

전과정평가를 통한 원전의 환경영향 평가 연구

정 환삼, 문기환, 강명휘*
한국원자력연구소, * (주)에코프런티어

An Environmental Impact Assessment of NPP with the Life Cycle Assessment

Chung, Whan-Sam*, Moon, Ki-Hwan*, Kang, Myung Hwi**
* Korea Atomic Energy Research Institute
** Eco-Frontier Co.

요 약

본 연구에서는 2002년 여름 개최되었던 세계지속가능정상회의에서 채택한 이행계획을 통해 전과정평가의 중요성을 분석하고, 이 방법을 우리나라에서 가동되고 있는 두기의 원전에 적용하여 환경영향을 분석한다. 이 분석에서는 원전의 가동단계에 해당하는 운전·유지과정을 분석하였다. 여기에는 투입물과 배출물 정보를 모두 사용하였다. 분석시 영향법주는 원전 가동에 따른 자원고갈을 비롯하여 지구온난화와 산성화를 분석하였다.

1. 전과정평가 활용 현황과 2002-WSSD

가. 전과정평가 활용 현황

세계 각국에서는 UN의 권고에 따라 경제·사회·환경을 통합하는 미래지향적 관점에서 국가의 지속적인 발전과 국민복지의 증진을 위하여 지향해야 할 국가 목표와 정책방향을 제시하는 「국가지속가능발전전략」을 수립해 오고 있다. 우리나라도 먼저 1단계로 국토관리, 교통, 수자원관리, 해양수산, 유해화학물질관리, 산림, 에너지, 산업, 농업, 과학기술 등 개발과 보전에 관련된 10개 정책분야별

지속가능발전전략 수립을 추진하고 있다. 2002년 말까지 10개 정책분야별 지속가능발전전략을 종합하고 2002년 지속가능발전세계정상회의(2002-WSSD; World Summit on Sustainable Development) 논의결과 및 권고사항 등을 반영한 「국가지속가능발전전략에 대한 기본구상(안)」을 작성하며, 이를 토대로 2003년부터 소비행태, 빈곤문제, 사회복지 등 사회경제 부문까지 포괄하는 국가지속가능발전전략 수립을 본격적으로 추진할 예정이다. 10개의 정책 분야 중에서 산업 분야와 유해화학물질 분야는 전과정평가(LCA; Life-Cycle Analysis)의 개념을 이용하여 관리를 하게 된다.

<표-1>은 산업활동 단계별 국제적인 환경조치와 관련 산업을 나타내는데, 이 표를 통해 산업활동에 있어서도 지속가능 개념이 도입된 지속가능 산업을 추구할 필요성이 부각되고 있음을 알 수 있다. 또한 국제적으로 이루어지고 있는 많은 환경조치는 궁극적으로 LCA 관점에서 이루어지고 있기 때문에 이에 대비하기 위해서 정부는 다음과 같은 정책을 추진하고 있다.

- 폐기물 자원화 기반을 조성하여 생산과 유통·소비의 경제활동 전 과정에서 폐기물 발생을 최소화하고, 생산자 폐기물 재활용의 책임을 강화하는 자원순환형 시스템 구축
- LCA, 자원·환경요소를 고려한 설계(DfE) 등 환경 경영체제 확산
- 전 산업을 대상으로 생산과 소비를 연계시켜 제품의 생산, 유통, 소비, 폐기의 모든 단계에서 생태적 효율성(eco-efficiency)을 제고시키기 위한 'Factor X' 프로젝트 지원 강화
- 공급망 관리(SCM: supply chain management)를 통한 환경경영 및 청정기술 확산

그리고 경제성장 더불어 화학물질의 유통·사용이 급격히 증가하여 현재 국내에는 3만6천종의 화학물질이 유통중이며 연간 200여종의 신규화학물질이 시장에 진입되고 있다. '92년 리우회의 이후 지속가능한 발전의 달성을 위하여서는 화학물질의 생산·사용·배출 단계에 있어 적정관리의 필요성에 대하여 국제사회는 인식을 같이하고 있다. 이에 따라 "의제21 제19장"에서는 분야별 정책의 통합적인 실행을 위하여 위해성평가실시, 위해도수용성확보 및 위해성 관리라는 접근방식의 도입·운영 필요성을 강조하고 있다.

