大 韓 衛 生 學 會 誌
KOREAN J. SANITATION
Vol. 10, No. 1, 85~96(1995)

上水道 淨水場 汚泥중 Alum회수 및 재활용에 관한 연구

김관천·노기환·강영식·이치영·류일광

광주보건전문대학 공해문제연구소

A Study on Alum recovery and reuse from the sludge in water treatment plant.

Kwan-Chun Kim, Gi-Hwan Rho, Young-Sik Kang, Chi-Young Lee, Il-Kwang Ryu.

Research Institute of Environmental pollution
Kwangju Health College, Kwangju, Korea.

Abstract

Alum recovery has recently gained more attention because many water utilities need to improve their sludge handling and disposal practies. As part of an overall sludge management program, Alum recovery can reduce the amount of solids and allow for reuse of the recovered Alum as a coagulant.

This study was examined the effectiveness of Alum recovery from the Sludge at the D water treatment plant in Kwangju city.

The reselts were summarized as follows

1. Alum recovery was obtained suffciently acidification(An optimum condition was pH2－3) with H_2SO_4 to settled sludge.
   In this case, recovered liquid Alum from sludge of 2.1% solids concentration at pH 2.1 was contains Aluminum 1,602㎎/ℓ (as Al_2O_3 0.3%) and other metal of low level.
2. It was an optimum condition to all reuse of recovered Alum as a coagulant that rate of Commercial Alum : Recovered Alum=14㎕/ℓ : 200㎕/ℓ in a result of Jar Tests.

※ 본 연구는 광주보건전문대학에서 제공한 연구비 지원에 의해 수행되었음.

3. It was a result of Alum recovery from siudge ; the reduction effect of amount of solids was about 57.4%.
4. If all recovered Alum were reused the reduction effect of solid wastes disposal cost and chemical drug's cost was about 22%.

Ⅰ. 序 論

지금까지 대부분의 上水道 淨水場은 良質의 安全한 물을 생산공급하는데 중점을 두어왔고 정수장에 발생하는 沈澱汚泥의 처리문제에 관해서는 거의 무관심하여 인근 하천에 그대로 放流하고 있었다.

이는 정수장에서 발생되는 汚泥의 양이 비교적 소량이라고 판단하였고 또 하천의 수질오염에 관한 인식이 부족했었기 때문이다. 그러나 최근 환경오염문제가 크게 관심의 대상이 되면서 인근 농경지의 주민들이 그 피해를 호소하고 있고, 특히 하천의 수질이 계속 악화되어가고 있는 상황에서 정수장의 沈澱汚泥를 하천에 그대로 방류하는것은 당연히 제약을 받지않을 수 없게 되는 것이고 따라서 앞으로 각 정수장은 汚泥의 처리시설 확충이 불가피하게 되었다.

정수장 沈澱汚泥 처리법은 일반적인 하수처리에서의 汚泥처리법과 같이 농축+천일건조 또는 농축+기계적탈수의 방법이 이용되고 있으나[1~6] 정수장 沈澱汚泥의 특성이 미립자의 점토질과 凝集劑로 가한 Aluminum Sulfate에 의한 Aluminum hydroxide floc을 다량함유하고 있어, 농축, 탈수성이 극히 나쁘기 때문에 前處理로서 石灰처리, 酸處理, 凍結融解처리, 高分子응집제 첨가 등의 방법으로 그 농축성, 탈수성을 개선하고 있다.[7~8]

沈澱汚泥의 전처리 방법중 酸처리법은 汚泥중에 함유된 Aluminum hydroxide를 Aluminum sulfate형태로 용출시켜 회수함으로써 응집제로 재활용 할수 있어[9] 이미 미국에서는 Florida주 Tampa시 수도국과 North carolina주 Durham시 수도국에서 이 방법으로 실제 가동중에 있으며[10,11] 일본에서도 동경도 수도국, 朿村上 정수장을 비롯한 10여개 정수장에서 이 방법으로 汚泥처리를 하고 있으나[12] 우리나라에서는 아직 시도 된바가 없다.

본 연구는 주암호수를 상수원으로 하는 광주광역시 D정수장 沈澱汚泥를 대상으로 酸處理에 의한 Aluminum Sulfate(Alum)의 회수및 재활용 가능성과 그 효과를 검토하여 보고하는 바이다.

Ⅱ. 材料 및 方法

1. 試 料

본 실험은 광주광역시 상수도본부 산하 D정수장의 1차농축조, 2차농축조, 汚泥貯溜槽에서 각각 '94년 9월, 11월, '95년 2월에 직접 채취한 시료를 사용하였다.

D정수장은 Table 1과 같은 수질의 원수를 1일 22만m^3/day씩 정수 할수 있는 시설을 1994년 7월 완공하여 1일 11만~14만m^3/day씩을 정수하고 있으며,추가로 22만m^3/day의 정수능력을 갖는 2차시설을 1996년 준공목표로 공사중에 있다.

