

2003 춘계학술발표회 논문집

한국원자력학회

국내외 ALARA 수행체계 비교를 통한 작업자 피폭
저감 방안 도출에 관한 연구

A Study on The Comparison of ALARA Management System
between Domestic and Foreign State for Reducing
Occupational Radiation Exposure

박문수, 강창순

서울대학교

서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

문주현

한국원자력안전기술원

대전광역시 유성구 구성동 19

요 약

작업자 피폭 선량의 저감 방안을 도출하기 위하여, 국내 월성 발전소와 국외 달링톤 발전소의 ALARA 수행체계를 비교 검토하였다. 검토 결과, 먼저 작업을 실제 수행하는 부서의 자율적인 선량 저감화 추진이 관건이며 이를 위한 제도적 보완이 필요한 것으로 나타났다. 또한 ALARA 검토대상 선정기준을 집단선량 개념에서 단위 작업별, 개인 선량별로 세분화하여 선정기준을 수립, 운영할 필요성이 있으며, 효과적이고 체계적인 ALARA 달성을 위해서는 사회적, 경제적 요건이 반영된 가치를 반영하여 선량저감을 위해 투입되는 인적, 물적 자원의 필요성을 검토한 후, 불필요한 선량저감 노력을 지양하는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.

Abstract

For reducing a occupational radiation exposure, it was to be made a comparison of ALARA management systems between domestic and foreign state. In our view, the executing post of itself must make an effort to reduce the ORE with an appropriate regulatory supplement. The criterion of ALARA such as a collective dose will have to be broken down to individual jobs and doses. The cost-benefit analysis will be included into the ALARA execution for the effective and systematic ALARA achievement.

1. 서론

현재 국내에는 1978년 고리 1호기 가동 이후 18기의 원전이 가동되고 있고, 4기의 원전이 추가로 가동될 예정에 있어 지속적인 원전의 양적 팽창이 예상되고 있다. 최근 국내에서는 방사선방호 신개념(ICRP-60)이 법제화되고, 방사선관리에 대한 규제가 더욱 강화되는 추세로, 원전 작업자의 개인피폭선량한도는 연간 50 mSv (5 rem)에서 5년간 100 mSv (10 rem)(연평균 20 mSv)로 낮아지고, 또한 방사선 피폭선량의 법적 한도 준수이외에 방사선 피폭선량을 합리적으로 낮게 유지하도록 하는 이른바, ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 개념도 법제화되어 원전의 방사선관리에 있어 큰 변화를 맞이하고 있다. 또한 작업자 집단선량 설계목표도 지속적으로 낮아져 0.9 man-Sv/unit-yr까지 도달된 집단선량 설계목표를 2010년까지 0.75 man-Sv/unit-yr까지 더 저감하려는 연구가 장기적으로 이루어지고 있다.

이에 비해 국내원전은 가동년수가 늘어남에 따라, 원전 설비 노후화, 일차계통내 방사선량을 증가, 설비의 노후에 따른 보수빈도의 증가, 이로 인한 원전 작업자의 방사선 피폭선량 증가와 같은 일련의 인과적 사건이 발생할 것으로 예상된다. 최근 국제기구(IAEA, OECD/NEA, WANO 등)에서 발간한 각종 자료를 보면, 국내 원전의 방사선 피폭실적은 전체적으로는 양호한 수준이나 최근 운전을 개시한 영광 3, 4호기/울진 3, 4호기 등을 제외하면 세계수준에 못 미치고 있는 점을 고려할 때(그림 1 참조) 체계적인 방사선 피폭실적의 평가 및 효율적 피폭저감 기술의 적용이 필요하다. 이를 위해, 본 연구에서는 국내와 국외의 참조 원전을 설정하여 ALARA 수행 체제를 비교 분석함으로써 방사선 피폭을 줄일 수 있는 방안을 도출하고자 하였다.

