

국제적 활용도 제고를 위한 국내 LCA 수행방법 연구 - 전기의 평가 특성을 중심으로 -

정환삼*, 김현준*, 강홍윤**

(*한국원자력연구소, **국가청정생산지원센터)

Enhancement of the Global Applicability of Korean LCA Studies for the Case of Electricity

Whan-Sam Chung*, Seong Ho Kim*, Hong-Yoon Kang**

(*Korea Atomic Energy Research Institute, ** Korea National Cleaner Production Center)

Abstract

Recently, many environmentally developed countries are paying attention to environmental declaration of products(EDP) and green procurement system where Life Cycle Assessment(LCA) plays an essential role of a solution tool. Here the importance of LCA is growing due to its appropriate and scientific properties.

In this context, several studies on LCA of electricity generation systems in Korea are reviewed and compared including foreign those to evaluate the ubiquity of system boundaries and validity of available results for domestic LCA cases. The comparison yields the techno-political implication of LCA activities in Korea in order to enhance each LCA entity's performance capability as well as to promote the compatibility with the standards for global networking.

요 약 문

환경성적표지제도나 환경친화제품구매제도가 선진국을 중심으로 국제적으로 확산되고 있는 가운데 LCA(전과정평가)는 이들 제도를 시행하는데 중요한 도구로 활용되고 있다. 이제 국내 LCA 연구들도 수행단계부터 국제 기준을 고려함으로써 동일 대상에 대한 LCA의 반복이행을 사전에 방지하여 국제적 활용도를 높일 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 국내 전기에 대한 LCA 연구들을 조사하여 외국의 환경성적표지 인증 및 LCA 수행사례들과 비교하였다. 이러한 비교를 통해 국내 LCA 수행에 있어 분석기준의 보편성과 분석결과의 유효성에 대한 고찰을 실시하였다. 이러한 고찰을 통해 국내에서 수행되어 온 LCA 연구가 글로벌 기준에 보다 잘 부합하기 위한 기술정책적 함의를 도출하였다.

주제어 : LCA, 환경성적표지제도, 국제 기준, 전기, 국제적 활용도

1. 서 론

2000년 수립된 환경성적표지제도에 이어 2004년법 제화된 친환경상품구매제도 등에 있어서도 필수요소로 대두되고 있는 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)는 제품의 환경영향을 객관적이고 포괄적으로 평가하는 합리적 평가도구라는 본원적 특성뿐만 아니

라, 기술환경 측면에서도 컴퓨팅과 네트워킹 기술의 발전으로 더욱 그 유용성이 높아질 것이다. 이러한 유용성을 바탕으로 2002년 요하네스버그의 지속가능개발에관한세계정상회의(WSSD; World Summit on Sustainable Development) 회의에서도 우리 사회의 지속가능성을 위협하는 요인으로 환경오염을 지적하면서 재화와 용역의 생산단계의 환경영향 평가는 LCA

와 같이 적절하고(appropriate) 과학적 기반을 가진 기법(science-based approaches)의 사용을 이행계획(Plan of Implementation)에 삽입해 소개하고 있다.¹⁾

이와 같은 LCA를 기반으로 하는 환경성적표지제도를 예로 들면 우리나라는 2002년 5월 최초로 5개 제품에 대한 인증을 필두로 2004년 기준 266개 품목이 인증을 받는 등, 이 제도를 수행하고 있는 여타 국가들에 비해 비교적 활발한 수행실적을 기록하고 있다(Table 1 참조). 그러나 이러한 양적 성장에 비해 질적으로는 인증제품의 98% 이상이 전기·전자제품에 집중되고 있기 때문에 타 분야로의 보급 확대 등 양과 질에서 고루 발전시켜야 하는 과제를 안고 있다.²⁾

Table 1. Various Type III Environmental Product Declarations

| | 제도명 | 운영기관 | 도입시기 | 인증제품 |
|------|----------|--------------|--------|------|
| 미국 | CEP | SCS | 1992 | 200 |
| 캐나다 | EPDS | Terra Choice | 1997 | 22 |
| 스웨덴 | EDP | SEMC | 1998 | 62 |
| 한국 | EPD | KELA | 2000.5 | 266 |
| 일본 | Eco Leaf | JEMAI | 2002 | 131 |
| 네덜란드 | MRPI | MRPI | 2004.5 | - |

