

## 전원별 환경영향 평가를 위한 수명주기분석기법 도입 필요성 연구

정 환삼, 윤성원, 양맹호, 김현준, 이병운  
한국원자력연구소

### Necessity Analysis to Introduce LCA in Environmental Impact Assessment on Electricity System

Chung, Whan-Sam, Yun, Sung-Won, Yang, Maeng-Ho, Kim, Hyun-Jun, Lee, Byoung-Oon  
Korea Atomic Energy Research Institute(KAERI)

#### 요 약

지구온난화에 영향을 미치는 온실효과 가스 배출을 저감해야하는 세계적 규범 하에서 전력분야에서는 오염원의 배출 저감기술 개발에 노력해야 한다. 이러한 노력에 못지 않게 중요한 것은 배출원인과 양을 정확히 측정할 수 있는 능력의 배양이라 할 수 있다.

본 연구는 전력의 환경영향 정도의 평가에 있어 수명주기분석의 유용성을 인식하여 이에 따른 개념소개와 도입의 필요성을 피력하고, 이를 발전소의 전원별 환경영향 평가에 유용하게 적용할 수 있음을 사례분석을 통해 간략히 검증한다.

#### 1. 수명주기분석

수명주기 분석은 성숙한 산업사회로 대변되는 현대의 복잡한 사회에서 발생하는 제반 반대급부의 문제와 여기에서 야기되는 영향을 취급하는 시스템 접근법(system approach)의 하나이다. 이 분석은 재화나 용역 혹은 기술의 수명주기 전반에서 발생하는 제반문제, 특히 환경문제를 중심으로 사회에 미치는 영향을 종합적으로 연구하는 것이다. 그리고 경우에 따라서는 여기서 나아가 복합적 문제로 인해 복잡한 환경영향을 미치는 각 요소를 명확하게 하는 것으로 환경부하를 줄이는 구체적인 해결책의 강구에 도움이 되기도 한다.

이러한 수명주기분석 노력은 서구 선진국에서는 일찍이 1970년경부터 이루어져 왔으나 우리 나라에서는 그 동안의 급속한 경제성장과 개발논리의 지배로 관심을 끌지 못하다가 1990년대에 들어서야 비로소 민간부문의 상품들에 대한 환경특성 평가를 위해 시험적으로 적용되고 있다. 그러나 아직 그 활용이 활발한 편은 아니다.

본 연구에서는 수명주기분석의 유용성에 비추어 개념소개와 도입의 필요성을 피력하고, 이를 최근 세계적으로 점차 구체화되고 있는 환경규제와 이행의 필요성에 비추어 발전소의 전원별 환경영향 평가에 적용할 수 있는지를 사례분석을 통해 간략히 검증한다.

## II. 전력산업에의 적용 필요성

오늘날 지구환경의 가장 직접적이고 시급한 위협이 바로 지구온난화를 비롯한 기후변화이며, 이러한 위협에 어떻게 대처할 것이냐의 문제는 지난 10년간 국제사회의 최대 관심사였다고 할 수 있다.

이러한 관심사에 따른 국제사회의 움직임은 1980년 후반 경부터 지구를 살리자는 대책이 UN을 중심으로 하여 세계기상기구(WMO), 환경계획(UNEP) 그리고 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC) 등에서 본격적으로 논의되기 시작하였다. 이러한 움직임은 마침내 1992년 5월 리우에서 개최되었던 '지구환경개발 정상회의'에서 기후변화협약을 채택하면서 지구온난화에 대응하기 위한 기본방향과 세계적 노력의 틀이 갖추어졌다. 이러한 노력은 1997년 12월 교토에서 개최된 제3차 협약당사국 총회에서 선진국들이 중심이 된 소위 Annex I 국가들에 대해 각기 2008년에서 2012년까지 달성해야할 온실가스 저감목표량을 정한 '교토 프로토콜'을 채택함으로써 기후변화 대책은 보다 구체적인 실천의 단계에 접어들고 있다. 특히 1998년 11월 2일부터 아르헨티나 부에노스아이레스에서 시작된 기후변화협약 4차 총회에서는 온실가스 배출권리를 국가간에 거래할 수 있도록 하는 유연체제(flexibility mechanism) 도입과 의무감축국 확대를 중점적으로 다룰 예정으로 여기에서 선진국과 개도국들이 첨예하게 대립할 것으로 보인다.

이와 같이 세계적으로 급박하게 진행되고 있는 지구온난화가스 배출 저감 체제 구축을 위한 국제적 논의는 이제 우리 나라의 경우에도 바로 발동의 불로 인식하고 이를 이행하기 위한 중장기 정책을 수립하여야 한다. 이러한 노력은 에너지 분야를 중심으로 이루어져야 할 것이나, 이중에서도 비용 효과 측면의 효율

성을 감안하면 전력분야를 빼놓을 수 없는 것이다.

