

# 아시아 지역 원자력산업의 전망과 기술과제

## 1. 배경

최근 원자력산업에 관한 중요한 계기가 되는 환경의 변화가 있었다. 즉,

- 정치적으로 동서이념대결이 종식됨으로써 핵무기와 관련 축적되었던 플루토늄의 상당량을 처리하여야 되었음.
- 구소련의 붕괴와 함께 핵물질의 통제시스템이 허점을 안게 되어 구소련 지역의 핵시설과 핵물질의 안전성 확보와 보안조치 유지에 우려가 있음.
- 지구 온난화 현상에 대한 세계적인 관심이 구체화되어 화석연료를 대체할 대체에너지의 활용이 더욱 필요해지고 현실문제로 대두됨. 12월 1일부터 교토에서 개최되는 환경회의에서는 국가간 합의로 화석연료사용에 대한 구체적인 제약조건이 제시될 것임.
- 세계화되는 경제환경이 현실화되면서 에너지계 특히 전력산업에 있어서 많은 나라들이 규제를 철폐하고 전력산업을 재조정하고 있음. 특히 민자발전과 해외 직접투자를 허용함으로써 공기업체제로 운영되어왔던 전력산업의 획기적인 재편이 일어나고 있음.
- 경제성장률의 둔화와 에너지활용의 능률화가 중첩되어 북미 및 구라파의 원자력 발전수요가 격감하였고 이에 따라 미국, 캐나다에서는 원자력 산업의 정체가 이미 현저하고 서구의 원자력 산업도 둔화되고 있음. 북미 및 서구 원자력 산업계의 경쟁력의 약화가 예견됨. 이러한 현상은 국제 원자력 산업계 자체의 구조 조정을 의미할 수 있음.
- 경제성장률이 높은 아세아 지역 특히, 일본, 한국과 같은 수입에너지 의존국, 중국·인도와 같은 거대 에너지 소비증가국 및 동남아세아의 신흥 개도국 등에서는 전력수요가 계속 증가하고 있고, 이에 대한 공급원으로서 원자력산업의 팽창이 요구됨.

따라서 국제 원자력산업계는 시장구조의 재편과 산업 내부조정이 불가피하며 새로운 핵주기기술의 활용과 차세대 원자력 발전기술의 활용·관리에 대한 지침 및 방향을 모색하여야 되는 시점에 있다. 이러한 세계적인 환경변화속에서 한국의 원자력산업계는 그 동안 기술도입·기술자립·해외진출이라는 단계적 성장을 성공적으로 수행해 나가고 있으며 원자력 산업의 새로운 중심적인 동북 아세아에 위치해 있어서 21세기 원자력 산업을 주도해야 하는 핵심주체중의 하나가 되고 있다.

지난 6월 국제정책연구기관인 아트란틱컨슬(Atlantic Council)은 아주대학교 에너지시스템 연구센터의 공동주최와 과학기술처의 후원으로 서울에서 아세아 원자력산업의 장래에 대한 비공개 연구회의를 주최하였고 그 결과 보고서를 최종 검토 중에 있다. 한국의 원자력 산업이 국내수요충족역할에서 아세아 시장진출 확대라는 과제를 갖게되었다. 앞으로 전개될 아세아 원자력 산업 전망을 재점검하고 이에 부수되는 기술과제들을 검토하여 한국의 원자력산업 진흥을 위한 장기계획에 참조하는 것은 시대적인 업무라고 할 수 있다.

## 2. 아세아 원자력발전사업의 현황

현재 아세아에서는 82기(61.6GWe)의 작동중인 원자력 발전소가 있고 20기(14.1GWe)의 원자력 발전소가 건설되고 있으며 38기(33.0GWe)의 원자력 발전소의 건설이 구체적으로 기획·추진되고 있어서 총 140기(108.7GWe)의 원자력 발전소가 운전·건설·기획되고 있다. 구체적으로

- 가장 많은 (PWR 및 BWR 51기) 원자력 발전소를 갖고 있는 일본은 전력수요의 30%를 원자력 발전으로 충당하고 있으며 이 점유율은 2010년에는 42%로 높아질 것임. 일본 원자력 산업계는 설계, 건설, 운전, 보수면에 있어서 완전 기술 및 산업자립을 이루었고, 美·日 合作에 의하여 개발된 ABWR 또는 APWR 원전은 일본 원자력 산업계의 국내용일 뿐만 아니라 세계 시장을 겨냥한 차세대 원전들임. 일본은 원전의 독자 기술 산업 운영뿐만 아니라 핵주기 시설을 완공하고 있어 농축·재처리·핵연료 재사용 시설들을 보유하고 장기적으로는 증식로까지 개발하고 있음. 일본은 아세아에 있어서 원자력 산업의 맹주국으로 위상을 확고히 하고자 기술개발, 산업 발전 및 기술 통상외교도 계획적으로 추진해 오고 있음.
- 아세아에 있어서 일본 다음으로 원자력 발전에 심혈을 기울여 온 나라는 한국임. 한국은 현재 10기의 가압경수로(PWR)와 2기의 CANDU를 운전하고 있으며 6기를 건설 중에 있음. 현재 전력의 36.7%를 원자력에 의존하고 있는 한국은 2010년까지 10기를 더 증설하여 전력의 46%를 원자력 발전으로 공급할 것임. 원전기술에 있어서는 한국 표준형 원자력 발전소를 설계·건설함으로써 기술자립하고 있으나 한반도 비핵화 정책으로 말미암아 핵주기 시설의 개발이 안되고 있고 방사성 폐기물 및 기사용 핵연료 처리의 큰 미결과제를 지니고 있음. 그러나 원자력 기술개발의 장기적 재정기반과 기획이 최근 완결되어 있고 중국·터키·베트남 등에 대한 원자력 산업 해외진출 사업이 추진되고 있어 일본 다음으로 아세아 원자력 시장에서의 공급국으로서 급부상하고 있음. 특히 대 북한 원자력발전소 건설(KEDO의 신포)사업으로 중요한 발전전기를 삼고 있음.
- 중국의 원자력 발전은 현재 자체 설계·건설한 진산 1호기나 불란서의 Turn-key로 건설된 Daya Bay 2기만이 운전 중에 있어 전력의 1%만 원자력에 의존하고 있으나 중국 원자력 발전 시장은 아세아뿐만 아니라 전 세계에서 가장 급속히 성장할 것으로 예상됨. 2010년까지 20GW, 2020년까지 40GW의 원자력 발전 용량을 계획하고 있는 중국은 2000년까지 자체 설계 원전 2기, CANDU 2기, Framatome PWR 2기 및 러시아 PWR인 VVER 2기를 건설 착수할 것임. 중국핵총공사(CNNC)는 핵주기시설을 운영하고 있어서 농축서비스와 재처리 서비스 및 재처리에서 나온 핵연료를 MOX연료를 사용하는 국내외적인 핵주기 사업도 진행시킬 것임. 따라서 한국 원자력 산업의 경우 중국 원자력 산업은 보완성을 갖고 있음.
- 인도의 경우 현재 2기의 비등형 경수로(BWR) 8기와 가압중수로(PHWR)를 운전 중에 있어 전력의 3%를 원자력으로 충당함. 이들 원자로는 20만 kW의 소형이나 전설중인 6기의 가압중수로중 2기는 50만 kW급임. 인도의 원자력 산업은 4만 kW급 증식로 토륨 핵연료사용등 발전된 원자력 발전 기술을 보유, 개발하고 있음. 또한 기술 자립이 이제는 성공적으로 이루어져 핵연료뿐만 아니라 중수의 자체공급이 가능함. 또한 핵연료 재처리시설도 가동중임.

