

종합 과학의 산물로서 원자력은, 수출
산업화 가능성, 신소재 및 기자재 산업
발전애의 파급 효과 및 핵융합, 가속기,
레이저 등 기초 과학 기술 연구의 촉진
효과를 기대할 뿐만아니라,
대외적으로는 국가 위상 제고에 여하며,
대북 경수로 사업을 통해 남북간 평화
정착에도 결정적인 공헌을 하리라
기대된다.

국가발전과 원자력



서균열 교수
서울대학교
원자핵공학과

원자력 이야기

“우리가 미지의 것에 대해 막무가내로 백안시하는 것은 위험하면서도 심각한 만용이며, 또 한편 어리석은 무모함이다.” 프랑스의 철인 몽테뉴의 <수상록>에 나오는 이 한편의 구절은 과학 정보 혁명을 예고하는 21세기의 길목에 선 오늘날 원자력이 당면한 최우선 과제를 단적으로 표현하고 있는 듯하다. 오늘과 내일 온 인류의 복지 향상을 위해 필수적인 지구촌 에너지 공급에 있어 평화적 목적의 원자력이 지대한 역할을 해야 한다는 당위성을 역설하고자 함에 앞서 다루어야 할 문제는 원자력 혹은 핵에너지는 일반인들에게는 막연하면서도 위험하고 또 한편 두려운 존재로 투영되어 있다는 것이다. 요즘 기술선진국가들은 특히 기후협약과 관련해 범국가적인 에너지 정책의 재수립 필요성을 서로 인정하면서도, 유독 원자력에 대해서는 그 필요성과 당위성을 간과하고 있는 듯 하다. 이러한 이면에는 대체로 원자력 사고와 방사능 누출, 방사성 핵폐기

물 처분, 핵전쟁의 위험 등을 그 이유로 들 수 있다. 따라서 여기에 바로 민주주의 원칙 하에 일반국민과 관련 전문가, 정책안자간에 건설적인 의견 수렴의 장이 필요한 것이다. 다시 말해, 원자력 문제가 여러 각도에서 지극히 공정하고 객관적으로 조명되어야 함에도 불구하고, 그간의 국내외 사례를 보면 어느 한편의 근거 희박한 일방적인 목소리에 밀려 경우에 따라서는 국가적 에너지 정책 자체가 표류하게 되는 것을 보게 된다. 원자력 기술의 발전과 인간 삶의 질 향상, 우리가 숨쉬고 살아가는 환경의 보존 등에 대해 눈앞의 집단적 이익보다는 공동의 선을 목표로 상호 의견 조율을 위한 건설적인 논쟁이 어느 때보다도 필요한 것이다. 민주주의는 또한 국민 공동체의 훈련과 교육 과정이기도 하기 때문이다.

1905년 아인슈타인에 의해 제안된 유명한 공식, $E=mc^2$,에 따라 인간은 질량 그 자체가 곧 에너지임을 간파하게 되었고, 이는 20세기 최대 과학기술 산물의 하나인 원자력의 태동을 의미했다. 이후 원자력의 기저를 이루는 큰 발견들이 1930년대에 이루어지게 되었다. 세계 2차대전의 발발과 더불어 인간은 우라늄 원자핵이 중성자라는 아주 작은 입자와 부딪힘으로 말미암아 분열을 하게 되고, 이는 엄청난 양의 에너지를 방출한다는 사실을 목격하고 경악해했다. 이 엄청난 에너지의 양을 비교하자면, 1개의 핵분열 반응에서 방출되는 열량은 1개의 탄소 원자와 2개의 산소 원자가 결합하여 이산화탄소를 형성하는 화학반응에서 나오는 열량의 2000만배에 상당한다. 이러한 원자력은 불행한 군사 목적으로의 첫 번째 등장에서 점차 평화적 목적의 상용 전기 생산에 이용되면서, 1950년대에

무진장한 꿈의 에너지로 새로 태어나게 되었고, 70년대 석유파동과 TMI 원전사고, 80년대 Chernobyl 원전사고 등 부침을 겪으며 오늘날에 이르게 되었다.

