

산업폐기물의 자원화를 위한 화학적 해설

〈폐산·폐알카리 편〉

〈4〉



朴在柱

〈환경관리공단 기술이사〉

전자산업에서는 부품장착의 합리화와 신뢰성향상을 위해 프린트기판을 사용하였다. 이 프린트기판의 금속 에칭레지스트로써 혹은 부품 납의 집착성을 양호하게 하기 위해 납도금이 행해진다. 납이나 주석의 화합물은 물에 용해되는 것이 적으므로 특수한 화합물에 의해 납땜 도금을 행할 필요가 있다. 붕산을 불산에 녹이면 붕불산이라는 강산이 얻어진다. 이 산의 연균과 주석염의 혼합수용액에서 전기도금을 하면 납과 주석의 합금이 전착하여 도금이 된다.

이러한 혼합수용액도 많이 사용하면 불순물이 축적되어 폐산으로 된다. 이 폐산중에는 불산이외에 유해물질인 철이 함유되어 있기

환경관리인. 1993. 5

$$\begin{matrix} \text{H}_3\text{BO}_3 & + & 4\text{HF} & \longrightarrow & \text{HBF}_4 & + & 3\text{H}_2\text{O} \\ \text{붕산} & & \text{불산} & & \text{테트라플루오보산} & & \text{물} \\ & & & & \text{(붕불산)} & & \end{matrix}$$

	고 농도 용	저 농도 용
붕 불 화 식(45%)	80ml / l	60ml / l
붕 불 화 연(45%)	30ml / l	20ml / l
붕불화수질산(42%)	400ml / l	200ml / l
질 산	10g / l	
첨 가 제	20ml / l	40ml / l
첨 가 제		20g / l

땀납도금

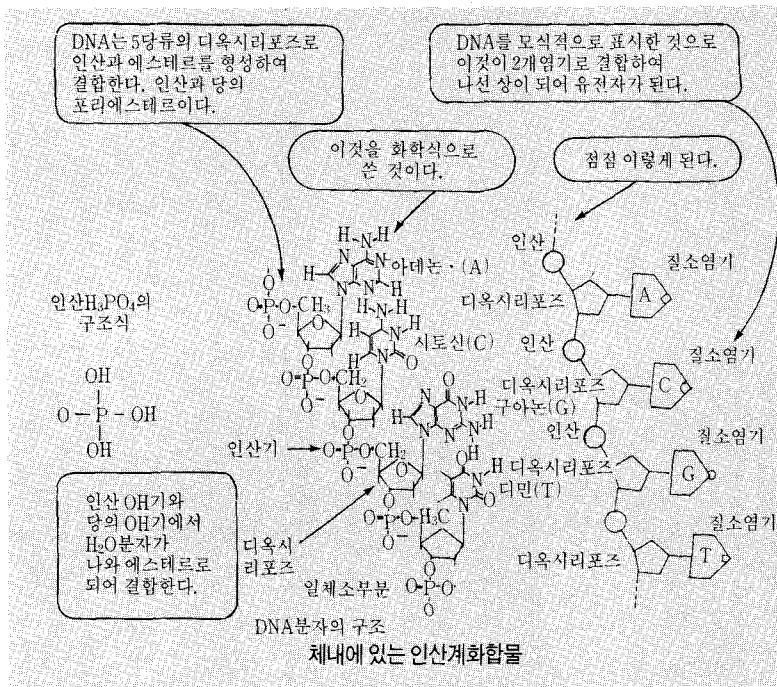
때문에 이것의 처리에 문제가 있다. 조제의 연을 전해에 이해 정제하는데 규불산을 사용한다. 조제의 금속연을 규불산중에서 전해하면 양극의 연은 규불연으로 되어 용해하여 음극에 금속연으로 되어 석출한다. 우란의 제련에도 불산이 대량으로 사용된다. 우란은 6불화우란의 상대로 농축한다. 현재는 농축된 6불화우란을 수입하여

이산화우란의 펠렛으로 가공하여 연료봉을 제조한다. 이 제조과정에서는 대량의 불화칼슘이 발생한다.

