

고분자 보조응집효과의 비교연구

전일상 _ 부산광역시 상수도사업본부 화명정수사업소

정수장에서 정수처리 생산에 주로 사용되는 응집제는 알루미늄계 무기응집제인 PAC (polyaluminum chloride), PASS(polyaluminum sulfate silicate), PACS(polyaluminum chloride silicate), PSO-M(poly organic aluminum magnesium sulfate) 등이다.

알루미늄계 무기응집제는 저온이나 pH가 높은 곳에서는 응집 효과가 떨어질 뿐만 아니라 다량의 슬러지가 발생하는 단점을 가지고 있다. 때문에 원수 탁도가 급격히 상승하였을 때는 응집 효과가 낮다. 반면 고분자 응집제는 부유물질 또는 용존 유기물질의 응집 및 침전 효과가 무기응집제보다 우수하여 널리 사용되고 있다. 다만 많은 연구가 이루어진 폴리아민 등과 같은 고분자 응집제와 달리 인체에 무해하고 2차 환경오염을 유발하지 않는다는 천연고분자 키토산(Chitosan) 응집제의 보조응집효과에 대해서는 거의 연구된 바가 없다.

천연 키토산계 고분자 응집제 원료로 쓰이는 게 껍질은 종래에는 폐기하였으나, 최근에는 키틴질(chitin)을 탈아세틸화하여 만들어진 키토산(chitosan)을 의료분야, 식품분야, 생명공학(biotechnology) 분야 등 산업분야에 널리 이용하고 있다.

최근에 연구되고 있는 키토산-무기계 복합응집제를 가지고 키토산 분자량별로 원수에 응집 실험을 한 결과 키토산의 분자량이 증가할수록 응집 효율이 우수한 것으로 나타났다. 또 인공 고분자 중합체인 폴리아민에 비해 천연 고분자 중합체인 키토산은 고탁도 원수를 응집하는 데 효과적인 것으로 알려졌다. 인공 고분자 응집제에 비해 가격은 비싼 편이지만 건강상 위해 가능성이 없고, 생분해도가 높으며, 다양한 콜로이드성 부유물의 응결에 효과적이다. 때문에 강우 시 고탁도 원수 처리에 응집보조제로 사용할 경우 매우 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 정수용 응집제로 사용된 적이 없는 천연 키토산계 고분자 응집제와 G7 환경기술연구 개발사업 중 수처리 약품으로 개발된 유기고분자 응집제인 폴리아민의 보조응집효과를 비교 검토하여 고탁도 유입 시 정수처리의 문제점을 해소시키고자 한다.

연구방법

낙동강 원수를 그대로 사용하여 다음과 같이 Jar-test를 실시하였으며, 상등 시료수 일정량을 채취하여 탁도, UV-254 및 슬러지 부피 등을 측정하였다.

▶ Jar-Test 조건 및 시료 채취방법

- Jar 용량은 2 l 이며, 교반용 paddle의 규격은 2.5×7.5cm
- 급속(200rpm) 1분, 완속(30rpm) 5분 교반 후 30분간 정치
- 바닥 4.5cm 높이에서 일정량의 시료수를 채취하여 GF/C로 여과 후 분석

▶ 주응집제는 PASS(polyaluminum sulfate silicate)를 선정하여 20~40ppm 범위에서 실험

▶ 상등수 분석 항목은 pH, 탁도, UV-254, 슬러지 부피 등

낙동강 원수에 주응집제 PASS를 넣고 폴리아민 및 키토산염 고분자 보조응집제를 0.1~1.0ppm 범위로 변화시켜 응집효과를 비교 분석하였다. 또한 본 실험에서 사용한 키토산염은 분자량이 160만인 고분자를 사용하여 2% 초산수용액 10,000ppm을 조제하였고, 이를 0.02~0.2ml씩 주입하여 Jar-Test하였다.

분석에 사용한 기기는 <표 1>에 나타내었고, 슬러지 부피는 일부 상등액을 제거한 후 100ml 메스실린더에 넣고 10분간 정치시킨 다음 부피를 측정하였다.

표 1 분석항목 및 사용기기

분석항목	분석기기
pH	TOA HM40V (TOA Electronics Ltd, Japan)
탁도	2100AN Turbidimeter(HACH)
UV-254	UV/Visible Spectrophotometer (Varian CARY50Probe)

결과 및 고찰

응집 실험에서 가장 중요한 과정이라 할 수 있는 급속교반시간은 alum 단독으로 사용하였을 경우와 polymer를 보조응집제로 함께 사용하였을 경우 두 가지로 나누어 실험하였다. 실험 결과 급속교반시간이 짧을수록 탁도 제거 효과가 우수한 것으로 나타나 본 연구에서의 급속교반시간을 1분으로 하였다.

