

하나로 안전성능지표 평가 결과 공개

HANARO Safety Performance Indicator

(2020년 4/4분기)

2021. 2. 5.



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute

1. 하나로 안전성능지표 평가 결과 및 각 지표별 추이(최근 5년 포함)

우수(G)

양호(C)

보통(Y)

주의(O)

산정불가(B)

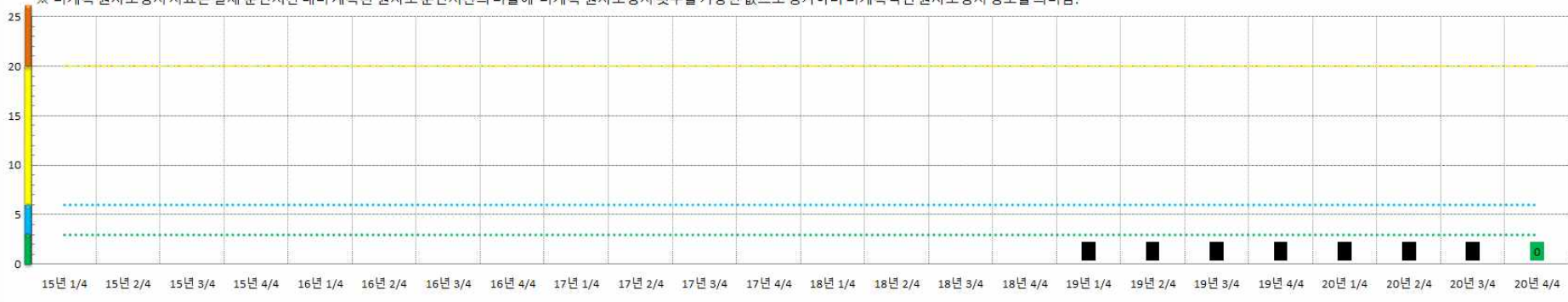
2021. 02. 05.

영역(3개)		원자로 안전							방사선안전		
범주(6개)		안전 운영	안전설비 신뢰도			안전 방벽			원내	원외	
지표(12개)		비계획 원자로정지	비상보충수 계통	비상환기 계통	방사선감시 계통(굴뚝)	핵연료 건전성	1차냉각계통 건전성	원자로건물 건전성	비상대책 (방재)	종사자 집적선량	주민 피폭 예상선량
2015	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
	3/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	
	4/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
2016	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
	3/4	B	B	B	G	G	G	B	G	G	G
	4/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
2017	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
	3/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	4/4	G	G	G	G	G	G		G	G	G
2018	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	G	G	G	G	G	G		G	G	G
	3/4	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
	4/4	G	G	G	G	G	G		G	G	G
2019	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
	3/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	4/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
2020	1/4	B	B	B	G	G	G	G	G	G	G
	2/4	B	B	B	G	G	G		G	G	G
	3/4	B	B	B	O	G	G	G	G	G	G
	4/4	G	G	G	G	G	G		G	G	G

비계획 원자로정지 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

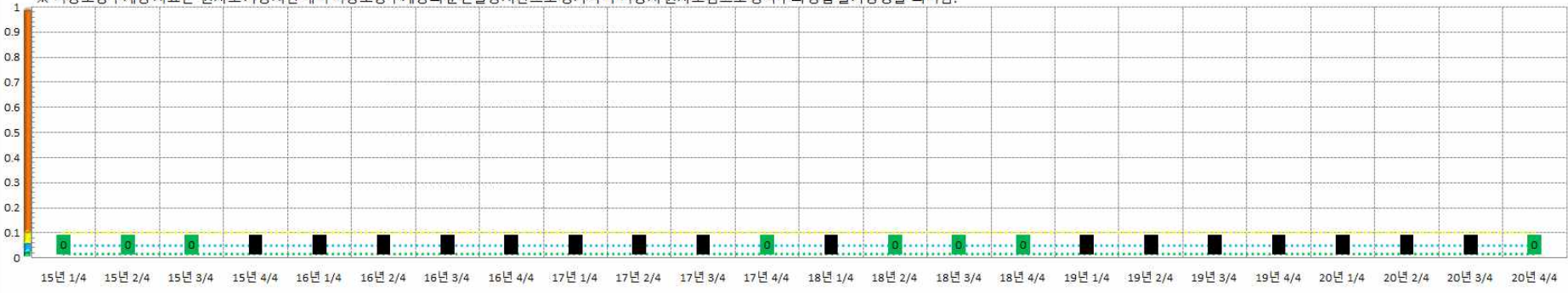
※ 비계획 원자로정지 지표는 실제 운전시간 대비 계획된 원자로 운전시간의 비율에 비계획 원자로정지 횟수를 가중한 값으로 평가하며 비계획적인 원자로정지 정도를 의미함.



