

■ 화학의 기초법칙

① 원자에 관한 법칙(Dalton의 원자설)

(1) 질량 보존의 법칙(라부아지에)

화학 변화에서 그 변화의 전후에서 반응에 참여한 물질의 질량 총합은 일정 불변이다.

[즉, 화학반응에 있어서 반응물질의 질량 총합은 생성물질의 질량 총합과 같다.(질량 불변의 법칙)]

반응식 항목	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$			관련법칙
상태	기체	기체	기체(수증기)	-
몰수(계수)	2[mol]	1[mol]	2[mol]	-
질량	2×2[g]	32[g]	2×18[g]	질량보존의 법칙
질량비	1	8	9	일정성분비의 법칙
분자수	2분자	1분자	2분자	아보가드로의 법칙
부피비	2부피	1부피	2부피	기체반응의 법칙

(2) 일정 성분비의 법칙(프루스트)

순수한 화합물에서 성분 원소의 중량비는 항상 일정하다.

[즉, 한 가지 화합물을 구성하는 각 성분 원소의 질량비는 항상 일정하다.(정비례의 법칙)]

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
4g 32g 36g
즉, 물을 구성하는 수소(H ₂)와 산소(O ₂)의 질량비는 항상 1:8이다.(중량비 성립)

(3) 배수 비례의 원칙

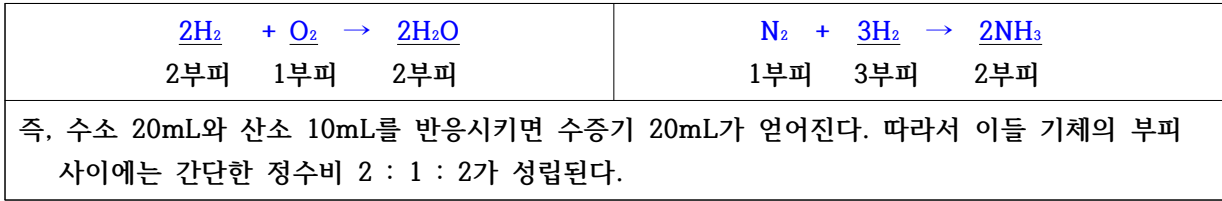
두 원소가 결합하여 2개 이상의 화합물을 만들 때 다른 원소의 질량과 결합하는 원소의 질량 사이에는 간단한 정수비가 성립한다. [예] CO(일산화탄소)와 CO₂(이산화탄소), H₂O(물)과 H₂O₂(과산화수소)]

$\bullet \text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$	$\bullet \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
16g	32g
∴ $\underline{\text{O}} : \underline{\text{O}_2} = 16\text{g} : 32\text{g} = 1 : 2$ 의 정수비가 성립한다.	

② 분자에 관한 법칙(Avogadro의 분자설)

(1) 기체 반응의 법칙(라부아지에)

화학 반응을 하는 물질이 기체일 때 반응 물질과 생성 물질의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립된다.



(2) 아보가드로의 법칙(정비례의 법칙)

온도와 압력이 일정하면 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다. 즉, 모든 기체 1mol 이 차지하는 부피는 표준 상태(0°C, 1기압)에서 22.4L이며, 그 속에는 6.02×10^{23} 개의 분자가 들어있다. 따라서 0°C, 1기압에서 22.4L의 기체 질량은 그 기체 1mole(6.02×10^{23} 개)의 질량이 되며, 이것을 측정하면 그 기체의 분자량도 구할 수 있다.

※ 기체 1mole의 부피

모든 기체 1mole이 차지하는 부피는 표준 상태(0°C, 1기압)에서 22.4L를 차지하며, 그 속에는 6.02×10^{23} 개(아보가드로수)의 분자가 들어 있다.

③ Dalton의 분압법칙

① 혼합기체의 전압은 각 성분의 분압의 합과 같다.

$$p = p_A + p_B + p_C$$

여기서, p : 전압, p_A, p_B, p_C : 성분 기체 A, B, C의 각 분압

• 몰[%] = 압력[%] = 부피[%]

• 부분압력 = 전체압력 × 몰분율

• 몰분율 = 성분기체의 몰수 / 전체기체의 몰수

② 혼합 기체에서 각 성분의 분압은 전압에 각 성분의 몰분율(또는 부피 분율)을 곱한 것과 같다.

$$\text{분압} = \text{전압} \times (\text{성분 기체의 몰수} / \text{전체 몰수}) = \text{전압} \times (\text{성분 기체의 부피} / \text{전체 부피})$$

$$\therefore p_A = p \times (n_A / n_A + n_B + n_C) = p \times (V_A / V_A + V_B + V_C)$$

③ 기체 A(P_1, V_1)와 기체 B(P_2, V_2)를 혼합했을 때 전압을 구하는 식

$$\therefore PV = P_1V_1 + P_2V_2$$

④ 몰비(mole%) = 압력비(압력%) = 부피비(vol%) ≠ 무게비(중량%)

4 그레이엄의 기체 확산 속도의 법칙

일정한 온도에서 기체의 확산속도는 그 기체밀도(분자량)의 제곱근에 반비례, 밀도의 제곱근에 반비례한다.

$$U_1 / U_2 = \sqrt{M_2 / M_1} = \sqrt{d_2 / d_1}$$

여기서, U_1, U_2 : 기체의 확산속도, M_1, M_2 : 분자량, d_1, d_2 : 밀도

● 분자량 측정법

(1) 기체의 밀도

① 표준 상태 (0°C, 1기압)일 때

$$M(\text{분자량}) = \text{기체의 밀도}(d)[\text{g/L}] \times 22.4\text{L}$$

② 표준 상태가 아닐 때

$$PV = nRT = (W/M) \cdot RT, \quad M(\text{분자량}) = pRT/P, \quad p = PM/RT$$

여기서, P : 압력[atm], V : 부피[m³], n : 몰수(W/M), R : 0.082(atm·m³/kg·mole·k)
 T : 절대온도(273+°C)[k], W : 무게[kg], M : 분자량, p : 밀도[kg/m³]

(2) 기체의 비중

$$M_B = M_A \times (W_B / W_A) \quad \therefore \text{기체 분자량}(M) = \text{기체(증기) 비중} \times 29$$

여기서, M_B : B기체의 분자량, M_A : A기체의 분자량, W_B : B기체의 무게, W_A : A기체의 무게

(3) 삼투압

$$PV = nRT = (W/M) \cdot RT, \quad M = WRT/PV$$

여기서, P : 삼투압

5 패러데이 전해의 법칙

(1) 제 1법칙

전해에 의해 생기는 물질의 질량은 전기량에 비례한다.

(2) 제 2법칙

같은 전기량에 의하여 분해될 때 생성되는 물질의 질량은 그 화학당량에 비례한다.

- 1[F](패러데이): 각 물질 1g당량을 얻는 데 필요한 전기량
- 96,500[coulomb] = 1g당량
- 전기량[coulomb] = 전류의 세기[Ampere] × 시간[s]
- 1개의 전하량 $e = 96,500/6.0238 \times 10^3 = 1.6021 \times 10^{-19}$ [coulomb]

⑥ 부분 압력의 법칙

혼합 기체의 전압은 각 성분 기체 부분 압력의 총합과 같다.

⑦ 반트 호프의 법칙(Van't Hoff law)

비전해질인 묽은 용액의 삼투압(P)은 용매와 용질의 종류에 관계없이 용액의 몰 농도와 절대 온도에 비례한다. 따라서, 어떤 물질 n몰이 V(L)중에 녹아 있을 때의 농도는 n/V(몰/L)이 되므로 관계식은 다음과 같다.

$$PV = nRT = W/MRT에서 \quad \therefore M = WRT/PV$$

⑧ 총열량 불변의 법칙(헤스의 법칙 = 에너지 보존의 법칙)

화학 반응에서 발생 또는 흡수되는 열량은 그 반응 최초의 상태와 최종의 상태만 결정되면, 그 도중의 경로와는 무관하다. 즉, 반응 경로와는 관계없이 출입하는 총열량은 같다.

■ 원자, 분자, 이온

(1) 원자

① 원자 (돌턴 제창)

물질을 구성하는 더 이상 나눌 수 없는 가장 작은 입자

- 원자 : 화학결합을 할 수 있는 원소의 기본 단위 (원자 크기 : 10^{-13} [cm])
 - ㉠ 원자 구조 : 원자핵 + 전자(-)
 - ㉡ 원자핵을 구성하는 물질 : 양성자(+), 중성자 (= 양성자, 중성자, 중간자)
- 전자 : 음(-)으로 하전된 입자

【원자의 구성 입자】

소립자		전하	실제질량	원자량 단위	기호	발견자	비고
원자핵	양성자 (proton)	(+)	1.673×10^{-24} [g]	1 (가정)	p 또는 ${}^1_1\text{H}$	리더퍼드 (Rutherford) (1919)	원자번호를 정함
	중성자 (neutron)	중성	1.675×10^{-24} [g]	1	n 또는 ${}^1_0\text{n}$	채드윅 (Chadwick) (1932)	
전자 (electron)		(-)	9.11×10^{-28} [g]	양성자의 1/1,840	e^-	톰슨 (Thomson) (1898)	양성자수와 같음

② 원자량

탄소(C)의 질량을 12(${}^{12}\text{C}$)로 정하고 이것을 기준으로 하여 다른 원자의 질량값

③ 양성자(양자)

원자핵 속에 들어 있는 양(+)전기를 띤 입자

④ 중성자

양성자의 질량보다 약간 큰 질량을 가지고 있는 전기적으로 중성인 입자

- 헬륨(${}^4_2\text{H}$)의 원자핵 : 2개의 양성자와 2개의 중성자가 있다.
- 수소(${}^1_1\text{H}$)의 원자핵 : 중성자는 없고 양성자 1개만 있다.

⑤ 원자번호와 질량수

㉠ 원자번호 : 한 원소의 각 원자핵 속에 있는 양성자의 수

㉡ 질량수 : 한 원소의 각 원자핵 속에 있는 양성자와 중성자를 합한 수

- 원자번호 = 양성자수(양자수) = 전자수(중성원자에서)
 - 질량수 : 양성자수(원자번호) + 중성자수
- 예) ${}_{80}\text{Hg}^{199}$
 \Rightarrow 질량수 : 199 \Rightarrow 양성자수(원자번호 = 전자수) : 80 \Rightarrow 중성자수 = 199 - 80 = 119

⑥ 그램 원자(1g 원자, 1mole의 원자)

원자량에 g을 붙여서 나타낸 값 [예) 탄소 1g 원자는 12g]

(2) 분자

① 분자 (아보가드로 제창)

두 개 이상의 원자가 모여서 화학적으로 결합하여 만들어진 입자로서 물질의 특성을 갖는 가장 작은 입자

② 분자량

분자를 구성하는 각 원소의 원자량의 합

③ 분자의 종류

분자의 종류	정의	비고
단원자 분자	1개의 원자로 구성된 분자	예) He, Ne, Ar 등 주로 불활성 기체
이원자 분자	2개의 원자로 구성된 분자	예) H ₂ , O ₂ , CO, F ₂ , Cl ₂ , HCl 등
삼원자 분자	3개의 원자로 구성된 분자	예) H ₂ O, O ₃ , CO ₂ 등
고분자	다수의 원자로 구성된 분자	예) 녹말, 수지 등

④ 그램 분자량(1g 분자, 1g 분자량, 1mole의 분자)

분자량에 g단위를 붙여서 질량을 나타낸 값으로서 6.02×10^{23} 개 분자의 질량을 나타낸 값
[예) 산소(O₂) 1mole은 32g이다.]

(3) 이온

① 이온

중성원자가 전자를 잃어서 (+)이온이 되고, 전자를 얻어서 (-)이온이 되는 것은 최외각 전자가 옥텟(전자수 8개)를 이루어 불활성 기체와 같이 안정하게 되는 것이다.

② 이온의 종류

이온의 종류	정의	비고
양이온	원자가 전자를 잃어서 (+)전기를 띤 입자	예) $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e^-$
음이온	원자가 전자를 얻어서 (-)전기를 띤 입자	예) $\text{Cl} + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$
라디칼이온 (원자단, 기)	원자단(2개 이상의 원자가 결합되어 있는 것)이 전하 +, -를 띤 이온	예) NH ₄ ⁺ , SO ₄ ²⁻ , CH ⁻ 등

③ 이온식량

이온을 구성하는 각 원자의 원자량 총합

② 전자 껍질과 전자 배열

(1) 전자 껍질

원자핵을 중심으로 하여 에너지 준위가 다른 몇 개의 전자층

전자 껍질	K 껍질(n=1)	L 껍질(n=2)	M 껍질(n=3)	N 껍질(n=4)
최대 전자수	2	8	18	32
부전자 껍질	1s ²	2s ² , 2p ⁶	3s ² , 3p ⁶ , d ¹⁰	4s ² , 4p ⁶ , d ¹⁰ , f ¹⁴

① 부전자 껍질(s, p, d, f)에 수용할 수 있는 전자수는 s : 2개, p : 6개, d : 10개, f : 14개

② 주기율표의 족의 수 = 가전자수(화학적 성질 결정)

주기율표의 주기수 = 전자 껍질의 수

(2) 전자의 에너지 준위

전자 껍질을 전자의 에너지 상태로 나타낼 때

① 주전자 껍질은 핵에서 가까운 층으로부터 에너지 준위(n : 주양자수) 1, 2, 3, 4, ...

또는 K, L, M, N, ... 층으로 나눈다.

② 각 층에 들어갈 수 있는 전자의 최대수는 2n²이다.

③ 전자의 에너지 준위 크기는 K < L < M < N ...

(3) 최외각 전자(가전자)

전자 껍질에 전자가 채워졌을 때 제일 바깥 전자 껍질에 들어 있는 전자(원자의 화학적 성질을 결정함)

* 참고 : 모든 원자들은 주기율표 0족에 있는 비활성 기체(Ne, Ar, Xe 등)와 같이 최외각 전자 8개를 가져서 안정되려는 경향(단, He은 2개의 가전자를 가지고 있으며 안정하다.)이 있다. (팔우설)

(4) 이온

중성원자가 전자를 잃어서 (+)이온이 되고, 전자를 얻어서 (-)이온이 되는 것은 최외각 전자가 옥테드(전자수 8개)를 이루어 불활성 기체와 같이 안정하게 되는 것이다.

* 참고 : 최외각 전자수가 같은 원소는 화학적 성질이 비슷하다.

(5) 궤도 함수(오비탈)

원자핵 주위에 분포되어 있는 전자의 확률적 분포 상태(오비탈 표기법 s², p⁶, d¹⁰, f¹⁴: 각 자승은 전자수)

(6) 오비탈의 전자 배열

원자의 전자 배열 순서(에너지 준위의 순서)는 다음과 같다.

1S < 2S < 2P < 3S < 3P < 4S < 3D < 4P < 5S ... 순으로 전자가 채워진다.

예) ¹⁷Cl의 전자 배열 : 1S² 2S² 2P⁶ 3S² 3P⁵

¹⁹K의 전자 배열 : 1S² 2S² 2P⁶ 3S² 3P⁶ 4S¹

(7) 전자 배치의 원리

① 파울(Pauli)의 배치 원리 : 한 오비탈에는 전자가 2개까지만 배치된다.

② 훈트(Hunt)의 규칙

같은 에너지 준위의 오비탈에는 먼저 전자가 각 오비탈에 1개씩 채워진 후, 두 번째 전자가 채워진다.

그러므로 홀전자수가 많을수록 에너지가 안정한 전자배치가 된다.

③ 쌓음의 원리 : 전자는 낮은 에너지 준위의 오비탈부터 차례로 채워진다.

■ 화학식 및 화학 반응식

(1) 화학식

① 실험식(조성식)

- 물질을 이루는 원소의 종류와 수를 가장 간단한 비율로 표시한 식
- 물질의 조성을 원소 기호로서 간단하게 표시한 식

㉞ 분자가 없는 물질인 경우(즉, 이온 화합물인 경우) [예) NaCl]

㉟ 분자가 있는 물질인 경우

예)	물질	분자식	조성식
	물	H ₂ O	H ₂ O(분자식과 조성식이 같다.)
	과산화수소	H ₂ O ₂	HO(조성식을 정수배하면 분자식으로 된다.)
	벤젠	C ₆ H ₆	CH

* 참고] 조성식을 구하는 방법

화학식 A_mB_nC_p 라고 하면

$$m : n : p = (A의\ 질량(\%) / A의\ 원자량) : (B의\ 질량(\%) / B의\ 원자량) : (C의\ 질량(\%) / C의\ 원자량)$$

즉, 화합물 성분 원소의 질량 또는 백분율을 알면 그 조성식을 알 수 있으며, 조성식을 정수배하면 분자식이 된다.