키토산염 고분자응집제 주입에 따른 보조응집효과

키토산염 보조응집제 주입에 따른 응집효과를 알아보기 위해 낙동강 원수 2l 에 주응집제 PASS를 20~40ppm의 범위에서

5ppm 단위로 변화시켰고, 키토산염을 0.1~1.0ppm 범위에서 변화시켜 실험하였으며, 그 결과를 <표 2>, <표 3>에 나타내었다.

폴리아민 고분자응집제 주입에 따른 보조응집효과

키토산염의 실험과 동일한 조건으로 폴리아민의 보조응집효과를 알아보기 위해 다음의 낙동강 원수 수질에서 실험을 하였으며, 실험 결과를 <표 4>에 나타내었다.

낙동강 원수 수질

pH = 9.1 수온 = 12.8°C 탁도 = 6.5 NTU
알카리도 = 44 mg/L UV-254 = 0.0388 cm⁻¹

표 2 PASS 및 키토산염 농도에 따른 Jar-Test 결과

키토산염(ppm)	항목	PASS(ppm)	20	25	30	35	40
0(PASS만 사용)	pH		7.5	7.4	7.3	7.3	7.2
	탁도(NTU)		5.2	4.8	3.2	2.1	1.8
	UV-254(cm-1)		0.0238	0.0253	0.0215	0.0214	0.0185
	슬러지부피(ml)		0	3	7	11	15
0.1	pH		7.1	7.1	7.1	7.1	7.0
	탁도(NTU)		5.3	5.0	3.3	2.0	2.0
	UV-254(cm-1)		0.0267	0.0245	0.0245	0.0196	0.0185
	슬러지부피(ml)		0	3	8	12	16
0.2	pH		7.2	7.2	7.2	7.1	7.1
	탁도(NTU)		5.2	4.5	3.5	2.1	1.7
	UV-254(cm-1)		0.0277	0.0189	0.0192	0.0206	0.0188
	슬러지부피(ml)		0	3	7	10	14

표 3 PASS 및 키토산염 농도에 따른 Jar-Test 결과

키토산염(ppm)	항목	PASS(ppm)	20	25	30	35	40
0.3	pH		7.3	7.3	7.2	7.1	7.0
	탁도(NTU)		5.1	3.9	3.1	2.3	1.9
	UV-254(cm-1)		0.0269	0.0239	0.0217	0.0201	0.0188
	슬러지부피(ml)		0	4	7	10	14
0.5	pH		7.3	7.2	7.2	7.1	7.0
	탁도(NTU)		5.0	3.6	2.8	2.4	2.2
	UV-254(cm-1)		0.0266	0.0238	0.0159	0.0143	0.0182
	슬러지부피(ml)		1	5	7	9	11
0.7	pH		7.3	7.2	7.1	7.0	6.9
	탁도(NTU)		3.7	3.4	2.8	2.6	2.5
	UV-254(cm-1)		0.0230	0.0190	0.0210	0.0196	0.0200
	슬러지부피(ml)		4	5	6	8	9
1.0	pH		7.3	7.2	7.1	7.0	6.9
	탁도(NTU)		4.2	3.1	2.4	2.1	1.8
	UV-254(cm-1)		0.0248	0.0215	0.0203	0.0201	0.0173
	슬러지부피(ml)		3	7	10	13	15

앞서 실시한 키토산염 실험의 낙동강 원수 수질 조건과 탁도 및 UV-254 등이 거의 유사하다.

위 결과로부터 PASS 및 키토산염 및 폴리아민의 주입비 변화에 따른 탁도 변화를 <그림 1>, <그림 2>에 각각 나타내었다. <그림 1>에서 보면 주응집제인 PASS의 농도가 높은 40ppm에서 탁도제거율이 가장 우수하였다. 또한 PASS 주입비가 낮을수록 키토산염 농도(1.0ppm)가 높은 쪽에서 응집효과가 증가하는 반면, PASS 주입비(35ppm 이상)가 높은 곳에서는 키토산염의 농도가 적을수록 응집효과가 증가했다.

