

Concentration of Tritium in Atmospheric Moisture
and Biological Samples

김창균, 한만중, 조용우, 박찬걸
한국원자력안전기술원, 환경평가실

I. 서론

자연 환경중에 존재하는 삼중수소의 방출원은 크게 우주선에 의한 핵반응, 1960년대 성행했던 대기 핵실험 및 원자력 시설로부터의 방출 등 크게 3가지로 구분되는데, 대기 핵실험이 빈번하던 1960년대에는 핵실험에 의한 삼중수소가 지배적이었다. 최근에는 삼중수소의 농도가 현저히 감소하여 환경중에 존재하는 삼중수소는 핵실험의 잔재와 우주선에 의해 생성되는 것이 대부분이며, 원자력 시설로부터의 삼중수소 방출량은 우주선 핵반응에 의한 자연생성량의 10% 수준으로 매우 적은량이다. 그러나 최근 원자력 시설의 증대와 미래의 에너지원으로 각광받고 있는 핵융합로가 현실화되어 세계 전력 전체를 공급하게 되는 경우 환경중 삼중수소의 방출량은 자연생성량의 5배 정도가 될 것으로 추측하고 있다 (Feinenndegen, 1976). 이에 따라 생태계에서의 삼중수소의 거동과 그로 인한 방사선 영향 평가에 많은 관심이 집중되고 있다.

삼중수소는 인체의 구성 성분중 하나인 수소의 동위원소이며, 대부분 물의 형태로 환경중의 이동 속도가 빠르기 때문에 호흡에 의한 인체내 직접 흡입 못지 않게 음식물과 음료수 섭취에 의한 간접 흡입도 무시할 수 없다. 대기중 삼중수소는 수분상태의 삼중수소(HTO), 가스상태의 삼중수소(HT)와 유기형 삼중수소(CH_3T) 등 3가지 화학적 형태로 존재하며, 특히 HTO는 환경중 이동속도와 생태계에의 침투속도가 매우 빠르기 때문에 피폭선량 평가상 가장 중요한 화학적 형태이다. 이러한 삼중수소의 특성을 고려하여 본 연구에서는 원자력시설에 의한 환경 영향평가에 필요한 비교자료와 긴급 원자력 사고시 환경 오염 평가를 위한 기초자료 확보를 위하여 국내 12개 지역에서 삼중수소의 자연 환경준위를 파악하였고 대기중 화학형별 삼중수소 포집법과 분석법을 검토하였다.

II. 방법

대기중 삼중수소 포집장치는 Dust filter, 적산유량계, 대기중 HTO와 HT형태의 삼중수소 포집을 위한 Column case를 펌프와 직렬로 연결하여 제작하였다.

한편, 생물시료중 수분상태의 삼중수소(Tissue Free Water Tritium; TFWT)와 생물조직에 결합되어 있는 삼중수소(Tissue Bound Tritium; TBT)의 화학형별 분석을 위하여 연소장치를 제작하여 쌀, 배추 및 솔잎중 삼중수소를 화학형별로 각각 분석하였다. TFWT는 동결건조기(Model: SABCONCO Freeze dry system)를 사용하여 분리 추출하였으며, TBT는 본 연구에서 제작한 연소장치를 이용하여 추출하였다. 연소시켜 얻어진 시료수는 유기물 함유여부를 확인하고 증류 정제한후, 정제된 시료수 8ml와 유화 Scintillator 12ml를 측정용기에 옮겨 혼합한 다음 액체섬광계수기(Liquid scintillation counter: Model LKB 1220 Quantulus)를 이용하여 시료중 삼중수소의 방사능을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 대기중 HTO 및 HT의 방사능 농도

92년도 5월부터 95년도 7월까지 대전지역 대기중 HTO의 방사능 농도는 $8.3 \sim 49.7 \text{ mBq/m}^3$ 농도 범위였으며, HT의 방사능 농도는 HTO와 유사한 비율로 존재하였다. 이러한 농도범위는 Fallout 준위이며 계절별로 현저한 차이는 나타내지 않았으나 비가 많은 우기에 비해 건기에 약간 높은 경향을 나타내었다.