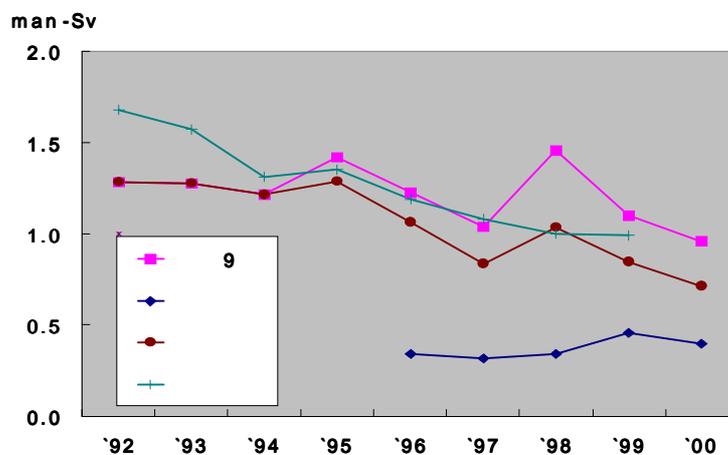


그림 1. 연간 호기당 방사선 피폭 선량

2. 국내 현황

국내 발전소 중에서 월성 1발전소의 ALARA 수행체계를 분석하였다. 그림 2는 월성 1발전소의 ALARA 수행 조직도를 보여주고 있으며, 그림 3은 해당발전소에서 수행되는 ALARA 업무의 수행 흐름을 나타낸다.

