

원자력 팩트체크

비유로 삼중수소 국민 생명위험 희화화 주장

(에너지전환포럼, 바로잡기 보도자료, 2021.1.31)

2021. 2. 8



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

I. 개요

최근 월성 원전의 배수관 집수정내 삼중수소 검출과 주민 영향 가능성을 무리하게 연결하려는 시도에 대한 논란이 있었다. 이 논란은 한겨레 신문 보도(2020.12.24)와 포항 MBC 보도(2021.1.8)로 촉발되었다. 이에 대해 KAIST 원자력 및 양자공학과 정용훈 교수(이하 정 교수)는 페이스북 게시글을 통해 월성주민이 추가로 받는 내부피폭 즉 예탁 유효선량(이하 선량)은 1년에 바나나 6개 혹은 멸치 1그램 섭취로 받는 선량과 같다고 쉽게 설명한 바 있다. 이는 반핵 인사들이 방사선에 대하여 일반인이 갖고 있는 공포심을 의도적으로 자극하여 월성1호기 경제성 평가 논란을 안전성 논란으로 무리하게 전환하려던 시도를 불식시키는 단초를 제공하였다.

이런 배경에서 에너지 전환 포럼(이하 에전포)에서는 2021년 1월 31일자 바로잡기 보도 자료를 통해 정 교수가 그릇된 비유를 통해 국민 생명위험과 관련된 문제를 희화화한다고 비난하고 삼중수소 위해성에 관한 몇 주장을 통해 정용훈 교수 발언을 반박하였다. 그러나 그 반박 자료에는 방사선으로 인한 인체 영향 등에 대한 상당한 물이해가 드러나 있다. 이에 원자력에 대해 잘못 알려진 사실을 바로 잡을 목적으로 운영하는 본 센터의 원자력 사실 확인 코너에서는 에전포의 '정용훈 교수 관련 바로잡기 보도자료' 문건 중 삼중수소와 관련된 오류를 바로잡아 사실을 밝히고자 한다.

II. 주요 주장에 대한 사실 확인

1. 비유에 의한 희화화나 단순셈법이 아닌 과학적 비교 문제

1) 문건 내용

- '월성원전 삼중수소 유출, 핵심은 원전 안전체계 구멍 - 한국과학기술원(KAIST) 정용훈 교수가 **멸치·바나나 비유**로 본질 왜곡하고 국민 생명 **위험 희화화**'
 - 에너지전환포럼이 각 분야 전문가들과 확인한 결과, 정 교수의 비유는 **단순셈법**에 기초한 위험천만한 주장
 - 방사성 물질의 체내 피폭 메커니즘은 의학, 보건 분야에서조차 아직 충분히 검증하지 못한 영역임에도 **자칭 '원자력 전문가'**인 정 교수는 선택적으로 섭취할 수 있는 식품인 바나나와 멸치의 자연방사성물질과, 원전 주변 주민들에게서 검출되는 삼중수소를 동일선상에서 비교
 - 정교수가 방사선의 누적적 피폭과 내부 피폭의 위험성을 축소하는 오류를 범함
- 이에 **관련 전문가들로부터의 사실 확인**을 통해 정교수 발언의 문제점을 지적하고 그의 주장을 비판하고자 함

2) 문제점

- 비유와 비교의 차이도 구분하지 못한 채 합당한 과학적 비교를 단순셈법, 희화화로 매도
- 원자력 공학을 전공하고 현재 KAIST에 재직 중이며 그동안 원자력 분야에서 축적한 학식과 경력, 그리고 실적으로 공인된 전문가인 정용훈 교수를 자칭 원자력 전문가라는 언사로 희롱
- 누적 피폭과 내부 피폭의 위해도 평가 과정에 대한 몰이해 탓에 적반하장으로 정 교수의 오류라 주장
- 관련 전문가들의 사실 확인이란 말로 실명도 없이 전문가 권위 도용

3) 분석과 사실

- 비유와 비교의 차이 오류, 정 교수는 방사선 위해도를 과학적으로 비교한 것
 - "베크렐이라는 방사선 방출률은 총에서 총알이 초당 몇 발 나오냐를 나타내는 것과 같은 것이고, 시버트는 총알 맞은 사람의 치명도를 나타내는 것이다. 치명도는 총알이 비비탄이냐 M16실탄이냐에 따라 다르다. 비비탄 한 발 맞으면 까딱없지만, M16 한 발 맞으면 죽을 수도 있다" 라고 설명하면 비유임