비상보충수계통 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

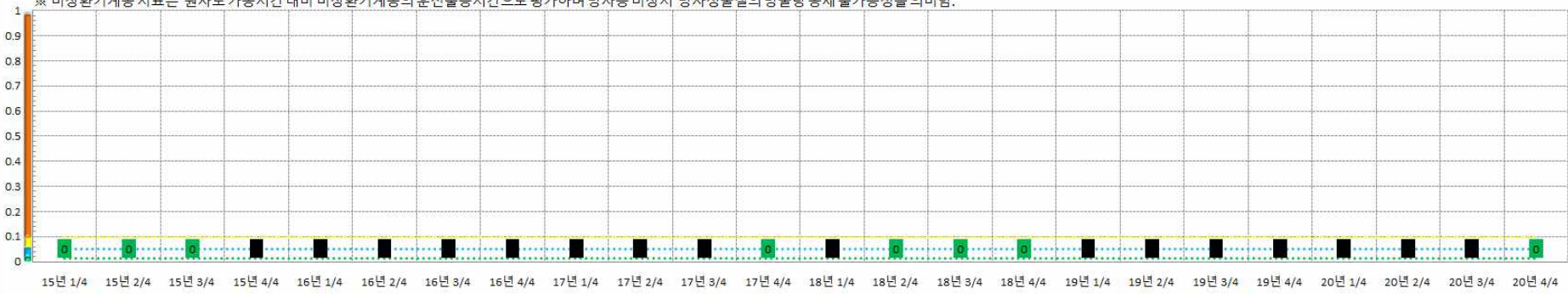
※ 비상보충수계통 지표는 원자로 가동시간 대비 비상보충수계통의 운전불능시간으로 평가하며 비상시 원자로심으로 냉각수의 공급 불가능성을 의미함.



비상환기계통 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

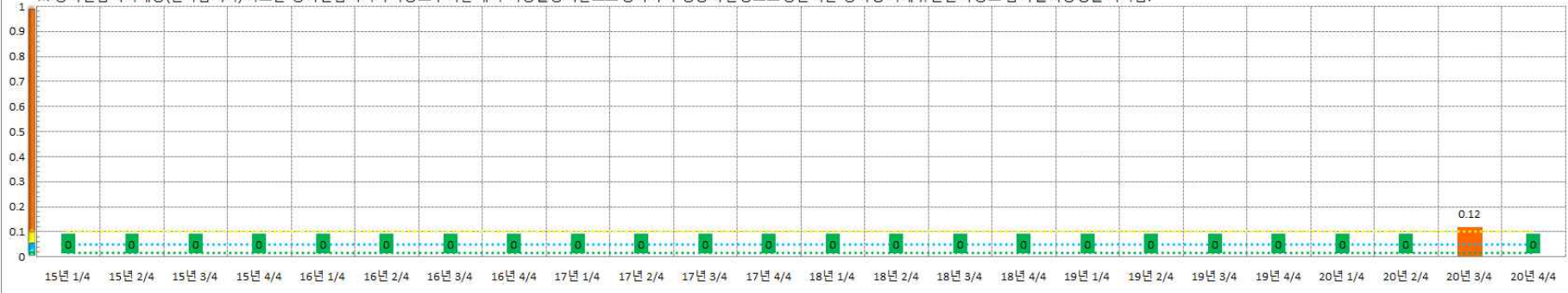
※ 비상환기계통 지표는 원자로 가동시간 대비 비상환기계통의 운전불능시간으로 평가하며 방사능 비상시 방사성물질의 방출량 통제 불가능성을 의미함.



