アメリカにおける共同試験研究機関について*

— FRI と HTRI について —

村 上 薫**・小 杉 和 夫**
和 田 敏 也**

今日の製油所あるいは化学工場で一番良く目に止るのは、高い塔や反応器類と数多くの熱交換器、加熱炉のたぐいである。それほどかように最近では、蒸留と伝熱の機器類が多くなっており、建設費の中に占める精留塔と熱交換器類の割合は大きい。ゆえにこれらの設計をするには相当の経験と注意、即ち“know-how”を注入すべきであるが、それには多くの費用、時間および労力が必要。とりわけここで目的としているような計画の研究費用は、とても一社だけで負担しきれものではない。そこで FRI および HTRI という共同研究機関が作られたわけだが、この加入諸会社は、従来より一歩進んだ know-how を得ようとする問題意識は共通である一方、互いに企業として競争する立場にもある。従って負担すべき費用は極力切詰めなければならないし、またそれら互いに立場の違う会社が、その研究成果に基づいて利益を得ようとするのであるから、その利用法、解釈の仕方はそれぞれの会社なりの問題であろう。

FRI は Fractionation Research, Inc. の略で、設立は 1952 年であり、最初は 5 年の予定であった。所が期待以上の成果があったのと、もっと数多くかつ深く突込んだ方がよいということで今日まで続いており、恐らく今後も続くであろうと予想される。その意図する所は“conduct research and development work covering new methods and apparatus useful for or necessary in separating the components of a fluid of mixed composition on the basis of their relative volatilities or vapor pressures”となっている。

会社の組織は、Officers, Executive Committee, Technical Committee および Technical Staff より成っている。会社なので株主が居るが、株を持ってもいなく

ても受取る情報は同じである。事務所は HTRI と同じ場所で、米国 Oklahoma 州の Bartlesville という中規模の静かな都市にあり、実験装置は California 州 Los Angeles の近くの Alhambra にある C. F. Braun & Co. の中にある。写真 1 が装置の全景である。特に中央に立っているのが、下が 4ft、上が 8ft のもので、概略のフローは図 1 に示すようなものである。

実験は炭化水素系を主としており、他に有機物や水—水蒸気などで行なっている。これらの系は、あらゆる型式の棚段や充填物に使用し、かつ相互の比較をしている。FRI はその研究段階で、泡鐘段、多孔段や各社で開発した専売物など、優に 100 を越える型式のものについて実験を重ねてきた。しかし最も重要な結論としては、あらゆる場合にも適用しうる最も良いといえる、ただ一つの型式のものは見出しえなかったということではなからうか。例えば単なる穴明きの棚段は、泡鐘段に比べて高い容量と効率を示すが、安定なる操作性に全く欠けるといった具合である。一寸した見ものはダウンカマー付きの多孔段で、今までに公表された各種文献に記載のいろいろなデータを前にして、選択に迷っている人達に、救いの手を差し伸べてくれた感じである。また泡鐘段も捨てがたく、コロンブスの卵式の“フッ”と驚くような FRI standard bubble cap を開発し、実験で確かめている。

その上、会員所有の実装置を解析したり、各位の専売物の試験を行なって比較検討したりもしており、また会員の持つ悩みなどにも相談に乗ってもらえる。それらをまとめて、下記のような方法でレポートを出している。

- 月報；過去 1 か月間の報告
- トピックス；興味ある事項についてまとめた報告書
- 専売物の試験報告
- 実装置の試験解析報告書
- Fractionation Tray Design Handbook の改訂や追加

このほかに、興味ある実験を 16mm フィルムに写し取って、会員に回覧したり売ったりしているので、理論と

* 昭和 43 年 12 月 10 日 受理

** Kaoru Murakami, Kazuo Kosugi and Toshiya Wada 日本揮発油(株)プロセスエンジニアリング部 (Japan Gasoline Co., Ltd., Process Engineering Dept.)

実際はどう考えるべきかの参考となり、なかなか面白い。特に良いのは、Handbook には、得られた式もさることながら、これらの各項目について Fortran IV でおのおの独立して記載があるので、各社の実状に合わせて電子計算機に自由にプログラム化できるようにになっている。

将来の計画は、短期、長期の二本建てで、着々と準備しかつ実行に移されようとしている。今までの経過と今後の計画のまとめとして、年2回の割合で会合もたれており、それには加盟各業種（石油精製、化学会社、エンジニアリング建設業およびトレイ専売会社）の技術者が出席して盛大である。FRI の入会金は12000ドルで、年費としては会社売上高により2000~3000ドルである。

一方、HTRI (Heat Transfer Research, Inc.) は FRI よりも遅れて1962年に、伝熱の研究、熱交換器設計の研究を行なう目的で設立された共同研究機関である。今日の装置工業のめざましい発展と相俟って、伝熱の分野の研究もこれまで以上にもっと大がかりな規模で系統的なものが必要であるということから、FRI 同様アメリカ合衆国および関係各国の石油、石油化学の会社や、エンジニアリング、機器製作者などの諸会社が集まってできたもので、利益を目的とはしていない。11社でスタートした HTRI は、今では70社以上にもなって、その範囲もアメリカのほか、日本、イギリス、カナダ、メキシコそれにヨーロッパ各国におよんでいる。

HTRI の研究設備は FRI と同じ Braun 社の中におかれていて、現在設備の総額はざっと100万ドルに達し、つぎのようないろいろなものがある。

- 1) 一般熱交換器の研究設備——取扱える物質は空気から高粘度油までの各種で、相変化のないもの
- 2) 沸騰、凝縮の研究設備——ケトル型、サーモサイフォン型、強制循環式などの各種のもの。
- 3) 空冷式熱交換器——基本的研究をするためのいろいろな形状のものがある。
- 4) 汚れ現象についての研究設備——heat flux, 流速, 管材質, 管壁温度などの影響を実験するもの、これのホータブルのものも開発され、実験中である。