- 다양한 경로로 인체에 유입될 수 있는 방사성물질이 유발할 수 있는 건강영향(방사선 위해)을 수치화하여 해당되는 여러 방사성 물질로부터의 영향을 설명하면 비교임
 - 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 선량(유효선량, 시버트, Sv)을 사용하여 방사선에 의한 건강 영향 위해도를 표현하고 있음
 - ICRP는 섭취 등으로 유입된 방사성물질의 체내 거동(신진대사 중 에너지흡수, 체내 잔류 또는 배출 등)을 고려하여 일정기간 조직, 장기 혹은 전신에 전달된 선량을 구할 수 있도록 섭취한 단위 방사능(베크렐, Bq) 당 선량을 평가하는 내부 피폭 선량계수를 제시하고 있음
 - 정 교수가 해당 페이스북 게시물에서 월성 원전 지역 주민이 삼중수소로 1년간 0.3~0.6 마이크로시버트 선량을 받는데, 이는 한 개당 약 0.1 마이크로시버트의 선량을 준다고 평가되는 바나나 6개(혹은 멸치 1그램)를 먹을 경우와 같다고한 것은 이해를 돕기 위한 비교이지 비유가 아닌 바, 비유라는 단어를 사용하여 마치 비과학적인 설명인 양 오도하면 안됨
- 누적 피폭과 내부 피폭 산정 과정에 대한 오해
 - ICRP에서 방사성 핵종별로 제시한 선량계수는 방사성물질(핵종) 별로 가장 최신의 과학적인 체내 거동 분석 결과를 바탕으로 하여 엄밀하게 계산된 것임
 - 거의 모든 동식물은 물론 우리 몸에도 상존하는 대표적인 방사성 물질인 칼륨40을 포함해서 음식물 섭취를 통해 체내로 들어와 배출되기 까지는 모든 방사성 물질은 일정 기간 체내에 잔류할 수 있기 때문에, 해당 방사선의 강도와 체내 잔류기간을 고려하여 내부 피폭선량을 평가하고 이를 예탁유효선량이라 부름
 - 내부 피폭선량은 방사성 물질의 체내 잔류량을 고려하여 체내 유입 후 일정기간(50년 혹은 70년)에 걸쳐 해당 방사성 물질이 몸에 주는 총 선량을 의미하는 소위 **예탁유효선량**으로 표현되는데, 이를테면 일반인에 대하여 70년 예탁(유효)선량을 구하면 체내로 유입된 방사성 물질에 의한 생애선량에 근접함
 - ICRP-119¹ 보고서에서는 일반인에 대하여 방사성 핵종별로 섭취 혹은 흡입 후 예탁유효선량을 평가하는 데에 사용하는 선량계수를 제시하고 있음
 - 이 선량계수를 이용하면 표1과 같이 특정 방사성물질의 체내 유입으로 인한 예

¹ ICRP, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP-119 (2012), <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20119>

탁선량을 상대적으로 나타낼 수 있고, 사람이면 누구나 체내에 가지고 있는 방사성 물질로서 베타선과 함께 감마선을 방출하는 칼륨40(70 kg 성인 몸에서는 대략 매초 4000개 방사선이 나옴. 즉 우리 몸 안의 K-40 방사능은 4000 Bq)에 대비하면 삼중수소의 선량은 칼륨40의 0.0029 즉 1/340에 불과한데, 삼중수소 선량이 이렇게 적은 것은 삼중수소가 방출하는 방사선은 에너지가 낮은 베타선이기 때문임

표 1. 주요 방사성 핵종 특성

원소	예탁 유효선량계수 μSv/Bq	칼륨 대비	방사선 종류
삼중수소(H-3), HTO	0.000018	0.0029	베타선 (삼중수소수)
삼중수소(H-3), OBT	0.000042	0.0068	베타선 (유기결합)
칼륨(K-40)	0.0062	1	베타선(89%), 감마선(11%)
스트론튬(Sr-90)	0.028	4.5	베타선
요오드(I-131)	0.022	3.5	감마선
세슘(Cs-137)	0.013	2.1	감마선
폴로늄(Po-210)	1.2	194	알파선
우라늄(U-238)	0.045	7.3	알파선