종합적으로 볼 때, 일본은 완숙한 원자력 산업을 자국내 시장으로 발전시켜왔으며 그 여력을 활용 해외시장진출을 추진중이며 중국과 인도는 비록 원자력 발전 규모는 적지만 전 주기 원자력산

업을 개발운영중에 있고, 한국은 규모가 큰 원자력발전산업을 운전 중에 있으나 핵주기시설의 불  
비로 균형이 안 잡힌 원전산업을 운영 중에 있음.

### 3. 아시아 원자력산업의 미래 전망

앞으로 20년간 아시아의 에너지 수요는 80%의 급속한 성장이 예상된다. 따라서 아시아의 에너지  
소비는 전세계의 에너지소비량의 30%를 접근하게 된다. 2050년까지 아시아인구는 1993년의 30  
억에서 43억으로 증가될 것이며 이중 많은 사람들이 절대빈곤에서 벗어나지 못할 것으로 예상되  
지만 전반적인 경제개발노력은 아시아를 전세계에서 가장 중요한 팽창하는 에너지시장으로 만들  
고 있다. 특히 경제발전과 현대화작업은 전력을 절대적으로 필요하게됨으로 아시아 전력산업은  
획기적인 확장이 필요하다. 앞으로 20년 간 아시아 전력공급능력은 최소 배가 될 것이 확실하다.  
그러나 전력공급능력이 배가 되더라도 개인당 발전용량은 선진국 수준에 훨씬 못 미치게 된다.

그렇다면 이러한 전력수요팽창을 어떠한 에너지원으로 충당할 것인가? 핵심적인 실제문제이다.  
전력은 기존방식인 화력발전(석탄, 석유, 가스)과 수력발전, 재생에너지를 사용하는 신규발전(풍  
력, Photovoltaic, 태양열, biomass) 그리고 원자력발전(핵분열에너지)에 의존하여야 할 것이다.  
전세계적으로는 전력생산에 있어서 석유(40%), 석탄(27.5%), 가스(21.9%), 원자력(7.5%), 수력  
(2.6%), 기타(0.5%)의 구성비를 1994년에 보여주고 있다. 물론 국가간에는 에너지 공급사정과  
원가의 차이로 구성비의 차이가 있다. 예를 들어 인도는 전력에너지의 85%를 석탄에 의존하고  
있으나, 일본에서는 전력의 30%를, 한국에서는 36%를 원자력에 의존하고 있다

전 세계적으로 보아 원자력발전은 1971년부터 1993년까지의 22년간 매년 평균 14.5%로 성장하  
였으나 그 후 17년간(1993-2010)은 매년 평균 1%의 증가율 밖에는 기대할 수 없었다. 반면 같  
은 기간동안 아시아에서는 18%씩(1971-1993) 원자력발전이 성장하였으나 그 후 17년간은 매년  
4%씩 성장할 것으로 예측되고 있다. 즉 1993년부터 17년간 아시아의 원자력발전 성장율은 전  
세계의 성장율의 4배나 된다. 이러한 경향 때문에 아시아 원자력발전의 세계적 비중은 1993년의  
16%에서 2010년에는 25%로 커질 것이고 2020년에는 30%가 될 것으로 예상된다. 북미나 서구  
의 원자력의 비중은 감소하고 아시아의 원자력은 확장됨으로서 앞으로 20여년간 원자력발전 사  
업의 무게중심은 아시아에 있다 하겠다.

아시아의 원자력발전 사업은 이미 원자력산업의 기술자립과 산업기반을 조성한 일본과 한국이 중  
심이 되고 방대한 인구를 가진 중국, 인도, 인도네시아가 신규 사업의 중심지역이 되는 것이다.  
더욱 엄밀히 말하자면 이미 내수 시장의 완숙도를 이룩한 일본이나 경제능력의 도약기에 이르지  
못한 인도나 인도네시아를 감안한다면 아시아 내지 전 세계의 원자력 산업의 초점은 한반도와 중  
국으로 압축되며 한·중 원자력산업의 협력관계는 미래 원자력산업의 척도가 된다 하여도 과언이  
아니다.

### 4. 아시아의 원자력발전 사업을 촉진시킬 이유

아시아의 원자력발전 사업을 팽창·촉진시켜야 하는 이유는 급성장하는 전력수요, 필요한 에너지  
안보, 심각한 환경개선, 활발한 기술개발 및 일반 대중의 긍정적인 평가 등으로 설명할 수 있다.

### 전력수요의 균형적 충족

선진국과 달라서 아시아는 삶의 질을 높이기 위하여 지속적인 경제발전이 있어야하고 전력수요의 급속한 성장은 필연적이다. 전력에너지는 여러 1차 에너지로서 발전될 수 있지만 중앙공급식 발전방식으로 지구온난화를 막을 수 있는 전력은 원자력발전 밖에는 대안이 없다. 따라서 재생에너지를 아무리 개발한다 하여도 원자력 발전은 중점적으로 확장시켜야 앞으로의 전력 수요를 충족시킬 수 있다.

### 에너지 안보

활발한 경제성장을 하고 있는 아시아 각국의 대부분이 수입에너지에 의존하고 있다. 한국의 경우 90%이상의 소요에너지를 수입하고 있으며 80%이상을 수입에너지에 의존하고 있는 일본과 대만, 50%이상의 에너지 수요를 수입하고 있는 비올빈과 태국의 경우를 중국, 파키스탄이나 인도도 멀지 않은 장래에 닮게 될 것이다.

원자력은 화석에너지와는 달리, 기술과 건설에 있어서 자립한다면 준국산 에너지라고 간주 할 수 있고, 해외의존도에서 탈퇴할 수 있어서 에너지 안보에 긍정적인 역할을 할 수 있다. 국가별 단위로 고려하기에는 너무나 방대한 영역을 갖고 있는 중국과 인도의 경우 수송수단의 제약과 수요의 집중화 문제 때문에 국내에너지로서 급증하는 도시권 전력에너지의 수요를 충족하기가 어려워 내적인 에너지 안보문제가 있다. 이 때문에 집중적인 전력공급을 제공할 수 있는 원자력 발전이 중요해진다.

### 환경개선

원자력 발전은 환경 면에서 상당한 이점이 있다. 세계보건기구(WHO)의 지침 기준을 훨씬 상회하는 환경오염도를 해결해야하는 지역에서는 화석에너지 특히 석탄의 사용을 억제하여야한다. 석탄이 풍부한 중국과 인도에서 현재와 같은 석탄사용을 한다는 것은 환경보전면에서 용납할 수가 없다. 따라서, 지구 온난화가스나 환경오염을 유발하지 않는 발전방식, 즉 수력, Photovoltaic, 풍력, geothermal 및 원자력 발전에 의존하여야 하는데, 현실에 있어서 공학적으로나 경제성으로 보아 가능한 것은 원자력 발전이 대안이 될 수밖에 없다.

### 기술개발

원자력 발전은 신재료기술, 제어기술, 방진기술, 방호기술, 시스템기술등 많은 첨단기술을 활용하여야 하기 때문에 기술 개발에 있어서 중요한 핵심기술 산업역할을 담당한다. 즉 과학기술을 경제개발의 중심축으로 선택한 나라에서는 원자력 발전사업을 과학기술 개발전략과 연계시키는 것이다. 아시아의 많은 나라는 과학기술을 통한 국가발전을 도모하여야 하므로 원자력 발전사업의 확대는 단순한 전력수요 이상의 의미를 갖는다.

