

事例紹介 教育シミュレータ

木村 勉^{*1}・石川真紀夫^{*2}・深見 肇市^{*3}・佐藤 季雄^{*3}

Tsutomu Kimura・Makio Ishikawa・Mineichi Fukami・Sueo Sato

1. はじめに

本稿では、ダイナミックシミュレータを用いた教育/訓練シミュレータについて紹介する。第1章では、(株)オメガシミュレーションが開発した統合ダイナミックシミュレーション環境 OmegaLand⁴⁾のアプリケーションシリーズの一つとして開発された化学工学シミュレータ OmegaEduPack について解説する。第2章では、丸善石油化学(株)でのダイナミックシミュレータを用いた教育/訓練への取り組みについて紹介する。

1.1 プロセス工学教育シミュレータの必要性

まず、OmegaEduPack の紹介をする前に、プロセス工学教育シミュレータの必要性について考えてみることにしよう。

プロセス工学教育シミュレータとは、プラントの原理・原則の習得や単位操作の体得をするうえで、座学だけでは十分な教育を行うことが難しい点をダイナミックシミュレータの利用を通して、体験的な学習をすることにより解析力/対応力を備えた運転員/エンジニアを育成するために用意されたダイナミックシミュレータである。

(株)オメガシミュレーションでは、今までにもダイナミックシミュレータ Visual Modeler⁵⁾を使ったプロセスオペレーションのための教育/訓練用シミュレータを数多く開発、提供を行ってきたが、対象とするプロセスモデルおよびシステムは、あ

^{*1} 株式会社オメガシミュレーション 事業本部プロジェクト部

^{*2} 同上 営業部

^{*3} 丸善石油化学株式会社 千葉工場 事務部総務課(研修センター)

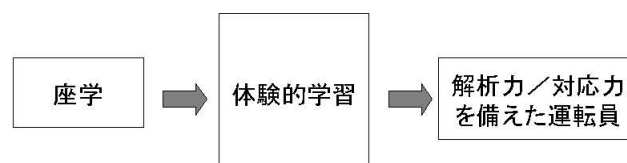


図1 プロセス工学教育シミュレータの必要性

る程度の規模をもっているものが多く、ベテランの運転員の「訓練」には適したシステムとの評価はいただいているが、入社数年のプラントの「初心者」に初歩的で基本的な教育のみを行うには規模、価格ともにユーザーが負担に感じざるを得ないものもあった。

プロセス工学教育シミュレータは、こうした「初心者」にテキスト、講義および演習等の座学で得た知識を、シミュレータを通して単位操作毎の実プラントに近い挙動を体験的に学習させることにより、基礎知識の理解を深めさせ原理原則を理解できるものである。

1.2 OmegaLand アプリケーションシリーズ OmegaEduPack

1.2.1 OmegaEduPack とは

OmegaLand 上に用意されたプロセス工学教育用シミュレータの集まりである。

教育用シミュレータの目的は、

- ① プロセス工学の原理原則を学ぶ
- ② 各機器・単位操作の動作原理・性能を理解し適切な操作を体得する
- ③ 制御操作とプロセスの動きを理解して、制御動作の基本を学習する
- ④ プロセスオペレーションに必要な知識を習得

表1 OmegaEduPackにより提供されるシミュレータの一覧

分類	対象	目的
動作原理編	物質収支・熱収支	原理・原則の習得
	流動	
	熱伝導	
基礎ユニット編	蒸留塔	単位操作の体得
	圧縮機	
	加熱炉*	
	反応器*	

* 現在、開発中

する

などがあげられる。これらの目的を効率よく達成するために必要な環境のひとつとして、シミュレータを使用した学習環境があげられ、そこでは受講者が主人公となって参加しながら効率的に学ぶことができる。OmegaEduPackはこうした教育に最適な環境を提供するものである。

OmegaEduPackにより提供されるシミュレータを表1にまとめる。

1. 2. 2 動作原理編

OmegaEduPackが提供する動作原理編には、次に示す3種類のシミュレータが用意されている。各シミュレータについて簡単に紹介する。

(1) 物質収支・熱収支シミュレータ

●シミュレータのねらい

ブタンの燃焼反応と燃焼ガスの熱回収を通して、化学工学の原理および基礎である物質収支・熱収支について学習することを目的とする。

●対象プロセス

ブタンを燃料として空気を混ぜてバーナーで燃焼させ、バーナーから出た燃焼ガスをスチーム発生器で熱回収に利用するプロセス。

(2) 流動シミュレータ

●シミュレータのねらい

配管を通して水を移送することで流体の移動に関する基礎について学習することを目的とする。

●対象プロセス

タンクに貯蔵した水を、性能の異なる2台のポンプと内径の異なる2本の配管(3B, 2B)を使って高所に設置されたタンクに送液する。水の密度を変化させるために、水の温度を変化することが可能となっている。

