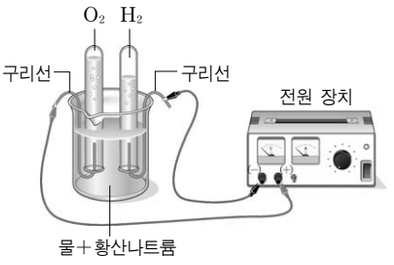
01. 물의 성질

1. 물의 구성 성분



■ 물의 전기 분해

(1) **물의 전기 분해** : 순수한 물에 NaOH, H_2SO_4과 같은 전해질을 넣고 직류 전원을 흘려 주면 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$(-)\text{극} : 2H_2O(l)+2e^- \longrightarrow H_2(g)+2OH^-(aq)$$

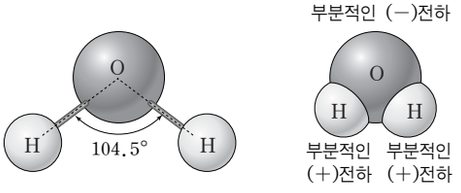
$$(+)\text{극} : H_2O(l) \longrightarrow \frac{1}{2}O_2(g)+2H^+(aq)+2e^-$$

$$\text{전체 반응} : H_2O(l) \longrightarrow H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$$

① (−)극에서는 수소 기체가, (+)극에서는 산소 기체가 2 : 1의 부피비로 생성된다.
② 수소 기체 : 가장 가벼운 기체이며, 가연성 기체로 불꽃을 대면 '펑' 소리를 낸다.
③ 산소 기체 : 조연성 기체로 꺼져가는 불씨를 다시 타오르게 한다.

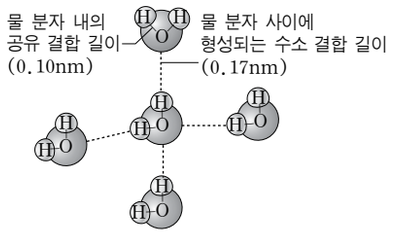
2. 물 분자의 구조와 수소 결합

(1) **물 분자의 구조** : 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 공유 결합하여 굽은형 구조(결합각 : 104.5°)를 가진다.

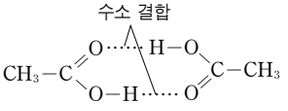


(2) **물의 극성** : 물 분자에서 산소가 수소보다 공유 전자쌍을 끄는 힘(전기 음성도)이 크므로 산소는 부분적으로 (−)전하, 수소는 부분적으로 (+)전하를 띤다.
① 물의 용해성 : 물은 극성 분자이므로 극성 물질과 잘 섞이지만, 무극성 물질과는 잘 섞이지 않는다.
② 물줄기를 가늘게 흐르게 한 후 대전체를 가까이 하면 대전체 쪽으로 끌려온다.

(3) **물 분자와 수소 결합**
① 수소 결합 : 전기 음성도가 큰 분자의 F, O, N 원자들과 다른 분자의 수소 사이에 작용하는 분자간의 강한 힘을 뜻한다.
• 수소 결합을 하는 물질 : H_2O(물), NH_3(암모니아), HF(플루오르화수소), C_2H_5OH(에탄올) CH_3COOH(아세트산) 등
• CH_3COOH은 두 분자가 수소 결합을 하여 한 분자처럼 행동하는데, 이를 이합체라고 한다.



■ 물의 수소 결합

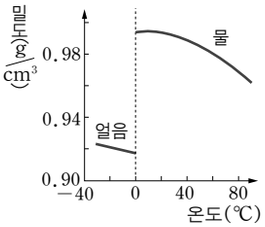


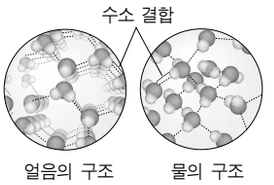
② 물의 수소 결합 : 물 분자에서 수소 원자와 산소 원자 사이에 강한 수소 결합이 작용한다.

3. 물의 특성

(1) 물의 특성

① 물의 밀도 : 대부분의 물질은 기체 → 액체 → 고체로 상태 변화할 때 부피가 모두 감소하지만, 물은 수소 결합으로 인해 빈 공간이 많은 육각형 구조를 가지기 때문에 액체의 밀도가 고체의 밀도보다 크다(4℃ 일 때 물의 밀도가 가장 큼).



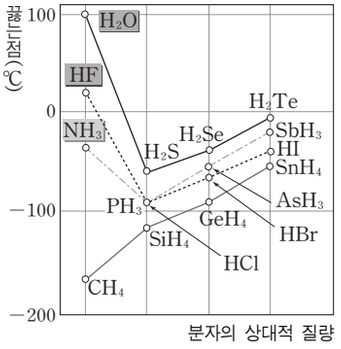


② 물의 비열 : 물은 가해 준 열이 수소 결합을 끊는 데 쓰이기 때문에 온도가 쉽게 올라가거나 내려가지 않는다.

• 비열 : 물질 1g의 온도를 1℃ 올리는 데 필요한 열량

③ 물의 녹는점과 끓는점 : 물은 수소 결합에 의해 분자간 힘이 크기 때문에 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 녹는점과 끓는점이 매우 높다.

물질(화학식)	분자량	녹는점(℃)	끓는점(℃)
메탄(CH_4)	16	−183	−161.5
암모니아(NH_3)	17	−77.7	−33.4
물(H_2O)	18	0	100
황화수소(H_2S)	34	−86.0	−61.0
염화수소(HCl)	36.5	−115.0	−85.0



■ 여러 가지 물질의 끓는점

④ 물의 용해열과 기화열 : 물은 수소 결합에 의해 분자간 힘이 크기 때문에 용해열과 기화열이 매우 크다.

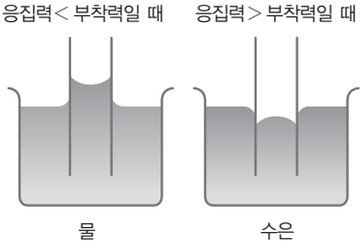
⑤ 물의 표면 장력 : 물은 수소 결합에 의해 분자간 힘이 크기 때문에 표면 장력이 크다.❶

• 표면 장력 : 액체가 표면적을 최소로 하려는 현상

⑥ 모세관 현상❷ : 액체 속에 모세관을 넣으면 모세관 내의 액면이 외부보다 높아지거나 낮아지는 현상

❶ 수은은 물보다 표면 장력이 더 크다

❷ 모세관 현상



• 물 분자 사이 인력(응집력)보다 물 분자와 유리관 표면 사이의 인력(부착력)이 강해서 일어난다.

• 유리관을 극성이 작은 다른 물질로 바꾸면 물기둥의 높이는 낮아지며, 극성이 더 큰 물질로 바꾸면 물기둥의 높이는 높아진다.

(2) 물의 특성과 관련된 현상

물의 특성		현상
수소 결합에 의한 특성	얼음의 밀도 < 물의 밀도	• 얼음이 물 위에 뜬다. • 겨울철에 강물이 얼 때 표면의 물이 먼저 언다.
	비열이 크다.	• 해안 지방에서 낮에는 해풍이 불고 밤에는 육풍이 분다. • 생물체의 체온이 일정하게 유지된다.
	녹는점, 끓는점, 융해열, 증발열이 크다.	• 더운 여름철 마당에 물을 뿌리면 시원해진다. • 물을 뿌려서 불을 끈다.
	표면 장력이 크다.	• 소금쟁이가 물 위에 뜬다. • 풀잎에 물방울이 동그랗게 맺힌다.
	모세관 현상	• 수건이나 휴지의 한쪽 끝을 물에 대면 물이 스며 올라간다. • 식물의 뿌리에서 흡수된 물이 물관을 따라 잎으로 이동한다.
극성에 의한 특성	• 물은 극성 물질과는 잘 섞이고, 비극성 물질과는 잘 섞이지 않는다. • 대전된 에보나이트 막대를 가까이하면 물은 휘어져서 흐른다.	

02. 수용액에서의 반응

1. 물의 용해성

(1) **용해** : 한 물질이 다른 물질에 녹아 균일하게 섞이는 현상

(2) **용해의 원리** : 구조나 성질이 비슷한 물질은 서로 잘 섞인다.

(3) **물의 용해성** : 물은 극성 물질이므로 극성 물질들과 잘 섞이고, 이온 결합 물질(염화나트륨)들을 잘 용해시킨다.

용매	물(극성 물질)	사염화탄소(무극성 물질)
용질	• 극성 물질 : HCl, NH_3, 포도당, 설탕 등 • 이온성 물질 : NaCl, KNO_3 등	• 무극성 물질 : CH_4, I_2 등

2. 앙금 생성 반응

(1) **앙금 생성 반응** : 서로 다른 전해질 수용액을 섞었을 때 물에 녹지 않는 앙금이 생성되는 반응

① 물에 잘 녹는 염 : Na^+, K^+, NH_4^+, NO_3^-, Cl^-(AgCl 제외)이 포함된 염

② 물에 잘 녹지 않는 염 : Ca^{2+}, Ba^{2+}, Ag^+, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}이 포함된 염

양이온 \ 음이온	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	물에 대한 용해성
Na^+	$NaNO_3$	NaCl	Na_2SO_4	Na_2CO_3	잘 녹음
K^+	KNO_3	KCl	K_2SO_4	K_2CO_3	
NH_4^+	NH_4NO_3	NH_4Cl	$(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2CO_3$	
Mg^{2+}	$Mg(NO_3)_2$	$MgCl_2$	$MgSO_4$	$MgCO_3$	잘 녹지 않음
Ca^{2+}	$Ca(NO_3)_2$	$CaCl_2$	$CaSO_4$	$CaCO_3$	
Ba^{2+}	$Ba(NO_3)_2$	$BaCl_2$	$BaSO_4$	$BaCO_3$	
Ag^+	$AgNO_3$	AgCl	Ag_2SO_4	Ag_2CO_3	

(2) **알짜 이온 반응식**

① **알짜 이온** : 반응에 실제로 참여한 이온

② **구경꾼 이온** : 반응에 참여하지 않은 이온

③ **알짜 이온 반응식** : 반응에 실제로 참여한 이온들만 나타낸 화학 반응식

예 염화나트륨 수용액과 질산은 수용액의 반응으로 흰색의 염화은 앙금이 생성

- 전체 반응식 : $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)$
- 알짜 이온 반응식 : $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$
- 알짜 이온 : Ag^+, Cl^-　　• 구경꾼 이온 : Na^+, NO_3^-

(3) **이온의 검출**

① **앙금 생성 반응을 이용** : 앙금의 색깔로 용액 중에 녹아 있는 이온을 확인할 수 있다.

검출하는 양이온	검출하는 음이온	앙금(색깔)
Ag^+	Cl^-, Br^-, I^-	AgCl(흰색), AgBr(연노란색), AgI(노란색)
Ba^{2+}	CO_3^{2-}, SO_4^{2-}	$BaCO_3$(흰색), $BaSO_4$(흰색)
Ca^{2+}	CO_3^{2-}, SO_4^{2-}	$CaCO_3$(흰색), $CaSO_4$(흰색)
Pb^{2+}	I^-, S^{2-}	PbI_2(노란색), PbS(검은색)
Cu^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}	S^{2-}	CuS(검은색), ZnS(흰색), FeS(검은색)

② 불꽃 반응 : 금속 양이온은 특유의 불꽃색을 나타내므로 수용액 중에 녹아 있는 양이온을 확인할 수 있다.

금속	리튬(Li)	스트론튬(Sr)	나트륨(Na)	칼륨(K)	칼슘(Ca)	바륨(Ba)	구리(Cu)
불꽃색	빨간색	빨간색	노란색	보라색	주황색	황록색	청록색

3. 산과 염기의 반응

(1) 산과 염기

구분	산	염기
정의	물에 녹아 H^+을 내놓는 물질	물에 녹아 OH^-을 내놓는 물질
성질	신맛이 나고, 금속과 반응하여 H_2 기체 발생	쓴맛이 나고, 손으로 만지면 미끈미끈함
수용액의 pH	$pH<7$	$pH>7$
예	염산(HCl), 황산(H_2SO_4), 아세트산(CH_3COOH), 탄산(H_2CO_3)	수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 암모니아수(NH_4OH)

(2) 중화 반응 : 산과 염기가 반응하여 물과 염이 생성되는 반응으로, 중화열이 방출된다.

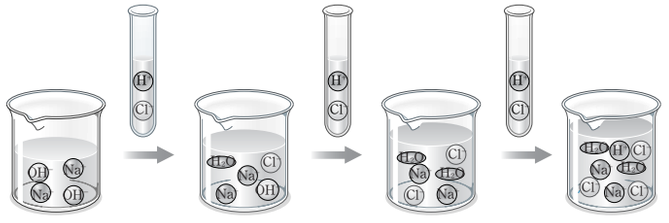
① 전체 반응식 : 산＋염기 ⟶ 물＋염

$$HCl(aq)+NaOH(aq) \longrightarrow H_2O(l)+NaCl(aq)$$

② 알짜 이온 반응식 : H^+과 OH^-이 반응하여 물을 생성하는 반응

$$H^+(aq)+OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

③ 중화점 : 산과 염기가 모두 반응하여 용액의 액성이 중성이 되는 지점



(3) 중화점 확인

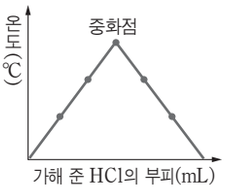
① 지시약의 색깔 변화 : 혼합 용액의 액성이 변하여 지시약의 색깔이 변하는 지점

지시약	산성	중성	염기성
리트머스 종이	붉은색	—	푸른색
페놀프탈레인 용액	무색	무색	붉은색
메틸오렌지 용액	붉은색	노란색	노란색
BTB 용액	노란색	초록색	푸른색

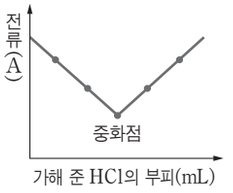
② 온도 변화 : 혼합 용액의 온도가 가장 높은 지점(중화 반응이 일어나면 중화열이 발생하여 혼합 용액의 온도가 올라감)

③ 전기 전도도 변화 : 혼합 용액의 전류의 세기가 가장 약한 지점(중화 반응이 일어날수록 H^+과 OH^-이 물이 되므로 혼합 용액의 전기 전도도가 감소함)

• 중화점 이후에 산이나 연기를 계속 가하면 이온 수가 증가하여 전기 전도도가 다시 증가한다.



■ 온도 변화



■ 전기 전도도 변화

(4) 생활 속의 중화 반응

① 산성화된 토양에 석회 가루($CaCO_3$)를 뿌려 준다.
② 위액이 과다 분비되면 제산제를 먹는다.
③ 레몬즙을 뿌려서 생선의 비린내를 없앤다.
④ 벌에 쏘이거나 벌레에 물렸을 때 암모니아수를 바른다.
⑤ 신김치에 소다를 넣으면 신맛을 중화시킬 수 있다.

03. 물과 우리 생활

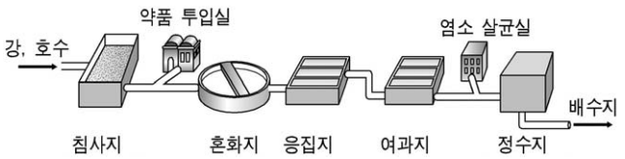
1. 물의 정수

(1) 물의 정수 과정

① 취수장 : 강이나 호수로부터 취수 펌프를 가동하여 물을 퍼 올린다.
② 침사지 : 물 속에 섞여 있는 흙이나 모래를 밀도 차이를 이용하여 가라앉힌다.
③ 약품 투입실 : 물 속의 부유물이나 찌꺼기, 미세 입자들을 엉기게 하여 가라앉히기 위해 응집제($Ca(OH)_2$, $Al_2(SO_4)_3$)를 넣는다.
④ 혼화지 : 약품과 물이 서로 잘 섞이도록 한다.
⑤ 응집지 : 물 속의 부유물이나 찌꺼기, 미세 입자들을 엉기게 한다.
⑥ 여과지 : 가라앉지 않은 찌꺼기들을 제거한다.
⑦ 염소 살균실 : 염소를 넣는 과정으로 염소는 물과 반응하여 하이포아염소산(HClO)을 생성한다. 하이포아염소산은 쉽게 분해되어 발생기 산소([O])를 생성하며, 발생기 산소는 산화력이 강하여 강력한 살균 작용을 한다.

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HClO \qquad HClO \longrightarrow HCl + [O]$$

⑧ 배수지 : 정화된 물을 각 가정으로 공급한다.



(2) 수돗물의 소독

구분	염소(Cl_2) 소독	오존(O_3) 소독
성질	염소는 물 속에서 가수 분해하여 염산과 하이포아염소산(HClO)을 생성하는데, HClO이 분해될 때 생기는 발생기 산소([O])가 살균 · 소독 작용을 한다. $Cl_2 + H_2O \longrightarrow HClO + HCl$ $HClO \longrightarrow HCl + [O]$	오존은 산소 원자가 3개 결합되어 있는 무색의 자극성 기체로, 산화력이 크기 때문에 살균 · 소독 작용을 한다.
장점	• 가격이 저렴하다. • 살균 효과가 지속된다.	• 살균력이 강하고 소독약 냄새가 나지 않는다. • 유해 잔류물이 남지 않는다.
단점	• 소독약 냄새가 난다. • 오존에 비해 살균력이 떨어진다. • 인체 유해 성분(THM❸) 등이 생길 위험이 있다.	• 비용이 많이 든다. • 잔류 효과가 오래가지 못하여 가정으로 오는 동안 다시 오염될 가능성이 있다.