폐불산은 증류법이나 용매추출법(질산함 참조)에 의해 회수할 수 있다.

(2) 불산의 중화

불소의 화합물은 독성이 강하므로 해양투기가 규제되어 있다. 불

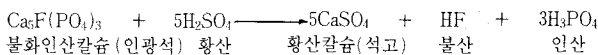


화학연마나 전해연마하는 스테인레스 가공, 도금 가공, 알마이드 가공, 등을 하는 공장에서 발생한 다. 인산은 식물의 영양이기 때문에 물이 정체하는 호나 내만에 인산이 흘러 들어가면 식물플랑크톤이 이상번식을 일으킨다. 이것이 폐쇄성 수역의 부영양화라는 현상이다. 부영양화를 방지하기 위해서는 인산염이나 질소화합물의 영양염 유입을 막아야 한다. 따라서 인산은 단순히 중화처리 만으로는 폐수를 방류 하여서는 안된다. 인산을 불용성의 화합물로 변화시켜 제거할 필요가 있다. 인산은 소석회로 중화하면 인산칼슘으로 되어 침전한다. 이때 pH를 10.5정도까지 올려야 한다. 낮은 농도의 인산근은 제2철이온이나 알루미늄이온과 반응시켜 제거한다.

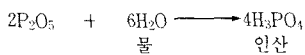
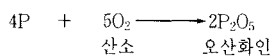
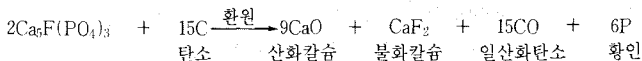
제2철이온을 사용하는 경우에는 pH를 5.5로 하고 알루미늄이온을 사용할 경우에는 pH를 6.5로 조정한다.

인산이나 인산비료의 원료인 인광석은 100% 수입에 의존하고 있다. 인광석은 연간 약 300만톤이 수입되고 있다. 또한 일본에서는 식량의 70% 가까이 수입하고 있으며 식량(가축사료를 포함)중에 함유되어 있는 인산화합물의 량도 막대한 것이다. 외국에서 반입되는 인산의 화합물은 비료제제·산업용 등 광범위하게 사용되고 있으며 회수는 거의 하지 못하고 있다. 대량의 인산염이 환경중에 축적됨으로써 호소나 내해가 부영양화 되는 것은 당연하다.

인의 폐수 규제를 어느정도 강화하여도 인을 함유한 자원의 수입은 줄지 않으므로 부영양화대책



인광석에 황산을 가해 인산을 유리시켜 불용성의 석고를 제거하는 방법이 습식법이고 얻어지는 인산의 순도는 낮다. 생성된 인산을 부탄올 등의 용매로 추출하여 정제하는 용매추출법도 있다.



인광석은 코크스(C)를 이용하여 전기로에서 환원시켜 증발되어 인을 냉각하면 황인이 얻어진다. 이 황인을 태우면 얻어지는 5산화인을 물에 용해하면 인산이 생성된다. 이 건식법이 고순도의 인을 얻는다.

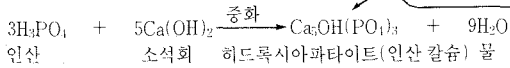
인산의 제조

산아연 등의 용액에 철을 침적시키거나 스프레이시켜 철소지의 표면에 인산의 화성피막을 만들어 방청을 겸하여 도장의 하지처리가 행해진다. 또한, 인산을 사용한 알루미늄·철스테인레스, 동 합금 등의 화학연마나 전해연마도 폐

보급되었다. 이 공정에서는 인산이나 중금속을 함유한 폐산이 발생한다. 인산도 부탄올 등의 용매를 사용하여 용매추출법에 의해, 회수가 가능하다.

