウマク テンソツ ケイスウ =====
カカワ                                  1349.32[kcal/m^2-hr-°C]
トウカワ                                122.96[kcal/m^2-hr-°C]
ソウカワ                                104.74[kcal/m^2-hr-°C]

===== アツリョク ソンリツ =====
カカワ                                  7.24E-03[kg/cm^2]
トウカワ                                3.20E-03[kg/cm^2]

```

Fig.2 Example of the major design calculations printed out automatically (data for the square-parallel arrangement of multitubes).

```

***** キョウバンノ スンホウ *****
キョウバンノ チュウオウブノ ナイロケイ          1066.80[mm]
キョウバンノ アツサ                              7.20[mm]
キョウバンノ ナガサ                              615.00[mm]

***** フランシノ スンホウ *****
オオキリノ ヨヒ                                  750
カノイケイ                                       970[mm]
アツサ                                           36[mm]
ホルトノ ヨヒ                                    M30
チュウシロエンノ ケイ                           900[mm]
ホルトノ カス                                    24[ホン]
ホルトアナノ ケイ                               33[mm]

***** カンカノ ニ ハカラク オウリョク *****
カンカノ イタアツ                               18.26[mm]
トウ ト カノ ノ オントノ リニヨツテ ショウシノ ル チカラ  -1.28E+03[kgf]
トウ ニ クワワル チカラ                        8.93E+03[kgf]
カン ニ クワワル チカラ                        1.50E+04[kgf]
トウ ニ ショウシノ ル オウリョク                6.30E-01[kgf/mm^2]
カン ニ ショウシノ ル オウリョク                2.64E-01[kgf/mm^2]

***** ノスルノ スンホウ *****

===== トウカノワ =====
カノイケイ                                       48.6[mm]

===== カンカノワ =====
カノイケイ                                       76.3[mm]

***** フランシノ スンホウ *****

===== トウカノワ =====
サノイシツ                                       SC42
オオキリノ ヨヒ                                    40
カノイケイ                                       140[mm]
アツサ                                           16[mm]
ホルトノ ヨヒ                                    M16
チュウシロエンノ ケイ                           105[mm]
ホルトノ カス                                    4[ホン]
ホルトアナノ ケイ                               19[mm]

===== カンカノワ =====
サノイシツ                                       SC42
オオキリノ ヨヒ                                    65
カノイケイ                                       175[mm]
アツサ                                           18[mm]
ホルトノ ヨヒ                                    M16
チュウシロエンノ ケイ                           140[mm]
ホルトノ カス                                    4[ホン]
ホルトアナノ ケイ                               19[mm]

***** ツヨメサノイ *****

===== トウカノワ =====
カノイケイ                                       80.0[mm]
アツサ                                           16.0[mm]

