

2002 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

방사성폐수 오염 피복의 무세제 세탁을 위한 기초 연구

A Basic Study on Washability of Fabrics Contaminated
by Radioactive Liquid Waste
for Development of Detergent Free Laundry System

임성팔, 손종식, 안병길, 이호진, 윤정현, 정홍석, 김길정

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

김희정, 이원실, 안준홍

경원엔터프라이즈(주)

충북 음성군 삼성면 대정리 151

요 약

한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설에서 처리하여야 할 방사성 오염 세탁물을 합성세제의 사용없이 세탁함으로써 기존 합성세제를 사용할 때 발생하는 세탁폐수의 처리 문제를 궁극적으로 해결할 수 있는 “무세제 세탁” 방법을 개발하기 위한 기초 연구를 수행하였다. 첫 단계로 모의 방사성폐수에 오염된 섬유를 대상으로 시판중인 각종 일반 합성세제 및 특수 합성세제의 모의 방사성핵종에 대한 제거 효과를 관찰하였으며 여기서 얻은 결과를 바탕으로 무세제 세탁의 가능성을 타진하였다.

Abstract

This paper describes results of experiment to develop the detergent free laundry system to solve problems of radioactive laundry waste treatment caused by the use of detergent. Decontamination effects of various detergents and the water from laundry free system were estimated on fabrics contaminated by simulated radioactive liquid waste.

1. 연구 배경

한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설(RWTF, Radioactive Waste Treatment Facility)은 연구소내 각종 시설에서 발생하는 각종 방사성폐수, 폐수지, 잡고체 등을 종합적으로 처리하고 있으며, 아울러 방사성물질과 기름때에 오염된 작업복, 장갑, 양말 등을 세탁 처리하고 있다. 설계 당시에는 발생된 세탁폐수를 여과, 침전시켜 고형분을 제거하고 방사능 농도를 측정 한 후, 방사능 농도가 높을 경우는 증발농축하여 농축물은 아스팔트 고화하고 증발농축액은 회석조에 보내었다가 부근 하천으로 방류하며 방사능 농도가 낮을 경우는 별 다른 처리없이 그대로 회석조에 보내었다가 부근 하천으로 방류하는 개념이었다. 그런데 방사성폐기물처리시설에서 발생한 폐수는 방사능 농도에 관계없이 일절 연구소 밖으로 방류하지 않겠다는 연구소의 방침에 따라 회석조의 설치가 취소되고 대신 자연증발조를 설치하여 운영하게 되었다. 이에 따라 세탁폐수의 처리가 큰 영향을 받게 되었다. 대부분의 세탁폐수는 방사능 준위가 낮은 대신 많은 양이 발생하는데, 세탁폐수 중의 합성세제 때문에 자연증발조에 설치된 증발막 사이에서 거품이 발생하여 증발효율과 제염효율이 저하되고 자연증발조에 걸리는 부하가 증가하게 된다. 방사능 농도가 높은 세탁폐수의 처리는 회석조의 설치 유무와 상관없이 세탁폐수내 합성세제 때문에 처리가 처음부터 쉽지 않았다. 방사능 농도가 높은 세탁폐수는 우선 증발기로 농축하여 부피를 가급적 줄인 다음 농축물을 아스팔트 고형화시켜 안정화하도록 설계되었으나 증발기에 의한 농축 과정에서 거품 발생 가능성 때문에 고도의 운전기술이 필요하며, 거품 발생시 비말동반과 함께 제염효과가 크게 떨어지는 문제가 자주 발생한다. 따라서 현재 방사성폐기물처리시설에서는 가능한 세탁량을 줄임으로써 세탁폐수의 발생량을 감소시키는데 큰 노력을 기울이고 있으며 합성세제가 많이 포함된 초기 세탁폐수는 별도 분리하여 증발농축 과정을 없이 바로 아스팔트 고화 처리하고 세탁시 행균 과정에서 발생하는 폐액만 자연증발 처리하고 있다. 그러나 연구소 발전과 함께 방사선 작업 시간이 늘어남에 따라 세탁물의 양을 줄이는 데 한계가 있으며 세탁 요구량이 점차 증가하는 추세로 앞으로 세탁과 관련한 대책이 시급한 실정이다.[1,2]

