



한국화학연구원(KRICT)은

1976년 설립 이래 화학 및 관련 융·복합 분야 기술 개발과 화학기술의 산업체 이전, 화학 전문인력 양성 및 다양한 화학 인프라 지원 서비스를 통해 국가 화학산업 발전에 선도적인 역할을 수행해 왔습니다.

또한 첨단 화학 인프라를 바탕으로 친환경 화학공정, 고부가가치 그린 화학소재, 의약 및 바이오화학 분야에서 원천 기술을 개발하고 국가 현안 해결형 융·복합 기술 개발을 선도하고 있으며, 강소기업 육성과 기술사업화 촉진을 통한 화학산업의 지속적인 발전에 앞장서고 있습니다.

화학은 인류의 삶의 질 향상과 현대 문명을 이끌어온 우리의 소중한 자산이며, 화학산업은 우리나라 주력산업입니다.

한국화학연구원은 우리나라 화학 연구 역량을 결집하여 화학강국 실현에 기여하고 건강하고 풍요로운 지속가능 사회를 위한 화학기술 개발에 최선을 다하겠습니다.

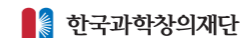


쉬운 과학 즐거운 상상  
이지사이언스 시리즈 12

화학으로 만들어가는 세상

# 케미토피아

한국화학연구원 지음



이지사이언스 시리즈(Easy Science Series)는, 미래창조과학부와 한국과학기술재단, 그리고 미래부 산하 정부출연연구원이 공동으로, 일반인이 쉽고 재미있게 읽을 수 있도록 제작하고 보급하는 과학기술 대중도서 시리즈입니다. 출연연의 기획하에 소속 연구원이나 관련 전문가가 집필에 참여해 출연연과 관련된 과학아이템을 흥미진진하게 풀어냅니다. 아울러 연구원의 연구개발 성과도 소개하며 현장의 목소리를 전달합니다.

이지사이언스 시리즈는 국가 경쟁력의 근간이 되는 핵심 과학기술에 대한 국민의 이해를 높이며, 과학지식 소양을 함양하는 데 도움이 되도록 일반 대중의 눈높이에 맞춘 과학기술 교양서입니다. 출연연의 우수 연구성과와 과학기술 위상을 널리 알리고 과학기술인의 자긍심을 고취하는 한편, 과학기술인과 사회의 소통을 통해 융합과 창조적 새로운 아이디어를 창출하는 데 기여하고자 합니다.

이지사이언스 시리즈는 책자 형태뿐 아니라 전자책 형태로도 제작되고 보급돼 스마트폰을 포함한 IT기기에서 활용할 수 있습니다. 특히 전자책에는 독자의 흥미를 끌 수 있도록 동영상, 퀴즈 등이 담겨 있습니다. 발간된 이지사이언스 시리즈는 사이언스올(www.scienceall.com)과 각 출연연 홈페이지에서 무료로 받아볼 수 있습니다.

이지사이언스 시리즈

Easy Science Series

12

화학으로 만들어가는 세상

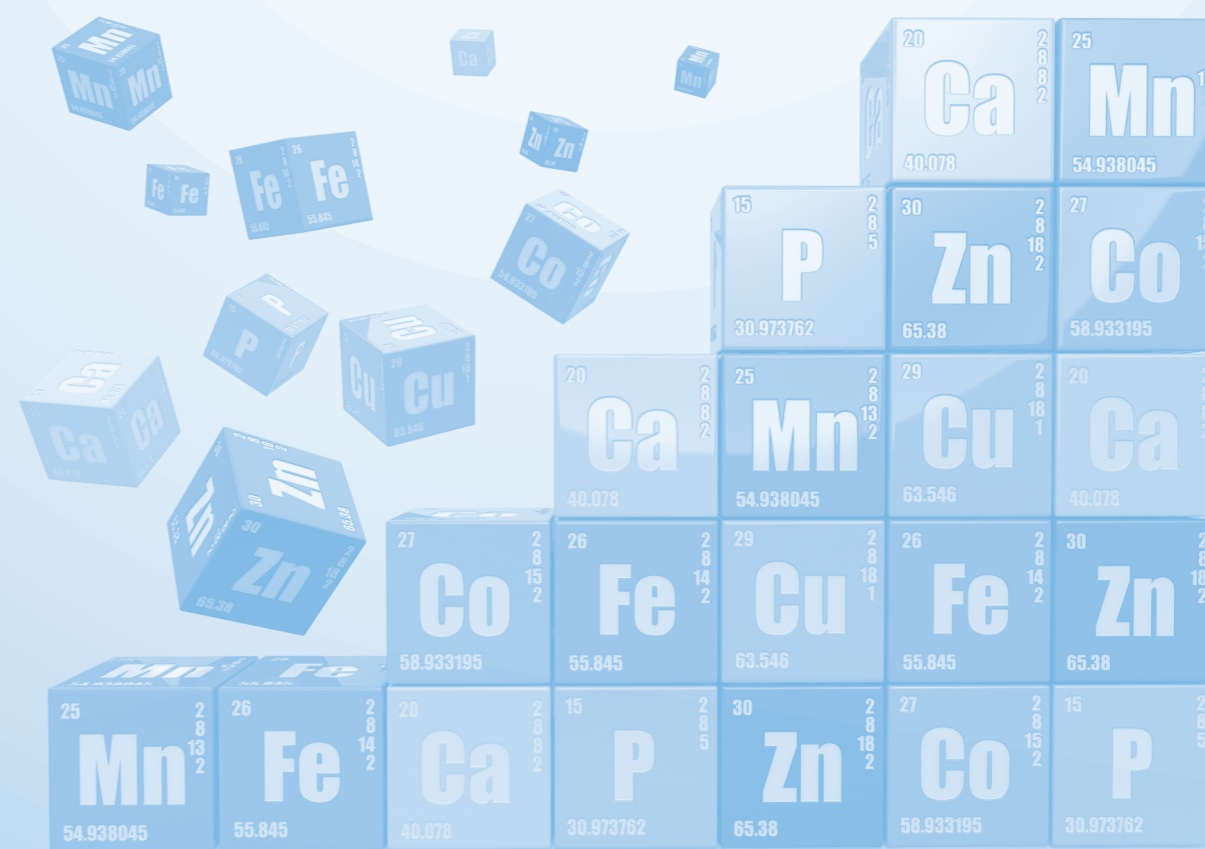
# 케미토피아

CHEMITOPIA

화학으로 만들어가는 세상

# 케미토피아

한국화학연구원 지음



이지사이언스 시리즈 12

화학으로 만들어가는 세상

## 케미토피아

2015년 03월 31일 초판 1쇄 인쇄

2015년 03월 31일 초판 1쇄 발행

저자 | 한국화학연구원  
기획 | 미래창조과학부  
발간 | 한국화학연구원, 한국과학창의재단  
홈페이지 | www.kricr.re.kr www.scienceall.com

편집·제작 | (주)동아사이언스  
출판등록 | 2001. 3. 15 (제312-2001-000112호)  
주소 | (140-877) 서울시 용산구 청파로 109  
전화 | (02)3148-0745  
팩스 | (02)3148-0809  
홈페이지 | www.dongaScience.com

ISBN 979-11-952788-1-7 03430

- \* 잘못된 책은 바꾸어 드립니다.
- \*\* 본 책의 내용에 대한 무단 전재 및 복제를 금합니다.
- \*\*\* 본 책의 내용을 인용할 시에는 반드시 출처를 표기합니다.

집필 및 감수에 도움을 주신 한국화학연구원 홍보위원회와  
오선숙 작가, 그리고 참고자료 및 사진 협조 등 「케미토피아」  
발간 작업에 도움을 주신 모든 분들께 감사드립니다.



## 케미토피아에 오신 걸 환영합니다.

### 여러분은 '화학' 하면 가장 먼저 어떤 생각이 떠오르시나요?

많은 사람들이 화학산업은 환경을 오염시키고 사고의 위험이 있어 불안하며, 화학물질은 인체에 해롭다고 생각하는 등 화학에 대해 부정적인 인식을 갖고 있습니다. 물론 실제로 화학산업을 위해 많은 에너지가 소모되고 있고 이로 인해 온실가스가 지구 온난화 등의 환경문제를 야기하고 있으며, 또한 화학물질은 잘 관리하지 않으면 인체와 환경에 축적되어 치명적인 문제를 가져옵니다.

### 그러면 화학이 없었다고 가정해볼까요?

화학이 의약품을 만들어 질병을 치료하지 않았다면 1900년에 47세이던 인간의 평균수명은 현재처럼 80세 정도로 늘어나지 못했을 것이고, 농약을 만들어 식량을 획기적으로 증산하지 않았다면 70억 인구의 생존이 불가능했을 것입니다. 화학을 통해서 건축자재와 합성섬유를 만들지 않았다면 집을 짓고 옷을 만들고 음식을 만들어 먹느라 지구의 삼림은 황폐화되었겠죠. 화학산업을 통해 만들어내는 화학원료와 소재가 없었다면 자동차, 핸드폰, TV, 미술 등의 예술작품, 그리고 우리 삶을 편리하고 윤택하게 하는 수많은 소비재들도 존재하지 못했을 것입니다.

## 화학은 인류 발전을 있게 한 기반입니다.

물질의 기원과 변화를 밝힘으로써 과학의 발전이 촉진되고 화학산업의 기반 위에서 수많은 첨단산업이 일어나고 경제가 발전했습니다. 또한 의약품과 다양한 소비재로 건강하고 편리한 삶이 가능하게 되었습니다. 모든 선진국과 복지국가는 바로 화학연구와 화학산업 강국이라는 사실은 이러한 사실을 증명하고 있습니다. 우리가 화학과 화학산업에 대한 이해를 높인다면 한 나라의 경제사회 발전과 더 나아가 인류문명의 진전에 중요한 역할을 하게 될 것입니다.

## 앞으로의 화학은 어떤 모습일까요?

최근에는 화학의 부정적인 측면을 보완하고 지구와 인간의 평화로운 공존을 위해 새로운 화학의 바람이 불고 있습니다. 저탄소 연료 개발과 신재생에너지 사용 등 환경 오염을 줄이는 기술, 오염물질을 자원으로 활용하여 유용한 물질로 전환하는 기술, 환경뿐만 아니라 안전과 삶의 질 등 다양한 사회문제를 해결하는 기술, 아예 아무런 자원을 소모하지 않고 태양광만으로 화학원료를 생산하는 기술 등 자연생태계적 관점의 새로운 화학기술들이 개발되고 있습니다.

## 화학이 만드는 살기 좋은 세상 '케미토피아'로 여러분을 초대합니다!

화학은 이처럼 실험실 속에서만 이루어지는 것이 아니라 우리 삶 곳곳에 스며들어 함께 하고 있습니다. 이 책은 교과서 속의 딱딱하고 어려운 화학이 아닌 우리 삶을 이루고 있는 화학의 다양한 모습을 쉽고 재미있게 이해할 수 있도록 우리 생활과 관련된 내용들을 중심으로 구성하고 있습니다.

화학이란 무엇이며 어떻게 시작되고 발전되었는지(1, 2장), 화학이 우리 생활을 어떻게 바꾸어 놓았는지(3, 4장), 그리고 현재 어떤 연구들이 이루어지고 있으며(5장) 미래화학은 어떤 모습인지(6장), 화학의 전반적인 내용들을 담고자 했습니다.

이 책을 통해 화학을 새롭게 인식하고 미래화학의 필요성에 대한 이해를 넓힘으로써 많은 사람들이 화학의 역할을 더욱 지지하고 훌륭한 화학자가 되려는 꿈을 가진 학생들이 많아지기를 기대합니다.

그동안 집필에 참여하신 한국화학연구원의 연구원을 비롯한 많은 전문가 여러분과 이 책이 나오기까지 발간을 기획하고 지원해주신 미래창조과학부, 한국과학창의재단, 국가과학기술연구회와 (주)동아사이언스 여러분께 감사드립니다.

한국화학연구원장  
이규호

## 목차



발간사	...	005
프롤로그	...	012

### CHAPTER 1 화학의 세계로 초대합니다!



01 세상은 무엇으로 이루어졌을까?	...	016
02 황금을 만들려는 꿈, 연금술	...	018
03 118개의 원소들이 만드는 무한한 세상	...	021
04 인류 문명을 가능하게 한 화학	...	023
05 화학, 염료로 신분 격차를 없애다	...	027
06 지금은 화학시대	...	029

### CHAPTER 2 노벨상으로 본 화학의 역사



01 노벨상의 시작은 화학에서부터?	...	034
02 첫 번째 노벨화학상의 주인공	...	037
03 플라스틱을 만들어 편리한 세상을 만든 화학자들	...	039
04 전기가 통하는 플라스틱	...	042
05 '색'을 창조하다	...	045
06 유기화학의 아버지	...	048
07 발효 과학의 탄생	...	051
08 화학결합의 이론을 정립하다	...	054
09 방사능의 발견	...	056

### CHAPTER 3 화학 없인 못살아-생활 속의 화학

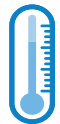


01 석유로 옷을 만든다고!?	...	060
02 섬유의 역사를 바꾼 나일론	...	063
03 '아이언맨'도 화학섬유가 필요해	...	068
04 농약과 비료가 없었다면?	...	072
05 비닐의 활약	...	076
06 화학으로 둘러싸인 집	...	078
07 화학으로 이루어지는 자동차	...	080
08 미녀는 화학을 좋아해	...	083
09 스포츠는 화학이다?	...	086
10 화학으로 포장된 세상	...	090

CHAPTER 4 **생명을 살리는 화학**

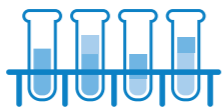


01 화학이 생명을 연장하다	... 094
02 1만분의 1의 성공확률, 신약개발	... 096
03 인류 역사를 바꾼 의약품 1	... 101
04 인류 역사를 바꾼 의약품 2	... 104
05 암세포에만 작용하는 표적치료제	... 107
06 바이러스와의 전쟁	... 110
07 노화를 막을 수는 없을까?	... 113



CHAPTER 5 **화학, 지구를 구하라**

01 지구온난화 주범 이산화탄소(CO <sub>2</sub> )의 환골탈태	... 118
02 석유화학산업의 꽃, 촉매의 환경친화적인 변신	... 122
03 애물단지를 보물단지로 만드는 '분리막' 기술	... 125
04 현대판 '봉이 김선달' 되려면 화학을 알아야?	... 129
05 사탕수수로 설탕만 만드는 것이 아니다	... 132
06 화학소재가 자연을 살린다	... 136



CHAPTER 6 **화학, 블루월드를 꿈꾸다**

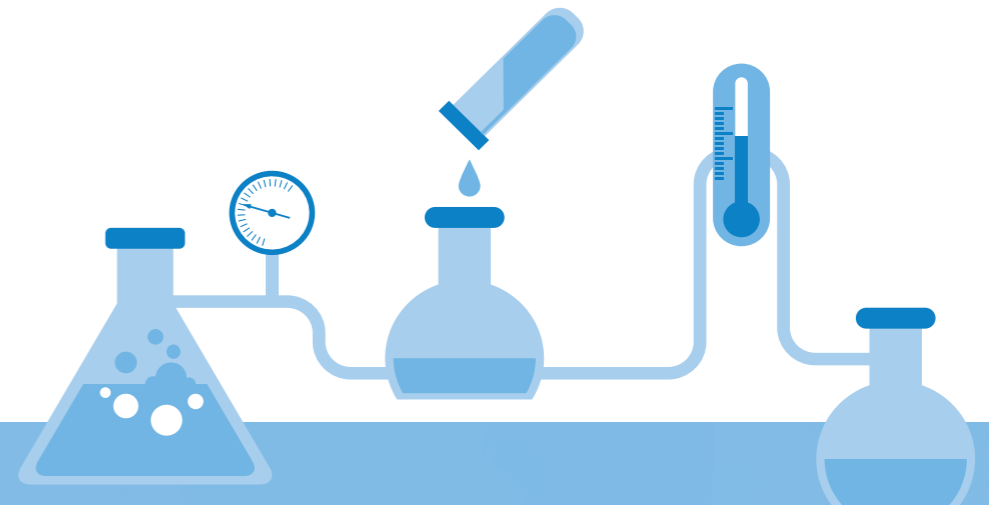


01 화학의 두 얼굴	... 144
02 녹색화학의 등장	... 146
03 지구를 지키는 슈퍼맨, 블루 케미스트리	... 150
04 대한민국 케미토피아, 한국화학연구원	... 152
05 2030년 블루월드, 대한민국은 어떤 모습일까?	... 156

<b>에필로그</b>	... 158
-------------	---------

<b>부록</b>	
01 화학과 관련된 일을 하고 싶다면?	... 162
02 실험실 안전, 이것만은 알아두자	... 166
03 역대 주요 노벨화학상 수상자	... 176
04 세계 50대 화학기업	... 182

<b>참고문헌</b>	... 184
-------------	---------

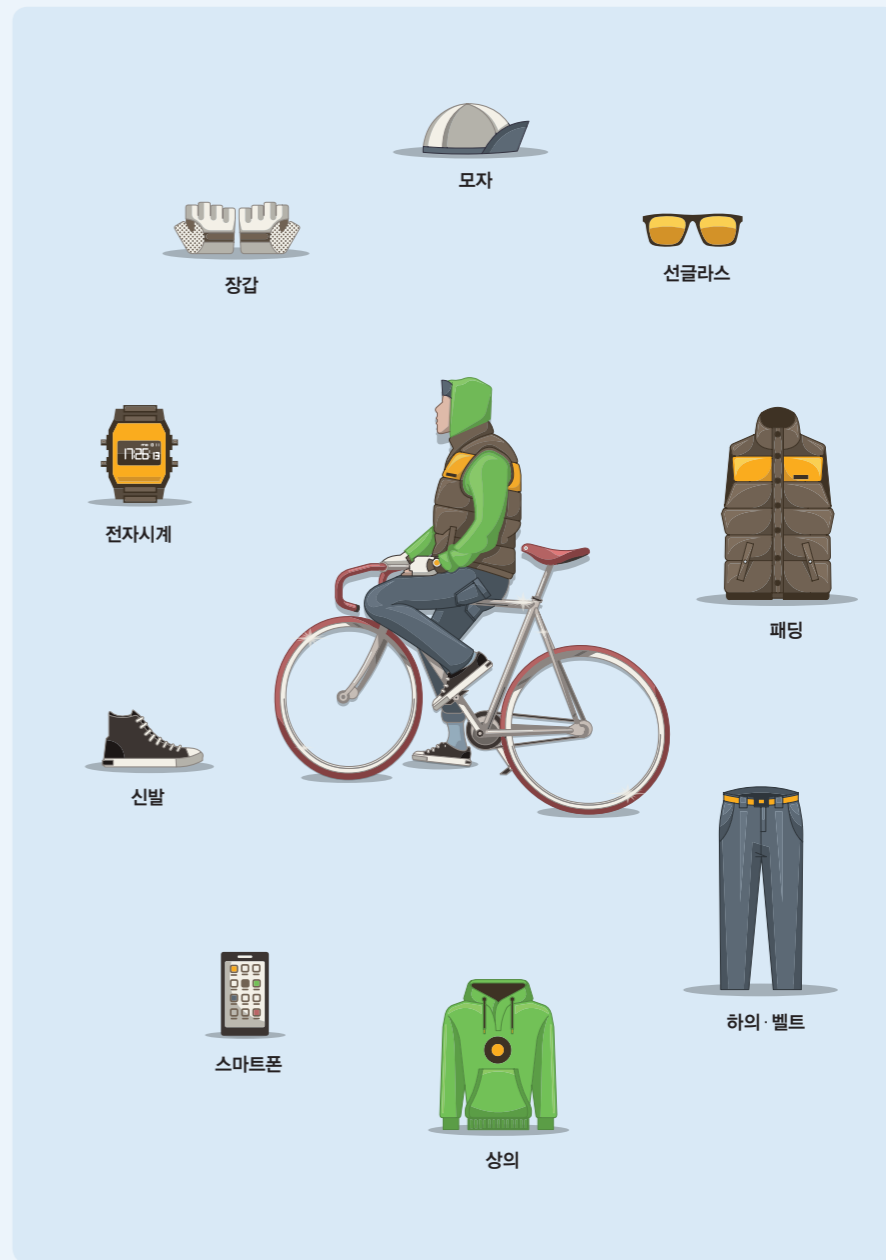




## 머리에서 발끝까지, 화학과 함께 하는 삶

옷, 안경, 신발, 휴대전화... 머리끝에서 발끝까지 우리가 몸에 지니고 다니는 것 중 화학과 연관되지 않은 것은 거의 없다. 우리 몸의 70%가 물로 이루어져 있다면, 우리가 우리 몸에 지니고 있는 소지품의 약 70%는 화학제품이다.

우리를 둘러싸고 있는 물건들도 마찬가지다. 우리가 사는 집의 건축자재, 전기전자제품, 주방용품, 화장품, 침구류, 욕실용품, 의약품 그리고 지하철이나 버스와 같은 운송수단까지, 모든 제품의 원료와 소재는 대부분 화학과 연결돼 있다. 우리는 우리가 모르는 사이에 화학과 함께 살아가고 있는 것이다.



우리가 몸에 지닌 소지품의 약 70%는 화학제품으로 이루어져 있다.



CHAPTER 1

# 화학의 세계로 초대합니다!

- 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

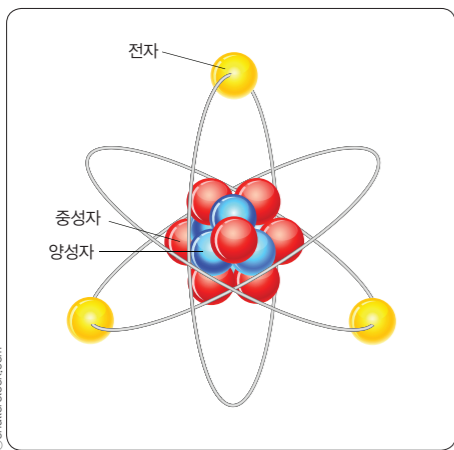
# 01 세상은 무엇으로 이루어졌을까?

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 합성 물질 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.

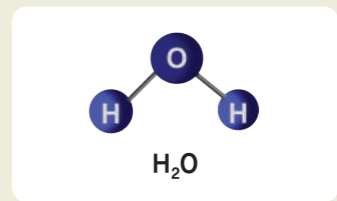
## 화학노트 엿보기

### 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

## 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

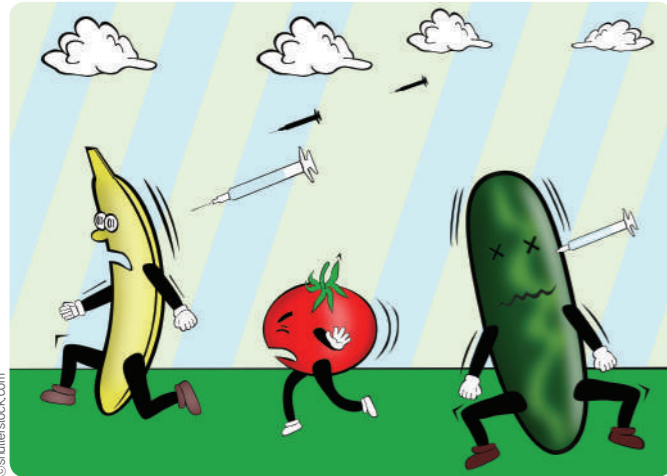


런 상황에서 의약품을 인공적으로 합성하는 화학기술은 큰 변화를 가져왔다. 1899년, 첫 합성 의약품인 아스피린이 판매되면서 약이 대중화되기 시작했고, 누구나 약의 혜택을 누릴 수 있게 되었다. 특히 페니실린이라는 항생제의 등장은 전염병이 창궐하면 수십만, 수백만 명이 죽곤 하던 인류의 역사에 변화를 가져왔다.

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

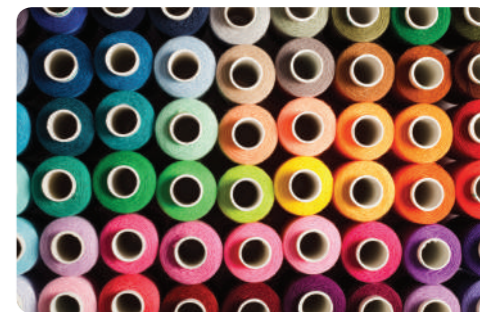


## 05 화학, 염료로 신분 격차를 없애다

### 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?

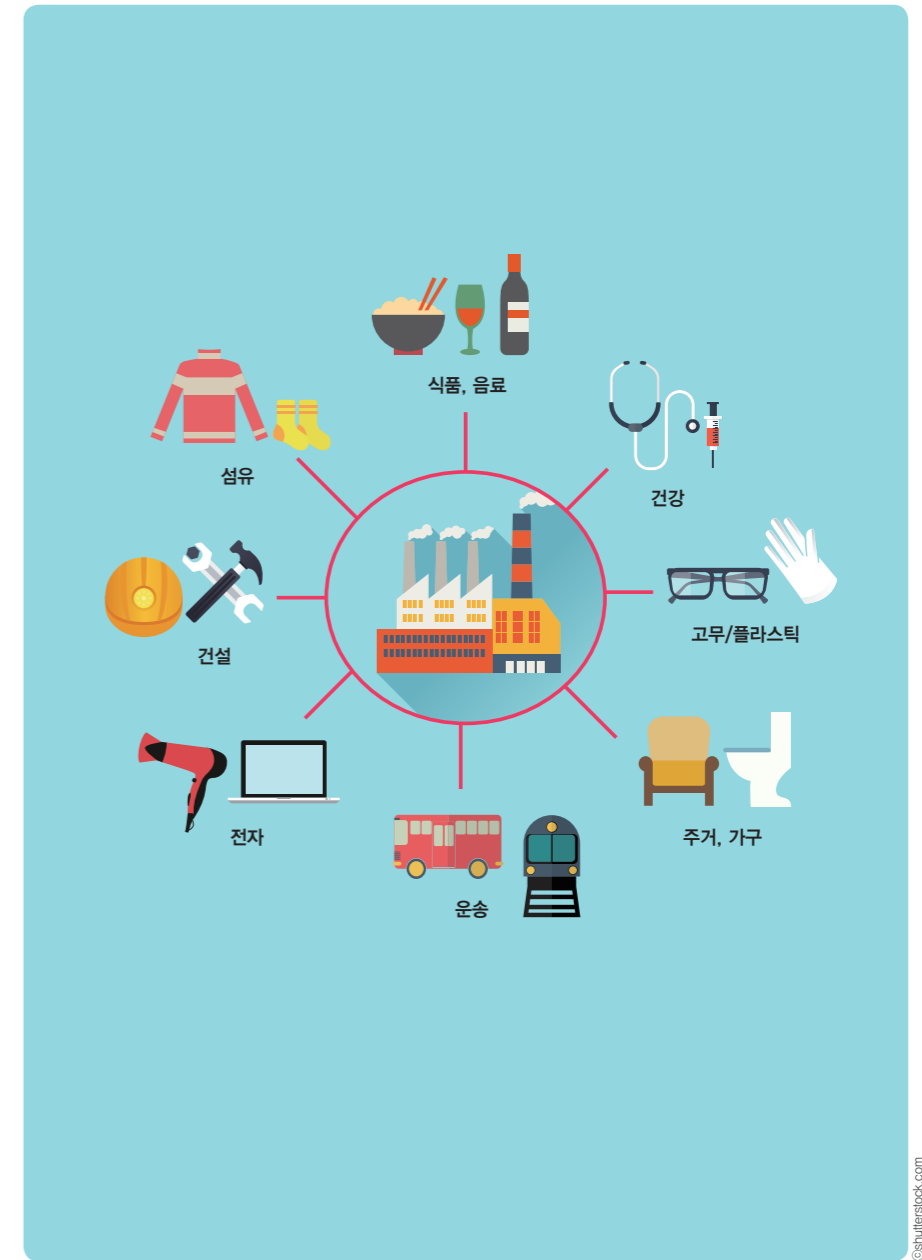
약 4000년 전 철기 시대 이후부터 200여 년 전까지 수천 년 동안 인류의 수명이나 생활에는 커다란 변화가 없었다. 그러다가 18세기 중반 이후 증기기관의 발명으로 시작된 산업혁명으로 급격한 변화가 일어났다. 자연의 힘을 이용하던 시대에서 석탄과 증기, 기계, 철을 이용해 대량생산이 가능한 시대로 돌입한 것이다. 그리고 19세기 중반 이후 2차 산업 혁명으로 새로운 기술, 새로운 소재 개발이 발전했고 이는 현대 문명의 출발이 되었다. 이러한 변화를 가능하게 한 것이 바로 화학이다. 염료, 농약, 플라스틱, 합성섬유, 의약 등이 세상을 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. 잣물 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

# 노벨상으로 본 화학의 역사

- 01 노벨상의 시작은 화학에서부터?
- 02 첫 번째 노벨화학상의 주인공
- 03 플라스틱을 만들어 편리한 세상을 만든 화학자들
- 04 전기가 통하는 플라스틱
- 05 '색'을 창조하다
- 06 유기화학의 아버지
- 07 발효 과학의 탄생
- 08 화학결합의 이론을 정립하다
- 09 방사능의 발견

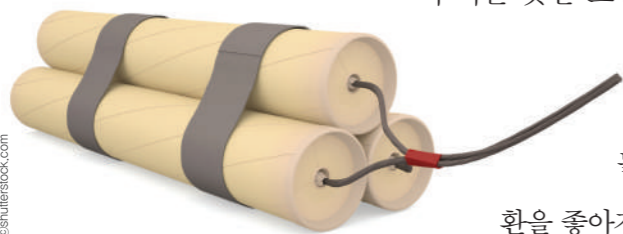
## 01 노벨상의 시작은 화학에서부터?

과학은 계속 발전하며, 과거의 이론이나 정설이 후대에 오류로 바뀌는 일도 다반사다. 다이너마이트의 원료로 쓰인 니트로글리세린이 이후 인간에게 유용한 심혈관 치료제로 쓰인 것이 대표적인 사례다.

1866년 노벨은 니트로글리세린을 구조토에 흡수시키면 충격에 비교적 안전하면서 폭발력은 그대로 유지된다는 사실을 밝혀냈다. 이러한 발견으로 노벨은 엄청난 부를 쌓았고 과학자로서의 명성도 얻었다. 그러나 니트로글리세린이 다이너마이트의 원료로 쓰이면서 노벨은 본의 아니게 수많은 사람을 살상하는 무기를 만든 셈이 되었다.

