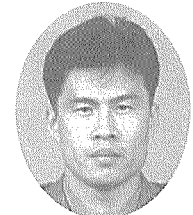


일본 방사선의학 총합연구소 저선량 영향 연구 시설 방문기



김 희 선

한국수력원자력(주) 방사선보건연구원
수의학 박사

지난해 일본 지바시에 위치한 방사선의학총합연구소(이하 방의연)를 방문하였다. 방의연은 방사선 생명과학을 연구하시는 분들에게 새삼 설명 할 필요가 없는 국제적 규모의 연구소라고 생각한다. 그러나, 잘 모르시는 분들을 위하여 간략히 언급하고 금번 필자의 방문목적인 [저선량 영향 연구시설]에 대하여 설명을 드리고자 한다.

방의연은 방사선 영향의 해석과 장해발생의 방지 및 방사선의 의학적 이용을 목표로 1957년에 설립되었다고 한다. 그 동안 방사선 물리, 화학, 생물, 의학, 환경을 포함한 폭 넓은 분야에 걸쳐서 일본 방사선 영향연구의 중심적 역할을 해 왔다. 창립 후 과학기술청 산하 국립연구소로서 유지되어 오다가, 2001년 4월에 독립행정법인으로 되었다고 한다. 이미 과거의 일이 되었지만, 1999년 9월에 일어났던 도카이무라의 JCO 임계사고 시, 방의연이 긴급피폭 의료에 있어서 중심적 역할을 수행하였던 기억이 필자에게 강하게 남아 있다. 당시 필자도 방사선 피폭환자의 피폭선량을 추정하기 위해서 각종 실험을 수행함과 동시에 동경대학 의과대학을 날마다 방문하여 환자의

시료를 수집하고 운반하였던 기억이 뚜렷이 남아 있다. 이 방의연에서 임계사고 후 국가적 차원에서 [중성자선 생체영향연구]가 진행되고 있다. 또한, 환경 방사선, 방사선 및 의료작업 종사자의 피폭선량 및 선량률을 고려하여 [저선량 감마선 조사시설]을 만들고, 현재 실험동물을 이용한 연구가 이루어지는 단계에 이르렀다. 필자가 이 시설을 방문하게 된 이유는, 필자가 근무하는 한국수력원자력(주) 방사선보건연구원(원장: 김 중순)에 국내 최초로 [저선량(률) 동물 및 세포 세포조사시설]이 만들어졌고, 동물과 세포를 이용한 저선량 인체 영향 실험이 가능한 단계에 이르렀기 때문에 최종적 점검과 공동연구 협의가 목적이었다.

방사선안전연구 센터

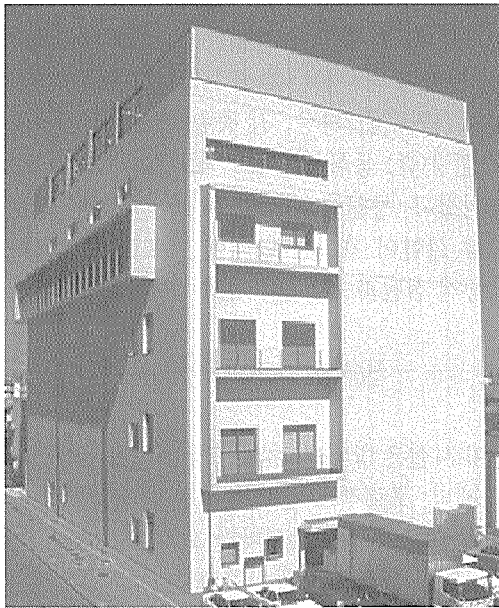
이 시설은 방의연 조직 구성상 방사선안전연구 센터, 프로젝트 연구부가 관리하고 있었다. 프로젝트 연구부는 시마다 요시야(島田義也) 박사를 중심으로 동물실험과 분자생물학 연구를 담당하는 연구원들로 구성되어 있었다. 그 이외에 대학에서 파견된 외과의사와 약 10명

헤이탐방

의 연구보조원이 단독 또는 협조해 가면서 화기애애한 분위기속에서 연구를 진행하고 있었다. 이 연구시설 전반에 대하여 시마다 박사의 안내를 받았다.