❸ THM(트리할로메탄)은 탄소 원자 1개에 수소 원자 4개가 결합되어 있는 메탄 분자에서 수소 원자 3개가 염소나 브롬으로 치환된 분자로, 암을 유발하는 발암 물질이다.

2. 센물과 단물

(1) 센물과 단물

① 센물 : 물 속에 칼슘 이온(Ca^{2+}), 마그네슘 이온(Mg^{2+})이 많이 녹아 있어 비누가 잘 풀리지 않는 물

$$2RCOONa + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (RCOO)_2Ca \downarrow + 2NaHCO_3$$

- 일시적 센물 : Ca^{2+}이나 Mg^{2+}이 탄산수소염의 형태로 녹아 있는 센물
- 영구적 센물 : Ca^{2+}이나 Mg^{2+}이 염화물 또는 염의 형태로 녹아 있는 센물

② 단물 : 물 속에 칼슘 이온(Ca^{2+}), 마그네슘 이온(Mg^{2+})이 적게 녹아 있어 비누가 잘 풀리는 물

(2) 센물을 단물로 만드는 방법

① 일시적 센물 : 끓이면 Ca^{2+}이나 Mg^{2+}이 탄산염의 앙금으로 제거됨

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow[\text{가열}]{} CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow[\text{가열}]{} MgCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

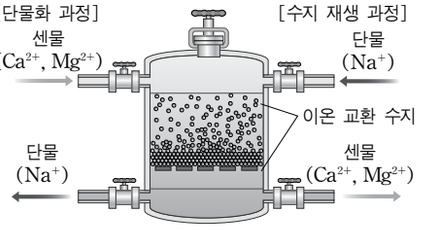
② 영구적 센물

- 탄산나트륨을 가하여 앙금을 생성시켜 Ca^{2+}이나 Mg^{2+}을 제거

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

- 이온 교환 수지에 통과시키면 Ca^{2+}이나 Mg^{2+}이 Na^+으로 치환되어 제거됨❹



■ 이온 교환 수지

3. 물의 오염

(1) 수질 오염의 지표

① 용존 산소량(DO) : 물에 녹아 있는 산소의 양으로, DO가 클수록 깨끗한 물이다.

② 생물학적 산소 요구량(BOD) : 호기성 세균이 유기물을 분해하는 데 필요한 산소의 양으로, BOD가 클수록 오염된 물이다.

③ 화학적 산소 요구량(COD) : 물 속에 유기 물질을 중크롬산칼륨과 같은 산화제로 산화시킬 때 필요한 산소의 양으로, COD가 클수록 오염된 물이다.

(2) 물의 오염에 의한 피해

① 부영영화 : 다량의 유기물이 물에 흘러 들어가면 미생물에 의해 분해되어 물 속에 미생물에 의해 분해된 영양 물질의 양이 증가하는 현상

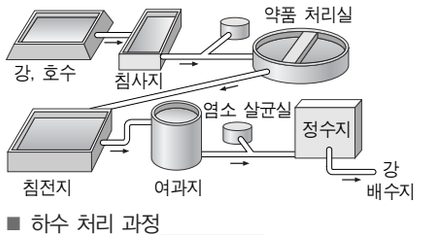
② 적조 현상 : 바다에서 부영양화가 일어나 붉은색 플랑크톤이 많이 증가하여 바닷물이 붉은색을 띠는 현상으로, 산소 부족으로 물고기의 집단 폐사를 일으킨다.

(3) 수질 오염 방지 대책

① 자정 작용 : 오염 물질이 많지 않은 경우에는 자연에서 더럽혀진 물은 대부분은 자연적으로 정화되는데, 이를 자연의 자정 작용이라고 한다.

② 하수 처리 : 생활 하수나 공장 폐수 등을 하수 처리장에서 처리하여 깨끗한 물로 정화한다.

- 하수 처리 과정 : 침사지 → 1차 침전지(부유성 물질 가라앉힘) → 포기조(미생물 번식) → 2차 침전지(미생물을 침전시켜 제거) → 소독(염소 소독, 중금속 제거) → 강, 호수



■ 하수 처리 과정

❹ Ca^{2+} 1개당 Na^+ 2개가 치환되므로 이온 교환 수지를 통과하기 전보다 통과한 후 이온의 수가 증가한다.

01. 공기의 성분과 이용

1. 대기의 성분

(1) 대기

① 대기 : 지구 중력에 의해 지구를 둘러싸고 있는 기체 전체로, 여기서는 대기와 공기[1]를 혼용해서 사용한다.

② 대기권 : 지표 위에 대기가 머무는 부분(높이에 따른 온도 분포에 의해 성층권, 중간권, 열권으로 분류)

③ 건조 공기 : 주로 질소와 산소로 이루어진 기체 혼합물로, 수증기가 포함되지 않은 공기

④ 건조 공기를 구성하는 기체의 성질

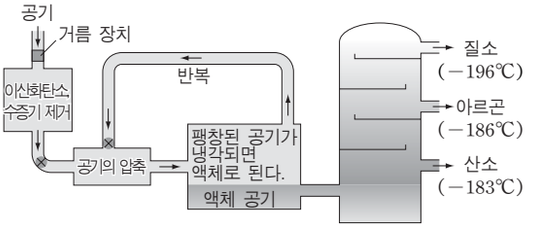
성분 기체	질소(N_2)	산소(O_2)	아르곤(Ar)	이산화탄소(CO_2)	기타
질량 백분율(%)	75.51	23.01	1.29	0.04	0.05
부피 백분율(%)	78.03	20.99	0.93	0.03	0.02
0℃, 1기압에서의 밀도(g/L)	1.25	1.43	1.78	1.96	—
끓는점(℃)	−196	−183	−186	−78(승화)	—
반응성	작다	크다	없다	작다	—

(2) 공기의 분별 증류 : 끓는점 차이를 이용하여 분별 증류로 분리한다.

① 공기를 걸러 먼지를 제거한 후 냉각시켜 수증기와 이산화탄소를 제거한다.

② 대기압보다 100배 이상 압력을 높여 압축시키고 갑자기 팽창시키면 온도가 낮아지게 된다. 이러한 과정을 반복하면 팽창하던 공기가 액화점까지 냉각되어 액화된다.

③ 액화된 공기를 증류탑에서 다시 가열하면 끓는점이 가장 낮은 질소(−196℃)가 먼저 기체 상태로 되어 증류탑의 높은 곳에서 얻어지고, 아르곤(−186℃), 산소(−183℃) 순으로 분리할 수 있다.



2. 산소(O_2)의 성질과 이용

(1) 산소의 성질

① 공기의 21%를 차지하고 있는 기체로, 냄새와 색이 없다.

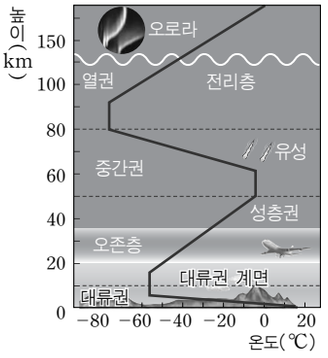
② 산소는 무극성 분자이기 때문에 물에 소량만 녹는다.

③ 공기 중 반응성이 가장 크다(산화물[2]을 만듦).

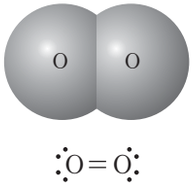
• 금속과의 반응 : $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$

• 비금속과의 반응 : $S + O_2 \longrightarrow SO_2$

❶ 공기는 대기의 하층 부분을 구성하는 기체를 의미한다.



■ 대기권의 구성



$\ddot{O}=\ddot{O}$

■ 산소 분자의 구조

❷ 산소가 다른 원소와 결합한 화합물

④ 물질의 연소를 도와주는 조연성 기체이다.

(2) 산소의 제법

① 자연적인 방법 : 식물의 광합성 과정의 부산물로 산소가 생성된다.

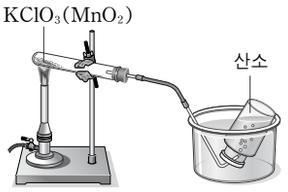
$$6CO_2+12H_2O \xrightarrow{\text{햇빛}} C_6H_{12}O_6+6O_2+6H_2O$$

② 공업적인 방법 : 액체 공기를 분별 증류하여 얻는다.

③ 실험실에서의 방법 : 발생하는 산소는 물에 대한 용해도가 작기 때문에 수상 치환[3]으로 포집한다.

- 염소산칼륨($KClO_3$)에 이산화망간(MnO_2)을 넣고 가열한다.
- 과산화수소수(H_2O_2)에 이산화망간(촉매)을 넣는다.

$$2KClO_3 \xrightarrow[\text{가열}]{MnO_2} 2KCl+3O_2 \qquad 2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O+O_2$$



❸ 기체를 포집하는 방법
- 수상 치환 : 물에 잘 녹지 않는 기체를 포집하는 방법(산소, 수소)
- 상방 치환 : 공기보다 가벼운 기체를 포집하는 방법(염소, 이산화탄소)
- 하방 치환 : 공기보다 무거운 기체를 포집하는 방법(암모니아, 수소)

(3) 산소의 이용

① 금속의 절단과 용접에 이용 : 산소와 아세틸렌을 연소시키면 3000℃ 이상의 고온이 발생함

② 산소 호흡기에 이용 : 잠수부의 공기통

③ 우주선의 로켓 엔진에 이용

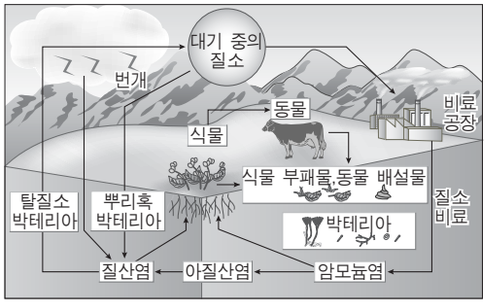
3. 질소(N_2)의 성질과 이용

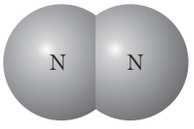
(1) 질소의 성질

① 공기의 78%를 차지하는 기체로, 냄새와 색이 없으며 물에 잘 녹지 않는다.

② 화학적으로 안정하여 반응성이 작다.

③ 질소의 순환 : 공기 중의 질소는 뿌리혹박테리아, 번개 등에 의해 암모늄염이나 질산염의 형태[4]로 식물체가 흡수하여 단백질을 합성한다. 동물은 합성된 단백질을 섭취하고, 동물이 영양 대사하고 남은 질소는 암모니아나 요소의 형태로 동물의 배설물로 배출된다. 외부로 배출된 암모니아나 요소는 탈질소 세균에 의해 다시 분해되어 공기 중으로 돌아간다.





:N≡N:

■ 질소 분자 구조

❹ 질소는 강한 삼중 결합을 가지고 있기 때문에 생명체가 질소를 이용하기 위해서는 암모늄염이나 질산염 같은 화합물로 전환되는 과정이 필요하다. 이를 질소 고정이라고 한다.

(2) 질소의 반응성

① 질소 산화물의 생성 : 고온에서 질소와 산소가 반응하여 질소 산화물(NO, NO_2)이 생성된다. ➡ 자동차의 엔진 내부에서 생성되는 질소 산화물들은 산성비의 원인 물질이다.

$N_2(g)+O_2(g) \xrightarrow[\text{가열}]{} 2NO(g)$　　$2NO(g)+O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

② 암모니아 합성(하버법) : 질소와 수소를 촉매 하에 반응시켜 암모니아를 합성한다.

$N_2(g)+3H_2(g) \xrightarrow[200\text{기압, }400\sim500^\circ\text{C}]{\text{촉매}} 2NH_3(g)$

(3) 질소의 이용

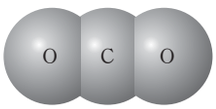
① 반응성이 작은 성질 이용 : 과자 봉지와 분유통의 충전 기체, 전구의 충전 기체로 사용

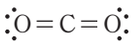
② 끓는점이 낮은 성질 이용[5] : 극저온 상태의 냉각제로 사용

③ 암모니아, 질산, 질소 비료 등의 제조 원료로 사용

[5] 액체 질소의 끓는점은 −196℃로 매우 낮다.

4. 이산화탄소(CO_2)의 성질과 이용





■ 이산화탄소의 구조

(1) 이산화탄소의 성질

① 공기의 약 0.03%를 차지하는 기체로, 냄새와 색이 없다.

② 공기보다 무겁고 불에 타지 않는다.

③ 물에 약간 녹아서 탄산이 되므로 수용액은 약한 산성을 띤다.

$CO_2(g)+H_2O(l) \longrightarrow H_2CO_3(aq)$

$H_2CO_3(aq) \longrightarrow 2H^+(aq)+CO_3^{2-}(aq)$

④ 고체 이산화탄소(드라이아이스)는 승화성이 있다.

(2) 이산화탄소의 제법 : 이산화탄소는 공기보다 무겁기 때문에 하방 치환으로 포집한다.

① 생물의 호흡이나 탄소 화합물의 연소 과정에서 생성된다.

$C+O_2 \longrightarrow CO_2$　　$C_6H_{12}O_6+6O_2 \longrightarrow 6CO_2+6H_2O$

② 탄산칼슘을 가열한다.

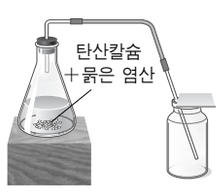
$CaCO_3 \xrightarrow[\text{가열}]{} CaO+CO_2\uparrow$

③ 석회석에 묽은 염산을 가한다.

$CaCO_3+2HCl \longrightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2\uparrow$

④ 탄산수소나트륨을 가열한다.

$2NaHCO_3 \xrightarrow[\text{가열}]{} Na_2CO_3+H_2O+CO_2\uparrow$



(3) 이산화탄소 확인 : 이산화탄소를 석회수에 통과시키면 뿌옇게 흐려진다(탄산칼슘이 생성되기 때문).

$Ca(OH)_2+CO_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow+H_2O$

(4) 이산화탄소의 이용

① 공기보다 무겁고 불에 타지 않으므로 소화기의 원료로 사용

② 물에 녹아 생성된 탄산은 청량감을 주므로 탄산 음료의 원료로 사용

③ 드라이아이스가 승화되면서 열을 빼앗으므로 냉각제로 사용

④ 베이킹파우더의 주성분은 탄산수소나트륨($NaHCO_3$)이며, 베이킹파우더를 가열하면 CO_2 기체가 발생하여 반죽이 부풀어오른다.

$2NaHCO_3 \xrightarrow[\text{가열}]{} Na_2CO_3+H_2O+CO_2\uparrow$

5. 비활성 기체의 성질과 이용

(1) 비활성 기체의 성질

① 주기율표의 18족에 속하는 원소들로 헬륨, 네온, 아르곤 등이 있다.

② 전자 배치가 가장 안정한 상태이기 때문에 단원자 분자 상태로 존재하며, 다른 물질들과 반응하지 않는다.

(2) 비활성 기체의 이용

① 아르곤(Ar) : 공기 중에 0.9% 차지하는 기체로, 백열 전구, 형광등, 진공관 등의 충전제로 사용된다. 낮은 전압에서 방전하면 푸른빛을 방출하므로 네온사인으로 사용된다.

② 네온(Ne) : 낮은 전압에서 방전하면 붉은빛을 방출하므로 네온사인으로 사용된다.

③ 헬륨(He) : 반응성이 전혀 없고 공기보다 가벼우므로 기구나 비행선의 주입 가스로 사용된다. 끓는점(−270℃)이 매우 낮아 초전도체 등의 냉각제로 사용된다. 또한, 물에 거의 녹지 않는 성질을 이용하여 잠수부의 공기 통 속에 산소와 혼합[6]하여 사용되기도 한다.

[6] 산소통에 질소 기체가 포함되어 있으면 잠수병이 생길 수 있다.

02. 기체의 성질

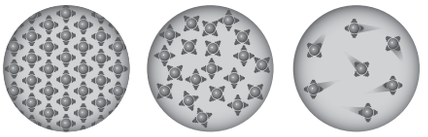
1. 기체 분자 운동론과 기체의 확산

(1) 기체의 특성

① 물질의 세 가지 상태(고체, 액체, 기체) 중 밀도가 가장 작다.

② 분자 사이의 인력이 거의 작용하지 않고, 서로 멀리 떨어져서 자유롭게 움직인다.

③ 일정한 모양이 없으며, 외부에서 힘을 가하면 쉽게 압축된다.



■ 물질의 상태에 따른 분자 모형

(2) **기체 분자 운동론** : 기체 분자의 자유로운 운동에 의한 기체의 성질을 설명하는 것

① 기체 분자의 크기는 기체의 부피에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다.

② 기체 분자는 끊임없이 불규칙한 직선 운동을 하며, 용기 벽에 충돌하여 압력을 나타낸다.

③ 기체 분자 사이에 인력이나 반발력이 작용하지 않는다.

④ 기체 분자들은 완전 탄성체로, 서로 충돌하더라도 에너지 손실이 없다.

