

## 科目 No304

### 社会技術革新学特論 5

#### 「生活に役立つ化学技術」

化学工学会 SCE・Net

#### I. 科目の目標

原料の石油化学への転換や品質や省エネルギーに優れた化学技術の進歩で化学産業は大量の製品を供給して、社会生活へ大きな影響も与えてきた。種々の化学製品について技術開発や進歩と社会への対応について考察し、生活に役立っている化学技術についての理解を深める。

#### II. 講義項目 (担当講師)

##### プロセスの開発と発展のカギ

1. プロセスの開発ってなに (山本疆)
2. 石油化学の展開 (日置敬)
3. 純粋な商品の作り方 (服部道夫)

##### 無機化学の発展と生活環境への対応

4. ソーダと製造プロセス (渋谷徹)
5. 化学肥料の作り方 (渋谷徹)

6. セメント製造プロセス (溝口忠一)

7. ガラスの作り方 (渋谷徹)

##### 石油化学の発展と生活環境への対応

8. 石油化学の原料を得る方法 (曾根邦彦)
9. ナイロンやポリエステル原料はどうやって作るの? (山本疆)
10. エチレン・ポリエチレンの作り方とその歩み (日置敬)
11. ポリプロピレンの作り方とその歩み (弓削耕)
12. 塩化ビニル・ポリ塩化ビニルの作り方とその歩み (堀中新一)
13. スチレン系樹脂の作り方とその歩み (小林浩之)

##### バイオ技術の発展と生活への対応

14. モダン・バイオテクノロジーのさきがけ (山崎徹)
15. 古くて新しい発酵製品 (弓削耕)

#### III. 科目の概要

##### 1. 化学工業の発展

本格的な日本の化学工業は明治時代に始まった。殖産興業の一環で、技術は欧米からの導入であった。以後、持ち前の勤勉さと努力で、一時は世界一二の生産量を誇るレーヨンや化学肥料のようなものが出るほど生産力が伸びたが、戦争の激化につれ、生活用品にも事欠くようになり、絹の代わりにスフとか、米の代わりに芋の代用食など代用品で賄うようになったが、やがて代用品も不足するようになり、国民は生活物質に困窮し、それを支えていた化学工業も敗戦で振り出しに戻った。

戦後の産業復興は食糧と肥料の増産から始まり、まず国民の最低生活を守り、食糧や生活物質を増やすことに努力が注がれた。エネルギー源や化学原料として石炭が用いられ、石炭工業が栄えた。しかし、日本の産業界の復興も回復軌道に乗り始め、中東での安い石油が世界に回り、日本にも輸入されるようになると、化学原料やエネルギー源の石油へ転換が進んだ。

戦前からあった技術のベースの上に、欧米からの技術導入で石油化学工業は花開き、ナフサから始まり、エチレンを原点として、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレンなどのプラスチック、ナイロン、ポリエステル、ポリアクリルなどの合成繊維、ブタジエン、イソプレンを主体とする合成ゴムなど、新しい化学製品が続々と世に出てきた。合わせて、セメント、ガラス、肥料などの無機化学品、バイオを主体とする薬品や発酵製品など化学製品が生活の中に溢れ、生活の主要部分を占め、我々の生活は化学製品に大なる便宜を受けるようになった。一方で、化学製品のもたらす負の部分も目立つようになり、DDTやPCBなどを始めとして人間や環境に悪影響を及ぼす製品も出現し、加えて水俣病や光化学スモッグのような公害が広がり、加えて、化学製品はプラスチックを主体として、製品は腐敗することは無く、廃棄物としては厄介ものであり、生産の工程でも排ガスや廃水を多量に排出したので、公害産業として嫌われるようになった。化学製品は眼の仇にされ、化学といえば悪、化学は若者にも嫌われ、化学系の勉強をする学生も少なくなった。

しかし家庭でも、道を歩いても視野の中に化学製品を見出せないことは殆ど不可能なほどに生活に浸透し、化学製品から逃れることは出来なくなっている。それに化学技術者の方でも化学製品の安全化に努め、環境にも優しくということが心がけられ、リサイクルや省資源のプロセスの開発が進められ、人間の生活を苦しめないように努力を続けた結果、化学産業が再認識され、化学製品も生活の場で地位を確立できるようになった。また、多量の生産を続けても薄利多売に陥ることに気がつき、競争と協調を両立させ、生産を適切に行うような傾向になってきている。

