

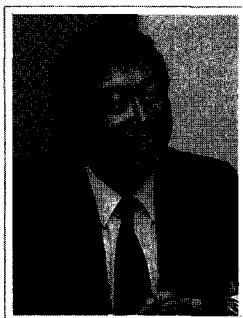
새로운 제4세대 원전 개발

— 필요성과 현실성의 점검 —

신 재 인

전 한국원자력연구소장

이 글은 미국 에너지부(DOE)의 주관으로 2000년 5월 1일부터 5월 3일까지 워싱턴 D.C에서 개최되었던 제4세대 원자로(Generation IV Reactor)에 관한 워크숍에 참여하고 그에 관한 내용과 미래 원전 개발에 대한 견해를 요약한 것이다. Generation IV 원자로에 대한 회의 및 토론 자료는 www.anl.gov/gen4에 들어가면 찾아볼 수 있다.



**미 에너지부의 제4세대 원전 개발
계획과 국제 공동 워크숍
왜 미국은 원전을 감당하는가?**

새 천년의 5월은 여왕답지 못하

게 시작하고 있었다. 쌀쌀한 아침 기온은 아직 겨울의 끝을 붙잡고 있었고 한낮의 더위는 여름을 유혹하는 여신의 입김과도 같았다. 그러나 회의장은 쾌적하고 태평양을 건너온 사람에게도 따뜻한 커피와 비타민이 무상으로 공급되었다.

2020년에 가동할 예정으로 지금의 원전과는 혁명적으로 다른, 매우 안전하고 경제적이며 핵물질의 생성이 미약한 제4세대의 원전을 갈구하면서 모인 국제 워크숍은 미국의 수도에서 5월 첫 날에 개막하였다.

이 워크숍은 미국의 에너지부가 일년 전부터 추진해오고 있는 제4세대 원전 개발 프로그램의 일환으

로 개최되었다.

우리 나라를 비롯해서 아르헨티나·프랑스·남아공·브라질·일본·영국·캐나다 등 8개국이 미국과 함께 이 프로그램에 공동으로 참여하고 있으며 9개국은 이미 2000년 1월 27일, 28일 양일간 워싱턴 D.C에서 만나 21세기의 청정 에너지로 원자력을 적극적으로 활용할 것을 공감하고, 이를 위해 새롭고 경제적이며 안전한 제4세대 원전을 협력해서 개발할 것을 상호 합의하는 공동 성명서를 작성해서 공개하였다.

미국은 옛 소련의 체르노빌 원전 사고와 미국 내에서 이론적으로만 가능한 것으로 생각되었던 중대 사

고, 즉 원자로 내부를 녹게 만들어 버린 차이나 신티롬과 같은 사고인 TMI 사고를 1979년에 겪으면서 상업적인 원전 건설 프로그램은 그 막을 완전히 내리고 있었다.

미국 내에서 새로운 원전 건설 계약은 1978년부터 상실되었으며 기존의 건설 계약도 대부분 세월을 겪으면서 취소되었다.

현재 미국은 104기의 상업용 원전이 가동중에 있으며 20%의 전력을 원자력이 공급하고 있으나 대부분 원전의 40년 운전 허가 기간이 끝나는 2020년경에는 이 비율은 크게 감소할 것으로 전망되고 있다.

이러한 산업적인 위축과 맞물려 미국 내의 원자력에 관한 교육과 연구 개발도 쇠퇴의 외길을 걸어왔다. 1979년 1,900명에 근접하던 원자력 전공 학부생의 수는 1997년에는 600명 이하로 감소되었으며 석·박사 과정의 학생 수도 같은 비율로 현저하게 감소하였다.

대학 내의 연구로도 그 절반이 휴지나 폐지 상태에 들어가 있으며, 대학에 지급되었던 원자력 발전 관련 연구비는 현재 바닥에 근접하고 있다.

이제 미국에서 상업적인 원자력 발전 기술은 완전히 자취를 감추는 단계에 들어와 있다고 보여진다.

이러한 여건을 반영하듯이 작년 부터 미국의 원자력 발전 산업을 선도해 왔던 원자로 공급 회사들이 모

두 외국 회사에 매각되었다.