### 대중의 이해

아시아 각국에 있어서 반핵운동은 서구나 북미보다 조심성있고, 미래지향적인 합리성을 찾고자 하고 있다. 따라서, 심각한 환경문제를 고려하며, 진보된 원자력 발전 기술을 모색할 수 있는 시기적 이점을 긍정적으로 활용한다면 아시아의 원자력 발전 사업은 기존 선진국이 겪고 있는 어려움을 미리 예방하고 건전하게 발전할 수 있다. 즉 탄산지석의 교훈으로서 대안 없는 반핵운동이 아니라, 진보된 원자력 발전 기술을 활용한다는 전제조건이 정당화된다면 아시아는 대중의 지원을 받고서 원자력 발전 사업을 수행할 수 있는 것이다. 물론 이러한 낙관적인 견해는 절대적이지 못하다. 원자력발전사업을 긍정적으로 후원해온 일본에 있어서 최근에 나타난 안전문화의 결핍 징조는 국민의 여론을 급속히 악화시킨 것과 같이 대중의 이해도를 증진시키는데는 원자력산업계 자체의 치밀한 노력과 국가적인 지도층의 결의가 있어야한다. 아시아의 정치경제 환경이 계속적으로 원자력의 대중 이해도를 높일 수 있느냐 하는 문제는 두고 볼 과제이며 원자력발전을 주도하고 있는 전문가들에게 주어진 문제이다. 다만 아시아에서는 다른 선진국의 경험을 최대한으로 활용할 수 있는 이점이 있다하겠다.

## 5. 아시아 원자력산업의 기술과제

예상되는 전력수용을 원자력 발전으로 충족시키려면 우리는 관련된 기술과제들을 체계적으로 다루어야 한다. 즉, 안전성 확보 기술, 안전규제, 폐기물 처리, 기사용 핵연료 관리, 경제성, 기술 개발, 핵무기 비확산 등의 기술적 문제들을 조직적이고 합리적으로 처리하여야 한다.

### 5.1 안전성(Safety) 확보

원자력사업에 있어서 가장 중요한 것은 안전성확보 즉 방사능 물질이 절대로 추출되지 않도록 방지하는 것이다. 실제로 원자력발전을 위한 모든 핵주기 과정에서는 상이한 방사성물질과 이와 관련된 위험도가 내포되어 있으나 우리가 가장 중요하게 관리하여야 하는 것은 작동하는 원자로 내부의 방사능물질을 완벽하게 차폐시키는 것이다. 안전성 확보의 중요성은 원자력의 장래가 모든 원자력 발전소가 항상 완벽하게 안전히 운전되어야 한다는 것이다.

원자로를 안전하게 운전하려면 당초의 설계와 건설이 완벽하게 이루어져야 할뿐만 아니라 원자력 발전소의 관리가 철저하게 이루어져야 하고 엄정한 「안전문화」가 확립되어 있어야 한다. 안전 사고는 불안한 운전형태와 불충분한 보수에 기인하기 때문이다.

원자로의 안전성은 피동적 제어시스템을 도입함으로써 향상시킬 수 있으며 표준설계를 채택함으로써도 강화할 수 있다. 또한 향상된 보수기술이나 핵연료의 활동을 개선함으로써 안전성의 향상이 가능하다.

그러나 안전성 확보에 있어서 가장 중요한 것은 경영층이나 종업원들 간에 잘 훈련된 안전문화를 확립하는 것이다. 이를 위해서는 계속된 안전훈련과 검토작업이 수행되어야 한다. 즉 안전성에 예민한 유능한 전문인력의 확보가 가장 중요한 것이다. 이를 위하여는 원자력분야에 계속 우수한 학생들이 모여야 되고 효과적인 교육훈련 프로그램이 운영되어야 한다.

이밖에도 안전성확보를 위하여 인간공학설계, 품질보장을 위한 사업관리기술, 공인될 수 있는 기술기준 운용, 참여 기업간의 원활한 협력관계수립 및 안전기술의 연구개발 업무등의 제반 기술업무가 수행되어야한다.

### 5.2 안전규제

원자력산업의 안전성확보는 안전규제 시스템을 어떻게 운영하는가와 밀접한 관계를 갖고 있다. 그러나 각 국가마다 갖고 있는 문화·사회·정치적인 배경의 차이 때문에 안전규제 시스템은 현지 사정을 반영하여 구축되어야 한다.

효과적인 안전규제 시스템을 구축하는 데에는 몇 가지 중요한 필수조건을 제시할 수 있다. 즉, 투명성, 공통성, 중요성, 경제성, 적시성, 독립성, 단순성 등은 효과적인 안전규제가 지녀야 할 특성들이다.

아시아 각 국은 원자력 안전규제에 있어서는 일천한 역사를 갖고 있다. 따라서 국제 원자력기구나 OECD - NEA와 같은 국제기관과 협력하여 규제기관의 독립적 판단능력이나 예측가능성 및 능력을 길러야 할 것이다.

### 5.3 핵폐기물관리 및 기사용 핵연료

핵폐기물의 안전한 처리문제는 원자력 발전에 있어서 가장 어려운 문제이고 원자력 사업을 확대 하는데 가장 큰 걸림돌이 되어있다. 핵폐기물의 안전처리의 궁극적인 목적은 방사능이 생태권에 침투되어 보건문제를 일으키지 않도록 격리시키고 관리하는 것이다. 중·저준위 핵폐기물은 원전 사업과 기타 병원·산업시설에서의 동위원소 활용에서 생성되고 있다. 기술적으로 볼 때 중·저준위 폐기물은 안전하게 처리할 수 있으나 고준위 폐기물은 복잡한 과정이 필요하다. 기사용 핵연료는 현재 32,000 metric ton 이나 매년 10,000 metric ton씩 증가하여 2015년에는 22만 metric ton으로 증가될 것이다. 이들 기사용 핵 연료봉들은 원자로 내의 pool내에 저장하고 있으나 대부분의 경우 궁극적인 처리방안은 해결되어 있지 못하다. 일부 선진국에서는 기사용 핵연료를 재처리하여 플루토늄과 잔여 우라늄은 재활용하고 기타 핵폐기물은 고체화하여 연구관리 하도록 추진되고 있다. 재처리 공정은 방사능 폐기물의 부피를 줄이고 안정적인 관리를 용이하게 하나, 반면 재처리 과정에서 야기될 수 있는 플루토늄 보안문제로 인하여 물질보안 면에서의 논란이 있다.

아시아 원자력국에 있어서의 핵폐기물 문제는 심각해지고 있다. 일본에서는 로카쇼에 저준위 폐기물의 영구처분장이 운영되고 있으나 고체화된 중·고준위 폐기물의 영구처분장 설치는 지연되고 있다. 한국에서는 모든 핵폐기물이 발전소내에 임시 저장되고 있으나 영구처분장 건설은 부지 문제로 진전이 없다. 대만의 란유도에 있는 저준위 폐기물 시설의 문제점으로 말미암아 해외처분 시설 특히 북한에의 반출을 추진하고 있으나 이는 정치외교적인 문제를 야기 시키고 있다. 이 때문에 韓·中·日 三國은 지역 핵폐기물 처리장 건설에 깊은 관심을 갖고 있다. 반면 인도는 순환 핵 연료주기를 채택하여 재처리 공장과 이에 부수되는 고준위 폐기물의 유리고화, 부동화 공장을 건설하였다. 또한 심층 영구처분을 연구하는 기간 중에는 고준위 폐기물의 임시저장 및 감시설비를 운영하고 있다.

아시아의 원자력발전 사업을 계속 확대하려면 개별 국가 단위의 폐기물 처리능력을 보유하여야 하나 앞으로는 기사용 핵연료의 재처리 문제와 더불어 핵폐기물의 영구처분을 위한 지역협력시설을 설치하는 문제를 심각히 추구함이 바람직하다.

### 5.4 경제성 유지

OECD/NEA에는 원자력발전과 화석연료발전의 균등화단가를 조사하여 주기적으로 수정 발간하고 있다. 이 단가에는 자본, 연료, 유지보수, 사용후핵연료 관리, 방사성폐기물 처분, 폐로비용과 할인율등 모든 요소들이 반영되어 있다. 이 평가에 의하면 현재로서는 많은 국가에서 원자력은 석탄화력과 경쟁이 가능한 것으로 (단 미국처럼 석탄가격이 저렴한 경우를 제외하고) 나타나 있다. 발전비용 추정치는 원자력이 매우 큰 경제성 우위를 지니고 있지는 않지만 다른 발전원에 비해서 충분히 경쟁성이 있다는 비슷한 결론을 내리고 있다.

