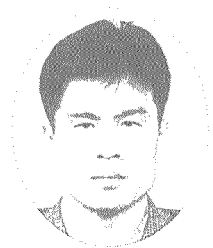


「제6차 고선량 자연 방사선과 라돈지역에 관한 국제회의 (6th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas)」를 다녀와서



김희선

방사선 보건 연구원
방사선역학연구팀

2004년 9월 6일(월)부터 10일(금)까지 「고선량 자연 방사선과 라돈지역에 관한 국제 회의」가 일본 오사카의 긴키대학에서 개최되어 참가하는 기회가 있었다. 고선량 자연 방사선 물질에 대한 국제학회가 1975년에 브라질에서 처음으로 개최되고, 4년 간격으로 고선량 방사선 지역을 돌아가면서 연구성과를 발표하여 왔다고 한다. 금번 회의는 제6차대회로서 국제적으로 저명한 214명의 학자들이 참가하여 크게 두개의 분야로 구분하여 그동안 축적된 연구결과를 토론했다.

회의 전반 3일간에는 라돈과 딸 핵종의 검출법, 선량평가 방법 그리고 이것들이 인체에 미치는 위험도에 대한 보고가 있었다. 후반 이틀간에는 자연적으로 선량이 높게 관찰되는 지역인 인도의 케랄라(Kerala), 이란의 람사(Ramsa), 중국의 광둥지역에 거주하는 주민들을 대상으로 수행한 염색체이상 및 암 발생에 대한 종합적 토론이 이루어졌다. 또한, 우주 방사선이 우리들 생활권에 미

치는 영향과 구소련 원자력발전소 폭발지역의 방사선(능) 및 거주 주민에게서 관찰되는 인체영향에 대한 연구결과가 고선량 자연 방사선 분야에 포함되어 발표되었다.

특이하게도, 자연 방사선량과 원자력 발전소를 포함한 방사선 작업자의 피폭선량을 고려하여 저선량 방사선 조사시설을 구축하고 마우스를 실험동물로 암 발생, 수명연장, 염색체이상에 미치는 영향에 대한 연구결과가 발표되어 많은 연구자의 관심을 끌었는데, 1990년에 발표되어 세계적으로 방사선 방호 정책에 널리 이용되고 있는 국제 방사선방호 위원회(ICRP) 권고안 60의 200 mSv이하 선량의 생물학적 영향을 염두에 둔 보기드문 연구결과였기 때문이 아닌가 생각이 들었다.

1. 환경 방사선역량(리돈) 분석

금번에 발표된 주제 가운데 환경 방사성 물질인 라돈에 대한 신속한 평가방법 개발과 그

해외 탐방

것의 활용방법이 전반 이틀간에 발표되었는데 구분하여 정리하면 다음과 같다. 계절, 온·습도, 건축물의 구성물질과 관련된 라돈 및 관련 딸 핵종의 동태와 검출법 개발, 고선량 자연 방사선 지역 환경과 사람 신체내 라돈 딸 핵종 (Po-210과 Pb-210) 분석, 공기내 환경 방사성핵종의 단기적 분포와 자연 누적 방사선 선량에 대한 평가결과가 동시에 보고되었다. 국내에서도 한국원자력안전기술원에서 국내 라돈 분포를 지역 및 계절적으로 구분하여 발표하여 많은 질문을 받았는데 외국에 비교하여 높은 연구수준임을 알 수 있었다. 즉, 라돈과 그의 딸 핵종의 자연 환경내 동태 및 그것과 관련된 인자들을 해석함으로써 인체에 미치는 영향을 효과적으로 차단할 수 있는 방법론적 개발을 위한 기반 자료의 확보라고 정리할 수 있었다.