이 연구시설의 명칭은 [저선량 영향연구동]이라고 불렸으며, 방의연의 정문을 들어서면 좌측에 위치하고 있었다 <그림 1>. 지상 5층, 지하 1층의 건물로서 지하1층에는 중성자조사실 및 저선량 감마선 연속조사실, 1층에는 가속기실, 고선량을 감마선 조사실, 동물사육용 기자재 세척 및 멸균실, 3층에는 마우스 사육실, 4층에는 연구실 및 실험실이 배치되어 있었다. 5층에는 기계실이 위치하고 있었다.

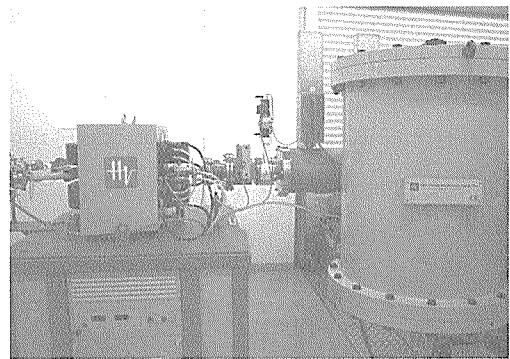
건물의 외관이 높게 보였는데, 이것은 1층에서 3층까지 천정에 배관을 설치하기 위하여 공간을 충분히 확보하였기 때문이라고 생각되었다. 만약에 일상적으로 계단을 사용하게 되면 통상의 2배 이상 오르락 내리락 할 것 같았다.



<그림 1> 방사선의학융합연구소, 저선량 영향 연구동

중성자선 조사시설

이 건물의 1층에 위치하는 정전가속기 <그림 2>에서 양자나 중양자를 수평방향으로 가속한 후 아랫방향으로 변화시키고 나서 Li나 Be를 타겟으로 충돌시켜 중성자를 얻는다고 하였다. 다시 말해서, 천정으로부터 빔을 바닥 아래 부분(지하1층)에 위치하는 중성자조사실로 하강시키는 형태라고 생각하면 쉽게 이해할 수 있을 것 같다. 가속기의 (터미널) 전압은 2MV까지 상승이 가능하고, 입자를 4MeV까지 가속해 Be를 타겟하는 경우에는 2MeV를 중심으로 한 감마선의 혼입이 적은 중성자선을 발생시킬 수 있다 했다. 빔의 방향을 결정하는데 있어서 차폐효과를 상당히 고려한 느낌이 들었다.



<그림 2> 중성자 조사장치 (가속기)

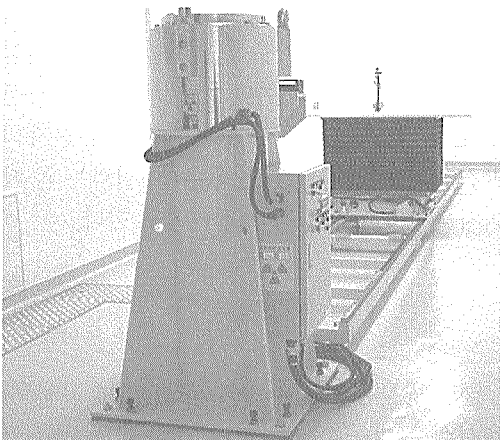
한층 아래에는 조사실이 두개가 있었는데, SPF 환경 (특정 병원균이 오염되지 않은 환경을 뜻하며 매우 청정한 상태를 뜻함)을 유지한 채로 조사할 수가 있다고 하였다. 이 조사실에서는 전용 엘리베이터가 설치되어 있어, 2층 및 3층에 있는 동물사육실로부터 SPF상태를 유지한 채로 동물을 이동할 수가 있다고 한다.

해의탐방

또한 외부로부터 유입된 동물에 대해서도 조사가 가능하게 배려되어 있었다. 직경 20Cm의 조사범위를 확보하고 마우스의 경우, 동시에 12마리를 분당 50mGy정도의 선량률로 조사가 가능하다고 하였다.

