

소오다회 제조 공장의 폐슬러리를 이용한 미세 실리카 함유 폐수의 응집에 관한 연구

전 세 진[†] · 임 성 삼^{*}

대원공과대학 환경공업과, *인하대학교 환경공학과
(1999년 8월 18일 접수, 1999년 10월 16일 채택)

A Study on the Coagulation of Wastewater Containing Fine Silica Particles with the Waste Slurry from Soda Ash Manufacturing Industries

Se Jin Jun[†] and Sung Sam Yim^{*}

Department of Environmental Engineering, Daewon Technical College, Jechon-Chungbook 390-230, Korea

*Department of Environmental Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received August 18, 1999; accepted October 16, 1999)

요약: 본 연구의 목적은 소오다회 제조 공장에서 발생하는 폐슬러리를 미세 실리카가 함유된 공장 폐수의 응집제로 이용 가능한지를 확인하고 이로부터 폐수 처리비용을 절감하고자 수행되었다. 실리카 함유 폐수를 처리하는 경우 단순히 응집 처리하는 기존의 방법과는 달리 수중에 미립자로 존재하는 실리카를 먼저 겔화(gelation)시킨 후 응집 처리하는 방법을 사용한 경우, 적은 양의 폐슬러리를 사용하여도 양호한 처리수질을 얻을 수 있어 소오다회 폐슬러리를 실리카 함유 폐수 처리를 위한 응집제로 재이용이 가능함을 확인할 수 있었다. 폐수 중 실리카의 겔화를 위한 적정 pH는 5정도였으며 겔화에 의한 응집 처리시 약품 사용량의 감소와 응집 후 발생하는 슬러지 양을 감소시킬 수 있었다. 소오다회 폐슬러리로 응집시킨 플록의 탈수성과 침강성 역시 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract: The objectives of this study are to examine the applicability of waste slurry from soda ash manufacturing industries as a coagulant for the treatment of wastewater containing fine silica particles, and to reduce the cost of wastewater treatment containing silica. Acceptable water quality can be obtained with a little dosing of waste slurry by gelation before the coagulation process so it could be concluded that the waste slurry from soda ash can be used as a coagulant. Based on the results of experiments, the optimum pH of gelation for silica in wastewater was around five and the treatment process with the gelation of silica could reduce the chemical dosage and waste sludge after coagulation. Dewatering and settling characteristics of the floc after coagulation with the waste slurry are better than those of the floc after coagulation with the lime milk only.

Keywords: waste slurry, fine silica, coagulation

1. 서 론

소오다회를 제조하는 공장에서는 원료로 암염과 해수를 사용하고 있다[1]. 암염과 해수 중 소오다회 제조에 사용되는 나트륨 이외의 불필요한 성분은 염 정제 공정에서 슬러리로 제거시킨다. 이와 같이 소오다회 제조 공장으로부터 폐기되는 슬러리는 유기물이 없는 칼슘과 마그네슘이 주로 함유된 알칼리성 무기 슬러리이므로 폐수의 중화제 및 응집제 등의 자원으로 재이용할 수 있는 부산물이다. 특히 칼슘 성분은 폐수의 중화 및 응집제일뿐만 아니라[2] 부영양화 유발물질인 인과는 불용성 착물을 형성하는[3,4] 것으로 알려져 있어 이의 제거에 효과적인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 칼슘과 마그네슘을 주로 함유한 소오다회 제조 공장의 폐슬러리를 이용하여 인접한 화이트카본 제조 공장의 미세한 실리카 함유 폐수처리에 재이용이 가능한지를 확인하고자 하였다. 미세 실리카 입자가 함유된 화이트카본 제조 공장의 폐수는 부유 물질이 주요 처리 대상물질이며 이의 처리에는 중화와 응집 공정이 주

