

특정유해물질중

크롬처리 기술

③

李圭星

(환경처 기술감리위원)

◆ 여과·흡착 처리공정

1. 처리목적

폐수를 다공질인 여재, 즉 sand, gravel, anthracite, activated carbon, ion exchange resin 등을 여과탑 내에 충전시킨 다음 앞뒤의 압력차를 이용해 전처리공정인 침전조에서 분리되지 못한 콜로이드성 입자(SS 농도로 10~50mg/l) 정도를 제거하는데 설치운영되고 있다. 이때 pump와 compressor를 이용하여 여과압력에 따른 여재표면의 포착효과를 높여 양질의 여과수를 얻어 내는데 널리 이용되고 있다.

특히 입자포착기능의 특징은 체(mesh) 여과효과를 가져오고 여재의 공극내에서 침전효과도 있으며, 입자의 상호 또는 여재와의 흡착과 접촉으로 포집효과를 갖거나 계면에서 전위적 포집효과를 나타낸다. 이때 균등계수가 1.0에 가까울수록 사용해야 할 모래크기가 거의 일정하여야 좋으며, 2.0을 넘을수록 크기가 불량하고 유효경이 작을수록 Bacteria나 미세한 고형물의 제거율이 떨어져 운전시 자주 blinding이 일어나 아주 나쁘다.

$$\text{균등} = \frac{\text{사용여재중 체에 90\% 통과시킨 눈목크기}}{\text{사용여재중 체에 10\% 통과시킨 눈목크기(유효경)}}$$

일반적으로 모래의 유효경은 2~3mm이며, 균등계수는 1.5~1.7로

유지함이 효율적이다.

흡착장치는 옛부터 油脂의 정제, 설탕액의 탈색, 가스의 건조, 각종 약품의 정제 등에 널리 사용되어 왔다. 석유화학공업의 발전속에서 흡착은 성분분리를 위한 분리조작으로서 이용되었으며, 점차로 새로운 흡착장치도 개발되었다. 그러나 어떤 장치라 할지라도 흡착조작의 최대 특징은 어떤 농도를 낮은 성분으로 유효하게 포집하는 관점에서 볼 때 환경오염방지시설(대기·수질)로서 많이 이용되어짐은 당연하다 하겠다.

흡착조작이라는 것은 고체흡착제를 이용해 배출가스 중의 증기성분이나 폐수중의 용해하고 있는 성분을 흡착포집하는 조작을 말한다. 특히 흡착제는 가스중의 액적(mist)이나 폐수중의 현탁액과 같은 다른 상(相)성분의 포집에도 유효할 수가 있으며, 이 효과를 합쳐서 행할 경우로 볼 때 흡착여과라고 말하기도 한다.

흡착제로서는 활성백토, 보오크 사이트, 각종 점토같은 천연재료 및 활성탄, 실리카겔, 알루미늄, 합성제오라이트, 수지흡착제와 같은 합성재료 등 여러종류가 사용되지만 이들중 가장 중요한 것은 activated carbon(활성탄)이다. 한편 흡착장치의 성능은 흡착제의 성능에 크게 의존되지만 미량성분의 흡착

은 복잡한 계면현상으로서 아직 이론적으로 규명되지 않은 점도 많지만 제품의 균일성과 높은 흡착능력을 가져야만 된다.

2. 운전조작

① Sand Filter

모래여과기는 1829년 영국 런던에서 최초로 이용된 이래 지금까지 각종 폐수에 사용되었는데 여과속도는 $7\sim 9\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$, 유효경은 2~7mm, 모래상 높이는 60~70cm 정도로 유지하면 된다. 특히 모래여과기를 통과하는 입자는 너무 작아서 체(mesh)분리에 의해서는 좀처럼 제거되지 않기 때문에 모래여과기 이후에 시리드로 활성탄여과기, 이온교환수지탑 및 킬레이트수지탑 등을 이용해 폐수처리에 만전을 기해야 한다. 따라서 제거효율은 여재입자와 고형물질인 플록(floc)의 반응은 고형물이 여재표면으로 전달되는 mechanism에 크게 좌우되어, 여재와 고형물이 충분히 여과속도를 유지해 접촉하도록 해야 한다. 이때 전달메카니즘은 침강, 판성충돌, 농도, 전단력에 의한 콜로이드의 확산, 브라운운동, van der waals 힘(force), drag force와 여재입경, 입경분포(균등계수), 비중 등에 지배받는다.