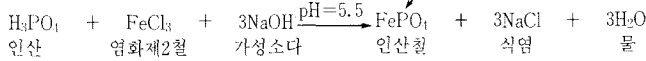
(2) 인산의 중화

인산을 함유한 폐산은 금속을



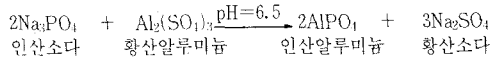
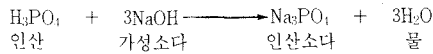
히드록시 아파타이트는 인간 등 동물 뼈의 성분이다. 이 중화반응에서는 pH를 10.5정도 까지 올리지 않으면 PO_4^{3-} 이온의 농도는 낮다.

이 불용성 침전물을 폐액에서 제거



인산이온(인산근) PO_4^{3-} 은 제2철 이온과 반응하여 불용성의 인산철을 생성한다.
인산철은 pH 5.5정도가 가장 용해도가 낮다.

이 불용성 침전물을 폐수에서 제거한다.



인산알루미늄의 용해도는 pH 6.5정도가 가장 낮다.

인산의 처리, 인산이온(인산근)의 제거

은 불에 달은 돌에 물을 끼얹는 격으로 될 것이다.

제4장 산이란 무엇인가

4.1 산의 원천 수소이온

스웨덴의 천재적 물리학자 아레나우스는 1887년 28세의 나이에 전리설을 발표하였고 이 중에서 「산은 물에 용해하여 수소이온 H^+ 이 나오는 물질이고 알카리(염기라고 말한다)는 수산이온(OH^-)이 나오는 물질이다」라고 정의하였다. 수소가스를 염소가스 중에서도 우면 염화수소 가스가 발생하는 것은 이미 합성염산에서 말하였다. 염화수소 가스는 아주 물에 잘 녹는 가스로 물에 용해하면 염산으로 된다. 염산중에는 수소원자는 마이너스의 전하를 띤 전자를 1개 염소원자에 받아 자신은 플러스의 전기를 띤 입자(수소이온)가

된다.

염소원자는 수소원자로부터 전자를 1개 받아 마이너스의 전기를 띤 입자(염소이온)로 된다. 원자나 분자가 다른 전자를 받기도 하고 다른 것로부터 전자를 받아 플러스나 마이너스로 대전된 입자를 이온이라 한다. 염화수소 가스를 물에 용해하면 발열한다. 이것은 수소이온이 물분자와 반응하여 히드로늄 이온으로 되고 수소이온에도 물이 결합하기(수화라한다) 때문에 일어난다 발열이다.

수소에서 전자 1개가 떨어져 별거승이가 된 원자핵이 수소이온이며 원 주위의 양자는 불안정하여 수용액중에서는 물 분자와 결합하여 안정한 히드로늄 이온으로 된다.