이러한 과제의 해결을 위해 우리나라에서는 LCA 평가용 소프트웨어의 개발과 보급, 환경성적표지인증 온라인화 운영 등 다양한 노력을 경주해 왔다. 여기에 더해 인증기업에 적절한 혜택을 부여하지는 의견과 유사한 제도를 운영하고 있는 국가들 간의 상호인증체계를 수립하지는 등의 이른바 글로벌 네트워킹 추진안도 지속적으로 제안되고 있으며, 이중 상호인증은 상당한 공감대를 얻고 있다.

본 고에서는 환경성적표지인증제도의 글로벌 네트워킹 시대를 염두에 두고 우리나라에서 수행해 온 LCA 방법의 적합성을 분석하고 기술정책적 함의를 도출하고자 한다. 적합성은 분석기준의 보편성과 복수

의 분석사례 간 평가의 유사성을 중심으로 분석하고자 한다. 이를 위해 국가 LCI DB가 구축된 재화 중에서 산업의 전방연쇄효과(forward linkage effect)가 비교적 큰 전기(電氣, electricity)를 분석대상으로 하였다.

2. 전기에 대한 LCA 평가의 중요성

LCA 수행측면에서 전기는 크게 산업의 환경특성과 전력의 사회적 특성이 두드러진다. 우선 환경특성으로는 세계적으로도 아직 2/3 정도의 전기가 화석연료의 연소에 의해 발전되고 있기 때문에 지구온난화가스 배출이 많다는 것이고, 더욱 중요한 점은 기존의 발전기술을 혁신적으로 대체할 기술이 가까운 장래에 출현할 가능성이 적어 당분간 기존기술의 개량기술로 공급을 담당해야 한다는 예로가 있다. 사회적 특성으로는 산업연관 분석을 통해 보면 전력은 소비자잉여가 큰 공공재적 성격을 갖고 있어 GDP 성장률보다 높은 수요 증가율을 기록하여 선진 사회일수록 전력의 의존도가 점차 심화된다는 점이다. 이들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

2.1. 전력산업의 환경특성

전력산업은 아직도 발전은 수송기술과 마찬가지로 화석연료의 연소열을 이용한다는 것이다. 2003년을 기준으로 국내 발전소의 60% 가까이 석탄, 석유, LNG와 같은 화석연료 연소를 통해 발전³⁾하기 때문에 지구온난화에 미치는 영향이 막대하다는 점을 들 수 있다. 이는 세계적으로도 2001년 기준 64% 이상을 화석연료 발전원에 의존⁴⁾하고 있다는 점에서 발전부분의 환경영향이 중대함을 알 수 있다. 예를 들어 미국의 경우 전력산업의 온실가스(GHG; Green House Gases) 배출비중은 자국 내 전체 온난화가스 발생의 약 1/3 정도 차지하고 있다.⁵⁾ 우리나라도 마찬가지로

1) 2002 WSSD에서는 환경성적표지제도가 후진국에 대한 무역규제의 수단으로 작용할 것을 우려하여 포함하지는 않았음.

2) 이러한 과제는 환경성적표지제도를 운영하는 국가들이 공통적으로 경험하고 있음. 최근에는 GEDnet을 수립하여 동일한 제도 운영국가간 네트워킹을 운영하고 있으며, 2004년 기준 10개국이 관여하고 있음.

3) 산자부/에너지경제연구원, “에너지통계연보”, (2004) 참조

4) DOE/EIA-0484, “International Energy Outlook”, (2004) 참조

로 2004년 말 확정된 전력수급계획에 따르면 국내 발전소의 연료연소에 따른 탄소배출량은 동기간 국내 발전량의 30% 수준으로 단위 산업으로는 최대의 배출 분야라 할 수 있다.(Table 2 참조)