여과탑의 재질은 철판을 사용해 내부는 epoxy coating 및 rubber lining으로 피막 처리하고 외부는 광



명단처리후 painting하여 부식을 방지해야 하며, 폐수는 rotary meter가 부착된 compressor를 3~5kg/cm²를 사용 및 pressure pump를 사용해 탑상단부로 부터 인입라인에 노즐을 설치해 전표면에 폐수가 고르게 접촉과 여과될 수 있도록 노즐의 분사각도를 정확하게 설계되어야만 한다.

여재의 수명은 일반적으로 6~8개월 후에는 오염상태에 따라 크게 차이는 있으나 신제품으로 교체시켜야 하며, 여재를 재생하여 여과된 오염물질을 제거하기 위해서는 염산(15~20% Hcl)을 사용해 탕세한 다음 차아염소산 소다(8~10% NaOcl)나 Nacl 용액으로 재세척한 다음 방류수로 10~15분간 여러차례 재순환시키면 여재의 능력을 회복시킬 수 있는데 이때 팽창률은 본래의 120~130%로 유지해야 하고 역세척수는 다시 농축조나 집수조로 보내 재처리되어야만 한다. 한편 역세척시 air band용 공기는 50 l/m²분 이상으로 공급되어야만 하며, 새로 교체시킬 모래의 유효경은 0.45~0.7mm로 작은 모래이어야 하고 자갈은 2~3mm(최하단부 자갈은 8~20mm) 정도가 좋다. 또한 strainer의 폐색을 방지하기 위해 큰자갈을 300~450mm 높이로 충전후 모래를 상부층에 채워야 한다.

◆ 고도처리에 있어서 응집처리

1) 개론

기원전 2000년경 Egypt인은 어떤 종류의 나무열매를 부셔서 고분자 응집제로서 사용하여 물의 청정화를 시켰다. 무기응집제의 이용도 포함하여서 응집현상이용은 유사이전으로 올라가도 있었던 일이다. 최근에 있어서 응집 침전처리기술은 주된 상수도 방면에 있어 발달한 급속여과와 병용한 그 처리방식

은 완전히 정착한 느낌이다.

한편 요즘 수년동안 공해의 격화와 물수요의 증대에 따라서 하수, 산업폐수의 고도처리의 필요성이 요구되어 각종 기술이 개발되어 시도하게끔 되었다. 많은 고도처리기술 내에서도 응집처리법은 값싸고 유지관리도 쉬우며, 또 설계법도 확립되고 있는 것이어서 가장 많이 사용되고 있다. 또한 역침투법, 전기투석법, 활성탄처리법 등은 그 유입원수 중에 부유물질이 존재하면 장애가 되어서 이들 고도처리의 전처리로서도 응집처리는 불가피한 것이 된다.

따라서 응집처리법의 적용에 있어서 그 특성을 잘 고려해서 채용해야 하며, 또 다른 처리방법과의 관련을 충분히 검토해서 사용해야 한다. 본 연구에 있어서는 응집처리의 제거특성, 하수, 산업폐수에 있어서 3차처리를 중심으로 말하고 최근에 활성오니의 high rate(고율) 처리와 조합시킨 새로운 시도에 대해서도 언급하고자 한다.

2) 응집처리의 제거특성과 응집제

응집처리에 의해서 제거된 물질이 어떤 것인가를 검토하는 것은 이 처리방식을 채용할 때에 가장 중요한 사항이다. 이 방면에서의 연구 실례는 적고 최근 연구에 기대되지만 몇가지 연구사례를 토대로 논하고자 한다.

현재 3차처리에 있어서 응집처리를 하는 주된 목적은 부유성, 콜로이드상 유기물제거와 탈인이 된다.

