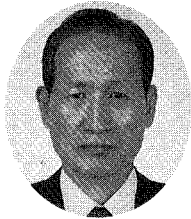


# 폐기물화학에 관한 논의

## — 폐자원이용면의 고려 —

〈상〉



朴在柱

〈환경관리공단 기술이사〉

우리 인간생활에서 불가피하게 발생하는 쓰레기와 산업활동에서 나오는 산업쓰레기를 폐기물이라 하는데 최근에는 우리 생활주변의 환경문제는 종전의 대기(공기), 수질(물)과 토양(흙)의 오염과 달리 이젠 폐기물이 가장 무서운 환경오염 주체로 부각되고 이에 대한 대책방안이 대단히 활발하게 사회문제로 취급되고 있다. 이에 대한 국민적 관심이 대단한 때이므로 이에 대한 본질을 화학적으로 분석해볼 필요가 있어서 여기에 그자료를 소개해 본다.

### 제1장 오니란 무엇인가?

법규에는 오물은 진개, 오니, 오수 및 분뇨가 있다. 여기서 오란 단어가 나왔으나 오니라고 하는 것은 여러가지로 생각해 볼 수 있는데 정말 애매한 단어라고 볼 수 있다.

흙투성이라든가 흙투성이로 되다 라는 말에서도 알 수 있듯이 니라는 것은 원래 더러운 것을 의미하는 것임에도 불구하고 더우기 여기에다 오자를 더함으로써

점점 더 혼란만 심화되었다.

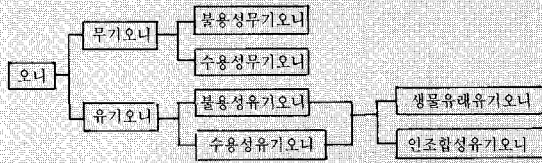
대체로 더러운 니는 어떤 것을 지칭할까. 폐기물관리법에서 말하는 오니는 물이라든가 철이라든가 종이와 같은 물질을 나타내는 말은 아니고 외관이 니상을 띠는 것이라고 하는 정도의 개념으로 물질의 상태를 표시하는 말이다. 그러나 습식집진기에서 포집한 dust는 외관이 어느정도 니상을 띠어도 이것은 오니라고 하지 않고 「배진」으로 함으로써 점점 말이 혼란해진다.

시멘트 혼연시설에서 발생하는 시멘트 찌꺼기는 오니이고 시멘트의 습식집진시설에서 발생하는 시멘트 찌꺼기는 외관도 성분도 동일하지만 배진이라고 한다. 전부 동일한 성분으로 되어있으므로 분석하여도 구별할 수 없으나 한쪽은 오니로 분류하고 한쪽은 배진으로 분류되는 것은 정상적인 사람은 정말 이해하기 어렵다. 이 정도는 놀랄만한 것은 못되고 더욱 기묘한 것이 있다.

유해물질을 함유하지 않는 수용성 무기오니는 해양투기가 인정된다. 이 수용성 무기오니라는 것은 무엇일까?

니라고 하는 것은 물에 녹지 않는다. 니수는 니가 물에 녹아 있는 것이 아닐까와 이와 반대되는 쪽도 있을 까라고 생각되나 그것은 니가 물중에 혼합되어 있을(화학적으로는 현탁이라 한다)뿐으로 녹아 있는 것은 아니다. 이 증거로 니수를 그릇에 넣어 정치시켜 놓으면 니는 밑으로 가라앉아 물과 분리된다. 사탕수를 정치시켜 놓으면 밑으로 사탕이 가라앉고 위에 진수로 되는 것은 아니다. 이것은 사탕이 물에 녹기 때문이다.

니라고 하는 것은 본래 물에 녹지 않는 것이다. 따라서 수용성무기오니라고 하면 정상적인 머리를 갖고 있는 사람은 이해하기 어렵다.



사탕이나 요소 등 폐기물은 수용성유기오니에 해당된다고 생각하나 이렇게 분류는 안한다.

### 1-a 오니의 분류

구체적으로 수용성무기오니는 어떤 것을 말할까? 예를 들어 백색안료로 사용하는 산화티탄의 제조과정에서 발생하는 황산제일철 등이 여기에 해당한다.

