

광석을 전기로에서 탄소로써 환원시켜 황린을 제조하고, 이러한 황린을 연소시켜 인산을 제조하는 건식법도 있고 이외의 용매추출법도 존재하고 있다. 인산의 염은 비료로서 대량으로 소비되고 있으나, 인산 자체의 용도는 그렇게 넓지 않다. 인산은 그 특유의 성질에 의하여 금속표면처리에 이용되고 있다.

인산장간, 인산아연 등의 용액에 철을 담그거나 스프레이시키면 철바탕의 표면에 인산의 피막이 만들어지므로 녹방지를 겸할 수도 있어 폐하수처리에서 이용되고 있다. 또한 인산을 사용하는 알루미늄, 철, 스텐레스, 구리합금 등의 화학연마나 전해연마도 상당히 보급되어져 있다. 이러한 공정으로 부터는 인산이나 중금속이 함유된 폐산이 발생하게 되는 것이다. 인산도 부탄올 등의 용매를 사용하는 용매추출법으로 회수할 수가 있다.

인산을 함유하는 폐산은 금속을 화학연마하거나 전해연마하는 스텐레스가공, 도금가공, 알루미늄가공의 공장에서 발생한다. 인산은 식물의 영양(비료)으로 되기 때문에 물이 체류되는 호소나 내만(폐쇄성의 깊숙한 바다)으로 인산이 흘러들게 되면 식물플랑크톤이 이상적으로 증식하게 된다. 이러한 현상을 폐쇄성 수역의 부영양화라고 한다. 환경수역의 부영양화를 방지하기 위해서는 인산염이나 질소화합물과 같은 영양염류의 유

입을 근절시키지 않으면 안되는 것이다.

폐쇄성의 수역이 존재하는 우리나라의 남해바다 마산만에서는 특히 그 오염이 극심하며 부영양화단계를 넘어 죽은 바다가 되어 있다. 그러므로 인산을 중화처리하는 것만으로 폐수를 수역으로 방류해서는 안된다. 인산을 불용성의 화합물로 변화시켜 제거하지 않으면 안되는 것이다. 인산을 소석회로서 중화하게 되면 인산칼슘으로 되어 침전하게 된다. 이와같은 인산의 중화침전 시에는 pH를 10.5 정도로 높여야 한다.

저농도의 인산이온은 제이철이온이나 알루미늄이온과 반응시켜 제거한다. 제이철이온을 사용하는 경우에는 pH를 5.5로 조정하여야 하고 알루미늄이온을 사용하는 경우에는 pH를 6.5로 조정하여야 한다.

인산과 인산비료의 원료인 인광석은 우리나라에서 주로 수입하고 있다. 일본의 경우에도 마찬가지이지만 그 수입량은 연간 300만톤에 달하고 있다. 또한 한국과 일본은 식량과 사료의 70%를 수입하고 있다. 식량과 사료의 수출은 두나라 모두 거의 없는 편이다. 이러한 수입식량과 수입사료중에 함유되어 있는 인산화합물이 그 농도로서는 미미하다고 할지라도 그 양에 있어서는 막대하다고 할 수 있다. 이와같이 외국으로 부터 들어오는 인산화합물에 대한 처리와 제거는 전혀 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

이처럼 다량의 인산염이 직접적 또는 간접적으로 환경수역에 들어가 축적되므로 부영양화 현상이 안 일어날 수 없는 것이다. 인의 폐수규제를 아무리 강화하더라도 인이 함유된 자원의 수입을 계속하는 한 환경수역은 언젠가 부영양화되기 마련이다.

4. 산과 폐산

4.1. 산의 정의

스웨덴의 천재적인 물리학자 아레니우스는 1887년에 28세의 젊은 나이로 전리설을 발표하였다. 이러한 전리설에서 "산은 물에 녹아서 수소이온 (H⁺)을 내어 놓는 물질이고 알카리 즉 염기는 수산이온 (OH⁻)을 내어 놓는 물질이다"라고 정의하였다.