방사선감시기계통(굴뚝감시기) 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

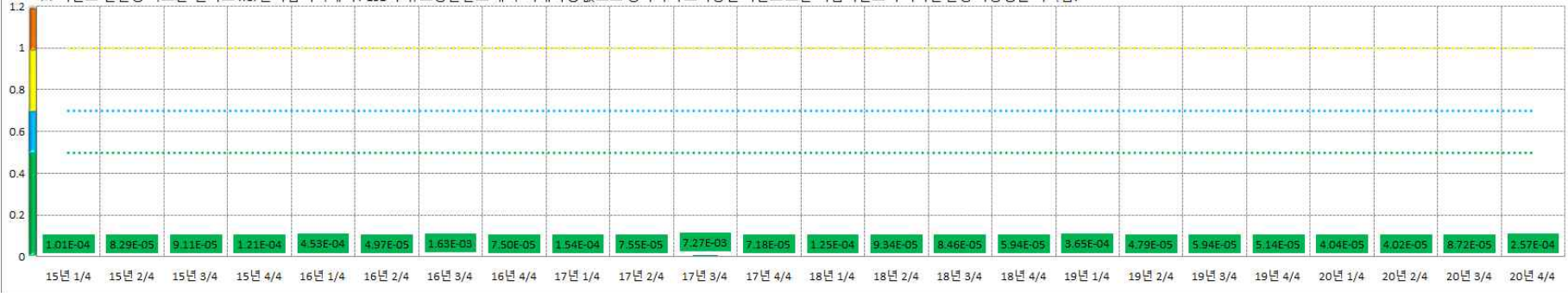
※ 방사선감시기계통(굴뚝감시기) 지표는 방사선감시기의 작동요구시간 대비 작동불능시간으로 평가하며 평상시 환경으로 방출되는 방사성기체 유출물의 농도 감시 불가능성을 의미함.



핵연료 건전성 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

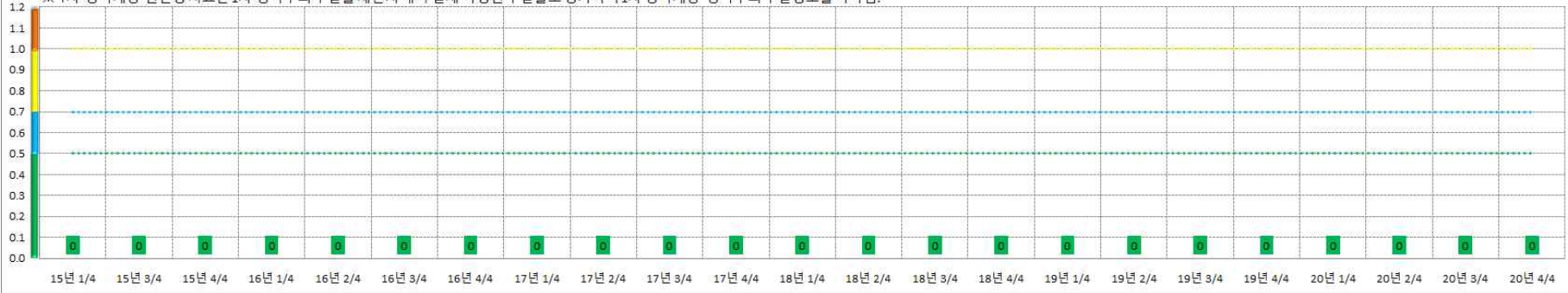
※ 핵연료 건전성 지표는 원자로 RCI 굴뚝감시기에서 1-131의 유도방출한도 대비 최대측정값으로 평가하며 조사중인 핵연료 또는 시험핵연료의 피복관 손상 가능성을 의미함.



