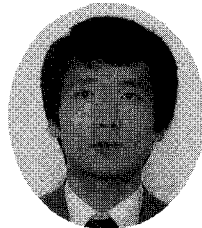


실무자를 위한 용·폐수 처리기술

〈2〉



全炳俊
((株)한수·기술부)

II. 고분자 응집제

1. 고분자 응집제의 개요

합성고분자 응집제의 역사는 1951년 미국의 MONSANTO CO에서 폴리아크릴 니토닐의 부분 가수분해물을 토양단입체로 사용한 것을 시작으로 하여, 아크릴 아마이드계의 고분자 응집제가 광산업에서 사용되기 시작하였다. 이후 현재와 같이 고분자응집제가 널리 보편화되었으며 고분자 응집제의 용도 또한 용폐수처리는 물론 공정용 등으로 확대, 응용되어 해리된 결합 전해기의 이온성에 따라 각각 양이온성, 음이온성, 비이온성의 3종류로 대별되며, 각 이온성의 강약정도에 따라 강, 중, 약이온성 polmer로 세분되게 된다.

통상 사용되고 있는 고분자응집제의 평균적인 분자량은 100-1500만 정도로써 합성기술에 따라 다소 차이가 있으며, 선상(linier type) polymer의 결합도가 길수록 처리효율이 상승하는 것이 통례이므로 linier type의 분자량이 클수록 처리효율도 상승하는 것으로 알려져 있다.

2. 고분자응집제의 특성 및 작용기구

고분자 응집제는 고분자상에 전기적 특성을 갖는 활성기와 수중의 현탁입자를 결합시켜 조대화함으로써 고속침전이 가능하도록 하는 chemical이므로 수중에서 우수한 효과(가교작용)를 발휘하기 위해서는 다음과 같은 성질을 갖고 있는 것이 필요하다.

가. 수용성일 것

수중의 현탁입자 전체에 대하여 균일하게 작용하기 위해서는 물에 균일하게 분산, 용해하는 것이 필요하다.

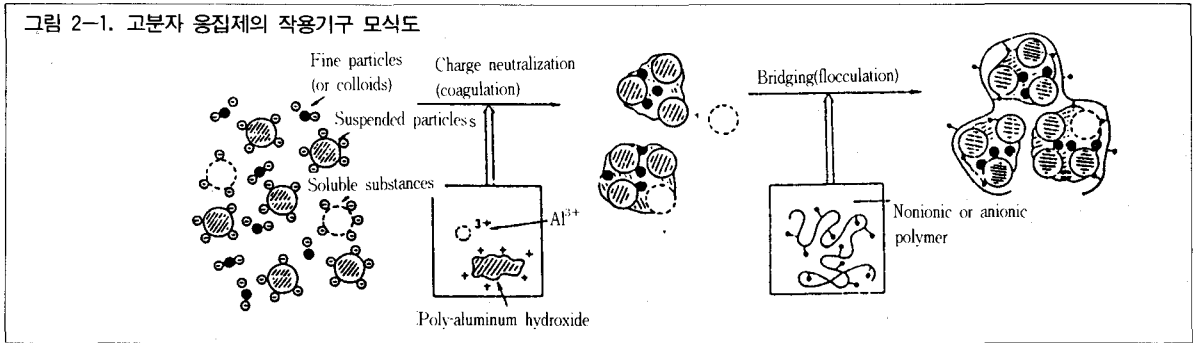
나. 흡착 활성기를 갖고 있는 것

흡착 활성기에 의해 현탁입자나 1차 floc에 부착 혹은 반응하여 입자를 집합화(agglomeration)한다.

활성기의 종류는 비이온성, 양이온성, 음이온성의 것이 있다.

다. 수중에서 크게 퍼지는 성질을 갖고 있는 것
될수록 많은 입자를 집합화하여 조대 floc을 만들기 위해서는 고분자응집제 자체가 수중에서 크

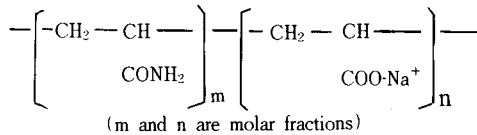
그림 2-1. 고분자 응집제의 작용기구 모식도



게 퍼지는 성질을 갖는 것이 필요하다.

