

신형안전로 소개



崔 永 祥

한국전력공사 기술연구원 신형안전로 부장

- 1947년생
- 원자력공학을 전공하였으며, 원자력분야 R & D Planning에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

국가의 에너지 다변화 정책에 따라 1978년 7월 20일 고리원자력 1호기가 상업운전을 시작한지 10년이 지났다.

지난 10년간의 원자력발전 역사를 통하여 원자력은 우리나라 전력생산 분야의 중추적인 위치를 굳히게 되었고 1987년에는 우리나라 총발전량의 53.1%를 원자력으로 발전 하였다. 두 가구중의 한 가구는 원자력 전기를 사용한 셈이며 이용율 또한 세계 3위라는 경이적인 업적을 이룩하였다.

이러한 업적을 통하여 원자력의 안정성 및 경제성은 충분히 입증되었다 하겠다.

그러나 우리가 처해있는 주변 여건은 계속적으로 발전 변화하고 있으며 원자력을 추진하는 우리의 자세 또한 이러한 주변 여건의 변화에 부응할 수 있어야 한다고 판단한다. 2000년대를 겨냥하여 우리가 유념하여야 할 몇가지 사항을 살펴보면 다음과 같다.

첫째 현재의 원자력발전소는 1000 MWe급 대용량이다. 이러한 대용량 원전은 막대한 건설비가 소요될 뿐만 아니라 계획단계에서부터 건설 완료시까지 약 10여년이 소요된다. 따라서 원전의 추진은 10년 앞을 내다보는 긴 안목이 필요하다. 그러나 반대로 현대사회는 불확실성을 그 기본 특성이라고 할 만큼 불확실성

이 매우 높아지고 있으며 이에 뒤따르는 문제는 전력 수요예측의 어려움이다. 이러한 상황은 앞으로도 지속될 전망이다 불확실성이 높은 상황하에서의 전원개발은 건설 공기가 짧고 중소형이면서도 경제성이 있는 원자력발전소를 필요로 한다.

둘째는 안전성 측면에서 우리는 미국의 TMI 발전소, 소련의 CHERNOBYL 발전소 사고를 경험한 바 있다. 원자력발전의 우수성에도 불구하고 이러한 사고들이 일반 대중의 의구심을 불러일으키고 있음이 사실이며 민주화와 반핵운동의 확대에 따라 원자력 안전성에 관한 일반 공중의 관심도 계속 증가할 것으로 예상된다.

원자력 안정성 문제는 매우 전문적인 문제이며 일반 공중이 쉽게 이해할 수 있는 단편적인 문제가 아니다. 궁극적으로 우리는 이해하기 어려운 안전성 문제를 일반 공중이 이해해 주도록 강요할 것이 아니라 일반 국민도 이해하기 용이한 새로운 안전성 개념을 개발하여 대안 제시를 통한 일반 국민의 동의(public acceptance)를 확보하여야 할 것이다.

셋째는 에너지 자원 측면이다. 현재 많은 신 에너지 기술이 연구되고 있으나 산업용 수준의 충분한 용량 그리고 경제성을 구비하기 위하여는 아직도 많은 기간의 연구개발이 필요하다 하겠으며 현재로써 가장 확실한 대체 에너지원은 원자력이다.

화석연료의 고갈, 공해문제 그리고 연료목적 이외에 화석연료가 이용되는 산업 소재로써의 가치 등을 고려할 때 가능한 많은 분야에서 대체 에너지원을 확보하여야 하며 화석연료는 그 이용을 제한, 절약하고 앞으로 상당 기간 동안 타 에너지원과 공존토록 보존하여야 한다.

전력설비 이외에 원자력에너지를 확대 이용할 수 있는 분야를 생각해 보면 지역난방, 열병합, 탈염설비(desalination)등을 들수 있으며 기타 특수목적으로 대량의 증기(steam)공급을 필요로 하는 산업분야에의 적용 가능성도 고려할 수 있다. 원자력발전소의 표준용량을 1000 MWe급으로 볼때 열에너지로써는 3300 MWth 수준의 막대한 에너지이다. 그러나 이를 지역난방, 열병합 또는 탈염설비 등으로의 이용을 고려한다면 단일 용량으로써 이러한 많

은 에너지는 또다른 문제점을 불러일으킨다. 따라서 이러한 목적으로서의 원자로는 소형이어야 하며 어디에나 용이하게 건설가능토록 안정성이 개선되어야 하며 전문가가 아닌 사람도 용이하게 운전할 수 있는 편의성이 확보되어야 한다.