그런데 지금까지 각종 원자력 시설에서 발생하는 세탁폐수의 처리에 대하여는 많은 관심과 연구가 진행되어 왔으나, 세탁 그 자체에 대한 연구는 미미한 실정으로 우리나라에서는 최근에 초임계 이산화탄소를 이용한 세탁 연구가 유일하게 진행되고 있다.[3]

본 연구는 한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설(RWTF, Radioactive Waste Treatment Facility)에서 처리하여야 할 방사능 오염 세탁물을 합성세제의 사용없이 세탁함으로써 기존 합성세제를 사용할 때 발생하는 세탁폐수의 처리 문제를 궁극적으로 해결할 수 있는 “무세제 세탁” 방법을 개발하기 위한 첫 단계로, 방사성 폐수에 오염된 섬유를

대상으로 각종 시판중인 일반 합성세제 및 특수 합성세제의 방사성핵종에 대한 제거 효과를 관찰하고 여기서 얻은 결과를 바탕으로 무세제 세탁의 가능성을 타진하고자 한다.

2. 실험

2.1 재료 및 물질

- 섬유

한국원자력연구소내 각종 원자력 시설에서 사용하는 가운, 작업복 등은 폴리에스테르 : 면이 65 : 35 로 혼합된 섬유를 사용하고 있으나, 폴리에스테르와 면의 혼합 섬유는 한국 산업규격에 명시된 표준 섬유가 없어 우선 한국섬유규격 KS 0905 “염색 견뢰도 시험용 첨부 백포”에 명시된 순 면과 순 에스테르 표준 섬유포를 사용하였다.[4] 각 섬유포의 자세한 사양은 다음 표 1과 같다.

표 1. 섬유포 사양

섬유의종류	사용 원사			밀도(올/5cm)		무게 g/m ²	조직	비고
	종류	본수 또는 데니어		경사	위사			
		경사	위사					
면	면 사	30S (20tex)	36S (16tex)	141	135	100±5	평직	모슬린
폴리에스테르	폴리에스테르 필라멘트사	75D (8.3tex)	75D (8.3tex)	210	191	70±5		

- 모의 방사성폐수

한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설에 저장된 방사성폐수를 분석한 결과, 폐수내 주 핵종은 Co-60와 Cs-137 였다.[1] 본 연구에서는 두 핵종의 세탁시 제거 특성을 비방사성 물질을 사용하여 관찰하였다. 특급 시약급의 CoCl₂ · 6H₂O와 CsCl를 사용하여 코발트 이온과 세슘 이온의 농도가 각각 1 mg/cm³ 가 되는 모의 방사성용액을 제조하였다.

- 오염포

표 1의 면과 폴리에스테르 섬유포를 각각 가로 7 cm × 세로 15 cm 의 일정한 크기로 절단한 후, 각 섬유포에 모의 방사성폐수 일정량으로 균일하게 오염시켜 3일 이상 지난 후 오염포로 사용하였다.

- 합성세제

시중에서 판매되고 있는 1종 합성세제 3종류(A, B, C), 3종 합성세제 1종류(D), 물비누 1종류(E)와 원자력발전소에서 사용되는 특수 합성세제 1종류(F)를 사용하였다. 사용량은 제품에 명시된 기준을 따랐다.

- 세탁수

한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설에 공급되는 일반 상수를 여과기로 한번 여과한 후 세탁수로 사용하였다. 그 성질은 다음 표 2와 같다.

표 2 상수의 성질

	측정값
pH	7.6
경도 mg/L Ca	22
Conductivity μS/cm	138

또한 자체 개발한 전해 장치에서 생성된 전해수를 사용하여 세탁실험을 하였다. 특수 전극과 고분자 격막으로 구성된 전해장치는 전압에 따라 산성을 띠는 낮은 pH의 전해수와 알칼리성을 띠는 높은 pH의 전해수, 두 종류를 생성하는데 이 중 낮은 pH의 전해수를 실험에 사용하였다.

- 기타

시판 합성세제와의 비교를 위하여 시약 1급의 Sodium Dodecyl Benzene Sulfate(SDBS), 4-Na Etylene Diamine Tetra Acetate(4-Na EDTA), 2-Na Citrate 등을 사용하였다.

