

# 합성세제 개발 동향 및 전망

김 점 식

(한양대학교 명예교수)

## 1. 서론

세제(Detergent)는 고체의 표면에 부착된 오염물을 제거하여 청결하게 하는데 사용되는 물질을 말하며, 청결하게 하는 대상은 사람의 피부, 모발에서부터 섬유제품, 식기, 기구, 금속 등 우리생활의 주변에서 일상적으로 접하게 되는 것 들이다. 세제는 고체표면의 성질, 오염의 종류, 세정방법 및 용도 등에 따라 가정용(의류용, 주방용, 주거용, 신체용 등), 업무용(세정업용, 세차용, 이용업 등) 및 공업용(섬유공업, 피혁공업, 펄프공업, 제지공업, 식품공업, 금속공업, 전자공업 등) 등으로 크게 구분할 수 있다.

문명의 발달과 더불어 인간은 보다 풍요롭고 편리한 생활양식을 추구하게 되었으며, 이에 따라 세제의 사용도 광범위해지고 사용량도 증가하게 되었으며, 용도 및 기능적 측면에서도 커다란 변화를 가져왔으며, 환경에 대한 배려와 인체에 대한 안전성 등을 고려하여 계면활성제, Builder 및 첨가제 등의 원료에서부터 조성, 포장재료 및 재활용성의 문제에 이르기까지 전체적인 관점에서 개선되고 발전되고 있다.

본 연구에서는 합성세제의 개발 역사 및 그간의 연성화, 무인화 등과 국내외 소비 동향, 국내 세제산업의 실태를 검토하고 앞으로의 개발 전망에 대하여 논의코자 한다.

## 2. 합성세제의 개발 역사 및 동향

### 2.1 국내외 합성세제 개발 역사 및 동향

#### 가. 외국의 동향

합성세제의 개발은 1864년 Mercer가 유지를 농황산으로 황산화하여 황산화유를 생산하면서 비롯되었다. 이 황산화유는 비누에 비하여 내산, 내경수성이 현저하게 개량되었고 침투력과 유화력도 우수하였다. 그후 피마자유를 원료로 하는 고도의 황산화유

가 발명되었으며, 그 색상과 상태에 연유하여 터키 레드유(Turkey red oil)라고 칭하였다. 터키 레드유의 성능은 염색 또는 방직에 있어 유연평활제로 우수하기 때문에 방직산업의 발전에 적지 않은 공헌을 하였다. 이와같이 유지를 황산과 반응시킨다는 착상은 그후 음이온 계면활성제 제조의 기초가 되었다.

1914년 제1차 세계대전의 발발로 유지원료의 대부분이 식품산업으로 투입됨에 따라 유지를 원료로 하지 않는 칩투제 및 유화제의 개발이 독일을 중심으로 활발히 진행되었고, 1916년 독일 IG社에 의하여 부칠나프타렌설폰산염이 발명되었다. 당시 “Nekal”이라는 원료는 내산, 내경수성과 칩투성이 우수하여 터키 레드유와 함께 사용되었고, 일부는 제1차 세계대전중 세제로도 이용되었다고 하며, 터키 레드유나 Nekal의 발명에 의하여 Sulfation과 Sulfonation의 기술도 발달되었고, 후에 고급알콜황산에스테르염이나 설폰산염을 개발하는 계기가 되었다.

1928년 Deutsche Hydrierwerke社가 야자유를 고압 환원하여 알콜로 변화시킨 후 다시 황산화하여 고급알콜황산에스테르염을 개발하게 되었다. IG社 및 Bolnne社에서는 1930년에 이를 “Gardinol”이라는 상품명으로 판매하였고, 그후 미국의 Procter & Gamble(P&G)社와 DuPont社가 공동으로 특허실시권을 획득하여 1933년 “Dreft”라는 상표로 가정용 세제로 판매하게 되었다. 이 고급알콜황산에스테르염은 유지를 원료하여 제조된 세제지만 내경수성이 비누에 비하여 우수하고 세정력이 터키 레드유나 “Nekal”에 비하여 매우 우수하여 가정용 세제로서 만이 아니라 1934년 P&G社에 의해 두발용 세제인 “Drene” 샴푸로 판매되었다. 이 고급알콜에스테르염은 오늘날에도 주요한 계면활성제로 사용되고 있다.

석유와 유지자원이 없는 독일은 석탄에서 1933년 Fischer-Tropsch법에 의하여 사슬이 긴 Paraffin을 SO<sub>2</sub>와 Cl<sub>2</sub> 혼합가스로 반응하여 얻어진 sulfonylchloride와 반응시켜 Alkylsulfon산염(Mersolate)을 개발하였고, 동년에 오늘날의 합성세제의 주류가 되고 있는 Alkylarylsulfon산염인 “Igepal NA”을 합성하였다. 동시에 1928년부터 1935년에 걸쳐서 친수기로서 Polyethyleneglycol을 사용하여 지방산과 반응시킨 Polyethyleneglycol 지방산 에스테르를 합성하였으며, 사슬이 긴 지방알콜과 반응시킨 Polyethyleneglycol-alkylether인 “Peregalo”를 제조하였다. 또한 Alkylphenol과 반응시킨 polyethyleneglycol-alkylphenyl ether인 “Igepal C”를 합성하는 등 비이온 계면활성제도 계속 개발하였다. 이처럼 1915년부터 약 30년간에 걸쳐 오늘날에 사용하고 있는 계면활성제(ABS)의 종류가 개발되었다. 그 후 1947년에 P&G社가 Sodium alkylbenzene sulfonate 를 “Tide”라는 상표로 가정용 세제를 처음 개발하였다. 제2차 세계대전후 독일기술진은 합성세제에 Tripolyphosphate, Carboxymethylcellulose (CMC) 및 형광색소 등 3종의 배합제를 첨가함으로써 세정력이 탁월하게 향상됨을 알았

으며, 이들 첨가제를 Builder라고 부르게 되었다. 이와같이 개발된 각종 계면활성 성분은 Builder와 기타 중량제를 혼합하여 세척력이 우수한 합성세제가 계속 개발되었다.

