

제3자 물류기업의 탄소배출량 산정 모형에 관한 연구

A Study on Calculation Model of CO2 Emission in Third Party Logistics

신 재 천*

Jae-Cheon Shin*

Abstract

전 세계적인 기후변화 협약과 정부의 저탄소 녹색성장 정책으로 물류기업은 탄소배출량 감축을 위한 노력을 해야 할 시대에 직면하고 있다. 특히 화주기업에 대한 서비스제공과 화주의 경영 가치 실현에 공헌해야 할 제3자 물류기업은 기업자체의 경쟁력 뿐 아니라 화주기업의 탄소경영에 이바지하기 위해서라도 이산화탄소 배출량을 감축하는 노력을 해야 한다. 탄소 배출량을 감축하기 위해서는 제3자 물류기업의 특성에 맞는 탄소배출량을 산정해야 하고 이러한 산정방법이 공정하고 일관성 있는 체계로 실행되어야 한다. 이산화탄소 배출량을 산출하기 위해서는 탄소경계 설정과 연료별, 연비법, 톤-킬로미터법 등 다양한 계산방식을 적용해야 하는데, 본 연구에서는 제3자 물류기업의 현실에 맞는 이산화탄소 배출량 산정 모형에 대하여 연구하였다.

Keywords: 이산화탄소, 제3자물류기업, 탄소배출량

1. 서 론

전 세계적인 기후변화협약은 1992년 브라질의 리우데자네이로에서 체결되었다. 정식 명칭은 '기후변화에 관한 유엔 기본협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)'이고 리우환경협약이라고도 한다. 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 배출을 제한하여 지구온난화를 방지하는 목적으로 체결되었으며, 기후변화협약 체결국은 온실가스 배출량과 제거량을 조사하여 이를 보고해야 하고 기후변화 방지를 위한 국가계획도 작성해야 한다.

* 명지대학교 산업경영공학과

협약 당사국들은 1997년 일본 교토에 모여 제3차 당사국 총회를 개최하고 기후변화 협약의 구체적 이행 방안으로, 선진국의 온실가스 감축 목표치를 규정하는 교토의정서를 채택하였다. 의무이행 대상국은 오스트레일리아, 캐나다, 미국, 일본, 유럽연합(EU) 회원국 등 총 38개국이며, 2008~2012년 사이에 온실가스 배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 감축해야 하고 각국의 감축 목표량은 -8~+10%로 차별화하였다.

우리나라는 제3차 당사국총회에서 기후변화협약 개발도상국으로 분류되어 의무대상국에서 제외되었으나 선진국들은 자발적 의무부담을 요구하고 있으며, 2013년~17년 의무대상국이 개발도상국에 집중되기 때문에 우리나라도 의무이행 당사국으로 동참을 요구받고 있다.

우리나라의 이산화탄소(CO₂) 배출량은 2007년 488.7백만톤(전세계 28,962.4백만톤)으로 OECD내에서 6위, 전세계에서 9위를 차지하고 있다. 1990~2007년 증가율은 113%로서 OECD내 최고이며 세계 증가율(38.7%)의 3배에 달하고 있다. 1인당 배출량은 10.1 tCO₂로 OECD 평균(11.0)보다 약간 낮으나, 세계 평균(4.38)보다는 높은 편이고 OECD 내에서는 9위, 전 세계에서는 23위로 상승하였다. 단위 에너지당 배출량은 53.5 tCO₂/terajoule로 세계평균(57.5), OECD평균(56.5)보다는 낮아 에너지탄소 효율은 높은 편이다¹⁾.

이러한 국제사회의 압력과 국제적 책임론으로 우리나라도 2008년에 저탄소 녹색성장 정책을 제시하고 기후변화협약 의무이행 당사국으로서의 준비와 더불어 기후변화 시대의 새로운 산업동력 발굴을 정책으로 반영하기 시작하였다. 이어서 2009년 11월에는 우리나라의 온실가스 배출량을 2020년까지 BAU(Business As Usual, 배출전망치) 대비 30% 감축하겠다는 목표(2005년 대비 4% 감축)를 발표하였다. 또한 2010년 1월에는 '저탄소 녹색성장 기본법'을 제정하여 저탄소 녹색성장에 필요한 법률적 기반을 조성하고 2010년 10월에는 온실가스·에너지 목표관리제를 실시하고 470개의 관리업체(산업·발전 374개, 건물·교통 46개, 농업·축산 27개, 폐기물 23개)를 지정하였다. 관리업체는 4년간(2007~2010년)의 온실가스 배출량 및 에너지 소비량 등의 정보가 담긴 명세서를 제3차 검증기관의 검증을 통해 부문별 관장 기관에 제출하여야 하며, 2011년 9월에 감축목표를 설정하고 2012년부터 목표이행을 해야 한다.