2.2 실험 장치

오염포에서의 코발트 및 세슘 제거특성을 관찰하기 위하여, 한국산업규격 KS M 2709-1996 “합성 세제 시험 방법”에 명시된 교반식 세척력 시험기 (Terg-O-Tometer)를 기준으로 동일한 크기의 회전 축, 회전 날개, 시료 용기를 제작 또는 구매하여 실험에 사용하였다.[5]

2.3 세탁실험 방법

시료 용기에 세탁수 1 L를 정확히 넣고, 교반기를 일정 속도로 회전시켰다. 만약 합성세제를 사용할 경우, 일정량의 합성세제를 세탁수중에 첨가한 후 1분 정도 교반하여 완전히 용해, 분산되도록 하였다. 다음 여기에 오염포 1 장(면) 또는 2 장(폴리에스테르)를 넣어 일정 시간(10분) 경과한 후 세탁수 용액 일정 부피를 취하여 세슘 및 코발트의 농도를 분석하여 세탁(제염) 효과를 평가하였다. 각 핵종의 오염포로부터의 제거율은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{제거분율} = \frac{C}{C_0}$$

여기서 C_0 는 오염포종의 핵종이 세탁수중에 완전히 용해되었을 경우의 세탁수중 핵종의 농도이며, C 는 실제 세탁에 의하여 세탁수중에 용해된 핵종의 농도이다.

행균 조작은 세탁 후 오염포를 꺼내 손으로 물기를 제거한 후 시료 용기에 넣어 깨끗한 상수를 채우고 같은 회전 속도로 같은 시간 교반시킨 다음 시료 용액을 취하여 세슘 및 코발트의 농도를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 교반 속도의 영향

합성세제없이 일반 상수를 세탁수로 사용하여 면 및 폴리에스테르 오염포에서의 교반 속도와 시간에 따른 코발트의 제거 특성을 각각 관찰한 결과는 그림 1과 같다. 면 오염포의 경우, 교반 속도 100~300 rpm의 범위에서 교반속도에 관계없이 교반 시작 3분 정도까지 코발트의 제거분율이 시간에 비례하여 선형적으로 증가하다 이후 점차 제거분율의 증가속도가 느려지며 10분 정도부터는 평형에 이르러 이 후 매우 느리게 제거분율이 증가하였다. 교반 후 10분에서의 코발트 제거분율은 교반속도에 무관하게 약 0.9 정도였다. 폴리에스테르의 경우, 시간에 따른 코발트의 제거분율은 3분이면 약 0.95에 이르며 그 이후 변화량은 그렇게 크지 않았다. 교반 속도는 100~200 rpm의 범위에서 코발트의 제거에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 관찰되었으며, 10분 정도면 평형에 이르는 것으로 판단하여 이 후 세탁실험은 150 rpm의 속도로 10분간 교반하는 일정한 조건에서 세탁실험을 실시하였다.

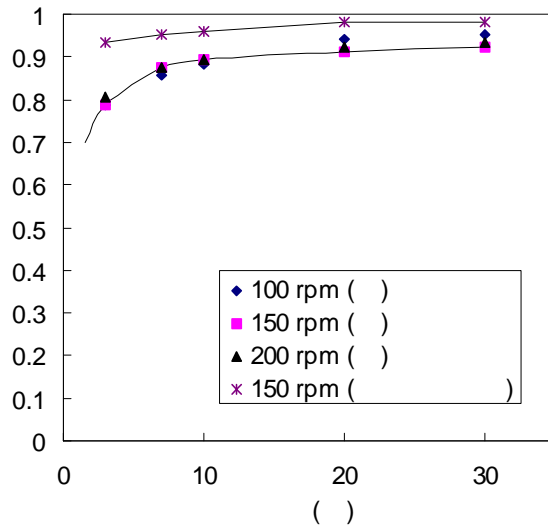


그림 1 각 교반속도에서 시간에 따른 코발트 제거분율

세슘은 면과 폴리에스테르 오염포 모두 교반 속도 100~200 rpm의 범위에서 세탁 10 분 후의 제거분율이 0.95~0.98에 이르는 것으로 나타났다. 그러나 오염포에 오염시킨 세슘농도가 측정기기의 측정한계보다 조금 밖에 높지 않아, 제거분율을 정확하게 측정하여 비교하는데 데 문제가 있어 정량적으로 관찰하기 어려웠다.

따라서 주로 코발트에 대한 제거 실험에 대한 결과를 소개하고 이에 대하여 고찰하기로 한다.