그러나 이들 세제는 물에 유입되었을 경우 분해가 어려워 하천이나 공공수역에 거품을 발생시켜 수질오염을 가속화시키며, builder로서 사용된 폴리인산염은 부영양화를 발생시키는 등 문제가 있었다. 또한 합성세제가 화학적 합성화합물인 관계로 생체에 침투하였을 경우에 생체에 미치는 영향과 하천생태계에 미치는 영향에 관하여 논란이 계속되었다. 그후 난분해성에 관한 다각적인 검토를 통해 경성세제인 ABS를 분해성이 용이한 연성세제인 LAS로 대체하였고, 부영양화 요인으로 되어있는 인성분을 배제하기 위하여 Tripolyphosphate화합물 대신 Zeolite 등으로 대체하여 환경오염에 많은 개선을 이루었다. 그러나 아직도 생분해에 대하여 논란이 있으며, 또한 수생생물에 미치는 영향이라든가, 인체에 미치는 안전성 등에 관하여 논란이 계속되고 있다. 따라서 그동안 각국에서는 합성세제의 생분해 및 생체에 미치는 영향 등 환경성과 안전성에 관한 많은 연구가 계속되어 상당한 성과를 얻었으나, 아직도 미흡한 상태이다.

#### 나. 국내의 동향

우리나라는 1966년에 합성세제가 최초로 개발되어 판매된 이래 그 사용량이 점차 증가하여 1987년에는 세제의 사용량이 비누와 동일한 수준까지 왔으며, 현재는 세제의 사용량이 전체의 약 70% 수준을 점하게 되었다. 이같은 경향은 일본의 경우, 비누와 세제의 비율이 1:9 인 것으로 보아 향후 유사한 추세를 나타낼 것으로 보이며, 이것은 국내의 경제, 문화발전에 따른 국민의 생활수준의 향상으로 세탁기 보급율이 높아지고 세탁횟수가 증가한 것 등에 기인한다고 볼 수 있다.

국내에서는 업계의 자체적인 노력으로 1981년에 생분해성을 높이기 위해 경성세제를 연성세제로 전량 대체하였으며, 1982년에는 호수나 하천의 부영양화에 영향을 주는 요인인 인산염을 규제하였다. 공업진흥청에서는 1993년 고시를 통해 합성세제의 인산염 함량을 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 기준으로 12%에서 1% 이하로 조정하였다. 그러나 인산염은 생물체의 주요한 영양성분인 인(P)을 함유함으로써 호수, 하천에 유입시 영양성분이 과다하게 되어 수생식물이 과잉성장을 하고, 이에 따른 산소부족, 빛의 차단 등으로 생태계에 변화를 주어 호수를 늪지화 시키는 등의 영향을 미치게 된다(부영양화). 이에 업계에서는 1986년부터 무인화를 추진하였고, 1988년 이후 국내에서 생산되는 모든 세제에는 업계의 자발적인 노력으로 인산염을 사용하지 않게 되었다.

1991년 낙동강 페놀사건 이후 수질오염 문제에 대한 사회적 인식이 크게 바뀐에 따라 국내 세제산업은 저공해세제, 저기포성세제의 개발 및 농축세제로의 전환이 급격히

이루어지게 되었다.

농축세제는 종래세제의 입자내 공기층을 없애고, 주 세정성분들을 함축화시켜 부피를 1/2로 감소시키고 세정성분을 1.5~2배 증가시킴으로서, 실제 사용량을 1/3로 줄인 제품으로 생산비·운반비의 절감, 용기의 축소, 에너지 절약의 효과를 가져올 수 있어 전체적으로 환경오염을 줄이는 효과가 있다.

## 2.2 합성세제의 성분 및 조성

세제는 여러가지 다른 형태의 성분들이 함유되어 복합적으로 처방된 제품이다. 이들 성분들은 크게 계면활성제, 빌더, 표백제 및 보조성분의 4가지의 범주로 분류할 수 있으며, 각각의 성분들은 동시에 상호간의 보조작용을 하거나 다른 성분의 효과를 상승시키는 등 상호 독립적이면서도 유기적인 기능을 수행한다.

세계 각국에서는 지역별로 생활방식이나 지역적 특성 및 문화의 차이에 의해 세제의 처방이나 사용방법 역시 다르게 나타난다. 이러한 차이를 갖도록 한 요인들로는 오염종류, 물의 경도, 기후의 차이, 문화생활의 수준 등을 꼽을 수 있으며 이에 따라 세탁기의 형식, 세탁 온도, 세탁 시간, 세제의 처방 등이 달라지게 되었다.

이에 따라 세제의 조성도 차이를 보이게 되는데 세계 주요국의 가정용 세제로 사용되는 계면활성제의 수요량을 보면 표 1과 같다.

Table 1. 가정용 세제에 사용되는 계면활성제의 수요량 (1990년 기준).  
(단위: 천톤)

구 분	U. S.	Europe	Japan	Korea
LAS	340	390	115	57.9
AE	160	180	45	3.3
AES	160	70	45	14.8
AS	110	35	25	5.4
SAS	0	70	0	-
AOS	5	5	30	12.6
APE	30	0	0	-

자료: Oleochemical, 1991.

표 2에 나타난 바와 같이 세탁의 방법과 사용수의 경도가 지역적으로 다르므로 세제의 처방도 큰 차이를 나타낸다. 유럽의 경우 물의 경도가 매우 높아서 세계중 Builder의 함유량이 높고 세제 사용량도 높은 특징이 있으며, 미국과 같이 넓은 나라에서는 지역에 따라 처방을 달리한다. 한국과 일본은 상대적으로 물의 경도가 낮고 저온세탁 및 세제의 사용량이 적은 특징이 있다.

이와 같이 국가나 지역적 특성에 따라 환경적 측면에서 세제에 사용되는 원료의 규제 현황에도 차이를 나타낸다. 세제의 처방 조성은 표 3과 같으며, 각국의 세탁조건 등 특성에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

Table 2. 각국의 세탁방법 및 세탁조건.

