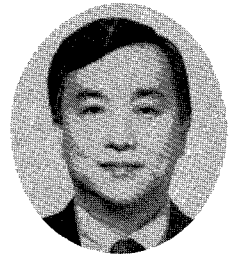


21世紀 韓國의 에너지展望과 原子力開發戰略



鄭 根 謨

(亞洲大學校 碩座教授 ·
에너지問題研究所長)

背 景

1970년대 두 차례의 에너지파동 이후 한국은 원전의 건설, 천연가스의 이용, 수입유연탄화력 발전의 축소 등을 에너지정책의 기조로 채택했다. 1977년도 부터 10년간 석유 의존도는 17.7%가 감소했으며, 이의 82%는 원자력발전으로 인한 것이었다.

1989년 10월 현재 한국에서는 9기, 합계용량 7,616MWe의 원전이 운영되고 있으며, 1987년도에는 총 전력생산의 53.1%를, 88년도에는 46.9%를 점유한 바 있다. 또한 질적인 면에서도 진전을 보여 1984년도 이래 평균부하율은 70% 이상을 유지해 왔으며, 1988년도에는 73%를 기록했다. 월성의 캔두형발전소는 1985년 4월부터 1986년 3월까지 부하율 98.4%를 기록하여 세계 1위를 차지했으며, 웨스팅하우스 가압경수로형인 고리 2호기는 1987년도에 부하율 94%를 기록한 바 있다.

1987년도의 원자력발전 단가는 KWh당 27.41원으로 이는 동기간 석탄화력의 81%, 석유

화력의 24% 해당되는 것이다. 1987년도와 1988년도의 원자력발전은 또한 에너지안보의 증진과 기자재 제작, 설계엔지니어링, 건설, 시험, 검사, 품질보증 등 원전산업의 괄목할 진흥에도 크게 기여했다.

한국의 전력수요는 1980년대들에 매년 평균 9.7%씩, 1988년도에만 16%가 신장되어 왔다. 이러한 전력수요의 급격한 신장은 가까운 장래에 막대한 발전시설용량이 필요할 것임을 시사하고 있는데 자원빈국의 입장으로는 원자력과 석탄화력이 차세기의 안정적인 에너지공급에 적합한 것으로 판단된다.

자원의 편재와 그 궁극적인 유한성으로 인하여 자원내쇼널리즘이 팽배해 있고, 에너지시장은 불확실성을 내재하고 있다. 따라서 많은 국가가 복합에너지정책을 채택하고 있는데 이는 주종에너지개념의 약화와 에너지원간의 상호보완성, 대체성 강화와 비고갈성 에너지기술의 개발로 특징지워질 수가 있다. 비고갈성 에너지기술은 기존의 사회경제여건과 여론과 조화를 이루며 가능한한 빨리 개발되어야 한다. 원자력은 강력한 에너지절약시책과 더불어 한국에서

가장 유망한 비고갈성 에너지로 주목되고 있다.

한국이 원자력프로그램을 착수한 이래 30여년, 그동안 1956년도와 1970년도 사이의 '도입단계', 1970년도와 1987년도 사이의 '실용화단계'를 거쳐서 현저한 기술이전과 경험축적을 달성할 수가 있었다. 지금은 제3단계인 '산업화단계'의 초기단계로서 기술자립 촉진과 국제협력의 강화에 역점이 주어지고 있다. 현재의 원자력에너지정책은 1984년도 즉, '실용화단계'에 수립된 것인데 1984년도 이후 국내외의 사회, 경제, 기술환경은 현저히 변화되었다. 원자력산업계는 새로운 안전요건의 대두로 인해 필요한 기술성 개선에 노력하고 있고 원자력의 안전성과 경제성에 대한 논쟁은 최근들어 더욱 심각해지고 있다. 따라서 기존의 원자력정책에 대한 검토와 새로운 전략의 제시가 시급한데 이러한 새로운 전략은 원자력의 모든 분야를 총망라한 충분한 종합과정을 통해 수립되어 장기적인 목표에 대한 명확한 비전을 제시할 수 있어야 한다.

