



# 부산의 기업 속 과학 찾기

1. 대한제강(주)
2. 한국선재(주)
3. 질택(주)
4. 크로시스(주)
5. 그랜드썬(주)
6. 육성화학(주)
7. 제철세라믹(주)

## 부산의 기업 속 과학 찾기

부산에는 대기업부터 중소기업까지 다양한 형태의 기업이 있다. 자동차 계열, 토목 및 건설 계열, 조선 계열, 철강 및 금속 계열, 기계 계열, (신재생) 에너지 계열 등 그 분야도 다양하다. 대부분의 기업은 과학적 기초 지식을 토대로 그것을 활용하여 신기술을 만들고, 특허를 출원하며, 제품을 생산한다.

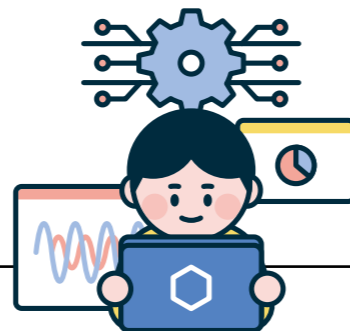
이번 아카이브에서는 기업들의 과학적 기초 지식에 주목했다. 부산 지역의 주요 기업체들을 대상으로 그 기업체들이 과학과 관련하여 어떤 일을 하는지, 그 일과 관계된 과학적 현상이나 이론은 어떤 것들인지를 조사하여 보고서를 작성해보고자 한다.

조사 대상 기업은 2023년 현재 부산에 소재지를 둔 업체로 5가지 이상의 다양한 형태의 사업을 하는 기업은 제외하였고, 비슷한 업종 중에서는 대표 업체만 선정하였다. 선정된 기업은 '대한제강(주)', '한국선재(주)', '젤텍(주)', '크로시스(주)', '그랜드썬(주)', '육성화학(주)', '제철세라믹(주)'이다.

대한제강은 철근 제조 및 판매를, 한국선재는 아연도금선과 스테인리스강을 주로 취급하고 있다. 젤텍은 젤라틴, 콜라겐, 단백질 퍼프를 주로 취급하고 있으며, 크로시스는 역삼투해수담수화 사업을 메인으로 하고 있다. 그랜드썬은 태양광 발전 사업을 주로 하고 있으며, 육성화학은 안료 및 색소 사업을 한다. 제철세라믹은 비료 사업을 메인으로 하고 있다.

선정된 업체의 이력과 개요, 주요 사업 내용을 간단하게 소개하고 조사의 핵심을 각 기업의 사업과 관계된 기초 과학 지식에 두었다. 기초 과학 지식은 초등학교에서부터 대학교 수준에서 학습할 수 있는 내용으로 정리해 보았다. 주요 기초 과학 지식은 단순 용어를 정리한 것부터 과학적 원리를 적용한 것, 실제 활용된 사례까지를 포함하였다.

부산 지역의 많은 기업체를 소개하지 못하고 일부 업체만 소개하는데 한계점이 있으나, 기초 과학 지식이 기업이 어떻게 활용하고 있는지, 기업들은 이것들을 어떻게 상품화하고 있는지를 알아봄으로써 과학과 기업이 밀접하게 연계되어 있음을 알아야 되겠다.



## 대한제강(주)

부산광역시 사하구 하신번영로 69

### 연혁 및 개요

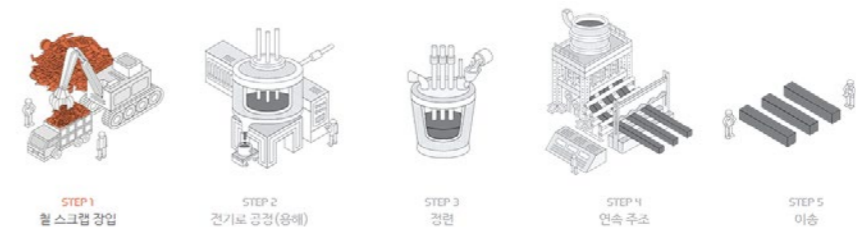
대한제강은 1954년 '대한상사'라는 이름으로 사업을 시작하였다. 1964년 동래공장을 준공하였으며, 1990년 신평공장으로 본점을 이전하면서 사명을 '대한제강(Daehaen Steel)'로 변경하였다. 2005년 코스피에 상장되었으며, 현재는 부산 신평공장을 필두로 녹산공장, 평택공장까지 생산라인을 확장하였고, 싱가포르와 미국에 해외 지사를 두고 있다.

### 주요 사업

주요 사업은 철근 제조 판매업이다. 전체 매출의 약 90% 정도가 철근 제조 판매가 차지할 정도이다. 철근 제조는 크게 빌릿 사업과 압연 사업으로 나눌 수 있는데, 빌릿 사업은 철근을 생산하기 위한 반제품으로 고철을 스크랩하여 빌릿을 생산하며, 압연 사업은 빌릿을 사용해 철근을 생산하는 사업이다. 대한제강은 현재 국내 철근 케파 기준 3위에 랭크되어 있다.

### 1. 제강 공정

제강 공정은 반제품인 빌릿(Square Billet)을 만드는 과정으로, 철 스크랩을 녹여 불순물을 제거하고 화학 성분조정을 거쳐 일정한 형상을 만든다.



#### 1) 철 스크랩 장입

철 스크랩은 흔히 '고철'이라고 불린다. 이 철 스크랩은 제강 공정에 있어 철강재 제조원가의 약 70% 이상을 차지할 만큼 중요한 자원이다. 대한제강은 철 스크랩의 안

정적인 수급 및 관리를 위하여 힘쓰고 있으며, 양질의 제품 생산을 위해 입고부터 장입까지 엄격한 검사과정을 거치고 있다.

**2) 전기로 공정(용해)**

전기로는 철 스크랩을 녹여 쇳물 상태로 만드는 작업으로 용해 과정이라고도 한다. 전기로는 아크열을 이용한 아크로와 유도전류의 저항열을 이용한 유도로 두 가지 방식을 통해 철 스크랩을 용융하게 된다. 아크로에는 교류방식인 AC 전기로, 직류인 DC 전기로로 나누어지며, 대한제강은 교류방식인 AC전기로를 사용하여 장입한 철 스크랩을 용해하며, 이 과정에서 불순물을 분리한 후 용강을 만든다.

**3) 정련**

정련로는 전기로에서 이송된 용강의 온도를 높이고, 철의 5대 중요 성분(카본(C), 망간(Mn), 실리콘(Si), 인(P), 유황(S))을 규정에 맞도록 조정하는 일을 하게 된다. 이러한 용강의 성분과 온도는 제품의 질과 형상을 결정하는 중요한 요소가 된다. 대한제강은 용강 내 화학성분을 최적의 상태로 유지하기 위해, 엄격한 성분테스트를 거치며, 용강의 온도를 1,550~1,600℃로 일정하게 유지함으로써, 후공정인 연속 주조(Continuous Casting)의 안정성과 생산성을 향상하고 있다.

**4) 연속 주조**

연속 주조 공정은 정련된 용강을 빌릿으로 만드는 과정이다. 정련 과정까지 액체상태로 머물렀던 용강은 연속 주조 공정을 거치면서 고체로의 모양을 갖추게 된다. 이렇게 생산된 반제품인 빌릿은 다양한 후공정 과정을 통해 여러 가지 제품으로 생산된다.

**5) 이송**

연주 공정에서 생산된 빌릿을 자동이송장치를 이용하여 압연 공정에 공급한다. 대한제강은 현재 연간 140만 톤의 빌릿 생산능력을 보유하고 있다.

**2. 압연 공정**

압연 공정은 제강 공정에서 생산한 빌릿을 재가열한 후, 가공하여 고객이 원하는 규격과 형태의 제품을 만들어 내는 공정이다. 현재 대한제강에서는 연간 155만 톤의 철근생산능력(이형철근 110만 톤, 코일철근 45만 톤)을 가지고 있다.



**1) 가열로**

가열로에서는 제강에서 이송된 상온 빌릿(20~30℃)을 약 1,050~1,150℃까지 재가열한다. 이는 빌릿을 무르게 하여 고객이 원하는 굵기와 길이로 늘이기 위한 작업으로 대한제강에서는 원가 절감을 위해서 열강(Hot Charge) Line 설비를 구축하고, 신평공장에서는 빌릿 4면에 고루 열이 가해지는 워킹빔 타입을 채택하여 효율을 높이고 있다.

**2) 압연**

압연에서는 가열로에서 추출된 빌릿을 조압연, 중간압연, 사상압연으로 구분된 약 22개의 스탠드(롤)를 통과시키면서 철근의 형상으로 만든다. 6m 길이의 빌릿은 최대 1.4km 길이의 철근(10mm 기준)으로 생산되는데, 대한제강은 고품질의 철근 생산을 위하여 지속적인 기술개발 및 설비투자를 하고 있다.

**3) 냉각대 및 권취**

냉각대(일반철근)에서는 압연라인을 통과한 제품을 식혀주는 단계이다. 제품은 워킹빔(Walking Beam) 방식에 의하여 사방에서 냉기를 쐬며 절단기 쪽으로 이송된다. 권취(코일철근)는 Vertical Compact Coiler로 압연 된 제품을 coil 형태로 만드는 설비 공정 단계이다.

**4) 절단**

냉각대에서 이송된 제품들은 엄격한 품질테스트를 거쳐 고객이 원하는 길이로 절단되어 자동화 기기를 통해 번들(Bundle) 단위로 포장된다. 이렇게 포장된 제품은 종류에 따라 철근 단면의 색을 달리하는 식별화 작업을 거쳐 고객에게 보내진다.

**5) 검사 및 포장**

권취된 코일철근은 엄격한 품질테스트 및 각종 검사를 거친 후 밴딩되고, 제품 설명이 담긴 Tag를 부착하여 고객에게 보내진다.

**◆ 주요 기초 과학 지식**

**1. 주요 용어**

- 탈산반응(C-injection) : 제강 제련 과정에서 탄소, 규소, 인 등의 불순물을 산화하여 가스 또는 슬래그로 만든 후, 용강에 과잉되게 가해져 있는 산소를 제거하는 조작을 지칭한다.
- 슬래그(slag) : 광석으로부터 금속을 빼내고 남은 찌꺼기이며, 산성 산화물과 염기성 산화물의 혼합물을 지칭한다.

- 슬라그 포밍(slag foaming) : 철의 산화가 일어나도록 용강에 산소를 불어 넣어서 슬래그 거품을 만드는 과정이다.
- 제강 : 용광로에서 만들어진 선철은 탄소량 외에 규소, 인, 황 등의 불순물이 많으므로, 이들을 조정해서 기계적인 강도를 높이기 위해 실행하는 공정을 지칭한다.
- 출강 : 전기로, 고로 등에서 용강을 꺼내는 작업이다.
- 빌릿 : 형강으로 압연하기 전의 각형 단면 강재로서 긴 것을 빌릿, 짧은 것을 슬라브라 한다.

## 2. 전기로의 특징과 장단점

### 1) 고로와 전기로의 차이점

#### 가) 고로

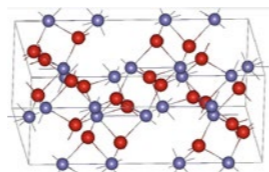
철광석과 코크스를 주원료 및 에너지원으로 사용한다. 고로에서 철광석과 코크스를 녹여 C(탄소) 함량이 높은 선철을 만들어내고, 이를 전로에 투입, 불순물을 제거하고 성분을 조정된 후 주조 과정을 거쳐 원하는 제품을 생산하는 방식이다. 설비 투자비가 높고 넓은 장소가 필요하며 장시간에 걸쳐 대량의 용선을 생산한다. 불순물이 적은 청정강 제조에 용이하지만, 이산화 탄소 배출량이 많아 환경 ISSUE를 많이 야기한다.

#### 나) 고로를 이용한 철의 제련 과정

자연계에 있는 철의 대부분은 산화 철(II)(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)과 사산화 삼철(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)의 산화물의 형태로 존재하고 있다. 광산에서 캐낸 적철광, 자철광, 갈철광 등의 철광석으로부터 철을 얻기 위해서는 이들 철광석으로부터 산소를 떼어 내는 환원 반응을 거쳐야 한다. 잘게 부순 철광석과 탄소가 주성분인 코크스, 그리고 석회석을 용광로에 넣고 뜨겁게 가열한 공기를 불어 넣으면 철이 환원된다.

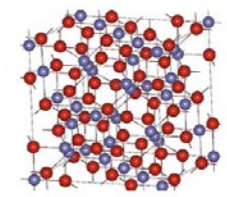
### Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(적철석, ferric oxide, hematite)

천연으로는 적철석으로서 산출되며, 적색 토양의 빛깔의 요인이다. 적갈색 분말로 비중 4.5~5.2, 녹는점은 1,550°C이다. 햇빛·공기·수분·열 등에 대하여 상당히 안정하며, 한번 가열한 것은 잘 녹지 않는다. 자성을 보인다. 철을 공기 속에서 가열하면 생긴다. Fe<sup>3+</sup>이 붉은색을 띠는 이온으로 적혈구가 붉은색을 띠는 것이 Fe<sup>3+</sup> 때문이며, 이름도 hematite로 붙여졌다.



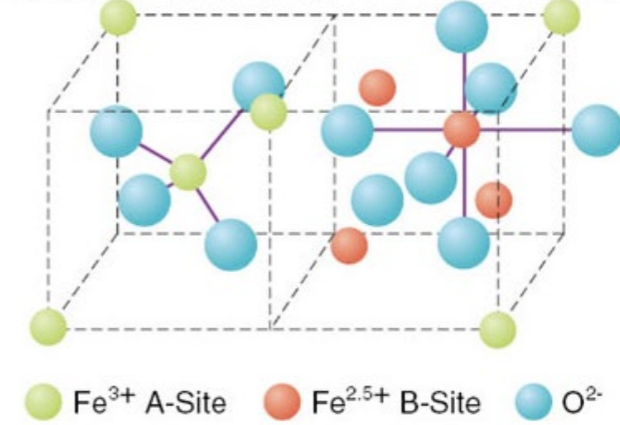
### Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(자철석, magnetite)

철광석 중의 하나로 일부 광석에서 발견되며, 공장에서 생산되기도 한다. 지구상에서 자연적으로 만들어진 모든 광물 중에서 가장 자성이 강하며, 자화하여 영구 자석 자체가 될 수도 있다. 철새를 비롯한 몇몇 생물의 몸 안에서 방향을 감지하는 역할을 한다. 과거에는 나침반에도 사용되었다. 자성을 띠는 이유로 이름도 magnetite로 붙여졌다.

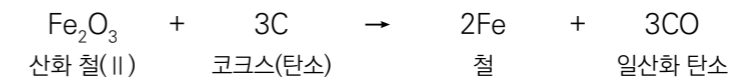


자성을 띠는 이유로 이름도 magnetite로 붙여졌다.

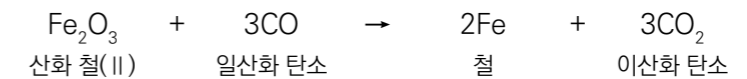
1/4 unit cell of inverse spinel structure  
A site (tetrahedral position) B site (octahedral position)



용광로 밑의 열풍관을 통해 약 800°C로 가열한 공기를 불어 넣으면, 열풍관 가까이 에 있는 코크스는 산화 철과 반응하여 불완전한 연소를 일으켜 일산화 탄소(CO)가 되는데, 이때 발생하는 연소열로 온도는 2,000°C까지 올라간다. 이 과정에서 생긴 일산화 탄소(CO)가 산화 철에서 산소를 빼앗아 철을 환원시키게 된다.

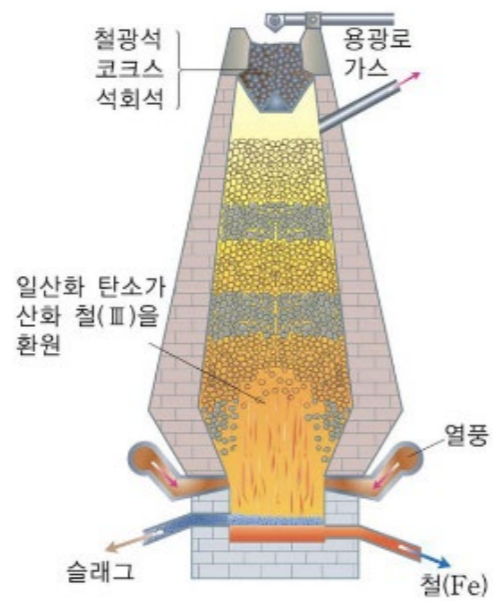


일산화 탄소는 용광로 위에 올라가면서 철광석을 가열시켜 반응하기 쉬운 액체 상태로 만든다. 그리고 다시 산화 철과 반응하여 철로 환원시키고, 이산화 탄소가 된다.



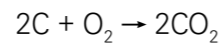
이 과정을 통해 철광석은 산소를 잃어버리고 액체 상태의 철이 되어, 불순물인 찌꺼

기와 함께 아래쪽으로 모이게 된다. 그러나 찌꺼기는 액체 상태의 철 위에 떠 있으므로 철과 찌꺼기를 따로 분리할 수 있다. 뽑아낸 철을 선철이라고 하는데 선철은 용선차에 쏟아 넣어 제강 공장으로 운반한다. 거기서 탄소나 불순물을 더 제거하여 강철을 만드는 것이다.

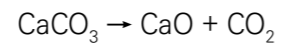


산화 철 형태로 채굴된 철광석에서 순수한 철을 뽑아 사용하려면 산화 철을 환원시켜야 한다. 따라서 용광로에 코크스와 산화 철과 석회석을 넣고 용광로 내로 강한 열풍을 가해 준다.

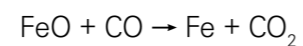
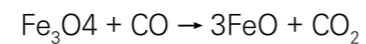
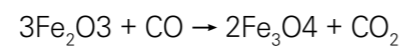
그러면 곧 환원제로 작용할 코크스가



불순물(규소)을 제거하게 될 석회석이 열분해 되어 생석회를 만든다.

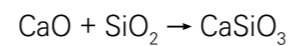


다음으로 CO가 산화되며 철을 환원시킨다.



또, 생석회가 산화 철에 붙어있던 규소를 슬래그(slag) 형태로 가라앉힌다.

(규소가 함유되면 철의 강도가 떨어진다.)

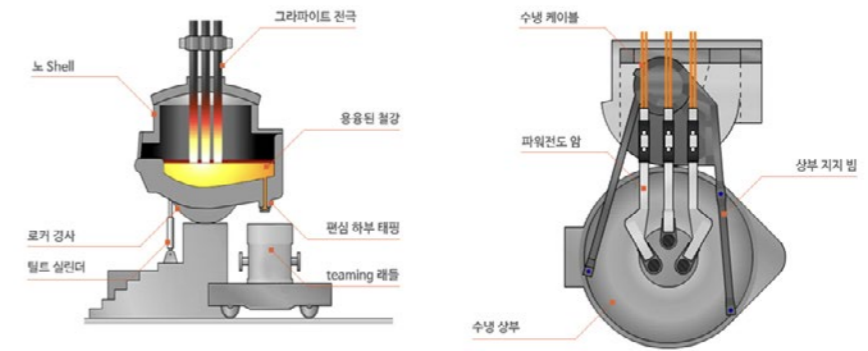


생성된 CO<sub>2</sub>는 방출되고, 순수한 선철(Fe)과 슬래그가 빠져나온다.

(밀도는 슬래그 < 선철이므로 쉽게 분리할 수 있다.)

#### 다) 전기로

광석을 원재료로 사용하는 고로와는 달리 이미 사용된 노폐스크랩을 주원료로 사용한다. 전기를 주 에너지원으로 사용하여 고철을 녹여내고 LF에서 성분을 조정한 후 주조 과정을 거쳐 원하는 제품을 생산하는 방식이다. 비교적 적은 투자비와 공간으로 설치가 가능하며, 공정시간이 비교적 짧아 수요에 대한 빠른 대응이 가능하다.



[전기로의 구조]

#### 2) 전기로 제강의 장단점

##### 가) 장점

용강의 온도조절이 용이하고 열효율이 우수하며, 산화, 환원조절이 쉬워 P, S의 제거가 용이하다. 사용원료의 제약이 적고 모든 강종의 정련이 가능하여 특수강 제조에 유리하다. 타 제강법보다 설비비가 적고 장소제약이 적다.

##### 나) 단점

전력 소모량이 많고, 고가의 고철 사용으로 제조원가가 높다.

# 한국선재(주)

○ 부산광역시 사하구 하신번영로 27

## ◆ 연혁 및 개요

한국선재는 1974년 '한국선재공업사'라는 이름으로 사업을 시작하였다. 1974년 부산 북구 감전동에 공장을 준공하였으며, 1995년 코스닥에 상장되었다. 한국선재주식회사는 작지만 강한 철강 업체로서 지난 40여년 동안 최상의 품질과 고객만족을 넘어 고객 감동을 목표로 매진해왔다.

한국선재는 크게 3개 사업부로 나누어져 있다. 아연도금철선, 아연도금강선, 경강선, 철선, 와이어로프를 제조·판매 하는 선재사업부, 스테인리스 강선을 판매·제조하는 스테인리스 사업부, 형강, 철강 상품을 판매하는 철강사업부이다.

선재사업부	스테인리스사업부	철강사업부
아연도금철선 제품은 지난 40여 년 동안 기술개발과 품질향상으로 대한민국과 일본 시장에서 시장점유율 1위를 차지하고 있다.	스테인리스 위빙와이어(Weaving Wire)는 세계 최고의 품질을 인정받아 아주 까다로운 일본에도 다량 수출하고 있다.	형강류 상품을 판매하고 있으며, 수입형강 취급분야에서는 국내시장 점유율 1위로 취급 품목을 철강재 모든 분야로 확대하여 대한민국 제일의 수입 철강재 업체가 되려고 노력하고 있다.

선재사업부의 아연도금철선 제품은 지난 40여 년 동안 기술개발과 품질향상으로 대한민국과 일본 시장에서 시장점유율 1위를 차지하고 있다.

스테인리스사업부의 스테인리스 위빙와이어(Weaving Wire)는 세계 최고의 품질을 인정받아 아주 까다로운 일본에도 다량 수출하고 있다.

철강사업부는 형강류 상품을 판매하고 있으며, 수입형강 취급분야에서는 국내시장 점유율 1위로 취급 품목을 철강재 모든 분야로 확대하여 대한민국 제일의 수입 철강재 업체가 되려고 노력하고 있다.

