

2001 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

지속가능한 개발과 원자력
Sustainable Development and Nuclear Power

김승수

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

환경에 대한 관심이 국제적으로 고조됨에 따라 특정 기술의 지속개발가능성에 대한 문제가 중요한 쟁점사항이 되었다. 지속가능개발의 개념을 파악하였으며 이러한 분위기가 원자력의 미래에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 원자력의 지속적 발전을 위해 필요한 연구개발의 분야를 전망하였다.

Abstract

The sustainability of specific technology became the important issue in future development perspective as the environmental issue occupies the most priority in adopting the relevant technology. This study summarizes the concepts of sustainable development and analyses the nuclear future under the pressure of sustainable development. Also, it shows the fields that need the concentrated research in nuclear power.

1. 서 론

지금까지 전세계의 국가는 개발과 경제성장이라는 과정을 통해 생활수준의 향상을 피하고 산업사회의 틀을 확대해 왔다. 많은 선진국이 어느 정도의 경제부흥을 이룩한 현재에 와서 보면 성장이라는 목표속에서 우리 주변의 천연부존자원을 무분별하게 개발하였으며 이로 인한 환경파괴가 과거처럼 지속될 경우 인류의 생존을 위협할수 있는 심각한 상황이 발생할 수 있다는 데에 모두 공감을 하고 있다. 즉, 환경에의 부정적 영향을 최소화하면서 개발과 경제성장을 지속할수 있는 대안을 시급히 강구해야만 우리세대 뿐만 아니라 후세들이 원만한 생활을 영위할 수 있는 환경을 물려줄 수 있는 것이다.

지속적인 경제성장과 향상된 생활수준을 위해서는 적절한 에너지의 공급이 필수적이었으며 에너지의 사용과정에서 파생되는 유해물질들이 환경오염의 주된 원인이었다. 그러나 에너지의 생산과 소비는 앞으로도 지속되어야 하는데 과거의 에너지 소비가 선진국들에 의해 주도되었다고 한다면 향후의 에너지 소비증가는 개발도상국들의 소비행태에 의해 좌우될 것이고 이에 대한 결과가 미래세대에 직접적인 영향을 미치게 될 것이다.

선진국을 주축으로 한 OECD국가들과 전세계국가들을 구분하여 에너지소비추이를 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. 전세계와 OECD국가들의 에너지소비 비교(1997년 기준)

구 분	전세계	OECD
1차에너지소비량	9.52 Gtoe	5.07 Gtoe
1차에너지중 전력생산에 사용된 비율	약 37%	39%
1차에너지중 원자력의 비중	약 7%	11%
전력생산량(TWh)	13,950	8,840
평균전력소비량(kWh/인)	2,200	7,500
전력생산량중 원자력발전의 비중(*)	17%	24%

(*) : 1999년의 자료를 기준으로함.

2. 지속가능개발의 개념

지속가능한 개발의 개념은 1980년대 후반에 정립되었는데 영국의 "The Brundtland Report(1987)"에서 지속가능한 개발의 개념을 "다음 세대들이 그들 자신의 필요를 충족시키기 위한 능력을 저해시키지 않으면서 현재의 필요를 충족시키는 개발"이라고 정의하고 있다. 여기에서는 지속가능개발을 두가지의 개념(필요충족의 욕구, 현재와 미래의 욕구를 충족시킬수 있는 환경 능력에 대한 기술수준과 사회조직의 한계)에 기초하고 있다고 말한다.

지속가능개발에 대한 최근의 주장을 보면 Yamba(1998)는 지속가능성에 있어서 금융적, 경제적, 환경적, 기술적 지속가능성의 개념활용을 주장하였으며 Thorne and Rovere(1999)는 경제적, 환경적, 사회적, 기술적 지속가능성 등의 4가지 기준을 제안하였고 이를 측정하기 위해 8개의 지표를 개발하였다.

지속가능개발에 대한 개념 및 정의는 아주 다양하게 나타나고 있으며 각각이 처한 상황과 조건에 의해 기준이 유동적일수 있기 때문에 항상 고정된 하나의 기준을 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 지속가능개발의 개념을 둘러싼 주요한 측면을 보면 다음과 같다.

