

상수처리용 합성 무기고분자 Al(III)계 응집제의 응집특성

한 승 우 · 정 철 우 · 강 임 석
부경대학교 환경공학과
(1999년 10월 10일 접수)

Characterization of Coagulation on Synthetic Polymerization Al(III) Inorganic Coagulants for Water Treatment

Seung-Woo Han, Chul-Woo Jung, and Lim-Seok Kang

Department of Environment Engineering, The Pukoung National University Nam-gu Daeyeon-3 dong 599-1,
Pusan 608-737, KOREA

(Manuscript received 10 October, 1999)

This experiment was performed on three parts with prepared coagulants. (1) The characterization of coagulation for PACl coagulants. (2) Comparison of the characterization of coagulation with PAS and PACl coagulants. And (3) Comparison of the characterization of coagulation for the addition of calcium with PACl. Coagulation experiments were conducted with several dosages and pH for each coagulants. For the characterization of coagulation with PACl coagulants, coagulation of Nakdong river waters with three PACls ($r=2.0, 2.2, 2.35$) showed that the effectiveness of the three coagulants can be considered as $r=2.2 > 2.0 > 2.35$ which are also the order of higher polymeric aluminum contents. For the comparison of the characterization of coagulation for PAS and PACl coagulants, PAS ($r=0.75$) coagulants was more effective than other coagulant for the removal of organic matters by sweep floc mechanism with $Al(OH)_3(s)$. For comparison of the characterization of coagulation for the addition of calcium with PACl, the presence of divalent cation like Ca^{2+} was supposed to influence the complex formation of organic anions. From the result of test on coagulation at various pH ranges, the PACl was least affected by the coagulation pH, and the addition of calcium to PACl was very effective for the removal of turbidity and organic materials over broader pH range (pH 4-9).

Key words : polyaluminum chloride, polyaluminum sulfate, aluminum sulfate, coagulation, sulfate ion, calcium ion

1. 서 론

최근들어 정수공정에서의 유기물질에 대한 제거효율의 증대를 위한 연구가 많이 진행되고 있다.^{1,2)} 이러한 유기물질에 대하여 정수공정의 전반부인 응집공정에 있어서 효과적인 제거가 이루어지지 않을 경우 후속 정수공정에서의 운영에 있어 경제적 손실 뿐만 아니라, 염소소독시 발암성 물질로 알려진 THMs와 할로젠 화합물 등을 생성하게 된다. 또한 미량의 잔류 유기물은 급수관이나 급수탱크에서의 세균번식의 원인이 되어 인간의 건강에 위해성을 가하기도 한다.

따라서 본 연구에서는 제조된 무기고분자 응집제인 PACl, PAS와 정수장에서 사용되는 기존의 응집제인 Alum에 대한 응집실험을 통한 응집특성을 비교·분석하여 조류 및 유기물 제거에 보다 효율적인 응집제를 선정하고 특히 낙동강 하류부 상수원수의 수질 특성에 적합한 응집제를 선정하고자 한다. 또한 응집제 제조시 첨가한 첨가제(SO_4^{2-} , Ca^{2+})에 대한 응집에 있어서의 영향도

고찰해 보고자 한다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 응집실험

응집실험에서 사용된 Jar test 장치(Phipps & Bird사)는 6개의 교반장치를 갖춘 것으로 paddle(two-blade)의 크기는 $2.54^W \times 7.6^L$ cm이었다. 응집실험에서 사용된 Jar는 2ℓ 용량의 사각형 Jar로서 교반하는 동안 물의 회전에 의한 vortex를 감소시키고 열의 전달에 의한 온도의 변화가 작은 특징을 가지고 있다.

응집실험에 사용된 시험수로는 낙동강 상수원수로써 하류부인 물금지역에서 취수하여 사용하였으며 이에 따른 원수의 조성은 Table 1과 같다. 응집실험에 사용된 응집제는 실험실에서 제조된 것으로서 황산이온이 첨가된 제조 응집제(PAS), 고분자성 알루미늄 응집제(PACl), 칼슘이온이 첨가된 응집제 그리고 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ 을 사용하였다.

Table 1. Characteristics of raw waters.

Parameters	Raw Water
pH	7.7 ~ 8.3
Turbidity (NTU)	5.1 ~ 7.35
UV-254 (cm ⁻¹)	0.059 ~ 0.075
TOC (mg/l)	4.3 ~ 5.4
Alkalinity(as mg CaCO ₃ /l)	51.5 ~ 53.5

응집실험에 있어서의 응집제 주입농도는 제조된 응집제의 경우 회석에 의한 Al 화학종의 변화를 막기 위해서 원액을 그대로 사용하였으며, Al₂(SO₄)₃ · 16H₂O의 경우에 있어서는 0.25 M Stock solution을 제조 후, 실험 전날 초순수를 사용하여 10 g/l로 회석하여 사용하였다. Dosing solution 제조시 회석에 의한 응집제 성분변화에 따른 오차를 최소화하기 위하여 dosing solution을 실온에서 하루 방치하여 안정화시킨 후 사용하였다.

응집의 교반 조건을 사용하기 위하여 교반속도(rpm)에 따른 평균속도경사(G) 값은 예비실험에 의하여 결정하였다. 최적 G 값 및 교반시간은 예비 실험 결과, 급속 및 완속 혼합의 교반조건은 각각 250rpm(G = 550sec⁻¹ at 20°C)과 30rpm(G = 22 sec⁻¹ at 20°C), 교반시간은 각각 1min과 30min으로 유지하였다. 이 때 급속혼합 및 완속혼합의 Gt 값은 각각 33,000과 39,600이었다. 완속교반 후 침전시간은 60분으로 하였으며, 침전 후 상징역은 수표면 밑 10cm 지점에서 채취하여 각 수질분석에 사용되었다.