그러나 원자력과 다른 방식의 기저부하담당 발전소의 발전비용 추정 비교는 항상 결과의 변동 가능성이 있으며 상당 수준의 불확실성이 개재되는 매우 다루기 어려운 문제이다. 각 발전소별 발전 비용은 장소, 부지 설계 요건, 규모에 따라서 매우 상이하다. 또한 발전소의 수명기간중 (수명 연장기술로 40년 이상 가능)에는 경제성을 대폭 변화시킬 수 있는 많은 일들이 일어날 수 있다. 운영 및 유지보수 비용은 상승하고 있으며 발전소 노후화 및 규제요건 강화에 의해서 많은 국가들에서 더욱 중요해졌다. 이러한 비용인자들의 일부는 화석연료 발전에도 적용되므로 비교작업을 더욱 복잡하게 만들고 있다. 석탄화력발전의 주비용인 석탄가격이 현재 저렴하여 석탄발전의 경

제성을 향상시키고 있다. 그러나 원자력발전 비용에서 차지하는 비중이 상대적으로 낮은 우라늄 가격 하락이 총 발전비용 면에서는 석탄과 같은 영향을 주지는 않는다. 최근에는 가스 가격 하락, 늘어난 가스 매장량, 복합화력과 같은 신기술이 발전원 선택상 새로운 경쟁 요소들로 등장하였다. 새로운 발전기술의 진보 (신재생에너지, 첨단석탄연소 등) 역시 발전원의 경제성 비교에 큰 영향을 미친다.

원자력에 큰 영향을 미친 다른 여건변화로는 고비용의 재설계, 시설 개수 및 초기인허가 과정으로 인하여 건설기간 및 상업운전 지연을 초래한 규제 요건의 변화를 들 수가 있다. 이러한 지연으로 인하여 총 원자력 발전비용에서 비중이 매우 높은 자본비가 현저히 증가하여 원자력 발전비용에 심각한 영향을 주고 있다. 더구나 자본 집약적인 원자력 발전소는 균등화 단가계산에 사용되는 할인율에 매우 민감하다. 높은 할인율의 적용은 석탄화력 대비 원자력의 경쟁력을 현저히 저하시키고 있다.

기존의 원자력발전 비용 평가에서는 아직은 근거가 명확하지 아니한 자료들을 반영하고 있다. 예를 들어서 NEA 평가나 다른 기관의 평가에서는 일반적으로 폐로 및 제염을 위한 예비 비용을 고려하고 있다. 기술계에서는 이 비용이 총비용에 비하여 그다지 높지는 않다고 보고 있다. 폐로 시점에서는 상당한 금액이 되지만 (GW당 1억불, 보수적인 견해로는 3억불) 이를 40년이 넘는 수명기간 동안으로 배분하면 큰 부담이 아닌 것이다. 그러나 아직 폐로 경험이 별로 없어서 실제 폐로 비용에는 다소의 불확실성이 있다. 심층처분 비용 역시 불확실하다. 전문가들은 이 역시 수명기간 동안 배분하면 비용 영향력이 매우 낮을 것으로 확신하고 있으나 실제적으로 어느 국가도 장기 처분 시스템 운영에 도달하지 못했으므로 그 시점에 도달할 때까지는 비용산정의 불확실성이 불가피하게 남게된다. 특히 규제완화와 민영화는 불확실성을 증가시킬 것이다.

이러한 재정적 측면의 비용 이외에 전력생산 과정에서의 외부비용에 대한 관심이 최근 집중되고 있다. 외부비용은 전력회사가 당면한 문제는 아니며 사회적 측면의 문제이다. 발전소나 다른 산업 시설들은 운전중에 대기오염 물질을 배출하여 대중 건강과 환경에 악영향을 미치는데 이에 수반되는 비용은 이제까지의 발전비용 산정에서는 고려되지 아니했다.

이 외부비용들은 환경 측면 (일반대중 건강, 삼림 및 농경에 대한 영향, 쾌적 추구)과 비환경 측면으로 (공급안정성 등의) 구분된다. Resources for the Future사의 논문에 의하면 원자력발전에 관련된 외부비용은 다른 발전원에 비해서 상대적으로 낮고 환경측면에서는 더욱 낮으며 특히 석탄발전보다는 현저히 낮다. 다시 말하면 전력생산의 환경적 비용이 발전 비용 산정 구조에 포함되거나 내재된다면 다른 발전원 대비 원자력의 경제성은 향상될 것이다. 어떤 경우에는 제3자 책임 한계, 공급안정성 등 비환경 측면의 외부비용/이득이 결정적으로 중요함에도 이를 반영하여 발전비용을 계산하려는 노력은 지금까지 없었다. 비록 정책이 경제 논리만으로 결정되는 일은 드물지만 고비용이 소요되는 장기 정책을 결정하기 위해서는 선택에 수반되는 비용을 가능한 정도까지는 알아야만 한다.

아시아 국가들의 경우 특히 고려되는 외부요인은 에너지 생산 및 이용이 도시지역 대기에 미치는 영향이다. 아시아 국가들의 도시 대기오염 수준은 세계보건기구의 권고치를 훨씬 초과하고 있다. 화석연료 발전을 원자력으로 대체할 경우 대기오염을 줄이고 대중건강을 증진시킬 수가 있으며 중국 중앙부의 많은 지역 및 중국본토와 멀리 떨어진 일본에도 영향을 주고 있는 산성비 침적 역시 줄일 수가 있다. 특히 중국에서의 배출량 및 배출량 증가 속도는 유의할 만하다.

화석연료의 이용은 온실가스 배출에 주요인이다 (전체의 약 절반 정도). 온실가스 배출 증가가 기후에 미치는 영향은 이미 심각한 국제적 우려의 대상이다. 1992년의 리우총회는 공업국들로 하여금 2000년 이전까지 1990년 수준으로 연간 탄산가스 배출량을 회복하도록 결정하였다. 그럼에도 불구하고 OECD국가에서의 탄산가스 배출량은 8% 가량 증가하였다.

1997년 12월에 개최 예정인 교토오총회 대비 상황을 보면 합리적인 감축량 목표 수준과 이러한 목표의 개도국 적용 가능성에 대하여 참가국들간에 이미 현저한 견해차이를 보이고 있다.

화석연료를, 특히 석탄, 탄산가스 배출 효과를 무시할 수 있는 원자력으로 대체하는 것은 이러한 난국을 돌파할 수 있는 방법중의 하나이다. 2050년까지 원자력발전 규모를 1,000 GWe로 확대할 경우에는 기존의 에너지원별 전력생산 비중을 유지할 경우에 비하여 90억톤의 탄산가스 배출을 방지할 수가 있다.

결론적으로 아시아 국가들은 국제기구 및 구미국가들과 함께 각국의 여건에 따른 외부비용을 포함한 타발전원 대비 원자력 발전 비용 및 경제성을 판단하기 위한 비용 산정 모델을 개발해야 한다. 모든 국가들은 에너지 정책 수립과정에서 여러 가지 에너지원들의 사용과정에서 수반되는 외부영향으로 인한 이득 및 손해를 가능한 정확히 고려하여야 한다. 이러한 작업은 정책입안자들에게 주어진 심각한 기술과제의 하나라 할 수 있다.