	한 국	일 본	유 럽	북 미	
세탁 방법	세탁기/손세탁	세탁기	세탁기	세탁기	
세탁 온도	5~25°C	10~30°C	60~90°C	30~50°C	
물의 경도 (CaCO <sub>3</sub> 의 ppm)	3~50ppm	50~60ppm	50~350ppm	50~150ppm	
세탁 시간	5~15분	5~15분	30~40분	10~15분	
주 사용 세제 Type	고형세탁비누 분말세제	분말세제	분말세제 액체세제	분말세제 액체세제	
세탁기 Type	Impeller	Impeller	Drum	Agitator	
육비	1:20~1:30	1:20~1:30	1:5~1:25	1:15~1:30	
Peroxide bleach	부분적	부분적	일반적	일반적	
Chlorine bleach	부분적	부분적	부분적	일반적	
세 제	일 반	1~1.5 g/l	1~1.5 g/l	6~8 g/l	2~2.5 g/l
	농 축	0.6~0.8 g/l	0.6~0.8 g/l	4~6 g/l	1.5~2 g/l

Table 3. 세제의 분말 의류용 비누, 합성세제의 조성.

(단위: %)

분 류 성 분	한국 및 일본		미 국		유 럽		분말상 비 누	중 성 세 제
	일반	고농축	일반	고농축	일반	고농축		
계면활성제	18~27	30~40	8~20	20~25	8~12	10~20	55~75	25~35
거품증강제 거품안정제	0.5~2	3~5	0~2	-	0~5	0~5	-	-
제오라이트 폴리인산염	10~20	25~30	30~60	30~40	30~50	30~50	-	0~15
탄산나트륨 규산나트륨	10~20	20~30	5~50	30~35	5~15	5~15	20~40	-
형광표백제	0.1~ 0.75	0.2~0.5	0.1~ 0.7	0.2~0.5	0.1~ 1.75	0.1~ 1.75	0~0.5	-
과불산나트륨	0~5	0~20	-	-	15~30	15~30	-	-
효소	0~0.75	1~2	0~0.75	1~2	0~0.75	0~0.75	-	-
수분	6~12	4~7	6~20	5	4~20	4~20	5~15	3~5
황산나트륨 등	잔량	-	잔량	-	잔량	잔량	-	잔량

### 2.3 합성세제의 생산 및 소비 동향

국내의 세탁용, 주방용, 주거용, 모발용, 신체용 세제에 사용된 계면활성제의 생산량 및 소비 추이는 표 4에서와 같이 1990년까지 급속 성장세를 나타냈으나, 그 이후 증가율은 10% 이내에서 유지되고 있다. 세제용도의 다양화와 고급화의 추세에 따라 알콜계 계면활성제(AS, AES, AE) 및 AOS 등은 지속적인 성장을 한 반면, LAS는 국제동향과는 달리 그 소비량이 정체 혹은 성장율이 둔화된 것으로 나타났다.

Table 4. 국내 세제용 계면활성제의 생산량 및 소비량. (단위 : 톤)

품목	년도	'89	'90	'91	'92
LAS	생산	38,300 (100%)	57,968 (100%)	50,100 (100%)	50,800 (100%)
	내수	29,210 ( 76%)	39,224 ( 68%)	41,700 ( 83%)	38,600 ( 76%)
	수출	9,090 ( 23%)	18,744 ( 32%)	8,400 ( 17%)	12,200 ( 24%)
AS	생산	2,900 (100%)	5,443 (100%)	7,980 (100%)	10,500 (100%)
	내수	2,900 (100%)	5,043 ( 93%)	7,480 ( 94%)	9,900 ( 94%)
	수출	-	400 ( 7%)	500 ( 6%)	600 ( 6%)
AES	생산	6,820 (100%)	14,850 (100%)	19,730 (100%)	23,240 (100%)
	내수	5,320 ( 78%)	13,884 ( 93%)	18,620 ( 94%)	21,940 ( 94%)
	수출	1,500 ( 22%)	966 ( 7%)	1,100 ( 6%)	1,300 ( 6%)
AOS	생산	4,700 (100%)	12,595 (100%)	14,850 (100%)	17,800 (100%)
	내수	4,700 (100%)	12,595 (100%)	14,850 (100%)	17,800 (100%)
ALS	생산	-	2,541 (100%)	4,400 (100%)	6,300 (100%)
	내수	-	2,541 (100%)	4,400 (100%)	6,300 (100%)
AE	생산	-	3,270 (100%)	4,090 (100%)	5,000 (100%)
	내수	-	3,270 (100%)	4,090 (100%)	5,000
계	생산	52,720 (100%)	96,667 (100%)	101,150 (100%)	113,640 (100%)
	내수	42,130 ( 80%)	76,557 ( 79%)	91,140 ( 90%)	99,520 ( 88%)
	수출	10,590 ( 20%)	20,110 ( 21%)	10,000 ( 10%)	14,120 ( 12%)

(주) 세탁용, 주방용, 주거용, 샴푸, 신체용 포함.

자료: 한국비누세제조합

1993년 W.J.B. VOGEL의 AOCs(미국, 석유화학협회)의 제3차 세계 세계박람회(3rd World Conference & Exhibition on Detergents : Global Perspectives, Sept. 26-30, Montreux, Switzerland, 1993. AOCs주최) 발표에 따르면, 1990년대 계면활성제에 대한 수요는 세계적으로 30% 이상 증가하여 1991년의 310만톤에서 90년대 말 즉, 2000년대는 약 400만톤까지 이를 것으로 예상되고 있다. 공장 건설규모에 근거하여 보면 2000년대 400만톤의 수요량중 75% 이상이 석유화학적 계면활성제(Petrochemical surfactant)에 의해 충족될 전망이다.