⑤ 기체 분자의 평균 운동 에너지(E_K)는 절대 온도(T)에 비례하며, 기체의 종류나 모양, 크기에 영향을 받지 않는다. ➡ $E_K=\frac{1}{2}mv^2=\frac{3}{2}kT$

(3) 이상 기체와 실제 기체

① 이상 기체[7] : 기체 분자 운동론을 설명하기 위한 가상적인 기체이다.

② 실제 기체 : 분자의 크기가 있고 분자 사이에 인력이 작용하므로 기체 분자 운동론을 충족시키지 못한다.

(4) 기체의 확산[8]

① 기체의 확산 : 기체 분자들이 다른 기체나 액체 속으로 스스로 퍼져 나가는 현상

② 확산 속도에 영향을 주는 요인

㉠ 온도가 높을수록 확산 속도가 빠르다.

㉡ 기체 분자의 질량이 작을수록 확산 속도가 빠르다.

㉢ 기체 분자의 확산을 방해하는 입자가 없는 진공 속에서 확산 속도가 가장 빠르다.

➡ 진공 속 > 기체 속 > 액체 속

[7] 이상 기체 상태 방정식

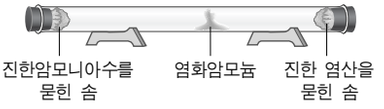
$PV=nRT$

(P : 압력, V : 부피, n : 몰 수, R : 기체 상수, T : 절대 온도)

이상 기체 상태 방정식을 알아두면 보일의 법칙이나 샤를의 법칙에 관한 문제를 풀기 쉬우니 꼭 암기해 두자.

[8] 진한 아모니아와 진한 염산을 묻힌 솜을 유리관 양쪽 끝에 동시에 넣고 마개를 막으면 잠시 후에 흰 연기의 띠(염화암모늄)가 진한 염산을 묻힌 솜 근처에서 생성된다. 이는 분자의 질량이 작은 암모니아의 확산 속도가 염화수소보다 빠르기 때문이다.

$NH_3(g)+HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$



③ 그레이엄의 확산 속도 법칙 : 일정한 온도와 압력에서 기체의 확산 속도는 기체의 밀도나 제곱근에 반비례하며, 분자의 질량의 제곱근에 반비례한다.

$$\frac{v_A}{v_B}=\sqrt{\frac{d_B}{d_A}}=\sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$ (v : 확산 속도, d : 밀도, M : 분자량)

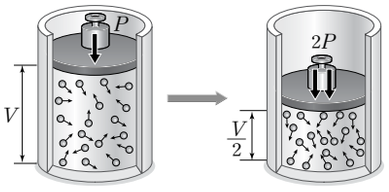
④ 기체 확산의 예

- 어촌에 가면 생선 비린내가 난다.
- 향수병 뚜껑을 열면 향기가 온 방안에 퍼진다.

2. 기체의 압력과 부피

(1) **압력** : 단위 면적에 작용하는 힘의 크기

$$\text{압력}=\frac{\text{작용하는 힘(N)}}{\text{힘을 받는 면의 넓이}(\text{m}^2)}$$ (단위 : N/m^2, Pa(파스칼))

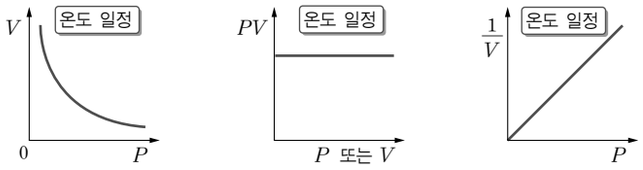


■ 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피의 관계

(2) **기체의 압력과 부피** : 일정한 온도에서 기체의 압력이 증가하면 부피는 감소하고, 압력이 감소하면 부피는 증가한다.

(3) **보일의 법칙** : 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피(V)는 압력(P)에 반비례한다.

$$PV=k\ (k\text{ : 상수})\qquad P_1V_1=P_2V_2$$



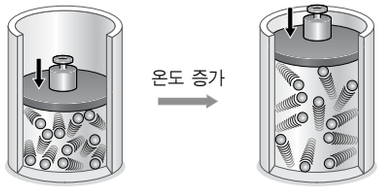
(4) **보일의 법칙의 예**

① 하늘 높이 날아간 풍선이 터진다.

② 잠수부가 물 속에서 내뿜는 공기 방울이 수면 위로 올라갈수록 커진다.

③ 자동차 에어백은 사고로 인한 충돌 시 기체의 부피가 압력에 따라 달라지면서 운전자의 충격을 줄여 준다.

3. 기체의 온도와 부피

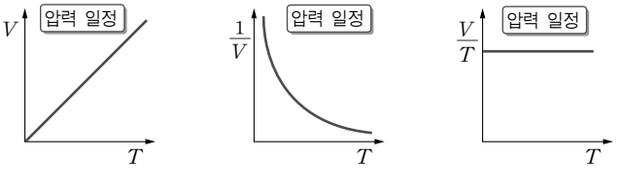


■ 일정한 압력에서 기체의 온도와 부피의 관계

(1) **기체의 온도와 부피** : 일정한 압력에서 기체의 온도가 높아지면 부피는 증가한다.

(2) **샤를의 법칙** : 일정한 압력에서 일정량의 기체 부피는 온도가 1℃ 올라갈 때마다 기체의 종류에 관계없이 0℃일 때 부피의 $\frac{1}{273}$씩 증가한다(섭씨 온도 기준). 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피(V)는 절대 온도(T)[9]에 비례한다(절대 온도 기준).

$$V=kT\qquad V=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)=V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)=\frac{V_0}{273}T=kT\ (k\text{ : 상수})$$



(3) **샤를의 법칙의 예**

① 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 펴진다.

② 열기구 속의 공기를 가열하면 위로 뜬다.

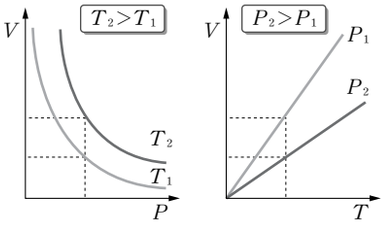
③ 여름철에는 자동차 타이어에 공기를 겨울철보다 적게 넣는다.

[9] 절대 온도(K) = 섭씨 온도(℃) + 273

* 보일 – 샤를의 법칙 : 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례하고 절대 온도에 비례한다.

$$V=k\frac{T}{P}\rightarrow\frac{PV}{T}=k\text{ (일정)}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$



03. 공기의 오염과 대책

1. 대기 오염 물질

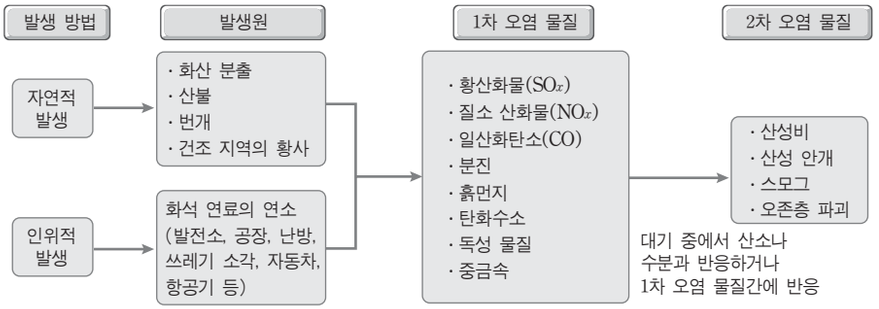
(1) 대기 오염 물질의 분류

① 1차 오염 물질 : 공장 굴뚝, 자동차의 배기관 등을 통하여 대기로 직접 배출되는 물질

예 황산화물, 질소 산화물, 일산화탄소, 탄화수소 등

② 2차 오염 물질 : 1차 오염 물질이 대기 중에서 화학 반응하여 생성된 독성 물질

예 스모그, 산성비, 오존층 파괴 등



(2) 주요 대기 오염 물질

① 황산화물(SO_x) : 황이 포함된 화석 연료가 연소될 때 생성된다.

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2 \qquad SO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{(아황산)}{H_2SO_3}$$

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 \qquad SO_3 + H_2O \longrightarrow \underset{(황산)}{H_2SO_4}$$

② 질소 산화물(NO_x) : 고온, 고압 상태인 자동차 엔진 속에서 질소와 산소가 반응할 때 생성된다.

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[가열]{} 2NO \qquad 2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{(질산)}{HNO_3} + \underset{(아질산)}{HNO_2}$$

③ 일산화탄소(CO) : 탄소가 포함된 화석 연료가 불완전 연소될 때 생성된다.

④ 탄화수소(C_xH_y) : 화석 연료가 불완전 연소될 때 발생한다.

2. 대기 오염 현상

(1) **스모그 현상** : 대기 오염 물질이 먼지, 안개 등과 혼합되어 뿌옇게 보이는 현상으로, 발생 원인에 따라 런던형 스모그와 LA형 스모그(광화학 스모그)로 구분된다.

구분	런던형 스모그	LA형 스모그(광화학 스모그)
발생 원인	황산화물과 일산화탄소가 원인	질소 산화물과 탄화수소가 자외선에 의해 광화학적 산화물(옥시던트)을 생성하는 것이 원인
발생 시기	화석 연료의 사용이 많고 기온이 역전이 있는 겨울철 새벽에 주로 발생	자외선이 강한 오후에 주로 발생
피해	눈, 코, 호흡기 등을 심하게 자극하며, 호흡기 질환이 있는 사람은 사망에까지 이른다.	눈, 코, 호흡기를 자극하며, 식물의 DNA를 손상시킬 수 있다.
대책	화석 연료 사용 억제, 탈황 장치 설치	자동차 운행 감소, 촉매 변환기 사용

⑩ 광화학 스모그의 생성 과정

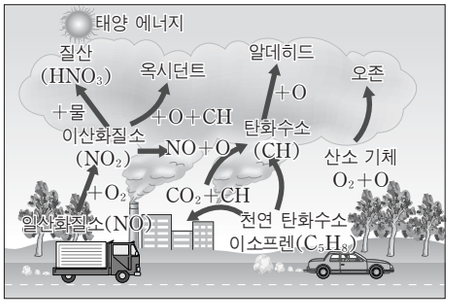
$2NO+O_2 \longrightarrow 2NO_2$

$NO_2 \xrightarrow{\text{자외선}} NO+O$

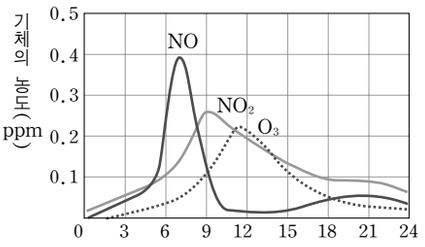
$O_2+O \longrightarrow O_3$

O_3+ 탄화수소 $\longrightarrow$ 광화학 스모그

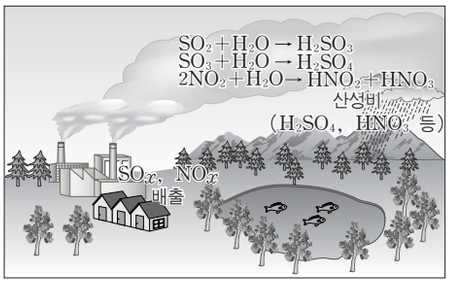
⑪ NO의 농도는 자동차의 운행이 많은 출근 시간에, 오존의 농도는 자외선이 강한 한낮에 높다. NO_2의 농도는 NO의 발생량이 많아진 후 1~2시간이 지나면 높아진다.



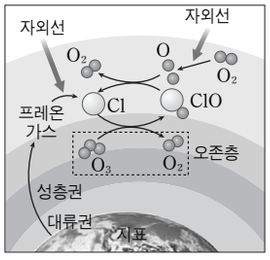
■ 광화학 스모그의 생성⑩



■ 하루 중 질소 산화물과 오존 농도의 변화⑪



■ 산성비의 생성



■ 오존층 파괴 과정

⑫ Cl는 촉매로 염소 원자 1개가 없어지지 않고 O_3을 계속 파괴한다.

(2) **산성비** : pH가 5.6 미만인 비

① **원인 물질** : 황산화물과 질소 산화물

② **산성비의 생성** : 황산화물과 질소 산화물이 대기 중의 수증기와 반응해 황산과 질산을 형성하여 빗물에 녹아 내리게 된다.

③ **피해** : 토양과 호수의 산성화, 대리석 및 철로 된 건축물 부식 등

④ **대책** : 탈황 장치와 촉매 변환기 설치, 산성화된 토양과 호수 등을 석회석 가루로 중화

(3) **오존층 파괴**

① **오존층의 역할** : 성층권의 오존은 태양으로부터 방출되는 유해 자외선을 막아 지구의 생명체를 보호해 준다.

② **오존층 파괴** : 프레온 가스(CFC) 등에 의해 오존층이 파괴된다.

Cl⑫$+O_3 \longrightarrow ClO+O_2$　　$ClO+O \longrightarrow Cl+O_2$

전체 반응 : $O_3+O \longrightarrow 2O_2$

③ **피해** : 피부암과 백내장 발생률 증가, 식물의 엽록소 파괴 등

④ **대책** : 프레온 가스 사용 중단, 대체 물질 개발

(4) **지구 온난화** : 온실 기체의 증가로 온실 효과가 필요 이상으로 커져서 지구의 평균 기온이 상승하는 현상

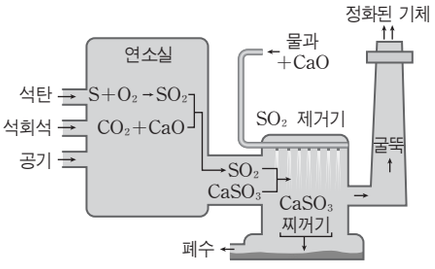
① **온실 효과** : 태양 에너지가 지구 표면에 도달하면 지구는 태양으로부터 받은 에너지를 적외선 형태로 방출하는데, 이때 온실 기체(이산화탄소 등)가 이 적외선의 일부를 흡수하여 지구의 기온이 상승하는 현상이다.

② **피해** : 지구 환경의 변화, 해수면 상승 등

3. 대기 오염 대책

(1) **황산화물** : 정유 과정에서 황을 제거하여 저유황 연료를 공급하고, 발전소나 공장에 이산화황 제거 장치 설치하여 이산화황을 제거한다.

(2) **질소 산화물** : 자동차에 촉매 변환 장치를 설치하여 질소 산화물의 배출량을 줄인다.



탈황 장치

촉매 변화 장치

■ 대기 오염 대책

01. 금속의 주기율

1. 주기율

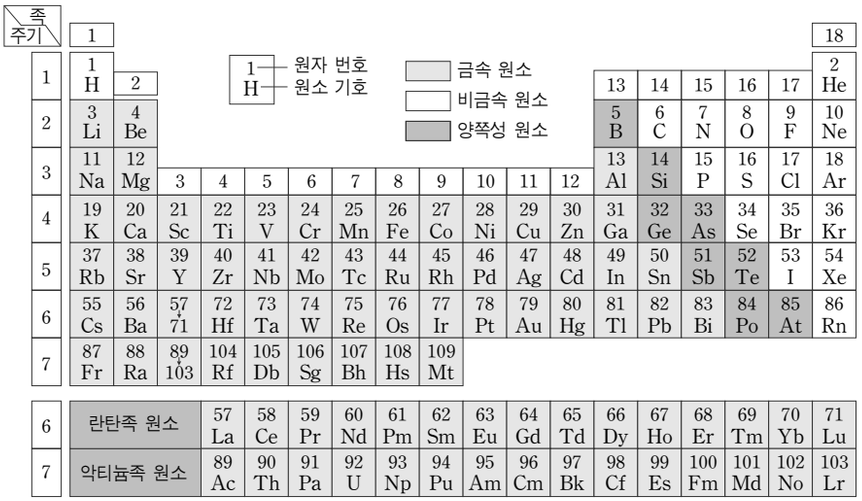
(1) **주기율** : 원소들을 원자 번호❶ 순으로 나열하였을 때 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나는 성질

(2) **주기율표** : 주기율을 이용하여 화학적 성질이 비슷한 원소를 같은 세로줄에 오도록 배열한 표

① 족(세로줄) : 주기율표의 세로줄로 1~18족으로 구성, 같은 족 원소는 화학적 성질이 비슷하다.

② 주기(가로줄) : 주기율표의 가로줄로 1~7주기로 구성, 같은 주기 내에서는 물리적 · 화학적 성질이 규칙적으로 변한다.

❶ 원자 번호 = 양성자수 = 전자수(중성 원자인 경우)



(3) **금속 원소와 비금속 원소**

구분	금속 원소	비금속 원소
주기율표상의 위치	왼쪽에 위치	오른쪽에 위치
이온 형성	전자를 잃고 양이온이 되기 쉬움❷	전자를 얻어 음이온이 되기 쉬움❸
열, 전기 전도성	크다	작다
상온에서의 상태	고체(수은은 액체)	기체, 고체(브롬은 액체)
산화물의 액성	염기성	산성

❷ 금속 원소

$M \longrightarrow M^+ + e^-$ (M : 알칼리 금속)

❸ 비금속 원소

$X + e^- \longrightarrow X^-$ (X : 할로겐 원소)

2. 알칼리 금속

(1) **알칼리 금속** : 주기율표의 1족에 속하는 금속 원소(Li : 리튬, Na : 나트륨, K : 칼륨, Rb : 루비듐, Cs : 세슘 등)

(2) **알칼리 금속의 성질**

① 은백색의 광택을 띠며, 칼로도 잘릴 정도로 무른 금속이다.

