

초극세사를 이용한 방사성폐기물 저감화 방안

김남천, 정용지, 정준영, 황대섭
 케이엔디티앤아이(주)
ijung88@nate.com

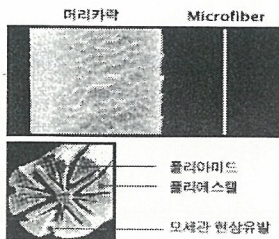
1. 서론

방사성폐기물 발생량의 저감을 위한 노력과 시도는 원자력발전소가 생긴 이래 꾸준히 있어왔고, 지금도 여러 방면에서 연구되거나 수행되고 있다. 폐기물을 저감하는 방법에는 그 발생시점을 기준으로 “발생된 폐기물을 재처리하여 저감하는 방법”과 “방사성폐기물의 발생을 최소화하는 방법”으로 나누며, 전자에는 드럼을 압축하여 부피를 감소시키거나 제염 후 자체처분하여 폐기물을 줄이는 방법 등이 있으며, 후자에는 반입된 물품을 통제하거나 오염방지조치, 관리구역 전용공구 사용 및 세탁 후 재사용 등에 의한 저감 등이 있다. 이중 전자의 방법은 발생된 폐기물을 일련의 공정에 의하여 폐기물의 양을 줄이거나 부피를 감소시키는 방법들로서, 생성부터 처리까지 많은 노력과 시간이 소모되고, 그에 따른 부수적인 폐기물도 무시할 수 없다. 따라서, 보다 경제적이고 효율적인 폐기물 저감화 방법은 후자인 발생하는 폐기물을 최소화하는 방법이라 할 수 있으며, 이에 폐기물의 종류별 발생현황을 분석하여 폐기물의 발생을 최소화할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

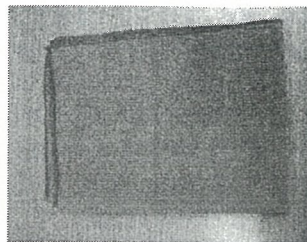
2. 본론

최근 3년간(2005년~2007년) 월성원전 제1발전소에서 발생된 폐기물의 종류별 현황을 정리한 결과 플라스틱(23.67%), 종이류(22.69%), 철재류(22.03%) 및 면류(14.41%) 순으로 두드러지게 많이 발생되었다. 이중 그 주요 발생원이 작업용품으로 이루어진 종이류(대부분 제염지)와 면류(작업복, 면장갑 및 면양말)를 비교해 보면 종이류가 면류보다 거의 두배 가량 많은 발생을 보이고 있다. 이는 작업복 및 면장갑 등은 사용 후 세척을 통하여 재사용하는 반면, 제염지는 1회 사용으로 폐기됨으로써 상대적으로 폐기물 발생량이 많은 이유이다. 이에 제염지를 대신하여 재사용이 가능한 적당한 대체재를 선정하고 이를 적극 활용한다면 제염지 즉, 종이류의 발생량을 크게 줄일 수 있으리라 생각한다.

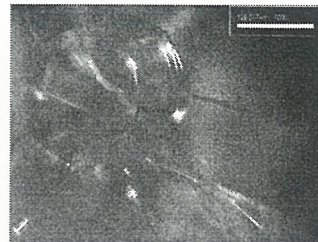
제염지를 대신하여 그 대체재로 사용하기 위하여서는 재사용이 가능하고 내구성이 뛰어나며 제염지와 비교하여 작업효율이나 제염효과가 떨어지지 않아야 하는데, 이러한 기준에 가장 부합하는 것이 초극세사이다. 초극세사는 마이크로 화이버라 하여 사람의 머리카락 굵기의 100분의 1보다 가는 직경 1 micrometer의 미세한 굵기로 수축가공한 첨단기술의 폴리에스테르로 이루어진 원사로서, 그 특징은 흡수성 증가를 위한 별도의 가공처리 없이 섬유 자체의 극세화만으로 다량의 유체(오염물질)를 신속히 제거 할 수 있고, 섬유내부의 수많은 미세한 기공들이 모세관현상을 유발함으로써 놀라운 흡수력을 가지며, 탈수시 미세한 공간들을 통해 신속한 배출 및 건조가 가능하며, 매우 조밀하고 치밀한 섬유조직을 가지고 있어 반복되는 세탁과 마찰에도 기능이나 형태의 변화가 거의 없이 뛰어난 수명을 유지한다는 것이다.



<초극세사 단면>



<초극세사 수건>



<600배 확대한 사진>

이러한 특징을 가지고 있는 초극세사가 실제 제염지의 역할을 하면서 재사용이 가능함을 도출하기 위하여 다음과 같이 비교실험을 수행하였다. 비교대상물은 초극세사, 제염지, 면수건을 사용하였

으며, 실험종류는 실제 오염지역에 대한 제염효과를 비교하기 위한 제염계수실험, 작업효율을 비교하기 위한 흡수율실험 그리고 재사용 여부를 알기위한 세척효율 및 전이도 실험을 수행하였다.

