

■ 論 文 ■

# 물류기업의 온실가스 배출량 및 도로화물환경지표 산정에 관한 연구

## A Study on the Calculation of CO<sub>2</sub> Emission and Road Freight Environmental Index for Logistics Companies

<b>김 종 현</b> (교통안전공단 녹색안전교육처 처장)	<b>김 흥 상</b> (명지대학교 교통공학과 교수)	<b>최 상 진</b> (주)케이에프이앤이 대표이사)
<b>박 성 규</b> (주)케이에프이앤이 연구소장)	<b>김 정</b> (주)케이에프이앤이 과장)	<b>장 영 기</b> (수원대학교 환경에너지공학과 교수)

### 목 차

- |                      |  |
|----------------------|--|
| I. 서론                | 1. 온실가스 배출량 및 화물환경지표 산정 방법                 |
| 1. 연구의 배경 및 목적       | 2. 물류기업 온실가스 배출량 산정                        |
| 2. 연구의 범위 및 방법       | 3. 화물수송실적(ton·km) 산정                       |
| II. 이론적 고찰           | 4. 화물환경지표(g-CO <sub>2</sub> /ton·km) 산정 결과 |
| 1. 물류기업의 온실가스 배출량 산정 | 5. 화물수송실적에 따른 에너지 소비량                      |
| 2. 온실가스 프로토콜         | IV. 결론 및 향후 연구 과제                          |
| 3. ISO 14064         | 참고문헌                                       |
| 4. 기존 연구 고찰          |  |
| III. 화물환경지표 산정       |  |

Key Words : 도로화물환경지표, 화물수송실적 당 CO<sub>2</sub>배출량, 온실가스 배출량, 물류기업, 실차 운행  
Road Freight Environmental Index, g-CO<sub>2</sub>/ton·km, Greenhouse Gas Emission, Logistics, Payload Running

### 요 약

도로물류부문의 온실가스 저감 및 물류체계를 효율화하기 위해서는 화물차의 운행효율화가 무엇보다 중요하다. 효율적인 수송체계의 구축은 화물차의 적재효율 향상, 수송수단의 전환 등을 통하여 온실가스 저감 및 수송비용을 절감할 수 있다. 또한, 물류부문의 환경부하량을 감축하기 위해서는 환경부하를 정량적으로 파악할 수 있어야 한다. 하지만, 국내 물류기업의 환경부하에 대한 체계적인 조사가 미비한 실정이다. 본 연구에서는 국내 물류부문의 화물환경지표로 화물수송실적(ton·km) 당 CO<sub>2</sub> 배출량으로 설정하였다. 여기서, 화물수송실적(ton·km) 당 CO<sub>2</sub> 배출량은 1 ton의 화물을 1 km 수송할 때 배출되는 CO<sub>2</sub> 양이다. 국내 물류기업을 대상으로 분석한 결과와 영국, 프랑스의 화물수송실적 당 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교하면 국내 업체가 363 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 영국 130 g-CO<sub>2</sub>/ton·km에 비해 2.8배, 프랑스 97 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 3.7배 높게 배출되는 것으로 나타났다. 이는 영국과 프랑스에 비해 국내 화물차의 공차 운행율이 높고, 적재 효율은 낮은 것이 주요 원인으로 판단된다.

In order to reduce Green House Gas(GHG) reduction in the road freight sector and thus establish green logistics, running efficiency of goods vehicles is of paramount importance. Providing effective transportation infrastructure can contribute to achieve the green logistics by reducing empty running of heavy goods vehicles and van, increasing the average payload on the vehicle, and shifting the transportation mode. In order to reduce the environmental impact from the road freight sector, it is essential to quantify the amount of environmental loading from the sector. However, any systematic survey on the environmental loading from the logistics companies has not been carried out in Korea. In this study, the environmental index for the road freight sector is defined as the amount of CO<sub>2</sub> emission per ton·km generated from goods vehicles. The computational analysis shows that the average CO<sub>2</sub> emission per ton·km generated by the logistics companies in Korea is 363 g-CO<sub>2</sub>/ton·km. Compared to UK (=130 g-CO<sub>2</sub>/ton·km) and France (=97 g-CO<sub>2</sub>/ton·km), the efficiency of logistics in Korea is 2.8 and 3.7 times as low as in the advanced countries. It also indicates that the main reasons for the low efficiency are mainly due to the high rate of empty operation of goods vehicles and the low payload.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