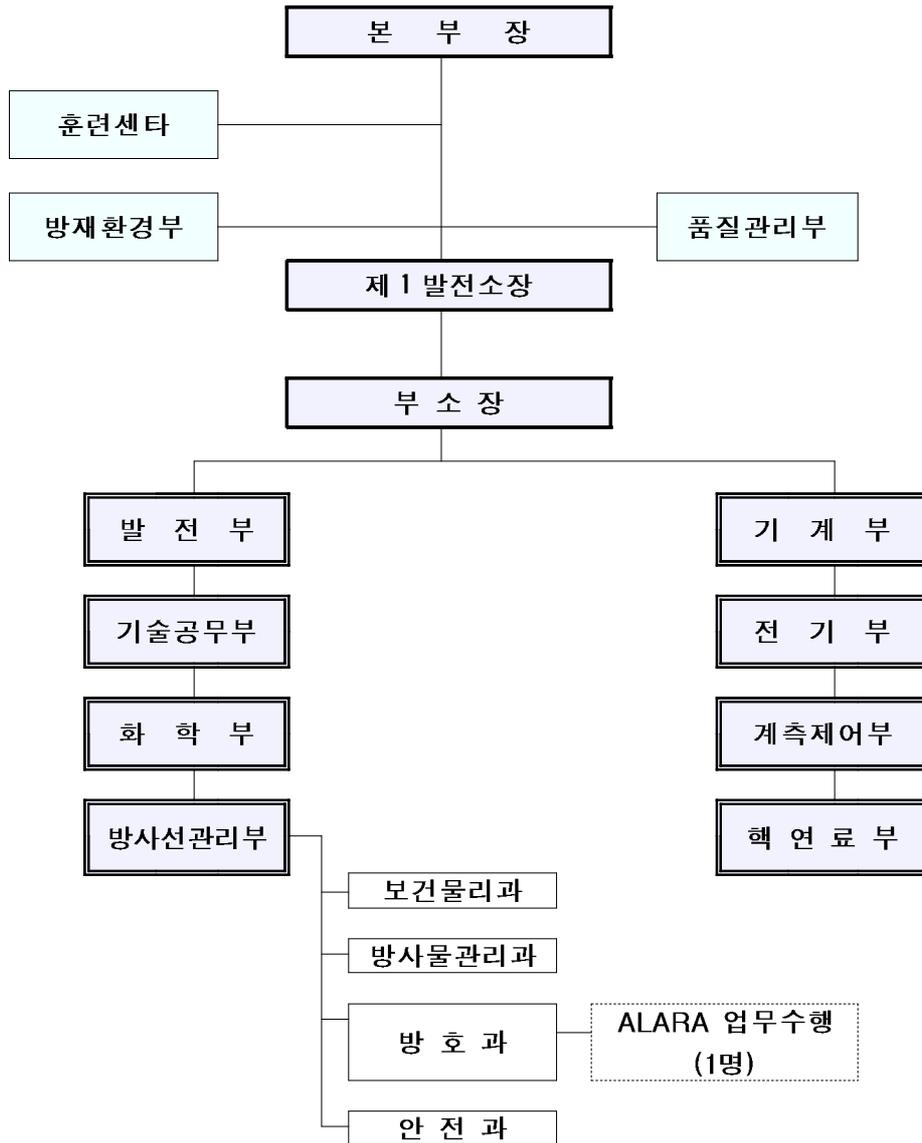


그림 2. 월성 제1발전소 ALARA 수행조직

혹은 유사작업으로 1 man-rem이 초과된 사례가 있는 경우에 한하고 있다. 개인피폭 예상선량은 분기선량, 연간선량 차원에서 관리되며 단일 작업으로 인한 개인선량한도에 근거한 ALARA 검토 기준치는 없는 것으로 파악된다. 이러한 작업별 피폭이력의 관리를 위해 현재 NRS(New-Radiation System)라는 프로그램이 활용되고 있으며 출입관리용인 ADR(Auto Dosimeter Reader) 시스템과 연계하여 작업자 피폭관리를 수행하고 있다.

3. 국외 현황

해외 발전소 중에서 캐나다 온타리오 하이드로사의 달링톤 원전의 ALARA 수행체계를 참조 원전으로 설정하여 분석하였다. 그림 4는 달링톤 원전의 ALARA 수행 조직도를 나타내고 있으며, 그림 5는 해당발전소에서 수행되는 ALARA 업무의 수행 흐름을 보여주고 있다.