(3) 伝熱シミュレータ

●シミュレータのねらい

ポリプロピレンの重合反応熱を2台の外部循環クーラー(熱交換器)を用いて除熱するプロセスを通して、化学工学の原理および基礎である伝熱について学習することを目的とする。

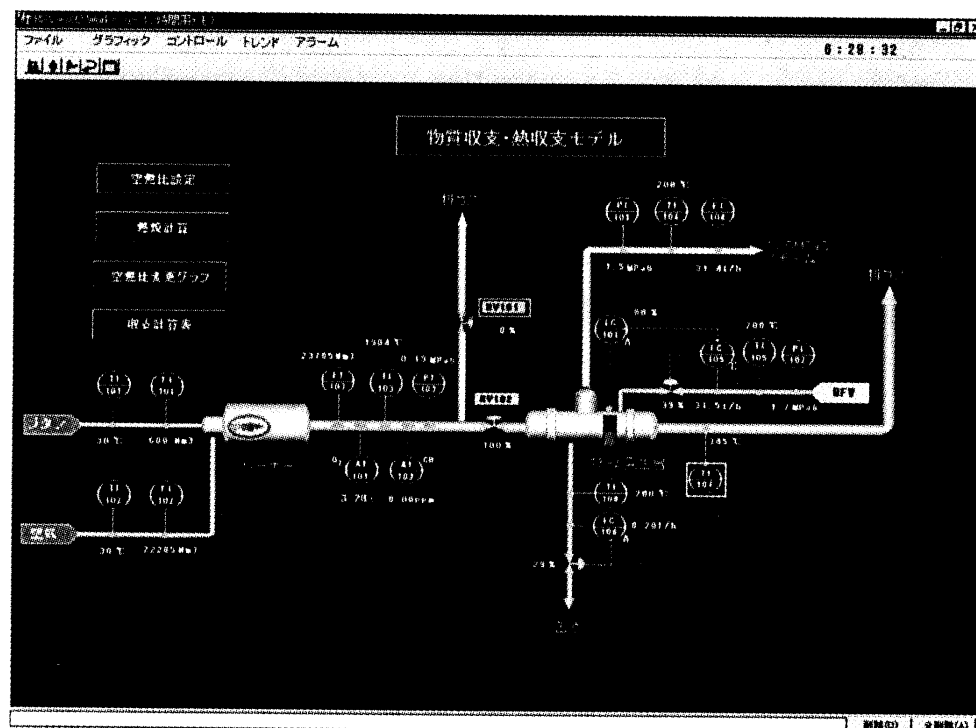


図2 物質収支・熱収支シミュレータ