① 유기물의 제거특성

하수의 이차처리수 및 응집처리수중 유기물을 분리하여 그 제거특성을 검토했다. 용존해 있는 유기물을 sephadex를 이용해서 Gel여과를 행하여 아주 잘 분리한 결과 분자량 1500이상, 분자의 크기에서 30A°이상인 물질의 대부분 모두가 응집처리에 의해 제거되지만 저분

자인 부분은 전혀 제거가 안되는 것으로 판명되었다. Benett등은 pulp폐수 중의 유기물을 석회에 의한 제거특성을 상세히 연구해서 다음과 같은 결론을 얻었다. 즉, 응집에 관계가 되는 용존해 있는 물질의 분자량으로서 어느 고분자물질일수록 제거되기 쉽다. 다음으로 약산성 수산기(-OH)를 가진 물질, phenol형, enol형의 유기물이 제거되기 쉽지만 carboxyl기를 가진 물질은 단독으로는 아무것도 제거되지 않는 것을 발견했다. 이상의 결과에서 무기응집제의 제거특성으로서는 용존 유기물의 분자량이 관여한다고 생각했다.

유기고분자응집제를 사용한 경우에는 그 제거된 물질의 종류는 많이있어 저분자물질도 처리될 가능성이 있다. sheldon등에 의하면 zeta potential(전위)제거로 무기염과 polymer를 사용할 경우 전위경 표면의 carboxyl기와 응집제의 반응에 의해서 제거된다고 했다.

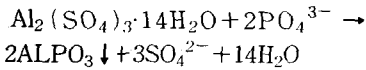
② 탈인

폐수 중 인은 방류수역의 부영양화 원인이 되어서 제거하는 것이 바람직하고 하수의 3차처리인 중요한 목적중 한가지로 되고 있다. 하수중 인의 기원으로는 가정하수가 주된 것이며, 공장폐수에서 탈인이 문제가 된 것은 적다. 탈인에 대해서는 많은 연구예가 있어 최근 우수한 논문이 발표되어 이것을 간단히 논술하고자 한다.

하수 중에 함유된 인화합물의 형태로는 ortho-인산(PO₄³⁻), 각종 중합인산, 유기인화합물이 있다. 2차처리를 행한 폐수 중에 인은 생물에 의한 가수분해작용에 따라 오르소 인산(o-phosphoric acid)으로 되고 있다. 인산은 무기응집제와 반응하여 불용성인 침전물을 만들어서 탈인으로서 응집처리는 가장 많이 사용된다.

황산반도와 오르소인산의 반응은

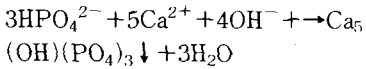
다음 식으로 나타낸다.



이 반응식에 의하면 1몰의 인을 제거하는데 1몰의 알루미늄이 필요하지만 실제로는 약간 과잉의 알루미늄을 주입해야 하며, 높은 제거율을 원할 경우는 다량의 알루미늄을 필요로 한다. (표-1 참조)

일반적으로는 하수처리수일 경우 PH5.5~6.5범위가 최적하고 황산반토 50~100mg/ℓ의 주입량으로 인 1mg/ℓ 이하까지 제거된다. 철염도 알루미늄과 똑같이 반응하여 불용성염을 형성하지만 최적 PH범위는 4.5~5로서 낮다.

탈인의 목적을 위해서는 석회를 응집제로 사용한 예가 많다. 이 경우 반응은 아래와 같은 hydroxyapatite가 생성한다.



생성된 Apadite용해도는 낮고 PH가 9이하에서도 탈인은 가능하지만 장내에 의하면 PH가 10이하에서는 홀룩이 적어 침강이 나빠서 10이상으로 처리해야 된다고 했다. 탈인에 필요한 석회량은 인의 물비에 관계없이 목표인 PH까지 올리는데 필요한 석회량으로 결정되고 하수 처리수일 경우는 300mg/ℓ 정도로 필요하고 이 약품주입량으로서 인산 1mg/ℓ 이하로 할 수가 있다.

이상은 오르소인산일 경우지만 다른 폴리인산류도 응집처리에 의해 제거된다. 장내는 폴리인산 단독으로는 그 중합도가 높아짐에 따라서 처리하기 어렵게 되지만 오르소인산과 공존하면 그 제거패턴(pattern)은 오르소인산인 것과 비슷해져서 처리하기 쉽다는 것을 알아냈다. 폴리인산류의 제거기구는 복잡하여 현재까지도 불명하다.

③ 응집제

3차처리에 이용되는 응집제로는 황산반토, 염화제이철, 석회등 무기응집제가 주류이고 유기고분자응집제는 조제로서 사용되는 것이 많다. 어떤 무기응집제도 그 제거특성에 큰 차이는 없지만 최적 pH범위, 처리수 수질, 비용, 오니처리 난이성, 약품상 난이성 등을 고려하여 채용해야 한다.

