2001 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

중대사고 대처설비 생존성 평가를 위한 격납용기내 환경 분석

Analysis of Containment Environments for Evaluating the Survivability of Severe Accident Equipments

나만균, 심영록, 정철기, 김숭평
조선대학교

박종운
한전전력연구원

백원필
한국원자력연구소

정지환
천안외국어대

요 약

ALWR 사용자 요건서에 의하면 최상위 프로그램 목표는 향상된 설계를 통한 증가된 공공의 안전과 발전소 투자 방호를 달성하는 것이다. 이를 위하여 중대사고 관리를 적절히 수행하는 것이 요구되며, 중대사고시 노심 및 격납용기내 환경을 산정하는 것이 요구된다. 중대사고 환경내에서 필요한 기기를 가려내고, 기기 생존성 평가를 수행하는 것은 특정 격납용기 환경하에서 노심 손상 후 제어 가능한 안전한 상태로 회복시키기 위하여 중대사고 동안 이용되는 기기 및 계측기의 이용도를 평가하기 위함이다. 이와 같이 증가된 공공 안전 및 투자 보호를 확보하기 위하여, 위험도 순위에 기초하여 선택된 일련의 사고 시나리오를 위해 인허가 설계기준을 넘는 사고에 견딜 수 있는 발전소 능력을 확보하도록 현실적이고 최적 평가분석이 수행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 중대사고 대처설비 생존성 평가를 수행하는데 필요한 격납용기내 환경분석이 현재 개발되고 있는 신형원자로에 대하여 수행되었다.

Abstract

As noted in the ALWR requirement document, a top-level program objective is to achieve increased public safety and protection of plant investment through improved design. It is required to properly conduct the severe accident management and to evaluate the environments inside the RCS and containment under severe accidents. Selecting the instruments and equipments which is needed under severe accidents and assessing their

survivability are to evaluate the availability of the equipments and instruments required during severe accidents to recover to a controllable, safe and stable state after core melt under specified containment environments. To assure increased public safety and investment protection, realistic, best-estimate analyses will be performed to assess the capability of the plant to withstand accidents beyond the licensing design basis for a set of accident sequences which are chosen based on their risk dominance. In this work, environment analyses necessary to conduct the survivability assessment of the severe accident equipment were performed for an advanced reactor which is under development.

1. 서 론

중대사고는 소외 결과의 심각성 여부에 관계없이 원자로 노심에 상당한 손상이 일어나는 인허가 사고를 초과하는 사고 또는 사고 결과를 의미하며, 기기 생존성 (Equipment Survivability)이란 기기가 인허가 기준을 넘는 조건하에서 생존할 능력을 나타낸다. 기기 생존성 평가는 인허가 설계기준에 명시된 코드, 표준 및 절차에 엄격한 적용을 요하는 기기 검증 (Equipment Qualification)과는 차이가 있으며, 반면에 생존성 평가는 설계시 예견되거나 혹은 예견되지 않은 스트레스로 인한 기기 고장의 현실적인 평가에 기초한 공학적 평가이다. 기기 생존성 평가의 목적은 독특한 격납용기 환경하에서 노심 손상후 제어 가능한 안전한 상태로 회복시키기 위하여 중대사고 동안 이용되는 기기 및 계측기의 이용도를 평가하기 위함이다. 중대사고 현상은 가연성 가스의 심한 농도와 더불어 가혹한 고온 고압의 격납용기 환경을 가져올 수 있다. 가연성 가스의 국부 혹은 전면적인 연소가 발생하여 기기 생존성에 추가의 어려움을 제공한다[1].

ALWR 사용자 요건서에 의하면 최상위 프로그램 목표는 향상된 설계를 통한 증가된 공공의 안전과 발전소 투자 방호를 달성하는 것이다. 추가로 ALWR은 현 발전소 및 미래형 설계에 관한 원자로 중대사고에 관한 NRC의 정책성명서[2]의 요건을 만족하도록 의도된다. 이 정책성명서를 만족시키고 증가된 공공 안전 보호를 확보하기 위하여, 위험도 우세에 기초하여 선택된 일련의 사고 시나리오를 위해 인허가 설계기준을 넘는 사고에 견딜 수 있는 발전소 능력을 확보하도록 현실적이고 최적 평가분석이 수행되어야 한다. 이런 중대사고 시퀀스 분석은 발전소 설계기준이 정책성명서 요건 뿐만 아니라 공공안전보호를 위한 파악된 ALWR 최상위 요건을 만족시킴을 확보한다고 기대된다. 중대사고에 대한 증가된 공공안전 및 발전소 투자 방호를 달성하기 위하여 4가지 주요한 요소가 있다[1]:

1. 해당 인허가 요건을 만족시키도록 ALWR을 설계한다.
2. 적절한 사업자 투자 보호를 확보하기 위하여 ALWR 설계시 노심손상의 보호에 역점을 둔다.
3. 격납용기 기능이 유지된다는 더 많은 확보를 제공하도록 선택된 요건을 추가한다.
4. 설계안전여유도가 적절하다는 것을 입증하기 위하여 선정된 우세한 중대사고 시퀀스 분석

을 수행한다.