1차 냉각계통 건전성 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

※ 1차 냉각계통 건전성 지표는 1차 냉각수의 누설을 제한치 대비 실제 측정된 누설율로 평가하며 1차 냉각계통 냉각수의 누설정도를 나타냄.



원자로건물 건전성 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정불가 ■

※ 원자로건물 건전성 지표는 원자로건물의 허용 누설율 대비 측정 누설율로 평가하며 원자로 건물 내부공기의 누설정도를 나타냄.



비상대책(방재) 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정불가 ■

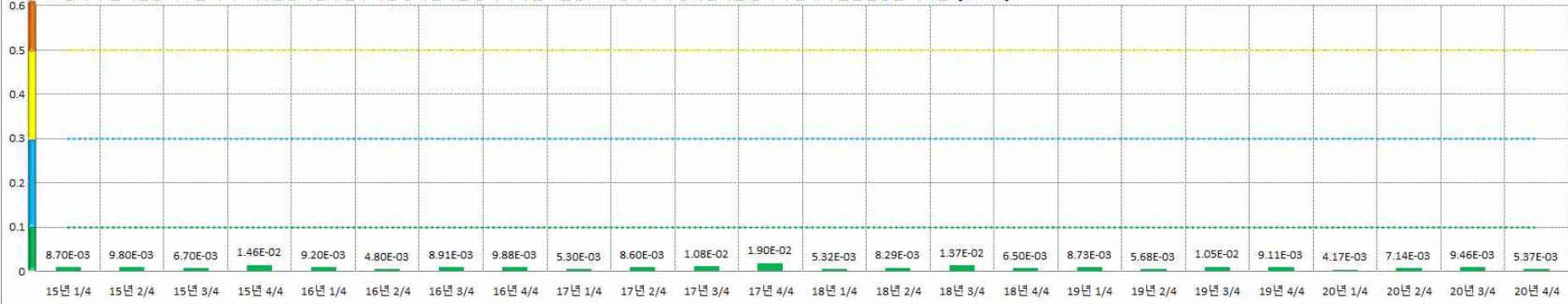
※ 비상대책(방재) 지표는 절차서준수율, 능동적 대응율, 설비의 적절성, 주기점검률로 평가하며 방사선비상시 대응능력을 의미함. [%]



종사자 집적선량

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정불가 ■

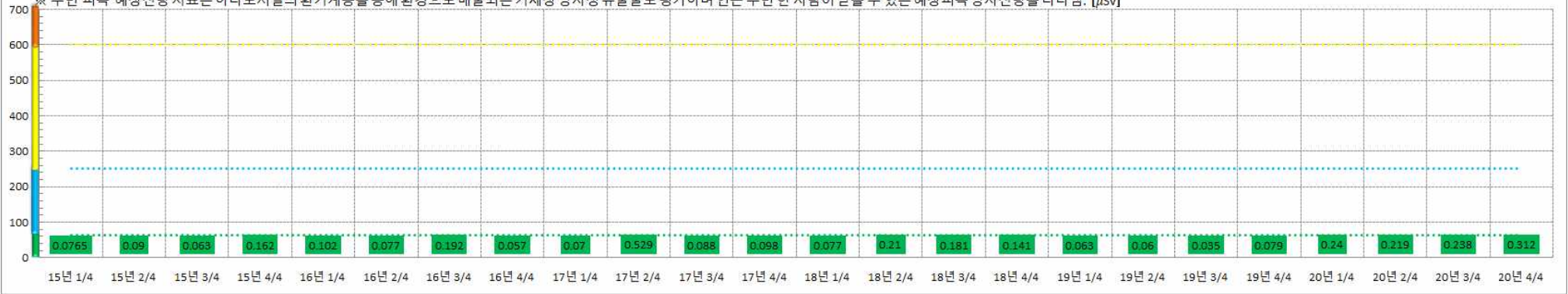
※ 종사자 집적선량 지표는 하나로 및 활용시설에 근무하는 방사선작업 종사자의 집적선량으로 평가하며 방사선작업 종사자 전체의 집단선량을 의미함. [man·Sv]



