尖端産業

硅素化學의 産業的 應用

鄭 一 男
〈韓國科學技術院責任研究員・理博〉

1. 序 論

인간은 동물과 다른 점이 많겠으나 도구를 만들 수 있는 才能을 가졌다는 것이 큰 차이점 중의 하나이다. 자기가 만든 도구를 사용하여 또 다른 도구를 만들거나 생활에 필요한 물건들을 만들어 낸다. 물건이나 도구는 人間生活의 편의를 도모하고 안락하게 하는데 사용되며 이 生活水準의 向上을 위하여 인간은 계속하여 새로운 도구나 물건들을 만들어 내야 한다. 그 물건이나 도구를 만드는데 필요한 것이 材料이다. 물론 材料만 있으면 되는 것이 아니고 그것을 만들 수 있는 技術이 있어야 한다. 이와 같이 人間生活에 필요한 물건이나 도구를 만들어 내고 이를 활용하는 것이 좁은 의미의 産業活動이라고 볼 수 있다. 그래서 인간의 生活形態가 時代와 地域에 따라 다르듯이 산업도 시대와 지역에 따라 그 모양을 달리한다. 지역에 따라서 어떤 산업이 번창하기도 하고 쇠퇴하기도 한다. 시대에 따라서 새로운 산업이 생기기도 하고 없어지기도 한다. 尖端産業은 아마도 낡은 산업이 아니고 새로운 산업일 것이다. 그것은 後進國이나 開發途上國에서 새로운 것이 아니고 先進國에서 새로운 모습으로 발전해 가고 있는 산업이라고 해도 될 것이다. 그러므로 技術水準이 높고 많은 技術蓄積이 있어야 되고 關聯專門人力이 많이 動員되는 산업이라고 볼 수 있다.

尖端産業을 말하려면 先進國에서 가장 새롭게 나온 생활도구들이 무엇인가를 볼 필요가 있다. 보다 깊게는 그것들의 탄생을 가능하게 한 技術이나 材料들을 살펴봐야 한다. 그 물건을 만들어 내는 過程에 소요되는 技術은 눈에 보이는 것도 아니고 또 그 製造工程을 보더라도 專門家가 아니면 이해하기 곤란한 것이다. 그것보다도 그 물건이 만들어지는 材料가 어디서 왔으며 어떤 性質들이 있고 그 물건 속에서 하는 機能이 무엇인지 이야기하는 것이 훨씬 이해하기 쉬울지 모른다. 우리가 물건을 만드는데 필요한 材料들은 지구상에서 얻는다. 그것들을 資源이라 일컫기도 한다. 인간의 기술이 아무리 발달해도 새로운 物質을 創造할 수 있는 것이 아니고 다만 가공하여 형태를 바꾸거나 그 加工方法들을 발전시키는 것뿐이다. 그러므로 産業이란 지구상에 있는 物質들을 떠나서 생각할 수 없고 尖端産業은 이 물질들을 새로운 방법과 형태로 加工하는 활동이라고 말할 수 있다. 다시 말하면 物質의 成分, 造成, 性質 등을 研究하고 그 변화를 人間生活에 유익하게 이용하려고 하는 것이 化學이라고 한다면 化學者的인 見解로 尖端産業을 관찰해 보는 것도 흥미있으리라 생각된다.

지구상에 있는 물질들을 분석하여 보면 106가지의 元素로서 분류된다. 이 중에서 아주 희귀한 元素 20여가지를 제외하고는 産業的인 活用價値가 없는 것이 없다고 볼 수 있다. 그렇다고 이 모든 元素의 産業的인 活用價値가 같

지는 않다. 어떤 元素의 産業的 應用은 그 元素가 얼마나 풍부하게 부존되어 있는가와 그것을 얼마나 쉽게 가공할 수 있는가에 따라 달라진다. 賦存量이 아주 적은 희토류 金屬은 電子工業에서 약간 사용되는데 그치지만 석탄이나 석유의 主成分인 炭素는 有機化學工業의 原料로서 그 중요성을 아무리 강조하여도 지나치지 않다. 섬유, 비료, 플래스틱 등은 물론이려니와 醫藥, 農藥, 染料 등이 모두 炭素를 활용한 有機化學工業에서 오기 때문이다. 따라서 硅素를 활용한 硅素化學이 産業的으로 어떻게 應用되어 왔으며 앞으로 어떻게 발전해 나갈 것인가를 더듬어 봄으로써 尖端産業의 한 면을 알아보는 것도 의미가 있는 일이라 생각된다.