제염계수실험은 고오염지역과 저오염지역으로 나누어 수행하였으며, 일정 구역을 나누어 각 실험대상을 제염한 후 제염전·후의 오염도를 비교하였으며, 흡수율 실험은 비이커에 동일한 양(500cc)의 물을 넣고 각 대상물을 충분히 담궜다 비이커 위로 올려 물이 떨어지지 않을 때까지 충분히 고정한 후 남은 물의 높이를 측정하여 흡수율을 계산하였다.

구 분	제염계수		흡수율 (cc/g)
	저오염 지역	고오염 지역	
초극세사(겔레용)	2.12	50.0	5.72
제 염 지	2.07	35.3	5.51
면 수 건	1.97	46.2	3.70

$$\text{※ 흡수율} = \frac{\text{흡수량}(500\text{cc} - \text{비이커잔량}(c))}{\text{무게}(g)}$$

$$\text{※ 제염계수} = \frac{\text{제염전 오염도}(cpm)}{\text{제염후 오염도}(cpm)}$$

표에 나타난 바와 같이, 제염계수 실험결과 초극세사의 제염계수가 가장 높았으며, 이는 제염효과가 제염지보다

월등히 우수한 제염효과가 있음을 알 수 있다. 그리고 저오염지역에 비해 고오염지역의 제염계수 차이가 큰 것으로 보아 오염도가 높아질수록 제염효과의 차이는 더 커짐을 알 수 있다. 흡수율 실험결과에서도 초극세사가 제염지 보다 다소 높지만 비슷한 수준을 보였으며, 이는 같은 제염면적을 제염하는데 사용되는 초극세사의 양은 다른 대상물들 보다 적게 소모됨으로서 작업효율이 우수함을 알 수 있다.

5회 평균값 (cpm)	세 척 효 율 실험 (직접법, BKG=100cpm)						전이도 실험 (간접법, BKG=40cpm)	
	최초	1회	2회	3회	4회	효율(%)	최대값	평균값
고오염 지역	13,000	1,300	756	704	708	94.6	45	40.0
저오염 지역	870	284	104	98	-	88.7	46	40.6

세척효율 실험은 고오염 지역 및 저오염 지역에서 초극세사 각 5장씩 문질러 오염 전이후, 각 초극세사를 세척 및 건조하여 오염도를 측정하는 것을 3~4회 반복하여 세척효율을 계산하였으며, 전이도 실험은 세척 및 건조시킨 초극세사를 Smear Paper(각 10장)와 함께 비닐봉지에 넣고 비닐봉지를 마구 흔들거나 문지른 후 각 Smear Paper의 전이된 오염도 측정하였다. 세척효율 실험결과, 고오염지역은 94.6%, 저오염지역은 88.7%의 세척효율을 보였으며, 저오염지역은 2~3회 세척시 거의 BKG 수준에 도달하였고, 고오염지역은 2~3회 세척후 오염도(평균 704 cpm)가 더 이상 떨어지지 않고 일정 수준에서 고착화 되는 현상을 알 수 있었다. 하지만 전이도 실험에서 대부분의 스메어 페이퍼의 오염도가 BKG 수준을 나타내었으며, 이는 일정 수준에서 오염도가 고착되어 있어도 주변에 전이시키지 않음으로서 재사용이 가능함을 알 수 있다. 단, 초극세사의 운영시 적절한 오염기준을 설정하여 재사용, 고오염지역 전용 및 폐기용 등으로 나누어 활용할 필요가 있다.

3. 결론

경제적으로 기대되는 효과는 크게 두가지로 볼 수 있는데, “제염지 구매비용”과 “감소되는 폐기물드림수로 인한 절감비용”이다. 전자는 연간 제염지 사용량인 약 500박스 중 250박스가 절약되며, 연간 예상되는 초극세사의 구매가격을 빼면 절약되는 제염지 구매가격은 연간 천만원이 예상된다. 후자는 연간 발생되는 종이류(약 100드림) 중 제염지가 80드림이 포함된다고 하면, 초극세사를 사용함으로써 이중에 50%, 즉, 40드림이 감소한다. 초극세사의 폐기시 증가하는 드림수(약 0.5드림)를 빼면 39.5드림의 감소효과를 예상함으로써 절감되는 비용효과는 1억9천7백만원이 예상된다. 그 외 제염지 건조작업에 소요되는 인력 및 시간의 감소로 인한 절감비용, 종이류 드림의 감소로 인하여 처분조건인 유리수 및 킬레이트제에 대한 부담감소 등의 기대효과가 있다. 그리고, 이를 다른 원자력발전소에 적용한다면, 각 발전소의 특성(종이류 발생량 및 초극세사 대체량)에 따라 비용효과는 차이가 나겠지만 연간 기대효과는 상당하리라 예상된다.

이상과 같이 초극세사로 제염지를 대체할 경우 작업효율 증대 뿐만 아니라 재사용으로 인한 경제적인 기대효과 또한 충분히 얻을 수 있으리라 보이며, 본 연구내용을 토대로 관련기관과 협의 후 현장내 시범운영을 추진할 예정이다.