계면활성제중 LAB가 차지하는 비율은 커서 1991년에는 175만톤에서 2000년대는 230만톤 이상이 필요하게 된다. 이 수요에 맞추기 위해 석유화학적 계면활성제의 원료가 되는 원유(Crude Oil)의 양을 추산한 여러보고에 따르면 현재 확인된 중동, 북미, 아시아, 아프리카 등지의 원유 보유량으로 약 200년간 공급이 충분할 것으로 보이며, 아직 미확인된 원유 보유 가능성 지역까지 추산하면 400년 이상은 충분히 사용가능할 것으로 보고 있어, 수요와 공급이 충족되는 한 앞으로도 LAB의 생산은 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. (그림 1. 참조)

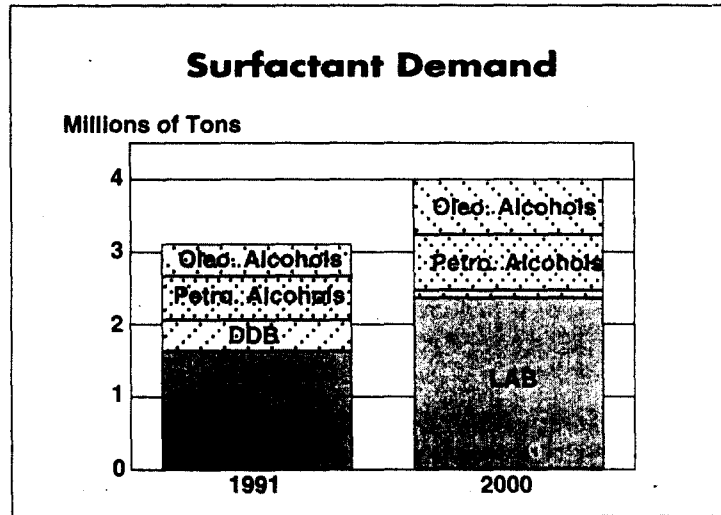


Fig. 1. 계면활성제의 수요량 전망

Alkylbenzen을 생산하는 전세계의 공정은 HF축매를 사용하는 공정과  $AlCl_3$ 를 축매로 사용하는 공정으로 대별할 수 있으며, 이들 공정중 어느 것을 사용하느냐에 따라 불순물인 Dialkyle Tetralin(이하 DAT) 함량이 달라진다. 이 DAT는 LAB를 Sulfonation 할 때 같이 Sulfonation되어 DATS(Dialkyle Tertalin Sulfonates)를 형성하게 되며, 이 DATS는 궁극적인 생분해, 독성, 계면활성력 등에 있어서는 전혀 문제가 없는 것으로 알려졌으나, Scientific Reasearch 결과로 볼 때 생분해능이 LAS보다 다소 떨어지는 것으로 알려져 LAS중 DATS의 함량을 감소시키는데 요사이 관심의 초점이 되고 있다.

LAB 생산공정 흐름도는 아래의 그림 2와 같다.

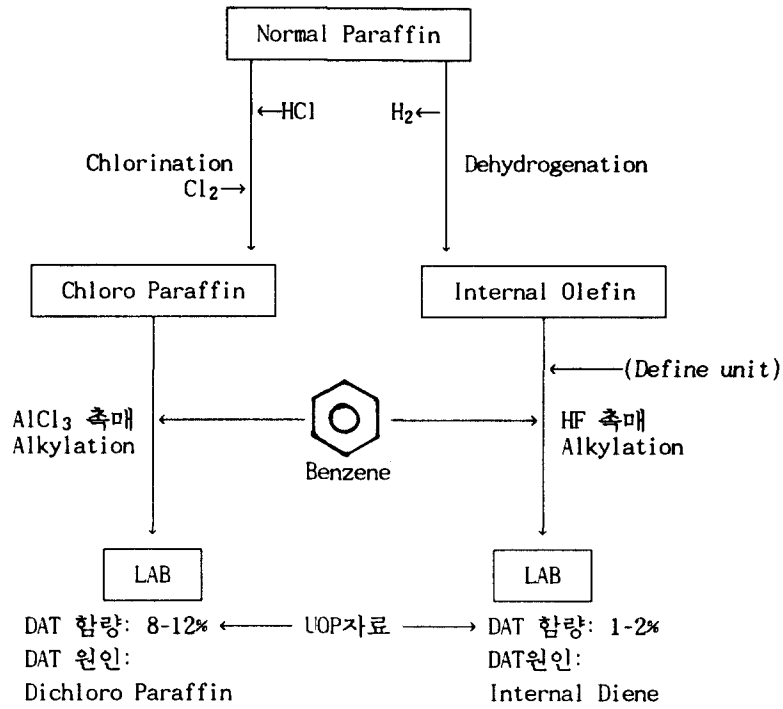


Fig. 2. LAB의 생산공정

이중 가장 수요가 많은 LAB의 각국 소비량을 보면 표 5와 같다.

Table 5. 각국의 LAB 소비량 (1989년 기준)

국명	LAB 소비량 (천 Ton)	인구 (백만명)	1인당 LAB 소비량 (Kg/년.인)
USA	287.5	248.7	1.15
CANADA			1.18
U.K.	70.0	57.2	1.22
FRANCE	60.0	56.2	1.07
SPAIN	65.0	39.1	1.66
ITALY	80.0	57.7	1.38
W. GERMANY	80.0	62.0	1.29
JAPAN	98.0	123.1	0.80
AUSTALIA	18.0	16.5	1.09
S. KOREA	27.8	44.4	0.63

\* 단, 한국소비량은 1993년 기준.

자료: CAHA, 1990.



그림 3은 국내의 비누 및 세제의 생산량을 나타낸 것으로 1987년까지는 비누 생산량의 비율이 높았으나, 1988년부터 비누는 48.2%, 합성세제는 51.8%으로 이때부터 합성세제의 생산량이 비누의 생산량보다 증가하게 되었으며, 해를 거듭 할수록 합성세제의 점유율이 계속 증가추세를 보이고 있다. 1991년부터는 세제의 생산량의 증가가 둔화되고 있는 바, 이는 세제의 농축화에 따른 것으로 추정된다.