- 자본적 자산 : 미래세대가 이용할수 있도록 자본적자산을 물려준다는 전제하에 현재대가 가지고 있는 인공자산(도로, 항만 등의 기반시설), 천연자원(재생자원,비재생자원), 인적/사회적자산(지식, 보건, 과학, 기술, 문화 등)들에 대해서 적절한 부와 이를 관리할 수 있는 능력을 제공함으로써 후손에게 적절한 자산을 물려주게 된다.

- 위험과 불확실성 : 지속가능한 개발은 미래와 관련된 것이기 때문에 본질적으로 위험과 불확실성을 내포하고 있으며 연구개발과 기술혁신을 통해 이를 감소시킬수 있다. 또한 개발의 결과가 심각할지도 모르기 때문에 과학적으로 안전성이 입증될때까지는 예방 및 안전조치를 수행해야 한다.

- 형평성과 참여 : 인간의 기본적인 욕구를 충족시킬수 있는 생활수준을 마련하면서 세계 각국간의 형평성을 유지하는 것이 필수적이다. 선진국과 개발도상국들은 각국이 가지고 있는 인적/물적자원의 보유정도가 아주 다르기 때문에 각국간의 형평성 제고를 이루기 위한 중요한 자원이전, 보건 및 환경목표를 충족시키기 위한 협력사업이 필요하다.

- 천연자원 : 지속가능한 개발을 위해 필요한 필수적인 자산으로써 비재생자원의 경우 소비를 줄이거나 효율을 증가시킴을 통해 에너지와 자원사용량을 줄이는 것이 필요하며 재생자원(물,공기,토지 등)은 오염에 노출되어 있기 때문에 쉽게 파괴될 수 있으며 보존과 관리

가 한층 어려운 자원이다.

○ 연구개발, 기술혁신 : 에너지서비스의 수요증가를 충족시키면서 전체 환경영향은 줄여야 하는 문제를 해결하기 위해서는 에너지분야의 연구개발은 필수적이며 미래세대에 걸쳐 경제적, 환경적, 사회적 목표에 대한 에너지의 영향은 기술혁신에 의해 좌우될 수 있다.

○ 가치판단과 비교 : 현세대 및 미래세대가 보유하는 모든 자본적 자산들에 대해 합리적이고 일치된 가치부여의 기준을 찾는 것은 매우 어렵다. 발전의 경우 각각의 에너지자원들은 서로 다른 보건영향 및 환경영향을 유발시키고 있다. 다양한 영향들을 정량적인 지표로 평가하는 것이 어렵지만 가치판단의 목적은 의사결정에 요구되는 요인들을 투명하게 하자는 데에 있다. 현재 환경지표, 인적지표, 사회적 지표 등을 자산의 변동내역에 포함시키려는 노력이 이루어지고 있으며 다양한 에너지 자원들에 대한 종합적인 지표의 개발이 진전되고 있다.

○ 시간적 가치(할인율) : 지속가능한 개발은 미래세대에 대한 활동과 자산에 대해 관심과 명시적인 가치부여를 포함하고 있다. 현재와 미래의 비용/수익을 평가함에 있어서 적용되는 할인율은 각국의 경제상황에 따라 매우 다르게 나타나고 있는데 높은 할인율은 현재에 대한 강한 선호도를 의미하게 된다. 자본집약적인 프로젝트들이 광범위한 공공 정책목표달성의 대안이 될 수 있도록 하기 위해서는 낮은 할인율의 적용을 유도하거나 잠재적인 미래 이익을 평가하는 수단이 새로이 강구되어야 한다.

○ 정책/경제적 수단 : 지속가능한 개발을 달성하기 위한 수단으로 정책적 수단(환경평가, 교육, 정보 등)과 경제적 수단(경제적 규제, 세금, 보조금, 허가권 거래제, 환경외부비용고려 등)이 중요하게 작용하고 있다.

○ 기후변화 : 가장 핵심적인 쟁점사항 중의 하나이며 기후변화의 과학적 측면을 이해하고 이에 대처할 수 있는 방법들에 대한 논의가 국제적으로 활발히 진행되고 있다. 기후변화협약 체제내에서 채택된 교토의정서(1997년 12월)는 중요한 의미를 지니고 있다.

