최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

목 차

		페이지
15.5	차폐냉각계통 고장	15.5.A-1
15.5.A	안전계통이 가용한 경우의 차폐냉각계통 고장	15.5.A-1
15.5.A.1	허용기준	15.5.A-1
15.5.A.2	사건전개	15.5.A-2
15.5.A.2.1	차폐냉각 상실 (열교환기로의 기기냉각수 상실)	15.5.A-2
15.5.A.2.2	차폐냉각유량 상실 (순환 상실)	15.5.A-2
15.5.A.2.3	차폐냉각수 재고량 상실	15.5.A-2
15.5.A.3	분석방법론 및 계통가정	15.5.A-3
15.5.A.3.1	노물리 분석 방법론	15.5.A-3
15.5.A.3.2	열수력 분석 방법론	15.5.A-3
15.5.A.3.2.1	CATHENA 모델	15.5.A-4
15.5.A.3.2.2	유량 상실 분석에 대한 방법론 및 가정	15.5.A-4
15.5.A.3.2.3	열제거원 상실 분석에 대한 방법론 및 가정	15.5.A-4
15.5.A.3.2.4	재고량 상실 분석에 대한 방법론 및 가정	15.5.A-5
15.5.A.3.3	수동트립	15.5.A-5
15.5.A.3.4	계통가정	15.5.A-5
15.5.A.3.5	안전계통	15.5.A-6
15.5.A.4	분석결과	15.5.A-6
15.5.A.4.1	유량 상실에 대한 결과	15.5.A-7
15.5.A.4.2	열제거원 상실에 대한 결과	15.5.A-7
15.5.A.4.3	재고량 상실에 대한 결과	15.5.A-8
15.5.A.5	결 론	15.5.A-9
15.5.A.6	참고문헌	15.5.A-10

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 목 차

		페이지
표 15.5.A-1	종단차폐냉각계통 고장 분석에 대한 경보설정치	15.5.A-11
표 15.5.A-2	종단차폐냉각계통 초기조건	15.5.A-12
표 15.5.A-3	유량 상실에 대한 사건전개	15.5.A-13
표 15.5.A-4	열제거원 상실에 대한 사건전개	15.5.A-14
표 15.5.A-5	재고량 상실에 대한 사건전개 (100% 완전파단)	15.5.A-15

47511b00-6d5211081416

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

그 림 목 차

그림 15.5.A-1 종단차폐냉각계통 모델의 CATHENA Nodalization

그림 15.5.A-2 종단차폐 냉각유량 상실에 대한 칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크 수위 과도상태

그림 15.5.A-3 종단차폐 냉각유량 상실에 대한 종단차폐 및 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태

그림 15.5.A-4 종단차폐 냉각유량 상실에 대한 종단차폐 벽면 (금속) 온도 과도상태

그림 15.5.A-5 종단차폐 열제거원 상실에 대한 종단차폐 및 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태

그림 15.5.A-6 종단차폐 열제거원 상실에 대한 칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크 수위 과도상태

그림 15.5.A-7 종단차폐 열제거원 상실에 대한 종단차폐 벽면 (금속) 온도 과도상태

그림 15.5.A-8 100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한 펌프 흡입/방출 압력 및 파단방출 과도상태

그림 15.5.A-9 100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한 칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크 수위 과도상태

그림 15.5.A-10 100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한 종단차폐 및 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태

그림 15.5.A-11 100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한 종단차폐 벽면 (금속) 온도 과도상태

47511b00-6d5211081416

47511b00-6d5211081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

15.5 차폐냉각계통 고장

15.5.A 안전계통이 가용한 경우의 차폐냉각계통 고장

차폐냉각계통은 원자로 노심으로부터의 핵방사선과 핵연료채널, 냉각재계통 피더, 감속재로부터의 열전달 때문에 칼란드리아격실과 종단차폐에 축적된 열을 제거한다. 그림 9.3-16 은 차폐냉각계통의 개략도를 보여준다. 이 계통은 또한 정상운전과 원자로 정지조건 동안 방사선에 대한 생물학적 차폐를 마련하기 위해 칼란드리아격실과 종단차폐에 물이 가득 차도록 유지한다.

평가된 차폐냉각계통의 고장은 계통으로부터의 재고량 상실과 차폐냉각계통으로의 기기냉각수 상실 그리고 차폐냉각유량 상실을 포함한다. 칼란드리아 집합체의 허용할 수 없는 변형을 일으킬 수 있는 과열전에 운전원이 사고를 종식시킬 충분한 시간을 가진다는 것을 증명하기 위해 해석이 수행된다.

냉각재계통 일차측으로부터의 냉각재 상실이 없기 때문에 비상노심냉각계통의 손상을 포함하는 이중고장은 해석에 포함되지 않는다. 격납건물로의 어떠한 방출도 매우 낮은 에너지를 갖고 있으며, 차폐냉각계통이 방사성핵종을 별로 포함하고 있지 않기 때문에 격납건물 손상을 포함하는 이중고장을 해석할 필요가 없다. 따라서 결과적으로 발생하는 방사능누출과 대중피폭선량은 냉각재계통에서의 배관파단 경우에 비해서 훨씬 덜 심각하다.

15.5.A.1 허용기준

차폐냉각수는 저농도의 방사성 부식생성물을 포함한다. 그러므로 차폐냉각계통의 고장은 상세한 대중피폭선량 해석이 필요할 만큼 충분한 누출을 직접적으로 일으키지는 않는다.

차폐냉각계통의 고장으로 인해 종단차폐는 서로 다른 가열율로 가열되기 때문에 차등 열팽창이 발생될 수 있다. 이들 사고에 대한 허용기준은 핵연료채널의 건전성 혹은 원자로 정지계통의 작동을 위험하게 할 수 있는 허용할 수 없는 칼란드리아 집합체 변형을 방지할 수 있도록, 운전원이 충분한 조치시간 (확실한 신호후 최소한 15 분) 을 갖고 있음을 보여야 한다. 이는 해석에서 내부 튜브시트와 외부 튜브시트 (그림 4.2-1) 사이의 온도차가 낮게 유지됨을 보임으로써 증명된다.

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

15.5.A.2 사건전개

15.5.A.2.1 차폐냉각 상실 (열교환기로의 기기냉각수 상실)

차폐냉각 상실은 차폐냉각 열교환기로 제공되는 기기냉각수의 불충분한 유량 (또는 기기냉각수 상실) 에 의해서 묘사된다. 차폐냉각순환이 유지되고, 차폐냉각수의 양이 많기 때문에 이 조건은 상대적으로 느린 과도상태를 보인다. 차폐냉각 상실 동안에 예상되는 사건은 다음과 같다 :

가. 차폐냉각 상실이 발생한다.

나. 종단차폐와 칼란드리아격실 냉각수 온도가 상승하고 결과적으로 액체팽창이 일어난다.

다. 일련의 온도, 압력 및/혹은 수위 경보와 표시가 일어난다.

라. 차폐냉각 상실에 대한 자동 원자로정지 신호는 없다. 장기간 동안 아무 조치도 없으면 차폐냉각수는 비등될 수 있다.

마. 차폐냉각 상실에 따라 칼란드리아 집합체 구조물 응력을 허용치내로 제한하기 위해 냉각기능을 회복시키거나 원자로를 정지시키고 냉각재계통을 냉각시키기 위한 운전원 조치가 요구된다.

47511b00-6d5211081416

15.5.A.2.2 차폐냉각유량 상실 (순환 상실)

차폐냉각계통의 유량상실은 종단차폐 공급모관에 대한 펌프 작동고장 또는 체크밸브의 상류 배관파단 때문에 발생할 수 있다. 사건전개는 차폐냉각 상실경우 (15.5.A.2.1 절) 와 비슷하다. 그러나 많은 양의 차폐냉각수순환 상실 때문에 이 조건은 더 빠른 가열 과도상태를 일으킨다. 종단차폐는 칼란드리아격실내의 냉각수보다 훨씬 빠르게 가열된다.

15.5.A.2.3 차폐냉각수 재고량 상실

차폐냉각수 재고량 상실은 파단 위치에 따라 종단차폐집합체에 다른 효과를 일으킨다. 가장 빠른 차폐재고량 상실 과도상태는 한쪽 혹은 양쪽 종단차폐 내의 냉각수를 배수시키는 배관파단의 결과로 일어난다. 종단차폐 재고량 상실 이후 예상되는 사건은 :

가. 차폐냉각수 재고량 상실을 일으키는 배관파단이 발생한다.

나. 칼란드리아격실과 종단차폐집합체가 칼란드리아격실과 종단차폐의 배수 때문에 가열된다.

다. 경보와 표시가 발생된다.

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

47511b00-6d5211081416

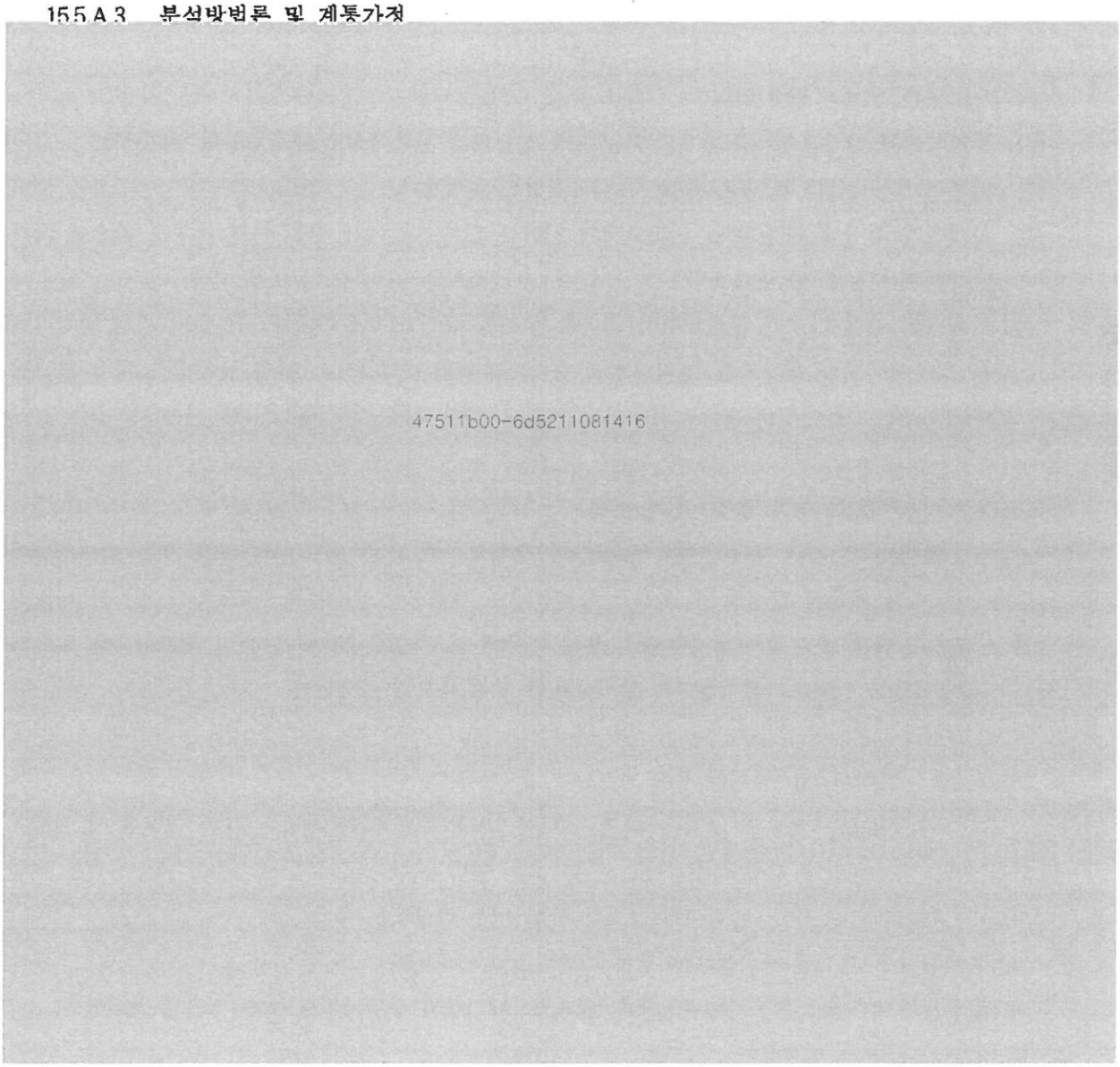
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

라. 원자로 조절계통은 종단차폐 저수위에 의해 원자로 연속출력감발을 시작한다.

마. 차폐 재고량 상실에 대한 자동 원자로정지 신호는 없다. 종단차폐 튜브시트내의 응력축적을 방지하기 위해 원자로를 정지시키고 (원자로 조절계통은 원자로 연속출력감발을 하지 않는다고 가정) 냉각재계통의 냉각을 시작하기 위한 운전원조치가 요구된다.

