

環境・エネルギー分野の体系化

(その3) 化学工学と化学装置の寄与

松村 眞

本稿には2011年発刊の「改訂七版 化学工学便覧：丸善出版」に筆者が掲載した「環境化学工学」を引用している。また、SCE・Netの「窓」に掲載した「環境対策の階層構成とベストミックス」と重複する部分がある。さらに、本稿は化学装置の2018年4月号に掲載されたので、出版社の許可を得て転載する。

5. 環境対策における化学工学と化学装置の寄与

化学工学の領域には流動や伝熱などの基礎技術、濃縮や反応など単位操作技術、単位操作技術の集合体であるプロセス技術がある。一方、環境対策には環境負荷の発生を抑制する上流分野と、環境負荷物質を無害化する下流分野がある。化学工学は上流分野にも下流分野にも適用できるが、適用性と適用の方法が分野によって異なっているので、表5に分野別の適用形態を紹介する。

表5. 化学工学と化学装置の環境対策への適用

上流対策分野：環境負荷物質の発生抑制		
対策の構成	製品の長寿命化と再利用	住宅の長寿命化には、建築部材と建築設備の長寿命化が有益。化学装置は、優れた内装材や断熱材の生産など、化学製品の品質向上を通して長寿命化に寄与している。自動車の長寿命化も、部品と内装材など化学製品の品質向上が寄与している。
	廃棄物の資源化	廃プラスチックから化学原料やエネルギーを回収する場合に、化学工学が広く適用されている。流動や伝熱の基礎技術、単位操作技術、プラントを設計して建設するエンジニアリング技術の適用性が高い。
	クリーンエネルギーと、クリーン資源の供給	クリーンエネルギー供給分野での化学工学の貢献は非常に大きい。最大の適用分野は天然ガスの液化で、プラントには圧縮・冷凍・蒸留・抽出・反応・加熱・冷却など、広範な単位操作技術が適用されている。低温・高圧領域を含む巨大なプラントなの

		で、プロセス設計技術の粋を結集していると言ってよい。輸入基地におけるLNGのガス化も低温を扱うプロセスプラントで、低温貯蔵タンクや気化設備は化学工学の適用なしには考えられない。バイオマス発電やバイオマスの化学原料化も、化学工学技術が広く適用される分野である。
	原燃料からの汚染物質除去	この分野で化学工学が大きく貢献しているのは、製油所の燃料脱硫である。重質油の分解反応、高温・高圧における水添脱硫反応など触媒と反応工学が適用され、効果的に機能を発揮している。燃料脱硫のプラントは複雑で、機器の数が非常に多い。このため化学工学のプロセス設計技術が大きく貢献している。天然ガス産地の硫黄分除去も、水準の高いプロセス設計技術の適用が必須要件である。
	省エネルギー・省資源	省資源と省エネルギーは、全産業分野と民生分野で広範に展開されている。化学工学は産業の中でもとくに化学工業で適用範囲が広い。多様な単位操作設備があるから、その間の輸送が多く、流動・伝熱操作も多い。とくに排熱回収は省エネルギーに大きく寄与しており、プロセス設計技術が広く適用されている。製鉄所もコークス炉ガス設備は化学プラントで、エネルギー効率を高めるプロセス設計技術が大いに役立っている。
下流対策分野：環境負荷物質の処理と処分		
対策の構成	排ガス処理	大型ボイラーや加熱炉の排ガス処理は、集塵、排煙脱硝、排煙脱硫が中心である。このうち集塵では化学工学の分離技術が適用され、排煙脱硝と排煙脱硫ではプロセス設計技術が寄与している。排煙脱硝では、選択的に窒素酸化物を分解する触媒が大きな役割を果たしており、圧力損失の小さい形状が求められ開発された。排煙脱硫装置の単位操作は多くはないが、規模の大きいプロセスプラントである。要素設備としては吸収装置がもっとも重要である。スケールの付着が少なく、同時に効率のよい気液接触を具体化する技術が大きく貢献している。揮発性炭化水素処理には、吸着、触媒燃焼、冷却分離、燃焼処理など化学工学の単位操作が多い。プロセス設計技術より単位操作技術が広く適用され、重要な役割を果たしている。
	排水処理	排水処理にも化学工学が適用されている。固液分離、物理化学処理、汚泥処理には、化学工学の単位操作技術が広く応用されている。
	廃棄物処理	廃棄物処理は化学プラントより処理工程が短いから、プロセス

	設計技術よりも焼却・集塵・排ガス洗浄といった単位操作技術が寄与している。
環境修復	汚染土壌の修復など環境修復の分野では、土壌内部からのガスの吸引と有機物の吸着や燃焼、有害物質を含む排水の洗浄と無害化のための化学処理などが適用性の高い領域である。