2. 硅素의 活用

地殼을 이루고 있는 元素 중에서 가장 많은 원소가 산소이며 중량비로 46 %를 차지하고 있다. 지구표면의 2/3를 덮고 있는 五大洋에 가득찬 물 무게의 9할이 酸素인 것을 보면 짐작이 간다. 땅위에 있는 물이며 흙이나 鑛物 등의 無機物에 함유된 酸素도 많고 有機物에도 상당한 酸素가 포함되어 있다. 酸素 다음으로 많은 元素는 硅素로서 지각 총 무게의 28 %를 점유하고 있다. 硅素는 石炭과 같은 모양을 하고 있는 金屬이나 자연생태에서는 유리된 원소로서 발견되지 않는다. 대부분의 경우에 산소와 결합하고 있는 형태인데 산화물 상태의 것을 규석 또는 규사라 한다. 단순한 산화물이 아니고 다른 금속의 酸化物과 복염형태를 이루기도 하는데 그 대표적인 예가 흙이다. 흙의 성분은 알루미늄酸化物과 硅素酸化物이 복염을 이루고 있는 형태이다. 흙이 있어야 식물이 자랄 수 있으며 人間은 耕作을 하고 거기에서 食糧의 공급을 받는다. 그 만큼 硅素化合物은 우리 주위에 많이 널려져 있으며 인간과는 밀접한 관계가 있다.

硅素의 酸化物이 인간에 의하여 이용되기 시작한 것은 아주 오래된 일로서 舊石器時代로 올라갈 수가 있다. 돌연장이나 돌화살 등에 이용한 것은 그만두고라도 불을 일으키는데 사용된 부싯돌(차돌)이 硅石의 일종이다. 규소의 영어 이름이 silicon인데 이는 라틴어의 Silex에서 왔으며 Silex는 부싯돌이라는 뜻이다. 人間文明이 불을 발견한 시점에서부터 시작되었다고 보는 사람들이 많은데 바꾸어 말하면 硅素酸化物을 이용할 줄 알면서부터 인간은 문명을 발전시킬 수 있었다고 할 수 있다. 그 후에도 硅素化合物은 土器, 陶瓷器, 유리, 시멘트, 벽돌 등의 형태로 우리 생활에 깊숙이 파고 들었다. 뿐만 아니라 우리나라에서 많이 나고 있는 세계적 寶石인 자수정은 순수한 酸化硅素의 結晶에 불순물이 약간 섞여 들어가서 영롱한 자주색을 냄으로써 美를 추구하는 우리의 욕구를 만족시키고 있다. 酸化硅素가 불순물이 없이 완전한 결정을 이루고 있으면 수정진자로 활용되어 오늘날 복잡한 現代社會를 움직이는 시간을 정확하게 지켜주는 시계공업에 많이 사용되고 있다 그러나 이것들이 아직 化學工業이라고 하기에는 化學工程을 거치는 것이 별로 없으며 自然에서 얻어지는 硅素化合物이 구조상 획기적으로 달라지지 않는다. 硅素가 人間文明과 더불어 이용되어온 발자취를 더듬어 보면 〈表－1〉과 같다.

〈表－1〉 규소화합물 응용의 발달사

시 대	개 발	비 고
선사시대	부싯돌 돌연장 토 기	불의 발견 석기문명
BC 5000	시멘트	주택, 건축기술발달
BC 4000	벽 돌	주택, 건축기술발달
BC 2000	유 리 도자기	생활용구발달
1824	규소의 발견 $SiCl_4$의 합성	규소화학시대 개막
1864	$SiEt_4$의 합성	유기규소화학 발달
1904	파이렉스 유리제조	
1931	유리섬유 제조	
1932	유리의 구조규명	
1940	Silicon 개발	유기규소 고분자시대 개막
1950	Silicon 반도체개발	전자공업발달
1970	광섬유개발	전자, 통신분야 발달
1980	유기규소생물활성물질 신요업물질개발	정밀화학 발달 정밀요업 발달

인간이 가장 우선적으로 해결해야 할 문제는 衣食住의 해결이다. 흙의 主性分이 硅素의 산화물로서 食糧供給에 지대한 관계가 있다는 것은 앞에서 언급한 바와 같다. 〈表－1〉에서 볼 수 있는 바와 같이 硅素化合物은 벽돌, 시멘트, 유리 등의 建築材料의 형태로 우리의 주생활과도 밀접한 관련을 갖고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 이것들도 硅素化學工業이라고 하기에는 그 공정중에 化學이 관여한 바가 별로 많지 않다. 역시 硅素化學工業이 발달한 것은 硅素라는 元素가 발견되고 그것을 가지고 여러가지 化合物을 만들어 사용하기 시작한 1824년 이후로 보는 것이 타당하리라 생각된다. 왜냐하면 原料의 成分, 構造 등도 정확히 모르고 어떤 제품을 加工하는 것은 化學工業이라고 하기에는 어울리지 않기 때문이다.

