

원자력 기술과 향후 전망



Luis Echavarri
OECD/NEA 사무총장

개 회세션 의장님, 그리고 원자력계 동료 및 신사 숙녀 여러분!

OECD/NEA가 공동으로 후원하는 중요한 국제행사인 원자력산업 국제회의(ICAPP 05) 개최세션에 참가하게 된 것을 기쁘게 생각한다.

이번 ICAPP 국제회의 주제별 기술세션에는 최근 시운전되었거나 현재 건설중 또는 앞으로 건설예정인 신형원전의 여러 가지 기술적, 경제적인 관점에 대한 다양한 논문을 포함하고 있다.

이러한 주제별 세션의 배경으로써 오늘 저는 여러분과 함께 원자력의 기술, 경제적인 실적개선과 향후 발전에 관한 전망을 포함하여 원자력기술의 지속적인 발전에 관해 원자력기구(NEA)가 수행한 연구결과로부터 나온 몇가지 관점에 대해 의견을 나누고자 한다.

폭 넓은 주요 현안을 다루면서 최

근 원자력이 직면한 도전과 기회에 대해 초점을 두고자 한다. 이와 관련하여 현재의 원자력발전이 지난 수십년의 경험 피드백을 통해 현대 사회의 요건을 대부분 만족시키는데 성공했다는 점을 주목하는 것이 중요하다.

현재 원자력발전은 전 세계 30여 개국에서 안전하고 환경친화적이며 경제적인 전력공급에 기여하고 있다. 원자력발전은 OECD회원국에서 소비되는 전력의 약 1/4를 공급하고 있으며 전 세계적으로 보면 전력수요의 약 16%를 공급하고 있다.

그러나 기술발전은 지속적인 과정이며 미래사회의 경제적, 사회적 요건을 만족시키기 위한 수단으로 원자력이 채택되기 위해 원자력의 실제적인 발전이 이루어져야 한다. 이와 관련하여 이번 기조강연의 마지막 부분에서 제4세대 원자로개발 지원을 위한 연구개발(R&D) 프로

그램에 대해 언급할 예정이다.

정책 결정 조망

기술발전에 대해 말씀드리기 전에 에너지 분야, 특히 원자력분야의 정책결정 과정에서의 의미 있는 변화에 대해 생각해보고자 한다.

비규제 시장에서의 경제적 경쟁력은 필수불가결한 것이고, 사회적, 환경적 관점을 포함한 지속가능한 개발목표는 폭넓게 인식되고 있다. 그것은 에너지 공급안보와 환경오염 저감문제가 각국 정부와 산업계가 향후 에너지믹스에 포함되어야 할 기술 옵션을 정하는 다양한 분석기준에 포함되어 있다는 것을 의미한다.

이러한 관계로 많은 정책 결정자들은 원자력이 21세기 지속가능한 에너지믹스에서 중요한 역할을 가지고 있다고 생각하고 있다. 비록

OECD 회원국들이 원자력 사용 정책에 대하여 서로 다른 입장을 가지고 있으나 원자력의 장점은 1990년대 후반보다 빠르게 최고 의사결정 수준에서 인식되고 있다.

원자력에 대한 정책 결정자들의 새로운 관심은 몇 건의 국제행사에서 나타났다. 지난 2004년 9월 호주 시드니에서 열린 세계에너지회의(WEC ; World Energy Congress)에서 기후변화 우려와 에너지공급 안보문제를 해결하기 위한 원자력의 타당성에 대해 많은 발표와 토의가 있었다.

최근에는 국제원자력기구(IAEA)가 주최하고 프랑스 정부가 주관한 '21세기 원자력에 관한 국제회의'가 OECD/NEA 공동후원으로 금년 3월 21과 22일 양일간에 파리에서 개최된 바 있는데, 여기에는 74개국과 10개 국제기관에서 각국 장관들과 정부 고위관계자 및 전문가들이 참석하여 폭 넓은 의견제시를 통해 증가하는 에너지 수요를 만족하고 기후변화 위험을 경감시키며 에너지 공급의 안정성을 만족시키기 위한 원자력기술에 대한 폭 넓은 지지가 있었는데 특별히 화석연료 자원이 많지 않은 나라에서 많은 지지가 있었다.

정책결정을 위한 상황전개는 아주 중요하고 신규원전 프로젝트 이행을 가속화할 것이다. 그럼에도 불구하고 기존 원전과 연료주기시설

의 운영실적은 미래 원자력 발전에 필연적인 영향을 줄 것이다. 운영 중인 원전의 성과는 원자력 사용 확대와 미래 신형원전 발전에 새로운 길을 개척할 것이다.