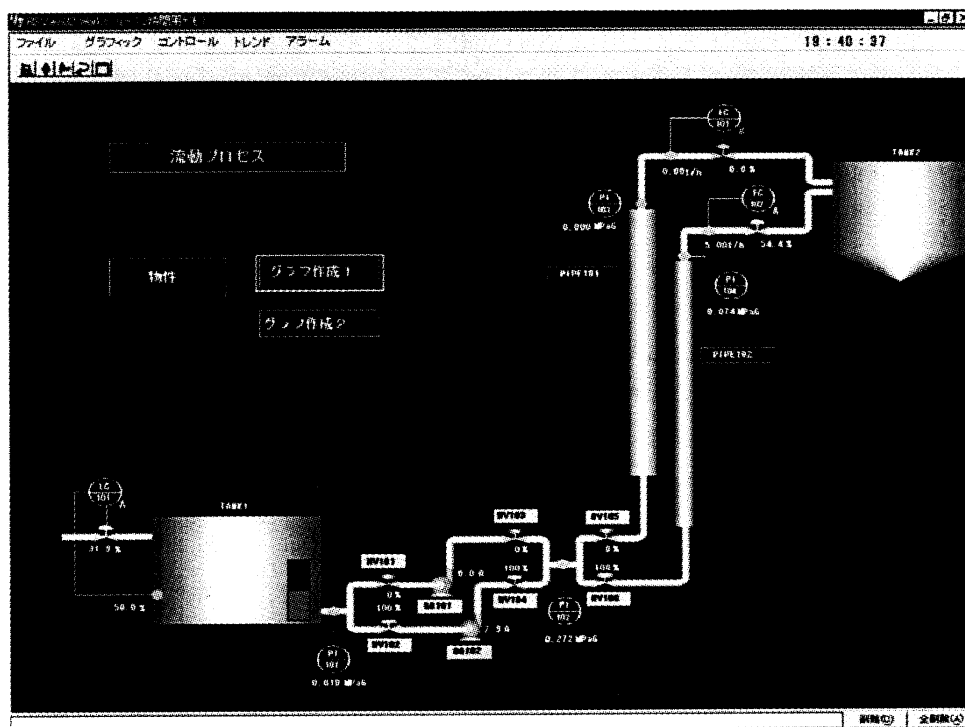


図3 流動シミュレータ

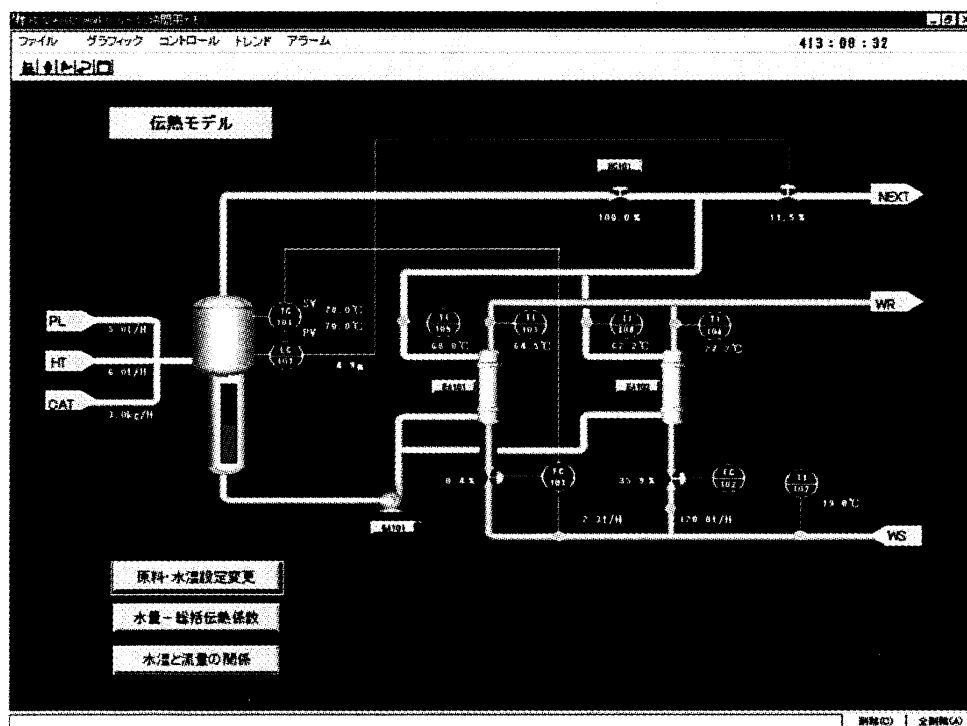


図4 伝熱シミュレータ

●対象プロセス

重合反応器の下部より抜き出した反応液を2台の熱交換器で冷却し、冷却された液を循環させ一部を抜き出している。1台の熱交換器は重合槽の温度制御を行うようにカスケード制御されている。

る.