D정수장은 Fig. 1과 같은 沈澱汚泥처리설

Table 1. Water quality of influent raw water on D Water treatment plant(1994－1995)

Parameter	unit	monthly					
		9	10	11	12	1	2
pH	－	7.0	7.0	7.0	7.1	7.2	7.5
Water temperature	℃	18.2	17.6	16.9	11.8	4.8	8.7
Turbidity	NTU	2.3	1.8	2.1	0.6	0.9	2.0
Suspended Solids	mg/ℓ	2.6	2.5	2.3	0.4	3.8	2.0
Alkalinity	mg/ℓ	19.6	19.9	19.7	19.0	21.0	17.0
COD	mg/ℓ	2.1	2.2	2.2	1.4	1.3	1.2

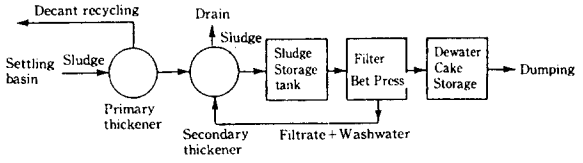


Fig. 1 Schematic of sludge treatment system in D water treatment plant

비를 갖추고 있고, 오니에 고분자응집제를 가하여 Filter belt press로 탈수하고 있어 汚泥처리에는 문제가 없으나 시료의 채취가 용이하고 안정되어 있기 때문에 본 연구의 대상으로 삼았다.

2. 實驗方法

1) 일반항목의 수질시험

pH, 탁도, 수온 COD, SS, 含水率등은 환경오염 공정시험법에[13] 따랐으며 pH는 pH meter(METTLER, Delta 340)로, 탁도는 탁도계(HACH, chem. Model 2100A)로 각각 측정하였다.

2) alkali도

미국 APHA-AWWA-WPCF의 Standard Methods에[14] 따랐다.

3) 오니중 금속함량시험

시료 100mℓ를 취하여 질산－과염소산 분해법에 의해 전처리 한 후 No.5A여지로 여과하여 그 여액에 대해 ICP Spectroanalyzer (Jobin Yvon, Jy 70 plus)로 분석하였다.

4) 汚泥중 금속의 溶出시험

시료(20℃로 조정) 100mℓ를 취하여 적정 pH에 소요되는 양의 20% H_2SO_4를 일시에 첨가하고 Magnetic Stirrer로 교반(1분～15분간)한 후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 그 상징액을 회수Alum용액으로 하고 금속용출 정량시험용은 No.5A 여지로 여과한 다음 그 여액을 ICP Spectroanalyzer(Jy 70 plus)로 분석하였다.

5) 汚泥중 고형물 함량시험

시료(20℃로 조정) 50mℓ를 각각 취하여 금속의 용출시험과 같은 방법으로 20% H_2SO_4을 첨가하고 15분 교반후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상징액은 decantation시키고 105～110℃에서 4시간 건조시켜 항량으로 한 다음 秤量하였다.

6) 응집시험(Jar Tests)[15]

원수(20℃로 조정) 500mℓ에 응집제로서 정

수장에서 사용한 市販Alum(Al_2O_3 8%)은 1/100로 희석하여 주입하였고 回收Alum은 원액 그대로 注入하여 80rpm으로 1분간 교반시키고 30rpm으로 15분간 교반 시킨후 floc의 침강상태를 관찰하였으며, 1시간 정치후 그 상징액의 탁도를 측정하였다.

또 상징액의 일부를 No.5A여지로 여과하여 그 濾液에 대해서 금속함량시험용 시료로 사용하였다.

III. 結果 및 考察

1. 汚泥의 發生量

D 정수장은 현재 11−14m^3/day를 정수하면서 발생되는 汚泥量은 탈수cake으로 평균 3.7ton/day정도 이며 이를 폐기물처리 업자에게 의뢰하여 처분하고있다.

여기서는 汚泥로부터 Alum을 回收함에 따른 汚泥量감소 효과를 算定하기위하여 다음과 같은 이론식에의하여 汚泥발생량을 추정해 보았다.

$$S_o = Q\{b(T-t)+d\cdot m\cdot AL\cdot \frac{2Al(OH)_3\cdot 3H_2O\text{분자량}}{Al_2O_3\text{ 분자량}}\}\times 10^{-6}$$

여기서,

S_o : 오니의 건조중량(ton/day)

Q : 처리수량(m^3/day)

T : 원수의 탁도(NTU)

t : 침전수의 탁도(NTU)

AL : 액체 황산Alum의 주입율(ppm)

b : 원수 탁도 1 NTU에 대한 SS량의 비율

d : 액체 황산Alum의 비중 (1.32)

m : 액체 황산Alum(Al_2O_3로서)의 농도 (0.08)

이므로 침전수의 탁도(t)를 무시하고 定數값을 대입하면 건조 고형물량 So는 다음과 같은 간편식이 된다.

$$So = Q\,(bT+0.27AL)\times 10^{-6}$$

D 정수장의 경우 Q=220,000m^3/d, T=1.62NTU(σ=0.63), b=1.1, AL=20ppm이므로 이 식에의해 계산하면 So=1.58ton/day이 된다. 이를 Filter belt press로 탈수하는데 脫水cake의 함수율이 73.0%로 측정되었으므로 1일 건조고형물발생량 1.58ton/day을 탈수cake으로 환산할 경우 5.85ton/day이 되어 실제 汚泥발생량과 일치하였다.

