

Easy Science Series

- 01 세상은 무엇으로 이루어졌을까?
- 02 황금을 만들려는 꿈, 연금술
- 03 118개의 원소들이 만드는 무한한 세상
- 04 인류 문명을 가능하게 한 화학
- 05 화학, 염료로 신분 격차를 없애다
- 06 지금은 화학시대

CHAPTER 1

# 화학의 세계로 초대합니다!

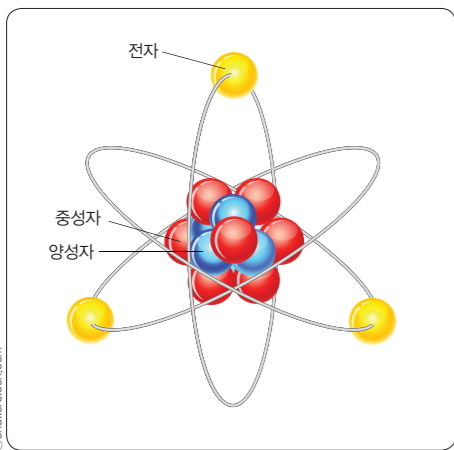
# 01 세상은 무엇으로 이루어졌을까?

우리가 사는 세상은 수많은 물질들로 이루어져 있다. 단단한 돌, 말랑말랑한 고무, 차가운 금속, 투명한 유리, 매끄러운 플라스틱 등 물질마다 생김새도 촉감도 제각각이다. 그러나 이 모든 물질을 쪼개면 '원자'로 불리는 것이 나온다.

원자(atom)는 원래 그리스어 '아토모스(atomos)'에서 나온 말로 '더 이상 쪼갤 수 없는' 것을 뜻한다. 수많은 연구를 통해 원자는 양성자, 중성자, 전자로 구성되어 있으며, 원소마다 양성자와 중성자, 그리고 전자의 수가 달

라지면서 성격이나 속성이 달라진다는 것을 알게 되었다. 그리고 원자들이 서로 결합해 물질을 이루는데 결합 방식과 배열 구조에 따라 다양한 물성을 갖는 새로운 물질을 창조할 수 있는 것이다.

우주에 존재하는 모든 물질은 같은 종류의 원자로 이루어져 있는 홑원소 물질이거나 서로 다른 물질들이 결합된 혼합물 또는 화합물이다. 혼합물은 물질이 두



원자의 구조

종류 이상 섞여 있는 것을 말한다. 예를 들면, 기체 물질들이 섞여있는 공기, 모래와 흙 등이 섞여있는 진흙은 혼합물이다. 화합물은 물질들이 서로 결합해 원래의 물질들과는 다른 전혀 새로운 물질이 만들어진 것을 말한다. 이때 일어나는 것이 화학반응이다.

화학반응을 통해 자연에 존재하지 않거나 아주 적게 존재하는 물질을 인공적으로 만들어낼 수 있다. 그리고 이렇게 인공적으로 만든 물질을 합성물질 또는 인공 화학물질이라고 한다. 따라서 물질의 가장 기본 요소인 원자는 바로 화학이 시작되는 출발점이라 할 수 있다. 원자에 대한 이해는 세상을 구성하는 물질에 대한 이해로 이어지고, 자연스럽게 우리가 일상생활에서 접하는 수많은 화학물질에 대한 이해로 넓혀질 수 있을 것이다.

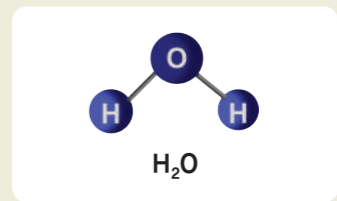
## 화학노트 엿보기

### 원자의 비밀은 누가 발견했을까?

1803년 영국 화학자 존 돌턴이 '모든 원소와 화합물은 아주 작은 입자로 이루어져 있다'고 주장하면서 현대 화학의 기초가 되는 원자의 개념을 정착시켰다. 이후 방사선이 발견되면서 과학자들은 원자가 실제로는 더 작은 입자인 양성자와 중성자, 전자로 이루어져 있다는 사실을 알게 되었다. 그리고 1913년 덴마크의 과학자 닐스 보어의 양성자와 중성자가 뭉쳐진 원자핵 주위에 전자들이 어떻게 배치되어 있는지 설명하는 가설을 만들었다.