② 다른 금속보다 밀도가 작고 가볍다.

③ 다른 금속에 비해 녹는점과 끓는점이 낮다.

④ 전자 1개를 잃고 산화되어 +1가의 양이온이 되기 쉽다.

$M \longrightarrow M^+ + e^-$ (M : 알칼리 금속)

⑤ 공기 중에서 쉽게 산화되어 산화물을 생성하고 금속 광택을 잃는다.

$4M + O_2 \longrightarrow 2M_2O$

⑥ 물과 격렬하게 반응하여 수소 기체를 발생시키고, 수용액은 강한 염기성이 된다.[4]

$2M + 2H_2O \longrightarrow 2MOH(\text{염기성}) + H_2\uparrow$

⑦ 반응성이 크기 때문에 공기 중의 산소, 수분과의 접촉을 막기 위해 석유나 벤젠, 파라핀 속에 보관한다.

⑧ 불꽃 반응시키면 고유의 색을 나타낸다.

⑨ 반응성의 세기는 Li < Na < K < Rb < Cs 순이다.

❹ Li, Na, K은 밀도가 작아 물 위에 떠서 반응한다. 수소 기체는 성냥불을 대면 '펑' 소리를 내며 타는 것으로 확인하고, 수용액의 염기성은 페놀프탈레인 용액이 붉게 변하는 것으로 확인한다.

알칼리 금속	밀도(g/cm^3)	녹는점(℃)	끓는점(℃)	불꽃 반응색	반응성
Li	0.53	181	1336	빨간색	작다
Na	0.97	98	889	노란색	↓
K	0.86	64	766	보라색	↓
Rb	1.53	39	700	진한 빨간색	↓
Cs	1.87	28	670	파란색	크다

3. 할로겐 원소

(1) **할로겐 원소** : 주기율표의 17족에 속하는 비금속 원소(F : 플루오르, Cl : 염소[5], Br : 브롬, I : 요오드 등)

(2) **할로겐 원소의 성질**

① 상온(25℃)에서 이원자 분자(X_2) 상태로 존재한다.

② 물에 잘 녹지 않으나 사염화탄소(CCl_4)에 잘 녹고 특유의 색깔을 띤다.[6]

③ 전자 1개를 얻어 −1가 음이온이 되기 쉽다.

$X + e^- \longrightarrow X^-$ (X : 할로겐 원소)

④ 반응성이 커서 금속과 반응하여 염을 생성하고, 수소와 반응하여 할로겐화수소(HX) 화합물을 만든다.

- 금속과의 반응 : $2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$
- 수소와의 반응 : $H_2 + X_2 \longrightarrow 2HX$

⑤ 반응성의 세기는 $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ 순이다. 할로겐 분자와 할로겐 이온을 반응시키면 반응성이 큰 할로겐 원소가 음이온이 되려는 경향이 크므로, 반응성이 작은 원소가 할로겐 분자로 되어 색깔을 나타낸다.

$Cl_2 + 2Br^- \longrightarrow 2Cl^- + Br_2$ (반응성 : $Cl_2 > Br_2$)[7]

⑥ 할로겐화 이온은 은 이온(Ag^+)과 반응하여 특유의 색깔을 띠는 앙금을 형성한다.

$Ag^+ + X^- \longrightarrow AgX\downarrow$ ➡ AgCl(흰색 앙금), AgBr(연한 노란색 앙금), AgI(노란색 앙금), AgF(앙금 생성 ×)

❺ 염소의 제법과 특징
- 염소의 제법 : 이산화망간에 진한 염산을 가하고 가열하면 황록색의 염소 기체가 발생한다.
  $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$
- 염소의 살균 작용 : 염소는 물과 반응하여 하이포아염소산(HClO)을 생성한다.
  $Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HClO$
  $HClO \longrightarrow HCl + [O]$

❻ Cl_2 : 황록색, Br_2 : 적갈색, I_2 : 흑자색

❼ 반응성이 큰 Cl_2의 황록색은 사라지고, Br_2의 적갈색이 나타난다.

할로겐 분자	녹는점(℃)	끓는점(℃)	상온에서의 상태	색깔	수소와의 반응	반응성
F_2	−219.6	−188	기체	담황색	저온, 어운 곳에서도 폭발적으로 반응	크다
Cl_2	−101.0	−34.6	기체	황록색	상온에서 빛을 쪼이면 폭발적으로 반응	↑
Br_2	−7.2	58.5	액체	적갈색	고온에서 느리게 반응	↑
I_2	113.6	184.4	고체	흑자색	고온에서 촉매 사용 시 느리게 반응	작다

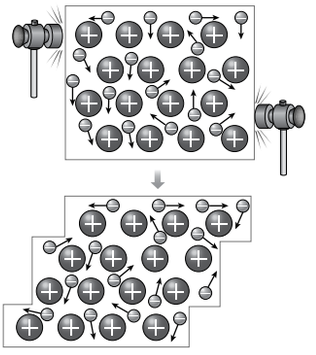
⑶ 할로겐화수소(HX) : 물에 잘 녹고 모두 산성을 나타낸다.
① 산성의 세기 : HF≪HCl＜HBr＜HI
② HF : 유리를 녹이는 성질이 있어 폴리에틸렌으로 만든 병에 보관한다.

02. 금속의 성질과 이용

1. 금속의 성질

⑴ 금속 결합
① 금속의 구성 입자 : 금속은 자유 전자와 금속 양이온으로 이루어져 있다.
• 자유 전자 : 금속 양이온 사이를 자유롭게 이동하는 전자
② 금속 결합 : 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 결합이다.
③ 금속 결합 모형 : (－)전하를 띤 자유 전자의 바다 속에 금속 양이온이 규칙적인 배열을 이루고 있는 전자 바다 모형으로 설명한다.

⑵ 금속의 성질
① 금속의 광택 : 금속 표면에서 자유 전자가 대부분의 빛을 흡수했다가 반사하기 때문에 은백색 광택을 띤다. ➡ 금 : 노란색, 구리 : 붉은색
② 연성과 전성 : 외부에서 힘을 받아 금속 양이온이 밀려도 자유 전자가 함께 이동하여 금속 결합이 유지되기 때문에 금속은 실처럼 가늘게 뽑을 수 있는 연성과 판처럼 넓게 펼 수 있는 전성을 가지고 있다.
③ 전기 전도성과 열전도성 : 자유 전자로 인해 전기 전도성과 열전도성이 좋다.
④ 밀도와 굳기 : 대부분의 금속은 원자들이 빽빽하게 밀집되어 있기 때문에 밀도가 크고 단단하다.
⑤ 녹는점 : 금속 양이온과 자유 전자 사이에 강한 인력이 작용하기 때문에 금속은 녹는점이 높다. 수은(액체)을 제외한 모든 금속은 상온에서 고체 상태로 존재한다.


■ 금속 결정의 연성과 전성

2. 금속의 이용

⑴ 금(Au) : 인류가 최초 사용한 금속으로, 반응성이 작아 순수한 원소 상태로 얻는다.

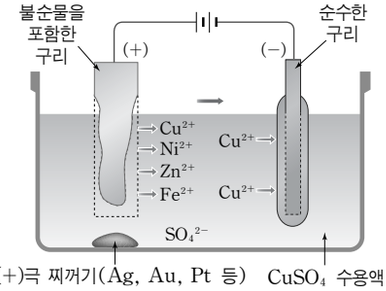
⑵ 구리(Cu)
① 성질 : 연성과 전성이 좋고, 전기 전도성과 열전도성이 크다.
② 제련 : 반응성이 작고 제련과 가공이 용이하여 가장 먼저 제련하여 사용했다. 황동석($CuFeS_2$)에 코크스(C)나 규사(SiO_2)를 넣고 용광로 내에서 가열하면 황화구리(Ⅰ)를 얻는데, 여기에 공기를 통과시키면 순도 99%의 구리를 얻는다.

$$Cu_2S + O_2 \longrightarrow 2Cu + SO_2$$

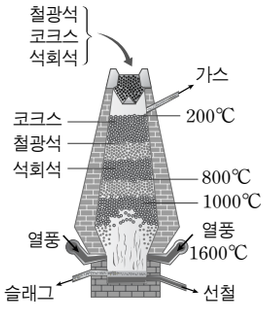
③ 정제 : 제련하여 얻은 구리를 전기 분해하면 (－)극에서 순수한 구리가 얻어지고, (＋)극 아래에서는 찌꺼기[8]가 쌓인다.
• (＋)극 : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$
• (－)극 : $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

⑶ 철(Fe)
① 성질 : 은백색 광택인 금속으로 연성과 전성이 크다.
② 제련 : 주로 적철석(Fe_2O_3)이나 자철석(Fe_3O_4) 등의 산화철 형태로 존재한다. 용광로에 철광석, 코크스(C), 석회석($CaCO_3$)을 넣고 뜨거운 공기를 용광로의 아래 통로로

[8] 구리보다 반응성이 작은 Ag, Au, Pt 등은 바닥에 그대로 쌓인다.



■ 구리의 정제



■ 철의 제련

불어 넣어 주면 코크스가 연소하여 일산화탄소가 된다. 이 일산화탄소가 철광석을 환원시켜 철이 생성된다.

$2C+O_2 \longrightarrow 2CO$

$Fe_2O_3+3CO \longrightarrow 2Fe+3CO_2$

$Fe_3O_4+4CO \longrightarrow 3Fe+4CO_2$

• 석회석의 역할 : 열분해되어 생성된 산화칼슘(CaO)이 철광석 중의 이산화규소(SiO_2)와 결합하여 슬래그를 만들어 제거한다.

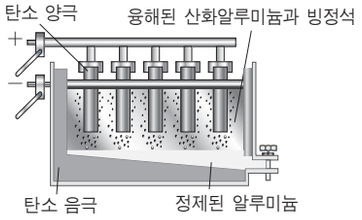
$CaCO_3 \longrightarrow CaO+CO_2$

$CaO+SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3$(슬래그)

(4) 알루미늄(Al)

① 성질 : 밀도가 2.7g/cm^{3}로 작고, 연성과 전성이 좋고, 전기 전도성과 열전도성이 크다. 알루미늄은 반응성이 크지만 산화알루미늄 피막을 형성하므로 공기 중에서 안정하다.

② 제련 : 지각에 가장 많이 존재하지만 반응성이 크고, 녹는점이 매우 높아 제련하기 어려워 이용 시기가 가장 늦다. 알루미늄 광석인 보크사이트에서 산화알루미늄(Al_2O_3 : 녹는점 2054℃)을 얻은 후 빙정석(Na_3AlF_6)과 함께 용융시킨 후 전기 분해하여 알루미늄을 얻는다.



■ 알루미늄의 제련

• (+)극 : $3O^{2-} \longrightarrow \frac{3}{2}O_2+6e^-$ (산화)

• (−)극 : $2Al^{3+}+6e^- \longrightarrow 2Al$ (환원)

• 빙정석의 역할 : 산화알루미늄의 녹는점을 960℃로 낮추어 용융시키기 쉽게 한다.

금속의 종류	금(Au)	구리(Cu)	철(Fe)	알루미늄(Al)
사용 시기	신석기 시대	기원전 5000년	기원전 3000년	1780년대 후반
지각의 구성비(%)	5×10^{-7}	7×10^{-3}	5.0	8.8
녹는점(℃)	1060	1080	1540	660
밀도(g/cm^3)	19.3	8.9	7.8	2.7
색깔	노란색	붉은색	회백색	은백색
굳기	2.5~3	2.5~3	4~5	2~3
공기 중 산화 정도	거의 산화되지 않음	천천히 산화됨	빠르게 산화됨	매우 빠르게 산화됨
산출 형태	미세한 자연 금을 포함하는 석영	자연동, 구리 황화물, 구리 산화물	철산화물	보크사이트(알루미늄 산화물)
용도	장신구, 주화	전선, 전기 기구, 공예품	건축자재, 교량	알루미늄 포일, 비행기 동체

03. 금속의 반응성과 우리 생활

1. 금속의 반응성

(1) 이온화 경향 : 금속이 전자를 잃고 양이온으로 되려는 경향 ➡ 이온화 경향이 큰 금속일수록 반응성이 크고 산화[9]되기 쉽다.

K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > (H) > Cu > Hg > Ag > Pt > Au

[9] 산화와 환원

구분	산화	환원
산소	산소 얻음	산소 잃음
전자	전자 잃음	전자 얻음

(2) 금속의 반응성

금속	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
이온화 경향 반응성	크다 ← 작다															
공기 중의 산소와의 반응	매우 빠르게 산화				가열하면 빠르게 산화			느리게 산화				산화되지 않음				
물과의 반응	찬물과 반응하여 수소 발생			고온의 수증기와 반응하여 수소 발생				반응하지 않음								
산과의 반응	묽은 산과 반응하여 수소 발생											질산, 진한 황산과 반응			왕수와 반응	

이온화 경향이 크다. → 전자를 잃기 쉽다. → 양이온으로 되기 쉽다. → 금속성이 강하다. → 반응성이 크다.

(3) 금속의 반응성 비교

① 반응성이 큰 금속과 반응성이 작은 금속 이온이 녹아 있는 수용액의 반응 : 반응이 일어난다.

- 반응성이 큰 금속 : 전자를 잃고(산화) 양이온이 되어 용액 속으로 녹아 들어간다.
- 반응성이 작은 금속의 이온 : 전자를 얻어(환원) 금속으로 석출된다.

산화

$$Zn(s)+Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s)+Zn^{2+}(aq)$$ (반응성 : Zn>Cu)

환원

② 반응성이 작은 금속과 반응성이 큰 금속 이온이 녹아 있는 수용액의 반응 : 반응이 일어나지 않는다.

$Cu(s)+Zn^{2+}(aq) \longrightarrow$ 반응이 일어나지 않음 (반응성 : Zn>Cu)

2. 금속의 부식

(1) 금속의 부식 : 금속이 수분과 산소에 의해 산화 반응이 일어나 녹스는 현상

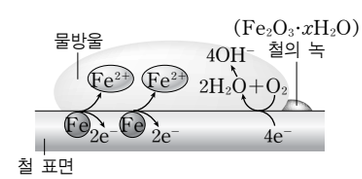
(2) 철의 부식 : 철은 공기 중의 산소, 물과 반응하여 전자를 잃고 녹을 형성한다.

$Fe \longrightarrow Fe^{2+}+2e^-$ (산화)

$O_2+2H_2O+4e^- \longrightarrow 4OH^-$ (환원)

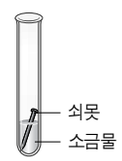
$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}+e^-$ (산화)

$2Fe^{3+}+6OH^- \longrightarrow Fe_2O_3\cdot 3H_2O$ (녹 형성)



■ 철의 부식 과정

(3) 철의 부식 조건

시험관	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
방법					
	물 속에 반쯤 담금	건조제를 넣고 마개를 덮음	소금물 속에 반쯤 담금	식용유에 넣고 마개를 덮음	끓인 물에 넣고 식용유를 덮음
조건	산소 ○, 물 ○	산소 ○, 물 ×	산소 ○, 물 ○, 전해질 ○	산소 ×, 물 ×	산소 ×, 물 ○
녹의 양	많음	약간	매우 많음	없음	약간

① 산소와 물이 모두 작용하는 경우의 못에 녹이 많이 생겼으므로 철이 부식하는 데 필요한 조건은 산소와 물이다.

② 전해질이 녹아 있는 경우 철의 부식이 촉진된다는 것을 알 수 있다(시험관 Ⅲ).

③ 철의 부식을 차단하기 위해서는 산소나 물과의 접촉을 막아야 한다.

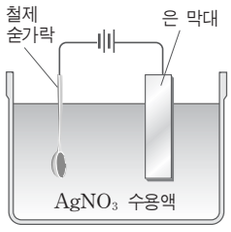
(4) 철의 부식 방지

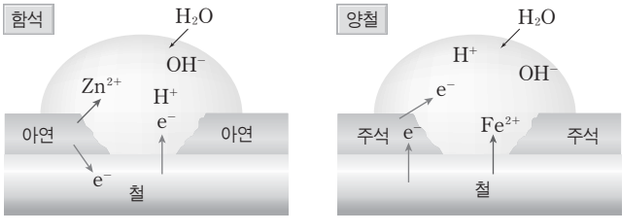
① 페인트칠이나 기름칠 : 물과 공기의 접촉을 막아 부식을 방지한다.

② 도금[10] : 철의 표면에 주석, 아연, 니켈 등의 다른 금속을 도금하여 물과 공기의 접촉을 막아 부식을 방지한다.

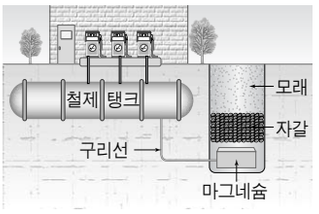
- 함석 : 철에 반응성이 큰 아연을 도금 ➡ 표면에 흠집이 생겨 철이 노출되어도 아연이 먼저 산화되므로 철의 부식을 방지한다(함석 지붕).
- 양철 : 철에 반응성이 작은 주석을 도금 ➡ 표면에 흠집이 생겨 철이 노출되는 경우 철이 주석보다 먼저 산화되므로 철의 부식이 촉진된다(통조림 캔).