2. 沈澱汚泥의 性狀

1차농축조流入汚泥, 2차농축조流入汚泥 및 貯溜槽汚泥에 대한 각각의 성상은 Table 2와 같다.

pH는 모두 중성(pH 6.93~7.32)을 유지하고 있으며,침전조에서 함수율 99.7%의 沈澱汚泥가 1차농축조에 유입되고 있었고, 1차농축조에서 농축된 함수율 99.0%의 汚泥가 2차농축조에 유입되고, 2차농축조에서는 함수율 97.9%까지 汚泥를 농축하여 貯溜槽에 보내고 있었다.

이들시설의 설계치는 고형물농도로서 1차농축조는 1%, 2차농축조는 1.5%, 貯溜槽는 4%로 되어있으나 실제로는 훨씬 낮게 운전되고 있었다.

Table 2. charateistics of raw sludge in D Water treatment plant

Parameter	sludge from settling basin (1st Thickener)	sludge from 1st Thickener (2nd Thickener)	sludge from 2nd Thickener (Storage tank)
pH	6.93	7.32	7.26
water content (%)	99.7	99.0	97.9
T-solids concentration(mg/ℓ)	2.950	9.800	20.948
Al(mg/ℓ)	478	825	1,638
Fe(mg/ℓ)	21.8	95.7	156
Mn(mg/ℓ)	3.54	10.3	27.5
Zn(mg/ℓ)	0.910	1.08	1.58
Cu(mg/ℓ)	0.070	0.196	0.250
Cr(mg/ℓ)	0.065	0.085	0.230
Cd(mg/ℓ)	ND	ND	ND
Pb(mg/ℓ)	ND	ND	ND

※ ND : non-detected

沈澱汚泥중에는 Al>Fe>Mn>Zn순으로 금속을 함유하고 있었고 Cu와 Cr은 미량함유되고 Cd, Pb는 검출되지 않았다.

3. Aluminum Sulfate (Alum)의 回收

정수장에서 응집제로 사용된 황산알루미늄은 응집반응중에 $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$의형태로 침전되어 오니를 구성한다. 이 침전오니를 황산으로 酸性化시키면 汚泥로부터 Al이 溶出되어 다음 반응식과 같이 Aluminum Sulfate용액으로 다시 회수할 수가 있다.

$$2Al(OH)_3 \cdot 3H_2O + 3H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow$$
sludge acid water

$$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$$
liquid Alum

본 실험에서는 溶出된 Aluminum Sulfate 용액을 Alum으로 하고 그농도는 Al농도로 측정하였다.

3. 1 Alum의 回收條件

攪拌조건을 일정하게 하고 황산을 첨가하면 攪拌시간의 경과에 따라 pH가 점차 상승하여 10~15분사이에서 안정되었으므로 이시간이 Al의 溶出에 소요되는 시간으로 보고 각 pH별로 교반시간에 따른 Al溶出量을 측정한 결과 Fig. 2와 같았다.

Al의 溶出은 攪拌시작 10분이면 거의 완료되었으며 Al의 溶出量은 攪拌시간보다도 pH에 더 크게 지배되었다.

pH변화에 따른 Al의 용출량은 Fig. 3과 같으며, pH3이상에서는 그 용출율이 크게 낮아짐을 볼 수 있었다.

또 沈澱汚泥의 농도가 낮으면 Al溶出濃度 또한 稀薄하므로 되도록 오니의 농축율을 높여 Alum을 회수하도록 하여야 한다. pH2에서 고형물농도 0.3%인 침전조 유입오니에서는 Al 460mg/ℓ, 고형물농도 1%인 1차농축조 유입오니에서는 Al 852mg/ℓ, 고형물농도 2.1%인 저류조 오니에서는 Al 1,602mg/ℓ의

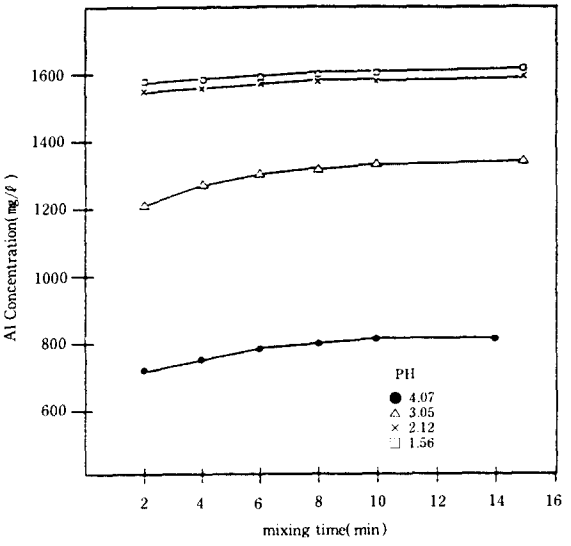


Fig. 2 Concentration of released Aluminum for mixing time

Alum을 회수할 수 있어 회수 Alum을 응집제로 재활용할 수 있는 농도인 Al 1,000~2,000mg/ℓ에 달하려면[16] 적어도 고형물농도 2%이상으로 농축할 필요가 있다.