위에 열거한 몇가지 관점들이 신형안전로 개발을 필요로하는 모든 필요성을 망라한것은 아니겠으나 주요 요점이라 말할 수 있겠고 세계 각국에서는 이러한 필요성을 충족시키기 위하여 신형안전로 개발에 박차를 가하고 있다.

신형안전로 개발의 필요성을 설비개발이라는 관점에서 우리가 해결해야 할 과제로 요약하면 첫째는 설계개념이다. 즉 어떠한 설계개념을 채택하여야만 설비의 단순화가 가능하며 중소형이면서도 경제성 확보가 가능할 것인가 하는

표 1 세계 각국의 신형안전로 연구동향

국 가	노 형	연 구 개 발 동 향
카 나 다	SLOWPOKE	-지역난방 열공급용 -2 MWt급 실증로 가동(87.7.15) -10MWt급 상업로 개발중
미 국	MHTGR	-전력 생산용 -개념 설계중
	ALWR	-전력 생산용 -설계요건 작성중
	PASSIVE PLANT -AP600 -SBWR	-전력 생산용 -설계요건 작성중
독 일	HTR 500	-전력 생산용/process heat용 -실험로(AVR, 15.6 MWe) : '67 운전개시 -원형로(THTR, 200 MWe) : '85 운전개시 -HTR-100, 300, 500 설계중
스 웨 덴	SECURE (PIUS)	-전력생산용 (-P), 열공급용(-H) -개념설계 완료 단계
일 본	ISER	-전력 생산용 -기초연구 단계 -실험로 건설 타당성 조사중

점이며, 둘째는 이러한 새로운 개념은 과연 원전의 안전성이 혁신적으로 개선된 것이며, 어디에나 용이하게 건설이 가능토록 부지요건이 완화된 것이며, 전문가가 아닌 사람도 용이하게 운전가능토록 준 무인운전 수준의 편의성 확보가 가능한가 하는 점이다. 셋째는 극히 소용량인 지역난방 원자로에서부터 대용량 발전 설비에 이르기까지의 연계 개발 계획으로서 수요처별 수요 적응 특성 반영과 Modular Type 또는 기타의 방법으로 용이하게 용량을 확장할 수 있는 방법을 강구하는 문제이다.

현재 세계 각국의 신형로 개발현황은 개념설계 완료 단계로써 본 글에서는 기존경수로와 신형안전로의 설계개념을 비교 소개함으로써, 신형안전로에 관심 있는 분들에게 참고가 되었으면 한다.

2. 가압 경수로(PWR : Pressurized Water Reactor) 안전 설계개념

원자력 에너지는 인류가 원자력 에너지의 고마움을 알기 이전에 이미 핵무기로 사용된 경험이 있기 때문에 많은 사람들이 원자력은 곧 핵무기와 같이 무서운 것이라는 선입감을 갖는다.

불행이라고 표현하면 이상하겠으나 가압 경수로형 원자력발전소도 그 출발은 미국의 해군 잠수함용 원자로이다.

잠수함용 원자로라는 특성 때문에 크기를 최소화 해야 했으며 이를 위하여 노심(reactor core)는 농축 우라늄을 사용하여 고출력 밀도의 노심으로, 그리고 노심을 냉각시키는 일차 냉각계통(primary reactor coolant sys)도 최대한 치밀한 설계를 하였다.