-
- 1) "지속가능한 산업이란 현재 및 미래 세대의 삶의 질 향상과 동시에 국가경쟁력을 제고하기 위하여, 산업활동의 전과정(life cycle)에서 천연자원의 사용과 환경오염을 최소화시키고 자원의 수명을 연장시킴과 동시에 생산성 향상을 통해 지속적인 산업활동이 가능하도록 하는 것"을 의미함
 - 2) 예를 들어, 'Factor 4'는 자원사용 및 오염물질배출은 절반으로 줄이는 동시에 생산은 두 배로 향상시켜 복지를 4배로 제고하는 것을 의미함

<표-1> 산업활동 단계별 환경조치와 관련산업

활동 단계	비상	중상	중하
원료 조달	몬트리올의정서	CFCs등 오존층파괴물질의 생산/사용 규제	자동차,전자, 화학,정밀기기
	바젤협약	유해폐기물 국경간 이동 규제	철강,제지
	국제열대목재협정	열대림 보호를 위한 열대산 목재 채취 규제	가구,제지
	생물다양성협약	생물자원의 합리적 이용	제약,화장품 등
제조/유통	기후변화협약	온실가스 배출 규제	에너지,화학,제조업
	기술장벽협정	환경보전을 위한 기술규제	제조업
	공정 및 생산방식	환경오염 유발 제조공정/생산방법 규제	모든산업
소비	탄소세/에너지	기후변화효과를 통한 에너지사용 억제	제조업,서비스업
	연비/배기가스	자동차 사용에 따른 대기오염 억제	자동차, 부품
	에너지효율등급제	에너지사용의 효율성 제고	전자,자동차
	환경마크제도	환경친화제품 소비장려	소비재산업
폐기	경고라벨부착	유해물질함유제품 소비억제	전자,자동차
	폐기물재활용의무화	수거체계 수립 및 재활용 유도	자동차,전자,제지, 유리,플라스틱,전선
전과정	용기규제	자동차에 사용되는 용기사용 규제	자동차
	ISO 14000	환경경영체제 구축 및 환경감사	모든 산업

나. 2002-WSSD

2002-WSSD에서 8월 24일부터 진행된 이행계획(Plan of Implementation)의 문헌상중 전력분야가 속한 에너지분야는 가장 늦게 타결되었다. 에너지 분야의 타결 문안을 요약하면 다음과 같다.

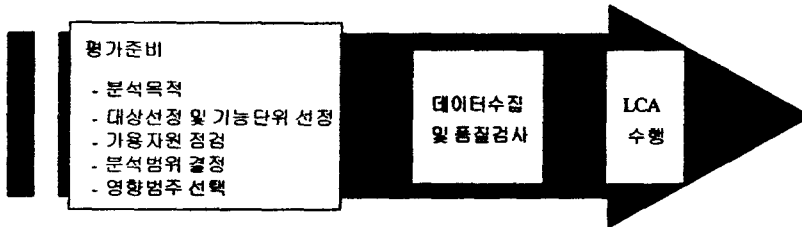
- 재생에너지 비율확대와 관련하여, 화석연료기술, 대체에너지기술(수력 포함) 및 이들 기술의 개도국으로의 이전을 포함하여, 보다 효율적인 에너지 기술을 개발함으로써 에너지 공급을 다양화하고, 국가목표와 자발적인 지역목표 및 선도자의 역할을 인식하고, 전체 에너지 공급에서 재생에너지원 비율을 실질적으로 증가시키는 것으로 합의하였다.

- o 에너지 보조금은 개별국가들의 각기 다른 개발정도와 특수한 조건을 고려하여, 지속가능발전을 저해하는 에너지 분야 보조금을, 적절한 경우, 단계적으로 철폐하는(phase out)하기로 합의.