### 화학반응이란?

화학반응은 물질의 성질을 나타내는 기본 단위인 분자의 원자 배열 상태가 바뀌어 다른 분자로 바뀌는 것, 즉 어떤 물질이 특성이 전혀 다른 물질로 변하는 것을 말한다. 일반적으로 화학반응이 일어날 때 원자의 배열 상태만 바뀔 뿐, 원자의 종류와 개수에는 변함이 없다.



화학반응의 예(수소 + 산소 → 물)

우주는 어떻게 생겨났을까? 세상은 무엇으로 이루어져 있고, 물질을 구성하는 것은 무엇일까? 인류의 수많은 발견과 발명은 이런 호기심으로부터 나왔다. 화학 또한 마찬가지였다. 사람들은 수천 년 전부터 세상을 이루는 온갖 물질에 호기심을 가지고 연구해왔다.

고대 철학자들은 주변의 모래나 돌, 나뭇잎 등을 관찰하면서 이 물질들이 눈으로 볼 수 없는 작은 단위로 구성되어 있을지도 모른다고 생각했다. 그

리고 탈레스의 1원소설을 비롯해 엠페도클레스, 플라톤, 아리스토텔레스를 거치며 모든 물질을 이루는 기본 요소가 '물, 불, 공기, 흙'이라는 이른바 '4원소설'이 나왔다. 당시 물질을 연구하는 것을 '알 케미아(al quemia)'라고 불렀는데, 이것이 영어로 번역되면서 'alchemy(연금술)'가 되었다. 화학은 바로 이 연금술로부터 출발했다고 할 수 있다.

연금술사들은 액체 성분을 물, 기체를 공기, 연소물을 불, 재를 흙으로 보고, 모든 물질은 이



4원소로 만들어졌다고 믿었기 때문에 각 원소들을 서로 바꾸면 금도 만들 수 있다고 생각했다. 연금술 가운데 가장 잘 알려진 것이 주로 납과 같은 비금속으로 금을 만들려는 시도였다.

그런데 왜 금이었을까? 연금술사들은 자연계의 금속을 금, 은, 구리, 수은, 주석, 철, 납의 7가지로 구분하고 그중에서 금이 가장 완벽한 금속이라 여겼다. 또 금을 제외한 나머지 금속은 금처럼 완벽에 도달하고자 애쓰는 물질이라고 생각한 것이다. 그들은 물질의 성질을 변화시키는 화학적 비법을 알면 다른 금속들을 금으로 바꿀 수 있다고 생각했다.

물론 연금술사들이 황금을 만들고자 한 시도는 실현되지 않았다. 그러나 그들의 노력은 화학발전에 큰 역할을 했다. 연금술 덕분에 물질에 대한 많은 정보를 얻을 수 있었고, 이를 바탕으로 근대 화학이 시작됐다고 할 수 있다.

화학노트 엿보기

4원소설

화학적 방법을 통해서도 더 이상 분해되지 않는 순수한 물질을 '원소(element)'라고 한다. 즉, 원소는 모든 물질을 이루는 근본 물질이다. 고대 그리스인들은 세상에 존재하는 모든 것이 물, 불, 공기, 흙의 네 가지의 원소로 이루어져 있다고 믿었다.



물



불



공기



흙

©shutterstock.com

## 60개의 소변 양동기와 인(P)의 발견



연금술에 관심을 가진 사람들은 국왕, 성직자, 영주들은 물론 대장장이, 기계공, 빵집주인 등 모든 직종과 계급을 망라했다. 그 이유는 값싼 금속을 귀금속으로 변환시킨다는 연금술의 목적이 인간의 욕망을 자극했기 때문이다. 심지어 고대의 연금술사들

은 딱 맞는 화학 혼합물을 찾아내기만 하면 사람도 늙지 않고 영원히 살 수 있을 거라고 믿었다. 어찌 보면 과학이라기보다는 일종의 미신에 가까웠다고 할 수 있는데, 이런 연금술사들의 시도 중에는 지금 보면 엉뚱해 보이는 일들도 많았다.