교통부문 온실가스 배출량(2008)은 81,670 천톤 CO<sub>2</sub>-eq/yr(국제병커팅 제외)으로 이중 도로부문의 온실가스 배출량이 77,310 천톤 CO<sub>2</sub>-eq/yr으로 전체 교통부문의 94.7 % 차지하는 것으로 나타났다(교통안전공단, 2010). 또한, 국내 교통물류의 대부분이 에너지 소비가 많고, 온실가스 배출이 많은 도로교통에 의존하고 있는 상황이기 때문에 교통물류체계에 있어서 에너지 효율 향상과 온실가스 저감을 위한 노력이 필요한 시기이다. 이에 정부는 지속가능교통물류발전법(2009.6.9)과 저탄소녹색성장기본법(2010.1.13)을 도입하여 친환경 교통수단에 대한 개발과 투자를 확대하고, 에너지 절감형 교통 물류체계로의 전환 등의 저탄소 녹색성장을 위한 다각적인 정책을 마련 중이다.

온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 배출원별 배출량을 정확히 산정하여 배출원별 특성 및 기여도를 파악하여야 한다. 정확한 배출량을 산정하기 위해서는 배출원 현황, 연료 사용량 등 활동도 자료를 파악하여 과학적인 방법과 절차를 통하여 온실가스 배출량을 산정하여야만 정확성과 신뢰성 있는 근거자료가 될 수 있으며, 온실가스 감축과 기후변화 적응 등 관련 연구나 정책 수립에 활용할 수 있다.

기업 온실가스 인벤토리 구축은 기업의 조직경계 안에서 직·간접적인 온실가스 배출원을 규명하고, 각 배출원으로부터 온실가스 배출량을 산정·목록화하여 배출현황을 파악하는 것으로 온실가스와 관련하여 가장 기초적인 작업이다. 이에 본 연구에서는 물류기업의 온실가스 배출원 중 도로수송으로 인해 발생하는 온실가스 중 CO<sub>2</sub>를 대상물질로 하여 8개 물류기업의 차종별 연료 사용량, 주행거리, 톤급별 적재효율 자료를 적용하여 화물수송에 따른 온실가스 배출량을 산정하고, 도로화물환경지표인 수송실적 당 CO<sub>2</sub> 배출량(g-CO<sub>2</sub>/ton·km)을 산정하고자 하였다. 또한, 도로화물수송실적에 따른 온실가스 배출량과 에너지 소비량 등의 화물환경지표를 주요 국가별 자료와 비교·분석 하였다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

물류기업의 온실가스 배출량은 고정 배출원과 이동

배출원을 포함하고 있지만, 본 연구에서는 물류기업에서 배출량이 가장 많은 이동 배출원 중 도로 수송에 의한 화물차의 온실가스 배출량을 산정하였다. 또한, 물류기업 화물수송실적인 ton·km를 산정하였으며, 이를 토대로 화물환경지표를 산정하였다.

교통물류부문의 화물환경평가지표 개발을 위하여 주요 국가별 화물차의 화물수송실적인 ton·km 당 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교·분석하였다. 물류기업의 화물수송 차량에 의한 온실가스 배출량은 화물수송실적(ton·km) 당 CO<sub>2</sub> 배출량으로 표현되며, 이는 1 ton의 화물을 1 km 수송하는데 배출되는 CO<sub>2</sub> 배출량을 의미하는 것으로 CO<sub>2</sub> 배출량을 화물수송실적(ton·km)으로 나눈 값이다. 여기서, CO<sub>2</sub> 배출량은 각 차량별 주행거리 및 연료 소비량을 이용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하고, 화물수송실적(ton·km)은 각 차량별 및 톤급별 적재효율을 이용하여 산정하였다.