② 분자식

- 단체 또는 화합물의 실제의 조성을 표시하는 식으로 한 물질의 가장 작은 단위에 있는 각 원소의 원자들의 개수를 정확히 나타내는 식이다.
- 분자를 구성하는 원자의 종류와 그 수를 나타낸 식. 즉, 조성식에 양수를 곱한 식

조성식 × n = 분자식	여기서, n : 양수
예) 아세틸렌 : (CH) × 2 = C ₂ H ₂ , 물 : H ₂ O, 이산화탄소 : CO ₂ , 황산 : H ₂ SO ₄ 등	

③ 시성식

- 분자식 속에 원자단(라디칼) 등의 결합 상태를 나타낸 식으로서, 물질의 성질을 나타낸 것
- 분자를 이루고 있는 원자단(관능기)을 나타내며 그 분자의 특성을 밝힌 화학식

* 참고] 원자단(라디칼, radical, 기)

화학 변화가 일어날 때 분해되지 않고 한 분자에서 다른 분자로 이동하는 원자의 모임을 원자단(기)이라 하며, 이는 마치 한 개의 원자처럼 작용하는 집단으로 물질의 성질을 나타낸다.

예) 포르밀기(-CHO), 카르복시기(-COOH), 히드록시기(-OH), 에테르기(-O-) 등

④ 구조식

화합물의 분자 내의 원자의 결합 상태를 원소 기호와 결합선을 이용하여 표시한 식

(2) 화학 반응식

화학 반응식이란 물질의 화학 반응 변화에서 반응 물질과 생성 물질을 화학식으로 이용하여 나타낸 것을 말하며, 화학 반응 전후의 정성적, 정량적 관계를 나타냄으로써 이를 이용하여 반응물과 생성물의 몰수 및 분자수, 질량 또는 부피 등을 구할 수 있다.

예) 화학 반응식을 나타내는 의미

반응식	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$		
물질명	수소	산소	물
몰(mole)	2 mole	1 mole	2 mole
분자수	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개	$1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 개
부피	$2 \times 22.4\text{L}$	$1 \times 22.4\text{L}$	$2 \times 22.4\text{L}$
질량	$2 \times 2\text{g}$	$1 \times 32\text{g}$	$2 \times 18\text{g}$

(3) 원자가와 당량

① 원자가

어떤 원소의 원자 한 개가 수소 원자 몇 개와 결합 또는 치환할 수 있는가를 나타낸 수

원자가 \ 주기표의 족	I 족	II 족	III 족	IV 족	V 족	VI 족	VII 족
양성 원자가	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
음성 원자가				- 4	- 3	- 2	- 1

* 참고] 원자가와 화학식과의 관계

화합물은 전체가 중성이므로 원자가를 알면 다음과 같이 구한다.

$(+)\text{원자가} \times \text{원자수} = (-)\text{원자가} \times \text{원자수}$
예) 원자가가 +3가인 Al과 원자가가 -2가인 O의 화학식은 다음과 같이 구한다. $\text{Al}^{3+} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{Al}_2^{3+}\text{O}_3^{2-} = \text{Al}_2\text{O}_3$

② 원소의 당량

수소 1g(1/2몰) 또는 산소 8g(1/4몰)과 결합하거나 치환되는 다른 원소의 양, 즉 수소 원자 1개의 원자량과 결합하는 원소의 양으로서 원자가 1에 해당하는 원소의 양

$\text{당량} = \text{원자량} / \text{원자가} \quad \therefore \text{원자량} = \text{당량} \times \text{원자가}$
예) CO_2 에서 탄소(C)의 g당량은 $12 \div 4 = 3\text{g}$ 이다.

* 참고] 1g 당량

수소(H) 1g(1/2mole, 11.2L) 또는 산소(O) 8g(1/4몰, 5.6L)과 결합 또는 치환하는 원소의 g수

■ 원소의 주기율표

(1) 주기율

① 각 족의 화학적 성질

- ㉠ 1A족 원소: 알칼리금속으로서 이온화 에너지가 낮으며 1가 양이온이다.
- ㉡ 2A족 원소: 알칼리토금속으로 알칼리금속보다 반응성이 약간 작다.
금속성은 아래로 내려갈수록 증가한다.
- ㉢ 7A족 원소: 할로젠 원소로서 반응성이 크다.
- ㉣ 8A족 원소: 반응성이 거의 없는 비금속으로 단일자 화학종으로 존재한다. 8A족의 이온화 에너지는 모든 원소 중 가장 크다.

② 원소의 성질

구분 항목	같은 주기에서 원자번호가 증가할수록 (왼쪽에서 오른쪽으로)	같은 족에서 원자번호가 증가할수록 (윗쪽에서 아래쪽으로)
이온화에너지	증가한다	감소한다
전기음성도	증가한다	감소한다
이온반지름	작아진다	커진다
원자반지름	작아진다	커진다
비금속성	증가한다	감소한다

(2) 원자 반지름 및 이온 반지름

① 원자 반지름

- ㉠ 같은 주기에서는 1족에서 4족으로 갈수록 원자 반지름이 작아진다.
- ㉡ 같은 족에서는 원자번호가 증가할수록 원자반지름이 커진다.

② 이온 반지름

- ㉠ 양이온은 원자로부터 전자를 잃어 이온 반지름이 원자 반지름보다 작아진다.
- ㉡ 음이온은 전자를 얻어서 전자가 서로 반발함으로써 이온 반지름이 원자 반지름보다 커진다.

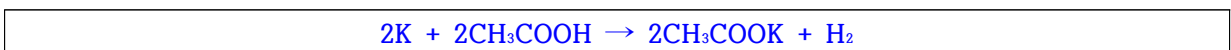
(3) 이온화 경향 및 이온화 에너지

① 이온화 경향

- ㉠ 정의: 원자 또는 분자가 이온이 되려고 하는 경향으로 쉽게 이온화되는 것을 이온화 경향이 크며 산화되기 쉽다고 말한다.
- ㉡ 금속의 이온화 경향

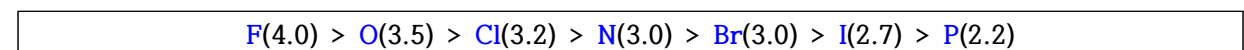
K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au 크다 ← → 작다

- ㉢ 이온화 경향이 큰 금속은 산(염산, 황산, 초산)과 반응하여 수소(H₂)를 발생한다.



(4) 전기음성도(폴링이 발견)

- ㉠ 정의: 화학결합에서 어떤 원자가 전자를 끌어당기는 힘
- ㉡ 전기 음성도의 경향



- ㉢ 전기 음성도가 클수록 원자번호는 감소하고 산화성이 커진다.
- ㉣ 이온화 에너지가 낮은 원자들은 전기음성도가 낮다.

■ 화학 결합

화학결합의 종류	정의 및 특성	비고
이온 결합	양이온(금속)과 음이온(비금속)의 정전 인력(전기적 인력이 작용하여 쿨롱의 힘)에 의해 결합하는 화학결합 주로 전기 음성도의 차이가 심한(1.7이상) 금속성이 강한 원소(1A, 2A족)와 비금속성이 강한 원소(6B, 7B족)간의 결합을 말한다.	NaCl, KCl, BeF ₂ MgO, CaO 등
	<ul style="list-style-type: none"> • 이온결합 화합물에는 분자의 형태가 존재하지 않는다. • 비점(끓는점)과 융점(녹는점)이 높다. • 결정상태에서는 전도성이 없으나 수용액이나 용융상태에서는 전도성이 크다. • 극성용매(물, 암모니아 등)에 잘 녹는다. • 용융상태에서는 전해질이다. • 단단하며 부스러지기 쉽다. • 고체상태에서는 부도체이고 수용액상태에서는 도체이다. <p>※ 전해질: 수용액 상태에서 전류가 흐르는 물질 (NaCl, 황산구리, 산, 염기)</p>	
공유 결합	안정된 물질 형태인 비활성 기체(0족 원소)의 전자 배열을 이루기 위해 두 원자가 서로 전자 1개 또는 그 이상을 제공하여 전자쌍을 서로 공유함으로써 이루어지는 결합이다.	<ul style="list-style-type: none"> • 극성: HF, HCl NH₃, CH₃COOH CH₃COCH₃ 등
	<ul style="list-style-type: none"> ㉞ 극성공유결합 : 전기음성도가 다른 두 원자(또는 원자단) 사이에 결합이 이루어 질 때 형성 [전기적인 극성, 주조 비대칭 구조] ㉟ 비극성공유결합 : 전기 음성도가 같거나 비슷한 원자들 사이의 결합 [전기적 중성, 단체(동종 이원자 분자) 및 대칭 구조] 	<ul style="list-style-type: none"> • 비극성: F₂, O₂ Cl₂, CO₂, BF₃ CCl₄, C₆H₆ 등
	<ul style="list-style-type: none"> • 비점(끓는점)과 융점(녹는점)이 낮다. • 벤젠, 사염화탄소에 잘 녹는다. • 휘발성이다. • 전기부도체이다. • 극성용매(H₂O)에 잘 녹지 않으나 비극성용매(C₆H₆, CCl₄, CS₂ 등)에 잘 녹는다. 	
배위 결합 (배위 공유 결합)	공유할 전자쌍을 한쪽 원자에서만 일방적으로 제공하는 형식의 공유 결합으로 주로 착이온을 형성하는 물질이다(단, 배위 결합을 하기 위해서는 반드시 비공유 전자쌍을 가진 원자나 원자단이 있어야 한다).	NH ₄ ⁺ , H ₃ O ⁺ , SO ₄ ²⁻ NO ₃ ⁻ , Cu(NH ₃) ₄ ⁺ Ag(NH ₃) ₂ ⁺ 등
금속 결합	금속의 양이온들이 자유 전자(free electron)와의 정전기적 인력에 의해 형성되는 결합이며, 모두 금속은 금속 결합을 한다.	
	<ul style="list-style-type: none"> • 비점(끓는점)과 융점(녹는점)이 높다. • 전기전도성이다. • 광택이 있고 방향성이 없다. 	
수소 결합	전기 음성도가 매우 큰 F, O, N와 전기 음성도가 작은 H 원자가 공유 결합을 이룰 때 H 원자가 다른 분자 중의 F, O, N에 끌리면서 이루어지는 분자와 분자 사이의 결합이다.	HF, H ₂ O, NH ₃ HCN, CH ₃ OH CH ₃ COOH 등
	<ul style="list-style-type: none"> • 전기음성도의 차이가 클수록 수소결합이 강해진다. • 물분자들 사이에 수소결합을 하면 비점이 높고 증발열이 커진다. • 수소결합을 하는 물질은 무색투명하다. 	
반데르발스 결합	분자와 분자 사이에 약한 전기적 쌍극자에 의해 생기는 반 데르 발스 힘으로 액체나 고체를 이루는 분자 간의 결합이다.	I ₂ (요오드) 드라이 아이스(CO ₂) 나프탈렌, 장뇌 등의 승화성 물질
	<ul style="list-style-type: none"> • 결합력이 약하여 가열하면 쉽게 끊어지는 승화성을 갖는다. • 분자간의 결합력이 약해 일반적으로 융점이나 비등점이 낮다. 	

▣ 산, 염기, 염 및 수소이온지수

구분	정의	성질
산 (acid)	㉠ 아레니우스 : 물에 녹아 수소이온[H ⁺]을 내는 물질 ㉡ 루이스 : 비공유 전자쌍을 받을 수 있는 물질 ㉢ 브뢴스테드 : 양성자[H ⁺]를 줄 수 있는 물질 $\cdot \text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	<ul style="list-style-type: none"> • 신맛(초산) • (-)극에서 수소 발생(전기분해) • 리트머스(청색→적색) • 메틸 오렌지, 메틸 레드(지시약)
염기 (base)	㉠ 아레니우스 : 물에 녹아 수산이온[OH ⁻]을 내는 물질 ㉡ 루이스 : 비공유 전자쌍을 줄 수 있는 물질(CO ₂) ㉢ 브뢴스테드 : 양성자[H ⁺]를 받아들일 수 있는 물질 $\cdot \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ $\cdot \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$	<ul style="list-style-type: none"> • 쓴맛(초산) • (+)극에서 산소 발생(전기분해) • 리트머스(적색→청색) • 패놀 프탈레인(지시약)
염 (salt)	<ul style="list-style-type: none"> • 산과 염기가 반응하여 염과 물이 되는 중화반응에서 염이 생기는데 수소원자가 양이온(NH⁺)으로 치환한 화합물 • 산의 수소 원자 일부 또는 전부가 금속 또는 NH₄⁺기로 치환된 화합물 $\cdot \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">(산) (염기) (염) (물)</p>	
수소 이온 지수 (pH)	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 이온 농도의 역수를 상용대수(log)로 나타낸 값 ① 수소이온농도: 수용액 1[ℓ] 속에 존재하는 H⁺의 몰수[H⁺] ② 수산이온농도: 수용액 1[ℓ] 속에 존재하는 OH⁻의 몰수[OH⁻] $\text{pH} = \log(1 / [\text{H}^+]) = -\log[\text{H}^+] \quad \therefore \text{pH} = \text{pOH} = 14$	<ul style="list-style-type: none"> ※ 용액의 액상과 pH • 산성: 0 ~ 7미만 • 중성: 7 • 알칼리성: 7이상 ~ 14이하
중화 반응	<ul style="list-style-type: none"> • 산과 염기가 반응하여 염과 물이 생기는 반응 • 산의 수소이온(H⁺)과 염기의 수산화 이온(OH⁻)이 반응하여 중성인 물을 만드는 반응 $\cdot \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl}(\text{염}) + \text{H}_2\text{O}(\text{물})$ $\cdot \text{H} + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	<ul style="list-style-type: none"> * g당량수 = 규정 농도(N) = (g당량수/용액1L) × 용액의 부피[V(L)] ∴ g당량수 = N × V
	① 중화 공식 N ₁ 농도의 산 V ₁ (mL)을 완전히 중화시키는 데 N ₂ 농도의 염기 V ₂ (mL)가 소비되었다면 다음식이 성립된다. 즉, 산의 g당량수 = 염기의 g당량수(완전 중화 조건) $N_1 \times V_1 / 1,000 = N_2 \times V_2 / 1,000$ $\therefore N_1 V_1 = N_2 V_2 \text{ (중화 적정 공식)}$ * 참고 산, 염기의 당량 ① 산의 1g당량 = g분자량 / 염기도(산의 H수) 예) HCl의 1g당량 = 36.5g/1 = 36.5g ② 염기의 1g당량 = g분자량 / 산도(산의 OH수) 예) NaOH의 1g당량 = 40g/1 = 40g, Ca(OH) ₂ 의 1g당량 = 74g/2 = 37g	

■ 산화 및 환원

1 산화와 환원

(1) 산화와 환원

- ① 산화 : 한 원소가 낮은 산화 상태에서부터 전자를 잃어서 보다 높은 산화 상태로 되는 화학 변화
- ② 환원 : 한 원소가 높은 산화 상태에서부터 전자를 얻어서 보다 낮은 산화 상태로 되는 화학 변화

구분	산화(oxidation)	환원(reduction)
산소 관계	산소와 결합하는 현상 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (C → CO ₂ 산화)	산소를 잃는 현상 $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$ (CuO → Cu 환원)
	수소를 잃는 현상 $2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O$ (2H ₂ S → 2S 산화)	수소와 결합하는 현상 $H_2S + S \rightarrow H_2S$ (S → H ₂ S 환원)
전자 관계	전자를 잃는 현상 $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ (Na → Na ⁺ 산화)	전자를 얻는 현상 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ (Ag ⁺ → Ag 환원)
	산화수가 증가되는 현상 $Cu^{+2}O + H_2^0 \rightarrow Cu^0 + H_2^+O$ (H ₂ ⁰ → H ₂ ⁺ O 산화 및 Cu ⁺² O → Cu ⁰ 환원)	산화수가 감소되는 현상 $H_2S^{2-} + Cl_2^0 \rightarrow 2HCl^{-1} + S^0$ (Cl ₂ ⁰ → 2HCl ⁻¹ 환원 및 H ₂ S ²⁻ → S ⁰ 산화)

(2) 산화수의 결정법

- ① 단체의 산화수는 0이다.

단체의 산화수 : H₂⁰, Fe⁰, Mg⁰, O₂⁰, O₃⁰, N₂⁰

- ② 화합물에서 수소(H)의 산화수는 +1로 한다.
(단, 수소(H)보다 이온화 경향이 큰 금속과 화합되어 있을 때는 수소(H)의 산화수는 -1이다.)
- ③ 산소화합물에서 산소(O)의 산화수는 -2로 한다(단, 과산화물인 경우 산소는 -1이다).

CO₂, H₂O

- ④ 과산화물인 경우 산소의 산화수는 -1이다.

H₂O₂, BaO₂, MgO₂

- ⑤ 금속과 화합되어 있는 수소화합물의 수소의 산화수는 -1이다.

NaH, CaH₂, MgH₂

- ⑥ 이온의 산화수는 그 이온의 가수(전하)와 같다.

• MnO₄⁻ x + (-2) × 4 = -1 ∴ x = +7
 • Cr₂O₇⁻² 2x + (-2) × 7 = -2 ∴ x = +6

- ⑦ 화합물 중에 포함되어 있는 원자의 산화수와 총합은 0이다.