수용성무기오니는 C해역에 확산폐기시키는 것으로 되어 있다. 그러나 황산제일철은 강산의 약알칼리이므로 물에 녹으면 가수분해하여 pH가 5이하로 낮아진다. 실제로는 황산제일철의 수용액은 폐산에 해당되는 것이다.

폐산을 해양투입하는 경우에는 pH를 5~9사이로 조정하여 버려야 한다. 그런데도 거의 산성이 강한 황산제일철은 pH조정도 없이 그대로 버리게 되는 것이다.

만약 황산제일철을 폐산으로 지정하면 pH를 5이상으로 하기 위해 중화할 필요가 있다. 황산제일철을 중화하면 수산화철의 침전이 생성된다.

이 침전은 오니가 되므로 B해역까지 운반하여 투기해야 한다. 현재 행해지고 있는 C해역에서의 확산폐기는 폐기장소와 폐기방법도 모두 위배된다.

무기성의 오니는 함수율 85%이하가 되면 육상 매립처분할 수 있다. 또한 수면매립 처분의 경우에는 함수율을 85% 이하로 할 필요가 없다.

또한 이 규정에는 수용성무기오니의 매립처분의 금지규정은 없으므로 수용성무기오니를 매립처분하여도 벌을 받지 않는다.

그러나 수용성인 폐산이나 폐알칼리는 매립처분이 금지되어 있으므로 수용성무기오니는 매립해서는 안된다는 것은 대단히 기묘한 것이다.

원래 수용성무기오니라고 하는 것은 수용성물질로써 분류할까 혹은 폐산, 폐알칼리로 분류할까의 어디 환경관리인. 1992.10

$$\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$$

황산제일철 수 가수분해 산소산화제일철 황산

FeSO<sub>4</sub>는 수산화철 Fe(OH)<sub>2</sub>라는 약알칼리와 황산 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 중화하며 생성된 염으로 생각할 수 있다.

강산의 약알칼리염을 물에 녹이면 가수분해하여 약알칼리로 되고 수산화제일철 Fe(OH)<sub>2</sub>와 강산인 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 생성된다.

수용액은 산성 등으로 해양투기하는 경우에는 pH 5이상으로 올릴 필요가 있다.

$$\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$$

황산제일철 가성소다 수산화제일철 황산소다

이 반응은 강산의 약알칼리염을 강알칼리로 중화하면 약알칼리가 유리하여 강산의 약알칼리염이 생성하는 반응이다.

이것이 오니로 침전한다. 이오니는 B해역에 집중 투기할 필요가 있다.

### 1-b 수용성무기성오니의 문제점

일가로 이것을 무리하게 오니의 일종으로 넣는 것이 무엇보다 틀리게 되는 것이다.

수용성무기오니가 있으므로 수용성유기오니가 있는 것도 우습지 않으나 법령에도 기록되어 있지 않다.

수용성무기오니를 예로들면 사탕이나 요소비료 등의 폐기물은 수용성유기오니에 해당할 것이나 그렇지 않다.

이렇게 오니라고 하는 것을 화학적으로 보면 무엇이 무엇인지 전혀 알지 못한다. 폐기물이라는 것도 물질이므로 적절하게 물질의 분류법에 따라 화학적으로 처음부터 분류하여 두면 이러한 무용의 혼란은 피할 수 있다.

### 제2장 오니의 화학적 분류

이 불가해한 오니를 화학적인 분류법에 따라 분류하여 일직선상에서 볼 수 있게 조금더 산뜻한 것으로는 안될까?

화학 분야에서는 물질을 크게 유기물과 무기물의 2개로 분류한다.

유기물이라는 것은 생물이 생존의 과정에서 화학적으로 합성한 물질로 무기물과는 그 성질이 전혀 다르다. 옛날에는 유기물은 인간이 인공적으로 합성할 수

없는 물질로 생각하였다. 그것은 현재에도 거의 변화되지 않고 탄산가스와 물로부터 전분을 합성하는 것과 같은 것은 할 수 없다.

보통 극히 간단한 유기물인 초산이나 알콜 등은 석유로부터 합성한다.

지금까지 생물밖에 만들 수 없다고 생각했던 유기물을 인간이 생물의 힘을 빌려서 합성할 수 있게 되었기 때문에 유기물의 정의를 바꾸지 않으면 안되게 되었다.