일반적으로 물의 분자와 결합하는 것을 수화라 하여 수소이온은 몇 분자의 물과 결합하게 되나 그

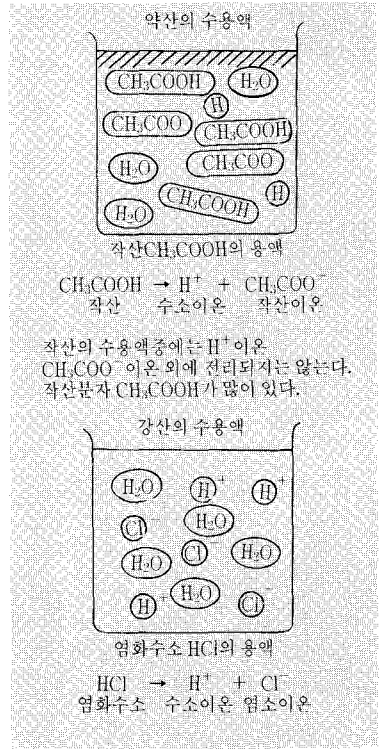
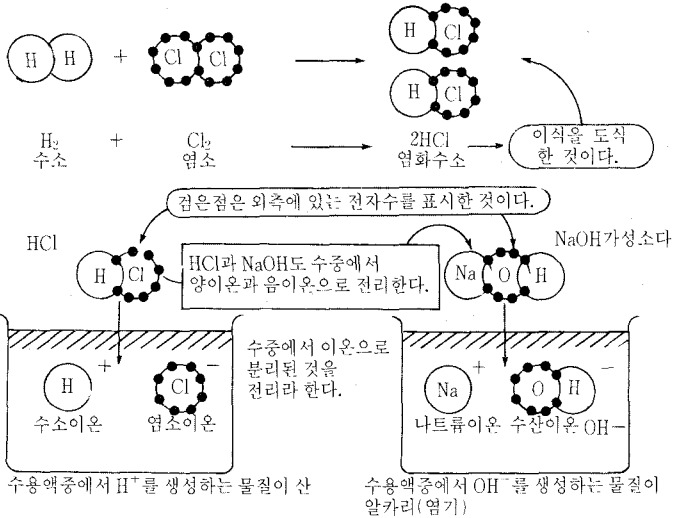
수가 몇개인지는 현재 알지는 못한다. 보통의 중화반응 등에서는 수화를 고려할 필요가 없으나 간단히 하기 위해 수소이온이라고 부르며 일일이 히드로늄 이온이나 옥시늄 이온이라고는 부르지 않는다.

수소 이온은 수소원자의 전자를 1개 잃어버린 이온이며 일반적으로 전자를 1개 잃게되어 생기는 이온은 전기적으로는 플러스로 되며 이러한 이온의 것을 플러스1가 이온이라 한다. 염소이온과 같이 전자를 1개 갖게 되는 마이너스의 전기를 띤 이온을 마이너스1가의 이온이라 한다. 플러스 이온을 양이온, 마이너스이온을 음이온이라 한다. 결정이나 수용액중에는 항상 플러스의 전하와 마이너스의 전하는 균형을 이루고 한쪽만의 이온이 많게 되지는 않는다.

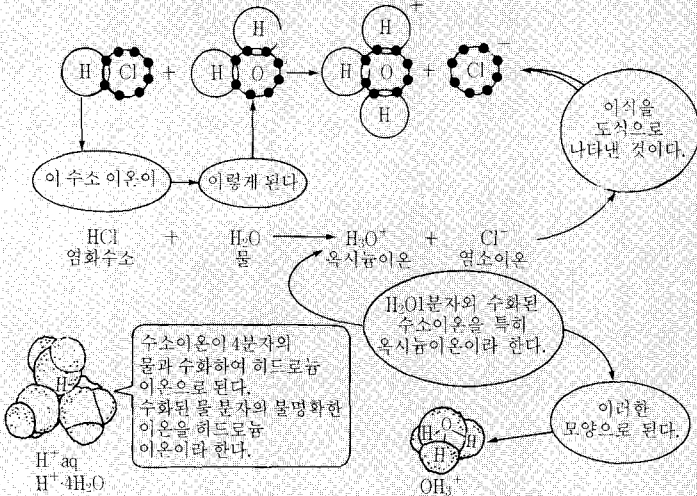
4.2 강산, 약산

산에는 염산·질산·황산과 같은 강산과 인산·불산·탄산·작산 등의 약산이 있다.

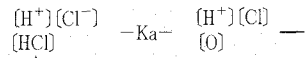
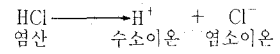
염산은 수용액에서 100% 수소이온과 염소이온으로 해리하며 염화수소의 상태에서는 용해되지 않는다. 이때문에 염산의 농도를 높이면 수소이온 농도도 높아져 염산은 강산이 된다. 작산은 물에 잘 용해되나 작산의 분자는 물에 용해되어도 일부가 수소이온과 작산이온으로만 되고 대부분은 작산 분자상태로 되며 이온으로 되지 않고 녹는다. 작산의 분자는 양이온인 수소이온과 음이온의 작산이온으로 전리하므로 수소이온 농도가 어느 정도에 도달하면 작산분자에서 수소이온과 작산이온으로



좌변과 우변의 흑환(전자)의 수는 같다



←역반응은 없다.