<그림 2>에서는 주응집제(PASS)의 농도가 높을수록 탁도제거율이 높았으나, PASS 40ppm에서는 폴리아민의 주입비를 달리했는데도 탁도제거율이 거의 변하지 않았다. 이는 폴리아민보다 키토산염의 보조응집효과가 뛰어난 것을 의미한다. 좀 더 면밀한 비교검토를 위해 동일한 원수에 고분자 보조응집제를 각각 0.7ppm씩 넣고 PASS 주입비에 따른 탁도 변화를 조사하였다. 결과는 <그림 3>과 <그림 4>에 나타내었다.

<그림 3>에서 보는 것과 같이 키토산염의 보조응집효과가 폴리아민보다 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 폴리아민의 경우 PASS 35ppm 이상에서는 오히려 거의 효과가 없다. 또한 키토산염 0.7ppm 주입의 경우 PASS 30ppm 이상에서 최대의 제거율을 나타내며 이후로는 거의 일정한 경향을 보였다.

<그림 4>는 고분자 응집제 0.7ppm에서 PASS 주입비에 따른 UV-254 변화를 나타낸 것이다. 폴리아민의 경우 PASS 45ppm 이상에서 최대의 UV-

254 제거율을 보였고, 키토산염은 PASS 40ppm에서부터 최대 감소를 나타내었다.

PASS 40ppm에서 키토산염 및 폴리아민을 0.1ppm부터 1.0ppm까지 달리 주입할 경우 변화되는 탁도를 측정하여 <그림 5>에 나타내었다. 키토산염은 0.2ppm에서, 폴리아민은 0.3ppm에서 각각 최저 탁도를 보였다. 전반적인 탁도는 키토산염이 폴리아민보다 약간 낮아 보조응집효과가 우수한 것으로 나타났다.

결론

주응집제 PASS에 대한 키토산염 및 폴리아민의 보조응집효과를 비교하기 위해 PASS와 키토산염, 폴리아민의 주입비를 변화시켜 Jar-Test를 해보았다. 상등수 탁도 및 UV-254 측정 결과를 비교하면 다음과 같다.

- ① 주응집제 PASS만의 주입비 변화에서는 35ppm에서 최대의 응집효과를 나타내기 시작하였으며, 보조응집제 키토산염 및 폴리아민을 0.7ppm에서 PASS의 주입비 변화에 따른 탁도 변화를 보면 키토산염의 경우 PASS 30ppm에서, 폴리아민은 PASS 35ppm에서부터 탁도 저하를 보였으나 전반적으로 키토산염이 폴리아민보다 0.5NTU 정도 탁도가 낮았다.
- ② UV-254의 변화에서도 키토산염의 경우 PASS 40ppm에서, 폴리아민은 PASS 45ppm에서 최저를 보였고, 전반적인 제거율이 키토산염이 더 우수한 것으로 나타났다.
- ③ PASS 40ppm에서 고분자 응집제의 농도 변화에 따른 탁도 변화를 보면 키토산염은 0.2ppm에서, 폴리아민은 0.3ppm에서 최저를 나타내었고 전반적인 응집 효율은 키토산염이 우수한 것으로 나타났다. ㉞

표 4 PASS 및 폴리아민 농도에 따른 Jar-Test 결과

폴리아민(ppm)	항목	PASS(ppm)				
		20	25	30	35	40
0(PASS만 사용)	pH	7.5	7.5	7.4	7.3	7.2
	탁도(NTU)	5.3	5.0	3.6	1.9	1.8
	UV-254(cm-1)	0.0262	0.0253	0.0232	0.0191	0.0194
	슬러지부피(ml)	0	1	7	12	15
0.1	pH	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2
	탁도(NTU)	5.5	4.2	3.4	2.8	2.5
	UV-254(cm-1)	0.0253	0.0242	0.0212	0.0230	0.0272
	슬러지부피(ml)	0	4	7	12	14
0.2	pH	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2
	탁도(NTU)	5.7	5.0	3.0	2.0	2.0
	UV-254(cm-1)	0.0279	0.0272	0.0252	0.0228	0.0225
	슬러지부피(ml)	0	3	8	13	14
0.3	pH	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2
	탁도(NTU)	5.3	4.3	2.8	2.0	1.8
	UV-254(cm-1)	0.0230	0.0275	0.0255	0.0242	0.0230
	슬러지부피(ml)	0	3	8	13	14
0.5	pH	7.4	7.4	7.3	7.2	7.1
	탁도(NTU)	5.1	4.6	3.1	2.2	2.0
	UV-254(cm-1)	0.0275	0.0211	0.0240	0.0223	0.0212
	슬러지부피(ml)	1	3	8	13	15
0.7	pH	7.3	7.3	7.3	7.2	7.1
	탁도(NTU)	5.2	3.9	2.8	2.2	1.8
	UV-254(cm-1)	0.0265	0.0250	0.0231	0.0238	0.0154
	슬러지부피(ml)	2	5	8	12	14
1.0	pH	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1
	탁도(NTU)	4.5	3.8	2.9	2.6	2.2
	UV-254(cm-1)	0.0257	0.0241	0.0224	0.0213	0.0201
	슬러지부피(ml)	2	7	8	11	13