世界 에너지需給 動向

현재 세계의 에너지수급구조는 크나큰 변화에 직면해 있다. 에너지수요 증가는 둔화되고, 에너지 효율은 증대되고, 석탄과 천연가스 소비는 급격히 증가되고 있다. 공급과잉, 저가격, GDP에의 기여도 감소 등은 현재 세계 에너지시장의 특징이라고 할 수 있다.

공산권 밖의 전력수요는 1970년대 이래로 매년 평균 4%씩 증가되어 왔는데, 동기간 총에너지 수요증가가 20%였던 사실과는 대조를 이룬다. 화석연료는 아직도 전력생산에 가장 큰 비중을 차지하고 있으나, 체르노빌사고 이후 심각한 반원전활동에 직면한 몇몇 국가를 제외하고는 원자력발전의 비중이 점차 증가되고

있다.

산업계에서의 전력사용 증가는 전력생산에 필요한 1차에너지수요 증가를 가속시킬 것이다. 반면에 가정용, 상업용, 산업용 1차에너지의 수요는 다소 완만하게 증가될 것이며, 수송부문에서의 1차에너지 수요는 현재의 수준이 유지될 것으로 전망되고 있다.

韓國의 에너지需給

1차에너지부문 한국의 석유의존도는 1981년도의 58%에서 1988년도에는 47.4%로 감소되었다. 동기간 국산무연탄의 1차에너지 비중은 15.8%로 줄어든 반면 원자력과 수입유연탄의 비중은 각기 13.8%, 17.0%로 증가되었다. 1차에너지 총 공급량은 연평균 6.7%씩 증가되었고 1987년도에는 6,700만TOE를 기록했다. 국산에너지 대 수입에너지 비율은 1981년도 1:2.76에서 1987년도에는 1:1.85로 개선되었다. 향후 연평균 5~6% 경제성장을 가정할 경우 1차에너지 총수요는 2010년도에는 1억 6,600만TOE, 2030년도에는 3억1,600만TOE에 이르고 석유의존도는 1987년도 44%에서 2010년도에는 42.6%로 감소될 것으로 전망된다. 또한 환경문제로 인해서 산업계의 천연가스 수요가 증가될 것이며, 국산무연탄의 수요는 획기적인 기술진보가 없는 한 지속적으로 감소될 것이다.

에너지와 環境

화석에너지의 이용 증대는 환경에 막대한 영향을 초래하고 있다. 특히, 대기중 CO₂의 축적으로 인한 온실효과는 가장 심각한 문제로 간주되고 있다. 환경은 일단 훼손되면 복구가 매우 어렵거나 거의 불가능하다. 따라서 장기에너지정책의 수립에서는 에너지수급 측면과 아울러

러 환경영향을 고려해야만 한다. 이점은 특히 장기전원개발계획 수립에 있어서 중요한데, 이는 향후 1차에너지의 대부분이 전력생산에 이용될 것이기 때문이다.

CO₂, SO_x, NO_x, CFC의 대기배출로 인한 환경문제는 1980년대 초반 이래 국제적인 관심이 집중되었고, 선진국과 국제기구의 주도하에 몇몇 해결방안이 제시되기도 했다.

한국의 경우 석탄이용은 대기오염의 주원인이 되고 있는데 전체 CO₂ 배출의 55%, SO_x배출의 25%, NO_x배출의 45%, 석탄이용에 의한 것이다. 기존의 장기전원개발 계획에 의하면 2001년도 석탄화력발전소 시설용량은 현재의 4배, 반면에 원자력발전소 시설용량은 현재의 2배가 될 것이고, 석탄화력발전점유율은 1988년도의 19.6%에서 37.6%로 증가될 것이다. 이 경우 CO₂와 SO_x의 배출은 현재 석탄화력발전소 배출 기준으로 볼때 현재의 3배, NO_x의 배출은 현재의 2배, 분진의 배출은 현재의 4배가 될 것이다.