처리 공정으로 사용된다[1]. 수중에 존재하는 실리카를 응집으로 제거시키는 데에는 실리카의 용해도, pH, 온도, 실리카 입자의 크기, 그리고 수중에 존재하는 실리카의 형태 등 많은 인자가 영향을 미치고 있어 응집 메커니즘이 매우 복잡하다[5]. 이러한 실리카의 응집 처리에는 일반적으로 알루미늄[6], 칼슘[7,8], 그리고 철염[9] 등이 많이 사용된다. 실리카가 함유된 폐수처리의 경우 소석회 사용으로 인하여 약품 비용뿐만 아니라 응집 후 다량으로 발생하는 슬러지 처리에 많은 비용이 소요되어 이의 개선이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 소오다회 제조 공장의 폐슬러리를 이용하여 화이트카본을 생산함으로 인하여 미세한 실리카 입자가 함유된 폐수를 배출하는 공장폐수의 응집제로 이용 가능한지를 확인하고 이로부터 폐수 처리비용을 절감하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 연구의 실험 대상 폐수로 선정한 화이트카본 제조 공장의 폐수 처리 공정과 본 연구에서의 실험을 위한 시료 채취 지점을 Figure 1에 나타내었다. 실리카 함유 폐수의 일 폐수 발생량은 5000 m^3 이며 부유 물질의 처리를 위한 응집 처리가 주요 처리 공정임을 알 수 있다. 현장에서는 소석회와 철(III)을 무기 응집제로 사용하며 생성 플록을 보다 크게 만들기 위해 유기 고분자 응집제를 함께 사용하고

[†] 주 저자 (e-mail: junsj@daewon.ac.kr)

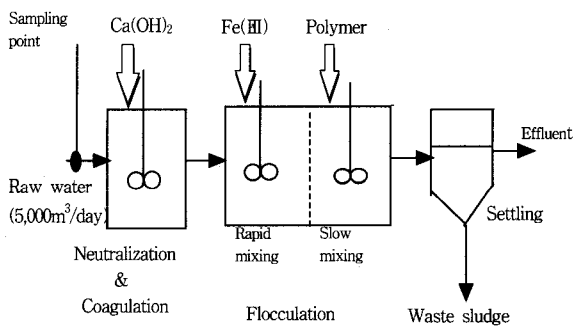


Figure 1. Treatment process for wastewater containing fine silica particles and sampling point.

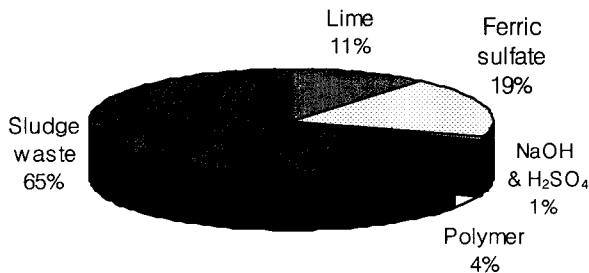


Figure 2. Treatment cost data for wastewater containing fine silica particles.

있다.

본 연구 대상 시료로 선정된 현장 폐수의 처리비용 자료를 Figure 2에 나타내었다. 폐수의 중화와 응집을 위하여 소석회를 많이 사용하므로 응집 후 다량의 슬러지가 발생하게 된다. 즉, 전체 처리 비용 중 약품 비용이 35%로 약 1/3을 차지하고 있으며, 슬러지 처리 비용이 65%로 약 2/3를 차지하고 있다.

2. 실험

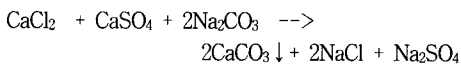
2.1. 소오다회 공장 폐슬러리 발생원

해수 중에는 마그네슘이 1350 mg/L, 칼슘이 400 mg/L 정도 함유되어 있다[10]. 소오다회 제조를 위하여는 원료인 나트륨을 제외한 마그네슘과 칼슘을 먼저 제거한다. 이들을 제거하는 공정에서 폐슬러리가 발생하는데 이와 관련된 반응식을 슬러리 발생원 #1, #2, 그리고 #3로 아래에 각각 나타내었으며, 본 실험을 위한 소오다회 제조 공정 중의 폐슬러리 시료 채취 지점은 Figure 3에 나타내었다.

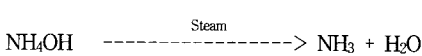
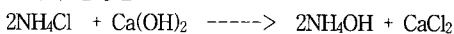
① 슬러리 발생원 #1.



② 슬러리 발생원 #2.



③ 슬러리 발생원 #3.



