

제조업 분야에서 탄소가스배출 저감에 관한 연구

정 덕 훈**·심 형 섭**·민 금 영**·안 소 현**

1. 서 론

기후변화 관련 협약 등에 따라 기업들의 탄소가스 배출 저감노력이 활발해지면서 기업들은 기업의 온실가스 배출량을 파악하고 배출원에 대한 체계적인 관리시스템 도입의 필요성이 증가되고 있다.

일본은 제2기 환경보전계획(環境保全計画)에 따라 2011년까지 온실가스 배출량을 16%(152만톤) 감소 계획을 수립하고 있다.[1] 일본 경제산업성(經濟産業省)에서는 2007년부터 2050년까지 CO2 배출량을 절반 수준으로 낮추기 위해 ICT 분야를 비롯한 20개 분야의 주요 에너지 혁신기술개발을 위한 『Cool Earth-에너지 혁신 기술 계획(エネルギー革新技術計画)』을 수립하였다.

우리나라도 국가차원에서의 ICT를 활용한 녹색성장(Green Growth) 패러다임을 반영하여 정보자원의 효율적인 관리운영과 적극적인 ICT활용으로 국가 전반의 자원 및 에너지 효율성을 제고하여 저탄소 녹색성장을 추진하고 있으며, u-City 구현, 실시간 환경 모니터링 시스템 구축, 녹색정보화 등을 추진하여 CO2를 감축하고 있다.[2]

그러나 현재 ICT 시스템을 도입함에 따라 실질적으로 탄소가스 배출량이 감소되었는지에 대한 평가에 필요한 산정 모델 개발이 미흡한 실정이다. 본 연구는 국내외 탄소가스 배출량 산정 관련 연구 조사를 통해 탄소가스 배출량 산정 모델을 통한 탄소가스 배출량 계산 방법을 개발하고자 한다.

* 동국대학교 경영정보학과

** 동국대학교 방재안전경영연구소

2. 국내외 탄소가스 배출량 산정 모델

2.1 국내 탄소가스 배출량 산정 모델 연구

국내 탄소가스 배출량 산정 모델 연구는 에너지관리공단의 「온실가스 배출량 산정」, 한국정보화진흥원의 「ICT 부문 탄소배출량 산출 방법」 등이 있다.

첫째, 에너지관리공단에서는 기후변화 협약에 따른 대응을 위해 국제적 기준에 부합하는 기업 인벤토리를 구축하여 「업종별 온실가스 배출량 산정 가이드라인」을 개발하여, 기업들이 온실가스 배출량을 평가할 수 있도록 온실가스배출량정보시스템인 GEIS(Greenhouse gas Emission Information System) 시스템을 구축·운영하고 있다.

온실가스 배출량 산정 대상은 에너지관리공단의 『기업 온실가스 배출량 산정 지침서』에 의해 온실가스 배출량 계산을 직접배출, 간접배출로 구분하여 배출량을 산정하고 있기 때문에 에너지관리공단의 탄소가스 배출량 산정 방법을 적용하고 있다.[3] 에너지관리공단의 탄소가스 배출량 산정 방법은 연료별 소비량, 발열량, 환산계수, CO₂ 변환계수 등과의 관계를 통해 산정 방법을 개발하였다.

$\text{CO}_2 \text{ 배출량} = \sum \left\{ \text{연료별 소비량} \times \text{발열량} \times \text{환산계수} \left(\frac{4.186 \text{TJ} \times 10^{-3}}{1 \text{kcal}} \right) \right.$ $\left. \times \text{탄소배출계수}(\text{tC/TJ}) \times \text{산화율} \right\} \times \text{CO}_2 \text{ 변환계수} (44/12)$	
연료별 소비량	고체(t), 액체(kℓ), 기체(kNm ³)
발열량	고체(kcal/kg), 액체(kcal/ℓ), 기체(kcal/Nm ³)
환산계수	1kcal = 4.186kJ 1ton = 1,000 kg 1TJ = 10 ⁶ kJ
이산화탄소 변환계수	C의 물질량 : 12 CO ₂ 의 물질량 44