수소가스를 염소가스 속에서 연소시키면 염화수소가스가 발생하게 된다. 염화수소가스는 아주 물에 잘 녹는 가스이므로 물에 녹아서 염산을 만들게 된다. 염산중에서 수소원자는 마이너스 전하의 전자를 염소원자에게

중화

$$3H_3PO_4 + 5Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3OH(PO_4)_3 + 9H_2O$$

인산 소석회 히드록시아파타이트 물
(인산칼슘)

이의 불용성 침전을 폐액으로부터 제거한다.

히드록시아파타이트는 인간과 동물의 뼈성분이다. 이의 중화반응에서는 pH를 10.5정도까지 올리지 않으면 PO₄³⁻이온의 농도는 낮아지지 않는다.

pH=5.5

$$H_3PO_4 + FeCl_3 + 3NaOH \rightarrow FePO_4 + 3NaCl + 3H_2O$$

인산 염화제2철 가성소다 인산철 소금 물

이의 불용성 침전을 폐수로부터 분리제거한다.

- 인산이온 PO₄³⁻은 제2철이온과 반응하여 불용성의 인산철을 생성한다.
- 인산철은 pH 5.5 정도에서 용해도가 최저로 된다.

H₃PO₄ + 3NaOH → Na₃PO₄ + 3H₂O

인산 가성소다 인산소다 물

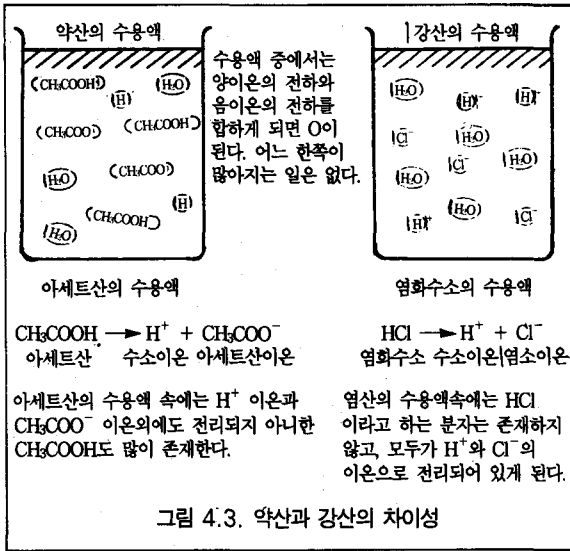
pH=6.5

$$2Na_3PO_4 + Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 2AlPO_4 + 3Na_2SO_4$$