현재는 탄소의 화합물을 유기물이라고 한다. 생물이 만드는 유기물을 인공적으로 합성하는 것은 어려우며 목면이나 면과 같이 천연섬유를 합성하는 것은 현대의 기술을 가지고도 할 수 없는 것이다.

인류는 자연계에 존재하지 않는 플라스틱이나 합성섬유, 유기염소화합물 등의 유기물을 합성하는 것에 성공하였다.

그러나 이 인공적으로 합성한 유기물은 생물이 만들지 못하므로 생물에 의해 분해할 수 없다.

이와같이 유기물에는 생물이 분해할 수 있는 생물유래의 유기물과 인간이 인공적으로 합성하여 생물분해가 안되는 유기물이 있다.

따라서 오니에도 유기물로부터 되는 오니와 무기물로부터 되는 오니가 있으며 더우기 유기물로부터 되는 오니에는 생물유래의 것과 인공적으로 합성된 것이 있다.

현행법에서는 쓰레기를 나무쓰레기, 종이쓰레기, 오니 등으로 분류한다. 폐기물을 처리하여 자원화하는 경우에는 이 폐기물이 어떤 물질로 구성되어 있고 최종적으로는 어떤 화학적 조성을 갖고 있는가를 알지 않으면 안된다.

종이쓰레기를 보면 주성분은 셀룰로스이다. 셀룰로스는 화학적으로는 탄수화물의 일종으로 탄소원자와 수분자가 직접 반응하여 된 화합물이다.

실제로 종이에는 가오린과 기타의 첨가물이 함유되어 있으므로 순수한 탄수화물은 아니다.

나무쓰레기는 셀룰로스와 리그닌으로부터 된 유기물이다. 그러므로 태우거나 썩힐수 있으며 토양에 매립하면 부패분해한다.

여기에서는 오니를 이러한 화학적 성분으로 정의할 수 있는가 어떤가를 생각해 보자.

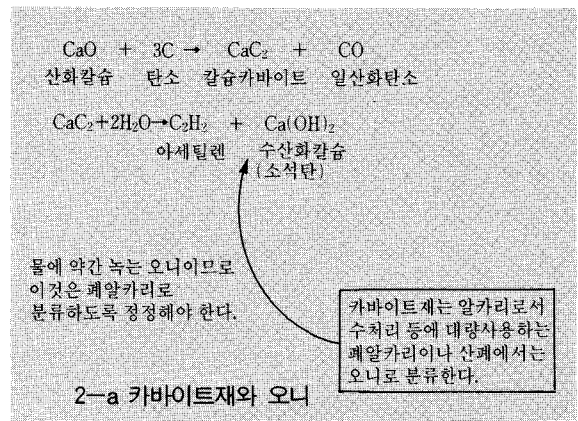
**일반적으로 도금 폐수처리오니는 중금속의 수산화물로부터 된 무기화합물이다.**

**그중에는 유해중금속을 함유하고 있는 것도 있다. 하수처리오니는 미생물의 집합체인 잉여오니와 그것을 탈수분리하기 위해**

**응집제나 여과조제로 부터 된 것이다. 미생물로 된 잉여오니는 유기화합물이고**

**응집제나 여과조제는 무기화합물이다. 따라서 하수처리오니는 유기물과 무기물의**

**혼합물이다.**



일반적으로 도금 폐수처리오니는 중금속의 수산화물로부터 된 무기화합물이다. 그중에는 유해중금속을 함유하고 있는 것도 있다.

하수처리오니는 미생물의 집합체인 잉여오니와 그것을 탈수분리하기 위해 응집제나 여과조제로 부터 된 것이다.

미생물로 된 잉여오니는 유기화합물이고 응집제나 여과조제는 무기화합물이다. 따라서 하수처리오니는 유기물과 무기물의 혼합물이다.

칼슘카바이트에 물을 더하면 아세틸렌 가스가 발생

한다. 아세틸렌 가스를 발생시키고 잔사의 카바이드 쓰레기는 무기오니로 분류하게 되며 성분은 수산화칼슘이고 이것은 화학 분야에서는 알카리(염기)로 말하여 특수한 성질을 갖는 물질로 분류한다. 실제로 폐수 처리시설 등에서 중화용 알카리로 사용한다.