주민 피폭 예상선량 지표

우수 ■ 양호 ■ 보통 ■ 주의 ■ 산정 불가 ■

※ 주민 피폭 예상선량지표는 하나로시설의 환기계를 통해 환경으로 배출되는 기체상 방사성 유출물로 평가하며 인근 주민 한 사람이 받을 수 있는 예상피폭방사선량을 나타냄. [μSv]



2. 개 요

지표 (10개)	계산 방법	등급 구분 경계			
		우수	양호	보통	주의
비계획 원자로정지	(비계획 원자로정지 횟수 × 계획된 운전 시간) / 실제 운전시간	값 < 3	3 ≤ 값 < 6	6 ≤ 값 < 20	20 ≤ 값
비상보충수 계통	계통 운전 불능시간 / 원자로 운전시간	0 ≤ 값 < 0.015	0.015 ≤ 값 < 0.05	0.05 ≤ 값 < 0.1	0.1 ≤ 값 ≤ 1
비상환기 계통	계통 운전 불능시간 / 원자로 운전시간	0 ≤ 값 < 0.015	0.015 ≤ 값 < 0.05	0.05 ≤ 값 < 0.1	0.1 ≤ 값 ≤ 1
방사선 감시계통	계통 운전 불능시간 / 계통운전 요구시간	0 ≤ 값 < 0.015	0.015 ≤ 값 < 0.05	0.05 ≤ 값 < 0.1	0.1 ≤ 값 ≤ 1
핵연료 건전성	배기중 I-131 비방사능 / 제한치	0 ≤ 값 < 0.5	0.5 ≤ 값 < 0.7	0.7 ≤ 값 < 1	1 ≤ 값
1차냉각계통 건전성	1차 냉각재 누설율 / 제한치	0 ≤ 값 < 0.5	0.5 ≤ 값 < 0.7	0.7 ≤ 값 < 1	1 ≤ 값
원자로건물 건전성	원자로실 공기 누설율 / 제한치	0 ≤ 값 < 0.88	0.88 ≤ 값 < 0.92	0.92 ≤ 값 < 0.96	0.96 ≤ 값
비상대책 (방재)	인적역량(대응률)×60+설비역량(가용률)×40 [%]	90 ≤ 값	80 ≤ 값 < 90	60 ≤ 값 < 80	값 < 60
종사자 집적선량	하나로 및 부대시설 종사자 집적선량 [man·Sv]	값 < 0.1	0.1 ≤ 값 < 0.3	0.3 ≤ 값 < 0.5	0.5 ≤ 값
주민피폭 예상선량	주민 피폭 예상선량 [μ Sv]	값 < 62.5	62.5 ≤ 값 < 250	250 ≤ 값 < 600	600 ≤ 값

표 1. 하나로 안전성능지표 계산 방법 및 등급 구분

색	등급	상태
녹색	우수	안전성이 충분히 확보된 상태
청색	양호	안전성이 양호하게 유지되고 있는 상태
노랑	보통	안전성은 충족된 상태
주황	주의	감시, 조치가 필요한 상태
검정	산정불가	자료 없음(원자로 정지 등), 평가 불가 상태

표 2. 하나로 안전성능지표 등급 표시 방법

하나로 안전성능지표(SPI: Safety Performance Indicator)는 하나로 및 부대시설의 안전운영, 방사선안전 및 이용안전 상태를 확인하기 위한 자료로써 관련 지표의 평가를 통해 시설의 개략적인 안전성을 파악하고 그 추이를 분석할 수 있다. 하나로에서는 안전하고 효율적인 시설운영을 도모하고자 자체적으로 SPI 분석을 위한 지표를 개발하여 2011년부터 평가 및 관리하고 있다.