18세기 중반 연금술이 취미였던 독일의 상인 헤닝 브란트는 납을 금으로 바꾸는 실험을 하던 중 소변에서 번쩍하며 빛을 발하는 원소를 발견했는데, 그 후에 자신의 소변을 버리지 않고 모으기 시작했다. 그리고 60개의 양동기에 소변을 가득 채우고 썩기 시작할 때까지 놓아두었다가 끓여서 걸쭉하게 만든 후 모래와 섞어 가열하는 실험을 했는데, 이때 나온 것이 바로 인(P)이었다.

이처럼 실험을 하다가 위험에 처하거나 목숨을 잃는 연금술사들도 있었지만 물질의 근원을 파헤치려는 그들의 노력 덕분에 오늘날의 화학이 존재할 수 있었던 것은 아닐까.

출처: 존 그리빈 엮음, 한번은 꼭 읽어야 할 과학의 역사, 예코, 2005

우주 삼라만상이 물, 불, 공기, 흙의 네 가지 원소로 이루어졌다고 생각한 4원소설 이후에 원자보다 작은 세계를 다루는 양자역학과 우주의 탄생을 밝히는 연구 분야의 비약적인 발전 덕분에 원소의 수는 계속 늘어났다.

현재까지 발견된 원소는 모두 118개이며, 이 중 자연에 존재하는 원소는 93개이고, 나머지 원소들은 모두 실험실에서 인공적으로 만든 것들이다. 이 원소들 중에서 광활한 우주의 거의 대부분을 이루는 것은 1번 원소인 수소(H)와 2번 원소인 헬륨(He)이다. 나머지 원소들은 이에 비하면 아주 작은 존재에 불과하지만 이 원소들 모두 우리 사람을 비롯한 생물이 탄생하는데 더없이 중요한 역할을 했다.

이 원소들을 규칙적으로 배열한 표가 바로 주기율표인데, 주기율표의 원소들은 계속해서 늘어나고 있다. 이 원소들이 결합하는 방식은 무한하다. 어떤 원소들을 어떻게 결합하느냐에 따라 수많은 화합물이 탄생하는





## 04 인류 문명을 가능하게 한 화학

주기율표

것이다. 우리가 살아가는데 없어서는 안 될 물(H<sub>2</sub>O)이나 생활 곳곳에 쓰이는 플라스틱, 생명을 구하는 의약품 등 수많은 물질들은 모두 원소들이 서로 결합해 만들어진 것이다.

**화학노트 엿보기**

**마법의 공식, 주기율표**

주기율표에는 모든 원소가 원자번호 순서대로 나열돼 있다. 가로줄은 '주기'라고 부르고 세로줄은 '족'이라고 부르는데, 같은 족에 있는 원소들은 성질이 비슷한 원소들이고, 같은 주기는 그 원소에 대응하는 원자가 전자를 몇 개 가졌는지 알려준다. 따라서 어떤 원소가 주기율표의 어느 위치에 있는지 알면 그 원소의 성질을 알 수 있다. 예를 들어 나트륨 등의 1족 원소들은 반응성이 강한 금속들이고, 헬륨 등의 18족 원소들은 비활성 기체들이다. 금속 원소들은 왼쪽에 배치되어 있고, 비금속 원소들은 오른쪽에, 전이금속들은 중앙에 배치되어 있다.

화학의 발전과 함께 수많은 화합물이 만들어지고 이 새로운 물질들은 인류 문명의 발전에 결정적인 역할을 했다. 우리가 삶을 영위하기 위해서 필요로 하는 음식, 옷, 집 등은 대부분 화학 물질로 만들어진다. 생활에 필요한 물질들은 물론 자연에 존재하는 모든 물질까지 화학물질을 빼고 세상을 이야기하기 어렵다. 모든 공간에는 물질이 존재하고 그 물질들이 만나 변화를 일으킬 수 있기 때문이다.