3. 硅素化學工業이란?

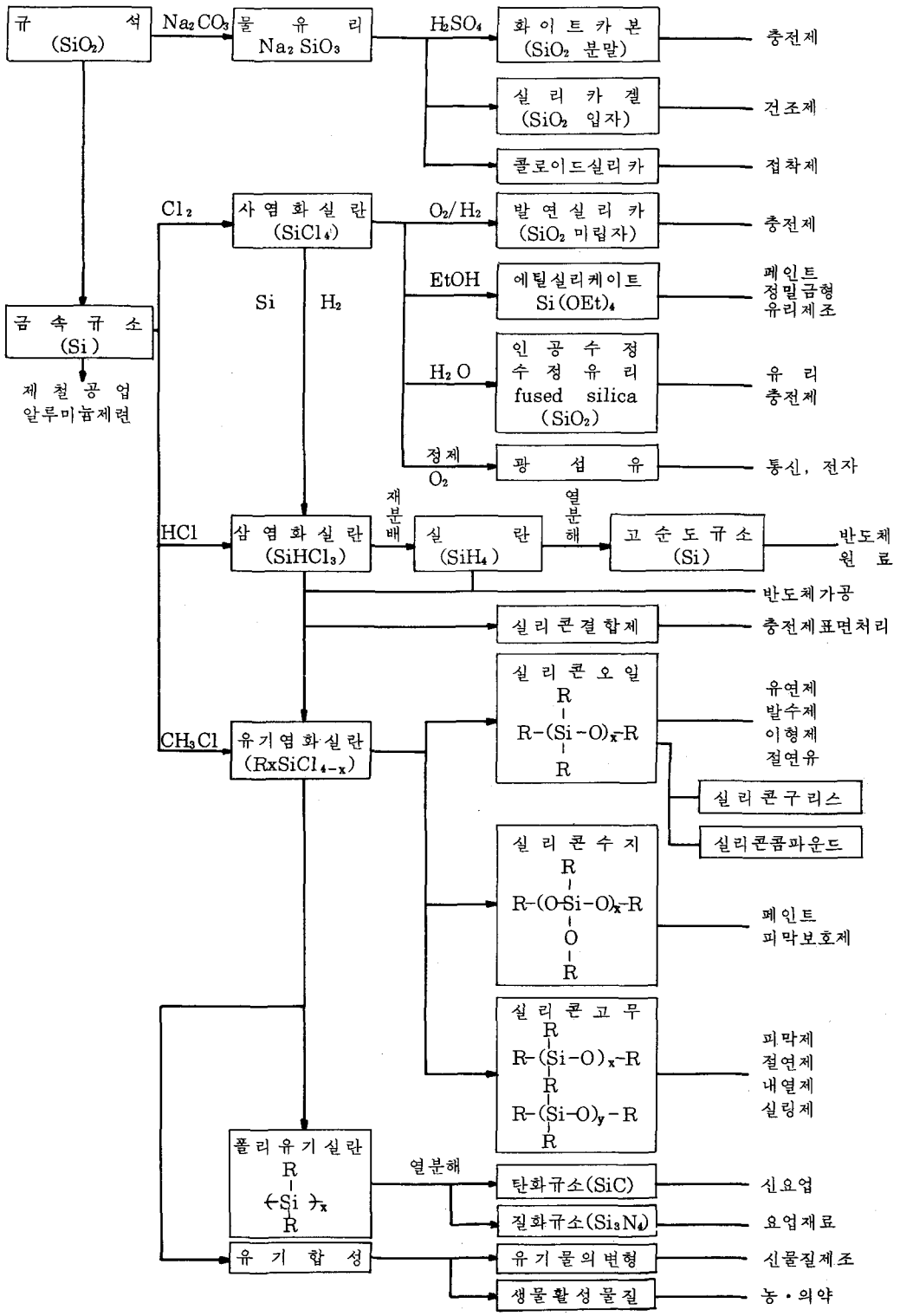
化學工業은 石炭이나 石油 혹은 기타의 鑛物을 原料로 하여 産業全般에 필요한 原料나 中間物質을 合成하거나 造製하는 工業이다. 직접 消費者에게 完製品을 제공하는 다른 産業에 비하여 친근감이 덜한 理由가 여기에 있다. 化學工業 중에서도 硅素化學工業은 극히 일부분을 차지하고 있는 분야로 硅石이나 硅沙를 원료로 하여 硅素를 포함하고 있는 각종 化學物質을 만드는 工業이다. 硅素化學工業에서 제조되는 製品도 소비자에게 전달되기 위하여 또다른 가공을 거치는 경우가 많으며 직접 化學物質로 소비자에게 공급되는 경우는 극히 드물다. 가령 半導體 실리콘은 硅石을 여러가지 化學工程으로 불순물이 없는 순수한 金屬硅素를 얻어서 출발한다. 이 金屬硅素는 단결정으로 成長시킨 뒤 얇은 웨이퍼로 가공되고 여기에 회로를 넣어 반도체소자가 된다. 이 반도체는 電子製品工場에서 附品으로 사용되지 消費者에게 직접 공급되지 않는다. 그러므로 半導體 실리콘이 硅素化學工業이 낳은 마술사라는 것을 一般人이 알기 어려운 것이다.