기술 발전

1960년대 원전들이 전력망에 연결된 이후 오늘날 30여 개국에서 약 400여 개의 원전이 운영되고 있으며 지난 수 십년 동안 원자력 발전분야의 극적인 기술진보가 이루어졌다. 전 세계적인 원전 운영경험은 약 12,000원자로-년에 이르고 있는데 이 가운데 약 90%는 OECD 회원국들이 운영하는 원전에 의해 달성되었다.

과학적인 연구와 경험 반영을 통해 원자력은 원전 신뢰성 제고, 연료연소도 및 실적 증가, 방사성폐기물 양과 독성 감소, 출력증강과 계속운전분야에서 폭 넓은 기술발전 성과를 나타냈다.

신뢰도와 관련해서 산업계의 최근 통계는 1997년 이래 7000시간당 비계획자동정지 횟수가 1990년의 2건에서 전 세계 420개 원전 이상을 대상으로 한 2002년과 2003년에는 0.7건으로 떨어졌으며 원전 평균이용률도 90년대 초 75% 미만에서 2000년 초에는 80% 이상의 실적을 보이고 있다. 한국을 포함한 몇몇 OECD 회원국에서는 이 지표

가 최근 90%를 초과하고 있다.

기술발전으로 인해 원전운영자는 초기 예정한 운영기간 이상 원전운영을 연장할 수 있게 되었으며 많은 원전이 60년간 운영할 수 있도록 허가를 받았고 계속운전 추세는 원전을 운영하고 있는 대부분의 국가에서 관찰되고 있다. 때때로 발전소 수명관리는 출력증강과 함께 계속운전을 목표로 측정된다. 대부분의 경우 출력증강과 계속운전은 전력생산에서 아주 경제적인 방법이다.

열효율 개선은 보다 나은 기술적, 경제적 실적에 기여하고 있다. 개량형 신형원전들은 이미 이러한 관점에서 성과를 보이고 있으며 분명히 고온원자로분야에서 중요한 진전을 이룰 것이다.

연료주기시설에서 기술발전은 고연소도 달성을 가능하게 할 뿐만 아니라 연료봉과 집합체의 신뢰성을 향상시킬 것이다. 고연소도는 천연자원 활용의 효율성을 증가시키고 발전소 연료재장전 일정관리에 추가적인 유연성을 제공할 것이다.

원전과 연료주기시설들의 뛰어난 안전실적은 엄격한 안전문화 이행뿐만 아니라 기술발전으로 인해 이루어졌다. 이 점에 대하여 국제원자력기구(IAEA) 및 OECD/NEA와 같은 국제기관들이 이러한 체계를 가속화시키고 있음을 주목해야 한다.

지속적인 기술발전과 우수한 관



리경험은 원자력이 인류보건과 환경에 주는 영향을 극소화시켰다. 예를 들면 1992년에 NEA가 시행하고 IAEA가 후원한 종사자피폭정보 시스템(ISOE)의 결과물들은 원전 운영 절차 향상뿐만 아니라 수확화 관리 및 발전소 설계 개선을 통해 1990년대 초 이래 원전과 연료주기 시설에서 종사자의 피폭을 감소시키는 데 기여했다는 것을 보여주었다.

경제적 실적

비규제 전력시장에서 기존 원전의 경제성은 많은 국가에서 증명되어왔고 더 이상 논란의 대상이 아니다. 낮고 안정적인 발전단가와 높은 신뢰성으로 인해 원자력발전은 경쟁시장에서 기저부하용으로 흔히 가장 비용이 낮은 옵션이다.

게다가 시장경쟁은 원자력발전 운영자가 효율성을 증가시키고 운영비용을 감소시키는 요인이 되고 있다. 이러한 경향은 미국에서 증명되고 있는데 지난 20년간 발전단가가 평균 50% 감소되었다고 미국 원전 운영사들이 보고하고 있다.

원자력발전소의 건설을 위해서 막대한 자본투자가 필요하다는 점을 고려하여 설계자들은 투자비를 감소시키기 위한 노력을 추구해왔다. 이번 원자력산업 국제회의가 집중적으로 다룰 예정인 개량형 신형

원전은 재정적인 위험도를 낮추고 건설기간동안 이자를 줄이기 위해 건설기간과 비용을 감소시키기 위한 여러 가지 발전소 설계개념을 도입하고 있다.