• H₂SO₄ (+1) × 2 + S + (-2) × 4 = 0 ∴ S의 산화수 = +6
 • KMnO₄ (+1) + Mn + (-2) × 4 = 0 ∴ Mn의 산화수 = +7

(3) 산화제와 환원제

① 산화제 : 다른 물질을 산화시키기는 성질이 강한 물질, 즉 자신은 환원되기 쉬운 물질

산화제의 조건	해당 물질
산소를 내기 쉬운 물질	H_2O_2 , $KClO_3$
수소와 결합하기 쉬운 물질	O_2 , Cl_2
전자를 받기 쉬운 물질	MnO_4^- , $Cr_2O_7^{2-}$, 비금속 단체
발생기 산소[O]를 내기 쉬운 물질	O_2 , MnO_2 , $KMnO_4$, HNO_3 , $c-H_2SO_4$

산화제 : H_2O_2 , HNO_3 , $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$

② 환원제 : 다른 물질을 환원시키는 성질이 강한 물질, 즉 자신은 산화되기 쉬운 물질

환원제의 조건	해당 물질
수소를 내기 쉬운 물질	H_2S
산소와 결합하기 쉬운 물질	H_2 , SO_2
전자를 잃기 쉬운 물질	H_2SO_3 , 금속 단체
발생기 수소[H]를 내기 쉬운 물질	H_2 , CO , H_2S , SO_2 , $FeSO_4$, 황산제1철

환원제 : SO_2 , H_2O_2

■ 화학반응

1] 화학반응과 에너지

(1) 열화학 반응식

① 정의

물질이 화학 반응을 일으키는 경우에는 반드시 열의 출입(열의 발생 또는 흡수)이 따르며, 이때 발생하는 열을 반응열(Q)이라 한다. 이와 같은 반응열을 포함시켜 나타낸 화학 반응식을 열화학 반응식이라 한다.

* 참고] 열의 표시 방법

구분	정의
반응열(Q)	화학 반응이 일어날 때 열이 발생 또는 흡수되는 에너지의 양(단위: cal)
엔탈피(H)	어떤 물질이 생성되는 동안 그 물질 속에 축적된 에너지로서의 열 함량(단위: cal)
반응 엔탈피(ΔH)	엔탈피(enthalpy)의 변화된 차이 ∴ 생성 물질의 엔탈피 - 반응 물질의 엔탈피

② 화학 반응의 종류

구분	정의
발열 반응	열이 발생하는 반응, 즉, 반응계 에너지 > 생성계 에너지, ΔH = (-), Q = (+)
	$H_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow H_2O(L) + 68.3kcal, \quad \Delta H = -68.3kcal$
흡열 반응	열을 흡수하는 반응, 즉, 반응계 에너지 < 생성계 에너지, ΔH = (+), Q = (-)
	$1/2 N_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow NO(L) - 21.6kcal, \quad \Delta H = +21.6kcal$
반응열과 안정성	화학 반응에서 방출하는 반응열이 클수록 생성 물질은 안정하다. 즉, 엔탈피가 적어질수록 안정하다.

(2) 반응열의 종류

구분	정의
생성열	물질 1몰이 그 성분 원소의 단체로부터 생성될 때 발생 또는 흡수되는 에너지(열량)
	$H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O(L) + 68.3kcal, \quad \Delta H = -68.3kcal$
분해열	물질 1몰을 그 성분 원소로 분해하는 데 발생 또는 흡수하는 에너지(열량)
	$H_2O(L) \rightarrow H_2(g) + 1/2 O_2(g) - 68.3kcal, \quad \Delta H = +68.3kcal$
연소열	물질 1몰을 완전 연소시킬 때 발생하는 에너지(열량)
	$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 94.1kcal, \quad \Delta H = -94.1kcal$
용해열	물질 1몰이 물(aq)에 녹을 때 수반되는 에너지(열량)
	$H_2SO_4 + aq \rightarrow H_2SO_4(aq) + 17.9kcal, \quad \Delta H = -94.1kcal$
중화열	산 1g당량과 염기 1g당량이 중화될 때 발생하는 에너지(열량)
	$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O + 13.7kcal, \quad \Delta H = -13.7kcal$

■ 용해도 및 용액의 농도

1 용해도

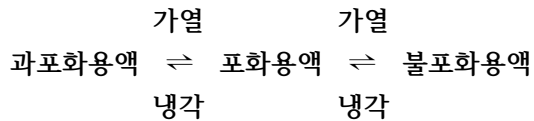
① 용해도의 정의

일정한 온도에서 용매 100g에 녹을 수 있는 용질의 최대 g수 (용매 100g 중에 녹아 있는 용질의 g수)

$$\text{용해도} = (\text{용질의 g수} / \text{용매의 g수}) \times 100$$

② 용해도 곡선

용액의 온도변화에 따른 용해도 관계를 나타낸 것



2 용액의 농도

(1) 백분율

① 중량 백분율 ([wt%] 농도 = % 농도)

용액 100[g] 중 녹아 있는 용질의 g수 (즉, 용액 100g 중 용질의 g수)

$$[\text{wt}\%] = (\text{용질의 중량} / \text{용액의 중량}) \times 100$$

② 용적백분율 ([vol%] 농도)

용액 1[L] 중 녹아 있는 용질의 부피 [L]수

$$[\text{vol}\%] = (\text{용질의 부피} / \text{용액의 부피}) \times 100$$

③ PPM

용액 1[L] 중 녹아 있는 용질의 [mg]수

$$[\text{ppm}] = [\text{mg/L}] = [\text{g/m}^3] = [\text{mg/kg}] = \text{용질의 질량}[\text{mg}] / \text{용액의 부피} [\text{L}]$$

(2) 농도

- ① 몰 농도(M 농도) : 용액 1[L] 속에 녹아 있는 용질의 몰수 (즉, 용액 100g 중 용질의 g수)

$$M \text{ 농도} = (\text{용질의 무게[g]} / \text{용질의 분자량[g]}) \times (1,000/\text{용액의 부피[mL]})$$

- ② 규정 농도(N 농도, 노르말 농도) : 용액 1[L] 속에 녹아 있는 용질의 g당량수

$$N \text{ 농도} = (\text{용질의 무게[g]} / \text{용질의 g당량}) \times (1,000/\text{용액의 부피[mL]})$$

- ③ 몰랄 농도(m 농도) : 용매 1,000g에 녹아 있는 용질의 몰수

$$m \text{ 농도} = (\text{용질의 몰수} / \text{용매의 질량[g]}) \times 1,000[\text{g}]$$

$$m \text{ 농도} = (\text{용질의 무게(W)[g]} / \text{용질의 분자량(M)[g]}) \times (1,000/\text{용매의 무게[g수]})$$

- ④ 몰 농도(M 농도)와 규정 농도(N 농도)와의 관계

$$N \text{ 농도} = \text{몰 농도} \times \text{산도수(염기도 수)}$$

- ⑤ % 농도와 몰 농도(M 농도) 또는 규정 농도(N 농도)와의 관계

$$\text{몰 농도(M 농도)} = [(\text{용액의 비중} \times 1000) / \text{용질의 분자량}] \times (\% \text{ 농도} \times 100)$$

$$N \text{ 농도} = [(\text{용액의 비중} \times 1000) / \text{용질의 1g당량}] \times (\% \text{ 농도} \times 100)$$

- ⑥ 몰분율 : 용액의 단위 몰 속에 들어 있는 용질의 몰수

■ 유기화합물

(1) 유기화합물

① 정의

유기화합물은 주로 탄소와 수소분자로 이루어지며 그 외에 질소, 산소, 황 등 기타 원소들이 포함되어 있는 것이다.

② 특성

① C, H, O가 주성분이며 그 외 N, P, S 등으로 구성되어 있다.
② 물에는 녹기 어려우며(일부 용해함) 알코올, 벤젠, 아세톤, 에테르 등 유기용제에는 잘 녹는다.
③ 융점은 300[°C]이하로 낮고, 비점이 낮다.
④ 완전 연소하면 이산화탄소(CO ₂)와 물(H ₂ O)이 생성한다.
⑤ 대부분 비전해질이고 공유결합을 하고 있다.(초산, 의산, 옥산살은 전해질).
⑥ 분자성 물질이므로, 이온성 물질에 비해 반응속도가 느리다.
⑦ C-C 사이의 공유결합이 가능하므로, 이성질체가 존재한다.

(2) 유기화합물과 무기화합물의 특성 비교

구분 항목	유기화합물	무기화합물
성분	C, H, O의 3원소로 이루어진 것이 대부분이며 그 밖에 N, S 등을 포함한 것이 있다	성분 원소의 종류는 극히 많다. (100종류 이상)
결합방법	공유결합	이온결합
내열성	안정하지 않다.	안정한 것이 많다.
용해성	물에 녹지 않고 유기용제에는 잘 녹는다.	물에 녹는 것이 많고 유기용제에 녹지 않는 것이 많다.
연소성	연소하기 쉽고 연소되면 이산화탄소 등을 생성한다.	연소되기 어려운 것이 많다.
전해성	비전해질의 화합물이 많다.	물에 녹아 전리하는 것이 많다.

▣ 유기화합물의 분류 및 명명

(1) 탄화수소의 분류

구분	지방족탄화수소		방향족탄화수소	
정의	벤젠고리가 없는 탄소와 수소의 두 원소로 이루어진 탄화수소		벤젠고리가 1개 이상이 존재하는 탄화수소	
분류	포화탄화수소	알칸계(메탄계탄화수소) [단일결합($C_n H_{2n+2}$)]	방향족	벤젠, 톨루엔, 크실렌 니트로벤젠, 클로로벤젠 아닐린
	불포화탄화수소	알켄계(에틸렌계탄화수소) [이중결합($C_n H_{2n}$)]	이원소족 (이원소 고리화합물)	피리딘(C_5H_5N)
		알킨계(아세틸렌계탄화수소) [삼중결합($C_n H_{2n-2}$)]	치환족 (탄소고리 화합물)	시클로hex산(C_6H_{12})

(2) 지방족(사슬모양) 화합물의 명명

C의 수 \ 구분	포화탄화수소		불포화 탄화수소			
	알칸계($C_n H_{2n+2}$), -ane		알켄계($C_n H_{2n}$), -ene		알킨계($C_n H_{2n-2}$), -yne	
1	CH_4	methane	-	-	-	-
2	C_2H_6	ethane	C_2H_4	ethene	C_2H_2	ethyne
3	C_3H_8	propane	C_3H_6	propene	C_3H_4	propyne
4	C_4H_{10}	butane	C_4H_8	butene	C_4H_6	butyne
5	C_5H_{12}	pentane	C_5H_{10}	pentene	C_5H_8	pentyne

(3) 작용기에 의한 분류

명칭	작용기	명칭	작용기	명칭	작용기
메틸기	CH_3-	케톤기 (카르보닐기)	$-CO-$	에스테르기	$-COO-$
에틸기	C_2H_5-	하이드록실기	$-OH$	카르복실기	$-COOH$
프로필기	C_3H_7-	에테르기	$-O-$	니트로기	$-NO_2$
부틸기	C_4H_9-	알데히드기	$-CHO$	아미노기	$-NH_2$
아밀기	$C_5H_{11}-$	페닐기	C_6H_5-	아조기	$-N = N-$
비닐기	$CH_2 = CH-$	술폰산기	$-SO_3H$		

(4) 관능기(작용기, 원자단)에 의한 분류

원자단(관능기)		일반 명칭	특성		보기
히드록시기	$-OH$	알코올 페놀	지방족 $-OH$ 중성 방향족 $-OH$ 산성	Na 와 반응 하여 H_2 발생	C_2H_5OH (에틸알코올) C_6H_5OH (페놀)
포르밀기 (알데히드기)	$-CHO$	알데히드	환원성 (펠링 용액을 환원, 은거울 반응)		$HCHO$ (포름알데히드) CH_3CHO (아세트알데히드)
카르복시기	$-COOH$	카르복시산	산성, 알코올과 에스테르 반응		CH_3COOH (아세트산)
카르보닐기	$-CO-$	케톤	저급은 용매로 사용		CH_3CHOCH_3 (아세톤)

▣ 지방족 탄화수소의 분류

구분	성질	대표 물질
<u>메탄계 탄화수소</u> (알칸계, $C_n H_{2n+2}$) (파라핀계, ane)	① 단일공유결합을 하며 모든 원자는 시그마 결합으로 되어 있다. ② 탄소원자는 SP^3 결합을 갖는다. ③ 탄소수가 증가하면 이성질체수도 증가한다. ④ 단일결합(C-C, 결합길이: $1.54[\text{Å}]$)이며, 치환반응을 한다. ⑤ 탄소수 증가에 따라 녹는점이나 끓는점이 높아진다. ⑥ 탄소수의 어미에 -ane를 붙인다.	CH_4 C_2H_6 C_3H_8
<u>에틸렌계 탄화수소</u> (알켄계, $C_n H_{2n}$) (올레핀계, -ene)	① 이중결합을 하며 시그마 결합 하나와 π 결합 하나로 이루어져 있다. ② 탄소원자는 SP^2 결합을 갖는다. ③ 탄소수의 어미에 -ene(또는 -ylene)를 붙여 읽는다. ④ 분자 내에 이중결합($C=C$, 결합길이: $1.34[\text{Å}]$)이 있으므로, 알칸보다 반응성이 커서 첨가반응이나 중합반응을 잘 일으킨다.	C_2H_4
<u>아세틸렌계 탄화수소</u> (알킨계, $C_n H_{2n-2}$) (- yne)	① 삼중결합을 하며 시그마 결합 하나와 π 결합 두 개로 이루어져 있다. ② 탄소원자는 SP 결합을 갖는다. ③ 탄소수의 어미에 -yne를 붙여 읽는다. ④ 탄소원자 사이에 삼중결합($C\equiv C$, 결합길이: $1.20[\text{Å}]$)1개를 가진 탄화수소로서, 불포화성이 크므로 반응성이 크고 첨가 알칸보다 반응성이 커서 첨가반응, 중합반응을 잘 일으킨다.	C_2H_2
<u>지방족 탄화수소</u> (유도체)	탄소와 수소만으로 이루어진 화합물을 탄화수소라고 하며, 탄소가 사슬 모양으로 결합된 화합물을 지방족 탄화수소라 한다.	
<u>방향족 탄화수소</u> (유도체)	벤젠고리 또는 나프탈렌 고리를 가진 탄화수소로서 석탄을 건류할 때에 생기는 콜타르를 분별 증류하여 얻는 화합물	벤젠 톨루엔 크실렌

◆ 지방족 탄화수소의 유도체

구분	정의 및 성질
알코올류 (R-OH)	<p>지방족(사슬모양) 탄화수소의 수소 원자 일부가 수산기(-OH)로 치환한 화합물</p> <p>① 물에 잘 녹으며 비전해질이다. ② 알코올은 -OH의 수에 따라 1가, 2가, 3가 알코올로 분류하고 알킬기(R)의 수에 따라 1차(급), 2차(급), 2차(급) 알코올로 나뉜다.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center;">1가 알코올: 메틸알코올, 2가 알코올: 에틸렌글리콜, 3가 알코올: 글리세린</p> </div> <p>③ 에탄올에 진한 황산을 180[°C]에서 작용시키면 에틸렌이 생성된다. ④ 산과 반응하면 에스테르와 물을 만든다. ⑤ 알코올의 산화 [㉠ 1차 알코올 → 알데히드 → 카르복실산 ㉡ 2차 알코올 → 케톤] ⑥ 변성알코올: 메탄올이나 다른 독성물질이 섞인 에탄올</p>
에테르류 (R-O-R')	<p>두 개의 알킬기(R : C_n H_{2n+1})에 하나의 산소원자가 결합된 상태</p> <p>① 물에는 녹지 않고 유기용제로 사용한다. ② 휘발성이 강하고 비점이 낮다. ③ 인화성과 마취성이 있다. ④ 알코올과 탈수 축합 반응하여 생성한다.</p>
케톤류 (R-CO-R')	<p>두 개의 알킬기와 하나의 카르보닐(케톤)기(-CO-)가 결합된 상태</p> <p>① 환원성이 없어 은거울반응이나 펠링반응은 하지 않는다. ② 2차(급) 알코올을 산화하여 얻는다. (저급의 케톤은 물에 잘 녹는다.)</p>
에스테르류 (R-COO-R')	<p>산과 알코올이 반응하여 물이 빠지고 축압된 화합물(R-COO-R')이다.</p> <p>① 물에 난용성이나 묽은 황산이나 NaOH 용액을 넣고 가열하면 가수분해가 일어난다. ② 알칼리(KOH, NaOH)에 의해 비누화된다.</p>
카르복실산류 (R-COOH)	<p>탄화수소의 하나 이상의 수소원자를 카르복실기(-COOH)로 치환하여 얻어지는 것</p> <p>① 물에 녹아 약산성을 나타낸다. ② 수소결합을 하며 비점이 높다. ③ 알데히드를 산화하면 카르복실산이 된다. ④ 알코올과 반응하면 에스테르가 생성된다. ⑤ 알칼리금속과 반응하여 수소가스를 발생한다.</p> <p style="margin-left: 20px;">* 카르복실산의 종류</p> <p style="margin-left: 20px;">㉠ 의산(개미산) : HCOOH ㉡ 초산(식초) : CH₃COOH ㉢ 젖산(신우유) : CH₃CHOHCOOH ㉣ 옥살산(대합, 시금치) : HOOC-COOH</p>
알데히드류 (R-CHO)	<p>알킬기에 하나의 알데히드가 결합된 상태</p> <p>① 1차 알코올을 산화하면 알데히드가 생성되고 계속 산화하면 카르복실산이 된다. ② 강한 환원성을 가지며 은거울반응과 펠링반응을 한다.</p> <p style="margin-left: 20px;">* 아세트알데히드(CH₃CHO) : 은거울반응, 요오드포름반응, 펠링반응</p> <p style="margin-left: 20px;">* 은거울반응 : 알데히드(아세트알데히드, CH₃CHO)는 환원성이 있어서 암모니아성 질산은 용액을 가하면 쉽게 산화되어 카르복실산이 되며 은이온을 은으로 환원시킨다.</p> <p style="margin-left: 20px;">* 요오드포름반응 : 분자 중에 CH₃CH(OH)-나 CH₃CO-(아세틸기)를 가진 물질은 I₂와 KOH나 NaOH를 넣고 60[°C]~80[°C]로 가열하면, 황색의 요오드포름(CHI₃) 침전이 생김 (C₂H₅OH, CH₃CHO, CH₃COCH₃ 등)</p> <p style="margin-left: 20px;">* 펠링반응 : 알데히드를 펠링용액(황산구리(II)수용액, 수산화나트륨수용액)에 넣고 가열하면 Cu₂O의 붉은색 침전이 생성됨</p>