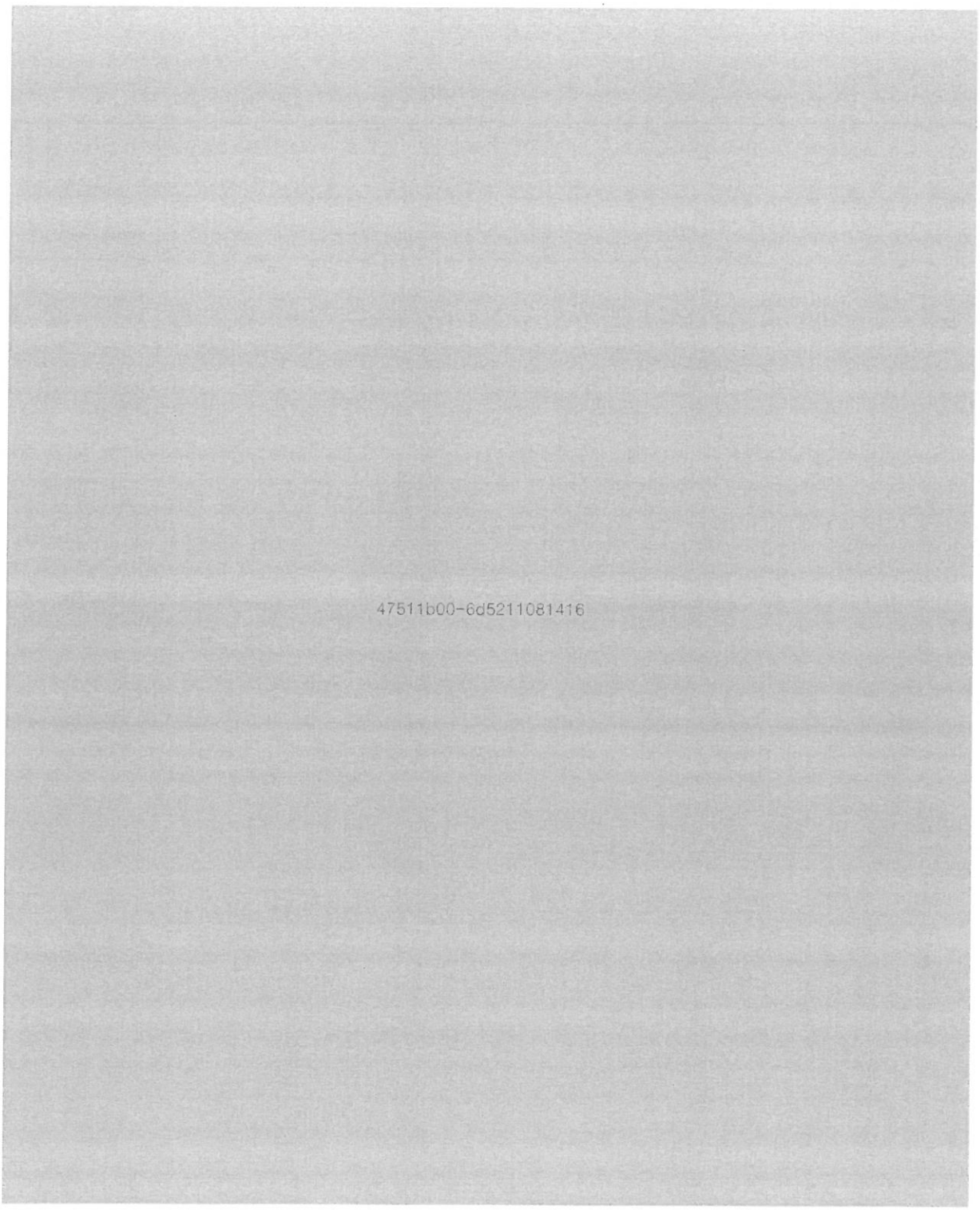
15.5.A.3 분석방법론 및 계통가정



47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서



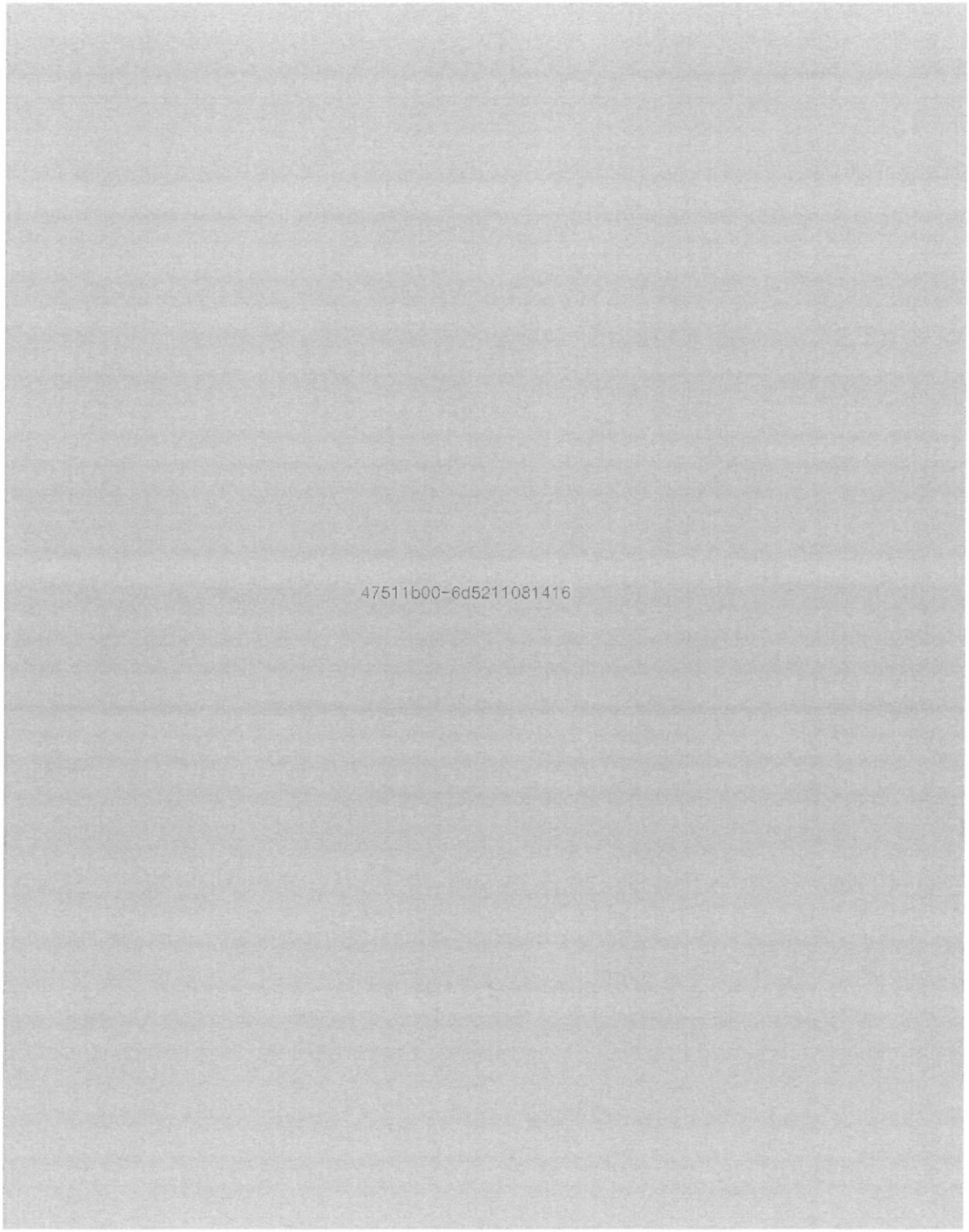
15.5.A-4

95/04/11

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서



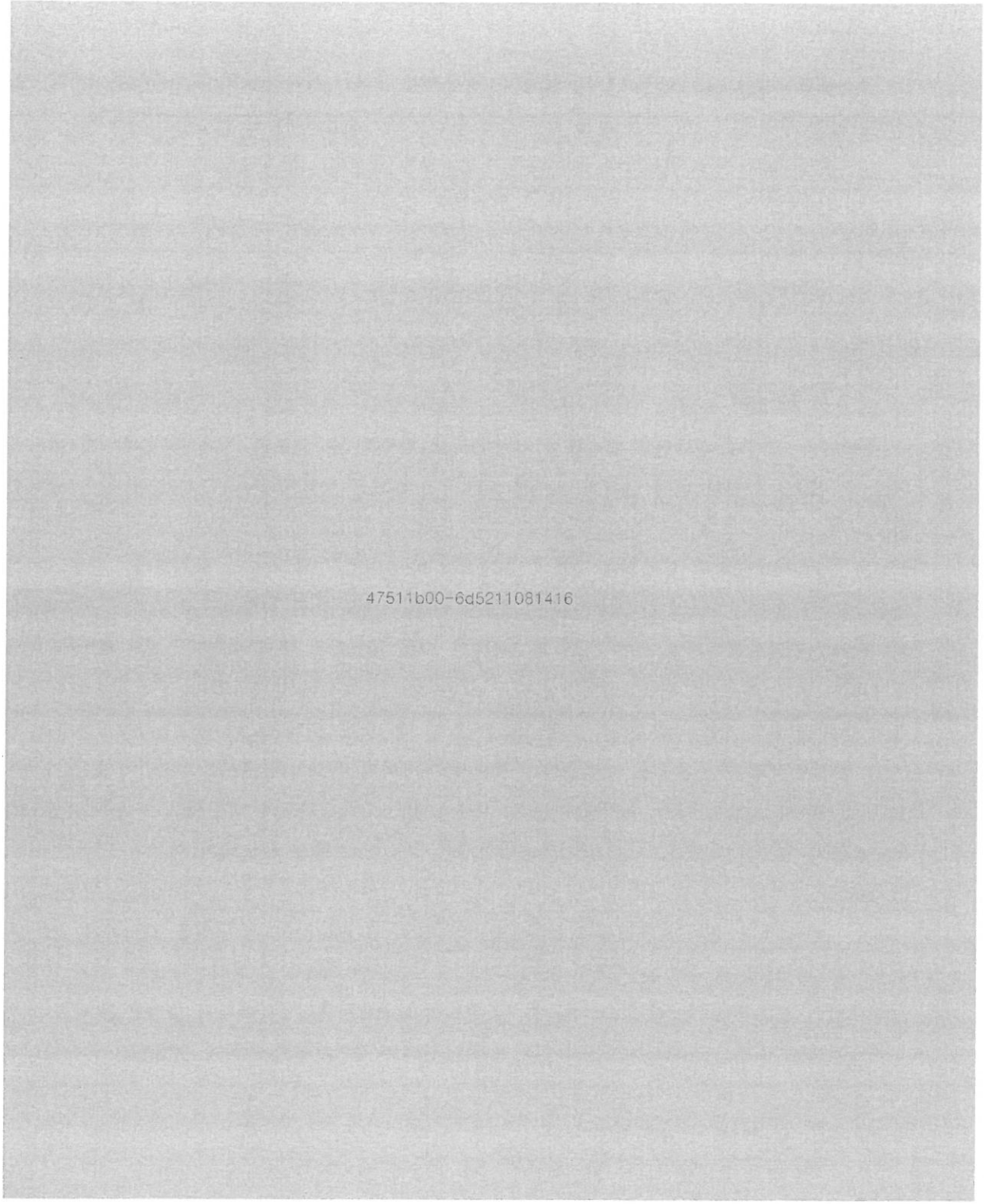
15.5.A-5

95/04/11

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서



15.5.A-6

95/04/11

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

15.5.A.4.1 유량 상실에 대한 결과

펌프고장의 결과로서 유량 상실이 발생한다. 이 시나리오에 대한 사건전개가 표 15.5.A-3 에 주어진다. 이 경우에 대해 제시된 과도상태는 운전원개입을 가정하지 않는다.

유량 상실 직후 펌프방출 저압 경보가 2.2 초에 울린다. 운전원은 이 명확한 신호 15 분 후에 냉각기능을 복구시키려고 노력하거나 원자로를 정지시킬 것이다. 그러나 이 해석에서는 보수적으로 운전원조치를 신뢰하지 않는다.

펌프방출압력의 감소와 펌프흡입압력의 증가 때문에 수두탱크 (펌프흡입측에 연결됨) 수위가 증가하고 칼란드리아격실 수위가 떨어진다. 칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크 수위 과도상태가 그림 15.5.A-2 에 주어진다. 수두탱크 고수위 경보와 칼란드리아격실 저수위 경보는 각각 15 초와 49 초에 울린다. 다시 냉각기능을 회복시키거나 원자로를 정지시키려는 운전원 조치가 두번째와 세번째 경보신호 15분후에 작동된다고 간주할 수 있으며 종단차폐냉각수의 비등을 피할 수 있다. 그러나 만약 운전원 조치를 고려하지 않으면 종단차폐냉각수 온도는 계속 증가한다.

종단차폐냉각수 체적평균 온도가 초기에는 약 0.02℃/s 의 속도로 증가한다. 칼란드리아격실 냉각수 온도는 격실내의 많은 냉각수재고량 때문에 매우 느린 속도로 증가한다. 종단차폐유체 온도와 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태는 그림 15.5.A-3 에 주어진다. 일련의 종단차폐 출구/입구 고온 경보 및 칼란드리아격실 출구 고온 경보가 계속해서 작동되어, 운전원에게 사고발생에 대한 많은 신호를 제공한다. 그림 15.5.A-3 은 약 100℃ 포화온도에서 종단차폐냉각수는 약 5500 초까지 비등하지 않음을 보여준다. 튜브시트 사이의 온도차와 종단차폐집합체의 격자튜브 및 탄소강구의 온도는 낮게 유지된다 (그림 15.5.A-4). 차폐냉각수가 비등한다 하더라도 종단차폐구조물의 열부하가 칼란드리아/종단차폐집합체의 상당한 변형을 일으키기 이전에 얼마간의 시간이 있을 것이다.

이 해석의 결과는 운전원이 문제점을 인식하고 원자로 정지 및 냉각을 개시하기 위한 충분한 시간 (최소한 90 분) 과 명확한 표시 (처음 50 초 동안 최소한 3 번의 경보) 가 있기 때문에 수동트립이 효과적이라는 것을 보여준다. 칼란드리아/종단차폐집합체에서의 심각한 변형은 일어나지 않는다. 그러므로 핵연료채널의 건전성이나 원자로 정지계통의 작동은 위협받지 않는다.

15.5.A.4.2 열제거원 상실에 대한 결과

차폐냉각 열교환기로의 기기냉각수 상실 때문에 열제거원 상실이 발생한다. 이 시나리오

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

에 대한 사건전개는 표 15.5.A-4 에 주어진다. 다시 이 경우에 대해 제시된 과도상태는 운전원 개입을 가정하지 않는다.

열제거원 상실에 따라서 종단차폐냉각수 체적평균 온도와 칼란드리아격실 냉각수 온도가 증가한다. 종단차폐 유체 온도와 칼란드리아격실 유체온도 과도상태가 그림 15.5.A-5 에 주어진다. 이 그림에서 보듯이 차폐냉각순환이 유지되고 차폐냉각수의 양이 많기 때문에 가열은 매우 느리다.

칼란드리아격실 입구 고온 경보와 종단차폐 입구 고온 경보가 각각 43 초와 48 초에 울린다. 원자로를 정지시키기 위한 운전원 조치가 이들 신호 15 분 후에 신뢰될 수 있다. 운전원 조치가 신뢰되지 않으면 (이 경우에 대해 제시되었듯이) 종단차폐 냉각수 체적평균 온도와 칼란드리아격실 냉각수 온도가 천천히 계속 증가하여 액체팽창의 결과를 가져온다. 칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크 수위 과도상태가 그림 15.5.A-6 에 주어진다. 종단차폐 출구 고온 경보, 칼란드리아 출구 고온 경보 및 칼란드리아격실 고수위 경보가 각각 3424 초, 3433 초 및 6198 초에 울린다.