국내 업체의 경우 등록된 화물차를 대상으로, 자동차 검사관리시스템(VIMS, Vehicle Inspection Management System)의 자료를 이용하여 주행거리 및 차량제원정보

(표 1) 대상 차종 및 대수

구분		대수	
화물차	일반형	경형	3
		소형	2,977
		중형	3,260
		대형	5,964
	덤프형	경형	1
		소형	-
		중형	3
	벤형	대형	11
		경형	38
		소형	104
	특수용도형	중형	44
		대형	8
		소형	476
중형		670	
특수차	견인형	대형	841
		중형	16
		소형	-
	구난형	대형	41
		중형	3,670
		소형	1
	특수작업형	대형	1
		중형	3
		소형	1
	화물전체		18,141

를 획득하였으며, 차량별 적재효율은 2005년도 국가교통 DB구축사업 “전국지역간 화물기종점 통행량 조사결과”의 자료를 이용하였다. 또한, 주요 국가별 사례분석 자료는 화물운송시장정보센터(2009)의 사례 및 정책 동향 자료를 인용하였다.

화물환경지표인  $g\text{-CO}_2/\text{ton}\cdot\text{km}$  값의 산정을 위한 대상 차종은 8개의 물류기업에서 운행하고 있는 차종을 대상으로 하였다. 차종 구분은 자동차관리법의 유형별 기준과 규모별 기준의 차종 구분을 적용하여 화물차와 특수차로 구분하였으며, 화물차는 일반형, 덤프형, 밴형, 특수용도형으로 특수차는 견인형, 구난형, 특수 작업형으로 구분하였다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 물류기업 온실가스 배출량 산정

기업 온실가스 인벤토리 구축은 기업의 조직경계 안에서 직·간접적인 온실가스 배출원을 규명하고, 각 배출원으로부터 온실가스 배출량을 산정·목록화하여 배출현황을 파악하는 것으로, 온실가스 배출량의 강제적 보고 및 배출량 공개, RISK 설정관리 및 감축 잠재력 확인, 기업 환경 이미지를 위한 국가/국제 GHG 프로그램 참여, 온실가스 시장의 조기 자발적 참여의 목적을 가진다. 기업의 구조는 법적·조직적 구조에 따라 다양한 형태를 가지고 있으며, 사업을 효율적으로 운영하기 위해 사업 환경에 맞춰 조직 체제를 유연하게 변경하는 경우가 많으므로, 온실가스 인벤토리 구축 시 어디까지가 해당 기업의 배출량 산정범위인지 경계를 명확히 하는 것은 매우 중요하다. 경계가 설정되면, 각 배출원에서 배출되는 온실가스 배출량을 산정한다.

물류기업에서 발생될 수 있는 온실가스 배출원은 직접/간접 배출원으로 분류할 수 있다. 직접 온실가스 배

〈표 2〉 물류기업 온실가스 인벤토리 경계설정

구분	적용대상	
scope 1 (필수)	고정연소	일반설비 에너지에 의한 연소
	이동연소	자동차, 트럭, 버스 등 수송 장치의 화석연료 사용
	탈루배출	에너지생산/처리/수송과정에서 발생하는 자연배출
scope 2	전기구매	외부에서 구입된 전력 사용량에 의한 배출
	스팀구매	외부에서 구입된 스팀 사용량에 의한 배출
scope 3 (선택)	이동연소	통근버스(아웃 소싱) 및 개인차량 출퇴근 등
	탈루연소	폐기물 소각/매립, 임대자산 등,

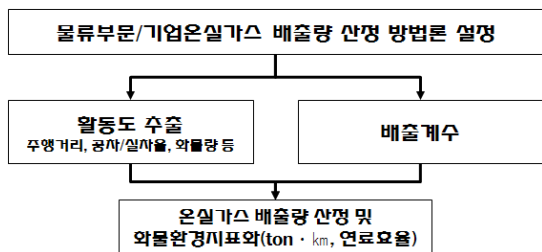
출원은 기업이 소유하고 통제하는 배출원으로 고정연소, 이동연소, 탈루배출이 포함되며, 간접 온실가스 배출원은 기업 활동결과에 따라 배출되는 것이지만 다른 기업에 의해 소유되거나 통제되는 배출원에 의해 발생된다.