건설공사 현장에서 사용하는 벤토나이트는 몬모리로나이트라는 점토광물로 된 니(토)이며 이 주성분은 산화규소와 산화알루미늄의 화합물이다.

맥주 등의 여과조제로써 사용하고 있는 규조토는 산화규소의 분말이다. 산화규소는 화학적으로는 고체의 산으로 분류된다.

### 제3장 오니의 식별

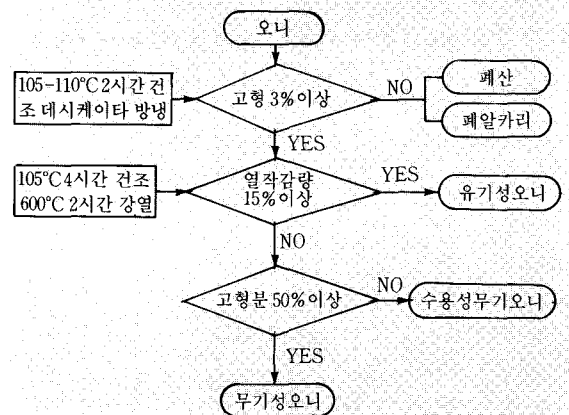
오니는 법령상 무기성오니, 유기성오니, 수용성의 무기오니 등 3종류로 분류한다.

그러나 무엇을 근거로 무기성오니, 유기성오니, 수용성의 무기오니를 판별할까?

법령상으로는 판별의 기준이 무엇으로도 나타나지 않으므로 행정상 독자적으로 내규를 정하고 있다.

이 내규의 하나로 다음과 같은 것이 있다.

105~110°C, 2시간 건조, 30분 데시케이터에서 방냉 후의 고형분 3% 이상의 것을 오니로 정의하고 3% 미만의 것은 pH에 의해 폐산이나 폐알카리로 한다.



3-a 오니의 식별내규

또한 105°C 4시간 건조한 것을 600°C 2시간 강열하고 그때의 열적감량이 15%미만의 것을 무기오니, 15%이상의 것을 유기성오니로 한다.

또한 물에 용해될 때 고형분이 50%미만의 것을 수용성무기오니로 하고 고형분이 50%이상의 것을 무기성오니라 한다.

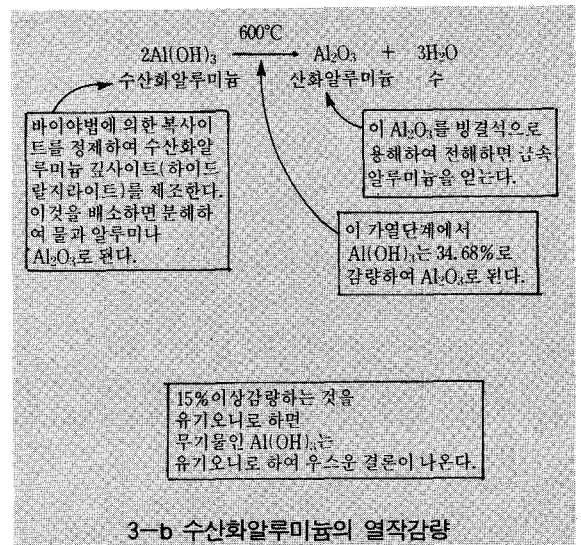
그러나 이 식별법에 의해 오니를 식별하면 몹시 우스운 결과를 얻는다.

고형분 3% 미만의 것은 폐산, 폐알카리로 결정되며 탈수되지 않는 폐수처리오니는 대부분 여기에 해당한다.

동일조성의 폐수처리오니에서도 탈수하지 않는 고형분을 3% 미만으로 하면 폐산, 폐알카리로서 C해역에 확산폐기할 수 있으며 탈수한 고형분을 3% 이상으로 하면 B해역에 집중 투기해서는 안된다는 것은 어떻게 생각하여도 납득되지 않는다.

