

Hybrid형 마이크로버블을 이용한 방호복 세염 기술의 접근

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

1. 서론

방사성폐기물의 처분과 관련하여 지식경제부 고시 제2011-197호(방사성폐기물 관리비용 및 사용후핵연료 관리부담금 등의 산정기준에 관한 규정)에 따르면 중·저준위 방사성폐기물 처분비용은 200리터 드럼 기준 736.3만원이며 이는 2년 주기로 제정되므로 조단간 1,000만원을 상회할 예정이다. 이에 따라 원전 운영자들은 폐기물 발생량의 감소를 위해 다양한 노력을 기울이고 있다.

발전소에서 발생하는 중·저준위 방사성폐기물의 상당량은 방사선 작업자의 피폭 방지를 위해 사용되는 방호용복이다. 사용 방호복은 대부분 세탁 과정을 거쳐 재사용되나 오염도가 높은 것은 압축 또는 유리화과정을 거쳐 처분장으로 이송된다. 최근에는 PVA 소재의 일회용 수용성 방호복이 일부 사용되고 있으며 아직까지는 면(Cotton)소재의 방호복이 주를 이루고 있다. 방호복의 소재로 사용되는 면포(Cotton fabric)는 길이가 15~50 mm, 폭이 16~20mm 정도인 면섬유를 꼬아 실을 만드는 방적공정과 경사 및 위사를 교차시키며 원을 만드는 제직공정을 거쳐 생산된다. 사용되는 면섬유의 굵기가 매우 가늘기 때문에 면포 내에는 미세한 틈이 존재하며 여기에 방사능물질이 침착될 경우에는 통상적인 세탁방식으로 탈리하기에는 한계가 있어 곧바로 처분시켜야 하기 때문에 이들 폐기물의 처리·처분으로 인해 처분비의 상승요인이 되기 때문에 효율적인 세탁방식의 도입이 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 폐기대상으로 분류된 방호복의 제염시 미세한 면섬유 틈에 존재하는 방사능물질을 기존의 세탁 방식보다 효과적으로 제거하여 방사성폐기물 발생량을 저감시키기 위해 오존 및 초음파기술과 마이크로버블 기술을 조합한 Hybrid 제염공정을 개발하기 위한 기초실험을 수행하였다.

2. 본론

2.1 마이크로 버블

마이크로버블은 직경이 50 μ m 이하의 매우 미세한 기포로써 기포발생시 수면위로 천천히 상승하며 수면 아래에서 버블 내부의 기체를 완전히 용해시켜 소멸되는 특징이 있으며, 그 외 대전효과, 자기 가압효과 등과 같은 물리화학적인 특성을 지니고 있다. 이러한 특성을 이용하여 현재 미용, 의료, 환경, 농업 및 식품분야 등 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다. 아직까지는 적용경험이 없으나 방사능 제염분야에 적용시 활용 가능성이 매우 높다고 본다. 본 논문에서는 버블발생기에 의해 발생된 마이크로 버블을 이용해 수면 아래에서 소멸되면서 발생하는 다량의 에너지를 이용하여 오염 면방호복의 틈새에 부착된 방사성 물질(Co, Cs, 등)의 탈착, 제염 능력을 평가하였다. [1].

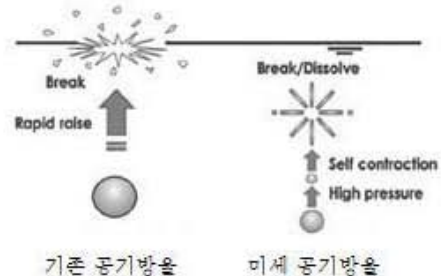


Fig. 1. Difference between regular bubble and micro-bubble.

2.2 실험

2.2.1 시료

본 연구에서는 현재 원전에서 사용중인 방호복의 소재와 동일한 경련, 표백, 미서화된 100% 면 직물(50×50cm)을 시료로 사용하였으며, Co 입자에 대한 Hybrid형 마이크로버블 공정의 제염효과를 확인하기 위하여 비방사성 Co(Cobalt oxide, Junsei chemical Co. Ltd)를 인위적으로 침착시킨 후 1차 세탁과정을 거친 후 건조하여 사용하였다.

2.2.2 장치구성

본 연구에서 사용된 Hybrid형 마이크로버블 시험 장치는 크게 초음파 진동부가 장착된 수조, 마이크로버블 발생장치, 오존발생장치 및 와류생성장치로 구성되었으며 Fig. 2에 개략도를 나타내었다.