本講義では、このような化学産業の歴史を踏まえ、特に戦後の化学産業の発展のなかで、それを支えてきた化学技術がどのような発展をしてきたか、それから生み出された化学製品が我々の社会生活にどのような功罪を与えてきたかを、幾つかの化学産業、化学技術を例として取上げ、

その栄枯盛衰について、化学産業で長らく生活してきた技術者の目で見えた実感を交えて話題を提供し、議論していきたい。

## 2. 化学製品製造プロセスの進歩

### (1) 製造技術の進歩

化学製品製造への人類の努力は錬金術に始まったと言われるように、それまで世の中に無かったものを、世に出していくことに化学製品の特徴があり、化学製品の創出や製造方法の工夫に化学者や化学技術者は努力してきた。

化学製品を作るには、どのような物質を原料として、化学反応をさせて、有用なものを作ることが出発点になるが、反応過程が分かっても、それだけで品質の良い製品が大量に、安全に、安く作れるわけではない。どのように作るかを考えることが必要である。これがプロセス設計と言われるもので、利用される反応をどのような装置を使って、どのような温度条件、圧力条件で進めるのが効率的であるかを考える。化学製品が世に出るには、実験室段階で研究していたものが役に立たないかと進めていく **SEEDS** 志向のものと、世の中で役に立ちそうなものを作ろうという **NEEDS** 志向のものがある。まず、本当に市場があるのか、どれくらいの規模で生産するか、資金の調達は十分か、技術力はあるか、販売力はあるか、どの程度の利益が上げられるかなどをフィージビリティ・スタディとして検討し、事業性が成り立つとの見通しのもとで、事業化に入り、プロセス設計に入る。

戦後の化学産業の中心となったのは石油化学工業である。その原料である石油は種々の炭化水素を主体とする有機物の集まりで、これを沸点の差により分離し、ガソリン、軽油、重油などに分け、エネルギー源となるが、化学原料としては、分解ガソリン成分であるナフサがベースになり、これからエチレン、プロピレンなどの脂肪族炭化水素や、ベンゼン、トルエン、キシレンなどの芳香族炭化水素が得られます。これらの

製品は純度の高いことが要求されるので、ある製品を如何に効率よく、純粹に取り出すかが重要であり、このための精留や分離精製の技術も高度に進んだ。これらの高純度原料からプラスチック、合成繊維、合成ゴム、ファインケミカルズ、建築材料などが生産されている。

また石油化学工業は液体を出発点とするので、連続化、大型化が容易で、大量生産型の産業で規模の追究が事業存立の条件となる。原料から種々のものが得られ、相互に関連しているので、それらの産物のバランスをとり、得られる製品をあまねく使いこなすことが必要である。そのため、1 企業だけでなく、製造技術に特技を持つ企業が中間製品などを融通しあって生産し、合わせて用役、物流などを合同して行うコンビナートなどが組まれて事業が進められる。

化学製品は、無機化学製品、有機化学製品、高分子化学製品、バイオ製品、医薬品などに分けられるが、本講義では、その製品群のなかから幾つかを取上げ、製品とその作り方の歩みを考察してみる。

## (2) 無機化学製品の例

ソーダ工業は産業革命後の繊維産業とともに発展してきた。炭酸ソーダは当初ルブラン法が主体であったが、その後アンモニアソーダ法に転換していった。苛性ソーダは当初の隔膜法から品質の良い水銀法に切替えられ長らく生産が行われていたが、水銀が水俣病などの公害問題を引き起こしたことから、急遽、高分子隔膜法に切替えられ、現在では日本で開発されたイオン交換膜法で生産が行われ、環境への配慮をしながら良い品質の製品が得られている。

化学肥料では窒素、リン酸、加里の3成分を含むものが生産され、戦後の食糧増産に寄与した。なかでも尿素は効率よい、扱いやすい窒素肥料として多用され、完全循環法などで生産の効率をあげ、使いやすい形状への工夫もなされた。その後日本での生産は頭打ちになったが、海外に盛んに技術輸出され、世界の食糧生産に貢献した。

セメントは建設の基礎資材として戦後の国土の建設や企業の成長に役立ち、技術も SP 法、NSP 法などの技術開発も進んだが、高度成長が終わると需要は一巡し飽和状態にあり、現在は産業廃棄物や都市ゴミを原料源として、再生利用を推進する産業エコロジーの実践産業に向かっている。