화학은 우리의 삶을 화학을 통해 물질의 기원과 변화를 밝힘으로써 과학을 발전시키고, 다양한 생활용품과 의약품의 개발에 기여하여 건강하고 편리한 삶을 가능하게 했다.

### 의약품의 대중화를 가져오다

지금은 웬만한 감기는 약을 먹으면 금세 회복되지만, 예전에는 감기로 인한 열이나 진통 때문에 죽음으로 이르는 경우도 있었다. 천연 약재가 있기는 했지만 귀하고 비쌌기 때문에 귀족이나 양반만 쓸 수 있었다. 이

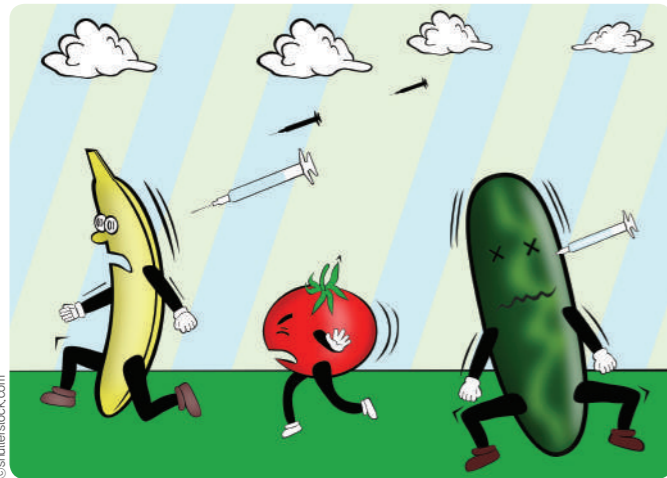


런 상황에서 의약품을 인공적으로 합성하는 화학기술은 큰 변화를 가져왔다. 1899년, 첫 합성 의약품인 아스피린이 판매되면서 약이 대중화되기 시작했고, 누구나 약의 혜택을 누릴 수 있게 되었다. 특히 페니실린이라는 항생제의 등장은 전염병이 창궐하면 수십만, 수백만 명이 죽곤 하던 인류의 역사에 변화를 가져왔다.

합성 의약품은 서민에게도 값싸고 질 좋은 약을 공급함으로써 세계 인구를 증가시키는데 큰 공을 세웠다. 화학기술이 발달하지 않았다면 1900년에 47세였던 인간의 평균수명은 지금도 크게 늘어나지 못했을 것이다.

### 인류의 식량난을 해결하다

농약을 만들어 병충해를 없애지 않았다면 식량이 모자라 70억 인구의 생존이 불가능했을 것이다. 19세기말 세계 인구는 16억 정도로 늘었지만, 농업 생산성은 더 이상 증가하지 않아서 인류는 식량 부족에 시달렸다. 농업 생산성을 증가시키기 위해서는 더 많은 질소 비료가 필요했는데, 현실은 그



렇지 않았다. 당시 질소 비료는 동물의 배설물, 칠레의 초석 같은 자연에서만 얻을 수 있어서 사용에 제한이 많았다.

그러던 중 1908년 프리츠 하버가 인공적으로 질소 비료를 합성

하는 데 성공하면서 농업 생산성이 무려 16배나 증가했다. 지금도 전 세계적으로 약 1억 7,500만 톤의 질소 비료가 경작지에 뿌려지고 있다.\*

### 지구를 지키고 삶을 풍요롭게 만들다

인류가 삶을 영위하기 위해서는 먹을거리 외에 거주할 공간과 수많은 생활용품들이 필요하다. 우리를 둘러싼 모든 것들은 어디에서 나올까. 화학제품이 만들어지기 전에는 나무나 돌과 같은 자연으로부터 재료를 얻었다. 만일 지금까지 이러한 천연재료들로만 생활을 해왔다면 자연은 황폐화되었을 것이다.

