

## プロセス設計（プロセス設計の基本概念）

### 1 本講義の目的

プロセスを設計するという事は、複数の単位操作の結合系全体の設計を実施するという事であり、それに必要な基本事項について学習する。

プラントを設計・建設するという命題を達成するための業務の一環として、“市場調査”・“データの入手”・“プロセス合成”・“装置設計”という個々の業務がある事を理解し、プロセス設計の各段階においての考慮すべき点や利用可能な技術について概要を把握する。

対象としては、連続系の石油化学プラントのプロセス設計を用いる。

### 2 プロセス設計の範囲

プロセスを設計する場合、その対象とする範囲は種々考えられよう。たとえば石油（原油）からポリマーを製造するまでを考えればその中に登場するいくつものプラントが単位となって、それらを組み合わせる事により実現される。（これに、貯蔵設備や用役設備が備わって目的を達成できる）

また、アンモニアプラントのように窒素と水素からアンモニアを製造するという事であれば、それを達成するための反応器・塔槽類・熱交換器・回転機類・計装・配管等々の単位操作類を組み合わせる事となる。

プロセスを設計する、もしくは、プロセスを考えるということは、広い意味で捉えることが可能であり、設計する対象をよく理解し、個々の技術を理解した上で組み合わせる事で目的に合致したシステムを作る事ともいえよう。

### 3 プロセス設計について

現在、商業運転されている個々の石油化学プラントは、“そのプロセスの基礎的研究開発”・“プロセス開発研究（ビークスケール、ベンチスケール、パイロットプラント）”・“商用プラント設計”という段階を経て作成されている。

あるプロセスを作成するという事は、基礎的研究の成果を反映させるとともに、既知のさまざまな単位操作を組み合わせ、プロセスの目的である“安全”・“生産量と品質”・“経済性”をその周囲の制約条件を満たして構築する事である。

今後は、対象設備の廃棄/再利用といったプラントのライフサイクルすべてに関わるプロセス設計が必要となる。

### 4 プロセス設計とプラント設計

プラント設計には、プラントを建設するためにそれに含まれるあらゆる機器・配管類のハードとそれを運転管理するためのソフトを設計することを含んでいると考えられる。

プラント設計の主に前半（作業の上流部分）を占めているのがプロセス設計であり、どのようにして原料より製品を得るかについて設計する部分である。

これには、個々の単位操作等のような要素技術を統合して目的に合致させるという作業が必要である。

従って、この結果の影響はプラント建設、運転にまで及び重要な位置を占めているといえよう。

### 5 プロセス設計の出力

プロセス設計を行った結果は、“そのプラントを構成する部品（必要な機器、計装、バルブ、配管）のリスト/基本仕様と構成（各々の接続関係）”・“物質/熱収支”・“運転方法”が主要な出力となる。

これらは、残念ながら未だ十分誰にでも理解できる表現方法で記述はされていないが、PFD、物質収支、P&ID、機器仕様、計装仕様、ライン仕様というような図書で表現される。

### 6 プロセス設計

プロセス設計の主要な段階は下記である。

- (1) 反応の決定。
- (2) 反応物の分離
- (3) リサイクル系の構成
- (4) それを達成する各機器の選定
- (5) 各機器の統合によるプロセスの構成
- (6) 用役系
- (7) タンク等貯留設備・受払いし設備

## (8) 全系の統合

### 7 プロセス設計集中講義 講義内容についてのキーワード

下記に主なプロセス設計に関する考慮点を列記する。

本講座ではこれらの項目と過去のプロセス設計演習でのQ&Aを参考にしながら解説したい。

注意点：

- 原料/副原料から製品/副製品までの基本フロー生成
- M/B、H/B (物質、熱収支) の作成方法
- 副反応、不純物除去、設計・操作条件への制約
- 圧力バランスによって流れることへの理解
- リサイクルとパージの目的
- 反応率と操作条件とリサイクルの関係
- 用役の使用と熱回収 (ヒートインテグレーション)
- 分離精製における純度・回収率
- 用役系の設計

#### 7.1 プロセス設計について

Life-cycle : Product & Plant。

Engineeringの各段階。

図書類 : Document PFD&PIDと含まれている内容 (明示的、非明示的) 。

Material BalanceとHeat-Balance。

反応--Recycle--Separation Sequence。

注意点：

- =反応器：PFRは管内を流すとは限らない。断熱方式も工業的には多い。
- =反応は平衡達成まで持っていくのが必ずしも得策でない場合もある。また、急冷して途中で止める場合もある。
- =PFRを一定温度に保つのは難しい。均一温度に意味があるかを考える。多段の反応器も考えられる。
- =反応器の加熱・冷却は熱媒・冷媒による方法と直接加熱 (加熱炉) がある。
- =反応副生成物質による詰まり、触媒の劣化、触媒の再生なども考慮するとどうなるか。
- =反応収率・選択率は100%ではない場合が殆どである。
- =リサイクルを考える前に、リサイクル無しの状況を考える。

