

# 化学産業と化学技術の環境貢献

本稿は「化学装置」2010年3月号に筆者が掲載した報文「化学産業の環境経営と環境貢献」の一部を加筆・削除・修正したものである。

環境企画 松村 眞

## はじめに

環境対策には、環境負荷物質の発生を抑制する上流の分野と、やむを得ずに作られてしまう環境負荷物質を無害化する下流の分野がある。人間の健康にたとえると、上流は病気を未然に防ぐ予防の分野で、下流は治療の分野に相当する。両分野とも環境保全には必要だが、相互に補完関係があるので、費用対効果の観点からベストミックスを追求するのが望ましい。本稿では、化学産業と化学技術の環境貢献を上流対策と下流対策に分けて解説する。上流対策と下流対策の詳細については、別の報文である「環境問題と環境対策の構成」に解説しており、本稿の区分もこの区分に準じている。

## 1. 化学産業と化学技術の環境貢献

化学技術の領域には流動や伝熱などの基礎技術領域、濃縮や反応など単位操作技術領域、単位操作技術の集合体であるプロセス技術領域がある。化学技術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環境対策分野によって異なっているので、表1に分野別の適用形態を示す。

表 1. 化学技術の環境対策への適用

環境負荷物質の発生抑制		
上 流 対 策	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。化学技術は、優れた内装材や断熱材の開発と生産など、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、化学技術が広く適用されている。流動や伝熱の基礎技術、必要な単位操作設備を開発する技術、プラントを設計し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技術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技術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	この分野で化学技術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、遺憾なくその能力を発揮している。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である。
	省エネルギー と省資源	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。化学技術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。

環境負荷物質の処理と処分		
下 流 対 策	排ガス処理	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技術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。排煙脱硫装置は単位操作の数は多くないが、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、効率のよい気液接触機構を具体化する単位操作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、燃焼処理など化学技術の単位操作が多い。プロセス設計技術よりも単位操作技術が広く適用され、重要な役割を發揮している。
	排水処理	排水処理にも化学技術が適用されている。固液分離、物理化学処理、汚泥処理には、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貢献。
	環境修復	汚染土壌の修復分野では、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処理が化学技術の適用性の高い分野。

## 2. 化学技術を適用した環境対策設備

環境保全の多様な分野で化学技術が利用されているが、特に大きく貢献しているプロセス事例を以下に示す。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。2006年度における日本のLNG輸入量は6219万トンで、1次エネルギーの約15%に達している。液化プラントはエンジニアリング会社であるN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、大規模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、下流で脱硫油と分離される。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、排煙脱硫装置の硫黄分除去は、原油に含まれる硫黄分の約 10%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。