이와같은 성질을 가진 유기 고분자의 종류에는 합성계나 천연계의 것이 다수 있으나 현재 폐수처리 분야에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 polyacrylamide계의 합성 고분자이다.

비이온성 및 음이온성의 polyacrylamide계 고분자응집제의 기본구조는 다음과 같다.



여기서 $100n/(m+n)$ 을 가수분해율(degree of hydrolysis)라 칭하며 음이온성의 강도의 지표로

한다. 또한 가수분해율이 0-5%의 것은 일반적으로 비이온성(nonionic), 5-15%의 것은 약 음이온성(anionic) 고분자응집제라 한다. 상기의 기존 구조의 것에 다시 다른 활성기를 공중합시킨 3원 공중합물도 시판되고 있다.

3. 고분자 응집제의 종류와 용도 및 영향인자

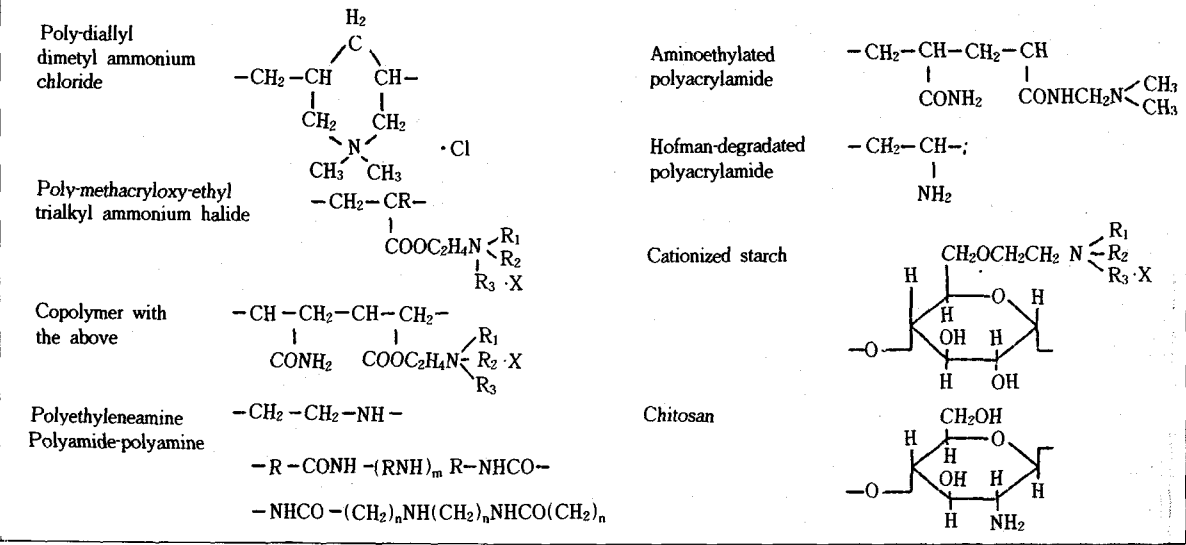
고분자응집제의 일반적인 종류와 특징을 하기 표에 나타낸다.

응집처리는 용, 폐수 중에 안정되게 분산되어 있는 미세입자나 colloid를 응집제에 의해 집합(응집)시켜 커다란 입경을 가진 floc으로 만들어 분리하는 방법으로 통상 Alum, FeCl₃ 등과 같은 무기

표 2-1. 비이온, 음이온성 고분자응집제의 일반적 성질

Types	0.1% solution viscosity (cps)	Concentration of dissolution (%)	Effective pH					Features and applicable wastewater
			2	4	6	8	10	
Nonionic	10~100	0.1~0.3	Applicable pH range					Effective at low pH Effective for wastewater from pulp, textile dyeing and tertiary treatment of night soil Coagulation-flocculation of wastewater from aluminum surface treatment, emulsion discharge, etc. Dewatering of aluminum sludge
Weakly anionic	50~200	0.05~0.2	Optimum pH range					Effective in neutral pH range Flocculation speed is high
Anionic	150~400	0.05~0.1						Effective in neutral to high pH range Treatment of wastewater containing inorganic SS (gravel, steel, metallic hydroxide) High flocculation speed and good clarification of treated water Dewatering of aluminum sludge
Anionic terpolymer	50~150	0.05~0.2						Effective in low to neutral pH range Less affected by variation of wastewater quality and stable effects are obtainable Strong floc and a small dosage

그림 2-2. 대표적인 양이온성 고분자응집제의 종류



응집제에 병용되어 사용하며 nonionic(비이온성), anionic(음이온성) polymer가 통용된다.