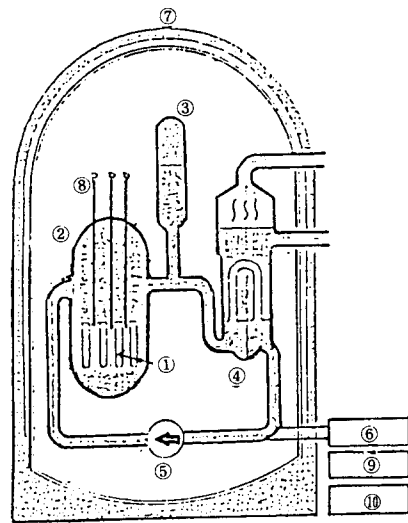
원자력발전소 개발초기 잠수함용 원자로 개발을 위한 많은 R & D결과를 그대로 이용할 수 있었다는 여건상의 이점도 있었겠으나 치밀한 설계방법은 원전의 경제성 향상의 첩경으로 믿어졌기 때문에 잠수함용 원자로가 현재 가압 경수로 원전 시스템의 모체가 되었으며 상업용

원자로로서 적합토록 발전, 개선되어 왔다.

원자력발전소에서 가장 근본적인 안전문제는 어떤 상황하에서도 노심을 안전하게 냉각시키는 문제이다. 노심을 냉각시키지 못할 경우 핵연료 파손 또는 노심 용융이 발생하여 노심 핵연료 내에 포함되어 있는 많은 방사능 물질이 외부로 유출될 수 있는 원인이 된다. 일반적으로 우리사회에서 원전 안전성을 이야기할 때 방사능 폐기물의 취급, 관리측면에서 이야기하지만 원전의 안전은 노내 핵연료의 건전성과 직결되는 문제로서 원자로의 냉각 능력이 유지되어 핵연료의 건전성이 유지되는 한 안전성에 대한 우려는 없다.

여기에서 그림 1을 참고로 하여 가압경수로 원전의 기본 구성과 냉각능력확보를 위한 설계상의 고려를 알아보기로 하겠다.

그림 1의 ①은 노심으로써 핵분열 에너지를 방출하는 핵연료봉으로 구성되어 있다. 노심에



- ① 노 심
- ② 원자로 압력용기
- ③ 가압기
- ④ 증기 발생기
- ⑤ 냉각재 펌프
- ⑥ 비상 냉각수 주입설비
- ⑦ 격납 용기
- ⑧ 제어봉
- ⑨ 비상 전원설비
- ⑩ 비상 해수설비

그림 1 가압경수로 기본 구성도

서는 노심 1/당 약 100KWth 수준의 핵분열 에너지가 발생된다. 이 노심을 냉각시키는 일차 냉각계통은 노심을 수용하고 있는 원자로 압력용기 ②, 가압기 ③, 증기발생기 ④, 그리고 냉각재를 강제 재순환시키는 냉각재 펌프 ⑤, 그리고 관련 배관으로 구성되어 있으며 정상운전 압력은 약 2250 Psi이다.

노심에서 발생한 열은 증기 발생기를 통하여 2차측(터빈)으로 전달되며 열수송 매체인 급수는 2차측 급수 공급계통(복수기, 급수펌프, 급수가열기 등)에 의하여 증기 발생기로 재순환된다. 이러한 설비 구성하에서 노심 냉각이 저해 받을 수 있는 경우에는 어떤 것들이 있는지를 알아본다.

우선 노심의 핵분열을 제어하는 제어계통에 이상이 생긴다면 노심이 과열될 수 있다.

일차 냉각계통에 결함이 발생하여 냉각재가 노심이 아닌 외부로 유출된다면 노심 냉각이 저해받게 된다. 일차 냉각계통이 정상이라 하여도 증기 발생기 2차측에 이상이 생겨 노심의 열을 2차측으로 인출하지 못한다면 노심과 열의 원인이 될 수 있다. 일차계통과 2차계통에 이상이 없다 하더라도 전력계통에 이상이 생길 경우 원자로 제어가 신속히 이에 적응하지 못한다면 노심 과열의 원인이 될 수 있다. 전원에 손상이 발생하여 냉각재 펌프를 구동할 수 없는 경우도 생각할 수 있다. 지진과 같이 외적요인에 의하여 다수의 기기가 파손되는 경우도 고려할 수 있다.

그러나 이러한 모든 가능성은 이미 설계과정 중에 충분히 검토된 사항으로서 완전한 대책이 마련되어 있다.