슬러리 발생원 #1, #2는 원료 중의 마그네슘과 칼슘을 제거하는 공정이다. 즉, 슬러리 발생원 #1, #2에 반응식을 나타낸 바와 같이 원료 중의 마그네슘과 칼슘은 수산화마그네슘과 탄산칼슘으로 각각

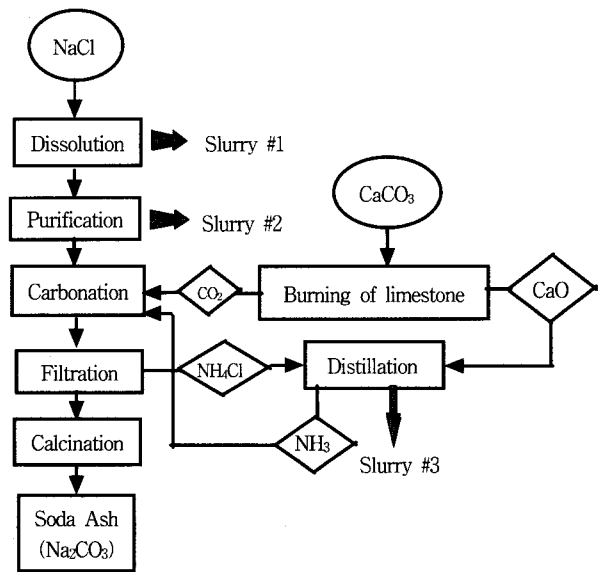


Figure 3. Schematic diagram of waste slurry sampling points.

제거됨을 알 수 있다. 소오다회 제조 후 여과 장치에서 분리된 여액에는 염화암모늄이 존재하게 되는데, 이 액은 증류탑에서 석회유와 반응시켜 암모니아수를 만들고 이 암모니아수를 가열하여 암모니아로 회수한다. 이 공정에서 남은 여액이 증류탑에서 발생하는 폐액으로 발생원 #3이다. 본 연구에서는 슬러리 발생원 #1, #2, 그리고 #3 세 종류의 슬러리 시료를 채취하여 성분 조사를 위한 분석을 수행하였다.

2.2. 분석

소오다회 공장에서 발생하는 슬러리 중 실리카 폐수의 응집제로 사용하기에 적합한 슬러리를 선택하기 위하여 슬러리 발생원 별로 성분을 분석하였다. 이와 함께 처리하고자 하는 실리카 함유 폐수에 대하여는 그 특성을 파악하고자 수질 분석을 실시하였다. 본 연구에서 사용된 분석 방법과 기기명을 Table 1에 정리하였다. 폐수 중의 부유 물질의 성분에 대한 분석은 부유 물질을 침전시킨 후 건조하여 EDS(energy dispersive spectrum)로 분석하였으며 입자 크기에 대한 분석은 입도 분석기를 사용하였다. 응집 처리 후에 발생하는 슬러지에 대하여는 CST(capillary suction time)실험을 통한 탈수성을, 침전관 실험을 통한 침전 특성을 각각 조사하였다. 기타의 분석은 standard methods[11]에 따랐다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 슬러리 및 폐수의 특성 분석

3.1.1. 슬러리 및 상징액 성분 분석

소오다회 제조 공정에서 발생하는 폐슬러리의 조성을 분석하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

실리카는 일반적으로 음전하를 띠고 있는데 마그네슘이 실리카의 전하 중화에 좋은 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다[12]. 그러므로 세 종류의 슬러리 중 칼슘 성분과 함께 마그네슘 성분이 비교적 많이 함유된 발생원 #1 슬러리를 실리카 함유 폐수의 처리에 사용하였다. 이와 함께 슬러리의 상징액을 약 1개월간 분석한 결과는 Figure 4에 나타내었다. 칼슘 이온은 약 3%, 마그네슘은 0.07로 분석되었으며 월 평균 pH는 12 정도로 폐슬러리의 상징액 역시 산 폐수 처리를 위한 알카리 자원으로 이용 가능할 것으로 생각된다.

Table 1. Analytical Method and Instrument

Items	Method & Instrument	
pH	pH meter (Corning pH meter 240)	
SS	Conc.	Standard method
	Compo-sition	EDS (Link system, JSM-840A scanning electron microscope)
	Size	Size analyzer (Melvein Instrument Ltd. England)
COD	Closed reflux colorimetric method (Hach, DR-2000)	
Turbidity	Turbidity meter (Hanna instrument, HI-93704)	
Ca ²⁺	EDTA Titrimetric method	
Mg ²⁺	EDTA Titrimetric method	
Na ⁺	Atomic absorption spectrometric method (Varian AA-1475)	
SO ₄ ²⁻	Gravimetric method	
Cl ⁻	Titrimetric method	

Table 2. Compositions of Waste Slurry from Soda Ash Industries

Items	Sample		
	Slurry #1	Slurry #2	Slurry #3
Sp. gr.	1.06	1.49	1.15
NaCl	4.97	16.07	4.3
CaCO ₃	12.85	34.45	1.00
CaSO ₄	0.43	-	0.30
MgCO ₃	2.21	0.45	-
Mg(OH) ₂	4.10	-	0.80
pH	12.3	11.9	11.3

¹⁾ All figures are in % except pH and Sp. gr.

