

Acrylamide계 polymer를 이용한 방사성폐액의 응집 제거 실험

김현기, 강덕원, 김승일, 성진현, 허준
 한국정수공업(주), 경기도 시흥시 정왕동 1281-2
hkim@haji.co.kr

1. 서론

총 21기가 가동되고 있는 국내 원전은 가동년수의 경과와 함께 계통 제작의 건전성 확보 및 원전 작업자의 선량 저감화를 위해 화학제염 및 세정의 필요성은 날로 증대되고 있다. 본 논문은 주요기기 및 세관의 제염시 발생한 방사성 폐액 중에 함유되어 있는 방사성 핵종을 제거하기 위해 polymer를 이용한 응집 처리한 실험 내용으로 폐액 중에 함유되어 있는 Co-60, Nb-95 및 Ag-110^m의 핵종을 대상으로 제거 능력 및 응집 효과에 대한 평가를 수행하였다. 방사성 폐액의 발생은 주로 원자력발전소, 병원, 학교, 원자력 연구 시설, 연구용 원자로 등 동위원소를 사용하는 시설에서 발생하며 본 실험은 표면방사능 농도가 5×10^{-6} Ci/m² 이하의 극 저준위 방사성 폐액을 대상으로 실험하였다. 실험에 사용된 Polymer는 Acrylamide 계열의 Co-polymer로써 Emulsion 타입과 Aqueous Solution 타입으로 온도조건은 0~100℃으로 넓은 범위에서 사용이 가능하기 때문에 응집범위가 매우 넓으며, Aqueous Solution 타입의 경우도 pH 범위가 1~14로 매우 넓어 다른 종류의 polymer 보다 flocc의 생성이 용이하다. 본 실험은 상기 두 종류의 Polymer를 혼합, 사용하여 응집한 후 여과실험을 실시한 다음 폐액 중에 함유된 감마핵종의 제거 효율을 평가하였다.

2. 본론

2.1 실험방법 및 실험

Aqueous solution 타입과 Emulsion 타입의 Polymer를 혼용하여 사용하였으며, 응집효율을 높이고 촉진시키기 위해 응집핵 역할을 하는 소량의 철염을 투입한 다음 생성된 flocc을 제거하기 위하여 50um(rough filter), 5, 1, 0.2um size의 필터로 단계적으로 여과하였다. 본 실험에 사용된 Polymer는 미국 RWI(社)에서 폐액 중에 함유되어 있는 방사성 물질을 제거하기 위해 개발한 제품으로 응집 성능이 매우 좋은 것으로 알려져 있다. Table 1과 Table 2는 미국 RWI(社)의

Polymer를 이용하여 실험한 결과 값이다.

Table 1. The 1st. result of Gamma spectrum analysis (Bq/cc).

Nuclides	Original	Polymer injection	DF
Co-60	2.48E+00	1.98E-02	125.3
Mn-54	7.88E-01	6.88E-03	114.5
Cr-51	7.66E-01	MDA	-

Table 2. The 2nd result of Gamma spectrum analysis (Bq/cc).

Nuclides	Original	Polymer injection	DF
Co-60	2.27E+00	1.74E-02	130.1
Mn-54	7.70E-01	1.35E-02	57
Cr-51	2.83E-01	MDA	-
Nb-95	3.51E-01	MDA	-

감마핵종으로 오염된 1,000mL의 폐액을 약 pH 3.5~9로 조절 후 응집제와 응집핵 투입량을 200ppm, 500ppm, 1000ppm으로 변화시키면서 응집을 실시하였고, 실험에 사용한 시료는 금속배관의 화학제염시 발생한 EDTA 폐액을 응집, 침전시킨 후 분리된 상등수이다. 또한 본 실험에 사용된 polymer는 유기 co-polymer이므로 정화수의 환경 방출을 위해 투입량에 따른 COD를 분석하여 수질에 미치는 영향도 함께 평가하였다.

2.2 실험결과

Table 3. The result of Gamma analysis according to pH (Bq/cc).