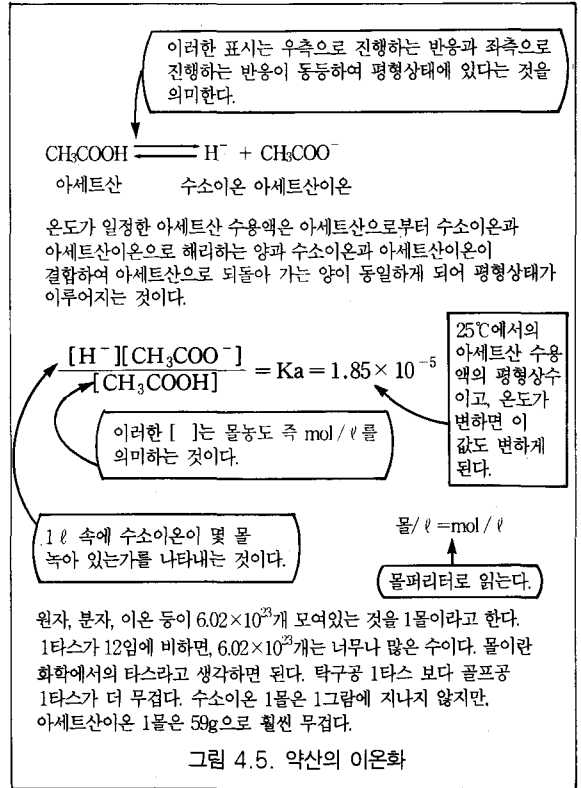
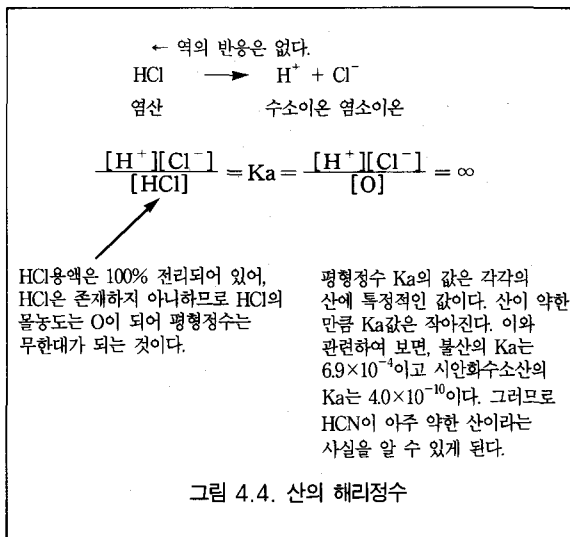
인산소다 황산반토(황산알루미늄) 인산알루미늄 황산소다

인산알루미늄의 용해도는 pH 6.5 정도에서 가장 낮다.

그림 3.48. 인산처리 프로세스



고 한다. 평형상태는 온도에 따라 변화하게 된다. 염산과 같이 100% 해리하여 염화수소분자가 존재하지 않는 경우에는 이러한 평형상태가 존재하지 않는 것이다. 평형상태에 도달했을 때의 분자와 이온의 관계를 몰농도로 나타내어 보면 산의 종류에 따라 일정한 값이 주어지게 된다. 이러한 수치값을 산의 평형상수(또는 평형정수) 혹은 해리상수(또는 해리정수)라고 한다. 약산일수록 수소이온의 농도가 적어지므로 해리식(즉 평형식)의 분모가 크게 되어 평형상수가 작아지게 된다. 평형상수 K_a 의 값을 알게 되면 그 산이 강산인가 약산인가를 알 수 있다.



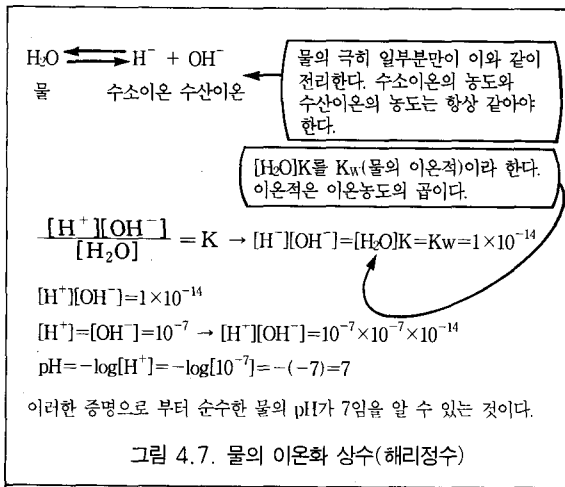
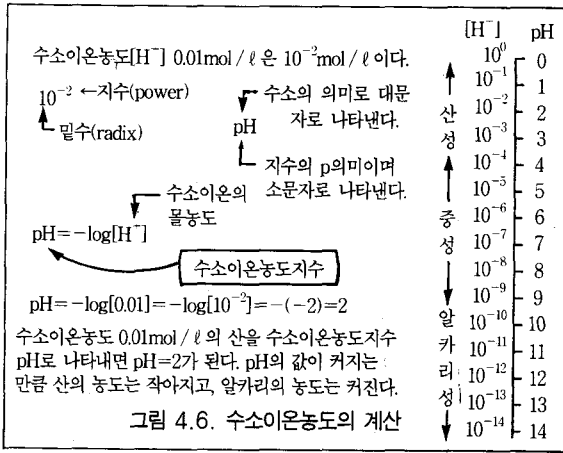
4.3. 수소이온농도(pH)