3.2 시판 합성세제

시중에서 판매되고 있는 1종 합성세제 3종류(A, B, C), 3종 합성세제 1종류(D), 물비누 1종류(E)와 원자력발전소에서 사용되는 특수 합성세제 1종류(F)를 선택하여 세탁실험을 하였다. 1종 합성세제는 주성분이 음이온계면활성제이며, 3종 합성세제는 비이온 계면활성제이다. 물비누의 주성분은 비누성분, 음이온 및 비이온계면활성제로 표시되어 있고, 원자력발전소에서 사용되는 특수 합성세제는 비이온계면활성제가 주성분인 것으로 알려져 있다. 각 합성세제에는 계면활성제 외에도 다양한 성분의 보조제가 들어가 있다. 합성세제 F를 제외하고는 제품에 명시된 권장 사용량을 기준으로 실험하였다. 대부분 상수 1L에 세제 1g 정도를 권장하고 있다. 합성세제 F의 권장 사용량은 명확하지 않고 보통 10 배 희석하여 사용한다는 정보를 입수하였으나, 임의로 100 배 희석하여 사용하였다. 실험 결과는 그림 2와 같다. 면에 있어서 1종 합성세제인 제품 A, B, C와 물비누 E를 사용하였을 경우, 세종류 모두 코발트의 제거분율이 상수로 세탁하였을 때 보다도 현저하게 낮음을 알 수 있다. 3종 합성세제인 D는 상수로 세탁하였을 때와 거의 비슷한 값을 나타내

었다. 특수 세제인 F는 상수로 세탁할 때보다 훨씬 높은 0.99의 제거분율을 보였다.

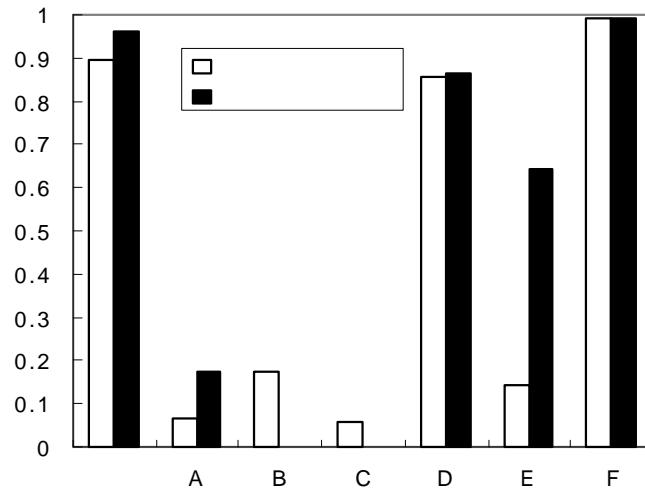


그림 2 시판 합성세제의 코발트 제거분율

폴리에스테르 섬유에 대하여는 1종 합성세제 A, B, C 중 A만을 선택하여 실험하였는데, 합성세제 종류에 따른 코발트의 제거 경향은 제거분율이 면보다 조금 높다는 점 외에는 거의 유사하였다. 위 결과에 따르면, 코발트 이온으로 오염된 면과 폴리에스테르 섬유는 시판중인 1종 합성세제에 의하여는 거의 세탁이 되지 않는다는 사실을 알 수 있다. 또한 3종 합성세제는 어느 정도의 효과는 있지만 이 효과가 상수에 의한 것인지, 합성세제에 의한 것인지 의문의 여지가 있다. 특수 세제인 F는 면에 있어 상수로만 세탁할 때보다 코발트 이온의 제거 효과가 확실히 있는 것으로 나타났으며, 폴리에스테르 섬유에 대하여도 비록 확실하게 평가하기는 어렵지만 상수로 세탁할 때보다 효과가 있다고 믿어진다.

다음 그림 3에 코발트에 오염된 면을 상수로만 세탁하고, 헹구었을 경우와 합성세제 A, B, C, D를 사용하여 같은 조작을 하였을 때를 비교하였다. 상수로만 세탁하였을 경우와 세제 D의 경우는 세탁시의 이상적인 제거분율 변화를 보여주나 합성세제 A, B, C는 세탁과정보다 헹굼과정에서 도리어 코발트가 많이 제거되는 이상 현상을 나타내고 있다.