HCl 의 용액은 100% 전리하고 HCl 분자는 존재하지 않으므로 HCl 의 몰농도는 0이고 따라서 평형정수는 ∞ 로 된다.

평형정수 K_a 의 값은 각각의 산에 특유의 값이 있다. 약산의 K_a 의 값은 적다. 덧붙여서 HF 의 K_a 는 6.9×10^{-4} HCN 의 K_a 는 4.0×10^{-10} 이다. HCN 은 극히 약산으로 된다.

염화수소 분자가 존재하지 않는 것과 같이 계에서는 평형상태는 존재하지 않는다.

평형상태가 필때의 분자나 이온의 관계를 몰농도로 표시하며 산의 종류에 따라 각각 일정한 수치를 나타내는데 이것을 산과 평형정수 혹은 전리정수 또는 해리단수라 한다. 약산은 수소이온 농도가 적기때문에 평형정수의 식에서

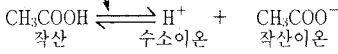
해리하는 속도와 수소이온과 약산이온이 결합하여 약산분자로 되는 속도가 동일해지며 수소이온 농도도 더이상 진행되지 않는다. 많은 독신남녀가 있는데 결혼하는 커플과 이혼하는 부부의 수가 동일하

계되면 독신남녀의 수가 변하지 않는 것과 같다.

이러한 상태를 화학 분야에서는 평형상태라 한다. 평형상태는 온도가 변하면 변화한다.

염산과 같이 100% 전리하는데

이 기호는 우변에서 진행되는 반응과 좌변에서 진행되는 반응이 같아 평형상태에 있는 것을 표시한다.



온도가 일정한 작산수용액은 작산에서 수소이온과 작산이온으로 전리하는 량과 수소이온과 작산이온이 결합하여 작산으로 되는 량이 같으므로 평형상태로 된다.

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a = 1.85 \times 10^{-5}$$

25°C에 있어 작산수용액의 평형정수, 온도가 변하면 이값도 변한다.

이 []는 몰농도 몰 / ℓ 를 표시

몰 / ℓ = mol / ℓ

몰퍼티터로 읽는다.

1ℓ 중에 수소이온이 몇몰이 녹아 있는가를 표시

원자, 분자, 이온 등이 6.02×10^{23} 개 집합되어 있는 것을 1몰이라 하고 타스는 12개의 6.02×10^{23} 개로 큰수이다. 물은 화학에서 사용하는 타스로 생각하면 좋다. 탁구공 1타스보다 골프공 1타스가 더 무겁다. 수소이온 1몰은 1g이고 초산이온 1몰은 59g이다.

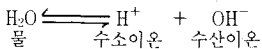
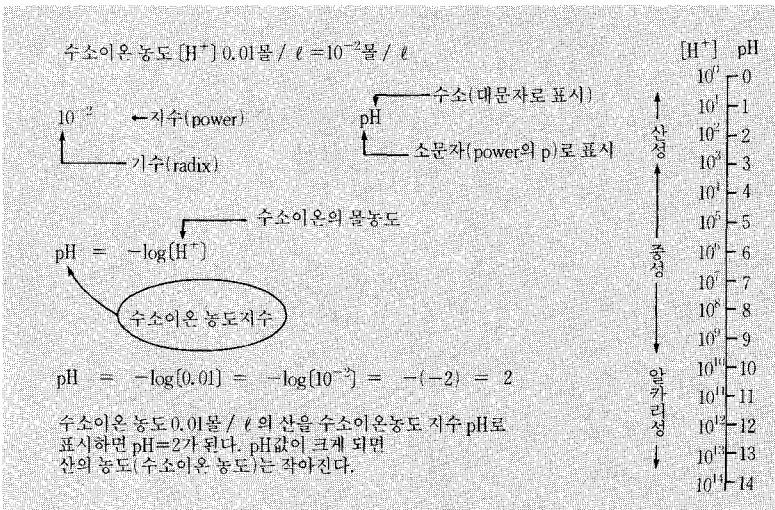
분자가 작고 분모는 크므로 평형정수는 작게 된다. 평형정수 K_a 의 값을 알면 이 산이 약산인지 강산인지 알 수 있다.

