

## 철제방사성폐기물의 자체처분을 위한 드라이아이스 제염장치 성능평가

김창환, 이상태, 조현태, 김효철, 이의동  
 하나검사기술(주), 부산광역시 기장군 장안읍 고리216번지  
[changihg@naver.com](mailto:changihg@naver.com)

### 1. 서론

월성1호기 대규모 설비개선 및 압력관 교체공사와 관련하여 발생된 철제 및 콘크리트 폐기물을 교육과학기술부 고시 2009-37호 “방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정”에 적합하도록 콘크리트 약 45.4톤, 철제류 약 33.8톤을 한국원자력안전기술원에 각각 신고하여 승인을 받아 처분하였다.

다양한 계통 및 종류별로 발생된 방사성폐기물에 대해 면밀히 파악하여 방사선안전관리 기법, 방사성폐기물량, 제염방법 및 처리방안 등에 대한 계획을 구체적으로 수립해 발생 초기부터 자체처분 효율 향상에 역점을 두었으며, 자체처분 대상 폐기물에 대해 여러 가지 제염기법으로 접근하여 검증 및 평가를 수행하였다. 이중 월성1발전소에 보유하고 있는 드라이아이스 제염장치를 이용하여 압력관 교체 공사와 관련하여 발생된 각종 철제폐기물에 대해 제거성 표면오염 제염 여부를 확인하는데 초점을 맞추어 기술해 보고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 주요기능(사양) 및 제염공정

##### 2.1.1 주요기능

제염장치의 주요기능으로는 Single-hose 및 중앙 집중식 Control System이며, 이동 및 보관에 용이한 Compact Size로 장시간의 제염에 적합한 작고 가벼운 Gun을 사용한다. 특히 신속하고 편리한 윈터치 방식의 노즐교체를 통해 작업효율의 향상에 기여하였으며, 사용시간 타이머를 장착하여 제염장치의 건전성 및 안전성을 확보하였다.

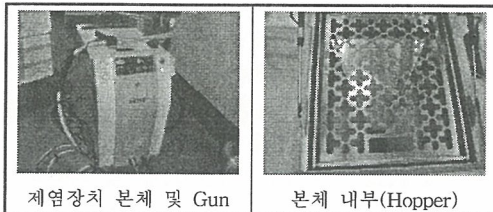


Fig. 1. 드라이아이스 제염 장치

- 크기 : 720L × 460W × 945H (mm)
- 무게 : 120 kg
- 펠릿 소모량 : 0 ~ 3 kg/min (미세조정가능)
- 공기 소모량 : 1 ~ 3 m<sup>3</sup>/min
- 공기 압력 : 최대 9.8 kg/cm<sup>2</sup> (고압용 20 kg/cm<sup>2</sup>)

##### 2.1.2 제염공정

장치에 전원을 켜기 전 비상버튼이 켜져 있는지 확인하고 작업구역내 Service Air-line 및 전원을 연결한 후 드라이아이스 펠릿을 넣지 않은 상태로 Air만 수분간 분사하여 공기압 조절 및 이물질(수분) 등을 제거하여 장치 내부를 청결하게 유지한 상태에서 Hopper에 적당량의 펠릿을 넣고 오염 철제폐기물의 표면에 분사하여 제염을 수행하였다.

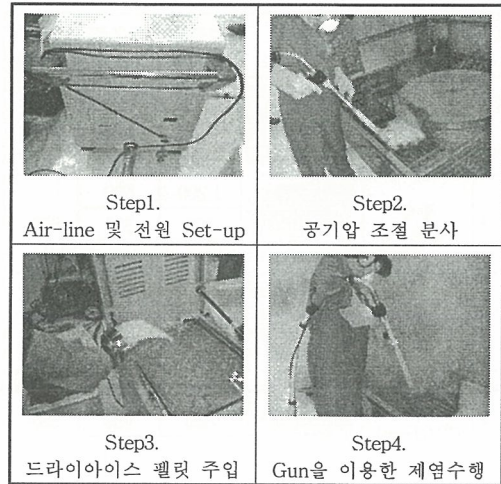


Fig. 2. 드라이아이스 제염 공정

##### 2.2 제염장치 효율 극대화 방법

철제류 표면에 노즐을 가능한 수직으로 분사하여 펠릿이 제거성 오염물질에 가장 강한 충격을 줄 수 있도록 하며, 이 때 철제류의 형상에 따라 노즐을 교체하여 사용한다. 또한 철제류 표면과의 온도 편차가 클수록 이물질 제거 및 제염이 용이한 점을 고려하여야 하며, 장치 내부의 Hopper에 펠릿과 수분이 결합하게 되면 얼음이 생성되어