산의 강도는 수소이온의 농도에 의하여 결정할 수 있으나, 수소이온의 농도는 14자리 이상으로 변화하기 때문에 보통의 표시법으로는 사용하기가 아주 불편하다. 이를 감안하여 덴마크의 생화학자 쇠렌센(Sørensen: 1868~1939)은 수소이온의 농도(몰농도)를 편리하게 나타내는 기법을 개발하였다. 그는 수소이온농도 지수의 마이너스 부호를 없애어 pH값으로 제시하였고, 이는 세계적으로 통용되고 있다.

수소이온농도 0.01mol/l의 산용액은 10^{-2} mol/l 이고, 이의 지수는 -2이다. 이러한 지수에 마이너스를 부가하여 양수로 만든 것을 수소이온농도 즉 pH라고 한다. 이러한 경우에는 pH값이 2가 된다. 피에이치는 영어로 부르는 말이고 페하는 독일어로 부르는 말이다. 어느 것을 쓰든지 상관없다. pH에서 P는 소문자로 쓰고 H는 대문자로 쓰는 것이 수소이온농도를 나타내는 관습이다. pH 1과 pH 2는 수소이온농도의 차이가 10배로 된다. 이러한 원리에서 보면 수소이온농도가 1,000배나 차이 나도 pH값은 3밖에 차이 나지 않는 것이다.

LSI 등의 반도체공정에서는 초순수가 사용되고 있

다. 순수한 물이란 전기가 전혀 통하지 않는 것이라고 할 수 있으나 거기에서도 극히 미량의 물분자는 수소이온과 수산이온으로 해리되어 있다. 이러한 상태로 평형을 이루고 있으므로 온도가 정해지면 그에 따른 평형상수도 결정된다. 25°C에서의 순수의 평형상수는 10^{-14} 의 값을 갖고 있다. 특히 물에 대한 평형상수를 “물의 이온화적”이라고 하고 K_w 로 나타낸다.



순수한 물에는 수소이온(H^+)과 수산이온(OH^-)이 동일하게 함유되어 있으므로, 각각의 농도는 10^{-7} mol / l 이다. 그러므로 순수의 pH는 7이 되는 것이다. 순수는 pH 7로서 중성이다. pH가 7보다 낮은 경우는 산성을 띤다고 하고, pH가 7보다 높은 경우는 알카리성을 띤다고 한다. 실제로 pH가 6으로 7보다 약간 낮은 경우에는 쓴맛이 느껴지지 않는다.