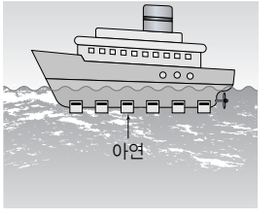
[10] 전기 도금 : 도금할 물체를 (−)극에, 도금 재료를 (+)극에 매달고 도금시킬 금속 이온의 용액을 전기 분해하면 물체 표면에 금속이 석출된다.
- 전해질 용액 : 도금할 금속(Ag^+)이 포함된 질산은($AgNO_3$) 수용액을 사용
- (+)극 : $Ag \longrightarrow Ag^+ + e^-$ (산화)
- (−)극 : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ (환원)





③ 음극화 보호 : 철보다 반응성이 큰 금속을 철에 연결하여 금속이 철보다 먼저 산화되도록 하여 철의 부식을 방지한다.





④ 합금 : 철에 크롬과 니켈을 혼합하여 부식에 강한 스테인리스가 된다.

⑤ 알루미늄의 부식 방지 : 알루미늄은 공기 중에 산화하여 단단한 산화물의 피막을 형성하여 스스로를 보호한다(부동태 형성).

3. 합금과 중금속

① 합금 : 한 금속에 다른 금속이나 비금속을 섞어 만든 금속 혼합물로, 본래의 금속의 성질을 개선하거나 보완하여 다른 성질을 가진다.

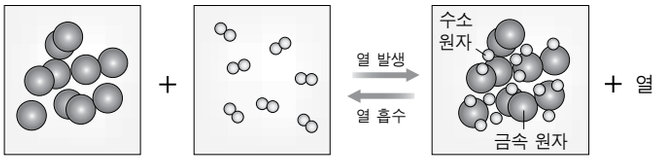
- 여러 가지 합금

합금	성분	특성	용도
청동	Cu, Zn, Sn	주조하기 쉽고 단단하다.	동전, 메달, 동상
황동(놋쇠)	Cu, Zn	전성과 연성이 커서 가공이 쉽다.	동전, 장식품
백동	Cu, Ni	은빛을 내며 전성과 연성이 크다.	장식품, 화폐
두랄루민	Al, Cu, Mg	가볍고 강하다.	항공기의 동체
스테인레스강	Fe, Cr, Ni	녹이 슬지 않고, 산에 부식되지 않는다.	공구, 주방 기구
땜납	Pb, Sn	녹는점이 낮고 단단하다.	납땜
니크롬	Ni, Cr, Mn	전기 저항이 크고 산화에 강하다.	저항선
아말감	Hg, Ag, Sn	안정하고 굳으면 단단해진다.	치과용 충진제

② 신소재 합금

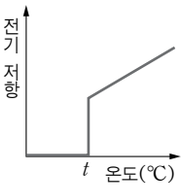
합금	특징	용도
형상 기억 합금	• 특정 온도에서의 모양을 기억하고 있는 합금 • 변형 후 특정 온도가 되면 원래의 모양으로 돌아감	우주선의 파라볼라 안테나, 속옷, 안경테 등
초전도 합금	• 어떤 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 초전도 현상[11]을 나타내는 합금	자기 부상 열차, MRI 등
수소 저장 합금	• 금속 원자 사이에 수소를 원자 상태로 저장(열 방출)한 후 다시 분자 상태로 방출(열 흡수)하는 합금	냉 · 난방기, 수소 저장 탱크, 수소 자동차 등

■ 형상 기억 합금



■ 수소 저장 합금

⑪ 합금을 일정 온도 이하로 냉각시켰을 때 전기 저항이 갑자기 소멸하여 전류가 장애 없이 흐르는 현상이다.



(2) 중금속

① 중금속 : 밀도가 4.0g/cm^3 이상인 금속으로, 체내에 흡수되면 단백질 세포와 결합하여 배출되지 않고 축적된다.

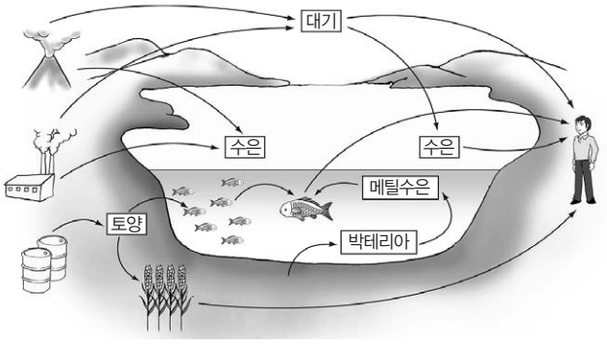
② 중금속의 용도와 피해

중금속	용도	피해
납(Pb)	페인트, 휘발유, 납땜	신장 장애, 빈혈, 두통, 유산, 청각 장애
수은(Hg)	온도계, 수은 전지, 치과 재료	뇌성 소아마비, 지능 저하, 청각과 언어 장애, 신경 장애, 미나마타병[12] 유발
카드뮴(Cd)	니켈-카드뮴 전지, 형광 물질	신장 장애, 위장병, 이타이이타이병[13] 유발
크롬(Cr)	합금, 페인트, 복사기 토너	신장과 간 손상, 피부 궤양, 암 유발

⑫ 일본의 미나마타현에서 처음으로 발생되었고, 인근 화학 공장에서 배출된 폐수에 포함된 메틸수은($(CH_3)_2Hg$)이 물고기를 통해 사람의 몸에 축적되어 생긴 병이다.

⑬ 일본의 광산 폐수에 섞인 카드뮴이 쌀에 농축되어 사람을 중독시켜 뼈의 이상을 초래한 병으로, '이타이이타이'는 일본어로 '아프다, 아프다'를 뜻한다.

③ 생물 농축 : 어떤 물질이 먹이 연쇄를 따라 상위 영양 단계로 갈수록 점차 농축되는 현상

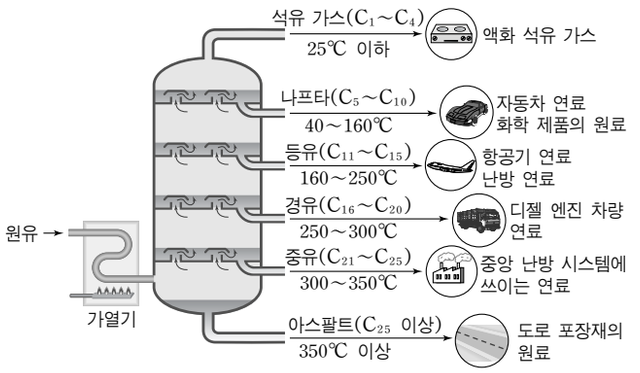


④ 중금속 피해 대책 : 중금속이 포함된 물질의 사용량을 줄이고, 중금속이 들어 있는 물질을 분리 수거 후 안전하게 처리한다.

01. 탄화수소

1. 탄소 화합물

(1) 탄소 화합물



■ 원유의 분별 증류

■ 원유로부터 분리되어 나오는 물질

❶ 석유 가스 → 나프타 → 등유 → 경유 → 중유 → 아스팔트

① **탄소 화합물** : 탄소를 기본 골격으로 수소, 산소, 질소 등이 결합하여 이루어진 화합물

② **탄소 화합물의 특성**

㉠ 탄소 원자는 최대 4개의 다른 원자들과 결합할 수 있어 화합물의 종류가 많다.

㉡ 분자간 인력이 작아 녹는점, 끓는점이 낮지만, 원자간 결합은 강하다.

㉢ 무극성 용매에 잘 녹는다.

(2) **석유** : 지질 시대에 살던 호수나 바다 생물들의 유해가 땅 속에 묻혀 오랜 기간 동안 분해되어 만들어진 물질로 자연 상태에서 산출되는 석유를 원유라고 한다.

① **원유의 분별 증류** : 원유의 주성분인 탄화수소를 분별 증류에 의해 분리하면 끓는점이 낮은 것부터 분류탑의 위쪽에서 분리❶되어 나온다.

② **크래킹** : 긴 사슬의 탄화수소를 촉매 하에 열분해하여 작은 분자로 변환시키는 과정이다.

③ **리포밍** : 나프타에 촉매를 써서 높은 온도와 압력을 가해 사슬 모양의 탄화수소를 고리 모양의 탄화수소로 전화하는 과정이다.

2. 탄화수소

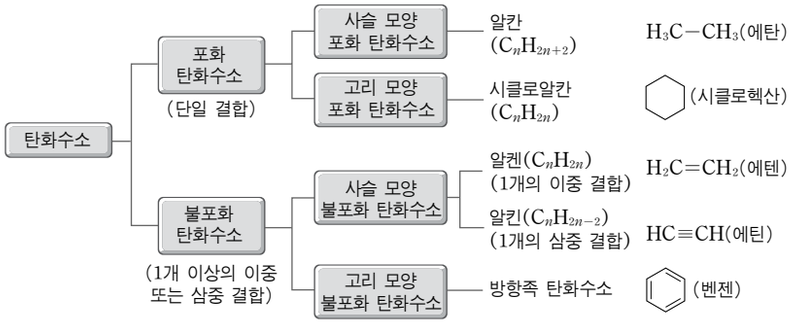
(1) **탄화수소** : 탄소와 수소로만 이루어진 탄소 화합물

(2) **탄화수소의 분류**

① **지방족 / 방향족 탄화수소** : 벤젠 고리를 가지고 있으면 방향족 탄화수소, 벤젠 고리를 가지고 있지 않으면 지방족 탄화수소로 분류한다.

② **포화 / 불포화 탄화수소** : 탄소가 단일 결합으로만 연결되어 있으면 포화 탄화수소, 탄소간의 결합에 다중 결합이 포함되어 있으면 불포화 탄화수소로 분류한다.

③ **사슬형 / 고리형 탄화수소** : 탄소들이 선형으로 결합되어 있으면 사슬형 탄화수소, 탄소들이 결합하여 고리를 형성하면 고리형 탄화수소로 분류한다.



3. 지방족 탄화수소

(1) 알칸(alkane) : 탄소 사이의 결합이 모두 단일 결합으로 이루어진 사슬 모양 포화 탄화수소

① 일반식 : C_nH_{2n+2}

② 명명법 : 탄소 수[2]를 나타내는 말의 어미에 '-안(ane)'을 붙여 부른다.

③ 성질

㉠ 탄소 수가 증가할수록(분자량이 커질수록) 분자간 인력이 증가하여 녹는점, 끓는점이 높다.

㉡ 탄소 수가 4개 이상인 알칸은 이성질체[3]를 가진다.

㉢ 반응 : 화학적으로 안정하여 반응성이 작지만 햇빛 존재 하에서 할로겐 원소와 치환 반응을 한다.

$$CH_4 \xrightarrow[+Cl_2]{\text{햇빛}} CH_3Cl \xrightarrow[+Cl_2]{\text{햇빛}} CH_2Cl_2 \xrightarrow[+Cl_2]{\text{햇빛}} CHCl_3 \xrightarrow[+Cl_2]{\text{햇빛}} CCl_4$$

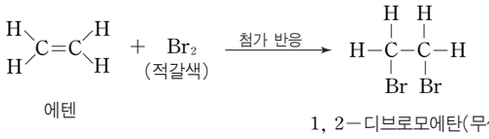
분자식	이름	녹는점(℃)	끓는점(℃)	이성질체 수	상온에서의 상태
CH_4	메탄	−183	−162	−	기체
C_2H_6	에탄	−184	−89	−	기체
C_3H_8	프로판	−188	−42	−	기체
C_4H_{10}	부탄	−138	−0.6	2	기체
C_5H_{12}	펜탄	−130	36	3	액체
C_6H_{14}	헥산	−95	69	5	액체

(2) 알켄(alkene) : 탄소 사이에 이중 결합이 포함된 사슬 모양의 불포화 탄화수소

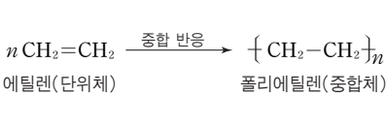
① 일반식 : C_nH_{2n}

② 명명법 : 탄소 수를 나타내는 말의 어미에 '-엔(ene)'을 붙여 부른다.

③ 성질 : 이중 결합을 가지고 있어 첨가 반응과 중합 반응을 한다.



■ 에텐의 첨가 반응



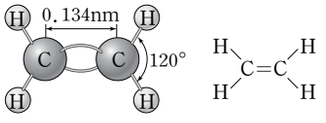
■ 에텐의 중합 반응

④ 에텐(C_2H_4) : 관용명 에틸렌

㉠ 구조 : 모든 원자가 동일한 평면 내에 존재하며 결합각은 120℃이다.

㉡ 제법 : 에탄올에 진한 황산을 가한 후 160~170℃로 가열하면 얻어진다.

$$C_2H_5OH \xrightarrow[170℃]{H_2SO_4} CH_2=CH_2+H_2O$$



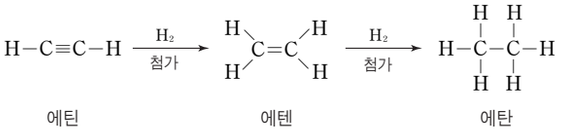
■ 에텐의 분자 구조

(3) 알킨(alkyne) : 탄소 사이에 삼중 결합이 포함된 사슬 모양의 불포화 탄화수소

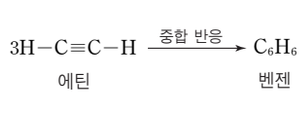
① 일반식 : C_nH_{2n-2}

② 명명법 : 탄소 수를 나타내는 말의 어미에 '-인(ene)'을 붙여 부른다.

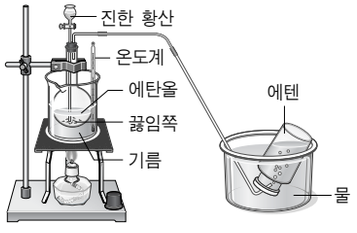
③ 성질 : 삼중 결합을 가지고 있어 첨가 반응과 중합 반응을 한다(알켄보다 반응성이 더 크다.).



■ 에틴의 첨가 반응



■ 에틴의 중합 반응

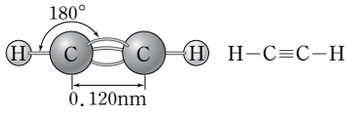


■ 에텐의 제법

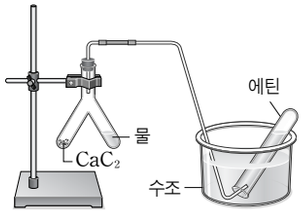
❷ 탄소 화합물에서는 탄소의 수를 그리스 어로 세어 물질의 이름을 정하므로 그리스 어의 수사를 알아두면 편리하다.

수	1	2
수를 셀 때	mono	di(bi)
물질 이름	metha	etha
수	3	4
수를 셀 때	tri	tetra
물질 이름	propa	buta
수	5	6
수를 셀 때	penta	hexa
물질 이름	penta	hexa
수	7	8
수를 셀 때	hepta	octa
물질 이름	hepta	octa
수	9	10
수를 셀 때	nona	deca
물질 이름	nona	deca

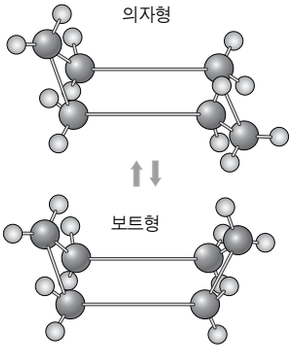
❸ 분자식은 같으나 구조식이 다른 화합물로, 물리적 · 화학적 성질이 다르다.



■ 에틴의 분자 구조



■ 에틴의 제법

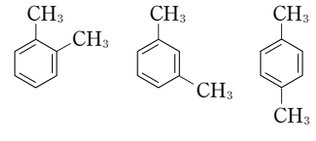


■ 시클로헥산의 구조

❹ 벤젠 고리를 가지고 있는 불포화 탄화수소로, 독특한 냄새를 내는 것이 많아 방향족 탄화수소라고 부른다.

❺ 벤젠의 첨가 반응
니켈을 촉매로 하여 벤젠에 수소를 반응시키면 시클로헥산이 생성된다.

$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow[300℃]{Ni} C_6H_{12}$ (시클로헥산)



o−크실렌　　*m*−크실렌　　*p*−크실렌

■ 크실렌의 세 가지 이성질체

④ 에틴(C_2H_2) : 관용명 아세틸렌

㉠ 구조 : 두 탄소 원자는 각각 1개의 수소 원자와 결합하며 직선형 구조이다.

㉡ 제법 : 칼슘카바이드(CaC_2)에 물을 넣고 반응시키면 얻어진다.

$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$

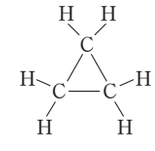
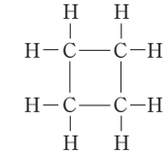
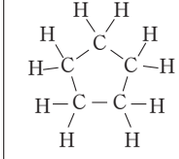
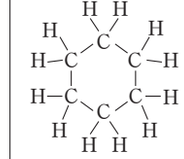
㉢ 성질 : 연소시키면 3000℃ 이상의 고온을 내기 때문에 철의 절단과 용접에 이용된다.