4.3 pH란 무엇인가

산의 강함은 수소이온의 농도에 의해 결정될 수 있으며 수소이온의 농도는 14항 이상 변화하기 때문에 보통의 표시법을 사용하면 숫자를 6항이나 8항까지 나열하여 쓸 필요가 있어 아주 불편하다. 이때문에 덴마크의 생화학자 세이렌센은 수소이온 농도(몰농도)를 표시하기 위한 편리한 방법으로써 수소이온 농도 지수의 마이너스 부호를 제거하여 수소이온 농도를 표시할 것을 제창하였다. 이 표시법이 현재 만국공통으로 사용하는 pH표시이다.

수소이온 농도 0.01몰 / ℓ의 산용액은 10^{-2} 몰 / ℓ 이고 이 지수는 -2이다. 이 지수에 마이너스를 빼서 정수로 한 것을 수소이온 농도 지수 pH라 한다. 이 경우 pH는 2라 한다. 피에이치는 영어이고 파-는 독일어이며 파-라고 하는 편이 쉬워 파-라고 하는 사람이 많다.

pH1과 pH2를 비교하면 수소이온의 농도는 10배의 차이가 있다. 이러한 pH는 지수이므로 농도가 1000배 달라도 pH는 3의 차이만 나게 된다. LSI 등 반도체제조공장에서는 최근 초순수를 사용한다. 순수한 물은 전기를 전혀 통하지 않는 것이 좋으나 여기에서도 극히 미량의 물분자는 수소이온과 수산이온으로 전리한다. 그러므로 이것은 평형상태가 되고 온도가 일정하게 되며 일정한 평형정



물은 극히 조금 전리한다. 수소이온(H^+)과 수산이온(OH^-)의 농도는 같다.

$[\text{H}_2\text{O}]K$ 를 K_w (물의 이온적)라 한다.

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K \cdots [\text{H}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}_2\text{O}]K = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-7} \cdots [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(10^{-7}) = -(-7) = 7$$

이래서 순수한 물의 pH는 7이된다.

수를 얻는다. 물의 경우 평형정수를 특히 물의 이온적이라 하고 kw 라 기호를 표시한다.

순수한 물에는 수소이온과 수산이온의 수가 동일하고 이 농도는 10^{-7} 몰 / ℓ 이다. 따라서 순수의 pH는 7이 된다. 순수는 pH7로 중성이다. pH7보다 낮은 경우가 산성, 7보다 높은 경우를 알칼리성이라 한다. 실제로 pH 6정도의 미산성에서는 신맛은 없다.