국내 원자력 현황

1998년 10월말 현재 국내에는 13기의 원자력발전소가 상업운전 중이고 5기가 추가로 건설 중이며, 1997년 기준 국내 전력 수요의 약 35%를 담당하며 원자력은 중추적인 전력원으로서의 역할을 수행하고 있다. 우리나라에서 원자력은 화석연료에 비해 공급이 안정된 기술 집약적인 준국산 에너지이다. 식량, 식수와 아울러 에너지의 안정적 확보는 21세기 국가 안보에 절대적인 요소 중 하나이다. 원자력은 부존 자원보다 고도의 집약적 공학 기술에 의존하는 에너지로서, 국내 원자력발전소 설계 및 건설 기술은 바야흐로 자립 단계에 접어들고 있다. 또한 세계 최고수준의 원전 건설·운영 실적을 보유한 모범적 원전 운영국으로서의 입지를 확보하였다. 원자력은 석탄, 석유, 천연가스 등 화력발전에 비해 발전원가 중에서 외자가 차지하는 비중이 크게 낮은 에너지로서 국내 원전이 2년 이상 사용할 수 있는 핵연료의 비축으로 공급의 안정성이 확보되어 있다. 따라서 점진적으로 화석연료 발전의 대규모 대체가 가능하며, 상업 발전의 경제성 또한 실증되었다.

원자력은 한편으로 환경 친화적 에너지로서, 원자력 발전은 기후변화협약의 감축 대상인 온실 가스를 배출하지 않으며, 화학적 공해 물질을 생산하지 않는 청정 에너지원이기도 하다. 종합 과학의 산물로서 원자력은 제반 산업 발전 및 과학기술의

진흥에도 기여하며, 수출 산업화 가능성, 신소재 및 기저재 산업 발전에의 파급 효과 및 핵융합, 가속기, 레이저 등 기초 과학 기술 연구의 촉진 효과를 기대할 수 있다. 원자력은 또한 방사선 및 방사성동위원소의 의료분야 이용에 의한 국민 복지 증진에 일조하고, 대외적으로는 국가 위상 제고에 여하며, 대북 경수로 사업을 통해 남북간 평화 정착에도 결정적인 공헌을 하리라 기대된다.

한편으로, 국내 기술과 인력에 의한 원전의 설계·건설·운영으로 고용 안정에 기여하고, 발전 이외에도 열공급, 해저 탐사, 선박 및 우주선용 등으로 활용 범위의 확대를 기대할 수 있다.

우리나라는 대규모 공기업 중심의 원자력 산업 체계를 유지하여 역할분담 체계가 확립되었으나, 핵심 분야의 민간 및 중소기업 등의 참여는 현재로서 미흡한 편이다.

1992년부터는 국가 원자력연구개발 중·장기계획을 통한 기술 개발에 착수하여, 정부주도 과제와 산업체주도 과제로 구분하여 수행 중에 있다. 현재 국내 원자력계가 안고있는 주요 문제점 및 당면 과제로는 서두에서 언급하였듯이 원자력에 대한 국민의 이해 증진 및 국민 합의 도출의 필요성이 무엇보다 절실하다는 것이다. 또한 원자력 기술의 도약 및 수출 산업화를 위해서는 보다 효율적인 산업 체제의 구축 및 획기적인 생산성 향상이 그 어느 때보다 요구되고 있다. 발전 부문 이외에도 원자력산업의 지속적인 추진을 위해서는 방사성폐기물 부지 확보가 또한 시급한 현안 문제로 떠오르고 있다.