化學工業은 原料로 사용되는 物質의 成分이나 性質에 대한 정확한 지식이 없이는 불가능하다. 그러므로 原料로 사용되는 資源들의 性分과 그 反應들이 알려진 뒤에 그 성질과 반응을 이용하여 새로운 化學物質을 만들게 되거나 여러 물질을 조합하여 새로운 특성을 내는 製品을 만드는 것이 化學工業이다. 中世紀에 物質에 대한 지식이 없이 돌이나 쇠를 가지고 금을 만들려 했던 鍊金術者들의 노력이 물거품이 되어 사라진 것은 너무나 잘 알려져 있다. 硅素化學도 硅素가 발견된 19세기 중반에 비로소 싹이 텄으며 이것이 工業으로 발전하기에는 또 상당한 시일이 소요되었다. 硅素化學製品이라고 하면 時代的으로 오래된 것부터 실리카제품, 有機硅素化學物을 高分子化한 실리콘제품 그리고 앞서 언급한 半導體 실리콘을 들 수 있다. 다른 石油化學製品에 비하여 그 사용량은 적을지 몰라도 그 用途나 使用範圍는 어느 化學分野에 비하여 뒤지지 않는다. 아마도 硅素化學製品이 안쓰이는 곳이 없다고 표현하여도 지나치지 않을 것이며 오히려 적절한 표현일지 모른다.

4. 실리카 製品

硅石 原料에 化工藥品을 처리하여 그 化學的 成分을 바꾸어 製造하는 最初의 제품은 유리라고 볼 수 있다. 硅石에 소다회라는 탄산나트륨을 넣고 加熱하면 탄산가스가 날아가고 유리가 된다. 그러므로 유리의 化學的 主成分은 규산나트륨이다. 물론 유리의 種類도 여러가지이며 그 造成도 많은 차이가 있다. 그러나 그 使用原料를 약간씩 다르게 하여 여러가지 製品이 나오는 것일 뿐 그 製造工程의 基本原理는 같다고 볼 수 있다. 硅石의 化學的 成分은 酸化硅素인데 이를 녹이는 데는 2,000°C 정도의 높은 熱이 필요하다. 그만큼 酸化硅素는 安全한 化合物임을 말해주고 있으며 그 結合貌樣을 보면 硅素와 酸素의 結合이 左右上下로 그물처럼 엉켜 있는 고분자로 되어 있다. 이 硅素와 酸素의 共有 結合이 소다회를 넣고 加熱했을 때 나트륨 이온에 의해 깨어지고 酸素와 나트륨의 이온 結合으로 바뀌면서 중합도가 낮아진다. 이것

〈表－2〉 규소화학공업 계통도



이 酸化硅素의 녹는 점에 비하여 유리의 녹는 점이 훨씬 낮은 섭씨 몇 백도 정도밖에 안되는 原因이 된다. 유리 속의 나트륨 成分을 다시 황산으로 中和하면 물에 녹지 않는 酸化硅素 즉 실리카를 얻을 수 있다. 이 中和工程에 따라서 화이트카본, 실리카겔, 콜로이드 실리카 등의 製品이 얻어진다(〈表－2〉 참조).