시판 1종 합성세제의 코발트 제거 효과가 나쁘게 나타난 이유는 세제내 보조 성분에 의한 세탁수의 pH 증가에 따른 것으로 보인다. A, B, C 제품을 사용한 세탁수의 pH는 10.5 정도로 코발트 2가 이온이 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 로 침전될 수 있는 가능성이 아주 높다. $\text{Co}(\text{OH})_2$ 의 용해도는 매우 낮고 섬유 조직사이에서 침전이 일어날 것이므로 생성된 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 가 수용액(세탁수) 중으로 용해되어 나오기는 무척 어려울 것으로 예상된다. 또한 일단 섬유 조직사이에서 침전된 코발트는 헹굼과정에서도 수용액(헹굼수)중으로 용이하게 용해되어 섬유로부터 제거되지 못하는 것으로 판단된다. 제품 D가 용해된 세탁수의 pH는 7.6 정도

로 사용한 상수의 pH와 큰 차이가 없으며, 코발트의 제거 효과도 상수로만 세척하였을 경우와 비슷하다. 제품 E의 경우, 세척수의 pH는 9.5 정도로 1종 합성세제보다는 다소 낮았으나 코발트 제거 효과는 1종 합성세제와 비슷한 결과를 나타내었다. 다만, 제품 E의 경우 세척수가 탁하고, 분석을 위한 여과가 용이하지 않아 세척수중 코발트의 정확한 분석에 애로가 있었으며 이에 따른 오차의 가능성을 배제할 수 없었다.

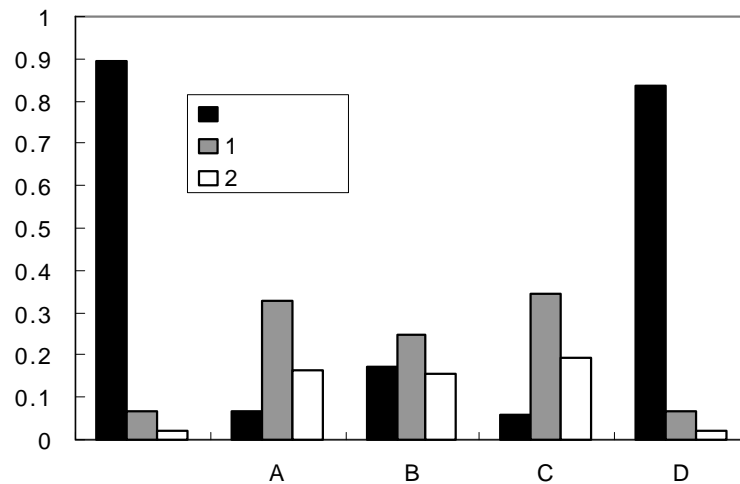


그림 3 세척 및 헹굼시 먼 오염포에 대한 코발트 제거분율

지금까지의 실험결과에 따르면, 과연 합성세제의 주성분인 계면활성제가 코발트의 제거에 효과가 있는 지 강한 의심이 생긴다. 음이온계면활성제가 주성분인 1종 합성세제와 비이온계면활성제가 주성분인 3종 합성세제 모두, 상수로만 세척하였을 때보다 낮거나 비슷한 코발트 제거분율을 나타내었기 때문이다.

제품 F의 주성분은 비이온 계면활성제이며, 여기에 다량의 EDTA가 첨가된 것으로 알려져 있다. EDTA는 금속 이온과 물에 용해되기 쉬운 착물을 쉽게 형성하므로 제품 F 중의 어느 성분이 코발트 제거에 더 큰 효과를 주었는지 판단하기는 어려우나, 같은 비이온계 계면활성제가 주성분인 제품 D의 코발트 제거 효과가 상수와 다를 바 없는 점을 고려하면 세제중의 EDTA의 영향이 더 크지 않을 까 추정된다.

세습의 경우, 면과 폴리에스테르 섬유 모두 정량적으로 정확히 확인할 수는 없었지만, 코발트와는 달리 제거분율이 합성세제의 종류에 관계없이 0.95~0.98의 높은 값을 나타내었다. 세습은 수용액의 pH에 관계없이 물에 매우 잘 녹는 물질이기 때문에 세척시 세습의 제거 효과는 pH 나 합성세제 등의 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단된다.