2.2. 수질분석

본 연구에서 실시된 수질분석은 Standard methods³⁾에 준하여 수행되었으며 분석에서 사용된 수질분석 항목과 기기는 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 주입량에 따른 응집특성

3.1.1. PACl 응집제의 응집특성

PACl의 응집특성을 연구하기 위하여 서로 다른 r

(OH_{added}/Al_T) 값(r=2.0, 2.2, 2.35)의 PACl을 사용하여 응집실험을 하였다. PACl의 r 값 변화에 따른 탁도 제거율을 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 탁도 제거율에 있어서 각 r 값에 따른 차이가 없이 80% 이상의 탁도 제거 효과가 나타났다. Fig. 2는 응집제 주입량별 TOC 제거 정도를 나타낸 것으로 r 값에 따른 PACl 모두가 주입량 약 0.1mM(as Al) 이상에서 약 60% 이상의 높은 TOC 제거효율을 나타내었다. 또한 r 값에 따른 TOC에 대한 제거 정도는 r=2.2>r=2.0>r=2.35의 순으로 나타나 Al(III) 폴리머 종을 많이 함유할수록 더 우수한 유기물제거 효율을 나타내는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 Rebhun과 Lurie⁴⁾의 연구결과와 잘 일치하고 있는데, Rebhun과 Lurie⁴⁾에 따르면 폴리머 상태의 Al(III)은 수중의 유기물과 빠르게 반응하여 Al(III)과 유기물의 착화합물을 만들게 되며 이러한 물질은 또한 Al(OH)_{3(s)} 표면에 흡착하여 침전 가능한 flocc으로 형성된다고 하였다.

Fig 3은 주입량에 따른 UV-254 제거율을 나타낸 것으로 각 PACl에 의한 UV-254 제거 정도는 r=2.2>r=2.0>r=2.35의 순으로 TOC 제거 경향과 동일한 응집특성을 나타내고 있다. Fig. 3에서 나타난 바와 같이 UV-254 제거율은 TOC 제거율에 비하여 낮은 제거율을 나타내었다. Edzwald⁵⁾의 연구에 의하면 유기물 특성에서 UV-254(m⁻¹)/(mg)TOC로 표시되는 SUVA(specific UV absorb-

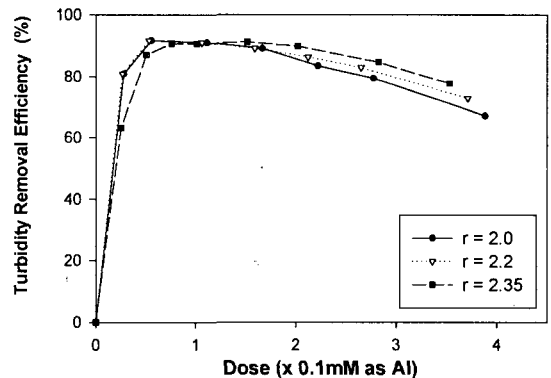


Fig. 1. Comparison of PACl coagulation with different r values for removal of turbidity.

Table 2. Analytical method and instruments

Item	Unit	Analytical method and instruments
Jar-test		Jar-tester(Phipps & Bird, Model 7790-500)
pH	-	pH-Meter(METTLER DELTA 345)
Turbidity	NTU	Turbidity-Meter(HACH, 2100P)
Zeta potential	mV	Laser Zee Meter(PEN KEM Model 501)
TOC(DOC)	mg/l	Combustion/non-dispersive infrared gas analysis method(TOC Analyzer, Model TOC-5000, SHIMADZU)
UV-254	cm ⁻¹	UV-Spectrophotometer(UV-1201, SHIMADZU)
Alkalinity	mg/l as CaCO ₃	Standard Method(Titration Method)
Chlorophyll-a	µg/l	Standard Method(Titration Method)

ance)가 3보다 낮은 경우에 있어 원수내의 유기물은 주로 비휘발성, 친수성, 지방함축 물질 및 저분자 물질로 구성되어 UV-254 흡수정도가 낮게 나타난다고 하였다. 이에 따라 본 연구에서 사용된 상수원수의 경우 SUVA 값의 범위가 0.6~1.33m⁻¹/mg TOC으로 나타나 Edzwald⁵⁾의 연구결과와 유사하게 UV-254 흡수정도가 낮은 특성을 가지는 것으로 나타났다.

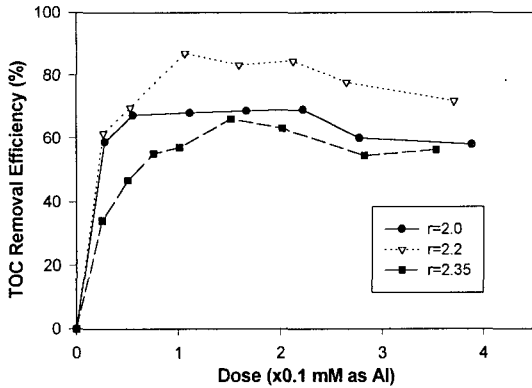


Fig. 2. Comparison of PACl coagulation with different r values for removal of TOC.