감마선 조사시설

중성자선을 포함해 성질이 다른 방사선이 생물에 미치는 정도는 감마선의 효과와 비교한 생물학적 효과비 (RBE)라고 하는 지표로 표현한다. 이 실험시설에는 감마선으로서 111GBq과 1.11TBq, 두 종류의 Cs-137을 장착한 감마선연속조사실이 설치되어 있었다 <그림 3>. 이 조사장치는 빔의 폭을 조정함으로써 방사선의 영향에 대한 연구뿐만 아니라 선량계의 교정에도 사용이 가능하다고 하였다. 또한, 신체에 들어온 방사성핵종에 의한 내부피폭을 컴퓨터로 시뮬레이션이 가능하게 설계되었다고 한다. 이 밖에 높은 선량률로 조사하기 위한 장비인, 감마셀(Cs-137, 115TBq)이 SPF시설 안에 설치되어 있었다.



<그림 3> 저선량 조사 장치

동물사육관련 시설

동물사육실은 2층과 3층에 위치하고 있었다. 2층을 랫트용, 3층을 마우스용으로 구분하고 있었는데, 전체가 SPF 환경이었다. 3층에 좁고 길게 설계된 사육실이 4개 있었는데, 총 10,000마리 이상의 마우스와 3,000마리의 랫트가 동시에 사육이 가능하다고 하였다. 사육실과 주변의 관련 실험실은 동물을 사육하는 청정구역과 그 이외의 일반구역으로 엄격히 구분되어 1층에 있는 세척·멸균실과는 전용 엘리베이터를 이용하여 연결되어 있었다.

세척·멸균실에서는 고압멸균기 전용 이동대가 나란히 정렬되어항상 사용될 수 있도록 준비되어 있었다. 실험시설이 가동되면 케이지등을 이 이동대 위에 올린채로 멸균기까지 옮기는, 즉 효율적인 작업이 가능하게 설계되어 있었다. 또한, 동물용 음료수에는 적절한 pH로 조정된 정제수가 노즐을 통하여 공급되도록 설계되어 있었다.

병리·유전자 해석 실험실

4층에 있는 실험실에는 병리표본 제작장치, 처리장치, 관찰용 현미경이 작업순서에 맞게 배치되어 있었다. 병리학적 해석은 4층에서 가능하다고 했다. 또한, 세포배양장치, 유전자 해석 장치도 준비되어있었다. 실험실 전체가 P2수준의 실험실로서 인정되고 있기 때문에, 개체부터 유전자까지 연구가 가능할 것이라고 생각하였다. 필자가 견학을 하고 있는 가운데 연구가들이 열심히 각자의 연구를 진행하고 있었다. 박사 후 과정, 연구생 등을 포함하여 약 40명 정도가 연구에 종사하고 있었다.

해의탐방

저선량 영향 연구시설에서 진행하고 있는 연구

이 연구시설에 도착한 후 시마다 박사가 저선량 방사선 영향연구의 필요성과 현재 수행하고 있는 연구에 대한 내용을 세계적 흐름과 함께 소개해 주었다.

이 실험시설에서는 [중성자선 생체영향 연구]에 중점을 두고 연구를 수행하고 있었다. 이 연구의 계기가 된 것은 앞서서도 설명하였지만 도카이무라 사고였다고 한다. 도카이무라 사고 시 중성자선의 생물학적인 영향에 대한 자료가 부족하였기 때문에 국가적 차원에서 자료마련의 필요성을 강력히 제기하였다고 한다.

중성자선의 생물학적 작용이 감마선이나 X선에 비교하여 크다는 것은 배양세포를 이용한 연구에서 밝혀지고 있으나, 개체수준에서 방사선에 대한 위험도 평가 시 중요한 암 발생에 대한 정량적 정보는 부족한 것이 현재의 실정이라고 한다. 이 문제가 현실화된 것이 도카이무라 JCO 임계사고였다고 한다. 방의연이 독립행정법인화되고, 중장기 연구계획 가운데 하나로써 [중성자선의 생체영향 연구]가 시작되었다고 한다. 지금까지는 기존에 방의연에 설치되어 있었던 싸이크로트론을 이용하여 에너지 분포가 10MeV인 중성자선을 이용한 생물학적 연구가 이루어져왔다고 한다. 하지만, 임계사고 시 문제시 되었던 중성자선의 에너지 분포가 2MeV정도였기 때문에, 이 영역의 빔에 의한 생물학적 영향 연구가 중점적으로 수행되고 있다고 했다. 이 실험시설에서 수행하는 연구가 중성자 조사시설을 이용하면서 2MeV영역에 대한 생물학적 영향을 해석하는 최초의 시도라고 한다. 중성자선의 생체영향

