



트리튬 오염폐기물처리의 전망

트리튬(^3H , (T)) 폐기물은 핵융합로 개발, 핵분열로(특히 중수로) 등의 운전 및 RI트레이서의 사용에 따라 넓게 발생하고 있으며, 그 오염상황에서 경미한 오염이지만 발생량이 많은 폐기물과 내부에 다량의 T를 함유한 폐기물의 두가지로 대별된다. T오염이 경미한 폐기물에 대해서는 T농도가 국가에서 현재 검토하고 있는 규제해제의 농도 또는 매설폐기체의 상한농도 이하로 될 때까지 오염 제거 처리하여, 장래의 재이용 또는 처분에 대응할 수 있도록 해야 한다. 제거된 농도가 높은 T에 대해서는 그대로 폐기처분할 수가 없기 때문에 가스상태의 T는 미리 액체상태 또는 고체상태로 변환시키고, 액체상태인 것은 시멘트로 고화한 후, 또 고체상태인 것은 스테인리스 용기내에 용봉한 후, 이것들을 드럼통속에 시멘트로 봉입하는 등의 조치로 보관할 필요가 있다. 또한 고농도의 T를 함유한 폐기물에 대해서는 T를 제거·회수처리하지

않으면 안된다. 여기에서는, 오염이 비교적 경미한 폐기물을 대상으로한 제염처리기술을 중심으로 살펴 보기로 한다.

1. 트리튬에 의한 오염

트리튬(T)은 재료표면에 수착(흡착 및 흡수)되고, 또한 재료내부에 쉽게 용해·확산하는 성질이 있기 때문에, T취급장치·기기 등에 표면오염이 생기며, 그것들의 부품교환, 개수, 해체 등에 의하여 경미한 오염의 폐기물이 다량으로 발생한다.

스테인레스강으로의 T수착속도는 그림 1과 같으며, 상온의 T가스에 쬐는 것 만으로도 T의 수착량은 $30\sim 110\text{GBq}/\text{m}^2$ 에 달한다¹⁾. 이 수착 T의 대부분은 비교적 쉽게 제거할 수 있지만, 재료속에 잔류하는 얼마 안되는 T를 완전히 제거한다는 것은 쉽지 않다. 또한 이 잔류 T는 시간과 함께 천천히 계속적으로 탈리(脫離)하여 방출되기 때문

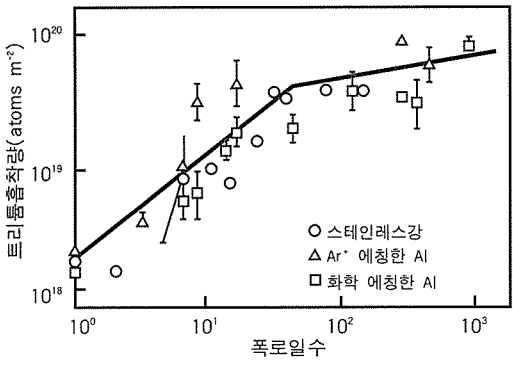


그림 1 T₂가스에 의한 폭로(曝露)일수와 T흡착량의 관계

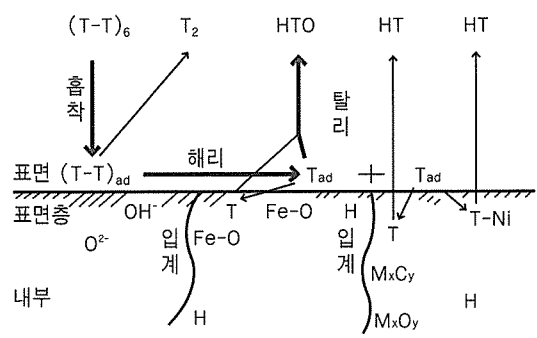


그림 2 스테인리스강 표면에 대한 T흡착-탈리 거동의 개념도

에, 폐기물로서 취급하는데 여러 가지 귀찮은 문제를 일으킨다.

T승은 탈리스펙트럼의 해석, DT가스를 이용한 동위원소조성추적법에 의한 해석 등의 결과²⁾에서, 스테인레스강 표면에 대한 T₂ 가스의수착-탈리 거동은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. T₂ 분자 상태로 약하게 흡착되어 있는 약간의 T는 가열에 의하여 쉽게 T₂로서 재방출되지만, 대부분의 T는 금속표면의 촉매작용 또는 자기방사선분해 등에 의하여 원자상태로 해지되고, 그 대부분은 금속표면이나 입계(粒界)부에 존재하는 산소와의 결합 또는 OH와의 동위원소교환으로 OT상태로 전환된다. 이 상태의 T는 탈리할 때 용존하고 있는 수소와 결합하여 HTO로 된다. 또 원자상태로 해리된 T의 일부는 OT상태로 전환되지 않고 금속에 포착되어 탈리시 HT분자로 된다. 효과적인 제염처리법을 선택할 때는 이와 같은 각종 재료표면에 대한 T의 거동을 정확하게 파악해둘 필요가 있다.