그러나 우연한 기회에 니트로글리세린이 협심증에 효과가 있다는 것이 밝혀지면서 니트로글리세린은 재평가를 받게 됐다. 협심증으로 통증이 있을 때 극히 소량의 니트로글리세린을 혀 밑에 넣거나 증기를 흡입하면 잠시 타는 듯한 느낌이 지나간 뒤 3~5분 뒤에는

통증이 사라진다. 니트로글리세린이 혈관을 타고 들어가 심장이나 뇌의 혈액순환을 좋아지게 하는 것이다.



전쟁에 이용된 다이너마이트

니트로글리세린이 협심증에 효능이 있다는 것이 밝혀지게 된 이야기도 흥미롭다. 19~20세기 유럽 서양에서 산업 발달과 군비 경쟁 때문에 다이너마이트 공장이 많이 늘어났는데, 신기하게도 이들 공장에 다니던 협심증 환자들에게는 협심증 발작이 나타나지 않았다. 원인을 밝히기 위한 연구가 실시됐고, 환자들이 니트로글리세린을 작업 중에 무의식적으로 섭취한 덕에 협심증을 예방할 수 있었다는 결론이 났다. 니트로글리세린은 단맛이 나는데 이 단맛 때문에 니트로글리세린이 거부감이 없었던 것이다.

당시에는 그 원리가 알려지지 않았으나 이후 니트로글리세린이 미토콘드리아 효소와 작용한다는 사실이 밝혀졌다. 2002년 듀크 대학 메디컬센터 스텐러 박사팀이 니트로글리세린이 미토콘드리아에서 미토콘드리아 알데히드 탈수소효소라는 효소를 발견해 내고, 이 효소가 니트로글리세린을 분

해하여 산화질소와 관련된 물질로 만든다는 사실을 규명했다. 과거 전장에서 수많은 사람들의 목숨을 앗아간 니트로글리세린이 협심증 환자들에게는 생명의 천사였던 것이다.

니트로글리세린은 화학의 전성시대를 열었다는 데도 큰 의미가 있다. 노벨이 간단한 화합물로 세상에 영향을 끼친 이후 수많은 학자들이 화합물 연구에 몰두하기 시작한 것이다.

 화학노트 엮보기



알프레드 노벨  
(Alfred Bernhard Nobel, 1833~1896)

**노벨상**

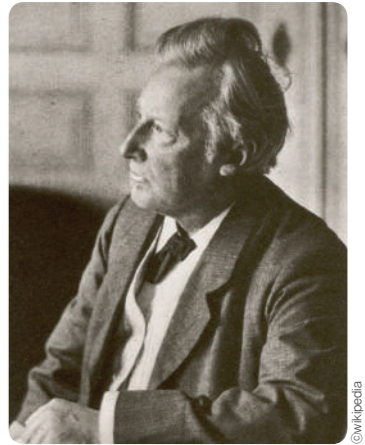
스웨덴의 화학자 알프레드 노벨(Alfred Bernhard Nobel, 1833~1896)은 다이내마이트의 발명으로 엄청난 재산을 모았는데, 그의 유언에 따라 사후에 이 재산을 바탕으로 노벨상이 제정됐다. 1901년부터 물리학·화학·생리학 및 의학·문학·평화의 다섯 부문에서 '인류에게 가장 크게 공헌한 사람'에게 노벨상이 수여됐으며, 1969년부터 경제학상이 새로 추가되었다.

02 첫 번째 노벨화학상의 주인공  
반트 호프

제1회 노벨화학상 수상의 영광은 삼투압과 화학 반응 속도를 연구한 네덜란드의 반트 호프(Jacobus Van't Hoff)에게 돌아갔다. 입체화학의 창시자로 알려진 그는 <화학동역학의 법칙 및 삼투압 발견>으로 노벨상을 받았다.

삼투 현상은 농도가 다른 두 용액이 접촉했을 때 농도가 낮은 분자가 높은 쪽으로 이동하는 현상을 말한다. 반트 호프는 액체에서 일어나는 삼투 현상이 기체의 확산과 유사함에 착안하여 삼투압의 크기를 구하는 이른바 '반트 호프 법칙'을 발견했다.

삼투압은 최근 더욱 쓰임새가 늘고 있다. 삼투압을 측정함으로써 액체나 기체에 있는 물질의 분자량을 정하거나 분자량을 아는 물질의 용액 속에서의 해리도(녹거나 이온이 되는 정도)를 구할 수 있기 때문이다. 특히 삼투압은 생물 현상을 규명하는데 절대적인 역할을 한다.\*



반트 호프

\* 노벨상이 만든 세상 -화학 I, 이종호, 나무의 꿈, 2007

### 김장김치 속에 숨은 삼투압의 비밀

삼투압 현상은 생활 속에서도 흔히 접할 수 있다. 가장 대표적인 것이 바로 김장김치다. 김장을 할 때 배추를 소금으로 절이면 배추가 쪼글쪼글해지는데, 배추에 들어있는 수분이 소금 때문에 밖으로 빠져나오기 때문이다. 무게도 배추를 절이기 전보다 가벼워진다. 배추의 수분이 빠져나갔기 때문이다. 식품을 소금에 절이는 염장도 마찬가지로 원리다. 젓갈이나 햄 등이 대표적인 염장식품인데, 김치와 마찬가지로 소금물의 삼투압 효과로 식품에서 수분이 빠져 나가면 미생물이 잘 자라지 못해 오래 보관할 수 있다.

반대로 시든 나뭇잎에 물을 뿌려 주면 식물이 농도가 낮은 물을 삼투 현상으로 빨아들여 다시 생생하게 원래대로 회복된다.



@shutterstock.com

03

### 플라스틱을 만들어 편리한 세상을 만든 화학자들

최초의 열경화성 플라스틱이라고 할 수 있는 화학물질을 만들어낸 것은 벨기에 태생의 미국인 화학자 베이클랜드(Leo Hendrik Baekeland)이다. 그는 1905년에 노벨화학상을 수상한 폰 바이어(Adolf von Baeyer)가 1872년에 페놀과 알데히드를 반응시키면 수지와 같은 것이 생긴다고 발표한 논문에서 힌트를 얻었다.



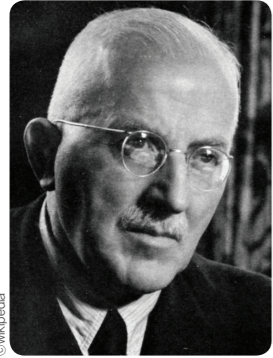
아돌프 폰 바이어

베이클랜드는 포름알데히드와 페놀을 가지고 실험하던 중 특정한 반응 조건 아래서 수지가 생기는 것을 발견했다. 그리고 압력을 주면서 계속 가열했더니 처음에는 부드러운 고체로 되었다가 나중에는 딱딱한 불용성의 물질이 생기는 것을 발견했다. 이것이 바로 플라스틱의 시초이다. 그는 이 물질을 자신의 이름을 따서 '베이클라이트'라고 불렀는데, 이 베이클라이트를 최초의 플라스틱으로 보는 사람도 있다.

이후 많은 화학자들이 또 다른 합성 고중합체를 만드는데 전념했다. 1932년 스웰로우는 화학반응에 미치는 초고압 효과를 연구하던 중 산소가 촉매로 작용해 에틸렌을 중합시켜 폴리에틸렌을 만든다는 사실을 발견했고, 제2차

세계대전 이후 폭발적인 수요가 생겨났다. 특히 필름 생산이 급속하게 증가해 거의 모든 분야에서 폴리에틸렌이 셀로판을 대신하게 되었다. 특히 농작물이나 부패되기 쉬운 식품, 섬유제품, 그리고 기타 모든 종류의 상품 포장에 이용되었다. 농업용 비닐하우스부터 가정용 쓰레기봉투까지 수요는 기하급수적으로 늘어났다.

화학자들은 이처럼 또 다른 중합체의 발견에 주력하면서도 중합체의 원리를 알고자 했다. 스타우딩거(Hermann Staudinger)는 플라스틱과 같은 물질은 '수만 개의 분자 단위가 결합된 엄청난 크기의 분자'라고 '고분자론'을



헤르만 스타우딩거

제시했다. 그러나 그렇게 큰 분자가 어디 있느냐는 비웃음을 받았다. 그는 이러한 비웃음에도 불구하고 자신의 주장이 옳다고 생각하고 천연고무의 단일체인 이소프렌의 중합 반응 연구와 폴리옥시미틸렌과 천연고무 그리고 폴리스틸렌의 고분자 합성 연구를 시작했다. 그리고 <중합체에 관한 고분자 화학 연구>로 1953년 노벨화학상을 받음으로써 자신의 고분자론이 옳음을 증명했다.



칼 지글러

이후 독일의 칼 지글러(Karl Ziegler)가 전보다 단단하고 강하며 물이 끓는 온도에서도 견디는 고밀도 폴리에틸렌을 만들었고, 이탈리아의 화학자 나타(Giulio Natta)는 이 기술을 프로필렌에 적용해 그때까지 만들어졌던 어느 폴리프로필렌보다 유용한 고밀도, 고용융점, 직선형의 폴리프로필렌을 만들었다. 현재 우리가 사용하는 대부분의 플라스틱은 지글러-나타 촉매 작용에 의해 생산되고 있다. 지글러와 나타는 우리가 원하는 대로 중합체를 합성할 수

있다는 매우 중요한 사실을 알려주었으며 1963년 노벨화학상을 받았다.

우리 일상생활에 많이 쓰이는 물질의 하나인 플라스틱은 이처럼 수많은 화학자들의 노력에 의해 탄생됐고, 여러 명의 노벨화학상 수상자를 만들어 내기도 했다.

〈노벨상이 만든 세상-화학 I, II, 이종호, 나무의 꿈, 2007〉에서 발췌 정리



### 화학노트 엿보기

#### 지글러-나타 촉매란?

지글러-나타 촉매는 이름에서 알 수 있듯이 지글러와 나타가 개발한 촉매로 알켄의 중합체 생산에 사용되는 시약 또는 시약의 혼합물이다.

지글러는 1954년 에틸렌을 배위중합해 내충격성, 유연성, 내수성, 절연성 등을 갖는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)을 만들었다. LDPE를 중합하기 위해서는 엄청난 압력과 온도가 필요했는데, 이 촉매의 개발로 완화된 조건에서 중합을 할 수 있게 되었다. 1년 후에는 나타가 이를 더욱 발전시켜 프로필렌을 폴리프로필렌으로 중합했고, 이를 통해 규칙적인 입체구조를 가진 입체특이중합체가 완성되었다. 지글러와 나타의 성과는 이후 유기 합성화학, 촉매화학, 고분자화학 등에 커다란 영향을 미쳤다.



## 04 전기가 통하는 플라스틱

시라카와, 맥더미드, 히거

플라스틱이 전기가 통할 수 있을까? 오래전부터 과학자들은 폴리아세틸렌이 전도성을 가질 가능성이 있다고 생각했다.

우리 주변에서 많이 사용되는 플라스틱은 고분자(polymer)의 일종이다. 고분자란 구슬이 꿰어져 목걸이가 만들어지듯이 작은 단량체(monomer)가 계속 연결돼 기다란 줄과 같은 형태를 갖는 거대한 분자를 말한다. 대부분의 고분자는 강한 결속력을 가진 탄소-탄소 단일결합을 주축으로 이뤄졌다. 따라서 단일결합에 사용된 전자는 외부 전기장에 따라 쉽게 움직이지 못하기 되므로 부도체, 즉 절연체의 성질을 갖는다. 전기가 통하지 않는 플라스틱은 전자제품의 내부 기관이나 곁 통, 전기 스위치 통, 전선의 표면 등

### 화학노트 엿보기

- 단공유결합 화학 결합에 참여하는 전자쌍의 수가 1인 결합
- 이중공유결합 두 개의 원자의 결합에 네 개의 전자가 참여하는 결합
- 삼중결합 두 개의 원자의 결합에 여섯 개의 전자가 참여하는 결합
- 시그마결합 결합에 참여하는 원자 궤도가 겹쳐져 형성되는 결합
- 파이결합 분자 내 서로 이웃하고 있는 원자의 각각의 전자 궤도의 중첩에 의한 화학결합

다양한 방면에서 유용하게 사용되는데, 모든 플라스틱 고분자가 절연체의 성질만 갖는 것이 아니라 특별한 조건에서 합성된 고분자를 잘 처리하면 금속 못지않게 전도성을 가질 수 있다.\*

전기가 통하는 플라스틱의 전자는 궤도가 서로 중첩되어 있어서 전자가 한 개의 핵에 국한돼 있지 않고 자유롭게 옮겨 다닌다. 삼중결합을 갖는 아세틸렌을 지글러-나타 촉매로 중합시키면 단공유결합과 이중공유결합이 반복되는 형태의 고분자가 얻어진다. 최고의 전기전도도를 자랑하는 폴리아세틸렌의 경우 다른 금속에 비해 손색이 없다.

이와 같은 현상은 1970년대 초 일본의 시라카와 교수 연구실에서 우연히 발견되었다. 그는 지글러-나타 촉매가 들어있는 용액의 농도를 수천 배 진하게 하여 아세틸렌을 중합시켰더니 용액의 표면에서 은색 광택을 내는 고분자 박막이 만들어지는 것을 발견했다. 분석 결과 이 고분자 박막은 모두 트랜스 구조를 갖는 폴리아세틸렌인 것으로 밝혀졌다. 그러나 그는 전도도가 높아지는 현상을 발견하지 못했다.

미국의 펜실베이니아 대학의 맥더미드와 히거 교수는 시라카와와 비슷하게 금속 광택을 내는 무기고분자 질화황(SN)<sub>x</sub>에 관한 연구를 진행하고 있었는데, 학회에서 시라카와 교수의 연구 결과를 듣고 공동연구를 제안했다. 이들은 곧바로 트랜스 형태의 폴리아세틸렌을 요오드로 처리하면 전도도가 무려 1백만 배나 증가되는 것을 발견했고, 이 공로로 2000년 노벨화학상을 수상했다.\*\*

\* 플라스틱도 전기 통할 수 있다. 이진규, 과학동아 2010년 11월호

\*\* 노벨상이 만든 세상-화학 I, 이종호, 나무의 꿈, 2007

## 생명을 구하는 옷?

산행 중 조난을 당했을 때 만일 전도성 플라스틱을 이용한 등산복을 입고 있다면 구조 시까지 체온을 유지할 수 있어 생명을 구할 수도 있다.

전기전도성 플라스틱은 유연한 물리적 특성으로 웨어러블 소재에 적합하다. 실제로 국내 한 아웃도어용품 회사에서 전도성 플라스틱 기반의 스마트 소재가 탑재된 아웃도어 재킷을 상용화했는데, 35~50도까지 발열이 가능해 착용자가 아웃도어 활동 중 최악의 상황이나 조난을 당했을 때, 구조될 때까지 악조건의 상황을 효율적으로 극복할 수 있도록 도와준다. 이 재킷은 원단과 같이 얇은 두께로 착용해도 착용감이 매우 우수하다.

전기전도성 플라스틱의 효용도는 그밖에도 아주 많다. 전기를 축전하는 기능, 반도체 재료 기능, 광학 기능의 소재로 쓰일 수 있으며, 특히 전기전도도가 높고 가벼운 전기전도성 플라스틱은 전자제품에서 나오는 전자파를 막기 위한 전자장 차폐에 적합한 소재라 할 수 있다.

출처: 옷이 사람을 구한다. '라이프텍 재킷', 모토야, 2014. 12. 10.

## 05 '색'을 창조하다 아돌프 바이어

지금처럼 인공물감이 없던 시대에는 어떻게 색을 만들었을까?

과거의 유물들에서 볼 수 있는 색깔들은 자연에서 쉽게 얻을 수 있는 천연염료를 이용한 것이다. 동물의 피나 즙, 또는 색소가 함유된 흙이나 돌가루를 뿜아 색을 만들었다. 그릇을 만들게 되면서부터는 그릇에 천연 염료를 넣고 천이나 가죽을 담가 염색을 했다.

그러나 천연 염료는 대량으로 생산하는 것이 불가능해 왕이나 귀족 등 소수의 사람들만 사용할 수 있었다. 누구나 자신이 원하는 색의 옷을 입고 싶은 열망은 당연한 것이었다. 문제는 어떻게 값싸게 원하는 색으로 염색할 수 있느냐 하는 것이었다. 과학자들은 합성염료 만드는 방법을 연구하기 시작했다.

1905년 독일 화학자인 바이어(Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer)는 <유기색소, 히드로 방향족 화합물 연구>로 노벨화학상을 받았다. 청색을 내는 합성염료인 인디고의 구조를 규명하고 합성하는 방법을 개발한 공적을 인정받은 것이다.\*

이후 실험실에서는 수많은 새로운 염료들이 만들어졌다. 수천 년에 걸쳐 쓰여 왔던 천연 염료 대신 인공 염료가 쓰이기 시작했다. 인공염료는 천연





쪽풀로 천을 염색하는 모습

염료보다 쉽게 만들 수 있는데다 값이 싸고 색깔도 훨씬 다양했기 때문에 엄청난 인기를 모았다. 수많은 회사들이 합성염료 생산에 투자하면서 불과 50년 사이에 2,000여 가지의 염료가 개발되었다.

합성염료 산업이 발전하면서 뜻하지 않은 소득도 있었다. 아스피린과 같은 의약품도 대량 생산할 수 있게 된 것이다. 현대 화학이 발달하기 전까지는 의약품도 염료와 마찬가지로 동식물 등의 천연 자원을 원료로 사용했다. 그러나 염료 합성을 연구하면서 얻은 화학적 지식을 의약품에도 적용해 값싼 합성 의약품도 대량으로 생산할 수 있게 된 것이다.\*\*

\* 노벨상이 만든 세상-화학 I, 이종호, 나무의 꿈, 2007

\*\* 민주주의 앞당긴 염료의 역사, 이덕환, 과학동아, 1999년 8월호

## 재미있는 화학 이야기

### 최초의 인공 염료는 '보라색'

합성염료는 사실 염료를 만들기 위한 실험이 아니라 말라리아를 치료하는 데 사용되는 퀴닌을 합성하기 위한 실험에서 우연히 얻어졌다. 당시까지만 해도 퀴닌은 말라리아에 유일하게 효과를 보이는 물질이었는데, 동인도에서 자라는 키나나무 껍질에서만 얻을 수 있었기 때문에 퀴닌을 대량으로 사용하기 위해서는 인공적으로 합성하는 방법을 찾아야 했다.

런던에 있는 왕립과학대학의 강사였던 호프만은 17세의 조수인 퍼킨과 함께 콜타르를 사용해 퀴닌을 합성하는 연구를 시작했다. 퍼킨은 콜타르에서 나오는 톨루이딘을 원료로 퀴닌을 합성하려고 시도했다. 그러나 실험에서 나온 물질은 퀴닌이 아니라 적갈색의 끈적끈적한 물질이었다. 다른 물질을 이용한 실험에서는 진홍색 물질이 나왔고 이 물질을 알코올에 넣자 아름다운 연보라색으로 변하는 것을 발견했다. 그는 이 보라색 물질을 염료로 사용할 수 있다고 생각해 특허를 신청했다. 퍼킨은 자연계에는 존재하지 않는 '아닐린 퍼플'이라는 염료를 만들었고, 프랑스의 보라색 들꽃의 이름을 따서 '모브(mouve)'라고 이름 붙였다. 인류 최초의 인공염료는 이렇게 우연히 탄생했다.



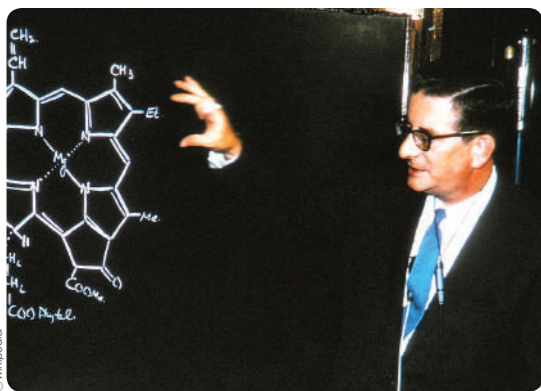
## 유기화학의 아버지

로버트 우드워드

플라스틱이나 합성섬유 등의 고분자물질을 만들어낼 수 있었던 것은 유기화학 덕분이다. 탄소로 이뤄진 화합물을 연구 대상으로 다루는 화학분야인 유기화학은 의약 분야에서도 중요성을 인정받고 있다. 자연계에 존재하는 이스트, 곰팡이, 버섯, 버드나무 등으로부터 비타민, 페니실린, 무수카린, 아스피린 등의 유기화합 물질을 얻을 수 있었던 것도 유기화학 덕분에 가능했다.

1940년대 하버드 대학의 로버트 우드워드(Robert Burns Woodward, 1917~1979)가 퀴닌을 합성하는데 성공하면서 유기화학은 새로운 차원으로 들어

선다. 퀴닌을 합성하기 위해 많은 사람들이 매달렸지만 결국 우드워드가 성공한 것이다. 그 후 우드워드는 1960년에 포피린 유도체로부터 식물의 광합성에 작용하는 클로로필의 합성에 성공하고, 그때까지의 업적으로 노벨화학상을 수상했다. 또한 생체 내에



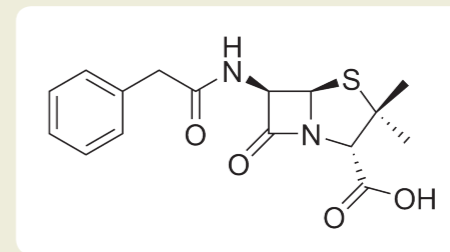
로버트 우드워드

서 스테로이드 호르몬이 생합성되는 정확한 과정을 최초로 제시해 현대 유기합성의 아버지로 불린다.

우드워드는 1960년에 포피린 유도체로부터 태양광 에너지를 흡수하고 전환하는 녹색식물 색소이며 지구상의 유기생명체에게 반드시 필요한 클로로필을 합성하고, 그 업적으로 노벨화학상을 수상했다. 또한 그는 중요한 화합물들의 구조를 밝혀냈는데, 예를 들면 복어의 독인 테트로도톡신의 구조를 밝히고, 폴리펩타이드의 합성에 독창적인 방법을 개발하기도 했다. 우드워드는 자연계의 합성 활동, 즉 살아 있는 유기체 내에서의 복잡한 분자 합성에 관한 재미있는 아이디어들을 무궁무진하게 제시함으로써 현대 유기합성의 아버지로 불린다.



### 화학노트 엿보기



페니실린

#### 유기화합물

유기화합물은 매우 다양하다. 탄소의 특성 때문이다. 공유결합을 하고 있는 탄소는 3차원의 정사면체, 2차원의 삼각형, 선형 등 다양한 결합을 만든다. 탄소는 자신뿐 아니라 산소, 질소, 황, 할로겐 원자들 그리고 더 나아가 금속 원소들과 다양한 반응을 통해 수많은 종류의 유기화합물을 만들어낸다.

### 학교에서 쫓겨났던 화학천재 로버트 우드워드

우드워드(Robert Burns Woodward, 1917~1979)는 아인슈타인에 버금가는 천재로도 유명하다. 그는 1933년에 16세의 나이로 하버드대 화학과에 입학했지만 실험에 열중하느라 강의에 참석하지 않았다. 교수들은 시험 성적이 우수했음에도 불구하고 출석미달을 이유로 학점을 주지 않았다. 결국 1935년에 2학년 1학기를 마치고 학교에서 쫓겨났지만 같은 해에 3학년으로 재입학해 1년 만에 남은 수업을 모두 마치고 19세의 나이로 대학을 졸업했다. 그리고 여성 호르몬 ‘외스트론(Estrone)’ 합성 방법을 제시해 1년 만인 20세에 박사학위를 받았다. 그리고 졸업하자마자 하버드대 교수로 특채됐고, 노벨상까지 받게 된다.

출처: 노벨상이 만든 세상-화학I, 이종호, 나무의 꿈, 2007

“복잡한 분자의 합성은 아주 어려운 일입니다. 모든 작용기와 모든 원자가 적절한 위치에 있어야 하는데, 이것이 말 그대로 쉬운 일이 아닙니다. 가끔 유기합성은 정확한 과학인 동시에 섬세한 예술이라고 말합니다. 여기서 자연은 경쟁 상대가 없는 거장입니다. 그러나 올해의 수상자인 우드워드 교수는 훌륭한 이인자라고 저는 감히 말하겠습니다.”

스웨덴 왕립과학원 노벨 화학위원회 위원 아르네 프레드

출처: 당신에게 노벨상을 수여합니다 | 노벨 화학상, 바다출판사, 2010



## 07 발효 과학의 탄생

에두아르트 부흐너

김치, 된장, 치즈, 요구르트 그리고 포도주. 이들의 공통점은 무엇일까? 바로 발효식품이라는 것이다. 대부분의 생물은 산소호흡을 통해 활동에 필요한 에너지를 얻는다. 그러나 산소가 부족한 곳에 사는 생물들은 산소 없이 에너지를 얻어야 하는데, 무산소 호흡을 하는 생물들은 유기물질을 완전히 분해시키지 못하기 때문에 다른 종류의 유기물이 만들어진다. 이러한 과정



### 화학노트 엿보기

#### 발효와 술

대표적인 발효물질로 술을 빼놓을 수 없다. 포도주에 대한 문헌은 성서와 그리스 신화에서도 등장한다. 신화에는 디오니소스가 포도주 만드는 방법을 가르쳤다고 한다. 기원전 3,500년경에 터키에서 제조되기 시작했고, 그 후 독일이나 프랑스 등 유럽각지로 전해졌다.

이집트인들은 기원전 5,000~6,000년에 발아시킨 보리를 분쇄하여 반죽하고 가열한 다음 물에 담가 맥주를 만들었던 것으로 알려져 있다. 또한 기원전 약 4,000년에는 발효빵을 만들 때 밀가루 반죽을 팽창시키는 탄산가스를 얻기 위해 맥주효모를 이용했다. 우리나라에서는 전통술을 만들 때 밀을 발효시킨 누룩을 사용한다.

오일러켈핀과 하든은 알코올의 발효에 관한 연구로 1929년에 노벨화학상을 받았다.





©shutterstock.com  
 각종 발효식품들

을 발효라 한다.

발효와 부패의 반응은 비슷한 과정에 의해 진행된다. 하지만 인간의 생활에 유용하게 사용되는 물질이 만들어지면 발효라 말하고, 약취가 나거나 유해한 물질이 만들어지면 부패라 한다.

독일의 화학자인 에두아르트 부흐너(Eduard Buchner)는 발효가 효모 내에 있는 효소의 작용에 관한 것이며, 효모세포의 생리작용에 의한 것이 아님을 밝힘으로써 발효 화학에 신기원을 이룬 공로로 1907년 노벨화학상을 받았다.

부흐너가 발효에 관심을 갖게 된 것은 실험실에서가 아니었다. 1878년 뮌헨 공과대학에 입학한 그는 1882년에 잠시 학업을 중단하고 뮌헨의 한 통조림 공장에 들어가는데, 이곳에서 일하는 동안 발효에 관심을 갖게 된 것이다. 그 후 다시 학교로 돌아간 그는 튀빙겐 대학교와 베를린 농학대학에서 교수로 재직하면서 1896년 <효모 없는 알코올 발효>라는 논문을 발표하고, 1907년 무세포 발효를 발견해 노벨 화학상을 받았다.\*

\* 위키백과

재미있는 화학 이야기

숙취의 원인, 아세트알데하이드

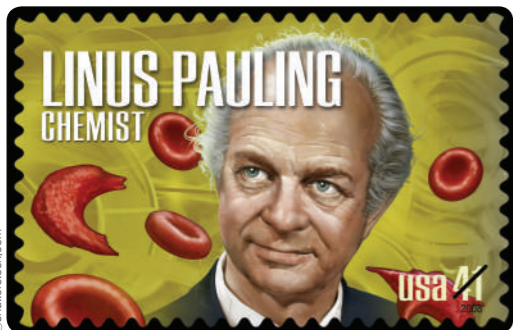
숙취란 술을 마시고 수면에서 깬 후에 느끼는 특이한 불쾌감이나 두통, 또는 심신의 작업능력 감퇴현상 등이 1~2일간 지속되는 현상을 말한다. 그렇다면 숙취의 원인은 무엇일까?

우리가 숙취를 느끼는 주 원인은 물론 술 때문이지만, 정확히 말하자면 아세트알데하이드(Acetaldehyde) 때문이다. 알코올은 간에서 알코올분해효소(Alcohol De-Hydrogenase, ADH)가 아세트알데하이드로 분해되는데, 이 아세트알데하이드가 미주신경, 교감신경내의 구심성신경섬유를 자극해 구토 및 어지러움, 동공확대, 심장박동 및 호흡의 빨라짐 등 흔히 말하는 숙취를 일으키는 것이다.

결국 우리가 “숙취를 느낀다”라는 것은 체내에 알코올 및 아세트알데하이드가 남아있어 지속적으로 신경을 자극하는 상태를 의미하며, “술이 깬다”라는 것은 아세트알데하이드가 분해되는 것을 의미한다. 아세트알데하이드는 공장폐수나 오염된 공기 중에 많이 포함되어 있는 대표적 유해물질이다. 새집증후군 및 암모니아와 함께 생활냄새의 주범이기도 하다.

그렇다면 숙취를 없애는 방법은 무엇일까? 결국 이 아세트알데하이드를 분해하는 것에 달려있으므로 간기능을 향상시키거나 알코올 및 알데하이드 분해효소의 생성에 도움을 주는 숙취 제거용 음료나 약품, 또는 음식을 먹는 방법이 있다. 예를 들어 콩나물에는 아스파라긴산과 비타민C가 다량 함유되어 있는데 이 성분들은 알코올분해효소의 생성을 촉진한다고 하니 어느 정도 숙취에는 도움을 준다고 할 수 있다.

출처: 과학항기(KISTI)



노벨화학상과 노벨평화상을 수상한 라이너스 폴링 기념 우표

역대 수상자 중에서도 중요한 인물로 꼽히는 사람은 1954년 노벨화학상을 수상한 라이너스 폴링(Linus Pauling, 1901~1994)이다. 라이너스 폴링은 양자역학을 이용해 화학 결합(원자 또는 이온을 연결시켜 분자 또는 결정을 형성시키는 원자 간의 결합)의

이론을 정립하는 데 성공함으로써 분자의 성질을 화학결합 사이의 거리와 각도로 설명할 수 있게 됐다. 그의 저서인 ‘화학결합의 특성 및 분자와 결정의 구조’는 현대 화학결합론의 기초를 구축하고 양자역학적 공명 등 물리학 개념을 정립한 20세기 가장 영향력 있는 책 가운데 하나로 평가된다.

폴링은 평화운동가로도 유명하다. 양자역학에 대한 해박한 지식에도 불구하고 핵무기를 만드는 맨해튼 프로젝트에 참여하지 않았고, 오히려 핵무기 개발 이후 방사선의 위험성을 알리기 위해 활발한 활동을 펼쳤다. 핵실험금지조약을 체결하기 위해서도 많은 노력을 기울였다. 이런 공로로 노벨화학상 수상에 이어 1962년 노벨평화상까지 받게 되었다.