그림 15.5.A-5 에서 보듯이 운전원 조치가 고려되지 않으면 종단차폐 냉각수는 약 15000 초 (4.2 시간) 까지는 비등되지 않는다. 운전원은 두번째 고온 경보 이후라도 냉각수 비등이 발생하기전 원자로를 정지시키기 위해 최소한 4 시간을 갖는다. 다시 튜브시트 사이의 온도차와 종단차폐집합체의 격자튜브 및 탄소강구의 온도는 낮게 유지된다 (그림 15.5.A-7). 그러므로 이 사고에 대해 수동트립이 효과적이다. 칼란드리아/종단차폐집합체에서의 심각한 변형은 발생하지 않는다. 핵연료채널의 건전성이나 원자로 정지계통의 운전은 위협받지 않는다.

47511b00-6d5211081416

15.5.A.4.3 재고량 상실에 대한 결과

이 절에서 제시한 결과는 종단차폐의 하부근처 배관 (이 파단위치는 가장 빠른 배수율을 야기시킴) 에서의 100% 완전파단을 가정하였다. 표 15.5.A-5 는 이 시나리오에 대한 사건전개를 보여주고 있다. 이 경우에 대해 제시된 과도상태는 운전원 개입을 가정하지 않았다.

그림 15.5.A-8 은 유량방출 과도상태를 보여준다. 초기 방출은 470 kg/s (격실 근처에서의 파단으로부터) 및 375 kg/s (종단차폐 근처에서의 파단으로부터) 이다. 유량상실 이후 (10 초 이내) 다섯가지 명확한 경보 신호가 있다. 펌프방출 저압 경보 및 종단차폐 저수위 경보가 0.05 초에 울린다. 이어서 3 초에 종단차폐 출구 고온 경보가 6 초에 수두탱크 저수위 경보 및 종단차폐 입구 고온 경보가 울린다. 펌프 흡입/방출 압력, 종단차폐 수위 및 유체온도 과도상태를 그림

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

15.5.A-8 부터 15.5.A-10 에서 보여준다.

칼란드리아격실 냉각수 온도와 종단차폐 금속 온도가 증가한다 (그림 15.5.A-10 과 15.5.A-11). 종단차폐 저수위에 의한 원자로 연속출력감발이 5 초에 일어나지만 고려하지 않는다. 팽창탱크는 약 10 초에 고갈된다 (그림 15.5.A-9). 13 초에 칼란드이아격실 저수위 경보설정치에 도달된다. 종단차폐는 약 60 초에 배수된다 (그림 15.5.A-9). 칼란드리아격실 출구근처 냉각수가 220 초에 기포화 하기 시작하고 온도는 천천히 계속 증가한다.

칼란드리아/종단차폐집합체의 내·외부 튜브시트, 격자튜브 및 탄소강구에 대한 가열 과도 상태가 그림 15.5.A-11 에 주어졌다. 원자로 연속출력감발을 무시할때 종단차폐는 약 15 분에 운전원 조치가 취해질 때까지 계속 가열된다. 20 초 이내에 최소 6 종류의 경보가 있으므로 운전원은 사고의 명확한 표시를 받게 된다. 약 15 분에 내·외부 튜브시트 사이의 온도차는 약 35℃ 이다. 이는 집합체의 미미한 변형을 일으킬 수 있지만 허용한도내에 있기 때문에 핵연료채널 건전성 혹은 원자로 정지계통 운전은 위협받지 않는다 (참고문헌 15.5.A-1).

15.5.A.5 결 론

47511b00-6d5211081416

차폐냉각유량 상실의 경우 50 초 이내에 3 종류의 경보가 울린다. 운전원 조치가 없다는 가정하에서 90 분 전에 차폐냉각수의 비등은 예상되지 않는다. 그러므로 운전원이 문제점을 인식하고 원자로 정지 및 냉각을 시작할 충분한 시간 (최소한 90 분) 및 명확한 표시 (처음 50 초 이내에 최소한 3 종류의 경보) 를 가지기 때문에 수동트립이 효과적이다. 칼란드리아/종단차폐집합체에서의 심각한 변형은 발생하지 않는다. 그러므로 핵연료채널의 건전성 및 원자로 정지계통의 운전은 위협받지 않는다.

열교환기로의 기기냉각수 상실의 경우, 1 분 이내에 최소한 두종류의 경보가 있으며 추가적인 경보는 후에 발생한다. 선행 운전원 조치가 없다는 가정하에서 4 시간 전에는 비등이 예측되지 않으며, 내·외부 튜브시트 사이의 온도차가 낮게 유지된다. 다시, 칼란드리아/종단차폐집합체의 어떠한 심각한 변형없이 운전원이 원자로 트립 및 냉각을 시작할 충분한 시간 및 표시를 가지기 때문에 수동트립이 이 사고에 대해서 효과적이다.

차폐탱크의 하부 배관에서의 100% 완전파단의 경우, 결과는 20 초 이내에 최소한 6 종류의 경보가 있음을 보여 주므로 운전원은 사고에 대한 확실한 표시를 얻을 것이다. 약 15 분에 내·외부 튜브시트의 온도차는 35℃ 이다. 이는 집합체의 미미한 변형을 일으킬 수 있지만 허용한도내에 있다. 핵연료채널 건전성 혹은 원자로 정지계통의 운전은 위협받지 않는다. 더 작은 파단

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

의 경우에는 운전원 응답이 요구되기 전까지 더 많은 시간이 있으며, 완전파단의 경우와 유사한 거동을 갖는다.

그러므로 차폐냉각계통 고장의 경우, 어떠한 칼란드리아 변형에 의해서 핵연료채널 건전성 혹은 원자로 정지계통 운전에 위협을 받기 이전에 운전원이 사고를 안전하게 종료시킬 수 있는 충분한 시간과 명확한 표시가 있다.

15.5.A.6 참고문헌

15.5.A-1. A. Singh and D. Dua, "Calandria Assembly Stress Analysis Shield Cooling System Failure Models", TDS 66-31200-021, 1979 August.

15.5.A-2. K. Aydogdu and K.Y. Kim, "Radiation Heating Report", 86-03320-AR-004, Revision 1, 1993 January.

15.5.A-3. B.N. Hanna, Editor, "CATHENA MOD-3.5 Theoretical Manual", AECL-WL Report: RC-982-3/COG-93-140, Revision 0.

15.5.A-4. B.N. Hanna, Editor, "CATHENA Input Reference Report", AECL-WL-Report: RC-982-4/COG-93-140, Revision 0.0, 1993 May, and
J.P. Mallory, Editor, "CATHENA GENHTP Input Reference Report", AECL-WL Report: RC-982-5/COG-93-140, Revision 0.0, 1993 May.

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.5.A-1

종단차폐냉각계통 고장 분석에 대한 경보설정치

변 수	경 보 조 건	기 술
수 위		수두탱크 저수위 수두탱크 고수위
수 위		칼란드리아격실 고수위 칼란드리아격실 저수위
수 위		종단차폐 저수위
온 도		종단차폐 입구 고온 종단차폐 입구 저온
온 도		종단차폐 출구 고온
온 도		칼란드리아격실 입구 고온 칼란드리아격실 입구 저온
온 도		칼란드리아격실 출구 고온
압 력		칼란드리아격실 상층기체 고압 칼란드리아격실 상층기체 저압
압 력		펌프방출 저압
압력차		이온교환기 압력 강하 높음

* 수위는 110.027 m 의 높이를 기준점으로 해서 측정된다.

** 115.17 m 의 정상운전 수위를 기준으로 측정된다.

47511b00-6d5211081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.5.A-2

종단차폐냉각계통 초기조건

매 개 변 수	정 규 치
종단차폐냉각계통 열부하	7.5 MW
칼란드리아격실 입구 온도	49℃
칼란드리아격실 출구 온도	54℃
종단차폐 입구 온도	60℃
종단차폐 출구 온도	66℃
칼란드리아격실 평균 온도	51.8℃
종단차폐 평균 온도	62.9℃
펌프방출	304.64 kg/s
종단차폐 입구 유량	92.4 kg/s

47511b00-6d5211081416

47511b00-6d5211081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

표 15.5.A-3

유량 상실에 대한 사전전개

시간 (초)	사건 및 계통반응	비 고
0.0	유량 상실 (펌프트립) 발생	발단사건
>0.0	펌프 방출 압력 강하 및 칼란드리아격실 수위 강하 초기에 약 0.02℃/s 의 속도로 종단차폐냉각수 체적평균 온도 증가 칼란드리아격실 냉각수 온도 가 매우 느린 속도로 (≈0.001℃/s) 로 증가	
2.2	펌프방출 저압 경보 울림	냉각기능 회복 혹은 원자로 정지 및 냉각을 위한 운전원 조치가 15분후에 신뢰될 수 있음
15	수두탱크 고수위 경보 울림	
49	칼란드리아격실 저수위 경보 울림	
318	종단차폐 출구 고온 경보 울림	
580	종단차폐 입구 고온 경보 울림	
>600	종단차폐냉각수 체적평균 온도가 천천히 계속 증가	
4787	칼란드리아격실 출구 고온 경보 울림	
≈5500	종단차폐냉각수 비등 시작	운전원 조치가 취해지지 않는 경우

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.5.A-4

열제거원 상실에 대한 사건전개

시간 (초)	사건 및 계통반응	비 고
0.0	열제거원 상실 (차폐냉각열교환기로의 기기냉각수 상실) 발생	발단사건
>0.0	종단차폐냉각수 체적평균 온도 및 칼란드리아격실 냉각수 온도가 천천히 증가	가열율은 순환이 유지되기 때문에 유량 상실 시나리오보다 느리다
43	칼란드리아격실 입구 고온 경보 울림	냉각기능 회복 혹은 원자로 정지 및 냉각을 위한 운전원 조치가 15분후에 신뢰될 수 있다
48	종단차폐 입구 고온 경보 울림	
3424	종단차폐 출구 고온 경보 울림	
3433	칼란드리아 출구 고온 경보 울림	
>5000	종단차폐냉각수 체적평균 온도 및 칼란드리아격실 냉각수 온도가 천천히 계속 증가하고 결과적인 액체팽창 발생	
6198	칼란드리아격실 고수위 경보 울림	
≈15000	종단차폐냉각수가 비등 시작함	운전원 조치가 취해지지 않는 경우

47511b00-6d5211081416

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.5.A-5

재고량 상실에 대한 사건전개 (100% 완전파단)

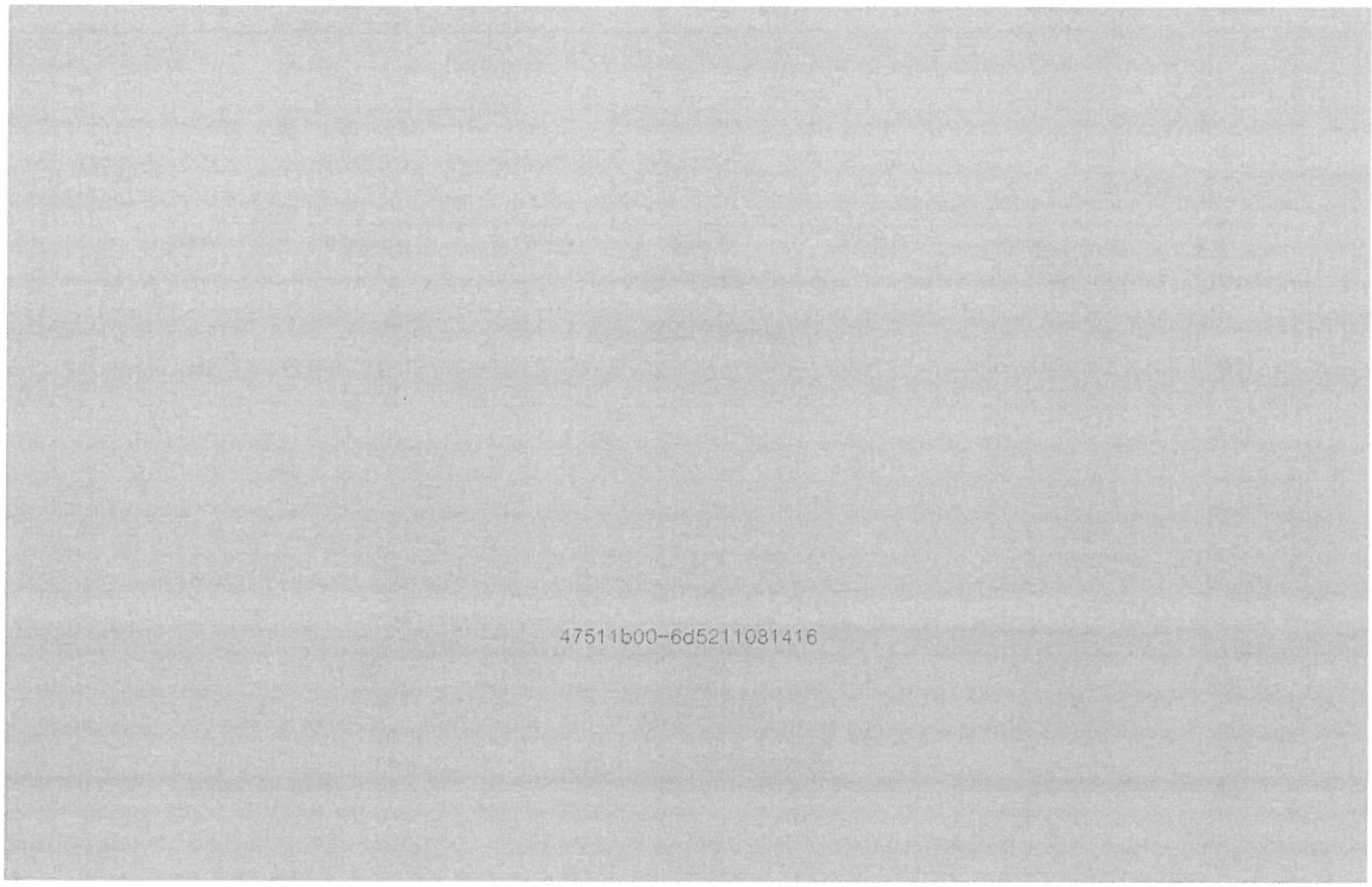
시간 (초)	사건 및 계통반응	비 고
0.0	재고량 상실 (종단차폐 하부 근처에서의 100% 완전파단) 발생	발단사건
>0.0	초기 방출은 격실 근처 파단 (그림 15.4.A-1 에서의 "BRK1") 에서 470 kg/s 이고 종단차폐의 하부 근처 파단 (그림 15.4.A-1 에서의 "BRK2") 에서 336 kg/s 임 종단차폐 배수 종단차폐 즉시 기포화 종단차폐 금속 온도 증가 칼란드리아격실 수위 감소	
0.05	펌프방출 저압 경보 울림 종단차폐 저수위 경보 울림	원자로를 정지시키기 위한 운전원 조치가 15분 후에 신뢰될 수 있음
2.7	종단차폐 출구 고온 경보 울림	
5.0	종단차폐 저수위 (≤109.71 m) 에 의해 2% 전출력까지 원자로 연속출력감발됨	고려되지 않음
5.6	수두탱크 저수위 경보 울림	
5.9	종단차폐 입구 고온 경보 울림	
≈10	수두탱크 고갈	
13	칼란드리아격실 저수위 경보 울림	
≈60	종단차폐 고갈	
≈220	칼란드리아격실 기포화 시작	
>1000	칼란드리아 냉각수 온도 및 종단차폐 금속 온도 계속 증가	운전원 조치가 취해지지 않는 경우

47511b00-6d5211081416

47511b00-6d5211081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.