◆ 방향족 탄화수소의 유도체(1)

구분	구조 및 성질
벤젠 (C ₆ H ₆)	<p>① 벤젠의 구조(케쿨레의 벤젠 구조)</p> <p>㉓ 벤젠은 반응성이 작고 부가 반응을 하지 않는 것으로 보아 사슬 모양이 아닌 고리 모양으로 되어있다.</p> <p>㉔ 벤젠의 탄소 원자(C)는 고리 모양으로 되어 있으며, 하나 건너 2중 결합으로 되어 있기 때문에 탄소의 원자가 수소의 원자가를 모두 만족시키므로 안정한 화합물이다.</p> <p>㉕ 원자 간의 거리가 1.39Å(단일 결합: 1.54Å, 2중 결합: 1.34Å)으로 단일 결합도 아니고 2중 결합도 아닌 공명 혼성체의 구조로 되어 있다.</p> <p>㉖ 벤젠의 육각형 구조의 고리 모양을 벤젠핵 또는 벤젠 고리라고 한다.</p>
	<p>② 성질</p> <p>㉗ 무색의 휘발성 액체(bp : 80.13°C)인 특수한 냄새를 지닌 인화성 물질이다.</p> <p>㉘ 물보다 가벼우며(비중: 0.88), 비극성 공유 결합 물질로서 물에는 녹지 않고 유기 물질에 녹는다.</p> <p>㉙ 부가 반응보다 치환 반응이 잘 일어난다.(공명 혼성체의 구조로 되어 있기 때문에)</p> <p>㉚ 불이 붙으면 그을음을 많이 내면서 탄다. 그 이유는 수소수(H)에 비해 탄소(C)의 함량이 많기 때문이다.</p> <p style="text-align: center;">예) $2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O \uparrow$</p> <p>㉛ 치환 반응</p> <p>㉜ 할로젠화: 벤젠을 Fe 촉매하에서 염소(Cl₂)와 반응하여 클로로벤젠(C₆H₅Cl)을 생성한다.</p> <p>㉝ 니트로화: 벤젠을 진한 황산 속에 촉매 존재 하에 진한 질산을 작용시키면 니트로벤젠(C₆H₅NO₂)을 형성한다.</p> <p>㉞ 술폰화: 벤젠을 발연 황산(진한 황산)과 가열하면 벤젠술폰산(C₆H₅SO₃H)을 생성한다.</p> <p>㉟ 알킬화(일명: 프리델-그라프츠 반응): 벤젠을 무수 염화알루미늄(AlCl₃)을 촉매로 하여 할로젠화 알킬(RX)을 치환시키면 알킬기(R)가 치환되어 알킬벤젠(C₆H₅R)이 생성된다.</p> <p>㊱ 부가 반응(특수한 조건에 의해서만 발생)</p> <p>㊲ 수소(H₂) 부가 반응: 벤젠을 180 ~ 200°C 고온에서 Ni 촉매하에 수소를 부각시키면 시클로헥산(C₆H₁₂)이 생성된다.</p> <p style="text-align: center;">예) $C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow (C_6H_{12})$</p> <p>㊳ 염소 부가 반응: 벤젠을 일광 존재 하에서 염소를 작용시키면 B.H.C(benzene hexachloride)</p> <p style="text-align: center;">예) $C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_6$</p>
	<p>③ 벤젠의 유도체</p> <p>㉜ 톨루엔(C₆H₅CH₃)</p> <p>㉝ 벤젠에 AlCl₃ 촉매하에 염화메탄을 반응시켜 톨루엔을 얻는다. [콜타르를 분별 증류하거나 알킬화 반응(프리델-그라프츠 반응)에 의해서 얻는다.]</p> <p>㉞ 방향성을 가진 무색 액체이다.</p> <p>㉟ 톨루엔에 산화제(KMnO₄)를 적용시키면 산화되어 벤젠알데히드(C₆H₅CHO)를 거쳐 벤조산(C₆H₅COOH, 안식향산)이 된다.</p> <p>㊱ 진한 질산과 진한 황산으로 니트로화시키면 폭약인 TNT(트리니트로톨루엔)가 제조된다.</p> <p>㊲ 크실렌[C₆H₄(CH₃)₂] : ㉓ 3가지 이성질체(o-, m-, p-) ㉔ 산화 시 프탈산</p> <p>㊳ 나프탈렌(C₁₀H₈) : ㉓ 2가지 이성질체(알파-, 베타-) ㉔ 염료의 원료나 방충제로 이용</p>

◆ 방향족 탄화수소의 유도체(2)

구분	정의 및 성질
페놀 (C ₆ H ₅ OH) (석탄산)	① 성질 ㉠ 특유의 강한 냄새를 가진 무색의 결정이며, 물에 약간 녹아 약산성을 나타낸다. ㉡ 공기나 햇빛을 쬐이면 붉은색으로 변하므로 갈색병에 보관한다. ㉢ 염기(NaOH)와 중화반응을 하여 나트륨페놀레이터(C ₆ H ₅ ONa)와 물로 변한다. 예) C ₆ H ₅ OH + NaOH → C ₆ H ₅ ONa + H ₂ O ㉣ 진한 질산과 진한 황산으로 니트로화시키면 피크린산(트리니트로페놀)이 된다. ㉤ 페놀류의 검출법: 벤젠핵에 수산기(-OH)가 붙어 있는 페놀류의 수용액에 FeCl ₃ 수용액을 가하면 청자색이나 적자색을 띤다.
	② 페놀(phenol, C ₆ H ₅ OH, 석탄산)의 제조법 ㉠ 쿠멘법 ㉡ 벤젠의 알칼리 응용법
	③ 페놀의 유도체 ㉠ 크레졸[C ₆ H ₄ (CH ₃)OH]: 소독 살균제로 이용 ㉡ 다카 페놀 ㉢ 나프톨(C ₁₀ H ₇ OH): 염료의 원료로 이용
니트로벤젠	① 니트로벤젠은 노란색 액체로 아닐린 원료로 쓰인다. ② 벤젠에 혼산(진한 질산과 진한 황산)을 작용시켜 얻는다.(진한 황산: 촉매와 탈수제 역할)
아닐린 (C ₆ H ₅ NH ₂)	① 성질 ㉠ 무색의 기름 모양 액체로서, 물에는 녹지 않으나 수용액에 잘 녹는다. (bp 180°C, 비중 1.02) ㉡ 방향족 1차 아민으로 염기성이며, 산과 중화 반응을 하여 염을 생성한다. ㉢ 합성 염료의 제조 및 의약품 원료로 쓰인다. ㉣ 니트로벤젠을 수소로서 환원하여 제조한다. ㉤ 빙초산과 가열하면 아세트아닐리드(판상결정)가 된다. ㉥ 물감의 원료로 많이 쓰인다.
	② 아닐린의 검출법 아닐린에 표백분(CaOCl ₂)을 가하면 붉은 보라색으로 변색된다. * 참고] 디아조화 반응과 커플링 반응 ① 디아조화 반응: 방향족 1차 아민의 산성 용액에 아질산염을 작용시켜 디아조늄염을 얻는 반응 ② 커플링 반응: 방향족 디아조늄 화합물에 페놀류나 방향족 아민을 작용시키면 아조기(-N=N-)를 갖는 새로운 아조 화합물을 만드는 반응 ③ 아민: 암모니아의 수소 원자가 탄화수소기[알킬기(C _n H _{2n+1} -)], 페닐기(C ₆ H ₅ -)로 치환된 형태의 화합물, 즉 탄화수소에 아미노기(-NH ₂)가 결합된 화합물

▣ 금속 및 비금속 원소의 그 화합물(1)

구분	화합물 종류	설명
알칼리 금속	NaOH (수산화나트륨)	조해성이 있는 백색 고체로 수용액은 알칼리성이며, 공기 중의 CO_2 를 흡수하여 Na_2CO_3 (탄산나트륨)이 된다.
	Na_2CO_3 (탄산나트륨, 소다회)	무수물은 백색 분말이며, 수화물은 풍해성이 있으며 강산에 의해 CO_2 를 발생한다. (제법: Solvay법, 암모니아 소다법)
알칼리토금속	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (염화마그네슘, 간수)	조해성의 결정으로 단백질을 응고시킨다.
	CaO (산화칼슘, 생석회)	CaCO_3 (석회석)을 열분해시켜 생성하며, 물과 반응하여 Ca(OH)_2 (석회유)를 생성한다.
	CaC_2 (탄화칼슘, 카바이드)	생석회(CaO)와 코크스(C)를 고온에서 반응시켜 생성하며, 물과 반응하여 아세틸렌을 생성한다. 예) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
알루미늄 (붕소족 원소)	백반 [$\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$]	복염으로서 가수 분해되어 산성을 나타내고, 물의 정화 매염제로 이용된다.
	산화알루미늄 (Al_2O_3)	산화크롬(Cr_2O_3)이 미량 함유된 것은 루비, 이산화티탄(TiO_2)이 미량 함유된 사파이어이다.
	황산알루미늄 [황산반토, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]	물의 불순물 침전제로 사용되며, 포말 소화기의 내통제로도 사용된다.
할로젠족 원소	HF (플루오르화 수소)	<ul style="list-style-type: none"> 무색의 자극성이 있는 기체로 물에 잘 녹으며, 수용액은 약산인 플루오르화 수소산이다. 모래, 석영을 부식시킨다.(특히 유리를 부식시키는 유일한 물질) 예) $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{SiF}_4 \uparrow$
	HCl (염화수소)	<ul style="list-style-type: none"> 자극성 냄새를 가진 무색 기체로서 공기보다 약 1.3배 무겁다. 물에 잘 녹고 수용액은 염산이며, 강한 산성을 나타낸다. 암모니아와 반응하여 흰 연기를 발생시킨다.(염화수소의 검출법) 예) $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \uparrow$ 염산은 수소보다 이온화 경향이 큰 금속(K ~ Sn까지)과 반응하여 수소를 발생시킨다. 제조법은 합성법과 소금의 황산 분배법 등이 있다.
	HBr (브롬화 수소)	<ul style="list-style-type: none"> HBr, HI는 발연성 기체로 물에 녹아 강산을 만든다. HF 이외에 할로젠화 수소산은 질산은 수용액을 가하면 침전이 생긴다.
	HI (요오드화 수소)	<p>예) $\text{HX} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{AgX}(\text{X} : \text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$</p> <p>$\text{AgCl} \downarrow$(흰색 침전), $\text{AgBr} \downarrow$(담황색 침전), $\text{AgI} \downarrow$(노란색 침전)</p>

◎ 솔베이법 : 솔베이법(Solvay)법에서 유일한 부산물은 CaCl_2 (염화칼슘)이다.

◎ 조해 : 결정이 공기 중에서 수분을 흡수하여 용해되는 현상 [예) NaOH , KOH , CaCl_2 , MgCl_2 등]

◎ 풍해 : 결정(수화물)이 공기 중에서 결정수를 잃고 부스러지는 현상 [예) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 등]

■ 금속 및 비금속 원소의 화합물(2)

구분	화합물 종류	성질
산소족 원소	오존 (O ₃)	<ul style="list-style-type: none"> • 특이한 냄새를 가진 담황색의 기체이며, 산소(O₂)와 동소체이다. • 강한 산화 작용이 있다. • 요오드칼륨 녹말 종이를 보라색으로 변화시킨다. 예) $2KI + O_3 + H_2O \rightarrow I_2 + O_2 + 2KOH$ • 소독제, 산화제, 표백제 등으로 이용된다.
	이산화황 (SO ₂ , 아황산가스)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색, 자극성의 유독성 기체이며, 공기보다 약 2.5배 정도 무겁다. • 물에 잘 녹으며, 약산성을 나타낸다.(아황산을 생성) • 수용액에서는 발생기 수소(H)를 내므로 강한 환원 작용을 한다. (환원성 표백제로 이용) 예) $SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2[H]$ • 환원력이 큰 물질과는 산화제로도 작용한다. 예) $SO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2H_2O + 3S + 2O_2$ • 기화열이 커서 냉동제(냉매)로도 이용한다.(기화열은 91.3 Kcal)
	황산 (H ₂ SO ₄)	<p>㉞ 진한 황산(c-H₂SO₄)</p> <ul style="list-style-type: none"> ㉞ 점성이 큰 무색 액체로 비휘발성이다(비등점 : 338℃). ㉞ 흡수성이 커서 산성 기체(NO₂, Cl₂, HCl 등)의 건조제로 사용한다. ㉞ 탈수성이 강하다. ㉞ 용해열이 크다. 따라서 묽은 황산을 만들 때는 물에다 진한 황산을 조금씩 가한다. 예) $H_2SO_4 \rightarrow H_2O + SO_2 + [O]$ ㉞ 가열된 진한 황산은 발생기 산소를 내므로 산화 작용을 한다. 예) $H_2SO_4 \rightarrow H_2O + SO_2 + [O]$ ㉞ 수소보다 이온화 경향이 작은 금속(Cu, Hg, Ag)과 반응하여 이산화황(SO₂)을 발생한다. 예) $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$
	황화수소 (H ₂ S)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색, 달걀 썩는 냄새를 가진 유독한 기체이다. • 물에 녹아 약산성을 나타낸다. • 강한 환원제로 작용한다. 예) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$ • 완전 연소시 SO₂(이산화황)이 발생하고, 불완전 연소시는 S(황)을 유리시킨다. 예) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + 2SO_2$(완전 연소시) $2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S$(불완전 연소시) • 초산납 종이(연당지)를 흑색으로 변색시킨다.(검출법) <p>• 제법 : 황화철(FeS)에 묽은 황산이나 묽은 염산을 가한다. (kipp 장치를 이용) 예) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$, $FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$</p>

■ 금속 및 비금속 원소의 화합물(3)

구분	화합물 종류	설명
질소족 원소	암모니아 (NH ₃)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색의 자극성 기체이며, 물에 잘 녹고, 액화하기 쉽다. • 주위의 기화열을 흡수하므로 냉매로 사용한다. • 수용액은 약한 알칼리성이다(붉은 리트머스 종이를 푸르게 한다). • 염화수소(HCl)와 반응하여 흰 연기를 낸다(암모니아 검출법). <u>예) $HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$</u> • 공기와의 혼합물을 백금 촉매하에 가열하면 산화질소가 된다. • Cu^{2+}, Zn^{+2}, Ag^+과 반응하여 착이온을 만든다.
		<ul style="list-style-type: none"> • 제법 ▷ 하버보시법 : 질소(N₂)와 수소(H₂)를 500°C, 200기압에서 $Fe + Al_2O_3$ 촉매를 사용하여 반응시킨다. <u>예) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + 22\text{ kcal}$</u> ▷ 석회질소법 <u>예) $CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow 2NH_3 + CaCO_3$</u>
	질산 (HNO ₃)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색의 발연성 기체로 빛에 의해 분해되므로 갈색병에 보관한다. • 수용액은 강산성이며, 분해시 발생기 산소[O]를 내어 강한 산화력을 가진다. • 왕수(3HCl + HNO₃)를 만들어 Pt(백금), Au(금) 등을 녹인다. • Fe, Ni, Cr, Al 등은 묽은 질산에는 녹으나, 진한 질산에는 금속 표면에 치밀한 금속 산화물의 피막을 형성시켜 부동체를 만들기 때문에 녹지 않는다. • 단백질에 진한 질산을 가하면 황색으로 변한다(크산토프로테인 반응).
		<ul style="list-style-type: none"> • 제법 ▷ 칠레초석(NaNO₃)의 황산 분해법 <u>예) $NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3$(저온)</u> <u>$2NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HNO_3$(고온)</u> ▷ 오스왈트법(Ostwald process, 암모니아 산화법) <u>예) $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$(Pt 촉매, 700°C)</u> <u>$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$, $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$</u>
	질소 산화물	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 일산화질소(NO) <ul style="list-style-type: none"> ㉠ 무색의 기체로 물에 녹지 않는다. ㉡ 상온에서 공기 중의 산소와 반응하여 적갈색의 NO₂가 된다. <u>예) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$</u> ㉢ 산성 산화물의 성질이 없다. ㉡ 이산화질소(NO₂) <ul style="list-style-type: none"> ㉠ 적갈색의 특유한 냄새가 나는 유독성 기체이다. ㉡ 산성 산화물로서 물과 반응하여 질산을 만든다. <u>예) $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$</u> ㉢ 적갈색의 NO₂를 20°C 이하로 냉각시키거나, 600°C 이상으로 가열하면 무색으로 된다.
	인산 (HPO)	<ul style="list-style-type: none"> • 3 염기산으로 중화 반응하여 3가지 종류의 염을 생성한다. <u>예) NaH_2PO_4 : 산성, Na_2HPO_4, Na_3PO_4 : 염기성</u> • 제조법에는 습식법(인광석의 황산 분해법)과 건식법 등이 있다.