재미있는 화학 이야기

비타민 C 돌풍을 일으킨 폴링

“이 책은 인생을 즐기면서 건강하게 오래 살 수 있는 간단하고도 돈이 많이 들지 않는 방법들을 다루고 있습니다. 가장 중요하게 권장하고 싶은 것은 여러분들이 음식물로부터 섭취하는 비타민들을 더 보충하기 위해 비타민 제제를 매일 복용하라는 것입니다.”

1986년 라이너스 폴링이 쓴 책 <건강하게 오래 사는 법>의 서문에 나오는 문구다. 폴링은 노벨상 수상자이기도 하지만 비타민 C 고용량 요법을 창시해 비타민 열풍을 몰고 온 장본인으로도 유명하다. 그는 고용량 비타민 C 복용이 건강을 증진시키고 심장병이나 암에 좋은 것은 물론 노화를 방지하는 효과도 있다고 주장했다. 1970년에는 <비타민 C와 감기>라는 책을 써서 베스트셀러가 됐고, 약국의 비타민 C가 동이 날 정도로 비타민 C 돌풍이 일었다.

의학계에서는 비타민 C의 효능이 큰 논쟁으로 번졌다. 미국 식품의약국(FDA)에서는 비타민 C에 대한 그의 주장을 학술적으로 인정을 하지 않았지만 그는 많은 사람들이 심각한 질환에 걸리지 않고 건강하게 오래 사는데 비타민 C가 중요한 역할을 한다는 것을 굳게 믿었다.



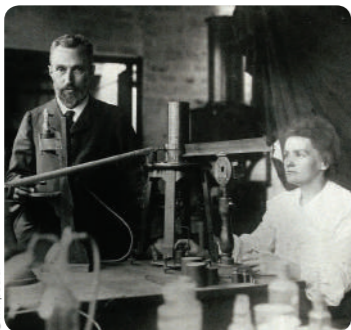
How to Live Longer and Feel Better  
LINUS PAULING

라이너스 폴링의 책  
「건강하게 오래 사는 법」

## 09 방사능의 발견 마리 퀴리



마리 퀴리



퀴리 부부

마리 퀴리도 노벨상의 역사에서 빼놓을 수 없는 인물이다. 마리 퀴리는 방사능을 발견한 공로로 1903년 남편 피에르 퀴리와 공동으로 노벨 물리학상을 수상한 데 이어 1911년에는 순수 라듐을 분리

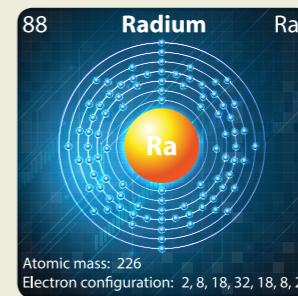
해낸 공로로 노벨 화학상을 받았다. 이 연구는 방사능을 이용한 질병 치료뿐만 아니라 방사성 물질을 제공하는데도 기여하는 성과를 올렸다.

라듐은 알칼리토류 금속에 속하는 천연 방사성 원소로 1898년 마리 퀴리와 그의 남편인 피에르 퀴리에 의해 발견됐다. 우라늄의 성질을 연구하고 실험하던 중, 우라늄보다 훨씬 강한 빛을 방출하는 원소를 발견하게 됐는데, 이 새로운 원소에 '폴로늄'이란 이름을 붙였다. 그리고 1898년 7월, 폴로늄에 관한 논문을 쓰면서 '방사능'이라는 용어를 처음으로 사용했고, 같은 해 12월, 강력한 방사능을 방출하는 '라듐'을 발견했다.

라듐은 1950년대 중반까지 암 치료에 널리 이용되었다. 그러나 라듐은 몸

에 해로운 높은 에너지의 방사선을 많이 방출해 몸에 흡수되면 칼슘처럼 뼈에 쌓인다. 이렇게 뼈에 쌓인 라듐이 방출하는 방사선은 뼈의 골수에 충격을 주고 적혈구를 만드는 조직을 파괴하며 뼈에 암세포를 만들기도 한다. 형광시계의 문자판을 생산하는 공장에서 라듐을 다루던 노동자들이 방사선을 지나치게 흡수해 사망하는 사례도 있었다. 마리 퀴리도 연구 도중 방사능에 노출돼 백혈병에 걸려 고통스럽게 생을 마감했다. 지금은 더 안전하고 값싼 방사성 물질이 의료 부문과 공업에 라듐 대신 쓰이고 있다.\*

### 화학노트 엿보기



#### 라듐(radium)

라듐의 원소기호는 Ra, 원자번호는 88이다. 알칼리 토금속에 속하는 원소 중에서 가장 무거운 원소이고 안정동위체는 존재하지 않는다. 은과 같은 흰색 계통 금속으로 방사성이 매우 강하다. 26개 이상의 동위원소가 있는데, 모두 방사성을 띤다.

출처: 위키백과

\* 위키백과

# 화학 없인 못살아 — 생활 속의 화학

- 01 석유로 옷을 만든다고!?
- 02 섬유의 역사를 바꾼 나일론
- 03 ‘아이언맨’도 화학섬유가 필요해
- 04 농약과 비료가 없었다면?
- 05 비닐의 활약
- 06 화학으로 둘러싸인 집
- 07 화학으로 이루어지는 자동차
- 08 미녀는 화학을 좋아해
- 09 스포츠는 화학이다?
- 10 화학으로 포장된 세상

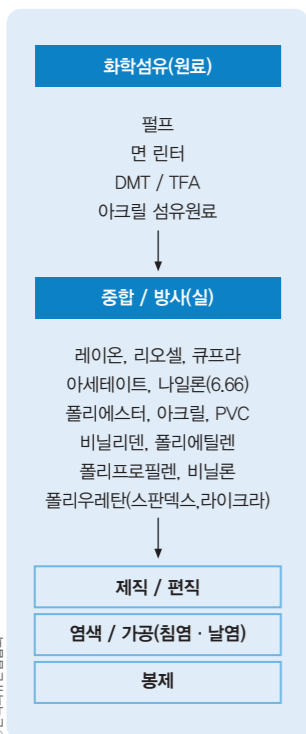
# 01 석유로 옷을 만든다고!?

우리가 입는 옷들은 어떤 섬유들로 만들어져있을까? 옷에 붙어있는 섬유 조성표를 살펴보면 모나 실크 100%라고 쓰인 옷보다 나일론, 폴리에스터,

레이온과 같은 이름들이 더 많이 눈에 띈 것이다. 면이나 모, 실크 등 천연섬유를 제외한 모든 섬유는 석유화학제품을 원료로 한 합성섬유라고 할 수 있다.

그렇다면 합성섬유는 어떻게 만들어질까? 합성섬유를 생산하기 시작한 초기에는 석탄을 원료로 했으나 현재는 거의 석유와 천연가스를 원료로 사용한다.

합성섬유의 생산 공정은 크게 세 가지가 있다. 먼저 용융 방사 공정은 원료가 용해될 때까지 가열한 다음 용융된 원료를 분사기의 노즐을 통해 압출하고, 이때 생성된 실을 냉각, 응고시킨다. 이런 방법으로 분당 최대 8천 미터 정도의 실이 만들어진다. 건식 방사 공정은 원료를 용매에 용해시킨 다음 이 용액을 노즐을 통해 압출해 실을 뽑아낸다. 습식 방사 공정은 노즐을 통해 용액을 다른 용액, 즉 응고액에 압출하고 응고된



석유에서 섬유가 만들어지기까지

실을 깨끗하게 세척하고 건조하는 방식이다.

이렇게 만들어진 실이 제직, 염색, 가공, 봉제 등의 과정을 거쳐 우리가 입는 옷으로 탄생하는 것이다. 과거에는 합성섬유가 감축이나 땀을 흡수하는 성질 등이 천연섬유에 뒤떨어진다고 여기는 것이 일반적이었다. 하지만 최근에는 천연섬유를 능가하는 감축과 기능성을 겸비한 합성섬유들이 잇따라 개발되고 있다. 우선 합성섬유는 손질이 쉽고 수분에 의해 섬유가 팽창하는 일이 드물다. 그리고 오랫동안 보존이 용이하고 미생물이나 곤충에 대한 저항력이 강하다. 정전기기가 쉽게 발생한다는 것은 단점이지만 정전기 방지 처리나 천연섬유와의 혼합을 통해 보완할 수 있다. 이러한 장점들 덕분에 합성섬유는 일상생활부터 산업까지 그 활용 범위가 더욱 넓어지고 있다.



©shutterstock.com

### 화학노트 엿보기

**폴리(poly)는 어떤 의미?**  
 제품명에 '폴리'라는 접두어가 붙으면 '폴리' 뒤에 나오는 제품이 다량 중합돼 있다는 것을 뜻한다. 단위체(monomer)는 단 하나의 화합물이고 중합체(polymer)는 유기화합물의 분자가 중합해서 생성하는 화합물을 말한다. 예를 들어 폴리아미드(polyamide)란 중합체 단위들이 아미드(-CONH-) 결합으로 연결되어 있다는 뜻이며, 폴리에틸렌은 에틸렌이 다량 중합됐다는 뜻이다. 단, 폴리에스터의 경우는 예외로 '에스터'라는 제품이 중합된 것이 아니라 '에스터'라 불리는 결합형태가 반복된다는 것을 의미한다. 폴리에스터는 아로마틱 화합물과 에틸렌계 제품을 반응시켜 에스터 결합으로 연결되는 고분자 합성으로 만든 제품이다.



## 빨래도 석유로?

합성섬유의 원료인 석유가 세제의 주원료이기도 하다는 것은 흥미로운 일이다. 단순화시켜 말하면 석유로 만든 옷을 석유로 만든 세제로 세탁하는 셈이니 말이다.

기록에 의하면 기원전까지 사람들은 초목의 재를 물에 개어 빨래를 했다. 동물의 기름과 잿물을 함께 끓여 만든 일종의 세제를 사용한 것은 기원후부터다. 그러나 이때만 해도 동물의 기름은 쉽게 구할 수 없었기 때문에 일부 귀족층만 사용할 수 있었고, 서민들은 대부분 양잿물로 빨래를 해야 했다.

지금과 같은 합성세제가 개발된 것은 2차 세계대전 이후였다. 합성세제의 주 재료는 계면활성제인데, 석유로부터 나온 벤젠과 황산을 주원료로 하는 계면활성제는 나열하기 힘들 정도로 종류도 많고 사용 범위도 대단히 넓은 화학물질이다. 우리 몸의 더러움을 씻어주는 비누, 매끄러운 머릿결을 유지시켜 주는 샴푸, 설거지를 하는데 쓰이는 주방용 세제, 그리고 화장품, 치약, 식품에 이르기까지 우리가 사용하는 수많은 생활용품에 계면활성제가 포함되어 있다.



©shutterstock.com

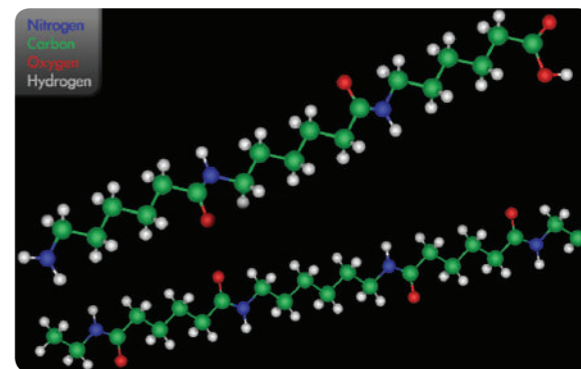
## 02

## 섬유의 역사를 바꾼 나일론

1939년, 뉴욕에서 열린 만국박람회에서 사람들의 이목이 집중된 것이 있었다. 바로 나일론이라는 새로운 섬유였다. 이 새로운 섬유를 선보인 듀폰사의 나일론 광고 문구는 '석탄과 공기와 물만으로 만든 섬유', '거미줄보다 가볍고 강철보다 질긴 기적의 실'이었다.

이후 1940년 5월 15일, 뉴욕에서 나일론 스타킹의 판매가 시작되자 수많은 여성들이 구름처럼 몰려들었고, 불과 몇 시간 만에 400만 켤레가 팔려나갔다고 한다. 당시 미국 여성이라면 적어도 한 켤레 이상의 나일론 스타킹을 가지고 있을 정도로 나일론의 인기는 폭발적이었다.

듀폰사가 본격적으로 합성섬유 연구를 시작한 것은 1930년대 들어서면서 부터였다. 하버드대학교의 교수이자 우수한 유기화학자로 인정받던 윌리스 캐러더스가 듀폰사 연구진에 합류하면서 연구는 더욱 활발해졌다. 캐러더스는 유기화학반응을 이용해 폴리에스터와 폴리아미드



©wikipedia



등의 고분자를 합성하는 실험을 했다. 그러던 중 함께 일하던 연구원이 놀라운 발견을 하게 됐다. 폴리에스터 덩어리에서 길게 실이 뽑아져 나온 것이다. 이 우연한 발견으로 캐러더스의 연구에 가속도가 붙었고 같은 방식으로 폴리아미드에서 나일론을 뽑아내게 되었다.

폴리아미드란 중합체 단위들이 아미드(-CONH-) 결합으로 연결되어 있다는 뜻으로 결합 구조가 천연섬유인 비단과 유사하다. 이때 캐러더스가 발명한 것은 '나일론66'이었다. 분자 아디프산과 다이아미노헥세인이 각각 6개의 탄소를 갖고 있어서 붙은 이름이다. 나일론의 종류는 다양한데 나일론6, 나일론66이 합성섬유로 주로 응용되고 있으며, 나일론 66이 내열성과 강도가 높다. 2차 세계대전이 발발하자 나일론은 낙하산을 비롯해 다양한 군용 제품에 이용되다가 전쟁이 끝난 후에는 의류나 양탄자 등 다양한 제품으로 변신했다. 최초의 합성섬유인 나일론은 면, 비단, 모피 등 천연섬유 제품들을 대체하며 인공으로 대량생산이 가능한 화학섬유의 시대를 열었다.\*

우리나라에는 1953년 처음으로 나일론이 들어왔다. 우리나라 역시 처음

나일론이 들어왔을 때 반응은 폭발적이었다. 처음엔 일본으로부터 수입을 했으나, '한국나일롱(주)'가 1963년 나일론 원사 공장을 준공하였다. 이후 우리나라의 화학섬유 산업과 의류 산업도 획기적인 전환기를 맞게 되었다.

내구성이 강해 거친 환경에 적응하기 쉬운 나일론은 텐트나 등산배낭 등

### 화학노트 엮보기

#### 분자량이 큰 화합물, 고분자

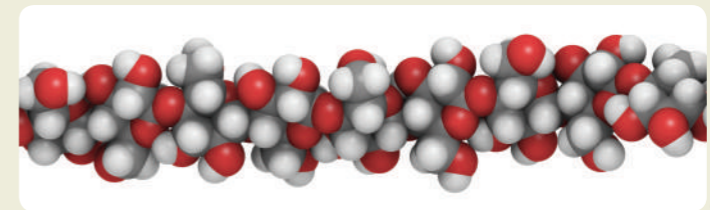
분자량이 1만보다 큰 화합물을 고분자라고 하는데, 오늘날 우리가 가장 많이 사용하는 재료는 세라믹이나 금속 같은 재료가 아니라 바로 이 고분자재료다. 섬유는 물론, 고무, 플라스틱 등이 모두 고분자재료에 속한다.

실제로 우리가 매일 사용하는 재료 가운데 고분자재료가 차지하는 비중은 엄청나다. 의식주 생활재료는 물론 반도체, 근거리 광통신 섬유 등 첨단산업재료 그리고 자동차 내외장 재료와 전투기 몸체에 쓰이는 고기능성 재료까지 고분자 재료의 사용범위와 중요성은 갈수록 증가하고 있다. 1983년을 기점으로 인류의 플라스틱 소비량이 철재 소비량을 넘어지면서 바야흐로 플라스틱 시대 혹은 고분자 시대로 접어들었다.

고분자에 유리섬유나 탄소섬유와 같이 더 강한 섬유를 보강해 강도를 높은 고분자 복합재료는 가볍고 기능은 강화되어 우주항공 분야, 자동차, 스포츠 레저 분야에 이르기까지 아주 폭넓게 사용되고 있다. 예를 들어 고분자 재료를 사용한 자동차는 기존의 대표적인 재료인 철에 비해 무게가 1/8에 지나지 않고 알루미늄에 비해서도 1/3이나 가볍다.

이처럼 고분자의 놀라운 가능성이 알려지게 된 것은 1926년 독일 헤르만 슈타우딩거가 천연고무, 셀룰로오스 등이 공유결합을 통해 길게 결합된 고분자량 화합물로 이루어져 있다는 고분자 가설을 내세우면서부터였다. 그 공로로 슈타우딩거는 1953년 노벨화학상을 수상했다.

출처: 진정일 교수의 교실 밖 화학이야기, 진정일, 공리, 2013  
소재이야기 플라스틱, 네이버캐스트 월간캠핑, 2014년 3월호





아웃도어 용품에 많이 이용되는 나일론

아웃도어 용품에 특히 많이 이용된다. 다른 가공제와의 반응성이 뛰어나 폴리우레탄이나 실리콘으로 코팅하는 후가공을 더하면 아웃도어 환경에 알맞은 기능성 원단이 된다는 것도 나일론의 장점이다.

\* 소재이야기 나일론, 네이버캐스트 월간 캠핑, 2014년 4월호

## 재미있는 화학 이야기

### 나일론 탄생 비화

섬유의 역사를 바꾼 나일론의 탄생은 사실 장난기 섞인 실험으로부터 비롯됐다. 듀폰사의 연구원이었던 윌리스 캐러더스는 유기화학반응으로 폴리에스터, 폴리아미드 같은 고분자를 합성하고 있었다. 인공중합체 섬유를 생산하기 위한 것이었다. 그러나 폴리에스터와 폴리아미드 덩어리를 만들어놓고도 더 이상의 진척이 없었다. 역사적인 발견은 우연히 이루어졌다. 동료들이 누가 가장 긴 실을 만들 수 있는가 내기를 하다가 폴리에스터 덩어리를 유리 막대에 붙여 잡아당기자 길고 가는 실이 뽑아져 나온 것이다.

캐러더스는 녹는점이 낮아 섬유를 만들 수 없는 폴리에스터에 이러한 성질이 있다면, 녹는점이 높은 폴리아미드에도 같은 성질이 있을 것이라고 생각했다. 예상은 맞아떨어졌다. 폴리아미드에서 긴 실을 뽑아낼 수 있었고, 이것이 바로 하루아침에 섬유의 역사를 다시 쓰게 한 나일론이다.





### 03 '아이언맨'도 화학섬유가 필요해

SF 영화 '아이언맨' 시리즈는 시원한 액션과 기발한 상상력으로 인기를 끌고 있다. 특히 영화가 개봉될 때마다 화제를 불러일으키는 것은 영화 속 주인공 토니 스타크를 무적의 영웅으로 만들어주는 최첨단 슈트다. 아이언맨의 슈트는 갈수록 기능이 발전하고 있는데, 2013년에 개봉한 '아이언맨3'

에서는 하늘을 날 수 있을 뿐만 아니라 높은 고도에 올라가서도 얼지 않는 슈트가 등장한다.

영화뿐만 아니라 SF 소설 속에는 옷을 입은 사람이 원하는 대로 옷 색깔이나 무늬가 자유롭게 변하거나 바깥 날씨에 따라 방한, 방수 기능이 조절되는 만능 옷들이 심심치 않게 등장한다. 그리고 이런 상상들은 영화나 소설 속 상상으로만 그치는 것이 아니다. 최근에 아이언맨 슈트처럼 옷에 특수한 기능을 적용한 전투복이나 소방용 슈트가 개발되고 있고, 이른바 '입는 (wearable) 컴퓨터'의 일종인 '스마트 글래스'는 이미 시판이 이루어지고 있다.



영화 '아이언맨'에 나오는 최첨단 슈트



구글 안경

나날이 발전하는 IT 기술은 이처럼 시간과 공간의 장벽을 없애면서 이른바 유비쿼터스 시대를 앞당기고 있다. 그러나 유비쿼터스 환경은 IT 기술만으로 가능한 것은 아니다. IT 기술을 제품으로 구현하기 위해 반드시 필요한 것이 바로 '첨단소재'다. 반도체 집적회로나 디스플레이, 광케이블 광전자 소재 등 첨단소재 없이는 아무리 앞선 IT 기술도 무용지물일 뿐이다. 웨어러블 컴퓨터의 경우에는 일상에서 옷이나 안경, 신발 등의 형태로 자연스럽게 착용할 수 있어야 하기 때문에 기능성을 겸비한 화학섬유가 필수적이다.

화학섬유는 몸을 보호하거나 아름다움을 배가시키기 위한 수단을 넘어 최신 과학기술의 적용 대상으로 첨단화되고 있다. 장소나 시간의 구애를 받지 않고 언제 어디서나 통신을 할 수 있는 유비쿼터스 시대에 화학섬유가 할 역할은 더욱 늘어날 것이다.

그런데 만일 석유가 고갈되면 합성섬유의 미래는 어떻게 되는 것일까? 현재 대부분의 석유는 연료로 이용되고 있으며, 화학제품의 원료로 사용되

는 석유는 불과 3% 정도이다. 새로운 에너지를 개발하지 못해 석유가 고갈되면 화학제품에 사용될 석유 또한 부족하게 될 것이다. 따라서 석유가 고갈되는 날, 대부분 석유화학 제품인 화학섬유 또한 이 지구상에서 함께 사라질지 모른다. 편리하고 우수한 합성섬유를 오래 이용하고 싶다면 석유 자원의 보호와 새로운 에너지원의 개발에 모두 관심을 가져야 할 것이다.

재미있는 화학 이야기

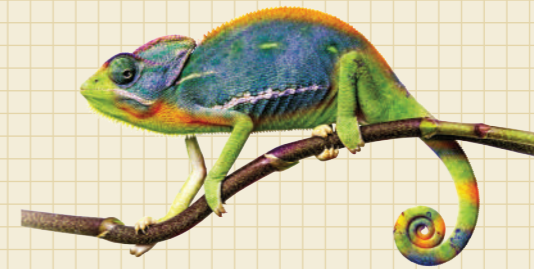
온도에 따라 색깔이 변하는 카멜레온 섬유?

카멜레온은 주변 상황에 따라 몸 색깔을 자유롭게 바꿀 수 있다. 이처럼 햇빛, 온도, 습도 등 외부 환경의 변화에 따라 색상이 변하도록 가공을 한 섬유를 일명 '카멜레온 섬유'라고 부른다.

1991년 영국 왕립화학협회는 창립150주년 기념행사에서 카멜레온처럼 온도에 따라 색깔이 변하는 옷을 선보여 눈길을 끌었다. 멀크화학회사가 특별 생산해 일반에 처음으로 선보인 이 특수의상은 옷을 입을 모델의 몸에 착 달라붙어 체온을 흡수하면서 스스로 여러 가지 빛으로 바뀌었다. 이 옷감은 섭씨 33도에서 푸른색으로 변했고 28도에서 붉은색, 그 밖의 온도에서도 갖가지 색깔로 변하다 마지막으로 10도 정도에서 검은색으로 변했다.

온도에 따라 색이 변하는 변색 옷, 다시 말해 카멜레온 옷은 섬유원단에 마이크로캡슐화한 변색염료를 혼합한 신섬유가 개발됨으로써 가능해졌다. 열에 민감한 변색염료를 사용하면 대기온도 또는 입을 사람의 체온변화에 따라 옷감의 색상이 달라지는 것이다. 카멜레온 섬유는 가방, 스카프, 수영복, 스키복 등과 같은 스포츠 의류에 많이 활용된다.

출처: 연합뉴스, 1992. 2. 17.



## 04 농약과 비료가 없었다면?

농약은 각종 잡초 및 해충의 침입으로부터 작물을 보호하여 농작물의 수확량을 높여주는 아주 고마운 존재다. 하지만 잘못된 사용으로 인해 마치 독약처럼 유해하기만 한 것으로 취급받거나 환경오염의 주범으로 알려져 농약과 화학비료에 대해 부정적 인식이 많다. 일부에서는 농약 사용을 반대하기도 한다. 그러나 만일 농약과 화학비료가 이 세상에 없었다면 우리에게겐 어떤 일이 벌어졌을까?



농업생산량을 획기적으로 늘려준 농약과 비료

19세기 말, 세계 인구는 약 16억 명이였다. 당시 인구는 계속해서 증가하고 있었으며 그에 비해 농업생산성은 더 이상 증가하지 않고 있었다. 머지않아 인구증가가 식량공급을 초과하게 될 것이고 인류는 결국 기아로 멸망하게 될 것이라는 비관적 전망이 나오기도 했다. 그러나 다행히도 현재까지 인류에게 그러한 일은 일어나지 않았으며, 오히려 세계 인구는 기하급수적으로 증가해 약 70억 명에 다다랐다. 어떻게 이런 일이 가능했을까? 그것은 바로 농약과 화학비료 덕분에 작물 생산량이 크게 증가했기 때문이었다.

농약이 개발되기 전에는 잡초나 해충의 피해로 농사지는 곡식의 3분의 1 정도를 잃어야 했다. 현재 사용되고 있는 합성농약이 개발되어 본격적으로 농업에 도입된 것은 제2차 세계대전 후의 일이다. 당시 DDT, BHC를 비롯한 여러 가지 합성농약들이 개발되었고, 농약의 사용이 노동력을 대신함

### 화학노트 엿보기

#### DDT

DDT의 살충 효과를 발견한 것은 1939년 스위스의 화학자 파울 뮐러(Paul Hermann Müller)에 의해서였다. 뮐러는 이 공로로 1948년 노벨의학상을 받았다. DDT는 수십 년 동안 세계적으로 가장 각광받는 살충제였다. 그러나 DDT는 생물학적으로 거의 분해되지 않고 인간과 동물의 지방조직에 쌓일 뿐만 아니라 주변 환경에도 계속 축적되어 문제가 되었다. 이로 인해 DDT는 오늘날 사용되지 않고 있다.

#### 질소비료

독일의 화학자인 프리츠 하버(Fritz Haber)는 질소와 수소를 이용해 암모니아( $\text{NH}_3$ )를 만드는 촉매 방법을 개발했고, 카를 보슈(Carl Bosch)는 암모니아 합성물을 더욱 발전시켜 질소비료를 제조 가능하게 만들었다. 암모니아는 인공 비료를 생산하는데 필요한 원료로서 현재까지도 암모니아를 생산할 때 두 화학자의 이름을 딴 하버-보슈법이 이용되고 있다. 프리츠 하버는 1918년에, 카를 보슈는 1931년에 각각 노벨상을 받았다.

출처: 화학으로 이루어진 세상, K. 메데페셀헤르만 외, 예코리브르, 2009

로써 농업생산성은 크게 증가되었다. 또한 화학비료를 포함한 다양한 종류의 비료 사용은 땅심 뿐만 아니라 질병에 대한 식물의 저항력을 높여 농작물의 생산량을 증가시키고 품질을 향상시켰다.

최근에는 많은 농약회사들이 환경과 인체에 해가 없으면서 효과가 뛰어난 친환경 합성농약을 개발하고자 끊임없이 노력하고 있다. 특히 한국화학연구원의 순수 국내기술로 개발된 ‘플루세토설프론’과 ‘메타미포프’는 벼농사에 사용되는 제초제로서 우수한 효과와 안전성이 입증되어 중국, 일본, 동남아 등지로 수출되고 있다. 또한, 환경과 먹거리 안전에 관한 관심이 높아짐에 따라 미생물이나 식물 등 천연물을 원료로 하여 인체에 해가 없고 자연환경에도 나쁜 영향을 미치지 않는 친환경 미래형 농약 개발도 지속적으로 시도되고 있어 향후 보다 안전하고 신선한 먹거리의 생산이 가능하게 될 전망이다.

## 재미있는 화학 이야기

### 식물병은 신이 내린 벌이 아니라 균 때문이다!

고대인들은 식물에 병이 생기면 신에게 제의를 지내고 기도를 했다. 로마신화에서 곡물에 병충해를 가져오는 신으로 등장하는 로비구스(Robigus) 신 또는 로비갈리아(robigalia) 여신이 표시해 놓은



곡식들은 잎이 누렇게 되어 말라죽게 된다고 생각했기 때문이다. 곰팡이, 세균, 바이러스 등에 의해 발생하는 식물의 병을 사람들이 죄를 지어 벌을 받는 것으로 생각한 것이다.

식물에 병이 크게 발생해 인류에 재앙이 된 대표적인 사건은 아일랜드에서 발생한 감자 역병이다. 1840년부터 감자에 역병이 발생하기 시작했는데 그때에는 자연발생설이 주류를 이루고 있어 자연에 미생물이 존재하며 어떤 미생물은 식물에 병을 일으킨다는 사실을 알지 못했다. 따라서 원인도 모른 채 병은 확산되었으며 결국 1846년에는 극에 달했다. 이 사건으로 150만 명의 아일랜드 사람들이 굶어 죽었고, 또 그 정도의 사람들이 아일랜드를 떠나 신대륙으로 이주했다. 이 당시 케네디 대통령 일가도 미국으로 건너갔다고 하니 식물병이 역사를 바꾼 예라 하겠다.

이 사건 후에 많은 학자들이 감자 역병의 원인을 밝히기 위해 연구했다. 마침내 1861년 안톤 드바리는 감자에 발생한 역병은 균에 의한 것임을 증명했고, 이로써 식물에 병을 일으키는 미생물이 존재한다는 사실을 처음 밝혀냈다.

출처: 조금 병든 식물 무농약 증거?, 화학연 최경자 박사, 충청투데이 2011. 8. 10.

## 05 비닐의 활약

우리가 흔히 비닐이라고 부르는 것은 폴리에틸렌이나 폴리프로필렌과 같은 합성수지를 종이보다 얇고 부드럽게 가공해 놓은 것을 말한다. 비닐 또한 농업생산성을 혁신하는데 큰 역할을 했다.

농촌에 가면 흔히 보게 되는 것이 비닐하우스나 인삼밭을 덮어놓은 검정색 비닐이다. 이러한 농업용 필름의 등장으로 계절과 날씨에 상관없이 밭작물이나 원예작물을 재배할 수 있게 되었다.



비닐하우스

물이나 원예작물을 재배할 수 있게 되었고, 경지이용 효율도 크게 높아졌다. 농업에 이용되는 비닐은 밭작물 주변에 잡초가 자라나 작물의 영양분을 빼는 것을 막고, 또 토양이 강한 햇볕에 노출되어 쉽게 건조되는 것을 막아준다.