1. 2. 3 基礎ユニット編

OmegaEduPack が提供する基礎ユニット編には、4 種類(加熱炉、反応器については開発中)の

ケミカル・エンジニアリング

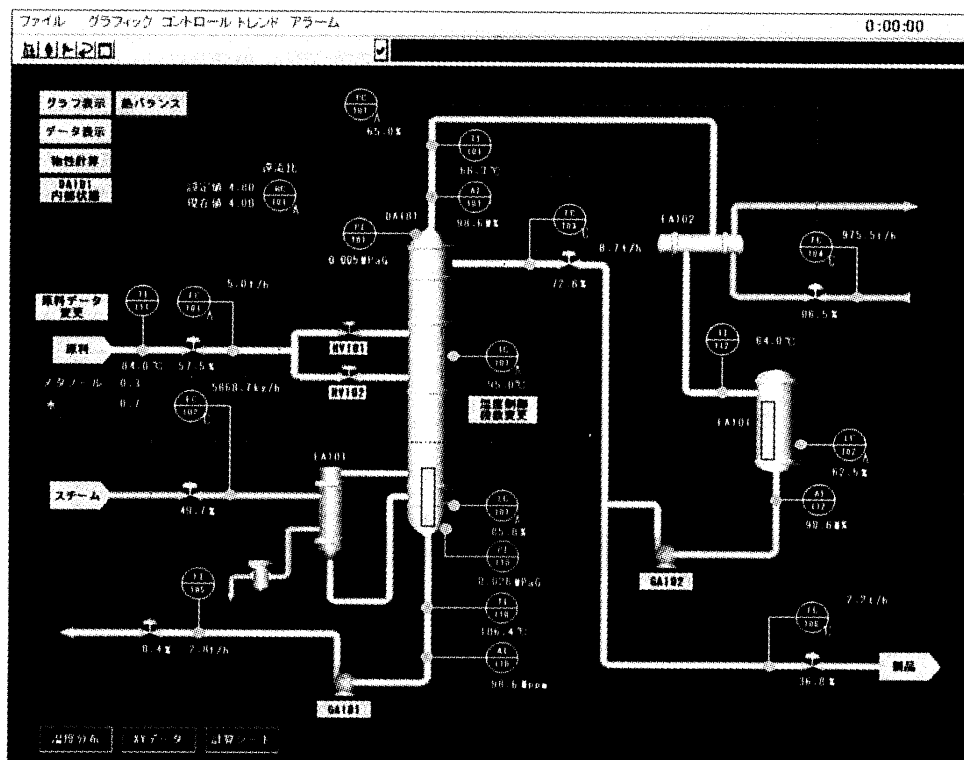


図5 蒸留塔シミュレータ

シミュレータが用意されている。

(1) 蒸留塔シミュレータ

●シミュレータのねらい

水・メタノール混合液の蒸留分離プロセスにより、蒸留操作に関する理論および蒸留塔の運転・制御などを学習することを目的としている。

●対象プロセス

水・メタノールの混合液(メタノール30mol%)を理論段数10段(リボイラ含む)の蒸留塔にて蒸留分離する。加熱源としてリボイラに0.8MPa(170℃)の蒸気を補給し、塔頂からの蒸気を冷却水で凝縮する。蒸留塔まわりの制御として、フィード流量、塔内温度(還流量とカスケード)、還流比(スチーム流量とカスケード)、留出液拔出し、缶出液拔出しなどの制御計器が設置されている。

(2) 圧縮機シミュレータ

●シミュレータのねらい

エチレンプラントで使用されている遠心式圧縮機、その付帯設備をベースにガスの圧縮工程の化学工学的な原理、および運転操作の基礎について学習することを目的としている。

●対象プロセス

エチレンプラントの分解ガスをフラッシュドラムで気液分離して圧縮機にフィードする。圧縮さ

れたガスはノックダウンドラムで気液分離され、圧縮されたガスの一部はミニマムフロー制御のためにフィードラインに戻される。圧縮ガスはプロピレン液と熱交換され、次工程に送られる。ノックダウンドラムでは、液相は油水分離され、水層は系外に排出され、油層はフィードされる分解ガスのラインに戻される。また、分解ガスのかわりに窒素ガスをフィードすることもできる。

2. 教育シミュレータの活用事例

2.1 はじめに

丸善石油化学(株)は、エチレン・プロピレンを主要製品として生産し、製品の大部分をパイプラインによりユーザーのコンビナート各社へ供給しているエチレンセンター会社である。