유리를 酸으로 처리할 때 규산의 濃度, 중화점의 산도, 온도 등은 生成되는 酸化硅素(실리카)가 形成되는 反應速度에 영향을 주고 실리카의 表面積, 세공의 크기 등의 성질을 결정한다. 비교적 작은 입자가 되도록 조절하여 건조시키면 충전제로 사용될 수 있는 화이트카본이 생성된다. 우리나라에서 약 10여년 전에 불란서의 롱프랑 회사와 동양화학이 합자로 세운 한불화학(주)에서 生産하고 있으나 국내 수요를 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 플래스틱이나 고무의 충전제로 없어서는 안될 製品이다. 실리카가 無機物이므로 有機物인 플래스틱이나 고무와 잘 융화가 되도록 표면처리하는 등의 기술은 계속하여 발전시켜야 할 과제들이다. 이 실리카를 다공성의 겔로 만들어 말리면 실리카겔이 된다. 이 다공질이 수분을 흡착하는 역할을 하여 건조제로 사용된다. 과자, 의약품 및 전자, 기계 등의 商品 포장에는 필수적인 製品이다. 이 제품에도 흡수량을 많게 하고 모양을 달리하여 여러가지 제품을 내야 한다. 현재 國內에서는 여러 中小業體에서 이 제품을 생산하고 있으나 부스러져 먼지를 내지 않게 球形으로 만든 製品은 아직 國産化가 되지 못하고 있다.

硅酸 나트륨 용액을 酸으로 처리하지 않고 격막이나 이온교환 수지를 사용하여 나트륨이온을 제거하면 실리카 입자가 섞여 있는 규산 용액이 된다. 이 용액은 축합하여 酸化硅素인 겔이 되려는 성질이 많으므로 安定化시켜야 한다. 이 製品을 콜로이드 실리카라고 하고 이 용액을 건조시키면 硅素에 결합된 수산기가 자체내에서 축합하거나 金屬이나 다른 무기물의 표면에 있는 금속의 수산기와 축합하게 되므로 특수 접착제나 페인트 등에 사용된다. 이 제품은 무기물을 成形시킬 때나 형틀을 제작하는데 사용되는 제품이다. 그러나 이 제품도 아직 국산화가 되고 있지 못한 실정이다.

실리카 제품을 製造하는 원료로 硅石을 사용하면 高純度의 製品을 내는데 어려움이 많다. 왜냐하면 자연산 광석에는 不純物이 섞여 있기 마련이나 앞서 이야기한 製造工程에서는 많은 不純物이 실리카 제품에까지 따라오기 때문이다. 또 제품의 입자를 작게 하고 표면적을 높이는 데도 쉽지 않다. 이런 弱點을 補完하기 위하여 硅石을 일단 金屬硅素로 환원하고 이것을 염소와 反應시켜 사염화실란을 合成한 뒤 필요에 따라서 잘 정제한 뒤에 酸素와 水素 불꽃으로 때워서 표면적이 크고 미세한 입자의 발연 실리카를 製造할 수 있다. 사염화실란은 가수분해하여도 고체의 실리카가 얻어진다. 고순도의 실리카는 放射線을 내는 우라늄이 包含되면 안되는 반도체 소자의 피막을 입히는 에폭시 수지나 실리콘 수지의 충전제로 쓸 수 있다. 또 사염화실란을 에탄올과 反應시키면 에틸실리케이트가 되고 이것을 적당하게 가수분해시키면 접착제로 사용될 수 있고 졸이나 겔로 만들어 特殊유리 제조에 사용할 수도 있다. 그러나 이런 제품들은 국내에서 生産되지 못하고 있다. 이와 같이 실리카 제품 중에서도 여러가지 尖端製品들이 開發되고 있다.

高純度로 정제된 사염화 실리카를 고순도의 酸素로 산화시키면 고순도의 실리카가 얻어진다. 이 고순도의 실리카는 수정유리관으로 반도체 加工工程의 용기로 사용되거나 광학유리로 사용된다. 高純度의 실리카는 광을 흡수하지 않는 성질을 이용하여 光通信에 이용되는 光纖維가 開發된 것이 1970년대의 일이다. 광섬유에는 오히려 게르마늄이나 인계통의 不純物을 적당량 넣어서 빛을 通過시키는데 유리하도록 屈折率을 조절한다. 대량의 情報를 신속하게 처리할 수 있는 長點 때문에 전자와 통신 分野에 혁신을 불러 일으키고 있는 것이다. 그러므로 우리나라에서도 1980년대에 재벌급 회사 4개 業體가 技術導入하여 光纖維를 生産하고 있는 것이다. 이와 같이 純度 높은 실리카의 製造가 가능하게 된 것은 필요한 不純物을 적당히 調節하여 넣어줌으

로써 새로운 機能을 부여하도록 하여 새로운 應用을 낳고 있는 것이다.