우리나라에서는 1990년대 중반에 시작한 육묘산업이 농업의 혁신을 가져왔는데, 여기에 화학이 결정적인 역할을 했다. 육묘산업은 농작물의 어린모를 묘상이나 못자리에서 기른 후에 판매하

는 산업으로 밭에 씨를 직접 뿌릴 수 없거나 어린 식물에 주의 깊은 관리가 필요한 경우, 또는 밭의 이용률을 높이기 위해 육묘 전문 업체에서 육묘를 재배해 판매하는 경우에 필요하다. 육묘산업은 재배 농가의 수익증대를 이끌어 농업의 현대화와 부가가치 향상에 크게 기여하고 있다. 이때 사용되는 육묘재료가 갖추어야 할 성질은 수분에 부식되지 않는 고강도, 경량의 소재여야 한다. 비닐과 같은 합성수지는 여기에 최적의 소재라 할 수 있다.

어업에서도 화학산업의 역할은 매우 중요하다. 이른바 ‘수확하는 어업’에서 ‘기르는 어업’으로 변화하면서 어업생산성의 혁신을 이루는 데 화학산업의 역할은 지대해졌다. 물위에 띄워 경계선을 삼는 부표는 폴리스티렌을 발포시켜 만든 것이며, 각종 어망과 배의 조정을 위해 사용되는 두꺼운 밧줄은 합성수지를 이용해 만든다. 합성수지로 만들어진 밧줄은 과거에 천연섬유나 짚단으로 만든 밧줄에 비교할 수 없을 정도로 우수한 강도와 내구성을 지닌다. 이러한 합성섬유 어망의 보급으로 어업의 효율성이 높아지면서 수산업 생산량이 크게 증가했다.\*

### 화학노트 엿보기

#### 폴리에틸렌 polyethylene(PE)

에틸렌의 중합으로 생기는 사슬 모양의 고분자 화합물이다. 종이컵 방습기능 물질, 플라스틱 포장재 등 일상 생활에 사용되는 플라스틱의 30% 이상이 폴리에틸렌이다. 폴리에틸렌은 압력과 온도라는 반응조건에 따라 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)으로 나뉜다. 저밀도 폴리에틸렌은 투명도가 높아 필름, 병, 비닐봉지 등에 사용되고, 고밀도 폴리에틸렌은 쓰레기통 등의 소재에 주로 사용된다.

\* 석유화학으로 만드는 세상, 한국석유화학공업협회, 2009





## 06 화학으로 둘러싸인 집

원목무늬 장판이 깔린 넓은 거실과 거기에 깔린 포근한 카펫, 집안의 분위기를 살려주는 벽지와 커튼, 열효율을 높여주는 지붕, 천정, 벽 등의 단열재와 비바람을 막아주는 창틀... 우리가 사는 공간은 수많은 구성요소들로 이루어져 있다. 이중에 화학제품이 아닌 것을 찾기란 쉬운 일이 아니다.

나무처럼 보이면서 관리는 편리한 원목무늬 바닥재에는 폴리염화비닐이 쓰이고, 카펫에는 세탁 등 편리성을 고려한 화학섬유가 쓰인다. 벽지는 때가 쉽게 타지 않도록 종이에 폴리염화비닐로 코팅을 하고, 커튼, 버티컬, 블라인드에는 폴리에스터나 폴리프로필렌 섬유가 많이 쓰인다. 단열재의 재료로는 열효율이 높고 방수성이 좋은 스티로폼이나 폴리우레탄 등이 주로 이용되고, 창틀의 소재도 나무나 알루미늄 위주였던 것이 열전도율이 낮은 폴리염화비닐로 대체되는 추세다.

특히 주택용품에는 화학제품 중에서도 흔히 PVC로 알려진 폴리염화비닐이 많이 사용되는데, 그 이유는 나무나 종이 또는 천연섬유에 비해 경제성이 좋고, 화재에 강하고, 주택용 자재로서 성형가공성이 우수하기 때문이다.

화학은 우리의 생활을 편리하고 효율적으로 바꾸어주며 주택문화의 변화를 이끌고 새로운 건축양식을 창조하고 있다.



다양한 화학제품들로 이루어진 집



폴리염화비닐(PVC)로 만들어진 창틀

## 07 화학으로 이루어지는 자동차

자동차산업은 화학제품을 대량으로 소비하는 대표적인 산업이다. 화학제품 가운데 자동차 생산에 가장 먼저 사용된 것은 1924년 듀폰사가 개발한 '듀코'라는 도료다. 이 도료는 자동차 도장 시간을 크게 단축하고 다양한 색상을 구현할 수 있어 컬러 자동차 시대를 열었다는 평가를 받고 있다.

이후 화학제품이 본격적으로 자동차에 쓰이기 시작한 것은 1950년대부터라고 할 수 있다. 이때부터 이른바 '플라스틱'이 자동차 생산에 사용되기

시작했는데 초기에는 주로 장식성 부품에 사용됐다. 그러다가 1970년대 오일쇼크를 거치면서 자동차 산업에서 연비 향상이 큰 과제로 떠올랐다. 연비를 높일 수 있는 방법은 자동차를 경량화 하는 것이었다. 경량화를 위해 철과 알루미늄으로 이루어졌던 자동차 부품들이 상당 부분 가벼운 플라스틱으로 대체되었다.



플라스틱이 사용되면서 더 가벼워지고 고성능화되는 자동차



화학제품들로 이루어진 자동차

한국석유화학협회에 따르면 1950년대 승용차 한 대당 플라스틱 사용량이 5kg 정도였던 것이 1970년대 초에는 평균 45kg에 이르렀고, 1990년대에 들어서는 80kg 이상으로 늘었다. 실제로 자동차에서 철과 알루미늄을 제외한 나머지 부분은 모두 화학제품으로 이루어진다고 보아도 큰 무리는 없을 것이다.

그렇다면 화학제품들은 자동차의 어디에 쓰일까?

먼저 외장재로는 자동차의 충격을 흡수해주는 범퍼, 램프커버, 자동차 옆문의 아랫부분에 대는 로커커버, 유리를 차체에 부착하는 몰딩, 사이드미러 하우징 등 곳곳에 사용되고 있다. 자동차의 내장재는 대부분 화학제품이라고 해도 과언이 아닐 만큼 대부분 플라스틱으로 이루어져 있다. 자동차 앞부분의 패널이나 계기판, 스테레오 하우징, 각종 기능조작판, 프론트박스 등이 모두 플라스틱 제품으로 만드는데, 주로 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리

## 08 미녀는 화학을 좋아해

염화비닐 등의 범용 플라스틱이 사용되고 있다.

자동차 보닛 속의 각종 부품들도 마찬가지다. 엔진오일이나 냉각수 용기, 각종 유체를 운반시키는 파이프도 우레탄폼이나 폴리염화비닐 등으로 만든 화학제품이다. 연료탱크에는 주로 폴리에틸렌 계열 제품이 사용되고, 연료 펌프나 라인, 파이프 부분은 폴리아세탈이나 나일론 같은 엔지니어링플라스틱 제품이 사용된다.

그리고 또 하나 빼놓을 수 없는 것이 자동차의 핵심 기능을 맡고 있는 타이어다. 합성고무를 원료로 만든 타이어가 사용되면서 지면 마찰로 인한 에너지 손실이 크게 줄었고, 자동차 무게의 몇 백 배 이상의 물체를 운반할 수 있게 되었다. 또한 굴곡이 있는 지면을 지날 때 충격 흡수율이 높아 물체를 안전하게 운송할 수 있어 운수산업의 일대 혁신을 가져왔다.

최근에는 연비 기준을 높이고 온실가스 배출을 줄이기 위한 환경친화적 자동차용 화학소재의 중요성이 커지고 있다. 특히 엔지니어링 플라스틱 등 고부가가치 화학소재는 금속소재와 비교해 획기적인 경량화가 가능하며 추가적인 기능도 부여할 수 있다. 자동차 엔진도 무게를 가볍게 하는 추세이며, 친환경 자동차를 위한 연료전지, 이차전지 등도 개발되고 있다. 한국화학연구원 등의 연구기관도 가볍고, 스마트하고, 친환경적인 자동차를 위한 세계 최고 수준의 화학소재·부품 개발을 위해 노력하고 있다. 더 빨리, 더 멀리 가고 싶다는 인간의 꿈을 실현시켜준 자동차의 미래는 결국 얼마나 더 좋은 화학소재로 인간·환경과 교감하느냐에 따라 결정된다고 할 수 있다. 자동차와 인간, 그리고 화학소재의 미래가 기대되는 이유다.\*

\* 석유화학으로 만드는 세상, 한국석유화학공업협회, 2009

독일 베를린의 박물관에 전시된 고대 이집트의 여왕 노프레테테 흉상은 신비한 아름다움을 지니고 있다. 노프레테테 여왕은 기원전 1,340~1,357년경의 이집트 18대 왕조의 인물로 역사상 가장 아름다운 여인이라는 칭송을 받고 있는데, 안티모니(antimony)를 갈아 눈꺼풀에 검게 칠하곤 했다고 한다.

인류가 화장을 시작한 시점은 정확히 알려지지 않았지만 자신의 몸을 아름답게 꾸미려는 욕망은 태초부터 시작되지 않았을까? 고대 이집트에서는



이집트 노프레테테(Nofretete) 여왕



안티모니(Sb)



향유를 이용해 피부와 모발을 청결하게 했고, 로마의 여인들은 아트로핀이라는 물질이 들어있어 동공을 크게 만들어 주는 벨라도나 즙을 눈에 떨어뜨렸으며, 하렘의 여인들은 헤나로 피부와 머리카락을 물들였다는 기록이 있다. 또 몸

에서 나는 악취를 감추기 위해 분을 바르고 향수를 뿌리는 등 아름다움을 위해 여러 화학적 방법들을 이용했다.\*

19세기 들어 화장품의 종류는 더욱 다양해지고 대량으로 생산되기 시작했다. 19세기 초에 마사지 크림, 샴푸 등이 생산됐고, 이후 색조 화장품들이 등장하기 시작했다. 색조 화장품에 쓰이는 염료는 이산화타이타늄, 산화아연, 알루미늄 등의 화합물이며, 손톱을 아름답게 물들여주는 매니큐어에도 응고제, 수지, 연화제 등 여러 가지 화학물질이 사용된다.

### 화학노트 엿보기

#### 안티모니(antimony)

원자번호 51번 원소인 안티모니(Antimony)는 1500년경 처음 발견된 것으로 알려져 있다. 매장량이 적고 독성이 강한 원소로 고대부터 기름과 반죽해 눈 화장에 이용되었으며, 지금은 활자합금, 섬유와 플라스틱 등이 불에 잘 타지 않도록 하는 난연제 등으로 쓰인다.

\* 화학으로 이루어진 세상, K. 메테페셀헤르만 외, 에코리브르, 2009

## 재미있는 화학 이야기

### ‘박가분’과 ‘동동구리무’를 아십니까?

우리나라는 언제부터 화장품을 사용하기 시작했을까? 우리나라도 신라시대에 이미 흰색 백분을 사용하기 시작했고, 볼을 빨갛게 물들이던 연지는 홍화(잇꽃)와 돼지기름을 혼합해 만들어 썼다. 검은 미목으로는 눈썹을 그렸다. 조선시대에는 백분, 연지, 머릿기름, 화장수 등이 상류층과 기생들을 중심으로 널리 사용됐다.



우리나라에서 공산품으로 제작·판매된 최초의 화장품은 일제 강점기인 1916년에 상표 등록하여 판매한 박가분(朴家粉)이다. 납분은 납 조각을 식초로 처리해 밀봉한 뒤 열을 가해 만든다. 납 조각이 시간에 지남에 따라 점점 작아지면서 곁에 하얀 가루가 돌아나는데, 이를 납꽃이라 불렀다. 조개를 태운 흰가루, 칩가루, 쌀가루, 보릿가루를 납꽃에 섞어 하얀 가루로 만들면 납분이 완성된다. 화장할 때는 이것을 물을 개어 피부에 발라 피부를 희게 만드는 형태였는데 당시 여성들에게 인기가 많았다. 그러나 박가분에 들어있는 납 성분이 피부에 치명적인 독성을 지니고 있다는 것이 알려지면서 점점 인기가 줄어들었다.

1930년대에는 ‘동동구리무’라고 불리는 크림이 인기를 끌었고, 1960년대 들어 콜드 크림, 립스틱, 마스크라, 파운데이션, 매니큐어, 염색약 등 본격적인 화학 화장품들이 등장했다.

출처: 위키백과

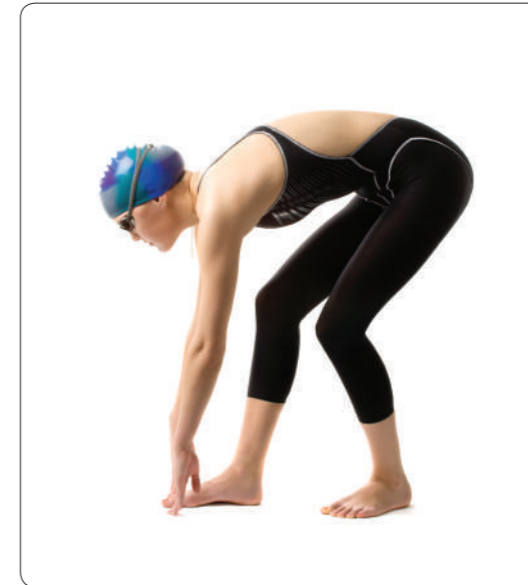
## 09 스포츠는 화학이다?

오늘날 스포츠의 발전을 가져온 데는 과학의 역할이 컸다. 과학은 각종 기록을 단축시키고 선수들의 능력을 향상시키는데 중요한 역할을 했다. 그러나 알고 보면 이 또한 화학 없이는 불가능했다.

대표적인 것이 바로 축구공이다. 19세기까지는 소나 돼지의 오줌보에 바람을 넣거나 동물가죽에 털을 집어넣은 공이 주로 사용되었다. 그 후 1872년 영국축구협회의 규정으로 가죽공을 사용하면서 가죽 안에 고무를 넣어 공을 만들었지만 무겁고 딱딱해서 발이 아프고 불편했다. 그러나 화학제품



화학소재로 만들어진 축구공



기록에 영향을 미치는 기능성 수영복

을 사용하면서부터 표면이 부드럽고 질기며, 컨트롤이 잘되고 속도가 빠르며 방수가 잘되는 축구공이 만들어졌다.

축구공은 천연고무에 바람을 넣은 다음, 폴리에스터나 나일론과 같은 질긴 합성섬유실로 고무공을 감싼다. 표면이 벗겨진 축구공을 보면 가느다란 실들이 촘촘히 공을 감싸고 있는 것을 보았을 것이다. 이렇게 실로 감싼 공을 다시 폴리우레탄 등의 인조가죽으로 감싸는데 이때 표피의 소재가 공의 가치를 결정한다.

신소재 개발과 경량화로 축구공은 갈수록 진화하고 있다. 4년 마다 열리는 월드컵에서도 축구공의 진화는 관심의 대상이다. 월드컵 공식 축구공 제조업체인 아디다스는 월드컵 때마다 새로운 표피처리 방법을 선보여 엄청난 수익과 광고효과를 함께 얻고 있다.



화학소재로 만들어진 스포츠용품들

축구공 이외에도 육상트랙, 수영복과 같은 특수 운동복, 농구나 배구경기에 쓰이는 그물 등 스포츠용품의 80% 이상이 화학소재로 만들어지고 있다. 스포츠의 과학에도 화학이 큰 비중을 차지한다는 사실, 기억해두자.

재미있는 화학 이야기

우사인 볼트가 50년 전에 뛰었더라면?

‘검은 번개’, ‘인간 탄환’ 등으로 불리는 육상선수 우사인 볼트가 50년 전에 뛰었더라도 과연 9초 5대의 기록을 세울 수 있었을까?

1960년 로마올림픽에서 10초의 기록을 깨고 우승한 아르민 하리는 우사인 볼트가 1960년 로마올림픽에서 뛰었다면 10초대의 벽을 뛰어넘을 수 없었을 것이라고 단언했다. 그가 말한 것은 볼트의 기량의 문제가 아니었다. 육상트랙과 운동화, 그리고 운동복 등 소재 등이 기록에 미치는 영향을 말한 것이었다. 특히 운동화는 0.01초로 메달을 결정짓는 육상선수에게 기록과 직접적인 관련이 있다고 할 수 있다.

그렇다면 우사인 볼트가 신은 운동화는 어떤 소재로 만들어진 것일까? 그가 신었던 운동화는 Pebax 소재로 폴리아미드계 열가소성 엘라스토머로서 폴리아미드의 기능성과 고무의 유연성을 함께 가지고 있다.

그가 런던올림픽 100m 결승에서 우승할 때 신은 운동화는 경매에서 3만9천 파운드(6,700만원)에 팔렸다.

출처: 연합뉴스, 2013. 7. 30.



우사인 볼트

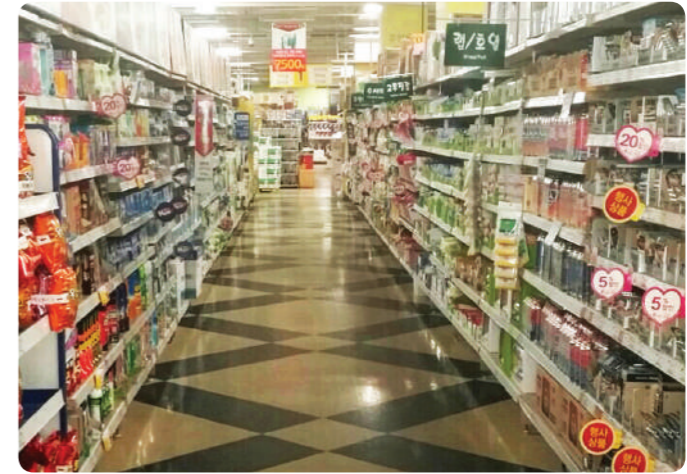


## 10 화학으로 포장된 세상

가까운 편의점이나 마트에 가서 상품 포장지를 살펴보자. 상품 포장지에서 대부분의 화학제품의 이름을 발견할 수 있을 것이다. 우리가 평소에 먹고, 마시고, 사용하는 것 대부분의 포장재는 화학물질로 만든 것이다.

포장이나 물류산업 역시 화학과 함께 발전했다. 플라스틱 제품이 등장하기 이전에 포장이나 물류 자재의 주재료는 목재, 금속, 종이, 유리 등이었다. 이후 가볍고 투명하고 충격에 강하고 어떤 모양으로도 디자인할 수 있는 플라스틱이 등장하면서 오늘날 포장과 물류의 재료는 대부분 플라스틱으로 바뀌게 되었다. 포장, 물류산업에서 화학제품은 필름, 봉투, 용기, 트레이, 시트, 팔레트, 컨테이너 등 매우 다양한 용도로 쓰이고 있다.

먼저 식품 포장은 보호와 보관, 안전과 위생, 경제성 등의 기능을 갖추어야 한다. 플라스틱은 내열, 가스 차단, 치수 안정, 경량, 재활용 등의 기능이 우수해 포장재와 용기 생산에 폭넓게 적용되고 있다. 우리가 마트나 슈퍼마켓에서 구입하는 식품의 포장과 용기 대부분은 화학물질로 만들었다고 생각해도 좋을 것이다. 식품 포장에는 화학제품으로 만든 다양한 필름이 이용되는데 때로는 기능성 필름이 적용되기도 한다. 화학물질로 만든 페트병은 유리나 알루미늄 용기를 상당 부분 대체했고, 유제품 음료나 컵라면 용기



화학제품으로 포장한 상품들이 진열된 대형마트

등에는 폴리스티렌이 많이 사용되고 있다.

일반 포장에는 레진봉투가 종이봉투를 대신해 많이 쓰이고 있는데, 쓰레기봉투를 비롯한 레진봉투에는 폴리에틸렌이 주로 사용된다. 이밖에도 각종 세제, 목욕용품 등의 용기 생산에도 합성수지가 폭넓게 사용되고 있다.

식품이나 일반 생활용품 포장 외에도 전자, 전기기기 포장에도 화학제품이 사용되고 있으며, 물류용으로는 팔레트를 비롯해 플라스틱 컨테이너에 이르기까지 다양한 부문에서 화학제품이 사용되고 있다.

이처럼 포장과 물류의 원료로 화학제품이 많이 사용되는 이유는 대형마트가 늘어나면서 상품을 일정 단위로 미리 포장해 진열하는 것이 효율적이기 때문이다. 대량으로 생산, 판매되는 제품을 효율적으로 운송하기 위해서도 플라스틱으로 된 트레이나 봉투 같은 화학제품의 활용도가 높아졌다. 우리는 바야흐로 화학제품으로 포장된 세상 속에서 살고 있는 것이다.

# 생명을 살리는 화학

- 01 화학이 생명을 연장하다
- 02 1만분의 1의 성공확률, 신약개발
- 03 인류 역사를 바꾼 의약품 1
- 04 인류 역사를 바꾼 의약품 2
- 05 암세포에만 작용하는 표적치료제
- 06 바이러스와의 전쟁
- 07 노화를 막을 수는 없을까?

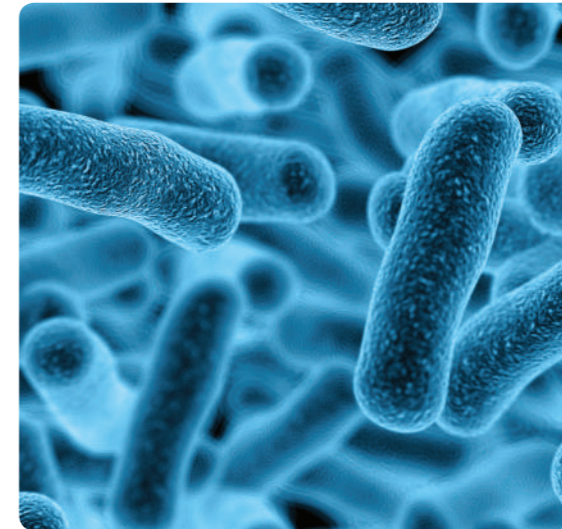
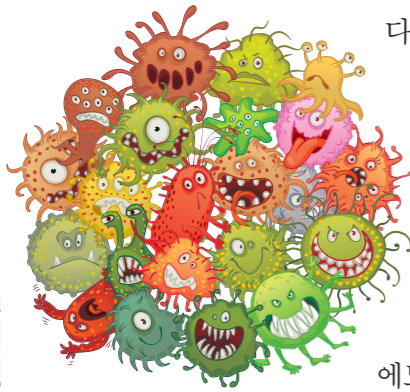


# 01 화학이 생명을 연장하다

기원전 4세기 그리스인의 평균수명은 18세에 불과했다. 유럽 선진국의 평균수명은 19세기 중반까지도 45세 정도였다. 그러나 오늘날 우리나라를 포함한 선진국 평균수명은 80세를 넘어서고 있다. 지난 60여 년 동안 무려 30세 이상 늘어난 것이다.

사망원인 또한 이전과는 많이 달라졌다. 당시 사람들을 죽음에 이르게 하는 치명적인 질병은 미생물과 바이러스에 의한 감염이었다. 하지만 현대에는 감염에 의한 질병보다는 암과 같은 난치병이나 심장병, 뇌졸중과 같은 성인질환이 가장 큰 사망원인이다. 2100년에 이르면 인간의 평균수명은 120세에 이를 것으로 예상되고 있는데 미래에는 질병보다 노화가 가장 큰 사망원인이 될 것으로 보인다.

이렇게 극적인 변화가 가능했던 것은 바로 화학적으로 합성한 각종 의약품 덕분이다. 그중에서도 놀라운 효능 때문에 '기적의 물질'로 불린 항생제의 등장은 인류의 역사를 바꾸어 놓았다. 물론 합성 의약품이 나오기 전에도 고열이 있을 때는 버드나무 껍질을 벗겨 먹는



감염을 일으키는 바이러스

등 천연물질로부터 약효를 찾아 질병을 치료하곤 했다. 그러나 사람들이 고열이 있을 때마다 버드나무 껍질을 벗겨 먹었다면 버드나무는 오래전에 멸종해버렸을 것이다.

합성 의약품이 모든 병을 치료하고, 누구에게나 잘 듣는 만병통치의 영약은 아니다. 합성 의약품은 때로는 위장 장애를 일으키기도 하고 부작용을 발생시키기도 한다. 그러나 대량생산을 통해 값싸게 공급되는 합성 의약품이 인류의 삶의 질을 향상시키고 수명을 연장하는데 가장 큰 역할을 한 것은 사실이다. 앞으로도 인류의 건강한 삶을 연장시키는데 있어 화학의 역할은 점점 더 커질 전망이다.



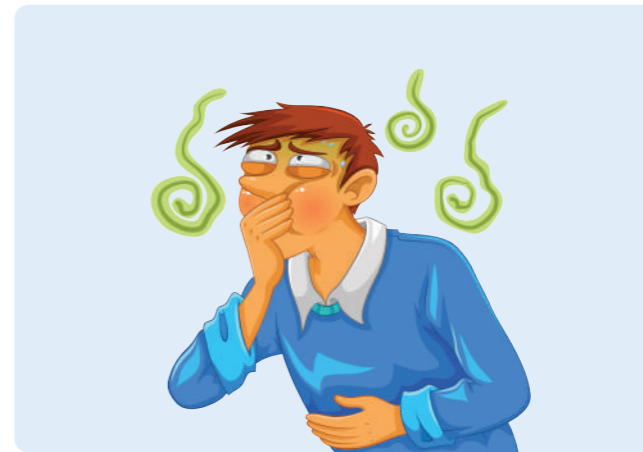
신약개발과정  
영상으로 보기

우리의 병을 낮게 해주는 신약개발은 어떻게 이루어질까? 질병은 병원균이 몸에 침투하거나 세포나 장기가 제 역할을 하지 못할 경우, 또는 암과 같은 이상조직이 발생할 때 생긴다. 신약개발은 우리 몸에 생긴 이상조직이나 병원균의 성장을 억제하고, 약해지거나 없어진 기능을 대신해줄 수 있는 물질을 찾아내 개발하는 것이다. 이렇게 개발된 신약이 실제로 사용되기 위해서는 그 성능과 안전성을 검증하는 절차를 거친다.

신약개발은 약물표적 발굴, 약효검색, 선도물질 발굴, 후보물질 발굴, 독성 전임상, 임상 I, 임상 II, 임상 III, 시장진출 등 대략 9단계의 과정을 거쳐 진행된다. 병원균과 세포 내의 효소나 수용체를 찾아내는 약물표적 발굴에서 마지막 시장진출까지 최소 10년 이상 걸리는 장기 프로젝트이자 화학, 생물, 약학 및 의학과 같은 다양한 분야의 연구가 융합되어있는 분야로서 실로 방대한 노력과 비용이 요구되는 과정이다.

### 가상의 질병 ‘뽕뽕암’의 신약 개발 과정

‘뽕뽕암’이라는 새로운 암이 발견되어 온 세상이 긴장하고 있다. 이 암에 걸리면 방귀 냄새가 지독해지고 5년 안에 사망하게 되는데, 마땅한 치료방



법이 없는 상황이다. 한국화학연구원의 신선해 박사와 진지해 박사가 뽕뽕암을 치료할 수 있는 신약개발을 맡았다.

### 약물표적 발굴

신선해 박사는 연구를 통해 뽕뽕암이 뽕뽕효소가 비정상적으로 활성화 되는 이유로 발생되며 뽕뽕효소는 인간세포 내에 BB유전자에 의해 발현된다는 것을 알아냈다. BB유전자의 발현이나 뽕뽕효소의 활동을 억제하는 방법만 찾아내면 뽕뽕암도 치유될 가능성이 있다는 사실을 알게 됐다.

한편 동료 진지해 박사는 뽕뽕효소의 구조와 작용원리를 연구해 이것만 막으면 뽕뽕효소가 활동을 못하게 된다는 것을 알아냈다.

### 화합물 약효실험 준비

표적인 뽕뽕효소를 방해할 수 있는 물질을 찾기 위해 두 사람은 한국화학연구원에 있는 한국화학물은행에 찾아가 다양한 화합물의 약효검색을



실시했다. 한국화학물은행에는 새로운 약물개발에 활용할 수 있는 화합물을 34만여종 이상 확보하고(2015년 기준) 이를 신약개발을 연구하는 연구자들에게 공급해주는 일을 하는 곳이다. 그런데 이렇게 많은 화합물의 약효 검색을 어떻게 할까?

#### HTS(대량약효실험)

일단 암세포를 배양해 샘플을 준비하고 각각의 화합물들을 투입해 약효를 실험한다. 실험 결과는 컴퓨터가 자동으로 계산해서 연구자가 판단할 수 있도록 해준다. 실험한 화합물들 중에 원하는 화합물들이 몇 개 보인다. 해당물질의 분자식을 살펴보니 공통적으로 눈에 들어오는 부분이 있다.

#### 유도체 합성 및 세포실험

이제 최적의 신약개발을 위해 공통부분을 가진 다양한 물질 유도체를 합성하고, 그 결과로 20가지의 유도체가 나왔다.



실험실에서 미리 배양해둔 뽕뽕암 세포에 새롭게 합성한 유도체를 넣고 배양기에 넣는다. 며칠 후 배양한 세포들을 살펴보니 다섯 가지 물질은 확실히 뽕뽕암 세포를 죽이는 효과를 보였다.

#### 최적화실험

우수한 효과를 보인 물질을 대상으로 다양한 독성시험 및 체내 약물의 행동에 대한 실험을 통해 약효와 안전성 등을 충분히 검증한다. 인체에 해가 없다는 판단에 이르게 되면 암 치료를 위한 신약후보물질이란 이름을 얻게 된다.

#### 전임상실험 및 임상실험 1, 2, 3

전임상실험은 개발된 신약후보물질이 인간에게서 나타낼 수 있는 부작용들, 약효를 내기 위한 유효용량, 그리고 독성을 나타내는 용량 등을 예측하기 위한 동물 대상의 실험이다. 전임상실험 결과를 바탕으로 인간 대상의 임상실험에 들어간다. 임상 1상에서는 한정된 인원의 건강한 사람들에게



신약후보물질을 투여하고, 인체 내에서의 작용 및 안전한 투여량 등을 결정한다. 2상에서는 한정된 인원의 실제 환자들에게 투여 후 적정용량 및 약효 확인 등을 확인한다. 마지막으로 3상에서는 신약의 확실한 약효검증을 수행한다.

### 제품화

임상실험을 모두 마치면 식품의약품안전처에 허가 신청을 하고, 식약처에서 모든 검토가 끝나면 후보 딱지를 떼고 정식 신약으로 탄생한다.

실제 과정은 이보다 훨씬 복잡한 과정으로 이루어진다. 우리가 약국에서 쉽게 구입하거나 처방받아 사용하는 약들은 모두 이런 과정을 거쳐 개발된 것이다.