Westing house사의 발전 부분과 ABB-CE사는 영국의 BNFL사에 매각되었고 B&W사는 독일의 Siemens사에 흡수되었다.

반면에 프랑스의 Framatome사는 미국에 현지 법인을 설립해서 운전 및 보수 분야에서 상당한 작업적 성과를 얻고 있다.

이러한 원자력 발전 산업의 쇠퇴는 핵무기의 감축으로 발생하는 플루토늄을 원전에서 태워 소각시키려는 계획에도 큰 차질을 주고 있다.

그럼에도 불구하고 2020년 미국은 360,000MWe의 새로운 전력 수요가 창출될 것으로 전망되고 있다.

그러나 세계 제1위 온실 가스 배출국인 미국의 입장에서 이 추가적인 전력 수요를 감당하기 위해서 화력을 확대할 수 있는 전망도 밝지 않은 상태에 놓여 있다.

그렇다고 현재의 기술 개발 추이를 고려한다면 원자력과 화력 이외의 다른 에너지원도 쉽게 찾을 수 없는 현실에 놓여 있다.

이러한 에너지 수요와 공급과 관련하여 미국이 안고 있는 국가적 문제점을 해결하기 위하여 1996년 클린턴 대통령은 직속 기구인 국가과학기술자문위원회에 21세기를 향한 미국의 에너지 활용 정책 방향을 설정하고 이에 대한 에너지 연구 개

발 방향을 명시하면서 보고하도록 지시하였다.

이 국가 정책 연구는 하버드대학의 John P. Holdren 교수가 중심이 되어 대학·연구소·전력 회사·에너지 관련 산업체에서 20여명의 전문가들이 초빙되어 수행되었고, 1997년 7월 「21세기를 향한 미국의 에너지 연구 개발 방향」의 제목으로 보고서가 작성되었다.

이 보고서는 현재 미국의 에너지 관련 연구는 당장 눈앞의 경제적 이득만을 추구하고 중요시하고 있다고 지적하고, 21세기를 위한 장기적이고 합리적인 에너지 관련 연구 방향과는 거리가 멀다고 지적하였다.

또한 이 보고서는 현재 미국의 에너지 연구 개발 프로그램에서 강화해야 할 분야로 에너지 효율, 원자력(Nuclear Fission & Nuclear Fusion), 재생 에너지 기술 분야들을 거론하고 보완해야 할 분야로 화석 연료 기술 분야를 지적하였다.

그리고 특별히 원자력에 대한 연구의 활성화를 건의하고 방사성 폐기물, 핵확산, 안전과 경제성에 관한 집중적인 연구를 통해서 21세기에서는 원자력의 활용이 미국 내에서 증대될 수 있도록 정부가 새로운 정책을 추진하기를 강력하게 건의하였다.

이러한 건의에 따라 미국 에너지부는 원자력 연구 개발에 대한 새로

운 전략과 구체적 연구 프로그램을 수립하기 위하여 NERI(Nuclear Energy Research Initiative)를 1998년에 창설하고 그 기관의 목표를 다음과 같이 설정하였다.

- ① 안전하고 친환경적이며 경제적인 원전 개발
- ② 대학과 연구실의 연구 환경을 개선하고 대형 연구 과제 수행을 위한 상호 연계를 강화
- ③ 국방 관련 원자력 기술을 필요한 민간 연구 기관에 이전
- ④ 신원전을 개발하기 위한 국제 협력을 강화

1998년 4월 NERI는 123명의 원자력 전문가들을 모아 연구 방향 설정을 위한 토론회를 개최하고 정리된 보고서를 그 해 6월에 발간하였다. 여기에서 논의되었던 대 연구 과제들을 열거하면 다음과 같다.

- ① 핵확산성 원자로와 원전 연료 개발 : 장주기 원전 연료 개발, 재처리 이외의 방법으로 핵연료의 재사용, 핵비확산성 재처리 기술 개발, 토륨 주기 기술 개발 등
- ② 고효율 신형 원전 개발 : Rankine Cycle 이외의 열역학 Cycle을 쓰는 원자로 개발, 새로운 형태의 원자로 개발 등
- ③ 저출력 원자로 개발 : 동위원소 생산, 담수화, 수소 생산용 소형 원자로 개발 등

- ④ 방사성 폐기물 관리 기술 개발
- ⑤ 개량 또는 첨단 원전 연료 개발 등

이러한 과정을 통해서 미국 에너지부는 산하 기관인 NERAC(Nuclear Energy Research Advisory Committee)을 통해서 장기적이고 국가 목표에 기여하는 원자력 연구 과제의 방향을 결정하여 효율적으로 추진하고 있으며 그 활동의 일환으로 제4세대 원자로 개발을 추진하게 되었다.