이러한 환경영향을 고려할 때 한국에서의 원자력은 석탄화력에 비해 확실한 이점을 지니고 있다. 또한 발전소부지 측면에서도 원자력이 선호되고는 있으나 안전성 확보, 방사성폐기물 관리와 병행하여 대중기반을 늘리는 것이 중요하다.

電源開發計劃과 原電建設

2001년도까지 전력수요는 최소한 매년 6%씩 증가될 것으로 예측되고 있다. 다시 말해서 전력판매량이 1988년도 74,318GWh로 부터 2001년도에는 158,808GWh로 증가될 것이다. 동기간에 첨두수요는 13,658MW로부터 29,178MW로 증가될 것이다. 2030년도의 전력수요는 저성장시나리오의 경우 380,258GWh, 고성장시나리오의 경우 541,399GWh가 될 것으로

예측되고 있다.

전원개발계획에서는 국가경제 측면의 효율, 전력회사 입장에서의 최적투자, 각 발전원의 기술특성, 전력계통특성, 연료공급 안정성, 환경보호, 부지선정, 기타 관련 국가정책들이 고려되어야만 한다.

현재 한국에서의 전원개발계획에는 WASP 모델이 사용되고 있다. WASP는 계획기간중 총 발전단가의 최소화를 이룰 수 있는 최적의 발전원조합을 선택해 내기 때문에 어떤 특정 발전원에의 불합리한 과도의존을 초래한다. 다시 말해서 에너지원의 다양화 등 사회, 경제, 정치적인 요소들을 무시하고 있기 때문에 불확실성하의 장기전원개발 수립에 있어서 신축성을 줄 수가 없다. 즉, WASP 입력자료의 불확실성과 오차가 잘 규명되어 있지가 아니하고, 국내 데이터베이스의 취약이 문제를 더욱 복잡하게 하고 있다. 이러한 사유로 인해서 새로운 전원개발계획모델의 개발, 활용과 관련 데이터베이스의 구축이 필요하다.

이러한 WASP의 취약점으로 인해 WASP는 단기계획 수립 이외에는 부적절한 바, 입력자료의 불확실성을 보상할 수 있는 top-down 방식의 접근방법이 장기전원개발계획에 고려되어야 한다. top-down 방식에서는 우선 에너지원별 배분비율이 결정되고, 다음에 상세계획이 도출된다. top-down 방식은 모든 미래의 가능성을 반영하기 때문에 더욱 안정적이고 신뢰성있는 전략이 개발될 수가 있다.

여러가지 방법들을 사용하여 최적 에너지원 배분비율을 연구했는데, 계통경제성 분석결과로는 원자력, 석탄, 기타의 배분비율이 40 : 40 : 20이었고, 전력계통 안정성 분석결과로는 원자력 비율을 45%까지 허용하고 있으며, 설문조사(델파이방법)의 경우 응답자의 63%가 원자력 비율이 최소한 35%가 되어야 하는 것으로 보고 있다.