반면 활성오니 sludge 등과 같은 오니의 주 구성물인 미생물 flocc은 음전하로 되어 있으며 이것을 응집시키는데 양이온을 가진 고분자 응집제가 적용될 수 있으며 또한 응집 flocc의 탈수처리에는 주로 양이온성의 고분자 응집제가 적용되게 된다. 또한 원심 탈수기나 belt press형 탈수기로 처리 가능한 크기로 파괴되지 않는 flocc을 형성하기 위해서는 100만 이상의 분자량이 필요하다.

일반적으로 알려져 있는 양이온계 고분자는 하기표에 나타낸다.

이들 고분자응집제의 효과에 영향을 미치는 인자는 다음과 같은 것들이 있다.

4. 비이온성(nonion), 음이온성(anion) 고분자 응집제의 특성

전술한 바와도 같이 응집을 위하여 사용되는 고분자응집제는 특수한 경우를 제외하고는 모두 비이온성 또는 음이온성 고분자응집제로써 각각의 특징과 용도는 표 2-3과 같다.

Polyacrylamide계의 고분자응집제는, 통상 선형 분자량이 클수록 응집효과가 좋은 것으로 나타나는 것이 일반적이나, 폐수의 성상에 따라 전술한

바와 같이 고분자응집제 자체의 이온강도, 특성기 등이 다른 것이 요구될 수 있으므로 분자량의 크기와 응집효과가 비례한다고 단언하기는 어렵다.

표 2-2. 고분자응집제에 영향을 미치는 인자 및 대책

영향인자	현상	대책
무기응결제	<ul style="list-style-type: none"> 투입량 부족 또는 과잉 첨가시 응집효과 불량 투입량의 급변시 효과 급변 	<ul style="list-style-type: none"> 현탁입자량에 대응한 적정량을 첨가 (Jartest 등에 의한 적정량 선정)
pH	<ul style="list-style-type: none"> 유효 pH 범위의 운전시 응집효과 감소 	<ul style="list-style-type: none"> 응결제 및 응집제의 적정 pH 범위내에서 운전 *응집반응의 가장 지배적인 영향인자
체류시간	<ul style="list-style-type: none"> 교반 부족시는 응집효과 불량 체류시간 부족시 고액 분리효과 감소 	<ul style="list-style-type: none"> 충분한 교반 적정량 처리로써 적정 체류시간 유도
운전조건 변경	<ul style="list-style-type: none"> 운전 pH의 변화 등 운전조건 변화에 의한 효과 감소 	<ul style="list-style-type: none"> 운전조건에 적합한 처리방안 모색(응결제, 응집제의 투입량 조정 변경 등)
폐수 조건변동	<ol style="list-style-type: none"> 고염류폐수의 유입시 효과감소 폐수성상의 변화시 효과변동 특정물질의 처리목적 	<ol style="list-style-type: none"> 응결 및 응집제 투입량 증가 또는 희석처리, 처리방법의 개선 Jartest 등을 통한 적정처리 방법의 모색 응집과 상관없는 특정물질 처리가 목적일 경우는 처리방법의 변경 또는 병용
설비조건	<ul style="list-style-type: none"> 급격하거나 과잉의 교반시 flocc 파괴에 의한 효과 감소 과도한 낙차 등에 의한 형성 flocc의 파괴 	<ul style="list-style-type: none"> 안정적인 처리효과를 얻기 위한 설비 개조