5. 無機高分子 실리콘(Silicones)

硅石에 鹽基를 가하여 여러가지 유리를 만들 때 分子構造가 달라짐에 따라 性質의 변화가 隨伴되는 것이 밝혀진 것이 1930년대이다. 이 시기는 科學技術의 무대가 유럽에서 美國으로 바뀌면서 實用的인 연구가 많았던 시기이다. 有機高分子들이 開發되면서 高分子槪念이 잘 정립된 때이기도 하다. 유연하고 가공하기 쉬운 플래스틱의 성질을 유리나 酸化硅素에 導入하여 無機物과 플래스틱의 중간쯤 되는 새로운 고분자를 開發하려는 꿈들이 싹트기 시작하였다. 이것은 金屬과 有機物이 직접 결합된 有機金屬化合物을 高分子化하여 가능하리라 기대되었다. 마침 19세기 초에 硅素가 발견된 후에 많은 硅素化合物들이 합성되고 이들의 성질이 有機物과 비교하여 類似點과 相異點들이 많이 밝혀졌다. 이런 환경에서 제2차世界大戰으로 인하여 새로운 특성을 갖는 材料에 대한 要求가 증대되어 有機硅素化合物을 고분자화시켜 실리콘이라는 새로운 高分子物質이 탄생하기에 이르렀으며 전쟁이 끝난 후에도 본격적으로 各種産業에 활용되기 시작하였다.

어떤 化學物質의 성질은 그것들을 이루고 있는 元素들에서 오는 요인들이 많으며 가끔 그 空間的인 構造에 따른 영향이 있기 마련이다. 실리콘의 경우도 마찬가지로 그것들이 出發된 실리카 構造와 有機基로 인한 플래스틱의 性質이 複合的으로 나타난다. 실리콘이 無機物이나 有機플래스틱에 비하여 양쪽의 短點들을 보완하고 長點들을 취했다고 표현하더라도 틀리지 않는다고 생각된다. 우선 그 分子骨格을 이루고 있는 Si-O-Si의 無機結合으로 인한 특성은 플래스틱에 비하여 耐熱性, 耐候性, 耐紫外線, 耐放射性이 좋고 電氣的 絶緣性이 좋아 코로나에 강한 면을 보여준다. 毒性이 없는 性質도 이 結合에서 기인된다고 볼 수 있다. 실리콘에 결합된 有機基와 空間的인 分子貌樣으로 인한 특성으로는 撥水性, 消泡性, 離型性 등이 있다. 溫度에 따른 점도의 變化가 크지 않는 性質은 分子가 Helix 모양을 이루고 있는데서 오는 것으로 생각되며 壓縮이 잘되는 性質도 같은 이유로 설명이 된다.

이와 같이 실리콘은 플래스틱이나 실리카에서도 없는 독특한 성질을 가지므로 플래스틱보다 우수하여 有機系統의 高分子들이 감당하지 못하는 高熱, 高電壓, 耐寒, 撥水性 등의 극한 조건에서 사용될 高價의 물건을 만드는데는 절대적으로 필요한 材料이다. 여기에 결정적으로 다른 有機高分子 化合物이 경쟁하기 어려운 特性은 分子形態를 쉽게 變形함으로써 여러가지 形態로 또 여러가지 다른 性質을 내는 새로운 많은 製品을 낼 수 있다는 데 있다. 그러므로 현재 商品化되고 있는 製品은 통틀어 3,000여 가지가 넘는다. 이와 같은 복잡한 製品들의 內容과 상관관계를 아는 데는 專門的인 지식이 뒷받침되어야 한다. 예를 들면 有機高分子는 樹脂로만 제조되거나 오일이면 오일로만 만들어지지만 실리콘은 오일의 형태로 重合되기도 하고 실리콘 수지로도 合成될 수 있으며 실리콘 고무로도 加工될 수 있는 특성이 있다.

실리콘 製品의 가짓 수가 많은 것을 보면 실리콘의 用途가 그만큼 넓다는 것을 알 수 있다. 일일이 그 用途를 나열하는 것은 오히려 紙面이 허락치 않으며 구태여 구분해 본다면 〈表-3〉에 있는 바와 같다. 産業別로 보면 電氣電子産業, 輸送機機械産業, 建設建築産業, 纖維産業, 페인트工業, 纖維工業, 化學工業, 化粧品工業, 食品工業, 醫料 등 主要産業에 모두 사용되고 있으며 안쓰이는 곳이 없다고 표현하는 것이 오히려 적합할지 모른다. 새로운 商品이 開發될 때 그 材質에 要求되는 性質이 까다로와지는 경향이 있는데 有機物 대신에 실리콘 제품이 이와 같은 要求를 만족시키는 경우가 많다. 따라서 실리콘 事業 중 旣存製品의 需要가 증가하는 것도 있지만 새로운 應用이나 새로운 製品이 開發되어 需要가 증가하는 것이 특징이다. 실리콘은 高級材料이므로 先進國型 산업이며 工業先進國일수록 그 需要가 많은데 실리콘 계통의 연간