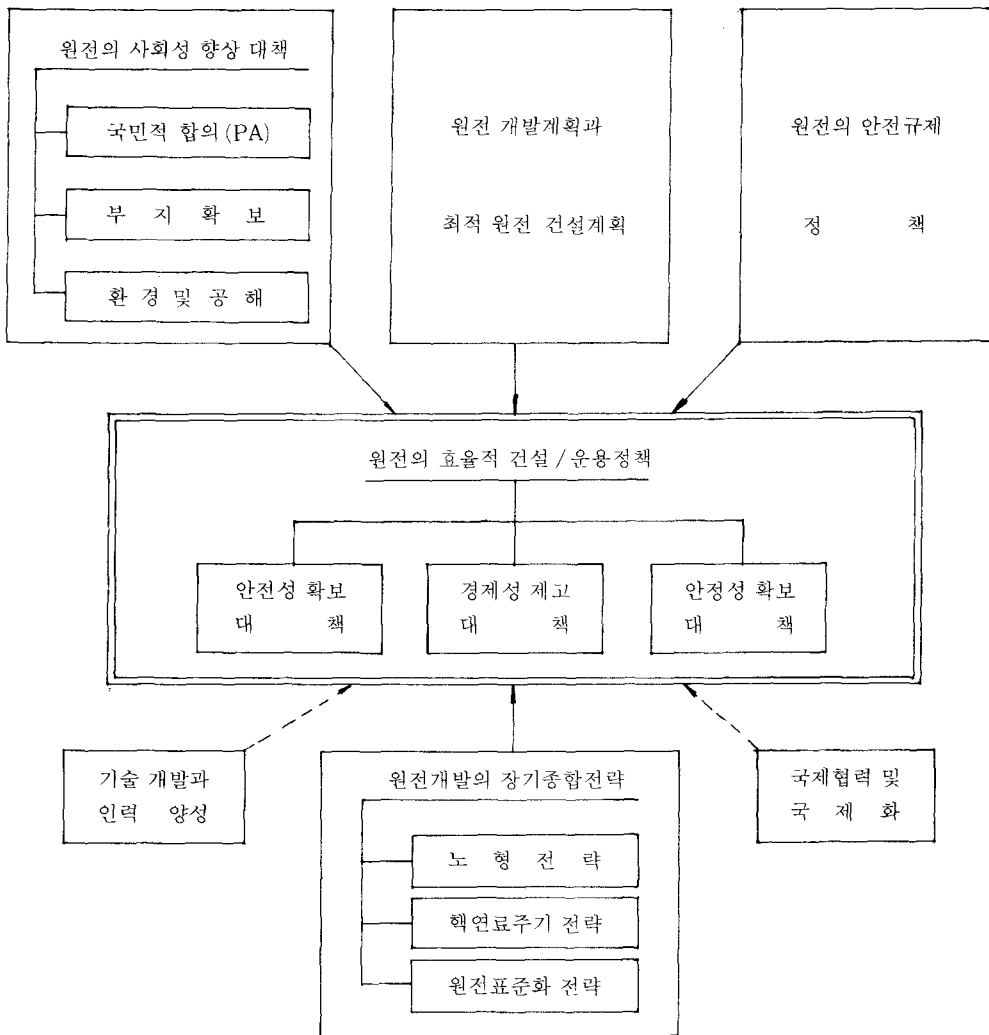
40 : 40 : 20의 혼합비율을 가정할 경우 1989년도 부터 2030년 사이에 원전 50기 49,897 MWe, 유연탄화력 65기 54,142MWe, 기타 40기 19,493MWe가 건설되어야 하는 것으로 추천된다.

原子力에너지 開發政策

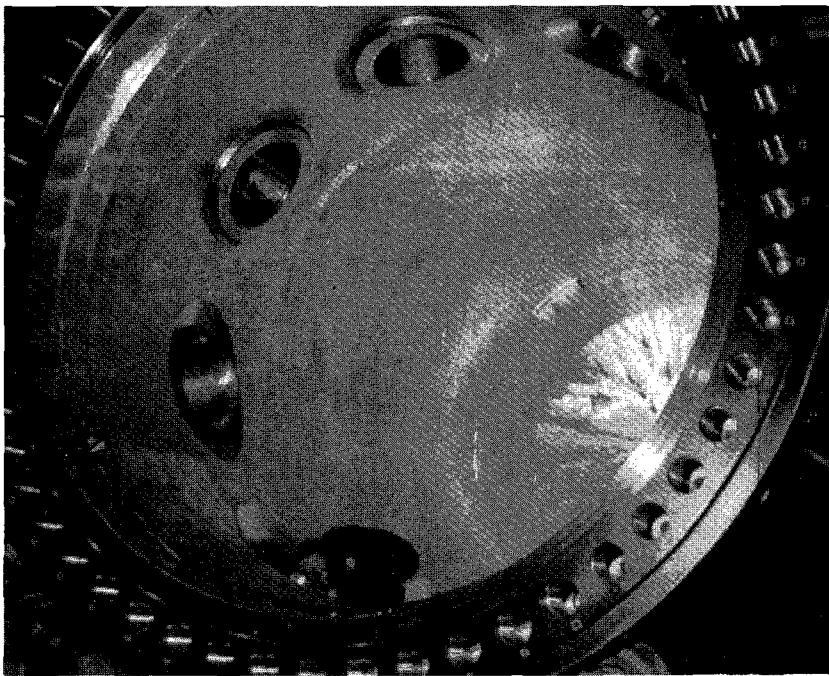
이제까지 한국의 원자력정책은 원전건설사업의 효율을 강조해 왔다. 이러한 접근방식을