## ◆ 주요 사업

한국선재는 건설, 조선, 기계, 자동차, 전자제품의 부품 등에 사용되는 아연도금선, 보통철선, 경강선, 합금도금선 및 스테인리스 강선, 니켈 얼로이 와이어를 생산 판매하고 있으며, 일반형강, H빔, 기타형강, 파이프 등 다양한 철강상품을 유통하고 있다. 자회사인 한선엔지니어링은 조선, 해양 플랜트, 원자력, 화력, 수력 발전 설비의 핵심 부품으로 사용되는 계장용 피팅 및 밸브를 기성금속은 EPC화공, 수처리 플랜트와 조선, 해양플랜트 분야 밸브를 설계, 주조, 단조, 기계가공, 조립 및 테스트를 통하여 생산·판매하고 있다.

### 1. 경강선재

경강선재를 열처리 후 냉간가공, 용융아연도금을 한 원형의 선으로 와이어로프, 농자재용 뿐만 아니라, 뛰어난 기술력과 품질관리를 바탕으로 해저케이블, 전선용, 의류용 등에 사용되고 있다.

### 2. 연강선재

연강선재를 냉간가공한 원형의 선으로 그 가공품은 각종 용접철망 및 와이어 메쉬용, 크럼프망용, 못용 등에 사용되고 있다.

### 3. 스테인리스강선

스테인리스강선재를 가공한 원형인 선으로 극세선에서 태선까지 다양한 제품을 생산중이고, 금망용, 스프링용, 용접봉용, 냉간압조용, 내열메쉬벨트용, 일반용으로 사용되고 있으며, 칼라와이어 및 니켈 얼로이 와이어도 생산하고 있다.

### 4. 형강류

건축물, 선박 등의 대형 구조물의 골조나 토목공사에 널리 사용되는 형강으로 열간 압연에 의해 만들어지며 H-BEAM, I-BEAM, ANGLE, CHANNEL, 철근, 레일 등을 유통하고 있다.

## ◆ 주요 기초 과학 지식

### 1. 용융아연도금

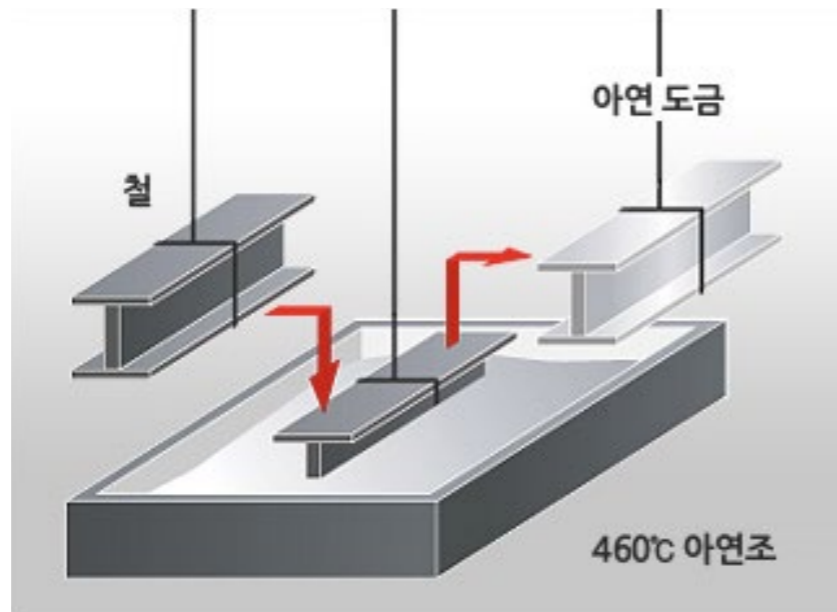
철강은 기계적 성질, 물리적 성질이 우수하고 열처리에 의해 적절한 강도 및 경도를 얻을 수가 있고, 니켈, 크롬 등을 첨가하면 우수한 기계적 성질을 발휘하는 특수강도 제조할 수 있는 등 타 금속에 비하여 많은 특성을 가진 금속이다. 그리고 지하의

매장량도 무한하여 경제적으로 대량 생산됨으로 인류가 가장 많이 사용하고 있는 유일한 금속이다.

그러나 이 우수성을 가진 철강은 부식이 잘 되는 큰 약점이 있다. 부식이 잘 되는 철강을 부식에서 막아 낼 방법으로 표면처리가 필요하며, 표면처리 하는 방법으로 ① 전기 도금 ②화학 도금 ③용사법 ④중착법 ⑤압착법 ⑥침투법 ⑦용융 도금 등 여러 가지가 있으나 경제적이고 장시간 부식을 방지하는 것은 용융 도금이라 할 수 있다.

### 1) 용융아연도금의 특성

용융아연도금은 내식성이 우수하다. 도금 피막 표면에 생기는 치밀한 보호 피막은 전기 화학적 방식 작용에 의해 대기 중, 수중에서 철강을 녹에서 보호하게 된다.



용융아연도금은 밀착성이 우수하다. 소지 철과 아연의 합금 반응으로 밀착하고 있으므로 약간의 충격 또는 마찰에 의해서도 박리되지 않는다.

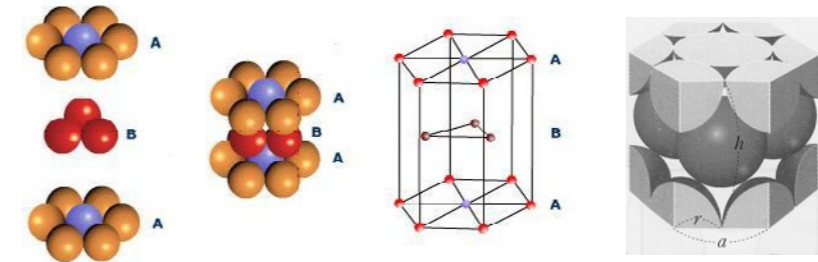
용융아연도금은 파이프 내면이나 탱크의 내부 등 눈에 보이지 않고 손이 닿지 않는 부분까지 도금이 가능하다. 전기 도금의 경우는 파이프 내부 등 전기 방전이 안되는 곳은 도금이 불가능하다. 용융아연도금의 피막 위에 화학 처리를 할 수 있으며, 아연 표면에 특수한 피막을 형성하여 한층 내식성을 향상시키고 도장성을 개선할 수 있다.

### 2) 아연에 대하여

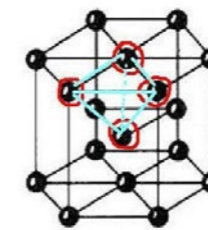
용융아연도금을 하는데 사용되는 원재료인 아연은 동과의 합금, 황동으로 예로부터 알려져 있다. 아연의 제조법에는 산화물의 환원에 의한 방법, 전기 분해법, 정제 방법 등이 있다. 이러한 제조법으로 제조된 아연은 청백색의 금속이며 적도의 유산성과 경도를 가진 육방 조밀 결정이다.

### 육방 조밀 구조(hexagonal close packed structure)

정육각형의 각 꼭짓점과 그 면의 중심에 입자가 있는 층이 있고, 이 층의 중심 입자 위에 삼각형의 꼭짓점에 입자를 가진 새 층을 올려놓고, 그 위에 다시 정육각형의 층을 포개어 놓은 구조(AB-AB-AB-쌓음)



- 실제 입자의 총 수 =  $1 \times 3(\text{중심}) + \frac{1}{2} \times 2(\text{면심}) + \frac{1}{6} \times 12(\text{꼭짓점}) = 6$
- 배위 수 = 12
- 실제 원자의 차지 분율 = 74%



$$\begin{aligned} \Rightarrow a \text{와 } r \text{의 관계 } & r = \frac{a}{2} \quad h = \frac{4\sqrt{6}r}{3} \\ \Rightarrow \text{격자의 부피} & = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \times h = 24\sqrt{2} r^3 \\ \Rightarrow \text{입자의 부피} & = 6 \times \frac{4\pi r^3}{3} = 8\pi r^3 \\ \therefore \text{입자의 점유 비율} & = \frac{8\pi r^3}{24\sqrt{2} r^3} \times 100 = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \times 100 \approx 74\% \end{aligned}$$

- Mg, Zn, Cd 등의 금속들

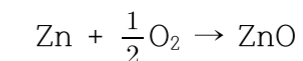
### 3) 아연의 물리적 성질

아연의 물리적 성질은 불순물에 의한 영향이 적지 않다. 아연의 원자량은 65.38이며, 비중은 7.14, 용융점이 419.5°C, 표준전극 전위가 -0.763V이다.

### 4) 아연의 화학적 성질

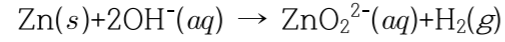
아연은 주기율표 12족(2족B)에 속하며 아연, 카드뮴, 수은의 3금속 원소가 포함되어 있다. Mg에 비하여 활성이 약간 떨어지나, 아연도 활성 금속이다.

건조한 공기 중에서는 변화하지 않는다. 그러나 가열하면 산화 아연이 된다.



460°C 정도에서 용융아연도금 작업을 실시하고 있을 때, 용융아연표면의 산화 아연을 걷어낼 때 단시간 내로 산화 피막이 형성되는 것을 볼 수 있다.

비산화성의 산(염산, 황산 등)과 반응하여 용해되어 염이 생기고, 수소가 발생한다. 알칼리와 작용해도 수소가 발생한다.



아연반응에 의해서, 염화 아연, 산화 아연, 수산화 아연, 탄산 아연, 유화 아연 등이 생성된다.

**5) 아연의 희생적 방식 작용**(음극화 보호, 철의 부식 방지법 참고)

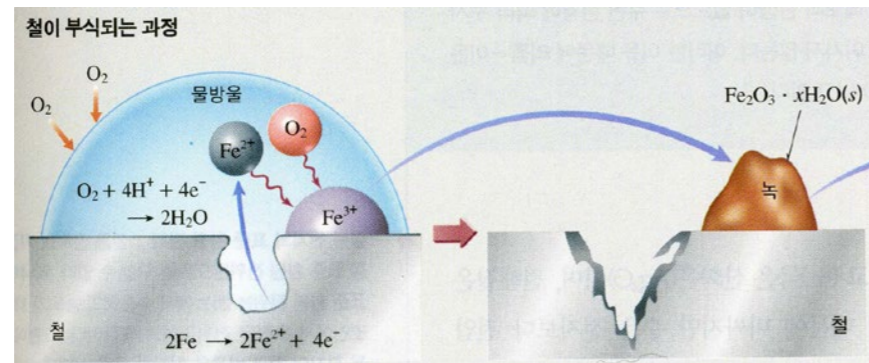
아연은 철에 대하여 희생적 방식 작용을 하므로 기계적 손상, 기타 무도금 등으로 아연도금 일부의 철이 노출되어(2mm 한도 내) 습기, 기타 전도성의 용액으로써 그 결손 개소는 전기 화학적인 작용으로 활성화되어, 아연은 양극이 되고 철은 음극이 되어 부식을 방지하는 전기가 구성된다. 이것은 철강을 보호하기 위하여 아연이 희생되므로 희생적 방식 작용이라고 말하고 아연도금의 가장 큰 특징이라고 말할 수 있다.

**2. 철의 부식**

철이 부식되기(녹슬기) 위해서는 물과 산소가 필요하다. 철의 녹은 금속 표면의 구멍에서 일어나며, 생성된 녹은 구멍으로부터 멀리 떨어진 곳에서 퇴적한다.

이는 표면의 한 곳에서는 철의 산화, 다른 곳에서는 산소가 환원되는 전기 화학적인 과정이며, 표면에 생기는 산화 철의 막이 영성하기 때문에 공기 중의 산소와 수분의 침투를 막지 못하고 부착성이 없어 표면으로부터 쉽게 떨어져 나오게 된다.

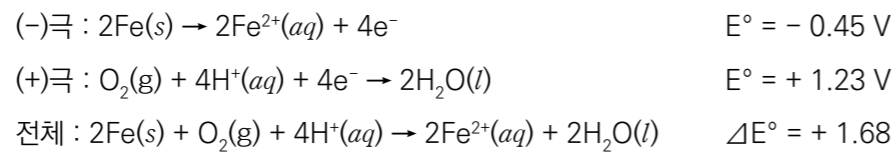
**1) 철이 부식되는 과정**



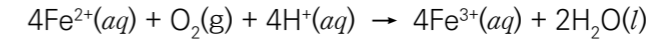
가) 철과 물방울이 접촉하여 전지를 형성한다.

- ①(-)극과(+)극 : 철의 서로 다른 표면
- ② 전해질 : 물방울

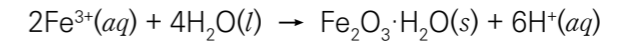
나) 각 전극에서의 반응은 다음과 같다.



다)(-)극에서 생성된  $\text{Fe}^{2+}(aq)$ 은 물방울에 용해되어 있는 산소와 접촉, 산화되어  $\text{Fe}^{3+}(aq)$ 으로 된다.



라)  $\text{Fe}^{3+}(aq)$ 은 다시 물과 반응하여 붉은색의 녹(수화된 산화물)을 형성한다.



마) 철의 부식 촉진 요소는 다음과 같다.

- ① 전해질이 물방울 대신 소금물일 때, 전해질의 전기 전도도 증가하여 철의 부식이 촉진된다.
- ② 물(빙판길)에 전해질(염화칼슘 등)을 뿌려 준 경우 자동차가 더 빨리 녹슬게 된다.
- ③ 산성비가 내리면 물속의  $\text{H}^+(aq)$ 의 농도가 증가하여 환원 전극에서의 반응이 촉진되어 녹스는 반응이 더욱 빠르게 일어난다.

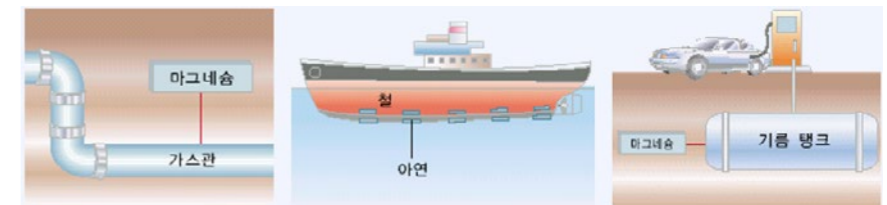
**2) 철의 부식을 막는 방법**

가) 표면을 기름칠이나 페인트칠을 하는 방법(물과 공기와 접촉 방지)

나) 산화 알루미늄 등과 같이 금속의 산화 피막을 입히는 방법

- ① Al은 반응성이 매우 큼에도 불구하고 특별한 보호가 필요 없다.
- ② Al이 산소와 반응하여 산화 알루미늄( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )의 얇은 피막을 형성하고, 이 피막은 매우 조밀한 구조로 되어 있어 물이나 공기가 통과하지 못하기 때문.
- ③ 비행기에 주로 사용(Al 함유량이 90% 이상인 알루미늄 합금)

다) 철보다 반응성이 큰 금속(마그네슘, 아연 등)을 도금하거나 연결함으로써 반응성이 큰 다른 금속이 먼저 소모되게 하는 방법(→ 음극화 보호법)



- ① 마그네슘은 불에 쉽게 붙고 폭발적으로 반응하는 위험성이 있기 때문에 일반적으로는 잘 사용하지 않지만, 위험성이 크지 않은 석유 탱크나 선박의 경우에는 마그네슘을 연결하여 철의 부식을 방지한다.
- ② 반응성이 큰 금속이 자신을 희생하면서 다른 금속을 보호하기 때문에, 보호해주는 금속을 "희생 산화 전극"이라고 한다.

### 3) 합석과 양철

조건	양철	합석
입힌 금속	철판에 주석(Sn)을 입힘	철판에 아연(Zn)을 입힘
이온화 경향	Fe > Sn	Fe < Zn
표면에 상처 없을 때	Fe을 둘러싼 Sn이 이온화 경향 작으므로 부식 어렵다	Zn이 이온화 경향 크나 공기 중에서 Zn(OH) <sub>2</sub> ·ZnCO <sub>3</sub> 의 막이 형성 내부 보호
표면에 상처 있을 때	Fe이 먼저 녹 쏜다	Zn이 이온화되고 Fe은 보호됨 (음극화 보호)
용도	통조림 깡통	합석지붕, 처마 물받이, 두레박 등
전지화 과정		

## 3. 전기아연도금

### 1) 목적

아연도금은 아연(Zn)과 철이 조합되어 아연은 부식되고(즉, 희생 도금) 철은 부식이 방지되는 성질을 이용하여 철강의 부식을 방지할 목적으로 발달하였다. 아연은 우리나라에서 현재 자급할 수 있는 유일한 금속이며, 최근 아연도금의 사용이 크게 확대된 것은 극히 당연한 것이다. 또한 아연도금의 용도가 확대된 원인 중의 하나는 아연도금 자체의 내식성을 향상할 목적으로 도금 후에 크로메이트(CHROMATE) 처리를 추가로 실시하는데, 이로써 아연 자체의 내식성은 더욱 증가하고 아울러 외관의 아름다움(광택)을 향상해 장식용이나 도장하지용으로 사용된다.

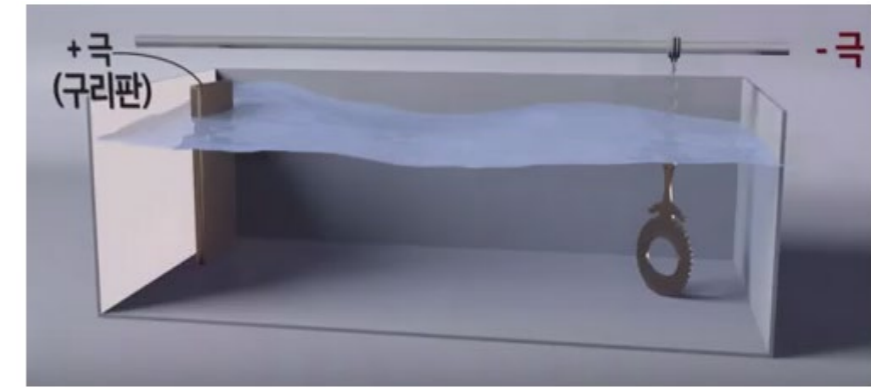
아연도금 방법에는 전기 도금, 세라다이징(확산침투), 용융도금, 용사 등이 있으나 순수한 아연을 도금하는 점에서 전기 도금이 우수하다.

### 2) 특성

#### 가) 전기 화학적 성질

아연의 전위는 -0.76V, 철은 -0.44V로서 아연은 양극이 되어 부식되고, 철은 음극으로 되어 방식되는 효과, 즉 희생 피막의 역할을 한다. 철이 부식 환경에서 표면

에 아연이 있으면, 우선 아연이 철 대신 산화하면서 철이 부식되는 것을 방지해준다. 아연은 철 대신 녹이 슬며 아연도금 중에 핀홀(PIN HOLE)이 있어도 철을 보호해(크롬도금의 경우와 반대) 주는데, 이때 아연자신은 산화 아연, 탄산 아연, 염기성 아연의 흰가루(백색부식물)가 되어 소모된다.



### 나) 가공성

모스 경도 2.5로서 순철의 4.5배에 비교하여 약간 무르지만, 상온에서는 취약하고, 도금 후의 굴곡가공에는 다소 문제가 있다. 단, 100~115℃에서 전연성이 증대하여 대단히 가공성이 좋게 되나, 200℃ 이상에서 다시 취약하게 되는 성질이 있다.

### 다) 도전성

전기저항은  $5.9 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ 로서 철의  $9.8 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ 에 비하여 낮으나 아연이 부식되면 저항이 높아지므로 크로메이트피막을 실시하여 내식성을 좋게 할 필요가 있다.(크로메이트 피막은 도전성이 있음)

### 라) 취성

고장력강에 아연도금을 실시할 경우 도금 시 발생하는 수소에 의한 취성이 발생할 수 있으며, HRC 40 이상의 고경도강에 도금하는 경우 아연도금에서 특히 심하다. 같은 아연도금에서도 산성욕이 알칼리성욕(특히 시안용)보다 취성이 적다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는, 아연도금 후 4시간 이내에 대략 200℃ 온도에서 수시간 가열하여 수소를 방출시키는 방법을 채택하여야 한다.

아연도금은 관리가 용이한 것의 하나로서, 용도에 따른 도금욕의 종류가 많고 금속에 직접도금이 가능하며 박리도 산으로 간단하게 할 수 있다. 욕(Bath)의 작업조건 범위가 넓고 도금 속도가 빠르며 크로메이트처리가 간단하여 대단히 유효하다.

### 3) 아연도금한 제품의 사용범위

아연도금은 아연의 용점(419.5℃) 이상에서 사용되는 것은 무리이며 실제로 기능상 300℃ 정도까지는 견딘다. 아연도금상에 크로메이트피막은 열에 따른 내식성이 약하기 때문에 130℃ 이상에서의 사용은 어렵다. 크로메이트피막은 연해서 내마모성

은 대단히 약하므로 마모를 일으킬 부위에는 사용을 피하도록 해야 한다. 아연도금은 강판의 도장하지로서는 우수하지만, 인산염으로 처리할 경우 도장의 밀착성 및 내식성이 더욱 양호해진다.

#### 4. 전기 분해의 공업적 이용

##### 1) 전기 분해의 원리

가) 전해질 수용액이나 용융액에 직류 전류를 가하면 양이온(-)극으로, 음이온은 (+)극으로 이동해서 전하를 얻거나 잃고 중성의 물질로 된다.

나) 산화·환원 반응을 이용하여 전기 에너지를 화학 에너지로 바꾸어 물질을 분해하는 반응으로 각 전극에서 일어나는 반응과 사용하는 전극은 다음과 같다.

- ①(-)극(Cathode) : 양이온 + e<sup>-</sup> → 환원소 물질(환원 반응)
- ②(+)(Anode) : 음이온 → 환원소 물질 + e<sup>-</sup>(산화 반응)
- ③ 전극 : 극판 자체의 반응이 일어나지 않도록 반응성이 작은 Pt, C 전극을 사용

##### 다) 방전 반응

양이온의 경우(-)극에서 전자를 받아 금속으로 석출되는 것을 의미하고, 음이온의 경우(+)(Anode)에서 전자를 잃고 기체로 발생하는 것을 의미

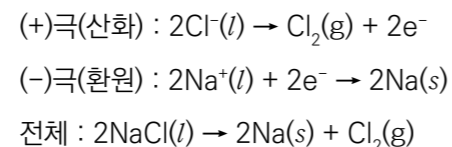
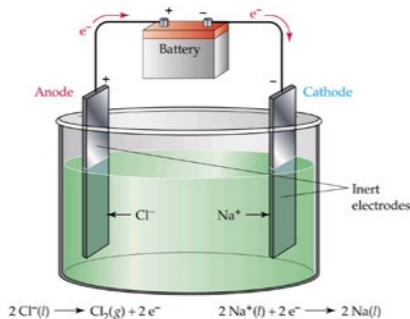
##### 2) 전해질 용융액의 전기 분해 : 전해질의 양이온과 음이온만 존재한다(물이 존재하지 않음)

##### 가) 전극의 반응

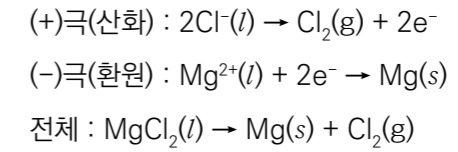
- ①(-)극의 반응 : 양이온이 전자를 얻고 환원되어 환원소 물질로 된다.
- ②(+)(Anode)의 반응 : 음이온이 전자를 잃고 산화되어 환원소 물질로 된다.