어떤 상황하에서도 즉각적인 원자로 비상정지가 가능하도록 원자로에는 이중의 비상정지 계통을 보유하고 있으며 원자로 비상정지 계통은 IEEE Class IE 설계 규정에 따르도록 되어 있다. 원자로 일차 냉각계통은 그 건전성(integrity)을 유지하기 위하여 최고의 품질로 설계, 제작, 건설되어야 한다. 이러한 목적으로 일차 냉각계통은 ASME(불란서의 경우

RCCM)코드 Class I Component 요건에 따라 설계, 제작, 건설토록 되어 있다. 만일의 경우 일차 냉각계통에 결함이 발생하는 것에 대비하여 일차 냉각계통에는 비상 냉각수 주입설비(그림 1의 ⑥)를 설치토록 되어 있다.

이와 같은 안전에 관련이 있는 설비는 다중성(redundancy)설계 개념을 적용 이중으로 설치토록 되어 있으며 다양성(diversity) 설계 개념을 적용 서로 다른 이중의 방법을 적용토록 되어 있으며 독립성(independence & separation)개념을 적용 위치와 제어계통을 서로 분리토록 되어 있으며 가동중 동작시험(testability & maintainability) 설비를 보유하고 있어 고도의 신뢰도를 유지하도록 되어 있다. 또한 이러한 모든 설비가 모두 실패한다 하더라도 원자로에서 누출된 방사능을 소내에 보관할 수 있음으로 해서 발전소 주변에 영향을 미치지 않도록 격납개념을 적용, 격납건물(그림 1의 ⑦)을 보유하고 있으며 안전에 주요한 모든 설비는 내진 설계의 대상이 된다.

이러한 설비 및 기기는 실험에 의하여 성능을 확인하고 그 동작상태를 최악의 상태까지 의도적으로 가정하여 안전분석을 수행함으로써 최악의 상태에서도 안전성이 유지됨을 확인한 후 규제기관의 인가하에 운전에 착수하도록 되어 있다.

설비의 구성, 적용 Code & Standard, 규제제도 그리고 그 동안의 운전실적등을 종합해 볼때 원자력발전소는 충분히 안전한 설비이다. 그러나 TMI, 또는 CHERNOBYL사고를 경험한 입장에서 현재 안전성 확보수준은 어느정도이며 개선의 소지가 있다면 어떻게 개선해야 하겠는가를 알아보겠다.

안전성 확보수준은 두단계로 나누어 생각할 수 있다. 하나는 일반 공중을 방사능 재해로부터 보호하는 것이며 또 다른 하나는 방사능 재해로부터 전력회사의 재산상의 손실을 보호하는 것이다.

미국 TMI 원전 사고는 전력회사의 재산상의 손실은 있었으나 일반 공중의 안전보호는

가능했던 사고의 예이며 소련의 CHERNOBYL 사고는 전력회사의 재산손실과 일반 공중의 피해를 모두 경험한 사고의 예이다.

현재 우리나라에서 도입 운영중인 원전은 서구형 원전으로써 일반 공중의 안전보호 측면은 완전한 원자로이며 앞으로의 과제라면 전력회사의 재산상의 손실 가능성을 방지하는 것이다.

개선의 소지가 있다는 측면에서 기존 경수로의 특성을 살펴보기로 한다.

첫째 많은 사람들이 일차냉각계통의 열 관성(thermal inertia)문제를 지적하고 있다. 기존 경수로의 일차 냉각계통은 노심의 열출력에 비하여 매우 치밀하게 설계됨으로 해서(small thermal inertia) 2차계통 또는 전력계통의 왜란(disturbances)에 지나치게 민감하다. 이는 운전원이 조치를 취할 충분한 시간적 여유가 적기 때문에 고도의 운전기술을 필요로 함을 의미하여 일차 냉각계통에 부착되어 있는 각종 안전설비에 과도한 빈도의 동작신호를 발생케 할 수 있다. 치밀한 설계개념이 원전의 발전과정중 경제성 향상에 크게 기여한 것은 사실이나 원전이 보편화되어 대량 보급된 현 시점에서는 문제점이 될수도 있다.