2. 트리튬 제염처리기술

트리튬(T)제염기술의 현황에 대해서는 平田등³⁾에 의하여 종합적으로 조사되어 있지만, T취급시

설에 대한 실시경험은 적다. 小野등⁴⁾은 재료표면에 흡착한 T의 탈리거동을 조사함으로써 오염T의 제거법등을 실험적으로 검토하였다. 또 핵융합관련의 T폐기물관리 및 처리기술에 대해서는 大平등⁵⁾에 의한 개설(概說)이 있다. 단순한 스메어·세정, 종래의 화학제염법, 기타 불활성가스 등에 산소나 수증기를 가한 분위기속에서 가열하여 T를 제거하는 베이킹법 등이 적용되고 있으며, 최근은 글로우방전세정법⁶⁾, 레이저탈리법⁷⁾, 오존가스존재하에서의 자외선조사법⁸⁾ 등이 검토되고 있다.

T오염이 금속표면층에만 한한 경우에는 2종류의 화학제염액을 사용하여 표면용해 및 입계선택용해를 하는 제염법¹⁾ 등에 의하여, 높은 제염효과를 얻을 수 있다. 또한 금속내부에 깊게 오염되어 있는 경우 효율이 좋은 제염법으로서, 가열로 이동하기 쉬운 T성분을 진공가열탈기(脫氣)법으로 제거한 후, 열적이동도가 낮고 표면부근에 강하게 포착되어 있는 T성분을 산으로 표면용해하는 [진공가열 탈기-산용해 2단계제염법]을 개발하여, 일본 원자력연구소의 T제조장치의 해체로 생긴 실오염 스테인레스강(오염깊이 500μm)에 대하여 본 법



을 적용한 결과, DF 200을 달성하는 것이 실증되었다¹⁾. 또 스테인레스강의 표면을 크롬(Cr) 확산 피복하는 T오염방지법 등의 검토도 하였다²⁾.

세라믹재료는 열적인 제특성이 우수하여 T오염이 일어나기 어렵고, T의 확산속도 및 투과계수도 매우 작다³⁾라는 특징을 가지고 있기 때문에, 핵융합분야에서는 T투과방지재 등으로의 용도가 확대되고 있다. 또 콘크리트는 핵융합로의 다중격납계의 최외벽재(最外壁材)로서 사용되고 있지만, 다공질이기 때문에 일단 오염이 생기면 내부로의 T 침투는 피할 수 없다. 이들 오염물에서 T를 제거하기 위해서는 일반적으로 금속의 경우와 마찬가지로 산소나 수증기를 가진 분위기속에서 베이킹하는 방법이 적용되고 있지만, 잔류하는 미량의 T까지 충분히 제거하기 위한 기술이 확립되어 있다고는 말하기 어렵다.

3. 트리튬제거·회수처리기술

핵융합개발에서 다량의 T를 취급하는 시설의 촉매, 흡착제 또는 중수로의 폐지조치에 수반하는 중수폐액 등의 고농도 T폐기물에 대해서도, T의 제거·회수를 주목적으로 한 처리를 하지 않으면 안된다.

미국에서는 토카마크형핵융합로의 폐지조치를 계획하고 있으며, T 약 1g을 함유한 진공용기 등의 폐기물처리에 관한 연구개발이 계획되어 있고⁹⁾¹⁰⁾, 적외·자외레이저를 사용한 방법 등 새로운 T제거법을 검토하고 있다.

앞으로는 폐기물 발생량의 저감화를 실현시키기 위하여, T의 제거·회수 및 분리·농축 등의 처리기술의 연구개발을 한층 더 강력하게 추진시킬 필요가 있다. **KRIA**

Key Word : tritium waste, tritium contamination, tritium sorption, tritium decontamination, tritium removal and recovery

문 헌

- 1) Masaki, N.M.et al. : Fusion Technol., 15, 1337~1342(1989)
 - 2) Hirabayashi, T.et al. : J.Nucl.Mater., 126, 38~43(1984);136, 179~185(1985);175, 177~183(1990);182, 135~144(1991)
 - 3) 平田慎吾, 他 : FAPIG, 124, 40~46(1990)
 - 4) 小野双葉, 他 : 保健物理, 25, 349~359(1990)
 - 5) 大平 茂, 他 : 日本原子力學會誌, 39, 933~935(1997)
 - 6) Antoniazzi, A. B. et al. : Fusion Technol., 21, 867~871(1992)
 - 7) Rodorigo, L. et al. : ibid., 28, 940~945(1995)
 - 8) Krasznai, J. P. et al. : ibid., 28, 1336~1341(1995)
 - 9) Hosea, J. et al. : IAEA Workshop on Tritium Experience in Large Tokamaks:Application to ITER, March 16-18, Princeton(1998)
 - 10) Walton, G. et al. : Proc. Int. Symp. on Decontamination and Decommissioning, April 25~28, Knoxville(1994)
- (日本原子力研究所 Backend 技術部)