##### 나) NaCl 용융액의 전기 분해

- ① 고체 NaCl을 용융시켜 액체로 만든 다음 전기 분해한다.
- ② 물이 존재하지 않으므로(-)극에는 금속 나트륨(Na(l))이, (+)극에서는 염소 기체(Cl<sub>2</sub>(g)) 발생한다.
- ③ 각 전극에서의 반응은 다음과 같다.



다) MgCl<sub>2</sub> 용융액의 전기 분해 반응은 다음과 같다.



##### 3) 전기 도금

전기 분해를 이용하여 금속 표면에 다른 금속을 얇게 입히는 도금(부식 방지, 표면 미화) 방법이다.

가) 도금할 물체를(-)극에, 도금 재료는(+)(Anode)극에 연결하고 전해질로는 도금할 재료의 양이온이 들어 있는 용액을 사용한다.

##### 나) 은도금(silver plating)과 금도금(gold plating)

- ① 은도금 : 낫순가락을 은도금을 하려면 낫순가락(도금할 물체)을(-)극에, 은이온을 공급할 은판(도금재료)을(+)(Anode)극에 그리고 은이온이 포함된 질산은(AgNO<sub>3</sub>) 수용액을 전해질로 이용한다.
- ② 금도금 : 도금할 동전을(-)극에, 금판을(+)(Anode)극에 연결하고, 전해질은 KAu(CN)<sub>2</sub>를 사용한다.

은도금	금도금
<p>(+)극 : <math>\text{Ag}(s) \rightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-</math>                  (-)극 : <math>\text{Ag}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Ag}(s)</math>                  전체 : <math>\text{Ag}(s, \text{은판}) \rightarrow \text{Ag}(s, \text{귀금속})</math></p>	<p>(+)극 : <math>\text{Au}(s, \text{금판}) \rightarrow \text{Au}^+(aq) + e^-</math>                  (-)극 : <math>\text{Au}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Au}(s, \text{귀금속})</math>                  전체 : <math>\text{Au}(s, \text{금판}) \rightarrow \text{Au}(s, \text{귀금속})</math></p>

#### 5. 스테인리스강

스테인리스강은 최소 10.5~11%의 크롬이 들어간 강철 합금이다. 대한민국에서는 스텐레스 또는 스텐이라고 줄여서 부르기도 하지만, 스테인리스강이 정확한 표기이다. 스테인리스강은 영문(Stain-less)이 뜻하는 바와 같이 녹, 부식이 일반 강철에 비해서 적다. 스테인리스강은 부식저항 강철 혹은 CRES라고 불리는데, 이는 합금의

종류와 등급이 자세하지 않으며, 부분적으로 항공기 산업 때문이기도 하다. 스테인리스강은 수명이 끝날 때까지 환경에 맞게 적합하게 다양한 등급과 외관을 만들 수 있다. 보통 스테인리스강은 칼붙이와 시계 케이스, 밴드에 주로 사용된다.

스테인리스강은 크롬을 넣지 않은 탄소강과 다르다. 탄소강은 공기와 습기에 부식된다. 그렇게 되면 표면의 철 산화물이 생기게 되고, 더 많은 철 산화물이 생기는 것을 더 가속화시킨다. 크롬이 들어간 스테인리스강 같은 경우엔 크롬 산화물이 표면의 부식을 예방해 주고, 금속의 전체적 구조에 부식이 확산하지 못하도록 예방해 준다. 녹이 잘 슬지 않는 내식성분 아니라 금속적 성질이 여러 가지로 바람직하기 때문에, 녹슬 염려가 적은 응용에도 다양하게 널리 쓰인다.

강도와 탄성 등 기계적인 성능도 뛰어나고 광택, 색도 아름답고 금속으로는 열전도율도 낮으며 고온에도 비교적 잘 견디는 등 만능 금속이다. 특유의 아름다운 금속성 표면광택이 있어서 장식물이나 내장재, 장신구 등 장식용으로도 우수하다. 유기물 등 오염물이 잘 들러붙지 않고 쉽게 닦아 낼 수 있으므로 식기나 조리 기구, 위생용품, 의료기구 재료 등으로 널리 쓰인다. 금속치고는 전기전도율이나 열전도율이 낮아서 보온병이나 지붕재, 고온가스 파이프 등 열의 출입을 차단해야 하는 금속재료로도 널리 쓰이고, 고온에 견디는 내열성 때문에 우주선의 재료로도 사용된다.

## 젤텍(GELTECH)(주)

부산광역시 강서구 녹산산업중로 156, 161(송정동)

### ◆ 연혁 및 개요

젤텍(주)은 부산 녹산공단에 위치한 기업으로 젤라틴 및 콜라겐을 제조, 수출하는 기업이다. 1998년 설립되어 끊임없는 연구와 기술 개발을 통해 선진 기술을 보유한 국내 최대의 젤라틴 및 콜라겐 제조 업체로 성장하였으며, 세계 최초로 전 공정의 자동화 시스템을 구축함으로써 최고의 제품을 생산할 수 있는 완벽한 시스템을 갖추고 있다. 2019년에는 우수건강기능식품 제조기준 인증을 획득하면서 사업을 확장해가고 있다.

### ◆ 주요 사업

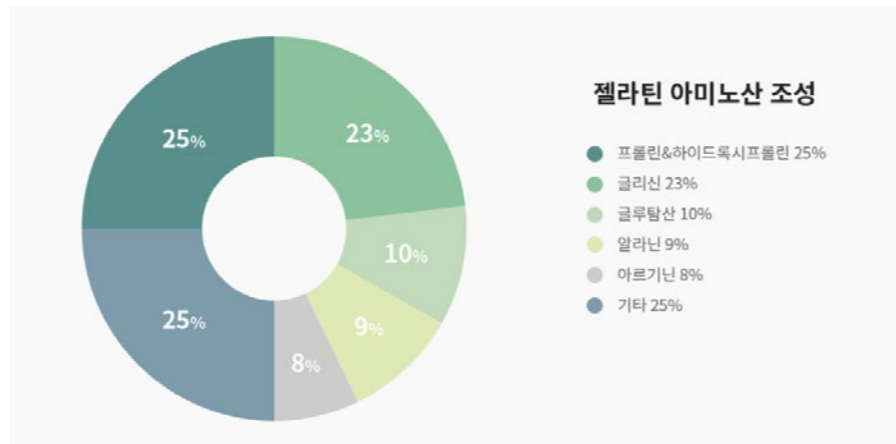
젤텍은 젤라틴, 콜라겐, 단백질 퍼프를 주된 생산품으로 판매하고 있다.

#### 1. 젤라틴

동물의 피부, 뼈, 인대나 건(힘줄) 등을 구성하는 콜라겐을 산이나 알칼리로 처리하여 얻어지는 유도 단백질의 일종이다. 영어로 프로테아제(protease)라고 불리는 단백질 분해효소를 만나면 부서진다. 물이나 아세트산에 녹는다.

분자량은 약 2만 3,000이나 제품에 따라 다르며, 물에 농도 1% 이상을 녹일 시 높은 온도에서는 용액으로 되며, 낮은 온도에서 냉각하면 탄력이 있는 겔로 된다. 젤라틴이 겔이 되는 온도는 제품에 따라 다르며 통상적으로 체온 이하이다.(보통 요리할 때는 그냥 냉장고에 넣는다.)

돼지껍데기라는 단백질을 분해한 것인 만큼 아미노산이 주성분이다. 동물성 단백질의 분해로 나온 아미노산인지라 대부분 인체에서 합성가능한 물질이므로 별도로 섭취를 해 줄 필요는 없지만 피부탄력 유지라든지, 건막이나 연골 등에 쓰이는 것과 같은 물질이므로 이와 관련된 상처회복에 도움이 되기도 한다. 아래 표는 대략적인 성분이다.



## 2. 콜라겐

콜라겐(또는 콜라젠)은 결합 조직의 주성분이며 뼈와 피부에 주로 있지만, 관절, 각 장기의 막, 머리카락 등 우리 몸 전체에 분포되어 있는 성분이다.

포유동물에 가장 풍부한 단백질로, 전신 단백질 성분 중 25~35%를 차지한다. '고원 질'이라고도 불리는 경단백질이다. 섬유상 고체로 존재하며, 투과형 전자현미경으로 볼 때 복잡한 가로무늬 구조로 되어 있음을 알 수 있다. 물 또는 묽은 산 그리고 묽은 알칼리에 녹지 않지만 끓이면 녹는다.

콜라겐은 3개의 폴리펩타이드 사슬이 꼬여 있는 3중 나선형 구조로 글라이신, 프롤린, 히드록시프롤린이 다량 함유되어 있으며, 평균 분자량은 약 300,000 정도이다.

## 3. 단백질 펄프

단백질 펄프 대두, 완두, 옥수수, 밀, 보리, 귀리 등의 다양한 곡류에서 추출된 식물성 단백질을 압출팽화 방식으로 펄핑하여 상품화한 것으로 단백질 함량이 40~90%인 고단백 식품이다. 젤텍의 단백질 펄프는 식물성 단백질을 기름에 튀기지 않고 압출 팽화 방식으로 만들어져 칼로리가 낮고, 동물성 단백질에 비해 포화지방산과 콜레스테롤 함량이 낮으며, 필수 아미노산을 골고루 갖추고 있는 우수한 단백질 제품이다. 단백질 펄프는 여러 곡물 간 배합을 통해 단백질 함량을 조절할 수 있고, 추가 가공을 통해 다양한 형태로 변화가 가능하여 스낵 바, 시리얼 등의 다양한 식품 제조에 사용되며, 제과 업계 및 육류 대안 제품으로 다양하게 이용되고 있다.

다양한 원료 사용이 가능하며 함량 구성을 달리하거나 성형 크기 조절 등을 통해 크기, 색상, 맛 등에 변화를 줄 수 있어 소비자의 건강 및 기호에 맞는 다양한 가공제품 제조가 가능하다.

## ◆ 주요 기초 과학 지식

### 1. 젤라틴의 물리적 특성

#### 1) 젤리 강도(Jelly Strength)

젤리 강도는 젤라틴 6.67% 농도로 10℃에서 16~17시간 방치시킨 후의 강도를 측정한다. 젤리 강도는 점도와 함께 젤라틴의 대표적 특성으로써 온도, pH, 젤라틴의 농도 등에 영향을 받는다.

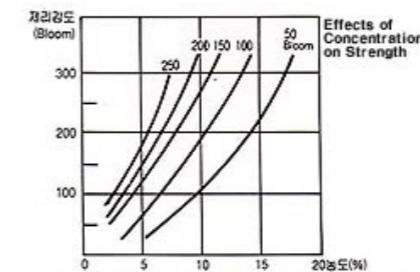
#### 젤 강도 측정법(Bloom Test)

※ 대한민국 약전 2020-88 의약품각조 제2부 젤라틴(p.274) 참고

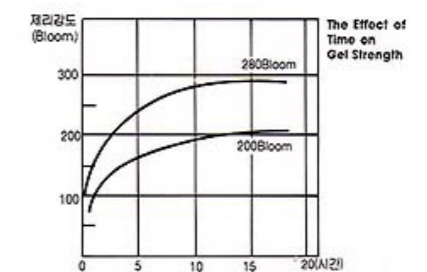
- ① 해당 젤 7.5g을 병(젤리 컵)에 넣고 물 105mL를 넣은 다음 마개를 덮고 1~4시간 동안 방치한다.
- ② 63~67℃의 수욕에서 15분간 가열한다. 가열하는 동안 유리막대로 저어준다.
- ③ 실온에서 15분간 식힌 후 자동온도조절장치에 옮겨 담아 10±0.1℃로 유지하면서 마개를 닫고, 17±1시간 동안 방치한다.
- ④ 병을 꺼낸 후 병 외벽의 물을 빠르게 닦는다.
- ⑤ 플런저가 검체의 중심에 위치하도록 하고 병을 장치의 가운데에 두고 0.5mm/초당 4mm 깊이로 함몰 되도록 측정할 때, 그 값은 표시량의 80~120%이다.



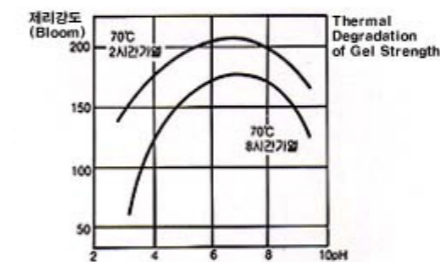
젤리강도와 농도의 관계



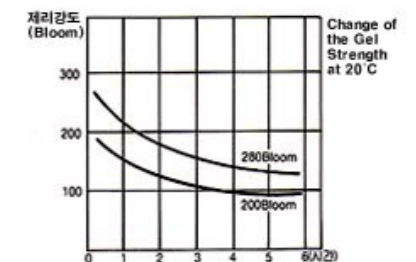
점도와 pH의 관계



젤리강도와 가열시간의 관계



젤리강도와 열연화(熱軟化)의 관계



## 2) 점도(Viscosity)

점도는 젤라틴 6.67% 농도로 60℃에서 피펫을 통과한 시간으로써 결정되며 일반적으로 용액의 점도는 20~60mps가 된다. 점도는 pH, 온도, 농도에 영향을 받으며, 등전점에서 최소가 된다. 젤라틴 용액은 고온에서 점도가 저하되며, 그 저하율은 젤라틴 용액 온도에 현저하게 영향을 받는다. 점도는 액체가 흐르는 것을 막는 성질(흐를 때의 분자 간 인력이나 분자 간 마찰에 의함)로, 점도가 클수록 흐르기 어렵다.

### 가) 점도에 영향을 미치는 요인

① 분자간 힘이 클수록 점성이 크다.

(예) 물에 비해 글리세롤의 점도는 약 1,500배 높다.

② 온도가 높아지면 점도는 작아진다.

(예) 물엿이나 꿀처럼 매우 점도가 높은 물질도 고온에서는 점도가 낮아지면 물처럼 잘 흐를 수 있다.

☞ 액체 분자의 평균운동에너지가 커지고, 액체 분자들 중에 분자 간의 힘을 극복하는 분자들이 많아져서 액체가 잘 흐르게 되어 점도가 낮아진다.

③ 분자량 및 분자의 복잡성이 클수록 점도가 커진다.

(예) 탄소수가 5~11개인 탄화 수소 화합물은 점도가 낮아서 가솔린 등으로 사용되지만, 탄소수가 22~27개인 탄화 수소 화합물은 분자 사슬 간의 큰 인력에 의해서 매우 점도가 높아져서 그리스(Grease)로 사용된다.

[여러 가지 액체의 점도]

온도(℃)	글리세롤	물	에탄올	벤젠	디에틸에테르
0	121,000	17.8	17.8	9.1	2.96
20	14,990	10	11.9	6.5	2.43

(단위 : millipoise, 점성계수 1m-poise=1×10<sup>-4</sup>kg/m·s)

※ 글리세롤은 수소결합을 형성할 수 있는 -OH를 3개 가지고 있어 분자간 힘이 특히 강함.

### 나) 점도의 단위와 측정

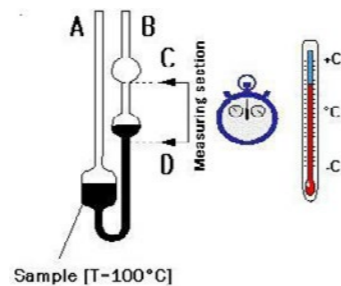
점도의 기준 물질은 물(H<sub>2</sub>O)이며, 물의 점도는 20℃에서 1cPs(ceti-poise)이다.

① 점도의 단위 : 푸아즈(Poise, P), 1초 사이에 1g인 유체가 1cm 이동하는 상태를 1P라고 한다.

② 점도의 측정

(a) [입구-A]로 점도를 측정하고자 하는 액체를 적당량 흘려 넣는다.

(b) [입구-B]로 감압을 하면 액체가 입구-B 방향으로 상승한다.



(c) 액체의 표면이 눈금-C를 통과하면 감압을 깨뜨린다.

☞ 액체가 하강한다.

(d) 액체의 표면이 눈금-C를 통과해서 내려갈 때 시간 측정을 시작한다.

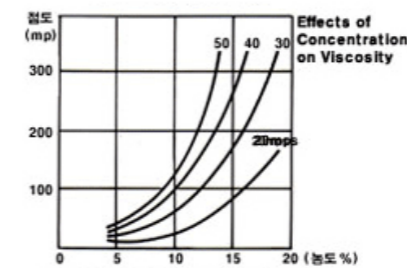
(e) 액체의 표면이 눈금-D를 통과해서 내려갈 때 시간 측정을 종료한다.

(f) [눈금-C]와 [눈금-D] 구간의 부피에 해당하는 액체가 모세관을 통과하는데 걸리는 시간을 측정한다.

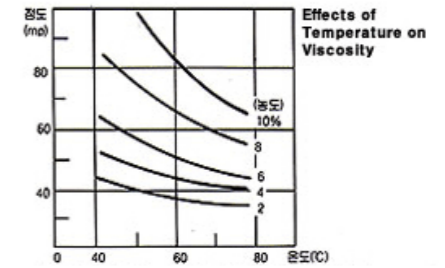
## 3) 점도 저하(Viscosity Breakdown)

젤라틴 용액은 높은 온도에서 열열화(젤리 강도 및 점도 저하)가 발생하는데, 열열화의 정도는 온도, 시간, pH의 함수이며, 산 혹은 알칼리쪽, 온도는 60℃ 이상에서 특히 물성저하가 크다.

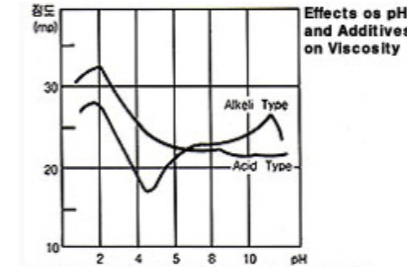
점도와 농도의 관계



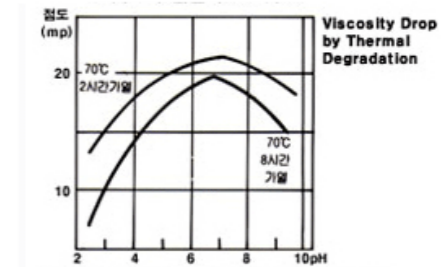
점도와 온도의 관계



점도와 pH의 관계



점도와 가열시간의 관계



## 4) pH

산업용 젤라틴 pH 범위는 5.0~6.0이며, 중성 근처에서 열에 안전하고, 낮은 pH에서 박테리아 성장이 억제된다.

### 수소 이온 지수(pH)

프랑스어 puissance d'hydrogene("power of hydrogen")에서 유래하였고, 덴마크의 생화학자 쇠렌센(Sørensen)에 의해 제안되었다. 용액의 pH는 수소이온의 몰농도에 -log를 취한 것으로 정의한다.

$pH = -\log[H_3O^+]$  마찬가지로 pOH를 정의할 수 있다.  $pOH = -\log[OH^-]$

25°C의 순수한 물에서  $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$  이므로 양변에  $-\log$ 를 취하면  $-\log[H_3O^+] + -\log[OH^-] = 14$ ,  $\therefore pH + pOH = 14$  이다.

25°C 수용액에서는 액성에 관계없이  $pH + pOH = 14$ 이므로 pH가 커지면 pOH는 작아진다.

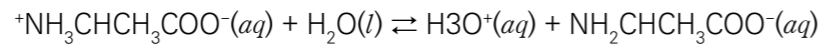
$pH = -\log[H_3O^+]$ ,  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$  이므로 pH가 1씩 감소할 때마다  $[H_3O^+]$ 는 10배씩 증가한다.

pH 측정은 정확성이 요구될 때에는 pH 미터(pH 측정용 완충용액으로 전극 보정)를 활용하고, 간편하게 측정하고자 할 때에는 pH 시험지(만능지시약을 종이에 적셔 만든 것)를 사용한다.

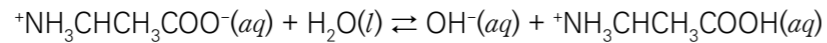
### 5) 등전점(Isoelectric Point)

등전점은 젤라틴의 이온이 제거된 상태에서의 pH이다. 등전점에서는 이온의 움직임이 없으며, 등전점에서 탁해지는 Haze 현상을 보이는 경우가 있다. 이 현상은 특히 저농도이거나 결정상태에서 현저하게 나타나는 경우가 있다.