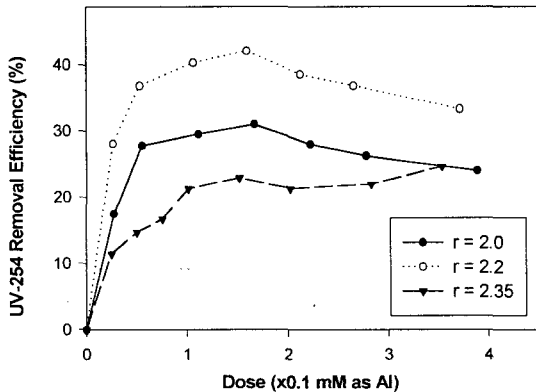


Fig. 3. Comparison of PACl coagulation with different r values for removal of UV-254.

3.1.2. PAS와 PACl 응집제의 응집특성 비교

본 실험에서는 폴리머 함량이 80%이상 함유된 PACl (r=2.2), PAS(r=0.75), PACl에 황산이온을 첨가하여 Al(III)종이 급격하게 변화한 Al:SO₄ 몰비 (1:0.2)의 응집제 그리고 보편적으로 사용되고 있는 Alum을 이용하여 응집제 주입량에 따른 응집실험을 실시하였다.

응집실험에 사용된 원수의 수질특성은 pH 8.9로서 다소 높았으며, 알카리도는 65 mg/ℓ as CaCO₃, Chlorophyll-a가 약 120 ppb로서 조류가 다소 많이 함유되어 있었다. Fig. 4는 응집제의 주입량에 따른 탁도 제거정도를 나타낸 것으로 탁도의 제거 효율은 PACl의 경우 주입량이 저농도인 0.05 mM(as Al)에서 가장 우수한 제거효율이 보이고 있으나, 0.2 mM(as Al) 이상의 주입량에서는 사용된 응

집제 모두 비슷한 제거 경향을 나타내었다. 주입량이 저농도인 경우에 있어서 PACl의 경우가 80% 이상의 폴리머를 함유함에 따라 높은 양의 전하를 가지고 있는 폴리머에 의한 수중입자와의 전하중화 및 흡착이 잘 이루어져 우수한 제거효율을 나타나는 것으로 생각된다. 한편, SO₄²⁻ 이온을 함유한 3 가지의 응집제에서는 SO₄²⁻ 이온의 침전물을 가속화시키는 특성⁶⁾과 양의 전하를 감소시키는 특성⁷⁻⁹⁾에 따라 적은 주입량에서 수중입자와의 전하중화 능력이 떨어지고 형성된 Al(OH)₃에 의한 흡착율이 떨어져 바로 침전됨으로서 낮은 탁도제거율이 나타나는 것으로 생각된다.

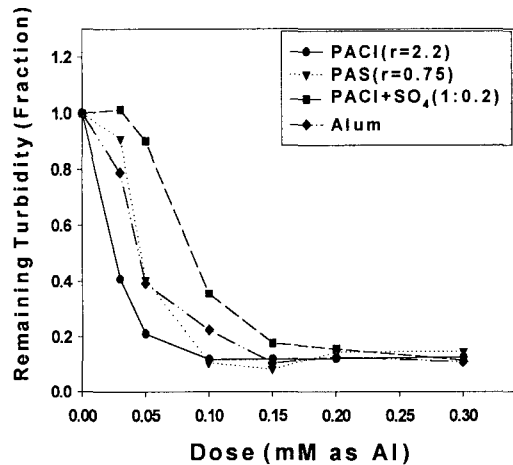


Fig. 4. Effect of coagulant dose on turbidity removal.

Fig. 5와 Fig. 6은 응집제 주입량에 따른 UV-254와 TOC의 제거율을 나타낸 것이다. 유기물 제거측면에서는 PAS 응집제가 다소 나은 유기물 제거효율을 보이고 있다. 이러한 결과는 precipitate종이 함유된 PAS내의 Al(OH)_{3(S)}표면에 유기물질이 흡착되어 제거되는 것으로 생각된다. 따라서 precipitate종이 함유된 안정한 PAS 응집제가 유기물제거에 더 효과적임을 알 수 있다. 또한 폴리머종을 함유한 용액에 SO₄²⁻ 이온을 첨가한 PACl+SO₄²⁻의 경우에서 유기물의 제거효율이 낮은 것은 응집제의 제조 시 폴리머종이 많이 형성된 PACl에 SO₄²⁻ 이온의 첨가에 따라 precipitate 종이 급격히 증가되는 것을 본 논문 (1)에서 살펴보았었다. 이와 같이 응집제내에서 SO₄²⁻ 이온이 알루미늄과의 흡착에 따라 precipitate 종으로 전이되고, 전이된 precipitate인 Al(OH)₃가 낮은 pH(< pH 5)에서 비활성을 띠고 있음에 따라 응집에 있어서의 영향이 낮은 것으로 생각된다. Fig. 7은 응집제 주입량에 따른 Chlorophyll-a의 제거 정도를 나타낸 것으로서 Fig. 4의 탁도 제거 효율의 경우와 유사한 경향을 보이고 있다. Chlorophyll-a 제거효율을 보면 약 0.1 mM 정도의 응집제를 주입할 경우 Alum을 제외한 모든 응집제가 80%이상의 제거정도를 나타내고 있다. PAS의 경우에서 0.10 mM(as Al) 이상의 주입에서 약 90% 정도로 가장 우수한 제거효율을 나타내고 있다. 이는 Fig. 5와 Fig. 6에서

나타난 바와 같이 precipitate중이 함유된 PAS내의 $Al(OH)_3(s)$ 표면에 유기물질이 흡착되어 제거되는 것으로서 안정한 PAS 응집제가 유기물제거에 더 효과적임을 알 수 있다.