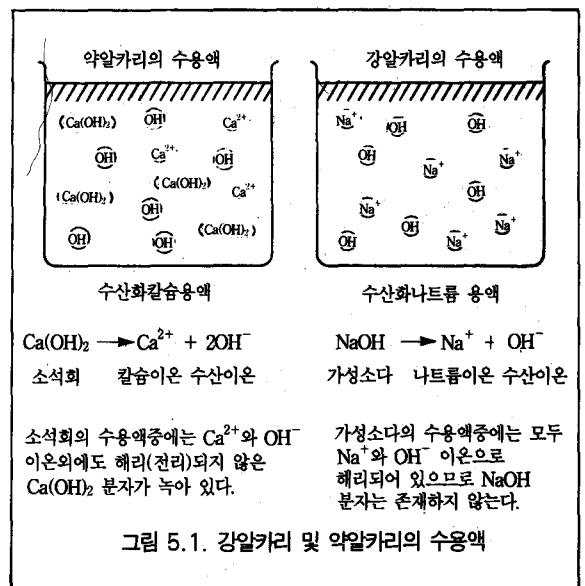
5. 알카리와 페알카리

5.1. 알카리의 정의

화학적으로 보면 알카리 금속이온, 알카리 토류금속 이온 등이 있으나 알카리 이온이라고 하는 말은 정작 존재하지 않는다. 방송미디어를 통하여 사용되는 알카리 이온음료나 알카리성 식품이란 것은 체내에 흡수 되었을 때 알카리성을 미약하나마 띠게하는 식품이라고 여기면 된다. 알카리성 식품 자체가 알카리성의 수산이온으로 되어 있다고 생각할 필요는 없다.

식염수(즉 소금물)를 전기분해시키게 되면 음극에 가성소다가 발생하게 된다. 가성소다(NaOH)는 나트륨이라고 하는 금속의 수산화물(즉 수산이온 OH^- 와 화학적으로 결합되어 있는 물질)이며 강알카리이다. 알카리에도 산과 같이 강알카리가 있고 약알카리가 있다. 강알카리란 물에 녹았을 때 수산이온의 농도가 높아지는 화학물질이고, 약알카리는 물에 녹았을 때 수산이온의 농도가 낮아지는 화학물질이다. 알카리와 알카로이드는 분명히 다르므로 혼동해서는 안된다. Alkali는 물에 녹았을 때 수산이온을 내어놓는 물질이고, Alkaloid는 질소를 함유하는 약 500여종의 식물염기로서 모르핀, 키니네 등이다.

탄소와 유황 등의 비금속원소를 태운 산화물의 수용액은 산(Acid)이다. 마찬가지로 나트륨·칼륨·칼슘 등의 금속원소를 태운 산화물의 수용액은 알카리이다. 역



으로 말하자면, 산화물이 알칼리로서의 성질을 가지는 것은 금속원소이다. 알칼리를 한자어로는 염기(Base)라고 한다.

강알칼리에 속하는 물질은 그 종류가 아주 적다. 가성소다(수산화나트륨)·가성카리(수산화칼륨)·수산화리튬·수산화바륨이 강알칼리이고, 이외의 수산화물은 약알칼리에 속한다. 공업적으로 다량 사용되고 있는 알칼리로는 가성소다와 소석회이다. 탄산소다(Na_2CO_3)나 탄산칼슘(CaCO_3)도 알칼리로서 사용되기도 하지만, 탄산칼슘이나 탄산나트륨 그 자체는 화학적으로 알칼리로 분류되지 않는다. 다만 물에 녹았을 때 알칼리성을 띠게 되므로 그렇게 부를 뿐이다.

$$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{전해}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$$

소금 물 가성소다 염소 수소

수 산 화 물

알칼리 금속	리튬	Li	LiOH	수산화리튬	강알칼리
	나트륨	Na	NaOH	수산화나트륨 (가성소다)	
	칼륨	K	KOH	수산화칼륨	
알칼리토류 금속	칼슘	Ca	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	수산화칼슘 (소석회)	약알칼리
	스트론튬	Sr	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	수산화스트론튬	
	바륨	Ba	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	수산화바륨 (바리타)	

그림 5.2. 각종의 수산화물

5.2. 알칼리의 종류

화학적으로 말하자면 금속의 수산화물은 모두 알칼리가 된다고 할 수 있다. 비금속중에서도 암모니아나 그의 유도체인 유기아민화합물(유기염기 또는 유기알칼리)은 알칼리로서 작용한다.

카바이드(CaC_2 : 칼슘카바이드)에 물을 가하면 아세틸렌 가스가 발생하고, 수산화칼슘이 남게 된다. 아세틸렌은 구조도에 아세톤을 스며들게한 것이 들어 있는 다황색의 봄베에 가압하여 충전한 상태로 하고, 이러한 용해 아세틸렌으로 시판되고 있다. 각종의 공사에서 철의 용단에 사용되고 있는 땅딸막한 다황색의 봄베가 아

세틸렌통이고, 그 옆의 녹색 봄베는 산소통이다.