표 2-3. 비이온성 및 음이온성 고분자 응집제의 특징과 용도

항 목	강 anion polymer	anion polymer	약 anion polymer	nonion polymer	anion성 (sulfon 기도입) polymer
구 조	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COONa}_m \right]_n$	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COONa}_m \right]_n$ (n:m 1.5以上 85以下)	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CONH}_2 \right]_m$ (m:n은 mol 분율) (n:m 15~5 85~95)	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CONH}_2 \right]_m$ (n:m 5~0 95~100)	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \right]_n$
수용액 점도	고점도	고점도	중점도	저점도	중점도
적정용해농도(%)	0.05-0.10	0.05-0.10	0.05-0.15	0.10-0.30	0.05-0.15
적정 pH 범위	6-12	7-12	6-9	4-7	4-8
유효 pH 범위	4-14	6-14	5-10	1.5-8.0	1.5-10
floc 강도	-	-	-	크다. (특히 저 pH에서 유효)	크다
floc 형성속도	-	빠르다	빠르다	-	-
floc 처리수의 청 등성	-	양호	양호	-	양호
적용대상 폐수	· 제조 process 용 (soda 공업, 지. 펄프, 알루미늄) · 단백질 수 (어육 회수) · 피혁 등의 특정 폐수 (고염류 폐수)	· 오수, 탁수 폐수의 처리 (사리, 건설, 토목 식탄 등) · 금속 산화물, 수산화물 계의 폐수 처리 (알루미늄 표면 처리, 아연 process) · 불산 폐수 처리 등 기타 고 pH 폐수 처리	· 중성 영역의 폐수 처리 전반	· 정수처리 · 착색폐수의 처리 (pulp. 섬유 염색 폐수의 3차 처리) · 기타 낮은 영역의 pH 폐수 처리 전반	· 착색폐수의 처리 · 중성영역 또는 약산성 영역의 폐수처리 전반 · 유기성 폐수 (위생폐수, 식품 가공폐수 등)
대표적인 KURI-FLOCK의 종류	PA-312 PA-500	PA-331 PA-322 PA-370 PA-372	PA-333 PA-371 PA-375	PN-161 PN-171	PA-328 PA-362 PA-363 PA-365

5. 고분자응집제의 사용방법과 유의점

Polyacrylamide계 고분자응집제는 분말상(혹은 입상)이나 액체상의 것들이 있다. 이러한 응집제들은 성상에 따라 성분농도가 다르며, 일반적으로 분말상의 경우는 90% 이상, 액체상은 2-10% 정도이다. 액체상의 고분자응집제는 성분농도가 낮아 수송 cost가 높고 저장 안정성이 낮은 반면 고

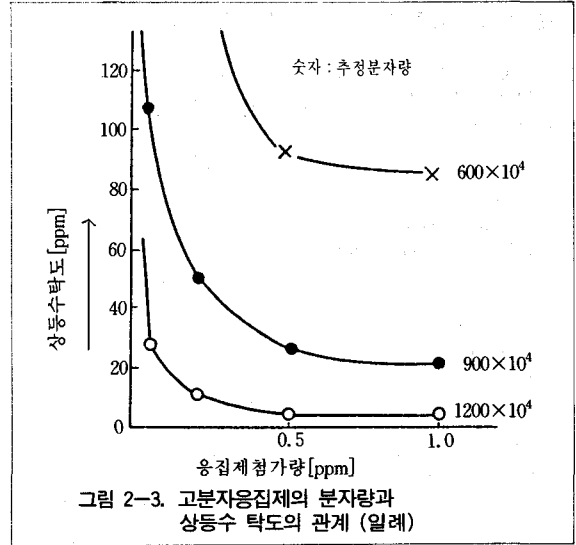


그림 2-3. 고분자응집제의 분자량과 상등수 탁도의 관계 (일례)

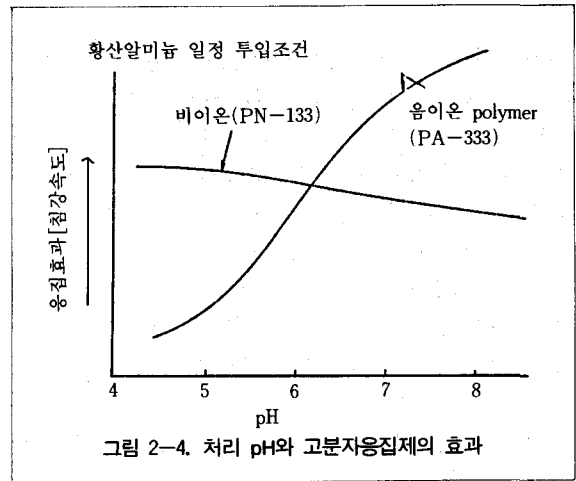


그림 2-4. 처리 pH와 고분자응집제의 효과

체 분말상의 것은 함량이 높고 저장안정성이 높다. 최근에는 액체상의 고분자응집제의 사용량이 많은 점 등 단점이 되는 것들을 보완하여 성분농도를 20-50%로 상승시킨 유화상(Emulsion type)의 고분자 응집제들이 보급되고 있다.