3.3 세제 주요 성분의 영향

시약급의 음이온계면활성제인 SDBS와 착화제인 4Na-EDTA, 2Na-Citrate를 사용하여 면과 폴리에스테르 오염포에서의 코발트 제거 효과를 관찰하였다. 면 오염포에 대한 결과를 그림 4에 나타내었다.

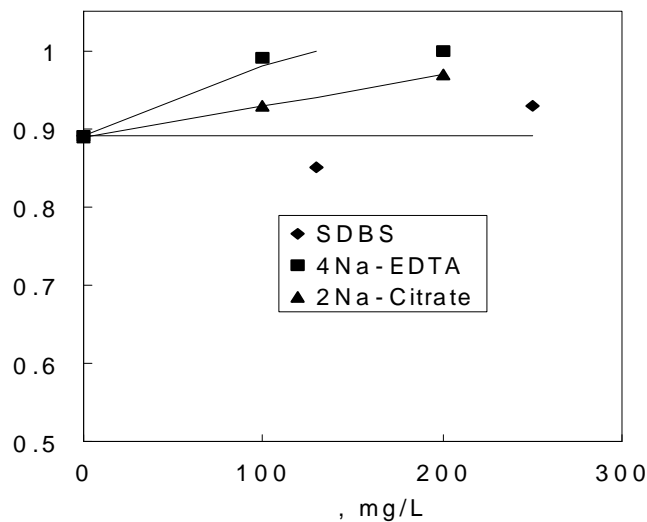


그림 4 몇몇 성분의 면 오염포에 대한 코발트 제거분율

각 성분의 농도를 변화시켜가며 관찰한 결과, 4Na-EDTA, 2Na-Citrate의 경우는 상수만으로 세탁한 것에 비하여 코발트 제거분율이 증가함을 확인할 수 있었으나, SDBS의 경우는 비록 실험 회수의 부족으로 단언하기는 어려우나 첨가량에 따른 제거분율의 증가가 확연히 관찰되지 않았다. 이에 대하여는 앞으로 더 많은 실험을 하여 증명이 필요하겠지만, 음이온 계면활성제 SDBS의 코발트 제거 효과는 착화제인 4Na-EDTA, 2Na-Citrate 보다 크지 않은 것으로 판단된다.

폴리에스테르 오염포에 대하여도 같은 실험을 하였다. 그러나 폴리에스테르의 경우에는 상수만으로 세탁한 코발트의 제거분율이 0.96에 달하여 각 성분 첨가에 의한 코발트 제거 효과를 뚜렷하게 관찰하지는 못하였다.

3.4 pH의 영향

앞에서 1종 합성세제를 사용하여 얻은 실험 결과를 살펴보면, pH의 영향이 코발트 제거에 매우 큰 영향이 있다고 판단할 수 있다. 이를 확인하기 위하여 세탁수로 사용하는 상수의 pH를 변화시켜가며 면 및 폴리에스테르 오염포에서의 코발트 제거 효과를 관찰

하였다. 결과는 그림 5와 같다.

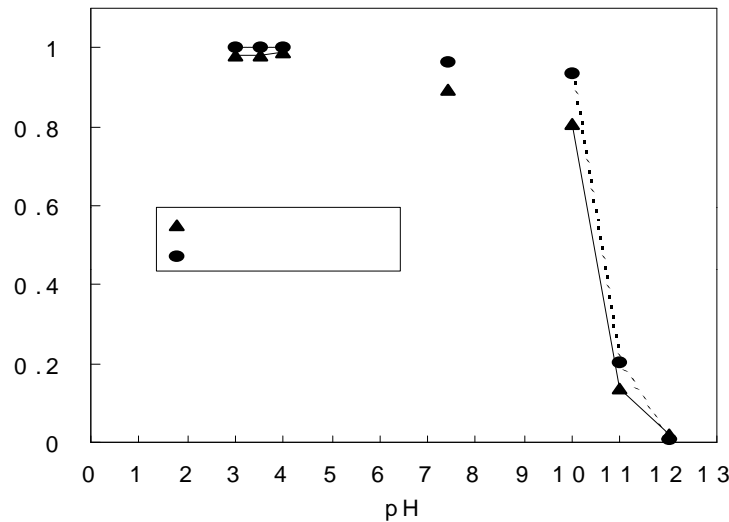


그림 5 pH에 따른 코발트 제거분율

pH에 따라 면과 폴리에스테르 오염포의 코발트 제거 효과가 매우 큰 차이가 남을 확인할 수 있다. 따라서 세탁시 코발트를 제거하기 위하여는 pH의 조절이 의외로 큰 영향을 줄 수 있다. 이 결과는 pH가 낮은 범위에서 세탁이 이루어진다면 계면활성제나 착화제의 사용없이도 세수는 물론이고 코발트와 같은 방사성핵종의 제거가 가능하다는 사실을 암시한다.