#### Alanine의 등전점(Isoelectric point) pH 계산



$$K_{a2} = \frac{[H_3O^+][NH_2CHCH_3COO^-]}{[^+NH_3CHCH_3COO^-]} \quad K_{a2} : \text{알라닌의 제2 이온화 상수}$$



$$K_{b2} = \frac{[OH^-][^+NH_3CHCH_3COOH]}{[^+NH_3CHCH_3COO^-]} \quad K_{a1} : \text{알라닌의 제1 이온화 상수}$$

등전점에서  $[NH_2CHCH_3COO^-] = [^+NH_3CHCH_3COOH]$  이므로

$$\frac{K_{a2}[^+NH_3CHCH_3COO^-]}{[H_3O^+]} = \frac{K_{b2}[^+NH_3CHCH_3COOH]}{[OH^-]} \quad \therefore \frac{K_{a2}}{[H_3O^+]} = \frac{K_{b2}}{[OH^-]}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_{a2}}{K_{b2}}[OH^-] \text{ 이고, } K_w = [H_3O^+][OH^-] \text{ 이므로 } [H_3O^+] = \frac{K_{a2}}{K_{b2}} \times \frac{K_w}{[H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 = \frac{K_{a2}K_w}{K_{b2}} \text{ 에서 } [H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_{a2}K_w}{K_{b2}}} = \sqrt{K_{a2} \frac{K_w}{K_{b2}}} = \sqrt{K_{a2}K_{a1}} \text{ 이므로}$$

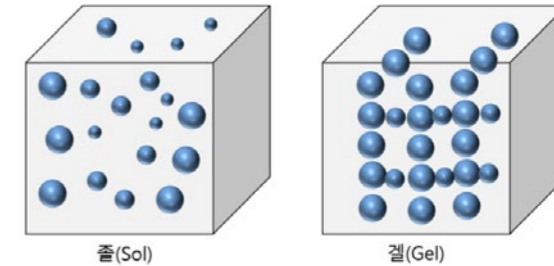
$$\therefore pH = \frac{1}{2}(pK_{a1} + pK_{a2})$$

## 2. 젤라틴의 용도

### 1) 식품용 젤라틴

젤라틴은 35°C 이상에서 졸(sol)을 형성하고 이보다 낮은 온도에서는 겔(gel)을 형성하는 데 체온보다 낮은 녹는점 덕분에 입안에서 쉽게 녹으며 탄력이 있어 젤리를 비롯하여 초콜릿, 껌, 디저트 등 다양한 가공식품에 사용되고 있다. 또한 젤라틴은 보습성이 강해 구미 캔디, 마시멜로, 햄, 소시지 등에 사용되며, 요구르트, 아이스크림에는 안정제로 사용되는 등 식품 산업에서 적용되는 범위가 매우 다양하다.

- 콜로이드(colloid) : 보통의 분자나 이온보다 크고 지름이 1nm~1000nm 정도의 미립자가 기체 또는 액체 중에 분산된 상태를 콜로이드 상태라고, 콜로이드 상태로 되어 있는 전체를 콜로이드라고 한다.
- 졸(sol) : 유동성이 좋은 콜로이드
- 겔(gel) : 유동성이 거의 없는 콜로이드



### 2) 의료용 젤라틴

젤라틴은 상온에서 피막을 형성하므로 내용물의 산화를 방지하고 수분을 차단할 수 있다. 또한 체내에서 쉽게 녹아 흡수되기 때문에 의약품 분야에서 광범위하게 사용되어 왔으며, 특히 경질캡슐, 연질캡슐, 정제 등에 널리 사용된다.



## 3. 젤라틴의 용해 방법

젤라틴의 용해 방법에는, 「평균 용해법」과 「직접 용해법」의 2개의 방법이 있지만, 어느 쪽이 적절한가는 아래와 같은 작업 요인에 의해 결정된다.

젤라틴의 입도, 젤라틴 용액의 농도, 시간적 제약, 용해 작업의 규모, 용해 설비 (용기 형상, 교반장치 등)

### 1) 팽윤 용해법

젤라틴을 찬물에서 팽윤한 후, 가열 용해하는 방법이다. 소규모의 용해 작업에 적절한 방법으로 용해의 규모가 커지면, 팽윤 젤라틴의 교반이 곤란하게 되거나 냉수를 가온하는데 장시간을 필요로 한다. 팽윤 작업에 대해, 특히 세분의 젤라틴의 경우, 교반, 분산이 충분하지 않으면 부분적으로 팽윤하지 않는 것이 발생한다.

※ 용해조건

• 팽윤 시간 : 30~60분 • 팽윤 온도 : 10~25℃ • 용해 온도 : 50~60℃

### 2) 직접 용해법

젤라틴을 온수에 교반하면서 직접 투입하여 용해하는 방법이다. 용기 중에서의 젤라틴 분말의 분산이 충분하게 되면 팽윤 용해법에 비해 용해 시간은 매우 단축할 수 있다. 분말의 분산을 완전하게 하고, 한편 교반에 의한 기포의 포함을 막기 위해 용기나 교반기를 고려해야 한다.

※ 용해조건

• 팽윤 온도 : 60~70℃ • 팽윤 시간 : 15~20분

### 3) 주의 사항

- 가) 뭉침 방지를 위해, 물속에 젤라틴 분말을 투입해야 한다.
- 나) 고온에 의한 젤라틴의 물성 변화를 막기 위해, 젤라틴 용액의 부분적인 가열은 하지 않는 것이 좋다.
- 다) 용해 후 미약하게 열을 가해 40℃전후까지 용액의 온도를 내리는 편이 좋다.
- 라) 젤라틴의 물성 열화는 Low pH 혹은 High pH의 분위기로 일어나기 쉽다.
- 마) 과즙이나 구연산의 첨가는 젤라틴의 용해와 동시에 행하지 않고 마지막에 하는 것이 좋다.

## 4. 콜라겐과 콜라겐 펩타이드

### 1) 콜라겐 펩타이드란?

- 가) 콜라겐은 가열로 인해 녹는 성질을 가지고 있는 것으로, 콜라겐이 가열에 의해 변성된 것이 젤라틴이며, 젤라틴을 효소 분해해 분자량을 수 천, 수 백 정도 까지 작게 한 것이 콜라겐 펩타이드이다.
- 나) 콜라겐은 체내에서 재합성이 가능하나 콜라겐의 주요구성 아미노산인 하이드록시 프롤린은 콜라겐에만 들어있어 반드시 콜라겐을 섭취해야 한다.

### 하이드록시 프롤린

프롤린(Pro)은 체내에서 하이드록시 프롤린(Hyp)으로 변환, Hyp은 피부나 관절 등 각 조직의 콜라겐 합성에 도움을 주는 콜라겐의 주요 성분으로 체내에서 GPH(Glycine, Proline, Hydroxyproline) 및 Hyp의 높은 농도와 높은 흡수율은 Hyp 합성을 증가시켜 각 조직에서의 콜라겐 합성을 높일 수 있는 중요한 요소이다.

콜라겐 합성이 잘 되지 않으면 쉽게 멍이 들고 내부출혈을 일으키며, 결합조직의 인대와 힘줄을 파손시킨다. 또한 핏줄이 손상되기 쉬우며, 소변으로 배출되는 하이드록시 프롤린이 증가한다는 것은 대부분 질병으로 인해 결합조직이 파손되었거나 비타민C가 부족하기 때문이다.

다) 콜라겐은 동물체에만 존재하는 단백질(총단백질의 약 30~40%)의 일종으로서 인체, 뼈, 연골, 혈관벽, 치아, 머리카락에 다량으로 존재함. 종류도 다양해서 현재까지 28종 정도 발견되었다.(문헌마다 다르게 기재됨.)

[콜라겐, 젤라틴, 콜라겐 펩타이드의 차이]

구분	콜라겐	젤라틴	콜라겐 펩타이드
원료	동물의 뼈 조직, 연골조직, 피부조직, 건 및 인대조직	동물의 뼈 피부조직 (우피, 돈피, 어피 및 Scale)	젤라틴 및 피부조직 (우피, 돈피, 어피 및 Scale)
생산 방법	분리하여 조직으로부터 콜라겐 용액을 제조	콜라겐을 가수분해 하여 추출	젤라틴을 효소분해
분자량	10만의 폴리펩타이드 결합 3상 구조 (30만 분자량)	3개의 결합이 녹아 가수분해 (10만 분자량)	콜라겐 또는 젤라틴 효소 분해 (5,000 이하 분자량)
용도	지혈제 / 진피대체제 / 피부재생용 등 의약품	식품 / 화장품 / 원료의약품	식품 / 화장품 / 원료의약품
명칭	콜라겐	젤라틴	콜라겐 펩타이드, 트리펩타이트콜라겐, 저분자콜라겐

### 2) 콜라겐과 콜라겐 펩타이드의 차이점

가) Collagen

콜라겐은 동물의 뼈에 다량으로 존재하는 단백질 중의 하나로 세포에서 분비되어 세포와 세포 사이를 채우는 단백질이다. 콜라겐을 생산하는 주요한 세포는, 피부에 존재하는 섬유아 세포, 연골에 존재하는 연골 세포, 뼈를 구성하는 골아세포 등으로, 콜라겐은 이런 세포로부터 분비된 후, 세포 사이를 메꿔, 다른 당단백질과 함께 세포간 매트릭스를 형성하며 세포의 토대가 되어 그 증식과 기능을 유지하도록 도와준다.

# 크로시스(주)

부산광역시 사하구 신산로 72-1

## ◆ 연혁 및 개요

크로시스는 1984년 서울 영등포구에서 창립, 2011년부터 부산으로 신축, 확장 이전하였다. 창립 이래 “역삼투압 방식의 이동형 정수 장비”라는 틈새시장에서 독보적인 지위를 유지하고 있다. 자체 설계, 제작한 선박용 조수기, 이동형 정수장비, 해수담수화 플랜트 등의 수처리 장비를 방위사업청, 해양경찰청, 싱가포르 국방부, 현대중공업, 한진중공업, 대우조선해양, Technip, Toray, 삼성엔지니어링, 대우건설 등 국내외 정부와 기업들에서 사용하고 있다.

크로시스는 마케팅/설계/생산 능력을 인정받아 세계 유수의 기업과 협력 관계를 구축하고 있다. MJP(Marine Jet Power)의 워터제트(Water Jet Propulsion System)와 Anti Rolling Tank(횡요감쇄장치) 등의 조선기자재 제품을 생산 및 판매하며, 해양플랜트 엔지니어링 서비스를 GE Oil & Gas, 현대중공업, 삼성중공업 등 국내외 기업에 제공하고 있다.

## ◆ 주요 사업

크로시스는 역삼투 해수담수화 장비와 조선해양기자재 회사로 선박용 조수기, 이동형 정수 장비, 수처리 플랜트 등의 역삼투 해수담수화 장비와 워터제트 추진시스템, 횡요감쇄장치(ART), 함안정기 등의 조선기자재를 설계·생산·판매하고, 해양플랜트 엔지니어링 서비스를 제공한다.

### 1. 선박용 역삼투 조수기(Fresh Water Generator)

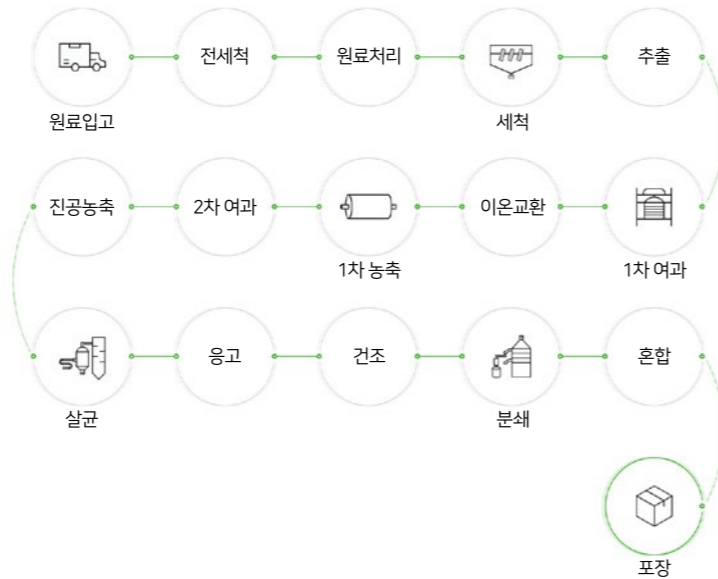
선박용 역삼투 조수기는 역삼투압(Reverse Osmosis)을 활용하여 바닷물을 관수 또는 식수로 처리하는 장비이며, 크로시스는 이 장비를 1984년에 독자 기술로 개발하였다. 현재는 원양어선, 일반 상선, 해군 함정이나 잠수함, 연안경비정, 해양플랜트에 이르기까지 다양한 제품을 생산하여, 방위사업청, 해양경찰청, 현대중공업, 한진중공업, 삼성중공업, 대우조선해양, STX조선해양, COSCO 등에 공급하고 있다. 특히, 대한민국 해군에서 사용하는 선박용 역삼투 조수기의 경우, 자체 보유하고 있는

### 나) Collagen Peptide

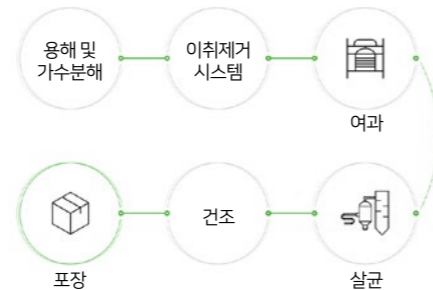
콜라겐을 가수분해한 것이 젤라틴이며, 젤라틴을 효소 분해한 뒤 분자량을 감소시켜 (약 5,000 이하) 소화흡수에 용이하도록 생산된 제품이 '콜라겐 펩타이드'이다. 이러한 특성으로 인해 식품 및 미용산업에서 널리 각광받고 있는 소재가 콜라겐 펩타이드이다.

## 5. 제조 공정

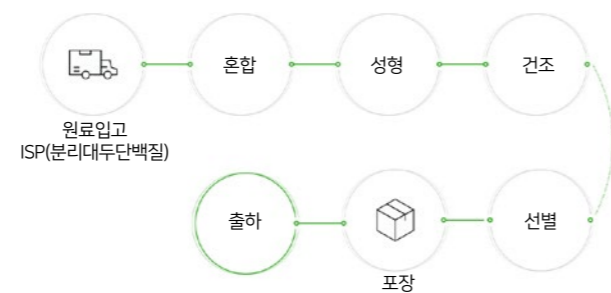
### 1) 젤라틴 제조 공정



### 2) 콜라겐 제조 공정



### 3) 단백질 퍼프 제조 공정



설계, 생산, 품질 능력을 통해 그 시장에서 독보적인 위치를 차지하고 있다. 또한 크로시스는 고객이 사용하는 장비의 효율적이고 안정적인 운영을 보장하기 위한 시스템을 갖추고 있다. 필요한 부품을 합리적인 가격에 신속하게 공급할 수 있도록 재고를 보유하고 있으며, 운전교육, 유지보수 등의 기술지원이 필요한 고객의 요구에 신속하게 대응하기 위하여 전문엔지니어들이 대기하고 있다.



[선박용 역삼투 조수기]

## 2. 이동형 정수 장비(Mobile Water Purification System, MWPS)

2011년 동일본 대지진, 2013년 남수단 내전과 같이 자연재해나 전쟁/테러 등의 비상 상황에서 가장 긴급하고 안정적으로 공급되고 확보되어야 하는 것이 바로 “물”이다. 크로시스의 이동형 정수 장비는 사막이나 오지, 전쟁/테러 지역, 지진이나 해일로 인한 자연재해 지역 등 고객이 필요로 하는 곳 어디서나 식수를 공급하는 장비이다. 트럭이나 컨테이너에 설치하여 육상, 해상으로 이동이 용이하고, 누구나 쉽게 간단한 조작으로 사용할 수 있으며, 세계보건기구(WHO)의 음용수 수질 기준을 충족한다.

크로시스의 이동형 정수 장비는 그 우수한 품질과 기술력을 인정받아 방위 산업 물자로 지정되어 대한민국 육군에서 사용하고 있으며, 또한 싱가포르 국방부, 방글라데시, UN, Toray, Toyota 등 국내외 정부와 기업에서도 사용 중이다.



[이동형 정수 장비]

## 3. 역삼투압(RO, Reverse Osmosis) Desalination Plant

역삼투압 방식의 해수담수화 기술은 다른 기술보다 운용이 용이하고 에너지 소모량이 낮으며, 다양한 용량의 플랜트에 적용할 수 있다. 크로시스의 역삼투 해수담수화 플랜트는 도서 지역이나 사막 지역 등에서 필요한 중소 규모 플랜트에 특화되어 있으며, 30년간의 오랜 경험을 통하여 신뢰성과 내구성이 검증되었을 뿐만 아니라 운전과 정비가 편리하도록 설계되었다. 또한 플랜트의 설치를 위한 건물이 확보되지 않은 경우, 별도의 컨테이너에 장착하여 설치와 이동이 용이 하면서도 비용을 절감할 수 있도록 구성되었다.

현대건설, 삼성엔지니어링, 대우건설, LG전자, STX, 한국건설기술연구원, Technip, Technimont 등 국내외 정부와 기업들이 고객이다.

수처리 분야의 오랜 경험과 축적된 기술을 바탕으로 에너지 절감장치, 역세 필터 등의 핵심 부품과 막증발법(Membrane Distillation), 압력 지연삼투(Pressure Retarded Osmosis), 정삼투압(Forward Osmosis) 방식의 차세대 해수담수화 기술 등을 지속적으로 연구개발을 하고 있다.



[역삼투압 해수담수화 장치]

### ◆ 주요 기초 과학 지식

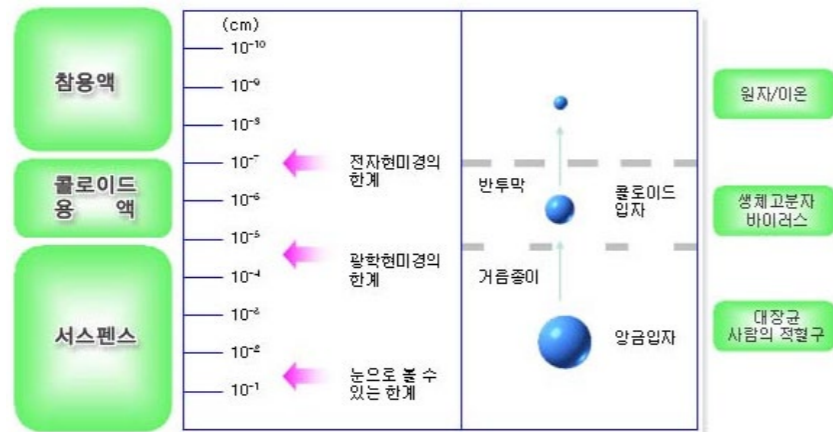
#### 1. 삼투와 삼투압

##### 1) 삼투(Osmosis)

삼투는 반투막을 사이에 두고 진한 용액과 묽은 용액을 넣으면 두 용액의 농도 평형을 맞추기 위해 묽은 용액의 용매 분자가 반투막을 통해 진한 용액 쪽으로 이동하는 현상이다.

가) 반투막(semipermeable membrane)

미세한 크기의 구멍( $10^{-9}m$ )을 갖고 있는 다공성의 막을 반투막이라고 한다.



나) 막의 구멍 크기보다 작은 물질(물과 같은 작은 용매 분자)은 자유롭게 통과시킬 수 있지만, 그보다 큰(설탕과 같은) 용질 분자는 통과시키지 못한다.

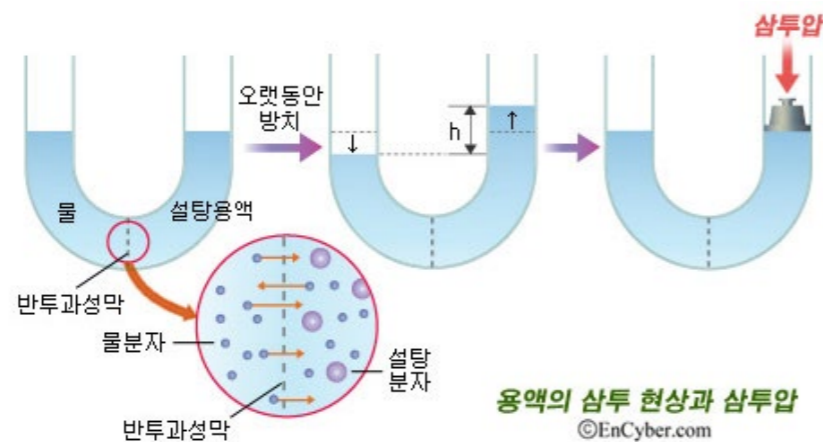
다) 셀로판 막, 동물의 방광막, 식물의 세포막 등이 있다.

라) 식초에 달걀을 담가 두었을 경우에 시간이 지나면 '왕 달걀'이 되는데, 이는 달걀에 있는 난각막이 반투막이기 때문에 소금물에서 달걀 내부로 물이 이동해 들어가는 것이다.



[식초에 담가둔 달걀, 왕 달걀이 되다.]

2) 삼투압(osmotic pressure)



용액의 삼투 현상과 삼투압 ©EnCyber.com

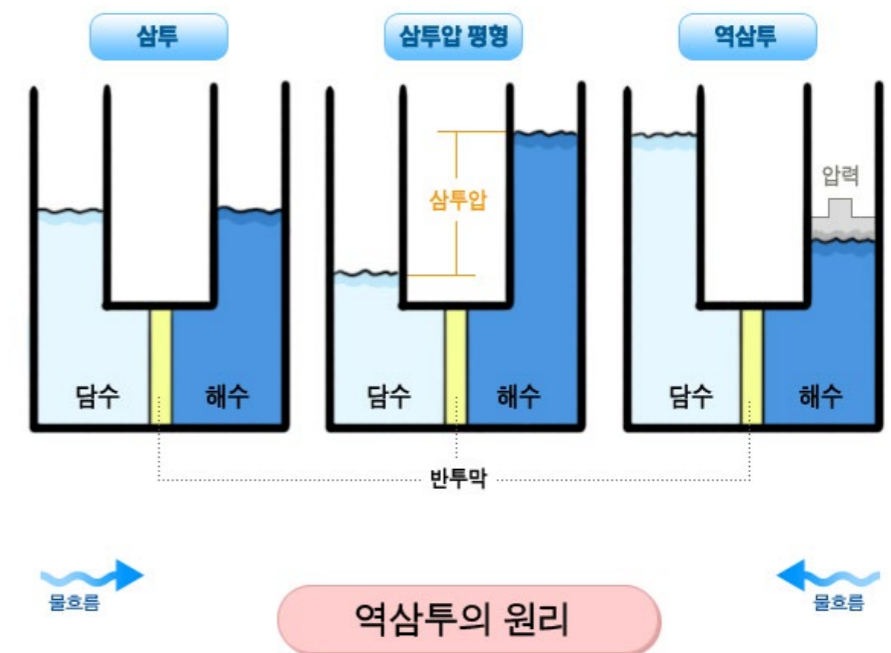
가) 용매는 반투막을 통과하지만, 용질은 반투막을 통과하지 못하기 때문에 나타나는 현상으로 인해 용액 양쪽의 수면 높이 차가 생긴다(삼투현상).

나) 이런 삼투현상을 막기 위하여 용액 쪽에 가해 주어야 하는 압력의 크기를 삼투압이라고 한다.

다)  $NaCl(aq)$ 에서 반투막을 용질 입자가 통과하지 못하게 되는데, 그 이유는  $Na^+$ 이 물속에서 수화된 형태로 존재하기 때문에 수화된  $Na^+$ 의 크기는 수화되지 않은  $Na^+$  크기보다 훨씬 커지기 때문에 반투막을 통과하지 못해 삼투압이 나타난다.(입자크기 :  $Na^+ < H_2O < Na^+(aq)$ )

2. 역삼투 현상(reverse osmosis)

혼합용액 쪽에서 삼투압보다 더 큰 외부 압력이 가해지는 경우, 혼합용액의 높이가 오히려 순수한 용매의 높이보다 낮아지게 되는 현상을 역삼투 현상이라고 한다.