■ 금속 및 비금속 원소의 화합물(4)

구분	화합물 종류	설명
탄소족 원소	이산화탄소 (CO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색, 무취의 불연성 기체로 공기 중에 약 0.03% 정도 존재한다. • 물에 약간 녹아 약산성(H₂CO₃)이 된다. • 압력을 가해 액화 · 응고시키면 승화성이 있는 고체 드라이아이스가 된다. • Ca(OH)₂(석회수)을 통과시키면 CaCO₃(탄산칼슘)의 흰색 침전이 일어난다(CO₂의 검출법). 예) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ • 소다 및 요소 제조의 원료, 청량 음료수 등에 사용된다.
	일산화탄소 (CO)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색, 무취의 독성 가스이다. • 환원성이 강한 기체이며, 금속 산화물을 환원시킨다. 예) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ • 메탄올(CH₃OH)의 합성 원료, 야금 등에 사용한다. <p>• 제법</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 포름산(HCOOH, 개미산)에 c-H₂SO₄를 작용시켜 얻는다. 예) $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ▷ 옥살산에 c-HSO를 작용시켜 얻는다. 예) $\text{HOOC-COOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CO}$ ▷ 가열된 코크스(C)에 수증기나 CO₂를 가하여 생성한다. 예) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$(수성 가스법), $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$
	이산화규소 (SiO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • 무색 투명한 6방정계에 속하며, 수정, 석영, 규사(모래) 등의 주성분이다. • 그물 구조의 결정으로서 경도가 크고 용융점과 비등점이 높다. • HF(플루오르화수소산, 불화수소산)에는 잘 녹으나 보통 산이나 물에는 잘 녹지 않는다. 예) $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{SiF}_4$ • KOH, NaOH 등 강한 알칼리와 함께 가열하면 서서히 녹는다. 예) $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{규산나트륨}) + \text{H}_2\text{O}$ • 규산나트륨을 물과 함께 끓이면 물유리가 된다.

◎ 킵 장치(kipp apparatus) : 고체에 액체를 넣어 가열하지 않고 기체를 발생시킬 때 사용하는 장치

예) $\text{Zn} + \text{d-H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$
 $\text{CaCO}_3(\text{대리석}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
 $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$

▣ 위험물의 연소 형태 및 연소과정

	정의 및 물성
인화점 (flash point)	<p>휘발성 물질에 불꽃(점화원)을 접하여 발화될 수 있는 최저의 온도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 인화 온도라 하며 가연물을 가열하면서 한쪽에서 점화원을 부여하여 발화 온도보다 낮은 온도에서 연소가 일어나는데 이를 인화라고 하며, 인화가 일어나는 최저의 온도이다. • 인화성 물질의 연소하기 쉬운 상태 정도를 측정하는데 사용된다. • 액체가연물의 인화점은 비중, 점도가 낮을수록 주위 온도와 압력이 높을수록 낮아진다.
발화점 (착화점) (발화 온도) (ignition point)	<p>가연성 물질에 불꽃(점화원)을 접하지 않고도 불이 일어나는 최저의 온도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 자기 스스로 연소를 시작하는 최저의 온도로서 다른 곳에서 점화원을 부여하지 않고 가연물을 공기 또는 산소 중에서 가열함으로써 발화하는 최저의 온도이다. • 대부분 상온에서 고체 상태로 존재하는 가연물을 연소시킬 때 많이 사용한다. • 발화점이 낮다는 것은 연소하기 쉽다는 것을 의미한다. • 발화점은 물질을 가열하는 용기의 표면 상태, 가열 속도 등에 의하여 영향을 받으며 압력에도 큰 영향을 받는다. 즉, 높은 압력하에서 발화도가 저하하는 경향이 있다. 그리고 발화점은 측정 조건에 따라서 큰 차이가 있으므로 물질의 고유 정수는 아니다.
연소점 (fire point)	<p>어떤 물질이 공기 중에서 열을 받아 지속적인 연소를 일으킬 수 있는 온도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 상온에서 액체 상태로 존재하는 액체 가연물의 연소 상태를 5초 이상 유지시키기 위한 온도로서 일반적으로 인화점보다 약 10°C 정도 높은 온도이다. • 액체 가연물의 연소는 액체 가연물의 표면으로부터 증발된 증기가 연소하는 것이므로 불꽃이나 불씨에 인화 하였다 하더라도 지속적인 연소 현상을 유지하기 위해서는 어느 정도 지속적인 연소에 필요한 온도가 요구 되므로 연소 온도 이상이 되어야 한다.
최소 착화 에너지 (최소 점화 에너지) (최소 회로 전류치) (MIE)	<p>가연성 가스 및 공기가 혼합하여 착화원으로 착화시에 발화하기 위하여 필요한 최저 에너지</p> <ul style="list-style-type: none"> • 최소 착화 에너지(MIE)란 가연성 혼합 가스에 전기적 스파크(전기 불꽃)로 점화시 착화하기 위해 필요한 최소한의 에너지를 말한다. • 최소 착화 에너지는 혼합가스의 종류, 농도, 압력에 따라 다르며, 가장 낮은 최소 점화 에너지는 이론 농도 혼합기 부근에서 대개 최소가 된다. • 최소 착화 에너지가 적을수록 폭발하기 쉽고 위험하다. • 최소 착화 에너지(E)를 구하는 공식 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $E = 1/2Q \cdot V = 1/2C \cdot V^2$ </div> <p>여기서, E : 착화 에너지(J), C : 전기(콘덴서) 용량(F) V : 방전 전압(V), Q : 전기량(C)</p>
연소 범위 (연소 한계) (폭발 범위) (폭발 한계) (가연 범위) (가연 한계)	<p>가연성 물질이 기체상태에서 공기와 혼합하여 일정농도 범위 내에서 연소가 일어나는 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> • 연소가 일어나는 데 필요한 공기 중의 가연성 가스의 농도(vol%)를 말하며, 보통 1atm 상온(20°C)에서 측정된 측정치로 최고 농도를 상한(UEL), 최저 농도를 하한(LEL)이라 하며, 온도, 압력, 농도, 불활성 가스 등에 의해 영향을 받는다. (연소범위에 영향을 주는 인자 : 온도, 압력, 농도) • 화재의 위험성이 증가하는 경우 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 착화 온도가 낮아지고 인화점이 낮아질수록 ▷ 주변 온도가 높을수록 ▷ 폭발 하한값이 작아지고 폭발 범위가 넓어질수록 ▷ 산소 농도가 높을수록

▣ 위험물의 폭발에 관한 사항

① 가연성 물질의 발화온도(착화온도)

【가연성 물질의 발화온도(착화온도)】

물질	발화 온도(°C)	물질	발화 온도(°C)	물질	발화 온도(°C)
메탄	615 ~ 682	가솔린	210 ~ 300	석탄	330 ~ 450
프로판	460 ~ 520	건조한 목재	280 ~ 300	코크스	450 ~ 550
부탄	430 ~ 510	목탄	250 ~ 320	-	-

② 혼합가스의 폭발한계값 [르 샤틀리에(Le Chatelier)]

$$100/L = V_1/L_1 + V_2/L_2 + V_3/L_3 \dots\dots$$

여기서, L : 혼합가스의 폭발 한계(하한값, 상한값의 [vol%])
 L₁, L₂, L₃ : 각 성분의 단독 폭발 한계치(가연성 가스의 용량)[vol%]
 V₁, V₂, V₃ : 각 성분의 체적(가연성 가스의 하한값 또는 상한값)[vol%]

③ 공기 중의 폭발범위

【공기 중의 폭발범위(연소범위)】

가스	하한계	상한계	가스	하한계	상한계
아세틸렌	2.5	8.1	휘발유	1.4	7.6
수소	4	75	벤젠	1.4	7.1
일산화탄소	12.5	74	톨루엔	1.4	6.7
암모니아	15	28	메틸알코올	7.3	36
메탄	5	15	에틸알코올	4.3	19
에탄	3	12.4	아세트알데이드	4.1	57
프로판	2.1	9.5	에테르	1.9	48
부탄	1.8	8.4	아세톤	2.5	12.8
에틸렌	2.7	36	산화에틸렌	3	80
프로필렌	2.4	11	산화프로필렌	2.1	38.5
황화수소	4.3	45	이황화탄소	1	44
헥산	1.2	7.4	펜타보란	0.4	98
이소프로필아민	2	10.4	시아나화수소	6	41
메틸에틸케톤	1.4	11.4	피리딘	1.8	12.4

④ 위험도(Degree of Hazards)

$$\text{위험도 } H = (U-L) / L$$

여기서, U : 폭발상한계, L : 폭발하한계 (* 위험도 : 이황화탄소 > 아세틸렌 > 수소)

▣ 각 위험물의 정의(1류~6류)

류별	구분	정의
1류	산화성 고체	고체로서 산화력의 잠재적인 위험성 또는 충격에 대한 민감성을 판단하기 위하여 국민안전처장관이 정하여 고시하는 시험에서 고시로 정하는 성질과 상태를 나타내는 것을 말한다.
		비고 1. “고체”라 함은 액체(1기압 및 20[°C]에서 액상인 것 또는 20[°C] 초과 40[°C] 이하에서 액상인 것) 또는 기체(1기압 및 20[°C]에서 기상인 것) 외의 것 2. “액상”이라 함은 수직으로 된 시험관(안지름 30[mm], 높이 120[mm]원통형 유리관을 말한다)에 시료를 55[mm]까지 채운 다음 해당 시험관을 수평으로 하였을 때 시료액 선단이 30[mm]를 이동하는 데 걸리는 시간이 90초 이내에 있는 것을 말한다.
2류	가연성 고체	고체로서 화염의 의한 발화의 위험성 또는 인화의 위험성을 판단하기 위하여 고시로 정하는 시험에서 고시로 정하는 성질과 상태를 나타내는 것을 말한다.
	유황	순도가 60[wt%] 이상인 것
	철분	철의 분말로서 53[um]의 표준체를 통과하는 것이 50[wt%] 미만인 것은 제외한다.
	금속분	알칼리금속·알칼리토금속·철 및 마그네슘 외의 금속의 분말(구리분·니켈분 및 150[um]의 체를 통과하는 것이 50[wt%] 미만인 것은 제외한다).
		비고 마그네슘에 해당하지 않는 것 · 2[mm]의 체를 통과하지 아니하는 덩어리상태의 것 · 직경 2[mm] 이상의 막대 모양의 것
인화성 고체	고형알코올 그 밖에 1기압에서 인화점이 40[°C] 미만인 고체	
3류	자연발화성 물질 및 금수성물질	고체 또는 액체로서 공기 중에서 발화의 위험성이 있거나 물과 접촉하여 발화하거나 가연성 가스를 발생시키는 위험성이 있는 것
4류	특수인화물	· 1기압에서 발화점이 100[°C] 이하인 것 · 인화점이 영하 20[°C] 이하이고 비점이 40[°C] 이하인 것
	제 1석유류	1기압에서 인화점이 21[°C] 미만인 것
	알코올류	1분자를 구성하는 탄소원자의 수가 1개부터 3개까지인 포화1가 알코올(변성알코올 포함)로서 농도가 60[%] 이상
		비고 · C~C까지의 포화1가 알코올의 함유량이 60[wt%] 미만인 수용액 · 가연성 액체량이 60[wt%]미만이고 인화점 및 연소점이 에틸알코올 60[wt%] 수용액의 인화점 및 연소점을 초과하는 것
	제 2석유류	1기압에서 인화점이 21[°C] 이상 70[°C] 미만인 것
	제 3석유류	1기압에서 인화점이 70[°C] 이상 200[°C] 미만인 것
	제 4석유류	1기압에서 인화점이 200[°C] 이상 250[°C] 미만인 것
	동식물유류	동물의 지육 등 또는 식물의 종자나 과육으로부터 추출한 것으로서 1기압에서 인화점이 250[°C] 미만인 것
5류	자기반응성 물질	고체 또는 액체로서 폭발의 위험성 또는 가열분해의 격렬함을 판단하기 위하여 고시로 정하는 시험에서 고시로 정하는 성질과 상태를 나타내는 것
6류	산화성 액체	액체로서 산화력의 잠재적인 위험성을 판단하기 위하여 고시로 정하는 시험에서 고시로 정하는 성질과 상태를 나타내는 것
	과산화수소	농도가 36[wt%] 이상인 것
	질산	비중이 1.49 이상인 것

■ 위험물의 종류

① 제1류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 1 류	산 화 성 고 체	1. 아염소산염류, 염소산염류, 과염소산염류, 무기과산화물	I	50kg	
		2. 브롬산염류, 질산염류, 요오드산염류	II	300kg	
		3. 과망간산염류, 중크롬산염류	III	1,000kg	
		4. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	① 과요오드산염류	II	300kg
			② 과요오드산		300kg
			③ 크롬, 납 또는 요오드의 산화물		300kg
④ 아질산염류	300kg				
⑤ 염소화이소시아눌산	300kg				
⑥ 퍼옥소이황산염류	300kg				
⑦ 퍼옥소붕산염류	300kg				
⑧ 차아염소산염류	I	50kg			
5. 제1호 내지 제4호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것			I	50kg	
			II	300kg	
			III	1000kg	

② 제2류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량
제 2 류	가 연 성 고 체	1. 황화린, 적린, 유황	II	100kg
		2. 철분, 금속분, 마그네슘	III	500kg
		3. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	II, III	100kg 또는 500kg
		4. 제1호 내지 제3호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것		
		5. 인화성 고체	III	1,000kg

③ 제3류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 3 류	자연 발화성 물질 및 금수성 물질	1. 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄, 알킬리튬	I	10kg	
		2. 황린	I	20kg	
		3. 알칼리금속(칼륨 및 나트륨 제외) 및 알칼리토금속 유기금속화합물(알킬알루미늄 및 알칼리튬 제외)	II	50kg	
		4. 금속의 수소화물, 금속의 인화물 칼슘 또는 알루미늄의 탄화물	III	300kg	
		5. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	염화규소화합물	III	300kg
		6. 제1호 내지 제5호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함 유한 것	I II III	10kg 50kg 300kg	

④ 제4류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 4 류	인화성 액체	특수 인화물류		I	50 L
		제1석유류	비수용성	II	200 L
			수용성		400 L
		알코올류		III	400 L
		제2석유류	비수용성		1,000 L
			수용성	2,000 L	
		제3석유류	비수용성	2,000 L	
			수용성	4,000 L	
		제4석유류			6,000 L
		동·식물유류			1,000 L

㉔ 제5류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량
제 5 류	자기 반응성 물질	1. 유기과산화물, 질산에스테르류	I	10kg
		2. 니트로화합물 및 니트로소화합물 아조화합물, 디아조화합물 및 히드라진 유도체	I	200kg
		3. 히드록실아민, 히드록실아민염류	II	100kg
		4. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	III	200kg
		금속의 아지화합물 질산구아니딘		
5. 제1호 내지 제4호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것	I II III	10kg 100kg 200kg		

㉕ 제6류 위험물의 종류

류별	성질	품명	위험등급	지정수량
제 6 류	산화성 액체	1. 과염소산, 과산화수소, 질산	I	300kg
		2. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	I	300kg
		할로젠간 화합물(BrF ₃ , IF ₅ 등)		
3. 제1호 내지 제2호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것	I	300kg		