Table 2. Evolution of CO2 Emission in Domestic Electricity Generation Sector⁶⁾

| | 단위 | 2005 | 2015 |
|-----------|----------|---------|---------|
| 발전량 | GWh | 359,747 | 447,029 |
| 화석연료 발전비중 | % | 62.6 | 55.2 |
| 탄소배출 원단위 | kg-C/kWh | 0.1146 | 0.1018 |
| 전력 총배출량 | kt-C | 41,227 | 45,508 |
| 국가 총배출량 * | kt-C | 173,111 | 222,159 |
| 전력의 배출비중 | % | 24 | 20 |

* 임재규, 기후변화협약에 의한 제2차 대한민국 국가보고서, 에너지경제연구원, (2003.12)

2.2. 전력산업의 사회적 특성

전력산업의 사회적 측면을 산업연관을 기준으로 살펴보면 전력산업의 생산유발계수는 0.025 수준으로 계수의 크기로는 77개 통합 중분류상 20위 수준에 그치고 있으나, 타산업의 생산 활동에 투입되는 형태는 원유 및 천연가스 산업을 제외한 다른 76개의 모든 산업에서 필수재로 사용되기 때문에 그 자체의 본원적 가치보다 사회적 공익가치가 월등히 높은 공공재이다. 또한 현실적으로 대체재를 찾기 어렵다는 특성을 갖고 있다.

뿐만 아니라 수요측면에서, 우리나라 전력사용비율⁷⁾은 전력의 사용편의성과 청정성에 기인할 뿐만 아니라 산업구조가 고도화될수록 그 사용도는 더욱 높아질 것이라는 점이다. 산업의 선진화에 따라 전력 사용비율이 보다 높아지는 것은 선진국들의 공통된 수요패턴⁸⁾으로, 우리나라의 전력사용 집중도(비율)는 2002년의 경우 14.9%로 일본의 추이에 비추어 보면 겨우 1970

년대 후반의 수준에 그치고 있다(Fig. 1 참조). 이러한 추세를 볼 때 우리나라의 전력수요는 최종에너지원의 대안으로서 지속적인 증가가 예상된다.

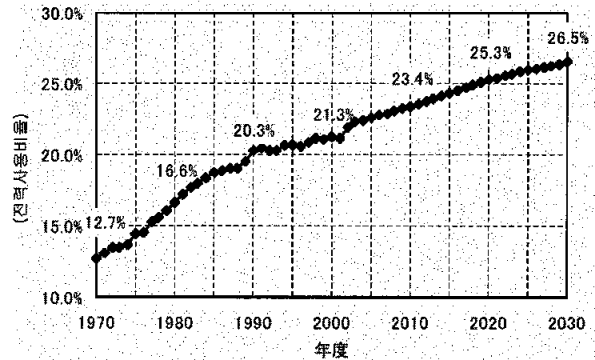


Fig. 1. Evolution of Electrification in Japan⁹⁾

3. 전기에 대한 LCA 평가 비교

3.1. 분석기준의 보편타당성

LCA 수행에 앞서 미리 목표, 기능단위, 모형수립 및 시스템경계, 목록분석, 그리고 데이터 사용기준 등 분석기준이 설정되어야 한다. 이는 분석의 신뢰도와 재현성뿐만 아니라 해외 선진사례를 고려해 설정될 필요가 있고, 이 기준이 해외 선진사례들과 유사할 때 비로소 그 결과의 활용도가 배가될 수 있다. 본 고에서는 분석기준들 중에서 시스템 경계와 데이터 수집에 초점을 맞추고자 한다.

3.1.1. 전기공급 시스템 구성

발전소에서 생산된 전기가 최종소비자에게 전달되기까지는 Fig. 2와 같이 몇 개의 단계를 거친다. 각 단계를 요약하면, 우선 발전소에서 발전을 하는 첫 단계가 있다. 전기가 최초로 생산되는 발전기 끝에서 측정된 전기를 발전단 전기이라 한다. 여기서 발전소 운전에 필요한 자체 소비전력을 제하고 남은 전기가 송

5) <http://member.nei.org/documents/overview/html/NEIC12200410236.html#gen231> 참조

6) 산업자원부, “제2차 전력수급기본계획(2004~2017)”, (2004)

7) 연간 최종에너지소비량 대비 연간 전력사용량

8) IEA, “Energy Policies of IEA Countries : 2003 Review”에 따르면 2003년 선진국들의 경우 20% 수준의 집중도를 보임