#### 5.5. 자원 조달

아시아 원자력 개발의 또 다른 측면은 자원 부담 주체이다. 원자력이 인기를 얻게되는 특정 상황에서도 원자력은 과거와 마찬가지로 가장 자본집약적이고 준비기간이 길기 때문에 자원부담이 심각한 도전과제이다. 전력부문의 자원조달에 관해서는 아시아 국가들 보다 더 다양할 수가 없다. 일본의 전력요금은 원자력을 포함한 미래의 설비 확장에 소요되는 자원 충당을 위해서 책정된다. 한국은 발전 시설 확충을 위해서 해외 자본시장을 활용한다. 정부가 전력사업을 소유, 운영하는 다른 몇몇 국가들은 발전비용과 송배전비용에도 못 미치는 전력요금을 (한국과 일본의 1/2 수준) 책정하고 있다. 이 경우 전력회사나 전력위원회 등이 입게되는 손실은 정부가 보상해 주며 정부는 시설확충 재원도 제공하고 있다. 이러한 경우에는 자본집약적 원자력의 대규모 확대가 정부의 투자 예산에 현저한 부담을 주게된다. 이런 문제들은 고자본 프로그램에 착수하기 이전에 건전한 요금구조 도입을 통한 전력부문의 재정 건정성 확보 조치를 취하여 크게 완화할 수 있을 것이다.

아시아 지역의 몇몇 국가들은 전력부문의 민영화를 추진하고 있다. 민영화는 기존의 통합 시스템을 해체한 부분들을 민간에게 되돌려 주거나 필리핀처럼 주요기기와 더불어 해외 독립발전사업자 (IPP)의 국내 진출을 허용하는 방식으로 추진되고 있다. IPP는 다른 방법으로는 조달할 수가 없는 (조건이 비록 불리하지만) 추가 재원을 제공하므로 전력부문의 자원조달에 도움이 된다. 그러나 IPP는 투자규모가 큰 반면 투자 회수가 지연되고, 어떤 경우에는 현지 법률상 원자력발전 투자가 허용되지 아니하므로 원자력 발전에는 투자를 할 확률이 적다. 그러나 한국과 같은 경우처럼 해외 투자자들은 원자력 부품만이 아닌 전체 시스템에 대한 채권에 관심을 보여 왔다. 원자력 개발에 투자자들을 참여시키기 위해서는 정부의 참여와 보증이 절대적으로 필요하다. 국내 개인 저축자 및 기관저축자들로부터 자금을 조달할 수가 있도록 국내 자원조달 시장 규제를 완화하여야 아시아의 대부분의 전력부문들이 혜택을 볼 수가 있을 것이다.

세계은행과 아시아개발은행 등 국제개발은행들은 이제까지 아시아의 전력 개발을 강력히 지원해왔다. 그러나 이 은행들이 원자력 발전에 투자한 적은 없다. 원자력은 막대한 자본비용이 소요되므로 각국은 자국 전력계의 장기적인 재정 건전성을 확보해야 한다. 무엇보다도, 적절한 전력요금 체제와 국내 자본시장 확립에 노력을 해야 한다. 특히 아시아 지역에서 원자력 발전 확대를 계획하고 있는 정부는 세계은행 등 국제개발은행들과 원자력 발전의 역할에 대한 대화를 개시해야 하며 특히 온실가스 방출량에 대하여 고려할 것을 강조해야 한다.

## 5.6. 연구개발

1970년대 중반부터는 가압경수로(PWR), 비등경수로(BWR)와 가압중수로(PHWR)의 세가지 노형이 현존 원자로의 80% 이상을 차지하고 있다. 1994년에 운영중인 432기의 원전 중에서 246기가 PWR, 93기가 BWR, 그리고 32기가 PHWR이었다. 세계적으로 원자로의 수요는 최근 정체상태이다. 이는 1970년대의 유가 상승이래로 전력수요 증가가 예상보다 둔화되었으며, TMI 사고, 그 후 더욱 심각했던 체르노빌 사고가 발생했으며, 몇몇 국가에서의 물가 상승 및 전력요금 규제 완화, 그때까지 가장 큰 시장이었던 구미 지역에서의 대중 반대의 심화로 인한 것이다. 원자로 주문이 거의 없는 상황에서는 당해 원자력산업계 또는 정부가 원자력 기술을 발전시키는데 필요한 대규모의 연구 프로그램을 맡을 이유가 없는 것이다. 그러나 무연소 방식의 발전 기술, 궁극적으로는 무제한 연료 공급이 가능한 발전 기술의 연구개발은 장기적인 관점에서만 필요한 것이다.

정부 및 민간부문은 신재생에너지에서 원자력까지 광범위한 분야의 전력생산 기술 개발에 막대한 투자를 해왔다. 아시아 및 세계각국에 장기적으로 혜택을 줄 수가 있는 신재생에너지에서 원자력까지 광범위한 분야의 주요 에너지 기술의 지속적인 연구개발이 꼭 필요한 것이다. 원자력이 전력공급에서 차지하는 비중을 유지하려면 연구개발 노력이 필요하다. 기존 원자로의 성능개선 위주의 단기 연구개발, 근원적인 기술 개선을 포함한 개량 위주의 중기 연구개발, 연료의 효율을 증진시키고 현료 공급 기반을 확대하기 위한 장기 연구개발은 꼭 필요하다.

대부분의 중단기 연구개발 분야는 공급자들이나 전력회사들이 비용면에서 안전면에서 조심스러운 사업환경에서 제품의 질을 향상시키기 위한 통상업무의 일환으로 대개 "개량"에 주안점을 두고 수행하고 있다. 이런 종류의 연구개발은 개별적으로 수행되며 연구망에 속하지는 않는 경우가 대부분이다. 따라서 자체적인 개선 노력이 이미 연구개발에 해당되는 것이며 다른 원자로 운영자들에게 도움이 될 수 있는 신기술이나 절차를 소개할 수 있다는 사실조차도 모르는 경우도 있을 것이다. 연구개발 자금의 부족 현상을 놓고 볼 때, 원자력계는 시급히 연구개발의 우선순위를 결정해야 한다. 또한 연구개발의 결과가 널리 전파되는 것을 확인하고, 공통의 관심사항을 해결하기 위한 연구개발 협력 확대에 더욱 노력해야 한다.

## 5.7. 대중 이해

지난 20여년 동안 상업용 원자력은 정치적 문제와 아주 밀접한 관계에 있었다. 많은 정치적 문제들이 대부분 국내 문제로서 에너지 공급 부문에서의 원자력의 역할에 관한 것이었다. 그러나 다른 문제들은 국제적인 문제로서 이는 원자력이 군사 기술에 뿌리를 두고 출발했기 때문에 야기된 핵물질의 상업적 이용과 군사적 이용의 상호 관련성에 대한 것이다.

원자력에 대한 대중의 태도는 원자력의 미래를 결정하는데 중요한 요소가 될 것이다. 초창기에 열성적인 지지를 보였던 구미지역의 여러 국가에서 여론은 원자력 개발에 냉담, 심지어는 적대감을 지니고 있다. 예를 들어 미국은 1970년대 브라운스 페리 발전소 화재이래로 반대 여론이 형성되어 TMI 사고 이후 반대여론이 급증했다. 또 다른 중요한 사실은 스웨덴이 국민투표를 통해서 2010년까지 원자력 발전소를 단계적으로 폐쇄하기로 결정했다는 점이다. 중국에는 이제까지 사고중 가장 심각하였던 체르노빌 사고가, 동형의 원전은 구소련 이외의 지역에서는 운전되고 있지 않음에도 불구하고 원자력에 대한 대중의 우려를 심화시키는 역할을 했다.

