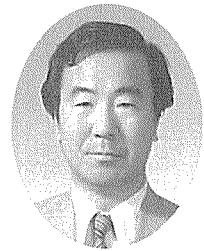


“線量懷舊解析

(Retrospective Dosimetry)”을

아십니까?



전 재 식

충남대학교 물리학과 교수

프롤로그

1994년 가을에 에스토니아의 탈린(Tallinn)시 근교 키이사(Kiisa) 마을의 한 가정집 부엌에서 강한 Cs-137 선원이 발견되는 극적인 사고가 발생하였다.1) 이 사고는 동년 10월 21일 이 집에 사는 한 사람을 포함한 3형제가 쓸모 있는 금속을 훔쳐서 팔 목적으로 탈린에서 약 20km 떨어져 있는 타미쿠(Tammiku) 방사성폐기물저장고에 침입하면서 시작되었다. 이들이 그 금속들을 훔치고 있는 동안 한 금속봉치로부터 방사선원이 떨어져 나왔으나 그것이 선원인 줄은 물론 몰랐다. 그것은 지름이 약 1.5cm에 길이가 3cm 정도 되는 적은 원통형 금속 물체였다. 이들 중 한 사람(A)이 이것을 자기 윗도리의 호주머니에 넣고 다음날 아침 키이사(탈린에서 약 30km)의 자기 집에 돌아와 선원을 넣어둔 윗도리를 현판의 옷걸이에 걸어놓고(일설에 따르면

윗도리도 벗지 않은 채) 별로 좋지 않은 기분을 느끼면서 침대에 누웠다. 이 사람은 급성 방사선 장애로 말미암아 10월 25일 입원하여 11월 2일 사망하였다. 그러나 진단 결과는 신장 기능 부전이 사인인 것으로 나왔고 선원에 관하여서는 아무도 모르고 있었다. 이 사망자 A 외에 이 집에는 그의 처(B), 열 세살 난 의붓아들(C) 그리고 그의 노모(D) 등 세 사람이 함께 살고 있었다. 11월 9일 아들(C)이 자전거를 수리하였는데, 조서에 따르면 그 이전에 이 소년이 우연히 문제의 윗도리 주머니에서 선원을 발견하고는 그것을 공구상자에 넣어 부엌 구석에 갖다 두었다고 한다. 11월 17일에 이 소년도 입원하게 되었는데 손에 심한 화상을 입고 있었다. 이것은 방사선 장애로 판단되어 경찰에 알리게 되었고 11월 18일 구조기관의 조사로 부엌의 공구상자에서 선원을 발견하게 되었다. 이 선원은 1m에서 약 20R/h의 선량률을 나타내는 멸균용 Cs-137 선

원으로 확인되었으며 후에 본래의 폐기물 저장소에 다시 찾아낼 수 없도록 영구 매장처리 되었다고 한다.

사고선량회구해석

1. 본인이 알지 못하는 사이에 일어난 이와 같은 방사선 사고의 경우, 첫째, 이 사람은 어느 정도의 방사선량에 피폭되었기에 사망에 이르렀는가? 둘째, 사망자가 가져다 놓은 선원 때문에 그 집에 같이 살던 사람들은 얼마나 방사선에 피폭되었는가? 셋째, 피폭된 방사선량을 어떻게 알아낼 것인가? 등이 가장 시급하게 떠오르는 의문이 될 것이다. 무엇

보다 세 번째로 제기된 피폭선량의 측정과 해석 방법이 제일 먼저 찾아져야 할 과제인 것이다. 이와 같은 일련의 작업, 즉, 방사선 측정장치가 전혀 사전에 설치되어 있지 않은 곳에서 예측하지 못하였던 방사선 피폭사고가 난 후에 (이와 같은 사고는 단시일 내에 일어날 수도 있고 장기간에 걸쳐 서서히 발생할 수도 있다) 사고 경로와 경과를 추적하여 방사선량을 측정하고(retrospective dosimetry) 이를 재평가 해석하는 작업(dose reconstruction)을 통틀어 “선량회구해석”이라고 번역해 보았다.