さらにまた建設中のものには、

- 5) 管内凝縮機構をしらべるガラス製のモデル管。
 - 6) 各種フィン形状の研究用に設計された風洞。
- といったものがあり、優秀な技術者がこの研究にたずさわっている。

このような設備からの研究の成果と、今後の計画の概要はつぎのようなものである。

- a) 管内流れの層流, 乱流, 遷移流の圧力損失と伝熱係数について、とくに水については高精度の相関関係。

写真1 FRI の実験装置全景

図1 実験装置のフローダイヤグラム

- b) 多管式熱交換器シェル側の圧力損失, 伝熱係数。フィン有無の各種形状について、より厳密な相関関係。
- c) ノズル、ヘッダーでの圧力損失。
- d) 多管式熱交換器設計用の電子計算機プログラム。Fortran IV で書かれ、32K 以上の容量が要る。
- e) たて型サーモサイフォンリボイラーについて、多数のデータの解析と設計手順の検討。これと強制循環型式リボイラーの設計、検討用の電子計算機プログラム。
- f) ケトル型リボイラーについて、いろいろな形状、材質の実験、とくに heat flux の大きいところの研究と新しい設計法の開発。
- g) 凝縮の分野の研究はまだ日が浅いが、シェル側および管内凝縮について、現行設計法の検討などを含めて今後3年間に広い範囲の研究が予定されている。
- h) 空冷式熱交換器の研究設備も最近完成されたば

かりであるが、今後、強制通風の際の流れの分布、フィン、ファンなどの形状に関する研究が予定され、目下建設中の風洞が使われることになっている。

i) 汚れ (fouling) の研究にも HTRI は力を注ぎ、晶析物、微生物、沈積物、重合物などいろいろな汚れと流速、管壁温度、管材質との関係などの研究が進められている。汚れ現象の追究なくしては伝熱装置設計の進歩はないとして、この分野の研究には期限を設けてない。

j) 将来計画の中には、一般熱交換器では各種のバブル形状、不均一流れの問題、リボイラーでは高真空から高圧までの範囲、あるいは不安定現象の徹底的検討などが予定され、このほかにも有効平均温度差、装置設計最適化の手法などの研究も含まれている。

以上のような HTRI の研究成果は、全項目について詳細なレポートにまとめられ、設計指針、実験記録のデータブック、電子計算機プログラムとそのマニュアルといったものになり、新しい結果はその都度補足されてメンバーの各社に配布される。

HTRI は株主総会、技術諮問委員会などで運営され、当初5カ年計画だったのが、現在第2次5カ年計画に入っている。新しく加入する場合でも、拠出金および入手

する資料は加入の時期如何にかかわらず初めからの額と同じであって、この拠出金の額は企業の形態 (process owner, engineering contractor, equipment manufacturer とに分けられている) および年間総収入に応じて定められていて、10年間の総額は25000ドルから180000ドルの範囲である。

FRI, HTRI の研究成果は、その道の専門家にとってはもちろんのこと、設計や運転・管理にたずさわる者にとっても生産性の高い装置の最適設計、最適操業に自信を深めることができ、出資した金額相応の利益をもたらしているといつてよいだろう。

以上、筆者らに許された範囲で紹介したが、更に詳細についての照会は下記あてに行なわれるとよい。

FRI Head Office

P.O. Drawer F Bartlesville, Oklahoma 74003

HTRI Administrative Office

410 Union National Bank Building

Bartlesville, Oklahoma 74003

Federal 6-2694 Area 918

[付記] 本文掲載に関し、許可と助言を与えていただいた FRI, HTRI に対して謝意を表する。

海外視察報告

ノボシビルスクの国際触媒会議シンポジウムに出席して*

若 尾 法 昭**

第4回国際触媒会議が1968年6月末からモスクワでまず開かれ、日本からも多数の研究者が参加した。モスクワ会議にひきつづいて、7月5、6日ノボシビルスクで「The Porous Structure of Catalysts and the Role of Transport Processes in Heterogeneous Catalysis」というテーマでシンポジウムが開催された。一昨年春に、この大会に参加するよう組織委員長の Boreskov 教授から私信を頂いていたものである。シンポジウムそのものを語る前に、まずノボシビルスクについて述べる必要がある。

ノボシビルスクは人口130万、学生7万人で50年の歴史をもつシベリヤの都市である。極東のハバロフスクーモスクワ間のちょうど中間に位置し、まさにシベリヤの

中心、そしてソ連政府が、シベリヤ開発のための学術センターとして1957年から10年計画で建設したアカデミー・タウン (Academgorodok) がここにある。空から見ると一面緑の大森林のなか、雄大なオビ河の河畔に突如現われた美しい都市がノボシビルスク市街地であった。飛行機は市街地を乗り越して35km、再び緑の森のなかの Tolmachevo 空港に着陸した。空港から車で市街地を通り、更に約40分でアカデミー・タウンに入る。ここは市街地とは全く隔離され、四方を白樺とシベリヤ落葉松に囲まれた静かな学術都市である。幅広い車道の両側には、芝生帯、自転車道、芝生帯、歩道が順に並行し、将来を十分考えた都市計画のモデルがそこにあった。夜十一時、遙かかなたの森の地平線に沈む夕日に、シベリヤの広大さをあらためて感じさせられた。

研究所群はアカデミー・タウンの北端を東西に走る

* 昭和43年10月14日 受理

** Noriaki Wakao 横浜国立大学工学部