(4) **시클로알칸**(cycloalkane) : 탄소 원자 모두 단일 결합으로 이루어진 고리 모양의 포화 탄화수소

① 일반식 : C_nH_{2n}

② **명명법** : 탄소 수가 같은 알칸의 이름 앞에 '시클로-(cyclo)'를 붙여 부른다.

③ **반응** : **일반적으로 치환 반응**을 하지만, 시클로프로판과 시클로부탄은 불안정하여 고리가 끊어지면서 첨가 반응한다.

분자식	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
구조식				
이름	시클로프로판	시클로부탄	시클로펜탄	시클로헥산
결합각	60°	90°	108°	109.5°
특징	불안정하여 결합이 쉽게 끊어진다.		시클로프로판과 시클로부탄보다는 안정하나 시클로헥산보다는 불안정하다.	6개의 탄소 원자가 동일 평면에 존재하지 않는 입체 구조로, 의자형과 보트형이 있다.

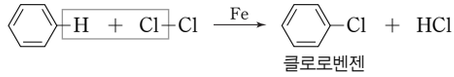
4. 방향족 탄화수소❹

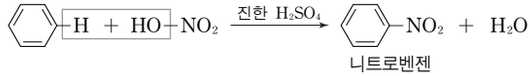
(1) 벤젠(C_6H_6)

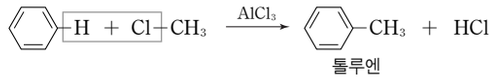
① 구조 : 정육각형의 평면 구조이고, 탄소 사이의 결합은 단일 결합과 이중 결합의 중간으로, **탄소 원자간 거리가 모두 동일한 공명 구조**이다.

② 성질 : 무색 액체로 독특한 냄새가 나며, 독성이 큰 발암 물질이다. 또한 **매우 안정하므로 첨가 반응**❺**보다 치환 반응을 잘 하며**, 무극성 분자로 물과 잘 섞이지 않는다.

③ **벤젠의 치환 반응** : 벤젠은 반응성이 작으나 촉매를 이용하면 수소 원자가 다른 원자 또는 작용기로 치환되는 치환 반응이 일어난다.

• 할로겐화 반응 

• 니트로화 반응 

• 알킬화 반응 

(2) **톨루엔**($C_6H_5CH_3$) : 벤젠의 수소 원자 1개가 메틸기($-CH_3$)로 치환된 화합물로 특이한 냄새를 가진 무색의 액체이며, 끓는점은 111℃이다.

(3) **크실렌**($C_6H_4(CH_3)_2$) : 벤젠의 수소 원자 2개가 메틸기($-CH_3$)로 치환된 화합물로, 오르토(*o*−), 메타(*m*−), 파라(*p*−)의 세 가지 이성질체가 존재한다.

02. 탄화수소 유도체

1. 탄화수소 유도체

(1) **탄화수소 유도체** : 탄화수소에 작용기가 붙어 있는 탄소 화합물

(2) **작용기** : 탄화수소에 결합하여 공통적으로 성질을 나타나게 하는 원자나 원자단을 작용기라고 하며, 작용기가 같으면 성질이 비슷하다.

일반명	작용기	작용기 이름	일반식	화합물의 예
알코올	−OH	히드록시기	ROH	CH_3OH(메탄올)
에테르	−O−	에테르기	ROR′	CH_3OCH_3(디메틸에테르)
알데히드	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	포르밀기 (알데히드기)	RCHO	HCHO(포름알데히드)
케톤	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	카르보닐기 (케톤기)	RCOR′	CH_3COCH_3(아세톤)
카르복시산	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H$	카르복시기	RCOOH	HCOOH(포름산)
에스테르	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	에스테르기	RCOOR′	$HCOOCH_3$(포름산메틸)

2. 지방족 탄화수소 유도체

(1) **알코올(R−OH)**[6] : 탄화수소의 수소 원자가 히드록시기(−OH)로 치환된 화합물

① **명명법** : 탄소 수가 같은 알칸의 이름 끝에 '−올(−ol)'을 붙여 부른다.

② 성질

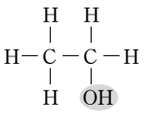
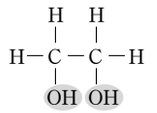
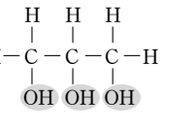
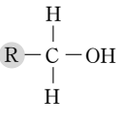
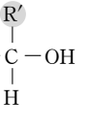
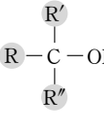
㉠ 탄소 수가 많을수록 물에 대한 용해도가 작다.

㉡ −OH를 가지고 있어 수소 결합을 형성하기 때문에 탄소 수에 비해 끓는점이 높다.

㉢ 물에 녹아 H^+이나 OH^-을 내놓지 않으므로 수용액의 액성은 중성이다.

알코올	분자식	탄소 수	끓는점(℃)	물에 대한 용해도(g/물100g)
메탄올	CH_3OH	1	65	∞
에탄올	CH_3CH_2OH	2	78	∞
프로판올	$CH_3CH_2CH_2OH$	3	97	∞
부탄올	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	4	117	8.0
펜탄올	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	5	138	2.7

③ 알코올의 분류

	1가 알코올	2가 알코올	3가 알코올
히드록시기(−OH)의 수에 따른 분류	 에탄올	 에틸렌글리콜	 글리세롤
히드록시기가 붙어 있는 탄소에 결합된 알킬기(R−)[7]의 수에 따른 분류	1차 알코올	2차 알코올	3차 알코올
			

[6] 알코올의 이용
- 메탄올(CH_3OH) : 연료나 화학 공업 원료로 사용되며, 독성이 강해서 마시면 눈이 멀거나 생명을 잃을 수도 있다.
- 에탄올(C_2H_5OH) : 술의 주성분으로 포도당을 발효시켜 만들며, 소독약, 페인트 제조의 용매로 사용된다.
- 에틸렌글리콜 : 자동차의 부동액으로 사용된다.
- 글리세롤 : 의약품이나 화장품의 원료로 사용된다.

[7] 알칸에서 수소 원자 한 개를 뺀 탄화수소 C_nH_{2n+1}을 알킬기라 하고, R− 등으로 표현한다.
- CH_3- : 메틸기
- C_2H_5- : 에틸기
- C_3H_7- : 프로필기

④ 반응

㉠ 알칼리 금속과 반응하면 수소 기체가 발생한다.

$$2ROH + 2Na \longrightarrow 2RONa + H_2\uparrow$$

㉡ 카르복시산과 반응하면 에스테르와 물이 생성된다.

$$RCOOH + HOR' \longrightarrow RCOOR' + H_2O$$

❽ 3차 알코올은 산화 반응을 하지 않는다.

㉢ 산화 반응❽ : 1차 알코올이 산화되면 알데히드를 거쳐 카르복시산이 되고, 2차 알코올이 산화되면 케톤이 된다.

• 1차 알코올의 산화 반응 : $RCH_2OH \xrightarrow{\text{산화}} RCHO \xrightarrow{\text{산화}} RCOOH$

• 2차 알코올의 산화 반응 : $RCH(OH)R' \xrightarrow{\text{산화}} RCOR'$

㉣ 탈수 반응 : 알코올에 진한 황산을 넣고 130~140℃로 가열하면 에테르, 170℃로 가열하면 알켄이 생성된다.

• 분자간 탈수 : $2C_2H_5OH \xrightarrow[130\sim140℃]{H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$

• 분자 내 탈수 : $C_2H_5OH \xrightarrow[170℃]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$

(2) 에테르(ROR′) : 알코올의 −OH에서 수소 원자 대신 알킬기(R′)가 결합된 탄화수소 유도체

① 명명법 : 알킬기의 이름 끝에 '에테르(ether)'를 붙여 부른다.❾

❾ 디메틸에테르(CH_3OCH_3), 디에틸에테르($C_2H_5OC_2H_5$)

② 제법 : 에탄올에 진한 황산을 넣고 130~140℃로 가열하면 디에틸에테르가 생성된다.

$$C_2H_5OH + HOC_2H_5 \xrightarrow[130\sim140℃]{H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O \text{ (분자간 탈수)}$$

③ 성질

㉠ 특유의 냄새가 나는 액체로 물과 잘 섞이지 않으며, 알코올에 비해 끓는점이 낮다.

㉡ 휘발성과 인화성이 크고, 마취성이 있다.

㉢ 알코올과 달리 금속과 반응하지 않는다.

㉣ 탄소 수가 같은 알코올과 이성질체 관계이다.❿

❿ C_2H_6O ➡ C_2H_5OH, CH_3OCH_3

(3) 알데히드(RCHO) : 탄화수소의 수소 원자가 포르밀기(−CHO)로 치환된 화합물

① 명명법 : 탄소 수가 같은 알칸의 이름 끝에 '−알(al)'을 붙여 부른다.

② 제법 : 1차 알코올을 산화시켜 얻는다.⓫

$$RCH_2OH \xrightarrow[-2H]{\text{산화}} RCHO + H_2O$$

⓫ 알데히드 제법

가열한 구리줄을 메탄올에 넣어 주면 메탄올이 산화되어 포름알데히드가 생성된다.

$CuO + CH_3OH \longrightarrow Cu + H_2O + HCHO$

③ 성질

㉠ 탄소 수가 적은 알데히드는 물에 잘 녹는다.

㉡ 알데히드를 산화시키면 카르복시산이 되고 환원시키면 알코올이 된다.

$$RCH_2OH \xleftarrow{\text{환원}} RCHO \xrightarrow{\text{산화}} RCOOH$$

④ 반응 : 알데히드는 환원성이 커서 은거울 반응과 펠링 반응⓬을 한다.

⓬ 은거울 반응과 펠링 반응을 하는 물질

알데히드, 포름산(HCOOH), 포름산의 에스테르(HCOOR), 단당류, 이당류

㉠ 은거울 반응 : 암모니아성 질산은 용액($Ag(NH_3)_2OH$)에 알데히드를 가하면 용액 속의 은 이온(Ag^+)이 환원되면서 은 입자가 석출된다. 이때 석출된 은이 시험관 벽에 달라붙어 은거울을 만든다.

$$RCHO + 2Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow RCOOH + 4NH_3 + H_2O + 2Ag\downarrow$$

㉡ 펠링 반응 : 푸른색 펠링 용액에 알데히드를 넣고 가열하면 펠링 용액 속에 있는 구리 이온(Cu^{2+})이 환원되어 붉은색의 산화구리(Ⅰ)(Cu_2O) 앙금이 생성된다.

$$RCHO + 2Cu^{2+} + 4OH^- \longrightarrow RCOOH + 2H_2O + Cu_2O\downarrow$$

(푸른색) (붉은색)

(4) 케톤(RCOR′) : 카르보닐기(−CO−)에 알킬기 2개가 결합된 탄화수소 유도체

① 명명법 : 탄소 수가 같은 알칸의 이름 끝에 '−온(one)'을 붙여 부른다.

② 제법 : 2차 알코올을 산화시켜 얻는다.

$$RCH(OH)R' \xrightarrow[-2H]{\text{산화}} RCOR'$$

③ 성질

㉠ 독특한 냄새가 나는 액체로, 물과 같은 극성 용매와 잘 섞이고, 벤젠과 같은 무극성 용매와도 잘 섞인다.

㉡ 탄소 수가 같은 알데히드와 이성질체 관계이다. ➡ 케톤은 은거울 반응, 펠링 반응을 하지 않는다.

④ 아세톤(CH_3COCH_3) : 대표적인 케톤으로, 무색의 휘발성 액체로 독특한 냄새가 난다. 고무나 합성 수지를 잘 녹이므로 유기 용매로 많이 사용한다.

(5) 카르복시산(RCOOH) : 탄화수소의 수소 원자가 카르복시기(−COOH)로 치환된 화합물

① 명명법 : 탄소 수가 같은 알칸의 이름 끝에 '−산'을 붙여 부른다.

② 제법 : 1차 알코올을 산화시켜 얻은 알데히드를 다시 산화시켜 얻는다.

$$RCH_2OH \xrightarrow[[-2H]]{\text{산화}} RCHO \xrightarrow[[O]]{\text{산화}} RCOOH$$

③ 성질

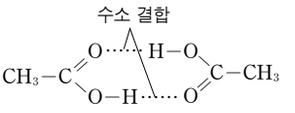
㉠ 탄소 수가 적은 포름산과 아세트산은 물에 잘 녹는다.

㉡ 물에 녹아 일부만 H^+을 내놓으므로 약한 산성은 띤다.

$$RCOOH \longrightarrow RCOO^- + H^+$$

㉢ 수소 결합하기 때문에 탄소 수가 비슷한 탄소 화합물에 비해 끓는점이 높다.

㉣ 카르복시산 두 분자가 수소 결합에 의한 이합체를 형성한다.



■ 이합체

④ 반응

㉠ 금속과의 반응 : 금속을 넣어 주면 수소 기체가 발생한다.

$$2RCOOH + 2Na \longrightarrow 2RCOONa + H_2\uparrow$$

㉡ 중화 반응 : 산성을 띠므로 염기와 만나 중화 반응한다.

$$RCOOH + NaOH \longrightarrow RCOONa + H_2O$$

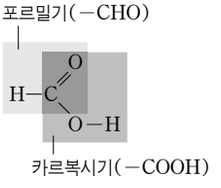
㉢ 에스테르화 반응 : 산 촉매 하에서 알코올과 반응하여 에스테르를 생성한다.

$$RCOOH + R'OH \longrightarrow RCOOR' + H_2O$$

⑤ 카르복시산의 종류

㉠ 포름산(HCOOH) : 분자 내에 카르복시기와 포르밀기를 동시에 갖고 있어서 산성을 나타내고, 은거울 반응과 펠링 반응을 한다.

㉡ 아세트산(CH_3COOH) : 녹는점이 17℃로 낮아 겨울철에는 고체로 존재하기 때문에 빙초산이라고도 불린다. 식초는 3~4%의 아세트산 수용액이다.



■ 포름산의 구조

(6) 에스테르(RCOOR′) : 카르복시산의 수소 원자가 다른 알킬기로 치환된 탄화수소 유도체

① 명명법 : 카르복시산의 이름 뒤에 알킬기의 이름을 붙여 부른다.[13]

② 제법 : 황산을 촉매로 하여 카르복시산(RCOOH)과 알코올(R′OH)을 반응시키면 에스테르화 반응(분자간 탈수 축합 반응)이 일어나 에스테르가 생성된다.

$$RCOOH + R'OH \xrightarrow[\text{에스테르화 반응}]{H_2SO_4} RCOOR' + H_2O$$

③ 성질

㉠ 물에 잘 녹지 않고 향기로운 물질[14]이다.

㉡ 탄소 수가 같은 카르복시산과 이성질체 관계[15]이다.

[13] 포름산에틸($HCOOC_2H_5$), 아세트산에틸($CH_3COOC_2H_5$)

[14] 과일향이 나는 에스테르
- $HCOOC_2H_5$(포름산에틸) : 복숭아향
- $CH_3COOC_2H_5$(아세트산에틸) : 사과향
- $CH_3COOC_5H_{11}$(아세트산이소아밀) : 바나나향
- $CH_3COOC_8H_{17}$(아세트산옥틸) : 오렌지향

[15] $C_2H_4O_2$ ➡ CH_3COOH(에탄산), $HCOOCH_3$(메탄산메틸)

④ 반응

㉠ 비누화 반응 : 에스테르에 강한 염기를 넣고 가열하면 지방산의 염(비누)과 알코올을 생성한다.

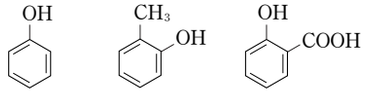
$$RCOOR' + NaOH \longrightarrow RCOONa(\text{비누}) + R'OH$$

㉡ 가수 분해 반응 : 산 촉매 하에서 가수 분해되어 카르복시산과 알코올을 생성한다.

$$RCOOR' + H_2O \xrightarrow[\text{가수 분해 반응}]{H_2SO_4} RCOOH + R'OH$$

3. 방향족 탄화수소 유도체

⑯ 페놀류의 이용
의약품, 염료, 페놀 수지의 원료로 쓰이고, 1~3% 페놀 수용액은 살균 및 소독제로 쓰인다.

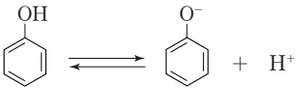


페놀　　*o*-크레졸　　살리실산

■ 페놀류의 구조

(1) 페놀(C_6H_5OH)[⑯] : 벤젠의 수소 원자 1개가 히드록시기(−OH)로 치환된 화합물

① 성질 : 물에 약간 녹고, 물에 녹아 약한 산성을 나타낸다.



페놀레이트 이온

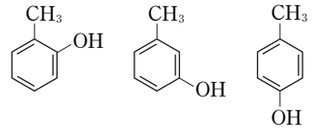
② 반응

㉠ 중화 반응 : 염기와 중화 반응하여 염을 만든다.

나트륨페놀레이트

㉡ 에스테르화 반응 : −OH를 가지고 있으므로 카르복시산과 에스테르화 반응을 한다.