### 2. 온실가스 프로토콜(The Greenhouse Gas Protocol)

온실가스 프로토콜에서는 온실가스 배출량 산정 및 보고 원칙, 법인 형태별 온실가스 배출량 산정 방법, 직접배출과 간접배출로 구분한 배출원별 온실가스 배출량 산정 방법을 제시하고 있다.

온실가스 배출량 산정 및 보고는 목적적합성(Relevance), 완전성(Completeness), 일관성(Consistency), 투명성(Transparency), 정확성(Accuracy)의 원칙에 의거한다. 각 원칙은 온실가스 배출량 산정과 보고의 기초가 되며, 각 원칙의 적용은 온실가스 인벤토리가 사업자의 온실가스 배출량을 정확하고 공정하게 나타낼 수 있도록 한다.

법인 형태별 온실가스 배출량 산정에 있어 사업 활동은 법적 형태, 조직구조에 따라 구분하고 있으며, 완전 소유형태, 법인과 비법인의 합작 출자사업, 자회사 등 여러 형태를 포함한다. 사업자는 온실가스 배출량 통합방식과 관련하여 출자비율 기준(Equity Share Approach)과 통제력 기준(Control Approach)이라는 상이한 2가지 기준을 사용할 수 있으며, 범위는 어느 기준을 사용해도 무방하다. 그러나 부분 소유(공동출자) 사업을 하는 사업자의 경우 어느 기준을 사용하느냐에 따라 조직범위 및 그 결과로서의 보고대상 배출량이 달라진다. 또한, 완전 소유 사업과 공동출자 사업 어느 경우에도 어떤 기준을 선택하느냐에 따라 사업 활동범위 설정에 있어서의 배출량 분류방식을 변화시킬 가능성이 있다.



〈그림 1〉 물류기업 온실가스 배출량 산정 절차

배출원별 온실가스 배출량 산정은 효과적이고, 혁신적인 온실가스 관리를 위해 직·간접 배출에 대한 포괄적 활동범위를 설정하는 것은 온실가스의 리스크와 기회 관리를 개선하는데 유효하게 된다. 직접적인 온실가스 배출은 사업자가 소유하거나 통제하고 있는 배출원으로부터 나오는 배출을 의미하며, 간접적인 온실가스 배출은 사업자 활동 결과로 발생하였으나, 다른 기관이 소유하거나 통제하는 배출원에서 나오는 배출을 의미한다. 또한, 직접 배출과 간접 배출의 분류 유형은 조직범위를 설정할 목표로 선정된 통합방식(출자비용 또는 통제력)에 따라 달라진다.

### 3. ISO 14064

ISO 14064는 일련의 온실가스 회계 및 확인 기준으로 3부분으로 구성된 규격이다. ISO 14064-1은 조직 또는 회사 차원의 온실가스 인벤토리 설계, 작성, 관리 및 보고를 위한 원칙과 요구 사항을 기술하고 있다. 이 규격은 온실가스 배출계계의 결정, 조직의 온실가스 배출량 및 제거량의 정량화와 온실가스 관리개선을 목적으로 하는 특정회사의 행동 및 활동을 파악하기 위한 요구 사항을 포함하고 있다. 또한 검증 활동을 위한 인벤토리 품질 관리, 보고, 내부 심사 및 조직의 책임에 대한 요구 사항 및 지침을 포함하고 있다.