9) Kae Takase and Tatsujiro Suzuki, “Japan Updates, and Draft EAEF Scenarios”, in EAEF Workshop, Beijing China, May. 12-14, pp11~13, (2004) 발표자료 발췌

전망에 연계된다. 소비자 인근 거점까지 이어진 송전 계통은 소비자 근처의 변전망에 이르기까지 배전망으로 이어져, 비로소 소비자들이 사용가능한 전기(Usable Electricity)가 된다. 본고에서는 국내 전기를 크게 발전소의 발전단 전기와 배전단 전기에 해당되는 소비자 사용가능 전기 두 가지로만 구분하기로 한다.

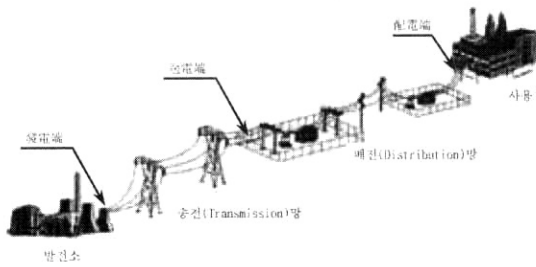


Fig. 2. Structure of an Electricity Supplying System

3.1.2. 시스템 경계의 설정

선진국에서 전기에 대한 LCI DB는 주로 전문 연구기관이나 대학 연구소가 중심이 되어 구축한다. 이때 사용하는 LCI DB는 소프트웨어에 포함된 내용을 주로 활용하며, 특히 일본의 전력사들은 일본전력중앙연구소(CRIEPI)에서 수행한 연구¹⁰⁾의 지구온난화에 대한 평가결과를 이용하고 있다. 따라서 각 LCA평가에서 정한 시스템 경계는 분석의 경우마다 동일하지 않다. 일반적으로 환경성적표지 공인인증을 위해서는 평가의 유효성과 비교를 위해 제품별 분석요건을 사전에 정하고 있다. 우리나라의 제품별 '환경성적표지 작성지침 및 인증기준'과 같이 스웨덴과 일본의 경우도 각각 PSR(Product-Specific Requirements)과 PSC(Products Specification Criteria)에서 평가의 시스템 경계 등을 정해 인증의 신뢰성을 높이고 있다. 전기에 대한 환경성적표지제도에서는 스웨덴이나 일본의 경우 공히 원료의 채취단계부터 발전과정을 거쳐 소비자의 사용가능 단계까지의 환경성을 평가하도록 요구하고 있다.

이들 외국의 주요 사례들과 비교될 수 있는 우리나라의 전기에 대한 LCA 수행사례는 연구목적, 분석대상 발전소, 분석의 공적 활용도 등을 감안하여 '연구 A', '연구 B' 그리고 '연구 C'¹¹⁾를 예를 들어 분석/비교하고자 한다. 이들 연구는 공히 분석 시발점을 원료의 채취단계부터 하였으나, 종착점은 다소 차이가 있었다. 국가 LCI DB 구축을 목적으로 한 '연구 A'는 전술한 스웨덴과 일본의 사례와 동일한 시스템 경계로 하였다. 이에 비해 '연구 B'와 '연구 C'에서는 모두 송배전과정을 포함하지 않고 발전단 전기량까지 시스템 경계로 설정하였다.

참고로 본고에서 염두에 두고 있는 전기에 대한 환경성적표지인증제도의 운영은 크게 스웨덴과 일본 방식이 현격한 대조를 이룬다. 이 대조를 이해하기 위해서는 먼저 두 나라 전력산업의 특성을 이해할 필요가 있다. 전력시장 분할의 측면에서, 스웨덴은 비록 노르딕 국가들의 전력망으로 연계되어 있지만 우리나라와 유사하게 전국에 여러 발전사들이 공급하고 있다. 스웨덴의 주요 발전사는 50% 시장 점유율을 보이고 있는 Vattenfall사를 비롯한 상위 3개사가 86%의 시장 점유율을 하고 있다. 이에 비해 일본은 지역 프랜차이즈를 갖는 10개의 발전회사 체제로 운영되고 있다. 예를 들어 동경과 부근지역은 동경전력이 그리고 홋카이도 지역은 북해도전력이 담당하는 형태이다. 이러한 전력시장의 특색에 따라 환경성적표지인증제도는 공급시장에서의 경쟁이 이루어지는 스웨덴의 경우 개별 발전소가 기준이 되고, 지역별 독점적 지위가 보장된 일본의 경우는 발전회사를 중심으로 인증을 받고 있다.