===== カンカノワ =====
カノイケイ                                       120.0[mm]
アツサ                                           16.0[mm]

```

Fig. 3 Example of the design calculations printed out automatically (data for the square-parallel arrangement of multitubes).

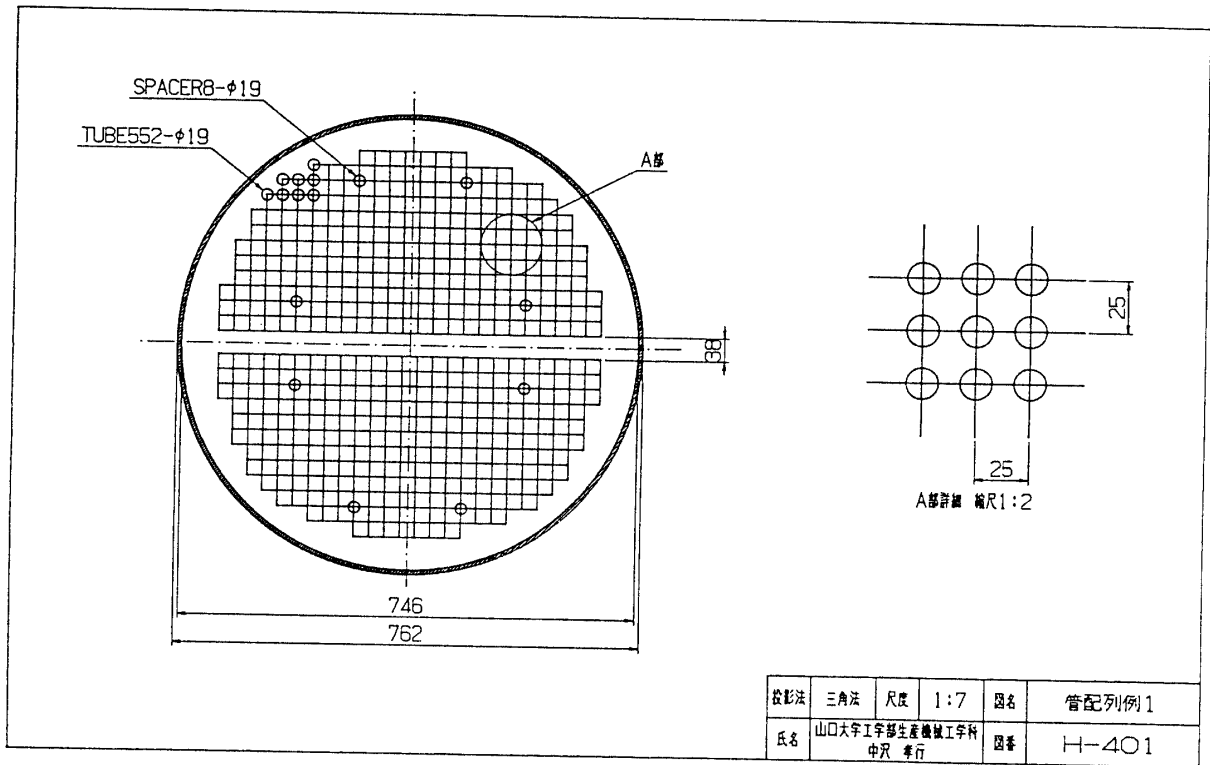


Fig. 4 Draft of the square-parallel arrangement of multitubes.

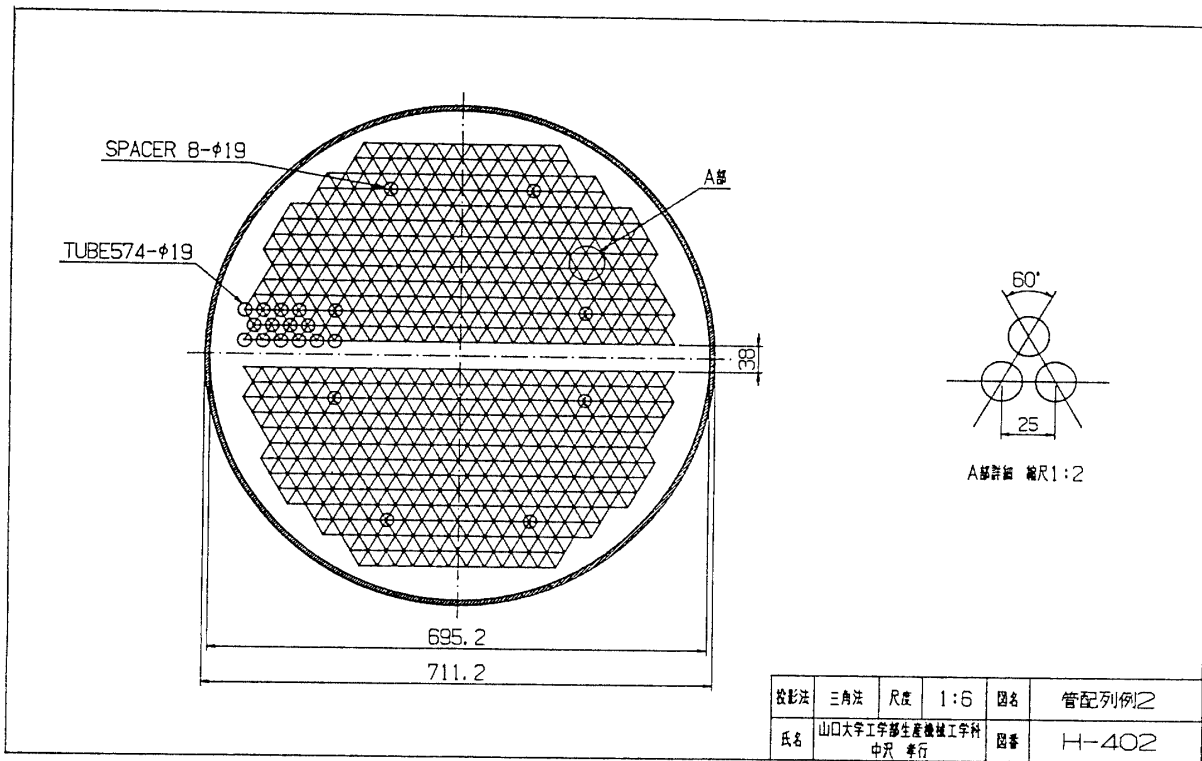