둘째 일차 냉각계통의 작은 열 관성은 일차계통내에 이상 상태가 발생하였을시 노심 내부에서의 자체 수용능력이 부족하여 외부 시스템(예: 비상 냉각수 주입설비)의 동작을 필요로 하며 현재 활용하고 있는 시스템은 능동적 성분(active component)의 특성을 보유하고 있다. 능동적 성분은 수동적 성분(passive component)에 비하여 신뢰도에 한계가 있으며 운전원의 조치하에서만 동작이 가능하므로 운전원의 조치능력에 가중적 요인이 된다.

셋째는 설비의 복잡성이다. 원전 사고에 대한 일반 국민의 지나친 선입감으로 인하여 한국가에서의 사고사례는 즉각적으로 다른나라 또는 다른 전력회사로의 파급효과를 나타내고 있으며 이러한 과정중 무분별한 설비보완 요건이 규정화 되고 있다. 결과적으로 기존 경수로

는 그 동안 상업용 원전으로서의 활용 과정중 매우 복잡한 설비로 발전하게 되었으며 현재에는 경제성 및 운전원 의존도 측면에서 개선의 소지를 안고 있다 하겠다.

원전의 운전은 자동차의 운전에 비유될 만하다. 자동화를 흥기라고 이야기하는 사람은 없다. 그러나 자동차를 운전하는 운전자에 따라서는 많은 사고를 낼수 있다. 원전도 안전한 설비이다. 그러나 원전의 운영자에 따라서는 사고를 유발하여 재산상의 손실을 초래할 수 있다. 연구개발의 관점에서 앞으로 개선코자하는 사항은 운전원 의존도를 최소화 시킬수 있는 방안을 강구하는 일이다.

개선을 추진코자하는 산업계 의견에는 두가지가 있다.

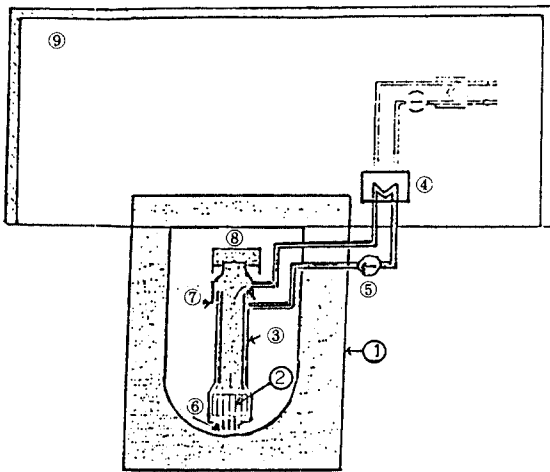
하나는 기존 경수로를 계속 발전시켜 최적화해야 한다는 의견과 또 하나는 설비기본 구성에 새로운 개념을 도입하여 신형로를 개발하여야 한다는 의견이다. 기존 경수로를 최적화한다고 할때 다음과 같은 사항이 기본적으로 고려될 것으로 예상된다. 첫째 노심의 출력 밀도를 현재 수준보다 낮추는 방안이 강구될 것이다. 그리고 가압기 또는 증기 발생기의 용량을 확대 함으로써 일차 냉각재 계통내의 coolant inventory를 증가시킬 것이다. 둘째 운전원에 대한 의존도를 줄이기 위하여 되도록 많은 passive component 활용 방안이 강구될 것이며 AI/ES(artificial intelligence/expert system)등의 신기술을 적용, 설비 자동화 및 운전 편의시설 보강이 추진될 것이다. 셋째 그동안의 운전 경험을 반영 가동율과 이용율을 향상 시키는 방안 그리고 경제성을 향상시킬수 있는 방안 등이 고려된 것이다.

이러한 개선의 노력은 원자력 에너지를 전력 발전 설비에 국한하여 이용하는 경우 충분한 의미를 가질수 있다. 그러나 신형안전로를 필요로하는 또다른 필요성을 염두에 둔다면 설계 개념의 전환을 통한 신형안전로 개발이 장기적 안목에서 유리할 것으로 판단된다.