<그림 1> CO₂ 배출량 계산식 (예: 고정연소)

둘째, 한국정보화진흥원 온실가스 배출량 산정 모델은 국내 ICT 부문 탄소배출량 산출 범위를 사용단계로 한정하여 CO₂ 원단위에 근거하여 산출하고 있다. ICT 부문의 탄소배출 산정은 크게, ①ICT 기기 및 장비 대수 현황 조사, ②ICT 기기 및 장비별 전력소비량 조사로 구분하여 [표 2]와 같이 분석하고 있다.[4]

<표 1> 한국정보화진흥원의 탄소배출 분석 대상 및 자료수집 방법

대분류	소분류	자료수집 방법
컴퓨터	데스크탑	IDC 연도별 출하대수 통계자료
	노트북	IDC 연도별 출하대수 통계자료
모니터	CRT	IDC 연도별 출하대수 통계자료
	LCD	IDC 연도별 출하대수 통계자료
프린터	일반	IDC 연도별 출하대수 통계자료
	복합기	IDC 연도별 출하대수 통계자료
서버 및 스토리지	서버	IDC 연도별 출하대수 통계자료
	스토리지	Gartner 연도별 출하대수 통계자료
이동통신기기	휴대전화	방통위 이동전화 가입자 통계자료
	PDA	IDC 연도별 출하대수 통계자료
이동통신장비	이동통신 기지국	통신사업자 제출 자료
	이동통신 중계기	통신사업자 제출 자료
	이동통신 교환기	통신사업자 제출 자료
	무선랜 중계기	통신사업자 제출 자료
	와이브로 기지국	통신사업자 제출 자료
	와이브로 중계기	통신사업자 제출 자료
인터넷	광대역회선수	방송통신산업통계연도

2.2 국외 탄소가스 배출량 산정 모델 연구

일본 환경성(環境省)은 온실가스 배출량 산정하기 위해 배출계수를 개발하여, 연료 사용량 또는 제품 생산량과 같은 활동도를 적용하고 있으며, 온실가스 배출량 산정방법은 대기 중에 온실가스량을 추정하는 방법으로 2006년 IPCC Guideline에서 권장하고 있는 Tier 방법을 이용하여 배출계수 모델을 개발하여 산정하고 있다.[5]

$$E = C_m \times Q$$

$$EF_m = E/A$$

E : 오염물질의 배출량(ton/day)
 C_m : 오염물질의 농도(%)
 Q : 유량(Nm³/day)
 EF_m : 배출계수(CO₂ ton/활동도 ton)
 A : 활동도(제품, 원료 및 연료 등, ton/day)

<그림 2> 탄소가스 배출량 계수 모델

OECD는 ①정책 및 프로그램 중심, ③수명주기단계 등 3가지 기준에 따라 ICT에 대한 정책 및 프로그램 분석 프레임워크를 개발하여 사용하고 있으며, <표 2>와 같이, 분석하고 있다.[6]

<표 2> OECD의 ICT의 직접적 환경영향에 대한 분석, 데이터 및 정책 현황

구분	수명주기 단계			
	설계 및 R&D	생산	사용	폐기
ICT 기기 PC, 서버, 모니터, 이동전화	분석: 보통 데이터: 낮음~보통 정책: 보통	분석: 보통 데이터: 낮음 정책: 낮음~보통	분석: 높음 데이터: 보통 정책: 보통~높음	분석: 높음 데이터: 낮음~보통 정책: 보통
ICT 부품 및 중간제품 배터리, 반도체, 회로판, 스크린, 반도체웨이퍼	분석: 낮음~보통 데이터: 낮음 정책: 보통	분석: 보통 데이터: 낮음~보통 정책: 낮음~보통	분석: 낮음~보통 데이터: 낮음 정책: 낮음~보통	분석: 낮음 데이터: 낮음 정책: 낮음~보통
임베디드 ICT 센서, RFID 태그, 송신기 및 수신기	분석: 낮음 데이터: 낮음 정책: 낮음~보통	분석: 낮음~보통 데이터: 낮음 정책: 낮음	분석: 낮음~보통 데이터: 낮음 정책: 낮음	분석: 낮음~보통 데이터: 낮음 정책: 낮음~보통