2차농축조 流出汚泥, 즉 貯溜槽汚泥에서 회수한 Alum용액의 조성은 Table 3과 같다.

pH1.56에서는 Al溶出농도가 1,623mg/day (Al_2O_3로서 0.31%)로서 가장 고농도의 Al이 용출되었으나 H_2SO_4(98%)의 첨가량이 8.2mg/ℓ(15.252g/ℓ)로서 이론적소요량 3mol H_2SO_4/mol$Al_2(SO_4)_3$보다 1.7배가 더 많은 5mol의 H_2SO_4가 소모되어 부적절하였다.

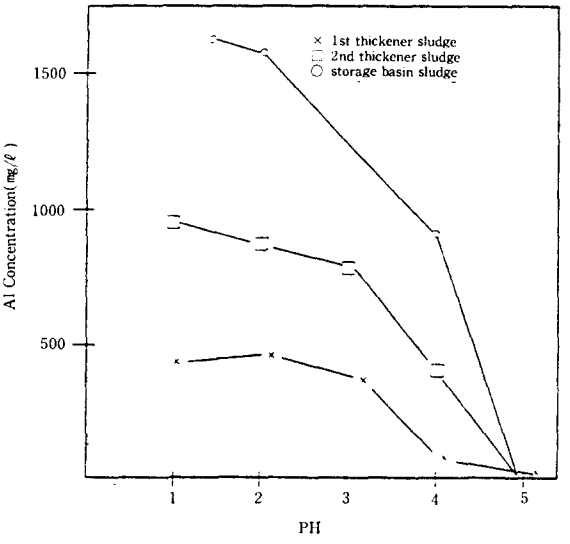


Fig. 3 Concentration of released Aluminum for changing pH

pH2.12에서는 Al 1,602mg/ℓ (Al_2O_3로서 0.3%), pH3.05에서는 Al 1,335mg/ℓ(Al_2O_3로서 0.25%)로서 응집제로 재활용할 수 있는 농도의 Alum이 溶出되었고 H_2SO_4의 소모량도 다같이 3mol H_2SO_4/mol$Al_2(SO_4)_3$로써 이론치에 부합되었다.

Table 3. Contituent of recovered Alum by acidification of the storage tank sludge in D Water treament plant

pH	add. H_2SO_4 (98%) (㎖/ℓ)	Al (㎎/ℓ)	Fe (㎎/ℓ)	Mn (㎎/ℓ)	Zn (㎎/ℓ)	Cr (㎎/ℓ)	Cu (㎎/ℓ)	Cd (㎎/ℓ)	Pb (㎎/ℓ)
1.56	8.2	1,623	132	25.7	2.597	0.063	0.237	ND	ND
2.12	5.1	1,602	93.1	22.5	1.073	0.073	0.229	ND	ND
3.05	3.5	1,335	66.1	16.6	0.836	0.045	0.121	ND	ND
4.07	1.8	81.5	42.1	14.3	0.692	0.095	0.023	ND	ND

※ ND : non-detected

Table 3. Recovered Alum quality by changing pH

pH	gFe/kg Al	gMn/kg Al	gZn/kg Al	gCr/kg Al	gCu/kg Al	gCd/kg Al	gPb/kg Al
1.56	81.3	15.8	1.600	0.039	0.146	—	—
2.12	58.1	14.0	0.669	0.046	0.143	—	—
3.05	49.5	12.4	0.626	0.034	0.091	—	—
4.07	516.6	175.5	8.490	1.166	0.282	—	—

※ ND : Non-detected

그러나 Al외에 Fe, Mn, Zn등이 불순물로서 상당량 溶出되었으므로 Alum의 품질을 비교하기 위하여 Al에 대한 불순금속의 비를 산출해 본 결과 Table 4와 같았다.

pH4.07에서는 Al의 용출량도 낮고 상대적으로 다른 금속류의 함유율이 높아 재활용이 부적절하였다. 따라서 沈澱汚泥로부터 Alum의 회수는 pH2~3에서 용출시키는 것이 최적조건이었다.

3. 2 Alum回收에 따른 고형물 감소효과

응집침전오니중에 함유된 $Al(OH)_3$를 용해하여 Alum을 회수하면 그만큼 고형물이 감소되는 것으로 볼수있기 때문에 고형물 감소율은 이론상 다음 방정식으로 주어진다

$$\text{고형물감소율}(\%) = \frac{xAL}{xAL + bT} \times 100$$

여기서,

AL : Alum주입율(20ppm)

T : 원수의 탁도(1.62NTU)

b : 원수탁도에 대한 부유물질의 비율(1.1)

x : 액체Alum에 대한 $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$의 생성중량환산율(0.27)

이므로 침전오니중의 $Al(OH)_3$가 100% Alum으로 회수된다고 가정할때 고형물 감소는 76.1%이 될것이다.