2. 다시 키이사 마을의 사고 현장으로 돌아가 본

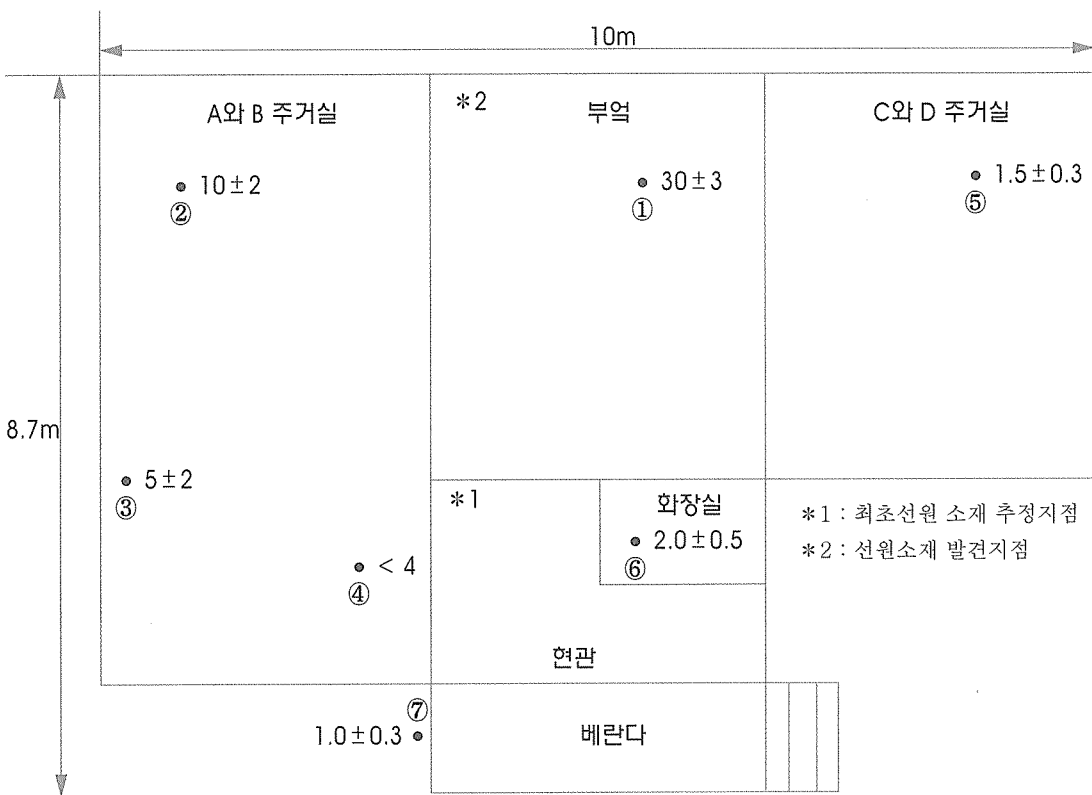


그림1. 키이사의 사고현장 평면도 및 방사선 측정시료 채취지점과 회구해석 선량(Gy)

다. 우선 사고 현장인 집에 사는 가족들의 말이 제각각 이어서 가족들이 받은 방사선량을 계산으로 정확히 알아낼 수는 없었다. 선원으로부터의 선량을 대략적인 값으로만 추정할 수 있었고 피폭된 가족들로부터 채취한 혈액을 이용한 생물학적 선량 측정방법으로 전신 피폭선량을 대략 알아낼 수는 있었다. 그러나 이 선량의 축적율을 알 수가 없었으며 선량 그 자체의 검증도 필요하였다. 그 집을 방문했던 이웃들과 같이 덜 피폭된 사람들 개개인의 피폭선량도 알 길이 없었다. 사실 이와 같은 방사선 피폭사고 현장에서는 여러 가지 물질들을 선량회

구해석을 위한 방사선량 측정용 검출소자로 채취하여 사용 할 수가 있다. 예컨대 꽃병, 재떨이나 그릇, 전구 소켓트 같은 도자기류, 화분 같은 토기류, 벽돌, 기와 등은 열형광(thermoluminescence-TL) 측정 방법에 의한 방사선량 측정의 훌륭한 검출소자로 쓰일 수 있으며 가정상비 약품류나 설탕 등 조미료와 같은 유기물질 등은 전자스핀공명(electron spin resonance-ESR) 측정법으로 선량을 측정하고 해석하는데 좋은 소재가 되고 있다.