6. 化学工学を適用した環境対策設備

環境保全の多様な分野で化学工学や化学装置が利用されているが、特に大きく貢献している事例を以下に示す。図1は天然ガスの液化プロセス構成で、プラントエリアが数ヘクタールにもなる巨大な化学プラントである。日本は1969年からLNGの輸入を開始し、エネルギー源を石油からLNGに転換することで硫黄酸化物による大気汚染を大幅に改善した。2016年度における日本のLNG輸入量は約8300万トンで、1次エネルギーの約25%に達している。液化プラントは日本のエンジニアリング会社であるJ社とC社が数多く建設しており、建設したプラントの累積能力は日本の輸入量を大きく上回って全世界の3割を超えている。酸性ガス除去は吸収塔を中心とするプロセスで、液化には大規模な冷凍設備と構造の複雑な熱交換器を使用している。液化ユニットの一部である蒸留工程は、数段階の炭化水素蒸留プロセスで構成されている。

図2は灯油と軽油の脱硫プロセスで、硫黄分の多い重油の脱硫にも類似のプロセスが採用されている。原料油は水素と混合して触媒反応器に送られ、硫黄分は硫化水素に転換される。硫化水素を含む酸性ガスは、下流で燃料油留分と分離される。硫化水素はさらに下流で濃縮され、硫黄回収プラントで単体硫黄に転換・回収して化学原料に使用している。製油所の燃料脱硫装置は、原油に含まれている硫黄分の約3分の2を分離・回収している。一方、発電所や工場の排煙脱硫装置による硫黄分除去は、原油に含まれる硫黄分の約10%程度に過ぎない。

図3は、主に石炭火力発電に採用される排煙脱硫装置で、日本は技術の水準が高く実績が豊富である。M社は中国に技術輸出し、天津、洛陽、重慶などの石炭火力発電所に採用されている。ヨーロッパではスペインの火力発電所からも受注している。C社はアメリカ、デンマーク、イタリアに、技術ライセンス契約の形態で装置技術を供与している。他の排煙脱硫装置メーカーやエンジニアリング会社も、東欧を含む多くの国に排煙脱硫装置を輸出し、大気環境の改善に貢献している。

おわりに

本稿で述べた環境対策のベストミックス事例や、環境問題と環境対策の構成要素をさらに具体的に解説する「環境総論」のような書籍があれば便利ではないだろうか。電力を含むエネルギー供給も加えた「環境エネルギー総覧」ができれば、もっと有益であろう。今日では、環境とエネルギーに関心のある一般市民やビジネスマンが多い。専門性の高い各論ではなく、網羅性を重視した体系的な教養書の出現を期待したい。環境関連学科や科目の参考書としても有益であろう。