한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

종단차폐냉각계통 모델의 CATHENA

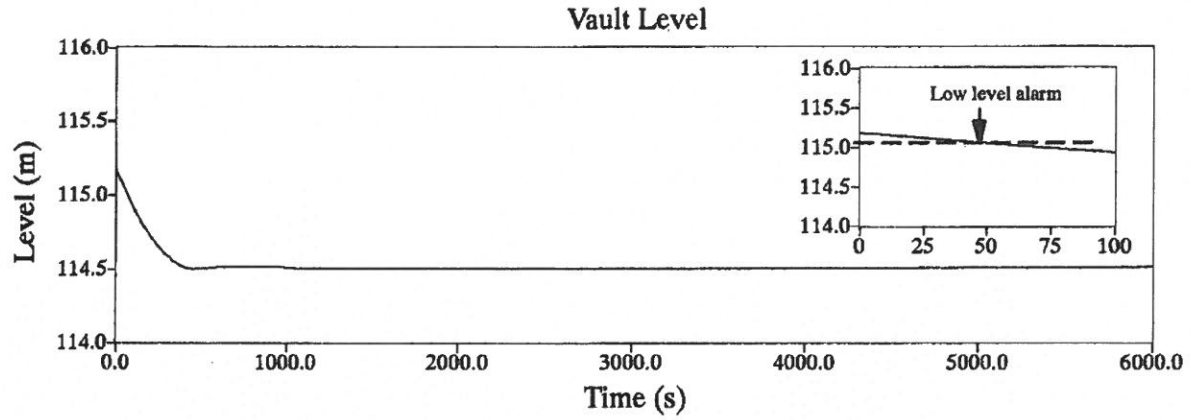
Nodalization

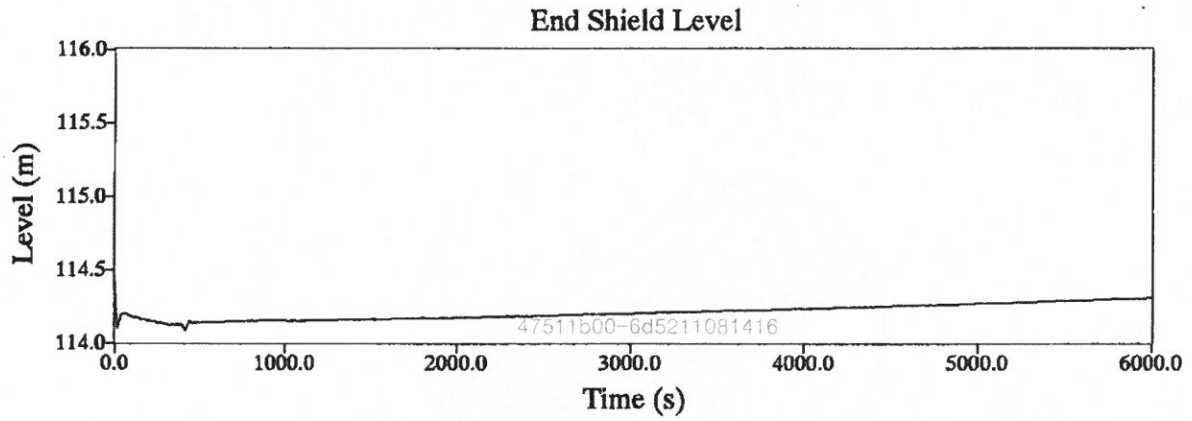
그림 15.5.A-1

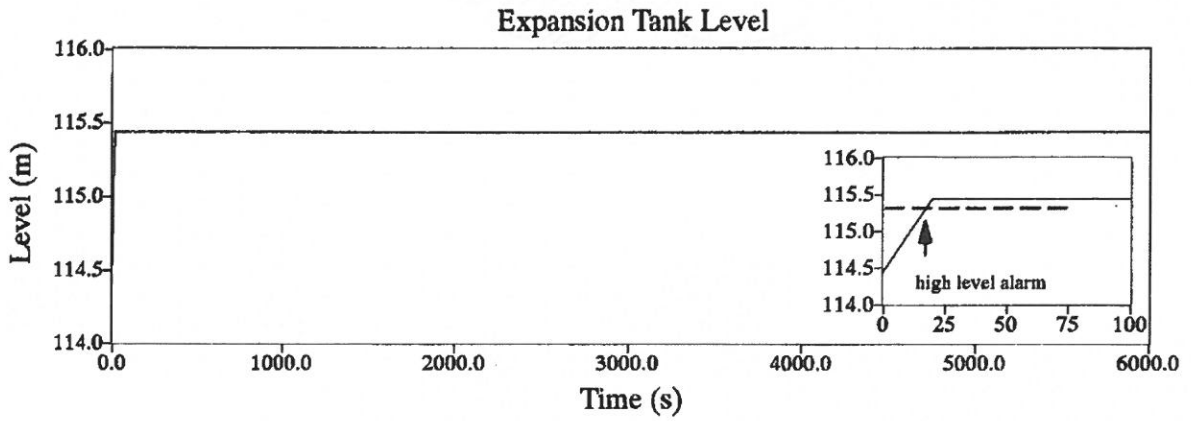
종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.





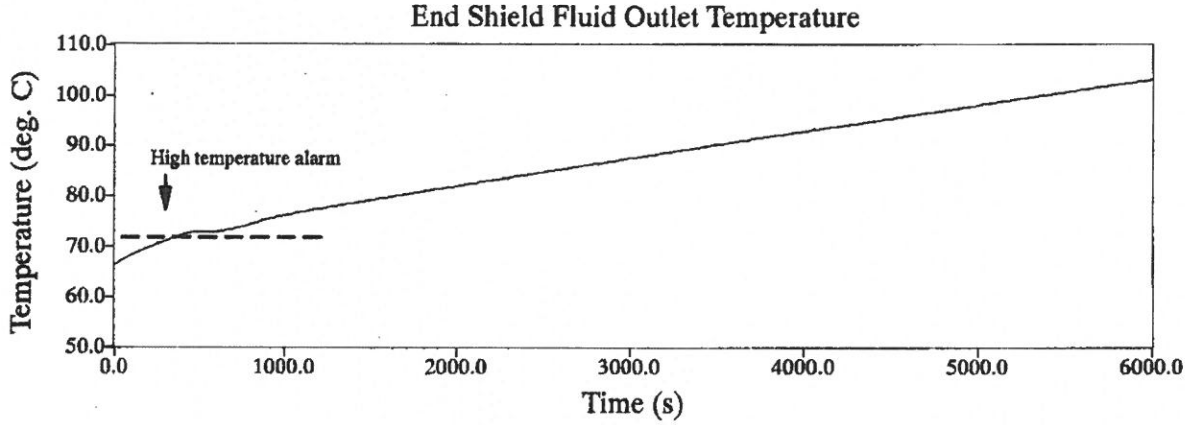


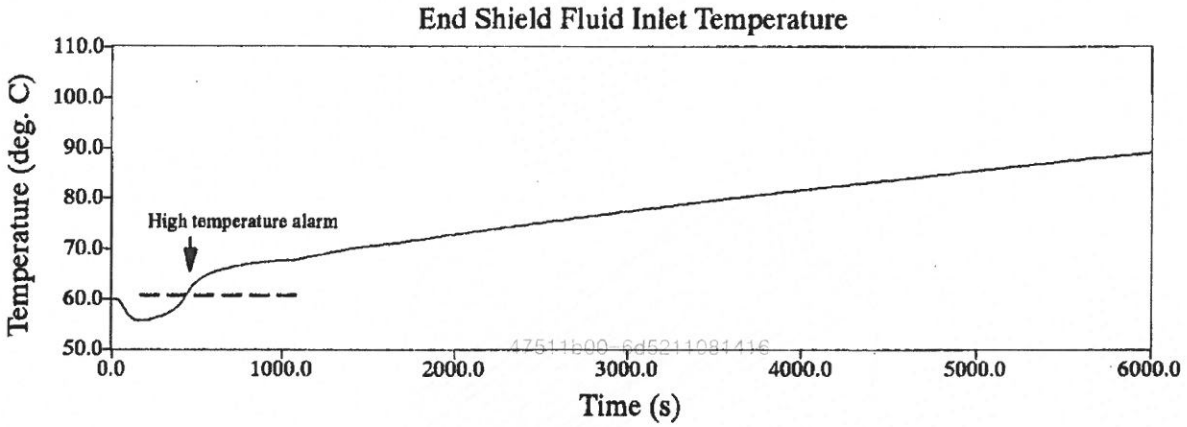
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

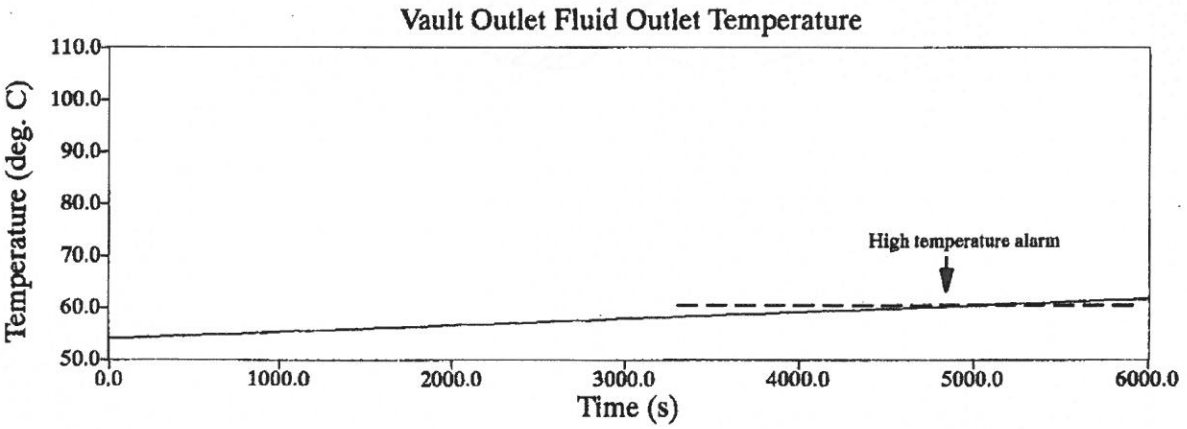
종단차폐 냉각유량 상실에 대한
칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크
수위 과도상태
그림 15.5.A-2

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.