분말상의 polyacrylamide계 고분자응집제를 사용하는 경우는 자동주입기 혹은 간이 분산기로 일정량 보급하며 이것을 일정량의 물에 분산시켜서 용해교반을 한 후 폐수에 주입하는 방법이 채용된다.

또한 분말상의 고분자응집제를 용해하여 사용할 때 일반적인 유의사항은 다음과 같다.

가. 분산 용해시의 유의점

분말상의 고분자응집체를 용해하는 경우 단순히 수중에 투입하면 분말상의 덩어리(fish-eye)를 만들어 장기간 교반하여도 용해하지 않을 뿐만아니라 주입펌프의 폐쇄 장애를 일으키기도 한다. 따라서 일반적으로 분말과 용해수를 박막상태에 접촉 분산하기 위하여 분산기를 사용하고 있다. 자동 보급기는 통상 분산기가 장치되어 있으나 손으로 작업하는 경우에는 간이 분산기를 사용한다.

나. 용해 교반시의 유의점.

Polyacrylamide계 고분자응집체는 품종이나 입도에 따라 다른데 보통 30-90분간의 용해교반이 필요하다. 또한 장시간 강하게 교반하거나 용액을 펌프순환한다든지 하면 나아가서는 효율의 저하를 일으키기도 한다. (표준은 350rpm, 90분 교반정도이다.)

다. 용해수의 수질에 대하여

수용성 고분자 응집제는 일반적으로 용해수 수질의 영향을 받아 분자의 팽창이 억제되거나 이온기의 해리가 억제되어 활성이 저하되기도 한다.

고분자 응집제에 악영향을 미치는 물질은 주로 칼슘이나 철염 등의 금속류 및 산화제 등이며, 고분자응집제가 수중에서 효과의 저하없이 작용을 하기 위해서는 순수나 연수를 사용한다. 공업용수나 처리수 등을 용해수로 사용하는 경우에는 사전에 수질분석이나 용액물성 측정 및 효과 등을 확인해 주는 것이 필요하다.

라. 첨가순서와 응집교반

첨가순서는 무기응집제 첨가후 pH 조정을 한후 고분자응집제를 첨가하는 것을 기본으로 한다. 또한 응집교반은 고분자응집제의 확산을 위해 강교반이 필요함. 강교반은 단시간이 좋으며, 그후 완만한 약교반을 하면 floc성장을 조대화한다.

이 강교반과 약교반을 역으로 하면 floc이 성장되지 않고 오히려 파괴된다.

이러한 응집을 위하여 첨가되는 약제의 첨가순서나 적정투입량의 결정이나, pH의 조정범위, 처리수질과 응집상태, 발생되는 슬러지(Sludge) 용적의 예측 등이 응집시험에 의하여 최적의 처리방법을 결정할 수 있다.