- 바나나에는 칼륨이 풍부하여 바나나 한 개를 섭취하면 그 선량이 0.1 마이크로 시버트로 평가되므로, ICRP의 일반인 연간 선량한도인 1 밀리시버트는 바나나 1만개 섭취에 해당하는 선량임
- 멀치에는 미량이지만 해도 방사성 독성이 매우 강한 알파선을 방출하는 폴로늄210이 들어 있어 1그램의 작은 양이라도 바나나 6개 정도의 선량을 주는 것이며, 삼중수소의 폴로늄 대비 선량은 1/66,000에 불과함이 특기할 만함
- 정 교수는 진짜 원자력 전문가
 - 원자력 안전 분야 전문가인 정 교수는 KAIST의 엄격한 심사를 통과해 정년 보장을 받은 정교수로서 13년 넘게 원자력 및 양자공학과에서 교육과 연구를 통해 40여명의 원자력 분야 석박사를 배출하고 SCI 논문 60편 이상을 발표함으로써 그 실력을 객관적으로 입증한 연구자임
 - 정 교수는 자칭 전문가가 아니라 학계에서 공통적으로 인정하는 원자력 안전 전

문가로 방사선 안전 분야에 대해서도 충분한 학식을 갖고 있고, 이는 우리나라를 대표하는 ICRP 위원인 강건욱 교수(서울대 핵의학과)와 김찬형 교수(한양대 원자력공학과) 그리고 조건우 박사(한국원자력안전기술원 책임연구원)도 동의하는 바임

- 반면, 에전포가 인용하는 주요 인사는 연구실적이 충분히 입증되지 않은 소규모 사설 단체의 인사가 대부분으로 대표적인 국외인사는 영국 법원으로부터 방사선 전문가로서 증언할 수 없도록 판결을 받은 크리스 버스비이고 국내 인사도 다수 있음
- 에전포가 도움을 받았다는 관련 전문가들의 실명을 공개해야 주장의 신빙성을 확인할 수 있음

2. 방사성 물질의 자연, 인공 구분과 삼중수소 장기 내부피폭 위해도에 대한 몰이해

1) 문건 내용

- 자연 방사성 물질인 폴로늄을 섭취할 때의 피폭과 삼중수소 피폭을 동일선상에 두고 비교하면서 삼중수소의 장기 인체 내부 피폭 위험성 도외시하는 오류 범해
 - 정 교수는 바나나와 밀치에 함유된 자연계 방사성 물질인 칼륨에 의한 피폭과 삼중수소 피폭을 동일 선상에 두고 비교한 오류를 범함
- 삼중수소의 유기결합에 의한 장기간 영향 지속
 - 칼륨은 이온화되어 있는 물질이기 때문에 체내로 들어오더라도 쉽게 빠져 나가는 반면 체내 유입된 삼중수소 중 0-3%가 세포 혹은 조직 내 탄소와 결합하여 유기결합삼중수소(OBT)로 체내에 잔존하므로 상대적으로 길어진 생물학적 반감기로 인해 인체 영향이 더 장기간 지속
 - 삼중수소가 결합된 조직에 따라 영향의 정도가 다르기 때문에 유기결합 삼중수소의 정확한 인체 영향 평가가 어려운 것으로 알려져 있는데도 정 교수는 이미 의학계에 잘 알려져 있는 체내 칼륨과 삼중수소의 피폭 메커니즘 차이를 무시하고 내부 피폭의 위험성을 축소하는 오류를 범함
 - 체내에 들어온 삼중수소의 유기물화가 인체에 미치는 영향은 아직 온전하게 규명된 상태가 아니고 유효 선량 계산도 연구가 계속 이루어지면서 달라져 왔음.
 - 정교수가 방사선의 누적적 피폭과 내부 피폭의 위험성을 축소하는 오류를 범함

2) 문제점

- 인체 위해도 관점에서는 자연 방사성 물질과 인공 방사성 물질 간의 구별이 없음

에도 삼중수소가 인공적으로 만들어져 마치 더 위험한 것처럼 오인 유도

- 삼중수소는 원전 등에서 인공적으로 만들어지지만 또한 우주 방사선에 의해 대기 중에서도 만들어지는 자연 방사성 물질 중의 하나로서 빗물과 바닷물에 상존함을 간과
- 삼중수소가 극미량이라도 함유될 수 밖에 없는 식수를 음용함에 따라 인체에도 극미량이지만 상존하는 삼중수소의 건강 위해도는 정성적인 것이 아니라 정량적인 측면에서 평가되어야 함을 무시