이 연구는 미국 내의 원자력 연구 개발 체제를 산·학·연간의 긴밀한 연계 체제로 재구축하고 국제 협력을 통해서 미국의 기술적 우위를 확인하면서 합리적으로 개발 경비의 분산도 유도하는 다목적이고 야심에 찬 연구 과제라고 볼 수 있다.

이 과제를 성공적으로 추진하기 위해서 미 에너지부는 내년도 예산에 그 소요 연구비를 요청하고 있고 그 일정에 맞추어 열성적으로 그리고 급하게 이 과제를 수행하고 있다.

미 에너지부의 제4세대원자로 개념 이상적이고 혁신적인 개념이 현실화 할 수 있는가?

미 에너지부가 현재 구상하고 있는 제4세대 원자로는 어느 특정 노형을 지정하여 출발하고 있지 않다. 아직까지는 모든 노형에 대해서 제4세대 원전의 기본 노형으로 개방

되어 있다고 말하고 있다(Mark Roth, DOE-NE).

따라서 이번에 개최된 워크숍에서는 제4세대 원자로가 갖추어야 할 포괄적인 요건(Requirements)과 그 요건을 만족시킬 수 있는 일반적인 특성(Charateristics)에 대해서만 정의하고 있다. 역시 어느 특정 노형을 고려하고 있지는 않고 있다.

따라서 안전성·경제성·핵확산 저항성·방사성 폐기물에 대한 이번 워크숍에서의 분과별 토의에서도 그 내용이 서로 상반된 의미가 많이 내포되어 있고 비현실적인 사항들도 많이 함유되어 있을 수밖에 없었다. 각 분야별 토의 내용을 요약하면 다음과 같다.

우선 안전성 분야에 대한 워크숍 결과 내용을 보면 다음과 같다.

- ① 낮은 노심 손상 확률 : 10^{-6} per reactor year ; 이 수치는 현재 우리의 표준 원전보다 약간 향상된 수치임.
- ② 원자로 건물 외부에 대한 방사능 누출 사고가 없을 것.
- ③ 노심 손상이 되지 않는다는 것을 종합 실험을 통해서 일반 국민들에게 확증할 것 ; 실험에 대한 신뢰성 여부와 경제적 부담 문제가 논의 되었음.
- ④ 인간의 실수를 최대한 포용할 수 있도록 설계할 것.
- ⑤ 자연 현상을 많이 이용할 것.

- ⑥ 고온에 견디는 재료를 사용할 것
- ⑦ 중대 사고에도 건전성이 유지되는 원자로 용기를 사용할 것.
- ⑧ 긴급한 운전 조작이 필요 없는 사고 처리 방법이어야 할 것.
- ⑨ 자체 검사 및 모니터(Self-testing & Self-monitoring) 기능이 있는 기기를 사용할 것.
- ⑩ 낮은 노심 열출력 밀도 등을 고려할 것.

제4세대 원자로의 경제성 분야에 대한 분과 토의 내용은 다음과 같다.

① 개념 : 2020년까지 연구/개발 완료

첫 호기(N=1) 상업 운전

국제적으로 건설 및 운전 허가 추진

② 발전 단가 : ~3cents/kWh(미국)

③ 건설비 : <1000dollars / kW(미국)