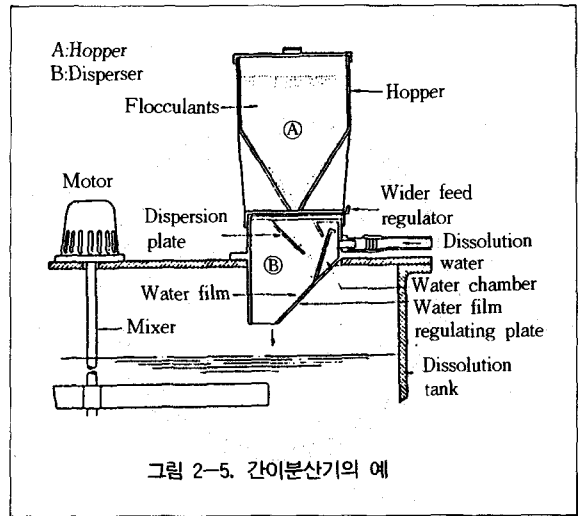


그림 2-5. 간이분산기의 예

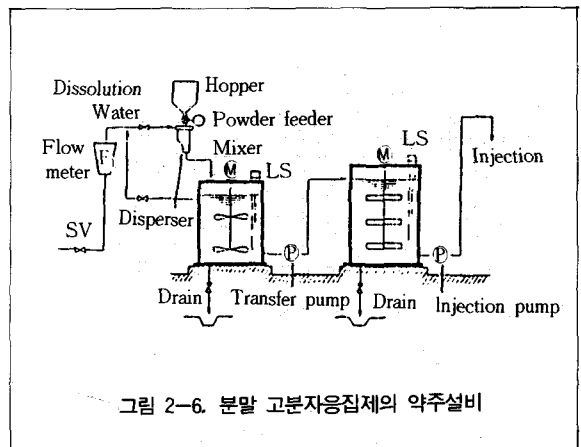


그림 2-6. 분말 고분자응집제의 약주설비

이러한 응집시험 방법으로는 Jar-Test, 가압부상시험 등이 있다.

6. 응집처리를 위한 설비고찰

용·폐수 처리에 있어 수중의 각종 현탁물질들을 응집작용을 통해 고액분리하는 기본적인 장치는 침전장치 또는 가압부상 장치이다.

침전장치는 일반적으로 보편화된 장치이며, 가압부상 장치는 현탁입자가 비교적 가벼운 유분폐수나 기타 유기물 등 용존불순물의 일부를 기포의 계면에 농축시켜 표면에 떠올려 분리하는 분리법(Floating)이다.

대표적인 설비의 구조를 하기에 나타낸다.

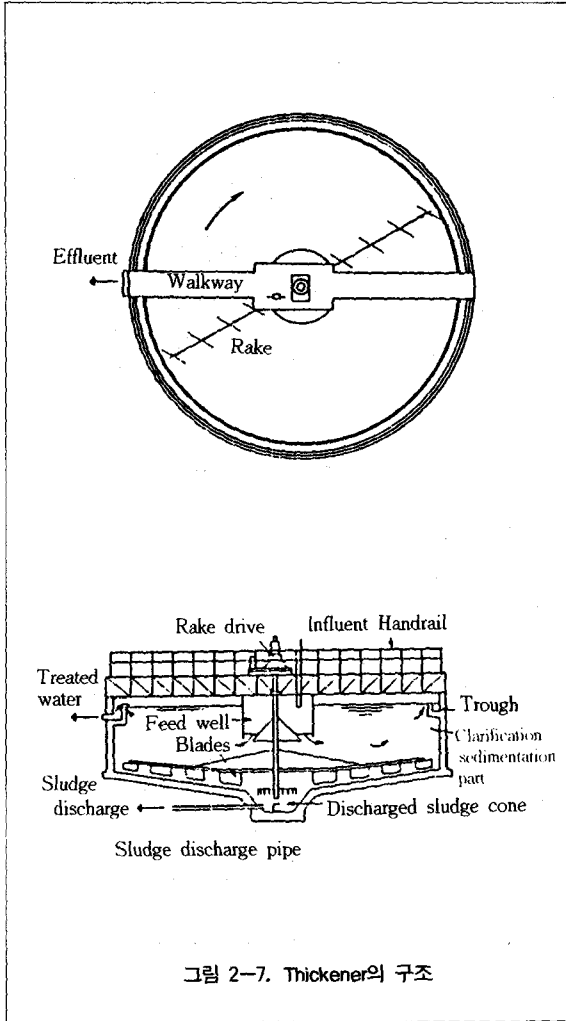


그림 2-7. Thickener의 구조

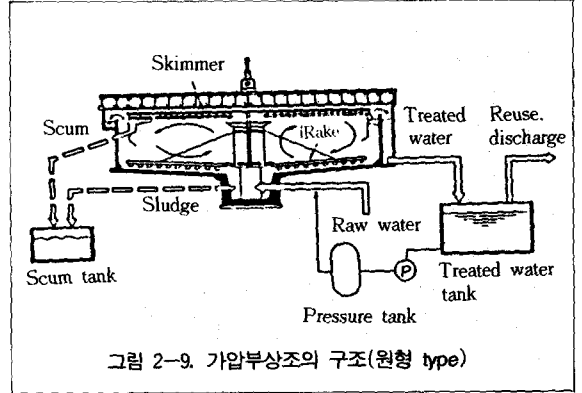


그림 2-9. 가압부상조의 구조(원형 type)