첫 번째 요소는 해당 인허가 요건을 만족시키기 위하여 ALWR을 설계하는 것이다. 적절한 인허가 요건을 만족시키는 발전소 설계는 인허가설계기준사고를 보수적으로 다루는 것에 추가하여 설계에서의 여유도에 의한 중대사고의 중요한 예방 및 완화를 제공하기 때문에 이것은 전체적인 중대사고 접근방법의 기초이다. 두 번째 요소는 적절한 사업자 투자방호를 확보하기 위하여 ALWR 설계에서 중대사고 보호를 강조하는 것이다. ALWR 사용자 요건서 1장[3]은 연간 평균 노심손상빈도를 1.0E-05 정량적인 투자 방호 목표를 명시하며, 1.0E-05의 목표가 충족됨을 보장하기 위하여 광범위한 사고예방 설비를 명시하므로써 NRC 규제를 넘어서는 요건을 포함한다. 세 번째 요소는 격납용기 기능이 중대사고동안 유지된다는 더 확실한 보장을 제공하기 위하여 선택적 요건을 추가하는 것이다. 그 주요 강조점은 격납용기에의 파악된 위협을 다루는 그러나 허용가능하지 않는 복잡성으로 나타나지도 않거나 기본적인 격납용기 개념을 변경시키지 않는 요건에 관한 것이다. 예를 들면, 원자로용기로부터 방출된 노심파편의 냉각성은 파편이 냉각지역으로부터 퍼질 수 있는 충분한 원자로공동 바닥면적을 요구하므로써 그리고 물로 파편을 덮을 수 있는 수단을 요구하므로써 확보된다. 네 번째 요소는 선택된 중대사고 시나리오에 대한 발전소 응답 분석을 수행하는 것이다. 이런 분석은 해당 인허가 요건 및 사업자 투자보호 요건에 기초한 발전소 설계는 적절한 중대사고 보호를 제공할 것을 보장하기 위하여 수행된다. ALWR 사용자 요건서 1장은 정량적인 누적빈도가 1.0E-06 /reactor-year를 초과하는 사고로부터의 피폭이 0.5 마일의 가정된 제한구역경계에서 전신피폭선량 25 rem보다 작아야 한다는 정량적인 공공안전 목표를 제시한다. 분석을 위해 선택된 중대사고 시퀀스는 발전소 위험도에 지배적인 영향을 미치는 것들이다. 이런 목적이 만족됨을 입증하기 위하여 수행되는 분석은 현실적인 최적평가를 통해서 수행된다. 중대사고 분석은 ALWR 발전소 설계가 명시된 위험도 목표를 만족시키고 증가된 공공안전보호를 달성함을 보장한다고 기대된다. 이런 기대는 다음에 기인한다[1]:

1. 인허가기준 기기 설계요건에 고유한 여유도 (예, 격납용기 설계압력대 최고 압력)
2. 투자보호를 위한 발전소계통에 입안된 여유도 및 융통성 (예, 증가된 원자로냉각계통 재고량)
3. 예방기능을 수행하기 위해 필요하거나 바람직한 발전소 설비 그리고 중대사고 완화를 위해 기능할 수 있는 발전소 설비의 이용 (격납용기 살수펌프의 백업으로 RHR 펌프의 이용)
4. 중대사고 동안 격납용기 기능에 중요한 도전을 다루는 선택된 요건의 추가
5. 중대사고 보호를 위한 발전소 적절성을 보장하기 위하여 현실적인 최적예측 확률론적 결정론적 분석의 이용

원전의 안전성을 향상시킬 목적으로 신형 원자로에서는 발생 가능한 중대사고의 진행의 빠른 종결 및 사고결과의 완화를 목적으로 중대사고에 대처할 수 있는 설계를 고려하고 있다. 이러한 중대사고 대처설비에는 격납용기 온도 및 압력 제어를 위한 격납용기 살수계통, 고압 하에서의 사

고를 배제하기 위한 원자로감압계통, 수소와 같은 가연성 기체를 제어하기 위한 점화기 또는 재결합기 그리고 노심용융물 냉각을 위한 원자로공동 침수계통 (Cavity Flooding System) 등이 포함된다. 그림 1은 중대사고시 사고결과를 완화하기 위하여 필요한 요건의 배열을 보여준다. 기존 설계기준사고를 위하여 고안된 설비와 마찬가지로 중대사고 대처설비들에 대해서도 품질 보증 및 환경 검증 요건이 부가되어야 하지만, 중대사고의 현실적인 발생 가능성이 설계기준사고에 비하여서 상당히 작기 때문에 동일한 형태의 품질 보증 및 환경 검증 요건이 부과되어서는 안될 것으로 일반적으로 제안되고 있다.