3. 신형안전로 설계 개념

그림 2는 현재 개발 추진되고 있는 여러가지 신형안전로 중의 하나인 PIUS(process inherent ultimate safety) 원자로의 기본구성을 보여주고 있다. 이 원자로의 구조상 특징은 노심이 거대한 수조 콘크리트 압력용기 ①에 내장되어 있는 점이다. 이 원자로의 일차 냉각계통은 노심 ②과 노심은 수용하고 있는 Reactor Enclosure ③, 증기 발생기 ④, 냉각재 펌프 ⑤ 그리고 관련 배관으로 구성되어 있어 기존의 가압 경수로와 매우 흡사한 구조를 가지고 있다. Reactor Enclosure 상하에는 밀도장치라 불리는 관통부(저밀도장치 ⑥, 고밀도장치 ⑦)를 보유하고 있어 일차 냉각계통내의 냉각재와 콘크리트압력용기(푸울) 내의 냉각재가 필요시 유로를 형성할 수 있도록 되어 있다.

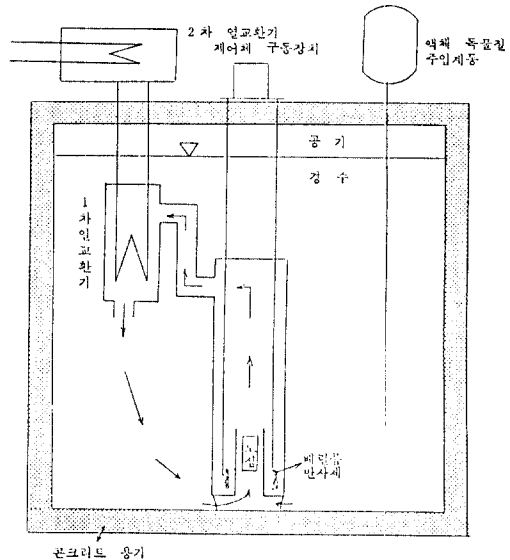
일차 냉각계통의 구조로 보아 가압경수로와 매우 흡사하나 동작 원리는 근본적으로 다르다. 이 원자로의 기본 원리는 밀도(density)가



- ① 콘크리트 압력용기 ⑥ 저밀도 장치
- ② 노 심 ⑦ 고밀도장치
- ③ Reactor enclosure ⑧ 가압기
- ④ 증기 발생기 ⑨ 원자로 건물
- ⑤ 냉각재 펌프

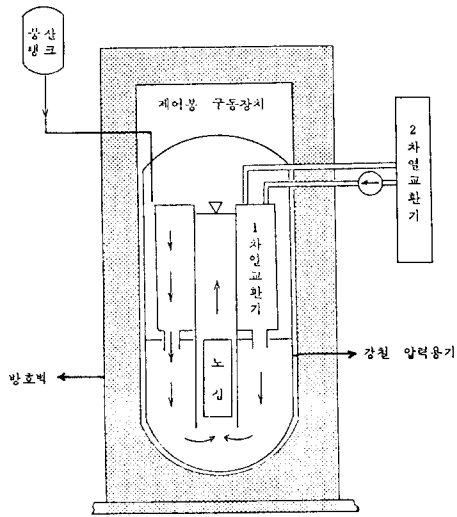
그림 2 PIUS 원자로 기본 구성도

다른 유체는 경계면을 형성할 수 있다면 원리를 이용한 것이다. 마치 수면위에 물안개가 끼어 있을 때 수면과 물안개 사이에는 경계면이 형성되며 물안개가 바람에 따라 흘러가는 모양을 연상할 수 있는 것과 같다. 푸울(pool)내의 냉각재와 일차 냉각계통의 냉각재 사이에 일정 온도(약 80°C)이상의 온도차가 형성되면 밀도차이에 의하여 두 냉각재 사이에는 저밀도장치(lower density lock)와 고밀도 장치(upper density lock)를 중심으로 interface가 형성되기 시작한다. 따라서 냉각재 펌프에 의하여 노심으로 공급되는 유량은 저밀도장치 상부에서 노심 방향으로 흐른다. 노심을 통하는 유량은 핵분열 열을 흡수하여 reactor enclosure 내의



- 용 량 : 2 MWt
- 1 차계통 : 압력 대기압
온도 85/62°C
- 2 차계통 : 온도 77/52°C
- 핵연료 : 농축도 5%
- 높이 4.87m
- 장전량 0.1 ton U
- 원자로 제어방법 :
- 베릴륨 반사체