㉢ 페놀류 검출 : 염화철(Ⅲ)($FeCl_3$) 수용액과 만나면 보라색을 나타내는 정색 반응을 한다.(페놀성 히드록시기(−OH)의 검출에 이용)



o-크레졸　　*m*-크레졸　　*p*-크레졸

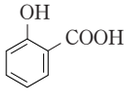
■ 크레졸의 구조

(2) 크레졸($C_6H_4(OH)CH_3$) : 벤젠의 수소 원자 2개가 메틸기(−CH_3)와 히드록시기(−OH)로 치환된 화합물로, −OH의 위치에 따라 세 가지 이성질체가 존재한다.

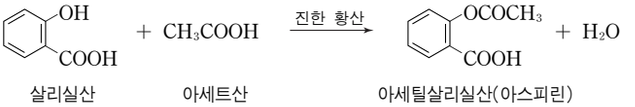
(3) 살리실산($C_6H_4(OH)COOH$) : 벤젠의 수소 원자 2개가 히드록시기(−OH)와 카르복시기(−COOH)로 치환된 화합물

① 성질 : 페놀과 카르복시산의 성질을 동시에 갖는다.

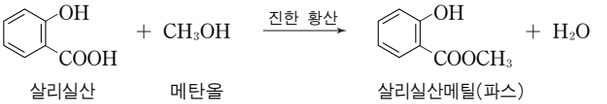
② 에스테르화 반응 : 카르복시산이나 알코올과 에스테르화 반응을 한다.



■ 살리실산의 구조



살리실산　　아세트산　　아세틸살리실산(아스피린)

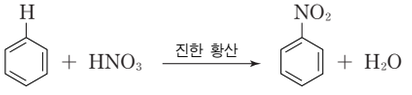


살리실산　　메탄올　　살리실산메틸(파스)

(4) 니트로벤젠($C_6H_5NO_2$) : 벤젠의 수소 원자 1개가 니트로기(−NO_2)로 치환된 화합물

① 성질 : 담황색의 기름 모양의 액체로 아닐린을 만드는 데 쓰인다.

② 제법 : 벤젠에 진한 질산과 진한 황산을 가하여 만든다.



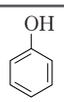
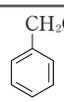
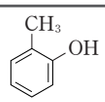
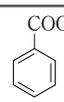
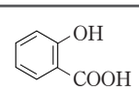
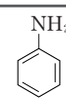
벤젠　　진한 질산　　니트로벤젠

(5) 아닐린($C_6H_5NH_2$) : 벤젠의 수소 원자 1개가 아미노기($-NH_2$)로 치환된 화합물

① 성질 : 특유의 냄새가 나는 무색의 액체로 물에 잘 녹지 않는 염기성 물질이다.

② 제법 : 니트로벤젠을 환원시켜 만든다.

(6) 방향족 탄화수소 유도체의 액성과 반응

화합물	페놀	벤질알코올	크레졸	벤조산	살리실산	아닐린
구조식						
액성	산성	중성	산성	산성	산성	염기성
염화철(Ⅲ) 수용액과의 정색 반응	○	×	○	×	○	×

03. 연료와 고분자 화합물

1. 연료와 연소 반응

(1) 연료

① 연료의 구분

연료	장점	단점	예
고체	가격이 저렴하고 화재 위험성이 작다.	연소 조절이 어렵고 재가 남는다.	석탄, 나무
액체	저장과 운반이 편리하고 연소 조절이 쉽다.	가격 변동이 심하고 연소 시 냄새가 많이 난다.	석유
기체	연소 조절이 쉽고 청정 연료이다.	저장과 운반이 불편하고 폭발의 위험성이 있다.	LNG, LPG

② LNG와 LPG

㉠ LNG : 천연 가스를 압축하여 액화시킨 것으로 주성분은 메탄(CH_4)이다.

㉡ LPG : 원유를 분별 증류할 때 나오는 석유 가스를 압축하여 액화시킨 것으로 주성분은 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10})이다.

구분	LNG(액화 천연 가스)	LPG(액화 석유 가스)	
주성분	메탄(CH_4)	프로판(C_3H_8)	부탄(C_4H_{10})
끓는점(℃)	−162	−42	−0.6
발화점(℃)⑰	537	481	441
밀도(g/L)(25℃)	0.65	1.80	2.37
연소열(kJ/g)	56.0	51.0	50.0
이용	도시 가스, 자동차 연료	가정용 연료, 자동차 연료	

⑰ 물질을 공기 중에서 가열할 때 발화하거나 폭발을 일으키는 최저 온도

⑱ 연소의 조건
연료, 발화점 이상의 온도, 산소

⑲ $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

⑳ $CoCl_2 \xrightarrow{\text{수분}} CoCl_2\cdot 6H_2O$
(푸른색) (붉은색)

(2) 연료의 연소

① 연소[18] : 어떤 물질이 산소와 반응하여 열과 빛을 내는 현상이다.

② 화석 연료의 연소 : 대부분 탄소(C)와 수소(H)가 주성분이므로 연소시키면 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다.

③ 완전 연소와 불완전 연소

㉠ 완전 연소 : 산소 공급이 충분하여 물과 이산화탄소가 생성된다.

㉡ 불완전 연소 : 산소 공급이 충분하지 않아 물, 이산화탄소, 일산화탄소, 그을음 등이 생성된다.

③ 연소 생성물의 확인

㉠ 이산화탄소(CO_2)의 확인 : 석회수에 통과시켰을 때 석회수가 뿌옇게 흐려지는 것으로 확인 가능[19]하다.

㉡ 물(H_2O)의 확인 : 푸른색 염화코발트 종이를 대었을 때 붉은색으로 변하는 것[20]과 흰색의 무수 황산구리가 푸른색으로 변하는 것으로 확인 가능하다.

2. 고분자 화합물

(1) 고분자 화합물

① 분자량이 10000 이상인 화합물이다.

② 분자량이 일정하지 않아 녹는점이 일정하지 않다.

③ 고체나 액체로만 존재하며, 결정으로 되기 어렵다.

④ 열, 전기, 공기 및 화학 약품 등에 대해 안정하다.

(2) 고분자 화합물의 종류

① 천연 고분자 화합물 : 녹말, 단백질, 천연 고무, 셀룰로오스 등

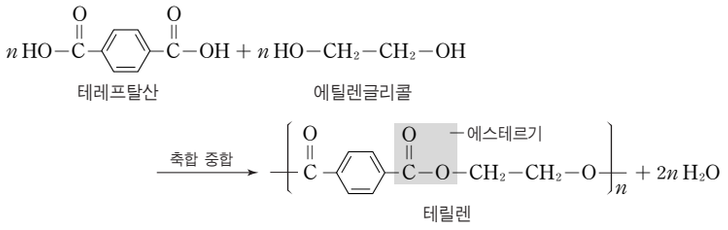
② 합성 고분자 화합물 : 합성 고무, 합성 섬유, 합성 수지 등

(3) 고분자 화합물의 합성 방법

① 첨가 중합 : 단위체에 존재하는 이중 결합이 끊어지면서 계속적으로 첨가 반응이 일어나 고분자 화합물을 만드는 중합 반응

$$n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow{\text{첨가 중합}} \left[CH_2-\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} \right]_n$$

② 축합 중합 : 단위체들이 반응할 때 간단한 분자(H_2O, HCl)가 빠져 나가면서 고분자 화합물을 만드는 중합 반응



3. 합성 고분자 화합물

(1) 플라스틱의 분류

① 열에 대한 특성에 따른 분류

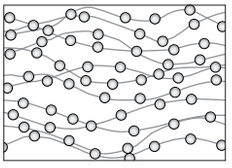
㉠ 열가소성 수지 : 사슬 모양으로 되어 있어 가열하면 부드러워지고 다시 냉각하면 굳어

져 재성형이 가능하다. 대부분 첨가 중합 반응으로 합성된다.

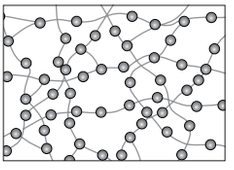
예 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐(PVC) 등

㉡ 열경화성 수지 : 그물 모양으로 되어 있어 한 번 가열해서 굳어지면 다시 열을 가해도 물러지지 않아 재성형이 불가능하다. 대부분 첨가 중합 반응으로 합성된다.

예 페놀 수지, 요소 수지, 멜라민 수지 등



■ 열가소성 수지



■ 열경화성 수지

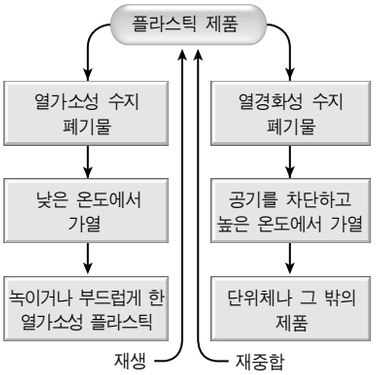
② 합성 방법에 따른 분류

㉠ 첨가 중합체

중합체	단위체	용도
폴리에틸렌(PE)	$CH_2=CH_2$(에틸렌)	전선 단열재, 필름
폴리프로필렌(PP)	$CH_2=CHCH_3$(프로필렌)	섬유, 상자, 밧줄
폴리염화비닐(PVC)	$CH_2=CHCl$(염화비닐)	PVC관, 벽지

㉡ 축합 중합체

중합체	단위체	용도
페놀 수지	C_6H_5OH(페놀), HCHO(포름알데히드)	전기 소켓, 절연 재료
요소 수지	$CO(NH_2)_2$(요소), HCHO(포름알데히드)	접착제, 물컵, 병마개
멜라민 수지	$C_3H_6N_6$(멜라민), HCHO(포름알데히드)	주방 용기, 도료



■ 플라스틱의 재활용

③ 플라스틱의 재활용

㉠ 열가소성 수지 : 낮은 온도에서 가열하여 재활용한다.

㉡ 열경화성 수지 : 잘게 부수어 건축 자재나 토목 자재로 재활용하거나 높은 온도로 가열하여 재활용한다.

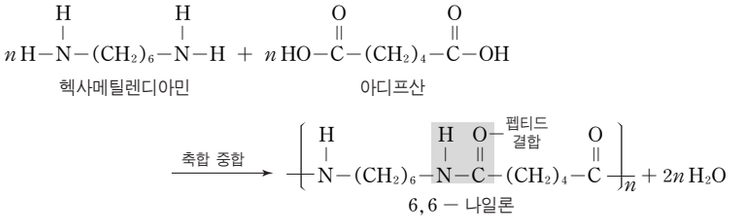
④ 플라스틱의 종류와 식별 번호

식별 번호	플라스틱	성질	용도
1 PETE	폴리에틸렌 테레프탈레이트	투명함, 강도가 큼, 값이 가장 비쌈	음료수 용기인 페트병
2 HDPE	고밀도 폴리에틸렌	저밀도 폴리에틸렌보다 불투명하고 무거움, 고밀도임	장난감, 세제류 용기, 물통
3 PVC	폴리염화비닐	견고하고 열가소성임, 투명하고 충격 강도가 큼(재활용 불가능)	산업용 파이프, 타일 등
4 LDPE	저밀도 폴리에틸렌	반투명하고 희고 부드러움, 햇빛에 노출되면 산화됨	봉지, 쇼핑 백, 우유병
5 PP	폴리프로필렌	반투명, 녹는점이 높고 매끄럽고 반짝이는 표면, 가장 밀도가 낮음	음료 · 맥주의 상자, 필름, 쓰레기통
6 PS	폴리스티렌	단단하나 깨지기 쉬움, 유기 용매에 잘 녹음	스티로폼 용기류
7 OTHER	그 밖의 플라스틱	기타(재활용 불가능)	대용량 물통(생수통)

(2) 합성 섬유

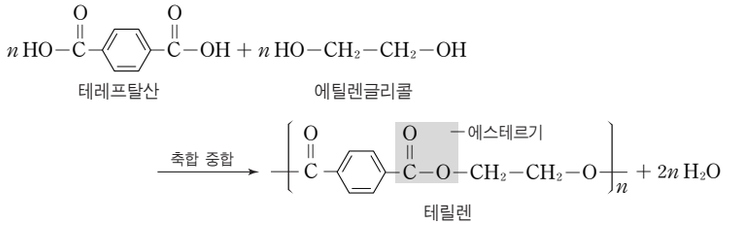
① 폴리아미드계 섬유 : 카르복시기(−COOH)와 아미노기(−NH_2) 사이에 축합 중합 반응에 의해 생성된 펩티드 결합[21](−NH−CO−)을 갖는 고분자 화합물

- 6, 6−나일론[22] : 헥사메틸렌디아민과 아디프산의 축합 중합 반응에 의해 생성된 합성 섬유로, 천연 섬유보다 질기지만, 땀을 흡수하지 못하고 마찰에 의해 정전가 생기며, 열에 약하다.



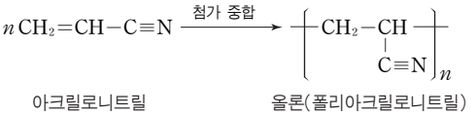
② 폴리에스테르계 섬유 : 카르복시기(−COOH)와 히드록시기(−OH)의 축합 중합 반응에 의해 생성된 에스테르 결합(−COO−)을 갖는 고분자 화합물

- 테릴렌[23] : 테레프탈산과 에틸렌글리콜의 축합 중합 반응에 의해 생성된 합성 섬유로, 다른 섬유보다 강하고 탄성이 좋아서 잘 구겨지지 않고, 양모와 비슷한 성질을 갖는다.



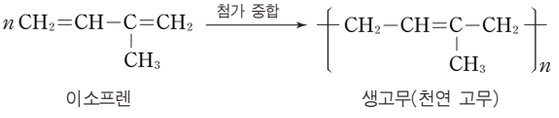
③ 폴리비닐계 섬유 : 비닐기(CH_2=CH−)의 첨가 중합에 의해 생성된 고분자 화합물

- 올렌(폴리아크릴로니트릴) : 아크릴로니트릴의 첨가 중합체로, 열에 약하고 흡습성이 작지만, 천연 섬유에 비해 저렴하고 보온성이 뛰어나다.

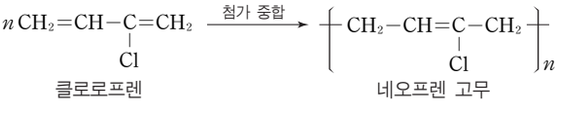


(3) 합성 고무

① 천연 고무 : 라텍스(고무나무에서 채취한 수액)에 아세트산을 가해 응고시킨 것으로, 이소프렌의 첨가 중합체이다. 탄성을 유지해 주기 위해 황을 첨가해서 사용한다.



② 네오프렌 고무 : 클로로프렌의 첨가 중합 반응에 의해 생성된 합성 고무이다. 열, 기름, 마찰에 강하며, 전선의 피복, 구두창, 자동차 타이어 등에 이용된다.



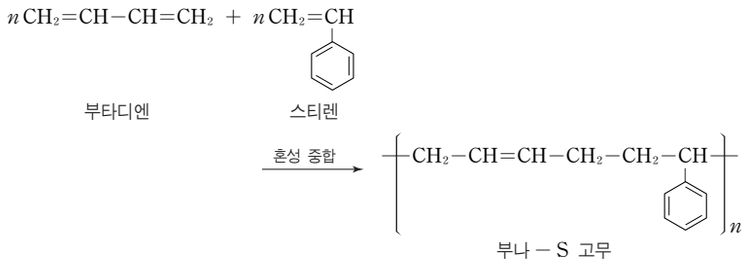
③ 부나−S 고무(SBR) : 부타디엔과 스티렌의 혼성 중합[24]에 의해 생성된 합성 고무이다. 강도와 탄성력이 좋고 마모성이 작으며, 자동차 타이어, 구두창 등에 이용된다.

[21] 아미드 결합이라고도 한다.

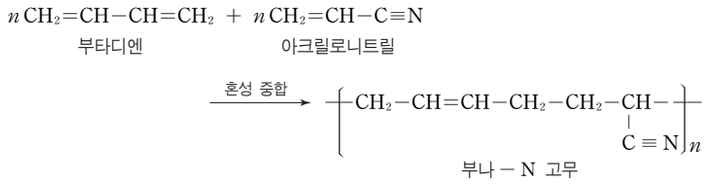
[22] 나일론의 이용
카펫, 밧줄, 칫솔 등

[23] 테릴렌의 이용
의류의 소재, 사진 필름, 녹음 테이프 등

[24] 이중 결합을 가진 두 종류 이상의 단위체가 첨가 반응하여 연결되는 중합 반응을 혼성 중합이라고 한다.



④ 부나-N 고무(NBR) : 부타디엔과 아크릴로니트릴의 혼성 중합에 의해 생성된 합성 고무이다.

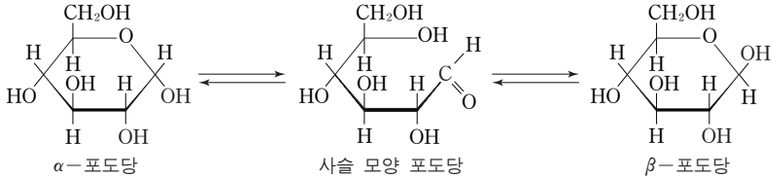


4. 천연 고분자 화합물

(1) **탄수화물** : 식물체에서 합성되는 포도당, 설탕, 녹말, 셀룰로오스 등으로, 일반식은 $C_m(H_2O)_n$의 형태로 나타낼 수 있다.

