

# TLD를 이용한 원전 방사선피폭선질 조사

김상돈 · 허정훈 · 서장수 · 오병태 · 정윤창 · 이석환\*  
한국수력원자력(주) · 한국원자력\*  
E-mail: dony@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : TLD, Algorithm

## 서론

국내 원전의 설계자료 및 운전 특성을 반영하고 독자적인 예상 방사선원향 평가를 위해 추진된 연구 과제[예상 방사선원향 및 소외 방출량 평가 기술개발('05.2, R-2002-A-220-0-00)]를 이용하여 원전 작업장 피폭선질을 추론한 결과와 자체 개발한 에플레이터로 분석한 TLD 선량계의 피폭선질과의 상호 일치함을 확인할 수 있어 본 분석법의 신뢰성을 확보 할 수 있었으며 또한 피폭선질에 대한 선량계별 (TLD, ADR) 반응도를 보정한 예측 TLD/ADR 비율과 단순 비율과의 비교를 통해 피폭선질에 따른 예상선량 추론의 정확성도 확보 할 수 있어 피폭선질에 따른 신개념의 방호 기법을 도입할 수 있는 초석이 된 것 같다.

## 재료 및 방법

### 1. 에플레이터 개발

본 연구를 위해 Harshaw 판독기를 사용하는 5개 원전(고리2발, 영광3발, 울진1발, 울진2발, 월성2발)을 대상으로 '08년도 지급된 약 6만개의 TLD 중 기록준위 이상의 1만개 판독 RAW DATA를 확보하였으며 효과적인 분석을 위해 자체 개발한 에플레이터로 분석하였다. 에플레이터의 주요 특징은 Harshaw가 제공하는 두개의 알고리즘(Win\_Algorithm, DOELAP)을 동시에 구현할 수 있고 피폭선질의 종류 및 적용된 내부환산인자를 볼 수 있다.

### 2. 방사선원향 분석

예상 방사선원향 및 소외 방출량 평가 기술개발 보고서를 인용하여 ANSI 코드와 국내 원전의 일차냉각수

의 방사성핵종 및 방사능 정보를 취득하고 그에 따른 광자 에너지별 상대분율을 유도할 수 있어 주요 예상 피폭선질을 예측할 수 있었다.

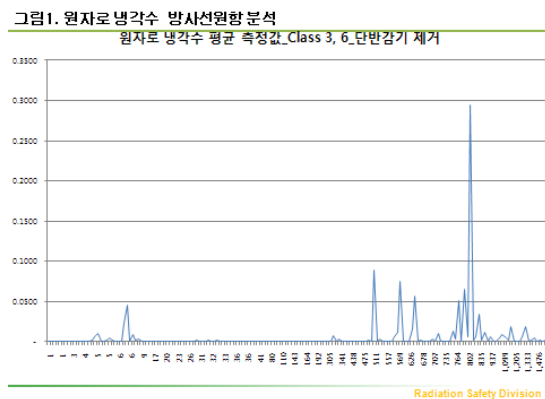
### 3. 피폭선질 분석결과 검증

피폭선질 분석결과와 정확성을 검토하기 위해 분석선질에 따른 선량계별(TLD, ADR) 반응도를 보정한 비율과 단순 비율과의 비교분석을 하였다. 본 분석에 사용된 자료는 '08년도 계획예방정비기간의 총 집단선량으로 주선량값(TLD 선량)을 보조선량값(ADR 선량)을 나눈 상대분율로 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 방사선원향 분석결과

ANSI 코드의 선원향 Class는 5 등급이 있으며 그 중 주요 피폭선량이 계획예방정비기간에 이루어지므로 불활성 및 할로겐 가스 등은 작업기간전에 적절히 제거되고 계획예방정비기간이 30일 이상임을 감안하면 반감기 3일 이내의 단반감기 핵종도 제외 될 수 있다.



결과적으로 주 피폭선원향은 Class 3, 6(세슘과 루비듐 계열등)의 장반감기 핵종으로 추약되고 핵종별 광

자의 에너지와 상대 방사능을 감안하면 주에너지 구간이 450 ~ 850keV 임을 확인할 수 있다.