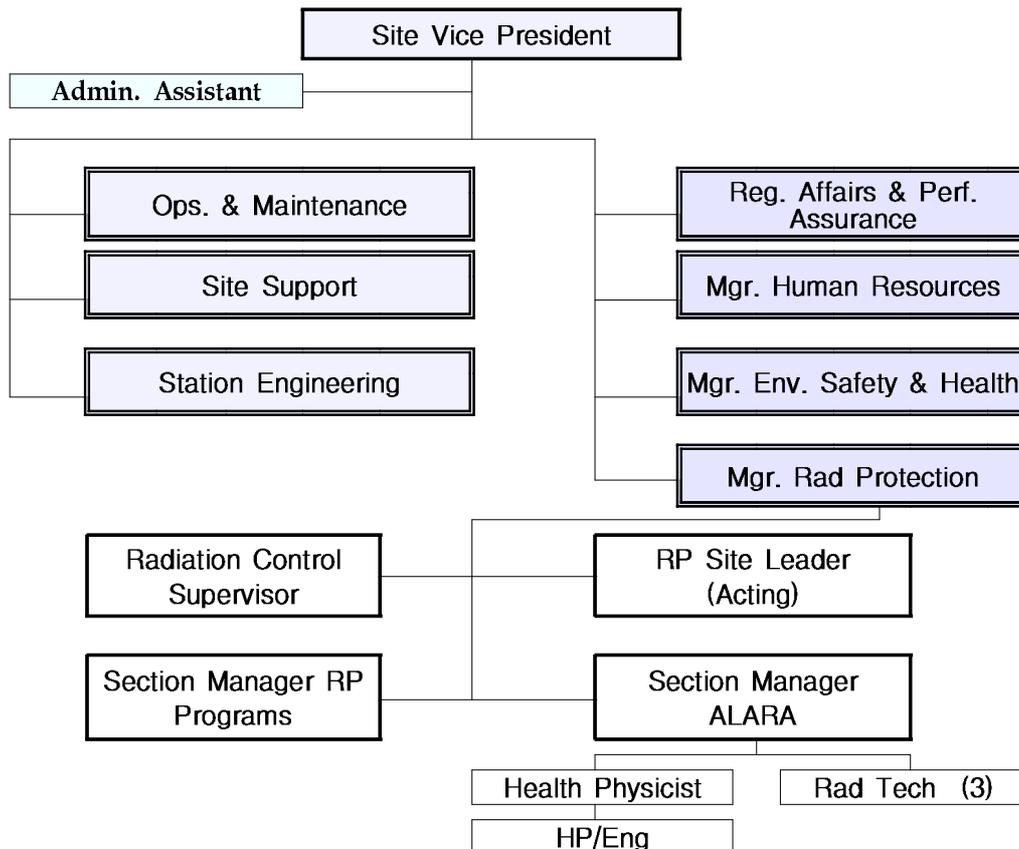


그림 4. 달링톤 원전 ALARA 수행조직

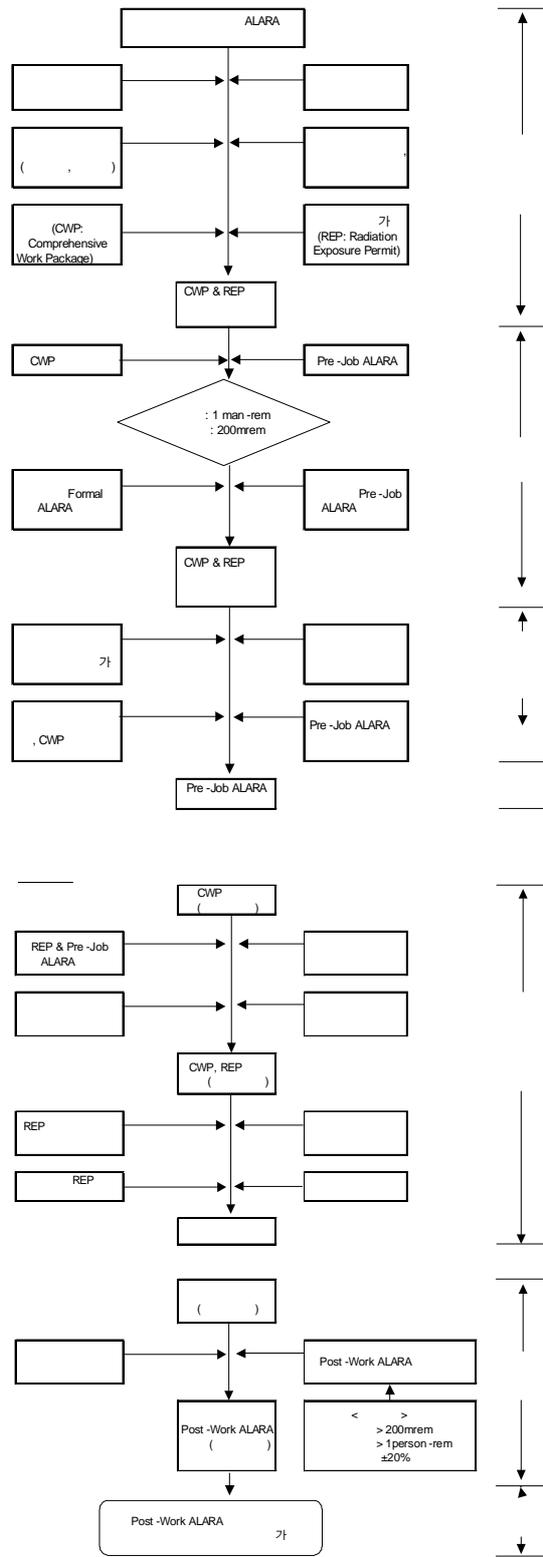


그림 5. 달링톤 원전의 ALARA 업무수행 흐름

먼저 달링톤 원전의 ALARA 담당 및 수행인원을 살펴보면, 방사선관리부내 별도의 ALARA 수행조직이 구성되어 있으며 보건물리, 방사선 방호, 기술지원 등 3개 부분으로 세분화하여 본부 전체의 방사선안전관리를 담당하는 것으로 나타났다. ALARA 수행 기본 개념으로서 레벨별 선량제한치 및 ALARA 검토대상 작업 선정기준 등을 비용-이득 분석(CBA, Cost-Benefit-Analysis)에 근거하여 추진하고 있으며, 온타리오 하이드로 발전소의 경우 US\$1000/person-rem 값을 적용하고 있다. 또한 ALARA 수행의 주체는 방사선관리부가 아닌 실 작업부서이며, 작업부서 자체적으로 방사선 관련 업무 수행능력을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 방사선작업 수행에 따른 선량저감기법 도입, 종료후 개선사항 도출 부분도 실 작업자 관점에서 이루어져 보다 세부적으로 평가하고 경험사례를 유사 작업시 반영하고 있다. 아울러 작업부서에 현장 방사선안전 관리에 대한 권한과 책임을 부여하고 있으며, 작업부서장은 방사선작업에 따른 ALARA 수행을 검토 및 승인하고 각 작업자는 작업수행시 보건물리원과 같은 권한을 갖고 보다 자율적으로 책임있는 방사선 안전관리 수행하고 있는 것으로 파악되었다. ALARA 검토대상의 선정기준에 대해서는 방사선관리구역에서 수행되는 전 작업에 대해 Pre-Job ALARA가 수행되며 CBA(Cost-Benefit Analysis) 개념을 바탕으로 한 기준(집단선량: 1 man-rem, 개인피폭선량: 200 mrem)을 설정하고 초과시 작업 중, 작업 후 평가가 수반되는 전형적인 ALARA 검토·수행이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 작업별 피폭이력의 관리를 위해서 각 부서별로 LAN를 통해 RIS(Radiation Information System)과 DMS(Dose Management System)을 이용하여 과거 유사작업에 대한 집단/개인별 피폭이력 및 작업장내 방사선량 준위를 손쉽게 파악하고 있으며, 방사선관리부가 전 지역에 대한 방사선(능) 준위를 측정하여 가장 최신자료로 Update하여 작업부서에서 종합작업계획서 및 방사선피폭허가서 작성시 활용토록 자료를 제공하고 있다. 또한 과거 피폭 실적 및 현재 선량정보를 기초로 한, 작업별 선량한도를 설정함으로써 최적의 피폭예상선량 산출시, 작업후 선량평가 및 향후 유사작업 예상선량 산출시 기초자료로 활용하고 있는 것으로 나타났다.