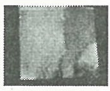


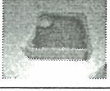



효율 저하 및 안전사고 위험을 초래할 수 있으므로 사용 전 수분을 모두 제거해야 된다. 드라이아이스 펠릿 보관 Box와 제염장치 Hopper의 뚜껑은 사용 후 항상 닫아두어 이물질 유입 방지 및 펠릿의 공기 중 자연 승화를 방지하여 경제적 손실을 줄이도록 한다.

2.3 제염 대상물별 성능 시험

월성1호기 압력관 교체 공사시 발생된 다양한 종류의 철재류 및 오염도에 따라 드라이아이스 제염 전·후의 방사능을 측정하여 제염성능을 평가하였다. 드라이아이스 제염은 대상 철재에 따라 5~10분 이상 펠릿을 분사하였다.

덕트류의 경우에는 펠릿의 공기압으로 인한 표면의 형상 변화가 나타났으며, 다른 철재류의 경우에는 기름때 제거, 녹이 있는 부위의 일부분이 떨어지거나, 표면의 페인트 도장부위가 벗겨지는 현상이 발생하여 오염제거에 일정 부분 효과가 있는 것으로 나타났다. 제염효과에 대한 비교는 아래와 같다.

Table 1. 철재류 제염성능 평가

	철재류 종류	제염전 (cpm)	제염후 (cpm)	효과 (평균)
1	덕트류 	190	BKG	양호
		230	BKG	
		300	BKG	
2	중수 탱크류 	1,200	500	53%
		500	300	
		850	400	
3	L-빔류 (T:2.0cm) 	370	250	26%
		450	320	
		200	180	
4	L-빔류 (T:0.5cm) 	300	120	58%
		360	130	
		470	230	
5	배관류 (Φ10) 	400	180	51%
		300	170	
		350	160	
6	배관류 (Φ5) 	220	110	45%
		230	130	
		300	170	
7	Frame류 	180	100	23%
		300	250	
		250	210	

☞ 계측장비 : L200/PGM, S/N : 133576  
 차기교정일 : 2009.12.18, BKG : 60 cpm

3. 결론

드라이아이스 제염 장치로 각종 철재류의 제염을 수행하였을 때 다음과 같은 사항들을 검토하여 수행하였다.

○ 제염 효율(Decontamination Factor)은 덕트와 같은 아연도금 된 얇은 두께의 철재류에서는 탁월한 효과를 보였으며 그 밖의 다른 철재류에서도 평균 50%의 제염 효율을 보여 다른 제염방법(물리적/화학적 방법)과 같이 병행하여 처리하는 방법이 타당할 것이다.

○ 제염후의 건전성 측면에서는 덕트와 같은 얇은 철재는 공기압에 의한 펠릿의 강한 접촉으로 인한 표면이 울퉁불퉁한 모양으로 변화되며, 나머지 대부분의 철재류에서는 특별한 형상의 변형을 찾을 수 없었다.

○ 폐기물 처리 부분에서는 친환경적인 물질인 드라이아이스 펠릿은 오염표면에 분사됨과 동시에 공기 중으로 승화하므로 사용후 잔여물이 남지 않은 특성을 보였다.

○ 오염확산 측면에서는 초저온(-78.5℃)의 드라이아이스 펠릿을 분사하여 철재표면에 열쇼크를 주어 순간적 동결, 수축되고 균열이 발생되면서 제염되는 방식으로 오염물질이 주변으로 확산되지 않음을 확인 할 수 있었다.

○ 경제성 부분에서는 드라이아이스 제염설비 사용시 부수적 폐기물이 발생되지 않아 방사성폐기물 감용은 물론 폐기물 처리비용 절감에 기여할 것으로 판단되었다.

향후 원자력발전소에서 발생된 철재방사성폐기물의 자체처분을 위한 제염방법의 일환으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

- [1] 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정(교육과학기술부고시 제2009-37호)
- [2] 월성제1발전소 절차서 방0-6-220(처분제한치미만의 방사성폐기물 자체처분절차)
- [2] 월성1호기 방사성폐기물 제염 및 자체처분용역 준공보고서(하나검사기술(주) 2010.01)