석회는 3차처리용으로 많이 이용된다. 이점으로는 ① 오니의 침강성, 탈수성이 좋고 ② 처리시 암모니아 스트리핑(stripping)이 가능하고 ③ 재생이용이 가능하고 ④ 경도 성분이 제거되고 ⑤ 기계, 기타의 부식이 적은 점 등이다.

또한 Zuckerman등은 폐수의 PH를 아주 올리면 고분자유기물이 저분자로서 활성탄흡착을 받기 쉽게 된다고 했다. 결정으로는 ① 처리수 PH가 높고 ② 다량의 약품을 사용하기에 대규모화되고 ③ 스케일(scale)이 발생하는 점 등이다.

황산반토는 응집최적 pH가 6~6.5정도로 있어 처리수 pH를 조절할 필요도 없고 사용하기 쉽다. 그러나 홀룩의 침강성, 탈수성 모두 나쁘고 약품회수도 많은 경우 가격면에서 맞지않는다.

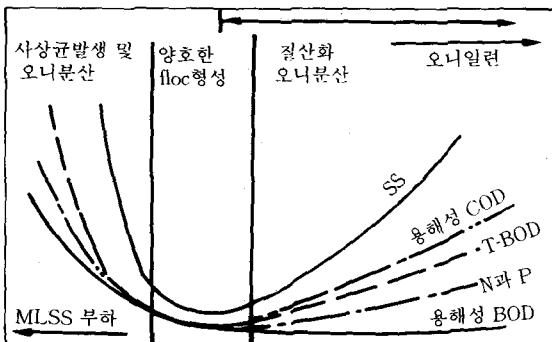
철염은 유기물과 잘 반응하기에 3차처리로는 유효하다는 생각이지만 하수처리를 응집처리할 경우 다른 응집제에 비해서 아주 유효하다고는 할 수가 없다. 최적 pH범위는 5~5.5로 황산반토에 비해 낮다. 중성부근에서 작용시키면 유기물과 작용해서 안정한 콜로이드화합물을 만들어 침강하기 어렵게 되는 일이 있다. 또 철염은 아주 미량이라도 방류지점의 하상을 착색하며 오니의 소각시 로가 손상하기 쉽다. 기계등의 부식이 일어나는 등 결점이 있다. 황산반토, 염화제이철 모두 필요한 약품량은 석회에 비해 적고 많을 경우 회수는 생각하지 않아도 좋아서 그렇게 규모도 크지 않아서 유리하다.

3) 이차처리와 응집처리의 조합

활성오니처리와 응집처리를 조합한 방식에는 그림 1과 같은 3가지

(표 1) 인산 제거율과 황산반토의 필요량

요구되는 제거율	Al ₂ P의 물비	Al ₂ P의 중량비
75%	1.38:1	1.2:1
85%	1.72:1	1.5:1
95%	2.3:1	2.0:1



(그림 1) 활성오니 처리조건과 처리수의 농도

(표 2) 석회의 응집침전에 따른 유기물제거¹⁾

	TOC(mg/ℓ)	상징액 중 잔류 SS(mg/ℓ)	탁도(JTu)
생 하 수	20	10	2.0이하
1차처리수 ²⁾	9	"	"
2차처리수 ³⁾	15	20	5
질화처리수	8	5	1이하
장시간폭기처리수	7	"	"

1) 석회에 의한 pH 11.5일 경우 응집침전

2) modified aeration, 생물응집양호

3) " " " "



방식이 있다. ① 활성오니를 적용하기 이전에 응집하는 방식으로 활성오니처리의 부유물질, BOD부하를 낮춰서 탈인도 가능하지만 생물처리에서의 인이 부족하여 최종침전지에서 유출하는 부유물질, 인등은 제거 안된다. 수질, 수량의 변동에 대응해서 응집제를 과부족없이 가해야 하는 등 결점이 있다. ② 폭기조 속에 응집제를 투입하는 방식으로 응집제가 많은 양으로 필요하고 또 응집제의 미생물에 대한 독성, 무기플록(floc)에 의한 오니의 증대 등의 문제가 있다. ③ 현재 가장 많이 사용하고 있는 방식으로 이차처리수를 응집한다. 이 방식은 ①, ②에 비해 약품 투입량도 적어지고 처리수 수질도 양호하고 또 안정하다. ①, ②의 방식은 현행 활성오니처리시설을 그대로 이용할 수 있는 장점이 있다. ③의 방식을 이용할 경우 이차처리수와 응집에 의해 처리하기에 어떠한 2차처리의 과정이 소홀해지기 쉽지만 응집에 부하를 거는 것은 좋은 방법이 아니어서 될수있으면 이차처리수를 양호하게 유지할 필요가 있다. 활성오니에 있어서 처리조건과 수질의 모식도를 그림1에 나타냈다. 그림에서 알 수 있듯이 미생물응집이 가장 양호한 경우에 용해성유기물도 적고 응집에 따른 3차처리가 효과적이다. 또한 활성오니처리에서 소화까지 반응이 진행된다면 응집제가 적게 소요된다는 이점이 있다. 표 2에 생물처리 정도와 그 응집에 의한 처리결과를 나타냈다.