## 03 인류 역사를 바꾼 의약품 1 기적의 약 '페니실린'의 발견

앞서도 이야기했듯 수백 년 전까지만 해도 인간의 평균수명은 20세 정도였다. 아기가 태어나면 절반 정도가 10살 이전에 사망했는데, 가장 큰 이유는 천연두, 홍역, 콜레라, 이질, 폐렴 등의 전염병 때문이었다. 인류는 오랫동안 이런 질병이 왜 발생하는지 원인을 알지 못했다. 베이거나 찢린 상처에 감염되면 목숨을 잃을 확률이 높았다. 미국 남북 전쟁에서 부상당한 병사의 절반은 세균 감염으로 사망한 것으로 알려져 있다.

이러한 문제를 단번에 해결한 것은 바로 페니실린의 발견이었다. 최초의 항생제인 페니실린은 1928년 영국의 미생물학자 알렉산더 플레밍이 황색포도상구균을 배양하다 푸른곰팡이가 항균 작용을 한다는 사실을 발견하면서 세상에 처음 알려졌다. 페니실린은 만병통치약이라고 할 만큼 광범위하게 약효를 갖고 있었다. 페니실린의 발견으로 그동안 수많은 사람들을 사망에 이르게 한 전염병을 치유할 수 있는 길이 열렸다. 이는 지구상에 존재하는 어떠한 천연화합물도 지금까지



푸른곰팡이

지 하지 못했던 놀라운 일이다.

페니실린의 발견은 전염병을 치료하게 되었다는 것 외에도 또 다른 중요한 의미를 지닌다. 세상에 존재하는 수많은 질병을 치료할 새로운 약품을 개발할 수 있다는 희망을 갖게 해 준 것이다. 페니실린의 발견 이후에 많은 연구자들은 미생물에서 항생효과를 지니는 물질을 얻기 위해 연구를 계속했다. 그리고 20세기 후반을 지나면서 인류는 전염병의 공포에서 벗어나게 되었다. 오늘날에도 질병의 원인을 제거할 수 있는 치료약을 개발하기 위한 연구가 계속되고 있다.

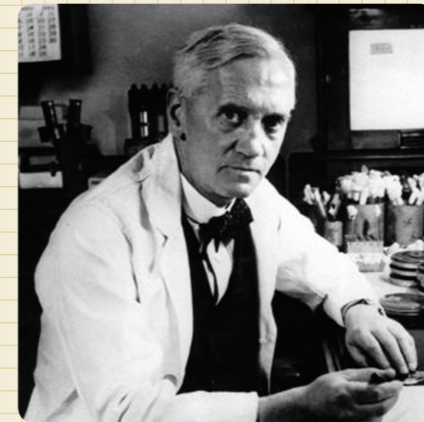
최근에는 기존의 항생제에 내성을 가지는 무서운 슈퍼박테리아나 신종 바이러스가 출현하여 인체 내 감염을 통한 여러 질병을 일으키는 것으로 보고되고 있다. 한국화학연구원에서는 이러한 슈퍼박테리아나 바이러스의 감염을 치료할 수 있는 새로운 약품과 방법을 개발하기 위한 연구도 진행하고 있다.

## 재미있는 화학 이야기

### 알렉산더 플레밍이 깔끔한 성격이었다면?

페니실린은 우연히 발견됐다. 심지어 그것을 발견한 알렉산더 플레밍이 평소에 깔끔한 성격이라 실험실 청소를 열심히 했다면 탄생하지 않았을지도 모른다.

1928년 플레밍은 황색포도상구균을 배양하는 실험을 하고 있었는데, 세균을 기르던 접시를 배양기 밖에 둔 채 휴가를 다녀왔다. 그런데 휴가에서 돌아와 보니 접시 위에 푸른곰팡이가 자라 있었고, 이 곰팡이 주변에는 세균이 깨끗하게 녹아 있는 것을 발견했다. 이것을 보고 푸른곰팡이가 항균 작용을 한다는 사실을 발견한 것이다. 만일 그가 배양기를 깨끗하게 닦아놓고 휴가를 떠났더라면 어땠을까? 어쩌면 인류의 평균수명이 아직도 50세 정도에 머물고 있을지 모를 일이다.



알렉산더 플레밍(Alexander Fleming, 1881~1955)

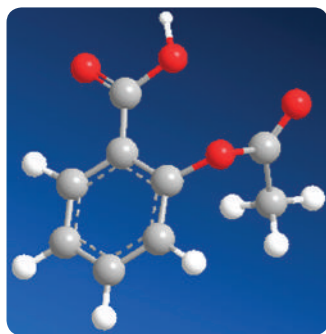
04

## 인류 역사를 바꾼 의약품 2

하루 1억 알이 소비되는 '아스피린'

아스피린의 역사는 인류의 역사만큼 오래됐다. 아스피린은 자연 속의 화합물을 이용해 만들어진 대표적인 치료제다.

버드나무 껍질이 해열, 진통의 효과가 있다는 사실은 오래전부터 알려져 있었다. 고대 그리스의 유명한 의사인 히포크라테스도 버드나무 껍질 추출물을 이용해 열을 내리고 진통을 감소시켰다. 19세기 초반에 버드나무 잎과 껍질에 있는 '살리실산(salicylic acid)'이라는 성분이 해열, 진통 작용을 한다는 것이 밝혀졌고, 1827년에는 버드나무 껍질에서 살리신을 분리하는데 성공했다. 그러나 살리실산은 통증과 열을 감소시키기는 한편 심각한 위장 장애를 일으켜 약으로서의 가치는 별로 없었다.



아스피린

이후 바이엘 제약회사에 근무하던 독일인 화학자 펠릭스 호프만은 아버지의 신경통 증상을 완화시킬 수 있는 약을 찾던 중 살리실산과 관련된 화합물의 특성을 연구해보기로 결심했다.

호프만은 살리실산 유도체인 아세틸살리실산이 (acetyl salicylic acid, ASA) 살리실산과 소염 효과는 동일하면서 위장은 덜 쓰리게 할 것이라 생각했다.



그리고 이것을 아버지께 드렸는데, 예상대로 아세틸살리실산은 소염 효과도 있으면서 속쓰림도 완화시켰다.

바이엘사는 1899년 7월, 아세틸살리실산을 '아스피린(aspirin)'이라는 이름으로 시장에 출시했고, 출시하자마자 엄청난 반응을 일으켰다. 초기에는 가루 형태로 판매되었지만 1914년부터는 편리하게 휴대하고 섭취할 수 있는 알약 형태의 아스피린이 출시됐다.

아스피린은 해열과 진통 효과뿐만 아니라 피를 묽게 하는 특성을 가지고 있어 뇌졸중 등의 예방을 위해서도 쓰이고 있으며, 오늘날 질병과 상처 치료에 가장 널리 사용되는 약이다. 아스피린을 함유하고 있는 약물은 400종 이상이 되며, 매년 미국에서 1만 8천통 이상의 아스피린이 생산되고 있다.\*

\* 역사를 바꾼 17가지 화학 이야기 2, 페니 르 쿠티, 제이 버레슨, 사이언스북스, 2007

## 최초의 염료 '모브'와 아스피린의 관계?

최초의 염료인 모브의 개발과 아스피린의 개발이 대체 무슨 관련이 있는 것일까?

현대 화학이 발달하기 전까지는 의약품도 염료와 마찬가지로 동식물 등의 천연 자원을 원료로 사용했다. 그러나 합성염료 산업이 발전하면서 대량으로 염료를 합성할 수 있게 되었는데, 이때 적용된 '합성 유기화학'을 아스피린과 같은 의약품을 대량 생산하는 데도 적용할 수 있었다. 이로 인해 값싼 합성 의약품을 대량으로 생산할 수 있게 되었고, 수많은 생명을 구할 수 있게 되었다. 이러한 '합성 유기화학'은 염료와 의약품 뿐 아니라 현대 인류생활의 필수품인 플라스틱과 같은 고분자, 그리고 LED와 같은 전자재료의 개발에 가장 기초가 되는 학문이다.

퍼킨이 모브를 만든 1856년에 약 45세였던 영국인의 평균 기대 수명이 지금은 80세 이상으로 늘어났으니 퍼킨은 단순히 염료만을 개발한 것이 아니라 인류의 수명을 연장시키는데도 큰 공헌을 했다고 볼 수 있지 않을까?



©shutterstock.com



## 05 암세포에만 작용하는 표적치료제

우리나라의 사망률 1위 질병은 무엇일까? 2012년 통계청의 사망원인통계를 보면, 인구 10만 명당 사망률 순위는 암이 146.5명으로 1위이고, 이어 심장질환(52.5명), 뇌혈관질환(51.1명), 자살(28.1명), 당뇨병(23명) 등이다. 그리고 사망률 1위인 암의 사회경제적 비용이 2012년 기준 14조원이 넘는다는 연구결과가 나왔다.

의학의 발달로 암은 더 이상 불치병은 아니지만 여전히 치료하기 힘든 질병인 것은 사실이다. 특히 기존에 개발된 항암제들은 암세포만 죽이는 것이 아니라 정상세포에도 영향을 미치는 문제를 가지고 있었다. 그래서 개발된 것이 바로 '표적치료제'다. 표적치료제는 정상세포에 영향을 미치지 않으며 암세포에만 선택적으로 작용함으로써 기존약물에 비해 우수한 활성을 보이고 있다.

그러나 표적치료제도 문제가 없는 것은 아니다. 표적치료제들은 개발 당시에는 기적의 항암제로 표현되거나 보도되었지만, 이들 표적치료제에도 단점이 있다.

첫째, 특정 표적부위가 있는 환자들에게만 반응이 있다는 것이다. 암세포는 단순히 하나의 과정을 통해 생기는 것이 아니라 여러 단계와 과정을 통



해서 생기기 때문에 공격할 수 있는 특정 단계로 생성된 암세포에만 효과가 나타나게 된다. 그 예로 폐암치료제 '이레사'의 경우는 동양인, 비흡연자, 여성, 비 소세포성 폐암환자 중 '선암'으로 진단받은 환자들에게 반응이 더 좋은 것으로 알려져 있고, 이것은 환자들의 상피 증식 인자 수용체(EGFR)의 돌연변이(mutation)가 있었기 때문인 것으로 밝혀졌다. 이렇게 표적치료제는 해당 약제의 표적부위가 없는 환자들에게는 효과를 기대하기 어렵다.

둘째, 이들 표적치료제들은 개발하기 어렵기 때문에 비싼 경우가 많다. 대체로 기존의 항암제들에 비해서 10~20배의 비용을 부담하게 될 가능성이 있다.

셋째, 장기적인 투약을 필요로 한다. 기존의 항암제와는 달리 항암 억제 작용을 계속 유지하기 위해서는 계속해서 복용하거나 정기적으로 주사제를

투여해야하는 단점이 있다.

넷째, 내성이 생길 경우 투약효과가 감소한다. 암세포들이 수없이 자가 복제를 하는 도중 돌연변이화 되어 다른 경로로 발현하는 암세포들이 생기고 그러한 세포들이 증식하게 되면 결국 표적 항암제는 듣지 않게 된다. 하지만 최근에는 이렇게 내성이 생긴 암세포에 사용하는 2차 표적치료제가 연구되고 있다.

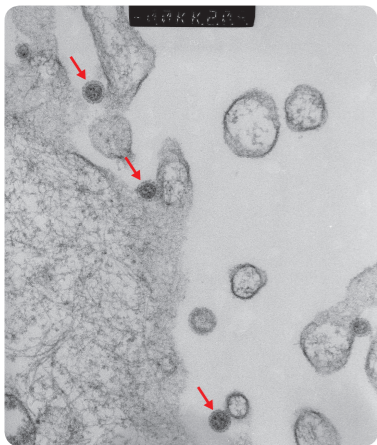
현재 한국화학연구원에서는 기존의 표적치료제로 치료하지 못하는 다양한 암의 원인과 종류들을 발견, 규명하고 있다. 또한 이에 맞는 저분자 표적치료제와, 기존 표적치료제의 내성을 극복할 수 있는 새로운 형태의 표적치료제를 개발하기 위한 여러 연구과제들이 진행되고 있다. 그 중 몇 가지의 과제는 초기 연구를 성공적으로 마치고 국내 유수제약사 및 병원들과 임상 실험을 실행하기 위한 공동연구를 진행하고 있다.



## 06 바이러스와의 전쟁

“호흡기로 감염, 감염속도 초당 3.4명, 치사율 100%의 유례없는 최악의 바이러스가 대한민국에 발병하고, 이에 정부는 세계적인 확산을 막기 위해 국가 재난사태를 발령, 급기야 도시 폐쇄라는 초유의 결정을 내린다. 피할 새도 없이 격리된 사람들은 일대혼란에 휩싸이게 되고, 대재난 속에서 살아 남기 위한 사람들의 목숨 건 사투가 시작된다.”

2013년에 개봉한 우리나라 영화 ‘감기’는 바이러스 감염으로 인한 재난을 소재로 한 영화다. 바이러스에 의해 발생하는 질병들은 감기를 비롯해 에이



세포를 감염시키는 바이러스의 전자현미경 사진

즈, 신종플루, 조류독감, 구제역, 사스 그리고 수족구병, 무균성 뇌수막염, 일본뇌염 등 다양하다.

백신의 개발로 소아마비, 천연두, 홍역 등 일부 바이러스에 의한 질병들은 예방하거나 치료가 가능해졌지만 에이즈 바이러스나 감기의 주요 원인인 라이노 바이러스 등 수많은 바이러스들은 아직 치료제가 없는 상황이다. 특히 최근 아프리카 지역에서 발병하고 있는 에볼라 바이러스는 엄청난 인명피해를 내고 전 세계적



고병원성 바이러스 시험 장면(한국화학연구원 바이러스시험·연구센터)

으로 바이러스 확산에 대한 두려움을 야기하고 있다.

바이러스 치료제 개발은 항생제나 항진균제보다 까다롭고 역사도 훨씬 짧다. 영양분만 있으면 증식할 수 있는 세균이나 곰팡이와 달리 바이러스는 증식을 위해 숙주의 존재가 필수적인데 바이러스를 죽이게 되면 숙주도 손상을 입을 수 있기 때문이다. 숙주에 손상을 주지 않고 바이러스 증식만 저해할 수 있는 약물을 개발하는 일은 거의 불가능할 것으로 여겨져 왔다. 그러나 에이즈 바이러스의 출현 이후에 많은 과학자들의 노력에 의해 선택적으로 바이러스의 증식만을 저해할 수 있는 새로운 약물표적들이 발표되었다. 그리고 이를 이용한 약물개발이 활발히 연구되어 에이즈와 허피스, 인플루엔자와 같은 전반적인 바이러스 치료제 연구에 많은 발전이 이루어졌다.

우리나라에서도 한국화학연구원을 비롯한 여러 연구기관에서 새로운 항바이러스제 개발과 바이러스 감염에 대응하기 위한 다양한 원천기술개발에 대한 연구가 이루어지고 있다.



©shutterstock.com

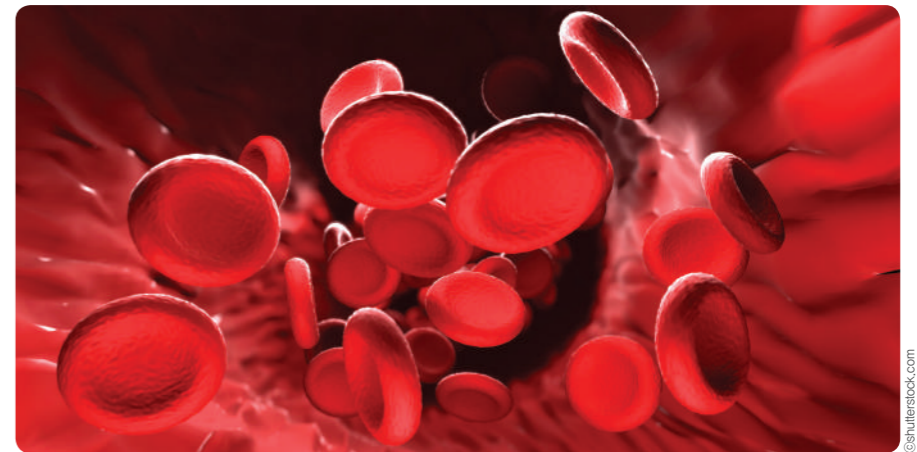
**레드리본**

레드리본은 1991년 미국 뉴욕에서 개최된 에이즈미술대회에서 처음 선보였다. 에이즈 감염인들의 인권을 보호하고 지지하며 이해하고 있음을 표현하는 것으로 세계 에이즈의 날인 5월 1일에는 레드리본 달기 행사 캠페인이 펼쳐진다.

07 **노화를 막을 수는 없을까?**

사람은 왜 늙을까? 노화를 늦추거나 멈출 수는 없을까? 노화현상을 일으키는 체내의 화학반응이 무엇인지 알 수 있다면 그것을 막는 방법도 알 수 있지 않을까?

노화는 기본적으로 산화에 의해서 일어난다고 알려져 있다. 노화현상을 설명하는 이론은 여러 가지가 있지만 가장 일반적으로 받아들여지고 있는 것은 1956년 데님 하먼이 제안한 자유 라디칼(free radical) 이론이다. 음식물이 대사되는 과정에서 몸에 해롭게 작용할 수 있는 자유 라디칼이 형성될



©shutterstock.com



수 있는데, 자유 라디칼 반응을 통한 세포 손상의 축적이 노화의 주요인이라는 것이다.

그렇다면 이 체내의 화학반응을 정지시키거나 느리게 할 수는 없을까?

이에 대한 화학적 접근법은 예상외로 간단하다. 자유 라디칼 반응이 체내에서 잘 진행되지 않도록 비타민 C나 E와 같은 항산화제를 섭취하는 것이다. 화학명으로 비타민 C는 아스코르브산, 비타민 E는 토코페롤이라 부르는

**화학노트 엿보기**

**자유 라디칼이란?**

1956년 생물노화의학전문학자인 데넘 하먼(Denham Harman)이 제안한 자유 라디칼 이론은 세포 손상의 축적으로 인해 우리의 몸이 바뀐다는 이론이다. 유기화합물로 구성된 동식물세포의 성장 및 노화 과정에서 산소에 의한 산화(산소와의 반응)반응은 여러 부분에서 필수적인 과정이다. 이에 반해 과산화라디칼은 비정상적으로 강한 산화력에 기인하여 산소에 의한 기본적 산화뿐 아니라 세포의 다른 부분들도 산화시킴(산화성 자유 라디칼 반응)으로써 동식물 세포의 노화 및 사멸을 일으키는 것으로 알려져 있다.

데, 비타민 C는 신선한 야채와 과일에, 비타민 E는 식물성 기름 특히 맥아기름에 많이 들어 있다. 이 두 화합물은 화학구조상으로는 크게 다르지만, 생체 내에서 일어나는 산화성 자유 라디칼 반응의 주범인 과산화 라디칼이 세포나 생체기질을 손상시키기 전에 먼저 반응하여, 반응성이 매우 적고 독성이 없는 새로운 라디칼을 만드는 능력도 지니고 있다.

아직까지 노화를 멈추는 것은 인간의 영역이 아닌 듯하다. 그러나 노화방지와 생명연장을 위한 화학자들의 노력이 계속되는 한 인류는 좀 더 젊게 좀 더 건강하게 사는 방법을 찾아낼 수 있지 않을까?

〈진정일 교수의 교실 밖 화학이야기, 진정일, 공리, 2013〉에서 발췌 정리



# 화학, 지구를 구하라

- 01 지구온난화 주범 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 환골탈태
- 02 석유화학산업의 꽃, 촉매의 환경친화적인 변신
- 03 에물단지를 보물단지로 만드는 '분리막' 기술
- 04 현대판 '봉이 김선달' 되려면 화학을 알아야?
- 05 사탕수수로 설탕만 만드는 것이 아니다
- 06 화학소재가 자연을 살린다



## 01 지구온난화 주범 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 환골탈태

지구온난화를 유발하는 대표적인 물질로 알려진 이산화탄소, 오명을 벗을 길은 없을까?

이산화탄소는 인간의 경제활동에 의해서 발생하는 온실가스의 절반 이상을 차지한다. 석유나 석탄과 같은 화석연료의 사용으로 대기 중의 이산화탄소는 갈수록 증가하고 있다. 탄소배출권을 사고파는 시대에 이산화탄소는 당연히 골칫덩어리일 수밖에 없다.

그런데 이산화탄소가 오명을 벗을 수 있는 길이 열렸다. 이산화탄소를 단순히 버려지는 물질이 아닌 유용한 자원으로 재활용하는 'CCU 기술' 덕분이다. CCU(Carbon Capture and Utilization, 이산화탄소 포집 및 재활용)란 이산화탄소를 포집해 이를 고부가가치의 제품으로 재활용하는 기술이다.

### 이산화탄소의 환골탈태 1 : 이산화탄소를 화학제품의 원료로 활용

대부분의 화학제품들은 석유를 원료로 사용하며, 생산 과정에서 다량의 이산화탄소를 배출한다. 그런데 이 이산화탄소를 화학적, 생물학적 전환기술을 이용해 카보나이트, 메탄올, 에탄올, 탄화수소 등 화학제품의 원료로 전환해 사용할 수 있다. 이렇게 하면 석유의 사용을 줄일 뿐만 아니라 이산화탄소 배출도 줄일 수 있다.



화탄소 배출도 줄일 수 있다.

### 이산화탄소의 환골탈태 2 : 이산화탄소가 연료로 변모

이산화탄소를 생물학적으로 고정하거나 인공광합성을 통해 연료로 전환할 수 있다. 클로렐라나 플라נק톤 등의 생물들로 하여금 이산화탄소를 흡수해 성장하도록 하는 방식으로 바이오 디젤을 생산하는 방식인데, 폐기물에 불과하던 이산화탄소가 연료로 쓰일 수 있으니 그야말로 엄청난 환골탈태라 할 수 있다. 이 분야는 CCU 가운데 가장 주목 받는 분야다.

### 이산화탄소의 환골탈태 3 : 이산화탄소로 시멘트를 만든다?!

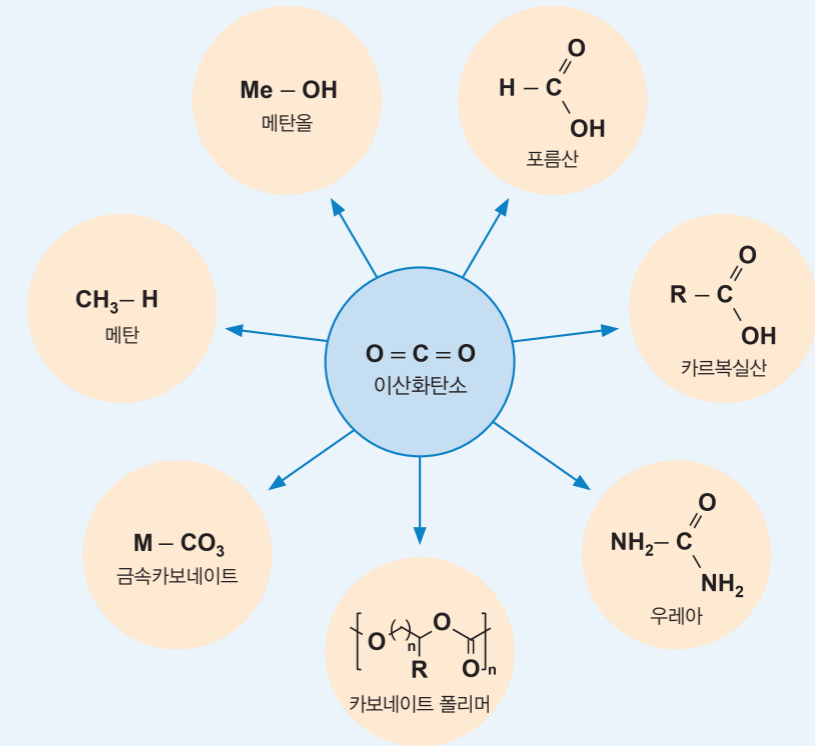
생체모방적(Biomimetic) 이산화탄소 전환 방식을 통해 시멘트와 같은 건축 자재를 생산할 수도 있다. 바다 속의 산호나 조개가 이산화탄소를 포착해 석회석과 같은 광물질을 만들어내는 과정에 착안한 기술이다. 시멘트 산

업은 전력 발전에 이어 두 번째로 이산화탄소를 많이 배출하는 분야로 기존의 시멘트 생산 공정에서는 시멘트 1톤당 평균 약 0.9톤의 이산화탄소가 발생된다. 그러나 이산화탄소를 칼슘염, 마그네슘염과 같은 광물질과 반응시켜 시멘트를 생산하면 이산화탄소를 소모할 뿐 아니라 추가적으로 에너지를 생산할 수도 있다.

이처럼 이산화탄소를 재활용하는 기술은 현재 활발하게 연구가 진행 중이다. 이산화탄소를 배출하기 위해 비용을 지불해야 하는 시대에 이산화탄소를 고부가가치 원료나 친환경적인 연료로 전환할 수 있다면 환경과 경제, 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있지 않을까.



출처: MIT Technology Review, <http://www2.technologyreview.com/article/118542/n0-green-concrete>  
Novacem사의 이산화탄소를 원료로 만든 시멘트 제품



이산화탄소로부터 생산이 가능한 화학물질 (Publisher: The Centre for Low Carbon Futures 2011 참고)

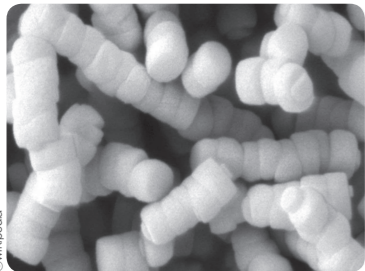
02

## 석유화학산업의 꽃, 촉매의 환경친화적인 변신

촉매는 자신은 변하지 않으면서 다른 물질의 화학 반응을 빠르게 하거나 늦추는 물질이다. 화학 반응이 일어나기 위해서는 최소한의 에너지(활성화 에너지)가 필요한데, 정촉매는 이 에너지를 감소시켜 반응 속도를 빠르게 해 주고 부촉매는 활성화 에너지를 증가시켜 반응 속도를 느리게 해준다.

우리가 접하는 생활용품의 대부분이 촉매를 사용한 화학공정으로 제작된다. 그동안 현대 문명은 촉매를 활용한 대규모 석유화학공업으로 인해 발전했다고 해도 과언이 아니다. 자연에서도 촉매로 인해 화학반응의 속도가 달라지는 현상을 볼 수 있다. 바로 엽록소다. 엽록소는 빛이 닿으면 촉매가 되는 '광촉매'로서, 광촉매로 인해 우리가 호흡할 수 있는 산소가 만들어지는 것이다.

최근에는 환경 문제로 인해 오염물질을 최소화하고 에너지를 절약할 수



대표적인 촉매 물질로 쓰이는 제올라이트

있는 화학공정의 필요성이 대두되었고, 그 역할을 해주는 마법의 물질 역시 촉매임이 밝혀졌다. 화학공정에 반응효율이 높은 촉매를 사용하면 그만큼 에너지 사용을 줄일 수 있고, 배출되는 환경오염의 양도 감소하기 때문이다. 이렇게 촉매를 이용해 원하는 생성물을 좀 더 쉽게 확보할



세계 최초 촉매 이용 나프타 분해 공정 데모 플랜트(ACO)

수 있는 환경친화적인 화학공정기술이 개발되고 있다.

일례로 한국화학연구원에서 개발한 '세계 최초 촉매 이용 나프타분해 공정 기술'은 기존 기술보다 20% 이상의 에너지 및 이산화탄소 발생량을 저감할 수 있어 혁신적인 기술로 평가받고 있다. 나프타 분해 공정은 원유를 정제할 때 나오는 나프타를 분해하여 에틸렌, 프로필렌 등 기초 석유화학 제품을 생산하는 가장 기본적이고 대표적인 석유화학 공정으로 그동안 전 세계적으로 850℃ 이상의 고온에서 나프타를 분해하는 공정이 유일했다. 그러나 한국화학연구원이 개발한 공정은 기존의 열분해 기술과는 달리 촉매를 사용해 나프타를 분해시키는 기술로서 기존 공정보다 150℃ 정도 낮아진 700℃에서 나프타를 분해할 수 있어 에너지 소비를 줄이고 이산화탄소 배출량을 감축할 수 있는 기술이다.

이외에도 촉매를 활용한 환경친화적인 석유화학공정은 다양하다. 나프타

보다 저렴한 석탄, 천연가스, 바이오매스 등의 물질을 에탄올, 메탄올 등의 알코올로 전환시켜 촉매와 공정기술을 결합해 석유화학 제품(에틸렌, 프로필렌, 수송유)을 생산하는 공정 개발 연구도 진행 중이다. 또한 천연가스로부터 합성석유(디젤, 가솔린, 나프타)를 제조하는 신개념 촉매도 개발되어 한정된 탄소자원을 효율적으로 활용할 수 있는 가능성이 열렸다.

그 밖에 우리나라 연구진이 폐기물에서 수소를 생산하면서 유독물질을 배출하지 않는 친환경 촉매를 개발하고 환경친화적 생산 공정을 가능하게 하는 높은 활성도를 가진 촉매물질을 개발하는 등 촉매와 관련된 화학기술은 계속 진화하고 있다. 환경호르몬 물질을 없앤 촉매, 바이오촉매 등 촉매 자체를 환경친화적으로 제조하는 기술도 개발되고 있다. 지구를 구하는 방법의 물질 촉매가 미래에는 어떤 화학기술과 만나게 될지 궁금하다.

### 화학노트 엿보기

#### 촉매로 국가적 에너지자원 문제 해결한다?!

에너지 자원은 인류의 미래와 직결되어 있다. 이러한 에너지 자원을 효율적으로 생산하기 위해 핵심 기초 화학원료를 경제적, 친환경적으로 생산할 수 있는 패키지 공정을 우리나라에서 연구하고 있다.

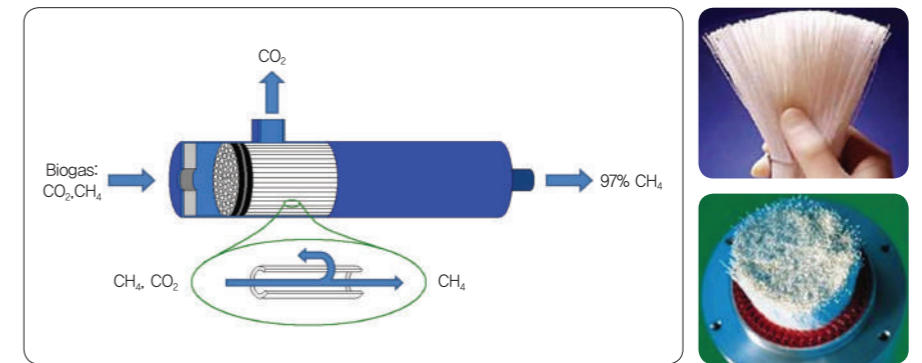
우리나라 화학 연구 중심기관인 한국화학연구원이 다른 정부출연연구기관과 산·학·연 연구역량을 모아 촉매를 활용하여 기초 화학원료 생산을 효율화할 대형 플랜트 기술 개발을 시작했다.