특히, 2009년 부문별 최종 에너지 소비량을 보면 전체 에너지 소비량(182.1백만 toe) 중에서 수송부문 에너지 소비량(35.9백만 toe)이 19.7%를 차지함²⁾으로써 수송부문에 대한 탄소배출 감축 정책이 국가의 탄소배출량 감축에 있어서 중요한 부문임을 알 수 있다. 수송부문의 감축 압력과 규제정책은 물류기업의 탄소배출량 감축 유도도 이어질 수 있으며, 국토해양부 주관의 온실가스·에너지 목표관리제의 시행과 녹색물류 인증제 도입 등으로 가시화 되고 있다. 물류기업은 이러한 정부의 녹색물류 추진 정책 외에도 화주기업의 물류 부문에 대한 탄소 감축 요구를 적극적으로 받아들여야 하며 화주기업의 탄소감축을 위한 물류서비스를 개발해야 할 환경에 직면해 있다. 장기적으로는

1) IEA(International Energy Agency), 「세계에너지전망(WEO: World Energy Outlook) 2009, 보고서* 중 "CO₂ 하이라이트", 2009

2) 에너지경제연구원, 「2010년 에너지 통계연보」, 2010

새로운 물류원가 부담으로 부각될 수 있는 탄소배출량에 대한 온실가스 배출권 거래제에 대비해야 하는 부담을 안고 있다.

물류기업의 이산화탄소 배출량을 산정하기 위해서는 물류기업의 물류 서비스 형태에 따른 탄소산정 경계를 설정하고 이에 대한 에너지원별로 탄소배출량을 산출량을 산정해야 한다. 즉, 물류 서비스는 화주기업으로부터 물류기업, 다양한 형태의 협력기업이 존재하는데 어느 단계까지 물류기업의 이산화탄소 발생량으로 산정할 것인지 그 경계를 설정하는 것이 가장 중요하다. 또한 물류기업의 서비스 형태에 따른 에너지원과 에너지 사용량을 측정하는 방법이 다양한데 이에 대한 적용 계수와 에너지별 발열량을 어떤 기준에 의해 적용할 것인지 선정해야 한다. 경우에 따라서는 에너지 사용량을 정확하게 알 수 없는 서비스 형태가 많이 있는데, 이럴 경우 물류지표(물동량, 운송거리, 연비, 적재율 등)를 어떻게 적용할 것인지 산정해야 한다.

본 연구는 물류기업의 다양한 물류 서비스 형태에 따른 이산화탄소 산정 모형을 설정하고 이에 대한 물동실적과의 통계분석(회귀분석)을 통하여 탄소배출량 감축방안을 제시하고자 한다.

2. 탄소배출량 산정에 대한 기존 연구 고찰

2.1 IPCC의 배출량 산정 지침

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부간 패널) 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)의 제안에 따라 국가별 '온실가스 배출량 산정을 위한 지침서'를 제작하여 공표하였는데 이는 산업별 주요 배출원에 대한 기준을 제시하고 배출량을 산정하는 계산식과 주요 배출계수를 정의하였다.

2.2 WRI/WBCSD의 배출량 산정 지침

WRI(World Resources Institute, 세계자원연구소)와 WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)는 '온실가스 프로토콜 사업자 배출량 산정 및 보고 기준(2004년)'과 '온실가스 프로토콜 사업 감축량 산정기준'을 발표하였는데, 온실가스 배출량을 산정하는 절차를 표준화 하였다. 특히, 배출유형과 배출원을 Scope I 직접배출, Scope II 전력에 의한 간접배출, Scope III 기타 간접배출로 구분하여 보고하도록 하고 있다.

2.3 일본의 배출량 산정 지침

일본의 경제산업성에서는 2003년부터 환경 조화형 로지스틱스(LEMS)의 조사를 시행하여 이산화탄소를 포함하는 물류활동에 따른 환경부하를 정량화 기법으로 표준화

하였다. 물류사업자뿐만 아니라 화주의 관점에서 이산화탄소 배출량을 산정할 수 있도록 하고 있다. 또한, 국토교통성에서도 독자적으로 물류사업자에게 알맞은 산정기준을 작성하고 있다. 이들 산정방법의 내용에 관하여 경제산업성과 국토교통성의 연계를 강화하고 내용을 통합함으로써 ‘로지스틱스 분야에서의 CO2 배출량 산정방법에 관한 공동지침’을 발표하였다. 2006년에 ver1.0을 작성하고 2007년 3월에 ver3.0을 발표하였다.