4) 하수처리수의 응집처리

하수의 3차처리 목적은 부영양화를 포함한 오타방지와 공업용수, 잡용수로서의 재사용이다. 하수처리수의 공업용수화는 우리나라에서도 각지에서 시도된 많은 실적이 있다. 표 3은 가와사키 시에 있어서 한 실례이다. 가와사키 시에 있어

(표 3) 하수처리수의 응집침전처리실례

	하수처리수	응집침전처리수 ¹⁾	연수정수처리수 ²⁾	급속여과처리수
물 온 도(°C)	10.6~28.5(22.4)	10.6~28.5(22.4)	10.6~28.5(22.4)	10.6~28.5(22.4)
탁 도(度)	5.4~150(25)	0.5~11(3.4)	7~15(10)	0~1.5(0.4)
색 도(度)	7~30(15)	6~25(14)	6~25(14)	5~25(14)
pH	6.0~8.3(6.9)	5.7~7.1(6.8)	6.5~8.0(7.4)	6.0~7.8(6.8)
알칼리도(mg/l) as CaCO ₃	36~180(116)	30~152(100)	40~155(110)	40~155(110)
COD(mg/l)	5.9~22(10)	4.4~12(7.4)	4.0~11(7.3)	3.2~11(7.0)
ABS(mg/l)	0.22~2.2(0.64)	0.22~2.2(0.64)	0.22~2.2(0.64)	0.22~2.2(0.64)
약 취(度)	50~200(100)	50~200(100)	50~200(100)	50~200(100)
경 도(mg/l) as CaCO ₃	94~160(130)	94~160(130)	80~120(84)	80~120(84)
T-Fe(mg/l)	0.7~1.5(0.9)	0.1~0.5(0.2)	0.1~0.5(0.2)	0.05~0.2(0.1)
염소이온(mg/l)	113~219(160)	113~219(160)	113~219(160)	113~219(160)
NH ₃ -N(mg/l)	6.0~22(14)	6.0~22(14)	6.0~22(14)	6.0~22(14)
NO ₂ -N(mg/l)	0.001~1.1(0.1)	0.001~1.1(0.1)	0.001~1.1(0.1)	0.001~1.1(0.1)
NO ₃ -N(mg/l)	0.56~3.7(1.7)	0.56~3.7(1.7)	0.56~3.7(1.7)	0.56~3.7(1.7)
중발진류물(mg/l)	448~498(473)	448~498(473)	450~500(475)	450~550(475)
전기전도도 $\mu\text{S}/\text{cm } 25^\circ\text{C}$	750~1,115(850)	760~1,120(870)	860~1,220(1,000)	860~1,220(1,000)
PO ₄ -P(mg/l)	0.05~0.3(0.2)	0.00~0.05(0.02)	0.00~0.05(0.02)	0.00~0.05(0.02)
전류염소(mg/l)	0.2~2.8(0.7)	0.2~2.8(0.7)	0.2~2.8(0.7)	0.2~2.8(0.7)

서는 응집처리 다음에 활성탄, 오타존처리도 시도했지만 여기서는 응집여과처리만을 들었다. 이 표에서 분명한 것은 응집에 의해 제거된 것은 탁도, 색도, COD, 경도, 철, 인산이온 뿐이고 기타는 대부분 제거되지 않았다. 특히 ABS, 약취성분, 질소화합물이 전혀 처리되지 않는 데에 주목할 필요가 있어 여기에 나타난 값이 응집처리의 한계라 할 수 있다.