이 연구를 수행할 화학공정 융합연구단(CCP: Convergent Chemical Process)은 국가적 에너지 문제와 화학원료 수급 문제를 해결하기 위해 서로 다른 기관에 소속된 연구자들이 연구실 칸막이를 없애고 한 공간에 모여 함께 연구하는 첫 번째 시도이다. 다양한 분야로 구성된 약 50여명의 연구진이 참여하며, 최대 6년간 약 600억 원의 예산이 투입된다. 이 연구를 통해 기술 상용화가 이루어지면 약 16조원의 플랜트 수출과 6조원의 수입대체 효과가 있을 것으로 예측되며, 약 2,550만 톤의 CO<sub>2</sub> 저감 효과도 있을 예정이다. 큰 기대를 모으고 있다.

## 03 애물단지를 보물단지로 만드는 '분리막' 기술

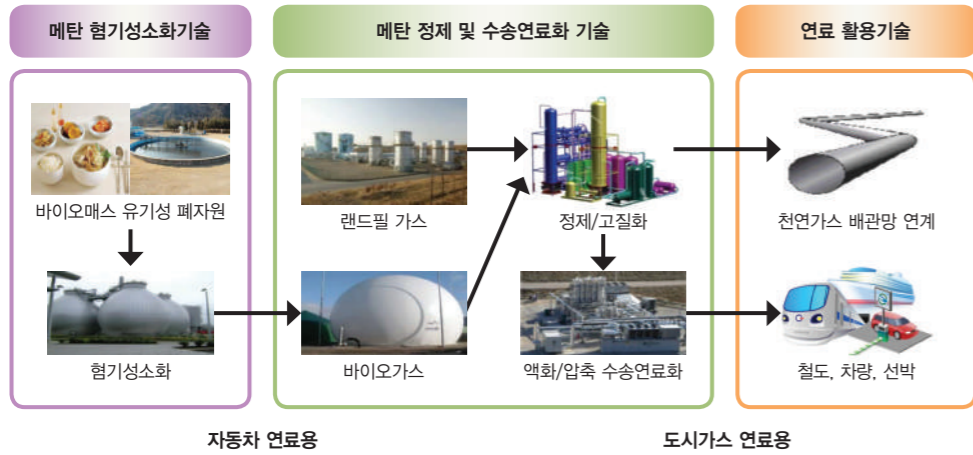
온실가스의 약 15%를 차지하는 메탄은 이산화탄소와 함께 지구온난화를 일으키는 주범이다. 열대우림의 나무들이 마구잡이로 벌목되면서 식생이 파괴되고, 홍수로 침수된 농경지에서 혐기성 미생물의 활용이 늘어나고, 소나 양 등을 기르는데서 나오는 축산 폐수가 증가하면서 대기 중의 메탄은 점점 더 늘어나고 있다.

그런데 이 애물단지 메탄을 분리해 신재생 연료로 활용할 수 있는 기술이 있다. 음식물쓰레기, 축산폐수, 하수슬러지 등과 같은 유기성 폐기물이 미생물의 작용에 의해 생산되는 가스를 바이오가스라고 하는데, 이중에 55~60%



분리막 원리 및 중공사막





수도권 매립지 정제(60Nm<sup>3</sup>/hr) 플랜트

를 차지하는 메탄을 분리해 난방 및 자동차 연료 등으로 재활용하는 기술이다. 이를테면 쓰레기 매립지에서 발생하는 가스를 자동차 연료로 사용할 수 있도록 만드는 것이다.

메탄을 분리하는데 필요한 핵심소재는 바로 '기체분리막'이다. 기체분리막은 바이오메탄의 회수뿐만 아니라 석유화학의 수소 정제, 선박이나 비행기의 폭발방지용 기체인 질소의 고순도화, 천연가스 내의 이산화탄소 회수 등 각 분야에 광범위하게 쓰이고 있다.

바이오메탄 분리회수 분야는 현재 전 세계적으로 신재생에너지의 확보 및 고가 자원의 재활용, 온실기체의 회수농축이라는 글로벌이슈 측면에서 새롭게 접근되고 개발되는 분야로서, 향후 시장이 수십조 원 이상으로 크게 창출될 것으로 예측되고 있다.

우리나라에서도 한국화학연구원을 중심으로 폐자원사업단 및 Non-CO<sub>2</sub> 사업단의 과제를 수행하면서 기체분리막 소재를 개발하여 다단 재순환 막 공정 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.

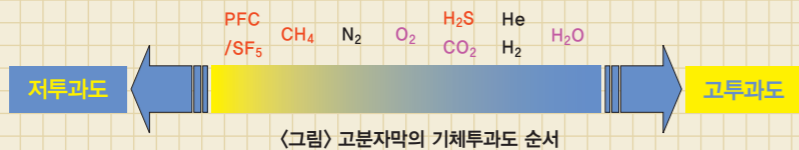
최근에는 불순물이 혼합된 저급한 매립지 부생가스에서 불순물을 선택적으로 제거하는 방법을 통해 자동차 연료에 직접 적용할 수 있는 메탄순도 95% 이상의 청정연료 생산에 성공했다. 한국화학연구원이 개발한 이 공정 기술을 통해서 음식물 쓰레기와 하수슬러지, 축산분뇨 같은 유기성 폐자원에서 발생하는 메탄가스에 적용하는 연구가 진행 중이다. 앞으로 지구온난화의 주범 중 하나인 메탄을 저감시킬 수 있고 도시가스나 차량 연료 등으로 활용할 수 있다고 하니 애물단지가 보물단지로 변하는 건 그야말로 시간 문제가 아닐까.

## 분리막(Membrane)이란?

분리막이란 액체나 기체혼합물 내에서 이온, 기체, 액체, 콜로이드, 세균, 입자 등을 선택적으로 제거하거나 투과하는 첨단 분리 농축기술로 우리가 늘 사용하는 정수기에도 이 분리막이 들어가 있다.

우리 몸에도 허파, 신장 등의 생체막(biological membrane)이 있는데, 이 막은 생물이 생명을 유지하는데 매우 중요한 역할을 한다. 막을 통해 물질이 선택적으로 잘 통과하면 살아있는 것이지만 그 기능을 잃게 되면 모든 생명체는 죽게 된다. 분리막도 이와 마찬가지로 필요한 물질만 선택적으로 제거하거나 투과시키는 것이다.

메탄을 분리하는 기체분리막법의 경우는 아래 그림처럼 막 내의 기체의 용해도나 확산도, 투과도가 다른 점을 이용해 간단한 가압이나 감압공정을 통해 메탄 혼합기체로부터 투과도가 높은 이산화탄소를 제거함으로써 메탄을 고순도로 농축할 수 있다.



## 04 현대판 '봉이 김선달' 되려면 화학을 알아야?

대동강 물을 팔았다는 '봉이 김선달'이 물이 부족한 현대에 태어났다면 어땠을까? 아마 버려지는 더러운 물을 깨끗하게 만들어서라도 팔지 않았을까 싶다. 물론 화학을 알아야 가능한 일이다.

세계적인 물 부족 현상은 갈수록 심각해지고 있다. 산업이 발달하면서 각종 오폐수가 증가해 수질이 나빠지고 있다. '수처리 분리막' 기술을 이용하면 이 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있다.

'수처리 분리막' 기술은 오폐수의 분리공정을 통해 오폐수에 포함된 특정 오염 물질을 제거함으로써 수질오염을 감소시키고 물 부족 문제를 해결할 수 있는 기술이다. 하수나 폐수, 가축의 분뇨, 음식물 쓰레기 등에 함유된 유기 인이나 암모니아 등의 물질을 제거하고, 빗물 또는 설거지나 목욕 등으로 나오는 생활폐수를 처리해 중수로 재활용할 수 있다.

수처리 분리막 기술에서는 무엇보다 분리막의 소재가 중



폐수의 재활용

요한데, 오폐수를 효율적으로 분리하면서 내구성을 지니는 분리막을 개발하는 것이 바로 화학의 핵심역할이다. 한국화학연구원에서는 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 고분자 및 세라믹 소재의 분리막과 이를 연계한 고도산화기술(AOP)을 개발하고 있다.

물 부족과 환경문제가 심각해지면서 전 세계적으로 오폐수를 재활용하는 수처리 시장 규모는 점점 커지고 있다. 봉이 김선달이라면 아마 이런 절호의 기회를 놓치지 않았을 것이다.



## 화학노트 엿보기

### 수처리 분리막 기술

수처리 분리막 기술은 수질 자원 내에 포함된 특정 오염 물질을 막분리 공정을 이용해 제거할 수 있는 유무기 소재를 기반으로 하는 기술로서, 높은 분리효율과 극한 환경 등에서 사용 가능한 높은 내구성 등의 내환경성이 요구되어진다.

이런 고도화된 분리막을 이용하면 정수기 유지비용도 절감할 수 있다. 상수도의 물은 오염원을 철저히 관리해 음용수로 마실 수 있지만 정수장에서 가정까지 물을 공급하는 수도관의 상태에 따라 오염이 될 수도 있다. 그래서 가정에서 정수기를 사용하는 경우가 많은데, 효율이 높고 내구성이 우수한 분리막을 정수기에 사용하게 되면 유지비용을 절감할 수 있는 것이다.





바이오화학  
영상으로 보기

사탕수수하면 곧바로 떠오르는 것은 설탕이다. 그런데 사탕수수가 달콤한 설탕을 만드는 데만 이용되는 것은 아니다. 화학과 생명공학 등의 획기적인 발전으로 사탕수수의 새로운 쓸모를 찾아낸 것이다.

한때 남미 최고의 석유 수입국이었던 브라질은 석유 의존도를 낮추기 위해 앞장서서 대체연료 개발을 시작했는데, 그들이 주목했던 것 중의 하나가 바로 사탕수수에서 에탄올을 얻어 연료로 사용하는 것이었다. 이처럼 사탕수수나 옥수수, 초본류, 목재료, 동물성 폐기물 등의 바이오매스 동·식물자원으로부터 대장균, 효모, 곰팡이 등의 미생물, 효소 및 화학촉매를 이용해 각종 화학제품과 에너지를 생산하는 기술을 '바이오화학기술'이라고 한다.

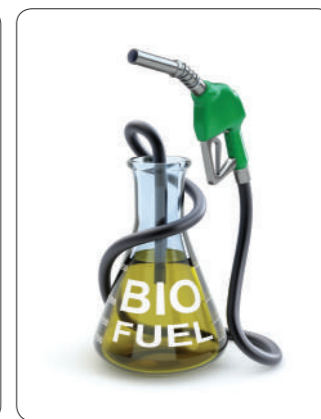


바이오화학에 이용되는 바이오매스(Biomass)는 재생이 가능한 동·식물자원으로, 이산화탄소 배출이 적고 친환경적이라는 특성을 가지고 있다. 따라서 우리나라를 비롯한 주요 선진국에서는 석유자원 이후의 21세기 친환경 화학원료 및 에너지원으로, 바이오매스를 이용한 바이오화학기술에 주목하고 있다.

바이오화학기술에는 단계별로 여러 종류의 화학기술이 쓰인다.

우선 바이오매스를 전처리해 미생물이 먹을 수 있는 당화액으로 만드는 기술이 필요하다. 그 후 대사공학 기술을 거쳐 미생물이 부탄올, 에탄올 등의 화학연료를 만들 수 있도록 균주개량하는 기술, 젖산에서 화학 촉매를 이용해 바이오플라스틱을 만드는 기술 등을 통해 우리 생활에 쓰일 수 있게 된다.

실생활에 쓰이는 대표적인 예는 바이오플라스틱이다. 재생가능한 바이오매스로부터 생물학적 변화과정을 거쳐 포도당, 젖산(lactic acid), 락티드(lactide) 등의 중간물질을 제조하고 이러한 중간물질을 촉매화학적 변환 과정을 거쳐 최종적으로 바이오플라스틱을 생산할 수 있다. PLA(Poly Lactic Acid)가 대표적인 바이오플라스틱인데, 바이오매스 플라스틱이면서 동시에 생분해성도 나타낸다. 자동차, 휴대폰 등의 친환경 소재로 쓰이며 최근에는 바이오화학 기술로 만든 기능성 옷도 등장했다. 바이오플라스틱에는 일정한 조건에서 미생물에 의해 물과 이산화탄소로 완전히 분해될 수 있는 생분



사탕수수에서 청정연료로 쓰이는 바이오에탄올을 합성할 수 있다.

	기반(Base)	명칭	바이오매스 함량	성분해 유무
플라 스틱	화석연료 기반	일반플라스틱	0~25% 미만	난분해성 (분해기간 10년 이상)
		성분해 플라스틱		성분해성
	바이오매스 기반	바이오매스 플라스틱	25%이상~ 50%미만	난분해성 (분해기간 조정가능)
		생분해 플라스틱	50%이상	생분해성

■ 광의의 정의 ■ 협의의 정의

바이오플라스틱의 정의

해성 플라스틱(biodegradable plastics)도 포함된다.

지속적으로 생산이 가능한 식물자원으로부터 연료나 화학제품을 생산하는 바이오화학기술은 유망한 미래 친환경 성장 기술이다.

## 재미있는 화학 이야기

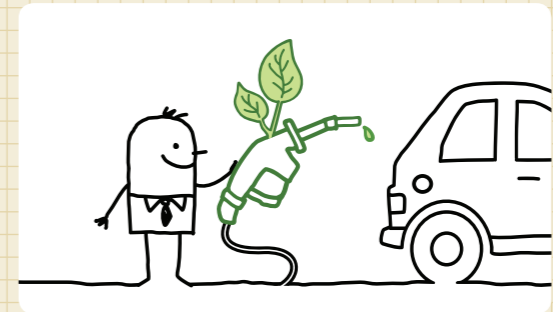
### 사탕수수는 어떻게 자동차 연료로 만들어질까?

브라질은 세계 최대 사탕수수 재배국가다. 브라질이 이렇게 사탕수수를 많이 재배하는 것은 설탕뿐만 아니라 바이오에탄올을 생산하기 위해서다.

브라질이 사탕수수에서 추출한 바이오에탄올을 자동차 연료로 개발하기 시작한 것은 1975년 1차 오일쇼크 이후부터다. 한때 남미 최고의 석유 수입국이었던 브라질이 석유 의존도를 낮추기 위한 선택이었다. 브라질 자동차부품협회(Sindipeças)에 의하면 브라질에서 현재 운행되는 차량의 47%가 바이오에탄올과 휘발유를 번갈아 사용할 수 있는 '플렉스(flex)' 자동차다.

그렇다면 사탕수수는 어떻게 자동차 연료가 될까? 먼저 사탕수수를 이용해서 술을 만드는 양조과정과 유사한 생물·화학적 전환 과정을 거쳐 알코올을 만들고 최종적으로 정제하여 고순도의 바이오에탄올이 된다. 이 바이오에탄올이 바로 재생가능한 청정 연료가 되는 것이다. 바이오에탄올은 사탕수수뿐만 아니라 사탕무나 고구마, 옥수수 등으로도 만들 수 있다.

출처: 연합뉴스 2013. 8. 5.





## 06 화학소재가 자연을 살린다

### 차세대 전지

#### 1. 수소와 산소가 만나 전기를 생산한다 - 연료전지

수소는 지구상에서 가장 풍부하고 무한정인 원소다. 하지만 화합물에서 분리 사용해야 하는 2차 에너지이기 때문에 수소를 이용해 에너지를 만들기 위해서는 분리 기술이 필요하다. 연료전지는 수소 에너지를 이용하는 기술 가운데 가장 효과적이고 경제적인 기술이라고 할 수 있다. 연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 전기를 생산하며, 연소 과정을 거치지 않기 때문에 공해물질을 배출하지 않는다.

연료전지에는 전해질을 중심으로 양쪽에 기체가 통과할 수 있는 두 개의 전극이 존재한다. 한쪽 전극에서 수소가 이온화되어 수소 이온과 전자가 생성되면, 전자는 외부로 연결되어 있는 전선을 따라, 수소 이온은 전해질을 따라 반대 전극으로 이동한다. 반대 전극에 도착한 수소 이온과 전자는 반대편의 산소 이온과 반응하여 물을 만들어낸다. 이 때 전자가 이동하는 과정에서 전기에너지가 발생한다.

세계 최초의 연료전지는 1839년 영국의 물리학자이자 화학자인 윌리엄 그로브(William Grove)가 실험한 수소가스와 산소가스의 반응으로 전기가 생성된 것이다. 1893년 독일의 화학자 프레드릭 오스트발트(Ostwald,

Friedrich Wilhelm)는 연료전지의 원리를 이론적으로 체계화했으며, 영국의 프랜시스 베이컨(Francis Bacon)은 처음으로 알칼리 전해질을 이용하여 연료전지를 만드는 데 성공했다. 이후 고분자전해질 연료전지, 용융탄산염 연료전지, 고체산화물 연료전지, 인산형 연료전지, 직접메탄올 연료전지 등 다양한 종류의 연료전지가 개발되었다. 연료전지는 미국의 우주선 제미니와 아폴로에 탑재되기도 했다.

특히 고효율 연료전지는 자동차 엔진역할을 하여 에너지를 절약할 수 있다. 이를 위해서는 연료전지의 성능을 향상시킬 새로운 화학 기술이 필요한데, 우리나라의 경우 한국화학연구원 등에서 연료전지를 이루는 새로운 고분자 전해질 막 소재를 개발하고 있다. 저렴하고 효율성도 높은 꿈의 연료전지를 우리 일상생활에서 사용할 날이 멀지 않았다.



#### 화학노트 엮보기

##### 이차전지

이차전지는 연료전지, 태양전지 등을 포함하는 전지의 한 형태이며, 전기에너지와 화학에너지의 상호 변환 및 저장 장치이다. 일반 건전지와 달리 충전, 방전이 가능하며 회생성이 아니며 공해물질을 배출하지 않는 것이 특징이다. 전기자동차, 에너지저장시스템(Energy Storage System), 휴대폰 배터리 등에 쓰인다.

이차전지는 리튬이차전지, 소듐전지, 마그네슘전지 등을 포함하며 전지의 종류에 따라 다양한 원리를 가진다. 이차전지에서 가장 많이 쓰이는 것은 리튬이차전지이다. 충전은 양극(+)에서 리튬이온을 방출하고 전자는 극판으로 이동하는 원리로 이루어지며, 방전은 충전과 반대 방향으로 리튬이온과 전자가 이동하는 원리로 구현된다.

초기에는 전지조립기술에 치우쳐 있었으나, 향후는 전지를 구성하는 우수한 화학소재 기술이 관련 시장을 선도할 것으로 예상된다. 최근에는 고용량의 배터리를 구현하기 위한 리튬공기전지에 관련한 연구도 이루어지고 있다.

## 오래 가는 알칼리 전지의 비밀

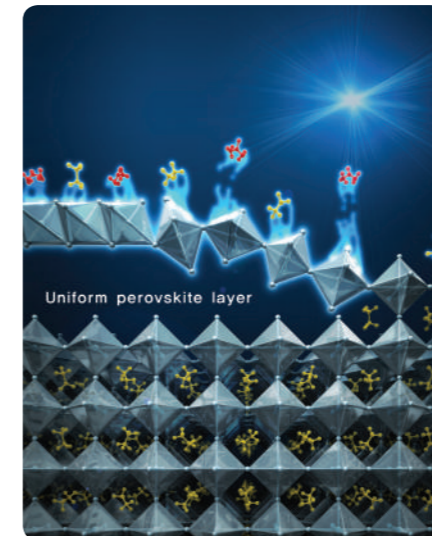
망간 건전지의 전해질인 염화암모늄은 산성 용액이므로 아연을 녹슬게 한다. 그래서 전지의 수명이 짧아진다. 알칼리 전지도 망간 건전지처럼 (-)극에는 아연을, (+)극에는 탄소 막대를 사용한다. 하지만 전해질의 성분은 다르다. 알칼리 전지의 전해질인 수산화칼륨은 염기성 물질이기 때문에 아연이 녹슬지 않는다. 염기성 물질은 금속에게 아무런 영향도 미치지 않기 때문이다. 따라서 알칼리 전지는 망간 건전지보다 수명이 긴 것이다.



## 2. 남아도는 태양광으로부터 전력을 생산해낸다 - 태양전지

전 세계 지구촌에서 1년에 사용하는 에너지의 양은 어마어마해 보이지만 지구에 도달하는 태양에너지 양과 비교하면 0.01%에 불과하다. 광합성을 하는 미생물과 식물이 태양에너지의 극히 일부를 이용할 뿐 대부분은 대기나 지표에서 반사돼 다시 저 멀리 우주로 향한다. 따라서 지구에 도달하는 태양에너지를 '경제성 있게' 활용하는 방법을 찾는다면 인류는 에너지 위기에서 벗어날 수 있을 것이다.

태양에너지는 태양광과 태양열에서 나오는 에너지가 있는데, 태양광을 직접 전기로 바꾸기 위해서는 태양전지가 필요하다. 태양전지는 물질이 빛에 노출되었을 때 전압이나 전류를 만들어내는 '광전효과' 원리를 이용해 태양광으로부터 전력을 직접 생산해 내는 발전방식을 가지고 있다. 태양전



국제학술지 'Nature Materials'(2014.9.) 표지 이미지  
무기물과 유기물이 화학반응하여 하이브리드 태양전지를 형성하는 과정에 대한 이미지.



'세계 3대 과학 학술지' Nature (2015.1.7.) 게재 이미지  
무·유기 하이브리드 태양전지.

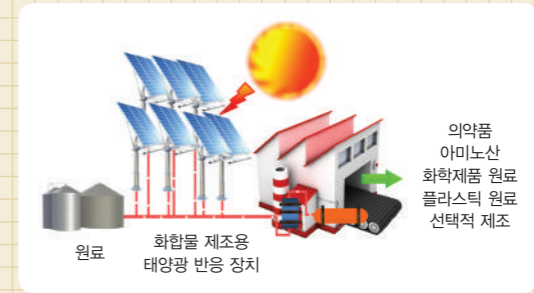
지는 결정질 실리콘 태양전지, 실리콘/ 화합물/ 염료감응/ 유기/ CIGS 등의 재질을 가진 박막태양전지, 나노, 양자점, 하이브리드 태양전지 등 여러 종류로 나뉘는데, 원료 및 화학소재 공정 기술의 발전에 따라 에너지 효율이 높아지기 때문에 화학 기술의 중요성이 그만큼 크다.

한국화학연구원에서는 무기물과 유기물의 장점을 결합시킨 미래형 태양 전지 제조 기술로 세계 최고 효율의 신개념 '무·유기 하이브리드 태양전지'를 개발해 국제학술지인 네이처(Nature)지에 게재하기도 했다. 태양으로부터 지구에 도달하는 태양광은 자외선에서 가시광선 및 적외선을 포함하고 있는데 무·유기 하이브리드 태양전지는 근적외선까지의 태양광을 활용하며, 이 기술을 활용하면 보다 간단한 공정으로 저렴하고 효율이 높은 태양 전지를 제작할 수 있다는 장점이 있다.

재미있는 화학 이야기

석유 없이 화학물질을 만드는 태양광공장

어렸을 때 들었던 도깨비 방망이 전래동화는 우리의 상상력을 자극한다. 현실에도 도깨비 방망이를 만드는 공장이 있다면 얼마나 좋을까. 이러한 꿈같은 일이 현실에서 가능하게 되었다. 태양광을 이용해 우리에게 필요한 화학물질을 똑딱 만들어주는 '태양광공장' 기술이 한국화학연구원에서 개발된 것이다.



태양광 화학 공장(Solar Chemical Factory) 인공광합성 시스템은 무한 청정한 태양광을 이용하여 고부가 화합물을 선택적으로 제조할 수 있는 기술이다. 시스템 내에 원료물질과 그에 합당한 효소만 넣어주면, 원하는 고부가 정밀화학제품을 100% 선택적으로 생산할 수 있다. 또한 원료물질과 효소를 교체하면 다른 원하는 물질을 선택적으로 얻을 수 있다. 2014년에는 새롭게 개발된 광촉매를 통해, 세계 최초로 태양광을 이용하여 이산화탄소로부터 메탄올만을 선택적으로 생산하는 인공광합성 기술을 개발했다. 2012년에는 태양광을 이용하여 부작용, 독성 등이 없는 의약품을 생산할 수 있는 기술도 개발되었다. 현재는 태양광 공장 실용화를 위한 연구가 계속되고 있다. 태양광 화학공장이 현실화 되면, 지구온난화 및 자원 고갈 문제를 동시에 해결할 수 있을 뿐만 아니라 향후 먹고, 입고, 자는 문제를 모두 해결할 수 있어 획기적인 미래 화학기술로 주목받고 있다.



01 화학의 두 얼굴

02 녹색화학의 등장

03 지구를 지키는 슈퍼맨, 블루 케미스트리

04 대한민국 케미토피아, 한국화학연구원

05 2030년 블루월드, 대한민국은 어떤 모습일까?

CHAPTER 6

# 화학, 블루월드를 꿈꾸다

# 01 화학의 두 얼굴

화학은 빠르게 발전하며 인류를 풍요롭게 만들어주었다. 그러나 좋은 면만 있는 것은 아니다. '화학 없는 삶'이 불가능한 지금, 화학은 순기능 이면에 환경오염, 유해물질, 자원의 고갈 등의 문제점들을 가지게 되었다.

화학의 두 얼굴을 보여주는 대표적인 물질이 플라스틱이다. 플라스틱이 일상생활에 본격적으로 사용되기 시작한 것은 1920년대 이후였다. 1920년대부터 1930년대까지 전 세계 실험실에서는 다양한 플라스틱 물질들이 쏟아졌다. 이 새로운 물질들은 전쟁을 위해 다양한 용도로 사용됐고, 전쟁이 끝나자 일상의 소비재로 쓰임새를 바꾸었다. 자동차에서 철을 몰아내고, 종

이와 유리를 대체하고, 방과 거실에는 나무로 만든 가구 대신 플라스틱 가구들이 하나 둘 자리를 잡았다. 2012년을 기준으로 보면 세계 플라스틱 생산량은 2억8천8백만 톤이다.\*

플라스틱은 이제 우리 생



활의 거의 모든 곳에 쓰인다. 그러나 한편으로는 우리의 건강과 환경을 위협하는 물질로 꼽히기도 한다. '환경호르몬'이라 부르는 내분비교란물질과 바다의 플라스틱 쓰레기 같은 폐기물 때문이다. 인류는 이 두 문제를 해결할 방법을 찾고 있다.

이전에는 어떻게 하면 좋은 물질을 경제적으로 생산할 수 있는가에 주안점을 두었다면, 이제는 생산 과정에 위험성은 없는지, 해로운 물질이 배출되는 않는지, 또 생산된 물질이 장기적으로 환경과 인체에 어떤 영향을 미치는지에 대하여 고민하게 되었다.

## 화학노트 엿보기

### 플라스틱과 환경호르몬

환경호르몬은 '내분비계 교란물질'을 뜻한다. 폴리카보네이트에 있는 비스페놀 A(Bisphenol-A)는 부식을 막는 화학 물질인데, 이 분자들을 사슬처럼 연결시키면 단단하고 내구성이 있는 플라스틱이 된다. 비스페놀A는 유해성 논란이 아직도 계속되고 있다. 그러나 우리나라 식품의약품안전처에서 2015년 배포한 '식품용 기구 및 용기포장 사용' 책자에 보면 유해성의 뜻을 정확히 할 필요가 있다고 되어 있다. 우리나라 통조림 183개 제품을 검사한 결과 최대 0.017mg이 검출되었는데, 인체 안전기준치에 도달하기 위해서는 몸무게 60kg 성인이 매일 176개의 캔에 담긴 음식을 섭취해야 한단다. 그러나 위험성을 분명하게 알고 사용하는 것은 중요한 일일 것이다.

출처: 네이버캐스트 월간캠핑 소재이야기 플라스틱, 2014년 3월호



\* 네이버캐스트 월간캠핑 소재이야기 플라스틱, 2014년 3월호

## 02 녹색화학의 등장

화학은 인류문명의 성장 과정을 지탱하며 진화해 왔다. 그러나 20세기 들어 화학이 환경에 미치는 부정적인 영향이 부각되었다. 일각에서는 화학산업이 에너지 대량소비 산업이면서 폐기물과 공해물질을 배출하는 공해산업으로 인식되고 있다. 합성 의약품이 질병을 치료하기도 하지만, 한편으로는 독성 화학물질이 몸에 축적되면 건강을 위협하기도 한다. 화학공장의 폭발



과 화재, 안전사고도 사회적 이슈가 되었다. 화학물질을 사용하지 말자고 주장하는 사람들도 생겨났다. 그러나 이런 주장은 빈대를 잡기 위해 집을 태우는 것과 마찬가지다. 현대의 모든 삶과 문화는 화학산업과 깊은 관계를 맺고 있기 때문이다. 그렇다면 화학산업으로 인한 위험 요소를 제거하고 후손에게 더 좋은 환경을 물려줄 수 있는 지속가능한 발전을 이룰 수는 없을까?

### 화학노트 엿보기

#### 녹색화학의 12가지 원칙(폴 아나스타스, 존 워너)

미국의 폴 아나스타스는 1991년 녹색화학의 명칭과 개념, 12가지 원칙을 제안했다. 이 원칙은 화학계 전반에 확산되었다. 12가지 원칙은 다음과 같다.



폴 아나스타스  
(Paul T. Anastas)

- 1 폐기물은 생긴 다음에 처리하기보다, 생기지 않도록 해야 한다.
- 2 사용하는 원료가 전부 최종 생성물에 들어가도록 합성 방법을 개발해야 한다.
- 3 사람의 건강과 환경에 덜 해로운 물질을 사용하고, 덜 해로운 물질이 생기는 합성법을 개발해야 한다.
- 4 원하는 기능은 있으면서 독성은 최소인 화학제품을 고안해야 한다.
- 5 가능하면 보조 물질은 사용하지 않아야 하며, 사용하는 경우에는 무해한 것이어야 한다.
- 6 가능하면 화학 반응을 실온과 대기압에서 일으켜서 에너지 소비를 최소화해야 한다.
- 7 기술적으로나 경제적으로 허용될 경우, 고갈되는 원료보다는 재생 가능한 원료를 사용해야 한다.
- 8 유도체화(보호/탈보호 반응, 일시적인 물리적/화학적 공정의 변형 등)는 가능하면 줄이거나 피해야 한다.
- 9 촉매(될 수 있으면 선택적인 촉매)를 사용하는 것이 바람직하다.
- 10 화학제품은 사용한 후에 해롭지 않은 것으로 분해되도록 고안돼야 한다.
- 11 실시간으로 화학 공정을 감시하고 해로운 물질의 생성을 통제할 수 있는 분석 방법의 개발이 필요하다.
- 12 화학 공정에 사용되는 물질은 폭발, 화재, 외부로의 배출 등의 사고 가능성이 거의 없는 것을 선택해야 한다.