3.1.3. 데이터 취급

국내 연구들의 데이터 수집은 '연구 A'의 경우 각 공정별로 현장, 문헌자료, 선행연구 조사를 병행하였다. 특히 연료의 사용전 처리단계는 외국 DB를, 그리고 발전단계는 1998년을 기준으로 한전 발표자료와 외국 산출자료를 동시에 활용해 작성하였다. '연구 B'

10) Hondo, H., Uchiyama, Y. and Moriizumi, Y., Evaluation of Power Generation Technologies based on Life Cycle CO₂ Emissions, CRIEPI, Y99009(2000)

11) 본고에서 인용된 연구결과들 간의 사례비교가 연구자간 역량비교로 인식될 수 있는 오해를 피하기 위해 비교 대상 연구결과를 기호로 (연구 A, 연구 B, 연구 C) 나타내었음. 관련 자료는 참고문헌에 일괄 표기되었음.

는 가급적 현장자료를 발굴·활용하였다. 예를 들어 원자력의 경우 우리나라 정광 도입국의 다양성을 반영하였다. 실제로 국내 원전연료 도입은 우리나라의 안정적인 확보를 위해 캐나다, 미국, 호주, 영국 뿐 아니라 프랑스, 러시아, 남아공, 카자흐스탄 등의 다원화된 공급원을 취하고 있다. 이를 위해 비중이 큰 공급국들의 정광과 농축 관련 자료는 해당국들의 DB자료를, 수송자료는 그 곳으로부터의 평균거리를, 핵연료의 국내 가공자료와 수송 그리고 원전에서의 발전 자료는 가급적 현장에서 수집하였다. 마지막으로 '연구 C'는 수명기간 동안 사용될 연료량을 기준으로 하였다. 즉 원전과 LNG는 수명을 각각 40년과 30년으로 보고 2002년 운영실적을 기준으로 연료 투입량을 추정하고 이에 외국 DB를 곱해 산출하였다.

국내 발전의 40% 이상 기여하고 있는 원자력발전의 경우를 예로 들어 데이터 취급에 대해 요약하면, '연구 A'와 '연구 C'에서는 각각 1998년과 2002년 기준의 핵연료 사용량에 대해 사용연료의 가공은 외국 DB를, 그리고 발전과정 투입물 정보는 발전사 발간자료를 활용하였다. 여기에서 간과한 것은 원자력의 환경영향은 종합점검(overhaul)때 사용되는 수전(受電)량과 비상발전기 정기시험 시 들어가는 연료의 사용에서 주로 발생된다는 점이다. '연구 B'의 LCA 평가 결과에 따르면 자원고갈과 지구온난화의 경우 발전소 운영 단계 환경영향이 핵연료 가공이나 가공이전의 단계에 비해 각각 22배와 47배 정도 높은 것으로 분석되고 있다. 따라서 LCA 결과분석은 특정연도의 자료에 전적으로 의존할 경우 결과의 왜곡을 야기할 수 있으므로 검증할 필요가 있다.

3.2. LCA 평가사례 간 평가의 유사성

LCA 평가는 일반적으로 전술한 분석기준뿐 아니라 물질수지분석(MFA; Material Flow Analysis), 사용된 데이터 및 사용된 LCI DB에 의해서도 결과가 달라질 수 있다. 그러나 동일한 시대에 유사한 기술을 대상으로 한 평가의 경우에는 그 차이가 일정범위 안에서 발생해야만 LCA수행 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

3.2.1 국내 전기의 LCA 수행 결과들간의 비교

전술한 국내의 연구사례들 간 LCA평가 결과를 비교하면 Table 3.과 같다. 이 표는 국내 발전소의 90% 수준을 점유하고 있는 원자력(40%), 유연탄(37%) 그리고 LNG(12%) 발전을 대상으로 발전과정에서 GHGs 배출에 대한 특성화 평가결과를 나타내고 있다.