3.5 전해수 효과

실제 한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설에서 처리할 방사성 오염 피복은 세습, 코발트와 같은 방사성핵종 뿐만 아니라, 기름때 등으로 오염되어 있기 때문에 쾌적한 작업 환경을 위하여 이것도 함께 세탁에 의하여 제거되어야 한다. 따라서 완전한 무세제 세탁을 위하여는 기름때 등도 합성세제를 사용하지 않고 제거할 수 있는 방법을 개발하여야 한다. 본 연구에서 이를 위하여 낮은 pH의 전해수를 제조할 수 있는 전해장치를 제작하였다. 전해장치에서 제조된 전해수는 세습, 코발트와 같은 방사성핵종 뿐만 아니라 기름때 등의 제거에도 효과가 있을 것으로 기대하고 있다. 전해장치는 그림 6과 같다. 본 연구에서는 우선 이 장치로부터 제조된 세습과 코발트에 대한 제거 효과를 확인하고 다음 단계 연구에서 기름때에 대한 세탁 효과를 평가하고자 한다. 그림 7은 전해수를 사용하여 면과 폴리에스테르 오염포의 코발트 제거분율을 측정 후, 상수 및 제품 F 사용시와 비교한 결과이다. 전해수 사용시, 상수로 세탁한 결과보다 코발트의 제거분율이 높으

며 특수 세제인 제품 F와 비슷한 성능을 나타내고 있다. 앞으로 이를 토대로 더 많은 실험을 통하여 방사성핵종에 대한 제거 효과가 더욱 뚜렷하게 입증되고, 기름때에 대한 세탁 효과도 좋다고 평가된다면 “무세제 세탁”에 대한 가능성은 더욱 구체화 될 것이다.