그러나 본 실험에서는 Fig. 4에서 보여준 바와 같이 pH2에서 평균 57.4%로 가장 높은 감소율을 보였다.

그러므로 D정수장의 경우 1일 220,000m^3/day씩을 정수할때 발생되는 건조고형물은 1.58ton/day이고 함수율 73%의 탈수cake은 5.85ton/day이 되는데 pH2로 酸처리하여 Alum을 회수할 경우 건조고형물은 57.4%가 감소된 0.67ton/day가 되고 함수율 73%의 탈수cake으로 보면 3.36ton/day만큼 감소효과를 보아 최종처분대상 폐기물은 2.49ton/day으로 된다.

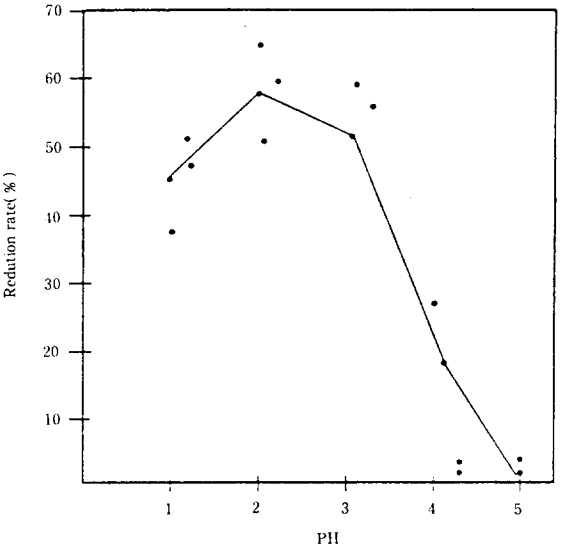


Fig. 4 Effect of solids reduction for Alum recovery

3. 3 Alum回收量

1日 220,000m³/day씩을 정수할 경우 발생되는 건조고형물은 1.58ton/day이 되며 이 고형물이 함수율 97.9%의 沈澱汚泥로써 貯溜槽에 流入될 것이므로 酸처리 대상 汚泥量은 75.3m³/day이 된다.

pH2로 酸處理하에 Alum을 회수할 경우 57.4%의 고형물 감소효과가 있으므로 탈수대상건조고형물은 0.67ton/day가 되며, 이를 함수율 97.9%의 오니량으로 환산하면 32.4m³/day가 된다. 그러므로 회수가능한 Alum용액은

回收 Alum량=酸처리 대상汚泥量(75.3m³/day)−脫水대상 汚泥量(32.4m³/day)=42.9m³/day

가 될것이다.

4. 회수Alum의 재활용

pH2.12에서 회수한 Alum용액(Al 1,602mg/ℓ)을 사용하여 원수에 대해 Jar Tests 하였다.

정수장에서 사용하고 있는 시판 Alum은 Al_2O_3 8%의 고농도용액이었으므로 Jar Tests에는 1/100로 희석하여 첨가하였으며 회수Alum용액은 Al_2O_3 0.3%의 희박용액이었으므로 그대로 사용하였다.

시료로 사용한 원수가 탁도 2.0NTU로서 깨끗하였으므로 부유물질이 육안으로 관찰되지 않았으나 시판Alum 20ppm(Jar Tests에서는 1/100희석용액 2mℓ/ℓ)에서 $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$의 백색 floc이 관찰되었으며 실제 정수장에서도 이농도로 주입하고 있었으므로 이 농도를 기준으로 Jar Tests 하였다. Jar Tests결과 그 상징액의 수질은 Table 5와 같다.

市販Alum만을 사용한것보다 回收Alum을 재활용할 경우 처리수의 pH가 6.93~6.96으로 약간 낮아졌고 Mn, Zn, Cu등이 약간 증가하는 문제는 있으나 음용수수질 기준에는 크게 못미치는 농도이었다.

市販Alum과 回收Alum의 혼합사용비율을 14μℓ/ℓ : 200μℓ/ℓ로 사용하면 1일 회수가능한 Alum용액 42.9m³/day를 전량 재활용할 수가 있어 回收量 過剩累積문제는 없다.