Nuclide	Original	pH value		
		3.5	6.5	9.0
Co-60	2.12E+00	8.03E-02	2.11E-02	2.41E-01
DF		26.4	100.47	87.9

*polymer 투입량 : 200ppm, 초기pH : 9.0~10.5

Table 3의 결과에서 보여준 것과 같이 pH 6.5에서 DF값은 100.47로 핵종 제거효율은 산성조건 및 알카리 조건에 비해 중성환경에서 제거효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 본 실험에서 사용한

Polymer의 pH 응집조건은 1~14로 매우 넓으나, 응집 보조 역할을 하는 Emulsion타입 polymer의 경우는 응집범위가 6~13이기 때문에 산성조건에서는 응집효율이 좋지 않은 것으로 나타났다. Table 3에서 보여준 것처럼 산성조건에서는 중성이나 알칼리성 조건에 비해 DF값이 낮게 나타났다.

Table 4. The 1st result of Gamma analysis with Coagulant Dose (Bq/cc).

Nuclide	Original	Polymer injection		
		200ppm	500ppm	1,000ppm
Co-60	2.12E+00	2.11E-02	7.98E-03	7.73E-03
DF		100.47	265.6	274.2

Table 4는 polymer 투입량에 따른 DF값의 변화 결과를 보여주고 있다. 200ppm 투입시 DF값은 100.47, 500ppm 투입시에는 DF값이 265.6으로 나타났으며, 1,000ppm을 투입시에도 274ppm으로 유사한 값을 보여주고 있다. 따라서 Polymer 투입량은 약 500ppm 정도가 적정 투입량을 알 수 있었다.

Table 5. The 2nd result of Gamma analysis with Coagulant Dose (Bq/cc).

Nuclide	Original	Polymer injection		
		200ppm	500ppm	1,000ppm
Co-60	2.78E-02	2.28E-02	6.10E-03	5.65E-03
DF		1.22	4.56	4.92

Table 5는 거의 MDA 수준의 극미량의 방사능을 띤 Co-60을 대상으로 한 방사능 제거 실험으로 실험결과에서 보여주는 것 처럼 10⁻²Bq/cc 정도의 핵종에 대해서는 제거 효율이 그다지 높지 않은 것으로 나타났다.

Table 6. The result of Gamma analysis with Coagulant salt (Bq/cc).

Nuclide	Original	Fe-salt injection		
		200ppm	500ppm	1,000ppm
Co-60	2.78E-02	2.28E-02	2.19E-02	2.41E-02
DF		1.22	1.26	1.15

*polymer 투입량 : 200ppm

Table 6은 응집효율을 극대화 할 수 있는 응집액 투입량에 따른 DF값으로써, 응집액의 투입량은 DF값과 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 7. Chemical oxygen demand impact of polymer injection..

	polymer only	polymer + Fe-salt	PAC
	1,000ppm	1,000ppm	1,000ppm
CODmn(ppm)	2.25	2.48	0.11

본 실험에 사용한 polymer는 위에서 언급했듯이 유기 co-polymer로서, 용액 중에 잔존되어 있을 경우는 약간의 COD 증가를 유발할 수 있는 것으로 나타났다. Table 7은 Polymer 사용에 따른 COD에 미치는 영향을 평가한 결과값으로, 다소 과량(1,000ppm)의 polymer 투입 후 여과한다음 살펴본 결과, CODmn는 무기응집제에 비해 약간은 높게 나타났지만 약 2.25~2.48ppm의 범위로 수질에는 별다른 영향을 미치지 않았음을 알 수 있었다.

3. 결론

Polymer를 이용한 가장 좋은 감마핵종의 응집 제거는 pH 6.5, polymer 500ppm, 응집액 200ppm을 주입했을 때가 가장 좋은 것으로 나타났다. 2.12E+00Bq/cc 방사성 시료의 경우 DF값이 265.6으로 제거효율이 매우 좋은 것으로 나타났다. 하지만 Table 5와 같이 MDA에 가까운 극미량 방사성 시료에 대해서는 응집의 한계성으로 제거효율이 그다지 높지 않은 것으로 평가되었다. 또한 Polymer 사용에 따른 COD 상승효과를 평가한 결과, COD값은 약 2.25~2.48ppm 범위로 수질에 미치는 영향이 거의 없음을 확인할 수 있었다. 이러한 연구결과는, 원전 비상환경 발생 및 다량의 방사성 폐액 발생으로 폐기물 처리계통에 과부하가 걸릴 경우 응집, 여과만으로 방사성 핵종의 제거 처리가 가능하기 때문에 매우 유용한 방사성 폐액 처리시의 대체 처리기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] Flocculants for all Applications involving Solid/Liquid Separation p.3~p.16
- [2] Laboratory tests with flocculants p.3~p.24
- [3] RCP 및 SG 제염공정 개발을 위한 타당성 조사연구 - 강덕원 외 3