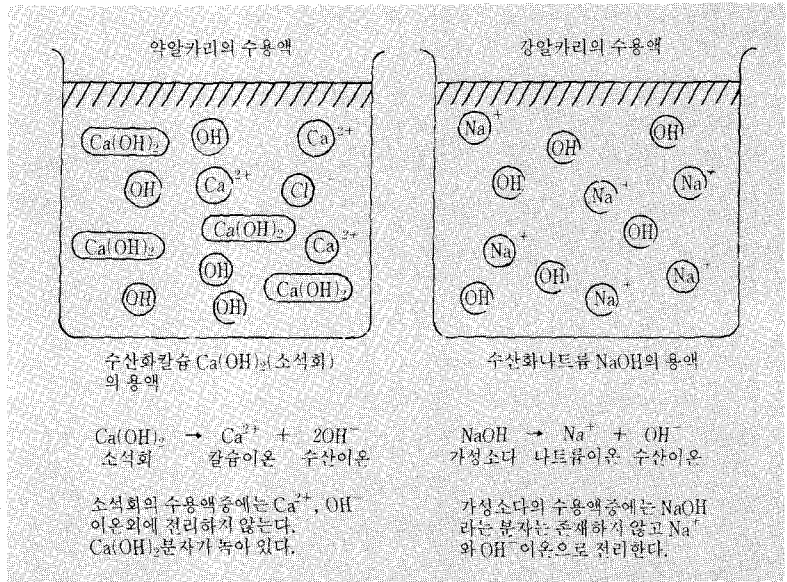
제5장 알칼리란 무엇인가

어느 레스토랑에서 음료를 주문하니 와인 알칼리성이므로 몸에 좋다고 진지하게 말하는 웨이터를 보고 놀랐다.

알칼리성 식품이 불가사의한 식품으로 인기를 얻고 있는 것은 세계가 넓다고 하여도 일본만이라 한다. 텔레비전의 요리교실의 반찬중에도 알칼리성 식품이라든가 산성식품이라고 하는 등 비과학적인 것을 득의양양하게 말하는 사람이 있다.

의무교육이 보급되어 있는 일본에서는 소학교, 중학교에서 이과교육이 이루어지고 있으며 자연과학에 대해서는 누구나 정확한 지식을 갖고 있는 데 아직도 과학의 가면을 둘러쓴 미신이 퍼져있다.

더욱이 많은 사람들은 인간대인간의 관계에는 많은 흥미를 갖고 있지만 인간과는 무관계로 존재하는 자연현상을 연구하는 자연과학 등에는 전혀 관심이 없다. 그러나 자연과학의 연구성과에 의해 풍요롭게 되고 편리하게 되는 것이 많으므로 자연과학에 대한 절대적 신뢰감을 갖고 있는 사람이 많다.



알칼리성 식품 등을 보아도 알칼리라는 것이 무엇인지도 모르고 말하는 사람이 많다. 이것은 점이 유행하는 시대의 풍조와 동일한다.

자연과학의 분야에서 사용하는 용어는 아주 엄밀하게 정의되어 있으며 카피라이터가 광고에 전문 용어로 이용하는 등 용어의 혼란을 가져온다. 화학의 용어에는 알칼리금속이온, 알칼리토금속류이온이라고 하고 알칼리이온이라고는 하지 않는다.

5.1 알칼리의 원천, 수산이온

식염수를 전기분해하면 음극에 가성소다가 생긴다. 가성소다는 나트륨이라는 금속의 수산화물로 강알칼리이다.

알칼리도 산과 같이 강알칼리와 약알칼리가 있다. 물에 용해될 때 수산이온의 농도가 높으면 강알칼리이고 농도가 낮으면 약알칼리로 되는 것은 산의 경우와 동일하다.

탄소나 인, 황산과 같이 소위 비

금속 원소를 태우면 산화물의 수용액은 산이다. 이와같이 나트륨, 칼륨, 칼슘 등의 금속원소를 태우면 산화물의 수용액은 알칼리성이다.

역으로 산화물이 알칼리로써 성질을 갖는 것이 금속원소이다. 알칼리를 일본말로 염기라고 하는 경우도 있다.

강알칼리에 속하는 물질은 그 수가 많지 않고 가성소다, 가성칼륨, 수산화리튬, 수산화바륨 등이고 이외의 수산화물은 거의 약알칼리에 속한다.

공업적으로 대량으로 사용하는 알칼리는 가성소다, 소석회가 있다.

탄산소다나 탄산칼슘도 알칼리로써 사용하고 있으나 화학적으로는 탄산소다나 탄산칼슘은 알칼리는 아니다.

(다음호에 계속)