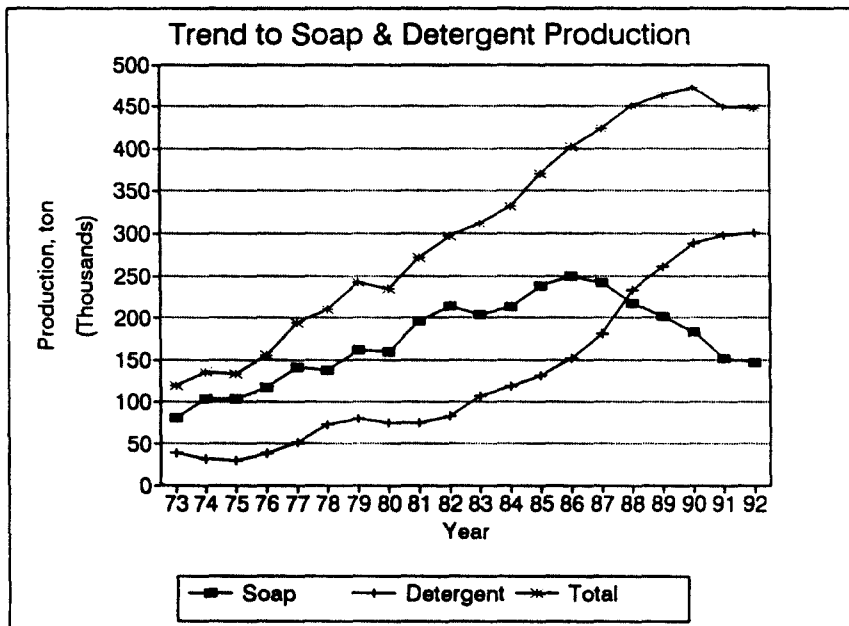


Fig. 3. 국내 비누 및 세제 생산량 추이(1973~1992).

세계 각국의 세제 생산량은 표 6과 같으며, 세계적인 세탁용 세제의 농축화 경향에 따라 농축세제의 생산량이 구미지역 약 20~25%, 일본 87%, 한국 26%의 비율을 차지하고 있고, 자동 식기 세척기의 보급이 보편화된 구미지역은 분말형 주방세제의 생산량이 주방세제의 23~38%를 차지하고 있다.

세탁용 세제중 세탁비누가 차지하는 비율은 북미지역 0.1% 미만, 독일 1.3%, 일본 0.5%, 한국 36%로서 한국은 상대적으로 높은 세탁비누의 사용율을 나타내고 있다.

Table 6. 세계 각국의 세제 종류별 생산량. (단위 : 1,000톤)

종류별	국가별	미국/캐나다	독 일	일 본	한 국	
세탁비누	고형	2.0	12.0	7.4	108.1	
	분말	-	-	32.2	2.9	
	계	2.0	12.0	39.6	111.0	
세탁용 합성 세제	분말	일반	1,304	637.5	91.3	143.3
		농축	326	212.5	583.3	49.2
		소계	1,630	850	674.6	192.5
	액체세제	1,000	75	35.8	5.0	
	계	2,630	925	710.4	197.5	
주방용 세제	분말	240	85	-	-	
	액체	835	140	269.9	105.0	
	계	1,075	225	269.9	105.0	

\* 미국/캐나다, 독일 (1991년)  
한국, 일본 (1992년)

#### 2.4 국내외 1인당 세제 소비량

국내의 세제 소비량은 1987~1990년까지의 수직 상승을 통하여 1992년에는 1인당 소비량이 세탁용 비누 2.5Kg, 세탁용 합성세제 4.5Kg, 주방용 세제 2.5Kg 에 이르렀다. 이것은 구미지역이나 일본 등 선진국의 1인당 세제 소비량에는 아직 미치지 못하는 양이나 국내 경제 발전 및 생활수준의 향상에 따른 국민의 청결과 위생에 관한 의

식의 개선에 의해 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

최근들어 소비절약 운동의 확산에 따라 국내 세제의 소비량이 제자리 걸음을 하게 되었고 세계적인 세계 산업계의 경향인 세제의 농축화, 재활용 용기 사용 등의 소위 세계 신혁명이 일어나기에 이르렀다. 세제의 농축화는 일본을 필두로 시작되어 전 세계적으로 파급되었고, 세제의 사용량 준수, 포장재의 축소에 의한 폐기물 감소, 운반 및 저장에서의 에너지 감소 효과를 줌으로써 제품의 생산에서 소비, 폐기에 이르는 Life cycle 전체에서의 환경영향 감소에 큰 기여를 하고 있다.

따라서 1인당 소비량의 개념은 사실상 각 국가의 세제 농축화 비율이 감안되지 않고서는 큰 의미를 갖지 못한다. 1993년 세계 각국의 세탁세제 농축화율은 일본 90%, 유럽 50~60%, 미국 60~70%에 이를 것으로 예측되고, 한국의 경우도 40% 이상으로 추정되고 있다.

그림 4는 각국의 년도별 1인당 세제 소비량을 비교한 것으로서, 현재까지 우리나라는 외국에 비해 세제 소비량이 적은 편이나 점차 증가추세를 보이고 있으며, 일본과 거의 비슷한 소비량 수준을 나타내고 있다.

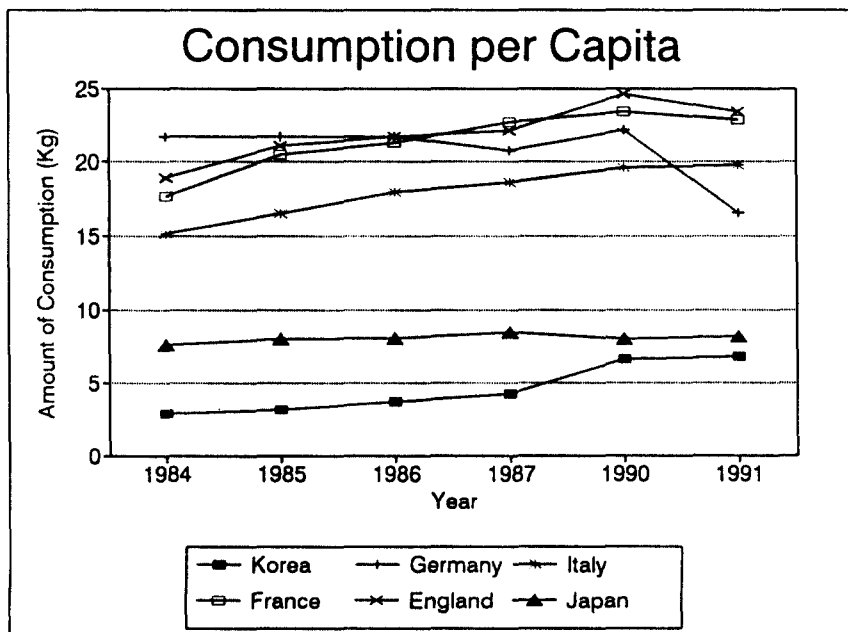


Fig. 4. 국가별 1인당 세제 사용량 년도별 추이.