以上

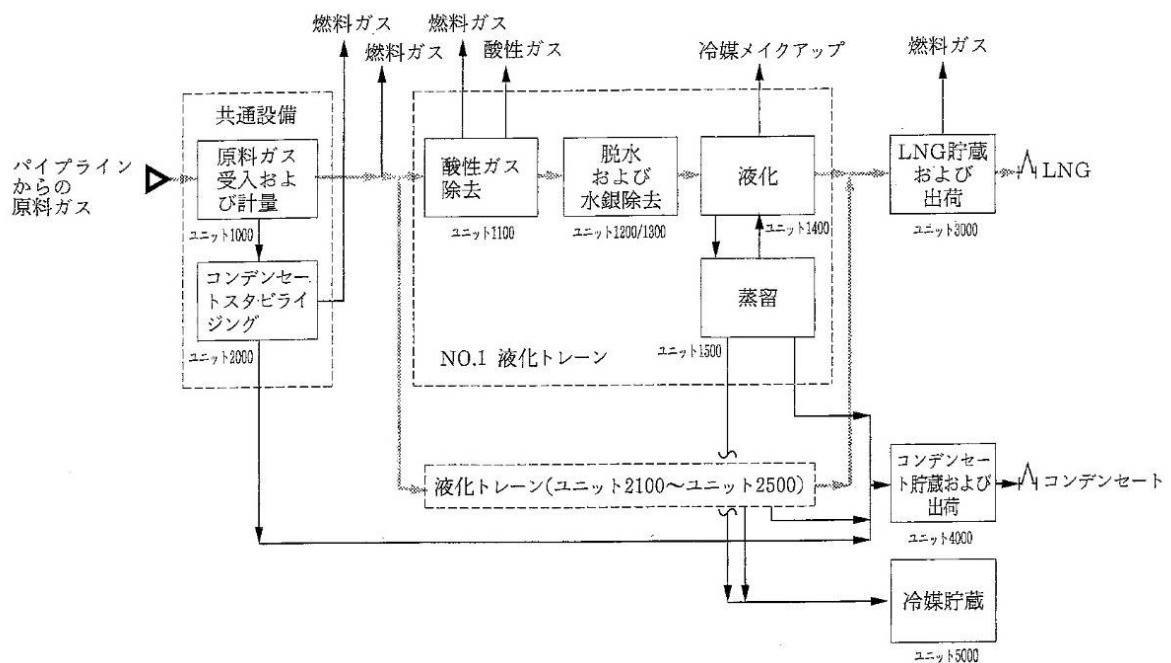


図1. 天然ガス液化プラントのブロックフロー

(出典：市川勝監修：天然ガスの高度利用技術P217、(株)エヌ・ティ・エス発行(2001年))

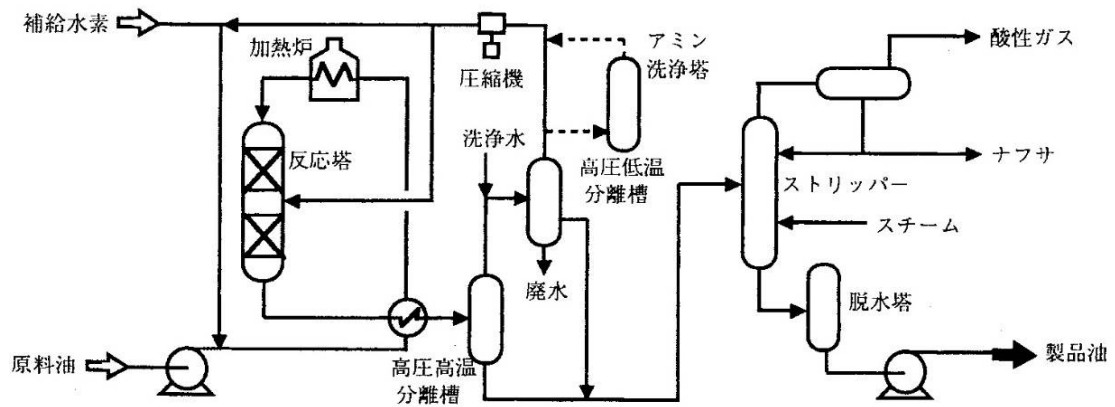


図2. 灯油と軽油の水素化精製プロセス (水添脱硫プロセス)
 (出典：石油学会編、石油精製プロセスP 84、講談社 (1998年))

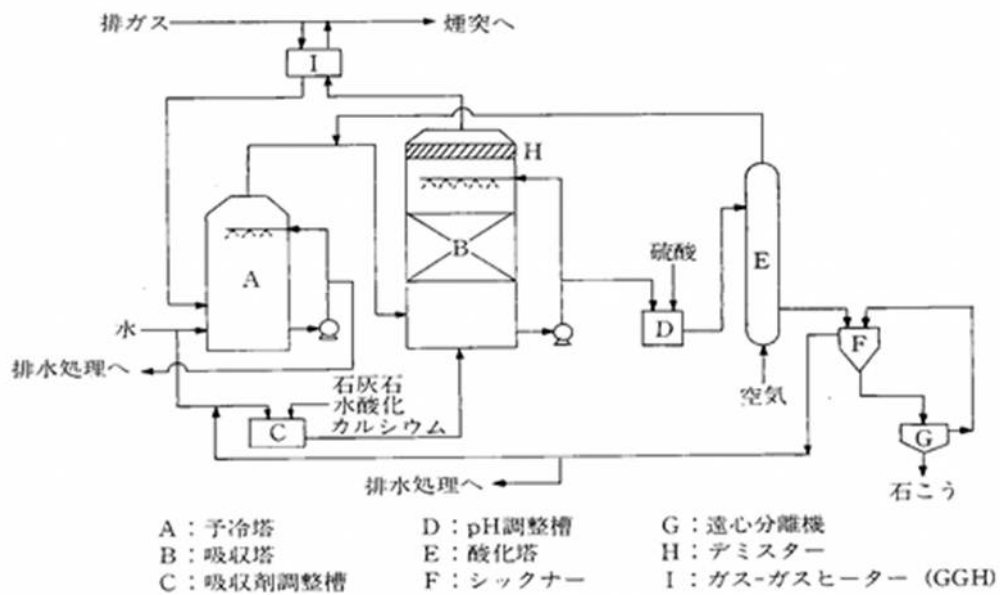


図3. 石灰石膏法プロセス (石灰スラリー吸収法)
 (出典：公害防止の技術と法規編集委員会編、公害防止の技術と法規P 112、産業環境管理協会 (1998年))