전원별 CO<sub>2</sub> 가스배출량은 (표 1)에 나타난 바와 같다. 이 경우 CO<sub>2</sub> 가스 배출은 화석연료의 경우 피할 수 없는 현상이고 이중에서도 석탄의 배출이 가장 많은 것으로 평가되고 있다.

(표 1) 전원별 CO<sub>2</sub> 가스 배출량

| 전원별    | 단위       | CO <sub>2</sub> 가스배출량 |
|--------|----------|-----------------------|
| 석탄     | kg-C/kWh | 0.25                  |
| 석유     |          | 0.19                  |
| LNG복합  |          | 0.11                  |
| 수력/원자력 |          | -                     |

지금까지 전력생산 분야에서 발전원별 환경영향 평가시에는 이상과 같은 기준을 이용해 왔다. 그러나 이와 같은 분석은 단순히 발전단계에서 에너지원의 연소에 따른 발전소별 CO<sub>2</sub> 가스 배출량만을 나타내는 것으로 이러한 분석에 따르면 수력/원자력 발전소의 경우는 CO<sub>2</sub> 가스의 배출이 전혀 없다는 것이다. 그러나 원자력이나 수력과 같은 발전원도 기존의 발전단계, 보다 엄밀하게는 연료의 이용 단계,만이 아니라 건설을 위한 원료의 채광에서부터 폐기물 처리 단계까지로 그 분석 시각을 확장해 보면 CO<sub>2</sub> 가스의 배출이 전혀 없다고 할 수 없는 것이다.

이러한 분석이 필요한 이유는 이들 발전소의 건조활동과 소재공급 물량의 거의 대부분이 국내에서 조달되고 있기 때문에 이들 전원의 건조와 폐기처분에 따른 환경영향도 무시할 수 없기 때문인 것이다. 따라서 환경영향 분석의 목적이 연료원 혹은 발전원별 연소특성 분석에 있지 않고 발전원별 환경영향 분석에 있다면 이제부터라도 분석시각을 수명주기 분석으로 확장할 필요가 있다.

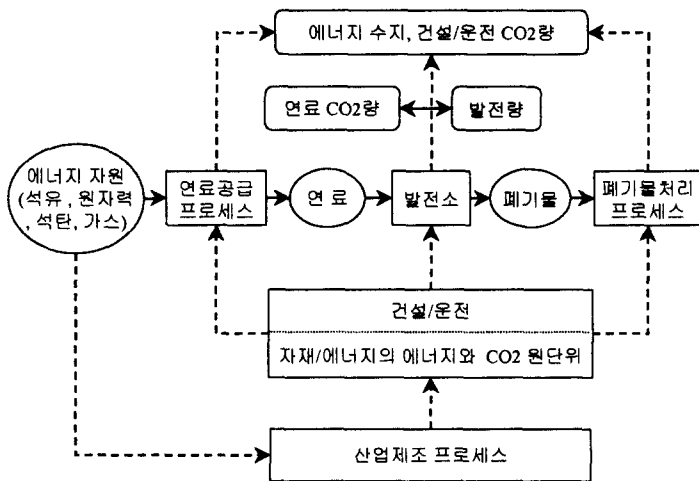
### III. 전력산업에의 적용 사례

화력, 원자력, 자연에너지와 같은 각종 발전원의 투입에너지나 환경영향을 수명주기로 이해하기 위해서는 그들의 연료주기도 포함한 전체 시스템에 대해 분

석할 필요가 있다. 발전원의 수명주기 분석은 발전에 관계되는 제반 과정별로 건설과 운전에서 소비되는 에너지를 상세히 이해해야 하고 이를 통해 투입에너지와 산출에너지에서 발전원별 에너지 수지를 구할 수 있는 것이다. 온난화영향의 수명주기 분석은 투입에너지에서 계산할 수 있는 CO<sub>2</sub> 가스량 뿐만 아니라 연료채굴 과정에서 온실효과 가스의 하나인 메탄 누출이나 시멘트 혹은 철강 제조과정의 CO<sub>2</sub> 가스 발생에 대해서도 고려할 필요가 있다.

수명주기분석의 적용범위는 각 발전원에 대해 건조 및 발전에서 폐기까지의 모든 과정을 분석대상으로 하고 있다. 즉, 지금까지의 분석에서는 고려되지 않았던 석탄화력의 폐지, 석유화력의 정제설비의 건설, LNG 화력의 액화설비 건설, 그리고 원자력발전의 핵연료주기 시설 건설과 폐로의 공정을 과정도 포함하여야 한다는 것이다. 전력생산이라는 본래의 목적을 달성하기 위한 모든 과정을 포함하는 수명주기 전반으로 분석범위를 확장해야 한다.