그림 5는 1985년부터 1992년까지 우리나라의 세탁기 보급율에 따른 1인당 세제사용량의 추이를 나타낸 것으로서 세탁기 보급의 증가에 따라 세제의 사용량도 증가하는 추세를 보이고 있으며, 국내의 세탁기보급 증가율은 연평균 11.4%으로, 미국의 연증가율 2~4%, 일본 연증가율 3%, 영국은 8~11% 등 외국에 비해 다소 높은 증가율을 보여 주고 있다. 표에서와 같이 1988년까지는 세제사용량이 급격한 증가 추세를 보이다가 1989년부터 약간 정체 및 감소 현상을 나타내고 있다.

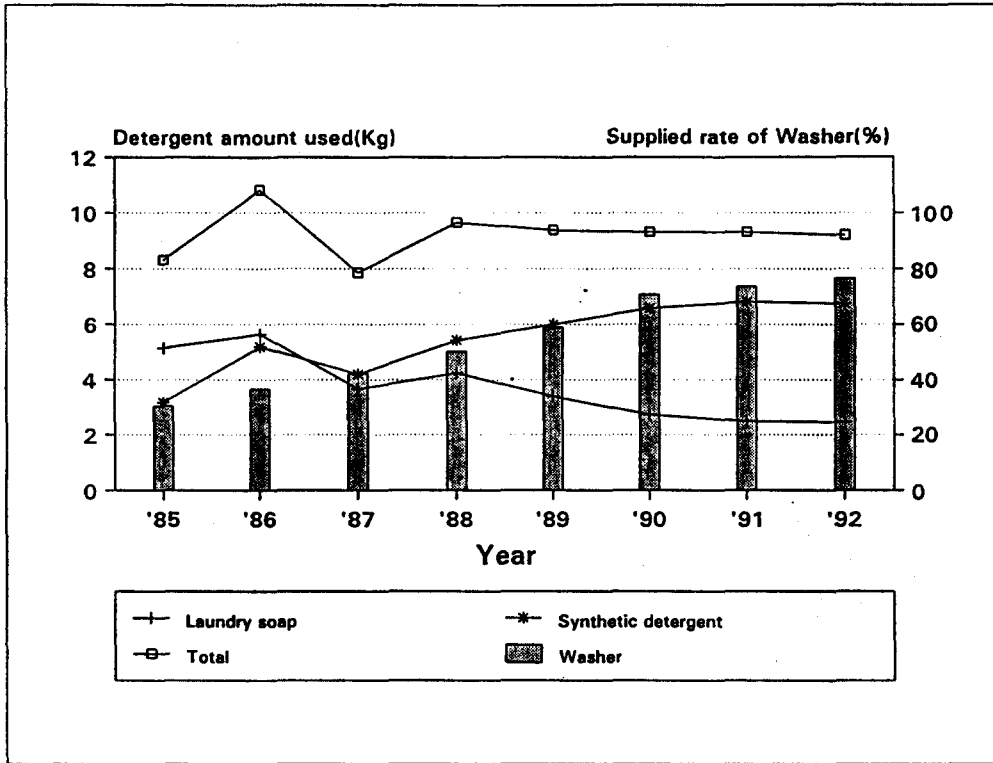


Fig. 5. 국내 세탁기 보급율과 1인당 세제사용량 추이.

국내의 세탁세제 생산량은 1991년 이후 전체적인 감소를 보이고 있고, 세탁용 비누가 세탁용 합성세제로 전환되는 비율이 높아졌다. 그러나 1991년 이후 세탁세제와 세탁비누가 각기 제자리 성장을 하고 있으며, 1994년은 농축세제로의 전환으로 비누의 생산량과 농축으로 인한 합성세제 총량이 모두 감소될 것으로 추정된다. 이에따라 1인당 세제 소비량도 합성세제 3.9Kg, 세탁비누 1.9Kg 수준으로 낮아질 것으로 보인다. 그러나 1995년 이후의 장기적 측면에서 볼 때 세탁 비누와 일반세제의 수요가 농축세제 및 저공해 세제로 전환됨에 따라 합성세제류의 1인당 소비량은 다소 증가될 가능성

이 높으며 세탁비누의 소비량은 선진국 수준인 10% 미만으로 낮아져, 점차적으로 선진국의 소비 수준에 이를 것으로 전망된다.

표 7과 같이 선진국의 세탁기 보급율은 95% 선으로서 대부분의 가정이 세탁기를 보유하고 있는 것에 반해, 한국의 경우에는 1992년 현재 세탁기 보급율은 77%를 보이고 있으며, 점차 선진국 수준에 이를 것으로 전망된다.

세탁기의 보급율은 세제의 사용량과 매우 밀접한 관계를 가지고 있는데 세탁기의 보급율이 증가될수록 1인당 세제의 소비량도 함께 증가되는 경향을 보이고 있다. 그러나 최근들어 세계적으로 농축세제의 사용량이 증가되어 세제의 절대적인 사용량이 오히려 감소되는 추세를 보임에 따라 1인당 세제 소비량에 대해 상대적인 비교는 될 수 없다. 한 예로서 1992년 일본 전체 세제 생산량 중 농축세제가 차지하는 비중이 87% 일 때 1인당 소비량은 9.2Kg 이었으나 실제 소비량은 구미지역의 수준인 10Kg 이상에 달하고 있다고 볼 수가 있다.

Table 7. 세계 각국의 세탁기 보급율과 1인당 세탁용 세제 소비량.