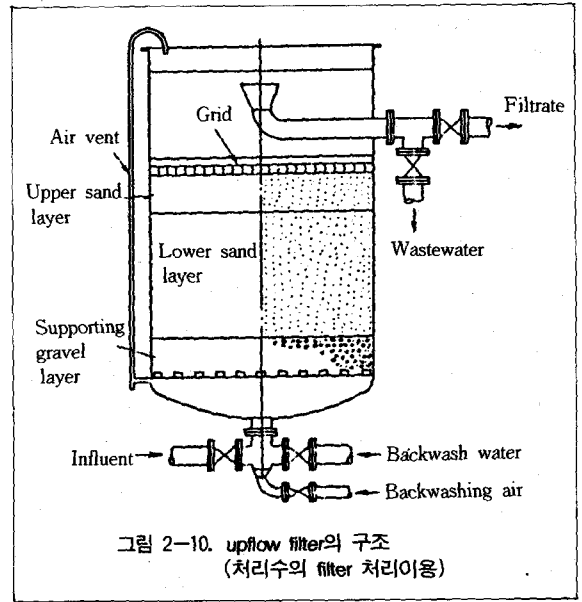


그림 2-10. upflow filter의 구조 (처리수의 filter 처리이용)

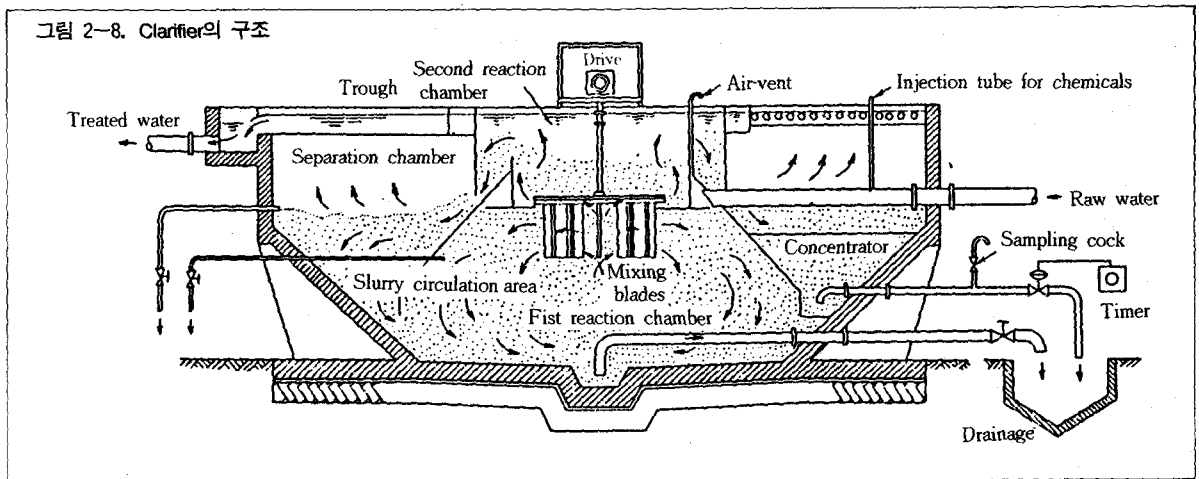
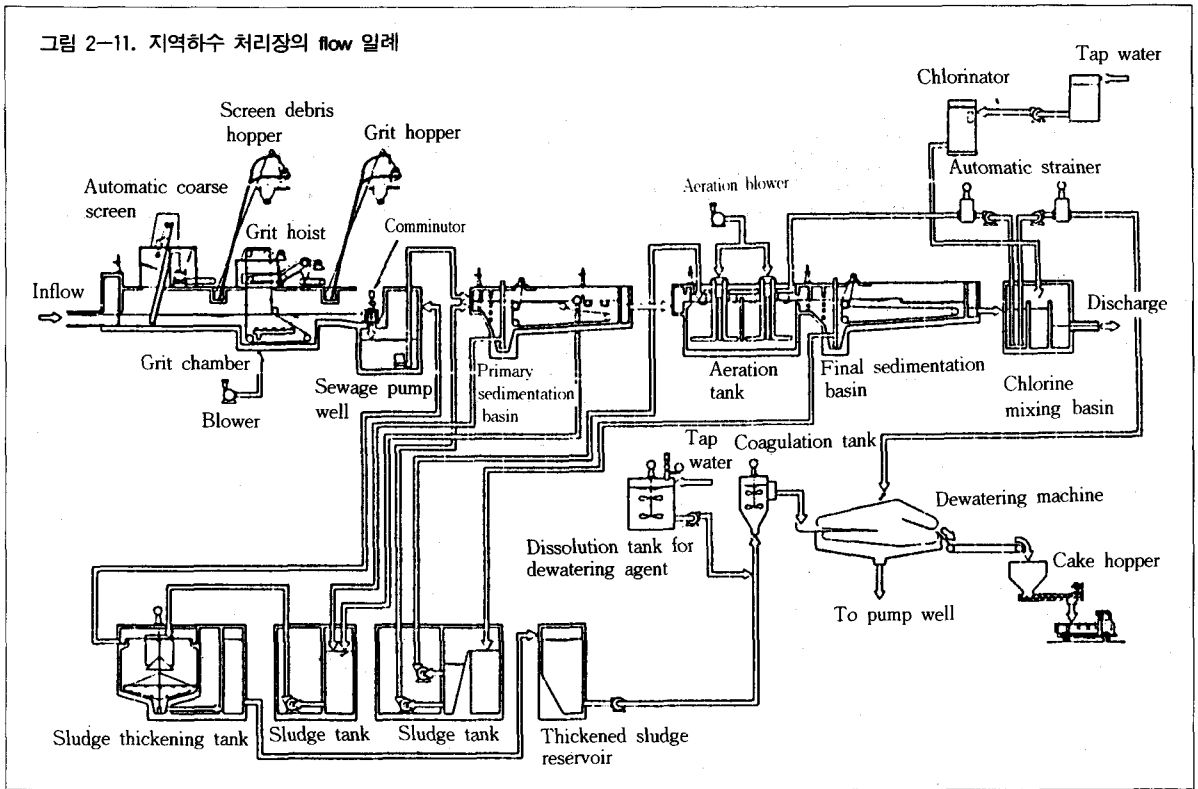