이러한 용해 아세틸렌을 제조하는 공장에서는 백색 진흙 모양의 수산화칼슘(소석회)이 다량으로 발생된다. 이러한 소석회는 알칼리토류 금속의 수산화물이므로 당연히 알칼리이다. 그러므로 용해 아세틸렌 공장에서부터 발생하는 카바이드 잔재(소석회)는 본래대로라면 폐알칼리로 분류되어야 하지만, 수소이온농도(pH)를 높게 하지 않는 약알칼리성이므로 폐오니로 분류하는 것이 일반적이다.

$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH}$$

암모니아 물 수산화암모늄

암모니아(NH_3)를 물에 녹이면 수산화암모늄이 된다.

$$\text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$

수산화암모늄 암모늄이온 수산이온

이러한 전리는 적으므로 OH^- 이온의 농도는 높아지지 않아 NH_4OH 는 약 알칼리가 된다.

암모늄이온은 비금속의 양이온이지만 성질은 알칼리금속이온(특히 칼륨이온)과 비슷하고, 비슷한 결정형태도 만든다. 수산화암모늄은 수용액중에서만 존재 하고, 고체로서 취할 수는 없지만 암모늄염은 결정으로 되는 경우가 많다.

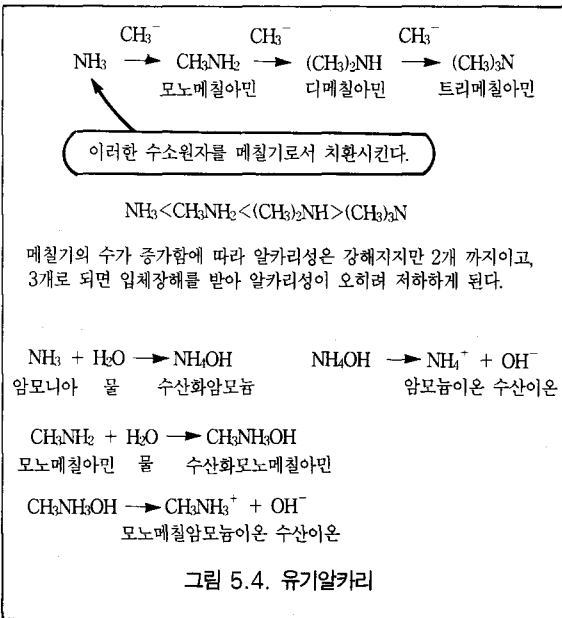
그림 5.3. 암모니아 및 수산화암모늄

폐기물 관리법상의 유해산업폐기물(즉 특정폐기물)의 폐알칼리는 화학적인 알칼리를 지칭하는 것이 아니고, pH가 7 이상인 액상의 폐기물 중에서 pH가 12.5 이상인 것이다. 그러므로 폐기물 관리법상의 특정폐기물(유해산업폐기물)의 폐산이란 pH가 2.0 이하인 산성폐액을 의미하고 폐알칼리란 pH가 12.5 이상인 알칼리성 폐액을 의미한다. 그러나 일반 산업폐기물의 폐알칼리는 pH가 7.0 이상인 알칼리성 폐액을 의미하고, 일반적인 폐산이란 pH가 7.0 이하인 산성폐액을 의미한다.