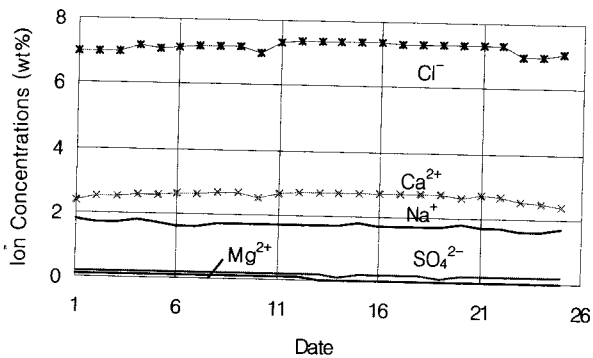


Figure 4. Compositions of waste slurry supernatant from soda ash industries.

3.1.2. 실리카 함유 폐수의 분석

실리카 폐수 중에 포함된 부유물질의 입도 분석 결과를 Figure 5에 나타내었다. 부유 물질의 평균 입경은 14.0 μm이며 입경 분포는 1.98~88.9 μm로 폐수 중의 부유물질은 미립자의 형태로 폐수

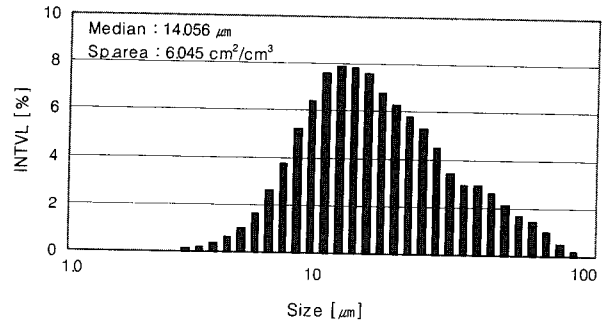


Figure 5. Size analysis for wastewater containing fine silica particles.

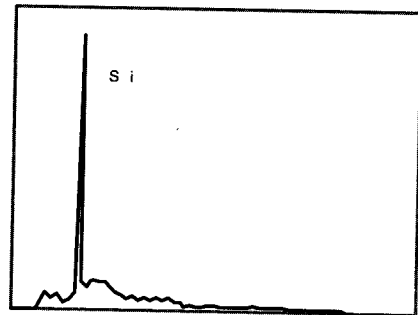


Figure 6. Composition analysis of suspended solid in wastewater by EDS.

Table 3. Characteristics of Wastewater Containing Fine Silica Particles

Items	Concentration
CODcr	10~30 (mg/L)
SS	800~924 (mg/L)
pH	3.3~8.5 (-)

에 존재함을 알 수 있다.

본 연구의 실험 대상 폐수로 선정된 화이트카본 제조 공장에서 는 원료로 Na₂SiO₂를 사용하고 있다. 그러므로 폐수 중에는 부유 물질로 실리카가 많이 함유되어 있을 것으로 추정되었다. 이를 확인하고자 폐수 중의 부유 물질을 침전 후 건조시켜 EDS로 분석하고 그 결과를 Figure 6에 나타내었다. 추정된 바와 같이 주요 피크 (peak)는 Si로 폐수 중에 함유되어 있는 부유 물질의 주 성분은 실리카임을 확인할 수 있었다.

본 연구의 실험 대상 폐수로 선정된 화이트카본 제조 공장의 폐수에 대한 수질 특성을 분석하고 그 결과를 Table 3에 정리하였다. 폐수의 pH는 생산 제품에 따라 산성 또는 알칼리성을 나타낸다. 폐수의 COD_{cr}는 낮아 폐수 내 유기물 양은 매우 적음을 알 수 있다. 부유 물질 농도는 수질 배출 허용기준치를 훨씬 넘어 이미 Figure 1의 폐수처리 공정에서 살펴본 바와 같이 본 폐수의 특성 분석 결과에서도 폐수 중 함유된 부유 물질이 주요 처리 대상 물질임을 알 수 있다.