이러한 반대여론 증가 속에서도 전문가의 견해와 일반대중 사이에는 뚜렷한 괴리가 있어왔다. 전문가들은 현재의 원자로 운영과 방사성폐기물 관리기술로 종사자들에게 최소한의 위험도만을 부여하고, 일반대중에게는 거의 위험도를 주지 아니할 수가 있으며, 최근의 대폭적인 운전 및 안전 표준 개선, 원자력시설에 대한 안전조치, 사고시의 격납기능, 저준위 방사능 파폭 방지 등이 여론에 반영되지 않고 있다는 입장을 견지하고 있다. 그러나 1997년초 일본에서의 경미한 사고와 1997년 가을에 온타리오하이드로 전력회사의 원전중 1/3을 안전성을 이유로 폐쇄하기로한 결정으로 인하여 원자력산업계에 대한 대중의 신뢰는 흔들리고 있다.

그러나 모든 국가에서 원자력에 대한 적대감을 경험한 것은 아님에 유의하여야 한다. 예를 들어 프랑스는 대중의 반대가 거의 없이 대규모의 원자력 개발을 추진할 수가 있었다. 동부유럽 국가들은 현재 원자력 이외에는 대체할 에너지가 거의 없기 때문에 체르노빌 사고를 겪었음에도 불구하고 원자력 시설 용량을 확대할 예정이다. 아시아에서는 대중이 원자력을 지지해왔으며 경우에 따라서는 매우 적극적이였다.

과거의 경험으로부터 얻을 수 있는 첫 교훈은 아마도 사고 발생시 또는 여타의 비정상적 상태 발생시 즉각적으로 대중에게 공개하며 솔직한 의사소통을 하는 것이 중요하다는 사실일것이다. 미국에서 원자력에 대한 반대여론 증가 과정에서 흥미 있는 점들 중의 하나는 TMI 사고의 경우처럼 발전소 주변 지역에 어떠한 외형적 피해가 없더라도 대중의 우려는 발생한다는 것이다.

젊은 세대를 위한 원자력 학교교육 프로그램은 필요하다. 교육의 방법은 국가별로 또는 대상 그룹별로 다양할 것이다. 물론 여론이라는 것은 균일동질성을 지니는 것은 아니나 원자로 시설이나 방사성폐기물 처분장 건설로 영향을 받는 집단들은 원자력 산업에 대하여 특별한 우려를 하고 있다. 대부분의 국가들이 지역 주민이 수용할 수 있는 부지 선정에 어려움을 겪고 있으며 이는 원자력 개발에 심각한 제약요건이 될 수가 있다.

이제는 원자력 설계, 운전중의 안전영향등 정확한 정보와 과학적 데이터를 문외한이 알기쉽게 적기에 제시하는 것 만으로 문제를 해결할 수는 없다. 관리자들이 사회의 가치를 존중하고 원자력에 대해서 대중이 원하는 것을 이해하는 가운데 전문가에 대해서 대중의 신뢰와 확신을 얻어야 한다. 원자력 관리자들은 대중을 교육시키는 한편, 대중이 자신들의 우려와 인식이 잘 받아들여지고 있으며 해결되고 있다고 믿게끔 하기 위한 자체 교육을 필요로한다. 그렇지 않으면 원자력에 대하여 대중이 지니는 기존의 의혹이 원자력 개발을 쉽게 저해할 것이다. 대중의 우려가 확산되고 지속적인 반대 가능성이 있는 경우에는 어떠한 기술의 개발과 변형도 어렵다. 이 때문에 대중, 보도 매체, 여론 지도자들을 이해하며 대응하기 위해서는 전문가 사회의 더 많은 노력이 경주되어야 한다. 원자력에 대한 대중 이해를 증진시키기 위한 전략과 프로그램을 개발하기 위해 공동접근을 모색하여야 한다. 대중의 관심을 원자력발전의 이득뿐만 아니라 기타 산업, 의료, 농업, 연구개발 분야의 원자력 기술 응용이 주는 이점에 대해서도 설득해야 한다.

## 5.8. 핵확산 방지

상업용 원자력 이용의 초창기부터 제기되었던 문제는 상업용 원자력 이용이 어느 정도로 핵무기의 확산에 기여할 수 있는가 하는 점이었다. 이러한 우려, 그리고 또한 핵확산이 원자력기술의 직접적 이용을 (우라늄 농축, 연구용 원자로 등) 통해서 가능하다는 우려로 인하여 정부가 지속적으로 관여하여 원자력 개발과 교역을 통제하기 위한 조약들과 국제기구들의 창설이 이루어졌다. IAEA의 안전조치 시스템은 핵확산 방지의 초석이다. 핵확산 방지체제를 유지하기 위한 IAEA의 가치있는 기여를 인정할 수 있으며 새로이 마련될 93+2 프로그램에 대하여도 긍정적인 평가를 할 수 있다.

핵무기 확산과 민간 원자력 간의 연계 문제는 논쟁의 여지가 있다. 한쪽에서는 (주로 원자력 산업계, 개도국 정부) 원자력 발전 결과 생기는 물질의 품질이 핵무기 등급이 아니며 전세계의 우라늄, 플루토늄 재고량이 주의 깊게 관리되고 있으므로 비정상적 상태는 즉각 적발이 가능하다는 이유를 들어 원자력 발전이 핵무기 확산에 기여하지 못한다고 주장하고 있다.

반면에 다른 한 쪽에서는 핵무기 확산과 민간 원자력 간에 긴밀한 연계가 가능하다고 주장하고 있다. 이들은 핵무기 등급 이하의 물질로도 비록 힘이 들기는 하지만 핵무기 제조는 가능하며, 현재 군사용보다 훨씬 많은 상업용 플루토늄 재고량이 꾸준히 늘어나고 있는 것을 주목하고 있다. 또한 국외 재처리를 (예 : 일본-프랑스) 위해서 장거리 수송을 필요로 하는 경우에는 이러한 위험물질의 보안을 지속적으로 유지하기가 힘들다고 믿고 있다.

이런 문제들은 여러 가지 이유로 특히 아시아와 연관이 있다. 첫 번째는 급속한 원자력 개발이다. 두 번째는 이 지역의 핵무장에 대한 다양한 관점들이다. 이 지역에서 핵무기 보유를 인정받은 국가는 NPT 가입국인 중국뿐이다. NPT 가입국인 일본은 핵무기를 보유하고 있지 않다. 이 지역의 다른 나라들의 대부분은 NPT 가입국이다. 그러나 인도나 파키스탄은 NPT 미가입국이며 여러 가지 이유를 들어 전면안전조치를 수용하지 않고 있다. 인도는 NPT를 불평등 조약으로 간주하고 있으며 1974년에 핵장치를 폭발시켰고 파키스탄은 전해진 바에 의하면 핵보유 가능성이 있다. 대만은 1968년에 NPT에 가입하였으나 1995년의 무기한 연장에는 참여하지 아니하였다. 그러나 대만은 전면안전조치를 수용하였다. 북한의 원자력 계획은 큰 우려 사항이었으나 핵무기 등급 물질을 생산할 수도 있었던 원자로를 대신해서 경수로 원전을 건설해 주기로운 협약 (아직은 잠정적이지만) 이후 이러한 우려는 줄어들었다. 그러나 일각에서는 상황만 더욱 복잡해지고 제네바협약이 효과가 없을 것이며 단지 북한에게 시간만 벌여 주었다고 주장하고 있다. 세 번째는 이지역에는 남중국해역, 남아시아 문제처럼 불안한 상황이 존재하고 있다는 점이다. 이들은 민간차원에서 완전한 지역협력을 추진하기 위해서 고려해야 하는 매우 정치적인 쟁점들이 있다.

또 다른 문제는 핵무장 해제에 있어서의 산업계의 역할, 특히 세계를 핵무기로부터 해방시킴에 있어서 원자력 산업계가 단지 상업용 핵물질의 전용을 통제하는 차원에서 벗어나 그 리더쉽을 입증하여야 하는지에 관한 것이다. 냉전의 종식으로 핵군축 전망에 일대 전기를 맞이한 결과 핵군축으로 발생하는 핵물질을 다시는 핵무기로 전용하지 못하도록 할 필요성이 생겼다고 지적하였다. 즉, 이러한 전기가 국제 원자력산업계가 세계를 핵무기로부터 해방시킴에 있어서 리더쉽을 발휘할 기회를 갖게 되었다고 볼 수 있다.