통해 원전건설사업 전반에 걸친 효과적인 기술 이전과 인력개발이 가능했었던 것은 사실이다. 그러나 한국의 원자력산업계가 성숙기에 접어들음에 따라 운전 및 사회성 측면을 고려한 보다 종합적인 원자력정책이 필요하게 되었다.

차세기 원자력정책의 주요 목표는 안전성 증진, 경제성 증진, 계통안정성 확보이다. 이러한 미래 원자력정책의 주요 요소들은 그림 1에 나타나 있다.



〈그림 1〉 원전개발정책 구성요소



原子爐型 戰略

경수로도 21세기에든 원전의 주종을 이룰 것으로 예상된다. 선진국은 개량형경수로를 1990년대 및 그 이후의 주종 원자로로서 개발하고 있고 고유안전성 또는 수동적 안전성을 지닌 중·소형경수로 역시 경제성 증진과 계통 안정성 확보 측면에서 개발이 수행되고 있다. 이러한 미래의 원자로 기술진화와 현재의 국내 상황을 고려할때 한국에서는 다음과 같은 원자로형 전략이 추천된다.

- 제1세대 : 개량형경수로 (~2006)
- 제2세대 : 고유안전로 (~2015)
- 제3세대 : 고전환 경수로 (~2025)
- 제4세대 : 고속증식로 또는 기타 신형로

CANDU 원자로는 핵연료주기 자립과 핵연료주기 경제성 증진 관점에서 보완로형으로 추천된다. 또한 바지(Barge)에 설치된 모듈형 해상 원전 역시 부지문제의 해결과 수출형 모델개발 관점에서 추천된다.

核燃料週期

자원빈국인 한국은 핵연료주기의 자립을 촉진

하여 에너지 대외의존 탈피와 공급 안정을 도모해야만 한다. 현재 CANDU 핵연료주기의 선행 주기는 국산화되어 있으며, 경수로 핵연료의 재변환, 성형가공은 국산화가 진행중이다. 미래 한국의 핵연료전략은 개량형핵연료 생산, 혼합 핵연료 생산, 탄뎀핵주기의 개발 등이 고려되어야만 한다.

또한 완전한 핵연료주기의 자립을 위해 정부는 핵연료농축과 후행 핵연료주기사업을 국제핵비확산정책하에서 장려해야만 한다.

放射性廢棄物 管理

방사성폐기물관리는 원자력에 대한 대중이해 증진을 위해 매우 중요하다. 폐기물의 발생량을 최소화해야 하고, 폐기물의 경제적인 감용이 가능해야 하고, 운송 및 최종처분에 적합하게끔 안정화시켜야 한다. 중저준위 폐기물은 공학적 방벽이 설치된 인공동굴에의 처분이 추천되고 있으며, 사용후핵연료의 중간저장에는 습식이 건식 보다 우월한 것으로 판단되고 있다. 또한 2030년대에 예상되는 고준위 폐기물과 사용후 핵연료의 영구처분을 위한 장기계획 수립이 선행되어야 하며, 21세기 이전에 부지조사가

착수되어야만 한다.