4. 작업자 피폭 선량 저감화 방안

앞에서 국내 월성 제1발전소와 캐나다 온타리오 하이드로사의 달링톤 발전소의 ALARA 수행 조직 및 체계를 검토하였다. 두 발전소의 ALARA 프로그램 운영상의 차이점을 간략하게 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 두 원전의 ALARA 프로그램 운영상의 차이점

구 분		국 내	국 외	비 고
수 행 조 직	ALARA 담당	방호과	ALARA Section (별도의 조직 구성)	※ 국내 : 월성 1발
	수행인원 (본부)	2명	5명	
수 행 절 차	수행 기본 개념	ALARA	ALARA + CBA	※ 국외 : 온타리오 하이드로사 원전 기준
	수행 주체	방사선관리부	작업부서	
	검토대상 선정기준	집단선량	집단선량 + 개인선량	
	피폭이력 전산화	NRS	RIS 및 DMS	

우선 ALARA 담당 및 수행인원 측면에서 보면, 1인이 발전소(2개 호기) 전체의 방사선작업에 대한 방사선 작업에 대한 종합적인 ALARA를 담당한다는 것은 현실적으로 어려우며 특히, 대부분의 ALARA 검토가 수행되는 계획예방정비 기간 중에는 검토대상이 많아 적극적인 검토가 어려운 것으로 파악된다. 따라서 우리나라에서도 ALARA 수행을 위한 전담 부서의 설치가 빠른 시일 내에 이루어져야 될 것으로 사료된다.

수행 기본 개념 측면에서 살펴보면, 현재까지 국내원전에서는 “집단선량 1맨렘 초과작업시”라는 절차에 따라 ALARA 검토가 수행되었으나, 보다 효과적이고 체계적인 ALARA 달성을 위해서는 사회적, 경제적 요건이 반영된 가치(Monetary Valuation per unit Collective Dose)를 반영하여 선량저감을 위해 투입되는 자원(인적, 물적)의 필요성을 검토하여 불필요한 선량저감 노력을 지양하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 현재 국내 발전소의 현황을 살펴보면 대체로 작업부서는 작업수행에만 관심이 있으며, 선량저감화 추진은 방사선관리부만의 관심사항이자 책임사항이라는 의식이 팽배해 있는 것으로 보여진다. 따라서 점차 강화되는 개인선량 한도 및 사업소 피폭선량 목표치를 달성하기 위해서는 무엇보다 작업을 실제 수행하는 부서의 자율적인 선량저감화 추진이 관건이며 이를 위한 제도적 보완이 필요한 것으로 판단된다.