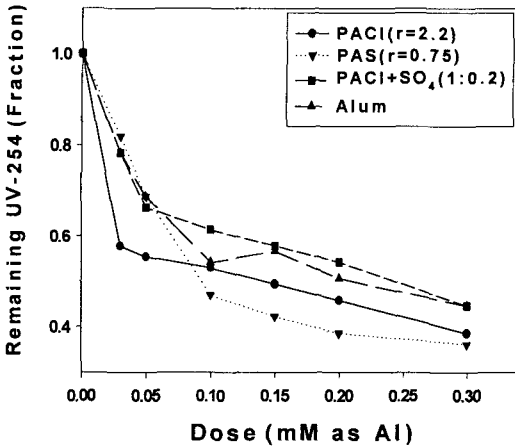


Fig. 5. Effect of coagulant dose on UV-254 removal.

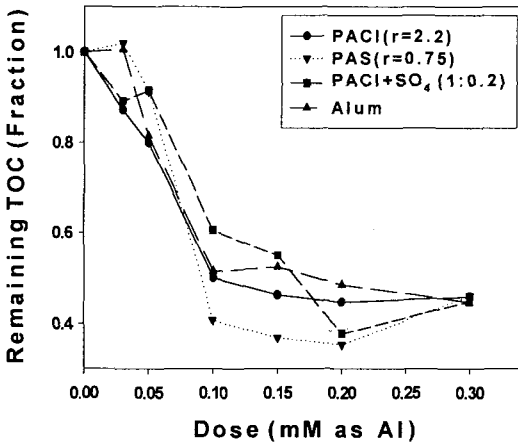


Fig. 6. Effect of coagulant dose on TOC removal.

3.1.3. PACI과 칼슘첨가에 따른 응집특성비교

폴리머함량을 80% 이상 함유한 PACI($r=2.2$)과 PACI에 칼슘농도를 다양하게 첨가하여 제조한 응집제와 Alum을 이용하여 응집제 주입량에 따른 응집실험을 실시하였다. Fig. 8과 Fig. 9는 응집제 주입량에 따른 탁도와 chlorophyll-a 제거 정도를 나타낸 것으로서 탁도 제거율은 Alum을 제외한 모든 응집제가 0.03 mM(as Al)의 저농도로 주입된 경우 50%이상의 우수한 제거효율을 보이고 있으며 chlorophyll-a 역시 유사한 경향을 보이고 있다. 이는 같은 종류의 무기고분자 응집제의 경우에서 응집제에 함유되어 있는 높은 양의 전하를 가지고 있는 폴리머에 의한 수중입자의 전하중화 능력이 우수함과 폴리머에 의한 수중입자의 흡착에 의한 것으로 생각된다.

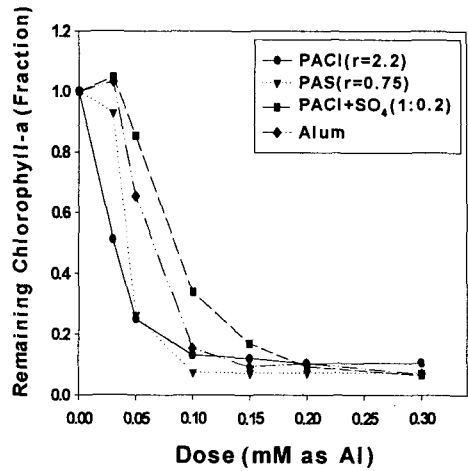


Fig. 7. Effect of coagulant dose on chlorophyll-a removal.

Fig. 10과 Fig. 11은 응집제 주입량에 따른 TOC와 UV-254의 제거율을 나타낸 것이다. 유기물 제거 측면에서 TOC의 경우 폴리머함량이 많은 응집제가 우세한 제거율을 보이는데 특히 칼슘을 첨가한 응집제가 다소 우세하게 나타나 칼슘과 같은 2가의 금속 양이온이 음전하를 띠는 유기물질 사이에서 흡착에 의한 양이온 가교 작용이 이루어져 나타낸 것으로 Black 등¹⁰⁾에 의한 연구결과와 유사하게 나타났다. 또한 Al:Ca의 몰 비가 1:10이상일 경우에서 제거 효율은 유사한 경향이 나타나는데 이는 일정 농도이상에서 칼슘이 작용하는 영향은 거의 일정한 것으로 판단된다.

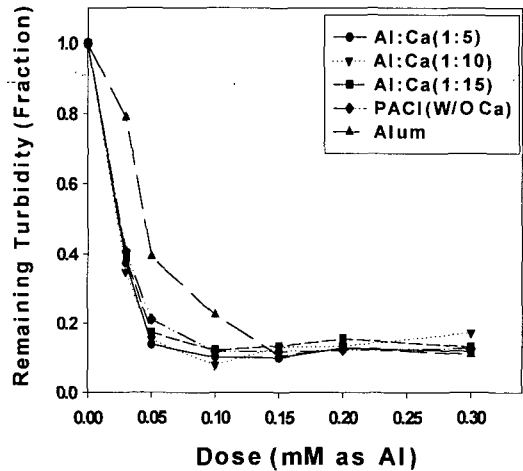


Fig. 8. Effect of coagulant dose on turbidity removal.

3.2. 응집 pH에 따른 응집특성

3.2.1 PACI 응집제의 응집특성

상수원수를 사용하여 응집 pH에 따른 응집 특성을 살펴보기 위한 실험에서 각 응집제 주입량은 0.16mM(as Al)로 동일하게 주입하여 실험에 임하였다. 실험에 사용

된 응집제는 PACl 네 종류($r=1.5, 2.2, 2.45$)와 alum, $AlCl_3$ 를 사용하였다.