역삼투의 원리

가) 바닷물로부터 식수를 얻는 탈염 과정(농도가 진한 바닷물 쪽에 외부 압력을 가함으로써 순수한 물을 얻음)은 역삼투의 원리를 이용한 것이다.

나) 정수기도 역삼투 현상을 이용하고 있으며, 수질 오염을 조절할 때도 역삼투 원리를 적용할 수 있다.

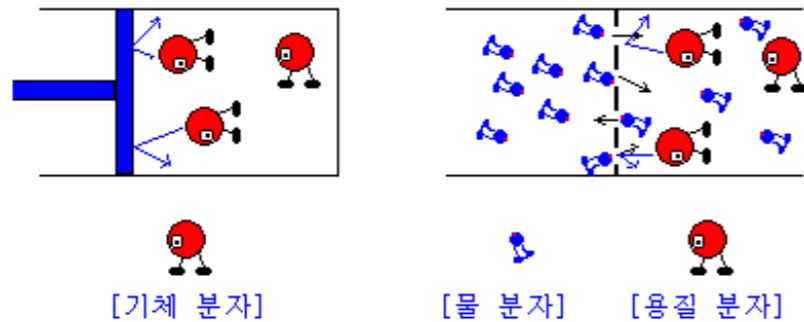
3. 삼투압과 반트호프 법칙

비전해질이 녹아 있는 묽은 용액에서 삼투압( $\pi$ )은 용매와 용질의 종류에 관계없이 용액의 몰 농도(C) 및 절대 온도(T)에 비례한다.

$$\pi = CRT (\pi : \text{삼투압}, C : \text{몰농도}, R : \text{기체상수}, T : \text{절대온도})$$

### 1) 기체의 압력과 삼투압의 비교

삼투압( $\pi = CRT$ )은 이상기체 상태방정식( $PV=nRT$ )과 같은 형태로 기체 분자가 용기 벽에 부딪쳐서 나타나는 압력과 반투막에 미치는 용질 분자에 의한 삼투압이 본질적으로 같다는 반트호프의 생각에 기인한다.



### 2) 삼투압과 분자량

Van't Hoff( $\pi = CRT$ ) 법칙을 이용하여 분자량을 계산할 수 있다.

가) 부피 V만큼의 수용액을 만들 때 사용한 용질의 질량을 w(g)이라 하면,

$$\pi = CRT = \frac{n}{V}RT = \frac{wRT}{M_w V} \quad [\text{삼투압의 크기가 atm 단위로 주어질 때}]$$

이는 물과 혼합용액의 높이 차이[h cm]에 의해 발생하는 부가적인 압력의 크기와 같다.

$$\Delta P = \rho g \Delta h = \frac{wRT}{M_w V} \quad [\text{삼투압이 용액의 높이차(h cm)로 주어질 때}]$$

$$\therefore M_w = \frac{w}{V}RT \times \frac{1}{\rho g \Delta h} \times (100\text{cm/m})$$

( $\rho$ 는 용액의 밀도로서 묽은 수용액의 경우  $1.00\text{g/cm}^3$  이다.)

나) 주로 분자량이 약 1만 이상인 단백질, 녹말, 합성수지 등 고분자 화합물의 분자량을 측정하는 데 삼투압을 이용할 수 있다.

- ① 고분자 물질의 경우 끓는점 오름이나 어는점 내림을 이용하여 분자량을 측정하는 것은 거의 불가능하다. 왜냐하면 끓는점 오름 상수 및 어는점 내림 상수는 용매가 물인 경우 0.51, 1.86 정도로 그 크기가 작으므로 정확한 분자량 측정을 위해서는 몰랄 농도가 약 0.1mol/kg 정도가 되어야 하지만 고분자 물질을 0.1mol/kg 농도가 되도록 녹이는 것은 거의 불가능하다.
- ② 이에 반해 삼투압을 이용한 분자량 측정은 매우 적은 농도로도 비교적 뚜렷한 차이를 얻을 수 있으므로 보다 정밀한 측정이 가능하다. 용매가 물인 경우 0.005mol/kg 농도라고 하더라도 높이 차이는 1m 정도이다.

### 4. 해수담수화 과정

#### 1) 여수의 스카이다워

2012 여수세계박람회에서 이곳저곳을 돌아다니다 보면 멀리서 뱃고동 소리가 들린다. 그 소리를 따라가다 보면 여수엑스포에서 가장 높고 독특한 건물을 만나게 되는데, 바로 멋진 하프모양의 파이프오르간을 벽에 두르고 있는 '스카이다워'이다. 예술과 과학의 조화로 만들어 낸 친환경 건축물 스카이다워에 설치된 파이프오르간은 뱃고동 파이프 80개로 제작되었고 반경 6km까지 울려 퍼져 '세계에서 가장 큰 소리를 내는 파이프오르간'으로 기네스 인증을 받기도 했다. 매일 개장과 폐장을 알리고 매일 수차례 라이브연주를 들려주며 참가국의 국가도 연주한다. 설치에 많은 어려움이 있었다고 하지만, 덕분에 여수의 아름다운 바다와 함께 조화를 이루는 멋진 뱃고동 소리를 들을 수 있어 관광객들에게 멋진 추억으로 남을 것 같다. 이 독특하게 생긴 건물은 1980년 7월부터 2008년 9월까지 사용한 시멘트 저장 창고를 재활용해서 만들었다고 한다. 친환경박람회를 내세운 여수엑스포의 상징물이며 박람회가 끝난 후 영구시설로 보존되고 있다. 구조는 크게 두 개의 사일로(버려진 시멘트 저장고)로 이루어져 있는데, 사일로 1호기는 대형영상관으로 변신했고, 2호기에는 12톤 규모의 해수담수화시스템이 설치되어 우리나라의 뛰어난 해수담수화 과학기술을 관광객들에게 보여준다.



[스카이다워 외관]



[스카이다워 내부 구조 모형]

#### 2) 식수로 바뀐 바닷물, 직접 마셔보기

해수담수화시스템을 한눈에 보여주는 사일로 2호기. 설치비만 6억 원이 들어갔다는 이 시설은 관광객들이 바닷물이 식수로 바뀌는 놀라운 해수담수화 과학기술의 발전을 직접 보고 정수된 물까지 마실 수 있도록 되어 있다.



[2012 여수세계박람회 '스카이다워'의 해수담수화시스템]

'해수담수화'란 바닷물에서 염분과 용해 물질을 제거하여 마시는 물을 비롯해 생활용수, 공업용수 등을 만들어 내는 과정을 말한다. 해수담수화를 하는 방법에는 바닷물에 녹아 있는 염분을 반투과막에 걸러내어 담수를 얻는 역삼투법과, 바닷물을 끓여 증발한 수증기를 차갑게 냉각시켜 담수를 얻는 증발법이 주로 많이 쓰인다.

역삼투법이 보다 널리 퍼져있는데 그 이유는 화석연료를 사용하여 해수를 가열해야 하는 증발법이 역삼투법에 비해 에너지 소비량이 3배나 더 많고 규모에도 제약이 따르기 때문이다. 이 밖에도 해수를 냉동하여 물과 얼음으로 분리하는 냉동법과 이온교환막에 의한 전기투석법이 있다.

여수엑스포의 해수담수화 시스템은 역삼투법 처리방식으로 되어 있으며, 박람회장 내 해수를 이용해 하루 12㎥/일을 생산하는데 이는 6,000명 정도가 하루(1인당 하루 식구 사용량 2L 기준)를 먹을 수 있는 양이다.

역삼투법으로 바닷물을 정수하는 방법은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

- ① 샌드 필터(큰 입자의 불순물 및 녹조류 제거)
- ② 활성탄 필터(유기물 흡착)
- ③ UV 램프(바닷물 살균)
- ④ UF장치(역삼투압 전처리 과정. 미생물 단위까지 제거)
- ⑤ 해수 역삼투압 장치(바닷물 속 이온물질 제거)
- ⑥ 미네랄 재주입 장치(pH 조정 및 미네랄을 첨가하여 먹는 물 생산)

역삼투법의 정수방식은 이런 삼투현상을 인위적인 압력으로 역진행시켜 고농도의 물 분자를 저농도의 지역으로 이동, 순수한 물을 얻어내는 것이다. 관람객들에게 무료로 증정하는 컵에 식수로 탈바꿈한 바닷물을 담아 마셔보면, 정수기에서 나오는 물

맛과 비슷한 맛의 물을 느껴볼 수 있다. 짠맛이 남아 있는지 느껴보려고 계속 마셔보아도 짠맛은 전혀 느낄 수 없을 정도이다.



[역삼투법으로 정수된 바닷물을 먹기 위해 컵에 받는 모습]

### 3) 물 부족을 해결하는 미래의 희망, 해수담수화

우리가 사는 지구에는 물이 많이 있는 것 같아도 실제 사용할 수 있는 물은 호수나 하천에 있는 0.01%뿐이라고 한다. 이렇게 적은 0.01%의 물로 인류가 살아가고 있지만 산업화, 도시화에 따르는 환경오염과 인구 증가로 인해 이마저도 점점 말라가고 있다. 현재에도 세계인구의 약 40%가 만성적인 물 부족에 고통받고 있다. 하지만 이보다 더 절망적인 상황으로, 2012년에 태어난 아이들이 13살이 되는 2025년에는 예상 세계인구 80억 중 40억인 절반이 물 부족을 겪게 될 것이라고 많은 학자들이 입을 모아 이야기한다. 우리나라 역시 물 부족에서 자유로울 수 없다.

104년 만에 온 최악의 가뭄으로 논밭이 마르고 해산물이 집단 폐사했으며 가로수와 잔디가 말라 죽어간다는 신문기사가 쏟아져 나오고 있다. 이런 상황에서 3면이 바다로 둘러싸여 있는 우리나라의 경우 바닷물에서 염분을 없애고 먹는 물로 만드는 기술인 해수담수화 과학기술이 미래의 물 부족을 해결해 주는 희망으로 다가오고 있다. 외딴섬에서 해수담수화 기술은 더 빛을 발하는데, 연평균 강우량이 적고 천연 담수를 모으기 어려운 지형적 특성을 가진 독도 역시 역삼투법을 사용한 해수담수화 시스템으로 하루 70명이 사용할 수 있는 식수와 생활용수를 얻고 있다.

해마다 급격한 기후 변화로 인한 강수량의 불균형으로 세계 곳곳에서 가뭄의 피해를 입고 있어, 해수담수화에 대한 관심이 높아지고 있으며 앞으로도 그 수요가 점차 늘어갈 것으로 예상된다. 미국 대통령 케네디는 "바닷물을 맑은 물로 만드는 기술은 그 어떤 과학적 성과를 뛰어넘는 공헌이다"고 말하기도 했는데, 해수담수화 과학기술이 지구상의 물 중 97.5%의 바닷물이 물 부족으로 고통받는 사람들에게 희망의 물로 바뀌는 날도 멀지 않은 것 같다.

# 그랜드선(GRANDSUN)(주)

부산광역시 강서구 체육공원로6번길 109

## ◆ 연혁 및 개요

그랜드선은 2005년 설립 이래로 18년간 끊임없는 도전과 혁신을 이어 왔다. 앞으로 신재생 분야에서 대한민국을 넘어 세계의 선도기업으로 나아 가고자 많은 노력을 기울이고 있다. 빠르게 변하는 시장에 맞춰 고객지향적 신규사업을 발굴하고 글로벌 시대에 미래 경쟁력을 갖추기 위해 지속적으로 연구개발하고 있다. 이를 바탕으로 확보한 우수한 원가 경쟁력은 보다 넓은 사업 영역을 개척할 것이다.

IT 기술을 바탕으로한 신재생에너지 사업은 4차산업 시대를 이끌고 있는 핵심사업이다. 그랜드선은 태양광 발전사업과 IT 기술을 접목한 업계 최고 수준의 모니터링, 원격감시제어 시스템을 보유하고 있다. 더 붙어 빅데이터 플랫폼을 통한 양질의 데이터를 수집하여 스마트그리드(Smart Grid)와 가상발전소(VPP : Virtual Power Plant) 서비스에 적용할 것이며, 미래지향적 에너지 전략기업으로 발전하고자 한다.

## ◆ 주요 사업

그랜드선은 태양광 발전 사업과 관련하여 유지관리(O&M) 서비스, RE100 컨설팅, 태양광 발전사업, 농촌 태양광 사업, 정부와 한국에너지공단에서 지원하는 각종 정부지원사업, 모듈·인버터 판매 사업, 전력 중개 서비스 등 에너지와 관련된 여러 사업을 시행하고 있다.

### 1. 유지관리(O&M) 서비스

태양광 발전소의 최적 상태 보전을 통해 발전 효율을 높여 수익을 증대하기 위한 서비스이다. 그랜드선의 O&M 서비스는 발전소의 수명과 성능을 안정적으로 유지하기 위해 체계적인 유지관리와 신속한 장애처리 서비스를 제공한다.

### 2. RE100 컨설팅

기업의 소비전력 공급시스템과 사용량을 진단하고, 기업 상황에 맞는 재생에너지 총량/전환 목표 설정 및 이행방법을 제안해주는 K-RE100 컨설팅을 실시하고 있다.

한국에너지공단의 5가지 이행 수단 맞춤형 진단 및 대행, 재생에너지 구매/보고/인증 까지 one-stop 대행 서비스를 제공하고 있다.

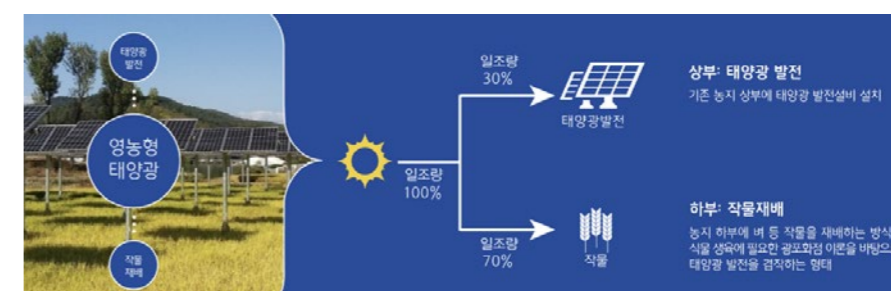
### 3. 태양광 발전 사업

그랜드선 기술단만의 특별한, TOTAL SOLUTION SYSTEM으로 태양광 발전 사업의 수익을 극대화한다. 그랜드선 기술단은 태양광 발전 사업의 원년부터 사업에 뛰어들어 다양한 프로젝트 실행 경험을 쌓았으며, 오랜 노하우를 바탕으로 가장 신뢰할 만한 경험치를 제공하는 에너지 파트너이다.

프로젝트의 개발부터 설계, 실행, EPC, 완공, 유지보수까지 토털 솔루션을 제공하며, 그랜드선 기술단만의 최적화된 시스템 설계와 철저한 품질 우선주의를 기반으로 투자에 대한 빠른 수익실현을 가능하게 한다.

### 4. 농촌 태양광 사업

농가소득의 극대화를 위해 태양광으로 다모작을 실현시키는 사업이다.



## ◆ 주요 기초 과학 지식

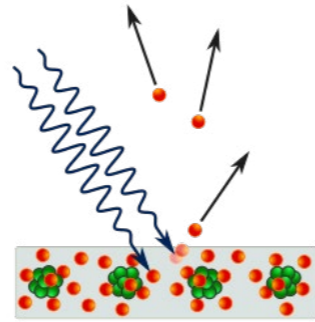
### 1. 태양광 발전

햇빛을 직접 전기로 변환하는 발전 기술로, 빛을 받으면 광전 효과에 의해 전기를 발

생시키는 태양전지를 이용한다. 재생에너지의 일종으로 탄소중립 시대 필수 에너지로 주목받고 있다.

**광전 효과(photoelectric effect)**  
: 특정 금속에 빛을 가했을 때 금속으로부터 전자가 방출되는 현상

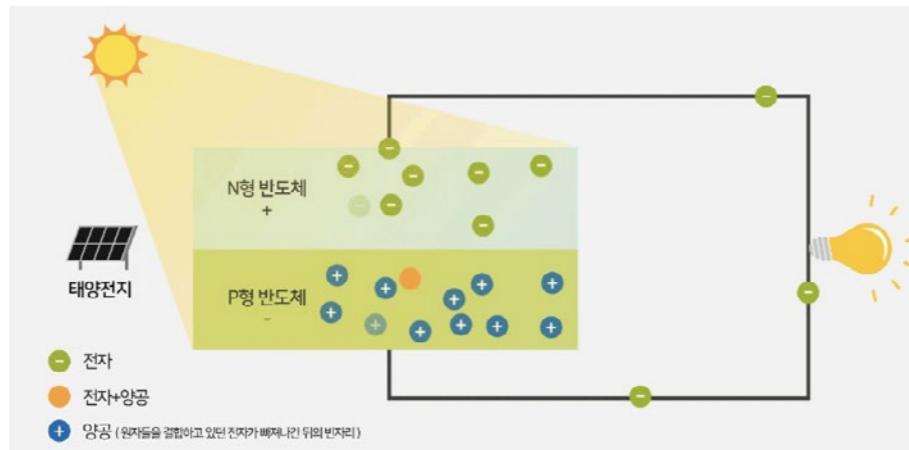
금속 등의 물질이 한계 진동수(문턱 진동수)보다 큰 진동수를 가진(따라서 높은 에너지를 가진) 전자기파를 흡수했을 때 전자를 내보내는 현상이다. 이때 방출되는 전자를 광전자라 하는데, 보통 전자와 성질이 다르지는 않지만 빛에 의해 방출되는 전자이기 때문에 붙여진 이름이다.



아인슈타인이 이 현상을 빛의 입자성을 가정함으로써 설명하였으며, 그 공로로 1921년에 노벨 물리학상을 수상했다. 빛의 성질에 관한 논란 중 입자설에 대한 증거로 거론된다.

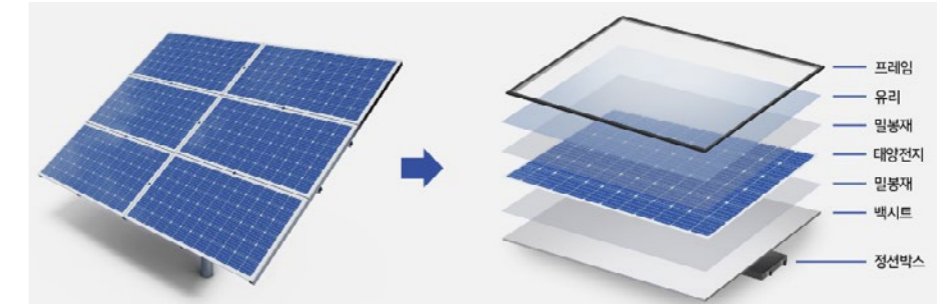
도로를 달리다 보면 들판에 까만 김 같은 설비를 자주 볼 수 있다. 이 까만 설비들은 태양광 발전 설비로 가장 눈에 띄는 까만 부분은 태양전지로 이뤄진 태양광 패널이다. 태양광 발전은 태양전지를 통해 햇빛을 전기로 변환시킨다. 태양전지는 특정 금속이 빛을 받게 되면 '광자'라 불리는 빛의 입자가 금속 내 전자를 때리며 전자를 방출하게 되는 원리(광전효과)를 이용한다.

태양광 발전의 과정은 다음과 같다.



- (가) 태양전지는 전자를 끌어들이는 성질을 가진 P형 반도체와 전자를 밀어내는 성질을 가진 N형 반도체가 만난 형태이다.
- (나) 두 반도체가 만나면 N형에 있던 전자가 P형으로 이동하면서 전자가 많아진 P형 반도체는 음극(-)을, N형 반도체는 양극(+)을 띄게 된다.

- (다) 이때 태양전지가 빛을 받게 되면 광전효과가 일어나며 P형으로 이동했던 전자들이 튀어나와 다시 N형으로 돌아온다.
- (라) 여기에 회로를 연결하게 되면 튀어나온 전자들이 N형 반도체를 떠나 P형으로 이동하며 전류, 즉 전기가 발생하게 된다.



태양광 설비는 얇고 약한 태양전지의 특성 때문에 프레임, 밀봉재 등의 장치들로 보호하도록 구성된다.

**2. 태양광 발전의 특징점**

태양광 발전은 전기 생산과정에서 탄소를 배출하지 않는다. 그리고 태양광 패널의 평균적인 수명은 20년으로 관리에 따라서는 30년 이상을 사용할 수도 있어 날씨가 좋다면 탄소배출 걱정 없이 전기를 생산할 수 있는 에너지원이다. 태양광이 탄소중립 시대 필수에너지로 주목받는 이유이다.

탄소 감축 움직임과 함께 글로벌 태양광 시장 규모는 가파르게 상승하고 있다. 한국수출입은행 해외경제연구소 보고서에 따르면 2017년 100GW 규모였던 태양광 설비규모가 올해는 약 240GW를 기록했으며, 2023년에는 270GW, 2024년에는 300GW를 넘어설 것으로 전망된다. 우리나라도 역시 태양광 설비 확대가 이뤄지고 있다. 2030년까지 전체 태양광 설비의 용량을 36.5GW까지 확대하겠다는 정부의 재생에너지 3020 계획에 따라 2017년 1.3GW 수준이던 태양광 설비규모는 지난해 4.2GW를 기록했다.

**3. 태양광 발전의 한계**

태양광 발전 방법은 1800년대부터 개발되었지만, 날씨에 따라 전력 생산이 영향을 받는 간헐성 문제, 한정적인 설치 장소, 높은 초기 투자 비용, 각종 민원 등의 문제로 확대가 더딘 것도 사실이다. 하지만 기술 발전과 함께 이 같은 한계들은 점차 극복되고 있다. 특히 가장 큰 한계로 꼽혔던 간헐성 문제의 경우 인공지능(AI)과 ESS가 결합한 에너지 솔루션을 통해 간헐성을 방지하고 발전량 예측 정확도를 높일 수 있게 됐다.