ALARA 검토 대상의 선정기준 측면에서 살펴보면, 국내원전의 경우, 발전소의 노후화에 비례하여 피폭 방사선량은 증가하고 있으나 선정기준은 점차 강화되는 추세에 있어 선정기준을 집단선량 개념에서 단위 작업별, 개인선량별로 세분화하여 ALARA 검토대상 선정기준을 수립·운영할 필요가 있는 것으로 판단된다.

기타 사항으로, 단일 항목에 대한 피폭관리에서 단위 작업별, 개인별 피폭관리 기법을 수립하여 세부적인 선량관리가 필요하며, 모든 자료는 전산화를 통해 작업부서에서 접

근이 용이하도록 하여 작업계획 수립 및 사후 평가시에 활용할 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 작업자 의식개혁 및 제도 보완이 필요할 것으로 사료된다. 예를 들어, 선량저감의 기본원칙은 “시간”, “거리”, “차폐” 3가지 요소로 구성되어 있는데 이외에 “작업에 임하는 자세”를 추가함으로써 4가지 요소를 바탕으로 지속적인 작업자 의식을 전환시켜 나가는 방법도 고려해 볼 수 있으며, 방사선 작업에 따른 절차 혹은 작업공구 개선에 따른 선량저감 방안을 제시하고 이에 대한 포상 등 혜택을 부여함으로써 보다 개선된 작업 수행 능력 배양할 수 있도록 제도적 보완이 필요한 것으로 사료된다. 또한 방호장구 개선, 한국인 체형에 적합한 방호장구 개발, 방호장구의 경량화와 같은 작업 조건의 개선도 작업자 피폭을 줄이는 적절한 방법의 하나라고 사료된다. 마지막으로, 유사노형 발전소의 작업자 선량저감 경험 및 정보의 비교분석 및 공유를 위한 sister group unit의 결성 및 운영도 작업자 선량 저감을 위한 효과적인 추진 방법이라고 생각된다.

5. 결론

국내 월성 제1발전소와 캐나다 온타리오 하이드로사의 달링톤 원전의 ALARA 수행 조직 및 운영 프로그램의 비교, 분석을 통하여 우리나라에서 적용시킬 수 있는 작업자 피폭 선량 저감화 방안을 도출하여 보았다. 검토 기준은 ALARA 담당 및 수행인원, 수행 기본개념, 수행 주체, ALARA 검토대상 선정 기준, 작업별 피폭이력의 전산화 방법 등이다. 앞서 제시된 피폭 선량 저감화 방안의 도입을 통하여 작업자 피폭 선량을 ALARA로 유지하는 것이 향후 원자력 발전의 위험도를 감소시키고 더 나은 작업 환경을 만들 수 있을 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

- [1] 김영찬, “ALARA 프로그램 수행에 따른 문제점 고찰”, 월성 제1발전소, 2000.
- [2] 안창석, “원자력발전소 방사선 작업종사자 피폭선량 분석 및 방사선 방호관리기법 소개”, 한일원자력주식회사, 2000.
- [3] Han-II Atomic Energy Corporation, “Report of Radiation Safety Management-Kori Unit 3 and 4 Maintenance Report,” 1986-1995.
- [4] B. J. Dionne and J. W. Baum, “Occupational Dose Reduction and ALARA at Nuclear Power Plants: Study on High-Dose Jobs, Radwaste Handling, and ALARA Incentives,” NUREG/CR-4254, May 1985.

- [5] I. R. Brookes and K. E. Schnuer, "Occupational Radiation Exposure in European Light Water Power Reactors 1981-1991," EUR 14685 EN, May 1994.
- [6] Nuclear Energy Agency, "ISOE, Information System on Occupational Exposure, 10 Years of Experience," 2002.