(단위 : %)

년도 국가	'89	'90	'91	'92	1인당 세제소비량 (1990년 기준)
미 국	91	92	92	92	10.4 Kg
독 일	94	94	95	95	10.8 Kg
일 본	93	94	94	94	9.2 Kg
한 국	59	71	74	77	6.6 Kg

### 3. 생분해성 무인세제로의 전환

#### 3.1 생분해성 세제의 생산

국내에서는 업계의 자체적인 노력으로 1981년에 생분해성을 높이기 위해 경성세제를 연성세제로 전량 대체하였으며, 1982년에는 호수나 하천의 부영양화에 영향을 주는 요인인 인산염을 규제하였다. 공업진흥청에서는 1993년 고시를 통해 합성세제의 인산염 함량을 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 기준으로 12%에서 1% 이하로 조정하였다. 그러나 인산염은 생물체의 주요한 영양성분인 인(P)을 함유함으로써 호수, 하천에 유입시 영양성분이 과다하게

되어 수생식물이 과잉성장을 하고, 이에 따른 산소부족, 빛의 차단 등으로 생태계에 변화를 주어 호수를 늪지화 시키는 등의 영향을 미치게 된다(부영양화). 이에 업계에서는 1986년부터 무인화를 추진하였고, 1988년 이후 국내에서 생산되는 모든 세제에는 업계의 자발적인 노력으로 인산염을 사용하지 않게 되었다.

세계 각국은 지역별로 계면활성제의 생분해성에 관한 규제를 하고 있으나, 나라마다 시험방법 및 생분해도 규제에 약간씩 차이가 있다.

유럽과 미국은 세계 자체의 생분해성을 규제하지 않고 일정수준의 생분해성을 갖춘 계면활성제를 사용토록 하고 제품의 용기에 표시토록 하는 반면, 한국과 일본은 세계 자체의 생분해도를 규정하고 있다.

국가별 생분해 시험방법 및 생분해율의 규정은 표 8과 같다.

Table 8. 세계 각국의 계면활성제 및 세제 생분해도 규제 내용.

지 역	생분해도 시험방법	생분해도 규정
유럽 (OECD)	1단계 추정 : OECD-Screening Test 2단계 확정 : OECD-CAS Test	80% 이상 80% 이상
독일	1단계 추정 : OECD-Screening Test 2단계 확정 : OECD-CAS Test	80% 이상 90% 이상
미국	1단계 추정 : SDA-SF Test 2단계 확정 : SDA-CAS Test	90% 이상 90% 이상
한국, 일본	SDA-SF Test (KS M 2714, JIS K 3363.3364 는 동일방법임)	90% 이상 (세계제품의 생분해도)

각 국가별로 계면활성제의 생분해도 규제 규정에 적합한 계면활성제를 사용하도록 하므로써 인도네시아, 필리핀, 말레이시아 등 동남아시아 및 남미의 일부 국가를 제외 하고는 대부분 국가에서 세제의 연성화가 이루어졌다고 볼 수 있다.

1966년 국내에서 최초로 사용된 합성세제는 축쇄 알킬벤젠 황산염(ABS)을 주성분으로 한 세제였다. ABS는 생분해가 매우 낮은 경성세제로서 거품 공해 및 생태계에 미치는 영향이 크기 때문에 1981년부터 직쇄 알킬벤젠 황산염(LAS)로 완전 대체되었다.

LAS는 현재까지 국내는 물론 세계 각국에서 가장 많이 사용되고 있는 계면활성제이며, 최근 경쟁력 있는 새로운 계면활성제의 개발 사용으로 LAS시장의 성장율이 다소 감소되고 있으나 세계 각국에서 생산설비의 신설 및 증설이 되고 있어 앞으로도 낮은 성장율이지만 사용량이 증가될 것으로 예상된다.

### 3.2 무인세제의 생산

인산염은 경수 연화작용(Chelating) 및 오염 분산작용 등의 탁월한 세정 보조능력을 갖추고 있어 세제의 builder로서 가장 많이 사용되어 왔다. 그러나 인산염은 하천에 유입될 경우 비료의 역할을 하여 호수나 하천의 수생식물을 과다하게 성장시키므로 소위 부영양화를 야기시킨다. 따라서 세계 각국, 특히 호수가 많은 국가를 선두로 인산염의 사용을 규제하기 시작하였고, 현재 국가나 지역별로 지리적이고 생태학적인 특성에 맞춰 규제 규정을 만들어 시행하고 있다.

세계 각국의 많은 지역에서 인산염의 규제를 하고 있으나 물의 경도가 매우 높은 지역인 미국의 내륙지역이나 북유럽지역은 규제를 하지 않거나 업계의 자발적인 무인화를 유도하는 체제를 갖추고 있다(표 9. 참조).

한국의 경우 1988년 이후 업계가 자발적으로 세제의 무인화를 추진하였고, 정부에서는 1991년 KS 규격으로 세제중 인산염의 함량을 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 기준으로 2% 이하로 규정하는 법규를 제정하였으며, 1993년 다시 1% 이하로 하향 조정하였으나, 업계에서는 자발적인 노력을 펼쳐 현재는 완전 무인화가 실현되었다.

Table 9. 세계 각국의 인산염 규제 현황.

국 가	규 제 내 용
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주 단위로 규제</li> <li>전면금지 : Indiana, New York, Minesota, Michigan, Wisconsin, Vermont, Chicago, Washington, New Hampshire, Oregon, Pennsylvania, Texas, Virginia</li> <li>8.7% 이하 : Florida, Ohio, Connecticut</li> <li>20% 이하 : 기타 지역</li> </ul>
영국, 덴마크, 소련, 핀란드, 스웨덴	규제 없음
스페인, 네덜란드	자발적인 규제 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 로서 15% 이하)
노르웨이, 이태리, 독일, 오스트리아	법적 규제 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5% 이하)
스위스	사용 금지 (폐수중 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.5% 이하)
일본	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 로 10% 이하
한국	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 로 1% 이하

## 4. 연구개발 동향 및 전망

최근의 국내외 합성세제에 대한 연구동향은 세제의 기초원료에서 포장재에 이르는 전반적인 분야에서 환경과 관련하여 진행되고 있다고 해도 과언이 아니다.

1990년 이후 관심이 되고 있는 Life cycle 에 대한 연구는 계면활성제의 기초원료인 석유나 동식물 유지의 생산에서부터 정제, 합성, 제품화, 운반, 사용, 폐기에 이르는 모든 과정에서 소요되고 발생하는 에너지, 생산 원료, 폐기물에 의한 환경적 영향을 종합적으로 평가하는 새로운 방식이 개발, 적용되고 있어 합성세제의 환경평가에 시각전환을 시사하고 있다.