각 지표의 계산 방법과 등급의 구분 경계는 위 표 1과 같으며, 평가등급의 표시 방법은 위 표2와 같다.

SPI는 원자로안전, 방사선안전, 이용안전의 세 영역으로 구분한다.

원자로안전 영역에서는 원자로 안전을 평가하기 위하여 원자로 안전성 관련 사건의 발생, 사고 발생 시 이를 완화하기 위한 계통의 신뢰도 및 방사성 물질의 방출을 방지하기 위한 안전방벽의 건전성을 평가한다. 원자로 안전 영역에는 '안전운영', '안전설비 신뢰도' 및 '안전방벽'의 3개 범주에 총 8개의 지표가 있다.

방사선안전 영역에서는 방사선 피해로부터 하나로 및 부대시설 내 방사선작업종사자와 주변 주민과 환경을 보호하기 위한 안전성을 평가하기 위해 '원내 방사선 안전'과 '원외 방사선 안전' 2개 범주에 총 2개의 지표가 있다.

3. 각 지표의 의미

3.1 원자로 안전 영역

원자로 안전 영역	세부 범주	세부 지표	지표의 의미
원자로 안전을 평가하기 위하여 원자로 안전성 관련 사건의 발생 건수, 사고 발생 시 이를 완화하기 위한 계통의 신뢰도 및 방사성 물질의 방출을 방지하기 위한 안전방벽의 건전성을 평가함.	안전 운영	비계획 원자로정지	비계획 원자로정지 지표는 실제 운전시간 대비 계획된 원자로 운전시간의 비율에 비계획 원자로정지 횟수를 가중한 값으로 평가하며 비계획적인 원자로정지 정도를 의미함.
	안전설비 신뢰도	비상보충수계통	원자로 가동시간 대비 비상보충수계통의 운전불능시간으로 평가하며 비상시 원자로심으로 냉각수의 공급 불가능성을 의미함.
		비상환기계통	원자로 가동시간 대비 비상환기계통의 운전불능시간으로 평가하며 방사선 비상시 방사성물질의 방출량 통제 불가능성을 의미함.
		방사선감시계통	방사선감시기의 작동요구시간 대비 작동불능시간으로 평가하며 평상시 환경으로 방출되는 방사성 기체 유출물의 농도 감시 불가능성을 의미함.
	안전 방벽	핵연료건전성	원자로 RCI 굴뚝감시기에서 I-131의 유도방출한도 대비 최대측정 값으로 평가하며 조사 중인 핵연료 또는 시험핵연료의 피복관 손상 가능성을 의미함.
		1차냉각계통건전성	1차 냉각수의 누설을 제한치 대비 실제 측정된 누설율로 평가하며 1차 냉각계통 냉각수의 누설정도를 나타냄.
		원자로건물건전성	원자로건물의 허용 누설율 대비 측정 누설율로 평가하며 원자로 건물 내부공기의 누설정도를 나타냄.
		비상대책(방재)	인적역량으로 절차서 준수율(30%), 능동적 대응률(30%)이 있고 설비역량으로 설비의 적절성(16%), 가용성(12%), 주기점검률(12%)이 있어 이들의 적정 비율을 곱한 합으로 평가하며 방사선비상 시 대응능력을 의미함. [%]

3.2 방사선 안전 영역

방사선 안전 영역	세부 범주	세부 지표	지표의 의미
방사선 피해로부터 하나로 및 부대시설 내 방사선작업종사자와 주변 주민과 환경을 보호하기 위한 안전성을 평가함.	원내	종사자 집적선량	하나로 및 부대시설에 근무하는 방사선작업 종사자의 집적선량으로 평가하며 방사선작업 종사자의 집단선량을 의미함. [man·Sv]
	원외	주민 피폭 예상선량	하나로시설의 환기계통을 통해 환경으로 배출되는 기체상 방사성 유출물로 평가하며 인근 주민 한 사람이 받을 수 있는 예상피폭 방사선량을 나타냄. [μ Sv]