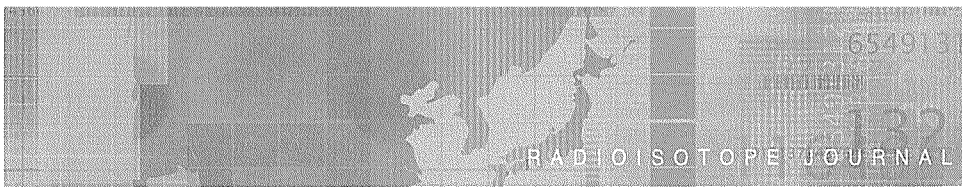
연구가 드디어 시작이 되었다고 생각했다.

이 실험시설의 또 다른 특징은 동물 사육실이 화학약품 위험성에 대응하여 P2실험실 조건으로 설계되어 있다는 것이다. 이 시설을 이용한다면, 화학물질의 투여, P2수준의 유전자 도입실험이 SPF환경에서 가능할 것이라고 생각하였다. 이 특징을 기반으로, 생활환경중의 화학성 발암물질과 방사선 발암을 지표로 하는 복합적 영향에 대한 장기적 연구가 진행될 예정이라고 한다. 기존의 보고들을 통하여 방사선과 화학물질의 단독 혹은 복합적 영향이 다르다는 것이 밝혀지고 있기 때문에, 분자수준에서 메카니즘 연구가 가능할 것이라고 생각하였다.

또한, 개체로부터 유전자까지라고 하는 이 실험시설의 특징을 활용하여, 방사선 감수성 유전자 프로젝트도 진행하고 있었다. 이것은, 방의연에서 수행하고 있는 게놈 프로젝트의 일환으로서 추진되고 있는 것이라고 했다. 방사선의 개인적 차이를 유전자 수준에서 밝힌 다음, 질병치료 시 이 정보를 유용하게 이용할 수 있을 것 같다. 현재, 새로운 방사선 감수성 유전자의 배양세포에로의 도입실험이 진행되고 있지만, 앞으로 마우스 개체를 이용한 실험이 예정되어 있다고 한다. 쓰지박사가 방사선에 감수성 있는 세포주기와 관련된 유전자의 발견에 대한 설명을 해 주었는데, 결과는 곧 학회지를 통하여 발표할 예정이라고 한다.

정리하면서

금번 방문은 중성자 조사시설, SPF 동물 사육시설은 가동 전이었지만, 시마다박사의 안내로 원칙적으로는 들어갈 수 없는 장소까지




견학할 수 있었다. 조사시설과 동물사육 및 관리시스템의 규모에 압도되었다. 가속기 전문가, 선량측정 전문가, 동물관리 전문가, 그리고 생물영향 연구 전문가 등이 모여서 일사분란하게 움직이고 있었는데, 이 정도의 규모 정도는 되어야 연구시설이라고 할 수 있지 않을까? 라는 생각이 들었다.

중성자선의 생물학적 영향을 평가하는 경우에, 실험동물과 사람간의 차이를 포함한 많은 어려움이 남아있다. 이 연구시설에서 만들어진 연구결과는 중성자선의 생체영향 평가 시 큰 도움이 될 것 같다. 또한, 이 시설은 외부연구자와의 공동연구에도 제공할 예정이라는 설명을 들었다. 앞으로, 한국과 일본간에 저선량

생물영향 연구도 가능하겠다는 생각이 들었다. 중성자선 생물학에 많은 발전이 있기를 개인적으로 바란다.

방문기를 마감하면서, 중성자선 조사시설과 각 실험실을 하나하나 안내하면서 설명해주신 시마다 박사에게 감사드립니다. 또한, 계놈 프로젝트와 연구결과를 세심히 설명하여 준 쓰지 박사(프론티어 연구 센터, 방사선 감수성 유전자 연구 프로젝트), 니시무라 마유미(西村まゆみ)연구원, 그리고 니시무라 유키코(西村ゆきこ)연구원에게 감사드립니다.

방의연 방문·견학기간 동안 세심하게 보살펴주신 니시무라 요시가지(西村義一) 박사님께 기도 마음으로부터 깊은 감사를 드립니다. 

해의탐방