2.4 한국의 배출량 산정 지침

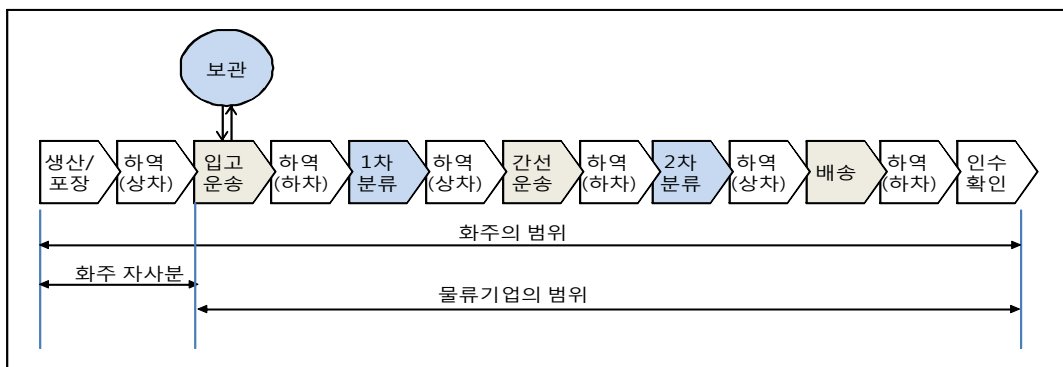
한국은 2006년 11월에 에너지관리공단이 ‘기업 온실가스 배출량 산정지침’을 발표하고 2010년에는 교통안전공단이 ‘물류기업 온실가스 인벤토리 구축 지침서’를 발표하였다. 또한 온실가스·에너지 목표관리제 시행에 따른 ‘온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침’을 환경부 고시 제 2011-29호로 2011년 3월 16일 제정·고시함으로써 물류기업이 이산화탄소 배출량을 독자적으로 산정할 수 있도록 하였다. 그러한 이러한 지침은 이산화탄소 배출량 자체만을 산정하고 보고하는 것에 목적을 두고 제정된 지침서로서 실질적으로 물류기업이 경영지표와 더불어 활용하기에는 부족한 부분이 많다.

3. 제3자 물류기업의 탄소배출량 산정 모형

3.1 제3자 물류기업의 서비스 형태

제3자 물류기업이란 모회사-자회사 또는 관계회사 등의 특수관계자가 아닌 제3자가 계약에 의해 화주 기업으로부터 Supply Chain의 일부분 또는 모든 부분을 위탁 받아 물류 운영을 대행하는 전문 물류기업을 말한다. 물류기업은 물류공동화와 전문화를 통하여 물류원가를 절감하고 서비스 수준을 올릴 수 있으며, 화주기업은 생산, 판매, R&D등의 핵심 역량에 집중할 수 있다.

제3자 물류기업의 가치사슬(Value Chain)은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 제3자 물류기업의 Value Chain

3.2 탄소배출량 산정 경계 설정

제3자 물류기업의 서비스 형태에 따른 탄소배출량의 산정의 경계를 설정하는 것이 가장 중요하다. 특히, 탄소경계는 물류서비스의 특성상 화주로부터 위탁받은 서비스에 대하여 다양한 형태의 아웃소싱으로 수행하기 때문에 어느 부분까지 물류기업의 탄소배출량으로 인식해야 하는지가 중요하다. 운송이나 수송의 경우에도 물류기업 자신의 차량으로 운행하는 경우보다는 지입사를 통한 지입차량을 이용하거나 구간별, 지역별 아웃소싱체제로 서비스가 이루어지는 경우가 많다. 제3자 물류기업이 가치사슬에서 나타난 서비스 형태별로 탄소경계를 설정하면 <그림 2>와 같다.

서비스 형태	수송	배송	보관	분류
산정 대상	자사차량	자사차량	자사창고	자사 시설
	지입차량 (위수탁 차량)	지입차량 (위수탁차량)	임차창고 (자사인원)	임차 시설 (자사 인원)
	재위탁(용차) 차량 (자사 배차시스템)			
산정 비대상	재위탁(용차) 차량 (자사 시스템 외)	일회성 용차	타사인원이 운영하는 창고	-

<그림 2> 제3자 물류기업의 탄소배출량 산정 경계

3.3 탄소배출량 산정 방법과 종류

3.3.1 탄소배출량 산정 방법

제3자 물류기업의 탄소배출량을 산정하는 방법은 에너지를 산출할 수 있는 정도와 서비스 형태에 따라 연료법, 연비법, 톤킬로미터법, 요금법 등을 적용 할 수 있다.