뿐만 아니라 기본적인 의식주는 물론이고 화학원료와 소재가 없었다면 자동차, 휴대폰, TV 등 우리 삶을 편리하고 윤택하게 하는 수많은 소비재들과 음악, 미술 등 우리의 정신을 풍요롭게 해주는 대중문화예술의 발전에도 한계가 있었을 것이다.

\* 과학소년, 2011년 12월호

## 수돗물을 마실 수 있게 해준 '염소(Cl)'



수돗물 오염이 심각한 문제로 떠오르던 1908년 6월 19일, 뉴저지주의 공중보건책임자인 존 릴이 미국 뉴욕의 상수도 건설 회사에서 보건책임자로 일하던 조지 폴러를 찾아왔다. 릴은 폴러에게 그에게 다짜고 짜 석 달 안에 수돗물 염소소독 공장을 지어달라고 요청했다.

당시 많은 사람들이 장티푸스, 콜레라, 이질 등 수많은 수인성 전염병에 시달렸다. 특히 콜레라는 아시아로 퍼지면서 10년 동안 무려 10만여 명의 사망자를 냈다.

수질공학 엔지니어와 의사들은 염소 살균법을 대안으로 내놓았지만 대형화에 어려움이 있었다. 염소는 농도가 낮으면 살균력이 떨어지고 높으면 인체에 해롭기 때문에 농도를 일정하게 유지하는 게 중요한데, 규모가 커질수록 염소를 고루 섞는 게 힘들었기 때문이다.

그런데 하루에 15만 톤의 수돗물을 처리할 수 있는 염소소독 공장을 석 달 만에 지어달라니 어처구니없는 일이었다. 그러나 '염화석회'를 사용해보자는 릴의 아이디어로 폴러는 해결의 실마리를 찾았다. 그리고 99일째, '분튼염소처리장'이 완공됐고, 살균한 수돗물을 공급하기 시작했다. 비록 약속한 석 달은 넘겼지만 염소 소독법으로 수많은 사람들의 생명을 구할 수 있게 된 것이다.

1908년 염소 소독법이 도입되면서 수인성전염병으로 인한 사망자는 크게 줄었고, 1900년대 16억을 밀돌던 인구가 약 100년 만에 무려 50억 이상 증가했다.

출처: 중앙일보 2014. 7. 29, 과학소년 2011년 12월호

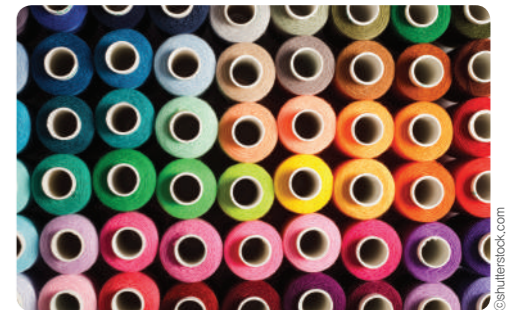


## 05 화학, 염료로 신분 격차를 없애다

### 화학과 신분 격차 사이에는 어떤 연관이 있을까?

합성염료가 개발되기 이전에는 천연재료로 염색을 해야 했는데 염료를 구하는 일이 쉽지 않았다. 천연염료로 주로 쓰이던 것으로는 인디고(청색), 매더(적색), 티리안 퍼플(자색) 등이 있었는데, 이 중에서도 특히 티리안 퍼플 염료 1~2g을 얻기 위해서는 1만개에서 2만개 정도의 조개가 필요했다. 최근 딸기우유의 붉은 색을 내기 위해 사용하는 것으로 알려져 논란이 되기도 했던 코치닐 염료는 연지벌레에서 구하는데, 19세기 프랑스에서는 붉은 빛인 코치닐 염료 1kg을 얻기 위해 연지벌레 암컷을 10만 마리나 잡아야 했다.