ユーザーへの安定供給責任および災害、公害防止の観点による安全操業、安定運転の継続が最も重要であり、各プラントのオペレータに課せられた責任は大きい。

最近、設備機器の余寿命予測が詳細に検討され、各社とも2～4年連続運転のプラントも増加している。

また、プラントの制御系はほとんどが冗長化されたコンピュータ制御システムであるため、制御

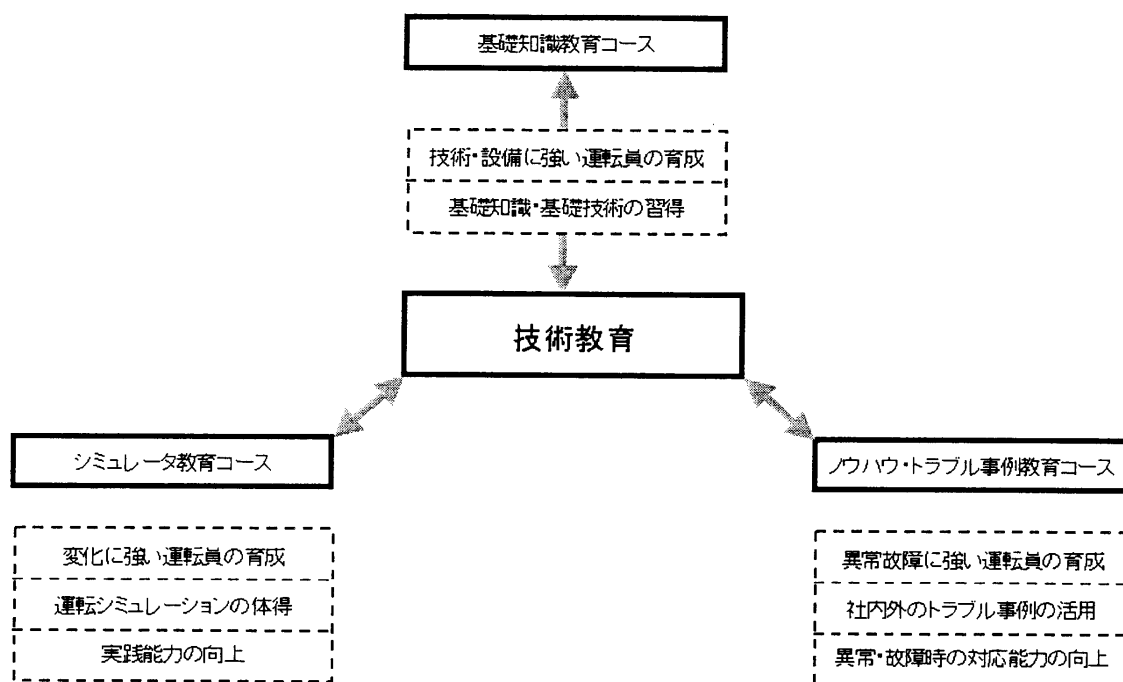


図8 教育体系

2.2 弊社の教育システム

弊社では、従来から集合教育(OFF-JT)での技術教育を進めてきたが、急速に到来する世代交代に伴う技術伝承等の時代変化に対応するため、その見直しを図り、1999年7月に研修センターを新設し、「新技術教育」としてスタートさせた。

その骨子としては

- ① 基礎知識の内容を充実させた『基礎知識教育』
- ② 基礎知識のさらなる理解と運転技能の習得を支援する『シミュレータ教育』
- ③ 安全、安定運転の継続に欠かせない『ノウハウ、トラブル事例教育』

の3本柱であり、その対象としては、当面は運転部門の高卒、高専卒者であるが、近い将来、技術部門、研究部門まで枠を広げる計画である。

2.3 保有シミュレータ設備について

(1) 訓練用シミュレータ(GEPURS)

1991年にABB シムコン社より、弊社エチレンプラントをカスタム化した訓練用シミュレータを導入した。

当時はエチレンプラントの増設を控え、オペレータの育成が急務であったことに加え、喜ばしいことではあるがエマージェンシーやトラブルの減少、運転のロングラン化による経験の場の減少が問題

視されていた。

このような背景が訓練用シミュレータを導入したわけであり、定常運転からスタートアップ、シャットダウンまでをカバーできる訓練用シミュレータの効果は大変大きかった。さらに、現在でもエチレンプラントのOJTで訓練用シミュレータを使用中である。

(2) 蒸留シミュレータ MSAT (Multimedia and Simulation Assisted Advanced Trainer)