한정적이던 태양광 설비 장소도 다양화되고 있다. 과거에는 육상 태양광 설비만 설치

할 수 있었지만, 이제는 수상(호수), 해상(바다)까지 그 영역이 확대됐다. 이 밖에도 햇빛을 투과하는 구조의 태양광 발전설비를 설치해 농사와 병행할 수 있는 '영농형 태양광', 태양광 패널을 주차장의 그늘막처럼 사용하는 '주차장 태양광'과 건물 외벽을 태양광 패널로 대체하는 방식 등 좁은 우리나라 국토를 효율적으로 사용할 수 있는 다양한 기술들이 등장하고 있다.

태양광 발전 활성화의 걸림돌로 꼽히던 투자 비용도 감소세이다. 국제재생에너지기구(IRENA)에 따르면 태양광 균등화발전비용은 2010년 0.417달러/kWh에서 지난 2021년에는 9분의 1 수준으로 줄어든 0.048달러/kWh를 기록했다.

※ 태양광 균등화발전비용 : 태양광 발전 설비부터 폐기까지 발생한 모든 비용을 운영 기간 생산한 총발전량으로 나눈 값

#### 4. 태양열 발전과 태양광 발전의 차이

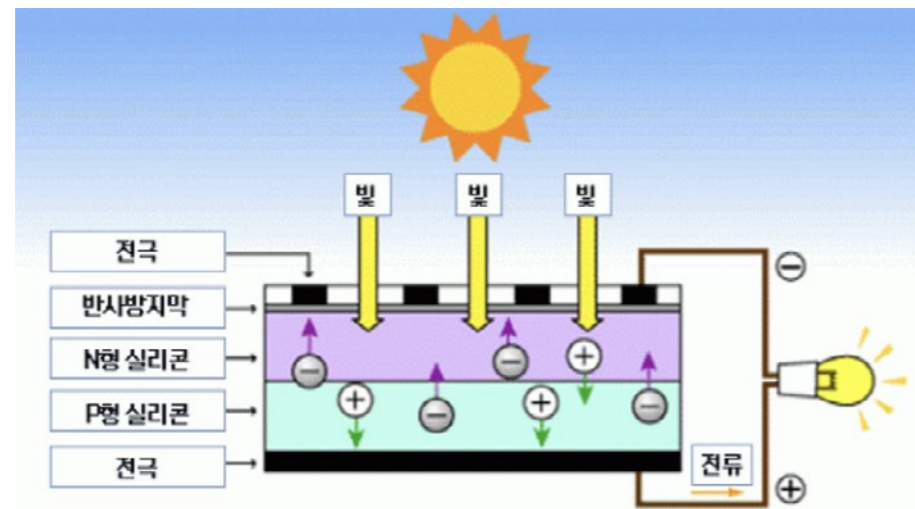
태양을 통한 발전 방법에는 태양열 발전도 있다. 태양열 발전은 전기 생산보다는 열 자체를 난방 및 온수에 활용하는 경우가 더 많다.

태양열 발전은 태양으로부터 오는 열을 모아 물을 끓인 뒤 여기서 나온 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산한다. 이는 태양에너지를 전기로 전환하기 위한 과정이 태양광에 비해 한 단계 더 있기 때문에 효율이 상대적으로 낮다. 그렇기 때문에 태양광 기술을 통해서는 전기를 생산하고, 태양열 에너지를 통해서는 열을 저장해 두었다가 난방 및 온수에 활용하는 방식으로 이용하는 경우가 많다.

#### 5. 태양전지

##### 1) 태양전지의 원리

태양광 전지는 빛에서 바로 전기를 생산한다. 광전효과를 이용해서 빛을 쬐이면, 반도체를 통해서 전류가 흐르면 전력이 생산된다.



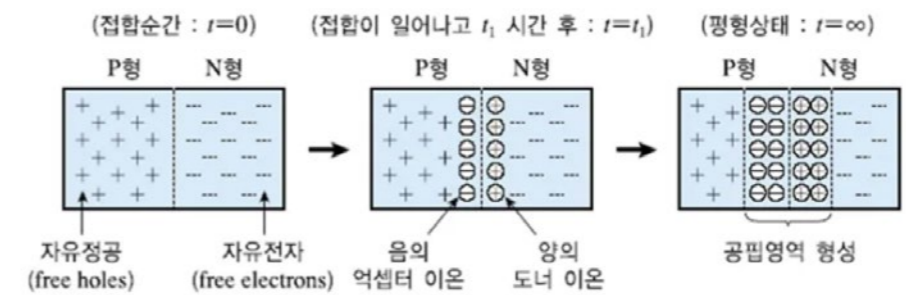
#### 2) p-n형 반도체

태양광 전지는 p-n형 반도체의 구조를 이룬다. P형 반도체와 N형 반도체는 반도체의 종류 중 하나이다.

P형 반도체(Positive-type semiconductors)는 규소(Si)에 갈륨(Ga)이나 인듐(In)과 같은 물질을 합성하여 정공(Hole)이 많이 있는 물질이다.

N형 반도체(Negative-type semiconductors)는 규소(Si)에 안티몬(Sb)이나 비소(As)와 같은 물질을 합성하여 전자(electron)가 많은 물질이다.

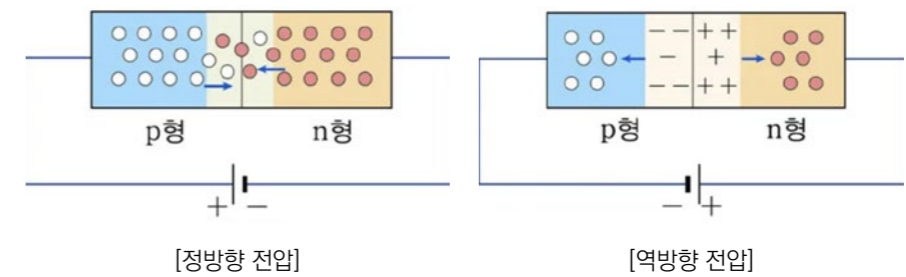
정공(electron hole)이란 원자(atom)에서 전자(electron)가 빠져나간 구멍(hole)이다. 정공은 단순한 구멍이 아니라, '입자'의 성질을 지닌 준입자이고, 전기전도성을 지닌다. 정공은 전자가 빠져나간 구멍이므로 + 전하를 가진다.



p, n형 반도체 모두 전도율이 좋지만, 이 둘 사이의 접합면인 p-n 접합 부분은 그렇지 않다. P형 반도체의 운반자인 정공과, N형 반도체의 운반자인 전자가 서로 끌어당겨서 재결합하면서 없어지기 때문에 생긴다. 전기전도가 되지 않는 접합부를 공핍영역(depletion zone)이라고 부른다. p-n접합 반도체에는 어떤 방향으로 전압을 가하냐에 따라 전혀 다른 전기적 현상이 일어난다.

※ 정방향 전압(p형에는 +, n형에는 -전압을 가했을 때) : 정공(+)은 + 전류에 반발이 생기고, - 쪽으로 이동한다. 전자(-)는 반대로 +극으로 이동한다. 이 경우에는 전류가 흐른다.

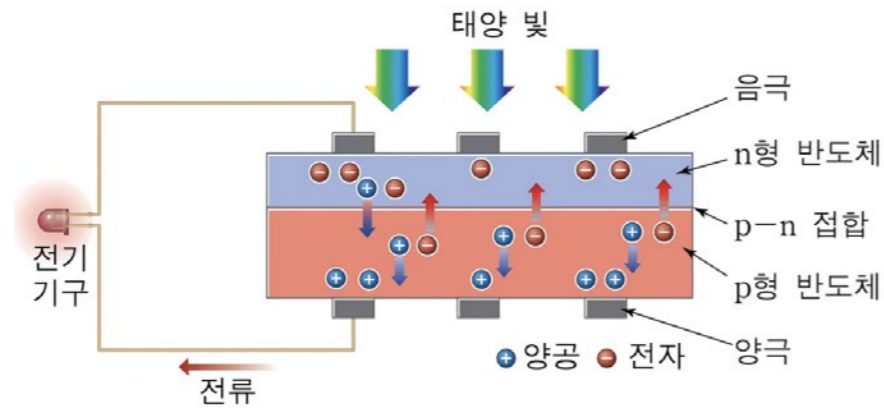
※ 역방향 전압(p형에는 -, n형에는 + 전압을 가했을 때) : 정공(+)은 - 전류에 끌려가 -극으로 이동하고, 전자(-) 반대쪽 +극으로 이동한다.



이 원리로, 전류가 한쪽 방향으로 흐르는 '다이오드'와 '트랜지스터'가 개발되었다.

### 3) 태양광 전지 발전원리

태양광 전지는 이 원리를 응용해서 제작한다. 태양 빛이 쬐이면, 광전 효과가 발생하여서, 자유전자와 자유정공이 생긴다. 근데 여기서 전류가 앞서 말한 것처럼 p→n으로 흐르는 것이 아니다. 저항이 p-n 접합보다 작은 외부회로를 따로 연결한다. 자연스럽게 전자(-)는 저항이 작은 외부회로를 이용한다. 전자는 n형 반도체 쪽으로 흐른다. 전류는 이와 반대로 흐른다. 이런 식으로 에너지가 생산된다.



양공 = 정공 = electron hole 같은 개념이다.

### 4) 태양전지는 어떻게 사용될까?

태양전지는 빛이 있어야만 발전이 가능하다. 그리고 '전지'라고 이름이 붙여져도 축전지(Battery)처럼 전력을 축적하는 기능은 없다. 비가 올 때나 어두운 야간에는 빛이 부족하여 발전을 할 수가 없어 전기를 생산하지 못하여 직접 사용하지 못한다. 태양광발전시스템은 이런 경우를 대비하여 태양광이 충분할 때 생산한 전기를 바로 전력 계통으로 송전하거나, 또는 축전기에 모아두었다가 필요할 때 사용하는 설비 장치이다.

#### 가) 계통 연계형 태양광발전시스템

축전지를 사용하지 않고 바로 전력회사(한전)의 송전망(계통)에 접속시켜 햇빛이 있는 낮에는 태양광 발전으로 생산된 전기를 사용하며 남는 전기는 전력회사(한전)에 판매하고 야간이나 발전량이 모자랄 때는 한전 전기를 사용하는 방식이다. 전력회사의 송전망 자체가 큰 축전지의 역할을 한다고 보면 된다.

#### 나) 독립형 태양광발전시스템

계통연계를 하지 않고 생산한 전기를 모두 축전지에 모은 다음 전기가 필요할 때 마다 축전지에서 꺼내어 사용하는 방식이다. 축전지 비용이 추가로 들지만 송전망에 접속하는 비용과 유지관리비 등을 줄일 수 있어 소비전력이 비교적 적거나 송전망으로부터 멀리 떨어진 경우 이 방식이 사용된다.

전기가 들어오지 않는 오지 마을과 등대용 전원, 가로등, 교통표지판, 군사용, 무선

통신기지국의 전원, 농장용 양수기의 전원, 휴대용 태양광발전장치, 레저용 태양광 기구, 소형의 모듈에 축전기를 직접 조립한 여러 가지 기구들과 인공위성용 태양광 발전장치 등이 독립형 태양광발전시스템이다.

아프리카나 인도 등 국가 전력 시설이 열악한 나라에서는 UN의 도움으로 한 마을이나 가정에 독립형 태양광발전시스템이 지원되고 있다. 정전 시를 대비하여 비상용 전원으로 설치한 경우도 있고 재해대책용으로 계통연계형과 병설하는 경우도 있다.

### 5) 가정에서 태양전지를 사용해 보자.

태양전지를 우리 가정에서 사용하기 위하여 어떻게 하면 좋을까?

한국의 일반 가정에서 1년에 평균 약 3,100kW의 전기를 소비하고 있다. 이 정도의 전력 소비를 충족시키는 데는 약 3kW 용량의 태양광 발전이 필요하다. 우리 집 지붕 위에 3kW 태양광 발전을 설치하였을 때 대략 월평균 300kW 이상의 전기를 생산하실 수 있다. 3kW의 시설을 하려면 200W 용량의 태양전지모듈 15장을 배열한 태양전지 어레이와 한전 전력망(계통)으로 연결시켜주는 전력변환장치 등이 필요하다.

직류전기는 직류를 교류로 변환시키는 인버터에 의해 가정에서 사용할 수 있는 220V 교류전류로 만들어진다. 이 전기로 우리는 전등을 켜고 냉장고, 텔레비전 등 가전제품을 사용할 수가 있다.

전기가 남으면 어떻게 하면 될까?

태양발전에서 발생하는 전력이 주택 내의 소비전력보다 많을 때는 남는 전력은 전력회사로 보내지는데 그냥 주는 것이 아니라 같은 값을 받고 파는 것이다. 가정에 있는 전력계량기를 거꾸로 회전시켜 전기료를 차감하는 방법으로 정산하여 전기요금의 절약효과가 훨씬 커진다. 이 시스템을 계통연계형시스템(grid-connected system)이라 부른다.

## 6. 태양광 발전에 필요한 자재

### 1) DC 전기를 사용할 경우

태양전지에서 만들어지는 전기는 직류 전기(DC)이며, 전압은 다양하게 낼 수 있으나 주로 많이 사용되는 것이 12V와 24V이다. 가능하면 태양전지에서 얻어지는 직류 전원을 바로 사용하는 것이 가장 간단하고 손실이 적어 경제적이다. DC 전기제품을 사용할 경우에는 인버터가 필요하지 않다. 시중에는 DC 12V나 DC 24V용 전기제품(전등, 물펌프, TV, 오디오, 환풍기, 냉난방기기, 통신기기 등)이 많이 출시 되어 있다. 특히 요즘 DC 전기로 작동하는 LED 조명 제품이 많이 개발되어 태양광 발전과 결합이 잘 되고 있다.

# 육성화학(주)

부산광역시 금정구 개좌로 174

- 태양전지모듈(Solar Module) : 태양전지에서 발생하는 전기는 직류전기
- 배터리(Battery) : 전기를 저장할 수 있는 축전지(Battery)이며, 축전지의 종류는 납축전지, 리튬전지, 니켈수소전지, 니켈카드뮴전지 등 일반적으로 중대형 태양전지에는 가격이 저렴한 납축전지가 많이 사용되고 있고, 소형 태양전지(미니솔라)에는 니켈수소전지와 리튬전지를 많이 사용
- 솔라 컨트롤러(Battery Charge Controller) : 독립형 태양광발전시스템에 반드시 필요함. 배터리의 과충전방지 기능, 과방전 차단기능, 역전류방지 기능, 배터리 상태 표시기능 등을 가지고 있으며 배터리를 효율적으로 충·방전하여 오랜 기간 동안 정상적으로 사용할 수 있음
- 역류방지다이오드(Diod) : 태양전지의 출력이 적을 때, 배터리로부터 태양전지로 거꾸로 전기가 흐를 수가 있음. 이런 현상을 다이오드가 방지하는데 일반적으로 30W급 이상의 제품에는 대부분 모듈 후면에 부착되어 있는 접합부상자(Junction Box)안에 내장되어 있음
- 퓨즈(Fuse), 과부하차단 장치(Breaker) : 합선이나 과전류 발생시에 회로를 차단시켜 주는 장치
- 배전반(Battery Box) : 배터리, 컨트롤러, 퓨즈 등이 배선되어 있는 박스

## 2) AC 전기를 사용할 경우

일반 가정용 전기인 AC 220V AC(교류) 전기를 사용 할 경우나 AC 220V와 DC를 같이 사용할 경우에는 인버터가 추가로 필요하다. 인버터는 크게 정현파 인버터와 유사정현파 인버터로 구분된다.

- 정현파 인버터(Pure Sine Wave Inverter) : 출력파형이 계통에서 일반 가정에 공급되는 전기의 파형을 정현파라고 부르며 이 파형의 전기는 가정에서 사용하는 교류 전기제품을 모두 사용할 수 있음.(독립형 태양광발전시스템, 측정기기, 의료기기, 통신기기, 음향기기, 형광등, 컴퓨터 등 고가 정밀기기의 사용에는 정현파 인버터를 선택)
- 유사정현파 인버터(Modifide Sine Wave Inverter) : 정현파와 비슷하지만 파형의 왜곡에 있어서 정격출력에 도달하면 파형이 찌그러지는 현상이 생겨 서지가 발생되고 잡음과 화상 노이즈 현상이 발생. 변형된 파형이 때문에 민감한 전자제품은 사용을 피하는 것이 좋으며 이 파형으로 사용할 수 있는 제품은 파형에 민감하지 않는 모터류, 전등, 전열기구 등에 사용

## ◆ 연혁 및 개요

육성화학은 1969년 창업 이래, 국내외 고객들의 변함없는 성원에 힘입어 세계적인 안료제조 업체로 명성을 지니게 되었다. 육성화학이 생산하는 안료와 기능성 색소 및 전자재료 소재는 오늘날 세계 곳곳에 공급되어 세계 저명의 정밀화학업체들의 제품과 품질 경쟁을 하면서 지구촌을 채색하고, 인류의 생활을 풍요롭게 하고 있다.

## ◆ 주요 사업

육성화학은 안료사업, 기능성 색소, 전자소재 사업을 주로 하고 있으며, 그 외에도 각종 연구 개발, 시험 분석을 하고 있다.

### 1. 안료사업부

육성화학의 유기, 무기, 형광 안료들은 세계 곳곳에 공급되고, 그 명성을 더해가고 있으며, 미래의 색채 문화의 주역이 될 것이다. 안료사업부에서는 유기안료, 무기안료, 형광안료, 촉광안료, 텍스타일 프린터 잉크, 폴리아미드 수지, P.P 컴파운드 등을 취급하고 있다.

### 2. 기능성 색소

유기 형광체, 이색성 형광체, 장단파장 형광체, 무기 형광체, 응용 제품 등을 취급하고 있다.

### 3. 전자소재 사업부

근적외선 흡수 색소, 이색성 염료 등을 다룬다.

## ◆ 주요 기초 과학 지식

### 1. 안료

#### 1) 유기안료

유기안료는 탄화 수소 화합물로 구성되는 환식의 유기화합물이다. 유기안료의 가장 큰 특징은 선명한 색조와 높은 착색력의 2가지 특성이 있다. 유기안료는 분체 공학적으로 사용되기 때문에 화학적 구조, 결정형 물리적 상태에 따라 색상, 투명성, 착색, 선명도 등 많은 변화가 있어 메이커마다 성질을 조금씩 달리하고 있다.

##### 가) 불용성 안료

불용성 안료는 안료의 분자 구조 중에 아조기(-N=N-)를 발색단으로 갖는 유기 아조계 안료의 일종으로 보통 지방족 아민의 화합물을 Diazo 성분으로 하고 페놀류 및 아민류 화합물을 Coupler성분으로 하여 짝지음 반응으로 안료가 되는 것을 말한다. Coupler 성분 또는 Azo 기에 따라 차이를 보이기는 하지만 대체적으로 내약품성(내산, 내알카리)이 우수하고 Monaszo의 경우 내광성, Diazo의 경우 내용제성이 우수하다.

##### 나) 용성 안료

SO<sub>3</sub>H(술포산기), -COOH(카르복실기)와 같은 수가용성기를 가진 Azo 색소를 Ca, Ba, Mn, Sr 과 같은 금속염으로 수용화시킨 안료를 말한다.

내용제성은 양호하나 금속의 종류에 따라 착염을 형성하기 때문에 내광성은 향상되거나 내알칼성, 내알카리성과 내열성은 다소 부족하다. 특히 물성은 착염 되는 금속에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

##### 다) 청색 안료

프탈로시아닌계 안료는 여러 가지의 종류와 특성을 갖고 있어 매우 복잡하게 되어 있다. 중요하게 구별하는 것은 알파형이나 베타형이나에 따라서 사용 목적이 확실해지는데 알파형 동프탈로시아닌은 열이나 용제에 결정 전이가 일어나 색상변화가 생기므로 유성 도료, 그라비 잉크에는 사용이 어렵고 염화비닐 오프셋 잉크, 날염, 수성 잉크에는 결정 변화없이 이용된다.

베타형은 알파에 비해 녹미가 뚜렷함으로 아주 선명히 보이고 또 내열성도 약 300℃ 정도로 좋고 플라스틱 착색으로 양호하다.

#### 2) 무기안료

발색성분의 무기물인 Zn, Pb, Sb, Ti, Cd, Fe, As, Co, Mg, Al 등의 무기물이 천연 또는 반응에 의해 생성된 무기화합물이다.

은폐, 내광, 내용제, 내열성은 유기안료보다 우수하나 착색력이 적고 불선명하며 색의 종류가 다양하지 못하다.

구분	색	착색력	은폐력	내열성	내용제성	이행성	내용제성	내약품성
유기안료	불선명 ■	작음 📉	낮음 ↓	중음	높음 ↑	높음 ↑	높음 ↑	높음 ↑
무기안료	선명 ■	많음 📈	높음 ↑	나쁨	낮음 ↓	낮음 ↓	낮음 ↓	낮음 ↓

### 3) 형광안료

#### 가) Panax Color FB Type

Panax 형광안료 중 가장 기본적인 제품으로서 매우 우수한 특징을 가지고 있다. 작고 균일한 입자, 우수한 농도, 밝고 다양한 색상, 우수한 내용제성 등의 물성을 가지고 있어 Paint, Coatings는 물론 대부분의 Printing(Silk screen, Flexo, Gravure)에 적용되는 제품이다.

#### 나) Panax Color UFB Type

Benzoguanamine Resin을 적용하여 만든 제품으로 FB-Series가 가지고 있는 물성의 변경 없이 분산성과 내용제성을 개선한 제품으로 Coatings 용도에 적합하다.

#### 다) Panax Color NP Type

보다 다양한 수요에 대응하기 위하여 입자 및 내후성을 개선한 제품으로 전체적인 물성은 FB-Grade와 유사하다. 이 제품의 가장 큰 특징은 아주 작고 균일한 입자를 가지므로 이러한 특성을 요구하는 Aerosol paints, Litho inks, 기타 등에 사용되며 또한 추가적인 분산(grinding) 없이 우수한 농도를 구현할 수 있다.

#### 라) Panax Color FC Type

무독성 형광안료(FORMALDEHYDE FREE)로 Formaldehyde를 포함하지 않는 제품이다. 저온 프로세서에 적합하게 개발된 제품으로 PVC, PUR, EVA Resins(Process Temperature : below 250°F)에 적합하다. 이 제품은 용제 저항성이 없으므로 Solvent based Inks and Paints 등에 적용하지 못하며 주로 수성 용에 적합한 제품이다.

### 2. 촉광안료

방사성물질을 함유하고 있지 않다. 야광 안료에는 자발광성 안료와 촉광성 안료의 두가지 종류가 있다. 자발광성 안료는 방사능 물질에 의해 발광하는 것이 가능하다. 하지만 방사능 물질을 포함하고 있으므로 생산과 폐기에 있어서 엄격한 규제 관리가 필요하다.