여기에서 LCA의 유용성에 대한 언급은 제3장의 '소비와생산에서의비지속성변화'에서 14(a),(c)문단에서 지속가능한 소비와 생산을 위해서는 '전과정분석(Life-Cycle Analysis)'과 같은 적절하고 과학에 기반을 둔 기법의 활용을 강조하면서 인체건강과 안전에 관한 자발적인 정보제공수단의 개발을 촉구하도록 언급하고 있다⁴⁾.

II. 원전의 환경영향 평가

LCA에 따른 평가방식을 요약하면 <그림-1>과 같다.



<그림-1> LCA에 따른 환경영향 평가과정

이에 따라 본 논문의 분석내용을 요약하면 다음과 같다. 본 고에서는 원전의 운전·유지 단계에서 미치는 환경영향을 분석하는 것을 목적으로 한다. 원전의 기능은 발전에 있으므로 분석의 기준이 되는 기능단위는 GWh로 하였다. 이를 위해 대상이 되는 원전은 우리나라에서 운전중인 대표적인 원전을 대상으로 하

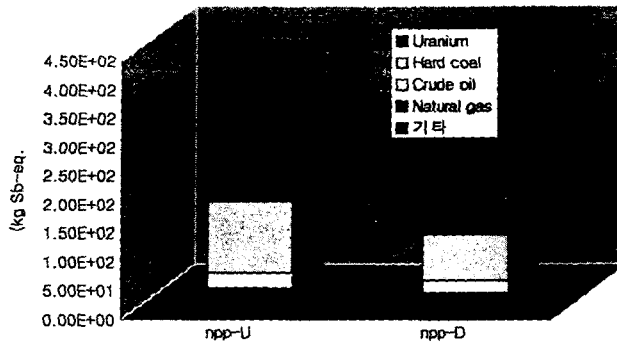
- 3) 당초 협상과정에서 EU는 2010년까지 1차 에너지 공급의 15%를 대체에너지로 할 것을 주장; 미국, 일본, 77그룹은 목표연도나 대체에너지 비율 등 수량적인 목표설정에 반대
- 4) 2002 WSSD에서는 에코라벨링(성적표지)제도가 후진국에 대한 무역규제의 수단으로 작용할 것을 우려하여 포함하지는 않았다. 제품의 환경영향 정보제공은 세계적으로 ISO14020's에서 Type-III 제도로 기준이 완료되어 있으며 우리나라의 경우 2001년부터 시작되었고 정보제공을 위해서는 LCA의 수행을 요구하고 있다.

였다. 여기에서는 연구결과에 대한 해석 단계를 아직 수행하지 않은 관계로 특정 원전의 이름을 거론하는 것은 피하고 편의상 원전-U와 D로 칭한다. 환경영향 범주는 자원고갈, 지구온난화 그리고 산성화에 대해 분석한다.

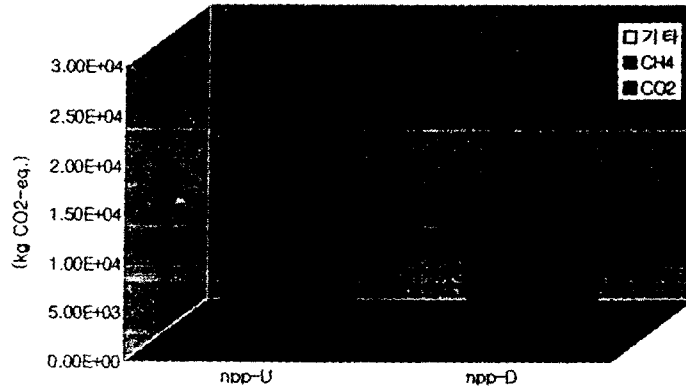
특히 지금까지 원전의 환경영향 분석에서는 가동단계에서 지구온난화나 산성화 물질의 배출을 무시했으나, 이는 기존의 분석방법이 배출단에서의 발생량을 기준으로 분석하는 기존의 방법에 따를 때의 평가법이다. 이에 비해 LCA 분석에서는 투입물들이 만들어지는 전과정 즉 이들을 만들기 위해 들어가는 원료의 채취에서부터 생산과 조달 그리고 폐기에 이르기까지의 전과정을 분석 대상으로 하기 때문에 원전에서 사용하는 원전연료, 비상발전원 시험운전을 위해 쓰이는 경유의 사용 등 모든 물질이 분석대상으로 망라된다.