사정이 이렇다보니 색깔 있는 옷으로 멋을 내는 일은 귀족들에게나 가능했고, 옷 색깔은 신분을 상징하고 계층을 구별하는 가장 큰 수단이었다. 하지만 1856년 윌리엄 퍼킨이 최초의 합성염료인 모브(Mauve, 보라색)를 만들어 내면서 값싸고 대량생산이 가능한 합성염료의 개발이 가능해졌다. 신분에 관계없이 누구나 원하는 색깔의 옷을 입을 수 있게 된 것이다. 근대 프랑스





©shutterstock.com

에서는 ‘평민들은 염색된 옷을 입지 못하도록 한다’는 법까지 있었는데, 이러한 신분차별적인 법은 합성염료의 개발로 비로소 진정으로 폐기될 수 있었다.

색깔 있는 옷을 입게 되었다는 것은 단순히 패션의 문제만은 아니었다. 평민들도 누구나 염색한 옷을 입을 수 있게 되면서 옷은 더 이상 신분 상징의 도구가 아니었다. 색의 다양한 사용은 시민들의 의식 변화에도 영향을 미쳤다. 귀족과 평민 사이의 차별에 대해 의문을 가지게 된 것이었다. 이러한 인식은 다른 분야들로 확산되면서 신분 격차가 해소되기 시작했다. 화학이 인류의 건강과 물질적인 풍요뿐만 아니라 사회 변화에도 큰 역할을 한 것이다.

출처: 과학소년 2011년 12월호

## 06 지금은 화학시대

인류 역사는 석기 시대, 청동기 시대, 철기 시대로 구분한다. 이처럼 시대를 나누는 기준은 무엇일까. ‘그 시대에 어떤 재료가 가장 많이, 그리고 중요하게 이용됐는가’라고 할 수 있다. 그렇다면 지금은 무슨 시대일까?