그림 3 캐나다 AECL사에서 개발한 SLOWPOKE



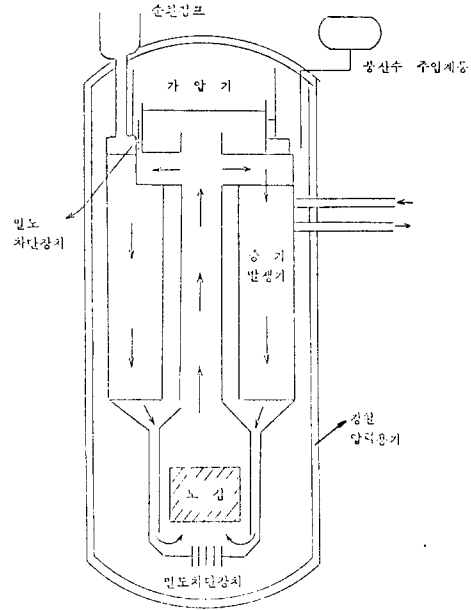
- 용 량 : 50 MWt
- 1 차계통 : 압력 16 bar
온도 200/150°C
- 2 차계통 : 압력 15 bar
온도 170/90°C

그림 4 소련의 Atomencgo사가 개발한 AST-500

chimney을 통하여 부상하여 고밀도장치 부근에 도달하며 이 유량은 다시 냉각재 펌프에 의하여 증기 발생기는 통과한 후 노심으로 되돌아 온다. 노심에서 고밀도장치에 이르는 유량은 전적으로 자연 재순환(natural circulation)에 의하여 흐른다. 푸울내의 냉각재에는 고농도의 붕산수가 포함되어 있으며 일차 냉각계통에는 출력에 따라 일차 냉각재 계통내의 붕산농도를 조절할 수 있는 제어설비가 부착되어 있다. 출력조정에 따른 일차 냉각계통 유량은 냉각재 펌프의 속도조절로 이루어진다. 이 원자로의 열수력학적 동작 특성은 실험설비에 의하여 기 확인된 바 있다.

그러면 이 원자로의 안전 특성을 설명해 보기로 한다.

우선 어떤 원인에 의하여 노심이 과열되는 경우를 생각해 볼 수 있다. 만일 노심이 과열되어 기포가 생성되는 경우 자연 재순환 능력 증가로 노심내를 통과하는 유량은 많게되나 증



- 용 량 : 210 MW₂
- 1 차계통 : 압력 155 bar
온도 323/289°C
- 2 차계통 : 압력 57 bar
온도 300°C
- 비상 냉각수 : 온도 100°C
- 원자로 제어방법 :

노심 냉각재의 보론 농도 조절

그림 5 일본 동경대에서 개발한 ISER

기 발생기 쪽을 통과하는 유량은 기포에 의하여 감소하게 된다.

정상 운전중 일차 냉각계통으로만 흐르던 유량이 노심 과열로 인하여 균형이 깨질 경우 이 두 유량의 차이는 고밀도장치 쪽으로 흐르게 되며 푸울을 통과하여 저밀도장치, 그리고 노심으로 또다른 유로를 형성한다. 이 과정중 원자로는 푸울내에 포함되어 있는 고농도 붕산에 의하여 자연적으로 정지하게 된다.

냉각재 펌프의 전원이 상실되었을 경우에도 똑 같은 현상이 일어난다. 증기 발생기 쪽으로 유량이 흐르지 못함으로 해서 원자로는 자동적으로 정지하도록 되어 있다. 특기해야 할 것은 이 모든 안전조치가 순전히 자연현상에만 의존

하고 있다는 사실이다. 다시 말하여 이 원자로는 설계자가 설계상에 고려한 출력범위 이외에서는 어떠한 방법으로도 출력을 증가시킬 수 없으며 원자로는 이상상태 발생시 항상 자연적으로 정지하도록 되어 있다.

노심의 비상냉각 측면에서 푸울내에 냉각재가 존재하는 한 자연 재순환에 의하여 노심의 냉각이 가능하며 푸울 내의 냉각재는 운전원 조치없이 1주일 정도 냉각할 수 있는 양이다. 푸울의 콘크리트 압력용기가 파손되는 경우에 대비하여 콘크리트 압력용기는 이중 내압 설비로 되어 있으며 모든 기기의 푸울의 냉각재가 유출되지 않도록 고려되어 있다. 따라서 이러한 원자로에서는 비상 냉각수 주입설비와 같은 안전설비가 필요하지 않다.