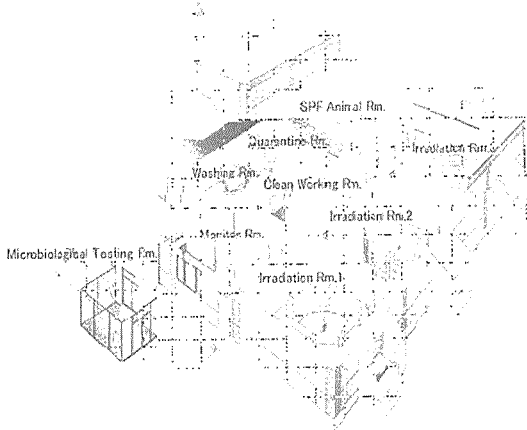
2. 방사선역학 및 방호

일본내 잔존 라돈과 어린이 백혈병 발생 관련성에 대한 역학적 연구결과가 일본 방사선의학총합연구소 (NIRS)의 요시나가 박사에게 의해서 발표되었다. 또한 인디아, 케랄라 지역의 폐암 발생, 독일내 과거 우라늄 광산 지역에 있어서 라돈 상태와 식수공급 시설내 라돈농도 및 피폭정도 조사에 대한 보고가 있었다. 아울러, 고농도 실내 라돈으로부터 어떻게 사람을 보호할 수 있고 방법을 어떻게 주민들에게 전달할 것인가에 대한 연구결과가 이탈리아 나폴리 대학의 Sabbarese 박사에게 의해서 이루어졌다. 아울러 패널토론에서는 라돈과 토론에 대한 선량평가법에 대한 집중적 토론이 있었는데, 라돈에 대한 토론

의 상대적 계측과 선량평가, 라돈에 대한 선량평가와 인체에 대한 위험도 추정시의 활용, Rn-220 계측장비를 활용한 측정방법 등에 집중되었다. 종합하면 환경내 방사성 물질 가운데 하나인 라돈이 인체에 미치는 영향 가운데 대표적인 백혈병과 폐암의 역학적 연구를 통하여 어떻게 하면 인간을 안전하게 보호할 수 있을까 하는 방법론적 관심의 유도였다고 할 수 있었다.

3. 고선량 자연 방사선 지역 주민에 대한 방사선생물학 및 유전학적 연구

먼저 중국 광둥성 고선량 자연 방사선 지역 주민을 성, 연령, 흡연정도를 변수로 하여 구분한 다음, 림프구 염색체이상 빈도를 중국 질병관리센터 (Chinese Center for Disease Control)와 일본의 NIRS가 공동으로 조사하였다. 간단하게 설명하면 먼저 고선량 자연 방사선 지역에 거주하는 주민들에게 개인용 전자선량계 (Aloka PDM-101)를 24시간, 열형광 선량계를 2개월 동안 착용케 하고 피폭선량을 대조지역과 비교하였는데 3 ~ 5배 정도 높게 관찰되었다. 이 물리학적 피폭선량을 바탕으로 말초혈액내 림프구내 이동원과 환상형 염색체(불안정형 염색체이상 지표)와 염색체간의 전좌 (Translocation, 안정형 염색체이상 지표) 빈도를 지표로 자연 방사선의 영향을 관찰한 것이다. 결과적으로 연령의 증가에 따라서 누적선량 뿐만 아니라 이동원과 환상 염색체이상 빈도가 증가 되었으나 발단선량은 관찰할 수 없었다. 그러나 발암 가능성 평가지표로 활용되는 염색체간의 전좌의 출현 빈도는 고선량 자연 방사선 지역이나 대조지



(그림 1) 일본 환경과학기술연구소 저선량 조사시설(Cs-137)

요한 기초자료로 활용 될 수 있다고 생각한다. 또한 누적선량 0.4 Gy(1 mGy/일)에 도달하기 전에는 마우스 수명에 영향을 주지 않는다고 보고하였는데, 이 결과는 이미 국제 방사선 방어학회지에 투고되었으며 ICRP의 새로운 권고안이나 이것을 바탕으로 확립되어 활용되고 있는 방사선 방호체계를 지지한다고 볼 수 있다.