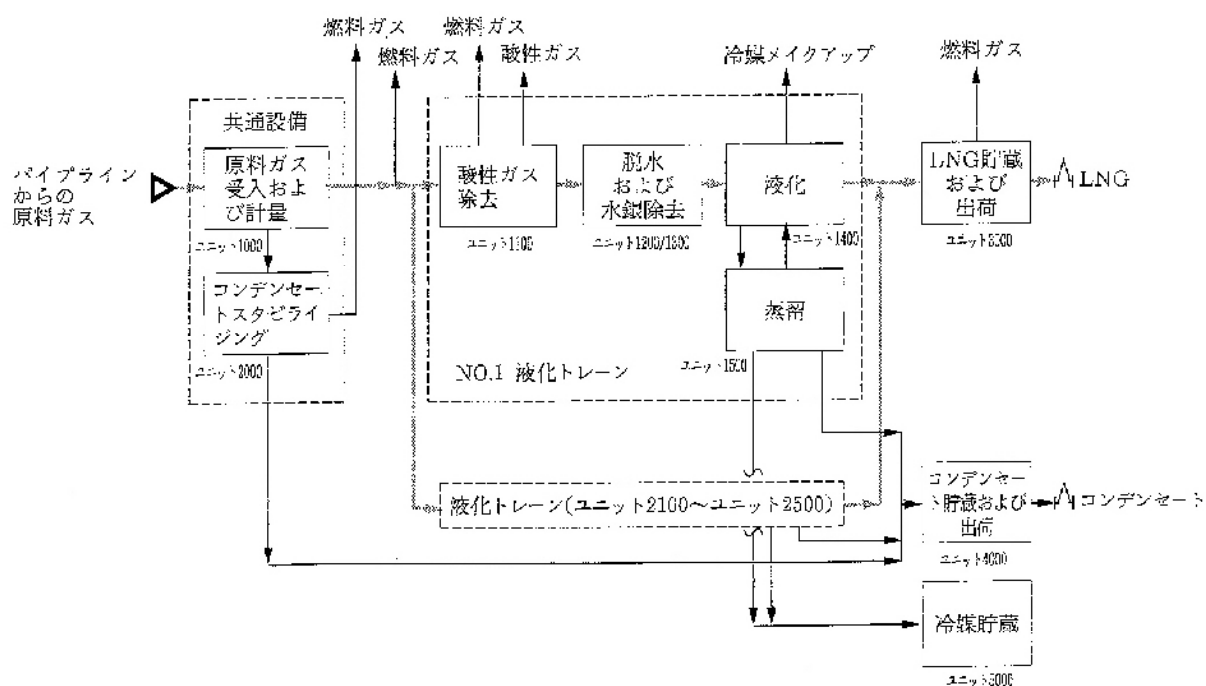


図 1. 天然ガス液化プラントのブロックフロー

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

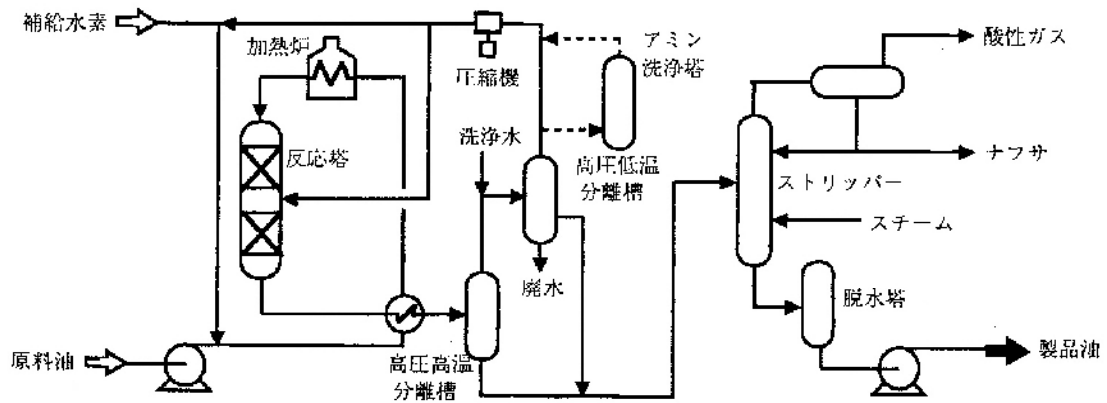


図2. 灯油と軽油の水素化精製プロセス（水添脱硫プロセス）  
 （出典：石油学会編、石油精製プロセスP84、講談社（1998年））

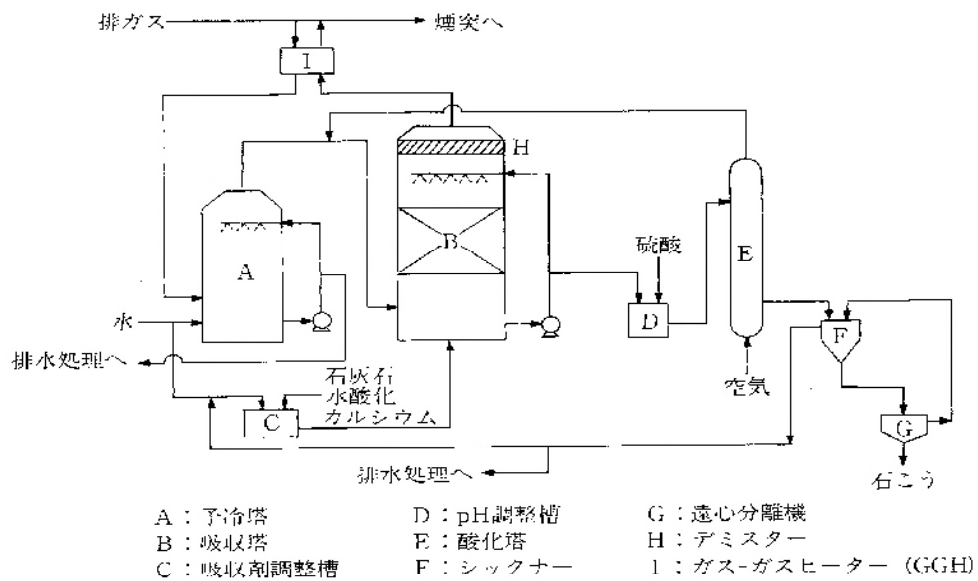


図3. 石灰石膏法プロセス（石灰スラリー吸収法）  
 （出典：公害防止の技術と法規編集委員会編、公害防止の技術と法規P112、産業環境管理協会（1998年））

## おわりに

筆者は1960年代から仕事を始め、生産設備の設計と建設に従事した。当時は環境の視点は希薄で、大規模化と生産性の向上が至上命題だった。しかし1960年代の後半から環境問題が顕在化し、経済成長と環境対策のせめぎ合いが始まった。その過程で水俣病に代表される健康障害が国民の意識を変え、経済成長より環境対策が優先されるようになった。1970年代の初めには多くの環境規制が整備され、公害防止設備が急速に普及した。しかし、その多くは生産設備には手をつけない後付け設備だった。このような生産側と汚染処理側を分割したアプローチは、緊急対策として止むを得なかったとしても、工場全体の最適化には適合しない。このため、徐々に環境対策が生産工程の一部として考慮されるようになった。