

원자로의 건강학

서 두 환

한국원자력연구소 책임연구원

어릴적에, “어린애는 똥·오줌을 규칙적으로 잘 가려야 건강하지”라는 이야기를 할머니로부터 들은 기억이 난다. 그리고 자유당 시절에, 이승만 대통령이 방귀를 끼었더니 어떤 장관이 “각하, 시원하시겠습니까”라고 말하였다는 일화가 있다.

무릇 사람이란, 음식을 먹고 그것을 소화하여 에너지를 얻어 활동하고, 노폐물인 똥·오줌·방귀를 잘 처리해야 건강한 것이다.

물론 원자로도 예외는 아니다. 핵연료를 태워 그것에서 얻은 에너지를 활용하고, 쓰다 남은 쓰레기인 고체·액체·기체의 방사성 폐기물을 잘 처리·처분해야 원자로의 건전성을 유지할 수 있는 것이다.

인간에게는 병이 있기 마련이다. 평균 수명보다 훨씬 덜 살고 병으로 죽었을 때 ‘병사’라 하고, 평균 수명을 누리고 죽으면 ‘노사’인 것이다.

현재 우리는 70세 정도의 평균 수명을 누리며 살고 있지만, 조선 시대의 평균 수명은 약 30세 정도였다고 한다.

이와 같이 평균 수명이 길어진 것은 여러 가지 원인이 있지만, 역시 의료 기술의 발달 덕분이다. 전염성 질환을 퇴치하는 약이 개발되고, 유아 사망률이 낮아지면 서부터 인간의 평균 수명은 급격히 늘어났다.

한편 건강 상태를 유지하기 위하여 사람들은 건강 식품, 무공해 식품을 찾고, 정기적으로 신체 검사를 받거

나 종합 건강 진단을 받는 노인이 많아졌다. 모두 건강 관리, 즉 장수명화에 힘쓰고 있다.

‘안전과 건강’은 생활의 기본적인 중요한 모토로서, 사회 구석구석까지 침투하고 있다.

오늘날 원자로도 그것이 충분히 안전하게 존재하고, 또한 건강하게 잘 가동되어야 한다는 것이 강하게 요구되고 있다.

따라서 원자로도 사람과 마찬가지로 ‘안전과 건전성’을 위하여, 법적으로 연간 정기 검사를 규제 기관으로부터 받고 있으며, 보수 관리하고 있다.

원자로를 인간의 신체에 비유하여, 그 신체 검사와 장수명화에 대하여 살펴보자.

사람의 질병을 장기별로 구분하면, 소화기 계통(위·장), 호흡기 계통(허파), 비뇨기 계통(콩팥), 순환기 계통(심장), 그리고 신경 계통(뇌·중추) 등으로 크게 나눌 수 있다.

이를 원자로에 비유하면, 핵연료가 있는 노심은 소화기, 환기 계통은 호흡기, 정화 장치는 비뇨기, 냉각 계통은 순환기, 그리고 제어 장치는 신경 계통이라고 볼 수 있다. 이 중에서 어느 하나라도 탈이 나면 사람은 병을 얻게 되고, 원자로는 고장을 일으키게 되는 것이다.

일반적으로 원자력 발전로의 수명을 30~40년으로 잡고 있지만, 최근에 부지 또는 경제성 등의 이유로 10~20년 정도 수명을 연장시키려는 논의가 대두하고

있다.

‘더욱더 건강하게 수명을 연장할 수 있는 원자로’를 얻기 위해서는 첫째, 연구 개발·설계·시공의 각 단계에서 튼튼한 성질을 길러야 하며, 둘째, 운전·보수 관리를 통해 원자로의 체력 유지를 꾀하여 수명이 연장되도록 노력하는 것이 필요하다.

다시 말하면, 만들기 전과 만든 후의 관점에서 문제를 파악하여 대처해 나가는 것이 중요하다.