그림 1 키토산염 및 PASS 주입비에 따른 탁도 변화

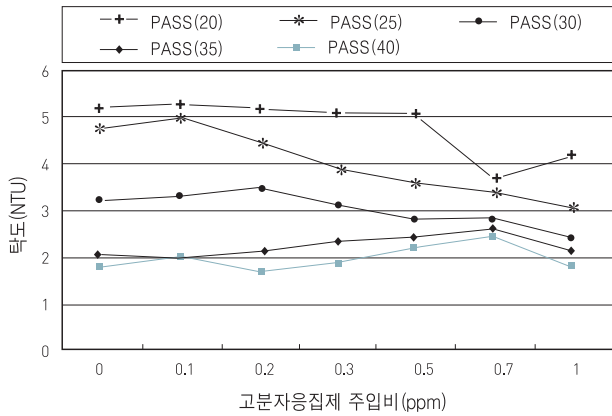


그림 2 폴리아민 및 PASS 주입비에 따른 탁도 변화

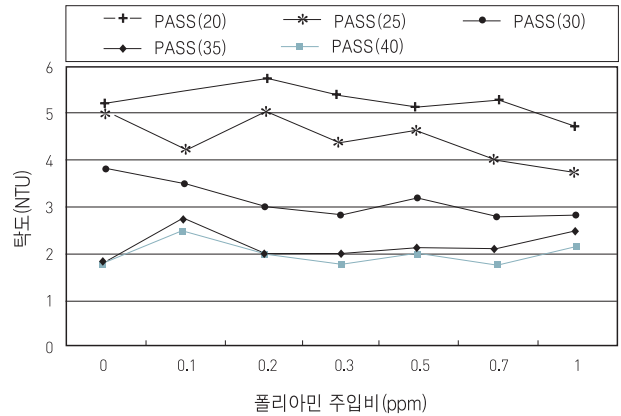


그림 3 PASS 주입비 변화에 따른 탁도 변화

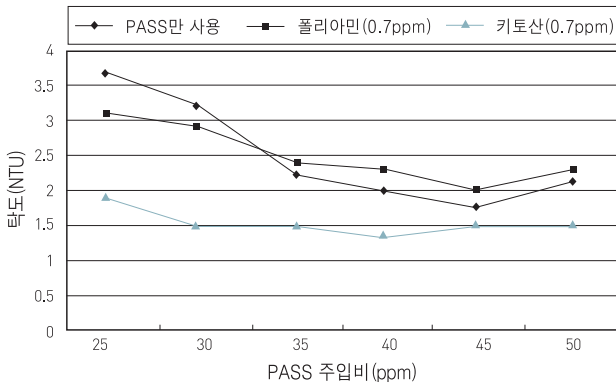


그림 4 PASS 주입비 변화에 따른 UV-254 변화

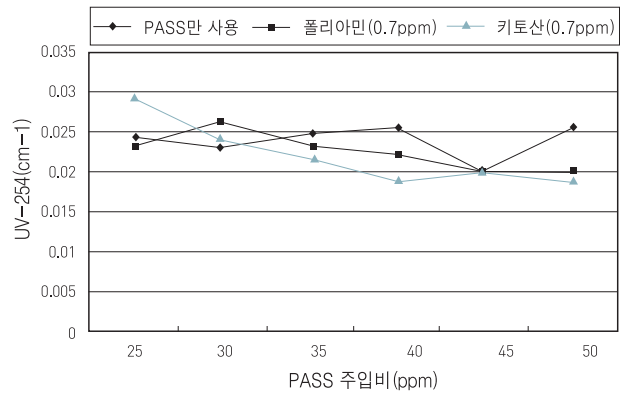


그림 5 보조응집제 주입비에 따른 탁도 변화