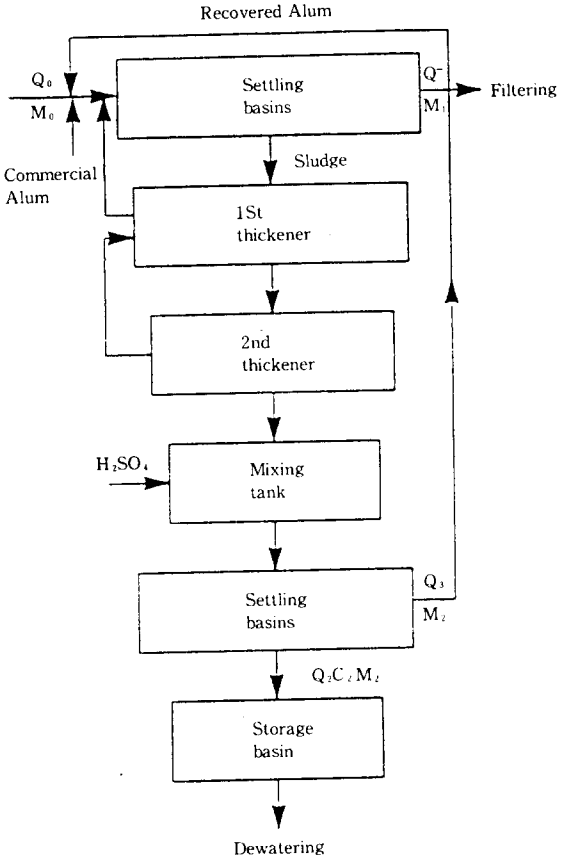
Table 5. Result of Jar Test by using recovered Alum and Commercial Alum

Alum dosage		floc.	Finished water quality									
CA (μl/ℓ)	RA (μl/ℓ)	condition	pH	Tubidity (NTU)	Al (mg/ℓ)	Fe (mg/ℓ)	Mn (mg/ℓ)	Zn (mg/ℓ)	Cr (mg/ℓ)	Cu (mg/ℓ)	Cd (mg/ℓ)	Pb (mg/ℓ)
20		good	7.01	<1	ND	0.001	0.002	0.039	0.001	ND	ND	ND
16	100	〃	6.96	<1	ND	0.001	0.007	0.037	0.001	0.007	ND	ND
14	200	〃	6.94	<1	ND	0.003	0.009	0.037	0.001	0.004	ND	ND
12	300	〃	6.94	<1	ND	0.001	0.016	0.027	0.001	ND	ND	ND
10	400	〃	6.94	<1	ND	0.002	0.019	0.039	0.001	0.003	ND	ND
	500	〃	6.93	<1	0.079	0.001	0.015	0.046	0.001	0.003	ND	ND
raw water			7.12	2.0	0.049	0.016	0.005	0.019	0.001	ND	ND	ND

※ CA : Commercial Alum. RA : Recovered Alum. ND : non−detected.

5. 回收Alum의 재활용시 불순물의 擧動

回收Alum을 사용하여 계속 순환시킬경우 回收Alum용액중의 불순물(특히 Fe, Mn, Zn)농도와 처리수중의 불순물농도는 변화할 것이므로 이들 불순물농도의 변화에 대한 이론적 물질수지를 계산해 보면 fig 5와 같은 물질수지로부터 (1)식이 성립한다.



Q_0 : Initial water volum(m^3/day)

Q_1 : Finished water volum(m^3/day)

Q_2 : Acid-treated sludge volum(m^3/day)

Q_3 : Recovered Alum volum(m^3/day)

M_0 : Impurities concentration in initial water(mg/ℓ)

M_1 : Impurities concentration in finished water(mg/ℓ)

M_2 : Impurities concentration in recovered Alum (mg/ℓ)

M^* : Impurities concentration in Inflow water to Coagulation settling tank

C_2 : Solids concentration in acid-treated sludge

P_S : Density of acid-treared Sludge

Fig. 5 Mass transfer by reuse of recovered Alum

$$M_0Q_0=M_1Q_1+M_2Q_2(1-C_2/P_S) \quad \cdots\cdots(1)$$

지금 응집침전지 유입수중의 불순물량에 대한 유출수중 불순물량(침전되지않고 처리수로 나가는 량)의 비율을 a라 하면

$$M_1Q_1=(M_0Q_0+M_2Q_3)\alpha \quad \cdots\cdots(2)$$

가 된다.

(1)(2)식으로부터

$$M_0Q_0=(M_0Q_0+M_2Q_3)\alpha+M_2Q_2(1-C_2/P_S)$$
$$=M_2\{Q_2(1-C_2/P_S)+\alpha Q_3+\alpha M_0Q_0$$

$$M_2=\frac{M_0Q_0(1-\alpha)}{Q_2(1-C_2/P_S)+\alpha Q_3} \quad \cdots\cdots(3)$$

(2)(3)식으로부터 M2를 消去하면,

$$M_1=\{M_0Q_0+\frac{M_0Q_0\,Q_3(1-\alpha)}{Q_2(1-C_2/P_S)+\alpha Q_3}\}\frac{\alpha}{Q_1}$$

$$=\frac{\alpha M_0Q_0}{Q_1}\{1+\frac{Q_3(1-\alpha)}{Q_2(1-C_2/P_S)+\alpha Q_3}\} \quad \cdots(4)$$

여기서 $Q_1/Q_0=\varphi_1$, $Q_2/Q_0=\varphi_2$, $Q_3/Q_0=\varphi_3$라 하면

$$M_1=\frac{\alpha M_0}{\varphi_1}\{1+\frac{\varphi_3(1-\alpha)}{\varphi_2(1-C_2/P_S)+\alpha\varphi_3}\} \quad \cdots(5)$$

똑같이 (3)식으로부터

$$M_2=\frac{M_0(1-\alpha)}{\varphi_2(1-C_2/P_S)+\alpha\varphi_3} \quad \cdots\cdots(6)$$

즉 (5)(6)식에 사용된 M_0, φ_1, φ_2, φ_3, C_2, P_S 및 Jar Tests에 의해 α을 알면 정상 상태에있어서 처리수중 또는 회수Alum중의 불순물농도 M_1, M_2를 산출할수가 있다.