④ 건설 기간(계약-상업 운전) : 4년

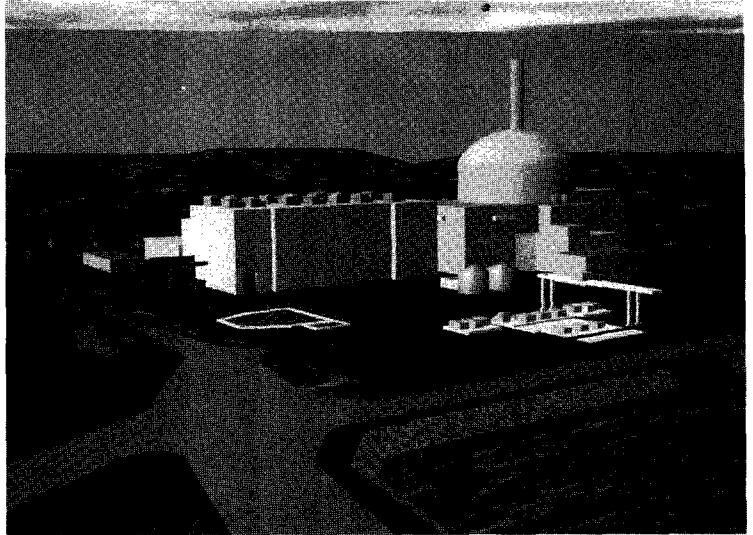
⑤ 건설 기간(첫 콘크리트 타설-연료 장전) : 3년 이내

⑥ 운전/보수비 : 1cent/kWh

⑦ 이용률 : >95%

제4세대 원자로의 폐기물 분야에 대한 분과 토의 내용은 다음과 같다.

① 핵연료 주기나 원자로 운영중에 발생하는 모든 폐기물에 대한 처리 방안이 수립되고 이 방안은 정치적으로 그리고 국



미국을 중심으로 전력 관련 산업체가 개발하고 있는 미래 원전은 중소형(50~150MWe)으로, 풀형(Pool Type) 원자로를 사용하여 자연 대류와 같은 자연 현상을 활용한 자립형 원자로를 사용하고, 이에 따라 부속 기기를 단순화하고 표준화·모듈화를 통해서 경제성을 급격하게 상승시키는 개념이 그 주류를 이루고 있다.

민들로부터 수용 가능해야 함.

② 제4세대 원전이 운영되기 전에 이미 발생된 폐기물들을 처분하는 시설이 가동중에 있어야 함.

③ 폐기물과 관련된 정책은 경제성과 안전성, 핵확산에 대한 저항성과 결부되어 수립되어야 함.

④ 제4세대 원전에서 발생하는 폐기물의 양은 최소화되어야 함.

⑤ 폐기물 중 유용한 부산물의 활용 방안을 고려할 것.

⑥ 재사용/재처리를 위해 사용 후 핵연료를 저장할 것.

⑦ 경제성을 고려한 유동적인 처리 방안을 수립할 것.

⑧ 효율적인 핵연료 활용 - 고연소·재처리·고변환율·토륨주기 연료, 가스냉각로, 암석형 연료(Rock-like Fuel) 등을 이용할 것.

⑨ 국제적인 폐기물 저장 및 처리 시설을 고려할 것.

핵확산의 저항성(Proliferation Resistance) 분야에 대한 토의 내용은 다음과 같다.

① 원자로 외부에서 활용할 수 있는 핵물질의 양을 최소화하고 그 핵물질을 추출하는 데 매우 어렵도록 하여야 함.



- ② 핵사찰 기술을 개발하고 이와 연관하여 제4세대 원전을 설계할 것.
- ③ 원전의 관련 시설들이 핵물질의 유출이 어렵도록 설계될 것.
- ④ 핵물질의 관리가 투명하게 되도록 제도적 장치를 마련할 것.
- ⑤ 핵물질의 생성을 줄일 수 있는 핵연료 주기 또는 토륨 주기와 같은 새로운 핵연료 주기를 사용할 것.
- ⑥ 장주기 노심과 고연소도가 가능한 핵연료를 사용할 것.

핵확산의 저항성과 관련하여 많은 사람들이 토륨 핵연료 주기를 선호하고 있는 것처럼 보인다.

그러나 토륨 핵연료 주기는 IAEA의 연구 결과에 의하면 Once through Cycle일 경우 70,000 MWD/HMT이상의 연소도가 되지 못하면 경제성이 희박한 것으로 알려져 있다.

비슷한 NERI 과제를 수행하고 있는 MIT에서도 이미 이와 같은 내용을 설명하고 있다.