설계 개선, 피동형 안전설비, 모듈화기법 도입, 그리고 대형기기의 공장제작 의존도를 확대하는 것도 플랜트 제작사가 투자비를 감소시키기 위해 수행하는 방법의 하나이다.

신형원전의 경쟁력 확보 노력은 NEA와 국제에너지기구(IEA)가 수행하여 최근 발간한 전력생산 비용 전망에 관한 연구결과가 조명하고 있는 것처럼 최근의 추세이다.

이번 연구의 주요 결과에 대한 논문발표가 오늘 오후에 예정되어 있으므로 동 연구의 체계에 대해 자세한 사항은 언급하지 않을 것이나 결과를 간단히 보면 2010~2015년에 운영될 신규원전을 고려하고 있는 국가에서 원자력이 생산한 전력은 할인율 5%에서 장소를 불문하고 가장 싸고, 10% 할인율에서는 몇몇 국가에서 경쟁력이 있는 것으로 나타났다.

게다가 지속가능한 발전정책을 이행하는 가운데 각국 정부는 외부비용을 내부화하기 위한 수단을 고려하고 있다. 상품과 서비스의 소비자보다는 사회적 비용이 시장메카니즘의 효율적 운영을 방해할 뿐만 아니라 그릇된 비용영향으로 결국

경제적이고 사회·환경적 최적화를 방해하는 요소로 작용한다.

원자력이 생산한 전력의 경우 시설해체와 방사성폐기물 관리 및 처분비용이 발전비용에 포함되어 있다. 따라서 원자력의 경우 외부비용이 적고 비용내재화가 원자력발전의 경쟁력에 영향을 주지 않는다. 그러나 화석연료 발전비용은 이산화탄소 배출비용을 포함시키면 피할 수 없이 증가할 것이다.

공급 불안정과 관련한 외부비용을 정확하게 평가하는 것은 어려우나 에너지와 전력공급 안보는 정책결정자에게, 특히 OECD 회원국의 정책결정자에게는 가장 우선적인 안전이다.

최근 국제에너지기구가 발표한 세계 에너지 전망에 따르면 각국이 국내 에너지 생산을 증가시킬 정책적 수단없이 OECD 회원국들은 2030년까지 석유공급의 85%와 가스소비량의 40% 이상을 수입할 예정이다. 원자력발전은 이러한 의존도를 경감하는데 중요한 역할을 할 수 있다.

사회 환경적인 관점

원자력 리스크와 일반대중의 수용성에 관한 사회적 인식은 원자력의 향후 발전에서 중요한 요소이다. 이러한 관점에서 증가하는 에너지 수요에 대한 공동인식이 있는 후에



일반대중의 의견 전개에 주목하는 것은 흥미로운 일이다.

확실히 사회는 리스크와 잇점을 전체적인 시야로 평가한다. 기후변화 위협과 에너지공급 안보우려, 그리고 사회발전에 필요한 에너지 수요증가는 대체에너지 공급옵션과 관련하여 사회가 리스크를 인식하는 동적요소이다.

그럼에도 불구하고 원자력에 대한 사회적 우려를 해결하는 것은 원자력과 에너지정책 현안에 책임이 있는 정부기구나 산업계 이해당사자에게 중요한 목표이다. 향후 원자력의 발전을 촉진하기 위해 극복해야 할 사회적인 문제와 장애요소를 조명하기 위해 하나의 예를 들어보

려 한다. 바로 고준위폐기물 처분이다.

기술적으로 고준위폐기물 관리와 처분은 거의 문제제기가 아니다. 전문가들은 모든 형태의 방사성폐기물의 안전한 처분은 보건측면과 환경보호 및 규제측면에서 가능하다는데 동의한다. 게다가 고준위폐기물의 양은 적정비용으로 일정한 지역으로부터 분리할 수 있기에 충분할 정도로 적다.