21세기 원자력 전망

21세기 인류가 당면하게 될 화석연료의 고갈, 식량 및 물의 전쟁 등에 대비하여 원자력은 지구촌 전체의 중요한 에너지원으로 다시 떠오를 전망이다. 특히 우리나라는 지금 계속되고 있는 국제통화기금(IMF) 경제 어려움이 앞으로 상당 기간 동안 이어질 전망이고, 이에 따라 경제성장률 둔화, 고금리 유지, 물가고 등 고통을 감수해야할 것이다. 이러한 고통을 극복해 경제주권을 회복하기 위하여 우리는 다방면에 걸쳐 많은 노력을 해야 할 것이지만, 그중에서도 전적으로 외회 지출에 의존하는 에너지의 사용에 대해 각별한 관심을 가질 필요가 있다. 정부는 IMF와 기후변화협약에 대응하여 에너지 절약 및 이용효율 향상 시책을 중점과제로 설정하고, 해외 에너지 자원 개발 등을 통한 에너지 수급 안정 기반 구축, 에너지 산업의 경쟁력 강화, 환경 친화적 에너지 수급 체계 구축 등을 추진하고 있다. 그러나, 에너지 절약이나 이용효율 향상은 우리나라와 같이 부존자원이 거의 없는 국가에서는 근본적인 대책이 될 수 없다. 따라서 전술한바 기술 집약적이며 환경친화적 산업으로 지속적인 발전과 원자력에 의한 삶의 질을 향상시킬 수 있음을 전망할 수 있다.

현재로서는 태양열, 지열, 수력 및 조력 등 대체 에너지도 연구가 진행 중에 있지만 이들 또한 나름대로의 한계를 갖고 있다. 따라서 차선 에너지인 원자력의 이용이 상당 기간 동안 불가피한 실정이다.

상기와 같이 원자력의 이용이 필수적인 것으로 인식되지만 1979년과 1986년에 발생한 TMI와 Chernobyl 원전의 대형 사고 이후 원전의 안전성과 관리가 문제시되고, 그후 이로 인해 규제 강화와 원전산업의 침체를 초래하게 되었다. 이들 사고 이후

원자력계에서는 원자로냉각수 고갈 및 상시 노심에 충전된 핵연료의 용융 가능성을 심각히 재고하게 되었으며, 이러한 소위 중대사고를 안전성 문제에서 중요한 요소의 하나로 고려하게 되었다. 그리하여 우리나라에서도 확률론적안전성분석(PSA) 방법 등을 이용하여 신규 원전뿐만 아니라 기존 원전에 대해서도 개별발전소평가(IPE) 작업을 진행하여 안전성을 재평가하고 있다. 또한 원자로심 용융을 유발할 수 있는 중대사고가 격납건물내로 진행되기 전에 원자로내에서 종결시키기 위한 자연냉각현상(SONATA)과 공학냉각설비(COASIS)에 대한 연구를 수행하여 국내 고유의 종합적 사고관리전략 개발에 총력을 기울이고 있다.

또한 우리나라를 비롯 세계 각국은 계속 증가하는 원전 수에 따라 향후 사고의 가능성을 기존의 원전보다 혁신적으로 줄일 수 있는 새로운 개념의 피동형 원자로 개발을 시도하고 있다. 피동형 안전로는 원자로의 기본적인 안전성 확보 기능을 달성시키기 위한 수단으로, 동적기거나 인간판단에 의존하는 비율을 극소화시키고, 원자로의 동특성, 중력, 열용량 등의 자연법칙을 기초로 한 피동적 안전기능에 의존하는 개념을 채택하고 있다. 이러한 피동형 안전로는 안전확보를 피동적 수단에 의존하는 특성상 원자로 압력용기나 격납용기의 크기에 제한이 있고 대용량 발전에는 부적합하므로 중소형로를 대상으로 개발을 추진하고 있다.

보다 궁극적인 21세기 원자력으로는 우라늄 사용을 극대화하여 우라늄 의존 수명을 확장할 수 있는 액체금속고속로와 우라늄으로부터 탈피하여 거의 무한의 자원인 바닷물에서 추출 가능한 중수소와 삼중수

원자력경제, 보건물리,
원자로화학 및 화학, 방사선의학
등 다양한 분야의 교육을 통해
국내 원자력산업에 필요한
전문인력을 양성해야 하고, 또한
국내 원자력기술의 고도화를 위해
전문분야별로 활발한 연구를
동시에 수행하여야 할 것이다.