또한 영국의 BNFL회사의 견해를 인용하면 토륨 주기가 핵확산을 방지하는 측면에서도 그렇게 유리하지는 않다고 설명을 하고 있다. (참조 : P.D Wilson, 「The Case for Thorium Fuels Examined」, BNFL, 1998)

따라서 토륨 핵연료 주기에 관련해서도 아직은 뚜렷한 기술적 해답

이 나와 있는 상태가 아니고 단지 개념적인 수준에 머물고 있음을 알 수 있다.

이러한 내용들을 종합해 보면 현재 구상중인 제4세대 원전의 개념은 매우 이상적인 개념만을 도출해 지극히 초보적인 그림을 그리고 있다는 것을 알게 된다.

또한 각 분야의 사람들이 자기 분야에서의 우수함을 강조함으로써 각 분야에서 요구하는 조건들이 개념적으로는 서로 이해가 상치되는 결과를 보이고 있다.

특히 안전성·폐기물·핵확산 저항성 등이 경제성과 상치되는 것은 쉽게 예견할 수 있는 일이다.

여기에서 논의된 제4세대의 설계요건과 특성은 이러한 의미에서 아직은 실제적인 형태를 이루지 못하고 있다고 생각된다.

일반적으로 새로운 원전을 설계하려고 시도할 경우에 기존 원전 개념에서 새로운 원전 개념에 가장 근접한 원전을 모델로 삼고 거기에서 변화를 주는 방식을 택하게 된다.

만일 이 변화가 혁신적으로 큰 경우에는 외형상으로는 기존 모델과는 전혀 다른 혁명적인 새로운 안이 탄생한 것처럼 보인다.

그러나 이렇게 신개념을 이루고 있는 원전이라고 할 경우에도 그 기본 엔지니어링의 바탕은 참조 모델인 기존 원전의 모습이 그대로 남아 있게 되는 법이다.

이 이치는 아무리 혁신적인 자동차를 개발한다고 해도 기존 자동차의 근본적인 틀이 상실되고 없으면 사람들이 불안하고 친근감이 없어 승차를 꺼리는 경우와도 같다.

실제로 미국에서 편안하고 실내가 안락한 비행접시 모양의 자동차를 의욕적으로 개발해서 시장에 내놓았으나 판매 실적은 대단히 부진하였다. 사람들이 형태에 익숙하지 않아서 선택하지 않는다는 것이 실패의 첫 이유로 분석되었다.

‘실증된 개념 또는 기술’을 사용한다는 이야기는 기본 엔지니어링 개념이 혁신적으로는 진화할 수 없다는 이야기와도 같다.

따라서 지금 미 에너지부가 추진하고 있는 제4세대 원자로 개발은 여론을 수렴하는 아주 초보적인 단계를 거치고 있고 대학과 연구소들은 이 과제를 통해서 연구 과제를 창조하려는 이기적 야심이 드러나 보이는 단계에 있다.

미 에너지부가 추진하고 있는 제4세대 원전 개발 작업이 이렇게 이론적이고 개념적으로 흘러있는 이유로는 산업체의 참여가 전혀 없다는 데에도 원인이 있다.

사실 미국의 원자력 산업체는 새로운 규모의 원전, 즉 소형에 경제적이고 핵확산 저항성이 큰 신개념의 미래 원전을 NERI 연구 과제로 별도로 수행하고 있다.

**산업계의 경제적인 소형 미래 원전 개발
강한 핵확산 저항성, 경제성
제고가 과연 달성 가능한가?**

미국을 중심으로 전력 관련 산업체가 개발하고 있는 미래 원전은 중소형(50~150MWe)으로, 풀형(Pool Type) 원자로를 사용하여 자연 대류와 같은 자연 현상을 활용한 자립형 원자로를 사용하고, 이에 따라 부속 기기를 단순화하고 표준화·모듈화를 통해서 경제성을 급격하게 상승시키는 개념이 그 주류를 이루고 있다.

핵연료는 15년 이상을 사용하고 그 기간에는 핵연료를 교체하지 않음으로써 핵확산의 저항성을 높이고 있다.

이 개념의 원자로로는 Westinghouse가 주관하고 이탈리아(Milan 공대), 일본(JAPC, Mitsubishi, 도쿄공대), 프랑스(CEA-Cadarache), 영국(BNFL), 미국(MIT, UC Berkeley)이 참여해서 공동으로 개발하는 IRIS(International Reactor Innovative and Secure)가 있다. 2010년에 상업 운전을 목표로 개발되고 있는 풀형 경수로다.