原電標準化 / 최적화

2030년도 한국의 발전시설 수요량은 102GW, 원자력 점유율을 40%로 가정할 경우 2030년도 까지 매년 평균 1.5기의 원전 신규운전이 필요하다.

이제까지 한국에는 다양한 원자로형이 도입된 결과, 막대한 재원의 투입에도 불구하고 기술자립의 저해요소가 되고 있으며, 또한 원전 이용률의 증대와 발전원가 절감에도 저해 요소로 작용하고 있다. 이러한 관점에서 불태 원전 표준화가 미래의 원자력수요를 충족시키기 위한 대책임을 주목해야만 한다.

이러한 문제의 해결을 위해서는 원전설계표준화가 가장 중요하다. 원전표준화는 과거의 경험, 현재의 상황, 신기술을 모두 반영하는 최적화 과정이다. 이러한 최적화를 통해서 일정기간 동안 다수 원전에 공통적으로 적용할 수 있는 기술적인 방법들이 도출될 수가 있다.

經濟性 增進

TMI사고 이후 원전의 경제성은 약화되었었다. 또한 화석연료가격의 지속적인 하락이 원자력의 경제적 우위를 감소시켜 왔다. 한국에서의 원자력발전단가는 미국 보다는 낮으나, 프랑스나 기타 유럽국가들 보다는 높다. 즉, 한국에서는 원자력발전의 경제성 증진의 가능성이 매우 높다고 할 수가 있다.

원전의 경제성 증진은 안전성 확보의 저해를 초래하는 것으로 간주되어서는 안된다. 이제까지 원전 경제성 증진을 위한 모든 노력들은 안전성 증진과 결합되어 왔다.

이제까지 한국에서의 원전 경제성 증진은 부차적인 정책목표였다고 할 수가 있다. 그러나

현재 선진국에서는 개량형경수로의 개발, 고유 안전로의 개발, 원전표준화 등 보다 근원적인 경제성 제고 접근방식이 대증이하 제고 측면에서도 필요한 것으로 간주되고 있다.

기술적인 관점에서는 설계단순화, 표준화, 건설관리기법 개선, 수명연장, 인허가기준 정비, 불시정지빈도 최소화, 출력최대화 등 운전보수관리 개선을 통해서도 원전 경제성은 현저히 증진될 수가 있다.