이에 반해 축광성 야광 안료는 방사성 물질을 포함하고 있지 않은 대신 장시간 발광 하도록 새롭게 개발된 축광성 야광 안료가 PANAX LUMINO이다. 기존의 ZnS계 축광안료는 휘광이 약하여 이를 보완하기 위하여 Pm 등의 방사성 물질을 혼합 사용 하였으나, 방사선 방출 때문에 사용상의 제약이 많았다. 그러나 PANAX LUMINO 는 인체에 해가 없는 무기물을 주원료로 하여 방사성 물질을 첨가하지 않고 새로운 공법으로 제조하여 인체에 해가 없으므로 여러 분야에 걸쳐 다용도로 이용 가능하다. PANAX LUMINO는 ZnS계에 비해 탁월하며 암실에서 인식 가능한 잔광시간이 20시간 이상이므로 안전표지나 광고물 등에 사용되어 축광 본래의 기능을 충분히 발휘한다.

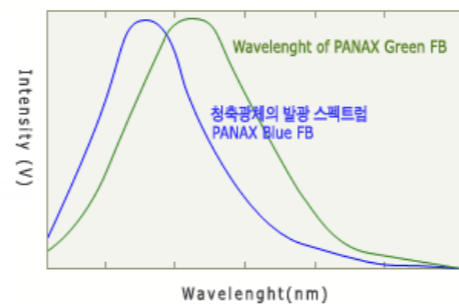
축광안료는 안정성이 뛰어나다. 고온에서 형성된 화학적으로 극히 안정된 결정체이므로 내열성, 내한성이 뛰어나 고온(1,500℃), 저온(-20℃)에서도 축광성이 보전되며, 내약품성이 우수하고, 축광과 발광의 기능을 반영구적으로 보전하며, 태양광 아래에서도 물성에 변화가 전혀 없어 10일 이내에 축광성에 치명적 결함이 생기는 ZnS계와 크게 차이가 난다.

미세한 입자로 4μ~100μ까지의 상품이 있으며 입자가 클수록 휘도가 뛰어나지만 용도에 따라 적합한 입자를 선택하여야 한다.

### PANAX LUMINO의 특성

- 어두운 곳에서 장시간 발광이 가능하다.
- 잔광과 휘도가 종래 상품에 비해 20배 이상이다.
- 빛의 세기가 강할수록 발광의 빛의 세기 및 잔광이 오래 간다.
- 내광성 및 내후성이 우수하여 옥외 사용가능하다.
- 내열 및 화학적으로 안정성이 우수하다.
- 여기 할 수 있는 빛의 파장 범위가 넓다.
- 환경친화적이다.

항 목	시 험 처
외 관	미세분말
주 성 분	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SrO <sub>3</sub> B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
모스경도	6.5 ~ 7
수 분	< 0.03%
COLOR	GREEN,BLUE



#### - WAVELENGTH

PANAX Green FB 900	520mm
PANAX Blue FB 800	490mm

## 1) 축광안료의 이용

### 가) 합성수지에의 혼용

- ① 대부분의 합성수지와 혼용이 가능하고 성형가공도 할 수 있으나 고휘도 형광안료의 잔광에 영향을 미치지 않는 투명, 백색, 황색, 녹색수지에 사용하면 안정적이다.
- ② PANAX LUMINO의 모스경도가 7이므로 공정 도중 M/B 등의 혼합용기나 사출성형기의 금속표면이 떨어져 나가는 수가 있고, 이 경우 금속입자가 수지에 혼합되어 수지의 색상을 혼탁하게 할 염려가 있으나 이 경우에도 암실에서의 축광성에는 영향이 없다. 세라믹, 유리 등의 용기를 사용하거나, 미량의 wax를 혼합 사용하면 이러한 결점을 방지할 수 있다.
- ③ 수지·실리콘 고무에 혼입이 가능하고 성형품에 이용할 수 있다.
- ④ 전기기기의 조작 단추류, 표시부, 헤드폰, 스테레오 등에 사용 가능하다.
- ⑤ 건축 재료에서는 안전표지, exterior 상품, 인테리어 상품 등에 이용이 가능하며, 또한 기타 섬유 및 완구, 선물용 상품까지 다양한 제품으로 전개가 가능하다.

### 나) SHEET에 사용

고층빌딩 및 지하철 또는 레저시설, exterior 상품, 인테리어 상품 등 불특정 다수의 사람이 많이 모이는 장소의 피난 유도표지 등의 방재 용품으로서도 이용할 수 있다.

### 다) PAINT에 사용

PAINT로 사용할 수 있으며 하도 바탕색은 백색으로 함이 효과적이다. 고휘도 형광 안료의 함량이 많을수록, 도막의 두께가 두꺼울수록 휘도가 높아진다.

### 라) INK에의 사용

PANAX LUMINO로 잉크를 만들어 그림, 스크린 인쇄, 스티커, 나염잉크 등을 만들 수 있으며, 고휘도 형광 안료의 비중이 크므로 침강방지용 Coupling제를 첨가 사용해야 한다.

## 2) 축광안료의 생활 속 이용

### 가) 위치인식 표지

전기스위치, 콘센트, 비상용렌턴, 계단·도로, 비상구 등의 표지, 소화기·화재경보기·구명용구 등의 표지에 사용한다.

### 나) 안전표지

선박, 부두, 병원, 호텔, 지하철, 지하도 등의 구내 표지 및 신호, 모자, 헬멧, 운동화, 작업복, 신호등의 안전표지에 사용한다.

다) 광고 및 장식

광고물, 간판, 벽지, 무대장치, 각종 악세사리, 각종 판촉물, 엘리베이터 장식, 벽화, 타일 등의 광고 및 장식에 사용한다.

라) 기타

그 외에도 차량부착용 스티커 등 각종스티커, 낚시용품, 문구류, 골프공, 비치볼 등 야간놀이기구 등에 사용한다.

3) 축광안료 취급 시 주의할 점

습기를 피하고 건조된 장소에 보관해야 한다. 축광안료의 수용액은 강알칼리이므로 피부접촉을 삼가야 한다.

3. 형광안료

1) 유기 형광체

PANAX PKS Series는 일반 가시영역에서는 보이지 않으며, UV광(254nm~365nm) 아래에서만 3가지의 색상(RED, GREEN, BLUE)이 나오는 기능성 특수 안료이다. 일반 가시영역에서는 투명으로 보이며 UV광 아래에서만 색상 - RED GREEN BLUE - 3종 색이 선명하게 나오는 특수안료이다. 장파장(365nm) 및 단파장(254nm)에서도 휘도가 높게 나온다.

기존의 형광체에 비하여 휘도가 30% 정도 향상되었으며 내열 및 내후성 내약품성에서도 우수하다. 입자는 2 $\mu$ m이며 용해성 입자이므로 어느 용도에서도 편리하게 사용할 수 있다.

RED, GREEN, BLUE 3가지 색상의 안료를 개발하여 상품 특성에 맞는 색상을 선택 사용할 수 있도록 하였다. 합성 수지에서의 혼용이 가능하고 성형가공도 할 수 있으며 안료의 함량은 2~3% 정도 함유하면 아주 높은 휘도를 얻을 수 있다. PAINT 용도, INK 용도에서도 사용가능하다.



유기 형광체의 경우 은행권, 카드 및 복권 등의 위조 방지와 광고물 간판 무대장치,

각종 악세사리, 벽화 등 광고 및 장식의 보안용 소재로써 사용이 가능하다.

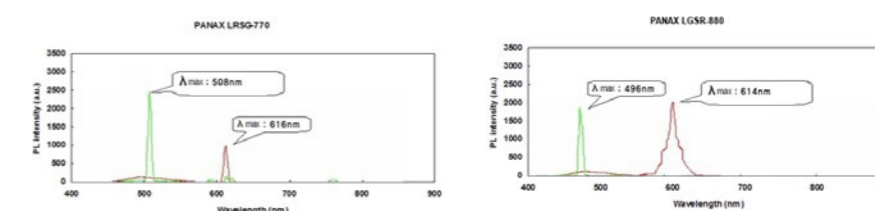
2) 이색 형광체

기존의 형광체에서는 장파장 및 단파장에서 동일 색상만이 나타나며, PANAX LRSG-770 장파장(365nm) RED 색상, 단파장(254nm) GREEN 색상, PANAX LGSR-880 장파장(365nm) GREEN 색상, 단파장(254nm) RED 색상을 나타내는 특수 안료이다.

내열 및 내후성 내약품성에서도 우수하며, 입자는 2 $\mu$ m이며 어느 용도에서도 편리하게 사용이 가능하다. 합성수지에서의 혼용이 가능하고, 성형가공도 할 수 있으며 안료의 함량은 2~3% 정도 함유하면 아주 높은 휘도를 얻을 수 있다. PAINT 용도, INK 용도에서도 사용 가능하다.



은행권, 카드 및 복권 등의 위조방지와 광고물 간판 무대장치, 각종 악세사리, 벽화 등에 사용가능하다.



3) 장·단파장 형광체

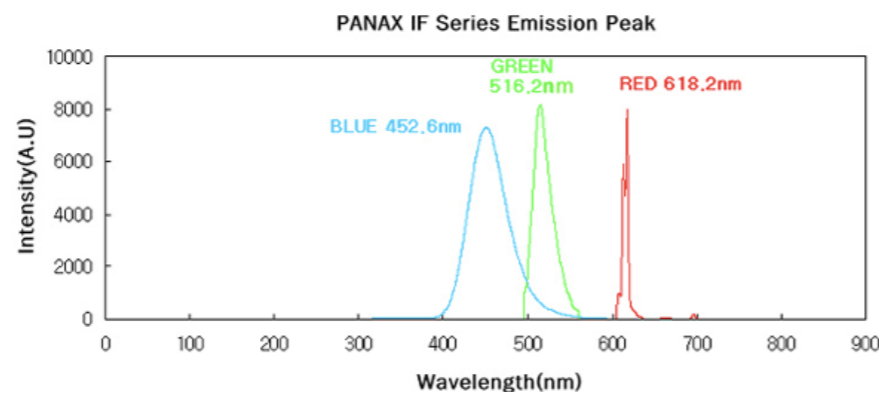
UV Sensitive 장, 단파장 형광체의 경우 제품의 종류에 따라 254nm의 단파장에서는 발광하는 Green과 Red의 경우 SG, SR로 표기하며, 365nm의 장파장에서는 Green과 Red가 발광하는 제품은 LG, LR로 표기한다.

합성수지에서의 혼용이 가능하고 성형가공도 할 수 있으며 안료의 함량은 2~3% 정도 함유하면 아주 높은 휘도를 얻을 수 있다. PAINT 용도, INK 용도에서도 사용 가능하다.



#### 4) 무기 형광체

PANAX IF Series는 일반 가시영역에서는 보이지 않으며, UV광(254nm~365nm) 아래에서만 3가지의 색상(RED, GREEN, BLUE)이 나오는 기능성 특수한 안료이다. 기존의 형광체에 비하여 형광 강도가 향상되었으며 내열 및 내후성이 반영구적으로 사용할 수 있다. 3가지 색상 조색 가능함으로 색상 다양화 사용을 가능하도록 하였다. 합성수지에 혼용이 가능하고 성형 가공 시 열 충격을 받지 않고 높은 휘도를 얻을 수 있다.

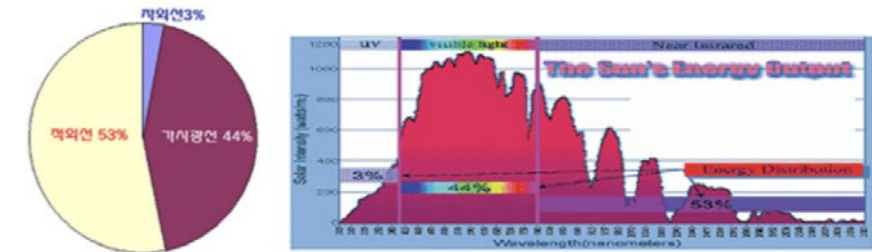


#### 4. 근적외선 흡수색소

근적외선 색소에는 크게 광기록 색소와 열차폐 색소로 나눌 수 있다. 광기록 색소는 기록 재료에 사용되는 광원으로서 반도체 레이저광(780~830nm)이 중심이 되어있으며 이 영역에 흡수를 가지는 색소(근적외선 흡수 색소)가 필요하게 되었다. 다음으로 열 차폐 색소로서 적외선은 열선(800~2,500nm)이므로 어떤 물질이 IR을 흡수하게 되면 광조사된 시간과 강도에 따라 내부의 온도가 증가한다. 따라서 적외선을 효과적으로 흡수할 수 있는 NIR 색소는 열 차폐 재료로 사용될 수 있다. 열차폐 NIR 색소는 근적외부에 강한 흡수대를 가지며, 가시부에서는 흡수대를 가지지 않아야 한다.

PANAX NIR-dye(Near infrad dye)는 근적외선 흡수 색소로서 각각의 파장별로 총 7종의 색소를 보유하고 있으며 응용분야의 확대가 다양하다.

태양에너지 비율(Energy Distribution)



적외선(Infrared Ray)은 태양에너지의 53%를 차지하는 열선으로써 800nm~1,500nm 영역에서 가장 강한 열선작용이 일어난다. 이러한 열선작용으로 인해 여름철에 건물, 자동차의 외부 온도 상승으로 많은 전력손실이 일어나며 또한 강한 열선으로 인해 농작물 성장에 많은 영향을 줄 수 있다.

#### 5. 이색성 염료

LCD의 중요한 부분 중의 하나인 편광필름은 요오드 화합물을 PVA 상에 염착한 후 연신시켜 제조한다. 그러나 고온, 습기, 광에 대한 내구성에 문제가 있어 매우 높은 증기압을 가진 이색성 직접염료를 사용함으로써 문제를 개선하고자 하였으며, 기존 3~4종류의 이색성 염료를 혼합하여 사용하였으나, 이색성 염료는 1종류의 직접염료만으로도 충분한 편광도를 가진 고내구성 편광 필름을 제조할 수가 있다.

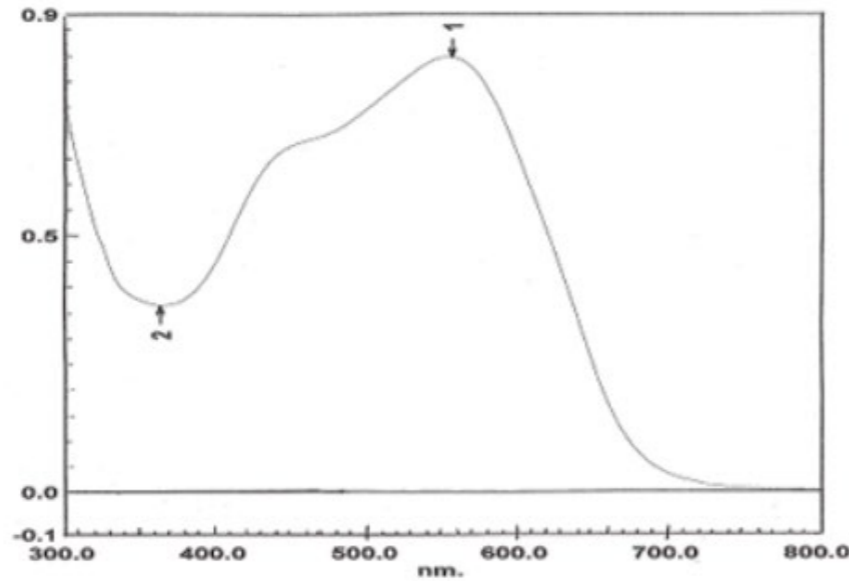
염료계 편광필름의 이색성 색소(dichroic Dye)로써 장점은 다음과 같다.

- 이색성으로 분자의 장축 방향으로 광범위한 파장에서 큰 흡광도를 가지며, 단축방향으로의 흡광도가 작다.
- 염색성으로써 기질(PVA)에 대한 친화성이 크며 결정 영역에서도 염색이 가능하다.
- PVA의 일축연신 시 기질의 배향에 따라 배향이 잘 된다.

# 제철세라믹(주)

부산광역시 해운대구 센텀중앙로 78 센텀그린타워18층

- 견뢰도로서 제조 공정 및 사용 조건하에서 내구성을 나타내며 염료 단독의 내구성 뿐만 아니라 편광필름, LCD의 시스템으로서의 내구성을 뛰어났다.
- 색상으로써 색상이 선명하며 시각상의 명도대비가 크고 물질의 색은 Black으로 이루어져 있다.



[Dichroic Dye의 UV-Vis DATA]

## ◆ 연혁 및 개요

제철세라믹은 1987년 (주)선일공업으로 설립되어 1990년 (주)제철세라믹으로 상호를 변경하였다. 산업 부산물을 가공하여 재활용하는 기업으로 2012년 현 경영진이 출범한 후 제2의 도약을 준비하고 있다. 인류가 발전을 거듭할수록 각종 자원의 고갈 및 지구 온난화 등 여러 부작용이 나타나고 있는데, 이러한 현실에 발맞추어 제철세라믹은 리사이클링 분야에 축적된 기술과 노하우를 바탕으로 식량 증산을 위한 토질 개선용 특수 비료 생산과 각종 바인더 생산, 니켈 철강 부산물 리사이클링 등 자원 재활용 분야에 진출하여 친환경 기업으로 자리매김하고 있다.

## ◆ 주요 사업

제철세라믹은 비료 사업을 주 사업으로 하여, 특수 바인더, 고화재, 리메탈, 니켈 부산물과 관련된 사업을 주로 하고 있다. 이 중 비료 사업과 리메탈, 니켈 부산물과 관련된 내용을 간단히 살펴보고자 한다.

### 1. 비료 사업

#### 1) 규산질 비료

규산질 비료는 산성토양 및 중금속으로 오염된 토양을 개량하여 품질 좋은 농산물을 수확하는 데 도움을 준다. 규산 성분은 병충해 예방 및 내도복성을 강화하여 튼튼한 작물 생육을 도와 풍수해 피해를 경감하고, 벼에 시비 시 인산 및 질소 흡수 증대로 토양 내 비료 유실예방 효과를 높여준다.

입도는 2~5mm가 90% 이상이며, 가용성 규산 25% 이상, 알칼리분 40% 이상, 규용성 고토 2% 이상 포함되어 있고, 벼, 보리, 밀과 같은 논 작물과 고추, 땅콩, 옥수수 등의 밭 작물, 그 외 잔디, 과실수, 원예작물, 사탕수수 등에 적용할 수 있다.

## 2) 칼슘유황 비료

식물의 제4 영양소(칼슘) 및 제5 영양소(유황)가 함유되어 있으며, 입상이라 시비가 간편하다. 채소, 과수, 원예용으로 사용 시 석회 고토 비료 대비 용해도가 190배 이상 높아 토양과 작물에 칼슘(석회)과 유황의 공급 효과가 매우 뛰어나다. 원예작물의 당도, 향, 빛깔 및 수량 증대 효과가 탁월하고, 병충해 예방에 기여한다.

칼슘(석회)이 30%, 유황이 40% 함유되어 있으며, 포도, 사과, 배, 복숭아 등의 과일이나 고추, 무, 배추, 감자, 토마토 등의 야채나 땅콩, 호두 등의 견과류에 적용할 수 있다.

## 3) 붕산 비료

붕산 비료는 구용성 고토와 붕소 및 유황이 최적 비율로 혼합된 입상 형태의 비료이다. 1회 시비로 과수와 과채류 등의 고토, 붕소 결핍증이 많이 발생하는 작물에 우수한 효능을 보이고 있다. 강우가 많은 지역의 고토 결핍을 예방하여 생육불량 예방과 결실 안정에 탁월하며, 토양개량 효과가 있다.

입도가 2~5mm가 90% 이상이며, 구용성 고토 20% 이상 수용성 붕소 2% 이상, 가용성 석회 8% 이상, 기타 미량 요소들로 이루어져 있으며, 포도, 사과, 배, 복숭아 등의 과일이나 고추, 무, 배추, 수박, 토마토 등의 야채에 적용할 수 있다.

## 4) 규산가리 비료

규산과 수용성 가리가 최적 비율로 혼합된 입상 형태의 비료이다. 규산 함유로 작물의 도복, 병충해 예방 효과 및 수용성 가리(K)로 작물의 흡수 속도가 높아 생육을 촉진한다. S-CaO 함유로 산성토양 및 중금속으로 오염된 토양개량 효과가 탁월하고, 기타 미량요소 함유로 결실을 촉진한다.

입도가 2~5mm가 90% 이상이며, 가용성 규산 20~22%, 수용성 가리 10~15%, 가용성 석회 23~25%, 구용성 고토 1~2%가 함유되어 있다. 벼, 보리, 밀 등의 논작물과 팜나무, 고무나무, 커피, 야자나무 등의 특용 작물, 화분과 작물 및 박과 작물에 적용할 수 있다.

## 2. 리메탈 및 파인파우더 사업

리메탈 사업은 철강 공정에서 발생하는 부산물을 용도에 맞게 분쇄 및 선별하여 재활용하는 것으로 주로 T-Fe(토탈-철) 65% 이상으로 선철 대용제로 활용한다. 선철 대용제 블로 제작 원료나 산업용 기계 및 중장비 웨이트 재료로 사용된다.

파인파우더는 아스콘 공극에 충전 역할을 함으로써 내구성을 키우는 것으로 도로포장 아스콘 채움제로 활용된다.

리메탈과 파인파우더의 성분 함량은 다음과 같다.

구분	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	Total Fe	형상
리메탈	7.0-7.5	1.0-1.5	17.0-18.0	11.5-12.0	1.5-2.0	68.0-70.0	알갱이
파인파우더	12.5-13.0	2.5-3.0	45.0-46.0	30.0-31.0	3.0-3.5	-	분말

## 3. 니켈 부산물 사업

니켈 부산물을 재활용하여 철강 제련 업체에 공급함으로써 원가 절감에 기여한다. 펠릿이나 브리켓 형태로 가공하여 분화 감소에 의한 실수율 향상에 기여한다. 니켈 부산물은 스테인리스강 제련 업체의 원료로 제공되며, 포스코, 일본, 중국 등에 납품한다.

니켈 부산물의 성분 함량은 다음과 같다.

제품규격	Ni	P	S	수분	형상
제품 1(L)	5.0-6.0%	0.5% 이하	1.0% 이하	25.0% 이하	Pellet, Briquette
제품 2(H)	10.0-30.0%	0.2% 이하	1.0% 이하	25.0% 이하	Pellet, Briquette

## ◆ 주요 기초 과학 지식

### 1. 비료

비료는 작물의 생장을 촉진시키고 토양의 생산성을 높이기 위하여 작물 또는 토양에 투입하는 영양물질을 일컫는다.