Table 3. Assessments of GHGs Emission in Domestic LCAs for Various Generation Types (g-CO₂-eq./kWh)

| | 연구 A | 연구 B | 연구 C |
|-----|----------|----------|----------|
| 원자력 | 2.33E-01 | 2.65E+01 | 1.68E-08 |
| 유연탄 | 1.01E+03 | 1.09E+03 | N.A. |
| LNG | 5.14E+02 | 5.23E+02 | 4.99E+03 |

평가결과에 대한 추이를 보면, LNG와 유연탄 발전소의 평가에서는 '연구 A'와 '연구 B'가 유사한 평가 결과를 보였으나 '연구 C'는 거의 10배의 차이를 나타냈다. 이에 비해 원자력발전의 경우는 인용 사례들 간 차이가 더욱 심해져서 '연구 A'를 기준으로 '연구 B'와 '연구 C'는 각각 10²과 10⁸배의 차이를 나타내고 있다. 이러한 차이는 국내 전기생산의 40% 이상을 차지하고 있는 발전원인 원자력에 대한 평가라는 점에서 매우 큰 신뢰도 문제를 유발할 수 있다.

여기서 원자력발전의 LCA 평가 경향을 보다 상세히 살펴보기 위해 8대 영향범주별로 확대하여 비교하면 Table 4와 같다. 이 값들은 원자력발전소의 운영과 그에 관련한 LCA평가의 정규화 값들이다.

Table 4. Normalization Values for Nuclear Power Generation (Year/kWh)

| | 연구 A | 연구 B | 연구 C |
|----------|----------|----------|----------|
| 자원고갈 | 7.39E-17 | 1.13E-15 | 1.67E-18 |
| 지구온난화 | 7.36E-18 | 6.87E-16 | 4.27E-18 |
| 오존층파괴 | 3.36E-21 | 4.33E-19 | 1.12E-17 |
| 광화학산화물생성 | 1.64E-16 | 1.22E-16 | 2.84E-20 |
| 산성화 | 9.00E-17 | 4.48E-16 | 9.61E-19 |
| 부영양화 | 6.27E-18 | 6.54E-17 | 1.37E-19 |
| 생태계독성 | 1.95E-18 | 9.70E-16 | 2.27E-17 |
| 인체독성 | 1.06E-16 | 4.23E-18 | 1.36E-18 |

Table 4에서 보는 바와 같이 원자력발전에 대한 LCA 평가결과는 '연구 B'가 대부분의 영향범주들에서 비교적 높은 정규화 값들을 기록한 데 비해 '연구 C'는 오존층 파괴와 생태독성을 제외하고는 대부분의 범주에서 가장 낮은 평가 결과를 보여 주고 있다. 비교된 연구들 간에는 동일 범주에 대해서도 최대 10⁴를 넘는 정도의 평가결과 차이를 보이는 상당한 오차를 나타내고 있음을 알 수 있다.

3.2.2 선진 외국에서의 LCA 수행결과 분석

이상의 국내 LCA 수행결과와 유사한 목적으로 외국에서 수행한 사례들과 비교/분석하고자 IAEA (1996)와 WEC(2004)¹²⁾를 참조하여 정리하면 Table 5와 같다. Table 5의 WEC(2004) 결과에서 발전원별 GHGs의 배출 평가결과치가 범위로 표시된 것은 다수의 평가사례들을 인용한 원전의 특성에 기인한다. Sweden(2002)의 연구에서 원자력은 Vattenfall사 자사의 원자력발전소 EPD 인증시 평가한 결과¹³⁾이며, LNG는 EU가 1997년 수행한 ExternE 프로젝트의 일환으로 평가한 스웨덴의 평가 결과이다. 또한 CRIEPI(2000)는 일본 전력사들이 Eco-Leaf 인증 목적 또는 LCA 수행시 활용하는 분석결과이다.