본 연구는 이런 목적을 달성하기 위하여 중대사고시 격납용기의 환경을 평가하기 위하여 수행되었다.

2. 초기사고 및 시나리오 선정

2.가 초기사건

중대사고에 대한 발전소의 대처 능력 및 안전성을 향상시키기 위해서는 발생 가능한 모든 초기 사고들에 대한 대처 설비 및 계측기를 보유하는 것이 이상적인 방법이지만, 다소 비현실적인 방법이다. 따라서 발전소의 안전성에 상당한 위협을 가할 수 있는 초기 사고들을 선정하고 이들에 대한 대처 능력을 향상시키는 것이 바람직한 방향이다.

주요한 초기 사건의 선정은 개별 원전에 대하여 수행된 확률론적 안전성평가를 기본으로 하여 선택할 수 있는데, 고려를 위한 선정 기준의 제공이 이루어져야 한다. 이러한 안전성 평가에서는 초기 사고들에 대한 F-V (Fussel-Vesely) 중요도, RRW (Risk Reduction Worth) 중요도 및 RAW(Reduction Achievement Worth) 중요도 등이 초기사고를 선정하기 위한 한 방법으로 이용될 수 있다. 이러한 개별 원전의 취약점으로 파악된 초기 사고 이외에도 중대사고와 관련된 수행 연구 결과 및 기타 원전에 대한 안전성 평가에 의하여 파악되는 초기 사고들에 대한 고려도 원전의 안전성 향상 측면에서 상당히 유익할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 특정 적용원전에 대한 안전성평가의 부재로 인하여 대형냉각재상실사고 (LBLOCA), 소형냉각재상실사고 (SBLOCA), 전체 급수손실 (TLOFW), 발전소 정전사고 (SBO) 등이 초기사건으로 선정되었다.

2.나 사고 시나리오

생존성 평가를 위해 정해진 시나리오는 없으며, 여러 가지 사고분석을 수행하므로써 가장 심각한 환경을 찾아야 한다. 중대사고시 사고 환경은 사고 각 단계에서 가장 심각한 상황을 연출하기 위하여 원자로용기의 파손전, 파손후 그리고 수소 연소환경으로 나누어 고려하였으며, 본 연구에

서는 다음과 같은 시나리오에 대한 사고분석을 수행하였다.

1) 원자로용기 파손전 압력용기내 및 격납용기내 환경 (8가지 시나리오)
   i. 압력용기내 환경: LBLOCA(0.5 ft^2), SBLOCA(1"), TLOFW, SBO (4가지 시나리오)의 초기사건으로 시작되는 시나리오
   ii. 격납용기내 환경 : 위와 같은 초기사건을 이용하나 MAAP 계산시 다소 다른 가정 사용 (4가지 시나리오)
2) 원자로용기 파손후 격납용기내 환경 (3가지 시나리오)
   i. LBLOCA with Containment Spray
   ii. SBO w/o Containment Spray, w/ Cavity Flooding System
   iii. SBO w/o Containment Spray, w/o Cavity Flooding System
3) 국부 및 Global 수소 연소 환경 (2가지 시나리오)
   i. 국부 연소 : SBLOCA (점화기를 계속 작동시켜 격납건물에서 국부적으로 연소가 일어나게 함)
   ii. Global 연소 : SBLOCA (100% Zr이 산화된 후 점화기를 작동 격납건물에서 일시에 연소가 일어나게 함)

본 연구에서는 원자로용기 파손전 압력용기 환경을 위한 4가지 시나리오 및 격납용기 환경을 위한 4가지 시나리오, 파손후를 위한 2가지 시나리오 그리고 수소연소환경을 위한 3가지 시나리오 등 총 13가지의 시나리오가 평가되었다.

3. 격납용기내 환경분석

MAAP코드는 중대사고의 시작부터 격납용기의 안전성 분석, 핵분열생성물의 거동까지를 총괄적으로 해석할 수 있는 통합패키지인 MAAP 코드는 IDCOR (Industry Degraded Core Rulemaking) Program의 일부분으로 Fauske & Associates, Inc에서 개발되기 시작하여 EPRI의 지원하에 개발되었다. 1차계통, 격납용기 및 보조건물 (Auxiliary Building)내에서의 열수력학적 해석과 핵분열생성물의 거동을 일괄적으로 해석할 수 있어서 IPE (Individual Plant Evaluation)에 널리 사용되고 있다.