▣ 제1류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 1 류	산화성 고체	1. 아염소산염류, 염소산염류, 과염소산염류, 무기과산화물	I	50kg	
		2. 브롬산염류, 질산염류, 요오드산염류	II	300kg	
		3. 과망간산염류, 중크롬산염류	III	1,000kg	
		4. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	① 과요오드산염류	II	300kg
			② 과요오드산		300kg
			③ 크롬, 납 또는 요오드의 산화물		300kg
④ 아질산염류	300kg				
⑤ 염소화이소시아눌산	300kg				
⑥ 퍼옥소이황산염류	300kg				
⑦ 퍼옥소붕산염류	300kg				
⑧ 차아염소산염류	I	50kg			
5. 제1호 내지 제4호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것			I	50kg	
			II	300kg	
			III	1000kg	

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제1류 위험물	(1) <u>공통 성질</u> ① 모두 무기화합물로서 대부분 무색 결정 또는 백색 분말의 산화성 고체이다. ② 일반적으로 불연성 고체이며 산소를 많이 함유하고 있는 강산화제이다. ③ 조연성 물질로서 반응성이 풍부하여 가열, 충격, 마찰 또는 분해를 촉진하는 약품과의 접촉으로 인해 폭발할 위험이 있다. (산소 방출하여 가연물 연소 도움) ④ 비중이 1보다 크고, 대부분 물에 잘 녹으며, 물과 작용하여 열과 산소를 발생시키는 것도 있다. (질산염류와 같이 조해성이 있는 것도 있다.)
	(2) <u>위험성</u> ① 가열 또는 제6류 위험물과 혼합하면 산화성이 증대된다. ② NH_4O_3 , NH_4ClO_3 은 가연물과 접촉·혼합으로 분해 폭발한다. ③ 무기과산화물은 물과 반응하여 산소를 방출하고 심하게 발열한다. ④ 유기물과 혼합하면 폭발의 위험이 있다. ⑤ 삼산화크롬(CrO_3)은 물과 반응하여 강산이 되며 심하게 발열한다.
	(3) <u>저장 및 취급 방법</u> ① 가열, 마찰, 충격 등을 피한다. ② 환원제인 제2류 위험물과의 접촉을 피한다. ③ 조해성 물질은 방습하고 수분과의 접촉을 피한다. ④ 무기과산화물은 공기나 물과의 접촉을 피한다. ⑤ 분해를 촉진하는 물질과의 접촉을 피한다. ⑥ 무기과산화물은 분말약제를 사용하여 질식소화한다. ⑦ 용기를 옮길 때에는 밀폐용기를 사용한다. ⑧ 취급시 용기 등의 파손에 의한 위험물의 누설에 주의할 것 ⑨ 통풍이 잘 되는 차가운 곳에 저장할 것
	(4) <u>소화방법</u> ① 제1류 위험물: 냉각소화 ② 알칼리금속의 과산화물: 마른모래, 탄산수소염류분말약제, 팽창질석, 팽창진주암

■ 제2류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량
제 2 류	가연성 고체	1. 황화린, 적린, 유황	Ⅱ	100kg
		2. 철분, 금속분, 마그네슘	Ⅲ	500kg
		3. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것 4. 제1호 내지 제3호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것	Ⅱ, Ⅲ	100kg 또는 500kg
		5. 인화성 고체	Ⅲ	1,000kg

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제2류 위험물	<p>(1) <u>공통 성질</u></p> <p>① 가연성 고체로서 비교적 낮은 온도에서 착화하기 쉬운 가연성, 속연성 물질이다.</p> <p>② 비중은 1보다 크고 물에 불용성이며 강력한 환원성 물질이다.</p> <p>③ 산소와 결합이 용이하여 산화되기 쉽고 연소속도가 빠르다.</p> <p>④ 연소시 유독 가스를 발생하며 연소열이 크고 연소온도가 높다.</p> <p>⑤ 철분, 마그네슘, 금속분은 물과 산의 접촉시 발열한다.</p>
	<p>(2) <u>위험성</u></p> <p>① 착화 온도가 낮아 저온에서 발화가 용이하다.</p> <p>② 연소속도가 빠르고 연소시 다량의 빛과 열을 발생한다.</p> <p>③ 수분과 접촉하면 자연발화하고 금속분은 산, 할로겐원소, 황화수소와 접촉하면 발열·발화한다.</p> <p>④ 산화제(1류, 6류)와 혼합한 것은 가열·충격·마찰에 의해 발화 폭발위험이 있다.</p>
	<p>(3) <u>저장 및 취급 방법</u></p> <p>① 화기를 피하고 불티, 불꽃, 고온체와의 접촉을 피한다.</p> <p>② 산화제(제1류, 제6류 위험물)와의 혼합 또는 접촉을 피한다.</p> <p>③ 철분, 마그네슘, 금속분은 물, 습기, 산과의 접촉을 피한다.</p> <p>④ 통풍이 잘 되는 냉암소에 보관, 저장하며 폐기시는 소량씩 소각 처리한다.</p> <p>⑤ 유황은 물에 의한 냉각소화가 적당하다.</p> <p>⑥ 저장용기는 밀봉하여 용기의 파손과 위험물의 누출을 방지한다.</p>
	<p>(4) <u>소화방법</u></p> <p>① 주수에 의한 냉각 소화 및 질식 소화 실시</p> <p>② 금속분의 화재에는 건조사 등에 의한 소화 실시</p>

▣ 제3류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량
제 3 류	자연 발화성 물질 및 금수성 물질	1. 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄, 알킬리튬	I	10kg
		2. 황린	I	20kg
		3. 알칼리금속(칼륨 및 나트륨 제외) 및 알칼리토금속 유기금속화합물(알킬알루미늄 및 알칼리튬 제외)	II	50kg
		4. 금속의 수소화물, 금속의 인화물 칼슘 또는 알루미늄의 탄화물	III	300kg
		5. 그 밖의 행정안전부령 이 정하는 것	III	300kg
		6. 제1호 내지 제5호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함 유한 것	I II III	10kg 50kg 300kg

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제3류 위험물	<p>(1) <u>공통 성질</u></p> <p>① 대부분 무기화합물이며 고체 또는 액체이다.</p> <p>② 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄(액체), 알킬리튬은 물보다 가볍고 나머지는 물보다 무겁다.</p> <p>③ 칼륨, 나트륨, 황린, 알킬알루미늄은 연소하고 나머지는 연소하지 않는다.</p> <p>④ 물과 반응하여 화학적으로 활성화한다. (물과 접촉시 발열 또는 발화)</p> <p>⑤ 자연 발화성 물질로서 공기와의 접촉으로 자연 발화하는 경우도 있다.</p>
	<p>(2) <u>위험성</u></p> <p>① 황린을 제외한 금수성 물질은 물과 반응하여 가연성 가스(수소, 아세틸렌, 포스핀)를 발생하고 발열한다.</p> <p>② 자연발화성 물질은 물 또는 공기와의 접촉하면 폭발적으로 연소하여 가연성 가스를 발생한다.</p> <p>③ 일부 품목은 물과 접촉에 의해 발화한다.</p> <p>④ 가열, 강산화성 물질 또는 강산류와 접촉에 의해 위험성이 증가한다.</p>
	<p>(3) <u>저장 및 취급 방법</u></p> <p>① 저장용기는 공기와의 접촉을 방지하고 수분과의 접촉을 피한다.</p> <p>② 칼륨, 나트륨 및 알칼리금속은 산소가 함유되지 않은 석유류에 저장한다.</p> <p>③ 자연발화성 물질의 경우는 불티, 불꽃, 또는 고온체와 접근을 방지한다.</p> <p>④ 황린은 주수소화가 가능하나 나머지는 물에 의한 냉각소화는 절대 불가능하다.</p>
	<p>(4) <u>소화방법</u></p> <p>① 건조사, 팽창질석 및 팽창진주암 등을 사용한 질식 소화를 실시한다.</p> <p>② 금속 화재용 분말 소화 약제에 의한 질식 소화를 실시한다.</p>

■ 제4류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 4 류	인화성 액체	특수 인화물류		I	50 L
		제1석유류	비수용성	II	200 L
			수용성		400 L
		알코올류			400 L
		제2석유류	비수용성	III	1,000 L
			수용성		2,000 L
		제3석유류	비수용성	III	2,000 L
			수용성		4,000 L
		제4석유류			6,000 L
		동·식물유류			1,000 L

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제4류 위험물	<p>(1) <u>공통 성질</u></p> <p>① 상온에서 액체이며 대단히 인화하기 쉽다.</p> <p>② 물보다 가볍고, 대부분 물에 잘 녹지 않는다.</p> <p>③ 증기비중은 공기보다 무겁기 때문에 낮은 곳에 체류하여 연소, 폭발의 위험이 있다.(단, HCN은 제외)</p> <p>④ 연소범위의 하한이 낮기 때문에 공기 중 소량 누설되어도 연소한다.</p> <p>⑤ 착화 온도(착화점, 발화 온도, 발화점)가 낮은 것은 위험하다.</p> <p>⑥ 증기와 공기가 약간 혼합되어 있어도 연소한다.</p>
	<p>(2) <u>위험성</u></p> <p>① 인화위험이 높아 화기의 접근을 피해야 한다.</p> <p>② 증기는 공기와 약간만 혼합되어도 연소한다.</p> <p>③ 연소범위의 하한이 낮다. (발화점이 낮다.)</p> <p>④ 전기부도체이므로 정전기 발생에 주의한다.</p>
	<p>(3) <u>저장 및 취급 방법</u></p> <p>① 누출방지를 위하여 밀폐용기에 사용하여야 한다.</p> <p>② 화기 및 점화원으로부터 멀리 저장할 것</p> <p>③ 증기 및 액체의 누설에 주의하여 저장할 것 (증기는 가급적 높은 곳으로 배출)</p> <p>④ 정전기 발생에 주의하여 저장·취급할 것</p> <p>⑤ 인화점 이상을 가열하지 말 것</p>
	<p>(4) <u>소화방법</u></p> <p>① 이산화탄소, 할로겐화합물, 분말, 포 등으로 질식 소화한다. (수용성 위험물은 알코올형 포소화약제를 사용한다.)</p> <p>② 금속 화재용 분말 소화 약제에 의한 질식 소화를 실시한다.</p>

■ 제5류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 5 류	자기 반응성 물질	1. 유기과산화물, 질산에스테르류	I	10kg	
		2. 니트로화합물 및 니트로소화합물 아조화합물, 디아조화합물 및 히드라진 유도체	I	200kg	
		3. 히드록실아민, 히드록실아민염류	II	100kg	
		4. 그 밖의 행정안전부령이 정하는 것	금속의 아지화합물	III	200kg
			질산구아니딘		
5. 제1호 내지 제4호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함 유한 것	I II III	10kg 100kg 200kg			

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제5류 위험물	<p>(1) <u>공통 성질</u></p> <p>① 외부로부터 산소 공급 없이 가열, 충격 등에 의해 연소 폭발을 일으킬 수 있는 자기반응성 물질이다.</p> <p>② 연소시 연소 속도가 매우 빨라 폭발성이 강한 물질이다.</p> <p>③ 가열, 충격, 마찰 등에 의하여 인화 폭발 위험이 있다.</p> <p>④ 장시간 공기에 방치하면 산화 반응에 의해 열분해하여 자연 발화를 일으키는 경우도 있다.</p> <p>⑤ 모두 가연성의 액체 또는 고체물질이고 연소할 때는 다량의 가스를 방출한다.</p> <p>⑥ 시간의 경과에 따라 자연 발화의 위험성이 있다.</p> <p>⑦ 히드라진유도체를 제외하고는 유기화합물이다.</p> <p>⑧ 유기과산화물을 제외하고는 질소를 함유한 유기질소화합물이다.</p>
	<p>(2) <u>위험성</u></p> <p>① 외부의 산소 공급 없어도 자기 연소하므로 연소속도가 빠르고 폭발적이다.</p> <p>② 아조화합물, 디아조화합물, 히드라진유도체는 고농도인 경우 충격에 민감하며 연소시 순간적인 폭발로 이어진다.</p> <p>③ 니트로화합물은 화기, 가열, 충격, 마찰에 민감하여 폭발 위험이 있다.</p> <p>④ 강산화제, 강산류와 혼합인 것은 발화를 촉진시키고 위험성도 증대한다.</p>
	<p>(3) <u>저장 및 취급 방법</u></p> <p>① 화염, 불꽃 등 점화원의 엄금, 가열, 충격, 마찰, 타격 등을 피한다.</p> <p>② 강산화제, 강산류, 기타 물질이 혼입되지 않도록 한다.</p> <p>③ 소분하여 저장하고 용기의 파손 및 위험물의 누출을 방지한다.</p> <p>④ 통풍이 잘 되는 냉암소 등에 저장할 것</p> <p>⑤ 용기는 밀전 밀봉하고 운반 용기 및 포장 외부에는 '화기엄금', '충격주의' 등의 주의 사항을 게시할 것</p>
	<p>(4) <u>소화방법</u></p> <p>대량의 주수 소화가 효과적이다.</p>

■ 제6류 위험물

류별	성질	품명	위험등급	지정수량	
제 6 류	산화성 액체	1. 과염소산, 과산화수소, 질산	I	300kg	
		2. 그 밖의 행정안전부령 이 정하는 것	할로겐간 화합물(BrF_3 , IF_5 등)	I	300kg
		3. 제1호 내지 제2호의 1에 해당하는 어느 하나 이상을 함유한 것		I	300kg

구분	공통 성질 및 저장, 취급시 유의 사항
제6류 위험물	<p>(1) <u>공통 성질</u></p> <p>① 불연성 물질로서 강산화제이며, 다른 물질의 연소를 돕는 조연성 물질이다.</p> <p>② 무색투명하며 비중은 1보다 크고, 표준상태에서는 모두가 액체이다.</p> <p>③ 강산성의 액체이다. [과산화수소(H_2O_2)는 제외]</p> <p>④ 물에 잘 녹고 물과 접촉하면 발열한다.</p> <p>⑤ 가연물과 유기물 등과의 혼합으로 발화한다.</p> <p>⑥ 증기는 유독하며 피부와 접촉시 점막을 부식시킨다. [과산화수소(H_2O_2)는 제외]</p>
	<p>(2) <u>위험성</u></p> <p>① 자신은 불연성 물질이지만 산화성이 커 다른 물질의 연소를 돕는다.</p> <p>② 강산화제, 일반 가연물과 혼합한 것은 접촉발화하거나 가열 등에 의해 위험한 상태로 된다.</p> <p>③ 과산화수소를 제외하고 물과 접촉하면 심하게 발열한다.</p>
	<p>(3) <u>저장 및 취급 방법</u></p> <p>① 염, 물, 직사광선 차단, 유기물, 가연물 및 산화제와의 접촉을 피해야 한다.</p> <p>② 저장용기는 내산성 용기를 사용하며, 흡습성이 강하므로 용기는 밀전, 밀봉하여 액체에 누설되지 않도록 한다.</p> <p>③ 증기는 유독하므로 취급시에는 보호구를 착용한다.</p>
	<p>(4) <u>소화방법</u></p> <p>① 주수소화가 적합하나 다량의 물로 희석하여 사용한다.</p> <p>② 건조사나 인산염류의 분말 등을 사용한다.</p> <p>③ 과산화수소는 양의 대소에 관계없이 다량의 물로 희석한다.</p>