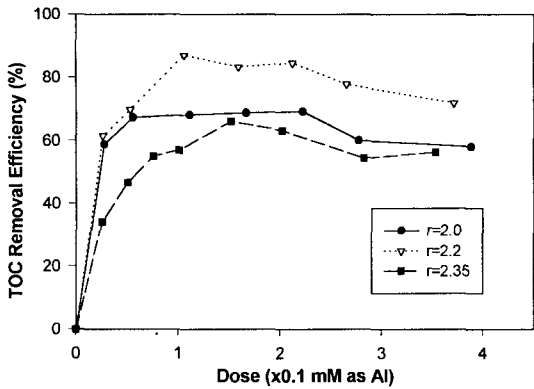


Fig. 9. Effect of coagulant dose on chlorophyll-a removal.

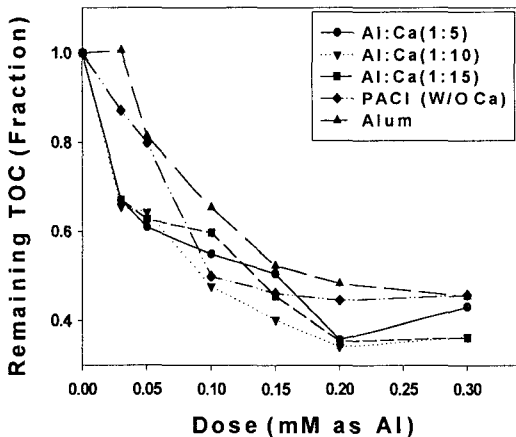


Fig. 10. Effect of coagulant dose on TOC removal.

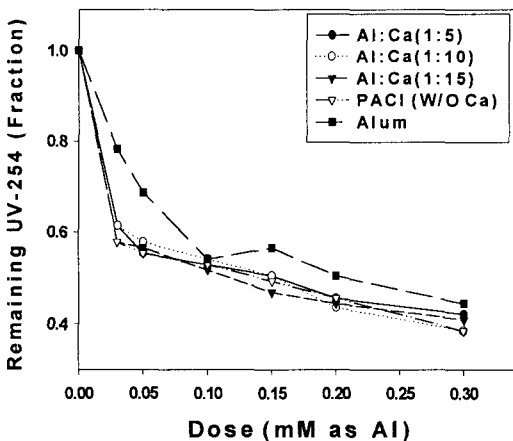


Fig. 11. Effect of coagulant dose on UV-254 removal.

Fig. 12는 응집 pH에 따른 탁도 제거율 나타낸 것으로 Fig. 12에 나타난 바와 같이 $r=2.2, 2.45$ 인 PACl은

pH 6이하에서 제거율이 낮게 나타나지만 pH 6.5~9 범위에서는 90 % 정도의 높은 탁도 제거율을 나타내고 있다. Alum과 $AlCl_3$ 의 경우는 pH 5~7 범위에서는 제거율이 높게 나타나고 있지만, alum은 pH 8.5, $AlCl_3$ 은 pH 7 이상에서 탁도 제거율이 급격히 감소하였다.

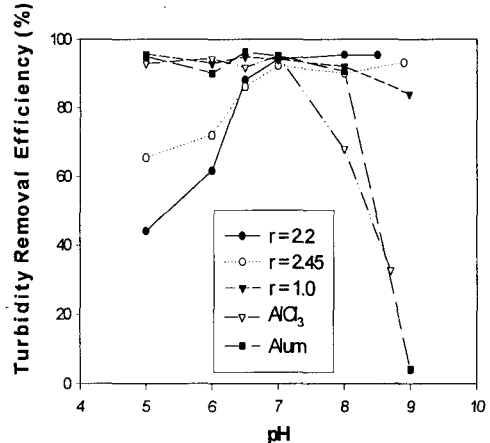


Fig. 12. Effect of pH on PACl, alum, $AlCl_3$ coagulation for removal of turbidity.

Fig. 13은 응집 pH에 따른 TOC 제거율을 나타낸 것으로 Fig. 13에 나타난 바와 같이 PACl 응집제는 pH 6 이하에서는 TOC 제거율이 낮게 나타났지만 pH 8.5 정도에서도 50 % 정도의 제거율을 나타내어 제거율의 저하가 적게 나타났다. 그러나 Alum과 $AlCl_3$ 은 낮은 pH에서도 TOC 제거율이 비교적 높게 나타나고 있지만, 두 응집제 모두 pH 7 이상에서는 TOC 제거율이 급격히 감소하였다. TOC 제거의 최적 pH 범위는 6.5부근이었으며, 탁도 제거의 최적 pH 범위는 7 부근으로 TOC 제거 최적 pH가 0.5정도 낮게 나타났다.

Fig. 14는 UV 제거율에 대한 pH의 영향을 나타낸 것이다. TOC 제거율과 마찬가지로 pH 6이하에서는 alum

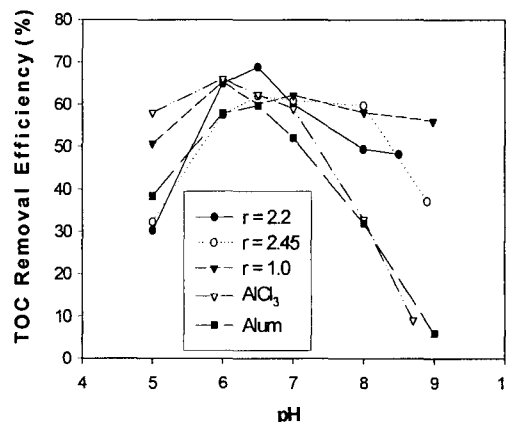


Fig. 13. Effect of pH on PACl, alum, $AlCl_3$ coagulation for removal of TOC.