기기 생존성은 두 가지 관점에서 기기나 계기의 가용성을 판단하는 것으로, 하나는 어떤 계기나 기기가 주어진 환경에서 필요한 시점에 기계 및 물리적으로 작동 가능한가를 판단하는 것이며, 또 하나는 계기의 경우 작동이 가능해도 측정범위를 벗어나느냐를 판단하는 것이다 (예를 들어, 수소감시계통 (Hydrogen Monitoring System)의 경우에는 15% 농도까지만을 계측가능한데 이 정도로도 운전원의 사고관리가 충분한 이유는 10% 농도 이상이 되는지만 운전원이 알 수 있으면 수소제어의 유무를 알 수 있기 때문이다). 또한 수소감시계통은 중대사고 내내 필요한 계기이므로 격납건물 압력 및 온도에 대해 작동이 가능해야 하나, 이러한 수소감시계통은 보통 설계기준사고

에 대해 환경검증되므로 중대사고시 압력에서 생존성을 보장하기 어렵다. 그러나 이러한 수소감시 계통이 파손되어도 PASS (Post Accident Sampling System) 계통으로 격납건물 수소농도를 감시할 수 있다 (PASS는 중대사고시 격납건물 최대압력 (보통 24시간)과 온도에 대해 작동가능하도록 설계되어야 한다). 본 연구에서는 Harsh Environment가 예상되는 계기나 기기의 평가를 위한 환경변수만을 예측하기로 한다.

따라서 본 연구에서는 앞에서 제시된 13가지의 시나리오에 대한 격납용기내 환경을 분석하기 위하여 수행되었으며, 격납용기 환경을 평가하기 위하여 다음과 같은 값들이 상세히 분석되었다:

1) 노심 최대온도
2) 노심출구 기체 온도
3) 고온관 기체온도
4) 가압기 압력
5) 가압기 온도
6) IRWST 포함 건물 격실별 압력
7) IRWST 포함 격납건물 격실별 온도
8) 격납건물 격실별 수소농도
9) IRWST 수위
10) 원자로공동 기체온도

또한 이 값들이 다음과 같은 주요 사건 단계로 나누어 분석되었다[4]:

1) 1단계 (사고개시후 노심노출전) : 사고개시로부터 노심의 초기 노출까지의 단계이며, 핵연료봉은 원자로용기내의 물/증기 혼합물에 의하여 냉각된다. 사고가 아직 설계기준사고를 넘어 진전되지 않았으며, 수소 생성과 핵분열생성물의 방출은 무시할만하다. 비상대응지침은 냉각재계통내 보론수 재고량을 유지 혹은 회복하여 노심노출을 방지하고 안전하고 안정한 상태로 확립하도록 설계된다. 1단계내에서의 사고회복은 사고가 중대사고가 되는 것을 방지하며, 이 단계에서의 기기생존성은 설계기준 기기검증 프로그램을에서 다루어진다.
2) 2단계 (노심노출후 급격한 피복재 산화전) : 불충분한 노심냉각으로부터 노심가열이 발생하며 핵연료 용융이 시작되기 전까지의 단계이며, 설계기준사고 환경으로부터 중대사고 환경으로의 변천기간이다. 전체노심 구조는 아직 온전한 상태이며, 노심의 노출부분이 붕괴열 제거의 부족으로 가열된다. 수소방출은 상대적으로 적은 피복재 산화로 인하여 제한되고, 일부 희귀가스와 휘발성 핵분열생성물이 핵연료-피복재 간극으로부터 방출될 수 있다. 운전원은 RCS를 감압시키고 냉각재계통내 보론수 재고량을 다시 확립하여 노심온도를 줄이려고 시도한다. 이런 조치가 노심출구온도의 감소로 나타나지 않는다면, 주제어실 운전원은 수소 점화기를 작동시키고 원자로용기 파손을 예방하기 위하여 원자로공동을 침수시키므로써 중대사고를 완화하려는 조치를 취한다. 이 단계에서의 회복은 노심용융이 일어나는 것

을 방지한다.

3) 3단계 (급격한 피복재 산화후 원자로용기 파손전) : 핵연료 및 피복재 재배치 그리고 노심 파편층의 형성이 일어나며, 원자로용기 하부헤드에서 상당량의 노심 재배치가 발생하면서 원자로용기 파손전까지의 단계이다. 발열반응의 열이 노심의 악화, 용융 및 재배치를 가속화한다. 핵분열생성물이 피복재 파열로 인하여 연료/피복재 간극으로부터 방출되며, UO2 펠렛이 용융됨에 따라 핵연료봉 매트릭스로부터 방출된다. 이 단계에서 노심이 녹아 반사체 내부 아래로 재배치됨에 따라 노심의 초기 온전한 구조가 상실된다. 궁극적으로 용융 코륨 수조가 반사체를 통하여 녹으며, 하부 헤드로 재배치된다. 이 기간 동안 중대사고 관리전략은 냉각재계통 재고량과 열제거를 회복하여 원자로용기와 격납용기 건전성을 유지하도록 한다. 이 기간동안 회복 조치는 수소와 증기의 생성율을 증가시켜 환경에 위협을 가할 수 있다.