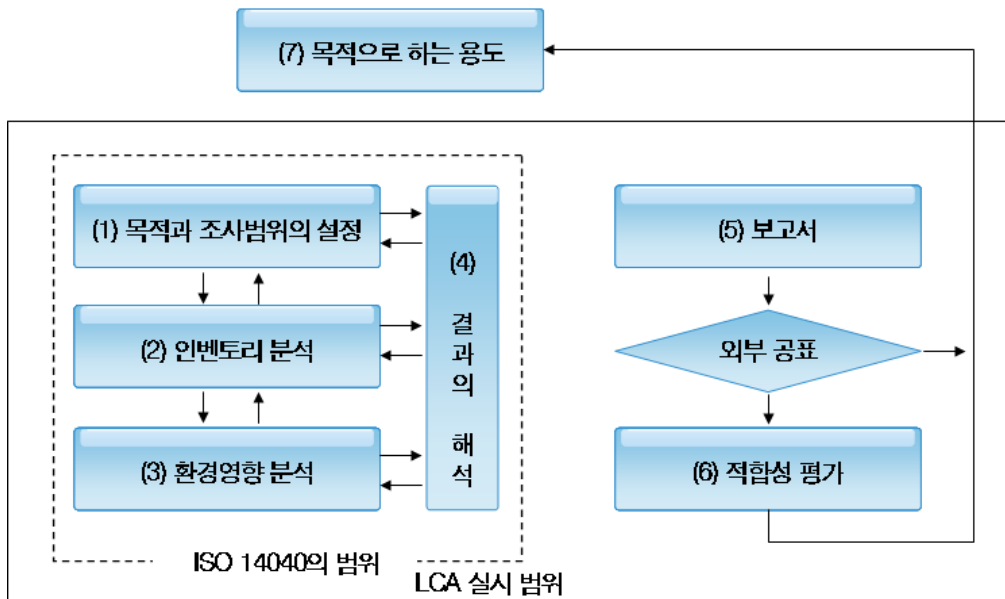
※ 주 : ‘낮음’, ‘보통’, ‘높음’은 여러 수명주기 단계 동안 ICT 항목의 직접적인 환경적 영향을 다루는 분석, 데이터, 정책의 양을 나타냄

1. 포장 및 유통은 수명주기 단계로서 별도 취급되지 않음. 포장의 환경적 영향은 ICT 기기와 관련이 있지만 임베디드 ICT의 폐기처리와도 관련이 있다(박스에 포장된 RFID 태그 등).
2. ICT 기기의 수명주기 평가에 주로 포함되나 범위의 제약이 있을 수 있음.

3. 탄소가스 배출량 산정 모델 개발

ICT 시스템 도입에 따른 탄소가스 배출량 산정을 위해 전과정평가인 LCA 단계를 구분하고, 정의한다. 전과정평가 LCA(Life Cycle Assessment)는 원료 획득으로부터 제조, 사용, 처리, 재활용 그리고 마지막 처리에 이르기까지 제품의 전과정(즉 요람에서 무덤까지)에 걸쳐 환경 측면과 잠재적인 환경영향을 의미한다. 따라서, 제품 및 서비스의 환경부하(環境負荷)를 평가하는 방법으로 LCA(Life Cycle Assessment) 분석을 통해 Life Cycle에서 발생하는 환경부하를 평가하는 것이다.