비료는 성분에 따라 크게 화학비료(무기질 비료)와 유기질비료로 나뉜다. 화학비료의 주성분은 화학공정을 통해 추출하는 질소(N), 인산(P), 칼륨(K) 등의 무기질 물질이며, 유기질비료의 주성분은 동식물로부터 추출하는 유기화합물이다.

※ 비료의 법적 정의 : 『비료관리법 제2조 1항』  
 1. '비료'라 함은 식물에 영양을 주거나 식물의 재배를 돕기 위하여 흙에서 화학적 변화를 가져오게 하는 물질과 식물에 영양을 주는 물질을 말한다.

#### 1) 비료의 3요소

작물의 생장·생존·번식을 위해서 꼭 필요한 양분(원소)은 16종으로, 이를 작물 필수 원소라 한다. 작물이 많은 양을 필요로 하는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P), 칼륨(K), 유황(S), 석회(Ca), 고토(Mg) 등의 9가지 원소를 다량원소라 하고, 비교적 적은 양을 요구하는 철(Fe), 망가니즈(Mn), 구리(Cu), 아연(Zn), 붕소(B), 염소(Cl) 등은 미량원소라고 한다.

이들 필수원소 가운데 탄소·산소·수소는 작물의 대부분을 구성하는 원소지만 공기와 물을 통해 자연적으로 흡수되며, 나머지 원소들은 주로 토양에서 공급된다. 특히 작물에 많이 필요한 질소·인·칼륨은 일반 농지에서 부족하기 쉽고, 시비효과가 높아 '비료의 3요소'라 한다.

**가) 질소(N)**

작물 생육에 가장 중요한 성분으로서 광합성에 관계하는 엽록소를 만들어 작물의 줄기와 잎, 키를 키우는 역할을 한다. 식물체 내 생화학 반응에 관여하는 효소, 호르몬, 비타민류의 구성성분이기도 하다.

<b>결핍 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 키가 크지 않고 아랫잎부터 누렇게 말라 죽는다.</li> <li>• 개화가 되더라도 결실률이 낮다.</li> <li>• 과실의 발육이 불량하고 품질도 떨어진다.</li> </ul>
<b>과다 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대부분의 양분이 가지와 잎의 생장에만 소비되어 꽃눈 형성이 불량해진다.</li> <li>• 겉으로 보기엔 줄기가 튼튼해 보이지만 만져보면 무르고 연약하다.</li> </ul>

**나) 인(P)**

가지와 잎의 성장을 충실하게 하고 탄수화물 대사에 중요한 역할을 한다. 인(P) 그 자체가 단백질 합성에 중요한 성분이 되기 때문에 과실의 수량을 증가시키는 한편, 단맛은 높이고 신맛은 감소시켜 과실의 품질이 좋아진다.

<b>결핍 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 꽃과 잎의 광택이 줄어든다.</li> <li>• 줄기는 가늘어지고 작아져 병에 걸리기 쉬워진다.</li> </ul>
<b>과다 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 길항작용에 의하여 고토(Mg)나 철(Fe)의 흡수를 방해해 생육이 억제된다.</li> </ul>

**길항작용(antagonism)**

어떤 현상에 관하여 상반되는 2가지 요인이 동시에 작용했을 때, 서로 그 효과를 상쇄시키는 작용을 길항작용이라 하며, 이때 상반되는 2가지 요인을 길항인이라 한다. 변화가 생겼을 때 그 변화를 일으킨 원인에 작용하여 변화를 증가시키거나 감소시키는 피드백작용과 차이가 있다.

식물의 무기질 비료에서 칼슘과 마그네슘, 몰리브덴과 가리(칼륨)의 길항작용이 있기 때문에 서로 상충하는 원소를 동시에 시비할 경우 두 성분이 모두 흡수율이 떨어지는 문제가 발생한다. 적당한 시기를 두고 번갈아 가며 시비하는 것이 필요하다.

**다) 칼륨(K)**

작물 세포 속에 존재하면서 체내 pH의 급격한 변화를 억제시키고, 탄수화물 대사, 호흡 작용, 광합성 작용, 단백질 합성, 엽록소 생성 등에 필요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 단백질과 전분을 만들며 뿌리와 줄기 등을 튼튼하게 한다.

<b>결핍 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 줄기가 연약해지고 잎 색깔이 얼어진다.</li> </ul>
<b>과다 증상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양분의 균형적인 흡수가 방해된다.</li> </ul>

**2) 규산질 비료**

규산은 지각 중 60% 이상을 점하고 우리가 흔히 쓰고 있는 유리 조각도 규산 덩어리이며 논에서 벼잎을 만지면 거칠거칠한 감각을 느낄 수 있는 것도 규산이 집적되어 있기 때문이다.

규산 성분은 식물이 흡수할 수 있도록 가용화가 되어야 비료로써 이용 가치가 있는데 규산질 비료의 대부분은 금속 제련 시 부산물인 광재나 기타 규산 함유자원들로서 광석에 따라서는 그 함량이나 가용성이 다양하다.

현재 시판되고 있는 규산질 비료는 가용성 규산함량이 20-30% 정도 되고 분말 형태로 무겁고 뿌리거나 취급에 불편하여 가벼운 입제 형태도 개발되어 있다.

**가) 벼는 많은 규산을 필요로 한다.**

벼는 물에서 자라는 화본과식물로 유일하게도 다른 성분보다 규산을 자기 몸무게의 5-10% 정도로 다량 함유하는 특이성을 갖고 있으므로 규산식물이라 불려지는데, 많이 흡수하여도 과잉장해는 볼 수 없지만 5% 이내로 적게 함유하면 결핍 상태가 된다.

벼가 논에서 빨아내는 규산량은 300평당 벼 생산량이 평균적으로 조곡 600kg, 볏짚 600kg 정도 생산될 때 조곡의 왕겨로부터 약 10kg, 짚으로부터 40kg 합해서 50kg 정도 된다. 이 양을 비료로써 보충한다면 가용성 규산 함량이 25%인 규산질 비료인 경우 매년 약 200kg씩 공급해야 할 양이다. 그러나 이 필요량을 4-6년 주기로 사용하고 있는데 그것은 토양과 물에서 공급되는 양으로도 보충이 가능하기 때문에 토양에서 유효 규산 함량이 130ppm 이하로 낮은 논에서만 이 수준을 채우는 양만큼 사용량을 조절 시비하고 있다.

그러나 규산질 비료를 사용하지 않고 토양에서 공급되는 규산만으로는 토양과 다른 비료로써 공급되는 타 성분의 간섭에 의해서 토양규산의 유효화나 흡수가 떨어지므로 규산 요구량이 큰 단수증대나 다수확 재배를 위해서는 벼가 흡수하기 쉽도록 가용성이 높은 규산질 비료를 첨가하는 것이 효과적이다.

#### 나) 규산이 왜 벼농사에 보약인가?

규산은 식물의 정상 생육을 유지하는데 필수원소가 아니나 벼에서만 광합성 및 시비 효율 증대, 물질 전류 촉진, 병충해 경감, 기상장애 경감 등의 작용으로 수량을 증대하고 엽신 노화 억제, 출수 촉진, 병충해 및 재해 경감 등의 작용으로 품질을 향상하며 절수효과, 시비효율 증진, 토양비옥도 증진, 병해충과 재해 경감 등의 작용으로 생산비를 절감하는 효과가 잘 알려져 규산을 농학적 필수원소로 부르고 있다. 마치 사람에게도 보약이 필수요소는 아니지만 그 효과가 매우 큰 것처럼 벼농사에도 규산이 보약이라 할 만큼 큰 효과를 낼 수 있을 뿐만 아니라 그 자체가 독성이 없고 각종 유해 성분을 중화하는 기능을 갖고 있다.

#### 다) 어떻게 사용하는가?

규산은 주로 늪은 부리에서 흡수되고 어린 생육 단계보다는 생육이 진전되면 많이 흡수되므로 규산질 비료가 근권에 머물 수 있도록 밑거름으로 주되 추경이나 춘경 전에 뿌리면 가용성이 높아지고 적어도 파종이나 이앙 2주 전까지 뿌려야 효과적이다. 마늘-벼 이모작 시대에서는 마늘 재배 시에 규산을 사용하면 마늘 수량이 늘어나고 벼재배에 효과가 크다. 사용량은 토양의 비옥도나 토양 중 유효 규산 함량을 고려하여 토양 중 유효 규산 함량 130ppm으로 조절 사용하는 것이 효과적이나 당년 벼의 요구량인 50kg 정도를 비료로써 200~250kg 공급하여도 무방하다. 특히 직파재배에서는 벼 뿌리가 얇게 박혀 도복 안전성이 낮고 용수량이 16%나 많이 소요되므로 규산 사용 효과가 크게 기대된다.

대부분의 화학비료가 과다 사용되면 토양이나 수질 및 생산물의 오염원이 될 수도 있지만 규산질 비료는 토양개량과 더불어 증수를 안겨주는 안전한 천연비료이다.

과거 식량 확보를 위하여 국가가 증산 정책으로 막대한 예산을 들여 무상 공급한 규산질 비료가 논두렁이나 물꼬를 막는 등으로 방치되어 온 사례도 있었지만 벼농사에서 규산이 수량 증대, 품질향상 및 생산비 절감 효과를 동시에 얻을 수 있는 가장 효과적이고 경제적인 보약 비료라는 점을 인식하여 농가소득 향상에 기여 되었으면 한다.

## 2. 붕소, 붕사, 붕산

### 1) 붕소(B, Boron)

주기율표 13족에 2주기에 속하는 알루미늄족 원소로 원소기호는 B, 원자량은 10.8g/mol, 녹는점은 2,076℃, 끓는점 3,927℃이다. 자연계에 붕산 또는 붕산염으로서 널리 분포하며 동소체로 비결정성인 갈색 분말과 결정성인 흑색 고체가 존재한다.

붕사 등 붕산염은 오래전부터 알려져 있었고 1720년 붕사와 황산에서 붕산을 얻

었다. 그 후 붕소 홑원소 물질로는 1807년 영국의 화학자 험프리 데이비가 붕산( $H_3BO_3$ )을 전기분해하여 처음으로 추출하였다. 그는 처음에 붕산 boric acid의 이름을 따서 boracium이라는 이름을 제안하였으나 그 성질이 탄소 carbon과 비슷하여 boron이라 명명하게 되었다.

자연계에 홑원소 물질로서는 존재하지 않으나, 붕산 또는 붕산염으로서 널리 분포한다. 붕산염 광물로는 붕사를 비롯하여 커나이트·코토아이트·수안석·자이벨리아이트 등이 있다. 또, 바닷물 속에도 소량이 함유되어 있으며 클라크수 제41위이다.

붕소는 비결정성인 갈색 분말과 결정성인 금속광택이 있는 단단한 흑색 고체의 두 가지 동소체가 존재한다. 굳기는 9.3으로 다이아몬드(금강석) 다음이며 탄화 붕소보다 단단하고 전기의 반도체이다. 화학적 성질은 규소와 비슷하며 반응성이 그다지 크지 않다. 진한 염산이나 플루오르화수소와는 가열해도 반응하지 않고 뜨거운 진한 질산이나 황산과 반응하여 붕산이 된다.

플루오르와는 상온에서 반응하며 염소와 브롬과는 직접 반응하나 요오드와는 반응하지 않는다. 산소 속에서는 700℃에서 빛을 발하면서 연소하고 황과는 600℃에서 반응한다. 질소 또는 암모니아와 가열하면 질화 붕소가 되고 탄소·규소와는 고온에서 반응하여 붕소화물이 된다. 안정한 천연동위원소로 11B(80.1%)과 10B(19.9%)가 존재한다. 붕소를 산화 붕소로 만들어, 산화 마그네슘과 함께 용해 플루오르화 마그네슘에 녹인 것 등을 써서 전기분해하면 순도는 99 이상의 붕소 분말을 얻을 수 있다. 산화 붕소를 나트륨이나 마그네슘 등으로 환원시키면 흑회색의 비결정 붕소가 생기는데 이 경우는 순도가 낮다.

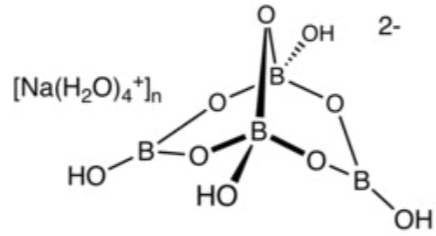
홑원소 물질로서는 별로 쓰이지 않고, 철과의 합금인 페로 붕소는 제철공장 등에서 탈산제로 사용된다. 또, 열중성자 흡수 단면적이 크므로, 화합물을 만들어 중성자 흡수제로 쓰이며 유리의 원료를 비롯하여 붕산염으로서의 용도도 다양하다.

### 2) 붕사(Borax)

붕사는 붕소 화합물이다. 굳어진 붕사는 하얀색이고, 물에 쉽게 용해되는 무색의 부드러운 수정으로 구성돼 있다.

붕사는 여러 용도로 쓰인다. 세제, 화장품, 법랑 등에 쓰인다. 또한 완충용액, 방염, 항균제 등에서 쓰인다. 영세 소규모 금 채광에서 붕사를 이용해 수은 대신 사용하는 방법이 있다. 1900년대 필리핀에서 많은 채광자들이 붕사를 사용하였다.

붕사는 영어로 'Borax'인데, 이는 아랍어 'būraq(بوراب)'에서 유래된 말로, '하얗다'는 의미이다.



세탁제, 연수제, 용접플럭스, 접착제, 면류의 식품첨가제, 내열 유리 첨가제, 방부제 등 다양한 용도나 제품의 일부로 들어가는 재료로 사용한다. 대장간에서도 접쇠시 표면의 산화피막과 이물질 제거를 위해 사용한다.

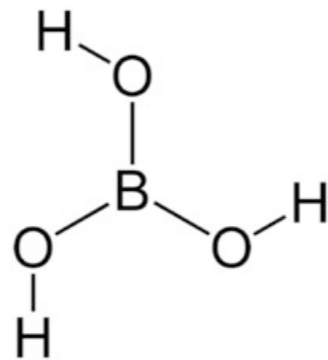
2017년에 들어 유행한 슬라임의 재료로도 쓰인다. 다만 어린아이가 붕사가 들어간 슬라임을 장기간 가지고 놀다가 화상을 입는 등 피해 사례가 있기에 오랜 시간 사용은 삼가해야 한다. 2023년 들어 해외 인터넷의 일부 건강식품 사기꾼들이 의류세탁용 붕사를 만병통치약처럼 과장광고로 팔고 있는데 속으면 안 된다.

### 3) 붕산(Boric acid)

붕소를 중심 원자로 하는 산, 분자식은  $\text{H}_3\text{BO}_3$ 이다. 상온에서 무색무취이며 반짝이는 하얀 결정체를 이룬다. 물에 녹이면 흡열 반응을 한다. 물 또는 에탄올에 잘 녹는다. 인체축적성이 있으며 소화효소 저해성, 영양소 동화작용 방해성질 등 독성이 있으며, 과거에는 식품첨가물로 쓰였으나, 현재에는 식품첨가물로 쓰이지 않는다.

OH가 3개나 붙어있지만 중심원자인 붕소 원자에 전자가 모자라 옥텟 결핍에 해당하기 때문에 전자쌍을 받는 루이스 산이 된다.

한 주기 아래의 수산화 알루미늄( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )은 아예 양쪽성 물질이다.



약한 살균력과 항진균작용을 하며 자극성도 없고 생리작용도 약해서 살균방부제로 쓰이며 살충에 효과가 있다. 건강한 피부에서는 거의 흡수되지 않으나 피부의 화상부위나 습진 등 상처에서는 쉽게 흡수되어 화상 처치에 바르는 붕산연고, 아연화연고 등에 쓰인다. 붕산을 물에 탄 5% 용액은 입속과 목구멍을 소독하는 가글액으로 사용되기도 한다. 가격도 저렴하므로 감기가 유행하거나 황사 등 호흡기 건강이 염려되면 외출 후 5% 붕산 용액으로 입과 코와 목구멍을 가글해서

씻어내면 좋다. 티스푼 1스푼이 5cc이고 붕산 1티스푼은 약 7g가량이니 종이 커피컵에 3/4 정도인 150ml에 타면 대충 5% 농도가 된다.

곤충의 배설기관에는 붕산을 배설할 수 있는 기능이 없기 때문에 개미나 바퀴벌레 등을 퇴치할 때 이용된다. 요령은 붕산 가루와 설탕을 1:1로 섞어서 붕산먹이를 만드는 것. 거기에 약간 물을 첨가해서 페트병 병뚜껑 따위에 담아 두거나 밀가루를 첨가해서 동글게 뭉쳐서 콩알만 한 경단을 만들어 집안 요소요소에 놓아둔다. 삶은 감자 조각이나 계란 노른자위, 땅콩버터를 설탕과 함께 짓이겨서 붕산과 잘 섞어도 좋다. 그러면 개미나 바퀴가 그걸 먹고 죽게 되며 아예 가루를 얇게 도포하면 각질과 관절을 통해 흡수되어 죽는다. 포유류에는 큰 악영향이 없으나 동물도 너무 많이 붕산을 섭취하면 설사가 날 수 있다.

경단을 만들어두었다면 애완동물과 어린아이가 쉽게 닿을 수 없는 곳에 놓는 것이 중요하다. 고농도일 경우 식물에 유해하나 소량의 붕산은 오히려 식물이 성장하는데 도움이 되기 때문에 비료의 재료로도 쓰인다. 다만 토양에서 잘 씻겨 내려가지 않아 토양 오염의 우려가 있어 용량에 특히 주의를 요한다.

붕산은 중성자를 즉각적으로 흡수하는 성질이 있기 때문에, 원자력 발전에서 중성자의 연쇄반응을 막기 위한 컨트롤의 역할로 사용되기도 한다. 물론 그런 성질 때문에 원자력 사고가 있을 경우에도 사용된다. 실제로 후쿠시마 원자력 발전소 사고가 터지자, 한국 정부는 국내 사용분 6개월치 붕산을 제외한, 53톤 규모의 붕산을 일본에 원조한 바 있다.

붕산을 에틸알콜에 녹이면 붕산 에스테르가 생성되고 이를 태우면 짙은 녹색의 특이한 불꽃색을 내며 조용히 탄다. 불꽃에 손을 가져다 대도 별로 뜨겁지 않아서 cold fire라고 하며 마술 따위에 이용된다.

### 3. 니켈(Nichel, Ni)

니켈(nickel)은 주기율표 10족 4주기 철족에 속하는 전이금속 원소로, 원소기호 Ni, 원자번호 28, 원자량 58.70g/mol, 녹는점 1,455℃, 끓는점 2,732℃, 밀도는 8.9 g/cm<sup>3</sup>이다. 은백색의 강한 광택이 있는 금속이다. 철족 원소로 단단하며 가단성과 연성이 있다. 황 화합물인 침상니켈석이나 비소 화합물인 홍비니켈석, 황/비소 화합물인 황비니켈석 광물에서 산출된다. 공기 중에서 변하지 않고, 산화 반응을 일으키지 않아 도금이나 합금 등을 통해 동전의 재료로 사용된다. 자성을 띠며 코발트와 함께 산출된다. 니켈은 강자성을 띠는 다섯 원소 중 하나이다. 일반적인 산화 상태는 +2

로, 0, +1, +3 상태도 관찰된다. 니켈-62은 존재하는 원소 중 가장 안정성이 뛰어난 핵종으로, 그다음은 철-58이다.

니켈은 지구의 외핵과 내핵의 성분 중 하나이다. 지각에는 84ppm이 존재하지만 지구 자체에는 1.83%가 존재하는데 지구 내핵의 5.8%가 니켈로 이루어져 있다. 한편, 금속 알레르기를 일으키기 때문에 귀걸이나 목걸이를 하는 몇몇 사람들의 천적이다. 이런 점을 아는지 모르는지 몇몇 판매자들이 신체에 닿는 물건에 니켈도금을 하여 구매자들이 피해를 보는 사례가 발생하기도 했다. 예를 들어 이런 사례 같은 경우 노르딕 골드가 이러한 금속 알레르기 때문에 만들어진 것이다.

가격이 제법 비싼 금속인데 대충 구리의 2배 정도이고 주석보다는 싸서 2/3 정도이다. 알루미늄의 7~8배가량 된다. 지구의 핵의 주성분이 철과 니켈이므로 지구 전체로 보면 상당히 풍부한 원소지만 대부분 지구의 핵에 모여 있어서(내핵의 무게비로 니켈이 5.8%) 지구 지각에서는 지각구성비로는 구리나 아연과 비슷한 정도로 귀한 금속이다. 구리와 함께 니켈을 함유한 광상은 꽤 있지만 함량이 낮고 채산성이 있는 광산은 캐나다, 러시아, 인도네시아, 짐바브웨, 오스트레일리아 등에 집중되어 있어 그리 흔하지 않다.

운석 중에 일부 금속성 철질운석, 운철은 주성분이 지구의 핵과 마찬가지로 철과 니켈로 되었다. 철-니켈 합금은 자연적으로는 지표면에서 발견되지 않으므로 우주에서 떨어진 운석임을 알 수 있다. 인류가 철의 제련법을 발명하기 전 청동기에는 금속 철괴를 얻을 수 있는 유일한 소스여서 고대의 철검유물은 운철을 가공해 만든 것이고 왕이나 가질만한 귀중한 유물이다.

니켈의 인공방사성동위원소 중에는 반감기가 100년인 니켈 63은 베타 붕괴만 하고 수명과 에너지가 적당해서 원자력 전지의 연료로 쓰이는 경우가 있다.

니켈은 배터리 양극재의 핵심 소재이다. 양극재의 구성에 따라 배터리의 용량과 출력 등 성능이 좌우된다. 일반적으로 니켈(N), 망간(M), 코발트(C), 알루미늄(A) 등을 조합해 만든다. 배터리 업계에서는 최근에 이 양극재에 니켈의 비중을 높이는 작업을 진행하고 있다. 이른바 하이니켈(High-Ni) 배터리다.

니켈은 유기물에 수소를 첨가하는 촉매로도 쓰이는데 식물성 식용유에 수소를 첨가해 버터의 대용품인 마가린이나 고체 유지인 쇼트닝을 만든다든가 비누나 양초의 원료가 되는 경화유로 만들거나 석유를 분해해 탄화 수소 가스화한다거나 고온 연료전지 등에서 쓰이고 있다.