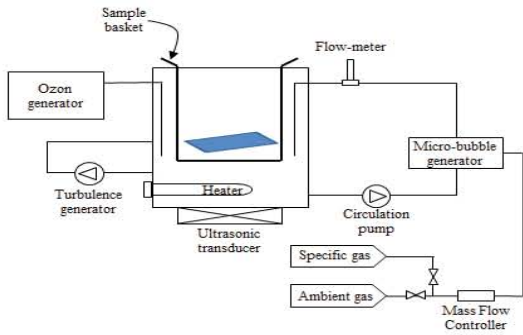


Fig. 2. Schematic diagram of hybrid type micro-bubble test apparatus.

마이크로버블, 초음파 및 오존발생장치는 각각 독립적으로 운영이 가능하도록 제작하였고 본 실험에서는 1차적으로 마이크로버블의 제염효과에 대한 실험을 수행하였다.

2.2.3 실험 및 분석

비방사성 Co가 부착된 직물시료를 수조에 침지시킨 후 세제의 농도, 침지시간 등의 공정변수를 달리하면서 처리하여 건조하였으며 처리된 직물에 남아 있는 잔류 Co의 농도는 Microwave digestion system(Start D, Milestone)을 이용하여 산분해 전처리한 후 원자흡수분광계(AAnalyst 400, PerkinElmer)를 이용하여 측정하였다.

2.3 결과 및 고찰

마이크로버블의 제염효과를 확인하기 위해 비방사성 Co가 침착된 직물시료를 일반적인 세탁기에서 dummy load(1kg)와 함께 세탁한 후 잔류 Co의 농도를 확인하였고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 세탁 후 잔류한 Co의 농도는 시료에 따라 다소 다르게 나타났으나 약 85% 정도는 세탁에 의해 제거되었고 약 15%는 통상적인 세탁에 의해 제거되지 않는 것으로 확인되었다.

Table 1. Residual cobalt after washing.

Sample No.	Residual Co (ppm/g)		Removal eff.(%)
	Before washing	After washing	
N-01	840	123	85.4
N-02	895	135	84.9
N-03	944	138	85.3
N-04	886	121	86.3
N-05	872	123	85.8

Table 2에는 1차 세탁을 거친 후 건조된 시료를

Fig. 2에 나타낸 시험장비에서 마이크로버블을 순환·공급하면서 침지시간 및 와류형성여부에 따른 Co 제거효율을 나타내었다.

Table 2. Effect of bubbling time and turbulence on removal efficiency of Co.

Turbulence	Bubbling time (min)	Residual Co (ppm/g)			Removal eff (%)
		untreated	laundry	micro-bubble	
without turbulence	10	904	133	83	90.8
	30	896	132	79	91.2
	60	911	137	69	92.4
with turbulence	10	883	131	58	93.4
	30	894	133	46	94.8
	60	927	138	30	96.7

※ The efficiency of micro-bubble treatment without 1st washing is 52.4%.

마이크로버블에 의한 Co 제거효율은 Bubbling 시간의 경과에 따라 증가하였으며 최대 96%까지 제거되는 것으로 나타났고 와류가 있는 경우의 제거효율이 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 단순히 마이크로버블만 처리한 경우는 약 52% 정도의 제거효율로 상대적으로 낮은 제거효율을 보였다. 따라서 방호복의 세탁시 기존의 세탁방식에 의해 1차 세탁한 후 잔류한 Co를 마이크로버블에 의해 제거하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 결론

마이크로버블 세척법은 미세한 섬유물에 존재하는 Co입자의 제거시 충분히 적용 가능성을 확인하였다. 향후 방호복의 제염효율을 보다 향상시키기 위하여 초음파 조사, 오존처리 등의 연구를 추가적으로 수행할 예정이며 이후에는 실제 원전에서 발생한 오염방호복을 대상으로 Hybrid 제염 실험을 수행할 예정이다.

4. 참고문헌

[1] 차환수, "마이크로버블 기술의 현황과 전망", Bulletin of food technology, Vol22, No.3, p544-552, (2009).

[2] 전종선 외, "마이크로버블 발생장치를 이용한 모의산화물 예비 제염 성능평가", 2010년 한국방사성폐기물학회 추계학술발표회.