

プラスチック産業で使用される有機材料の最新動向 I

橋本 典史*

Recent Trends in Organic Materials for the Plastics Industry I Norifumi HASHIMOTO

Abstract

Organic materials such as ethylene, propylene, and vinyl chloride are core materials for the plastics industry. This paper shows recent trends in them.

Keywords: Ethylene, Propylene, Plastics Industry

1. 緒言

プラスチックをはじめとする多くの有機材料は、私たちの生活を快適にしてきた。プラスチックがまったく存在しない世界は、今や誰も想像できない。しかし、高等学校レベルの教科書では、それらの取り扱いは極めて低いのが現状である。この論文では、汎用プラスチックに分類される2種類のプラスチックの原料である、エチレンとプロピレンについて最新動向を示した^{1)~3)}。

2. エチレンとプロピレンの需要と供給

表1 日本のエチレンとプロピレンの需要と供給

		2011年	2015年
エチレン (単位:トン)	生産	6,689,349	6,882,994
	内需	6,188,310	5,960,433
	輸出	542,981	929,463
	輸入	41,942	6,902
プロピレン (単位:トン)	生産	5,624,736	5,723,033
	内需	4,919,678	4,409,023
	輸出	710,177	1,326,277
	輸入	5,119	12,267

エチレン($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)は、プロピレン($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$)と同様に、石油化学工業の基幹となる、極めて重要な有機材料である。全ての石油化学製品の約30%は、エチレンを出発原料としている。

*香川高等専門学校 高松キャンパス 一般教育科

表1に日本のエチレンとプロピレンの需要と供給を示した。表1から、エチレンとプロピレンの生産は、堅調に推移していることがわかる。

表2に2011年の主要国等のエチレンとプロピレンの生産量を示した。中国、サウジアラビア及び米国のエチレンの生産量が、非常に多いことが理解できる。一方、プロピレンの生産量では、サウジアラビアとカナダにおいて、エチレンの場合と異なり、プロピレンの生産量が極端に低いことがわかる。このことは、国によって、それぞれのオレフィンの需要が異なるための結果である。

表2 2011年の主要国等のエチレンとプロピレンの生産量(単位:千トン)

	エチレン	プロピレン
日本	6,689	5,625
中国(香港含む)	15,612	13,880
サウジアラビア	12,501	4,360
カナダ	4,304	741
韓国	7,477	5,531
インド	3,355	3,560
米国	24,413	14,324
ブラジル	3,295	2,234
西欧	20,113	13,741

3. エチレンとプロピレンの製造と用途

今日では、エチレンとプロピレンは、もっぱら飽和炭化水素の熱分解によって製造されている。

天然ガスから上記のオレフィンを製造する場合は、天

然ガスの成分がナフサの成分と比較して、水素含有量が高いため、プロピレンよりもエチレンの割合が高くなる。

日本はオレフィンの設備能力を縮小させている。理由は、原料優位性が無いため、製品の高付加価値化の戦略の一環としてオレフィンの設備能力を縮小させている。

プレピレンの製造では、プロパン脱水素による製造方法が増加すると予想されている。

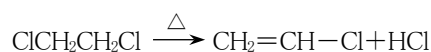
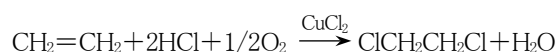
表 3 エチレンを原料とする各種材料の国または地域別比較(重量%)

	米国 (1998)	西欧 (1992)	日本 (1999)
ポリエチレン(LDPE・HDPE)	49	58	43
塩化ビニル	15	14	18
エチレンオキシドとその誘導体	13	10	11
アセトアルデヒドとその誘導体	1	2	4
エチルベンゼン/スチレン	7	7	12

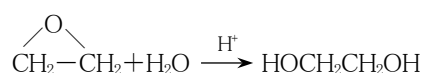
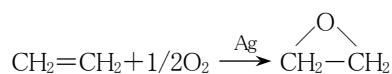
LDPE とは、Low Density Polyethylene の略で低密度ポリエチレンと呼ばれる。エチレンを高圧条件下で合成される。透明性とガスバリア性に優れている。

HDPE とは、High Density Polyethylene の略で高密度ポリエチレンと呼ばれる。触媒を用いてエチレンを低(中)圧条件下で合成される。衝撃に強く、ガスバリア性に優れている。ポリプロピレン(PP)と用途面で競合する。

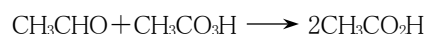
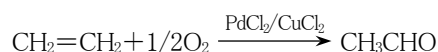
気相中、CuCl₂ 触媒存在下、エチレンと塩化水素と酸素が反応して、1,2-ジクロロエタン(ClCH₂CH₂Cl)が生成する。この 1,2-ジクロロエタンを熱分解して、塩化ビニルが合成される。



エチレンオキシドとは、分子式が C₂H₄O の三員環構造の環状エーテルである。Ag 触媒存在下、エチレンを酸素で酸化して、エチレンオキシドが得られる。エチレンオキシドの誘導体の例を挙げると、酸触媒下、エチレンオキシドと水の反応で、エチレングリコールが得られる。



アセトアルデヒドは、PdCl₂/CuCl₂ 触媒存在下、エチレンを酸素で酸化することで得られる。アセトアルデヒドの誘導体の例を挙げると、過酢酸とアセトアルデヒドの反応で、酢酸が得られる。