外乱, 不確実性と設計余裕 (機器サイズ)、Alternative-Feedstock。

注意点：

- =原料の条件 (圧力・温度・量・組成など) の変動を考える。
- =製品の生産量・純度・種類の変更を考える。
- =用役の条件の変化を考える。
- =設計計算 (モデル) の精度・誤差を考える。
- =経年劣化を考える。

分離シーケンス、分離純度と回収、リサイクルとパージ、流量と圧力バランスについて。

注意点：

- =不純物は殆どの場合において生成される。
- =連続プラントにおいては、内容物を移動させるために圧力差を用いて配管内を液もしくは気相の状態流動させ、その制御をバルブで行なう場合がほとんどといっても過言ではない。
- =圧力差をつけるにはポンプか圧縮機。
- =パージがないと不純物 (イナートや分解生成物質等) が蓄積する。
- =液と気相のリサイクルが考えられる。
- =蒸留塔では複数のフィード、サイドカットやサイドリボイラーなども検討される。
- =フラッシュドラムによる単段の分離も有効な場合がある。

熱回収、Heat Integration と 用役。

注意点：

- =T-Q線図と熱の有効利用。用役とプロセス流体間、相互のプロセス流体間。ヒートポンプ。
- =熱回収のために設計運転圧力を変えることもある。
- =分離は1つの機器で高純度にするのが適当ともいえない。
- =反応器では多段で中間への原料供給や中間冷却も検討できる。
- =用役には冷却水、スチーム、電力、冷媒 など多種類がある。

- =スチームや冷媒では温度レベルを何段階もつくることが多い。
- =燃焼（加熱炉）によるリボイラーもある。加熱炉は対流部での熱回収も考えられる。

その他

注意点：

- =材料の制約も存在する。
- =熱分解・臨界状態等、プロセス検討上で制約となる事象も存在する。

#### 7.2 用役設備、タンク(貯蔵)、その他

プラントの設備の内かなりの部分が、不純物の除去・再生等の非定常使用設備・貯蔵・受け入れ/払い出し・用役で占められている。

用役：冷却水、スチームバランスと燃料、空気(PA/IA)、窒素、電気(動力、計装(無停電電源))。

スチーム系の検討：スチームシステム、及び、スチームバランスと検討範囲による問題点  
フレアシステム。

- =冷却水とスチームの水は異なる。
- =スチームは加熱以外に動力源(タービンの駆動)に用いられる。
- =生産を安定化させるためにもタンクは用いられる。

#### 7.3 経済性について

投資計画、プラントコストとランニングコスト。

経済性の検討。 Feasibility-Study。

プラントの価格構成。プラントコストとランニングコスト。

注意点：

- =実際には用役設備や付帯設備のコストも必要である。
- =建設費(機器費、配管費等バルク費、設計費、工事費、初期運転費等)
- =直接費、間接費 と ROI。

原単位とHeat Integration。

#### 7.4 プラントの信頼性と予備機について

プラントの経時変化と寿命や信頼性(信頼性と機器の数など)に関しては、例えば予備の機器を設置したり、触媒の再生といったシステムを組み込んで対応している。

これらもプロセス設計の中で取り扱うべきものと考えられる。

注意点：

- =信頼性と予備機・設計余裕。
- =再生するには設備が必要である。

#### 7.5 運転について

Startup Shutdown ESD。

運転方法/手順。運転開始前の状態とラインアップ/運転開始/ロードアップ/その他の運転(切り替え/再生)。

#### 7.6 運転及び制御について

“制御がどのように連続系化学プラントに適用されているか”、“化学プラントに制御系を設計する手順”を述べる。

注意点：

- =何故制御は必要か、PID制御が適す理由、シーケンス制御のみでは何故ダメか、どうして外乱があるか、ホールドアップの制御に対する役割と運転に対する役割。
- =制御弁の役割、制御(センサーと制御弁の接続(蒸留塔))。
- =制御の目的と階層(Reg./APC/OPT)、制御端(from F/P/T to MV)とアンサーバック。
- =プラントには運転室と制御機器が設置されている。緊急停止・遮断の設備も備えられる。
- =設計と制御：hold-upの利用と制御。