2000年にセントラルコンピュータサービス(株)より蒸留塔モデルを導入した。

ABB シムコン社製のシミュレータは複雑で、エチレンプラントをある程度理解していなければ操作が難しく、トラブルを起こしても収拾ができない状態になってしまう。

このため、エチレンプラント以外のオペレータでも模擬運転ができて、さらに蒸留の基礎教育ができるソフトを導入した。

(3) 化学工学シミュレータ

2000年に(株)オメガシミュレーションより運転訓練とは別の座学の復習ができるシミュレータを導入した。

ソフトの内容は次の通りである。

① 物質収支・熱収支

燃焼反応と燃焼ガスの熱回収を通して、物質

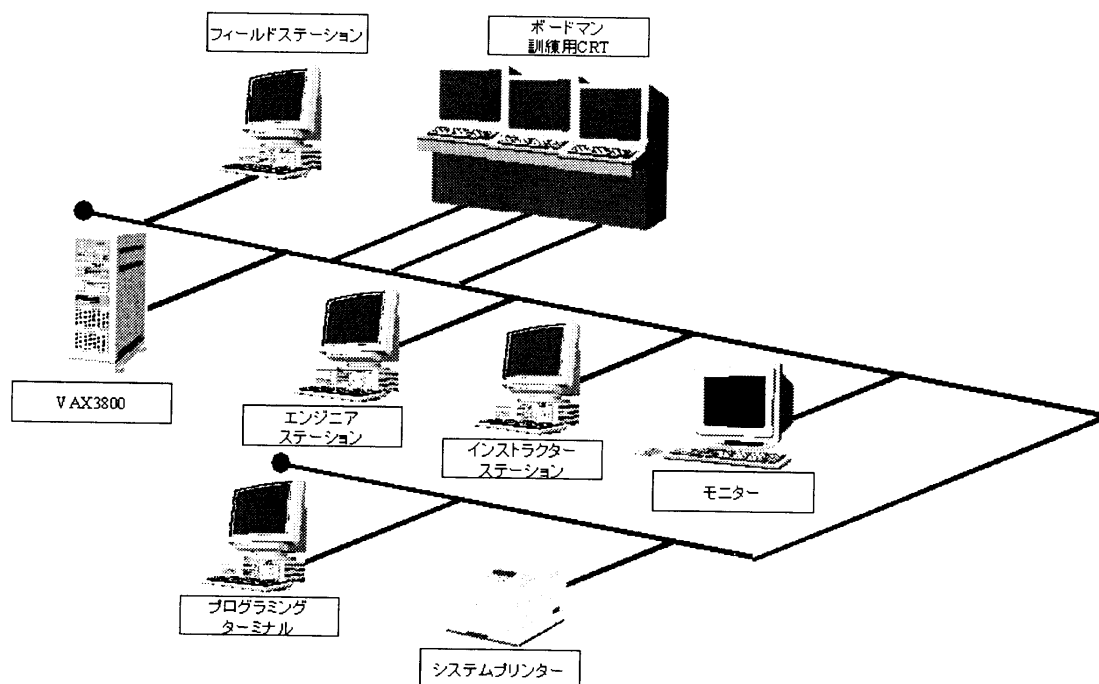


図9 ABB シムコン社製 訓練用シミュレータシステム構成

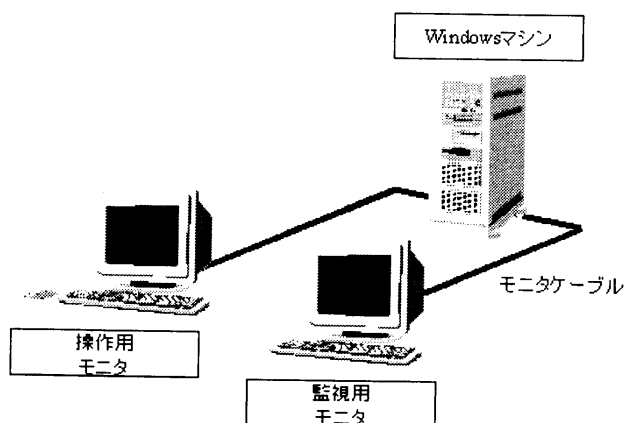


図10 蒸留シミュレータシステム構成

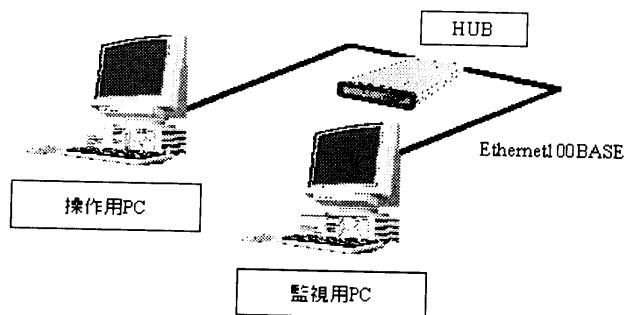


図11 化学工学シミュレータシステム構成

収支，熱収支を学ぶ。

② 流 動

配管を流れる流体の移動に関する基礎(平均流速，レイノルズ数，圧力損失等)を学ぶ。

③ 伝 熱

熱交換器による伝熱の基礎(交換熱量，対数平均温度，総括伝熱係数等)を学ぶ。

④ 遠心式圧縮機

模擬運転を通して圧縮行程の基礎(空力性能，運転データの解析など)を学ぶとともに，模擬運転にてサージングのメカニズムと回避方法を学ぶ。

2. 4 シミュレータの特性について

(1) ABB シムコン社製訓練用シミュレータ

エチレンプラントのカスタムモデルであるため，エチレンプラントのオペレータにとっては，大変有効なシミュレータである。

いい換えれば，シミュレータで得た経験が職場に活用でき，経験として蓄積されるとともに，実際に運転したような自信に繋がるのである。

しかし，エチレンプラント以外の部署の場合には，前にも述べたように変動の範囲が広がって収拾がつかなくなる。この結果，DCS のタイプが職場と違う，計器の TAG No. が違う，といった面に不評が向けられ，やはりカスタムモデルでな

ければだめということになり、未だにエチレンプラント以外の部署の利用率は低い。

その他、実プラントで改造があっても、私どもユーザーでソフトの変更が簡単にはできないため、モデルは購入当時のままである。年数が経てば経つほどこのギャップは大きくなり、使用上で不都合がでると思われる。

ハードの故障も国内では簡単に補修できないため、訓練スケジュールに影響を及ぼすことになる。

(2) MSAT (蒸留シミュレータ)

脱プロパン塔1塔だけのモデルであり、影響はここだけに止まり教育はし易い。化学工学の意味あいを持たせた蒸留の基礎がCAIとして付属されており、自学習もできる。蒸留塔の設備がない部署のオペレータでも、座学、CAIから入っていけば、シミュレータ上での模擬運転はできる。操作はパソコン上であるが、訓練用シミュレータのような違和感を持たないで教育ができています。しかし、このソフトも訓練用シミュレータ同様ソフトの改造がユーザーでできない欠点がある。技術的な教育まで考えると壁に突き当たってしまう。