분석대상으로 삼은 원전-U와 D는 모두 1990년대 후반에 지어진 원전으로 우리나라에 가동되는 원전을 대표할만한 운전성능과 가동기간을 보유하고 있다. 이들 원전에 대해 환경영향을 분석하기 위해서는 발전소에 투입되는 원·부자재 투입량 자료와 사용한 장갑이나 폐수 등 배출되는 산출물 자료를 활용하였다. 이들에 관한 자료는 주로 원전운영사에서 발간하는 연보자료를 주로 활용하였다.

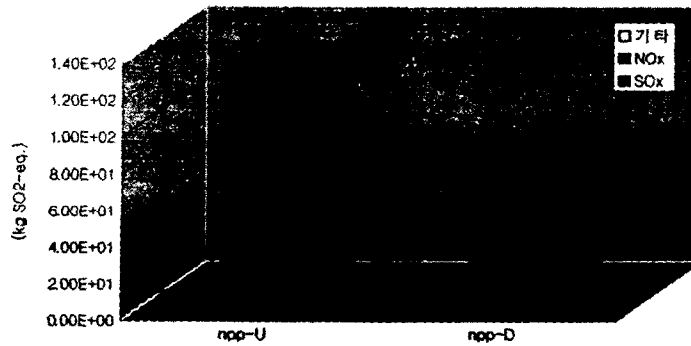
LCA 수행결과를 정리하면 다음의 그림과 같다.



<그림-3> LCA를 통한 자원고갈 영향평가 결과



<그림-4> LCA를 통한 지구온난화 영향평가 결과



<그림-5> LCA를 통한 산성화 영향평가 결과

V. 결론 및 향후 추진 방향

LCA분석을 통해 살펴본 바와 같이 원전의 운전·유지 단계에서도 지구온난화와 산성화 영향 물질이 유발된다. 이 분석은 기존의 배출단 측정 평가로는 알아낼 수 없었던 결과이다. 다만 이상의 분석 결과에서 주의할 점은 원전에서 발생

한 이들 영향물질의 배출량이 다른 대체기술에 비해 얼마나인가 하는 것을 분석할 필요가 있다.

그러나 본 연구에서는 다른 발전원과의 비교는 생략하기로 한다. 또한 더욱 중요한 것으로 위에 나타낸 원전간의 배출결과는 비교하기에 충분치 못한 배경을 갖고 있다. 비교를 위해 수행된 연구가 아니기 때문에 자료의 수집 범위와 품질 조건이 다를 수 있기 때문에 비교의 의미는 없다.

미래사회로 갈수록 전력은 신규수요와 대체수요의 증가로 지금보다 많은 량의 공급을 요구할 것이다. 이 때문에 환경문제에 있어 전력산업의 영향이 점증할 것이고, 따라서 전력의 청정공급 체계 구축은 국제규범의 수립과 무관하게 국민복지나 환경보존의 차원에서도 필연적이다. 이를 위해서는 발전원에 대한 환경영향 분석도 2002-WSSD의 소비와 생산 분야에서도 언급된 바와 같이 보다 포괄적이고 과학적인 방법을 통해 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

1. 정책분야별 지속가능발전전략, 지속가능발전위원회, 2002. 9.18
2. 지속가능한 산업발전 전략, 산업자원부, 2002. 9
3. 지속가능발전 세계정상회의(WSSD) 참가보고, 환경부, 2002. 9
4. 정환삼 외, "전원별 환경영향 평가를 위한 수명주기분석기법 적용 방안 연구", 1998 에너지공학회 추계학술발표회, 1998.
5. K. Nishimura et al., "Estimating Embodied Energy of Goods Using the Input-Output Table", CRIEPI Report No. Y95007, 1996
6. Lawrence J. Hill et al., "The Principles of Life-Cycle Analysis", ORNL/TM-13178, 1996