AlCl₃ 触媒存在下、エチレンとベンゼンを反応させるとエチルベンゼンが得られる。このエチルベンゼンを Fe₂O₃ 触媒存在下、脱水素することで、スチレンが合成される。

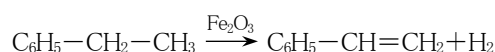
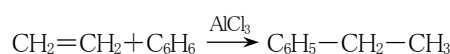


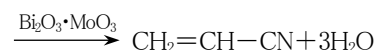
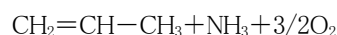
表3から、エチレンを原料とする各種材料では、米国、西欧及び日本は、他の物質よりもポリエチレンの比率が高い特徴がある。

表 4 プロピレンを原料とする各種材料の国または地域別比較(重量%)

	米国 (1999)	西欧 (1999)	日本 (1999)
ポリプロピレン	39	52	51
アクリロニトリル	14	10	16
プロピレンオキシド	11	10	5
クメン	10	7	7

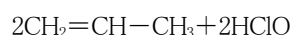
表4から、プロピレンを原料とする各種材料では、西欧と日本では、米国よりもポリプロピレンの比率が高い特徴がある。表4の各物質の比率において、米国では、エチレンからポリエチレンの合成とは異なっている。

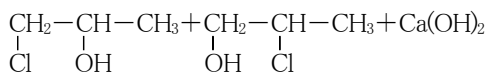
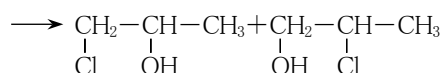
Bi₂O₃・MoO₃ 触媒存在下、プロピレンとアンモニアと酸素が反応して、アクリロニトリルが生成する。



プロピレンオキシドの工業的製法の 2 例を以下に示す。

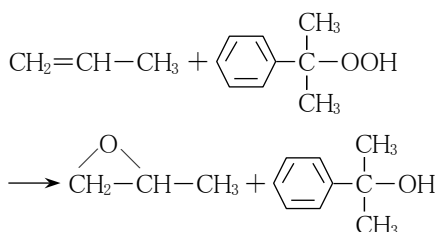
・クロルヒドリン法





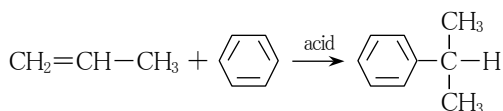
この製造方法は、副産物の CaCl_2 が大量に発生することが大きな課題である。

・有機過酸化物法



このクメンの過酸化物を用いる製造方法は、現在、住友化学においてプラント化されている。

クメンの製法を以下に示す。現在、使用されている酸触媒は、固体酸のゼオライト触媒が主流である。



4. 低密度ポリエチレン (LDPE)、高密度ポリエチレン (HDPE) 及びポリプロピレン (PP) の出荷実績

表5に2017年の日本の低密度ポリエチレン(LDPE)、高密度ポリエチレン(HDPE)及びポリプロピレン(PP)の出荷実績を示す。

加工紙とは、紙にポリエチレンをラミネートし、防水性や強度を高めた紙のことである。

フラットヤーンとは、ポリエチレンまたはポリプロピレンのフィルムを短冊状にカットし、延伸することにより強度を持たせた平らな糸のことである。

射出成形とは、原材料を加熱溶解して金型内へ射出し、冷却後、製品を取り出す成形方法のことである。

中空成形とは、原材料を加熱溶解してパイプ状に押し出し、金型で挟んだ後、空気を吹き込み、金型に密着させ、冷却後、製品を取り出す成形方法のことである。ペットボトルやポリタンクなど、中空の製品製造に用いられる。

原材料を加熱溶解して押し出し口の部分からプラスチックが押し出されて出てくるので、押出成形と呼ばれる。塩化ビニル製のパイプなどが代表製品である。

ポリプロピレンの用途にある繊維として、紙おむつ用の不織布が近年増加している。加えて、自動車の燃費向上に向けて、自動車の軽量化対策として、自動車に使用されている金属を樹脂に代替する動きは盛んである。樹脂の中で最も比重が軽く、機械強度も得やすいポリプロピレンの自動車部品への導入が増加している。

表5 2017年の日本のLDPE、HDPE及びPPの出荷実績

	LDPE	HDPE	PP
フィルム	673,587	169,518	496,235
加工紙	263,661	—	—
フラットヤーン	—	23,038	22,483
射出成形	87,354	110,759	1,350,894
中空成形	43,271	182,574	24,218
繊維	—	37,442	110,982
パイプ	16,265	57,124	—
押出成形	—	—	251,925
電線被覆	56,646	—	—

5. 結言

プラスチック産業における基幹原料であるエチレンとプロピレンについて、それらの生産量、製造方法及び用途を述べた。これらの内容から、エチレンとプロピレンが私たちの豊かな生活を支えていることが、容易に理解できる。今回示した程度の内容であれば、高等学校レベルの学生の授業でも十分導入可能である。この論文で示したプラスチック産業の英知の結晶であるエチレンとプロピレンに関する内容が、高等学校の学習指導要領の化学に取り入れられることを強く望む。

参考文献

- 1 化学経済 増刊号 2016年版「化学工業白書」, 化学工業日報社, 平成28年.
- 2 Hans-Jürgen Arpe, Industrial Organic Chemistry, Fifth Edition, WILEY-VCH, 2010.
- 3 世界の石油化学製品の今後の需給動向, 経済産業省, 平成28年.