과 $AlCl_3$ 응집제가 PACI에 비해 상대적으로 제거효율이 높게 나타났지만, pH 7 이상에서는 PACI가 UV 제거율이 상대적으로 높게 나타났고 alum과 $AlCl_3$ 은 UV 제거율이 급격히 감소하였다.

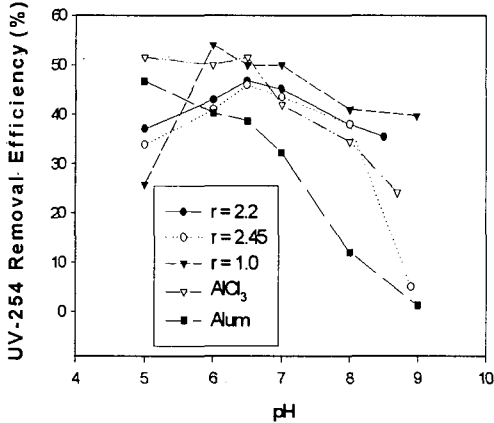


Fig. 14. Effect of pH on PACI, alum, $AlCl_3$ coagulation for removal of UV-254.

이상과 같은 결과를 고려하면 제조된 PACI 응집제의 경우 alum이나 $AlCl_3$ 응집제와 달리 유기물제어 측면에서 pH가 높은(>pH 7.0) 상수원수에 특히 효과적인 것으로 나타났다. 이는 낙동강 하류부의 상수원수 평균 pH가 9.0 이상인 기간이 연중 6개월 이상인 점을 고려하면 PACI가 낙동강 하류부의 상수원수 중 각종 오염물질제거에 보다 적당한 응집제임을 알 수 있다. 일반적으로 PACI가 높은 pH에서도 응집 효율이 적게 감소하는 원인은 응집제 중에 이미 생성된 폴리머종은 응집과정 중 원수의 pH 영향이 적게 나타나기 때문이라 생각된다.

3.2.2. PAS와 PACI 응집제의 응집특성 비교

주입량에 따른 응집실험에서 도출된 최적농도 0.1 mM (as Al)를 선택하여 응집 pH에 대한 영향을 살펴 보았다. Fig. 15는 pH에 따른 탁도 제거효율을 나타낸 것으로서 pH 6-8에서는 PAS응집제($r=0.75$)가 아주 효과적이며 pH 8이상에서는 다량의 폴리머를 함유한 $r=2.2$ 의 PACI 응집제가 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 높은 pH에서 폴리머량이 많은 응집제의 경우 제조에 있어서 이미 가수분해가 진행되어 있으므로 응집과정중의 pH에 대한 영향이 적은 것으로 생각된다. 유기물 제거측면에서 pH에 따른 TOC와 UV-254 제거율을 각각 Fig. 16과 Fig. 17에 나타내었다. TOC와 UV-254 모두 pH 6이하에서는 PAS 응집제가 다소 우세한 경향을 보이고 있으며 pH 6~7의 구간에서는 TOC의 경우 사용된 모든 응집제가 아주 유사하게 나타났으나, UV-254의 경우 황산이온이 첨가된 응집제가 다소 우세하게 나타났다. 이는 황산이온이 산성쪽에서 sweep zone을 넓게 해주며 재안정화 현상을 막아주기 때문에 넓은 응집 범위가 형성되는 것으로 생각된다. pH 8이상에서는 PACI을

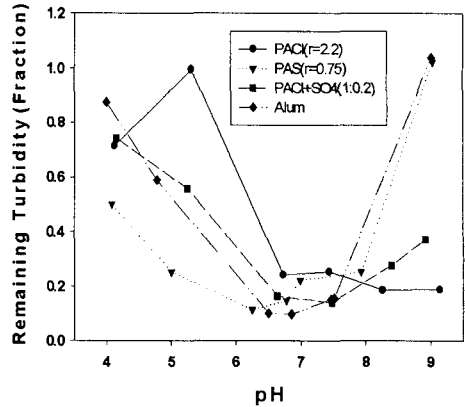


Fig. 15. Effect of coagulation pH on turbidity removal.

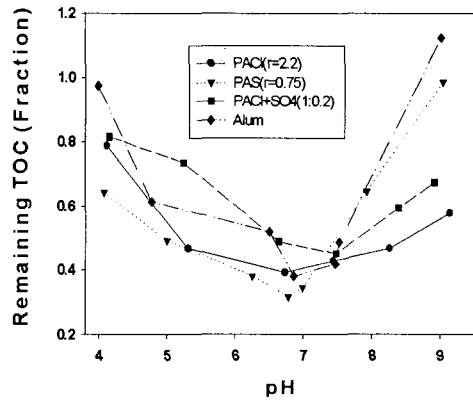


Fig. 16. Effect of coagulation pH on TOC removal.

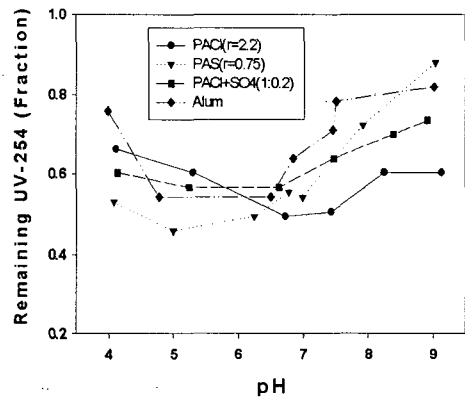


Fig. 17. Effect of coagulation pH on UV-254 removal.