3.2. 실리카 함유 폐수의 응집 처리

3.2.1. 소석회를 이용한 응집처리

실리카 입자를 함유한 알칼리성 폐수를 현장에서 사용하는 소석 회로 단순히 응집시켜 처리할 때의 처리수 수질과 이때 발생하는

Table 4. Lime Dosage vs. SS and SV₃₀ for Supernatant¹⁾

Items	Lime ²⁾ dosage (mL)					
	0	1	2	3	5	8
Supernatant SS	924	362	308	112	12	12
SV ₃₀	-	2	3	5	8	10

¹⁾ Sample : 500 mL ²⁾ CaO : 2%

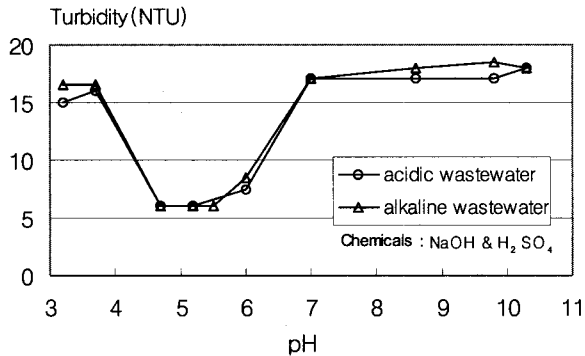


Figure 7. Treatment of wastewater containing fine silica particles by gelation.

슬러지의 양을 Table 4에 나타내었다. 시료 500 mL에 CaO로 2%인 소석회 5 mL를 주입하여 응집 처리한 경우 상정액의 부유 물질 농도는 12 mg/L로 양호하였다. 소석회 주입량을 조금 더 늘려 시료 500 mL에 소석회 8 mL를 주입한 경우에도 소석회 5 mL를 주입한 경우와 비교해 동일한 수질을 나타내었다. 이때 발생된 슬러지의 부피를 30분간 침전시켰을 때의 부피인 SV₃₀으로 표시한 결과 SV₃₀은 10으로 많은 양의 슬러지가 발생되었는데 이 조건이 현장 폐수 처리에서의약품 주입 조건과 동일한 소석회 주입 양이다. 그러므로 실리카 함유 폐수의 현장 처리 조건은 처리수 수질을 방류수 수질 기준에 맞추기 위하여 과량의 소석회를 사용하여 처리하는 것으로 볼 수 있다.

3.2.2. 겔화(gelation)에 의한 응집 처리

특정 pH에서 수중의 콜로이드 또는 미립자로 존재하는 실리카는 실리카 입자 상호간에 서로 엉키어 플러클을 형성하게 된다. 즉, 본 연구에서는 특정 조건에서 실리카 입자 스스로 겔화[5](gelation)된다는 점에 착안하여 폐수 중의 실리카를 처리하고자 하였다. 이 경우 소석회나 철과 같은 무기 응집제가 전혀 필요없거나 필요하다고 할지라도 겔화된 실리카 플러클의 침강을 촉진하는 정도의 아주 소량만이 필요하게 된다. 그러므로 폐수 중에 함유된 실리카를 겔화시켜 처리하는 경우 기존의 처리 방법과 비교해 응집제 사용량과 슬러지 발생량을 상당히 줄일 수 있을 것으로 예상되었다.

시료의 pH가 산성인 실리카 함유 폐수에 가성소다를 사용하여 pH를 조정하고 상정액의 탁도를 분석하여 그 결과를 Figure 7에 나타내었다. 소석회나 철과 같은 무기 응집제를 사용하지 않고 단순히 가성소다만으로 시료의 pH를 조정하면 결과 pH 5 근처에서 처리수 상정액의 탁도가 가장 낮았다. 육안 관찰로도 기타의 pH에서 실리카 입자는 수중에 미립자 형태로 존재하였으나 pH 5 전후에서는 응집제 첨가없이도 플러클이 형성되는 것이 관찰되었다. 그러나 겔화에 의해 형성된 슬러지는, 응집제를 사용할 때 발생하는 플러클에 비해 그 응집 정도가 느슨한 형태(floppy type)로 실제 처리 공정에서와 같이 제한된 크기의 침강조에서 율류(overflow)되