Fig. 5 Draft of the triangular-arrangement of multitubes.

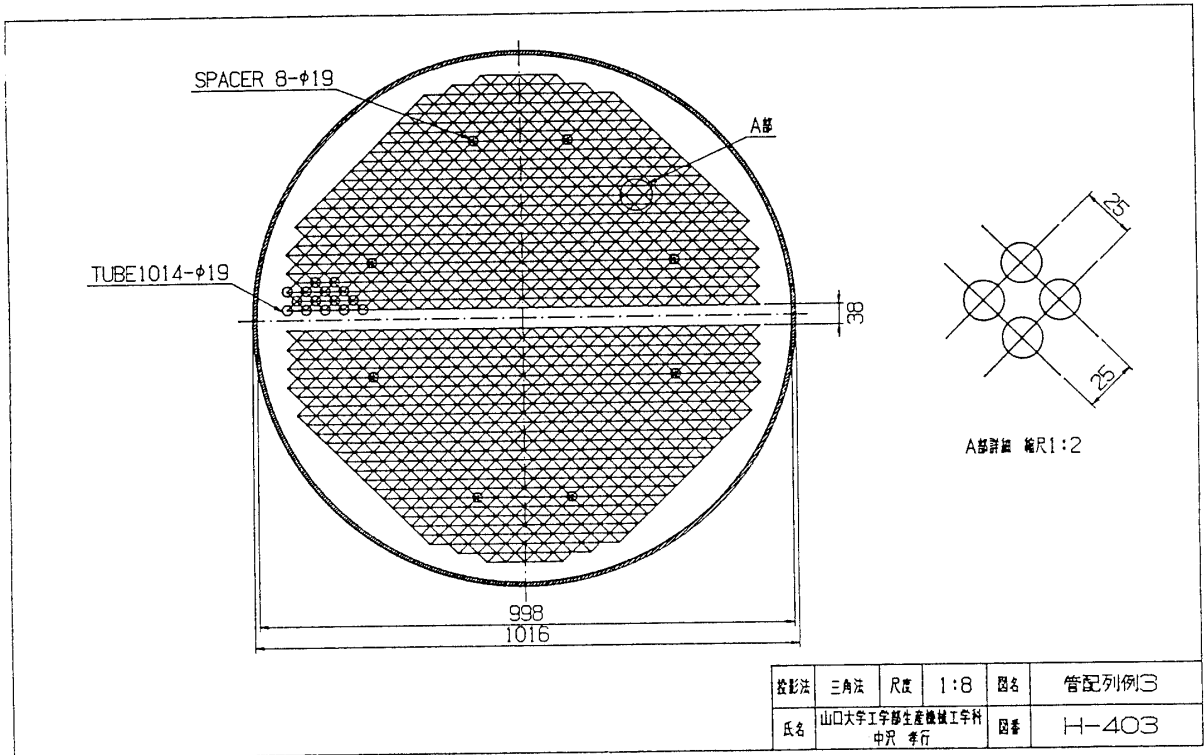


Fig. 6 Draft of the diagonally-square-arrangement of multitubes.

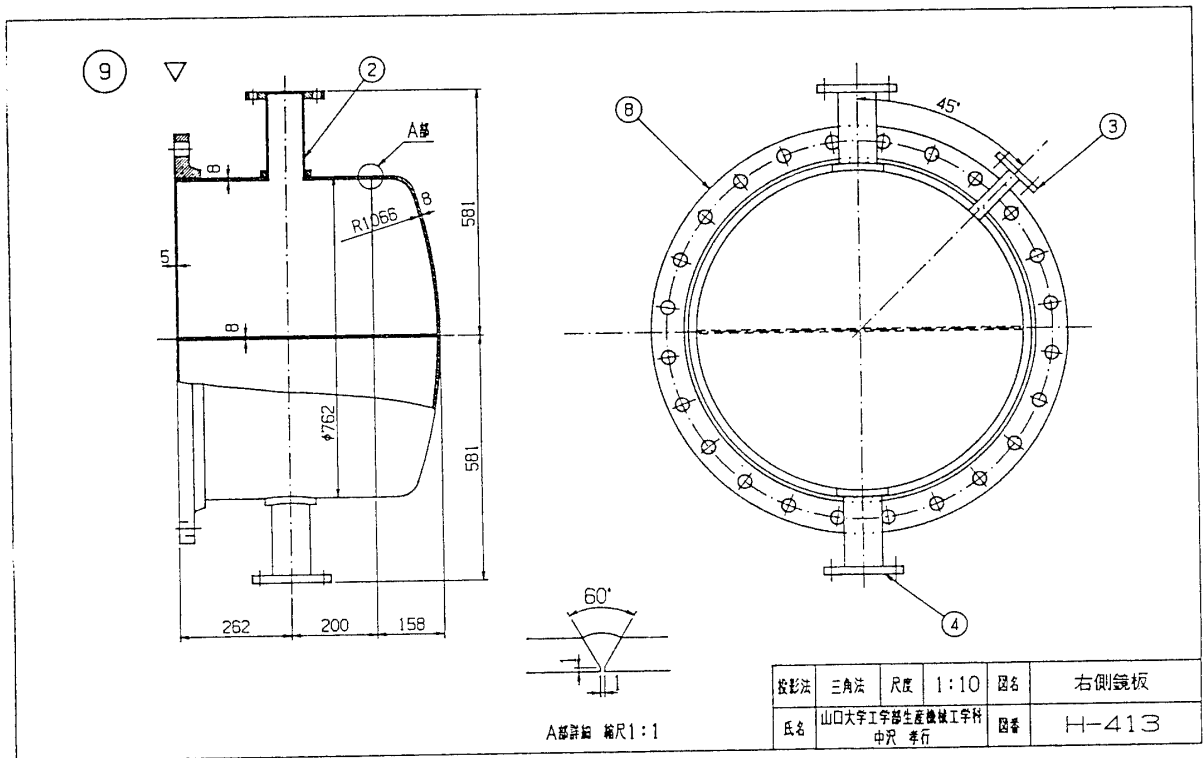


Fig. 7 Draft of the right end mirror plate.

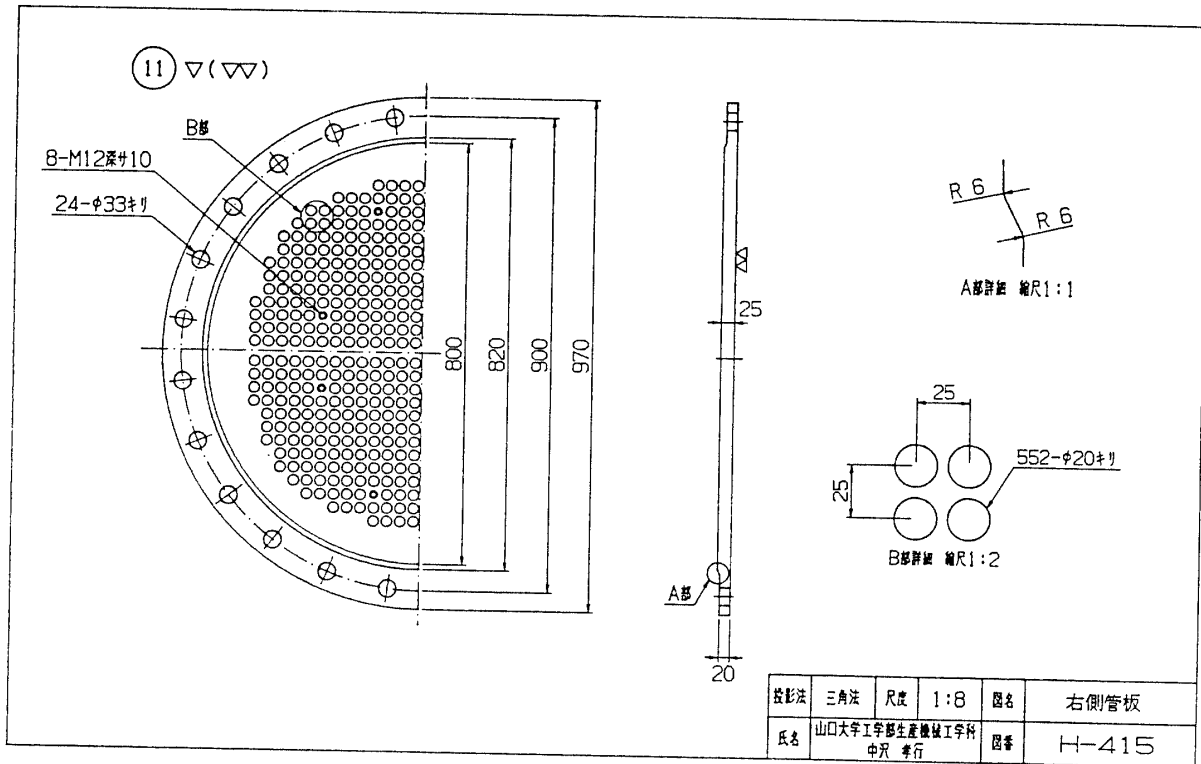


Fig. 8 Draft of the right end plate for holding multitubes.

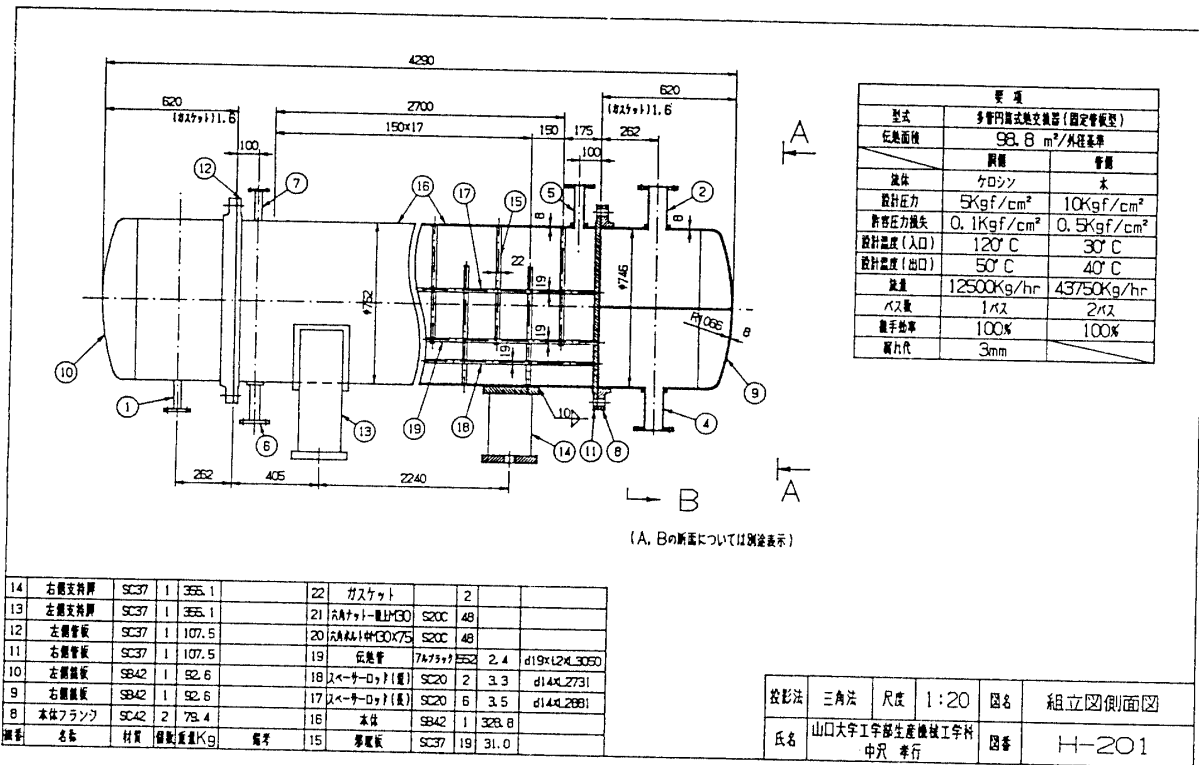