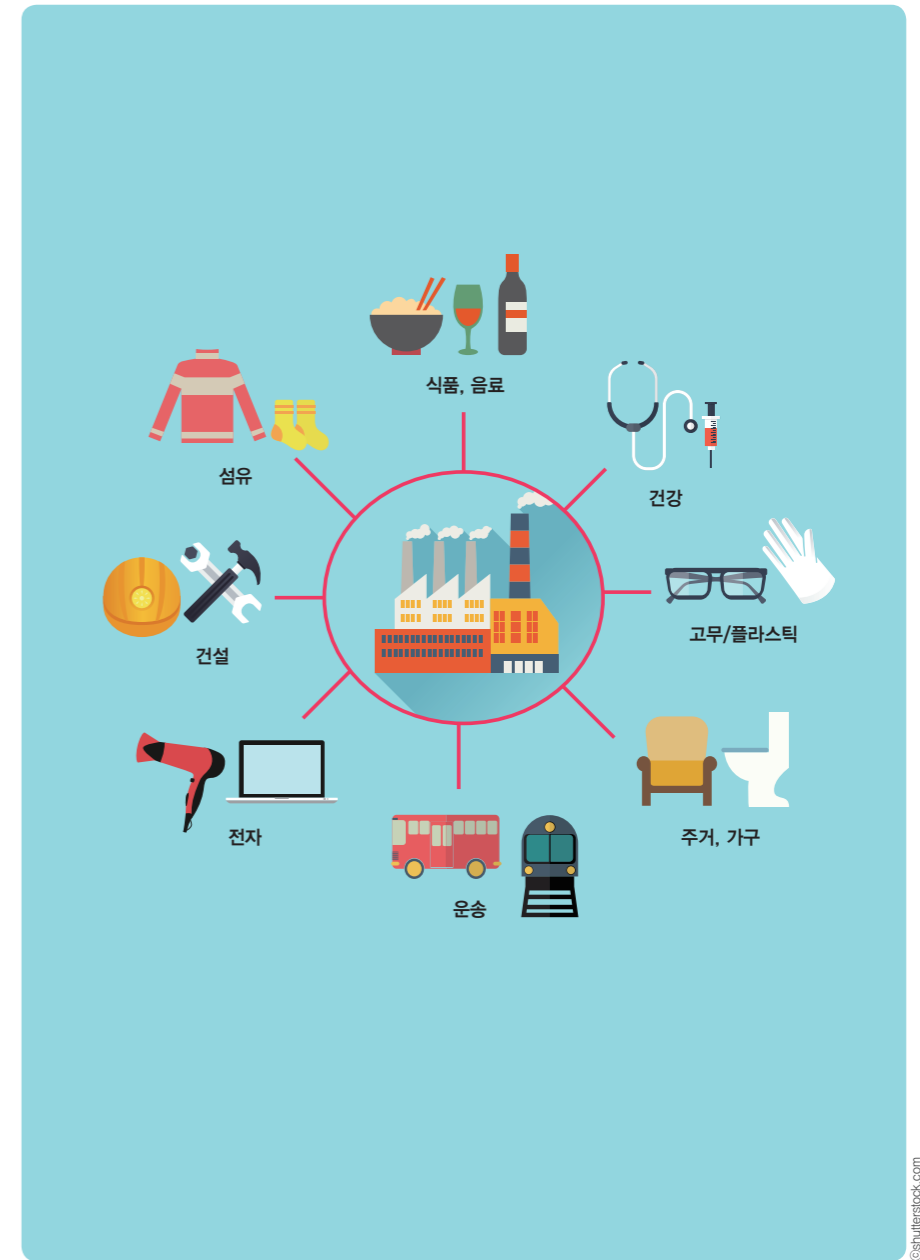
약 4000년 전 철기 시대 이후부터 200여 년 전까지 수천 년 동안 인류의 수명이나 생활에는 커다란 변화가 없었다. 그러다가 18세기 중반 이후 증기기관의 발명으로 시작된 산업혁명으로 급격한 변화가 일어났다. 자연의 힘을 이용하던 시대에서 석탄과 증기, 기계, 철을 이용해 대량생산이 가능한 시대로 돌입한 것이다. 그리고 19세기 중반 이후 2차 산업 혁명으로 새로운 기술, 새로운 소재 개발이 발전했고 이는 현대 문명의 출발이 되었다. 이러한 변화를 가능하게 한 것이 바로 화학이다. 염료, 농약, 플라스틱, 합성섬유, 의약 등이 세상을 바꾸기 시작했다. 또한 우리가 원하는 물건을 자연에 의존하지 않고 얼마든지 자유자재로 만들어 쓸 수 있게 되면서 다양한 산업이 급속도로 발전할 수 있었다.

현재 의식주를 비롯해 생활 전반에 걸쳐 사용되는 대부분의 물질은 인공적으로 만들어진 화학 물질이다. 잿물 대신 세제로 빨래를 하고, 화합물로 옷을 만들며, 항생제를 비롯한 각종 의약품들을 만들어 질병을 치료한



다. 자동차, 휴대전화, 텔레비전, 컴퓨터 등은 생활의 필수품이 되었다. 먹을 거리도 마찬가지다. 농작물이 잘 자라도록 비료를 사용하고, 병충해를 막기 위해 농약을 사용하며, 어업이나 축산 분야에서도 마찬가지다.

화학의 발전과 더불어 우리의 생활에는 엄청난 변화가 일어났다. 이제 화학제품 없이는 살 수 없을 정도로 우리 생활 곳곳에 화학제품이 쓰이고 있다. 옷, 가방, 신발 같은 소지품을 비롯해 사무실의 책상, 의자, 컴퓨터, 집안의 벽지, 바닥재는 물론 가전기기, 주방용품 등에 이르기까지 화학제품을 소재로 하지 않은 것이 거의 없을 정도로 화학은 물과 공기처럼 우리 삶 속에 함께 하고 있다. 미래 기술을 이끄는 반도체, 디스플레이 소재 등 혁신적인 제품들도 고분자 소재가 없었다면 등장하지 못했을 것이다. 바야흐로 우리는 ‘화학시대’에 살고 있는 것이다.



각종 산업의 토대가 되는 화학 산업