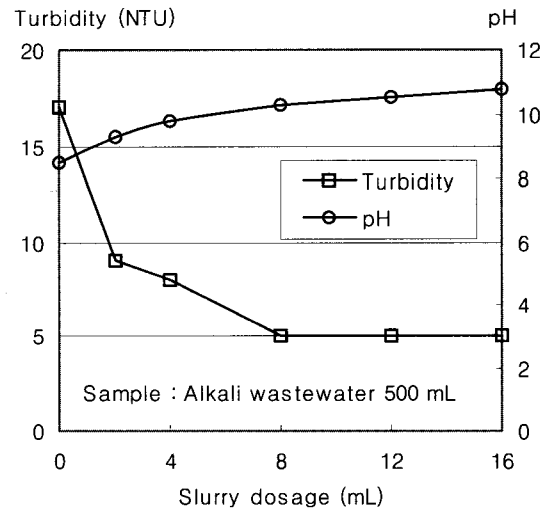


Figure 8. Coagulation of wastewater containing fine silica particles with soda ash waste slurry.

Table 5. Waste Slurry Dosage vs. SS and SV₃₀ for Supernatant

Items	Waste slurry dosage ¹⁾ (mL)				
	0	2	4	8	16
Supernatant SS	924	168	93	N.D.	N.D.
SV ₃₀	-	8	12	18	25

¹⁾ Sample : Alkaline wastewater 500 mL

지 않고 잘 가라앉기 위하여는 소량의 응집제가 필요할 것으로 판단되었다. 시료의 pH가 알칼리인 경우 산을 첨가하면서 pH 변화에 따른 폐수 중 실리카의 겔화를 관찰한 결과에서도 거의 유사한 경향을 보이고 있다. 이상의 결과로 시료의 pH가 7보다 높거나 4보다 낮으면 실리카의 안정도가 급격히 증가하므로 안정한 미립자 형태로 수중에 존재하는 반면, pH 5 근처에서는 겔화 되어 쉽게 플러클을 형성한다고 할 수 있다. 그러므로 폐수 중의 실리카를 제거하기 위한 첫 번째 과정은 콜로이드 또는 미립자로 존재하는 실리카를 겔화시키는 것이며, 이 조건은 pH 5 전후가 적합한 조건이라고 말할 수 있다.

3.2.3. 소오다회 폐슬러리를 이용한 응집 처리

소오다회 폐슬러리를 이용하여 실리카가 함유된 폐수를 응집 처리할 때 겔화에 의한 처리와 단순히 응집에 의해 처리할 때의 처리수질과 폐슬러리 주입량을 비교하였다. 먼저 실리카가 함유되어 있는 알칼리성 폐수에 소오다회 제조 공장에서 발생된 폐슬러리를 첨가하여 응집 처리한 결과를 Figure 8에 나타내었다.

본 실험에서는 시료의 pH를 낮추지 않고 현장에서의 처리 방법과 같이 응집 처리하는 방법을 사용하였다. 즉, 겔화가 일어나는 조건으로 산을 첨가하여 시료의 pH를 5 정도로 조정하지 않고 알칼리성 폐수에 단순히 소오다회 공장의 슬러리를 첨가하는 방법으로 응집 처리하였다. 그 결과 실리카를 함유한 폐수 시료 500 mL에 폐슬러리를 8 mL 이상 첨가하여야만 맑은 상정액을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 응집 처리 후의 부유 물질 농도와 SV₃₀은 Table 5에 나타내었다. 이때도 Figure 8의 결과와 유사하게 소오다회 폐슬러리를 8 mL 이상 첨가하여야 폐수 중의 부유물질은 모두 침전 제거되었다. 그러나 응집 후 발생하는 슬러지 양을 보면 SV₃₀은 18로 많은 양의 슬러지가 발생됨을 알 수 있다.

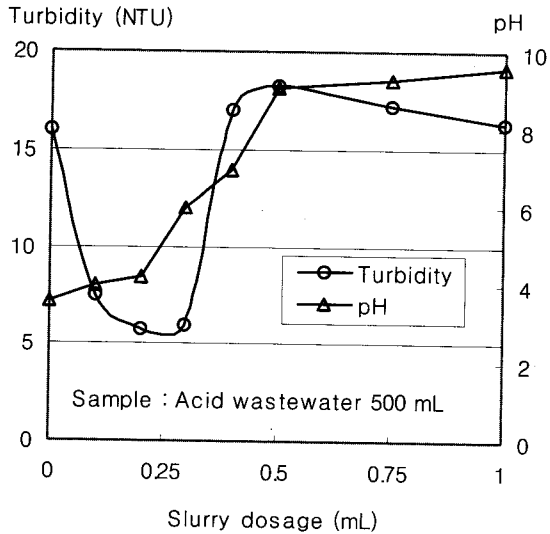


Figure 9. Coagulation of wastewater containing fine silica particles by gelation.