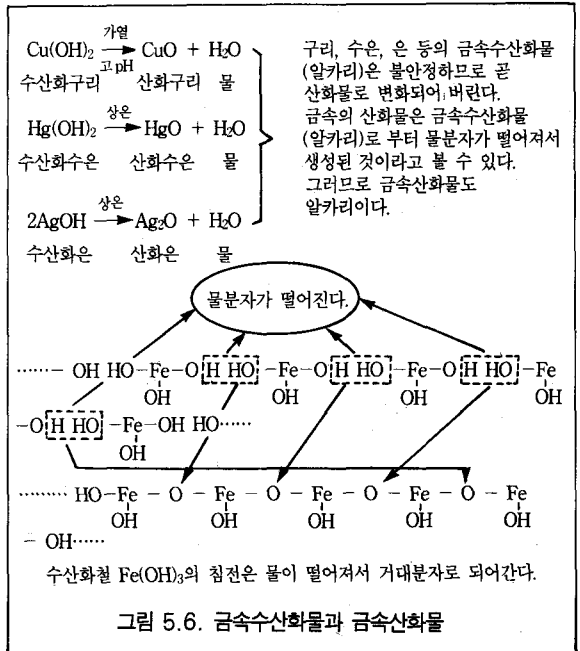
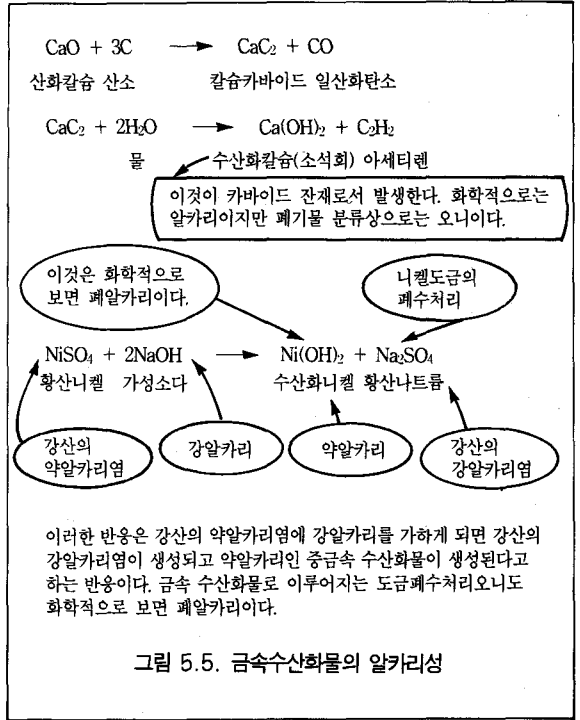
중금속을 함유한 도금폐수의 처리에서는 알칼리가 자주 사용되고 있다. 이러한 처리법은 중금속이온 함유의 용액에 알칼리를 가하여 물에 난용성인 중금속 수산화물을 침전시키는 원리의 처리법이다. 이와같은 반응에 의하여 생성되는 중금속 수산화물도 화학적으로 보면 약알칼리이다. 이러한 반응은 약알칼리의 염에 그

보다도 강한 알카리를 가하여 약알카리를 유리시키는 원리(산염기 분석화학 이론 참조)의 반응이다. 이 반응은 약산의 염에 강산을 작용시키어 약산을 유리시키는 반응과 그 원리가 대칭되는 것이다.

구리, 수은, 은과 같은 금속들은 그의 수산화물이 불안정하므로 그 수산화물로부터 물분자가 떨어지기 쉽다. 그래서 이러한 금속의 수산화물은 곧 금속의 산화물로 변화되어 버리게 된다. 금속의 산화물이라고 하는 것은 금속의 수산화물로부터 물분자가 떨어져서 생성된 것으로 여겨지므로 금속산화물도 알카리의 일종이라고 할 수 있다.



제2철이온이나 알루미늄이온을 함유한 용액에 알카리를 가하여 수산화물을 생성시키고, 그대로 수중에 오랫동안 방치시켜 두게 되면, 수산기로 부터 물분자가 떨어져서 축합되어 거대한 분자로 된다. 이러한 방법으로 제조한 수산화물을 건조시키면 화학식대로의 수산화물이 되지 않고 물분자가 떨어져 나간 산화물에 가까운 상태의 화합물이 얻어지게 된다.



환경오염 내일없고 오염방지 계절없다