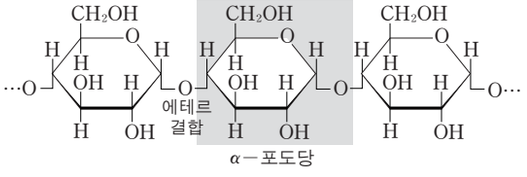
종류	분자식	이름	가수 분해 생성물	환원성	물에 대한 용해성	단맛
단당류	$C_6H_{12}O_6$	포도당 과당 갈락토오스	가수 분해되지 않음	있음	녹음	있음
이당류	$C_{12}H_{22}O_{11}$	설탕	포도당＋과당	없음	녹음	있음
		엿당	포도당＋포도당	있음		
		젖당	포도당＋갈락토오스	있음		
다당류	$(C_6H_{10}O_5)_n$	녹말(전분) 셀룰로오스 글리코겐	포도당	없음	잘 녹지 않음	없음

① **포도당** : 분자식이 $C_6H_{12}O_6$인 단당류의 단위체로, 물과 수소 결합을 하므로 물에 잘 녹고, **세 가지 형태(α−포도당, 사슬 모양 포도당, β−포도당)가 평형**을 이루고 있다.

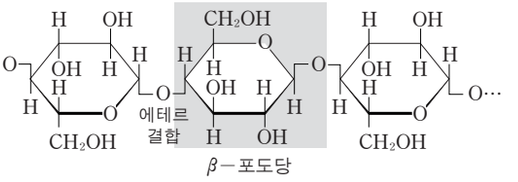


② **녹말**[참] : 식물이 저장하고 있는 탄수화물로, 광합성에 의해 이산화탄소와 물로부터 만들어진다. **녹말은 α−포도당의 축합 중합체**로, 찬물에는 잘 녹지 않으나 더운물에는 녹는다.

참 녹말 검출(요오드−녹말 반응)
무색의 녹말 용액에 요오드−요오드화칼륨 용액을 가하면 요오드 분자가 녹말의 나선형 구조에 끼어들어 청남색을 나타낸다.



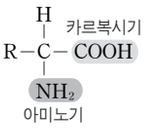
③ 셀룰로오스 : 식물의 세포막의 주성분으로 식물체의 30～50%를 차지한다. 셀룰로오스는 β－포도당의 축합 중합체로, 물에 잘 녹지 않고 옷감이나 종이의 원료로 많이 사용된다.



β－포도당

(2) 단백질

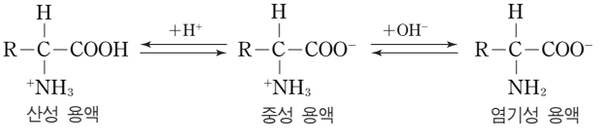
① 아미노산 : 단백질의 단위체로, 한 분자 내에 아미노기(－NH_2)와 카르복시기(－COOH)를 동시에 가지는 양쪽성 화합물[26]이다.



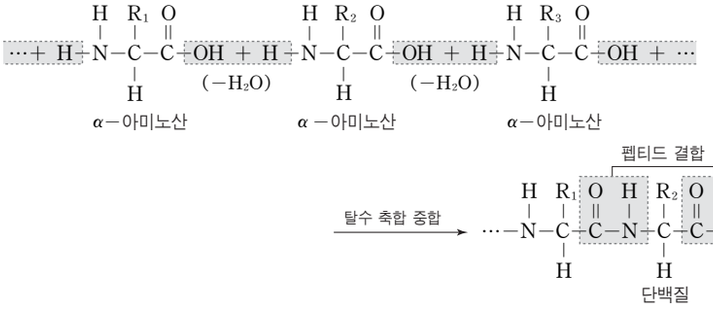
■ 아미노산의 구조

[26] 산으로 작용할 수도 있고, 염기로도 작용할 수 있는 물질

• 액성에 따른 아미노산의 구조



② 단백질 : 아미노산이 축합 중합하여 생성된 펩티드 결합에 의해 이루어진 고분자이다.



㉠ 구조 : 분자 내 수소 결합(－C＝O와 NH－ 사이)으로 나선형 구조를 이룬다.

㉡ 단백질의 변성 : 열과 강한 산, 알코올, 중금속 등에 의해 단백질에 존재하는 수소 결합이 끊어져 입체 구조가 변형된다.

㉢ 검출

• 뷰렛 반응 : 단백질에 수산화나트륨 수용액을 넣고 황산구리 수용액(청색)을 몇 방울 가하면 보라색으로 변한다.

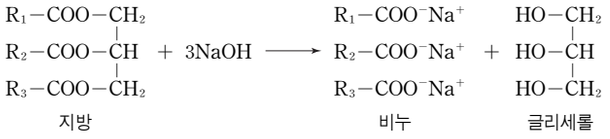
• 크산토프로테인 반응 : 단백질에 진한 질산을 넣고 가하면 노란색으로 변한다.

01. 비누와 합성 세제

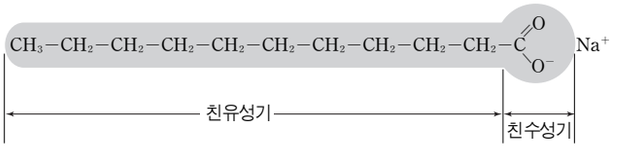
1. 비누

(1) 비누의 제조

① 비누화 반응 : 유지(에스테르)에 수산화나트륨 수용액과 같은 강한 염기를 넣고 가열하면 비누와 글리세롤이 생성된다.



(2) 비누의 구조 : 비누 분자는 기름에 잘 섞이는 친유성기인 탄화수소와 물에 잘 녹는 친수성기인 카르복시기로 이루어져 있다.

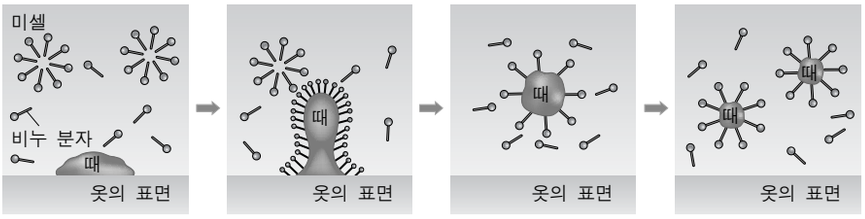


(3) 비누 분자의 배열

① 물 표면 : 친수성기인 머리 부분이 물 안쪽으로 향하고, 친유성기인 꼬리 부분이 물 바깥쪽으로 배열된다.

② 물 속 : 물에 녹은 비누의 친유성기는 기름때 쪽으로 향하고, 친수성기는 물 쪽을 향하여 공 모양으로 배열하여 미셀[1]을 형성한다.

(4) 비누의 세척 작용 : 비눗물에 빨래를 담그면 비누 분자의 친유성기가 오물에 침투하여 비누 분자가 섬유와 오물을 분리시켜 둘러싼 후, 친수성기의 영향에 의해 물 속으로 때가 떨어져 나간다.[2] 이렇게 떨어져 나온 기름때는 섬유에 달라붙거나 뭉치지 못하고 물 속에 떠 있다가 씻겨 나간다.



(5) 비누의 단점

① 찬물에 잘 용해되지 않는다.

② Ca^{2+}이나 Mg^{2+}이 포함된 센물에서 앙금을 형성하므로 거품이 잘 생기지 않는다.

$$2RCOONa + Ca^{2+} \longrightarrow (RCOO)_2Ca \downarrow + 2Na^+$$

③ 물에 녹아 염기성을 띠기 때문에 동물성 섬유 세탁에 적합하지 않다.

$$RCOO^- + H_2O \longrightarrow RCOOH + OH^-$$

④ 비눗물에 산을 가하면 비누가 지방산으로 변하므로 산성 용액에서는 사용할 수 없다.

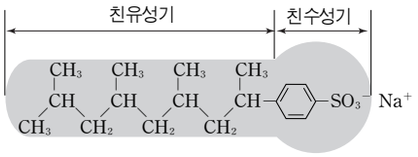
$$RCOONa + HCl \longrightarrow RCOOH + Na^+ + Cl^-$$

■ 물 속에서의 비누 모형

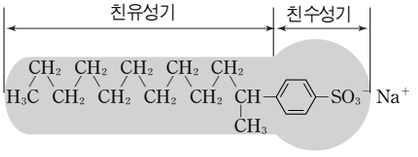
❶ 비누가 물에 녹아서 친유성기는 기름 쪽으로 향하고, 친수성기는 물 쪽으로 향하여 배열하면서 만들어지는 공 모양의 입자를 미셀이라고 한다.

❷ 물 속에 기름 성분이 녹아 들어가는 현상을 유화 작용이라고 한다.

2. 합성 세제



■ ABS 세제



■ LAS 세제

(1) 합성 세제의 종류

① ABS 세제 : 가격이 저렴하고 세척력이 좋으나 가지가 많이 달린 구조를 이루고 있어 미생물에 의해 잘 분해되지 않고, 수질 오염을 유발한다.

② LAS 세제 : 선형 구조를 이루고 있어 물에 대한 용해성이 좋고, 미생물에 의해 쉽게 분해되므로 ABS 세제를 대체하여 널리 사용된다.

(2) 합성 세제의 성질

① 찬물에서의 용해성이 좋아 세척력이 우수하다.

② 대부분의 합성 세제는 물에 녹아 중성을 나타내므로 동물성 섬유도 세탁할 수 있다.

③ 비누와 비슷한 구조를 가지고 있으나 친수성기가 달라서 Ca^{2+}이나 Mg^{2+}과 앙금을 생성하지 않으므로 센물에서도 세척력이 우수하다.

(3) 비누와 합성 세제의 비교

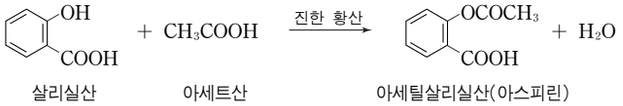
구분	비누	합성 세제
수용액의 액성	염기성	중성
찬물에서의 세탁	세척력이 떨어짐	세척력이 좋음
센물에서의 세탁	앙금이 생겨 세척력이 떨어짐	연화제가 들어 있어서 세척력이 좋음
섬유의 종류	동물성 섬유에 적당하지 않음	동물성 섬유도 세탁할 수 있음
세탁수 재사용	오염물이 부착되므로 재사용 불가	오염 물질의 재부착 방지제가 들어 있으므로 재사용 가능

02. 의약품

1. 여러 가지 의약품

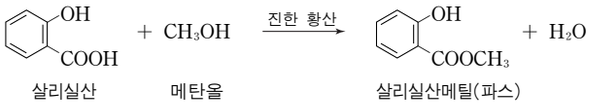
(1) **진통제**[3] : 중추 신경에 작용하여 통증을 줄여 주는 의약품

① 아스피린 : 살리실산과 아세트산의 에스테르화 반응으로 합성되는 아세틸살리실산의 상품명이다. 전세계적으로 많이 팔리는 약으로, 진통, 해열제로 사용되는 약이다.



살리실산　　아세트산　　아세틸살리실산(아스피린)

② 살리실산메틸 : 살리실산과 메탄올의 에스테르화 반응으로 합성된다. 근육통이나 어깨 결림 등에 바르는 약이다.[4]



살리실산　　메탄올　　살리실산메틸(파스)

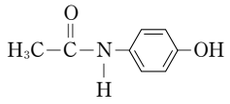
(2) **소화제** : 소화 불량의 증세가 있을 때 음식물의 소화를 돕고 식욕을 증진시키는 의약품

① 소화 효소제 : 소화를 촉진시키는 소화 효소가 들어 있다.

예 디아스타제(녹말 소화 효소), 펩신(단백질 소화 효소), 판크레아틴(녹말, 단백질)

② 제산제 : 위액 분비를 억제하고 위산을 중화시켜 위벽을 보호하고 음식물 소화를 돕는다.

❸ 그 밖의 진통제 : 아세트아미노펜(상품명 : 타이레놀)



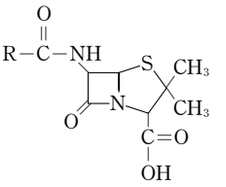
❹ 살리실산메틸은 체내에서 가수 분해되어 생성되는 메탄올이 산화되어 독성이 강한 포름알데히드(HCHO)가 되므로 복용할 수 없다.

제산제의 성분	화학식	위 속에서의 화학 반응
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	$OH^- + H^+ \longrightarrow H_2O$
탄산칼슘	$CaCO_3$	$CO_3^{2-} + 2H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$
탄산수소나트륨	$NaHCO_3$	$HCO_3^- + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	$OH^- + H^+ \longrightarrow H_2O$

(3) **항생제** : 미생물에서 분비되는 물질로, 다른 미생물의 발육이나 기능을 억제하여 죽이는 물질이다.

① **페니실린** : 푸른곰팡이에서 만들어지는 항생 물질로, 세균의 세포막을 형성하지 못하도록 함으로써 세균을 죽이는 역할을 한다. 염증, 폐렴, 결핵 치료에 이용된다.

② **항생제의 부작용** : 메스꺼움, 구토, 설사, 쇼크 등의 부작용이 있을 수 있고, 계속 사용하면 항생제에 저항력이 있는 변종들이 생겨나므로 더욱 강력한 항생제가 필요하다.



■ 페니실린의 구조식

(4) **항암제** : 암세포를 죽이거나 성장을 억제시키는 약품으로 암세포의 DNA 합성을 저해하여 증식을 막는 역할을 한다. 암세포뿐만 아니라 정상 세포에도 해를 입히며, 소화 장애와 탈모증 같은 부작용이 나타난다.

(5) **스테로이드 약품** : 자연계에서 얻어지는 4개 고리 구조를 갖는 화합물로, 성호르몬과 유사한 구조이다.

2. 의약품의 오 · 남용

(1) 약물의 오용과 남용

① **약물의 오용** : 의약품을 의사나 약사의 지시나 용법대로 사용하지 않는 것

② **약물의 남용** : 의약품을 의학적인 목적이 아닌 다른 용도로 사용하는 것

(2) 중독성이 있는 향정신성 약물

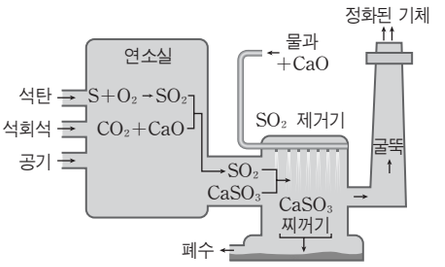
약리 작용	종류	증상 및 행동
중추 신경 억제	아편, 모르핀, 헤로인	신체 조정력 상실, 동공 축소, 식욕 감퇴, 체중 감소
중추 신경 흥분	필로폰, 암페타민, 코카인	피로, 적개심, 공격적 행동, 편집증, 불안, 초조, 손 떨림
중추 신경 흥분 및 억제	LSD, 마리화나(대마)	시간과 공간의 왜곡, 운동 기능 장애

03. 화학의 역학과 과제

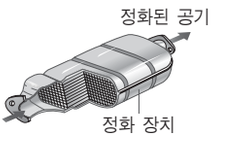
1. 환경 오염

(1) 대기 오염

원인	피해	대책
황산화물(SO_2)	산성비와 런던형 스모그를 일으킨다.	화석 연료의 사용량을 줄이고 이산화황 제거 장치를 설치한다.
질소 산화물 (NO, NO_2)	산성비와 광화학 스모그를 일으킨다.	자동차에 촉매 변환기를 부착한다.
CFC(프레온 가스)	오존층 파괴와 지구 온난화를 일으킨다.	CFC 사용을 규제하고 대체 물질을 개발한다.



■ 탈황 장치



■ 촉매 변화 장치

(2) 수질 오염

원인	피해	대책
생활 하수, 산업 폐수, 축산 폐수	유독 물질과 중금속에 의한 각종 질병 발생, 부영양화 현상, 중금속의 생물 농축	정화 처리 시설 확충, 실험 폐수 등은 부리 수거하여 처리한다.

(3) 토양 오염

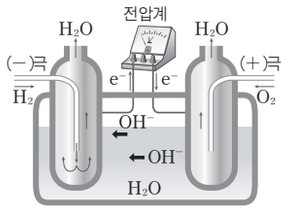
원인	피해	대책
비료와 농약, 산업 폐기물	농작물 생산이 감소, 생물 농축에 따른 여러 생물의 피해	산업 폐기물을 재활용하며, 화학 비료의 사용 억제하고 산성화된 토양에 석회 가루를 뿌려 중화시킨다.

2. 대체 에너지

(1) **대체 에너지** : 기존의 화석 연료를 대체할 에너지로 태양 에너지, 풍력 에너지, 수력 에너지, 연료 전지 등이 있다.

(2) **대체 에너지의 특징** : 대부분 설치 비용이 많이 들지만, 재생산이 가능하고 환경 오염 물질의 배출이 적다.

(3) **연료 전지** : **화학 에너지로 직접 변환시키는 전지**를 연료 전지라고 한다. 연료 전지는 발생한 열량의 80% 정도가 전기 에너지로 전환되므로 에너지 효율이 높다.



■ 연료 전지

- (−)극에서는 수소 기체가 산화되어 전자를 내놓는다.
- (+)극에서는 산소 기체가 환원되어 OH^-이 된다.

$$(-)\text{극} : 2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4e^- \ (\text{산화})$$
$$(+)\text{극} : O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^- \ (\text{환원})$$
$$\text{전체 반응} : 2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$