Table 5. Worldwide Comparison of GHGs Emission with LCA for Various Generation Types (g CO₂-eq./kWh)

| | 원자력 | 유연탄 | LNG |
|--------------------|----------|---------------|-------------|
| San Martin(1989) | 7.8 | 964.0 | 484.0 |
| Frische(1989) | 54.0 | 929.0 | 542.0 |
| Science Conc(1990) | 25.0 | 960.0 | 538.0 |
| Uchiyama(1992) | 27.0 | 1,008.0 | 660.0 |
| Yasukawa(1992) | 33.0 | 1,001.0 | 660.0 |
| Lewin(1993) | 28.0 | 1,244.0 | 453.0 |
| CRIEPI(2000) | 33.2 | 971.6 | 516.1 |
| Sweden(2002) | 2.8 | N.A. | 440.0 |
| WEC(2004) | 3.0~40.0 | 130.0~1,085.0 | 245.0~499.0 |
| 국내 연구 A | 0.2 | 1,010.0 | 514.0 |
| 국내 연구 B | 26.5 | 1,090.0 | 523.0 |
| 국내 연구 C | 1.7E-6 | N.A. | 4,990.0 |

Table 5에서 보이는 바와 같이 국내의 연구결과들을 외국의 사례들에 견주어 볼 때 '연구 A'와 '연구 B'는 '연구 C'에 비해 비교적 유사한 평가결과를 보이고 있다.

4. 결론 및 시사점

이상에서 살펴본 바와 같이 전기에 대한 국내 LCA 수행특성을 요약하면, 우선 분석의 보편타당성 측면에서 시스템 경계가 일치하지 않고, 현장데이터의 취급 중요성을 간과함으로써 인용사례들 간 분석결과의 오차범위가 크다는 점이 두드러진다.

따라서 분석범위 등 분석기준의 일치가 우선 필요하다는 것을 알 수 있다.

비교분석을 위해 예시된 우리나라 연구들은 배전단 혹은 발전단까지를 시스템 경계로 설정했던 것에 반해 스웨덴이나 일본의 LCA 분석은 시스템 경계를 발전용 원료의 채취단계부터 생산된 전기를 배전단까지로 하였다. 이러한 분석범위의 차이는 동일한 MFA 자료와 특성화 인자를 사용했다라도 수치상 소내소비율과 송배전 손실률로 인해 각각 4.5% 수준의 차이를 불러올 수 있다. 이 점에서 우리나라의 전기 LCA 분석 결과 해석이나 '환경성적표지인증 작성지침 및 인증기준을 정할 때 선진국들의 평가사례와 분석범위 차이를 감안하여야 하고 글로벌 네트워크가 가능하도록 설정해야 한다.

또한 국내 LCA 수행능력의 향상을 위해서는 핵연료 가공과 같이 국내에서 일어나고 있는 활동에 대해서는 현실에 맞는 데이터의 발굴과 반영에 보다 많은 노력이 필요하며, 여기서 더욱 중요한 점은 축적된 사례별 지식의 공유 노력이 함께 이루어져야 한다.

다음으로 LCA 수행의 신뢰도를 향상시키는 것이 시급하다.

본문에서 기술한 바와 같이 주요 선진 외국의 평가결과들의 오차가 GHGs 배출의 경우 국가간 혹은 평가 시점의 차이 속에서도 원자력이나 유연탄의 경우도

12) WEC, Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment, pp29~33(2004. 7)

13) Vattenfall, Vattenfall Generation's Certified Environmental Product Declaration of Electricity from Ringhals AB, (S-P-00026), pp8~10, (2002.2) 참조

10배 수준이었고, LNG 발전기술은 2배 미만으로 나타났다. 이에 비해 우리나라의 연구들은 원자력의 경우 10⁸배 까지 차이를 보이고 있다. 물론 LCA 평가 결과는 동일한 목적을 갖고 수행한 LCA일지라도 평가에 사용된 모형, 방법론, 분석대상물, MFA에 기울인 노력, 선택한 LCI DB나 Indicator들에 따라 동일한 결과를 갖기 어려운 것은 당연하다. 그러나 본 연구의 비교에서 본 바와 같이 시간적, 지리적, 기술적으로 거의 동일한 대상을 평가한 결과의 차이가 통상의 평가들에서 발생할 수 있는 인식의 범위¹⁴⁾를 넘는다면, 이는 분석 결과들의 신뢰성에 의문이 제기될 것이다. 특히 전기와 같이 전방연쇄효과가 큰 기술일수록 분석 결과의 신뢰성 혹은 재연성 확보는 더욱 중요하다.