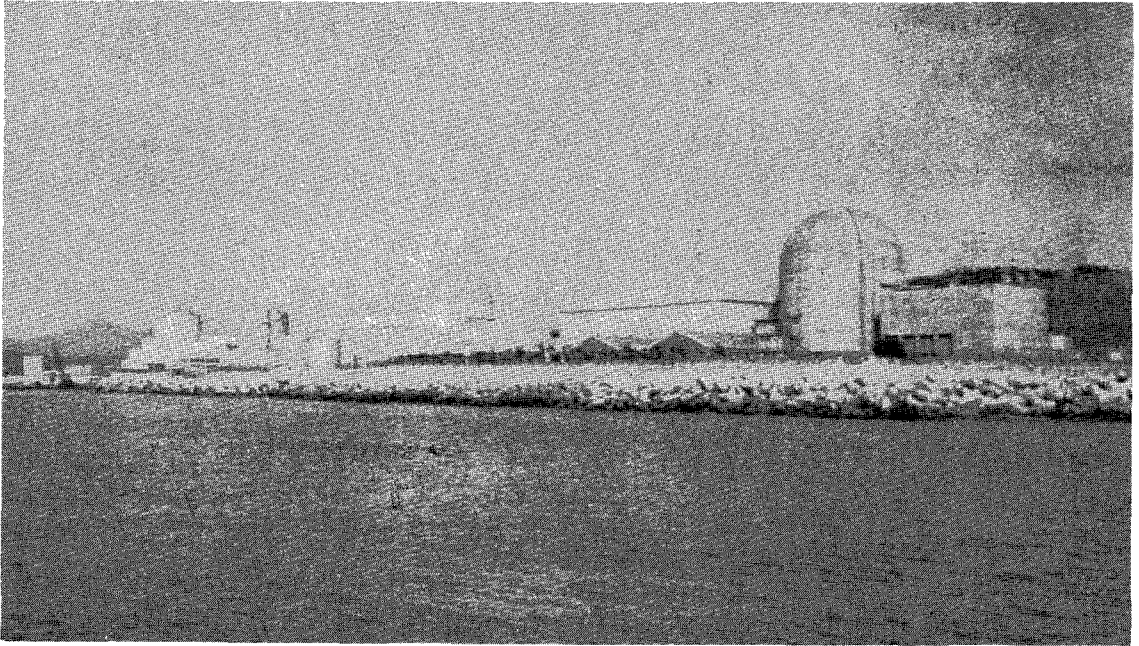
安全性 增進

한국의 원전은 기술도입국의 이미 입증된 기술요건을 적용하여 건설·운전되어 왔다. 그러나 국산화정책과 최근의 사회, 경제환경의 변화에 적응하고 최고수준의 안전성 증진 체제와 정책의 정비·개편이 이루어져야만 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 전략이 추천될 수가 있다.

안전성 증진을 위해서는 최대의 노력이 경주되어야 하며, 사회 전반적인 안전문화가 정착되어야 한다. 신기술과 신안전개념이 기존 원전과 미래 원전의 안전성 증진을 위해 적용되어야만 하고, 국제협력은 이러한 신기술 획득에 필수적이다. 또한 원자력발전 점유율이 늘어감에 따라 운전중인 원전의 안전성 확보활동이 강화되어야 한다. 또한 원전 안전에 대한 대중지지 획득이 원자력프로그램에 대한 국민적 합의 도출에 필수적임을 주지해야 한다.

大衆理解 增進

1980년대에 발생한 2건의 주요 원전사고는 원자력에 대한 대중의 신뢰를 악화시켰었다. 그러나 최근들어 대중은 원자력만이 안정적인 대규모의 상업용 에너지임을 점차로 인식하고 있다. 또한 온실효과나 산성비와 같은 지구환경



오염에 대한 우려 증대가 원자력의 가치를 정당화 하고 있다.

한국에서 대중은 이제까지 원자력을 선호해 왔으나 최근의 사회환경 변화가 이들의 원자력에 대한 관념을 변화시키고 있다. 대중은 원자력에 대해 더욱 비판적이 되어가고 있으며, 반원전단체가 활동을 강화하고 있다.

대중이해 증진전략에는 원자력 옹호조직의 확충·강화 및 활동강화, 원전산업계에 대한 대중의 신뢰 획득, 대중홍보 및 교육 강화, 국제협력 강화 등이 포함되어야 한다.

原子力産業 振興

원자력산업계는 세 그룹으로 분류될 수 있다. 제1그룹은 원전건설, 운영에 직접적으로 참가하며, 제2그룹은 제 1그룹을 지원하고 제 3그룹은 원자재 생산이나 인력훈련 등을 담당한다.

이러한 세 그룹간의 원활한 연계는 원자력산

업 진흥에 필수적인 요소이다. 제1그룹은 단위 사업 위주 보다는 기능 위주로 재편되어야 하며 이에 있어서 각 기능간의 조정기능이 가장 필수적이다. 또한 원전산업 진흥과 안전성 확보의 균형이 추구되어야 하는 바 기존의 책임분장이 면밀히 재검토되어야 한다. 이를 통해서 원자력 산업계의 개편과 체계화가 이루어져야 할것이다.

이러한 체제정비 이외에 기술이전, 품질보증, 기기검증 등은 즉각적인 관심을 필요로 하는 분야이다.