산정방법	계산식	필요 제원	정밀도
연료법	연료사용량 X 탄소배출 계수	연료 사용량	가장 높다
연비법	운송거리 / 연비 X 탄소배출 계수	운송거리, 기준연비	사용 연료량을 환산하여 추정
톤킬로미터법	운송량 X 톤킬로미터법 배출 원단위	운송거리, 화물용적 적재율	
요금법	운송요금 X 요금법 배출 원단위	운송요금	가장 낮다

3.3.2 운송차량의 탄소배출량 산정

탄소배출량을 산정하기 위해서는 일반적으로 정밀도가 높은 산정방법이 바람직하지만, 정밀도가 높을수록 산정할 때 작업량이 많다. 제3차 물류기업이 자사차량의 이산화탄소 배출량을 산정하는 경우에는 연료법이 표준이 되며 연료 사용량을 직접 측정할 수 있는 경우에는 연료법에 따라 이산화탄소 배출량을 산정한다.

[연료법]

$$\cdot E_{i,j} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n (F_{i,j} \times NCV_j \div 10^7 \times EF_{i,j} \times (44/12)) \text{-----} (1)$$

$E_{i,j}$: 차량(i)에 대한 연료종류(j)의 이산화탄소배출량(Emission)(tCO₂)

$F_{i,j}$: 차량(i)에 대한 연료종류(j)의 연료 사용량

NCV_j : 연료종류(j)의 순발열량(Net Caloric Value)

$EF_{i,j}$: 차량(i)에 대한 연료종류(j)의 배출계수(Emission Factor)

44/12: 이산화탄소 분자량 / 탄소원자량

[연비법]

$$\cdot E_{i,j} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n ((S_{i,j} \div FE_{i,j}) \times NCV_j \div 10^7 \times EF_{i,j} \times (44/12)) \text{-----} (2)$$

$FE_{i,j}$: 차량(i)에 대한 연료종류(j)의 연비

$S_{i,j}$: 차량(i)에 대한 연료종류(j)의 이동거리

[개량 톤킬로미터법]

$$\cdot E_{i,j} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n ((T_i \times S_{i,j} \times F_d) \times NCV_j \div 10^7 \times EF_{i,j} \times (44/12)) \text{-----} (3)$$

$$F_d : \ln_y = 2.71 - 0.812 \ln(x/100) - 0.654 \ln_z \text{-----} (3-1)$$

T_i : 차량(i)에 화물중량(t)

\ln : 자연로그(Natural Logarithms)

y : 운송 톤킬로미터당 연료사용량(리터)

x : 적재율(%)

z : 최재적재량(kg)

[종래 톤킬로미터법]

$$\cdot E_{i,j} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n (T_i \times S_{i,j} \times Ea \times (1/10^7)) \text{-----} (4)$$

Ea : 운송 기간별 수송 톤킬로미터당 이산화탄소 배출 원단위

자동차(보통차): 173gCO₂/tkm
 철도: 22gCO₂/tkm
 국내항공: 1,490gCO₂/tkm

[요금법]

$$\cdot E_{i,j} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^n (W_{i,j} \times EQ_{untW}) \text{-----}(5)$$

Wi: 수송요금 /원

EQuntW : 요금납부액에 대한 원단위

3.3.3 물류거점의 탄소배출량 산정

물류센터에서의 보관, 하역, 유통가공 및 분류 활동으로 발생하는 탄소배출량은 대부분의 에너지원이 전기사용량이다. 특히, 물류거점에서의 에너지 사용량은 서비스 단위별로 구별하기 어려운 경우가 많으므로 정확한 전기사용량 측정이 불가능할 때에는 전체 사용량을 서비스 단위별로 안분해야 한다. 즉, 물류 거점에 대한 소유 또는 임대차로 인하여 전기사용량을 정확하게 파악하기 어려운 경우가 많다. 이럴 경우 면적계약을 하고 있거나 건물 동 단위로 이용하는 경우에는 면적배분으로 산정하는 것이 좋고, 면적배분이 어려운 통과형 물류거점(Transferring Center)은 화물의 양에 따라 배분할 수도 있다. 통과형 물류거점이나 유통가공을 포함하는 물류센터는 화물의 체재시간이 짧아서 전기사용량 계측이 불가능하므로 단순하게 일정기간 내의 물동량으로 배분하는 것이 타당하다.