4) 4단계 (원자로용기 파손후 격납용기 파손전) : 원자로용기 하부헤드 파손이후 격납용기와 노심용융물이 직접적으로 상호반응하여 격납용기가 파손되기 직전까지의 단계이다. 본 중대사고 단계는 확률상 너무 빈도가 낮아 거의 관련이 없고 단지 이론적인 것으로 여겨진다. 용융 노심파편이 원자로용기로부터 격납용기바닥으로 재배치가 일어나 급격한 증기생성, 노심-콘크리트 반응 및 비가연성 가스의 생성을 위한 잠재성을 제공한다. 이 기간에 수행되는 중대사고 관리전략은 사고진행을 감시하고, 격납용기 건전성을 유지하고 환경으로의 핵분열생성물 방출을 완화하는 것이다.

3.가 원자로용기 파손전 압력용기내 환경

원자로용기 파손전 격납용기내 환경을 고찰하기 위하여 앞 절에서 주어진 4가지 초기사건으로 이루어지는 사고 시나리오에 대하여 시뮬레이션이 수행되었다. 그림 2는 시간에 따른 다음의 주요 열수력학적 변수값들을 보여준다:

1) 노심 최대 연료온도
2) 노심출구 기체온도
3) 파손된 고온관 기체온도 및 파손되지 않은 고온관 기체온도
4) 파손되지 않은 고온관 기체온도
5) 가압기 압력 및 온도
6) IRWST 수위

위와 같은 변수들은 각각 Core Exit Thermocouple, Upper Heated Junction Thermocouple, RTD, 가압기 방출밸브의 평가 그리고 안전주입 및 살수를 위한 필요 수위를 확인하기 위하여 이용된다. 노심 최대 연료온도는 TLOFW 초기사건으로 인한 최대온도인 3447^{o}K까지 도달하였다. 노심출구 기체온도는 SBLOCA로 인하여 짧은 시간이긴 하지만 최대 516^{o}K까지, 고온관 기체온도는 파손된 루프에서 더 많이 증가하였으며 피크치가 1480^{o}K까지 증가하였다. 가압기 압력은 LOCA 사고에

대하여는 순간적인 압력 감소 및 온도 감소가 목격되나 TLOFW와 SBO에 대하여는 한동안 압력 및 온도가 감소하지 않는 것을 확인할 수 있다. LOCA 및 TLOFW 사고에 대하여는 IRWST로부터의 주입이 원활이 이루어지는 것을 확인할 수 있으나, SBO에 대하여는 주입이 압력용기 파손까지 주입이 이루어지지 않는 것을 알 수 있다.

3.나 원자로용기 파손전 격납용기내 환경

원자로용기 파손전 압력용기내 환경을 고찰하기 위하여 앞 절에서 주어진 4가지 초기사건으로 이루어지는 사고 시나리오에 대하여 시뮬레이션이 수행되었다. 그림 3은 시간에 따른 가장 Bounding한 최대값을 생성하는 격실의 최대 온도, 압력, 수소농도 그리고 원자로 공동 기체온도를 보여준다. 4가지 시나리오에 따른 최대온도, 압력 및 수소농도를 생성하는 격실별 위치는 다르다. 참고로 MAAP 코드에서 격납용기는 31개의 격실로 나누어져 있다.

격실 최대온도는 격납용기 온도계의 측정범위 및 작동성 평가, 수소제어기 및 감시기, 방사선 계측기, 압력계, 원자로공동 침수계통의 생존성을 평가하는데 이용되며, 격실 최대 압력은 격납용기 압력계, 격납용기 건전성, 수소감시기의 생존성을 평가하는데 이용된다. 격실별 최대 수소농도는 수소감시계통의 가용성을 평가하는데 이용되며, 원자로공동 기체온도는 침수계통 배관 건전성을 평가하는데 유용하게 이용될 수 있다.

3.다 원자로용기 파손후 격납용기내 환경

원자로용기 파손후 격납용기 환경하에서 계측기의 생존성을 평가함에 있어서는 아래의 국부 및 전역 수소연소 환경이 더 심각한 것으로 판명되어, 이 부분에 대하여는 아래의 국부 및 전역 수소 연소 환경 절에서 다루기로 한다.