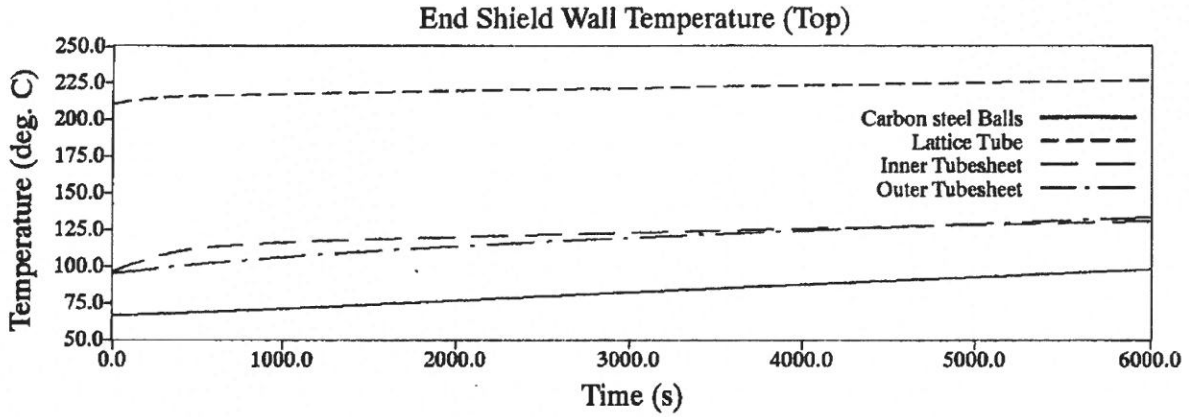


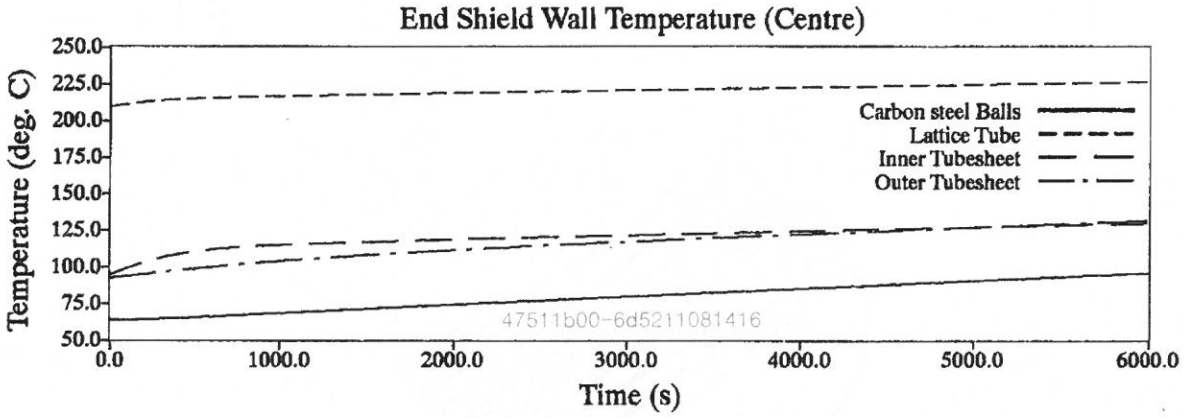


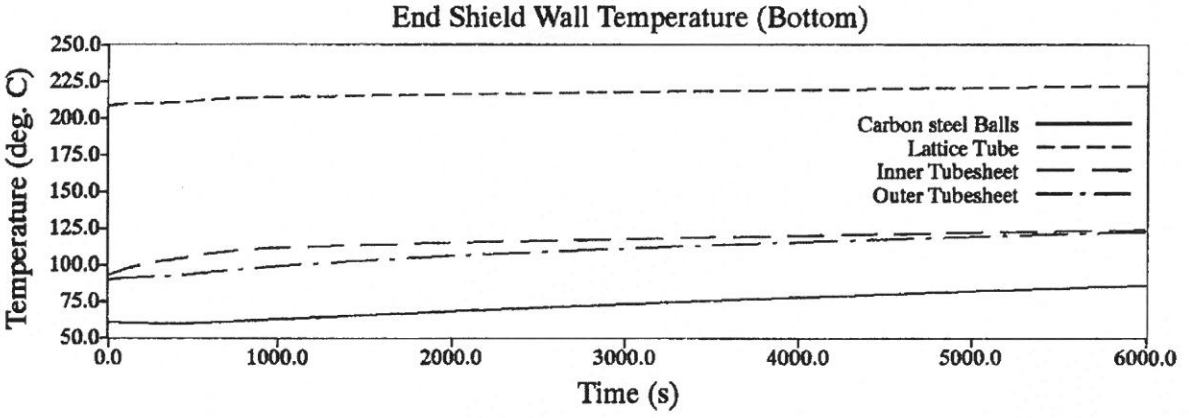
	한국수력원자력 월성원자력 2호기 최종 안전성 분석 보고서
종단차폐 냉각유량 상실에 대한 종단차폐 및 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태 그림 15.5.A-3	

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.



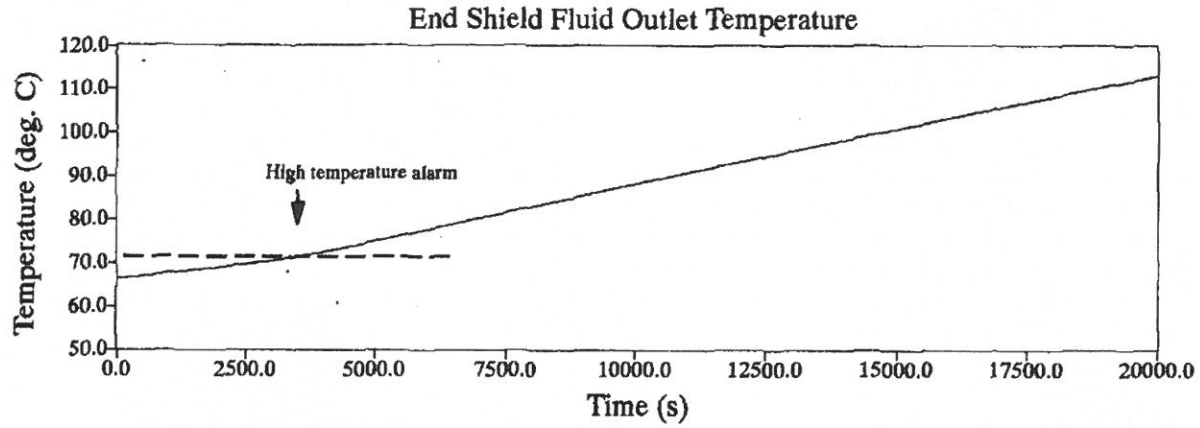


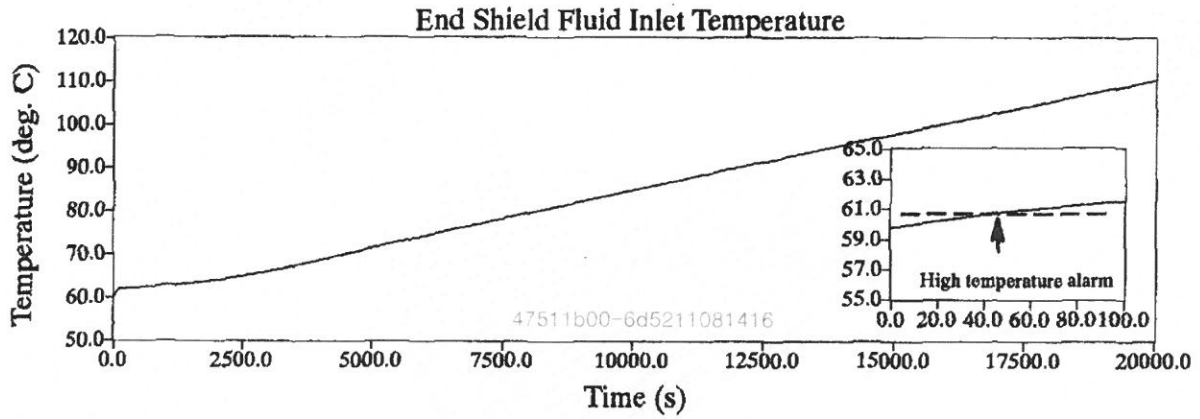


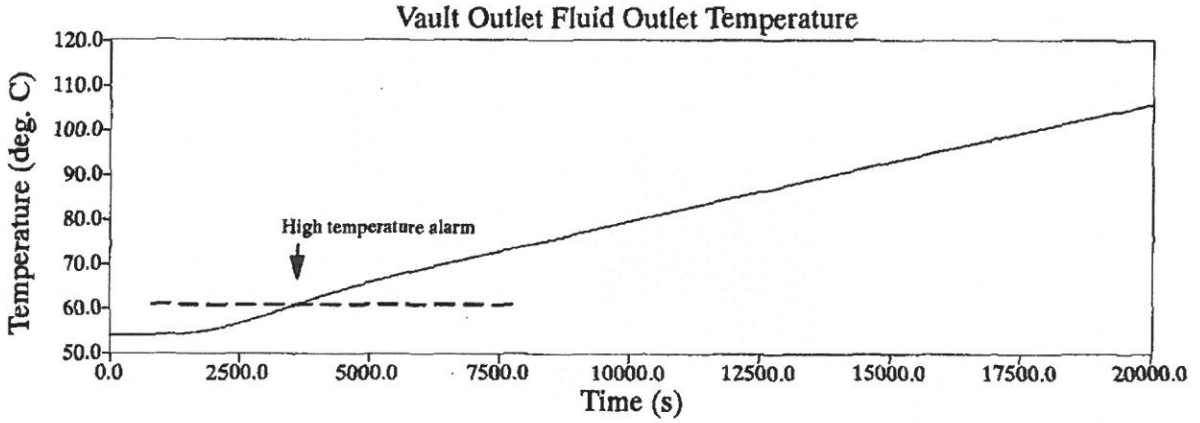
	한국수력원자력 월성원자력 2호기 최종 안전성 분석 보고서
종단차폐 냉각유량 상실에 대한 종단차폐 벽면 (금속) 온도 과도상태 그림 15.5.A-4	

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.







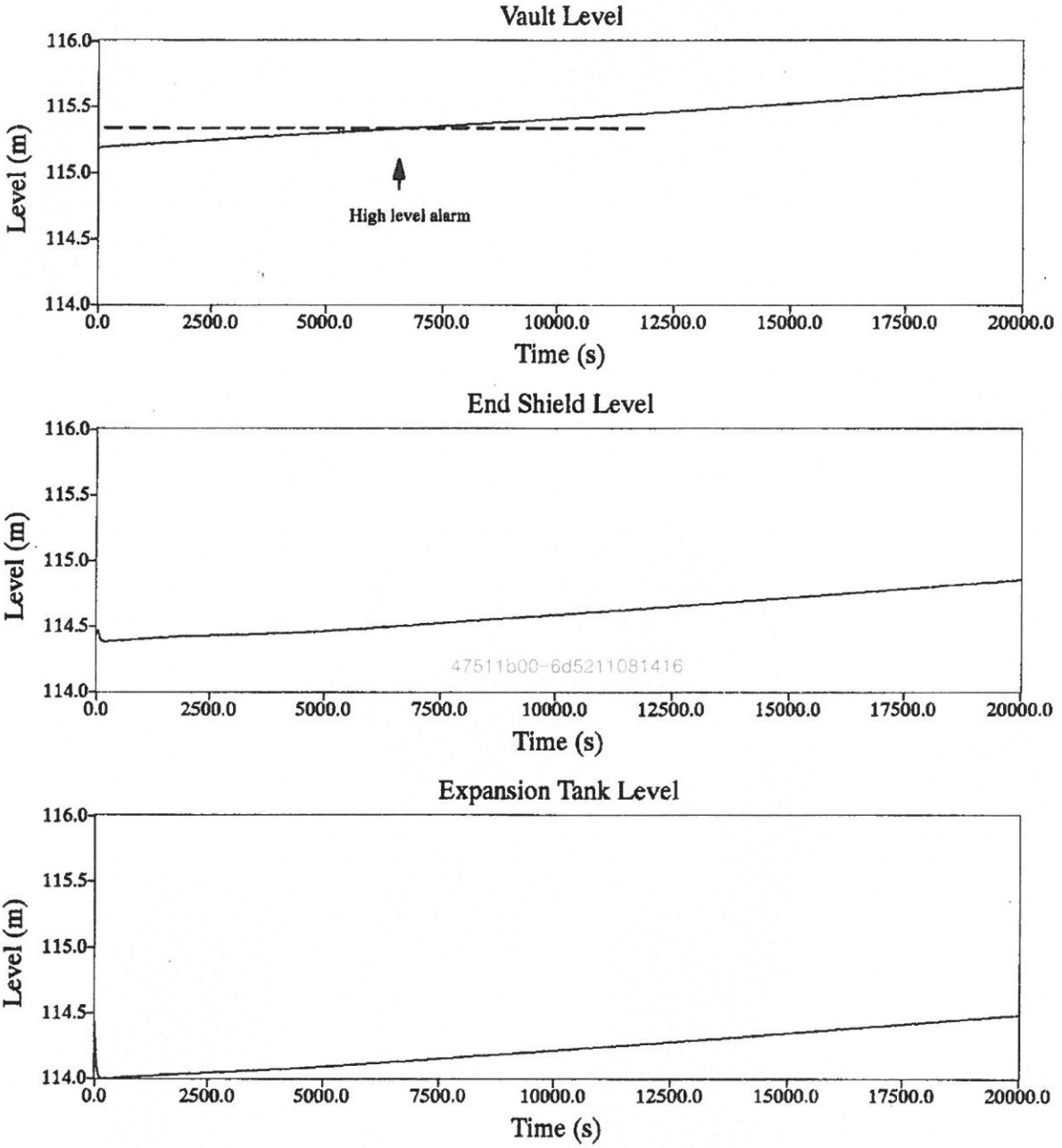
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

종단차폐 열제거원 상실에 대한 종단차폐
및 칼란드리아격실 유체 온도 과도상태

그림 15.5.A-5

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

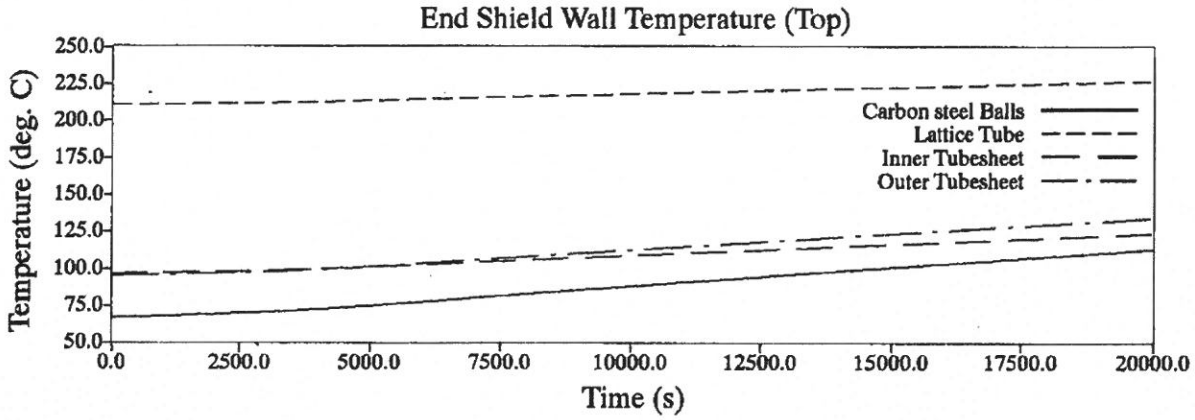


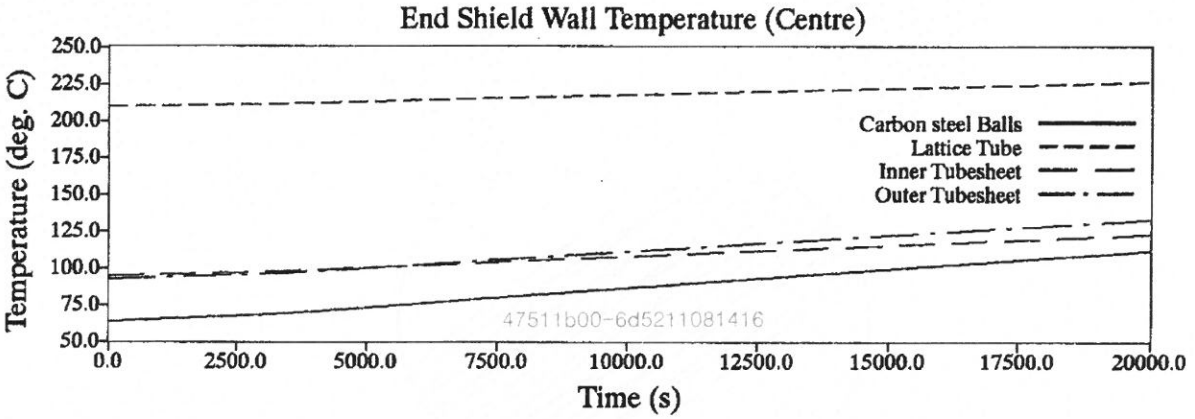
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

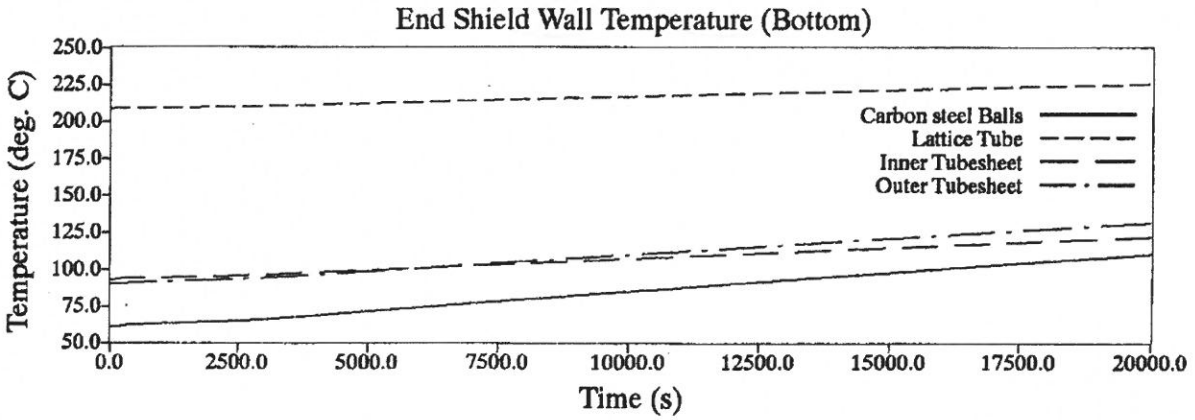
종단차폐 열제거원 상실에 대한
칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크
수위 과도상태
그림 15.5.A-6

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.