3. 지속가능개발과 원자력

원자력이 지속가능개발의 범주에 포함되느냐의 문제는 최근에 와서 논쟁의 초점이 되어왔다. 특히 기후변화협약과 관련하여 원자력이 청정개발체제(Clean Development Mechanism : CDM)사업에 포함되느냐의 문제는 선진국과 개도국, 비정부조직 간의 의견대립이 팽팽하게 맞서왔는데 이것의 중심에는 원자력의 지속가능개발이 위치하고 있었다.

교토의정서 12조 2항에 의하면 CDM 목적중의 하나가 비부속서-I 국가들이 지속가능개발을 달성하도록 도와주어야 한다. 그러나 지속가능개발의 정의와 구분이 명확하지 않고 정량적으로 측정될수 없는 것으로 주장하기도 한다(Solow, 1993). 한편, 개발도상국은 지속가능한 개발을 촉진시키기 위해서는 기술이전이 많이 되거나 자금지원이 풍부한 사업을 선택하는 것이 바람직하다고 한다(Matsuo,1999).

또한 CDM사업을 구분하는 과정에서 제한적 요소가 많으면 지속가능개발이 활성화되지 않고 복잡성만 증가시켜 거래비용만 증가시키게 되는 결과를 초래할 수도 있게 된다고 한다(Timilsina & Lefevre, 2000). 극단적인 의견으로, CDM사업의 선택 기준으로서 지속가능개발을 고려할수 없다고 주장하기도 하지만 CDM을 효율적으로 설계하기 위해서는 지속가능한 개발을 사업선택의 기준으로 적용하지 말고 CDM의 전반적인 추구정신으로 이해해야 한다고 주장하기도 한다.

제6차 당사국총회에서 원자력의 CDM 대상사업 포함문제가 중요한 쟁점중의 하나로 다루어졌으며 원자력에 관련하여 제시된 의장초안은 다음과 같다.

- CDM 대상기술이 지속가능한 개발에의 부합여부는 당사국 스스로 결정함.
- 부속서-I 국가는 CDM으로서 원자력 사용의 자제를 선언함.
- 신재생에너지와 에너지효율향상사업에 우선순위를 둔.

위의 의장초안을 가지고 논의를 벌인 결과 “부속서-I 국가는 CDM으로서 원자력사업의 개발을 자제한다”는 것으로 잠정 합의되었지만 “자제”라는 용어를 사용함으로써 원자력의 포함여부에 대해 해석의 여지를 남겨두고 있다.

위에 설명한 것처럼 원자력이 지속가능한 개발이라는 목표에 부합되는가 하는 문제는 많은 사람들의 관심사항이며, 여러 가지 의견과 논리가 상존하고 있다. 원자력에 찬성하는 사람들은 원자력이 많은 환경오염 물질을 배출하지 않는 기술지향적 발전원일 뿐만 아니라 문제가 되고 있는 방사성 폐기물도 현재의 기술과 적절한 비용으로 안전하게 처리될 수 있기 때문에 다음 세대에 부담으로 작용하지 않을 것이며 따라서 지속가능한 개발이라는 목표에 부합된다고 주장하고 있다.

반면에 환경론자들은 비롯하여 원자력에 반대하는 많은 사람들은 비록 원자력이 발전 과정에서는 환경오염 물질을 배출하지 않지만 이 보다 더욱 위험한 방사성 폐기물을 배출할 뿐만 아니라 이의 처분 및 관리에는 과학자들이 제시하는 것보다는 훨씬 많은 비용이 소요되며, 또한 우라늄의 채광에서부터 원자력발전소의 해체 및 폐기물 관리의 전 과정에서 발생하는 환경오염 물질을 배출량은 화석연료 발전원에 비해 작지 않다고 주장하고 있다.

방사성폐기물의 관리를 위해서는 처분장의 건설, 운영, 영구폐쇄까지 수 백년의 오랜 기간이 소요되기 때문에 폐기물의 관리 문제에는 미래에 대한 불확실성이 존재할 수밖에 없다. 따라서 원자력이 과연 지속가능한 개발이라는 목표에 부합되는가 하는 문제는 인류 전체의 찬성 또는 반대를 유도해 낼 수 없는 성격을 갖고 있다. 이에 대한 판단은 현재의 과학 및 기술에 대한 신뢰를 바탕으로 개인의 신념에 달려있으며, 개인 또는 국가가 처해 있는 상황에 따라 결과가 크게 달라질 수 있다.