LCA는 ISO14040 시리즈로 규격화되어 있으며, ISO 14040 기준에 의한 LCA 범위는 <그림 3>과 같이, ①목적 및 범위 설정, ②인벤토리(Inventory) 분석, ③환경영향 분석, ④결과 해석 등 4단계로 구성되어 있다.[7]



<그림 3> LCA 주요 실시 순서

일본 산업환경관리협회의 전과정평가(LCA: Life Cycle Assessment)는 <표 3>과 같이 구분하고 있다.[8]

[표 3] 전형적인 전과정평가(LCA) 단계

전과정 단계	전과정 단계 정의
1) 조달	시스템을 개발하기 위해 시스템을 구성하는 하드웨어, 소프트웨어 등을 조달하는 단계
2) 설계·개발·제조	시스템을 설계·개발·제조하는 단계
3) 출하	개발된 시스템을 고객에게 출하하기 위한 작업을 실시하는 단계
4) 유통	개발된 시스템을 고객에게 납품하기까지의 단계
5) 설치	개발된 시스템을 유통단계를 통해 고객에게 사용 가능한 상태가 될 때까지의 단계
6) 기동작업	시스템을 사용자가 운용할 수 있도록 만드는 단계
7) 운용	실제로 운용하여 그 기능을 발휘하는 단계
8) 회수	폐자재를 리사이클 공장에 보내기까지의 단계
9) 폐기·리사이클	리사이클 공장으로 운송된 폐자재를 재사용할 수 있도록 하는 단계

그러나, 제조업의 정보시스템 전과정평가(LCA)를 위해 전과정 단계를 기존의 9개 단계에서 회수와 폐기·리사이클 단계를 제외하고 7개 단계로 구분하여 조사를 실시하였다. 다음은 정보시스템 구축 및 운영에 있어서 기업들은 LCA 단계에서 여러 가지 활동(Activity)들을 수행하였다. 전과정(Life Cycle) 단계에 대한 탄소가스 배출량 산정

을 위해서는 환경영향 요인을 조사하기 위해 <표 4>와 같이 8개 활동(Activity)을 정의하였다.

<표 4> 전과정에서 고려해야 할 활동(Activity) 정의

구분	정의
1) 재료·에너지 소비	물자(전산 용품)를 사용하는 활동
2) ICT기기 이용	ICT 기기를 이용하는 활동
3) 네트워크 인프라 이용	네트워크 인프라를 구성하는 설비를 이용하는 활동
4) 소프트웨어 이용	소프트웨어를 설계·개발·제조하는 활동
5) 물자의 이동	제품이나 부품 등을 운송하는 활동
6) 사람의 이동	인력이 교통수단을 이용하여 이동하는 활동
7) 물자의 보관	제품이나 부품 등을 창고에서 보관하는 활동
8) 사람의 업무	종업원들이 사무실 등을 이용하여 업무를 보는 활동

탄소가스 배출량 산정을 위해 LCA 단계별 구분하고, <표 5>와 같이, 각각의 활동별 탄소가스 배출에 영향요인에 대해 조사하였다.

<표 5> 활동별 환경영향 요인

구분	영향요인
1) 재료·에너지 소비	물자의 소비량
2) ICT기기 이용	ICT기기의 전력소모량
3) 네트워크 인프라 이용	데이터통신량
4) 물자의 이동	물자의 이동량
5) 사람의 이동	업무를 위한 이동
6) 물자의 보관	물자 공간(면적)
7) 사람의 업무	사무 공간(면적)

탄소가스 배출량 산정을 위해서는 활동별 영향요인별 탄소가스 배출량을 측정하기 위한 CO2 원단위 데이터의 확보가 필요함. 그러나 현재 국내에서는 ICT 운용에 따른 탄소가스 배출량 산정을 위한 CO2 원단위 데이터가 마련되어 있지 않은 상황이다. 따라서 <표 6>과 같이, 일본의 산업환경관리협회에서 환경부하 측정시 사용한 CO2 원단위 데이터를 사용하여 개발하였다.