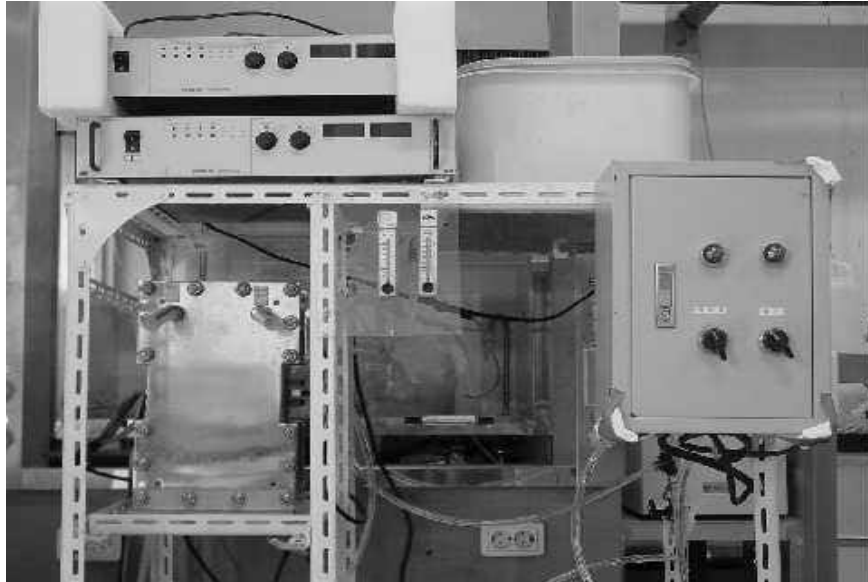


그림 6 전해장치

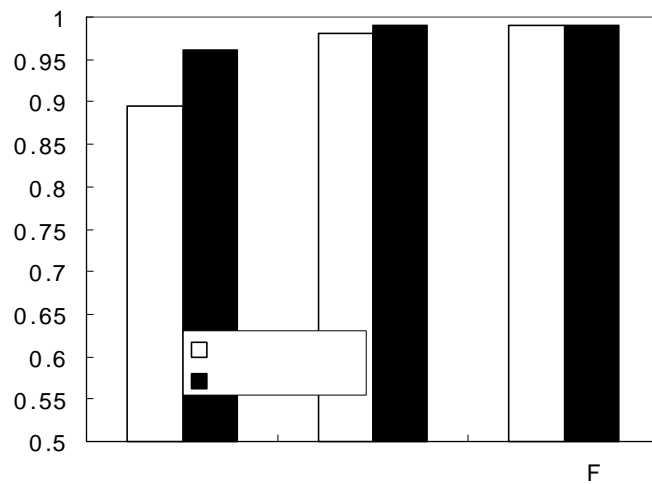


그림 7. 전해수에 의한 코발트 제거 효과

4. 결과정리

한국원자력연구소내 방사성폐기물처리시설에서 발생하는 방사성 오염 피복을 세제를 사용하지 않고 세탁하기 위한 기초 실험을 진행하였다.

세슘과 코발트 이온을 함유하는 모의 방사성 폐수로 오염시킨 면과 폴리에스테르 섬유에 대하여 우선 시중에서 판매되고 있는 각종 일반 합성세제와 특수 합성세제의 핵종 제거 효과를 관찰하였으며, 아울러 이 결과를 토대로 각 핵종의 제거에 영향을 줄 수 있는 인자들에 대하여 그 영향을 평가하였다.

모의 방사성 폐수에 오염된 면과 폴리에스테르 섬유는 1종 합성세제에 의하여는 오염포 중의 코발트 제거가 곤란함을 알 수 있었으며, 3종 합성세제의 경우도 상수만으로 세탁하였을 때보다 크게 제거 효과가 좋아지지 않았다. 반면 특수 합성세제의 경우, 코발트의 제거 효과가 상수만으로 세탁한 경우에 비하여 우수하였다. 다만, 이 효과는 계면활성제에 의한 것보다는 세제중의 EDTA와 같은 첨가물에 의한 것으로 판단되었다. 방사성 폐수에 오염된 면 및 폴리에스테르 섬유에서 코발트의 제거는 계면활성제 성분보다는 pH의 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났으며, 이 결과는 세탁시 계면활성제나 착화제의 사용 없이도 세슘, 코발트 등을 방사성핵종을 쉽게 제거할 수 있는 방법이 있음을 암시하고 있다. 낮은 pH의 전해수를 제조할 수 있는 전해장치를 제작하여, 이 전해수로 같은 조건에서 실험한 결과 코발트의 제거 효과가 매우 우수한 것으로 확인되었다.

세슘에 대한 제거 효과는 오염포에 오염시킨 세슘농도가 측정기기의 측정한계보다 조금 밖에 높지 않아, 제거분율을 정확하게 측정하여 비교하는데 데 문제가 있어 정량적으로 관찰하지 못하였다.

현재 본 실험에서 얻은 결과와 실제 방사성 폐수로 오염된 면 및 폴리에스테르 섬유의 세탁에 의한 제염 특성이 일치하는 지 실제 방사성 폐수를 이용하여 실험 중에 있다. 두 결과를 비교, 평가하여 현장성 있는 자료를 확보하고 또한 앞으로 전해장치에서 제조된 전해수의 기름때에 대한 세탁 효과도 평가하여 실제 세탁에 적용함으로써 “무세제 세탁” 방법 개발에 대한 가능성을 더욱 구체화할 예정이다.

감사의 글

세탁과 관련한 방사선 안전관리에 관하여 많은 조언과 도움을 주신 한국원자력연구소 방사선 안전관리실 이종일 님께 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 김길정 등 “방사성폐기물처리시설운영”, KAERI/MR-361/2000, 한국원자력연구소 (2000)

- [2] 김길정 등 “방사성폐기물처리시설운영”, KAERI/MR-365/2001, 한국원자력연구소 (2001)
- [3] 박광현, 고문성, 류정동, “초임계 이산화탄소를 이용한 방사능 오염 세탁물 제염”, 2000년 원자력학회 춘계학술발표회 논문집 (2000. 5)
- [4] 한국산업규격 “염색 건뢰도 시험용 침부 백포”, 한국산업규격 KS K 0905-1996, 산업자원부 (1996)
- [5] 한국산업규격 “합성 세제 시험 방법”, 한국산업규격 KS M 2709-1996, 산업자원부 (1996)