Fig. 9 Draft of the heat-exchanger of multitubler cylindrical type (the generating surface area of 98.8m²).

ミレーションや数値解析など豊富な機能を持つが、それには大きな投資を必要とするばかりでなく十分にそれらの機能を使いこなすにはかなりの技術と時間を必要とする。従って作図、図面管理の機能に限っていえばパソコンCADでも十分の機能を備えており利用法によっては小さな投資で大きな効果が得られると考えられる。

つまりパソコンとCADの併用による設計ではシステムのもつ機能をよく理解して現有の装置を創意工夫により十分に活用することが最も大切である。これまで行ってきた設計例がまだ少ないため具体的な表現は難しいが、あくまでもCADは会話形式で設計をして行く方法を重視し、パソコンによる設計計算プログラムや設計資料ファイルはその会話を助けるためのものとして位置づけて考え設計を行うべきであり、このような考え方でシステムを利用することが最善の方法と思われる。

4. 結 言

製図機能を主眼とした二次元CADシステムと設計計算を受けもつパソコンを併用し実際の設計・製図業務をどのように有効に行えるかを熱交換器の場合を例にとり検討した結果次のことを得た。

- (1) パソコンおよびCADによる設計は対話形式を用いて自由度をもたすことで流用設計がより広い範囲で適用できる。
- (2) パソコンを用いてCADの機能を援助することによ

り小さな投資でも大きな効果が得られる。

- (3) CADによる作図では誇張表現が難しくCAMへの適用などを考えると詳細図を用いる方がより効果的である。
- (4) CADによる設計は類似設計、編集設計に対し特にその効果を発揮する。
- (5) このシステムを有効に活用するためにはより多くの設計例を蓄積し効率よく管理しデータベース化すると良い。

参考文献

- 1) 瀧本・ほか5名, 山口大学工学部研究報告, 39-1, (昭63), 53.
- 2) 瀧本・ほか3名, 日本設計工学会講演論文集, 88-秋季(昭63), 15.
- 3) 中澤, 卒業論文(平成元年).
- 4) 尾花, 熱交換器設計ハンドブック, (昭61), 工業図書.
- 5) 池澤, 熱交換器の設計と計算, (昭61), 産業図書.
- 6) JIS圧力容器編集委員会, JIS圧力容器 一解釈と計算例一(昭54), 日本工業規格協会.
- 7) JISハンドブック機械要素, (昭59), 日本規格協会.
- 8) JISハンドブック鉄鋼, (昭59), 日本規格協会.
- 9) JISハンドブック非鉄, (昭59), 日本規格協会.
- 10) 狩野, 機械設計便覧, (昭62), 共立出版.
- 11) 機械実用便覧, (昭54), 日本機械学会.
- 12) 金属データブック, (昭59), 日本金属学会.

(平成元年4月15日受理)