3) 분석과 사실

- 삼중수소나 칼륨40과 같은 자연 방사성 물질과 세슘137과 같은 인공 방사성 물질은 인체에 전달된 유효선량의 총량으로 위해도를 동일선상에서 다루어야 하며, 표1에도 자연과 인공 방사성 핵종에 대한 구분이 없음
- 내부피폭이나 외부피폭 간의 위해도의 차이도 없음
 - 내부피폭이 더 위험한 것처럼 호도하고 있으나 전술한 대로 (예탁)유효선량은 방사선에 의한 건강영향(위해도)을 수치화한 것이므로 선량이 동일하면 외부피폭과 내부피폭의 위해도는 동일함
 - 외부피폭과 내부피폭은 이 선량이 인체에 전달되는 경로를 구분해서 나타낸 것 뿐임
- 이온인 칼륨이 신체에서 쉽게 배출되므로 덜 위험하다는 몰이해
 - 칼륨은 이온이라 몸에서 바로 빠져나가서 삼중수소보다 위해가 적다는 주장은 세슘의 경우와 비교해 보면 틀리다는 것을 쉽게 알 수 있음
 - 세슘도 체내에서 칼륨과 비슷한 거동을 보이는 바 이 주장은 마치 세슘도 빨리 배출되므로 위해도가 작을 것이라고 볼 수 없기 때문임
 - 세슘이건, 칼륨이건, 삼중수소건 그 핵종이 인체 내에서 신진대사 과정을 어떻게 거치느냐에 따라서 정해지는 체외로 배출되는 속도에 따라 체내 잔류량이 변화하는 것이고 이 정도를 나타내는 것이 생물학적 반감기임
 - 칼륨40의 생물학적 반감기는 30일, 삼중수소는 10일 그리고 세슘은 약 110일 정도임
- 삼중수소의 자연적 생성과 인체 유입과 상존
 - 삼중수소(반감기 12.3년)는 대기중 질소가 우주에서 오는 고에너지 중성자와 충돌하여 항상 생성되므로 지구에 자연적으로 항상 존재하는 원소 중의 하나로서 빗물 1리터당 1베크렐 즉 초당 한 개의 방사선을 낼 만큼의 삼중수소가 함유되

어 있고, 바닷물에도 리터당 0.1 베크렐이 있음

- 빗물이나 지하수에 녹아 있는 삼중수소는 삼중수소수(HTO) 형태로 인체에 들어 오므로 우리 몸에도 극미량이지만 상존함
- 국제보건기구(WHO)는 과다한 삼중수소 섭취를 제한하기 위해 음용수 삼중수소 함유 허용치를 리터당 1만 베크렐 (10,000 Bq/L)로 제한하고 있음
- 월성 지역 봉길리 우물에서 검출된 삼중수소 농도는 5년 평균치가 10 Bq/L 를 넘지 않아 빗물의 10배 수준, WHO 기준치의 1/1000 이하임
- 유기결합 삼중수소 위해도도 선량환산에 충분히 고려
 - ICRP가 선량계수를 평가할 때에 HTO의 형태로 유입된 삼중수소가 일부 유기결합삼중수소(OBT)로 전환되는 것을 이미 고려하고 있음
 - ICRP-78² 모델에 따르면 식수에 들어있는 HTO가 체내 유입될 경우 체액과 평형을 이루는 97%의 방사능은 10일의 생물학적 반감기를 갖고, 3% 정도가 OBT화 할 수 있는 바, 이중 1/2은 산화하여 반감기 10일의 HTO로 전환되고 나머지 1/2은 반감기 40일의 OBT로 남는다고 보는데 이는 보수적인 가정임
 - 삼중수소 이슈에 대해 심층 검토한 결과가 영국 건강보호국 보고서³와 캐나다 원자력규제위원회의 보고서⁴에 나와 있는 바, 체내 OBT로 전환율이 현재 3%로 가정되어 있으나 실제 결과는 1% 이하로 나오고 있음
 - 미량(0.02%)이 350일 반감기의 OBT로 전환되는 것을 고려해도 표1의 현행 환산 계수 0.000018 $\mu\text{Bq/Sv}$ 가 0.000017로 소폭 줄어들게 될 뿐으로, 이는 이미 현행 환산계수가 OBT의 영향은 충분히 보수적인 가정을 통해 평가함을 의미하며, 영국과 캐나다 보고서의 결론도 현재 평가 방법이 수정될 이유가 없다는 것임
 - 하물며 절대로 그럴 수도 없지만 모든 삼중수소가 100 % 유기결합(OBT) 형태로 존재한다고 해도 표1에서와 보이는 바와 같이 OBT에 의한 선량은 삼중수소수 (HTO) 선량에 비해 2.3배가 될 뿐임
 - 삼중수소가 OBT로 전환되어 장기간 머무기 때문에 특별히 위험하다는 주장도 사실과 다른 바 이는 삼중수소 중 오래 머무는 것도 있으나 위에서 설명한 바와 같이 이는 이미 선량평가와 위해도 평가에 고려되어 있음