## 2. 피폭선질 정의

DOELAP 알고리즘은 Beta Only, Intermediate and High Energy Photon(H&MEPH), High Energy Photon And Beta(HEPB), Low Energy Photon And Beta(LEPB), X-ray(Other), Neutron로 구분하여 선량평가가 이루어지고, Win\_Algorithm의 경우 Beta Only, High Energy Photon(HEPH), Middle Energy Photon(MEPH), Low Energy Photon (LEPH), Beta Component Mixed With High Energy Photon(HEPB), Beta Component Mixed With Middle Energy Photon(MEPB), Beta Component Mixed With Low Energy Photon LEPB), Neutron Component Mixed With High Energy Photon(NtHEPH), Neutron Component Mixed With Middle Energy Photon(NtMEPH), Neutron Component Mixed With Low Energy Photon(NtLEPH)로 구분할 수 있다.

## 3. 피폭선질 분석결과

'08년도 경수로 원전에 대한 피폭선질 조사결과 고에너지 광자장이 80% 정도 차지하고 계획예방정비기간에는 고에너지 광자가 90% 이상 기여함을 알 수 있다. 추가적으로 각 발전소별 경상 및 계획예방기간으로 구분하여 피폭선질 분석하였으며 그중 중수로 분석결과는 그림 2와 같다.

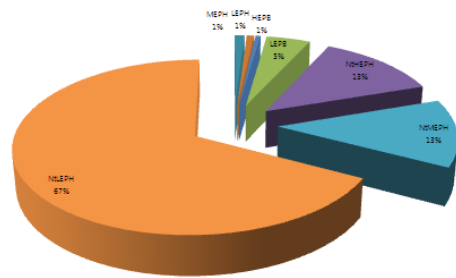
표 1. 경수로 원전 피폭선질 조사결과

DOE LAP	Beta Only	H&MEPH			HEPB		LE PB	Neutron		Other
	3%	83%			4%		3%	4%		3%
Win_Algorithm	Beta Only	HE PH	ME PH	LE PH	HE PB	ME PB	LE PB	NtHE PH	NtME PH	NtLEPH
	3%	60%	18%	1%	2%	1%	12%	2%	0%	1%

표 2. 경수로 원전 계획예방정비기간 피폭선질 조사결과

DOE LAP	Beta Only	H&MEPH			HEPB		LE PB	Neutron		Other
	1%	91%			2%		2%	3%		2%
Win_Algorithm	Beta Only	HE PH	ME PH	LE PH	HE PB	ME PB	LE PB	NtHE PH	NtME PH	NtLEPH
	1%	68%	19%	0%	2%	0%	8%	2%	0%	0%

그림 2. '08년도 월성 2발 경상 피폭선질(Win\_Algorithm)



Radiation Safety Division

## 4. 피폭선질 분석결과와 검증

주 피폭선질이 고에너지 광자장일 경우 TLD 심부선량에 대한 이론 반응도는 0.90이며 월간 판독시 고려되는 평균 Fading Rate는 0.95로 ADR 선량 대비 예상분율은 0.86으로 추론할 수 있다.

아래와 표와 같이 발전소별 계획예방정비기간에 대한 TLD/ADR 선량 분율이 이론분율과 90% 이상 일치함을 확인할 수 있다.

표 3. 계획예방정비기간에 대한 피폭선질 분석결과 검증

구분	년월	TLD 선량 (man-mSv)	ADR 선량 (man-mSv)	분율	DOELAP 예상 분율	상대 오차
영광 3발	200804	385	476	0.81	0.86	-6%
	200811	337	380	0.89	0.86	3%
울진 2발	200807	513	589	0.87	0.86	1%
울진 1발	200809	336	356	0.94	0.86	9%
	200810	381	403	0.94	0.86	9%
고리 2발	200805	850	949	0.90	0.86	5%
	200812	71	78	0.91	0.86	6%

## 결론

본 연구를 통해 피폭선질 분석법의 신뢰성을 확인할 수 있었으며 특수 환경에 대한 본 분석법을 활용하면 피폭선질의 특성과 선량계 반응도를 확인할 수 있어 방사선선질을 고려한 방호 관리의 최적화 및 피폭 저감화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

## 참고문헌 (REFERENCES)

1. 예상 방사선원항 및 소외 방출량 평가 기술개발 (한수원, '05.2, R-2002-A-220-0-00)
2. 외부피폭선량평가 알고리즘 분석용 예플래터 검증(대한방사선방어학회 '09년 추계 학술지)