산성 폐수에 소오다회 제조 공장의 폐슬러리를 사용하여 응집 처리한 결과는 Figure 9이다. 본 실험에 있어서는 폐슬러리 주입 전 시료의 pH가 3.8 정도의 산성이므로 알칼리성 폐슬러리를 첨가함에 따라 pH가 상승하면서 5 근처에서는 폐수 중 실리카의 겔화가 관찰되었다. Figure 9에 나타난 것과 같이 폐수 시료 500 mL에 폐슬러리 0.2~0.3 mL만 첨가하여도 처리수질은 양호함을 보이고 있다. 처리 수질이 양호한 때의 폐슬러리 주입량 0.2~0.3 mL에서의 SV₃₀은 측정 결과 1~2를 나타내었다. 이로부터 겔화없이 단순히 폐슬러리를 응집처리하는 방법보다 겔화에 의해 처리하는 방법이 적은 양의 폐슬러리를 사용하여도 좋은 처리 수질을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 응집 후 폐슬러지 발생양도 훨씬 적음을 알 수 있다.

소오다회 폐슬러리 주입량을 0.4 mL 이상으로 더 많이 주입하여 처리한 경우의 처리 수질은 Figure 9에서 보면 오히려 더 나빠짐을 알 수 있다. 알칼리 폐수의 처리 실험 결과를 나타낸 Figure 8에서는 폐슬러리 주입량을 8 mL 이상으로 주입하여도 처리수질의 탁도는 5도 정도로 유지되었는데, 이때는 Figure 9의 실험에 비해 응집에 비교적 많은 양의 폐슬러리가 첨가되어 실험 중 일소(sweep) 응집이 일어남을 관찰할 수 있었다. 반면 겔화에 의한 산성 폐수 처리 결과인 Figure 9에서는 폐슬러리 주입량이 알칼리성 폐수의 처리 결과인 Figure 8에서보다 상대적으로 적었으며 따라서 일소 응집은 일어나지 않았다. 일반적으로 pH가 높아지면 실리카의 용해도가 증가되는[12] 것으로 알려져 있는데, Figure 9의 실험에서는 소오다회 폐슬러리의 주입량을 0.2~1 mL로 주입하여 Figure 8의 실험에서보다 상대적으로 주입량이 적었으며 따라서 응집 과정에서 발생하는 슬러지 양도 적어 일소 응집이 일어나지 않았다. 그러므로 알칼리성 폐수의 처리에서와 같이 실리카의 재용해에 의해 미세 실리카 입자가 수중에 일부 현탁되어도 일소 응집이 일어날 정도로 많은 양의 폐슬러리를 주입하여 처리하면 실리카의 재용해는 문제가 되지 않을 수 있다. 현재 현장에서는 이와 같은 방법으로 응집제를 과량 첨가하여 처리하고 있는데 이는 경제성을 고려하지 않은 처리 방법으로 볼 수 있다.

이상의 실험 결과로 볼 때 산 폐수 발생 시에는 단순히 알칼리성인 폐슬러리를 소량 첨가하면서 폐수의 pH를 5 정도로 조정하고, 알칼리 폐수 발생 시에는 먼저 산을 첨가하여 시료의 pH를 5 정도로 조정하여 폐수 중 함유된 실리카의 겔화가 일어나도록 유도한 후 소량의 폐슬러리를 응집제로 첨가하는 방법이 보다 좋은

Table 6. Comparison of Dewatering and Settling Characteristics of the Floc after Coagulation with the Waste Slurry and Lime

Chemicals	CST ¹⁾ (sec)	Settling velocity(m/s)
Lime milk	18	5.5×10^{-4}
Soda ash waste slurry	9	1.5×10^{-3}

¹⁾ Capillary suction time

응집 처리 방법으로 판단된다.