합성세제의 연구분야는 원료, 처방, 제조방법, 포장재로 구분하여 설명할 수 있고 이들 모든 면에서 국내와 외국은 기술적으로 큰 차이를 가지고 있지 않다. 원료적 측면에서 볼 때, 계면활성제는 세정력을 포함한 성능, 효과의 면을 만족시키면서 인체의 안전성 및 환경성을 고려해야 한다. 그간 가장 점유율이 높았던 LAS외에 AOS와 지방알콜유도체인 AS, AES, AE 및 Starch와 지방알콜을 이용한 APG(Alkyl polyglucosides), 지방산계 유도체인 MES(Methyl ester sulfonate)의 개발 및 제품 응용을 들 수 있으며, 새로운 계면활성제의 개발이 진행되고 있다.

빌더(builder)에 있어서는 인산염의 대체품으로서 Zeolite가 가장 널리 사용되고 있으며 그 생산량도 급격히 증가되고 있다. 최근들어 Layered silica와 같은 새로운 빌더도 개발되고 있으나 아직 상품화 단계는 아니다.

기타 유럽, 미국 등과 같이 고온세탁을 하는 지역에서 에너지 절약을 위해 세탁 온도를 낮추는 경향에 따라 저온에서 효과를 나타내는 표백제(PB mono hydrate)나 표백활성화제(TAED, NOBS)가 개발되어 사용되고 있고, 저온 활성이 높은 단백질 분해 효소, 지방 분해 효소, 셀룰로즈 분해 효소 등 효소제의 개발이 두드러지고 있다.

조성 측면과 제조방법에서의 특징적인 연구 동향은 역시 세제의 농축화에 있다. 농축세제는 계면활성제, 빌더, 표백제, 효소 등의 함량을 높이고 망초등의 Filler의 함량을 감소시킨 처방을 밀도를 높게 하여 사용량을 부피기준으로 일반세제의 1/2~1/4이 되도록 한 것으로 유기물의 배출 감소, 포장재의 감소, 운반의 편리성을 향상시키는 효과를 가져온다. 이에 따라 최적의 성능을 나타내고 계면활성제와 빌더 등의 환경 부하량을 줄이는 처방의 개발과 이를 농축화시키는 설비 및 제조방법의 연구가 지속적으로 추진되고 있다.



포장방식의 경우는 사용후에 버려지는 쓰레기 양의 감소를 위해 재활용의 개념에서 많은 연구가 추진되고 있다. 각국의 법적 규제 내용에 재생용지 사용율, 적정 포장율이 포함되어 있고 포장 용기의 재질에 대해서도 규제를 하고 있다. 따라서 용기의 뚜껑과 몸체를 동일 재질로 하여 재생이 쉽도록 하거나 종이 포장재의 필름 코팅 대체물질 개발 등 포장재의 기초소재나 제조방법등의 신기술 개발이 추진되고 있다.

## 5. 고찰 및 결론

우리나라 합성세제의 개발 역사를 보면 1966년에 경성 합성세제 ABS를 생산하여 사용하게 되었으며, 우수한 세정효과로 인하여 시장점유율이 급격히 증가하게 되었다. ABS의 사용량이 증가함에 따라 ABS의 난분해성으로 인한 하천의 오염 등 점차 환경문제가 대두되어 1981년도부터 생분해성이 좋은 LAS로 과감히 전환하게 되었다. 난분해성인 ABS에서 분해성이 좋은 LAS로 전환되었으나 세제의 세정효과를 높이기 위하여 Builder로서 사용하고 있는 인산염이 하천의 부영양화를 유발한다는 논의가 분분해지자 1982년부터 인산염의 사용을 규제하기 시작하였으며, 1988년에는 업계 스스로가 슬션하여 인산염대신 Zeolite로 전환하여 완전무인화 합성세제를 생산하여 환경문제를 많이 해소하게 되었다.

현재 우리나라에서 세제성분으로 사용하고 있는 계면활성제의 종류와 특성을 조사하여 볼 때 매우 다양하며, 또한 배합기술도 향상되고 세제로서의 유용성이 높아지면서 용도면에서 볼 때도 다양함을 알 수 있었다.

우리나라의 세제의 제조와 수출·입 현황의 통계조사를 볼 때 세제의 국내 신장율이 날로 증가되어 감을 알 수 있었고, 또한 적지 않은 양의 세제가 수출되고 있는 사실로 미루어 보아 질적인 면에서도 외국 수준을 능가함을 알 수 있었다.

이와 아울러 1985년부터 1992년까지의 합성세제와 비누의 사용량을 비교하여 볼 때 합성세제의 사용량이 비누의 소비량에 비하여 매우 빠르게 증가하고 있었으며, 1988년에 이르러서는 합성세제의 사용량이 비누를 능가하게 되었고, 1992년에는 합성세제와 비누의 사용량의 비가 67:33 으로 합성세제의 양이 현저하게 증가되고 있음을 알 수 있다.

1990년 각국의 연간 일인당 합성세제 사용량을 보면 우리나라가 6.6 Kg/인 인데 비하여 미국은 10.4 Kg/인, 일본은 9.2 Kg/인 으로 선진화함에 따라 세제 사용량이 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 세탁기의 보급율도 선진국이 99%에 육박하고 있는데 비하여 우리나라는 아직 70%에 머물러 있어, 앞으로 세탁기의 보급증가에 따라 합성세제의 소비량도 증가되리라 본다.

이같은 추세로 볼 때 우리나라가 선진화함에 따라 세제의 수요는 선진국 수준까지 더욱 늘어날 것으로 전망된다. 이에 따라 수요의 충족과 더불어 환경성과 안전성을 고려한 새로운 세제가 개발되어야 하겠다.

한편 세제 효능을 향상시켜주는 Builder도 환경성 문제로 인하여 우리나라에서는 이미 인산염에서 Zeolite로 대체하였다. 그러나 우수한 합성세제를 개발하기 위해서는 Builder에도 각별한 관심을 기울여야 한다. Builder의 효과는 일반적으로 사용하는 수질과 밀접한 관계가 있음을 감안하여야 한다. 물의 경도가 높은 유럽에서는 경도를 낮출 목적으로 Builder를 개발하고 있으나 우리나라와 같이 수질의 경도가 높지 않은 나라에서는 우리수질에 적합한 새로운 Builder의 개발이 시급하다고 하겠다.