$$\cdot E_k = \sum_{k=1}^n (EQ_k \times EF_j) \text{-----}(6)$$

$$\cdot E_{prop1} = \sum (A \times EQ_{untA}) \text{-----}(7)$$

$$\cdot E_{prop2} = \sum (Q \times EQ_{untQ}) \text{-----}(8)$$

Ek : 물류거점으로 활용되는 건물(k)의 탄소배출량

EFj : 물류거점으로 활용되는 전기(j)의 탄소 배출계수

EQk : 물류거점으로 활용되는 건물(k)의 전기 사용량

Eprop : 안분(비례배부법)에 의한 배출 산출량

EQunt : 물류거점으로 활용되는 건물의 전기사용량의 원단위

A: 물류거점의 사용 면적

Q: 물류거점의 통과 물동량

4. 산정모형 적용과 회귀분석

4.1 제3자물류기업의 물류 지표 적용

제3자물류기업의 가장 중요한 물류지표는 매출액과 물동량, 물류원가이다. 본 연구에서는 산정모형에 따른 탄소배출량 산정 결과가 제3자물류기업의 물류지표와 어떤 연관성이 있는지 분석하였다. 즉, 매출액과 물동량이 증가하는 제3자물류기업이라면 탄소배출량도 증가할 것이고 이에 대한 증가분이 매출액이나 물동량의 증가에 의한 것인지 물류 프로세스의 중복과 악화에 의한 것인지 구별하기 어렵다. 따라서 제3자물류기업의 물류지표인 매출액, 물동량, 물류원가를 현존하는 의약품 물류기업의 실제 데이터를 기준으로 회귀분석하였다.

즉, 2008년 1월부터 2010년 12월까지의 의약품 물류기업의 서비스 영역별 탄소배출량을 산정하여 본 연구에서 제시한 산정방법을 검증하였다.

4.2 회귀분석

제3자물류기업의 물류지표, 서비스 부문별 매출액, 택배부문의 물동량, 서비스 부문별 물류원가를 독립변수로 하고 부문별 탄소발생량을 종속변수로 채택하여 회귀분석하였다. 이 분석결과 매출액과 물동량의 증가는 탄소발생량을 증가시킨 것으로 분석되었다. 다만 물류 지표의 증가에 따른 탄소발생 총량은 순비례관계로 증가하였으나 원단위 증가량은 순비례 관계로 증가하지 않았다. 오히려 물류원가의 증감이 탄소배출 원단위량과의 순비례관계로 분석되었다.

이러한 결과는 제3자물류기업의 탄소감축 노력은 기존의 물류원가 절감 노력의 효과에 의한 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.

5. 결 론

제3자물류기업의 탄소배출량 감축에 대한 사회적, 경제적 환경은 제3자물류기업에게 새로운 경영 패러다임을 요구하고 있다. 화주기업에 대한 물류비 절감 효과 뿐만 아니라 탄소발생 감축의 효과를 제시해야 하며, 물류기업 자체의 생존과 발전을 위하여 탄소배출량 감축노력이 절실한 상태이다. 본 연구는 이러한 시대적, 환경적 변화에 따른 제3자물류기업의 서비스 형태별 탄소배출량 산정 모형을 표준화하고 이에 대한 물류 지표와의 상관관계를 분석함으로써 제3자물류기업이 가장 효과적인 탄소배출량 감축 방안을 개발하도록 하였다.

6. 참 고 문 헌

- [1] IEA(International Energy Agency, “세계에너지전망(WEO: World Energy Outlook) 2009” 보고서 중 “CO2 하이라이트”, 2009
- [2] 에너지경제연구원, “2010년 에너지 통계연보”, 2010
- [3] IPCC, “Guideline for National Greenhouse Gas Inventories”, 2006
- [4] WRI/WBCSD, “The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition”, 2004
- [5] 일본 경제산업성, 국토교통성, “ 로지스틱스 분야에서의 CO2 배출량 산정방법 공동지침 Ver3.0”, 2007
- [6] 환경부, “온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침”, 2011
- [7] 한국교통연구원, “녹색물류 전환체계 구축방안 연구”, 2010
- [8] 이석준, 박석하, “ 친환경 수배송물류에서 트럭의 적재율에 따른 이산화탄소 배출량 계산과 관리방법에 관한 사례연구, 2009
- [9] 최한수, “우리나라 산업의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출 구조 분석”, 2007
- [10] 송중성, “온실가스 잠재배출량을 활용한 저탄소 제품 설계 시스템 개발”, 2009
- [11] 국립환경과학원, “환경부문 온실가스 배출량 인벤토리 작성 및 배출계수 개발”, 2008
- [12] 서울시정개발연구원, “서울시 교통부문 탄소배출량 관리 전략 개발을 위한 기초연구”, 2009