

## Evaluation of Trip Experience for Domestic Nuclear Power Plant 국내원전 정지이력 분석

박진희(Park Jin Hee), 한상훈(Han Sang Hoon)  
한국원자력연구소, 종합안전평가부, 305-353 대전 유성구 덕진동 150, jhpark6@kaeri.re.kr

### 1. 서론

원자력발전소 설계시 사고해석이나 성능해석을 위해서는 실제 발전소에서 발생한 사건이나 발생할 수 있는 사건을 분석에 반영해야 한다. 현재의 설계 및 안전성평가 수행시 사용되는 초기사건 발생빈도는 국내 원자력발전소의 운전이력이 부족하여 외국자료[참고 문헌 1]에 의존하여 왔다. 그러나 효율적인 설계 및 안전성평가를 위해서는 국내 원자력발전소의 운전환경과 특성이 반영된 운전자료원을 구축하는 것이 필수적이다. 또한 현재 국내에서도 도입중인 위험도/성능 기반 발전소 운영에서는 해당 발전소의 고유이력 반영이 필수적이다. 따라서 국내 원자력발전소의 정지이력 및 비정상사건의 자료를 수집하여 이를 분석, 평가함으로써 발전소 운영이나 설계 등에 반영하여야 한다. 이와 같은 필요성에 의해 이미 국내에서 발생한 발전소 정지사건과 이력자료를 수집 데이터베이스화하기 위한 전산 프로그램 [참고문헌 2]을 운영중에 있고, 본 분석에서는 이를 활용하여 2002 년도까지의 국내원전 정지이력을 이용하여 분석을 수행 하였다.

### 2. 본론

이 장에서는 국내원전의 운전이력 수집 및 분석결과에 대하여 기술 하였다.

#### 2.1 국내원전 정지이력 수집

본 분석에서는 국내에서 가동중인 원자력발전소에서 발생한 정지사건 등으로 인한 일부 과도사건에 대한 분석을 수행하기 위하여 각 발전소의 운전이력을 조사하였다. 국내 원전의 운전이력은 1978 년 4 월 고리 1 호기가 상업운전을 시작한 이후로 2002 년 말 현재 총 16 개 원전(시운전 및 운전이력이 짧은 원전 제외)이 운전되고 있다. 이 기간 동안에 발생한 국내 원전의 정지이력은 한국수력원자력주식회사로부터 발전소 정지사례[참고문헌 3,4]를 수집하였다. 이 기간 동안의 국내원전의 시운전을 제외한 상업 운전중의 총 운전이력(Reactor Year)은 약 164Ry 에 도달하였으며 연차계획예방정비를 포함한 정지건

수는 약 606 회이며 이를 각 발전소별로 아래의 표 1 에 정리하였다.

표 1. 국내 원전별 운전연수 및 정지이력

호기	Rx. Yr	Cal. Yr	정지건수	O/H 건수
고리 1	19.23	24.69	114	21
고리 2	16.52	19.45	53	17
고리 3	14.52	17.26	38	14
고리 4	14.38	16.68	33	13
영광 1	14.21	16.36	30	13
영광 2	13.21	15.57	32	12
영광 3	6.85	7.76	10	6
영광 4	6.14	7	10	6
울진 1	12.07	14.32	31	11
울진 2	11.54	13.26	22	11
울진 3	3.9	4.39	3	4
울진 4	2.57	3	5	3
월성 1	16.86	19.71	53	15
월성 2	4.88	5.5	12	4
월성 3	4.04	4.5	4	3
월성 4	3	3.25	1	2
총계	163.92	192.7	451	155

#### 2.2 국내원전 정지이력 분석

국내원전의 정지이력을 분석하기 위해서 수집된 자료 들은 사전 검토후 정지이력 분석을 위한 전산프로그램[참고문헌 2]에 입력하여 데이터베이스 화하였다. 또한 이를 이용하여 몇가지 분석을 수행 하였다.

##### - EPRI Category 별 분석

최근까지 국내 원전의 PSA 를 수행하기 위한 초기사건 분석은 외국자료 특히 미국 원전 자료를 주로 이용하여 왔다. 미국에서는 EPRI 가 미국내 원전의 PSA 수행을 위한 초기사건 빈도 분석에 도움을 주기 위하여 미국내 원전의 정지이력을 수집하여 분류체계를 마련하고 분류결과를 보고서 [참고문헌 1]로 발표하였다. 이보고서에서는 PWR 에 사고분류 범주를 총 41 개 Category 로 나누었으며, 국내에서는 이 분류체계 및 결과를 이용하여 국내 원전의 PSA 초기사건 분석에 인용하고있다. 따라서 본 분석에 이용된 전산 프로그램[참고문헌 2]에서도 이 분류체계를 기본 분류체계로 적용하였으며

이를 이용하여 분석을 수행하였다. 분석결과는 아래 표 2 에 기술되어있다. 미국내 원전의 EPRI 결과와 각 범주별 발생경향은 유사하고 발생 빈도는 국내 원전이 대부분 낮은 것으로 평가되었다.