이러한 관점에서 원자력이 지속가능한 개발이라는 목표에 부합되는가를 평가하기 위해서는 경제적, 환경적, 사회적 영향 측면에서 장단점들을 분석하여야 한다. 즉 원자력 에너지가 지속가능한 개발이라는 목표를 달성하는데 얼마만큼 또한 어떤 조건에서 기여할 수 있는가를 분석하여야 한다. 또한 이러한 분석을 바탕으로 원자력과 다른 에너지원들을 지속가능한 개발 측면에서 비교·평가할 수 있는 지표들이 개발되어야 한다. 객관적이고 투명한 과정을 통해 개발된 지표들을 통해 의사결정을 수행하여야만 이러한 논의의 결론에 이를 수 있을 것이다.

여기서는 위의 세가지 측면에서, 원자력과 다른 에너지원들을 비교·평가할 수 있는 몇 가지 주요 요인들을 간략히 설명하였다.

우선 경제적 측면에서 볼 때, 경제적 효율성은 지속가능한 개발의 기본적 구성 요인이며, 어떤 상품이나 활동의 모든 사회비용을 시장가격이 반영한다면 가격경쟁력은 아주 적합한 지표이다. 이러한 관점에서 원자력 에너지의 경제적 측면은 시장 경쟁, 외부성, 보조금 등의 적용 가능한 기준들을 고려하여 검토해야 한다. 또한 의사결정의 기초로 사용될 비용추정은 할인율의 크기에 의해 크게 좌우된다. 미래의 가치를 높게 평가하는 낮은 할인율하에서는 원자력에너지와 같이 자본집약적인 기술의 경쟁력이 높아지게 되는데 이는 지속가능한 개발의 개념에도 부합한다. 따라서 새로운 개념

의 원자력발전소는 기존발전소에 비해 비용을 낮추고 건설기간을 짧게 하며 안전성이 더욱 강화된 형태의 것으로 개발되어야 할 것이다. 또한 연구개발에 대한 정부의 지원은 그 결과가 사회복지, 환경보호, 지속가능한 개발 등과 같은 공공정책목표에 얼마나 기여할 수 있는가에 따라 정당화될 수 있다.

두 번째 환경 측면에서 볼 때, 천연자원 관리, 기후변화, 대기 및 수질, 생물다양성 및 토지개발 등을 판단 근거로 들 수 있다. 특히 원자력의 환경 측면에서의 노력 및 역할을 간략히 살펴보면, 원자력으로부터 발생하는 환경 측면의 위험은 주로 방사능 배출과 방사성 폐기물에 기인하는데 선진국의 원자력산업은 원자력에서 발생한 환경 위험이 독립적인 규제기관에 의해 정해진 사회적 허용 수준 내에서 관리되도록 많은 노력을 기울이고 있다. 원자력발전 자체로는 산성비, 도시 스모그 및 오존층 파괴를 야기하는 가스 또는 분진을 방출하지 않는다. 핵연료주기 전체로부터 발생하는 탄소화합물은 무시할 만하다. 1GWe 원전 1기가 생산하는 발전량을 석탄발전소로 대체하였을 경우 발생하는 탄소는 1.75 백만톤이며, 석유발전소로 대체하였을 경우 1.2 백만톤, 천연가스발전소로 대체할 경우 0.7 백만톤이 발생하므로 이를 상쇄하는 효과를 갖는다. 실제 수치는 발전 용량, 화석연료 발전소의 효율, 연료 특성 등에 따라 달라질 수 있다. 또한 원자력발전소는 SOx, NOx, 분진 등을 방출하지 않기 때문에 국지적인 대기 질 향상에도 기여한다.

세번째로 지속가능한 개발의 인간적, 사회적 측면은 지식, 교육, 고용 기회, 인류 복지, 형평 및 참여 형태 등의 인적 자본과 효율적 제도 및 자발적 협력, 법률의 공정성, 사회적 응집력 등의 사회적 자본으로 구성된다. 이러한 관점에서, 일련의 다른 선진 기술과 마찬가지로 원자력이 해결해야 할 분야도 인적 및 사회적 자본에 대한 순수한 공헌과 국민 이해 및 위험과 이득의 다양한 인식에 대한 설득이라고 말할 수 있다.