<표 6> 탄소가스 배출량 산정 모델에 적용한 요인별 원단위

환경부하요인		CO2 원단위		비고(출처)
물자의 소비	종이	1.28	kg-CO2/kg	
	중량환산계수	0.004	kg/매	종이펄프 핸드북(1998)
인력의 이동	승용차	0.0839	kg-CO2/명·km	일본 통계연감(2005)
	버스	0.0615	kg-CO2/명·km	"
	철도	0.0329	kg-CO2/명·km	"
	항공기	0.186	kg-CO2/명·km	"
사무공간	사무공간	78.0	kg-CO2/m ² ·년	민생부문 에너지 소비실태 조사 환경부하 원단위 데이터 북
	1인당 작업공간	13.1	m ² /명	일본빌딩협회
물자의 이동	트럭	0.205	kg-CO2/t·km	일본 통계연감(2005)
	철도화물	0.0315	kg-CO2/t·km	"
	항공화물	1.410	kg-CO2/t·km	"
	화물선	0.027	kg-CO2/t·km	"
물자의 보관	보통창고	46.4	kg-CO2/m ² ·년	"
ICT 네트워크 기기 전력소비	전력	0.363	kg-CO2/kWh	-
데이터통신	네트워크 통신	0.0025	kg-CO2/Mbyte	ICT 서비스의 환경효율에 관한 보고서(2004)
	우편	0.0973	kg-CO2/통	-
연료	휘발유	2.75	kg-CO2/L	환경부하 원단위 자료집
	등유	2.65	kg-CO2/L	"
	경유	2.95	kg-CO2/L	"
	중유	2.81	kg-CO2/L	"

4. 결 론

ICT시스템 도입 전후에 대한 탄소가스 배출량 산정 모델을 개발하기 위해 국내외 탄소가스 배출량 산정모델 연구에 대한 분석을 통해 국내 탄소가스 배출량 산정 모델을 제시하였으며, 제조업을 대상으로 탄소가스 배출량 산정 모델을 적용해 봄으로써 개발한 탄소가스 배출량 산정모델을 검증하였다.

탄소가스 배출량 산정을 위해서는 각 환경영향 요인별 CO2 원단위(原單位)를 사용하여 환경부하를 측정해야 하는데 국내에서는 ICT 분야에서의 환경영향 요인에 대한 CO2 원단위 측정이 필요하다.

본 연구에서도 CO2 원단위 데이터가 확보되지 않았기 때문에 일본 산업환경관리협회의 탄소가스 배출량 산정 모델에서 적용한 CO2 원단위를 사용하는 한계점이 있었다. 따라서 국내 환경에 맞는 CO2 원단위 측정 데이터를 확보해야만 보다 탄소가스 배출량 산정하는데 효과적으로 활용이 가능하며, 저감효과를 제시하는데 정확한 수치 값 제공이 필요하다.

5. 참 고 문 헌

- [1] KDDI株式会社 “KDDI CSR Report”, 2008
- [2] 행정안전부, “- 저탄소 녹색성장을 위한 - 녹색정보화 추진계획(안)”, 2009
- [3] 에너지관리공단, “기업 온실가스 배출량 산정 지침서”, 2006
- [4] 한국정보사회진흥원, “ICT와 환경”, 정보화정책분석, 2008
- [5] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) : www.ipcc.ch
- [6] 한국정보화진흥원, “ICT와 환경-글로벌 이슈와 연구동향”, 2008
- [7] 황선진, “LCA 실무 입문”, 시그마프레스, 2003
- [8] 社団法人産業環境管理協會, “情報通信技術 (ICT) サービスの 環境効率事例収集及び算定基準に関する検討 成果報告書”, 2004