한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

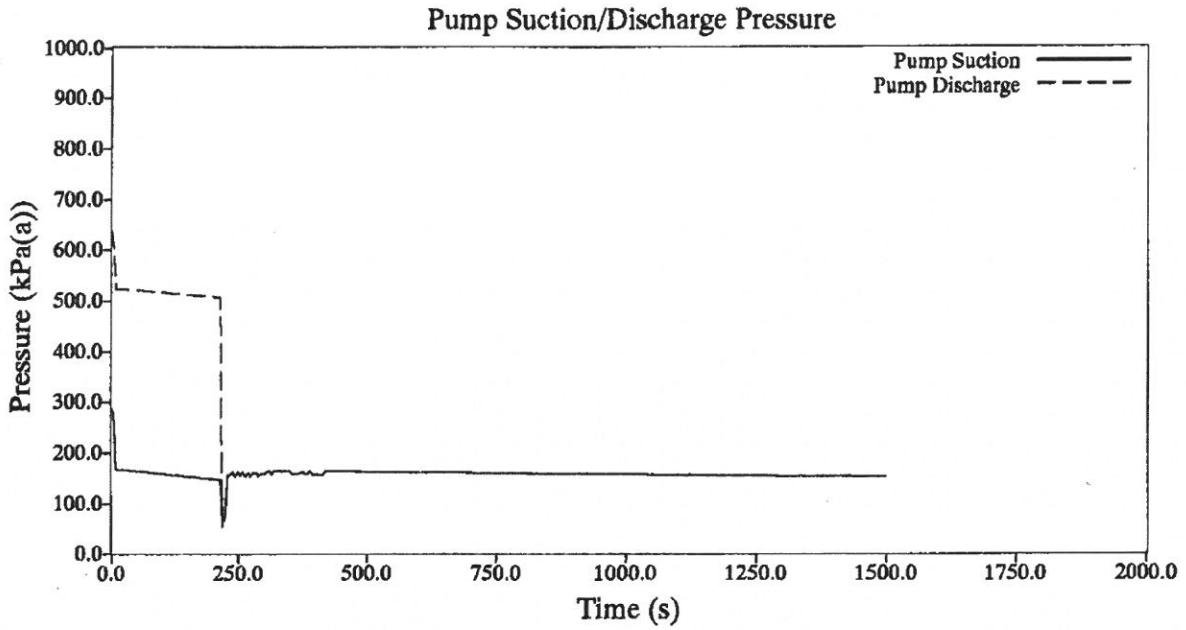
종단차폐 열제거원 상실에 대한 종단차폐

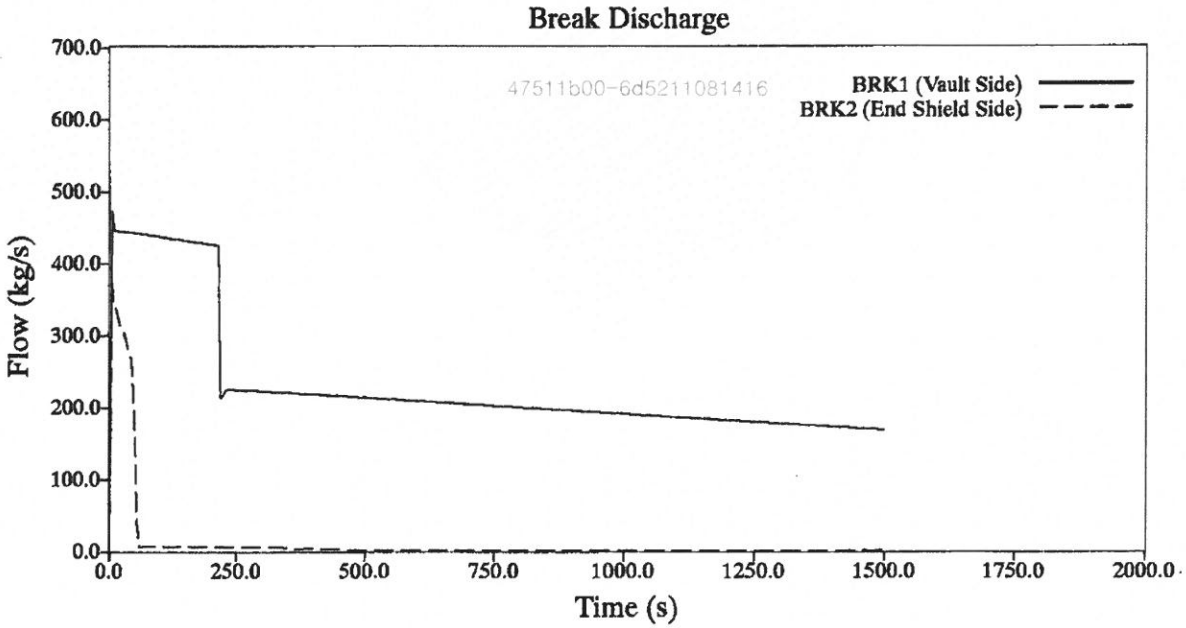
벽면 (금속) 온도 과도상태

그림 15.5.A-7

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.



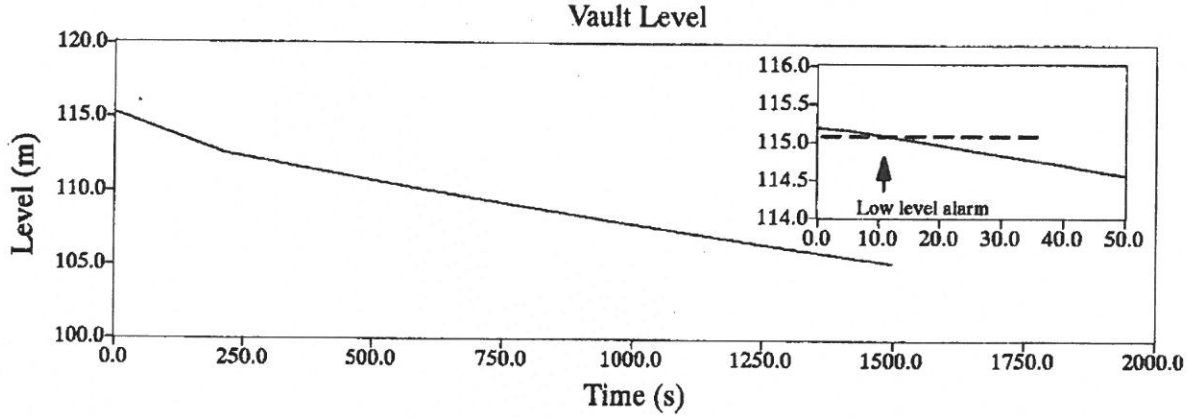


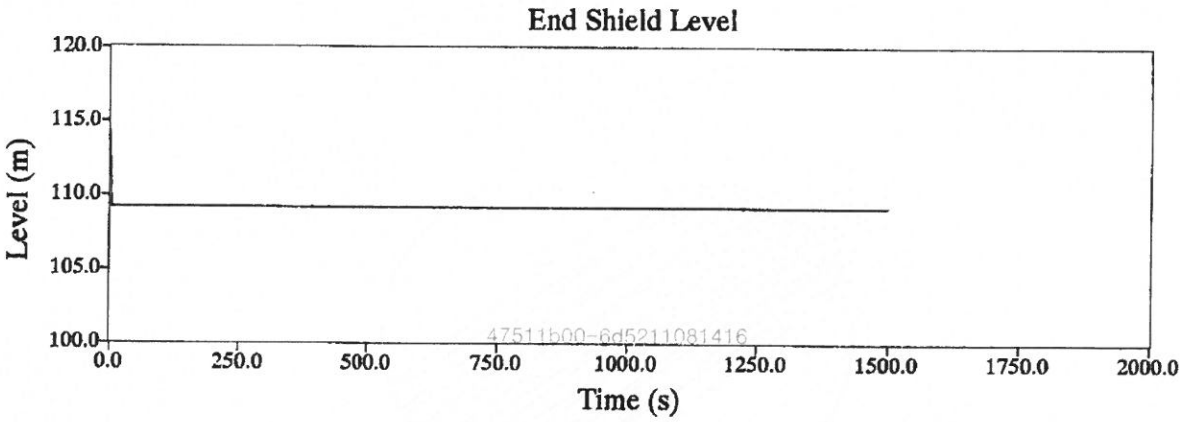
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

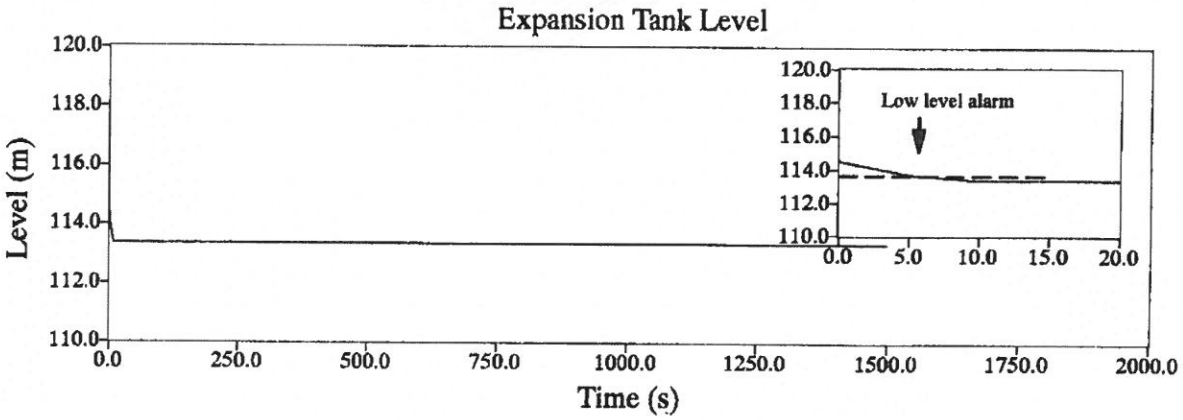
100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한
펌프 흡입/방출 압력 및 파단방출 과도상태
그림 15.5.A-8

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.





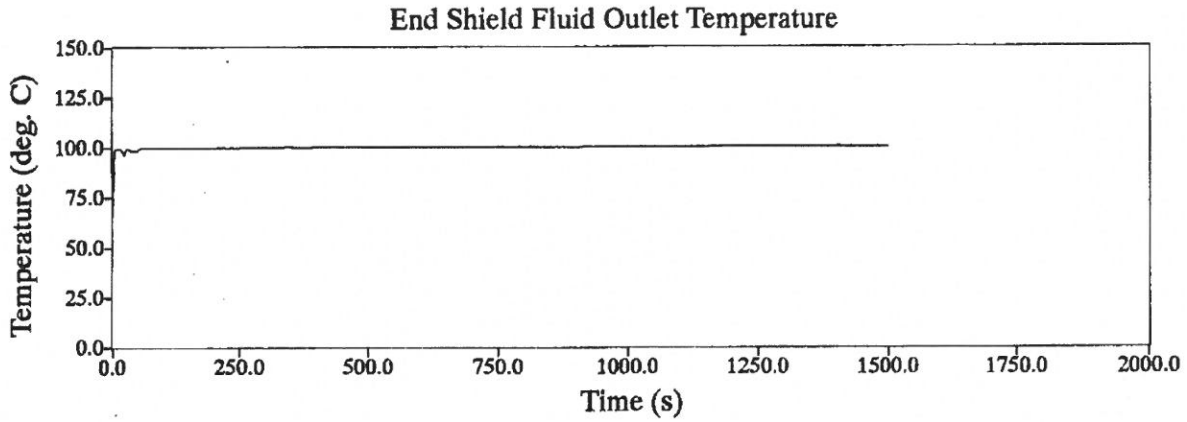


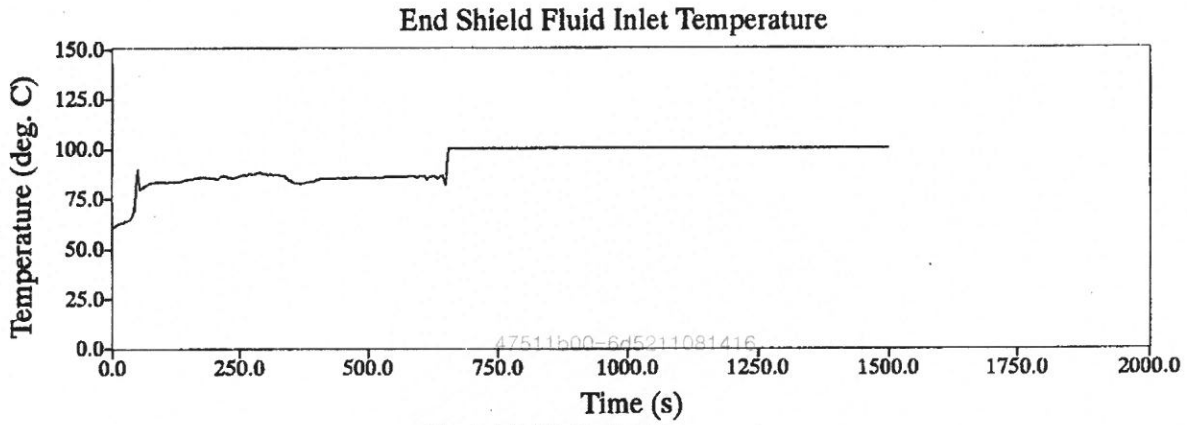
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