3.라 국부 및 전역 수소 연소 환경

국부 및 전역 수소연소 환경을 고찰하기 위하여 앞 절에서 주어진 2가지 초기사건으로 이루어지는 사고 시나리오에 대하여 시뮬레이션이 수행되었다. 그림 4는 시간에 따른 가장 Bounding한 최대 온도 및 압력을 생성하는 격실의 최대 온도 및 압력 변화을 보여준다. 이들 최대 온도 및 압력들은 '3.나' 절에서 제시된 계측 및 기기의 생존성을 평가하는데 이용된다. 전역연소가 발생할 때 온도는 급격히 증가하며, 전역 연소에 도달하기까지 압력은 서서히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 중대사고 대처설비 생존성 평가를 수행하기 위하여 필요한 격납용기내 환경분석이 현재 개발되고 있는 신형원자로에 대하여 수행되었다. 분석에서는 MAAP 코드를 이용하여, 원자로용기 파손전 압력용기내 환경, 원자로용기 파손전 격납용기내 환경, 원자로용기 파손후 격

납용기내 환경 그리고 국부 및 전역 수소 연소 환경으로 나누어 고찰하였으며, 10가지 주요 RCS 및 격납용기 변수에 대하여 상세한 분석을 제공하였다. 본 연구를 통하여 중대사고시 기기 및 계측기의 생존성을 평가하는데 기초 자료를 제공하였다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사에 의해 설립된 기초전력공학공동연구소의 지원 (00-중-04)에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. EPRI, Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document, Vol. II ALWR Evolutionary Plant, Chap.5 Engineered Safety Systems.
2. EPRI, Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document, Vol. II ALWR Evolutionary Plant, Chap.1.
3. NRC, Policy Statement on Severe Reactor Accidents Regarding Future Designs and Existing Plants, 50FR32138.
4. AP600 Probabilistic Risk Assessment Appendix D Equipment Survivability Assessment.

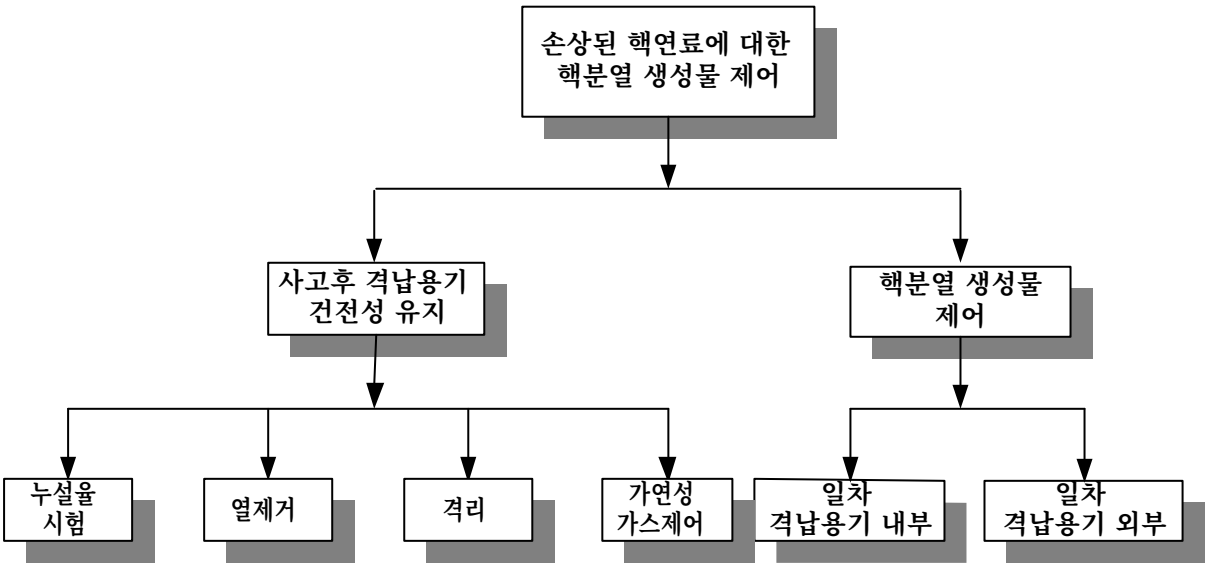
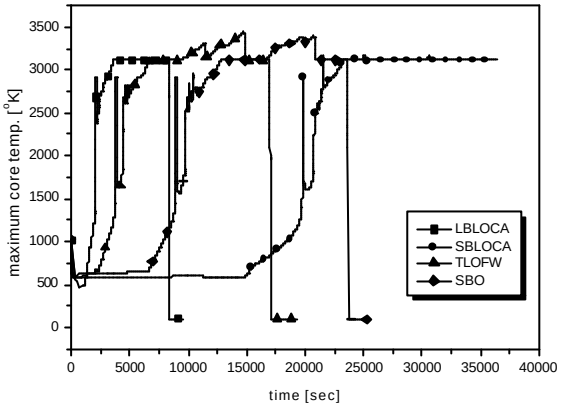
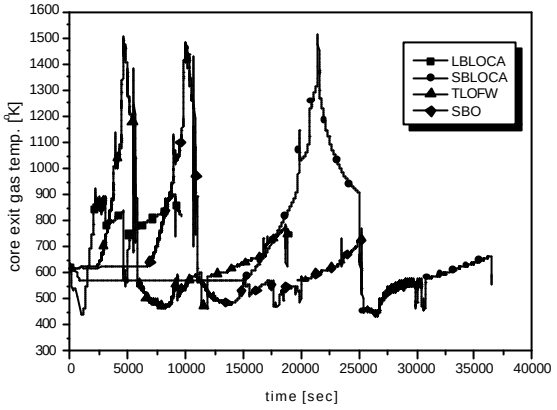


