

CFD , 化学工業とプロセス産業に 100 万ドルの利益

化学プロセス工業(CP)界における数値流体力学(CFD)の適用は、世界的にこの5年間で増加していますが、その裏には数多くの要因があるようです。コスト削減、プロセス効率の改善、安全衛生基準の遵守に対する積極的な努力および各国政府が施行する環境法規への適合の必要性などが増大したことが、その主なものと言えましょう。また、「シックスシグマ」のような新たな取り組み、市場における企業の合併や買収により、意思決定担当者はCPプラントのユニット事業ごとに再評価せざるを得なくなっています。その結果、次のような要求がでてきます。

- ・ 運転効率を改善できるのか?
- ・ プロセスの処理能力を高められるのか?
- ・ 計画保守および計画外保守のコストを削減できるのか?
- ・ 環境と安全上の新たな規制に適合できるのか?
- ・ 新たなプロセスの試作モデルを効果的にスケールアップできるのか?
- ・ フロー関連の問題をタイムリーかつ経済的に解決できるのか?

「1年半前なら CFD 解析を馬鹿にしていたエンジニアも、今では現場で実際に試す前に、CFD を使って設計上の変更を評価するやり方を好むようになりました。Fluent 社の CFD ソフトウェアを使ったコンピューターシミュレーションのおかげで、当社では製品の品質を高めると同時に、装置設計エンジニアの効率を3倍にすることができました」

DuPont 社
Phil Staples 氏

CFD ソフトウェアの歴史は20年ほどですが、研究開発用の難解な「おもちゃ」から、使いやすい設計解析ツールへと変貌を遂げてきました。この CFD 革命は、コンピューターのハードウェア、中でもマシンの速度、並列プロセッサおよびメモリーの拡張といった面での大幅な発展に支えられてきたのではないのでしょうか。

化学プロセスに従事する会社では、CFD に基づく戦略によって次のような利点を得ることができ、コストの削減、売上と純利益の改善に成功しました。

運転性能の改善
 ユニット運転の信頼性の向上
 より確かなプロセスのスケールアップ
 製品の安定性の改善
 プラントの生産性の改善
 ユニットプロセスに関する技術的知識と理解の向上
 保守点検のための、設備停止時間の短縮
 安全衛生および環境上の規制への適合

CFD は流れの解析ツールです。化学プロセスに関わるエンジニアなら、熱、質量、運動量の保存則やベルヌーイの方程式には馴染み深いでしょう。CFD はコンピューターを利用して、定義済みの形状ならびに一連の初期境界条件、プロセスの流体の物理および化学上の問題のために、流体の流れを記述する基本的な非線型微分方程式(ナビエ・ストークスおよび関連の方程式)を解こうとしています。その結果、化学装置やプロセス装置ほとんどの、流速、温度、化学種濃度などについての予測

が、豊富にできるようになっています。強力な可視化機能を備えた CFD は、非常に効果的で、流れをじゃまする心配のない仮想的なモデル化手法なのです。

あらゆる CP ユニットの運転に共通な流体の流れや、熱伝達および物質移動における効率を改善するため、化学とプロセス関係の大手企業では CFD ソフトウェアの装備とエンジニア向けのトレーニングコースに数千ドル単位の投資をしています。というのも、CFD のおかげで、CP エンジニアは多くのプラント処理問題について、従来にない洞察や理解を得られるようになっていきます。また、古くからある問題に関して、革新的な解決策が容易に得られています。実際、多くの CP プラントでは一般に処理量が膨大なため、CFD の使い方をトレーニングしたエンジニアがソフトウェアを利用することで、ユニットプロセスごとに約百万ドル単位の節約につながっています。CFD シミュレーションを適切に使用し、検証を行なうことで、財務上の純利益と売上に大きな成果が上がるのが、繰り返し実証されています。エンジニアは、単純な経験則や経験的な相関関係を超えて、流れ

場の完全な予測が行なえるような詳細なユニット操作のシミュレーションを実行できるようになっています。こうして、CFD は、以前ならブラックボックスとみなされていたプロセスと装置について、詳細な理解が得られる、欠くことのできないツールとなっているのです。

業界リーダーの多くは、従来のように物理モデルをつくって試行錯誤する解決法から、CFD に基づいて戦略をねる方法へと移行しています。その方が、大きなコスト削減と収益増が達成できるからに他なりません。右の表は、CFD に基づくアプローチが石油精製事業にどのように大きな影響を与えてきたかを示すものです。これらのシミュレーションをすることによって、化学プロセス業界のエンジニアは多くのユニットプロセスを理解し、最適化できるようになっています。

最近 CFD 分野が発展していることで、CP 業界におけるモデリングツールの利用が拡大しています。Fluent 社では、混相流、混合関連の現象、複雑な装置の形状、詳細な化学反応の流れなど、いっそう複雑な流体問題のすべてを業界でも妥当と思われる期間内でユーザーの皆様が解析できるよ

CP ユニットの処理内容

球形の反応器
FCC 熱交換器
抽出タワー
固定層触媒反応器
充填層管状反応器
中細ノズル触媒バーナー
ジェット混合反応器
プロセス配管での堆積

CFD によるプロセスの改善

再設計による処理量の増加
容器の処理量と性能のアップ
最適化されたタワー形状で抽出効率の改善
触媒ベッドの移動改善
蒸発スプレーの分布の改善
再循環とフラッシュバックの可能性を防止
スケールアップと気体/液体の物質移動特性の改善よどんだ領域での固形物の堆積を排除

うにしています。

CFD は化学プロセス業界にとって欠かせない CAE ツールです。現在よくいただくご質問は、「CFD とは何であり、どのように利用できるのか」というものではなく、「様々なユニット上の流体問題に、なぜ適用されていないのか」ということです。流体の流れ、熱伝達、および物質移動の用途における最前線の問題が頻繁に解決され、ほんの数年前には答えが想像もつかなかったような問題も、今や解決可能となっています。エンジニアにとっての技術的な利益や、経営者にとっての経済的な利益のために CP 業界で CFD の利用が増加しているのも、まさにそうした理由からであり、当分の間、衰える気配はありません。

「FLUENT を利用することで、単相および混相、両方の用途で商業用装置の性能を改善することができました。気体や固体の混合、ジェット力学、相分離、あるいは燃焼などの分野において、CFD に基づくハードウェア設計で良好な結果が得られたことは FLUENT の物理モデルの厳密さを立証するものではないでしょうか」

**Mobil Technology Center
Greg P. Muldowney 氏**

参考文献

- 1 “Computational Fluid Dynamics: Understanding Unit Operations”, Derek A. Colman, BPAmoco Chemicals, PETROLEUM TECHNOLOGY QUARTERLY, Autumn 1999, Vol. 4, No. 3, p75.
- 2 “CFD Hits the Engineer’s Desktop”, Ken Fouhy, (ed.), CHEMICAL ENGINEERING, Nov 1999, p178, Example from DuPont.
- 3 “Mixing by Model”, Peter Hoffman, Hoechst Celanese, OCCUPATIONAL HEALTH & SAFETY, Aug 1999, p110.
- 4 “CFD Reduces Time for Reactor Redesign”, CHEMICAL ENGINEERING, Nov 1998, p166, Example from Degussa.
- 5 “Modeling Software Targets Restricted Flow”, Dick Jung, Texaco Inc, CHEMICAL ENGINEERING, May 1995, p133.