(그림 1)은 발전원별 수명주기 분석과정을 나타낸 것이다. 어떤 특정 발전원에 관련된 모든 단계의 기술특성을 분석하여 각각에 대해 직·간접적으로 소비되는 에너지량과 배출되고 있는 CO<sub>2</sub> 가스량을 누적하여 평가한다. 그 평가과정은 다음과 같다.



(그림 1) 발전원의 온실가스 배출 분석

- ① 발전원의 연료채굴에서 수송, 정제, 발전, 폐기물처리에 이르는 전체 과정의 특성을 도출한다.
- ② 각 과정의 건설과 운전에 필요한 재료와 에너지량을 조사한다.
- ③ 제품제조 과정에서 재료의 에너지 소비와 CO<sub>2</sub> 가스 생성 단위를 구한다.
- ④ 발전원에 대해 수명주기로 본 각 과정에 대한 투입 에너지의 총량과 발전전력량에서 이들을 비교하는 에너지 수지가 구해진다.
- ⑤ 수명주기의 각 단계에서 직·간접적으로 배출하는 온실효과 가스와 발전시 연료에서 배출하는 CO<sub>2</sub> 가스 발생량을 더하여 발전원의 온난화 영향이 단위 발전량(kWh) 당 CO<sub>2</sub> 가스 발생량으로 구한다.

이와 같이 각 단계의 CO<sub>2</sub> 가스배출량을 누적하는 분석에서는 분석의 검토범위를 정확하게 설정해야 한다는 것이 전제되어야 한다. 검토내용은 가능한 한 상세히 조사하는 것이 바람직하지만 그것에는 한계가 있다. 따라서 조사의 효율성을 향상하기 위해서는 미리 조사하는 과정의 에너지에 대해 개략의 수치를 구하고 그 크기에 비례하여 정확도를 높여 구할 필요가 있다.

#### IV. 결론 및 향후 추진 방향

환경영향 분석의 목적이 연료원이나 발전원별 연소특성 혹은 환경보호시설의 기술특성들만의 분석에 있지 않고 발전원별 환경영향 분석에 있다면 이제부터라도 분석시각을 기존의 연료별 연소특성 분석에서 수명주기 분석으로 확장할 필요가 있다.

수명주기분석은 그 특성상 조사대상이 되는 산업의 종류가 매우 폭넓게 분포되어 있고, 또한 개별 산업도 분석이 복잡한 중후장대 산업들이 연관되어 있다. 따라서 이러한 분석을 위해서는 각 발전원들의 프로세스를 분석하는 것도 중요하지만 이것에 못지 않게 관련산업들의 에너지 수지 특성을 정확히 분석하는 것도 중요하다. 수명주기분석을 통해 신뢰할 수 있는 결과를 도출하기 위해서는 관련 산업을 한눈에 조망할 수 있는 기술정책 전문가의 식견이 필수적이다. 특히 소재 제조에서부터 폐기물 처리에 이르기까지 관련되는 여러 산업들의 에너지 수지에 관한 자료를 정확하고 일관되게 도출하기 위해서는 예를 들면 산업연관표와 같이 한 나라의 경제구조를 일목요연하게 정리한 자료의 활용도 도입 가능하겠다.

또한 발전원별 환경영향 평가가 현재의 문제만이 아니라 미래의 문제도 함께 고려해야 보다 유용한 결과를 도출할 수 있다고 볼 때 발전에 이용되는 기존의

상용기술뿐만 아니라 미래에 개발될 수 있는 발전기술과 환경관련시설 등에 대한 신기술과 함께 지구온난화를 방지할 수 있는 대체기술의 도입 가능성도 예측하여야겠다.

### 참 고 문 헌

1. 김신중, "기후변화협약에 대응한 전력정책 방향", 지구온난화 문제에 관한 심포지엄, 한국원자력문화재단, 1998. 10.
2. 정환삼 외, "지구 온난화가스 배출 감소를 위한 발전원별 전수명주기 분석", 한국원자력연구소, KAERI/TS-45/98, 1996.
3. 한국과학기술원, "전과정평가의 기법개발과 국내산업에의 적용", 환경부, KAIST-189/96, 1996.
4. CRIEPI, "Energy Requirement and CO<sub>2</sub> Emissions in the Product of Goods and Services : Application of an I/O Table to Life Cycle Analysis", Y95013, 1996. 5.