이 원자로의 안전특성을 요약한다면 노심 냉각능력 상실 가능성을 구조상으로 배제한 것이며, 모든 안전조치에 고유(inherent)의 또는 피동적(passive)수단을 활용함으로써 운전원의존도를 극소화 시킨 것이다. 이러한 안전성 개념이라면 일반공중도 용이하게 납득할 수 있을 것으로 생각된다.

경제성 측면에서 비상 냉각수 주입설비 한가지만 단순화 시킨다하더라도 어떤 경제적 효과가 있을 것인가를 정성적으로 추리해 보기로 하겠다. 비상 냉각수 주입설비를 설치한다고 할때 이 계통은 단독으로 운전될 수 없다. 이 시스템을 구동시킬수 있는 전원이 필요하며 제어용 압축공기와 같은 부대설비가 필요하다. 또한 비상 냉각수 주입설비는 중간 냉각계통으로써 비상 냉각수 계통을 냉각시킬 수 있는 최종 냉각계통(ultimate heat sink 해수 공급계통)이 또 필요하며 이 계통을 운전하는데 필요한 또 많은 부대 설비를 필요로 한다. 또한 이러한 설비들은 안전설비로서 redundancy, diversity, independency, testability 등의 설계요건을 충족시켜야 한다는 점을 고려할 때 비상 냉각수 주입설비와 같은 근본적인 시스템 몇개를 단순화시킬 수 있다는 것은 막대한 경제적 향상 효과를 기대할 수 있다는 사실을 의

미한다.

이 원자로는 현재 개념설계 완료 단계이다. 이 원자로의 장점을 활용 이를 상용화 시키기 위하여는 앞으로 많은 연구개발이 추진되어야 한다. 앞으로 주안점으로 고려되어야 할 연구개발 과제 몇가지를 소개하면 다음과 같다.

첫째 밀도장치레벨의 안정성이다. 밀도장치의 열수력학적 동작특성은 이미 확인되었다 하더라도 원자로 일차 냉각계통은 2차계통으로부터 많은 왜란을 받을 수 있다. 이 경우 밀도장치 경계면의 레벨스윙이 상당히 크다면 원자로는 수시로 비상정지(trip)될 것이다. 그렇다면 원자로의 안전성 측면에서는 확실하지만 에너지 공급 설비로써의 활용가치는 반감될 것이다. 밀도장치 경계면 레벨의 안정성(stability)을 확인하는 문제가 매우 중요한 과제이다.

둘째 원자로가 푸울 내에 내장되어 있음으로 해서 생기는 단열 문제이다. 푸울의 온도를 약 50°C 수준, 일차 냉각재 정상운전 온도를 약 300°C라 할때 수중에서도 그 기능을 수행할 수 있는 단열재의 개발이 필요하다.

셋째 콘크리트 압력용기의 개발이다. 푸울과 일차 냉각계통의 정상운전 압력은 약 1500 Psi로 예상된다. 그러나 노심이 자연 재순환에 의존함으로써 상업용일 경우 굴뚝의 높이는 약 30m수준으로 예상된다. 여기에 일차 냉각계통을 내장하고 있음으로 해서, 그리고 비상 냉각수를 내장하고 있음으로 해서 예상되는 내경을 고려한다면 고도의 기술을 고하는 내압용기설계기술이 필요하다.

이러한 과제들은 현대 기술을 응용하여 해결이 가능하리라 믿으며 이러한 새로운 개념의 원자로가 상용화 되는 경우 대체 에너지원으로서의 원자력의 역할을 극대화 시킬수 있으리라 믿는다. 우리나라에서도 이러한 방면에 활발한 연구개발이 이루어져야 하겠다고 생각하며 끝으로 각 나라에서 개발하고 있는 신형안전로의 종류와 PIUS와 유사한 몇가지 노형을 그림으로 소개하고 본 신형안전로에 대한 소개를 마치기로 한다.