원자력을 포함한 에너지 분야에서의 지속가능한 개발에 관한 지표들의 개발은 현재 OECD 및 IEA에서 관심을 갖고 수행하고 있다. 이 지표들은 부문별 또는 자원별 지표일 수도 있으며, 지속가능한 개발의 진척도를 측정할 결과 또는 요약 지표일 수도 있는데, 에너지 분야와 관련하여 지표로서 나타낼 수 있는 항목들은 다음과 같다.

- 공급 가능한 자원 및 지역적 편재
- 국제간의 교역
- 환경(예: 이산화탄소 배출)과 관련된 에너지 사용 밀도 및 물질 흐름 (일인당, GNP 한 단위당 또는 최종 생산물 한 단위당, 예 : 전기 kWh 당)
- 각각의 다른 집단들에 대한 보건 영향
- 어떤 물질에 대해 환경이 받아들일 수 있는 한계
- 토지 사용 및 자연 서식지에 대한 영향
- 주요 환경 영향 또는 회복 불가능한 환경 영향을 야기할 가능성

이러한 지표들은 여러 종류의 환경영향에 대해서 설정될 수 있는데, 예를 들면 생물 다양성, 기후변화, 겨울 및 여름 스모그, 호수 및 강의 생물들의 산소 수요, 유해 화학물질 등이 있다. 지속가능

성의 판단을 위해서는 비록 구체적이지는 않지만, 다음과 같은 항목들도 중요하다. 예를 들면, 교육, 훈련, 재정지원 및 연구개발에 대한 정부의 정책, 마케팅 및 소비자 가치, 보건 및 환경의 가치 측정, 보건이나 안전의 질적인 측면뿐만 아니라 환경 및 경제적 규제의 질, 제도의 효율성 등을 들 수 있다.

현재의 과학적 지식 수준에서 볼 때, 각각의 활동 및 영향에 적합한 지표부터 개발하기 시작하여 이들을 하나의 단위로 통합해 나가는 것이 옳은 방향인 것으로 판단된다. 지속가능한 개발의 진척도를 평가하여 여러 가지 에너지원간에 비교한다는 것은 어려운 작업이므로 이를 해결하기 위해서는 가장 중요한 인자들을 찾아내어 여기에 집중하는 것이 바람직할 것이다.

그러나 원자력분야의 지표들이 하나의 지표로 통합되었을 때 그 자체로써 어떤 의미를 갖는지는 명확하지 않다. 오히려 원자력 에너지 분야의 지표들은 신규 에너지 및 전력 수요에 대해 지속가능한 개발이라는 관점에서 최적 전원 구성을 선택하는데 더 의미가 있을 것이다. 따라서 지표들은 본질적으로 서로 비교가 가능한 지표이어야 하며, 또한 지표의 절대값이나 상대값 모두가 의미가 있는 지표이어야 한다.

4. 결론

개발과 성장만을 추구해온 산업사회의 파생물이 환경의 파괴와 부존자원의 고갈이라는 부작용을 초래했기 때문에 최근의 국제사회의 흐름은 이러한 부작용을 최소화하면서 경제성장을 지속하고 미래세대에 유용한 자본적 자산을 물려줄 수 있는 대안을 마련하고자 노력하고 있다. 이것을 지향하고 있는 지속가능한 개발의 추구정신은 사용되는 기술의 외부적 파급효과를 충분히 고려함으로써 사용가능성에 대한 제약을 가하기에 이르고 있다.

특히, 원자력의 지속개발가능성에 대한 논의가 중점적으로 다루어짐에 따라 원자력산업계가 지향해야할 기술발전의 방향을 더욱 뚜렷이 조명하고 있다. 즉, 경제성 측면에서의 경쟁력을 확보하는 것 이외에도 방사성폐기물의 안전한 관리, 원전 운전의 안전성 문제, 핵확산의 방지 등의 부정적 인식 대상들을 신뢰성 있게 해결하느냐에 따라서 원자력의 미래가 좌우될 수 있다는 점이다. 따라서, 원자력의 경제성을 제고시키는 노력과 함께 집중적인 연구개발과 국제간의 긴밀한 공조체제를 통해 원자력에 대한 부정적 인식을 해소하도록 노력해야 할 것이다.