열적감량이 15%이상의 것을 유기오니라 하나 열적감량이 15% 이상인 무기물은 많이 있다. 예를들어 알루미늄 제련의 원료인 수산화알루미늄(깁사이트)은 600°C에서 가열하면 분해되어 34% 이상도 감량이 된다. 그러나 수산화알루미늄은 의심의 여지없이 무기물인데 이것이 유기성오니로 분류되는 식별방법은 틀림없이 결함이 있다.

황산암모늄이나 염화암모늄과 같이 수용성무기오니로 분류되어 있는 암모늄염은 유기성오니의 식별법



3-b 수산화알루미늄의 열적감량

인 600°C로 가열함에 따라 완전히 분해된다.

감량은 100%로 된다. 그러나 여기의 암모늄염은 유기물이 아닌 무기물인 것이다.

이외에도 오니에는 이해하기 곤란한 것이 많이 있다. 예를들어 출처가 분명한 폐알카리인 카바이트재(주성분:수산화칼슘)가 오니로 분류되어 있는 것이 전형적인 예이다.

$$(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{120^\circ C} 2NH_3 + H_2SO_4$$
 황산암모늄            암모니아            황산

황산암모늄은 120°C이상 가열하면 분해하여 암모니아와 황산으로 되고 100% 감량된다.

$$NH_4Cl \xrightarrow{337.8^\circ C} NH_3 + HCl$$
 염화암모늄            암모니아            염화수소

이것도 337.8°C에서 연소하고 감량은 100%로 된다.

이러한 열작감량만으로 유기물·무기물을 판정하는 것은 불합리하다.

**3-c 암모늄 염의 열분해**

또한 중금속을 함유한 폐수의 처리오니 등도 금속의 수산화물인 경우가 많고 이것도 화학적으로 보면 폐알카리로 되는 것이다.

현대자연과학은 동물이나 식물이나 무기물을 우선 분류하는 박물학에서 시작하였다.

폐기물도 적절한 처리를 하여 자원화를 하기 위해서는 정확한 분류를 할 필요가 있다.

오니 등도 비과학적으로 애매한 물질의 분류법을 그만두고 자연과학의 분류법에 준하여 폐기물의 분류를 하는 것이 좋겠다.

## 제 4 장 유해오니와 판정기준

산업폐기물중에서 광재와 특정시설 또는 이 시설을 갖고 있는 공장, 사업소에서 발생한 오니, 연소재, 배진, 폐산, 폐알카리에 대해서는 일정의 시험결과, 유해물질의 농도가 판정기준을 초과한 것을 「유해한 폐기물」로써 일반산업폐기물과 구별하고 보다 엄격한 규제를 한다.

법에서는 수은 또는 그화합물, 카드뮴 또는 그화합물, 납 또는 그화합물, 비소 또는 그화합물 6가 크롬화

합물, 알킬수은화합물, 시안화합물, 유기인화합물, PCB외에 해양투입처분에서는 유기염소화합물, 동 또는 그화합물, 아연 또는 그화합물, 불화물과 유해한 폐기물로 지정되었다.

인류는 오랜 고난의 역사속에서 수은이나 비소를 위시하여 인체에 독성을 나타내는 각종의 물질을 접하였으며 그때마다 같은 피해를 당하였다.

그 독성에 관한 것은 독극물관리법에 명시되어 있는, 화학물질심사 기준 등 관련 법규에 따라 독물, 극물은 급성독성이 강한 것을 대상으로 하였으나 독성이 강한 수많은 물질을 나열한 것은 아니다.

이 법령에서 지정되지 않는 물질은 아무리 독성이 강해도 법률상으로는 독물이 아니다. 또한 순품이나 제재도 불순물이 혼입되어 그 독성에는 변화가 없는 것도 이 법률의 규제를 받지 않는다. 예를들어 황산을 10% 이상 함유한 제제는 극물로 지정되어 있으나 황산을 10% 이상 함유하고 있는 폐황산은 제제가 아니므로 독성은 변화가 없어도 이 법령의 규제는 받지 않는다. 또한 수은화합물은 독물로 지정되어 있으나 이것의 취급에 대해 규제를 받는 것은 제조 혹은 판매를 업으로 하는 자만 해당되고 이것을 사용하는 자에 대해서는 규제가 없다. 이때문에 수은을 영성하게 취급하면 비참한 수질병이 발생하게 된다. 독물, 극물을 판정하는 것은 실험동물의 반수치사량을 기준으로 한다.