그림 2-8. Clarifier의 구조

그림 2-11. 지역하수 처리장의 flow 일례



시간안내

산업관련법 통람

환경·안전소방·건설 등 전 8권 법전발간

기업이 처해있는 사회환경은 경제적·법률적인 책임의 비중이 높아지면서 사회적 책임이 그 어느 때 보다도 강조되고 있다.

「사회 있는 곳에 법이 있다」는 법언과 같이 하나의 기업을 영위함에 있어서는 알아두어야 할 많은 관련법이 있다.

이제 자기방어적 견지에서도 법을 올바르게 이해하고 집행하는 것만이 건전경영의 기본요체라고 할 수 있을 것이다.

최근 모든 산업체와 관련기관 등에서 경영자, 실무자, 전문인을 막론하고 필요로 하고 있는 자료인 “환경·소방·건설·안전·중소기업관련법 등” 산업관련법의 모든 자료가 집대성된 법전이 절실이 요구되고 있음을 감안하여 이러한 자료를 실무에 활용하여 국가와 사회가 요구하고 있는 산업전반에 대한 합리화에 대처할 수 있다고 판단되어 이번에 “산업관련법통람”을 중앙경제사에서 발간하기에 이르렀다.

또한 본서는 관련법규 250여개를 분류 전8권으로 나누어 편집하였고 국내기업에 여러가지 내재된 애로를 해소하고 실무담당자에게 상담역이 되고 조언자로서의 반려자가 되리라고 본다.

본 통람의 구성은 ① 법조문, 시행령, 시행규칙을 「대사식」으로 배열하고 ② 법조문과 관련되는 예규, 질의해석, 판례 등을 일관성있게 정리, 수록하는 「입체적 편집」을 택하였고 ③ 법의 개정, 예규, 질의해석의 개폐 등에 따른 수정·보완 등 항상 최선의 내용을 유지하고자 「가제식」으로 하였다.

국내최초로 발간되는 “산업관련법통람”은 그 규모가 방대하여 각권 1,300~1,500여면에 이르러 일시에 발간이 어려워 4월에 제1, 2, 3권을 발행하였고 5월, 4권이 이어서 금년 9월까지 매월 순차적으로 발간, 보급할 계획이다.

중앙경제사 발행/권당/1,300~1,500여면/
전화: (대표)231-7293.