(3) 化学工学シミュレータ

シミュレータというと、弊社では訓練用シミュレータを想像してしまいが、「物質収支・熱収支」、「流動」、「伝熱」は運転を学ぶのではなく、座学で学んだ内容をシミュレータ上で、計算、検証することにある。そのことをアピールしているところである。

「遠心式圧縮機」は(株)オメガシミュレーションと綿密に内容を詰めた結果、計算、検証を加味しながら、運転操作の基本を学ぶという運転訓練面を入れた、弊社の教育方針に沿った好ましい内容に仕上がっている。

今回 Visual Modeler を選択した理由は、前述の訓練用シミュレータにはない、モデルの改造、および開発がユーザー側でできることである。

今後、各装置の重要かつ運転が難しいセクションをカスタム化する構想があるので、有効に活用できるものと思っている。オペレータの教育だけでなく、技術系のスタッフを巻き込んだモデルの開発、さらには彼らの化学工学教育に繋げることになる。

2. 5 化学工学シミュレータの活用

実際に使用するのは2001年からであり、現在テキストを作成しているところである。

教育方法は、事前に座学を1ないし2日行い、理解度確認のためにテスト結果のフォロー、復習を化学工学シミュレータを使って行う。各クラスとも1日で、1回の受講生は2人までとしている。2人としている理由は、ディスプレイが2台であること、スペースが狭いこと、および自学習の要素を強めるためである。

(1) 「流動」、「伝熱」

入社後3年目研修として実施する。

フィールドマンとして、運転の基礎である「流動」、「伝熱」を学ぶ。

(2) 「物質収支・熱収支」

入社後4年目研修として実施する。

ボードマンとして、運転操作および監視に必要な「物質収支・熱収支」を学ぶ。

(3) 「遠心式圧縮機」

入社後5年目研修として実施する。

一人前のオペレータとして、圧縮機の性能、運転データの解析手法を学ぶ。

3. 終わりに

現在の各プラントでの運転そのものは従来とほとんど変化は感じられないが、制御系においては著しい変化を遂げている。そのために、各制御機器の寿命は短く、次から次へと新機種が採用されている。

このような中で、プラントを持つ各社はオペレータ教育の充実を図り、安全、安定運転に努めている。

弊社は「新技術教育」のもと、シミュレータ教育を導入したばかりで、私どもインストラクターはまず、OmegaLandの機能を十分理解し、教育に反映させるべく努力中である。

そして、現在導入しているシミュレータ教育の幅広い利用方法と、新しい教育シミュレータの導入を検討している。

最近、石油、石油化学産業は、設備の余寿命予測を明確化し、長期運転プラントを増加させる傾向にあり、定期整備等実プラントでの経験による技能習得機会の減少を補うため、シミュレータに