D 정수장의 경우

$Q_0=220{,}000m^3/day$, $Q_2=32m^3/day$,

$Q_3=43m^3/day$,

$C_2=21.3kg/m^3$, $P_S=1100kg/m^3$으로 산출되므로

$\varphi \fallingdotseq 1$, $\varphi_2 \fallingdotseq 1.45\times10^{-4}$, $\varphi_3=1.95\times10^{-4}$ 이 되어

(5)(6)식으로부터 M_1, M_2를 구하면

$$M_1=\alpha\cdot M_0\{1+\frac{1.95\times10^{-4}(1-\alpha)}{1.42\times10^{-4}+1.95\times10^{-4}\alpha}\}\cdots(7)$$

$$M_2=\frac{M_0(1-\alpha)}{(1.42\times10^{-4})+(1.95\times10^{-4}\alpha)}\cdots\cdots(8)$$

같은 조건에서 回收Alum을 사용할 경우 응집침전지에 유입되는 불순물농도(이것을 M^*라 한다)를 구하면

$$M^*=\frac{\varphi_3M_2Q_0+M_0Q_0}{\varphi_3Q_0+Q_0}=\frac{\varphi_3M_2+M_0}{1+\varphi_3}\fallingdotseq\varphi_3M_2+M_0$$

$$\therefore\ M^*=1.95\times10^{-4}\ M_2+M_0\cdots\cdots\cdots(9)$$

여기서 α의 각각의 값($0\le\alpha\le1$)에 대한 M_1, M_2, M^*값을 (7)(8)(9)식에 의해 계산하여 M_1/M_0, M_2/M_0, M^*/M_0를 산출하여 도시하면 Fig. 6과 같다

Fig. 6에서 보여준 바와같이 $\alpha=0$, 즉 응집침전지에 유입하는 불순물 M이 전부 침전하여 오니가 되는 경우로 부터, $\alpha=1$, 즉 전부 처리수로 나가는 경우까지는 사이에서 M_1/M_0, M_2/M_0, 및 M^*/M_0는 2차곡선을 나타낸다.

즉 回收Alum중의 불순물농도 M_2는 α가 0에

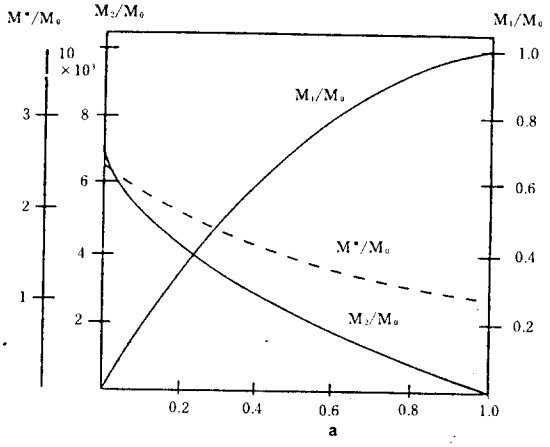


Fig. 1 Concentration rate of impure metals for α
(a : Impurities load of outflow per Inflow)

가까울수록 급상승하고 이에따라 응집침전조에 유입되는 불순물농도 M^*도 급상승한것으로 나타난다. 반면 처리수중의 불순물농도 M_1은 그 반대의 경향을 보인다.

6. 回收Alum의 再活用의 經濟成

정수장汚泥를 酸處理하여 Alum을 회수하고 이를 재활용할 경우의 경제성을 검토해 본다.

정수량 220,000m^3/day에 대해 市販Alum을 20mℓ/m^3으로 주입할 경우 1일 응집제 사용량은 4,400 ℓ/day(5.808ton/day)이 되지만 回收Alum 43m^3/day를 全量 재활용할 경우 CA 14mℓ/m^3+RA200mℓ/m^3의 혼합사용이 가능하므로 市販Alum(65,000원/ton·Alum)의 사용량은 1일 1,320 ℓ(1,742ton/d)가 절약되어 약품비 113,230원의 절감효과가 있고, 또 Alum회수에 따른 고형물 감소효과로 처분대상폐기물이 3.36ton/day씩 감소되므로 처분용역비(43,000원/ton·solid waters)는 144,480원이 절감된다.

그러나 酸處理하는데 (98%)가 5.1 ℓ/m^3·

sludge(pH2)씩 소요되므로 酸處理 대상 汚泥 74.3m³/day에 대해 384ℓ/day가 추가 소요되고 脫水汚泥를 중화하는데 NaOH 0.78g/ℓ·sludge가 소요되므로 탈수대상오니 32.4m³/day에 대해 25kg/day가 추가 소요되어 이들 약품비가 추가된다.