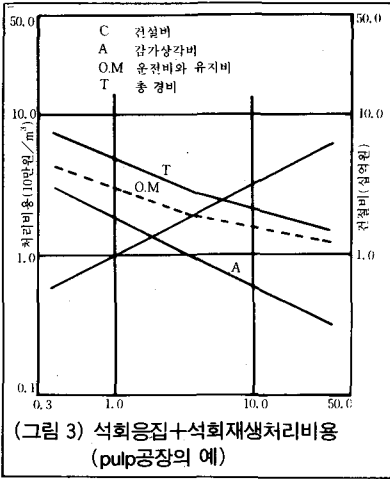
하수를 재사용할 경우 문제가 되는 것은 녹, 스케일의 발생, 생물 slime 발생 등이다. 녹의 원인은 염소이온, 잔류염소, 용존산소, 잔류탄소등이다. 스케일(scale)은 경도 성분, 생물slime은 용존유기물이 원인으로 발생된다. 이들 물질이 어느 정도로 함유되면 실제로 피해가 있는가는 사용목적에 따라 일정하지 않지만 표 4에 도요코오시와 가와사키시의 공업용수와와의 수질기준을 나타냈다.

최근 하수처리수의 공업용수는 그 예가 많지만 처리비용과 사용목적에 고려해서 고도처리방식을 선

(표 4) 공업용수 수질기준

구 분	A지역	B지역
온 도(°C)	27이하	20이하
탁 도(度)	15이하	10이하
pH	5.8~8.6	6.5~7.5
경도(mg/l) as CaCO ₃	-	90이하
중발진류물(mg/l)	-	300이하
염소이온(mg/l)	1,500이하	15이하
T-Fe(mg/l)	0.7이하	1.0이하
규 소(mg/l)	-	25이하
전류염소(mg/l)	-	0.5

정해야만 된다. 부영양화의 방지목적으로 3차처리를 고려할 경우는 인산과 질소화합물이 문제로 된지만 응집에서는 인산만이 제거되어서 질소화합물의 제거에는 생물에 의한 탈질소를 해야만 한다. 중급속도 오타방지에서 중요하지만 응집에 의해서는 일부 중급속이 처리되기 때문에 완전한 처리도는 다른 방식도 병용하는 것이 바람직하다(표 5). 비용해석은 중요하지만 수처리 일반적으로 이방면의 연구는 아주 적다. 그림 3에 smith등이 구한 예를 나타냈다.



5) 공장폐수의 응집에 따른 3차처리 (pulp공장의 예)

펄프산업은 용수형인 산업이어서 그 공장에서 배출되는 물이 BOD, 색도성분 등을 많이 함유해 고도처리의 필요성이 높고 지금 많은 시도를 하고 있다. 펄프공장 폐수에서는 유기물로서 리그닌, 저분자식물 폐놀, 헤미 셀룰로즈, 당, 당산 화물, 유기산 등이 주로이며, 이밖에 수지, 또 kraft pulp폐수에서는 메틸 멜캅탄, 디메틸 설화이트 등의 악취성분 등을 함유했다. 펄프 공장 폐수처리방법으로는 생물처리, 응집처리가 주로이며, 이밖에 고도처리로서 활성탄, 오존, 역침투, 이온교환등의 처리방식이 검토되고 있지만 실시에는 전혀없다. 펄프 공장폐수는 저분자 BOD성분과 고분자인 미생물, 분해되기 어려운 색도 성분인 리그닌을 함유하고 있어서 활성오니처리와 응집처리를 조합해서 효과적으로 처리해야 한다.

펄자 등은 실제로 가동하고 있는 kraft pulp공장의 활성오니처리수의 응집에 따른 고도처리를 시도했다. 활성오니처리조건을 표 6에 나타냈다.

또한 응집처리결과는 표 7과 같다. 이 표에서 분명한 것은 이차처

(표 5) 중금속의 응집에 의한 제거

중금속	제거율(%)
Ag(Ag ⁺)	97
Cd(Cd ²⁺)	94.5
Cr(Cr ₂ O ₇ ⁻²)	9.3
Se(SeO ₃ ²⁻)	16.2

(표 6) kp제지공장의 활성오니법에 따른 처리조건

처리수량(m ³ /일)	19,680
MLSS 농도(mg/ℓ)	4,500~7,000
MLSS 부하(kg/kg/일)	0.25
용적부하(kg/m ³ /일)	1.3
SVI	150~200
BOD 제거율(%)	90.98
COD % (%)	50~60

리에서는 BOD가 현저히 저감했지만 색도는 전혀 제거되지 않았다.