▣ 위험물의 종류 및 화학식

① 제1류 위험물

품명	화학식의 종류		
아염소산염류 (지정수량 50kg)	① 아염소산칼륨($KClO_2$)		② 아염소산나트륨($NaClO_2$, 아염소산소다)
염소산염류 (지정수량 50kg)	① 염소산칼륨($KClO_3$, 염소산칼리, 클로로산칼리)		
	② 염소산나트륨($NaClO_3$, 염소산소다, 클로로소다, 클로로산나트륨)		
	③ 염소산암모늄(NH_4ClO_3)	④ 염소산칼슘($Ca(ClO_3)_2$)	⑤ 염소산은($AgClO_3$)
	⑥ 염소산납($Pb(ClO_3)_2 \cdot H_2O$)	⑦ 염소산아연($Zn(ClO_3)_2$)	⑧ 염소산바륨($Ba(ClO_3)_2$)
	⑨ 염소산스트론튬($Sr(ClO_3)_2$)		
과염소산염류 (지정수량 50kg)	① 과염소산칼륨($KClO_4$, 과염소산칼리)		② 과염소산나트륨($NaClO_4$, 과염소산소다)
	③ 과염소산암모늄(NH_4ClO_4 , 과염소산암몬)	④ 과염소산마그네슘($Mg(ClO_4)_2$)	
무기과산화물 (지정수량 50kg)	① 과산화칼륨(K_2O_2 , 과산화칼리, 이산화칼리)		
	② 과산화나트륨(Na_2O_2 , 과산화소다)	③ 과산화리튬(Li_2O_2)	④ 과산화세슘(Cs_2O_2)
	⑤ 과산화마그네슘(MgO_2)	⑥ 과산화칼슘(CaO_2)	⑦ 과산화바륨(BaO_2)
브롬산염류 (지정수량 300kg)	① 브롬산칼륨($KBrO_3$)		② 브롬산나트륨($NaBrO_3$)
	③ 브롬산아연($Zn(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$)		④ 브롬산바륨($Ba(BrO_3)_2 \cdot H_2O$)
	⑤ 브롬산마그네슘($Mg(BrO_3) \cdot H_2O$)		⑥ 브롬산암모늄(NH_4BrO_3)
	⑦ 브롬산납($Pb(BrO_3)_2 \cdot H_2O$)		⑧ 브롬산은($AgBrO_3$)
질산염류 (지정수량 300kg)	① 질산칼륨(KNO_3 , 질산칼리, 초석)		② 질산나트륨($NaNO_3$, 질레초석, 질산소다)
	③ 질산암모늄(NH_4NO_3 , 초안·질안, 질산암몬)		④ 질산리튬($LiNO_3$)
	⑤ 질산마그네슘($Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)		
요오드산염류 (지정수량 300kg)	① 옥소산칼륨(KIO_3)	② 옥소산나트륨($NaIO_3$)	③ 옥소산암모늄(NH_4IO_3)
	④ 옥소산아연($Zn(IO_3)_2$)	⑤ 옥소산은($AgIO_3$)	⑥ 옥소산바륨($Ba(IO_3)_2$)
	⑦ 옥소산마그네슘($Mg(IO_3)_2$)		⑧ 옥소산칼슘($Ca(IO_3)_2$)
과망간산염류 (지정수량 1,000kg)	① 과망간산칼륨($KMnO_4$, 카멜레온, 과망간산칼리)		
	② 과망간산나트륨($NaMnO_4 \cdot 3H_2O$, 과망간산소다)		
중크롬산염류 (지정수량 1,000kg)	① 중크롬산칼륨($K_2Cr_2O_7$)		② 중크롬산나트륨($Na_2Cr_2O_7$)
	③ 중크롬산암모늄($(NH_4)_2Cr_2O_7$)		④ 중크롬산아연($ZnCr_2O_7 \cdot 3H_2O$)
	⑤ 중크롬산칼슘($CaCr_2O_7$)		⑥ 중크롬산납($PbCr_2O_7$)
	⑦ 중크롬산제이철($Fe_2(Cr_2O_7)_3$)		
과요오드산염류	① 과요오드산칼륨(KIO_4)		② 과요오드산나트륨($NaIO_4$)
과요오드산	* 과요오드산(HIO_4)		
크롬, 납 요오드의 산화물	① 무수크롬산(CrO_3 , 삼산화크롬)	② 이산화납(PbO_2)	③ 사산화삼납(Pb_3O_4)
아질산염류	① 아질산칼륨(KNO_2)		② 아질산나트륨($NaNO_2$)
	③ 아질산암모늄(NH_4NO_2)		④ 아질산은($AgNO_2$)
퍼옥소이황산염류	① 과산화이황산칼륨($K_2S_2O_8$)		② 과산화이황산나트륨($Na_2S_2O_8$)
	③ 과산화이황산암모늄($(NH_4)_2S_2O_8$)		
염소화이소시아눌산	* 염소화이소시아눌산($OCNClONClONCl$)		

② 제2류 위험물

품명	화학식의 종류		
황화린 (지정수량 100kg)	① 삼황화인(P_4S_3)	② 오황화인($P_2S_5(P_4S_{10})$)	③ 칠황화인(P_4S_7)
적린 (지정수량 100kg)	적린(P, 붉은인)	<ul style="list-style-type: none"> • $6P + 5KClO_3 \rightarrow 5KCl + 3P_2O_5 \uparrow$ • $P_4 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 \uparrow$ 	
유황 (지정수량 100kg)	유황(S)	<ul style="list-style-type: none"> • $H_2 + S \rightarrow H_2S \uparrow + \text{발열}$ • $Fe + S \rightarrow FeS + \text{발열}$ • $Cl_2 + S \rightarrow S_2Cl_2 + \text{발열}$ • $C + 2S \rightarrow CS_2 + \text{발열}$ 	
철분 (지정수량 500kg)	철분(Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$ • $2Fe + 3Br_2 \rightarrow 2FeBr_3 + Q(kcal)$ 	
금속분 (지정수량 500kg)	① 알루미늄분(Al)	② 아연분(Zn)	③ 티탄(티타늄)분(Ti)
마그네슘분 (지정수량 500kg)	마그네슘분(Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO + 2 \times 143.7kcal$ • $2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C$ • $Mg + CO_2 \rightarrow MgO + CO \uparrow$ <p>(CO₂질식성 가스와 연소시에는 유독성인 CO 가스를 발생한다.)</p>	
인화성 고체 (지정수량 1,000kg)	① 고형알코올	② 메타알데히드[(CH ₃ CHO) ₄]	③ 제삼부틸알코올[(CH ₃) ₃ COH]
	④ 락카퍼티	⑤ 고무풀	

③ 제3류 위험물

품명	화학식의 종류				
칼륨 (지정수량 10kg)	금속칼륨(K)	<ul style="list-style-type: none"> • $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2 \uparrow \times 92.8kcal$ • $2K + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5OK + H_2 \uparrow$ 			
나트륨 (지정수량 50kg)	금속나트륨(Na)	<ul style="list-style-type: none"> • $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 \uparrow \times 88.2kcal$ • $2Na + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2 \uparrow$ 			
알킬알루미늄 (지정수량 10kg)	① 트리메틸알루미늄[TMAL, $(CH_3)_3Al$]		② 트리에틸알루미늄[TEAL, $(C_2H_5)_3Al$]		
	③ 트리프로필알루미늄[TNPA, $(C_3H_7)_3Al$]				
	④ 트리아이소부틸알루미늄[TIBAL, $iso-(C_4H_9)_3Al$]				
	⑤ 에틸알루미늄디클로로라이드(EDAC, $C_2H_5AlCl_2$)				
	⑥ 디에틸알루미늄하이드라이드[DEAH, $(C_2H_5)_2AlH$]				
	⑦ 디에틸알루미늄클로라이드[DEAC, $(C_2H_5)_2AlCl$]				
	알킬리튬 (지정수량 10kg)	알킬기(C_nH_{m+2}) + 리튬(Li)의 유기금속화합물 (RLi)			
① 메틸리튬(CH_3Li)		② 에틸리튬(C_2H_5Li)	③ 부틸리튬(C_4H_9Li)		
황린 (지정수량 20kg)	황린(P_4 , 백린)	<ul style="list-style-type: none"> • $2P_2O_5 + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$ • $P_4 + 3KOH + H_2O \rightarrow PH_3 \uparrow + 3KH_2PO_2 \uparrow$ 			
알칼리금속 (지정수량 50kg)	① 리튬(Li)	② 루비늄(Rb)	③ 세슘(Cs)	④ 프란슘(Fr)	
	(단, 칼륨, 나트륨 제외)				
알칼리토금속 (지정수량 50kg)	① 베릴륨(Be)	② 칼슘(Ca)	③ 스트론튬(Sr)	④ 바륨(Ba) ⑤ 라듐(Re)	
	(단, 알킬알루미늄 및 알킬리튬 제외)				
유기금속화합물 (지정수량 50kg)	① 디에틸텔루륨[$Te(C_2H_5)_2$]	② 디메틸텔루륨[$Te(CH_3)_2$]	③ 디에틸아연[$Zn(C_2H_5)_2$]		
	④ 디메틸아연[$Zn(CH_3)_2$]	⑤ 사에틸연[$(C_2H_5)_4Pb$]		⑥ 디메틸카드뮴[$(CH_3)_2Cd$]	
	⑦ 디에틸카드뮴[$(C_2H_5)_2Cd$]	⑧ 트리메틸칼륨[$(CH_3)_3K$]	⑨ 트리에틸갈륨[$(C_2H_5)_3Ga$]		
	⑩ 트리메틸인듐[$(CH_3)_3In$]	⑪ 트리에틸인듐[$(C_2H_5)_3In$]		⑫ 디메틸주석[$(CH_3)_4Sn$]	
	① 수소화리튬(LiH)		② 수소화나트륨(NaH)		
	③ 수소화칼슘(CaH_2)		④ 수소화알루미늄리튬[$Li(AlH)_4$]		
금속의인화합물 (지정수량 300kg)	① 인화칼슘(Ca_3P_2 , 인화석회)		<ul style="list-style-type: none"> • $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3 \uparrow$ • $Ca_3P_2 + 6HCl \rightarrow 3CaCl_2 + 2PH_3 \uparrow$ 		
	② 인화알루미늄(AIP)		③ 인화아연(ZnP_2)		
	① 탄화칼슘(CaC_2 , 카바이드, 탄화석회, 칼슘아세틸라이드)				
칼슘 또는 알루미늄의 탄화물 (지정수량 300kg)	② 탄화알루미늄(Al_4C_3)				
	① Li_2C_2 , Na_2C_2 , K_2C_2 , MgC_2 , CaC_2 (물과 반응시 아세틸렌 가스 발생)				
	② Be_2C , AlC_3 (물과 반응시 메탄가스 발생)				
기타 금속탄화물 (지정수량 300kg)	③ Mn_3C (물과 반응시 메탄과 수소가스 발생)				
	① 트리클로로실란		② 클로로실란(SiH_2Cl)		
염소화규소 화합물 (지정수량 300kg)					

④ 제4류 위험물

품명	화학식의 종류				
특수 인화물류 (지정수량 50L)	① 디에틸에테르($C_2H_5OC_2H_5$, 산화에틸, 에테르, 에틸에테르)				
	② 이황화탄소(CS_2)				
	③ 아세트알데히드(CH_3CHO , 알데히드, 초산알데히드)				
	④ 산화프로필렌(CH_3CHCH_2 , 프로필렌옥사이드)				
	⑤ 이소프로필아민[(CH_3) ₂ CHNH ₂]		⑥ 펜타보란(B_5H_9)		
	⑦ 이소프렌($CH_2=C(CH_3)CH=CH_2$)		⑧ 황화디메틸[(CH_3) ₂ S, 디메틸설파이드, DMS]		
	⑨ 이소펜탄 : 인화점 $-51[^\circ C]$		⑩ 비닐에테르[($CH_2=CH$) ₂ O]		
제1석유류	① 아세톤(CH_3COCH_3 , 디메틸케톤, 2-프로판논, 수)		② 휘발유($C_5H_{12} \sim C_9H_{20}$, 가솔린, 비)		
	③ 벤젠(C_6H_6 , , 벤졸, 페닐하이드로라이드, 비)		④ 톨루엔($C_6H_5CH_3$, 톨루올, 비)		
	⑤ 메틸에틸케톤(MEK, $CH_3COC_2H_5$, 비)		⑥ 콜로디온	⑦ 피리딘(C_5H_5N , 아딘, 수)	
	⑧ 노르말-헥산($CH_3(CH_2)_4CH_3$, 비)				
	⑩ 아세토니트릴(CH_3CN , 수)		⑪ 아크릴로니트릴($CH_2=CHCN$, 비)		
	⑫ 초산메틸(CH_3COOCH_3 , 비)		⑬ 초산에틸($CH_3COOC_2H_5$, 비)		
	⑭ 정초산프로필($CH_3COOC_3H_7$, 비)		⑮ 시클로헥산(C_6H_{12})		
	⑯ 의산메틸($HCOOCH_3$, 비)		⑰ 의산에틸($HCOOC_2H_5$, 비)		
알코올류 (수용성 액체)	① 메틸알코올(CH_3OH , 메탄올, 목정)		② 에틸알코올(C_2H_5OH , 에탄올, 주정)		
	③ 프로필알코올($CH_3(CH_2)_2OH$)		④ 이소프로필알코올[(CH_3) ₂ CHOH]		
	⑤ 변성알코올				
제2석유류	① 등유(케로신 / 비)	② 경유(디젤유 / 비)	③ 의산($HCOOH$, 개미산, 포름산 / 수)		
	④ 초산(CH_3COOH , 아세트산, 빙초산 / 수)		⑤ 아크릴산($CH_2=CHCOOH$)		
	⑥ 크실렌[($C_6H_4(CH_3)_2$, 비)]		⑦ 테레핀유(송정유, 탄펜유 / 비)		
	⑧ 스틸렌($C_6H_5CH=CH_2$, 비닐벤젠 / 비)		⑨ 부틸알코올(C_4H_9OH)		
	⑩ 클로로벤젠(C_6H_5Cl , 염화페닐 / 비)		⑪ 송근유(비), 장뇌유($C_{10}H_{16}O$ / 비)		
	⑫ 메틸셀르솔브($CH_3OCH_2CH_2OH$ / 수)		⑬ 에틸셀르솔브($C_2H_5OCH_2CH_2OH$ / 수)		
	⑭ 아밀알코올($C_5H_{11}OH$, 펜탄올)		⑮ 히드라진(N_2H_4)		
제3석유류	① 중유(직류중유, 분해중유 / 비)				
	② 크레오소트유(타르유, 액체피치유, 콜타르크레오소트유 / 비)				
	③ 에틸렌글리콜[$C_2H_4(OH)_2$, 글리콜, 1,2-에탄디올 / 수]				
	④ 글리세린[$C_3H_5(OH)_3$, 감유, 글리세롤, 글리실알코올, 리스린 / 수]				
	⑤ 아닐린($C_6H_5NH_2$, 페닐아민, 아미노벤젠, 아닐린오일 / 비)				
	⑥ 니트로벤젠($C_6H_5NO_2$, 니트로벤졸 / 비)		⑦ 니트로톨루엔[$NO_2(C_6H_4)CH_3$ / 비]		
	⑧ 염화벤조일[(C_6H_5)COCl]		⑨ 메타크레졸($C_6H_4CH_3OH$)	⑩ 담금질유 (냉각용 기름)	
	⑪ 페닐히드라진($C_6H_5NHNH_2$)		⑫ 에탄올아민($NH_2CH_2CH_2OH$ / 수)		
	* 화학식 없음				
	제4석유류	① 기어유(gear oil)	② 실린더유	③ 윤활유	④ 가소제유
⑤ 전기 절연유		⑥ 절삭유	⑦ 방청유	⑧ 담금질유 (인화점 $200[^\circ C]$ 이상 $250[^\circ C]$ 미만)	
* 화학식 없음					
동·식물유류	① 건성유(해바라기유, 동유, 아마인유, 정어리기름, 들기름) [요오드값 130이상]				
	② 반건성유(채종유, 목화씨기름, 참기름, 콩기름) [요오드값 100 ~ 130]				
	③ 불건성유(야자유, 올리브유, 피마자유, 동백유) [요오드값 100이하]				

※ 비고 : 비 - 비수용성 액체 // 수 - 수용성 액체

5 제5류 위험물

품명	화학식의 종류	
유기과산화물 (지정수량 10kg)	① 과산화벤조일(C ₆ H ₅ CO) ₂ O ₂ ,  -  , 벤조일퍼옥사이드, 과벤)	
	② 과산화메틸에틸케톤[(CH ₃ COC ₂ H ₅) ₂ O ₂ , MEKPO, 메틸에틸케톤퍼옥사이드]	
	③ 과산화초산(CH ₃ COOOH)	④ 아세틸퍼옥사이드[(CH ₃ CO) ₂ O ₂]
	⑤ 호박산퍼옥사이드[(CH ₂ COOH) ₂ O ₂]	
질산에스테르류 (R-ONO ₂) (지정수량 10kg)	① 질산메틸(CH ₃ ONO ₂)	② 질산에틸(C ₂ H ₅ ONO ₂)
	③ 니트로셀룰로오스[C ₂₄ H ₂₉ O ₉ (ONO ₂) ₁₁ = [C ₆ H ₇ O ₂ (ONO ₂) ₃] _n , NC, 질화면, 질산섬유소]	
	④ 셀룰로이드	⑤ 니트로글리세린[C ₃ H ₅ (ONO ₂) ₃]
	⑥ 니트로글리콜[C ₂ H ₄ (ONO ₂) ₂]	⑦ 펜트리트[C(CH ₂ NO ₃) ₄ , 페틴]
니트로화합물 (R-NO ₂) (지정수량 200kg)	① 트리니트로톨루엔[TNT, C ₆ H ₂ CH ₃ (NO ₂) ₃]	
	② 트리니트로페놀[TNP, 피크린산, C ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ OH]	
	③ 테트리[C ₆ H ₂ (NO ₂) ₄ NCH ₃]	④ 헥소겐[(CH ₂ NNO ₂) ₃]
	⑤ 디니트로벤젠[DBN, C ₆ H ₄ (NO ₂) ₂]	⑥ 디니트로톨루엔[DNT, C ₆ H ₃ CH ₃ (NO ₂) ₂]
	⑦ 디니트로페놀[C ₆ H ₃ OH(NO ₂) ₂]	
니트로소화합물 (R-NO) (지정수량 200kg)	① 파라 디니트로소 벤젠[C ₆ H ₄ (NO) ₂]	② 디니트로소 레조르신[C ₆ H ₂ (OH) ₂ (NO) ₂]
	③ 디니트로소 펜타메틸렌테트라민[DPT, C ₅ H ₁₀ N ₄ (NO) ₂]	
아조 화합물 (-N=N-) (지정수량 200kg)	① 아조디카본 아마이드[DCA, H ₂ N-C-N=N-C-NH ₂ = (NH ₂ CON) ₂]	
	② 아조비스 이소부티로 니트릴[AIBN, CH ₃ -C-N=N-C-CH ₃ = CNC(CH ₃) ₂ N ₂]	
	③ 아조벤젠[C ₆ H ₅ N=NC ₆ H ₅]	
디아조 화합물 (지정수량 200kg)	① 디아조디니트로페놀(DDNP, C ₆ H ₂ ON ₂ (NO ₂) ₂)	② 디아조아세토니트릴(C ₂ HN ₃)
	③ 디아조카르복실산에스테르(N ₂ CH ₂ COO~)	④ 디아조메탄(CH ₂ N ₂)
히드라진유도체 (지정수량 200kg)	① 염산히드라진(N ₂ N ₄ · HCl)	② 황산히드라진(N ₂ N ₄ · H ₂ SO ₄)
	③ 메틸히드라진(CH ₃ NHNH ₂)	④ 디메틸히드라진[(CH ₃) ₂ NNH ₂]
	⑤ 히드라진에탄올(HOCH ₂ CH ₂ NHNH ₂)	⑥ 히드라조벤젠(C ₆ H ₅ NHHC ₆ H ₅)
히드록실아민 (지정수량 100kg)	* 히드록실아민(NH ₂ OH)	
히드록실아민염류 (지정수량 100kg)	① 황산히드록실아민[(NH ₂ OH) ₂ · H ₂ SO ₄]	② 염산히드록실아민(NH ₂ OH · HCl)
	③ 질산히드록실아민(NH ₂ OH · HNO ₃)	
금속의 아지화합물 (지정수량 200kg)	① 아지드화나트륨(NaN ₃)	② 아지드화납[Pb(N ₃) ₂]
	③ 아지드화은(AgN ₃)	
* 질산구아디닌(CH ₅ N ₃ HNO ₃) (지정수량 200kg)		