폐슬러리를 사용하여 응집 처리 후 발생하는 플록과 현장에서 현재 사용하는 소석회로 처리한 경우의 응집 플록에 대하여 탈수 성과 침전 특성을 조사하여 Table 6에 나타내었다. 폐슬러리를 사용한 경우의 플록이 소석회를 사용한 경우에 비해 CST 결과로 볼 때 탈수 특성은 약 2배, 침전 특성은 약 3배 보다 좋음을 알 수 있다. 이 결과는 소오다회 폐슬러리로 응집 처리한 때의 플록이 보다 굵고 단단함을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 이것은 폐슬러리를 사용한 경우 슬러리 중에 함유되어 있는 마그네슘과 나트륨 이온에 기인한 것이라고 볼 수 있다. 즉, 양이온의 첨가에 따라 폐수 중 음 전하를 띤 실리카의 전하가 상쇄되는 효과[13]를 나타내어 실리카 입자들 사이에 가교(bridging) 작용을 하게 되어[14] 보다 좋은 응집 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

4. 결 론

- 1) 소오다회 제조 공장의 폐슬러리를 실리카 함유 폐수의 응집제로 사용한 결과 양호한 응집 효과를 나타내어 응집 약품으로 재이용이 가능함을 알 수 있었다. 또한 폐슬러리 상정액도 칼슘과 마그네슘이 함유되어 있는 pH 12 정도의 알칼리성이므로 산 폐수의 중화제로 사용 가능할 것으로 생각된다.
- 2) 실리카 함유 폐수의 응집 처리에서 폐수 중의 실리카를 제거하기 위한 첫 번째 과정은 콜로이드 또는 미립자로 존재하는 실리카를 겔화시키는 것이며, 이 조건은 pH 5 전후가 적정 처리 조건임을 확인하였다. 이는 시료의 pH가 너무 높거나 너무 낮으면 수중에 존재하는 실리카의 안정도가 증가하는 반면 적정 pH인 pH 5 근처에서는 수중 실리카의 안정도가 낮아지기 때문인 것으로 볼 수 있다.
- 3) 소오다회 폐슬러리를 이용하여 폐수 중의 실리카를 겔화시키는 방법에 의해 수중의 실리카를 응집 처리할 경우 기존의 단순히 응집 처리하는 방법과 비교해 약품 사용량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 발생 슬러지 양을 감소시킬 수 있었다.
- 4) 폐슬러리를 실리카 함유 폐수의 응집제로 이용하여 응집 처리한 후 발생하는 플록의 탈수성과 침강성은 소석회를 사용한 때보다 개선되었는데 이는 폐슬러리 중에 함유되어 있는 양이온인 나트륨 이온의 첨가에 따른 폐수 중 존재하는 음이온 실리카의 전하 중화와 이에 따른 실리카 입자의 가교(bridging) 작용에 기인한 것으로 생각된다.

감 사

본 연구 논문은 1999년도 대원공과대학 특성화사업 연구비로 수행된 것으로 지원해 주신 대원공과대학에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Te-Pang Hou, "Manufacture of Soda with Special Reference

- to the Ammonia Process", Second Ed., Reinhold Publishing Corporation (1942).
2. John F. Ferguson, Vrale Lasse, *J. WPCF*, **56**, 355 (1984).
 3. George M. Ayoub and Ben Koopman, *J. WPCF*, **58**, 924 (1986).
 4. George M. Ayoub, Ben Koopman, and Sang-ill Lee, *Wat. Res.*, **10**, 1265 (1993).
 5. Ralph K. Iler, "the Chemistry of Silica", John Wiley & Sons, Inc. (1979).
 6. A. P. Brady, A. G. Brown, and H. Huff, *J. Colloid Sci.*, **8**, 252 (1953).
 7. S. G. De Bussetti, M. Tschapek, and A. K. Helmy, *J. Electroanal. Chem.*, **36**, 507 (1972).
 8. 日比谷総合設備(株), 溶存シリカの除去法, *JP*, 平2-227185 (1990).
 9. 宇部興産(株), シリカ含有廢水の處理法, *JP*, 平3-4986 (1991).
 10. E. D. Goldberg, "Chemistry-The Oceans as a Chemical System", John Wiley & Sons, Inc. (1963).
 11. APHA, AWWA and WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 15th Ed. (1985).
 12. Walter J. Weber, "Physico Chemical Process for Water Quality Control", John Wiley & Sons, Inc. (1972).
 13. Larry D. Benefield, Joseph F. Judkins, and Barron L. Weand, "Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment", Prentice Hall, Inc. (1972).
 14. Frank N. Kemmer and John McCallion, "The NALCO Water Handbook", McGraw-Hill Book Co. (1979).