이 처리수를 다시 한번 응집처리를 하면 색도는 줄고 전 유기탄소(TOC)도 10mg/ℓ까지 떨어진다. 그림 4는 황산반도와 염화제이철인 약품주입량과 pH의 변화에 따른 TOC제거특성을 나타낸 것이다.

(표 7) KP제지폐수의 3차(고도)처리시 실험결과

	kraft pulp 공장폐수	활성오니처리수	응집침전처리수	
			FeCl ₃ ²⁾	Alum ³⁾
pH	10.60	7.32	5.60	6.40
증발잔류농도(mg/ℓ)	1,099	821	727	761
용해성 농도(mg/ℓ)	975	817	727	761
강열잔류농도(mg/ℓ)	637	632	684	713
강열감량(mg/ℓ)	338	185	43	48
부유물질(mg/ℓ)	124	3.5	0	0
COD(Cr)(mg/ℓ)	588	140	-	-
COD(Cr) 여과수 ¹⁾ (mg/ℓ)	456	129	21.0	30.7
COD(Mn)(mg/ℓ)	281	89.6	-	-
COD(Cr) 여과수(mg/ℓ)	261	88.1	13.8	17.8
TOC(mg/ℓ)	255	57.0	-	-
TOC 여과수(mg/ℓ)	230	51.0	10.5	13.5
BOD(mg/ℓ)	204	6.2	-	-
BOD 여과수(mg/ℓ)	177	5.5	-	-
색도(度)	1,000	650	100	80.0
리그닌(mg/ℓ)	122	83	8.7	15.0

(참고) 1) 여과는 What mann GF/C filter 사용

2) FeCl₃는 200mg/ℓ 첨가 3) Alum은 200mg/ℓ 첨가

펄프폐수의 탈색으로 여러나라에서는 석회를 이용한 실례가 많다. 이 방법은 massive Lime법이 라고 말하며, 석회주입량은 3000~10000mg/ℓ로 많은 양이다. 생물처리와 응집처리를 조합한 방식을 검토한 예는 많지만 Eckenfelder 등의 결과를 그림 5에 나타냈다. 또한 그 사람들이 산출한 처리정도와 cost를 그림 6에 나타냈다. 이 그림에서 분명한 것은 고도처리단계를 높이는 데 그 cost는 비약적으로 증대하는 것을 알 수 있다.

6) 고부하 활성오니처리와 조합한 처리방식

활성오니처리가 성립하는 조건으로는 유기물을 미생물이 소화, 분해하는 것과 고액분리한 것인 두가지 조건이 된다. 그러나 활성오니를 고부하로 처리하는 BOD성분은 짧은 시간 내에 제거되지만 처리수 중에 세균이 분산한 결과로 되어서 처리수 BOD는 높게 된다. 그래서 응집처리를 조합시킬려면 고부하로



서 운전해서 분산된 미생물과 응집 처리에 의해서 제거하면 폭기조 용적을 현저히 합리화할 수가 있다. 폐수성질에 따르지만 폭기조를 재래법의 5/1~10/1의 크기로 할 수도 있다. 이와같은 고찰에서 처리방식을 검토한 예가 두 세가지 있다. 그림 7은 Humenick등이 행한 예로서 고부하로 활성오니를 운전하여 처리수를 석회로 응집한다. 응집침전오니는 일부 폭기조에 반송해서 오니의 침강성을 높인다. 처리조건 및 처리결과를 표 8,9에 나타냈다. 이와같이 고도처리로는 단순히 종래 방식을 계속한 방식뿐만 아니라 전체를 한가지 공정으로 생각해 각각의 특성을 살린 처리방식을 생각하는 편이 합리적이라고 생각되어 지금 이와같은 방식이 각 방면에서 시도될 것으로 사료된다.