표 2. EPRI Category 별 분류결과

EPRI Category	발생수
EPRI 1-부분적인 RCS 유량상실	6
EPRI 2-제어봉 인출	0
EPRI 3-제어봉 작동 고장 및 제어봉 낙하	43
EPRI 4-제어봉으로 부터의 냉각재 누설	1
EPRI 5-1 차측 냉각재 누설	20
EPRI 6-가압기 저압력	1
EPRI 7-가압기 누설	1
EPRI 8-가압기 고압력	1
EPRI 9-부적절한 안전주입 작동	2
EPRI 10-적납건물 고압력	0
EPRI 11-보온회석 - CVCS 오동작	0
EPRI 12-제어봉 위치에러(압력/온도/출력 불균형)	1
EPRI 13-RCP 이상 기동	0
EPRI 14-전체적인 RCS 유량 상실	4
EPRI 15-급수 부분상실(1 Loop)	44
EPRI 16-모든 급수 완전상실	11
EPRI 17-주중기 격리밸브(1 개) 부분 및 완전차단	11
EPRI 18-주중기 격리밸브 완전차단	6
EPRI 19-급수유량증가(1 Loop)	14
EPRI 20-급수유량증가(All Loop)	1
EPRI 21-급수유량 불안정(운전원 오류)	5
EPRI 22-급수유량 불안정(기기고장)	4
EPRI 23-부분적인 복수펌프 상실(1 Loop)	0
EPRI 24-모든 복수펌프 상실	0
EPRI 25-복수기 진공상실	7
EPRI 26-증기발생기 누설	5
EPRI 27-복수기 누설	2
EPRI 28-2 차측 누설	8
EPRI 29-증기발출밸브 개방	0
EPRI 30-순환수 상실	17
EPRI 31-기기냉각수 상실	2
EPRI 32-필수용수 상실	0
EPRI 33-터빈트립, 조절밸브 단원이나 구동기 고장	52
EPRI 34-추발전기 트립 및 고장	62
EPRI 35-소외전원 상실	8
EPRI 36-가압기 샤프고장	0
EPRI 37-발전소 운전에 필요한 전원상실	46
EPRI 38-발전소 정지(Unknown Cause)	0
EPRI 39-발전소 작동정지(No Transient Condition)	23
EPRI 40-발전소 수동정지(No Transient Condition)	20
EPRI 41-소내 화재	2
기타	21

－ 발생시점별 분석

국내 원전의 정지시점별 분석에는 일부 운전연수가 축적된 9 개호기만을 만들 대상으로 분석을 수행 하였다. 분석방법은 각 호기별 불시정지가 발생한 시점을 정기계획 예방정지가 끝난 시점으로부터 원전의 불시정지가 발생한 시점까지의 경과시간에 따라 분석을 수행 하였으며 결과는 다음 표 3 에 기술되어있다. 분석 결과 9 개 호기의 총 정지발생 건수의 34%가 계획예방정비후 3 개월이내 발생하는 것으로 낮으며 이중 50% 이상이 정지후 한달내에 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 이

결과에 대한 원인분석 등을 통한 개선 방안이 요구 된다.

표 3. 정지 발생시점별 분석

호기	1 개월	2 개월	3 개월	총계
1	23	11	7	41
2	14	9	2	25
3	4	4	2	10
4	3	0	5	8
5	6	4	0	10
6	8	0	4	12
7	5	3	1	9
8	2	3	3	8
9	8	1	5	14
총 계	73	35	29	137

이외의 분석 결과로는 주급수계통과 터빈계통 및 전기계통의 고장으로 인한 발전소 정지회수가 많은 것으로 나타났으므로 원인분석을 통한 발전소 운영 및 유지보수등에 취약부분을 도출하고 이에 따른 설계상의 개선점을 찾아 조치하거나 후속호기의 설계에 반영한다면 안전성 및 경제성에서 향상된 발전소 운영에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 분석에서는 국내원전의 정지이력을 이용하여 분석을 수행하였다. 이 분석 결과 발전소 정지를 유발하는 계통이나 취약부분에 대한 정보를 얻을 수 있었으며 이는 안전성 및 경제성에서 향상된 발전소 운영에 도움을 줄 수 있는 기본 자료로 이용이 가능 할 것으로 판단된다. 또한 국내 PSA 초기사건 분석을 위한 기본 자료나 특히, 국내에 도입이 진행중인 위험도/성능 기반 운영을 위한 안전성 평가에 중요한 기반자료로서 활용이 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다

참고문헌

[1] Development of Transient Initiating Event Frequencies for Use in Probabilistic Risk Assessments, NUREG.CR-3862. 1985

[2] 국내원전 정지사건 데이터베이스 시스템 및 자료 구축, KAERI/TR-2131/2001

[3] 원자력발전소 정지사례집, 한국전력공사 원자력발전처

[4] 원자력발전연보, 한국전력공사 원자력발전처