원자력산업계는 이미 안전성 확보, 환경과 건강 보호, 평화적 이용으로의 국한 등 여러 가지 노력에 동참하고 있다. 여기에는 기술기준의 제정, 원전안전 운영 감시 (WANO와 INPO에 의한) 등이 포함된다. 원자력산업계는 또한 사고시 방사성 물질을 격납시키고, 저준위 방사선 방호를 위해서 상당한 노력을 하고 있다. 핵물질 통제를 위해서 산업계는 이미 잉여 플루토늄 및 고농축 우라늄의 관리에 협력하고 있다. 최근의 미국과 러시아간의 협정은 러시아의 잉여 군사용 핵물질을 저농축화하여 미국으로 보내고 이들중 일부를 미국의 원자로에서 이용할 수 있도록 한 사실이다의 대표적인 사례이다.

## 6. 지역협력 및 국제협력

원자력 개발은 고도의 국제적 협력과 규제를 통해서 이루어져 왔다. 통제와 규제 그리고 기술 정보 교환을 목적으로하는 많은 국제 기구와 조약이 운영중에 있다. 이외에도 산업계와 전문계에서도 높은 수준의 협력이 진행되고 있다. 대부분의 기술이전이 자유로우며 비공식적인 프로그램이 수행되었었으며 WANO와 같은 산업계 프로그램도 존재하고 있다. 또한 아시아와 관계있는 여러 프로그램 및 기구가 운영중이다. IAEA의 주관하에 1972년에 체결된 지역협력협약(RCA)에는 현재 아시아 태평양지역의 17개 국가가 가입하고 있다. 태평양 연안 국가들의 원자력 관련 단체들로 구성된 태평양연안원자력회(PNC)는 원자력 기술의 평화적 이용을 공유하기 위하여 회원 단체간의 협력을 추구하고 있다.

### 6.1. 지역협력

원자력 확대과정에서 아시아 국가들이 직면하는 도전에 대한 분석을 시도한 결과 원자력 안전, 방사성폐기물 관리, 핵확산 안전조치, 기술개발 등의 광범위한 분야에서 지역협력을 확대할 필요성이 있으며 기회도 존재한다는 점을 알수가 있었다. 지역내 원전 운영자, 정부 관리, 과학자, 규제 당국들이 합심하여 이 지역의 급속한 원자력 확대에 수반되는 문제들을 공동 노력으로 해결하기 위해서 지역내 원자력 협력을 증진할 필요성이 있다.

아시아 지역내 협력이 결실을 맺을 가능성은 매우 높다. 이는 협력 당사국들의 원자력 전문성, 경험, 필요성이 매우 다양하기 때문이다. 더구나 원자력의 대폭적 확대가 몇몇 아시아 국가들의 기존 기술능력과 통제 능력에 과중한 부담을 줄수가 있다. 제한된 기술 능력으로 원자력 확대를 추진한다는 것은 대중건강과 국제안보에 심각한 영향을 줄 뿐만 아니라 국가 원자력 프로그램의 생존성 자체에 영향을 줄수가 있다.

이러한 여건으로 인하여 아시아 국가들은 원자력발전소의 설계, 엔지니어링, 운전 분야에서 다음과 같은 종류의 생산적인 교류와 협력이 가능하다.

- 안전문화 함양
- 원자력 규제
- 교육훈련을 포함한 인력자원 개발
- 제삼자 책임 관련 분야 협력
- 원자력 교역
- 사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리
- 신형 원자로 및 후행핵연료주기 관련 연구개발
- 핵확산 방지

안전 분야의 예를 들면, 오랜 동안 많은 경험을 축적한 일본은 주변 아시아 국가들이 고도의 기술능력을 확보하기 위한 노력에 동참하여 얻을 것이 많다. 주변 국가의 원자력 안전성 확보가 일본이 원자력 대중 지지를 지속적으로 유지하는데 심각한 영향을 줄 것이 확실하기 때문이다. 유럽과 미국도 원자력 안전성에 대한 대중 이해가 어느 국가의 원자력 프로그램에서도 필수적임을 인식하여 이 목적을 달성하기 위해 노력을 하고 있다.

지역협력 강화 아이디어는 전혀 새로운 개념이 아니다. EURATOM과 비슷한 Asiatom 또는 Pacificatom에 대한 논의가 과거 몇 년동안 계속되었지만 아무런 결론도 얻지 못했다. 이는 아마도 개념 자체가 너무나 웅대했기 때문일 것이다.

아시아 지역협력기구의 과거 노력에 대하여 면밀히 분석한 결과 과거의 제안들이 모두 원자력 안전과 사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리를 중요한 지역차원의 과제로 삼고 있었으며 회원 자격의 유연성 부여 등 점진적 접근을 선호하고 있었다. 몇몇 아시아 인사들은 모든 분야에 대해서보다는 우선 가능한 분야에서부터 즉각적으로 추진해야 할 필요성을 강조하였다.

광범위한 차원에서의 원자력 및 핵연료주기의 효율적이고 안전한 관리에 관심이 있는 민간부문과 공공부문의 기관들로 구성된 새로운 협회의 설립을 고려하여야 한다. 이러한 협회는 현재 IAEA와 WANO의 역할을, 기존 프로그램과 중복, 상충되거나 기존 프로그램을 대체하지 않으면서, 보완할 수가 있을 것이다.

여기서 우리는 아태원자력협의체를 설립할 것을 제안한다. 이 아태원자력협의체는 아·태 원자력 협의회(Asia-Pacific Nuclear Association)라 칭할 수 있으며 정부간 기관이나 순수한 민간단체가 아니라 제 3 Sector의 정식으로 국제공인된 지역협력체로 조직할 것을 건의한다. 제 3 Sector 국제협력기관은 별로 존재하지 않기 때문에 APNA는 새로운 개념이 될 것이다.

APNA의 회원은 정부기관, 민간기업, 연구기관 또는 시민단체들이 모두 참여할 수 있어야 하며 APNA는 적어도 세 나라 이상의 공인을 받아 국제법상의 지위를 인정받아야 한다. 또한 상설 사무국을 두어서 업무를 기획하고 추진할 수가 있어야 한다.

APNA의 구성을 위하여 현존하는 Pacific Nuclear Council의 재편을 심각히 고려하여야 할 것이다. PNC는 이미 12년의 역사를 갖고 있으며 PNC의 내용은 PBNC를 중심으로 운영되어 왔다. 따라서 PNC를 상설 사무국으로 보강하고 인도 및 인도네시아 등 원자력국을 가입시키면 급속한 발전을 할 수 있다.

APNA의 설립은 이미 내용적인 연구가 이루어지고 있으며 일본의 ASIA-atom이나 Pacification보다 매우 현실적이다. Asia-atom이나 Pacific-atom이 Nuclear Safeguard를 포함하고 있는데 비해 APNA는 순수한 원자력 평화이용 증진을 위한 기구라 할 수 있다. 규제나 사람은 국제기구에 맡기고 순수한 기술향상 및 대중이해, 교육훈련에 중점을 두고 있다.

APNA에 관한 제안을 97년 11월 미국 알바커키시에서 열리는 PNC회의에서 예비협의를 갖고, 오는 4월 서울에서 열리는 INEA회의에서 심층토의 할 예정이다.

이를 위하여 한국 원자력계가 주도적인 역할을 할 것을 제의하며 아주대학교 에너지 시스템 연구센터에서 수행하고 있는 원자력산업의 세계화 연구결과를 활용하게 될 것이다.