이를 위해 선진국을 비롯한 많은 나라들은 화학물질과 안전 관련 규제를 강화하고, 화학으로 인한 환경문제를 화학기술로 최소화하려는 노력을 하고 있다. 최근에는 폐기물과 지구온난화 유발물질들을 아예 자원으로 활용, 화학물질로 전환시킴으로써 환경보호와 산업발전이라는 두 마리 토끼를 잡으려는 노력을 하고 있다.

이러한 배경에서 탄생한 것이 바로 ‘그린 케미스트리(Green chemistry, 녹색화학)’이다. 녹색화학은 화학이 더 안전하고 더 깨끗하며 에너지 효율적인 방향으로 패러다임을 전환해야 한다는 의미로 1991년 미국 환경보호국(EPA)에 근무하던 화학자 폴 아나스타스(Paul T. Anastas) 박사가 만든 용어다. 녹색화학은 문제가 발생한 후에 해결하는 것이 아니라, 오염 자체를 예방하고 최소화하는 개념으로서 환경오염을 줄이거나 나오지 않게 하는 화학기술, 화학 물질이나 제품을 생산하는 데 에너지를 적게 쓰는 화학기술을 개발하는 것이 바로 녹색화학의 목표다.

녹색화학은 전 세계적으로 확산되어 화학연구와 화학산업의 틀을 친환경적 개념으로 바꾸었고 화학계는 치열한 자기변신을 시도했다. 그 결과 미국의 연간 위험물 발생량은 1991년 2억 7,800만 톤에서 2009년 3,500만 톤으로 급감했다.\*

\* 과학동아 2011. 5월호

## 재미있는 화학 이야기

### 버리는 페트병으로 등산복을 만든다고?

콜라병, 식용유병 등 다양한 용도로 쓰이는 페트병이 세계적으로 골칫거리가 되고 있다. 그렇다면 이 페트병을 재활용할 수 있는 방법은 없을까?



한 회사는 버려지는 페트병을 재가공해 등산용 재킷을 만들었다. 페트병 15개 정도면 성인용 등산재킷 하나를 만들 수 있다고 하는데, 촉감이나 보온성, 탄력성 등이 일반 폴리에스테르로 만든 제품에 뒤지지 않는다는 것이 회사 측의 주장이다.

이처럼 페트병으로 섬유를 만드는 것이 가능한 이유는, 고분자재료를 어떤 모양으로 가공하는지에 따라 성질과 용도가 달라지지만 그 구조는 근본적으로 차이가 없기 때문이다. 이를테면 페트병 제조에 사용하는 폴리에스테르와 합성섬유로 사용하는 폴리에스테르가 근본적으로 차이가 없다는 이야기다.

어찌됐든 페트병으로 만든 등산재킷은 폐품의 재활용이라는 관점에서 보면 권장할만한 일이다. 단, 페트병 수거와 세척, 재가공 등의 과정을 거쳐야 하기 때문에 정상 공정으로 만든 의류보다 값이 더 비싸다는 단점을 극복한다면 말이다. 앞으로 재활용 과정에서 좀 더 비용 절감이 된다면 갈수록 심각해지는 플라스틱의 공해를 조금이나마 줄일 수 있지 않을까? 한가지 더! 플라스틱의 친환경적 변신을 위해, 공기나 토양에서 자연분해되는 생분해성 플라스틱 개발도 점점 중요해지고 있다.

출처: 진정일 교수의 교실 밖 화학이야기, 진정일, 궁리, 2013



## 03 지구를 지키는 슈퍼맨, 블루 케미스트리

‘녹색화학’은 화학연구의 패러다임을 바꾼 의미 있는 움직임이었다. 그러나 이미 환경오염이 심각한 지구에서 오염을 예방하는 소극적인 대처로는 충분치 않은 면이 있다. 이미 파괴된 자연의 재생과 복원을 가능하게 하고 자원 및 물질 이용 방식을 바꾸는 새로운 화학도 필요한 시점이다.

자연생태계는 쓰레기를 만들지 않는다. 생태계 내에서 발생하는 쓰레기와 폐기물은 자연 스스로 정화하고 처리함으로써 생태계를 유지하기 때문

이다. 이와 같은 자연생태계의 방식을 산업과 사회 생태계도 적용한다면 환경오염 예방에서 한걸음 더 나아가 자연의 재생과 복원을 통한 생태계 유지가 가능할 것이다. 이러한 생각에서 나온 것이 ‘블루 케미스트리(Blue Chemistry)’라는 개념이다.

새로운 화학 패러다임인 블루 케미스트리의 핵심 개념은 자연을 단순히 보전하고 환경을 파괴하지 않는 과학을 넘어 자연을 복원, 혹은 재생하는 새로운 화학을 말한다. 블



©shutterstock.com

루 케미스트리는 새로운 산업과 사회 시스템을 만들어내고 기술, 사회, 경제 통합까지 고려한다. 이 같은 과학기술과 사회의 통합이 물, 식량, 에너지, 자원, 빈곤 등의 문제를 해결하는 방안이 될 수 있다는 생각이다.

향후 화학 연구는 자연생태계를 모방하는 기술, 즉 환경오염을 예방하되 그래도 어쩔 수 없이 발생하는 폐기물과 오염물질을 자원으로 활용하여 화학제품의 생산 공정 자체를 자연생태계처럼 만들 수 있는 기술의 개발을 지향할 것이다. 또한 환경 뿐만 아니라 안전과 삶의 질 등 다양한 사회문제를 해결하는 기술, 아예 아무런 자원을 소모하지 않고 태양광만으로 화학원료를 생산하는 기술 등 녹색화학의 예방 개념을 뛰어넘어 자연생태계적 관점의 새로운 기술개발들이 추진되고 있다. 화학이 위험하고 유해한 것이라는 오명을 벗고 지구를 지키는 슈퍼맨으로 거듭날 가능성이 커지고 있다.



### 화학노트 엿보기

#### 블루 케미스트리(Blue Chemistry, 청색화학)

한국화학연구원을 중심으로 국내 화학계 산학연관 전문가들은 2020년을 내다본 ‘화학 산업 발전전략(CHEMI 2020)’에서 환경과 지구 자체를 재생하고 복원하는 새로운 화학 패러다임으로 ‘블루 케미스트리(Blue Chemistry)’라는 개념을 제안했다. 자연 모방 기술, 자연 재생 기술의 개발과 확산으로 자연을 재생시키면서도 일자리와 경제 발전을 지속할 수 있다고 말한 유명기업가 군터 파울리(Gunter Pauli)의 저서 <블루 이코노미>에서 착안했다. ‘블루 케미스트리’는 자연재생 화학기술 창출, 화학과 기타 영역 기술의 융합, 사회기술시스템 혁신으로 자연환경과 지구 자체를 재생하고 복원하는 것을 새로운 화학 발전전략으로 제시하고 있다.

지금까지 살펴본 것처럼 화학은 다양한 분야에서 전 세계 인류의 발전에 기여해왔다. 우리나라에서도 광복 이후 ‘한강의 기적’이라 불렸던 1970년대 비약적 산업의 발전에는 화학산업의 역할이 컸다.

우리나라 화학산업은 1960년대 비료공업에서 시작해 가발, 신발 등 경공업 수출 호황 시대를 이끌었고, 중공업, 첨단 산업으로의 진입과 도약을 가져왔다. 화학산업은 국가 기간산업이자 주력산업으로서 생산규모 또한 지속적으로 증가해왔다. 2013년 기준 400조원에 달하는 등 국내 제조업 중 1위를 차지하고, 2014년에는 세계적으로도 5위에 이르고 있다. 우리나라에서 화학산업이 태동했던 1970년 대비 15,800배 증가한 수치다.

이처럼 우리나라의 화학산업 발전을 이끈 데는 정부와 산업계, 대학, 연구소 등 다양한 분야의 노력이 있었지만 무엇보다 국내 유일의 화학분야 국책연구원인 ‘한국화학연구원’을 빼놓고 말할 수 없을 것이다. 한국화학연구원은 1976년 설립된 이래 화학 원천기술 개발을 통해 우리나라 화학 산업의 경쟁력을 키우고 우리 삶의 질을 높이는 데 기여해왔다.

‘빨래 끝~ 옥시크린’이라는 표백제 광고 문구를 기억할 것이다. 한국화학연구원은 바로 이 환경친화적인 산소계 표백제를 국내 최초로 개발한 곳이다.



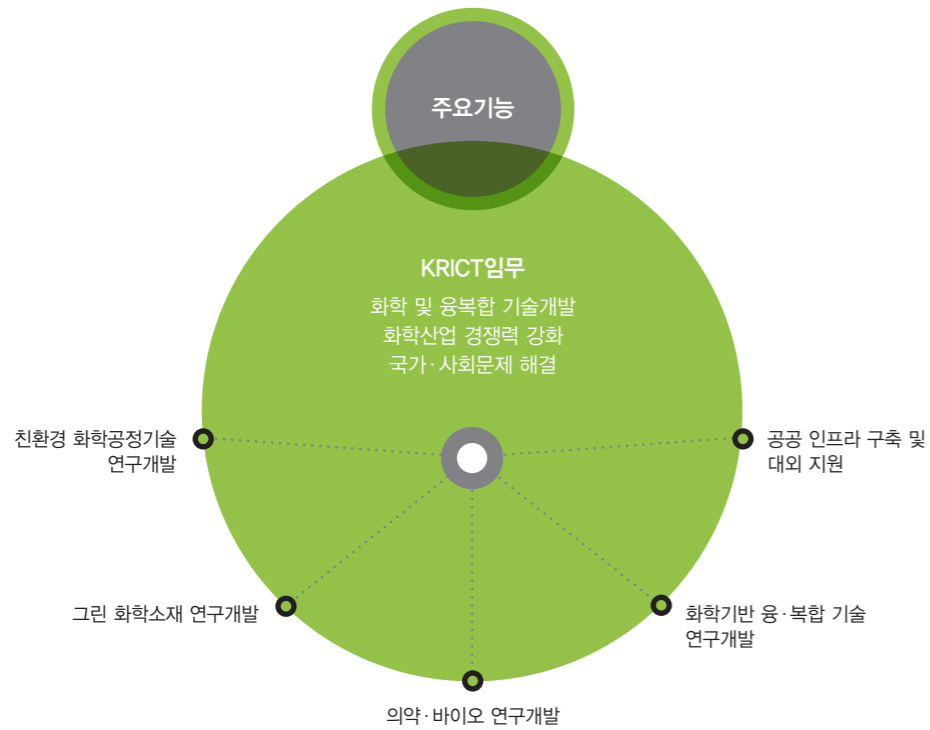
한국화학연구원이 개발한 환경친화형 산소계 표백제      왼쪽 뒤: LCD용 액정 배향막, 가운데: 폴리이미드 필름, 오른쪽 앞: 폴리이미드 성형부품

그밖에도 접착제, 윤활제, 검, 립밤 등에 들어가는 정밀화학제품원료인 폴리부텐 제조 공정 기술은 한국공학한림원이 선정한 대한민국 100대 기술에 이름을 올렸고, 에이즈 바이러스 증식 억제제 개발, 이미페넴 제조 공정의 효율화 기술 개발, 녹내장 치료제와 골다공증 치료제 후보물질 개발 등 각종 치료제 및 치료제 후보물질 개발도 한국화학연구원의 연구 성과물이다. 한국화학연구원은 폴리이미드 필름, LCD용 액정 배향막 등 첨단 문명을 가능하게 한 화학 소재 기술의 국산화를 통해 국내 화학산업의 경쟁력을 한층 강화하기도 했다.

최근에는 인류의 미래를 위한 더 재미있고 의미있는 성과들이 창출되고 있다. 항바이러스 치료제에 대한 다국적 제약회사 기술이전을 비롯해 세계 최초로 개발한 촉매이용 나프타분해공정 기술, 세계 최고 효율의 하이브리드 태양전지 개발, 불소 수지 기초 원료 상용화 제조공정 개발, 태양광을 이용해 이산화탄소로부터 메탄올을 제조하는 공정 기술 개발 등 괄목할 만한 성과들이 이어지고 있다. 또한 채소병리 검정기반 구축, 비만·당뇨 치료제

후보물질 개발 등이 국가연구개발 우수성과에 선정되었다. 이러한 노력을 인정받아 2012년에는 세계적 평가기관인 톱슨로이터가 특허경쟁력을 기준으로 선정하는 세계 100대 혁신기관에 정부출연연구원으로는 최초로 선정되어 세계적인 연구역량을 입증했다.

대한민국 케미토피아의 중심인 한국화학연구원은 우리 일상생활에 살아 숨 쉬며 인류의 삶을 더욱 풍요롭고 건강하게 해주는 화학기술을 개발하고 있다.



한국화학연구원 사계



화학이 인류 문명과 산업 발전의 중추 역할을 해온 것처럼 블루 케미스트리는 자연을 재생시키는 건강하고 편리한 삶을 꿈꾼다. 다양한 신약이 개발돼 거의 모든 암을 완치하고, 이산화탄소는 발생하자마자 자원으로 재활용되며, e페이퍼가 보편화돼 종이 사용량의 90%가 줄어든 꿈의 세상! 블루 케미스트리가 구현해나갈 미래의 모습이다.

### 당뇨병 치료

폐지에서 추출한 헤징으로 면역반응을 최소화한 인공 췌장이식 수술을 할 수 있다. 많은 이들이 고통을 겪는 당뇨 합병증을 없앨 수 있다. 심장을 비롯해 장기 교체나 시신경 등을 줄기세포를 통해 교체하는 것도 가능해진다. 면역 반응을 최소화하기 위한 물질과 신약 개발에 답이 있다.

### 고칼로리 환약

눈코 뜰 새 없이 바쁠 때 고칼로리 환약을 먹는 것으로 끼니를 대체할 수 있다. 이 약은 포만감을 느끼는 신경을 자극해 약간의 식곤증까지도 생긴다. 조그마한 환약 하나에 식사 한끼 분량의 영양 성분과 칼로리를 대체할 수 있는 화학적 성분 결합이 필요하다.

### 수면 시간 제어 생체 칩

일정 시간에 취침하고 매일 똑같은 시간에 기상하는 대표적인 곳은 군대다. 생체 칩을 통해 자고 깨는 시간을 정확하게 컨트롤할 수 있다. 잠이 오게 하는 물질을 생체 칩 내에 주입했기 때문에 가능하다. 유체를 채운 이불이 군인이 일어나면 수압과 진동을 주면서 아침 마사지와 동시에 몸을 씻겨 준다. 후은 내무실에서 잠이 덜 깬 채로 세수하려 가야 하는 모습은 더 이상 찾아보기 힘들다.

### 스마트ID 태그

회사나 집에 들어오면 ID 태그를 이용해 실시간으로 신원 확인이 가능해진다. 사무실 점등, 출입문 개폐기능, 개인 PC 및 전열기, 가전기기, 공기정화기들이 자동으로 작동한다. 특히 능동형 타입의 전자태그(RFID)는 박막 전지를 이용한 자체 전원 및 디스플레이 장치 내장돼 있어 신용카드로도 사용이 가능하다. 자동 피부 인식 기능으로 다른 사람은 사용하지 못하게 할 수 있다.

### e페이퍼

구부러지는 화학 디스플레이 소재를 이용해 뉴스나 신문, 영상을 볼 수 있게 된다. 무선 충전 기능을 이용해 1분 만에 급속 충전할 수도 있다. e페이퍼에 탑재된 신소재 플렉서블 전지는 급속 충전뿐만 아니라 플렉서블 디스플레이와 완벽하게 들어맞는다.

건강



Health

생활



Life

### 패치형 약

부작용 없는 패치형 약이 약의 형태로 먹는 의약품 판도를 바꿀 것이다. 먹는 약은 복용 시간을 놓치는 경우가 있지만 패치형 약은 한번 붙이면 알아서 약효를 낸다. 많은 사람들이 복용하는 혈압 약 같은 경우 한달에 한번 붙이기만 하면 매일 약을 복용할 필요가 없게 된다.

### 숙면제

수면 메커니즘이 규명되면서 숙면제가 상용화된다. 숙면제를 먹으면 불면증도 사라지고 자고 일어나면 피로감도 덜하다. 화학을 바탕으로 개발된 숙면제는 수면에만 관련 있는 수용체에 작용해 다른 부작용을 없앤다.

### 바이오플라스틱

미생물의 세포 내에 있는 폴리에스터 물질을 이용한 친환경 플라스틱이다. 컵이나 접시 등 그릇을 만드는데 사용되지만 1회용 플라스틱 그릇이나 다시 플라스틱으로 재활용되는 그릇과는 다르다. 땅에 묻으면 토양 속 세균이 쉽게 분해할 수 있다. 생체에 융합할 수도 있어 수술할 때나 골절 고정체로도 활용된다.

### 친환경 화학 자동차

태양전지와 바이오매스 등 화학 소재로 제조된 친환경 자동차는 손으로 차문을 잠으면 피부인식 시스템을 통해 자동으로 차문이 열린다. 몸 컨디션에 따라 피로를 풀어줄 수 있는 적절한 안마를 자동차 좌석을 통해 받을 수도 있다. 낮에는 태양을 이용해 전기 생산이 가능하며 밤에는 전력망 충전이 가능한 자동차다. 전력을 전력망에 연결된 빌딩이나 가전제품과 나눠 사용하다가 출발 전에 급속으로 전지를 충전시켜 출발한다.

### 우주



Space

### 인간 닮은 합성생명체

생명공학과 화학의 결합판. 자연을 모방하고 재생하는 개념의 블루 케미스트리와 생명공학이 합쳐져 탄생한 합성생명체다. 하지만 윤리적인 문제 때문에 종교 단체를 비롯해 많은 이들이 상용화 반대를 주장할지도 모른다. 합성생명체는 우주 개발용으로 활용할 수 있다. 최대한 인간을 닮은 화학재료로 만든 피부의 장기 등이 우주 환경에서 어떤 반응을 보일지 중요한 척도가 될 수 있기 때문이다.





# 2030년 1월 1일, 나미래 씨의 하루

## 미래화학 24시

### Chemistry 24 Hours in Future

10년 전, 20년 전 우리 삶을 되돌아볼까요? 그동안 많은 변화가 있었습니다. 새로운 약이 개발되어 치료가 어렵던 병을 고치기도 하고, 새로운 소재의 개발로 좀 더 편리한 생활이 가능해졌습니다. 그밖에도 다양한 분야에서 우리의 삶은 많은 발전이 있었습니다. 앞서 살펴보았듯이 이러한 변화는 화학의 발전과 깊은 연관이 있습니다. 그렇다면 2030년, 우리의 삶은 또 어떻게 변해있을까요? 한국화학연구원의 연구원 나미래씨의 하루를 통해 화학으로 변화된 미래의 모습을 상상해 볼까요?

## Morning

**입체 스크린과 스마트 안경**  
집에서 평창 바람을 맞으며 아침 운동  
거실에 설치된 얇은 스크린이 휘어져 실내공간에서 실제와 같은 풍경 연출이 가능해졌습니다. 스마트 안경이 열암, 맥박을 실시간으로 체크하며, 지정된 운동 프로그램에 따라 해야 할 코스를 차례대로 알려줍니다. 정기적인 업데이트로 평창의 바람도 느낄 수 있습니다.

**친환경 Smart EV(Electric Vehicle)**  
바이오매스 기반의 청정 합성 연료  
흐린 날씨로 태양전지 충전이 되지 않아도 하이브리드 시스템을 갖춘 Smart EV에 바이오매스 기반의 청정 합성연료를 사용하여 편안하게 출근할 수 있습니다. 주변에서 흔히 볼 수 있는 나무, 낙엽, 볏짚, 식물성 기름, 해조류 등이 바이오매스로 사용될 수 있습니다.

**능동형 RF-ID**  
RF-ID카드 터치 한번으로 나만의 근무 환경 조성  
박막전지를 이용하여 자체 전원이 있는 ID 카드를 사용합니다. 실시간 신원확인뿐만 아니라 사무실 점등, 출입문 개폐, 개인 PC등이 자동으로 작동됩니다. 자동 피부 인식기능으로 다른사람은 사용이 불가능하여 신분카드로도 사용이 가능합니다.

**유기박막 트랜지스터**  
Flexible display에 기반한 e-paper로 신문읽기  
낮은 온도에서 저비용으로 큰 면적의 유기박막 트랜지스터 생산이 가능해졌습니다. 이에 따라 가볍고 잘 휘어지는 플라스틱 기판을 제작하여 Flexible display를 통해 정보를 보다 간편하게 접할 수 있습니다.

## Afternoon

**비만조절제**  
식사는 맛있고 건강하게  
밥을 아무리 먹어도 살이 찌지 않는 약이 개발되어 전 세계의 비만환자들에게 각광을 받고 있습니다.

**바이오플라스틱**  
친환경 take-out 커피 한잔!  
미생물 세포 내에 있는 폴리에스터를 이용한 친환경 플라스틱은 컵이나 접시 등을 만드는 데 사용됩니다. 토양 속 세균에 의해 분해할 수 있으며 생체에 쉽게 융합하여 수술이나 골절 고정체 등에도 쓰입니다.

**안전 모니터와 원격 제어**  
첨단 시스템들로 더 안전하고 쾌적해진 연구 환경  
안전모니터는 인간이 감지하지 못하는 실험실 내부 내 미세 유해 정보, 공기청정도, 유해가스 잔류여부 등을 파악해 줍니다. PC를 이용하여 실험에 필요한 시료도 준비할 수 있습니다.

**노화방지약**  
건강수명 100세, 건강한 노후생활  
예방의학 차원에서 다양한 건강보조제가 개발되었습니다. 특히 노화방지약이 개발되어 노화로 인해 발생하는 질병이 부쩍 줄어들어 건강한 노년생활이 가능해졌습니다.

## Night

**맞춤형 의료 서비스**  
전신 거울형 입체스캐너를 통한 진료상담 및 건강검진  
병원에 가지 않고도 거울형 입체 스캐너를 이용하여 집이나 회사에서 건강검진을 할 수 있습니다. 또한 개인 생체 정보를 바탕으로 맞춤형 검사와 진단이 가능합니다.

**그래핀 배터리**  
대용량 충전이 가능한 그래핀 배터리  
자동차에 장착된 그래핀 배터리는 방새 충전하면 500km를 달릴 수 있을 만큼 대용량 충전이 가능합니다. 퇴근 후 다음 날 아침까지 전기 플러그를 꽂아 충전하면, 한 주 동안 출퇴근을 충분히 할 수 있습니다.

**기록용 홀로그램**  
하루를 정리하며 일기쓰기  
기록용 홀로그램을 통해 하루 동안 있었던 일을 일기로 정리합니다. 가족과의 행사를 간편하게 기록하기도 합니다.

**숙면제**  
불면증 없이 최적의 숙면  
수면의 메커니즘이 밝혀져 REM수면과 non-REM 수면을 완벽히 조절할 수 있는 숙면제가 개발되었습니다. 숙면제는 수면에만 관련이 있는 리셉터에 작용해 부작용이 없으며, 짧은 시간에 깊은 잠을 잘 수 있도록 유도합니다.

Cr  
Chromium

1 1.008  
H  
Hydrogen

10 20.18  
Ne  
Neon

(270)  
Bh  
Bohrium

V  
Vanadium

(267)  
Rf  
Rutherfordium

01 화학과 관련된 일을 하고 싶다면?

02 실험실 안전, 이것만은 알아두자

03 역대 주요 노벨화학상 수상자

04 세계 50대 화학기업

38 87.62  
Sr  
Strontium

22 47.867  
Ti  
Titanium

29 63.546  
Cu  
Copper

2 4.003  
He  
Helium

부록

O  
Oxygen

36 83.79  
Kr  
Krypton

57 138.905  
La  
Lanthanum

16 32.06  
S  
Sulphur

51 121.75  
Sb  
Antimony

6 12.011  
C  
Carbon

(285)  
Cn  
Copernicium

(281)  
Ds  
Darmstadtium

(281)  
Ts  
Tennessine

18 39.948  
Ar  
Argon

54 131.29  
Xe  
Xenon

13 26.982  
Al  
Aluminum

60 144.24  
Nd  
Neodymium

47 107.87  
Ag  
Silver

Mt  
Meitnerium

30 65.38  
Zn  
Zinc

40 91.224  
Zr  
Zirconium

15 30.974  
P  
Phosphorus

25 54.938  
Mn  
Manganese

7 14.007  
N  
Nitrogen

39 88.906  
Y  
Yttrium

46 106.42  
Pd  
Palladium

82 207.2  
Pb  
Lead

50 118.71  
Sn  
Tin

3 180.95  
Li  
Lithium

77 192.22  
Ir  
Iridium

54 127.60  
Po  
Polonium



## 01 화학과 관련된 일을 하고 싶다면?



임지선 박사

한국화학연구원 그린화학공정연구본부 탄소자원전환연구센터 선임연구원

Q. 화학의 매력은 무엇일까요?

A. 화학은 새로운 물질을 만들어 내거나 자연에 이미 존재하는 물질을 인공적으로 만들고, 또 물질의 성질을 분석해 그 성질을 활용하는 학문입니다. 인류는 화학적 지식을 통해 수많은 물질들을 만들어 냈습니다. 현대는 화학제품 없이 살아갈 수 없을 정도로 화학이 꼭 필요한 세상이 됐습니다. 세상을 이루는 물질의 근본을 알아내고 또 새로운 물질을 만들어내는 일, 매력적이지 않나요?

Q. 화학분야를 전공하면 어떤 일을 할 수 있을까요?

A. 화학은 모든 이공계 분야에서 필요로 하는 기초학문이면서 동시에 실용성이 높은 학문입니다. 따라서 화학분야를 전공하면, 물질의 근원을 이해하며 과학 발전에 기여할 수 있고 에너지, 물, 환경, 식량, 질병 등 인류 문명에 영향을 미치는 문제들을 해결할 수도 있습니다. 미래 자동차, IT 등 편리한 삶을 위한 기술 발전에도 기여할 수 있습니다.

Q. 화학 분야의 전망은 어떤가요?

A. 화학기술은 에너지, 환경, 생물, 전자 등 다양한 분야에서 필요로 하는 기술이며, 인류 문명 발전에 과거 및 현재에 필수적인 역할을 한 것과 같이 미래에도 없어서는 안 될 중요한 분야입니다. 또한 시대적 요구에 따라 다양한 역할을 수행할 중요한 분야입니다. 따라서 화학분야의 진로는 매우 밝다고 할 수 있습니다.

Q. 화학 분야의 연구원이 되기 위해서는 어떤 노력이 필요한가요?

A. 먼저 본인이 관심 있는 분야에 대해 깊이 있게 사고하고 탐구하는 능력을 기르는 것이 중요합니다. 이를 위해 화학 관련 전공 분야에 진학해 기본 지식들을 학습한 후에 한국화학연구원과 같은 정부출연연구기관이나 기업체 연구기관 등에서 연구원으로 일할 수 있습니다.

Q. 연구원으로서 보람을 느낄 때는 언제이고 힘든 점은 무엇인가요?

A. 우리 사회에서 더 나은 삶을 위해 필요로 하는 기술을 파악하고 연구해 사회에 기여할 수 있을 때 큰 보람을 느낍니다. 현재 국내 연구수준이 과거 선진국의 선행연구를 바탕으로 산업화하는 것을 뛰어넘어 선진기술을 이끄는 수준에 와 있기 때문에 일종의 선구자로서의 역할에서 오는 부담감과 자부심을 동시에 느끼고 있습니다.

Q. 한국화학연구원은 어떤 곳이며 근무 환경은 어떤가요?

A. 1976년 설립된 한국화학연구원은 화학기술 분야의 연구개발과 성과 보급을 목적으로 설립된 우리나라 화학전문 분야 최고의 정부출연연구기관입니다. 따라서 중앙정부의 정책과 산업계의 동향을 파악해 국가 화학산업의 중장기 방향을 제시하고, 연구개발 성과를 산업계에 보급하여 대기업 및 중소기업이 상생 속에 국제 경쟁력을 갖출 수 있도록 전인차 역할을 수행하고 있습니다.

Q. 연구원이 되고 싶은 꿈나무들에게 조언을 해주신다면?

A. 가장 중요한 것은 관심분야에 대한 열정입니다. 그러나 열정만으로는 꿈을 이룰 수 없습니다. 열정을 바탕으로 관련 지식에 대한 학습과 더불어 매사에 깊게 생각하고 탐구하는 자세가 중요합니다. 또한 열린 마음과 논리적인 사고로 자신의 의사를 전달할 수 있는 능력을 기르는 일도 도움이 될 것입니다.

● 화학 관련 학과

- 화학 분야 : 화학과, 화학교육과 등

- 화학공학 분야 : 화학공학과, 공업화학과, 재료공학과, 고분자공학과, 생명화학공학과, 생명공학과 등

- 약학 및 생물 분야 : 약학과, 미생물학과, 응용생물학과, 분자생물학과 등

● 화학 관련 직업

- 화학·생명과학·자연과학 분야 연구원, 화학 교사 및 이공학계열 교수, 화학공학기술자, 환경공학기술자, 환경영향평가원, 섬유공학기술자, 재료공학기술자, 식품공학기술자, 임상병리사, 문화재보존가, 화공기사, 위험물관리사, 화학류 관리사, 특수소방관, 고분자제품제조기사, 화학분석기사, 농화학기사, 식품제조기사, 산업안전 및 위험관리원 등

● 국내 화학 관련 회사

- 석유화학공정 및 화학소재 회사 : LG화학, SK이노베이션, S-O일, 롯데케미칼, 제일모직, OCI, 한화케미칼, 금호석유화학, 한화, 효성, 코오롱인더스트리, 태광산업, 삼성정밀화학, SKC, SK케미칼, 삼성전자, 하이닉스, 포스코, 애경, KCC, 엘엔에프, 노루표페인트, 대한페인트, 피죤, 솔브레인, 오상자이엘, 엔에이치케미칼, 인터조, 대원포리머, 니카코리아, 유니코정밀화학, 장암칼스, 잉크테크, 대림화학, 녹스탑, 부흥산업사\*, 기타 화학기술이 필요한 회사 등

- 제약·농약회사 : 유한양행, 녹십자, 한미약품, 대웅제약, 종근당, LG생명과학, 일동제약, 삼진제약, 영진약품, 종근당바이오, 현대약품, 환인제약, 한독약품, 신풍제약, 동부팜한농, 경농, 농협케미칼, 한국삼공, 동방아그로, 고려비앤피, 목우연구소\* 등

\*화학(연) 멤버십 기업(국내 화학분야 중소기업중에서 성장잠재력을 갖춘 유망 중소기업을 발굴하여 Membership을 체결하고 3년간 연구개발의 전과정에 걸친 혁신역량을 키워 글로벌 강소기업으로 성장시키는 'KRICT 디딤돌사업'에 참여하는 기업. 2014년 총 38개 기업 선정)

● 기타 화학 관련 학과 및 국내외 화학 관련 사이트 소개 “아래 QR코드를 스캔하세요”



화학 관련 학과



화학 관련 국내외 사이트



## 02 실험실 안전, 이것만은 알아두자

실험실은 모든 과학의 출발점입니다. 연구자의 열정과 고민과 노력이 무한대로 펼쳐지며 끝없이 진화하는 공간입니다. 그래서 실험실의 안전은 더 없이 소중합니다. 실험실에서 안전의 의미는 지구를 둘러싸며 보호하고 있는 대기권과 같을 겁니다. 그렇기에 실험실 안전은 우리의 생명과 직결된 문제라고 할 수 있습니다.