3.2. 생물시료중 TFWT 및 TBT의 추출

먼저 시료로 부터 TFWT를 완전히 분리추출하는 데 소요되는 시간을 파악하기 위하여 동결건조 시간에 따른 시료의 감소량 즉 TFWT 포집량을 검토하였다. 배추 및 솔잎과 같이 수분을 많이 포함하고 있는 시료의 경우는 시료에 따라 다소의 차이는 있으나 약 50시간 정도가 경과하면 시료 감소량이 일정하게 되는 것을 알 수 있었다. 반면, 쌀의 경우는 시료에 함유된 수분량이 적기 때문에 약 20시간 정도에서 시료 감소량이 일정하게 유지되므로 배추 및 솔잎의 경우는 약 50시간 정도에서, 쌀의 경우는 약 20시간 정도에서 TFWT를 완전히 분리할 수 있었다.

생물시료중의 TBT를 얻기 위하여 동결건조법을 이용하여 TFWT를 완전히 분리추출한 후 건조된 시료를 연소방법에 따라 시료를 완전연소시켜 생성가스를 냉각시킴으로써 TBT를 회수할 수 있었으며 쌀, 배추 및 솔잎의 생성수의 회수율은 각각 58.6%, 54.6% 및 59.4% 였다.

3.3. 생물시료중 TFWT 및 TBT농도

전국 12개 지역에서 채취된 쌀, 배추 및 솔잎의 TFWT의 농도는 각각 0.96-3.96 Bq/l, 0.83-3.4 Bq/l, 1.02-3.01 Bq/l 범위의 분포를 나타내었고, TBT의 농도는 각각 1.04-4.05 Bq/l, 1.24-3.91Bq/l, 1.69-3.65 Bq/l 범위의 분포를 나타내었다.

한편, 쌀시료중 TBT/TFWT의 농도비는 0.36-1.66(평균값 : 0.94)로서 일본 쌀시료에 대한 조사 결과(Momoshima, 1983)와 비슷한 결과를 나타내고 있으며, 배추시료중 TBT/TFWT의 농도비는 0.70-2.82 범위(평균 1.71)로서 TBT가 TFWT의 방사능보다 약간 높은 경향을 나타내고 있다.

또한, 솔잎중의 TBT/TFWT 농도비는 0.93-2.43 범위(평균 1.39)로서 배추와 마찬가지로 1보다 약간 높은 경향을 나타내었다. 이와 같이 생물시료중 TBT/TFWT의 농도비가 1보다 높은 이유에 대해서는 많은 연구자들이 여러 가지로 추측하고 있으니(Strack, 1984), 첫째는 어떤 삼중수소의 방출 원으로부터 일시적으로 방출된 고농도 삼중수소가 식물잎의 수분과 물분자 교환작용이나 또는 토양으로부터 식물의 뿌리를 통해 흡수된 후, 기상조건이나 여러 환경요인에 의해 초기에는 TBT/TFWT 농도비가 1보다 작거나 1에 가까운 비율로 존재하다가, 극저준위 삼중수소를 포함한 주변 대기중의 수분과의 지속적인 물분자 교환작용에 의해 TFWT가 점차 희석되어 TBT/TFWT 농도비가 1보다 높게 되었을 것으로 추측된다. 둘째는 TBT가 TFWT에 비해 식물체내에서의 체류시간이 길기 때문인 것으로 추측된다. 그러나 TBT/TFWT의 농도비가 높은 이유에 대한 보다 명백한 결론을 얻기 위해서는 보다 많은 시료에 대한 자료가 필요하며, 기상학적 요인이나 생태학적인 분야에서의 구체적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

IV. 참고문헌

- Feinenndegen, I...F., Radiation Research, Proc. 6th Int. Congr. Radiat. Res., Tokyo(1979).
Momoshima, N. et al, "Recent Environment Tritium Levels in Japan", Radiochem. Radional. Lett., 58, 1-8 (1983).
Strack, S., "Proc. European Seminar on the Risks from Tritium Exposure", EUR 9056 EN, 191 (1984)