## 6.2. 국제협력

비록 우리가 강조하는 것은 아시아의 지역협력이지만 아시아 지역 국가들과 그 외 지역의 국가들 간의 협력증진 가능성도 존재하며 이를 통한 상호 이익이 있을 것이다. 아시아 이외 지역의 몇몇 국가들은 그들의 경험을 전파해 줄 수 있으며 동시에 아시아의 급속한 원자력 개발경험(예를 들면 이들 국가에서 사실상 신규 활동이 없던 시절에 아시아 국가들이 개량형 기술을 개발한 사실)으로부터 배울 점들도 있을 것이다. 아시아가 원자력 프로그램을 강력히 추진하면서 전세계가 원자력을 필요로 할 때에 대비하여 원자력을 살려놓고, 원자력을 진보시키기까지 하고 있다는 점을 인식하는 것이 매우 중요하다. 특히 이러한 사려가 온실가스 방출을 제한하기 위한 국제협상이 추진되고 있다는 점에서 매우 중요한 것이다. 원자력 이용증가는 이러한 온실가스 배출을 억제하는데 도움이 될 것이다.

## 7. 결론

세계의 다른 지역에서는 원자력 발전이 정체되고 있는 반면에 아시아 국가들은 지속적인 용량증대를 계획하고 있다. 향후 20년~30년에 있어서 원자력시설 용량증가의 대부분이 아시아 지역에서 이루어질 것이다. 이는 아시아 국가들은 생활수준의 향상과 현대화를 추진하고, 에너지 안정성을 증진하고, 환경을 보호하고, 기술적 부수효과가 기대되는 고급기술로의 접근을 위해서는 전력부문의 급속한 팽창이 필요하며 이 과정에서 발전원간 균형을 유지하며 발전원 선택의 문을 열어놓아야 한다는 의지를 지니고 있음에 기인한다. 대부분의 아시아 국가들에서 이러한 동기는 공통적이다. 그러나 아시아 지역은 경제대국 중 하나인 일본으로부터 빈곤극복이 가장 시급한 과제이며 산업의 하부구조가 아직도 제한적인 빈국들에 이르기까지 다양하다.

그러나 아시아의 원자력사업을 확대하는 데에는 많은 기술과제를 해결해야 한다. 이들 기술과제들에 대한 대안들은 이미 고찰한 바 있다. 대부분의 대안들 또는 해야할 과제들은 이미 잘 알려져 있다. 문제는 실천이다. 실천없는 대안은 소용이 없다. 탁월한 지도력을 갖고 실천에 앞장서는 전문가 그룹이 있어야 한다.

이를 위해서 우리는 아시아 지역의 원자력산업의 건전한 활성화를 위하여 아태원자력협의체인 Asia-Pacific Nuclear Association을 설립할 것을 제안한다. APNA는 아시아의 특성을 감안하고 앞으로의 필요성을 충족시킬 수 있는 원자력산업의 세계화를 주도할 수 있는 지역협력기구가 될 것이다.

**표 1**  
**아시아 원자력 프로그램**  
**(1996년 12월 31일 현재)**

국가	가동중		건설중		계획중		총계	
	GWe	기수	GWe	기수	GWe	기수	GWe	기수
중국	2.3	3	3.2	4	7.2	8	12.6	15
대만	5.1	6	0	0	2.6	2	7.7	8
인도	1.8	10	0.9	4	4.9	10	7.6	24
인도네시아	0	0	0	0	1.8	3	1.8	3
일본	42.7	51	3.6	4	6.0	5	52.3	60
북한	0	0	0	0	2.0	2	2.0	2
파키스탄	0.1	1	0.3	1	0.3	1	0.8	3
남한	9.6	11	6.1	7	8.2	7	23.9	25
<b>총계</b>	<b>61.6</b>	<b>82</b>	<b>14.1</b>	<b>20</b>	<b>33.0</b>	<b>38</b>	<b>108.7</b>	<b>140</b>

자료 : Tatsujiro Suzuki, 전력산업 중앙연구소, 일본, "Securing Asian Energy Investments" : Geopolitics and Implications for Business Strategy" 심포지엄, 9월 11~12일, 1997, Cambridge, MA.

**표 2**  
**아시아와 세계 에너지 소비량(MTOE), OECD/IEA**  
**용량 제약 시나리오**

지역	1971	1993	2010
1. 세계	4998	8080	11793
2. 아시아	(679)	(1874)	(3388)
일본	(270)	(461)	(651)
동 아시아	101	431	619
남 아시아	72	251	658
중국	236	731	1460
3. OECD 북미	1770	2387	2996
4. OECD 유럽	1090	1441	1732
5. 중부/동부 유럽	1008	1354	1545
6. OECD 태평양 지역(일본제외)	(59)	(107)	(155)
7. 중동	55	288	577
8. 남미	142	290	484
9. 아프리카	77	215	419
10. 기타	118	124	497

자료 : World Energy Outlook, 1996 Edition, OECD/IEA, Paris 1996  
 (-) Atlantic Council 추정.

**표 3**  
**아시아와 세계 전력 생산량(TWH), OECD/IEA**  
**용량 제약 시나리오**

Region	1971	1993	2010
1. 세계	5281	12498	20907
2. 아시아	(677)	(2727)	(6393)
일본	(385)	(905)	(1523)
동 아시아	78	564	1419
남 아시아	76	419	1241
중국	138	839	2210
3. OECD 북미	2013	4044	5713
4. OECD 유럽	1270	2469	3445
5. 중부/동부 유럽	1001	1879	2401
6. OECD 태평양 지역(일본제외)	(66)	(191)	(290)
7. 중동	28	288	832
8. 남미	133	557	1030
9. 아프리카	91	343	802

자료 : World Energy Outlook, 1996 Edition, OECD/IEA, Paris 1996  
 (-) Atlantic Council 추정.

**표 4**  
**아시아와 세계 원자력 생산량(TWH), OECD/IEA**  
**용량 제약 시나리오**

지역	1971	1993	2010
1. 세계	111	2190	2608
2. 아시아	(9)	(350)	(671)
일본	(8)	(249)	(390)
동 아시아	0	93	193
남 아시아	1	6	19
중국	0	2	69
3. OECD 북미	45	747	756
4. OECD 유럽	51	818	835
5. 중부/동부 유럽	6	261	313
6. OECD 태평양 지역(일본제외)	(0)	(0)	(0)
(7. 중동)	0	0	0
8. 남미	0	8	23
9. 아프리카	0	7	10

자료 : World Energy Outlook, 1996 Edition, OECD/IEA, Paris 1996  
 (-) Atlantic Council 추정.

표 5

주요 아시아 국가들의 경제·사회 지표

국가	인구 (백만, 1995 중반)	GDP/인 (\$, 1995)	평균수명 (년)	도시 인구 (%/총인구, 1992)	에너지 소비 (1인당, kgoe 1992)	전력 소비 (1인당, 1994)	에너지 수입 (수출대비 %, 1992)	에너지 수입의존율 (%, 1994)
중국	1200	620	69	27	664		4	
대만	21	10260	75	77	2840	5394	7	95
인도	929	340	62	26	248	353	26	21
인도네시아	193	980	64	32	366	246	6	순 수출
일본	125	36640	80	77	3856	7427	16	81
말레이시아	20	3890	71	45	1699	1805		순 수출
북한								12
파키스탄	130	460	60	33	254	378	21	40
필리핀	69	980	64	44	316	343	22	71
남한	45	9700	72	74	2982	3508	19	86
태국	58	2740	69	23	769	1109	10	61

자료 : World Bank World Development Report 1997 - 세계개발지표 표1, 8

OECD Energy Balances of OECD Countries, 1994-5, Energy Statistics and Balances of Non OECD Countries 1993-4.

대만은 국가자료로부터 산출.