제외한 모든 응집제의 제거율이 급격히 감소하는 것으로 나타났다. Fig. 18은 Chlorophyll-a의 제거정도를 나타낸 것으로 탁도, TOC 등과 유사한 경향을 보이고 있다.

3.2.3. PACI과 칼슘첨가에 따른 응집특성 비교

Fig. 19는 pH에 따른 탁도 제거효율을 나타낸 것으로서 칼슘농도를 Al:Ca로서 1:10 이상의 물비로 첨가하였

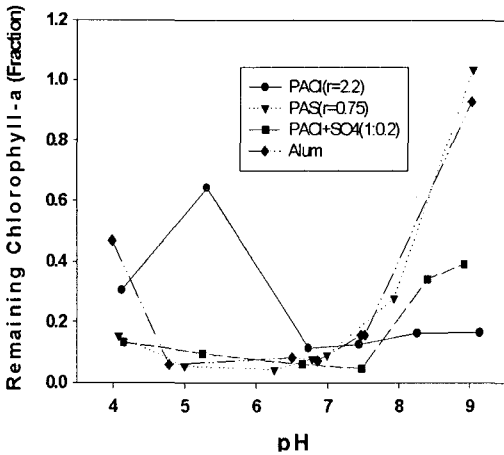


Fig. 18. Effect of coagulation pH on chlorophyll-a removal.

을 경우 전 pH 범위에서 안정되고 우세한 제거 효율을 보였다. 이러한 경향은 칼슘이 산화물 표면에서 분자들 사이의 전기적인 반발력을 감소시키므로 일정한 농도 이상의 칼슘이온이 존재함으로써 제거효율이 높게 나타나는 것으로 생각된다. 그러나 국내에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 Alum의 경우에는 pH 5 이하와 pH 7.5 이상의 범위에서 입자의 재안정화 현상으로 인한 제거효율이 저조하게 나타났다. Fig. 20은 Chlorophyll-a 제거 효율을 나타낸 것으로서 탁도 제거효율과 아주 유사한 경향을 보이고 있어 조류제거의 측면에서도 첨가된 Ca²⁺ 이온이 조류의 응집에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

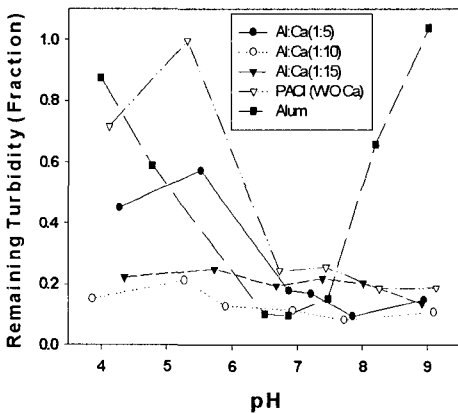


Fig. 19. Effect of coagulation pH on turbidity removal.

Fig. 21과 Fig. 22는 pH에 따른 유기물 제거정도를 알아보기 위해서 TOC와 UV-254를 각각 나타낸 것이다. 유기물의 제거정도는 칼슘이 첨가 될수록 Fig. 19의 탁도 제거효율과 마찬가지로 전 pH 구간에서 우세한 제거 효율을 보이고 있다. 이는 음전하를 띠는 유기물과 양이온의 칼슘이 반응하면서 화학적인 상호 반응에 의하여

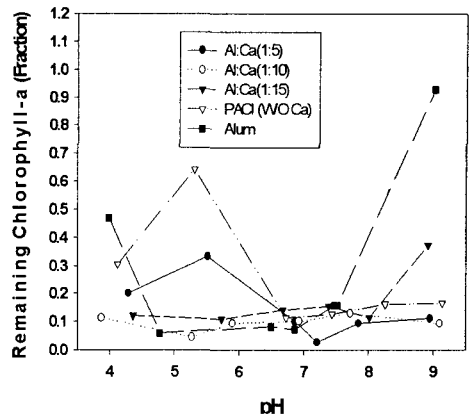


Fig. 20. Effect of coagulation pH on chlorophyll-a removal.

흡착이 용이하도록 함으로서 보다 큰 제거효과를 거두는 것으로 생각된다. 이는 Dempsey¹¹⁾의 연구에서와 같이 칼슘이 유기물과 반응할 때 보다 넓은 영역을 Al이 이용할 수 있으며 칼슘의 높은 양이온이 유기물과의 착화합물을 형성하는데 이용될 수 있기 때문으로 생각된다. 또한 PACl에 첨가한 Ca²⁺ 이온의 농도에 있어서 Al:Ca의 비가 1:5의 경우에서 낮은 pH 영역에서 높은 양전하를 가진 폴리머와 Ca²⁺ 이온에 의한 재안정화 현상으로 낮은 제거율을 나타낸 반면 Al:Ca의 비가 1:10 이상에서 높은 농도의 Ca²⁺ 이온에 의한 유기물에 의해 안정화된 콜로이드 입자의 불안정화와 강한 흡착능에 따라 재안정화 없이 안정된 제거정도를 나타냈다. 따라서 탁도 및 유기물의 처리에 있어 적당한 Al:Ca의 비는 1:10의 경우가 적절한 것으로 생각된다.