소를 사용하는 핵융합로, 방사선 응용 등 비발전분야에의 이용을 들 수 있다.

원자력공학 교육과 기초연구

21세기 지식기반형 경제사회의 도래에 즈음하여 공학교육은 무엇보다도 지식과 기술을 창안하여 연구계를 이끌며, 기술을 산업화하고 산업을 경영하며, 복합적 사회 문제를 공학적 사고로 해결할 수 있는 인력을 양성해야 한다. 이러한 교육목표를 실천하기 위하여 기존의 교양·전공의 단 순계층형 교육체계를 지양하고, 엔지니어로서 필요한 전공기반교육과 기본소양교육을 제공한 후, 이러한 바탕 위에 전공심화교육을 실시하는 새로운 교육체계를 도입해야 할 것이다. 전공심화교육은 산업과 사회의 지도자 육성을 목표로 연구·산업·사회지향으로 구분함으로써 장차 전문연구자, 전문기술자 및 산업경영자, 정책결정자로서 성장하여 국가민족의 생존번영과

합리적 선진사회 건설에 기여할 수 있도록 해야 할 것이다. 이같은 교육혁신을 실현하기 위해서는 먼저 시대적 환경변화를 수용할 수 있는 새로운 교육문화의 창출이 필요하고, 교수들의 변화·변모 의지와 학생들의 능동적·진취적 학구자세, 정부 차원의 지원과 협조가 필수적이다.

원자력공학은 종합과학기술이므로 대학에서 원자력 전문인력을 양성하기 위해서 교육하고 연구해야 할 분야가 매우 다양하고 광범위하다. 예를 들면 기존의 핵물리, 원자로이론, 원자력발전공학, 핵주기분석, 방사선공학, 핵융합, 플라즈마 이론 이외에도 열수력, 안전공학, 핵재료공학, 플라즈마 응용, 원자력경제, 보건물리, 원자로 화공 및 화학, 방사선의학 등 다양한 분야

의 교육을 통해 국내 원자력산업에 필요한 전문인력을 양성해야 하고, 또한 국내 원자력기술의 고도화를 위해 전문분야별로 활발한 연구를 동시에 수행하여야 할 것이다. 더욱이 급변하는 국내외 원자력 기술 사회에서 원자력공학 교육의 지속적인 확장, 변모, 발전과 다가오는 21세기 원자력 기술 수출국으로의 도약을 위해서는 기존의 핵분열, 핵융합 발전공학 이외에도 가속기, 핵의학, 생명공학, 환경공학, 원자력 이용의 다변화 등을 포함하는 교과목들의 조정·확대 개편이 절실히 요구되고 있다. 원자력공학 교육 혁신을 위한 기반작업으로 먼저 교육, 연구, 인력, 시설 및 장비별로 발전계획의 기본방향을 설정하여야 하고, 산학연관 전문가들의 의견 수렴 과정

개정	5 학년	공학연구대학원	기술경영대학원	기술정책대학원
	4 학년	연구지향 원자로이론/분석 방사선/의공학	산업지향 원자력발전/제동 핵물리/가속기	사회지향 노제료/화공 핵융합/플라즈마 경제/정책
	3 학년	산업현장실습 복수전공 보건물리 핵계측 원자로공학원론 열전달 핵공학실험 원자로이론 핵물리 플라즈마	전기전자/기계/재료/산업공학 핵공학 열 유체 고체 전지역학 공학수학 핵공학실험	협동성 지도력 논문 작성 의사 소통 정보 처리 경제 사회 교양 인문 예술
	2 학년	공융합문 공학설계 수학 물리학 화학 생물학 전기전자실험	전공기반	기본소양
	1 학년			
현행	4 학년	원자로설계/발전 폐기물/방사선 핵물리/가속기 핵융합/플라즈마		
	3 학년	세부전공 핵계측 열수력학 보건물리 원자로이론 핵물리 플라즈마 핵공학실험		
	2 학년	전기전자실험 공학수학 핵공학개론	체육 사회 문학 역사 외국어 문화 국어 작문 교양	
	1 학년	컴퓨터개론 핵공학기초실험 수학 물리 화학 기초	교양	