실리콘의 형태와 응용

〈表－3〉

형 태	응 용
실리콘오일	유연제, 발수제, 소포제, 이형제, 정포제, 윤활제, 계면활성제, 화장품첨가제, Brake 유, 정착액 등
실리콘수지	내열도료, 내후성도료, 부착방지제, 방수, 발수처리제, 적측가공제, 접착즙, 표면처리제, 절연제, 반도체, 피막제 등
실리콘고무	유리접착제, 토목용 Sealing 제, 전자제품 피막제, 절연전선피막제, 고무튜브, 가스켓, 호스, 건축물의 방수제, 방열시트, Spark Plug 등
기 타 제 품	왁스, 구리스, 중간체화합물 등

需要成長을 보면 平均 매년 10 % 이상을 유지하는 놀라운 증가율을 보여왔다. 앞으로도 이 成長率은 크게 둔화될 것 같지 않다.

우리나라의 실리콘産業을 보면 1970년경부터 輸入, 사용되었는데 주로 纖維工業이 발전함에 따라 纖維表面을 처리하는데 사용되는 柔軟劑나 撥水劑 系統의 오일製品이었다. 1970년대 중반에 오면서 다양한 실리콘 製品들이 輸入, 사용되었으며 연간 輸入全額이 300만불 정도였다. 특히 建築用이나 電子工業에서 실리콘製品을 사용하기 시작한 1980년을 전후하여 실리콘 고무제품의 需要가 급격히 늘어났으며 1985년 輸入額이 公式集計로 2,000만불을 넘었다. 우리나라의 工業水準이 높아지고 自動車工業 등에서도 실리콘製品을 사용하기 시작하므로 그 증가율은 더욱 높아지지 않을까 생각된다.

실리콘의 需要增加는 旣存製品들의 用途가 넓어져서 증가하는 경우와 새로 변형된 製品의 開發에 따른 새로운 용도 개발로 인하여 증가하는 경우의 두가지 요인이 있다. 그만큼 다른 高分子에 비하여 좋은 특성이 있으며 分子構造를 變形시키기 쉬운 장점으로 인한 것이라 생각된다.

실리콘은 다른 유기 플래스틱처럼 開發이 끝난 分野가 아니고 계속하여 새로운 製品들이 개발되고 있는 특징이 있다. 현재도 실리콘 막을 통하여 혼합기체를 分離하려는 노력이며 유연한 유리 대용품의 개발 또는 신체장기를 만드는 材料로서 실리콘을 사용하려는 연구들이 계속되고 있다.

6. 半導體 실리콘(Silicon)

金屬硅素는 硅石과 코크스를 電氣爐에 넣고 2,000°C 정도로 加熱하면 얻어진다. 본래 鑛石에 함유되었던 다른 金屬의 不純物은 물론이고 이 工程에서 또다른 不純物이 導入되게 되므로 工業的으로 생산되는 硅素는 半導體로 사용하기에는 적합치 않다. 固體인 金屬硅素를 精製하여 半導體로 사용하기 적합하도록 純度를 높이는 데는 물리적인 방법을 사용해야 한다. 金屬硅素의 화학적 정제방법에는 두가지가 있다. 하나는 硅素를 鹽化水素로 反應시켜 液體인 三鹽化실란을 얻고 이를 분별 증류하여 純度를 높인 뒤에 다시 硅素로 還元시켜 高純度 硅素를 얻는 방법이다. 이 방법은 현재 가장 많이 쓰이고 있는 工法이다. 다른 하나는 硅素를 金屬마그네슘과 合金을 만들고 이를 염화암모니움과 反應시켜 기체인 실란을 發生시킨 뒤에 이를 精製하여 熱分解하면 高純度의 硅素가 얻어진다. 이 工法은 순도가 높은 硅素를 얻을 수 있으나 製造原價가 높다. 최근 美國의 Union Carbide 社는 이 두가지 工法의 장점을 취한 새로운 工法을 開發하여 이 事業을 시작하였으며 1985년부터 製品을 내고 있다. 이 工法에서는 삼염화실란을 再分配反應으로 실란을 얻고 이를 정제한 후에 熱分解하여 硅素를 얻는다. 부산되는 水素와 사염화실란을 金屬硅素와 반응시켜 다시 삼염화실란을 製造하는데 再使用하여 原價를 낮추는 것이 특색이다.