4. 우수가 아닌 부분의 원인 및 개선 조치

연도	분기	지표	평가결과	원인	개선조치
2011	1/4	원자로불시정지	양호	2월 20일 발생한 백색비상으로 인해 약 8일 간의 불시정지 시간 때문	사건원인조사 및 재발방지대책 수행
2011	1/4	비상대책(방재)	양호	하나로 방사선백색비상이 발생하였으며, 비상 발령 지연 등 미흡한 조치	불시훈련 등 비상대응능력 개선을 위한 후속 조치 수행
2011	4/4	비상대책(방재)	산정불가	당초 분기별 점수산정에서 반기별 점수 산정 방식으로 변경요청에 따라 점수 비산정	해당 없음
2012	1/4	비상대책(방재)	양호	방사능방재 교육 및 훈련이 평가항목에 있었으며, 교육은 2/4분기에 실시했으며, 하나로시설 훈련은 4/4분기에 실시함에 따라 대응역량 제고 기회가 없어 양호로 설정	2/4분기 방사능방재교육 실시 완료 4/4분기 방사능방재훈련 실시 완료
2013	1/4	비상대책(방재)	양호	비상대책본부상황실 이전 등으로 설비의 가용성 부족에 따름	상황실 이전 추진
2013	2/4	비상대책(방재)	양호	방사능방재교육 이수실적 저조로 방재요원의 대응역량 제고 부진	방사능방재 추가교육 실시로 이수율 상승
2014	1/4	비상대책(방재)	양호	1. 방재상황실의 컴퓨터의 N-computing시스템 작동 오류 및 잦은 고장 발생	1. 방재상황실의 방재요원 컴퓨터를 전체 노트북으로 교체 계획 수립
				2. 화상회의시스템을 설치하였으나 천장이 낮아 안테나가 잘 작동하지 않는 등의 문제 발생	2. 천장을 높이는 등의 공사를 시행함.
2014	2/4	비상대책(방재)	양호	1. 2014년 1/4분기의 1번 원인과 동일	1. 2014년 4/4분기에 방재요원 컴퓨터를 노트북으로 전체 교체

연도	분기	지표	평가결과	원인	개선조치
				2. 새빛연료 과학동의 전체훈련에서 원스톱상황전파시스템의 작동문제 발생에 따른 방재요원 소집 지연	2. 신규 상황전파시스템을 개발하여 원활한 작동상태 유지
2014년 4/4분기 ~ 2017년 3/4분기		3개 지표 (원자로 불시정지, 비상보충수 계통, 비상환기 계통)	산정불가	원자로건물 내진보강공사를 위해 원자로를 정지함에 따라 2014년 4/4분기부터 2017년 3/4분기까지 출력운전시간이 없기 때문	원자로건물 내진보강공사 완료. 내진보강공사 후속 조치 완료.
2016	4/4	원자로건물 건전성	산정불가	원자로건물 내진보강공사로 인해 누설률 시험이 불가하기 때문	원자로건물 내진공사 완료. 누설률 시험 재개 완료
2018	1/4	3개 지표 (원자로 불시정지, 비상보충수 계통, 비상환기 계통)	산정불가	원자로 수조고온층 계통 개선 및 후속조치를 위해 원자로를 가동하지 않았기 때문.	원자로 수조고온층 계통 개선 및 재발방지 대책 마련
2019년 1/4분기 ~ 2020년 3/4분기		3개 지표 (비계획 원자로정지, 비상보충수 계통, 비상환기 계통)	산정불가	냉중성자원 수소압력 증가로 인한 원자로 정지 후 원자로를 가동하지 않았기 때문.	재발방지를 위한 후속조치 완료.
2020	3/4	방사선감시계통(굴뚝 감시기)	주의	8월 10~ 8월 20일(11일간) RMS 교체로 인해 운전불능 상태로 연속감시가 불가능하게 됨.	운전불능 기간 동안 대체 시료로 측정하였음.