예상하고 있는 발전 단가는 3cents/kWh로 가스 터빈의 열병합 발전과 경합할 수 있다.

이와 비슷한 원자로로 과거에 이미 옛 소련이 개발해서 사용했던 경

협이 있다. 이 원전은 발전 부문도 열을 전기화하는 방식을 채택해서 원자력 발전 계통에 아무런 움직임은 구동 부품이 없도록 하고 30년 이상을 한 연료로만 사용하기 때문에 지하에 밀봉되어 전기만 송전되는 방식이었다.

옛 소련이 개발한 이 방법은 그러나 열효율이 아주 나쁘고 경제성이 많이 떨어져서 그 당시 상업화되지는 못하였고 섬이 많은 인도네시아에서 많은 관심을 쏟고 있었다.

이 외에도 Westinghouse와 New Mexico 대학이 공동으로 개발하고 있는 LMR-AMTEC(Liquid Metal Reactor-Alkali Metal Thermal Electric Conversion) 원자로가 있다.

기본적인 설계 개념은 풀형 고속 증식로와 같으나 설계 요건은 IRIS와 같다. 특히 발전 부분은 열교환기를 쓰지 않고 열을 전기로 변환시킴으로써 운전/보수 부문과 안전성에서 큰 경제적 이득을 보도록 하고 있다.

이 방법은 이미 설명한 옛 소련에서 경수로에 도입하였던 방법과 비슷한 것이다.

LMR-AMTEC의 건설 단가로는 비교적 높은 \$1,500 ~ \$1,800/kWe를 예상하고 있으나 그러나 발전 단가로는 값이 싼 운영비를 고려하여 3cents/kWh로 목표를 두고 있다.

이와 비슷한 또 하나의 신형 원전 개념으로는 ENHS(Encapsulated Nuclear Heat Source)가 있다. 이 개념도 액체 금속 냉각재(Pb 또는 Pb-Bi)를 사용하고, 특히 원자로 용기의 열 전달을 통해서 증기를 발생시킴으로써 열교환기를 사용하지 않아 원자로 안의 많은 소모품들을 줄일 수 있어 경제성이 많이 제고된다고 설명하고 있다.

이 원전의 개념은 UC-Berkeley와 미국의 ANL, LLML이 공동으로 수행하고 있다.

실제로 전력 회사가 건설하고 있거나 건설을 추진되고 있는 미래 원전에는 고온가스로(HTGR)가 있다.

우선 남아프리카공화국의 전력 회사인 Eskom이 자국 내에 건설하고 있는 고온·모듈형 가스 원자로(Pebble-Bed High Temperature Modular Reactor, PBMR)는 2005년의 상업 운전을 목표로 설계가 진행, 완료중에 있다.

110MWe 규모의 작은 가스로로 건설에 필요한 기간을 3년 이내로 하고 모듈화와 표준화를 통해서 경제성을 제고시키려 하고 있다.

개발 비용으로는 850억원(7천2백만달러)을 계상하고 있고 첫 호기의 건설비로 1,200억원, 다음 호기의 건설비로는 1,100억원 정도가 될 것으로 추산하고 있다.

이 경우에 1.6cents/kWh 정도의 발전 원가를 예측할 수 있어서

소규모의 가스터빈/열병합 발전소와도 경쟁력이 있을 것으로 기대하고 있다.

그 외에도 이 원자로는 해수를 담수화하거나 지역 난방, 산업 공정에서 열공급원으로도 이용할 수 있어서 발전으로만 한정되었던 원자로의 활용 범위를 넓혀 상대적 경제적 이득을 추구하도록 하고 있다.

미국의 MIT에서도 같은 목적의 소형 가스로를 설계하고 있다. 남아공의 가스로서가 가스 터빈을 사용하는 직접 발전 방식을 사용하고 있는 반면에 MIT의 설계는 중간에 열교환기를 사용하고 있는 간접 발전 방식을 사용하고 있는 것이 조금 다른 점이다. 그 외에는 출력이나 경제성, 건설 기간 등이 남아공의 HTR 프로젝트와 매우 유사하다.