3. 예상치 못했던 방사선사고로 풍지박살이 난

표1. 사고 현장 방사선량 회구해석 결과

측정시료 채취지점	측정시료	선원(*2)으로부터의 거리(m)	계산선량 (Gy)	회구해석선량 (Gy)
①	화분	2.0	29.5	30±3
②	화분	3.2	12.0	10±2
③	화분	4.7	5.3	5±2
④	화분	6.0	3.2	< 4
⑤	설탕	6.1	3.1	1.5±0.3
⑥	벽돌	5.3	—	2.0±0.5
⑦	화분	8.1	—	1.0±0.3

표2. 사고 가정 가족피폭선량(생물학적 측정결과)

지정명	가족관계	피폭선량(Gy)
A	남편(25세), 사망	전신 : 40 부분 최고 : 180
B	부인(35세)	1
C	소녀(13세)	3.6
D	노모	4

키이사의 사고현장에서도 이와 같은 물질들이 실제로 선량회구해석에 사용되었다. 참고로 사고 가정의 평면도와 측정소자의 채취 지점별로 측정된 선량들의 일부를 표시해 보면 그림 1과 같았으며 사용한 시료와 선원-선량측정지점간 거리등은 표 1에 표시한 바와 같았다고 한다.

이들 가족에 대한 생물학적 선량측정 결과는 표 2에 나타낸 바와 같았다고 한다.

이 결과를 보면 부인(B)의 피폭선량이 가장 적은 것을 볼 수 있는데 이 부인은 이 집에서 잠만 잤으며 그녀의 침대는 그림 1의 과 지점 사이에 있었고 이 부인은 이 방에 하루 6.5에서 7시간밖에 머물지 않았다고 한다. 그녀의 남편이 입원하기 전에 이틀 밤을 그 남편 곁에 있었다고 하는데 만일 선원이 남편의 윗도리 주머니에 그대로 있었다면 그녀는 더 많은 방사선량에 피폭되었을 것이다. 한편 소년(C)은 자전거를 고치는 동안 선원이 들어있는 앰플에 직접 접촉을 하게 됨으로서 손에 심한 국부적 선량을 받게 되었고 그 소년이 받은 대부분의 전신 선량은 식사 전에 공구상자 근처의 식탁에 앉아 매일 저녁 4~5시간 동안 A-B 주거실의 지점 근처에 놓인 TV를 보면서 받은 것과 C-D 주거실 지점 근처에서 하루 8시간씩 자면서 받은 것으로 나타났다. 노모는 하루 3시간 정도를 빼고는 거의 대부분을 집에서, 낮에는 부엌에서 밤에는 C-D 주거실에서 지냄으로서 4Gy라는 사망자를 제외하고 가장 높은 선량을 받았음이 판명되었다. 이렇게 하여 발견된 감마선원은 대부분의 시간동안 부엌에 있었고, 이 집의 세 가족이 받은 선량은 모두 선원이 부엌에 놓여 있는 동안에 받은 것으로 일차적인 결론을 도출할 수가 있었다고 한다.

에 필로 그

선량회구해석은 이미 오래 전부터 히로시마와 나가사키에 투하된 원폭의 후유 선량을 추적 해석하는 것에서 시작되어 그 일차적 결과가 1968년에 속칭 T65D(Tentative 65 Dose)로 알려진 보고서²⁾로 나왔고 이를 보다 광범위하게 재평가 한 것이 1987년에 DS86 (Dosimetry System 86)으로 알려진 2권의 보고서³⁾로 나왔다. 20세기 후반의 냉전체제가 해체된 최근에는 구 소련의 핵무기용 Pu 생산 시설이었던 우랄지방 첼리야빈스크지역의 마야크 회사 근처의 테카강을 중심으로 한 주변의 심각한 방사성 오염과 체르노빌 원전 사고에 의한 후유선량을 추적 평가하기 위한 대규모의 선량회구해석 작업이 독일 등 서구 선진국들의 참여로 이루어지고 있고^{4~6)} 미국에서도 과거 핵실험장이었던 네바다 사막지역, 마살군도 등을 비롯하여 역시 핵무기 관련 시설이었던 오크릿지 보전구역, 록키 분지 지역, 햄포드 지역과 컬럼비아강 유역 등에 대한 선량회구해석을 위한 대규모 프로젝트를 수행하고 있다.^{7,8)}