### 4-a. 금속등을 함유한 폐기물의 판정기준에 관계되는 법체계

처분 형태 폐기물 종류	매립처분	선박에서의 매립 장소등으로 배출	해양투입처분
오니	○	○	○
광재	○	○	○
연소재	○	○	○
배진	○	○	○
폐산·폐알카리	(금지)	□	○
수산화물	-	□	□

○ 폐기물처리법 □ 해양오염방지법

폐기물관리법에 있어서 유해물질의 판정은 용출시험이라 칭하는 기묘한 실험 방법에 따라 행한다. 폐

산, 폐알카리, 수용성무기오니, 유기성오니 등을 해당 투기하는 경우에는 함유량 시험으로 판정한다.

#### 4-b. 독물·극물의 판정법

소실험동물에 대한 LD<sub>50</sub>(반수치사량)[mg/kg비중]

투여경로	특정독물	독물	극물
행주		<10	<100
파하주	<10	<20	<200
경구	<15	<30	<300
경파		<100	<1,000
흡입		<200(1)	<2,000(1)

\* 흡입은 LD<sub>50</sub>(반수치사농도)ppm (시간)

특정독물·독물·극물은 위의 표와 같이 소실험동물의 반수치사량에 의해 판정한다.

반수치사량 LD<sub>50</sub>로는 다류의 소실험동물에 약물을 투여하여 2반수가 사망하는 양을 체중 1kg당으로 환산한 수치로 약물의 급성독성을 측정하는데 자주 사용된다.

현재, 독물·극물에 상반하는 급성독성을 갖고 있으나 지정되지 않는 물질이 많다.

이 방법에서는 만성독성, 발암성, 최기형성 등의 유해성에 대해 판정할 수는 없다.

이 시험방법에 의해 용출하여 나온 유해물질의 양이 판정기준치의 기준치보다 낮으면 무해한 폐기물과 같이 관리형의 최종처분지에 처분할 수 있다. 유해물질을 고농도로 함유한 폐기물이 있어도 용출하지 않으면 안전하다고 생각된다. 그러나 폐기물과 같이 복잡한 것을 이러한 간단한 시험방법으로 정말로 유해한가 무해한가를 판정할 수 있을까.

특히 쓰레기 매립지 내부에서 화학반응에 대해서는 아직 거의 해명되어 있지 않으므로 매립된 유해물질이 매립지내부에서 어떤 변화를 하는지 잘 알지 못하는 상태이다.

### 제5장 용출시험의 문제점

오니, 연소재, 배진, 광재를 매립처분하는 경우 환경청 고시 13호의 방법으로 용출시험을 하여 판정기준에 적합하지 않는 것은 관리형매립지에 처분하지 않는 것으로 되어 있다.

내륙의 매립지에 처분하는 경우 용출시험에 사용하는 용매는 순수에 염산을 가해 pH를 5.8에서 6.3으로 조제한 것을 사용하게 되어 있다.

아무것도 함유하지 않는 순수한 물의 pH는 상온에서는 7이다.

이때문에 용출시험에 사용하는 용매는 자연수에 가까운 조건이기 때문에 특별히 순수에 염산을 가하여 pH조제를 행한다. pH7의 순수 1ℓ에 염산을 가하여 pH6의 용매를 농염산이 몇 g이 필요한가 계산해 보면 0.1mg이면 족하다.

아주 적은 양을 눈물만큼이라고 말하고 있으나 0.1mg의 양은 눈물보다 적은 양이다. 여기에서는 염산

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

수 수소이온 수산이온  
수의 이온적  $K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$   
 $= (10^{-7})(10^{-7}) = 10^{-14}$

상온의 순수중에는 수분자가 극히 조금 수소이온 H<sup>+</sup>와 수산이온 OH<sup>-</sup>로 해리한다. 이 농도는 H<sup>+</sup>와 OH<sup>-</sup>과 함께 10<sup>-7</sup> mol/l이다. pH=6의 수의 중에는 수소이온이 10<sup>-6</sup> mol/l가 들어 있지 않다. HCl 1mol은 36.5g 따라서 pH6의 염산은 36.5×10<sup>-6</sup>(g/l) 농염산은 HCl 35% 있으므로 농염산의 수는

$$\frac{36.5}{0.35} \times 10^{-6} (g/l) = 0.1 (mg/l) \leftarrow \text{이것은 아주 적은 양이다.}$$

pH = -log(H<sup>+</sup>) 수소이온 농도지수 pH는 수소이온의 몰 농도의 대수에 1을 가한 것이다.