よる教育，訓練の必要性は一段と高まるであろう．さらに，各プラントスタッフの業務上のツールとして，カスタムモデルのダイナミックシミュレータの要望も増加することが予想される．

弊社も，そのような時代の流れに乗り遅れないよう，各シミュレータメーカーと情報交換に努めたい．

引用文献

- 1) 佐藤季雄，トレーニングシミュレータの活用と将来展望，

アロマティックス，第46巻 第7・8号（1994）

- 2) 佐藤季雄，トレーニングシミュレータの活用と将来展望，化学工学，第57巻，第4号（1993）
3) 石川真紀夫，OmegaLand〈統合ダイナミックシミュレーション環境〉，配管技術，Vol.42，No.5，P.11（2000）
4) 横山克己，三浦真太郎，OmegaLandの概要，ケミカルエンジニアリング，Vol.45，No.11（2000）
5) 湯本隆雅，小口梧郎，OmegaLandのコア技術 Visual Modeler，ケミカルエンジニアリング，Vol.45，No.12（2000）

◆ 好評発売中 ◆

化学装置材料耐食表

幡 野 佐 一 著

B5版 345ページ 定価 7,210円 送料 実費

本書の耐食表は、温度と処理物質の濃度に関してA級およびB級の2段階にわけて材料記号を挙げているが、特に重要な材料については腐食速度の変化を図示してある。また、必要に応じてその他の支配条件をできるだけ付記して予備選択の資料に供してある。

目 次

- I 概 説……はじめに／構造材料の内部組織と特性との関係／構造材料の機械的性質／腐食の開始／腐食環境／新しい化学装置材料／構造材料の選び方
- II 材料の物理的および機械的性質表……化学装置用主要材料の代表番号表／1.鉄および鋼／2.高ケイ素铸铁／3.高ニッケル铸铁／4.高クロム铸铁／5.マルテンサイト系ステンレス鋼／6.フェライト系ステンレス鋼／7.オーステナイト系ステンレス鋼／8.Fe-Cr-Ni合金(特殊オーステナイト鋼)／9.Fe-Cr-Al合金／11.高マンガン铸铁／16.銅および銅合金／17.Cu-Ni合金／21.アルミニウムおよびアルミニウム合金／22.マグネシウムおよびマグネシウム合金／26.ニッケル／27.Ni-Cr-Fe合金／28.Ni-Cu合金／30.Ni-Mo-Fe-Cr合金／31.Ni-Cr-Cu-Mo合金／32.Ni-Si合金／33.コバルト合金／36.鉛および鉛合金／37.すず／38.亜鉛／41.貴金属，白金金属およびバナジウム族金属／45.タンゲステン／46.チタンおよびチタン合金／47.ジルコニウムおよびジルコニウム合金／48.モリブデン／49.クロム／51.ケイ酸塩類製品／52.コンクリート／53.硫黄セメント／56.炭素および黒鉛製品／57.アスベスト／61.合成樹脂／62.アスファルト／66.天然ゴムおよび合成ゴム類／許容応力図／鋼管の概略使用範囲／低温用鉄鋼材料／高温用金属材料
- III 耐 食 表……耐食表の記号の読み方／塩酸および塩化水素／ハロゲン／ハロゲン化炭化水素／無機塩化物／フッ素／硫酸／硫化水素，亜硫酸，硫黄，その他／亜硫酸塩および硫酸塩／硝酸／硫硝酸／リン酸／その他のリン酸および化合物／その他の無機酸および無機化合物／水酸化ナトリウム／アンモニア／アルカリ性化合物および物質／炭酸塩および硝酸塩／酸化剤／水に対する金属材料の耐食性／酢酸および無水酢酸／クエン酸／その他の有機酸／炭化水素／アルコール類およびフェノール／アミン類，ピリジン類／アルデヒドおよびケトン／炭水化物および食品／高温および低温／超低温冷媒と適材，ハロゲンガス／海水
- IV 単位反応装置の型式と構造材料の工業的実例……アルキル化／ハロゲン化／脱ハロゲン化／エステル化／アミド化／還元によるアミド化／ニトロ化／スルホン化／酸化／水素添加／加水分解／総合および脱水縮合／重合／発酵／その他の反応
- 付録(I) (金属材料の特性等40頁)、付録(II) (高分子材料の選定と適用目安等119頁)

化学工業社