국내 환경성적표지인증제도의 활성화를 위해 제기된 대안 중 국가간 상호인증제도의 도입을 고려해 볼 때, 우리나라에서의 이와 같은 LCA 수행 특성은 개선, 보완되어야 할 것이다. 즉, LCA 착수시 국내의 수행기준을 사전 조사해 부합시키려는 세심한 검토가 필요하다. 이는 분석과 인증시 LCA를 따로 수행하는 중복을 피할 수 있어 결과적으로 국가적인 소중한 자원을 절약할 수 있다.

이는 글로벌 네트워크 수립시 매우 중요한 요소로, LCA 연구자들은 오차의 발생 원인을 찾아내고 이를 개선하는데 보다 많은 주의를 기울여야 할 것이다. 즉 LCA가 갖는 본원적 유용성에 비해 아직까지 국내에 인식이 널리 보급되지 못해 LCA 분석에 투입하는 시간과 자원의 지원이 부족한 것은 사실이다. 하지만 LCA 수행시 가급적 많은 현장 데이터를 발굴해 공유하고, 그 결과를 공개할 뿐만 아니라 생성된 지식의 지속적 계승·관리가 이루어져 우리나라 LCA 분야 지식축적에 이바지해야 할 것이다.

또한 향후 신규 국가 LCI DB 구축시에도 DB의 수적 증대에만 관심을 가질 것이 아니라 구축된 DB의 글로벌 신뢰성 제고 관점에서도 신경을 써야 할 것이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 2005년 2월 16

일 지구온난화에 대한 교토협약의 발효로 인해 국제 환경규범의 새로운 패러다임 전개에 비추어, LCA 수행능력 함양의 중요성을 인식하여 국가차원의 지원을 획기적으로 늘려, 중요 원자재에 대한 국가 LCI-DB 완성에 역량을 결집해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 이진모, 「환경영향평가 지수 개발 I (Eco-Indicator)」, (1999).
2. 정환삼 외, 「전수명주기평가를 통한 원전의 환경영향 분석 모형 구축」, 한국원자력연구소, (2002).
3. 황용우 외, 「LCA 기법을 이용한 원자력에너지의 청정성 평가 및 기술적 홍보제고 방안」, 과학기술부, (2003).
4. CRIEPI, 「ライフサイクル CO₂排出量による発電技術の評価」, 研究報告(Y99009), (2000).
5. Frische, U., L. Rausch and K.-H. Simon, "Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)", *Oeko-Institut, Darmstadt, Germany*, (1989).
6. IAEA, 「Comparison of energy sources in term of their full-energy chain emission factors of greenhouse gases」, (1996).
7. Kun-Mo Lee, Sang-Young Lee and Tak Hur, "Life cycle inventory analysis for electricity in Korea", *Energy 29 87-101*(2004).
8. Lewin, B., "CO₂-Emission von Kraftwerken unter Berücksichtigung der vor und nachgelagerten Energieketten". *VDI Berichte Nr. 1093, Düsseldorf, Germany* (1993).
9. San Martin, R.I., "Environmental Emissions from Energy Technology System: The Total Fuel Cycle", *U.S.DOE, Washington, D.C., USA*, (1989).
10. Science Concept, Inc., 「Reducing Airborne Emissions with Nuclear Electricity」, *Report for US Council for Energy Awareness*, (1990).
11. Uchiyama Y., 「Life Cycle Analysis of Power Generation Systems」, *CRIEPI*, (1992).
12. Yasukawa, S., Y. Tadokoro and T.Kajiyama, "Life Cycle CO₂ Emission from nuclear power reactor and fuel cycle system", in *Proceedings of the 1992 Expert Workshop on life-cycle analysis of energy systems, methods and experience, Paris, France*, (1992).

14) IAEA(1996)의 에너지원별 지구온난화가스 배출 추정 결과들을 정리한 proceeding에 따르면 1990년대 원자력에 대해 독립적으로 수행된 결과들 간 차이는 4.6E01 수준에 불과했음. 이도 각자 다른 나라에서 다른 설비를 기준으로 평가된 경우임.