그림 1. 학부 교육체계 재구성

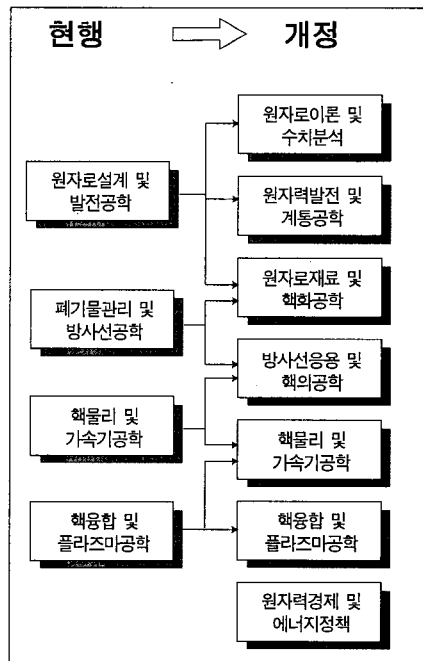


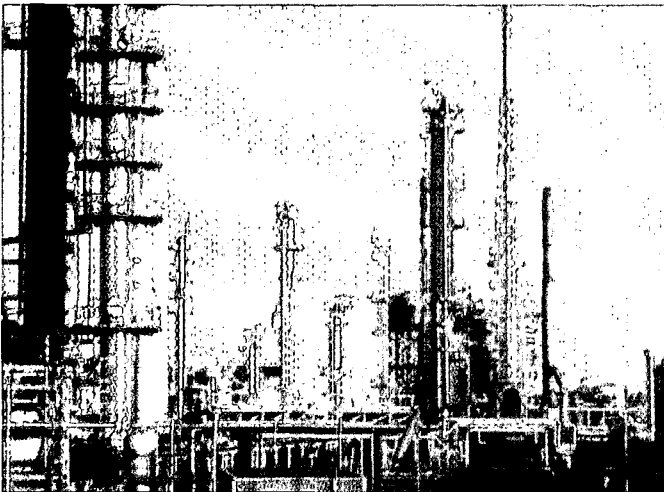
그림 2. 학부 교육과정 전문화 계획

을 거쳐 단기, 중기, 장기적 발전계획을 수립해야 할 것이다.

원자력공학 교육의 발전계획으로서 다음과 같은 방안들을 제시할 수 있다. 먼저 앞서 언급한 기본소양·전공기반·전공심화 체계에 따라 현행 단순 계층형 원자력공학 교육 체계를 재구성하면 그림 1과 같고, 학부 전공심화과정을 제시하면 그림 2와 같다. 교과과정 개혁을 위해 핵공학실험실습을 단계적으로 전문화, 강화하고, 핵공학 공작 및 설계 과목을 신설하며, 기초역학 강좌를 확대 신설하고, 1-3학년의 기본소양·전공기반 과정 위에 4/5학년 전공심화 과정에 세부적 전공과목을 조정, 신설할 필요가 있다. 원자력 기술정보 센터를 구축하여 학부생들이 국내외 원자력계 최신 정보에 접할 수 있는 기회를 제공하고, 다양한 영상 자료를 사용하여 시청각 교육을 강화한다. 산연관 협동과정을 신설하여 학부생들이 현장 실무자들로부터 직접 강의를 듣고 및 실습을 할 수 있는 기회를 단계적으로 확대해 간다. 또한 장기적 시안으로서 제안되고 있고 미국의 우수한 공과