半導體 실리콘의 出現도 硅素化合物들을 많이 合成하고 그것들의 反應을 연구하였던 경험과 1940년부터 有機硅素化合物들을 高分子化하여 많은 商品들을 開發한 경험이 있었기 때문에 가능하였던 것이다. 그렇기 때문에 半導體用 硅素

를 製造하는 대부분의 業體들이 실리콘 高分子 工業을 해왔던 業體들이다. 獨逸의 Wacker社, 美國의 Union Carbide社, Hamlock社의 모회사인 Dow-Corning社, 日本의 Shin-Etsu社 등이 모두 실리콘고분자 製造業體들이다. 이 業體들이 세계 반도체 실리콘의 60% 이상을 생산하고 있다. 이 分野도 開發이 완전히 끝난 것이 아니고 原價를 절감하려는 工程改善이 계속 연구되고 있다. 특히 高純度 실리콘을 본격적으로 太陽에너지 發電用 전극으로 사용하려면 현재의 生産單價보다 훨씬 낮아야하며 이것이 실현될 때 이 分野의 시장은 실로 막대하리라 예상된다.

7. 硅素化學工業의 發展方向

硅素化學 分野에서 가장 최근에 商業化에 成功한 製品으로는 新窯業材料를 들 수 있다. 종래에는 요업재료들을 鑛石에서 직접 만들었으나 化學藥品을 原料로 하여 窯業材料들을 생산하는 工程이 商業化된 것이다. 硅素系統의 窯業재료인 炭化硅素와 窒化硅素가 有機硅素化合物로부터 출발하여 製造됨으로써 미세한 분말 형태로 얻을 수 있으며 섬유상으로도 얻을 수 있게 되었다. 化學的 方法의 가장 큰 장점은 純度를 높일 수 있다는 데 있다. 그러므로 어떤 특수한 성능이 있는 요업재료들은 化學物質로부터 出發하지 않으면 안된다. 炭化硅素의 예를 들면 炭化硅素纖維는 디메틸폴리실란을 합성한 뒤에 이를 열처리하여 폴리카보실란으로 바꾼 뒤 섬유상으로 뽑는다. 섬유상태의 폴리카보실란을 不活性 기체하에서 고온처리하여 有機物을 제거하면 纖維상의 炭化硅素가 얻어진다. 비슷한 化學工程으로 高純度의 窒化硅素나 미세한 분말상태의 硅素系 窯業材料들이 생산되고 있다.

최근에 硅素化學이 발전해 가는 방향은 生物活性新物質 분야를 들 수 있다. 硅素化合物로 農藥이나 醫藥品을 開發하려는 노력이 그 점이다.

그동안 生物活性이 있는 有機物의 官能基를 트리메틸실란기로 보호하거나 그 有機物의 규소유사체를 많이 만들어 왔다. 독특한 유기규소화합물계는 생물활성이 있는 유기규소화합물의 대표적인 化合物 실라트란계 化合物이 있다. 生物活性 有機硅素化合物로서 가장 成功한 製品으로 알려진 纖維衛生處理劑는 有機硅素化合物이 纖維表面과 化學的으로 결합될 수 있는 性質과 生物活性 有機物을 硅素에 쉽게 도입시킬 수 있는 성질을 이용한 것이다. 이 製品은 인체에 해롭지 않으며 纖維表面과 化學的으로 結合된 관계로 세탁에 씻겨지지 않고 半永久的이라는 장점이 있다.

특히 物質特許의 導入을 앞두고 있는 우리 실정으로는 旣存 有機製品에 有機 硅素化合物을 도입시켜 新物質化 하는데 노력하면 좋은 결과가 있으리라 기대된다.

8. 結　論

硅素化學이 産業의 발전에 어떻게 관여하여 왔는가를 대강 살펴보았다. 半導體나 光通信과 같은 눈에 보이는 큰 영향도 있지만 실리콘 高分子가 개발되어 各種産業에 빼 수 없는 材料로 사용되는 등 잘 나타나지 않는 역할도 많다. 現代産業에 있어서 硅素化學의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 다른 산업에서도 마찬가지이지만 國內 硅素化學의 발전이 完製品의 加工쪽에서 基本原料의 생산쪽으로 거슬러 올라가고 있는 실정이다. 이것은 原料가 먼저 나오고 完製品들이 개발된 先進國에서와는 정반대되는 현상이다. 硅素化學의 基本原料가 생산되지 않고 있으므로 새로운 製品의 開發이 어려운 실정에 있다. 그러나 完製品의 시장이 크고 있으므로 基本原料들의 생산을 촉진하게 될 것이다. 이것들이 國內에서 생산될 때 우리 독자적인 商品의 開發도 쉬워지리라 생각된다. 硅素化學이 활발하게 되고 이 分野의 독자적인 商品이 나올 때 우리나라는 工業先進國이 될 것이다.

또 새로운 尖端産業의 탄생도 기대해 볼 수 있을 것이다. ♣