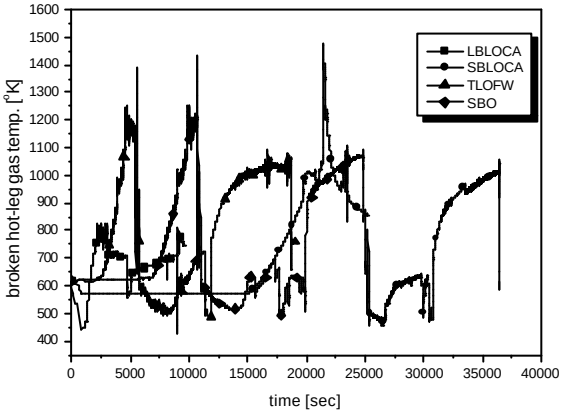
그림 1. 사고완화를 위한 주요 기능요건.



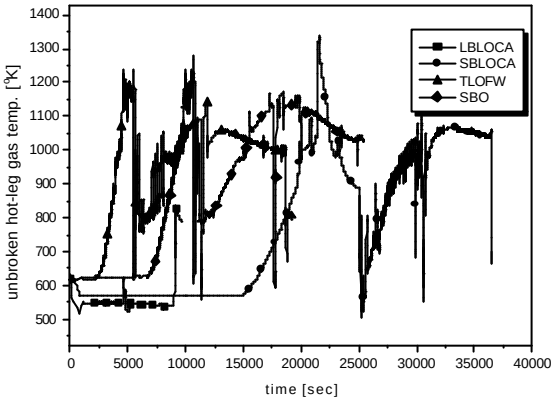
(1) 노심 최대온도



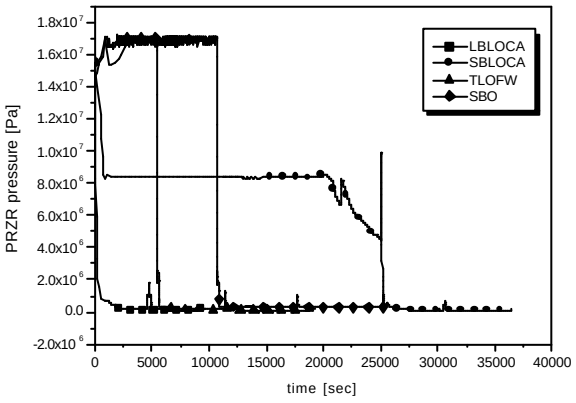
(2) 노심출구 기체온도



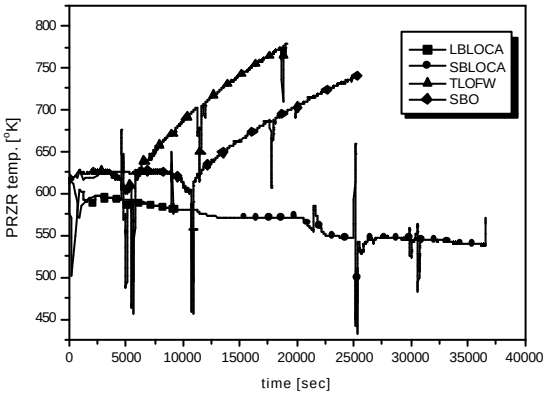
(3) 파손된 고온관 기체온도



(4)파손되지 않은 고온관 기체온도

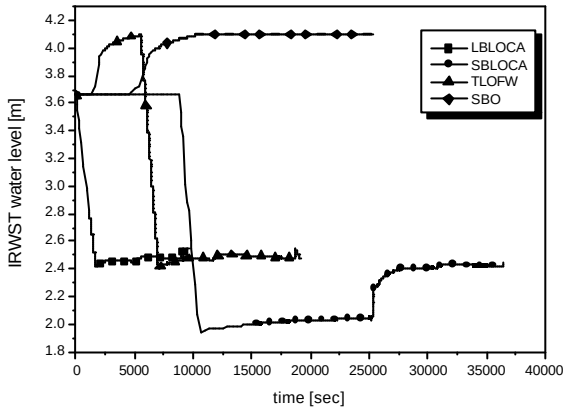


(5) 가압기 압력



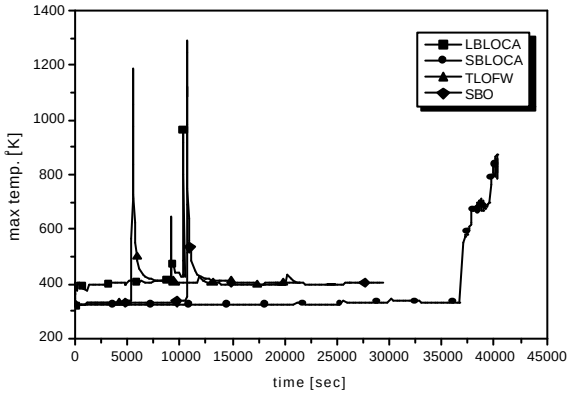
(6) 가압기 온도

그림 2. 원자로용기 파손전 압력용기내 환경