고온가스로에 대한 관심은 독일·일본·중국 등이 매우 높은 관심을 가지고 있고 현재도 가스를 운영중에 있다.

상당히 많은 원자력 전문가들은 현재의 상황에서 별다른 기술 개발 없이, 그리고 안전성과 경제성을 크게 향상시키면서 신개념의 원자로서가 요구하는 대부분의 사항을 만족시킬 수 있는 미래 원자로서의 모형은 고온가스로가 가장 적합한 것으로 전망하고 있다.

이러한 이유 때문에 남아공은 자국 내에 건설하고 있는 고온가스로가 건설되어 안전성과 경제성이 실

증될 경우에는 1년에 20기 이상을 해외에 수출할 수 있기를 기대하고 있다.

종합 결론
우리의 제4세대 원전 또는
미래 원전 개발의 방향

지금 미국이 주축이 되고 국제적인 협력을 통해서 추진하고 있는 제4세대 원전 개발은 미국이 21세기에서도 원자력 에너지를 계속 활용하고, 상업적인 원자력 발전 시장에서 예전과 같이 미국의 기술적 우위성을 다시 소생시키기 위한 전위대적인 방안이라고 볼 수 있다.

그리고 우리는 근 40년만에 미국의 영토 내에서 새롭게 원전 건설을 추진하려는 미국 정부의 입장이, 건설하려고 하는 원전이 예전과 같은 허약한 모습이 아니고 21세기의 개념에 알맞은 새롭고 튼튼하며 핵확산에 대해서도 안심할 수 있는 매력적인 모습의 원전이어야 한다는 국민적 요구를 우선적으로 충족시켜야 한다는 필연적인 당위성을 지니고 있다는 것도 이해 할 수 있다.

그러나 이러한 에너지부의 프로그램은 기본적으로 먼저 대학과 연구소의 연구비 확보와 연구 과제의 발굴에 많은 비중을 두고 있음도 알 수 있다.

따라서 현재 미국의 에너지부가 추진하고 있는 제4세대 원전 개발

은 그 개념이 아직 구체화되어 있지 못하고 현실적이지 못하므로 몇 년 이내에 전력 회사가 건설할 수 있는 실체적 개념이 아니고 2020년 이후에 바람직한 원전을 건설하기 위한 방향을 설정하기 위해서 초보적이고 이상적인 개념을 먼저 정립하고 있는 것으로 보인다.

미국 및 다른 외국의 전력 산업체가 개발하고 있는 새로운 개념의 미래 원전을 보면 그 형태는 미국 에너지부의 제4세대 원전 개발 프로그램보다 좀 더 현실적이고 상업 운전의 목표 연도도 10년 이내에 있어서 현실성이 훨씬 많아 보인다.

남아공과 미국 MIT에서 설계·건설 예정인 HTR이 그렇고 미국의 Westinghouse를 주축으로 추진하고 있는 IRIS나 다른 신형 원전의 개념이 그렇다.

그러나 이 미래 원전의 개념은 현실성을 중시함으로써 미국의 에너지부가 추진하고 있는 제4세대 원전의 이상적 개념과는 많은 분야에서 그 내용이 상치되고 있다.

따라서 금년 10월 정도에 윤곽을 나타낼 것으로 예상되는 미국 에너지부의 제4세대 원전 개발 Road Map이 산업계와 서로 상치된 이러한 개념들을 상호 어떻게 조화시켜 나갈 것인지 대한 명확한 해답을 제시해 줄 것으로 보인다.

제4세대 원전이나 산업체의 미래 원전은 모두 공통적으로 표준화되

고 모듈형이며, 중·소형(50MWe ~ 150MWe)으로 수동적(Passive) 안전 개념을 채택하고, 장주기 핵연료와 핵확산에 저항성이 큰 핵연료를 사용하면서, 경제적으로는 가스 터빈에 의한 발전 단가와 경쟁할 수 있도록 하는 것을 기본 개념으로 삼고 있다.