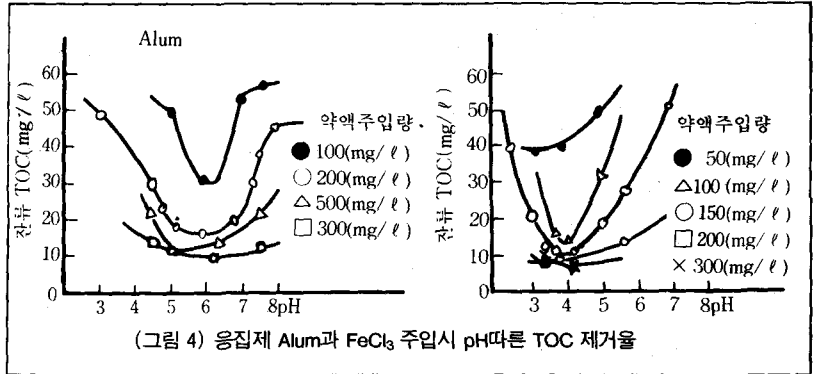
고도처리가 필요한 것은 말할 것도 없으며 여러가지 처리방식의 검

(표 8) pilot 처리조건

처 리 조 건	
폭기시간(분)	22
응집반응시간(분)	16
오니부하(kg BOD/kg MLSS/일)	2.27
MLSS(mg/l)	6,000
MLVSS(mg/l)	2,780
SVI	37
석회주입농도(mg/l as CaO)	280

(표 9) pilot 처리수현황

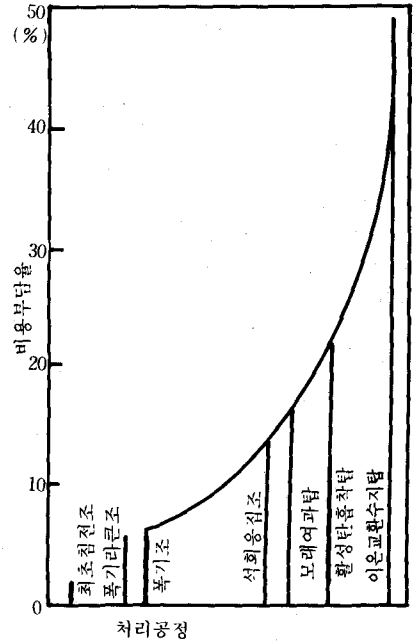
	원수	처리수	처리효율(%)
BOD(mg/l)	113	9.5	92
COD(mg/l)	241	41	83
T-P(mg/l)	10.7	0.44	96
유기성-N(mg/l)	7.9	2.1	73
NH ₃ -N(mg/l)	21.0	17.7	15
탁 도(TU)	255	13	-
SS	52	1.9	96
알칼리도(mg/l)	232	226	-
pH	7.4	10.7	-
Ca(mg/l)	137	135	-
Mg(mg/l)	23	10	56



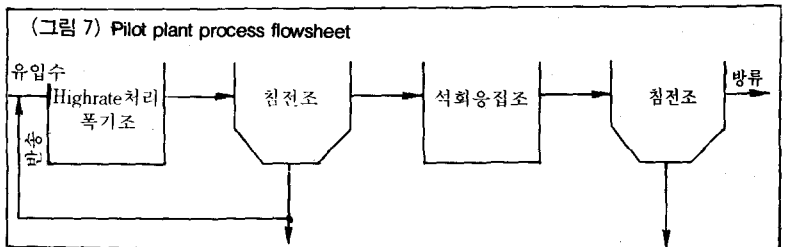
(그림 4) 응집제 Alum과 FeCl₃ 주입시 pH 따른 TOC 제거율

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	색도 (도)
유입수	284	1600	440	2000
최종침전조	227	1440	88	2000
폭기조	20	410	20	1800
응집침전조(석회)	15	400	20	200
모래여과탑	10	400	1이하	200
활성탄흡착탑	2이하	10	1이하	10
이온교환수지탑	0	5	1이하	0
방류				

(그림 5) KP제지폐수의 고도처리공정과 그 처리수현황



(그림 6) KP제지폐수의 고도처리비용부담율



토는 중요하지만 그것 이전에 생각 되어야 할 것은 다음과 같다.

- ① 현재의 이차처리능력을 최대한으로 발휘하게끔 설계, 관리할것
- ② 공장폐수에 있어서는 생산공정사용수를 될수록 합리화 할것

현재 3차처리는 cost도 많이 들어 꼭 효과가 있다고 할 수 없는 경우도 많다. 따라서 상기 두가지점을 검토한 것에 따라 오염방지, 수자원의 양쪽에서 대체로 효과가 있다고 생각하는 것이 어떨까 한다.