따라서 Alum회수에 따른 시설비를 제외한 운영경비의 收支는 Table 6과 같아서 1일 145,736원이 절감되므로 水處理 비용은 22%의 절감효과가 있다.

Table 6. Cost effectivness for Alum recovery and reuse at 220,000m³/day treatment

Parameter	Present Case		Alum recovery Case	
	amount	cost(won)	amount	cost(won)
Commercial Alum	5.808ton/day	377,520	4.066ton/day	264,264
Disposal of solid wastes	5.85ton/day	251,550	2.49ton/day	107,070
H_2SO_4(98%)			384l/day	96,000
NaOH			25kg/day	16,000
Total		629,070		483,334

Ⅳ. 結 論

상수도 정수장 凝集沈澱汚泥로부터 Alum을 회수하여 재활용가능성과 그 효과에 대한 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 상수도 정수장에서 발생되는 오니는 의외로 많아 탁도 2.0NTU의 淸淨원수를 220,000m3/day정수하는데도 1일 5.85ton/day이 발생되었다. 그러므로 상수도 정수장 오니도 반드시 처리하여 폐기물로서 처분하여야 하겠다.

2) 沈澱汚泥의 처리방법으로써 최근 많이 사용하고 있는 고분자응집제를 첨가하고 가압여과시키는 방법도 좋지만 폐기물의 減容量化 및 再活用측면에서 酸처리에의한 Alum회수 방법도 시도해볼만 하다고 생각된다.

3) Alum회수방법은 沈澱汚泥에 황산을 가하여 pH 2-3으로 조정하고 10-15분간 교반하는 간단한 방법으로써, 汚泥중의 고형물농도가 높을수록 回收 Alum의 농도가 높아 再活用하기가 좋으므로 적어도 2%이상의 고형물농도가 되도록 농축할 필요가 있다.

본실험에서는 고형물농도 2.1%의 汚泥를 pH2.1로 산처리 한 결과 Al농도 1,602mg/ℓ (Al2O3로서 0.3%)의 Alum용액을 회수할 수 있었다.

4) 회수한 Alum용액은 약간의 철,망간,아연등의 불순물을 함유하고 있으나 재활용에는 문제가 없으며 Alum의 회수량에 따라 市販 Alum과 적당히 혼합사용할 수 가있었다.

5) 산처리에 의한 Alum회수는 이를 재활용함으로써 응집제의 사용량을 30%절 감할 수 있고,또 발생된 폐기물량을 57.4%줄일수 있어 약품비 및 폐기물 처분비용에서 총 22%의 절감효과가 있는것으로 算定되었다.

參 考 文 獻

1. 青木茂. 沈 でん池 汚泥處理に ついての考察. 第11回 上下水道研究會講演集 118.

1960

2. 前田稔. 凝集沈でん 汚泥 の 眞空濾過 脫水に 工業廢石灰の 利用. 水處理技術. 1-7. 1960
3. 永松定祐. 角田省吾. 上水道に おける 凝集沈でん 汚泥 の 眞空脫水に ついて. 工業用水. 36-9. 13-18 1961
4. 山本善稔. 沈澱池 汚泥 の 風乾實驗に ついて. 第13回 上下水道研究發表會講 演集 42. 1962
5. 木原敏. 沈澱池 汚泥 の 乾燥處理に ついて. 第13回 上下水道研究發表會講演集 102. 1962
6. 小林三樹. 淨水處理に おける 脫水濾過. 用水と廢水. 12-11. 1970
7. 横山升. 上水 沈澱池 汚泥 の 無藥注 脫水の 限界. 水道協會誌. 476. 7-14 1974
8. P.W.Doe, D.Benn and L.R.Bays Sludge Concentration by Freazing Wat. and Sew.Wks. 112-11. 401-406 1965
9. V.A.Klyachko. Recovery of the coagulant from sludge from sedimentation tanks at Water Treatment plant. Jr. AWWA 38-9. 1091. 1946
10. J.M.Roberts and C.P.Roddy. Recovery and Reuse of Alum Sludge at Tampa. Jr.AWWA. 52. 857-866. 1965
11. Mark M. Bishop, A.T.Rolan, Tom L.Bailey and David A.Cornwell. Testing of Alum Recovery for Solids Reduction and Reuse Jr.AWWA 5-8. 76-83. 1987
12. 小林三樹 淨水スラッジの處理と再資源化.水質汚濁研究 11-8 475-479. 1988
13. 환경부. 환경오염공정시험법. 대학서림 28-32, 187-190. 1991
14. APHA-AWWA-WPCF Standard Method. 253. 1981
15. Mark J. Hammer. Water and Waste-Water Technology. John Wiley & Sons, INC 37. 1977
16. 永松定祐. 凝集沈澱 汚泥の 處理. 用水と廢水 8-5 347-356. 1966