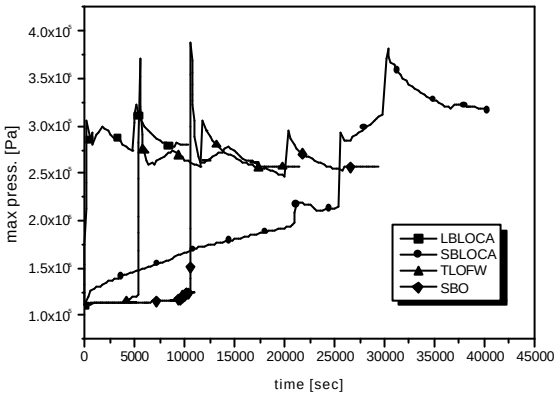


(7) IRWST 수위

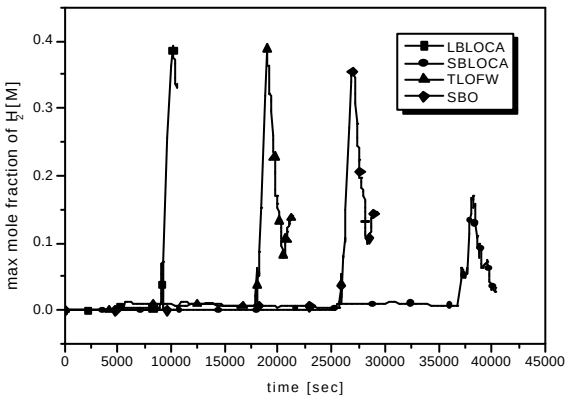
그림 2. 계속



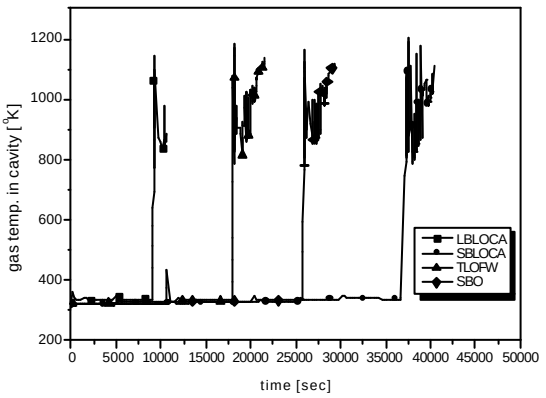
(1) 격실 최대 온도



(2) 격실 최대 압력

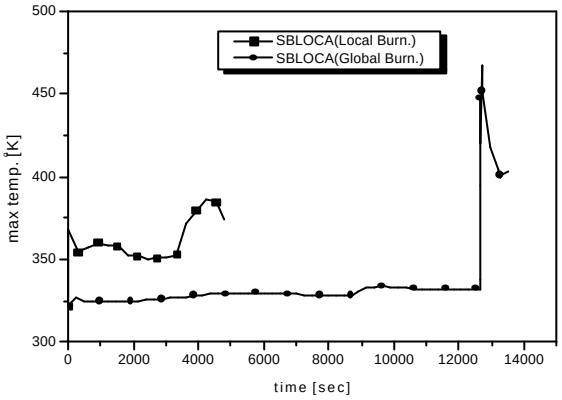


(3) 격실 최대 수소농도

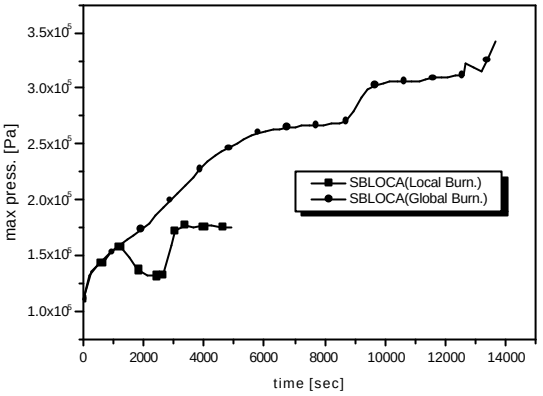


(4) 원자로공동 기체온도

그림 3. 원자로용기 파손전 격납용기내 환경



(1) **격실 최대 온도**



(2) **격실 최대 압력**

그림 4. 국부 및 전역 수소 연소환경