이와 같은 선량회구해석에 동원될 수 있는 기법은 여러 가지가 있을 수 있다.^{9~13)} 앞에 언급한 TL 측정방법, ESR 측정방법 외에도 화학형광(Chemiluminescence-CL) 측정방법, 광자극형광(Optically stimulated luminescence-OSL) 측정방법 등 선량 측정소자 물질의 종류와 성질에 따라 다양한 기법이 사용될 수 있다. 이러한 기법들은 특히 사고지역의 환경선량을 평가하는데 유용할 뿐아니라 피폭자 개개인의 경우도 생물학적 선량평가를 굳이 하지 않더라도, 또는 생물학적 선량을 검증하기 위하여서라도 그들의 소지품 등을 이용하면 매우 유용한 방법으로 채택될 수 있다.

현재 국내의 방사선량 측정해석(dosimetry)분

야의 연구 인력 자체가 절대 소수에 머물러 있어 이
 방면 연구가 전혀 없었던 상황에서 부분적으로나마
 연구가 시작된 바는 있었으나^{14,15)} 현재는 그마저 중
 단되어 전무한 것이 현실이다. 누군가 관심을 가지

고 이 분야의 연구를 시작하여 만약의 사고에 대비
 할 수 있는 기반을 마련하기 바라는 마음 간절하다.
 방사선 사고도 다른 모든 사고와 마찬가지로 일어
 난다면 예고 없이 일어날 것이기 때문이다. **KRIA**

참 고 문 헌

- 1) G. Hutt, L. Brodski and V. Polyakov ; Gamma-dose assessment after radiation accident in Kiisa(Estonia): Preliminary results(unpublished 1996)
- 2) R. C. Milton and T. Shohoji; Tentative 1965 radiation dose estimation for atomoc bomb survivors, Atomic Bomb Casualty Commission Technical Report 1-68 (1968)
- 3) W. C. Raech ed. ; US-Japan joint reassessment of atomic bomb radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki 2 vols., Radiation Effects Research Foundation (1987)
- 4) A. V. Akleyev and E. R. Lyubchansky ; Environmental and medical effects of nuclear weapon production in Southern Urals, Sci. Total Environ. 142, 1~8 (1994)
- 5) W. Burkart ; Radioepidemiology in the aftermath of the nuclear porgram of the former Soviet Union: unique lessens to be learnt, Radiat. Environ. Biophys. 35, 65~73 (1996)
- 6) G. Voigt and H. G. Paratzke, Scientific recommendations for the reconstruction of radiation doses to the reactor accident at Chernobyl, Radiat. Environ. Biophys. 35, 1~9 (1996)
- 7) Health Phys. 71(4), special ed. of dose reconstruction (1996)
- 8) Health Phys. 73(1), S. L. Simon and R. J. Vetter ed., special ed. of conseq. of nucl. test in Marshall Islands (1997)
- 9) E. H. Haskell ; Retrospective accident dosimetry using environmental materials, Radiat. Prot. Dosim. 47, 297~303 (1993)
- 10) E. H. Haskell ; Accient dosimetry using environmental materials: The role of thermoluminescence, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 21, 87~92 (1993)
- 11) L. Botter-Jensen and S. W. S. Mckeever ; Qptically stimulated luminescence dosimetry using natural and synthetic materials, Radiat. Prot. Dosim. 65, 273~280 (1996)
- 12) W. L. Mclaughlin ; ESR dosimetry, Radiat. Prot. Dosim. 47, 255~262 (1993)
- 13) L. Heide and W. Bogl ; Chemiluminescence dosimetry of acciental gamma and X ray exposures with solid substances, Radiat. Prot. Dosim. 19, 35~41 (1987)
- 14) 전재식, 채하석, 이종욱 ; 사고선량회귀해석 체계 확립 연구, KINS/HR-221, 한국원자력안전기술원(1998)
- 15) 전재식, 채하석, 이종욱 ; 사고선량회귀해석 체계 확립 연구(Ⅱ), KINS/HR-265, 한국원자력안전기술원(1999)