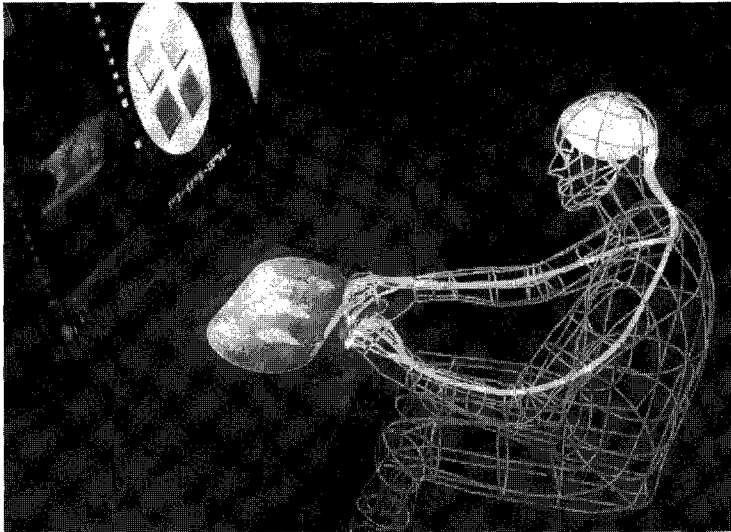
그러나 처분이행은 사회적 이해와 지지를 필요로 하고 있다. 핀란드와 미국 등 일부 OECD회원국에서는 이 분야에서 진전을 보이고 있는데 고준위폐기물 처분장을 운영할 계획인 모든 국가에서 혁신적인

정책을 지속적으로 추진하는 것은 전 세계적인 원자력 르네상스를 위해 필수적이다.

원자력의 사회적 관점에 대한 이야기를 마치기전에 그간 정책 결정자들에 의해서 과소평가 되어온 원자력기술의 장점 한 가지를 강조하고자 한다.

사회적 부요는 단지 국내총생산에만 의존하지 않고 매력적인 직업을 선택할 수 있는 기회에 의존한다. 원자력기술은 우리 사회의 지적자본을 확장시킨다. 원자력분야는 발전소 운전, 규제기관 및 연구개발기구에 종사할 우수인력을 필요로 한다.

이러한 사회적 영향은 아주 중요



가능성을 증명하기 위해 필요한 프로그램과 연구개발을 수행하기 위해 모였다.

GIF 참여 국가의 요청에 의해 NEA는 동 프로젝트의 기술사무국으로서 역할을 수락한 바 있다. 원자력발전 실적을 개선하고 미래 지속가능한 에너지 공급믹스에서 원자력의 역할을 실제적으로 강화하기 위한 기타 국제 및 다자간 협력이 진행중이다.

맺음말

이번 기초강연을 통해 원자력분야가 직면하고 있는 몇 가지 주요한 과제와 현안들에 대해 언급했다. 이번 원자력산업 국제회의는 첨단 기술개발에 대한 많은 정보교류의 기회를 제공할 것이다. 아울러 많은 국가에서 참석한 전문가들 사이에 심층 토론을 통해 혁신연구개발 분야에서 협력을 강화하게 될 것이다.

이번 회의를 통해 얻어진 결론과 성과물들은 높은 관심의 대상이 될 것이고 원자력의 평화적 이용을 위한 지속적인 발전을 지원하게 될 것이다. 이번 국제회의를 공동후원하고 있는 OECD/NEA는 회원국의 국가프로그램을 지원하기 위한 향후 활동에서 이번 회의의 결과물들을 통합하는 노력을 경주할 것이다.



하고 기술적 노하우뿐만 아니라 원자력지식은 향후 원자력발전 프로그램에서 흥미로운 사회적 차원을 구성한다.

미래를 위한 연구개발

현재 운영중이거나 건설중인 원자력시스템은 수 십년 전의 연구와 기술개발을 토대로 설계되었다. 21세기 말에 운영될 원전이나 연료주기시설은 현재 진행중인 연구개발 프로그램에서 나오는 결과에 근간을 둘 것이다.

향후 수 십년 후의 사회경제적 및 환경적 요건을 만족시키는 혁신형 원자력시스템을 구상하고 설계하기 위해 우리는 기초과학에서 기술응용 분야에 이르기까지 폭 넓은 주제에 대한 지속적인 연구개발 프로그램

을 필요로 할 것이다. 이와 같은 노력이 필요함에 따라 각국 정부와 산업계 이해당사자들은 여러 가지 과제를 수행할 것인데 공동연구는 지식과 과거 경험의 공유 및 경비분담을 통해 공동목표를 달성하기 위한 전체의 능력을 향상시킬 것이다.

국제협력은 국가 자원의 가장 효율적인 사용을 통해 과학기술 발전을 증진시키는 매우 강력한 도구이다. 국가간 프로그램을 통해 다국적 문화에서 오는 시너지를 얻을 수 있으며 참여 국가의 다양한 인프라를 폭 넓게 이용할 수 있다.

제4세대 원전포럼은 공동의 목표를 위해 노력을 집중함으로써 국제협력의 강점을 보여주었고 있다. 10개 국가와 1개 기관이 유망한 원자력시스템 선정과 이러한 시스템의