#### 5-a 순수의 pH

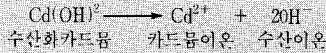
을 가하든 가하지 않든 실제의 판정결과에는 어떤 영향도 미치지 않으므로 현재 이러한 필요없는 것을 하여 용출시험의 용매를 만들고 있는 것은 전무하다고 말해도 좋다.

보통 만드는 증류수나 이온교환수 중에는 탄산가스가 녹아 있어 pH를 조정 안해도 전술한 pH로 되는 경우가 많다. 따라서 초고순도의 순수는 비저항이 높기 때문에 pH미터로는 pH측정은 할 수 없다.

단순히 pH를 조정된 순수로 용출시험을 하면 기묘하게 된다. 왜냐하면 실제로 매립지중에 존재하는 오수중에는 각종의 물질이 녹아 있고 순수에 극미량의 염산을 가한 액과는 전혀 비슷하지 않는 것이기 때문이다. 현실로 존재하지 않는 것과 같은 순수를 사용하여 아무리 용출시험을 엄밀히 해 보아도 여기에서 얻는 결과는 현실과 먼 결과이므로 좋은 것은 아니다.

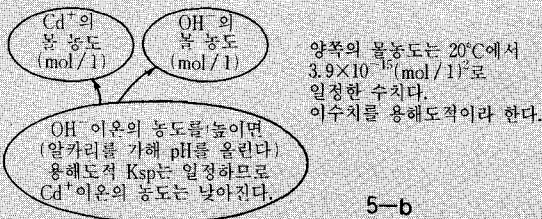
여기에서 카드뮴을 함유한 폐수처리오니를 이 용출시험법에 의해 측정하는 경우 어떻게 되는가를 생각해 보자. 카드뮴이온을 함유한 폐수는 카드뮴 니켈전지

일반적으로 중금속의 수산화물은 물에 용해되지 않으나 전부 용해되지 않는 것은 아니다. 수산화카드뮴을 예로들면 극히 조금 용해되어 카드뮴이온과 수산이온으로 해리한다.



$\text{Cd}^{2+}$  과  $\text{OH}^-$  과의 사이에는 다음과 같은 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

$$\text{용해도적 } K_{sp} = [\text{Cd}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 3.9 \times 10^{-15}$$



나 황화카드뮴 반도체 등을 제조하고 있는 공장에서는 발생한다. 일반적으로 이러한 폐수는 알카리를 가하여 수산화카드뮴으로 침전시켜 물에서 분리 제거하는 방법을 쓰고 있다. 또한 홍차제로써 염화제2철 등을 가하는 경우도 있다.

$\text{Ca(NO}_3)_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Cd(OH)}_2 + 2\text{NaNO}_3$   
질산카드뮴 소석탄      수산화카드뮴 침산소다

알카리인  $\text{Ca(OH)}_2$ 를 가하면 pH=11 정도에서 침전한다.

생성된  $\text{Cd(OH)}_2$ 의 침전을 과탈수하여 오니를 분리한다. 오니중에는 발반응의 알카리  $\text{Ca(OH)}_2$ 가 남고 이 오니를 용출시험하면  $\text{Ca(OH)}_2$  때문에 용출액은 pH 10이성으로 된다.

pH=10의 용출액중에 녹아 있다. 카드뮴이온  $\text{Cd}^{2+}$ 의 농도는 용해도적으로 부터 구한다.

$$K_{sp} = [\text{Cd}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 3.9 \times 10^{-15}$$

$$[\text{Cd}^{2+}] = \frac{3.9 \times 10^{-15}}{[\text{OH}^-]^2} = \frac{3.9 \times 10^{-15}}{(10^{-4})^2}$$