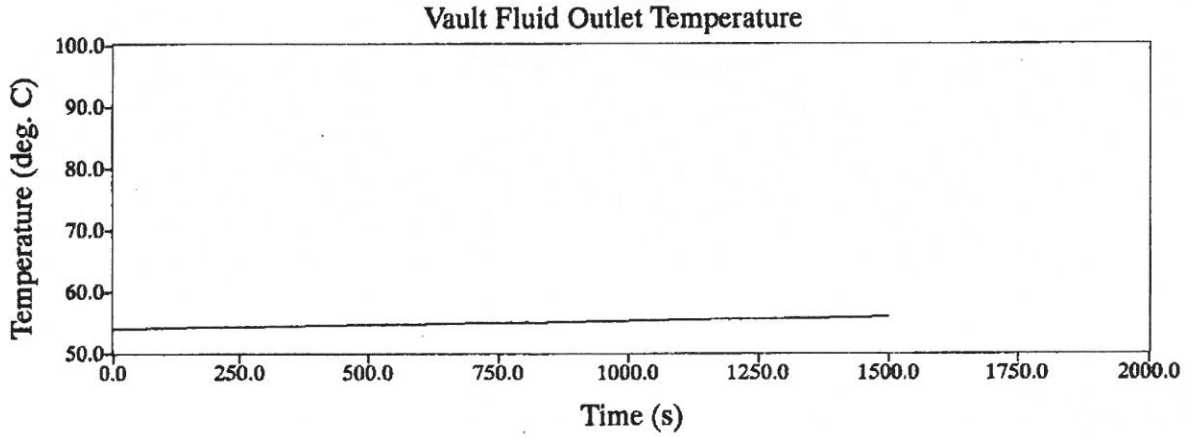
100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한
칼란드리아격실, 종단차폐 및 수두탱크
수위 과도상태
그림 15.5.A-9

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.





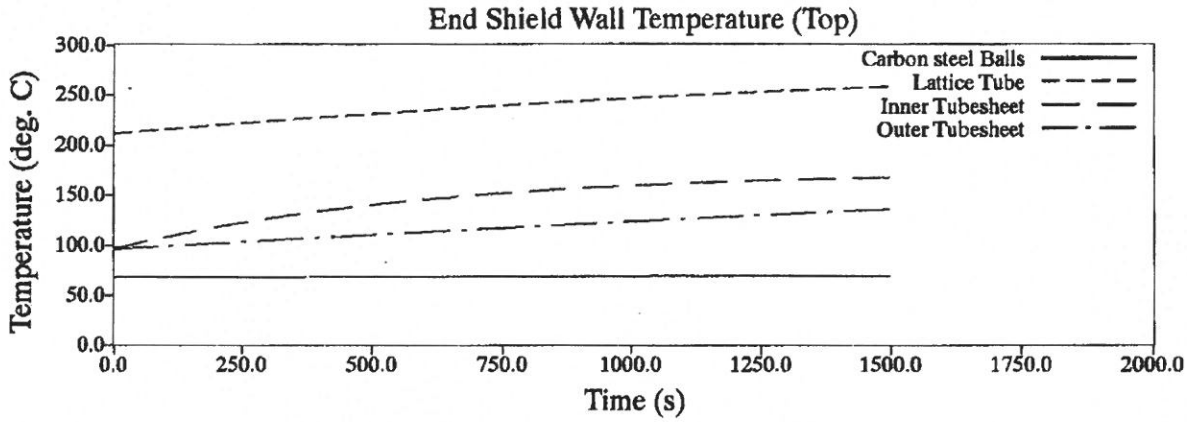


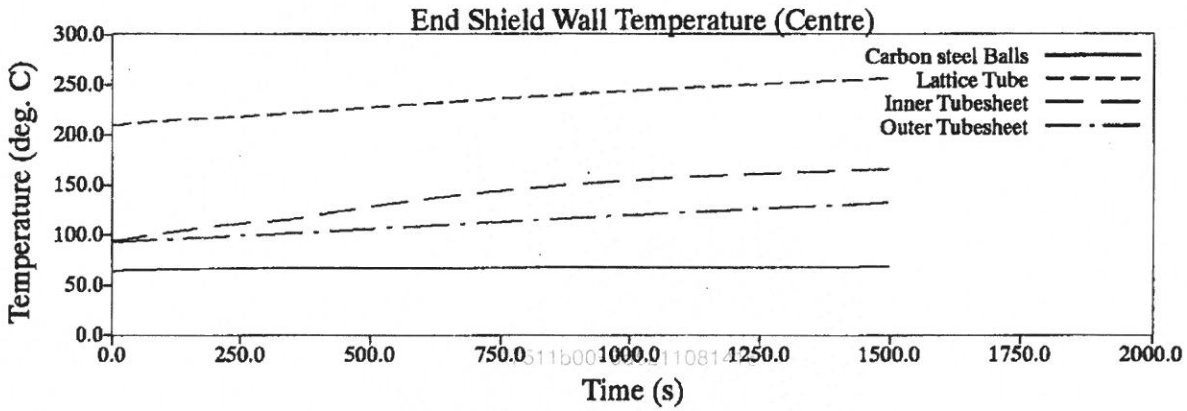
한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

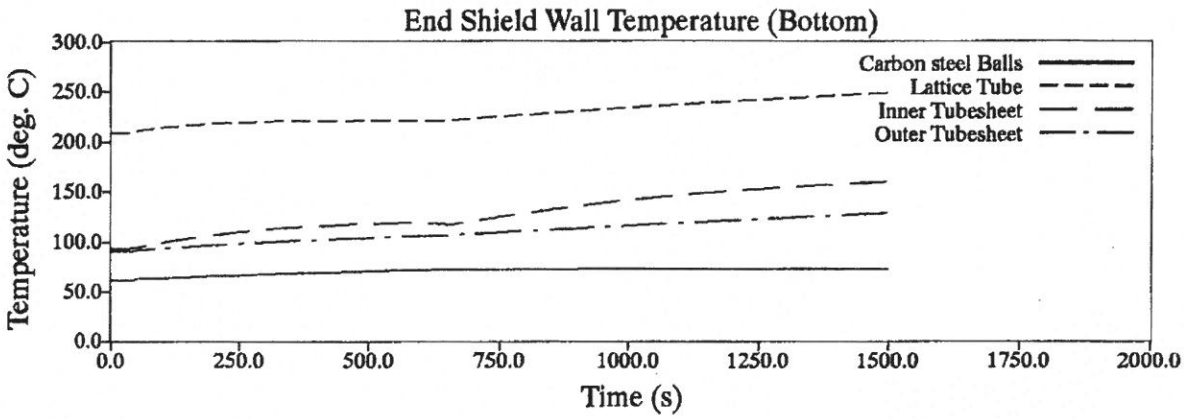
100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한
종단차폐 및 칼란드리아격실 유체 온도
과도상태
그림 15.5.A-10

47511b00-6d5211081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.







한국수력원자력
월성원자력 2호기
최종 안전성 분석 보고서

100% 종단차폐냉각배관 완전파단에 대한

종단차폐 벽면 (금속) 온도 과도상태

그림 15.5.A-11

47511b00-6d5211081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

개정번호 201
2013. 05. 08

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

목 차

		페이지	
15.6	사고해석-원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준"의 적용에 따른 검증	15.6-1	201
15.6.1	서 론	15.6-1	
15.6.2	요건	15.6-1	
15.6.3	분석 방법론 및 가정	15.6-2	
15.6.3.1	방사선원항	15.6-3	
15.6.3.2	대기분산	15.6-4	
15.6.3.3	피폭자 특징	15.6-4	
15.6.3.4	선량환산인자	15.6-4	
15.6.4	결과	15.6-5	
15.6.5	결론	15.6-5	
15.6.6	참고문헌	15.6-5	

218b2391-7efe11081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

개정 53
2001.4

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 목 차

		페이지
표 15.6-1	비상노심 냉각상실을 동반한 대형냉각재 상실사고 (LLOCA+LOECC)의 경우 2시간동안의 방사능 누출	15.6-7
표 15.6-2	회로격리논리고장을 동반한 피더정체 파단사고(FSB+FIL)의 경우 2시간동안의 방사능 누출	15.6-8
표 15.6-3	입력가정	15.6-9
표 15.6-4	선량 환산인자	15.6-10
표 15.6-5	비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재 상실사고(LLOCA+LOECC)의 경우 2시간동안의 선량	15.6-11
표 15.6-6	회로 격리논리고장을 동반한 피더정체 파단 사고(FSB+FIL)의 경우 2시간 동안의 선량	15.6-12
표 15.6-7	914 m 부지경계에서의 2시간 선량 요약	15.6-13

53

218b2391-7efe11081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

개정번호 201
2013. 05. 08

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

15.6 사고해석 - 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준"의 적용에 따른 검증 | 201

15.6.1 서론

월성 3/4 호기 최종안전성분석보고서의 이 절은 가상사고에 대해 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준"을 준수한다는 것을 보이기 위하여 국내 원자력규제기관인 한국원자력안전기술원 (KINS) 의 요구에 따라 작성하였다. 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준"에서는 선량한도, 사고 대기분산 방법론 및 선량계산 방법론으로 미국 10 CFR 100.11, NRC 규제지침 1.4 및 1.145 를 사용한다. | 201

대기 분산 및 선량계산에 대한 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준"의 방법론 (미국) 은 단지 가압경수로설계만을 위한 것이었다. 그러나 다음 절에서는 CANDU6 형 원자로에 대해 이 방법론을 보수적으로 적용시켜 설명하였다. 다음 절의 내용은 최종안전성분석보고서내의 이전 절에서 설명되었던 카나다식 대기분산 및 선량 방법론을 무효화하거나 대체하려는 의도가 아니라 단지 규제요건을 검증하려는 것이다.

15.6.2 요건

218b2391-7efe11081416

계산과 관련된 기준 및 지침은 다음과 같다:

1) 국내 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준" 별표 "원자로시설의 위치에 관한 기준" 제2항(원자로시설의 위치제한에 관한 지침) 및 "원자로시설의 기술기준에 관한 규칙" 제5조(위치제한). 적절한 규제법으로서 미국 10CFR100.11을 준용하고있다. 10CFR100.11은 10CFR50 에 따라 고정된 발전용 원자로 및 시험 원자로 부지의 적합성을 평가하는 기준을 기술하고 있다. 10CFR100 11절은 가상적인 핵분열생성물 누출 발생후 2시간동안 제한경계지역에 있는 개인의 총 방사선량이 전신에 대해 25 rem (0.25 Sv)를 초과하거나 요오드피폭으로 인한 갑상선에 대해 300 rem (3 Sv)을 넘지 않도록 원자로주위의 제한구역을 규정하고 있다. 월성발전소지역에서도 위의 선량한도를 초과하지 않는다는 요건이 요구된다. | 201

2) 국내 원자력안전위원회 고시 "원자로시설의 위치에 관한 기술기준" 별표 "원자로시설의 위치에 관한 기준" 제3항(원자로시설의 위치선정을 위한 인위적 사건의 조사·평가지침) 및 "원자로시설의 기술기준에 관한 규칙" 제6조(기상조건). 적절한 지침으로서 미국 원자력규제위원회 (NRC) 규제지침 1.4 및 1.145 를 준용하고 있다. 미국 NRC 규제지침 1.4 에서는 가압경수로의 냉각재상실사고이후 가능한 방사성 결과를 평가하는 규제지침을 제시하고 | 201

218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

있다. 미국 NRC 규제지침 1.145 에서는 원자력발전소에서 사고결과 평가를 위한 대기분산 모델을 제시한다. 이 분산모델은 미국 NRC 규제지침 1.4에 주어진 모델에 우선하고 발전소 경계지역 및 바깥지역에서의 개인 대중선량 계산에 사용된다.

3) 미국 연방지침서 No. 11 에서는 NRC 규제지침 1.4에서 권고된 것보다 좀더 최신의 갑상선 및 전신흡입 그리고 공기속잠김(air immersion)에 대한 선량환산인자를 제공한다. 1996년에 KINS는 참고문헌 4를 권고하였다.

고려된 사고

이 장의 앞 절에서는 AECB 권고문서 C-6 에 명시된 광범위한 가상사고에 대한 원자로 물리, 핵연료, 열수력, 원자로건물, 대기 분산 및 선량 분석을 포함하고 있다. 표 15.1-8 에는 이러한 사고에 대한 카나다식 대기분산선량 방법론을 사용하여 임계집단의 구성원에 대한 선량을 요약하였다.

이 절에서는 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고 (LLOCA + LOECC) 및 회로격리논리고장을 동반한 피더정체파단사고 (FSB + FIL) 에 대한 사고전개를 분석한다.

두 사고는 다른 모든 사고를 포괄하기 때문에 선택되었다. 모든 가상사고중에서 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고 (LLOCA + LOECC) 가 노심에서 원자로건물로 가장 많은 양의 핵분열생성물을 누출한다. 사고 영향면에서는 1/2 노심에서 핵연료파손이 발생하여 핵분열생성물이 누출된다고 가정하지만 여전히 원자로건물경계 내에 존재하게 된다. 외부환경으로의 누출은 원자로건물 격리이전 수초동안 환기계통을 통한 누출과 대기압으로 도달될때까지 수일동안의 원자로건물 누설에 의한 누출이다. 자세한 핵연료거동 및 원자로건물 반응은 15.2.1.1.C 절에 주어져 있다.