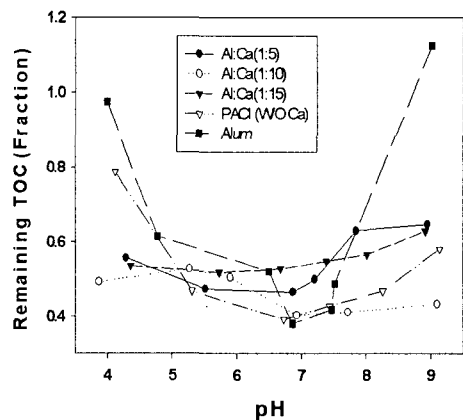


Fig. 21. Effect of coagulation pH on TOC removal.

4. 결 론

실험실에서 제조된 무기고분자 응집제(PACl, PAS)와 Alum에 대한 응집실험을 통하여 응집특성을 비교한 결과 다음의 몇가지 결론을 도출할 수 있었다.

1) 낙동강 원수를 사용하여 주입량에 따른 응집실험결과

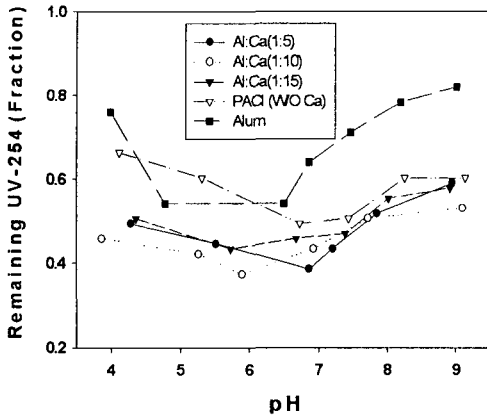


Fig. 22. Effect of coagulation pH on UV-254 removal.

탁도와 유기물 제거 측면에서는 0.05 mM(as Al) 정도의 저 농도를 주입한 경우에 있어서 polymer 함량이 많은 PACl(r=2.2)이 우세한 경향을 나타내었다. 0.1 mM(as Al) 이상 응집제 주입시 유기물 제거 측면에서는 Al(OH)_{3(S)}에 의한 sweep floc mechanism의 응집작용으로 인한 PAS(r=0.75)의 경우가 효과적인 것으로 나타났다.

2) 칼슘이 첨가된 응집제의 경우 주입량에 따른 응집 실험 결과 PACl(r=2.2)과 칼슘을 첨가한 응집제가 기존의 Alum 보다 탁도와 유기물 제거 면에서 우수한 제거 효율을 나타내었다. 이에 따른 음전하를 띠는 유기물의 제거에 대하여 양이온의 칼슘에 의하여 흡착이 용이하도록 함으로서 보다 응집효율을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3) Al : Ca의 몰 비가 1:10 이상으로 첨가될 경우 제조한 응집제의 경우 모든 주입량에서 유사한 경향을 보여 일정량 이상의 Ca²⁺ 이온 주입시 응집에 미치는 영향은 나타나지 않았다.

4) 응집 pH 영향에 대한 응집 실험 결과 pH 6-8 사이에서 탁도, TOC, UV-254 제거율은 이미 가수분해가 이루어져 폴리머 양이 많이 함유된 PACl, PAS, PACl+SO₄ 용액이 우세하게 나타났으며 특히 PACl(r=2.2)의 경우 pH 8 이상에서도 아주 안정된 제거 효율을 나타내었다. 하지만 Alum의 경우 pH 6 이하와 pH 8 이상에서의 제거율은 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

5) 칼슘이 첨가된 응집제의 pH 별 응집 실험 결과 칼슘이 첨가된 응집제가 전 pH 범위에서 우수한 제거 효율을 보이고 있으며 Al : Ca의 몰 비가 1:10 이상으로 첨가

하였을 경우 제거 효율은 유사하게 나타나므로 칼슘 첨가 시 이에 유의하여 경제적인 면도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

“본 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.”

참고 문헌

- 1) Crozes, G., P. White, and M. Marshall, 1995, Enhanced Coagulation : Its Effect on NOM Removal and Chemical Costs, J. AWWA., 87, 1, 78~89.
- 2) Krasner, S. W. and G. Amy, 1995, Jar Test Evaluations of Enhanced Coagulation, J. AWWA., 87, 10, 93~107.
- 3) APHA, AWWA and WPCF, 1995, Standard Method of the Examination of Water and Wastewater(19th Ed.), Washington, D. C., USA.
- 4) Rebhun, M. and M. Lulie, 1993, Control of Organic Matter by Coagulation and Floc Separation, Wat. Sci. Tech., 27, 11, 1~20.
- 5) Edzward, J. K., 1993, Coagulation in Drinking Water Treatment : Particles, Organics and Coagulations, Wat. Sci. Tech., 27, 11, 21~35.
- 6) Amirtharajah, A. and C. R. O'Meria, 1990, Water Quality and Treatment, 4th ed., 269~365, McGraw-Hill, NY.
- 7) Packham, R. F., 1965, Some Studies of the Coagulation of Dispersed Clays with Hydrolyzing Salts, Jour. Colloid Sci., 20, 81~90.
- 8) Hanna, Jr. G. P. and A. J. Rubin, 1970, Effect of Sulfate and Other Ions in Coagulation with Aluminum(III), Jour. Am. Water Works Assoc., 25, 5, 315~321.
- 9) Letterman, R. D. and S. G. van der Brook, 1983, Effect of Solution Chemistry on Coagulation with Hydrolyzed Al(III), Water Research, 17, 195~204.
- 10) Black, A. P. and R. F. Christman, 1965, Characteristics of Colored Surface Waters, J. AWWA, 57, 1149-1166.
- 11) Dempsey, B. A., 1989, Reaction between fulvic acids and aluminum, In Aquatic humic substances; Influence on Fate and Treatment of pollutant, ACS.