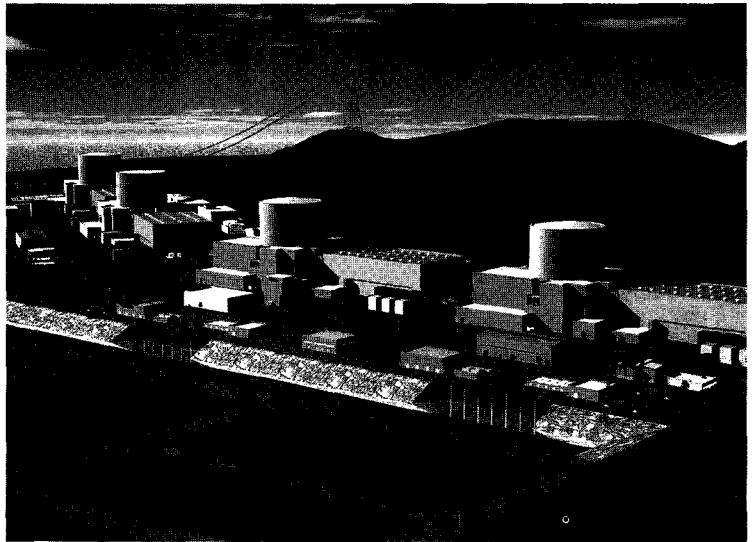
이러한 소규모의 원전은 대개 건설 기간이 3년 이내이므로 원전 건설 프로젝트의 경제성이 확실하게 예측 가능하고 투명하게 보일 수 있어 규제 기관과의 적절한 협력만 모색된다면 실제로 큰 부담 없이 성공적으로 원전이 건설될 수 있다는 데에 또 다른 장점이 있다.

제4세대의 원전이나 미래 원전의 개념은 현재 우리가 추진하고 있는 차세대 원전과는 여러 부분에서 그 개념이 매우 다를 수 있다.

우선 용량이 차세대 원전은 1,400MWe로 매우 크고 핵연료 주기 개념도 전통적인 개념을 사용하고 있다.

이런 대용량의 원전은 전력 수요가 많은 선진국이나 신흥 공업국에서만 건설될 수 있다.

따라서 만일 2010년을 넘어 가면서 개발 도상국들을 포함해서 전세계적으로 모든 국가에서의 원전 건설 추이가 제4세대 원전과 같은 중·소형 원전 건설의 개념으로 변환된다고 가정한다면 우리는 원자력 발전로의 수입국으로 또 한번 전



우리 나라에서 개발중인 차세대 원전 조감도. 지금 미국이 주축이 되고 국제적인 협력을 통해서 추진하고 있는 제4세대 원전 개발은 미국이 21세기에서도 원자력 에너지를 계속 활용하고, 상업적인 원자력 발전 시장에서 예전과 같이 미국의 기술적 우위성을 다시 소생시키기 위한 전위대적인 방안이라고 볼 수 있다.

락할 가능성도 배제할 수 없다.

특히 기존 원전에서 발생하는 플루토늄과 이에 따른 핵확산을 상호 결부시켜 기존 원전 건설을 정치적으로 억제하게 된다면 이러한 우려는 더 현실화 될 수 있을 것이다.

이러한 위험을 방지하기 위해서는 물론 현재 미국을 중심으로 추진하고 있는 이러한 제4세대 또는 미래 원전 개발 프로젝트에 어떠한 방법으로도 우리가 참여해서 새로운 원전 기술 개발에 동참해야 한다고 생각된다.

매우 다행스럽게도 한국원자력연구소는 Westinghouse가 개발하고 있는 IRIS와 개념이 유사한 소형 원자로 개발(SMART Project)을 추

진하고 있고, 이와 연관해서 IAEA의 담수화를 위한 원자로 개발도 주관하고 있기 때문에 제4세대 또는 미래 원전을 개발하고 있는 적절한 외국 기관과의 공동 협력을 모색한다면 기술적으로나 재정적으로 큰 문제는 없을 것으로 생각된다.

물론 이러한 측면에서 새로운 원자력 연구 방향이 정립된다면 지금 수립되어 운용하고 있는 원자력 중장기 연구 개발 방향도 재정립되어야 할 것은 자명한 이치이다.

그리고 개혁의 파도에 잠수해 있는 국내 원자력 산업계의 미래 원자력 중흥을 위한 효율적인 연구/개발 협력 방안도 새롭게 모색되어야 할 것이다. ☞