

액체폐기물 성상별 수질정화를 위한 최적의 전처리 공정

이손동, 이일환, 윤영호, 서장수

한수원(주) 원자력교육원, 울산광역시 울주군 서생면 신암리 991

lsd1021@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소에서 발생하는 방사성 폐기물은 기체, 액체, 고체등 다양한 형태로 생성되어 생활 환경에 부정적 요소로 작용하고 있다. 이에 발전 소현장에서 방사성 폐기물 발생량을 줄이기 위해 다양한 처리기술을 적용하고 있다.

액체폐기물을 효과적으로 처리하기 위하여 선택 및 제염폐수는 여과처리와 이온교환공정을, 바닥배수 및 기기배수는 여과처리와 증발농축공정으로 처리하고 있다. 특히, 바닥배수는 용존고형물의 농도가 매우 높기 때문에 적절한 전처리공정 없이 한의여과와 정밀여과를 적용할 경우 높은 여과기 차압이 발생되고 있다.

본 논문은 방사성 액체폐기물 처리의 전처리 여과과정에 유입수의 수질에 따라 활성탄 여과공정 또는 응집침전과 활성탄여과 병행 처리공정을 선택하여 수처리함으로써 공정별 압력차를 줄이고 전후단의 수두부하를 최소화하고 후처리되는 이온교환의 효율성을 높일 수 있는 방사성 액체 폐기물 처리공정을 연구하였다.

2. 방사성 액체폐기물 성상

2.1 기기배수

순수용매(pH 6.8, 탁도 0 NTU, 전도도 0.08 $\mu\text{s}/\text{cm}$)에 morpholine(COD농도조절)과 붕산으로 pH 5.5, 탁도 6 NTU, 전도도 24.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 화학적산소 요구량(COD) 10 ppm (수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서), 붕산수 8 ppm이 되도록 시료 4 L를 조제하였다.

2.2 바닥배수(상등수 기준)

clay(탁도형성), morpholine(COD농도조절), HCl(pH 조절)로 pH 5.8, 탁도 100 NTU, 전도도 1,813 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 화학적산소요구량(COD) 3,330 ppm (수온 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서)되도록 시료 4 L를 조제하였다.

3. 측정 및 방법

활성탄은 탄화와 활성화 과정에서 분자크기 정도로 흡착능력을 배가시킨 것으로 기공(pore)의 내부 면적이 활성탄 1 g당 1000 m^2 이상이 된다. 직경이 100~10000 nm의 대기공(macropore) 활성탄 흡착 정도를 흡착등온식으로 관찰할 수 있다. 활성탄 여과기는 고탁도인 경우 여과기능이 여과기 전후단 압력차와 활성탄 세공오염으로 저하될 수 있다. 따라서 액체폐기물을 효과적으로 처리하기 위하여 수질의 상태에 따라 다음과 같이 수처리하였다. 활성탄 용기는 직경 10 cm 높이가 45 cm의 원통형을 사용했다.

1단계실험, 탁도가 낮은 기기배수는 체류시간에 따른 활성탄 여과기 통과로 정화한다.

2단계실험, 탁도가 높은 바닥배수를 여과지 여과 및 증발증류한다.

3단계실험, 탁도가 높은 바닥배수를 응집침전 후 상등수는 조대활성탄여과처리한다.

이러한 절차에 따라 각 단계별 입구측 및 출구측 수질을 측정하여 처리공정 효과를 관찰하고 해당 공정의 처리효율을 계산하였다.

4. 결과 및 고찰

상기와 같은 절차에 따라 공정별 입·출구 수질변화는 처리형태에 따라 다양하게 나타났다.

4.1 저 탁도수 처리

1단계실험으로 탁도가 낮고 전도도가 낮은 기기배수를 1.5 L의 조대활성탄여과기에 체류시간 변화에 따른 활성탄 여과기의 출구수 수질변화는 [표 1]과 같다.

Table 1. 저탁도 기기배수 활성탄여과 처리수

체류시간 (분)	탁도 (NTU)	전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	COD (ppm)	pH
10	3.30	18.3	5.0	6.2
20	1.65	23.1	1.8	6.2
30	0.83	46.8	0.8	6.2
60	0.37	199.3	0.2	6.3
90	0.29	183.4	0.1	6.3

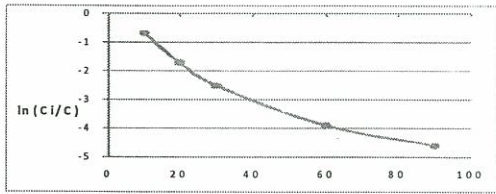


Fig. 1. 체류시간(분) 대비 농도변화

[표1]에서와 같이 저탁도의 기기배수는 활성탄 여과처리에서 체류시간에 따라 수소이온농도의 변화는 거의 없고, 전기전도도는 크게 증가함을 볼 수 있으며 탁도와 COD저감이 뚜렷하다. 전기전도도의 상승은 유기물의 흡착반응과정에서 방출되는 이온성 물질에 의한 것으로 예측된다. 화학적산소 요구량의 변화는