그 밖에 행정안전부령이 정하는 것

㉔ 제6류 위험물

품명	화학식의 종류	
과염소산 (지정수량 300kg)	* 과염소산(HClO_4)	
과산화수소 (지정수량 300kg)	* 과산화수소(H_2O_2)	
질산 (지정수량 300kg)	* 질산(HNO_3)	
할로젠간화합물 (지정수량 300kg)	① 삼불화브롬(BrF_3)	그 밖에 행정안전부령이 정하는 것
	② 오불화브롬(BrF_5)	
	③ 오불화요오드(IF_5)	

【위험물 관련법 참고사항】

- 위험물안전관리법 시행령 [별표 1] <개정 2017. 7. 26.> **위험물 및 지정수량**(제2조 및 제3조관련)
- 위험물안전관리법 시행규칙 [별표 19] <개정 2017. 7. 26.> **위험물의 운반에 관한 기준**(제50조관련)

▣ 위험물의 화학반응식

품명	화학반응식	
칼륨 (K)	• $4K + O_2 \rightarrow 2K_2O$ (회백색) (연소반응식)	
	• $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2 \uparrow + 92.8[kcal]$ (수소가스 발생)	
	• $4K + 3CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + C$ (연소폭발)	
	• $4K + CCl_4 \rightarrow 4KCl + C$ (폭발) • $2K + Cl_2 \rightarrow 2KCl$	
	• $2K + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5OK + H_2 \uparrow$ (칼륨에틸라이드 생성) (수소가스 발생)	
	• $2K + 2CH_3COOH \rightarrow 2CH_3COOK + H_2 \uparrow$ (아세트산과의 반응)	
	• $2K + 2NH_3 \rightarrow 2KNH_2 + H_2 \uparrow$ (칼륨아미드 생성) (암모니아와의 반응)	
나트륨 (Na)	• $4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O$ (회백색) (연소반응식)	
	• $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 \uparrow + 92.8[kcal]$	
	• $2Na + 2C_2H_5OH \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2 \uparrow$ (나트륨에틸라이드 생성)	
	• $4Na + 3CO_2 \rightarrow 2Na_2CO_3 + C \uparrow$ (연소폭발)	
	• $4Na + CCl_4 \rightarrow 4NaCl + C$ (폭발) • $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$	
인화칼슘 (Ca ₃ P ₂ , 인화석회)	• $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3 \uparrow$ (포스핀 가스 발생)	
	• $Ca_3P_2 + 6HCl \rightarrow 3CaCl_2 + 2PH_3 \uparrow$ (포스핀 가스 발생)	
	• $2PH_3 + 4O_2 \rightarrow P_2O_5 + 3H_2O$ (포스핀의 연소반응식)	
탄화칼슘 (CaC ₂ , 카바이드)	• $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2 \uparrow + 27.8[kcal]$ (아세틸렌 가스 발생)	
	• $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ (아세틸렌의 연소반응식)	
	• $CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C + 74.6[kcal]$ (석회질소 생성) (700°C 이상에서 반응)	
	• $C_2H_2 + 2Ag \rightarrow Ag_2C_2 + H_2 \uparrow$ (은아세틸라이드 : 폭발물질) (금속과의 반응)	
탄화알루미늄 (Al ₄ C ₃)	• $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4 \uparrow + 360[kcal]$ (메탄가스 발생)	
황화린	삼황화린(P ₄ S ₃)	• $P_4S_3 + 8O_2 \rightarrow 2P_2O_5 + 3SO_2 \uparrow$ (연소반응식)
	오황화린 [P ₂ S ₅ (P ₄ S ₁₀)]	• $2P_2S_5 + 15O_2 \rightarrow 2P_2O_5 + 10SO_2 \uparrow$ (아황산가스 발생)
		• $P_2S_5 + 8H_2O \rightarrow 5H_2S + 2H_3PO_4 \uparrow$ (황화수소 발생)
		• $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O \uparrow$ (아황산가스 발생)
적린 (P, 붉은인)	• $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$ (적린의 연소반응식) [오산화인(인산무수물) 생성]	
	• $6P + 5KClO_3 \rightarrow 5KCl + 3P_2O_5$	
황린 (P ₄ , 백린)	• $P_4 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 + 2 \times 370.8[kcal]$ (오산화인의 흰 연기 발생) (260°C 가열)	
	• $P_4 + 3KOH + H_2O \rightarrow PH_3 \uparrow + 3KH_2PO_2$ (포스핀 가스 발생)	
유황 (S, 황)	• $S + O_2 \rightarrow SO_2$ (연소반응식) (유독한 아황산가스 발생)	
	• $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$	
트리메틸알루미늄 (TMAL, (CH ₃) ₃ Al)	• $2(CH_3)_3Al + 12O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 9H_2O + 6CO_2 \uparrow$ (공기와의 반응식)	
	• $(CH_3)_3Al + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3CH_4 \uparrow$ (물과의 반응식) (메탄가스 발생)	
	• $(CH_3)_3Al + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3CH_4 \uparrow$ (염산과 반응) (메탄가스 발생)	
트리에틸알루미늄 (TEAL, (C ₂ H ₅) ₃ Al)	• $2(C_2H_5)_3Al \rightarrow 2Al + 3H_2 + 6C_2H_4$ (에틸렌) (폭발분해반응식) (200°C에서 반응)	
	• $2(C_2H_5)_3Al + 21O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 15H_2O + 12CO_2 \uparrow$ (공기와의 반응식)	
	• $(C_2H_5)_3Al + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3C_2H_6 \uparrow$ (물과의 반응식) (에탄가스 발생)	
	• $(C_2H_5)_3Al + 3Cl_2 \rightarrow AlCl_3 + 3C_2H_5Cl \uparrow$ (염소와의 반응)	
	• $(C_2H_5)_3Al + 3CH_3OH \rightarrow Al(CH_3O)_3 + 3C_2H_6$ (알루미늄메틸레이트 생성)	

▣ 위험물의 화학반응식 (1)

품명	화학반응식
칼슘 (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (소석회 생성) (수소가스 발생)
마그네슘 (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{Q}[\text{kcal}]$ (연소반응식) • $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (수소가스 발생) • $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ (질화마그네슘 생성) (고온에서 질소와 반응)
알루미늄(분) (Al)	<ul style="list-style-type: none"> • $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ (수소가스 발생) • $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ (수소가스 발생) • $2\text{Al} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$ (알루미늄산칼륨 생성) (수소가스 발생) • $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$ (수소가스 발생) • $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$ (테르밋 반응)
아연(분) (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ (수소가스 발생) (온수, 산, 알칼리 반응 시) • $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ • $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ • $\text{Zn} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} + \text{H}_2$
철분 (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ (연소반응식) (산화제2철 생성) (= $2\text{Fe} + 1.5\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$) • $2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$ (삼산화이철 생성) • $2\text{Fe} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2$ (염화제2철 생성) (수소가스 발생)
메틸알코올 (CH_3OH , 메탄올, 목정)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{CH}_3\text{OH} + 1.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (연소반응식) • $\text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCHO} \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ (메틸알코올의 산화, 환원반응식) [1차 생성물 : 포름알데이드(포름알린, HCHO) // 2차 생성물 : 포름산(개미산, 의산, HCOOH)]
에틸알코올 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 에탄올, 주정)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ (아세트산과의 반응) • $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}$ (에틸알코올의 산화, 환원반응식) [1차 생성물 : 아세트알데이드(CH_3CHO) // 2차 생성물 : 초산(아세트산, CH_3COOH)]
과망간산칼륨 (KMnO_4 , 카멜레온)	<ul style="list-style-type: none"> • $2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식) • $4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{MnSO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \uparrow$ • $2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HMnO}_4$ • $4\text{KMnO}_4 + 12\text{HCl} \rightarrow 4\text{KCl} + 4\text{MnCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \uparrow$
과염소산칼륨 (KClO_4)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + 2\text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)
니트로글리세린 [$\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$, NG]	<ul style="list-style-type: none"> • $4\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 \rightarrow 12\text{CO}_2 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O} + 6\text{N}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)
의산메틸 (HCOOCH_3)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{HCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{HCOOH}$ (메틸알코올과 포름산 생성)
의산에틸 (HCOOC_2H_5)	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{HCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HCOOH}$ (메틸알코올과 포름산 생성)

▣ 위험물의 화학반응식 (2)

품명	화학반응식
과산화칼륨 (K ₂ O ₂ , 과산화칼리)	• 2K ₂ O ₂ → 2K ₂ O + O ₂ ↑ (분해반응식)
	• 2K ₂ O ₂ + 2H ₂ O → 4KOH + O ₂ ↑ + 발열 (산소 가스 발생)
	• 2K ₂ O ₂ + 2CO ₂ → 2K ₂ CO ₃ + O ₂ ↑
	• K ₂ O ₂ + 2HCl → 2KCl + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
	• K ₂ O ₂ + H ₂ SO ₄ → K ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
	• K ₂ O ₂ + 2CH ₃ COOH → 2CH ₃ COOK + H ₂ O ₂ (아세트산과의 반응)
과산화나트륨 (Na ₂ O ₂ , 과산화소다)	• 2Na ₂ O ₂ → 2Na ₂ O + O ₂ ↑ (분해반응식)
	• 2Na ₂ O ₂ + 2H ₂ O → 4NaOH + O ₂ ↑ + 발열 (산소 가스 발생)
	• 2Na ₂ O ₂ + 2CO ₂ → 2Na ₂ CO ₃ + O ₂ ↑
	• Na ₂ O ₂ + 2HCl → 2NaCl + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
	• Na ₂ O ₂ + 2CH ₃ COOH → 2CH ₃ COONa + H ₂ O ₂ (아세트산과의 반응)
과산화바륨 (BaO ₂)	• 2BaO ₂ → 2BaO + O ₂ ↑ (분해반응식)
	• 2BaO ₂ + 2H ₂ O → 2Ba(OH) ₂ + O ₂ ↑ + 발열 (산소 가스 발생)
	• BaO ₂ + 2HCl → BaCl ₂ + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
	• BaO ₂ + H ₂ SO ₄ → BaSO ₄ + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
과산화마그네슘 (MgO ₂)	• 2MgO ₂ → 2MgO + O ₂ ↑ (분해반응식)
	• 2MgO ₂ + 2H ₂ O → 2Mg(OH) ₂ + O ₂ ↑ + 발열 (산소 가스 발생)
	• MgO ₂ + 2HCl → MgCl ₂ + H ₂ O ₂ ↑ (과산화수소 생성)
이황화탄소 (CS ₂)	• CS ₂ + 3O ₂ → CO ₂ + 2SO ₂ ↑ (연소반응식) (아황산가스 발생)
	• CS ₂ + 2H ₂ O → CO ₂ + 2H ₂ S ↑ (황화수소 발생) (150°C)
아세트알데히드 (CH ₃ CHO, 알데히드)	• CH ₃ COOH + 2O ₂ → 2CO ₂ + 2H ₂ O (초산의 연소반응식)
	• CH ₃ CHO + 2Ag(NO ₃)OH → CH ₃ COOH + 2Ag + 4NH ₃ + H ₂ O [은거울 반응 : 암모니아성 질산은 용액 → 카르복시산(초산) 생성]
트리니트로톨루엔 [TNT, C ₆ H ₂ CH ₃ (NO ₂) ₃]	• 2C ₆ H ₂ CH ₃ (NO ₂) ₃ → 2C + 3N ₂ ↑ + 5H ₂ ↑ + 12CO ↑ (분해반응식)
	$\text{C-H}_2\text{SO}_4$ (⊕+상중 CH ₃) + 3HNO ₃ → (⊕+좌상 O ₂ N, 우상 NO ₂ , 하중 NO ₂) + 3H ₂ O 니트로화
트리니트로페놀 (TNP, 피크린산) [C ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ OH]	• 2C ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ OH → 2C + 3N ₂ ↑ + 5H ₂ ↑ + 4CO ₂ ↑ + 6CO ↑ (분해반응식)
	$\text{C-H}_2\text{SO}_4$ (⊕+상중 OH) + 3HNO ₃ → (⊕+좌상 O ₂ N, 우상 NO ₂ , 하중 NO ₂) + 3H ₂ O
벤젠 (C ₆ H ₆ , ⬡ 벤졸)	• C ₆ H ₆ + 7.5O ₂ → 6CO ₂ + 3H ₂ O (연소반응식)
클로로벤젠 (C ₆ H ₅ Cl, 염화페닐)	• C ₆ H ₅ Cl + 7O ₂ → 6CO ₂ + 2H ₂ O + HCl (연소반응식) (염화수소가스 발생)

▣ 위험물의 화학반응식 (3)

품명	화학반응식	
과산화칼슘 (CaO ₂)	• $2\text{CaO}_2 \rightarrow 2\text{CaO} + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)	
	• $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \uparrow + \text{발열}$ (산소 가스 발생)	
	• $\text{CaO}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \uparrow$ (과산화수소 생성)	
아염소산나트륨 (NaClO ₂ , 아염소산소다)	• $3\text{NaClO}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow 3\text{NaCl} + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \uparrow$ (이산화염소 유독 가스 발생)	
염소산나트륨 (NaClO ₃)	• $2\text{NaClO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식) (아황산가스 발생)	
	• $2\text{NaClO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \uparrow$ (이산화염소 유독 가스 발생)	
질산칼륨 (KNO ₃ , 초석)	• $2\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)	
질산나트륨 (NaNO ₃ , 칠레초석)	• $2\text{NaNO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)	
질산암모늄 (NH ₄ NO ₃ , 초안·질안)	• $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ (분해반응식) (260°C)	
	• $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ (폭발반응식)	
질산은 (AgNO ₃)	• $2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$ (분해반응식)	
질산 (HNO ₃)	• $4\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ (분해반응식)	
과산화수소 (H ₂ O ₂)	• $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + [\text{O}]$ (분해반응식)	
	• $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (분해반응식) (정촉매: MnO ₂ , KI)	
	• $2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (히드라진과 혼촉 분해)	
탄화베릴륨 (Be ₂ C)	• $\text{Be}_2\text{C} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{CH}_4 \uparrow$ (메탄가스 발생)	
수소화나트륨 (NaH)	• $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ (수산화나트륨 생성) (물과 반응 시)	
강화액소화기의 화학반응식	• $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$	
분말소화약제의 열분해반응식	• $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1차 270°C) • $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2차 850°C)	탄산수소나트륨 (NaHCO ₃)
	• $2\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1차 190°C) • $2\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2차 590°C)	탄산수소칼륨 (KHCO ₃)
	• $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ (인산=오르토인산)(190°C) • $2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (피로인산) (215°C) • $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{HPO}_3$ (메타인산) (300°C)	인산암모늄 (NH ₄ H ₂ PO ₄)
	• $2\text{KHCO}_3 + (\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{CO}_2 \uparrow$	탄산수소칼륨+요소 (KHCO ₃ + (NH ₂) ₂ CO)