技術自立과 研究開發

원자력기술이 지니고 있는 동적인 특성 때문에 기술자립정책은 국제환경에 신속히 적응할 수 있어야만 한다. 국산화비율 결정과 정책수립에 있어서 안전성, 경제성과 기술개발의 파급효과가 동등하게 고려되어야만 한다. 기술개발은 전력생산, 핵연료주기, 폐기물관리, 안전성 기초 연구 등 전문분야에 걸쳐서 이루어져야만 한다.

기술개발은 에너지의 안정적인 공급, 안전성, 경제성, 대중이해 증진 관점을 고려해야만 한다. 국제협력 또한 빼 놓을 수가 없다. 그러나 진실한 의미의 기술자립은 기술관리능력, 적용환경, 관리정책상의 지원이 뒷받침될 수 있어야만 달성이 가능하다.

기술개발의 목표로는 이용률 증진, 수명연장, 운전성 향상, 폐기물처분, 원전해체 등이 포함된다. 이러한 목표 이외에도 신소재, 인공지능, 레이저 등 첨단기술이 보조적인 요소로서 활용되어야만 한다.

인력수급 측면에서 볼때 2000년도까지의 급속한 인력수요증가와 그 이후의 완만한 증가가 예상된다. 현재의 원자력인력은 13,800명인데, 2000년도에는 39,000명, 2030년도에는 49,000명이 필요할 것으로 보인다.

發電所敷地

현재 한국의 모든 원전과 유연탄화력발전소는 연료수송과 냉각수 공급을 고려하여 해안부지에 건설될 예정이다. 단위기 용량의 증가로 인한 부지소요면적 증가는 향후 복잡한 부지문제를 야기시킬 것이다. 비록 원전은 석탄화력 보다 부지소요량이 매우 적지만, 비상대책 때문에 인구과밀지역에서 멀리 떨어져야만 하는 제약조건이 따른다.

부지선정을 위해서는 지역별 전력수요가 고려되어야 하며, 동시에 산업단지 개발의 초기단계부터 발전소 부지가 고려되어야만 한다.

또한 지방관서나 행정조직, 인근주민과의 사전 대화가 실제 건설개시 이전에 충분히 이루어져야 한다.

國際協力

앞에서 언급한 바와 같이 국제협력은 원자력

정책 전분야에 걸쳐서 아주 중요한 요소이다. 국제협력의 중요성은 많은 국가들이 깊이 인식하고 있으며, 실제로 많은 협력사업이 진행되고 있다. 원자력 자립, 안전성 증진, 해외시장 개척은 적극적인 국제협력 참여가 없이는 불가능하다.

한국의 원자력관련 쌍무협정이나 다국간 협정들은 원자력 초창기에 체결된 것들이다. 즉, 수출국이 자국의 입장을 지나치게 강조하여 한국에 많은 제약조건을 부과했다. 그러나 국제경제 및 정치분야에서 한국의 위치가 변화하고 있으며, 국제사회가 이를 인정하고 있는 현실에서 기존의 쌍무협정과 다국간 협정들은 당사국간의 호혜평등원칙에 따라 재검토·수정되어야 한다.

結 論

원자력은 21세기 한국의 경제사회발전에 필수적이다. 이러한 원자력에 대한 기대에 부응하고 원자력효율의 증진을 위해서는 장기기술개발계획을 수립하고 선택한 개발경로를 충실하게 따라야 할 것이다.

원자력 개발은 장기적이고 대규모의 투자, 다분야의 고급기술인력을 필요로 하기 때문에 국민의 이해에 기반을 둔 국민적 합의를 얻는 것이 필수적이다. 원자력계가 기술경쟁력 확보와 신기술의 창출을 통해 대중의 신뢰를 얻을 수 있을때 이러한 국민적 합의에 도달할 수가 있다. 이제까지 보다 더욱 원자력계는 전문성과 적극성을 발휘하여 대중의 신뢰를 견지해야만 한다.

국제협력도 기술적 우월성과 자신감을 늘리는데 필수적인 바, 타당성이 있을 경우 언제 어디서든지 추구되어야만 한다.