² ICRP, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers_Replacement of ICRP-54, ICRP-78 (1997), https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_27_3-4

³ Health Protection Agency, Review of Risk from Tritium, 2007

⁴ Canadian Nuclear Safety Commission, Health Effects, Dosimetry and Radiological Protection of Tritium, Part of the Tritium Studies Project, INFO-0799, 2010

3. 사건의 본질을 드러낸 멸치와 바나나 대비 비교

1) 문건 내용

- 멸치·바나나 운운은 잘못된 주장일 뿐 아니라 이번 사건의 실체를 가리고 논점을 흐리는 왜곡을 가져옴
 - 이번 사건의 실체는 원전 안전체계의 허술함이 드러났다는 사실에 있음
 - 아직도 '삼중수소 누출이 어디서 발생했는가?' '지금도 누출이 일어나고 있는가?' '안전체계는 제대로 작동하고 있는 것인가?' '기존의 안전체계로 충분한 것인가?' 이러한 질문에 대한 책임 있는 답변이 전혀 이루어지지 않고 있음
 - 멸치·바나나 비유에 가려 이에 대한 사실 확인과 대응조치가 제대로 이뤄지고 있지 못함

2) 문제점

- 비반복적이며 일회적인 삼중수소 방사능 검출 사건을 기준치 18배 초과, 안전체계 허술이라는 자극적 표현으로 문제 과장
- 특히 집수정에 고인 물의 삼중수소 농도를 배출기준 농도와 비교하여 18배 초과를 강조한 것은 명백한 거짓 주장임
- 월성1호기 경제성 평가 조작에 쏠린 국민적 관심을 안전성 문제로 전환하려는 시도로 의심됨

3) 분석과 사실

- 실제로는 안전상 문제가 안됐던 삼중수소 관리
 - 이번 사건은 2019년 4월에 월성 원전 배수관 내 집수정에 고여 있던 약 2톤의 물에서 71만 Bq/L 의 삼중수소 검출이 발단이지만 당시에 배출 기준인 4만 Bq/L을 초과하여 부지 바깥으로 배출된 것이 아니고 반복되어 발생한 것이 아님
 - 주기적으로 측정하는 월성 지역 우물에서 검출된 삼중 수소는 5년 평균치가 10 Bq/L 를 넘지 않는 미미한 양으로 월성원전에서 지속적인 삼중수소 누출이 있었다고 볼 수 없는 실측 데이터 증빙이 있음
 - 집수정에 고인물에 삼중수소 농축 원인은 아직 명시적으로 밝혀지지 않았지만 과거 중수 누출 사고가 있었던 점을 감안하면 일시적으로 발생할 수 있는 문제임
 - 물론 원인 분석과 재발 방지 조치가 필요하지만 그 농도가 심각하게 높지 않고,

일회성으로 그쳤기 때문에 중대한 문제로 간주할 필요는 없었던 것이나 반핵측에서는 기준치 18배 초과 등 선동적인 연사로 사건을 과장함

● 과민 반응을 잠재운 멸치와 바나나 비교

- 정 교수는 미량의 삼중수소에 의한 월성 주민의 신체 위해도가 연간 바나나 6개를 섭취한 정도에 불과하다는 사실을 알기 쉽게 설명함으로써 여당 대표까지 언급하여 확산될 뻔한 과민반응에 의한 불필요한 사회적 삼중수소 논란을 조기에 차단하였음
- 따라서 정 교수의 감각적인 비교는 위험 과장을 통해 논란을 확산시키고자 했던 사건의 본질을 드러냄

III. 결어

정 교수는 삼중수소 위해에 대한 알기 쉽고 적절한 비교를 통해 교묘히 의도된 월성 원전 안전성 논란의 확대를 불식시켰다. 삼중수소가 유기결합 형태로 체내에 장기 잔류함으로써 칼륨보다 더 큰 위해를 끼칠 수 있다는 예전포의 주장은 사실이 아니다. 정 교수는 원자력 안전과 방사선 분야에서 충분한 지식과 경험을 갖고 있는 전문가로서 과학적 사실에 입각한 견해로 위험 과장의 선동에 휩쓸려 불필요한 우려와 혼란에 빠질 뻔한 여론을 바로 잡았다. 예전포는 사실이 아닌 주장과 연사로서 양심적이고 용기 있는 학자의 입에 재갈을 물리려는 핍박과 방사선 위험을 침소봉대하여 국민을 오도하려는 시도를 멈춰야 할 것이다.