또한, 마우스를 이용한 실험과 동시에 마우스 허파 세포주에 감마선(선량율 : 0.1 ~ 10 cGy/시간, 선원 : Co-60)을 조사한 후 아포토시스 관련 신호전달 유전단백질을 관찰한 결과, 선량율 0.1 ~ 1 cGy/시간과 5 cGy/시간(CCNG1/cyclin G1, MDM2, CDKN1A/p21)에서 세포반응이 명확히 구별됨으로써 ICRP 권고안 60에서 외삽하여 해석하고 있는 10 cGy이하 저선량 영역에 대한 연구 확대 필요성을 인지 할 수 있었다.

가. 일본 전력중앙연구소, 저선량 방사선연구센터 발표

저선량 방사선에 의한 생물영향 연구를 수행하고 있는 일본 전력중앙연구소, 저선량 방사선 연구센터의 노무라와 사카이 박사에 의해서 발표된 저선량 방사선에 의한 당뇨병 발생 억제효과는 호메시스 이론에 입각한 연구결과의 의료 및 산업적 적용가능성을 언급한 것이라고 할 수 있다(그림 2). 이들은 당뇨병 발생 모델 마우스에 0.35, 0.65, 1.2 mGy/시간의 선량율의 감마선을 2주정도 조사한 후 혈액과 오줌내 포도당 및 인슐린 농도의 변화를 지표로 저선량 방사선 효과를 비교하였다. 또한, Ohtsuka 박사는 저선량 방사선의 영향을 단세포 알칼리 전기 영동법(Comet법)에 의하여 해석하였는데 누적선량 1 cGy부터 선량-반응식을 확립함으로써 이 방법에 의해서 현재까지 검출할 수 있는 최저 DNA손상도 평가법이 아닌가 하는 생각이 들었다.

나. 그 밖에 인도의 Kale박사가 방사선 분할 조사에 의한 적응응답, 이란의 Farideh 박사가 고선량 자연 방사선 지역주민에 대한 면역반응 관련 호르몬의 변동에 대한 발표가 있었다.

5. 우리나라의 저선량 방사선 영향 연구 현황 및 향후 방향

국내에서 방사선의 인체영향에 대한 연구를 수행하는 대표적인 연구기관으로서 원자력과학원을 들 수 있으나 자연 준위 정도의 방사선에 의한 인체영향을 연구하는데 있어서



(그림 2) 저선량 방사선 동물조사시설 (일본 전력중앙 연구소, 저선량 방사선연구센터)

선량율의 확보가 어려웠기 때문에 (0.11 ~ 5.4 Gy/분) 생물영향을 제대로 규명하기에는 한계가 있었다.

국내 학회나 잡지를 통하여 발표된 낮은 선량 방사선을 이용한 생물학적 영향에 대한 연구를 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 이와 강등이 2003년 10월 22일에 원자력의학원에서 개최된 저선량 방사선 기초영향 연구 워크숍³⁾을 통하여 10 cGy선량에 대한 인체세포 반응을 보고한 바 있다. 또한 배⁴⁾ 등이 2003년 춘계 방사선방어학회를 통하여 1 cGy와 1 Gy(선량율 : 0.11 Gy/분) 선량에 반응는 유전자를 세포대사 (Phosphoglycerate외 2종), 세포주기 (p53R2, Calcyclin, Galectin3), 아포토시스 (BAD, BAD, BAK외 3종), p53 관련 (PGAM1, BID외 3종)하여 구분하여 보고하였다.

2001년부터 과학기술부, 원자력중장기 의 학분야 연구과제로서 동위원소 표지화합물


합성 및 영상화 연구, 방사선 치료 표준화 기반기술 개발, 싸이클로트론 및 양성자 단층촬영기 이용기술개발, 방사선 유전자원 발굴 및 응용 기술 개발, 방사선 유전자원 대량 발굴 및 시스템 개발, 방사선 유전자원 통합 네트워크 개발, 방사선 유전자원 응용 기술개발 연구가 수행되고 있어서 금년 오사카에서 개최된 회의 내용을 고려할 때 그나마 다행이 아닐 수 없다. 그러나 방사선을 이용한 질병 진단 기법 및 반응하는 유전자 발굴에 관심이 집중됨으로써 저선량(율) 방사선이 인체에 미치는 영향을 해석하려는 것과는 다소 차이를 보인다. 또 다른 원자력중장기 연구과제로 방사선 관련 암 기초 연구, 인체 정상조직의 방사선 영향조절 기술 개발, 방사선 손상 조직 회복기술 개발, 방사선 치료효과 증진제 개발과 저선량 방사선에 대한 생물학적 영향 연구라고 할 수 있는 방사선과 비방사선의 영향 차별화 및 생체방어 기술 개발, 방사선 생물학적 지표개발에 대한 연구가 진행되고 있으나, 저선량을 조사시설이 확보되어 있지 않기 때문에 10 cGy이하 저선량 영역 방사선에 대한 생물학적 반응연구는 근본적으로 불가능한 실정이라고 볼 수 있다.