첫째 관점에 입각한 개량·개선에는,

- ① 튼튼하고 노력이 덜 드는 아기를 낳는 것(재료 개발, 신설계법 개발, 설계·시공의 결점(bug) 추방, 메인テナンス 프리화(maintenance free)
- ② 심신 각부의 균형을 잡는 것(안전 여유의 평준화)
- ③ 쾌적한 생활 환경을 갖출 수 있도록 사전에 확인하는 것(사용 환경 부하의 절감) 등의 대책이 있다.

둘째의 관점에 대해서는,

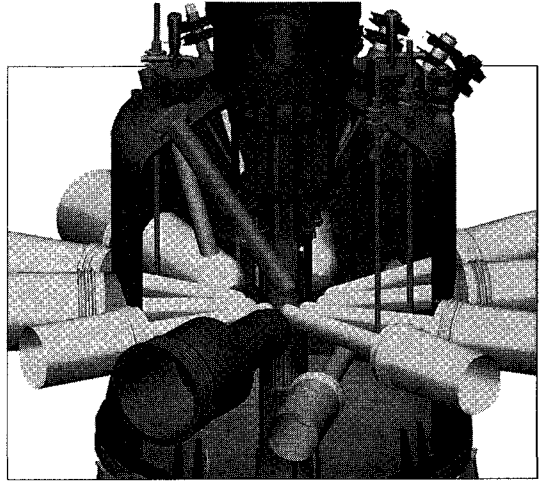
- ① 건강도의 측정(열화 진단)
- ② 예방과 보양(예방 보전)
- ③ 치료(수리, 교체) 등의 대책이 있다.

이들 개량·개선의 노력이 가져오는 효용은, 일의 성격 향상(고장·트러블의 저감, 설비 이용률의 향상)을 비롯하여, 합리적인 정년의 재검토나 물리적인 수명 연장의 달성(장수명화), 안심감의 증대(여유도의 정량적 확인), 안전성의 한층 더 큰 확보(사고의 미연 방지) 등 매우 폭 넓고 깊이가 있는 것이다.

특히 큰 연구 분야로서 에이징(aging)을 들 수 있다. 인간에게는 노령화 또는 고령화라 부르고, 원자로에 대해서는 경년 변화 또는 경년 열화, 그리고 재료에 대해서는 시효라고 부르고 있는 현상이 그것이다.

이들은 모두 시간의 흐름과 함께 비평형에서 평형 상태로 옮겨간다는 자연의 엄숙한 영위인 것이다.

한편 메인テナンス(유지 보수)에 대한 중요한 기술 과제 분야로서 생각되는 것은,



- ① 계획적으로 추진하는 것(시스템공학적 이론에 입각)
- ② 무통의 검사 기술(비파괴 검사)
- ④ 약이나 치료의 효과 확인(유효도 확인)
- ⑤ 필요에 따라 장치 교환(예; 열교환기의 교체) 등이 있다. 그리고 되도록이면 메인テナンス 프리 부분을 증대하는 것이 바람직하다.

최근 미국에서 15기의 경수형 원자로의 안전 계통·기기를 대상으로 고장·트러블의 자료를 분석한 결과, 그 원인이 ① 설계·시공 불량 ② 에이징 ③ 시험·보수 과정 ④ 조작·취급 미스(인간) 등으로 나타났다.

이 조사에 따르면, 전체의 약 1/3이 에이징에 기인하고 있으며, 특히 밸브나 펌프의 노후화가 두드러지게 나타나고 있었다.

미국·프랑스·일본에서는 수년 전부터 에이징 대책을 포함한 원자력발전소의 메인テナンス에 대하여 연구 개발을 정력적으로 개시하고 있으며, 아울러 인허가상의 운전 연수 상한 또는 경제 수명의 연장을 위한, 이른바 장수명화 프로그램도 전개중이다.

이것들은 신뢰성의 향상을 비롯하여, 안전의 한층 더한 확인, 토털 라이프 코스트의 인하, 폐기물량의 감소, 합리적인 운전 연수 제한의 재검토 등으로, 앞으로 큰 역할을 할 것으로 기대된다. ☼