대학 등지에서 오래 전부터 시행되어오고 있는 5년제 학·석사 연속 과정을 신설하여 연구·산업·사회 지향의 전문인력 양성에 주력한다. 아울러 기존의 전문 분야 진출 이외에도, 특히 공학경제 및 경영 과목의 확대 신설을 통해 졸업 후 개인 창업 등에 관한 학생들의 의욕을 고취시킬 필요가 있다. 시설 면에 있어서는 원자력공학 교육에 필수 불가결한 국내 실험용 원자로의 확보가 심각한 해결 과제로 남아 있다. 외국 유명 공과대학들이 하나씩 보유하고 있는 연구용 원자로와 기타 대형 원자력시설물은 단순히 학생 교육 및 훈련의 차원을 넘어 기초 연구 활동에도 크게 기여하는 부대 효과가 있다. 따라서 국가발전 차원에서 대학 연구·실험용 원자로의 건설은 21세기 원자력기술 선진국으로 도약하는 데 견인차 역할을 할 유능한 엔지니어 양성에 지렛대가 될 것이 분명하다. 이러한 기반 위에 21세기 지구촌 에너지 문제를 풀어 헤쳐갈 원자력 고유의 영속적인 미래상을 제시하여 학생들의 자긍심을 고취할 필요가 있다.

대학은 이러한 교육 기능 이외에도 국가 차원의 대형 연구 사업에 기여할 수 있는 여건 조성을 위해 노력해야 할 것이다. 국가적 연구개발사업은 실용화 목적 중심으로 이루어지는 대규모 투자 사업과 기반과학 기술의 전반적 수준 향상을 위한 중·소규모의 모험적 사업이 균형을 이루어야 한다. 그러나 과거의 정책을 보면 시대적 상황에 따라 전자에 치중하면서 후자를 등한시하게 됨에 따라, 창의적인 연구개발사업의 추진이 담보 상태에 머물렀다. 그 결과 각종 첨단연구의 근간을 이루어야 할 대학의 기초연구는 아직도 취약한 상태에 있다.



최근 국가연구개발정책은 국내외 여건 변화에 따라 새로운 국면을 맞이하고 있다. 그 중 가장 중요한 변화는 출연연구소 중심의 연구개발 정책에서 연구소, 기업, 대학이 모두 참여하는 연구개발 체제로의 전환이라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 정책 변화를 수용할 대학은 아직까지 국가 연구개발 사업에 연구소 및 기업과 동등하게 참여하기에는 여러 가지 미비점을 안고 있다. 잠재적 연구개발 자원을 충분히 보유하고 있는 대학이 국가연구개발사업에 적극적으로 참여할 사회적·경제적 동기 부여는 충분하다고 판단되나, 이를 실현하기 위해서는 연구 수행체제 및 품질관리 개선 등 대학이 내부적으로 보완해야 할 현안이 있다. 외부적으로는 외국의 우수한 이공계 대학들처럼 연구를 활성화하기 위해 우수 인력 확보, 기자재 및 시설 지원 등에 있어 국가차원의 장기적이고 일관성 있는 과감한 정책적 뒷받침이 필요하다고 본다. 이러한 대학 연구의 활성화는 연구

중심 대학원 교육의 연장선 상에서 박사후 연수생 및 연구원의 창의적 기초연구에 지속적인 참여를 유도함으로써 국책 연구소나 산업체 연구소의 대형 연구개발 사업을 상호 보완하여 균형 있는 과학기술 기반 축성에 공헌하리라 기대된다.

결론적으로 눈앞에 다가온 21세기의 도전에 대응하여 안정적인 국가발전을 위해서는 원자력을 주종 전력원으로서 확대 이용하고, 나아가서 고부가가치 수출산업으로 육성하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 무엇보다 정부의 지속적이고 일관성 있는 관심과 확고한 의지 표명이 중요하다. 더불어 원자력 산업·연구계는 겸허한 자세로 집단 이익보다 공동의 선을 목표로 추구하고 서로를 메꾸며, 대학의 연구실은 불이 꺼지지 않을 때, 진정 원자력은 불사조처럼 제3의 불로써 온 누리를 밝히게 될 것이다.