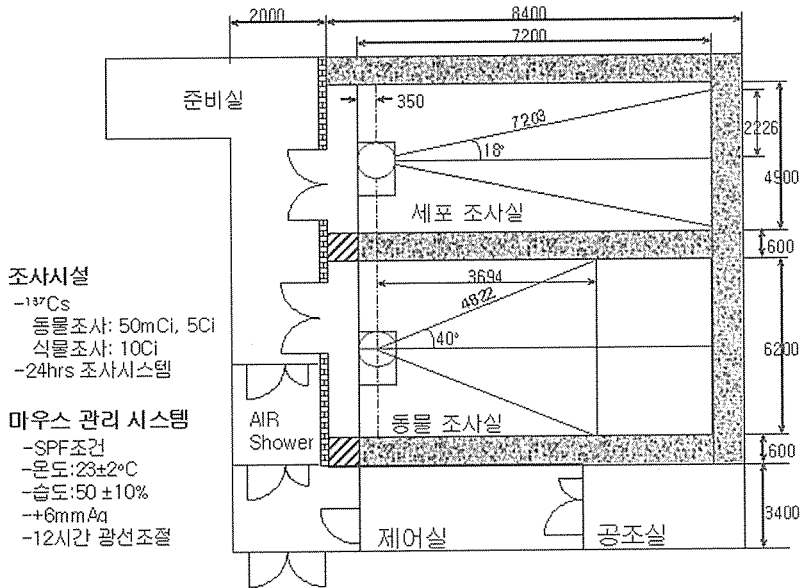
다행히도 금년 12월에 방사선보건연구원 (원장, 김종순)⁵⁾에 특정 병원균 부재된 (SPF, Specific pathogenic free) 저선량 방사선 조사시설(선원 : Cs-137, 선량율 : 0.005 ~ 50 mGy/시간)이 국내에 최초로 구축됨으로써 그동안 수행 할 수 없었던 낮은 선량의 방사선에 의한 마우스 및 세포 수준에서 각종 반응을 관찰 할 수 있게 되었다(그림 3). 또한, 본 저선량 조사시설이 마련됨으로서 가능한 낮은 선량의 방사선에 대한 생물학적 영

해외 탐방

향 연구를 세계적 수준으로 끌어 올림과 동시에 ICRP의 새로운 권고안에 대한 과학적 자료 축적을 통한 신뢰도 높은 대응을 할 수 있게 되었다.

이 시설을 이용하여 수행할 수 있는 연구로

서 암 발생, 면역 활성화, 기형 및 돌연변이 발생, 세포 성장 및 관련 단백질 활성화, 적응응답, 아포토시스, 질병억제 연구 등을 들 수 있으며, 관련 연구자의 관심이 있었으면 하는 개인적인 소견이다. 



〈그림 3〉 방사선보건연구원 저선량 동물/세포 조사시설

참고논문 및 자료

- 1) 일본 환경과학기술연구소 홈페이지 : <http://www.ies.or.jp>
- 2) 일본 전력중앙연구소, 저선량 방사선 연구센터 : <http://criepi.denken.or.jp>
- 3) 저선량 방사선 기초 영향 연구 Workshop, 원자력의학원, 2003.
- 4) 배상우, 전소희, 고연아, 신순혜 등. 대한방사선방어학회 춘계학술발표회 및 심포지움 8-11.
- 5) 방사선보건연구원 : <http://www.rhri.re.kr>