실험을 하기 전에는 반드시 실험실 안전에 관한 기본 정보를 습득하고, 실험실에서 발생할 수 있는 각종 안전사고를 예방하기 위한 지침을 숙지해야 합니다. 또한 실험실 안전과 관련한 법률 및 수칙과 같은 제도적인 부분에 대한 이해도 필요합니다.

### 1. 실험실 안전 동영상 목록

아래는 한국화학연구원이 제작한 실험실 안전 동영상 목록입니다. QR 코드를 스캔하면 전체 동영상을 바로 볼 수 있습니다.

(웹사이트 : <http://bluechemitopia.kRICT.re.kr/> '실험실 안전교재')



1	실험 준비	18	완강기 사용법
2	화학물질 보관	19	소화기 사용법
3	환기식 시약장	20	소방용모래 사용법
4	안전캐비닛 사용법	21	화학물질 취급
5	개인보호장구	22	시약 운반과 고정
6	보안경 사용법	23	시약병 표기법
7	실험복 착용법	24	물리적·화학적 화상 대응 요령
8	보호 장갑 사용법	25	액체화학물질누출(흡착제_펜스)
9	토시, 앞치마 착용법	26	실험 후 정리
10	안전화 착용법	27	실험 폐기물 처리법
11	마스크 사용법	28	감전사고 응급조치
12	귀마개 사용법	29	전기사고 예방
13	세안장치 사용법	30	가스용기 설치 방법
14	비상 샤워장치 사용법	31	가스용기 배치 방법
15	소화전 사용법	32	가스 누출 경보장치와 감지기
16	화재대피 요령	33	간이 산소호흡기
17	소방담요 사용법	34	폭발사고

## 2. 실험실 안전관리 10계명

### “당신의 소중한 생명을 위해, 이것만은 꼭 지키세요!”

1. 사고는 늘 일어날 수 있다는 생각으로 경각심을 가지고 실험에 임한다.
2. 실험 전에는 실험에 사용될 화학물질의 독성과 위험성 등의 특성을 미리 파악해둔다.
3. 실험에 앞서 반드시 개인 보호 장구 착용 상태를 점검한다. 위험성을 가진 실험은 그에 맞는 보호 장구를 착용한 후 실험에 임한다.
4. 소화기, 구급상자, 산소 호흡기 등의 위치와 사용법을 숙지한다. 또한 실험실 사고 시 대피할 수 있는 비상구를 열어둔다.
5. 위험하거나 독성이 있는 물질 또는 휘발성이 있는 화학 물질 등은 후드 내에서 사용한다. 부득이하게 후드 밖으로 옮겨야 한다면 주변에 있는 동료들에게 상황을 알린다.
6. 선반이나 테이블 위의 시약을 다룰 때는 넘어지지 않도록 적절히 조치한다.
7. 안전을 위해 가스 및 수돗물 사용 후 반드시 밸브를 잠근다.
8. 전기 안전 수칙을 지켜 누전사고에 대비한다.
9. 실험실은 항상 정돈된 상태로 유지한다. 불필요한 기물이나 이전 실험의 잔여물은 깨끗이 정리한다.
10. 기계 오작동이나 환기불량, 전기, 수도 등으로 야기될수 있는 위험요인에 대해서는 실험실을 떠나기 전에 반드시 안전을 확인한다. 사고가 일어 나면 그 즉시 보고한다.

## 3. 유해화학물질 응급처치 요령

‘유해화학물질’이란 화학물질 중에서도 유독물, 관찰물질, 취급제한물질, 취급 금지 물질, 사고대비물질, 그리고 유해성 또는 위해성이 있거나 그러한 우려가 있는 화학물질을 말합니다.

유해화학물질에 중독되면 체내에 작용해 기능장애를 일으키게 됩니다. 실험실에서는 여러 유해화학물질을 사용하고 있으므로 평소에 유해화학물질과 취급법, 그리고 접촉시 응급처치 요령을 알아두는 것이 중요합니다.



#### 4. 실험실 안전의 첫 단추, 개인 보호 장구

개인 보호 장구는 재해의 방지를 위해 개개인이 착용하고 실험하는 것으로서 위험과 유해에 따라 일어나는 재해를 예방하고, 또한 영향이나 부상의 정도를 경감하기 위한 용구입니다. 실험실 안전의 첫 단추는 바로 올바른 개인 보호 장구의 착용입니다. 첫 단추를 잘 끼워야 합니다.

〈보안경, 실험복, 보호 장갑, 마스크, 귀마개〉



#### 5. 실험실의 안전장치

실험실 사고가 일어났을 때 필요한 건 기적이 아니라 바로 안전장치입니다. 따라서 실험실에는 사고 상황에서 피해를 최소화 해주는 다양한 안전장치가 필요하며, 안전장치의 위치와 사용법을 평소에 익혀두면 만일의 사고에 즉각 대응할 수 있습니다. 안전장치는 곧 생명입니다.

〈세안장치, 비상 샤워장치, 소방안전설비〉

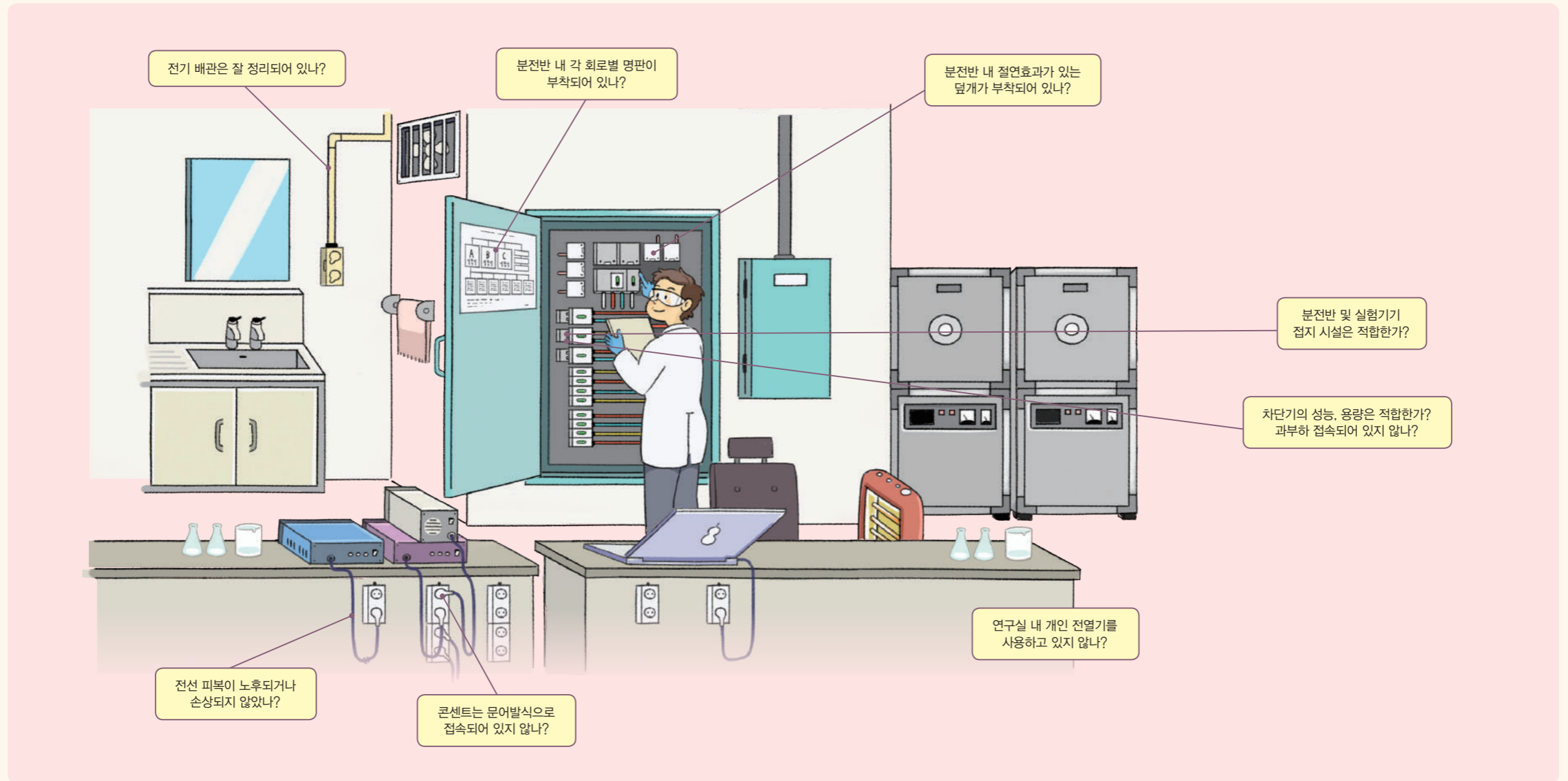


#### 6. 실험 폐기물 처리

실험실에서 발생하는 실험 폐기물은 각 기관 또는 학교마다 '실험 폐기물 수집 및 처리에 관한 지침'에 의거해 분류한 후 반드시 지정된 폐기물 저장 용기에 분별 수집해야 합니다. 실험 폐기물을 분별 수집할 때는 실험자의 안전을 확보하기 위해 정해진 분별 및 배출 요령을 반드시 지켜야 합니다.

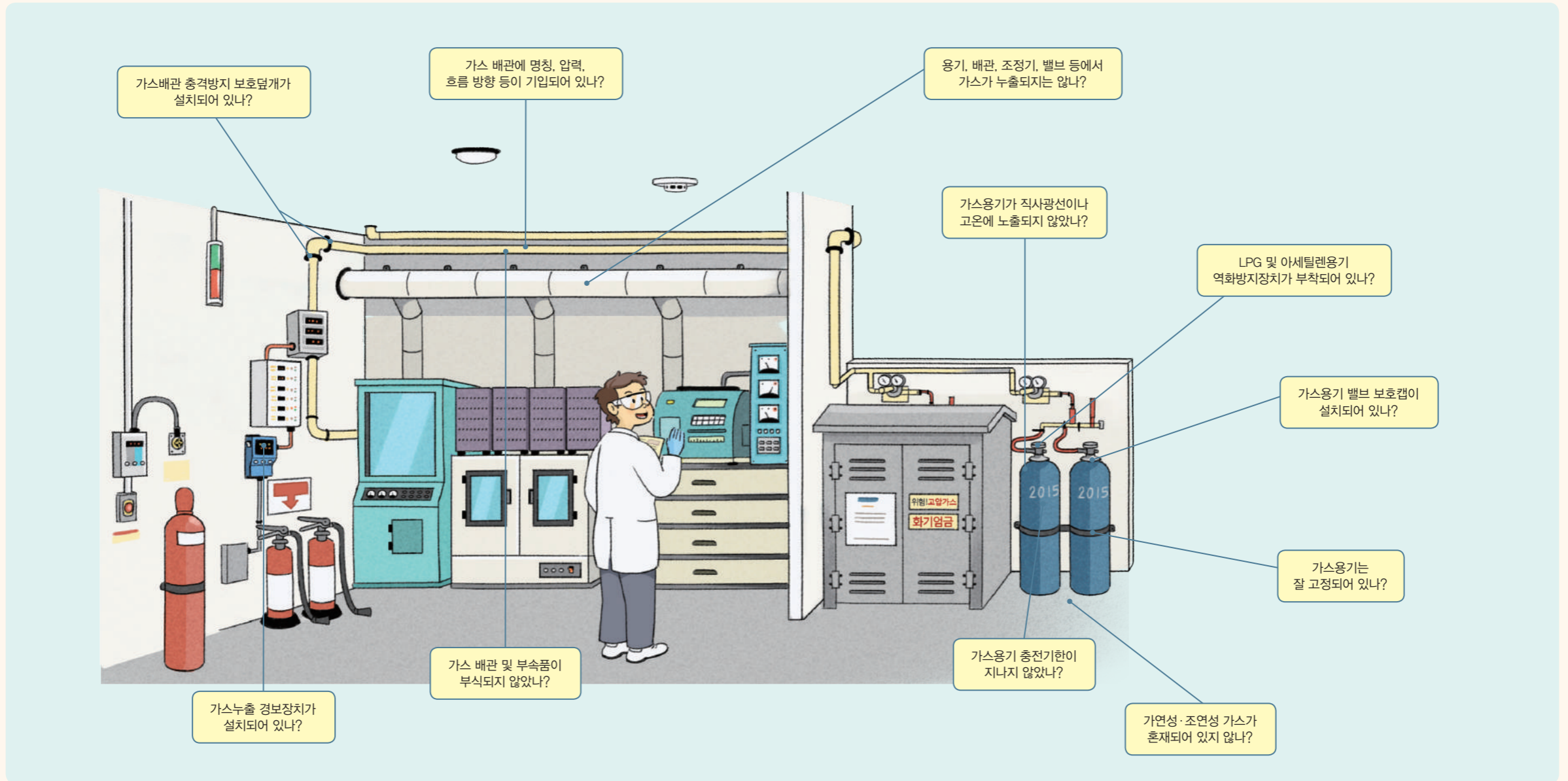


## 7. 실험실 전기안전을 위한 점검사항





## 8. 실험실 가스안전을 위한 점검사항





### 역대 주요 노벨화학상 수상자

자세한 내용은 QR코드를 스캔하세요~!

(웹사이트: <http://bluechemitopia.re.kr>)



수상연도	수상자	수상 주제
2014	에릭 베치그, 스테판 헬, 윌리엄 모에너	초고해상도 현미경 연구, 미세 구조를 측정·관찰할 수 있는 기법을 발전시킨 공로
2013	마르틴 카르플루스, 스탠퍼드대 마이클 레빗, 아리에 와르셀	컴퓨터로 화학 반응을 예측하고 이해하는데 이론적 기초 제공
2012	로버트 J. 레프코위츠, 브라이언 K. 코빌카	구아닌 단백질 결합 수용체의 연구
2011	다니엘 셰흐트만	준결정 발견에 대한 공로
2010	네기시 에이이치, 리처드 F. 헤크, 스즈키 아키라	유기화합물 합성에 팔라듐을 촉매로 이용하여 새로운 유기합성법을 개발한 공로
2009	벤카트라만-라마크리슈난, 토머스 A. 스타이츠, 아다 E. 요나트	리보솜이라 불리는 세포입자의 구조와 기능을 원자 수준에서 밝혀낸 연구
2008	로저 첸, 마틴 챌피, 시모무라 오사무	특정한 세포의 활동을 육안으로 볼 수 있는 도구로 사용되는 녹색 형광 단백질(GFP)을 발견하고 발전시킨 공로

수상연도	수상자	수상 주제
2007	게르하르트 에르틀	표면 화학 분야에 대한 새로운 연구
2006	로저 콘버그	유전자 정보 전사과정연구
2005	이브 쇼뱅, 로버트 H. 그럽스, 리처드 R. 슈록	복분해 반응 및 복분해 반응을 유도하는 촉매물질 개발
2004	어윈 로즈, 아브람 헤르슈코, 아론 시에차노버	단백질 분해를 조절하는 세포 내 메커니즘 발견
2003	피터 에이그리, 로더릭 매किन	세포막에서 단백질 분리 성공칼륨 이온 통로에 대한 입체구조 규명
2002	존 B. 펜, 쿠르트 뷔트리히, 다나카 고이치	생물학적 거대분자의 질량 측정, 3차원 구조 규명
2001	노요리 료지, 윌리엄 놀스, 배리 샤플리스	촉매를 이용한 비대칭 합성기법 개발
2000	앨런 J. 히거, 앨런 G. 맥더미드, 시라카와 히데키	전도성 플라스틱 개발
1999	아흐메드 H. 즈웨일	초고속 레이저 분광학 기술을 이용한 화학반응 연구
1998	윌터 콘, 존 포플	컴퓨터를 사용한 분자반응 연구방법 고안
1997	존 워커, 폴 보이어	ATP 합성효소 발견
1996	로버트 F. 킬, 해럴드 W. 크로토, 리처드 E. 스몰리	새로운 탄소화합물인 풀러렌의 발견
1995	파울 크루첸, F. 셔우드 롤런드, 마리오 몰리나	오존층의 두께에 영향을 미치는 화학적 메커니즘을 설명
1994	조지 A. 올라	탄화수소 분자의 연구기술 개발
1993	캐리 B. 멀리스, 마이클 스미스	유전자 연구와 조작기술 고안
1992	루돌프 A. 마커스	분자간 전자이동에 대한 설명
1991	리하르트 R. 에른스트	핵자기 공명 분광학 개발

수상연도	수상자	수상 주제
1990	일라이어스 제임스 코리	복잡한 분자를 합성하기 위한 역합성 분석법(retrosynthetic analysis)개발
1989	시드니 올트먼, 토머스 R. 체크	RNA의 기본적인 성질 발견
1988	요한 다이젠호퍼, 로베르트 후버, 하르트무트 미헬	광합성에 필요한 단백질 구조 발견
1987	도널드 J. 크랩첸, 찰스 J. 페더슨, 장 마리 랭	다른 분자와 결합할 수 있는 분자 개발
1986	더들리 R. 허시박, 리위안제(李遠哲), 존 C. 플라니	기초 화학반응을 분석하기 위한 방법 개발
1985	헤르트 A. 하우스프트먼, 제롬 카를	작은 분자의 화학구조를 추론하는 수학적 방법 개발
1984	브루스 메리필드	폴리펩티드 합성방법 개발
1983	헨리 타우비	전자이동 연구
1982	아론 클루그	생물학적 물질의 구조 결정
1981	후쿠이 겐이치, 로알드 호프만	화학반응의 궤도함수 대칭 해석
1980	폴 버그, 윌터 길버트, 프레더릭 생어	최초로 혼성 DNA 제조 DNA구조의 생물학적, 화학적 분석법 개발
1979	허버트 C. 브라운, 게오르크 비티히	유기물질의 합성에서 붕소(硼素)와 인(磷) 화합물 도입
1978	피터 D. 미첼	생물계에서 에너지 이동과정 이론을 공식화
1977	일리아 프리고지네	열역학의 영역 확대
1976	윌리엄 N. 립스콤	보란의 구조
1975	J. W. 콘퍼스, 블라지미르 프렐로그	입체화학 연구
1974	폴 J. 플로리	긴 사슬을 가진 분자에 관한 연구
1973	에른스트 피셔, 제프리 윌킨슨	유기금속 화학

수상연도	수상자	수상 주제
1972	크리스천 B. 앤핀슨, 스탠퍼드 무어, 윌리엄 H. 스타인	효소 화학에 기초 공헌
1971	게르하르트 헤르츠베르크	분자 구조에 대한 연구
1970	루이스 F. 클루아르	탄수화물의 생합성(生合成)에서 당(糖) 뉴클레오티드와 그 역할 발견
1969	디릭 H. R. 바턴, 오드 하셀	특정 유기화합물의 3차원적 형태결정에 대한 연구
1968	라르스 온사거	비가역과정의 열역학 이론 연구
1967	만프레트 아이겐, 로널드 G. W. 노리시, 조지 포터	초고속 화학반응에 관한 연구
1966	로버트 S. 멀리컨	분자의 화학결합 및 전기적 구조에 관한 연구
1965	로버트 B. 우드워드	과거 생물에 의해서만 산출된다고 여겼던 스테롤, 클로로필의 합성
1964	도로시 M. C. 호지킨	악성빈혈 퇴치에 꼭 필요한 생화학적 화합물의 구조 결정
1963	줄리오 나타, 카를 치글러	플라스틱 분야에서 중합체의 구조와 그 합성
1962	존 C. 켄드루, 막스 F. 페루츠	헴단백질(hemoprotein)의 구조 결정
1961	멜빈 캘빈	광합성 중에 발생하는 화학적 단계 연구
1960	윌라드 리비	방사성 탄소연대측정법 개발
1959	아로슬라프 헤이로프스키	폴라로그래피의 발견과 개발
1958	프레더릭 생어	인슐린 분자의 구조 결정
1957	알렉산더 토드	뉴클레오티드류와 뉴클레오티드 조효소에 관한 연구
1956	시릴 힌셜우드, 니콜라이 세묘노프	화학반응의 동역학 연구
1955	빈센트 뒤 비노	폴리펩티드 호르몬 합성
1954	라이너스 폴링	화학적 결합의 특성 연구
1953	헤르만 슈타우딩거	거대분자 연구

수상연도	수상자	수상 주제
1952	아처 마틴, 리처드 싱	초우라늄 요소의 발견과 연구
1951	에드윈 맥밀런, 글렌 시보그	초우라늄 요소의 발견과 연구
1950	오토 달스, 쿠르트 알더	디엔 합성 발견 및 개발
1949	윌리엄 지오코	극저온에서의 물질의 운동
1948	아르네 티셀리우스	전기이동 및 흡착 분석법 연구 : 혈청 단백질
1947	로버트 로빈슨	알칼로이드 및 기타 식물 생성물 연구
1946	제임스 섬너, 존 노스롭, 웬델 스탠리	효소의 결정화 발견순수 형태의 효소 및 바이러스 단백질 제법
1945	아르투리 비르타넨	사료보존법 개발
1944	오토 한	중핵분열 발견
1943	조르주 드 헤베시	화학 연구에 방사성 동위원소를 추적자로 이용
1939	아돌프 부테난트, 레오폴드 루지치카	성 호르몬 연구폴리메틸렌 및 고테르펜 연구
1938	리하르트 쿤	카로티노이드 및 비타민 연구
1937	윌터 호어스, 파울 카러	탄수화물 및 비타민 C 연구 카로티노이드, 플라빈, 비타민 연구
1936	P. 드베이어	기체속의 X선과 전자의 쌍극자 모멘트 및 회절에 관한 연구
1935	F. 졸리오 퀴리, I. 졸리오 퀴리	새로운 방사성 원소 합성
1934	해롤드 유리	중수소 발견
1932	어빙 랭뮤어	표면 화학에서의 발견과 연구
1931	카를 보슈, 프리드리히 베르기우스	화학적 고압방법의 발명과 개발
1930	한스 피셔	헤민, 클로르필 연구 : 헤민 합성
1929	아서 하든, H. 폰 오일러 켈핀	당의 발효와 이 반응에 관여하는 효소작용에 대한 연구

수상연도	수상자	수상 주제
1928	아돌프 빈다우스	스테롤의 구조 및 비타민으로 전환될 수 있는 스테롤에 관한 연구
1927	하인리히 빌란트	담즙산의 조성에 관한 연구
1926	테오도르 스베드베리	분산계 연구
1925	리하르트 지그몬디	콜로이드 용액의 불균일 특성의 설명
1923	프리츠 프레글	유기물질의 미량분석법
1922	프랜시스 애스턴	질량분석사진기를 이용한 연구 : 원자량 정수의 법칙
1921	프레데릭 소디	방사성 물질의 화학 : 동위원소의 산출과 성질
1920	발터 네른스트	열화학 분야에 관한 연구
1918	프리츠 하버	암모니아 합성
1915	리하르트 빌슈테터	식물 색소, 특히 클로로필에 대한 선구적 연구
1914	시어도어 리처츠	많은 원소의 원자량의 정밀 측정
1913	알프레트 베르너	분자 내에서의 원자의 결합 연구
1912	빅토르 그리냐르, 폴 사바티에	그리냐르 시약(試藥) 발견유기화학물의 수소화반응 방법
1911	마리 퀴리	라듐 및 폴로늄 발견 : 라듐 분리
1910	오토 발라흐	지방족 화합물의 결합에 관한 선구적 연구
1909	빌헬름 오스트발트	촉매, 화학평형과 반응속도에 대한 선구적 연구
1908	E. 러더퍼드	원소 붕괴 및 방사성 물질의 화학에 관한 연구
1907	에두아르트 부흐너	비세포적 발효 발견
1906	앙리 무아상	플루오르 화합물 : 무아상로(爐) 도입
1905	아돌프 폰 바이어	유기염료, 히드로방향족화합물에 관한 연구
1904	윌리엄 램지	비활성 기체 원소 및 주기율표에서의 위치 발견
1903	스반테 아레니우스	전기해리 이론
1902	에밀 피셔	당과 푸린 합성에 관한 연구
1901	호프	화학동역학 법칙 및 삼투압 발견

## 04 세계 50대 화학기업

RANK	COMPANY	Sales(\$m)	HEADQUARTERS COUNTRY
1	BASF	101,906	Germany
2	Sinopec	72,281	China
3	ExxonMobil	59,273	U.S.
4	Dow Chemical	57,080	U.S.
5	SABIC	50,403	Saudi Arabia
6	LyondellBasell Industries	44,062	Netherlands
7	Shell	42,279	Netherlands
8	DuPont	35,734	U.S.
9	Mitsubishi Chemical	33,961	Japan
10	Bayer	29,251	Germany
11	INEOS	27,864	Switzerland
12	Total	25,743	France
13	Linde Group	22,944	Germany
14	LG Chem	21,920	South Korea
15	Sumitomo Chemical	21,779	Japan
16	Air Liquide	20,974	France
17	AkzoNobel	20,099	Netherlands
18	Johnson Matthey	18,598	United Kingdom
19	Toray	17,838	Japan
20	Evonik	17,735	Germany
21	Braskem	17,345	Brazil
22	PTT Global Chemical	16,787	Thailand
23	Reliance Industries	16,074	India

RANK	COMPANY	Sales(\$m)	HEADQUARTERS COUNTRY
24	Agrium	15,727	Canada
25	Lotte Chemical	15,570	South Korea
26	Mitsui Chemicals	15,200	Japan
27	PPG Industries	15,108	U.S.
28	Merck Group	14,741	Germany
29	Syngenta	14,668	Switzerland
30	Formosa Chemicals & Fibre	14,331	Taiwan
31	Yara International	13,950	Norway
32	Solvay	13,691	Belgium
33	Ecolab	13,253	U.S.
34	DSM	13,250	Netherlands
35	Chevron Phillips Chemical	13,147	U.S.
36	SK Energy	12,069	South Korea
37	Praxair	11,925	U.S.
38	LANXESS	11,434	Germany
39	Shin-Etsu	11,316	Japan
40	Borealis	11,220	Austria
41	Henkel Adhesive Technologies	11,182	Germany
42	Asahi Kasei	10,978	Japan
43	Huntsman	10,847	U.S.
44	Sekisui Chemical	10,782	Japan
45	Sasol	10,658	South Africa
46	Sherwin-Williams	10,186	U.S.
47	Air Products	10,180	U.S.
48	Eastman Chemical	9,350	Eastman
49	Mosaic	9,027	U.S.
50	BP	8,628	United Kingdom

기준: 2014년 9월 현재 공개된 기업별 총 매출액  
출처: special report ICIS Top 100 chemical companies (ICIS Chemical Business, 2014. 9.)

## 참고문헌

---

- Basic 중학생이 알아야 할 사회·과학상식, (주)신원문화사, 2007
- 노벨상이 만든 세상 -화학 I, II, 이종호, 나무의 꿈, 2007  
(Chapter 2의 내용은 '노벨상이 만든 세상 -화학 I, II'에서 많은 도움을 받았습니다.)
- 스미스소니언 교양과학백과2 화학 SCIENCE 101, Denise Kiernan, Joseph D'Agnesse, 이치사이언스, 2010
- 아나스타스가 들려주는 녹색화학이야기, 박준우, 자음과모음, 2011
- 역사를 바꾼 17가지 화학 이야기 1, 2, 페니 르 쿠티어, 제이 버레슨, 사이언스북스, 2007
- 원소의 왕국, 피터 옛킨스, 사이언스북스, 2005
- 원소의 세계사, 휴 엘티시 윌리엄스, RHK, 2013
- 이덕환의 과학세상, 이덕환, 프로네시스, 2007
- 식유화학으로 만드는 세상, 한국식유화학공업협회, 2009  
(Chapter 3의 내용은 '식유화학으로 만드는 세상'에서 많은 도움을 받았습니다.)
- 신재생에너지 백과사전, 이원욱 외 지음, 나무와 숲, 2013
- 재미있는 화학, 댄 그린, 해나무, 2010
- 즐거운 화학 콘서트, 캐시 코브, 몬티L페데롤프, 이지북, 2007
- 진정일 교수의 교실 밖 화학이야기, 김정일, 궁리, 2013
- 청소년을 위한 이야기 과학사, 위르겐 타이히만, 웅진지식하우스, 2008
- 캐릭터로 배우는 재미있는 원소생활, 요리후지 분페, 이치사이언스, 2009
- 한번은 꼭 읽어야 할 과학의 역사, 존 그리빈 엮음, 에코, 2005
- 화장술의 역사, 도미니크 파케, 시공 디스커버리 총서, 2001
- 화학으로 이루어진 세상, K. 메테페셀헤르만 외, 에코리브르, 2009
- 화학이 뭐야?, 알렉스 프리스, 리자 제인 질리스피, 푸른숲주니어, 2011
- 과학동아 2010년 11월호, 2011년 5월호, 2012년 12월호
- 과학소년 2011년 12월호

\* p13, 31, 60의 표와 그림은 참고문헌의 내용을 참고하여 일러스트 작가가 다시 작업하였습니다.

\*\* 본 책은 직접 인용의 경우 본문에 출처 표기를 하였으며, 내용을 참고하여 다시 쓰거나 재구성했을 경우 참고문헌으로 표기하였습니다.

\*\*\* 본 책은 독자들이 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 다양한 이미지(사진 등)를 인용했습니다. 이와 관련하여 가능한 저작권이 공개된(public domain) 이미지를 사용하고자 노력했으며, 만약 저작권과 관련하여 조정해야 할 부분이 있으면 연락주시기 바랍니다.