초기 농도(C0) = 10 ppm, 수온 20 °C, 대기압, morpholine 흡착능 52 %, 가정 : 활성탄 비중 1, 탈착률 0 %으로 하고

1차반응식 $-dC/dt = kC \ln(C_i/C) = -kt$ 을 적용하여 도식하면 [그림1]과 같이 30 분정도 체류할 경우 COD 92 % 제거효율로 최적의 상태가 될 수 있음을 알 수 있다.

4.2 고 탁도수 처리

1) 2단계실험으로 탁도가 높은 바닥배수의 물리적 성상을 측정하기 위하여 고탁수 시료 300 ml를 0.45 μm여과지로 여과, 500 ml를 증발증류하였다.

Table 2. 고탁도 바닥배수 수질

	TDS (mg/kg)	탁도 (NTU)	전도도 (μs/cm)	COD (ppm)	pH	
원시료	-	100	1,813	3,300	5.8	
0.45 μm 여과	여과수	0.325	1,189	2,011	6.7	
	여과물	8.7	-	-	-	
증발 증류	증류수	0.6	5.64	721	267	7.3
	농축수	3.3	66	1,208	2,661	8.1

[표2]에서와 같이 고탁도 바닥배수는 총 부유성 고형물(TDS)중에 휘발성 고형물은 15 %정도이고, 고정형 고형물은 85 %정도이므로 응집침전할 경우 수중 고형물 제거가 용이할 수 있음을 알 수 있다. 또한 0.45 μm 여과지 통과수의 탁도가 현저히 격감한 것은 수중에 단분자성과 이온성 물질이 적은 양으로 존재하므로 이온교환에 의한 정수처리 보다 응집침전에 의한 고분자성 물질이상의 고형물제거가 효과적임을 알 수 있다.

2) 3단계실험으로 탁도가 높은 바닥배수를 응집 침전 후 상등수는 10.8 ml/sec의 유량으로 조대 활성탄 여과처리한다.

고탁도 시료 4 L를 황산알루미늄, 가성소다와 폴리일렉트릭라이트로 응집침전 시킨다음 상등수와 침전물을 아래와 같이 분석하였다. 슬러지량은 시료 각 500 ml를 150 °C에서 증발건조하여 무게를 측정하였다.

Table 3. 응집침전 처리수

	슬러지량	탁도 (NTU)	전도도 (μs/cm)	COD (ppm)	pH	
응집전	1.35 g/500ml	100	1,813	3,300	5.8	
응집후	상등수	-	18	2,340	267	7.0
	침전물	1.48 g/500ml	-	-	-	-
상등수 활성탄여과		0.29	1,997	6	7.4	

[표3]은 응집침전반응 전 후 수질변화를 나타낸 것이다. 응집침전 전후, 응집제처리로 인하여 전기 전도도가 소폭 증가하고 침전슬러지가 (1.48-1.35)/1.35 × 100 % = 9.6 %정도 증가하였지만 응집침전 수처리공정만으로 82 % 탁도제거와 91.9 % COD 저감의 효과를 얻을 수 있다. 응집침전 상등수를 활성탄 여과기에 10.8 ml/sec의 빠른 유속에서도 거의 100 %에 가까운 흡착효과를 얻을 수 있다.

5. 결론

본 시험에서는 방사선 관리구역내의 액체폐기물 전처리 여과공정에 유입수의 상태에 따라 활성탄 여과공정 또는 응집침전과 활성탄 여과공정 병행 처리공정을 선택하여 수처리함으로서 공정별 수두부하를 최소화하고 후처리되는 이온교환의 효율성을 높일 수 있는 방사성 액체폐기물 처리공정 순서를 연구하였다.

저탁도 기기배수는 흡착반응 체류시간을 30 분 정도의 활성탄여과기처리로 COD 90 %이상 제거효과를 얻을 수 있다.

고탁도 바닥배수는 응집침전반응으로 생성되는 슬러지량은 약 9 %정도 증가하지만 총 TDS중에 15 %휘발성 고형물 85 % 고정형 고형물이고 단분자성과 이온성 물질이 적으므로 응집침전이 효과적이다. 따라서 응집침전반응 후 활성탄여과처리 공정이 타당하다.

6. 참고문헌

[1] 2nd Ed, Werner Stumm & James J. Morgan, "Aquatic Chemistry", p620-661(1981).
 [2] Kim, S. K. and Lee, S. H., "The Reduction of COD from Papermaking Wastewater by Fenton Oxidation," 562-565 (1997).