ガラスは紀元前 30 世紀の昔から使われ、富や文化の象徴であり、貴重品であったが、画期的なフロート法の発明で、優れた多彩なガラスが出来るようになり、日常生活を明るくし、都市空間に立体的な美しさを与えている。さらにニューガラスとしての新機能製品が期待されている。

## (3) 石油化学製品の例

有機化学製品は殆どが石油化学工業の製品から作られる。なかでも高分子化学製品は石油化学製品の中で主体を占めるもので、プラスチック、合成繊維、合成ゴム原料として日常生活にとってなくてはならないものになっている。

石油化学製品は、アメリカでは余剰の原油随伴ガスなどを原料にするのに対し、日本では精製分離して得られるナフサを原料とするため、出発点からコスト差があるのが不利な点である。原料、エネルギーがコスト高で、企業規模も小さいので、これを克服するために、大規模化、省エネルギー、省人化、高品質、機能化された製品などで挑戦しているが、国際競争力では劣り、苦戦は続いている。

エチレンはエタンやナフサを原料として製造される石油化学の基幹原料であり、大量生産、生産効率や品質向上を目指して、大型化や合理化に技術競争が激しく、技術開発も盛んに行われた。そのポリマーであるポリエチレンは高圧、中圧、低圧の条件で特徴ある製品が得られ、容器、包装、輸送の分野に革命を起こすほどに生活に浸透している。一方廃棄物としての処理量も増えているので、大切に使用し、原料を節約し、ゴミとして散らかさず、サーマルリサイクルとして活用されている。

プロピレンは不要物の利用から始まったが、触媒の進歩で、高結晶、高融点のポリマーが得られるようになると、注目を浴び、当初目指した繊維としての用途は開けなかったが、重合技術の進歩もあって、射出成型品を主体に需要を伸ばし、今やポリエチレンとシェアを競うほど、自動車、家電、包装などのプラスチック製品として生活分野に役立っている。

ビニルがプラスチックの代名詞になるほどポリ塩化ビニルの歴史は古く、大型重合缶の開発や優れた物性と加工性によりパイプ、継ぎ手、電線被覆、建材、フィルムなど広い分野で使われてきたが、塩化物に対する環境面からの見方も厳しく、環境への配慮をしながら対応してきている。

ポリスチレン系樹脂はポリスチレンを中心に、アクリロニトリル、ブタジエンなどとの共重合を進め、耐衝撃性、対薬品性などの改良を図り、機能性を重視して自動車部品、OA 機器の商品化により社会生活に貢献してきた。が進んできたが、需要量としては停滞傾向にあり、商品の差別化で需要の展開を図っている。

ナイロン、ポリエステル、アクリルなどの合成繊維の原料製造については、ナイロンはフェノール法から光ニトロソ法、無硫酸法などによるカプロラクタム、アクリルはソハイオ法によるアクリロニトリルなどの技術進歩があり、低コスト、大量生産に貢献してきた。ポリエステル原料のテレフタル酸は、硝酸酸化法、ヘンケル法、液相酸化法などの技術進歩があり、その後アモコ法の開発が進み、高純度のテレフタル酸が製造されるようになり、製造工程も簡素化され、生産量も拡大し、ポリエステル製品は繊維のみならずペットボトルとして生活に役立っている。

#### (4) バイオ製品の例

バイオテクノロジーについては、遺伝子組み替え技術、細胞融合技術、

微生物や細胞の培養技術などの応用で、大量にバイオ製品が生産されるようになり、バイオテクノロジー技術とそれを応用した生産プロセスの進歩は大きい。その技術でインターフェロンのような有用な医薬品が効率的に生産され、人間の病気治療に役立っている。

古くから人間を楽しませてきた酒、ビールなどの発酵製品は代謝制御発酵技術の発見で、グルタミン酸、リジンなどの人体に必要なアミノ酸などの発酵製品が効率的に生産され、人間の健康増進や体力維持に役立っている。 医薬品や食品は生命に直接影響するものであり、細心の注意を払いながら展開が図られている。

このように化学製品は我々の生活を快適にし、便利にしているが、化学製品は人間が作り出したものであり、それが自然や人間と向かい合ったときに思いがけない影響を發揮することがある。これらの功罪を踏まえて化学製品がどのような歴史を辿ってきたか、今後どのような道を歩むべきかを、本科目の各講座を通して、皆さんと一緒に考えて行きたい。

以上