여기에 대입       $(10^{-4})[\text{OH}^-] = 10^{-14}$       pH10 =  $(10^{-4})^2$

↑  
II<sup>+</sup> 농도

$$[\text{Cd}^{2+}] = 3.9 \times 10^{-7} (\text{mol/l})$$

이것은 카드뮴의 원자량

$$\text{Cd}^{2+} = 112.41 \times 3.9 \times 10^{-7} (\text{g/l})$$

$$= 112.41 \times 3.9 \times 10^{-7} \times 10^3 = 0.044 (\text{mg/l})$$

pH=10에서는 Cd는 0.044(mg/l)밖에 녹지 않고 여기에서는 환경기준을 초과하지는 않는다.  
pH=8에서 용출시험을 행하면

pH=8

$$[\text{Cd}^{2+}] = \frac{3.9 \times 10^{-15}}{[\text{OH}^-]^2} = \frac{3.9 \times 10^{-15}}{(10^{-6})^2}$$

대입한다       $(\text{H}^+)[\text{OH}^-] = 10^{-14}$   
 $(10^{-8})[\text{OH}^-] = 10^{-14}$   
 $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-8}} = 10^{-6}$

$$[\text{Cd}^{2+}] = \frac{3.9 \times 10^{-15}}{10^{-12}} = 3.9 \times 10^{-3} (\text{mol/l})$$

$$\text{Cd}^{2+} = 112.41 \times 3.9 \times 10^{-3} \times 10^3 = 4384 (\text{mg/l})$$

pH=8이면 4384mg/l 녹는다.  
환경기준의 0.3mg/l을 대폭 초과한다.

### 5-c 카드뮴이온 함유폐수의 처리

높은 pH에서 침전을 생성시키기 위해 침전중에는 유리 알카리가 존재하기 때문에 이 폐수처리오니는 알카리성을 띤다.

유리 알카리를 함유한 오니의 용출시험을 전술한 용출시험법에 의해 행하면 용출액의 pH는 알카리성으로 되고 카드뮴은 용출되지 않는다.

pH가 높은 알카리성의 용출액을 이용하여 용출시험을 행하고 용출되지 않으니가 매립지에 투기하여 용출되지 아니하므로 안전하다는 논법은 어떻게 생각해 보아도 납득이 안간다. 또한 이러한 고농도의 알카리를 함유한 오니를 매립하면 높은 pH의 오수가 침출된다.

틀림없이 쓰레기 매립지 내부에서는 각종의 반응이 일어나므로 이중에 존재하는 오수의 성장도 천차만별이므로 1종류의 용출용 용매를 결정하는 것은 곤란하나 여기에서도 가능한한 현실에 보다 가까운 것을 선택할 수 있다. 미국에서는 용출액에 초산을 가하여 pH를 5로 조정하여 용출시험을 행한다. 이쪽이 더욱 매립지내부의 실태에 가까운 것으로 생각한다.

현행의 용출시험법중에 고액분리를 위해 하는 여과조작이 있으나 이조작에 의하면 미세한 입자가 여지(구경 1마이크로 유리 필터 paper, GFP)를 통과하는 것이다. 엄밀히 말하면 여지가 빠진 미세한 입자는 용해되어 있다고 말하는 것은 아니므로 이것을 용출이라고 말하는 것은 우스운 것이다. 그러나 각지의 쓰레기 매립지에서 침출되고 있는 오수의 예를 보면 미세한 입자가 현탁상태로 혼입되고 있는 것이 거의 대부분이다. 이것은 여지를 통과한 미세입자는 불용성이므로 환경중에 확산할 우려가 많다는 것을 나타낸다.

일반적으로 입자는 미세하면 미세할수록 반응성이 풍부하고 용해속도도 크게 된다. 따라서 생물의 소화액에 용해하여 체내에 흡수되어 속도는 큰 입자보다도 높아진다. 또한 식물의 뿌리에서는 무기네산이나 구연산과 같이 유기산이 방출되므로 이 유기산이 물에 불용성의 유해중금속화합물을 용해하여 중금속을 식물체에 흡수, 축적하도록 한다. 이러한 경우에도 미세한 입자는 용해속도가 크기 때문에 이 영향이 강하다.

이러한 여지를 뺀 미세입자는 용출된 것으로 보는 것이 환경보전의 면에서는 보다 안심할 수 있다.

(다음호에 계속)