모든 사고중에서 회로격리논리고장을 동반한 피더정체파단사고 (FSB + FIL) 가 원자로건물에서 외부환경으로 가장 많은 핵분열생성물을 누출하고 가장 높은 개인 대중선량을 초래한다.

15.6.3 분석 방법론 및 가정

원자력안전위원회 고시 "원자로시설 등의 위치에 관한 기술기준"의 적용에 따른 가상사고이후 대중선량 계산은 몇 단계로 나누어져 있다. 첫 번째 단계는 방사선원항의 결정, 즉 환경으로 누출되는 방사능 량, Q [Tbq 혹은 Ci] 이다. 다음 단계는 오염물 프룸 (plume) 의 분산을 모델하는 것이다. 이것은 보통 가우시안 분산모델로서 수행된다. 방사성오염물의 상대적 농도는 희석 (또는 분산) 인자, χ/Q [$s.m^{-3}$] 으로 표시된다. | 201

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

방사선원항과 회석인자를 곱한 값은 시간-적분 농도, TIC [TBq.s.m^{-3}] 라고 알려져 있다.

호흡율, 거주기간 등과 같은 부지경계에서의 개인특성은 적절한 선량환산인자를 결정하는데 필요하다. 각각의 방사성핵종에 대해 시간적분농도와 선량환산인자 (DCF) 를 곱한 값이 선량을 나타내게 된다.

그러므로 방사성핵종 i 에 대하여 선량은 D_i [mSv] = Q_i [TBq] * χ/Q [s.m^{-3}] * DCF_i [mSv.TBq^{-1}.m^3.s^{-1}] 이 된다. 모든 핵분열생성물 방사성핵종으로부터의 선량합은 선택된 개인에 대한 총 선량 (전신외부 피폭 혹은 갑상선) 이 된다.

방사선원항, 회석인자 및 선량환산인자를 결정하는데 사용된 자세한 방법론은 다음 절에 기술된다.

53

15.6.3.1 방사선원항

이 장의 앞 절에서, 여러 누출시기동안 집적된 방사능누출이 주어져 있다. 표 15.2.1.1.C-9 에서는 원자로건물 격리전에는 환기계통 입구 및 굴뚝으로 부터의 단기간의 누출과 이후의 예측된 압력 과도상태를 근거로 원자로건물 누출을 가정하여 0초에서부터 60020 초 까지 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고(LLOCA + LOECC)시의 누출을 보여준다.

현재의 해석에서는 사고 발생후 7200초 동안의 방사능 누출만이 요구된다. 그러므로 표 15.2.1.1.C-9를 생성하기 위해 사용된 PRESCON-2 와 SMART 파일은 2시간 동안의 방사능 누출을 평가하기위해 사용된다. 이러한 누출기간은 굴뚝, 환기계통 입구 그리고 원자로건물 누설로 인한 누출을 포함한다. 사고 이후 2 시간동안 굴뚝, 환기계통 입구 그리고 원자로건물 누설로 인한 방사성핵종 누출의 합을 표 15.6-1에 나타내었다. 모든 누출을 바닥준위에서 발생하는 것으로 간주하기 때문에 누출경로사이의 구별이 필요없다.

회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고의 경우에도 비슷한 방법으로 2 시간 누출기간이 설정되었다. 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고시 대부분의 누출은 사고후 15분 이내에 발생된다. 그러므로 2 시간동안의 누출이 표 15.2.1.6.B-2 에 주어진 16848초 동안의 누출과 같은 것으로 간주된다. 그러나 본 계산에서는 2 시간 동안 집적된 누출을 얻기 위해 굴뚝, 환기계통입구 그리고 원자로건물 누설로 부터의 누출이 합해진다. 비록 굴뚝 및 환기계통입구를 통한 누출이 지표준위에서 발생되지 않지만, 본 해석에서는 누출이 지표준위에서 발생되는것으로 보수적으로 고려된다. 집적 방사성핵종 누출이 표 15.6-2 에 보여진다.

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

15.6.3.2 대기분산

오염물 프룸(plume) 의 대기분산을 결정하는 방법론은 참고문헌 3에 제시되어 있다. 부지경계에서의 2시간 대기희석인자를 계산하기위해 전산코드 PAVAN이 사용된다. PAVAN 코드는 미국 NRC에 의해서 보증된 코드로 제한구역경계거리 (EAB) 계산을 위해 10 CFR 100에 약술된 일반지침을 준수하며, 미국 NRC 규제지침 1.145에 제시된 지침를 따르고 있다.

1987년 3월부터 1994년 2월까지의 기간동안 풍속, 풍향 그리고 안정도등급을 포함하는 기상자료들이 PAVAN 코드의 입력으로 사용되었다. PAVAN 코드에 사용된 가정들이 표 15.6-3에 제시되었다.

위의 입력을 사용하면 2시간 제한 희석인자가 2.22×10^{-4} s.m^{-3} 로 계산된다. 이 제한 희석인자는 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고(LLOCA + LOECC)의 경우에 사용된다. 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고의 경우에는 원자로건물 환기계통 입구 및 출구를 통해서 누출이 된다고 가정하지만, 모든 누출은 지표준위에서 발생된다고 보수적으로 가정한다. 그러므로 FSB + FIL 사고의 경우에도 제한 희석인자는 2.22×10^{-4} s.m^{-3} 로 계산된다.

53

218b2391-7efe11081416

15.6.3.3 피폭자(Receptor) 특징

가상의 환경누출은 지표준위에서 발생된다고 가정하기 때문에 일반대중이 받는 최대선량은 가장짧은 방사선원-피폭자 거리에서 발생한다. 즉, 914m 인 부지경계가 된다. 그러므로 다른 방사선원-피폭자 거리는 고려되지 않는다.

참고문헌 2(US NRC 규제지침 1.4) 에서는 부지경계에 거주하는 개인은 성인 남자 (선량환산인자 및 호흡률) 라고 가정하였다. 참고문헌 2에서 제시된 호흡률은 3.47 E-04 m^3.s^{-1}.

15.6.3.4 선량환산인자

참고문헌 2에서는 공기속잠김선량을 계산하기위하여 흡입선량 환산인자 및 방법에 대해서 ICRP Publication II를 추천하였다. 그러나, 참고문헌 4와 미국 EPA 전산코드, CAP 88[7] 에서 제시된 최근의 선량환산인자가 사용되고 있다(표 15.6-4 참조). 한국원자력안전기술원(KINS) 가 추천한 참고문헌 4 (미국연방지침서 No.11) 에는 방사성요오드에 대한 갑상선 흡입선량 환산인자 그리고 불활성기체에대한 공기속잠김선량 환산인자가 제시되어 있다. 그러나, 참고문헌 4에서는 방사성요오드에 대한 공기속잠김선량 환산인자를 포함하지 않고있다. 따라서, 방사성요오드 공기

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영
218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

속잠김선량 환산인자는 참고문헌 6에 기술된 인자를 이용한다. 이런 방사성요오드 공기속잠김선량 환산인자는 미국 EPA에 의해 널리 사용되며, 미국연방 지침서 No. 12^{8} 에 포함된 최근의 공기속잠김유효선량 환산인자의 적은 분율(수 %) 이내에 있다.

15.6.4 결과

미국과 한국의 관습을 따르면서 2시간 갑상선 선량은 방사성요오드 흡입에 대해서 계산되며, 2시간 전신선량은 불활성기체 및 방사성요오드의 외부피폭으로부터 계산된다고 가정한다. 방사성핵종에의한 선량은 914 m 의 제한 구역경계거리 (EAB)에 대해서 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고(LLOCA + LOECC)의 경우에는 표 15.6-5에 그리고 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고의 경우에는 표 15.6-6에 각각 주어져있다. 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고(LLOCA + LOECC) 와 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고에 대한 선량한도 비교 및 선량 요약은 표 15.6-7에서 보여준다.

15.6.5 결론

218b2391-7efe11081416

2 시간동안 914 m 의 제한 구역경계 (EAB)에서의 선량은 전 절에서 설명한 원자로건물로 부터의 누출을 사용하고, 그리고 대기분산 및 선량계산을 위해 국내의 규제 가정을 사용하여 계산되었다. 원자로심으로부터 원자로건물로 가장많은 방사능을 누출시키는 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고(LLOCA + LOECC)의 경우에 갑상선선량은 갑상선 선량한도의 3.1 % 이며, 전신선량은 전신 선량한도의 8.5 % 이다. 원자로건물로부터 가장많은 방사능을 누출시키는 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고의 경우에 갑상선선량은 갑상선 선량한도의 66 %이며, 전신선량은 전신 선량한도의 18 % 이다. 다른 사고들은 회로격리논리고장을 동반한 피더 정체파단 (FSB + FIL) 사고의 경우보다 적은 방사능량을 누출하기 때문에 다른 사고시의 선량은 FSB + FIL 사고시의 선량보다도 적을 것이다. 그러므로, MOST 83-5를 준수하였음이 입증되었다.

53

15.6.6 참고문헌

15.6-1 U.S. Code of Federal Regulations, Energy, 10 chapter 100 part 11, (revised as of January, 1995).

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

15.6-2 U.S. Atomic Energy Commission, Regulatory Guide 1.4, "Assumptions used for Evaluating the Potential Radiological Consequences of a Loss of Coolant Accident for Pressurized Water Reactors" , (June, 1974).

15.6-3 U.S. Atomic Energy Commission, Regulatory Guide 1.145, "Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequences at Nuclear Power Plants" (November, 1982).

15.6-4 Eckerman, K.F., Wolbarst, A.B., and Richardson, A.C.B., "Limiting values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion and Ingestion" , EPA-00520/1-88-020; Federal Guidance Report No. 11 (1988).

15.6-5 AECB Consultative Document, C-6, Proposed Regulatory Guide, "Requirements for the Safety Analysis of Nuclear Plants" , (June 1980).

15.6-6 T.J. Bander, NUREG/CR-2858 PAVAN: An Atmospheric Dispersion Program for Evaluating Design Basis Accident Releases of Radioactive Material from Nuclear Power Stations, prepared for the Nuclear Regulatory Commission PNL-4413 (November 1982).

15.6-7 Beres, D. (Editor), "The Clean Air Act Assessment Package - 1988 (CAP-88) A Dose and Risk Assessment for Radionuclide Emissions to Air" , U.S. EPA (1990, October).

15.6-8 Eckerman, K.F., and Ryman, J.C., "External exposures to Radionuclides in air, water and soil" ,Federal Guidance Report No. 12 (EPA-00402-R-93-081).

53

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.6-1

비상노심 냉각상실을 동반한 대형냉각재
상실사고(LLOCA+LOECC)의 경우 2시간동안의 방사능 누출

방사성핵종	방사능 (TBq)
I-131	3.4
I-132	6.3
I-133	4.1
I-134	2.0
I-135	2.6
Kr-87	301.9
Kr-88	572.0
Kr-89	4.2
Xe-133m	64.3
Xe-133	1993.6
Xe-135m	228.3
Xe-135	501.5
Xe-137	10.9
Xe-138	194.4

53

218b2391-7efe11081416

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영
218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

표 15.6-2

회로격리논리고장을 동반한 피더정체
파단사고(FSB+FIL)의 경우 2시간동안의 방사능 누출

방사성핵종	방사능 (TBq)
I-131	61.7
I-132	96.5
I-133	139
I-134	214
I-135	127
Kr-87	405
Kr-88	593
Kr-89	277
Xe-133m	34.0
Xe-133	1170
Xe-135m	187
Xe-135	140
Xe-137	465
Xe-138	809

53

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

표 15.6-3

입력 가정

입력자료	값
기상학적 자료 : 풍속, 풍향, 안정성	1987년 3월부터 1994년 2월까지 10m 높이에서 측정한 월성지역의 자료
발생빈도 cutoffs	모든구역에 대한 희석인자의 99.5% 구역 cutoff 95% 부지 cutoff
수직 및 수평 분산상수	건물반향효과를 고려한 Pasquill-Gifford
인근 건물의 높이	45 m
인근 건물까지의 거리	20 m
인근 건물의 단면적	2900 m^2
누출 높이	0 m (지표면)
순풍 거리	914 m

53

218b2391-7efe11081416

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.6-4

선량 환산인자

방사성핵종	외부전신선량 환산인자 (mSv·m³/TBq·s)	내부갑상선선량 환산인자 (mSv/TBq)
I-131	1.62E+01	2.86E+08
I-132	1.01E+02	1.74E+06
I-133	2.61E+01	4.86E+07
I-134	1.17E+02	2.89E+05
I-135	7.10E+01	8.46E+06
Kr-87	3.95E+01	
Kr-88	1.00E+02	
Kr-89	8.66E+01	
Xe-133m	1.49E+00	
Xe-133	1.69E+00	
Xe-135m	2.09E+01	
Xe-135	1.30E+01	
Xe-137	8.11E+00	
Xe-138	5.32E+01	

53

종합에너지 기업으로의 재도약 / 신뢰받는 원전 운영
218b2391-7efe11081416

최*우 / 1119**** / **.***.106.92

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.6-5

비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재
상실사고(LLOCA+LOECC)의 경우 2시간동안의 선량

동위원소	갑상선 선량 (mSv)	외부 전신선량 (mSv)
I-131	74	0.01
I-132	0.8	0.14
I-133	15.3	0.02
I-134	0.04	0.05
I-135	1.7	0.04
Kr-87		2.65
Kr-88		12.7
Kr-89		0.08
Xe-133m		0.02
Xe-133		0.75
Xe-135m		1.06
Xe-135		1.45
Xe-137		0.02
Xe-138		2.30

53

218b2391-7efe11081416

218b2391-7efe11081416

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 2 호기 최종안전성분석보고서

표 15.6-6

회로 격리논리고장을 동반한 피더정체 파단
사고(FSB+FIL)의 경우 2시간 동안의 선량

동위원소	갑상선 선량 (mSv)	외부 전신선량 (mSv)
I-131	1359.4	0.2
I-132	12.9	2.2
I-133	520.4	0.8
I-134	4.8	5.6
I-135	82.8	2.0
Kr-87		3.6
Kr-88		13.2
Kr-89		5.3
Xe-133m		0.01
Xe-133		0.4
Xe-135m		0.9
Xe-135		0.4
Xe-137		0.8
Xe-138		9.6

53

218b2391-7efe11081416

218b2391-7efe11081416