製紙工場のパルプ蒸解で発生する黒液は、廃水として処理するのではなく、濃縮して生産設備の燃料として利用するようになった。重油燃料のボイラーや加熱炉では、排煙から硫黄酸化物を除去する方法から、製油所があらかじめ硫黄分を除去した脱硫燃料を使用するようになった。環境対策は下流のエンドオブパイプ対策から始まったが、徐々に上流に移行することで、工程全般を通した生産技術に包含されるようになってきたのである。

このような段階に至っていた1980年代の後半から、今度は地球環境問題が国際的な関心事になり、1996年にISO14001が発足すると日本の企業は競って導入を始めた。初期段階の導入の動機は、決して純粋な環境目的だったとは思えない。皆がバスに乗るなら、行き先が不明でも乗り遅れまいとする横並び意識、企業のイメージアップ、あるいは認証取得がないと販売が不利になるという経営戦略が先行していた。しかしISO14001を導入した企業の評判は悪くなかった。環境マネジメントの認知度が高まり、従来の環境管理部門は事業本部の一角から本社機能に格上げされるようになった。何よりも大きな貢献は、PDCAサイクルというマネジメントの普遍的な概念が常識として定着したことであろう。以降、多様な分野でPDCAサイクルが普及している。本稿でとくに強調したいことは、環境対策の体系化である。網羅的で体系的な把握によって、初めて対策の優先順位やベストミックスを、客観的に判断できるようになるのである。環境対策では、上流対策である環境負荷物質の発生抑制機能を特に強調したい。消費財の長寿命化やライフスタイルと社会システムの変革は、費用対効果の点で物理的な対策に勝っている場合が少なくないのである。

以上。