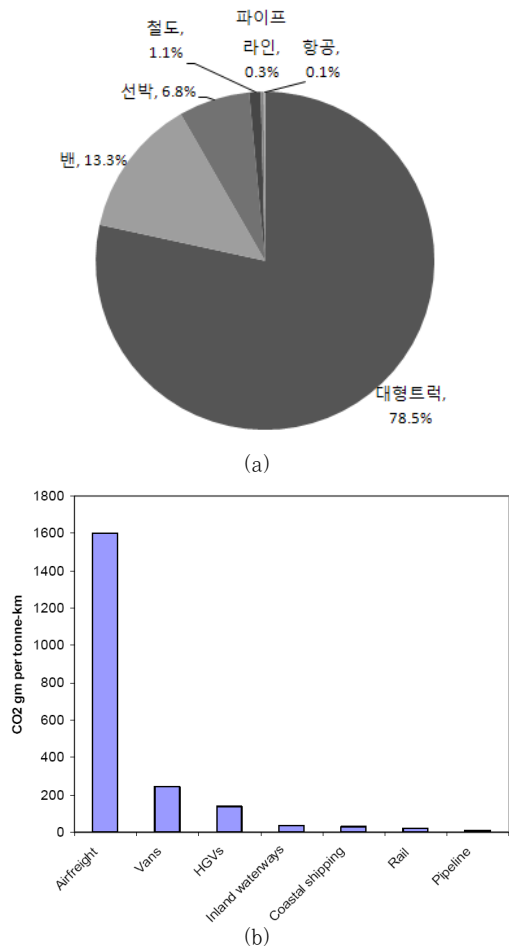
ISO 14064-2는 온실가스 배출량을 감축하거나 온실가스 제거량을 증가시키기 위해 특별히 설계된 온실가스 프로젝트 또는 프로젝트 기반 활동을 중점적으로 다루고 있으며, 프로젝트 베이스라인 시나리오 결정 및 베이스라인 시나리오와 관련된 프로젝트 성과의 모니터링, 정량화 및 보고를 위한 원칙과 요구사항을 포함하고 있으며, 타당성 평가 및 검증되어야 할 온실가스 프로젝트에 대한 토대를 제공하고 있다. ISO 14064-3은 온실가스 인벤토리 검증 및 온실가스 프로젝트의 타당성 평가 또는 검증에 대한 원칙과 요구사항을 자세히 설명하고 있으며, 이 규격은 온실가스 타당성 평가 또는 검증 절차를 기술하고 타당성 평가 또는 검증 기획, 측정 절차 및 조직 또는 프로젝트 온실가스 선언의 평가와 같은 요소를 명시하고 있다.

### 4. 기존 연구 고찰

영국의 경우(〈그림 2〉), 화물차인 대형 트럭과 소형

트럭에 의한 온실가스 배출량이 화물수송에 의한 배출량의 약 91.8 %를 차지하고, 이중 대형 트럭에 의한 배출량은 78.5 %에 해당하는 것으로 나타났다. 또한, 이 화물수송에 의한 온실가스 배출량은 전체 교통부문의 온실가스 배출량의 약 21 %에 해당하고, 영국 전체 온실가스 배출량의 약 6 %에 해당하는 것으로 나타났다. 그러나, 수송 수단별 화물수송실적 당 CO<sub>2</sub> 배출량(g-CO<sub>2</sub>/ton·km)은 항공 부문에서 가장 높게 나타났으며, 소형 트럭, 대형 트럭, 내륙 운하, 연안 선박, 철도, 파이프라인 순으로 나타났다(Alan McKinnon, 2007).

물류부문에서는 단순히 온실가스 배출량만 고려할 경우에는 항공부문이 총량적으로는 배출량이 가장 적지만, 화물수송실적 당 온실가스 배출량을 고려할 경우에는 가장 비효율적인 지표로 나타나고 있다. 이와 같이 물류부



〈그림 2〉 화물수송 수단별 온실가스 배출물(a)과 g-CO<sub>2</sub>/ton·km(b)(영국, 2004 기준)

문에서는 화물수송실적 당 온실가스 배출량과 같은 화물 환경지표( $g\text{-CO}_2/\text{ton}\cdot\text{km}$ ) 자료는 물류체계 효율을 평가하는 중요한 인자가 되고 있다.

### III. 화물환경지표 산정

#### 1. 온실가스 배출량 및 화물환경지표 산정 방법

화물수송실적 당  $\text{CO}_2$  배출량( $g\text{-CO}_2/\text{ton}\cdot\text{km}$ )은 연료 사용량을 통해  $\text{CO}_2$  배출량을 산정하고, 총 주행거리와 평균 적재중량을 통하여 화물수송실적( $\text{ton}\cdot\text{km}$ )을 산정한다. 화물수송실적 당  $\text{CO}_2$  배출량 산정 단계는 <그림 3>과 같다.

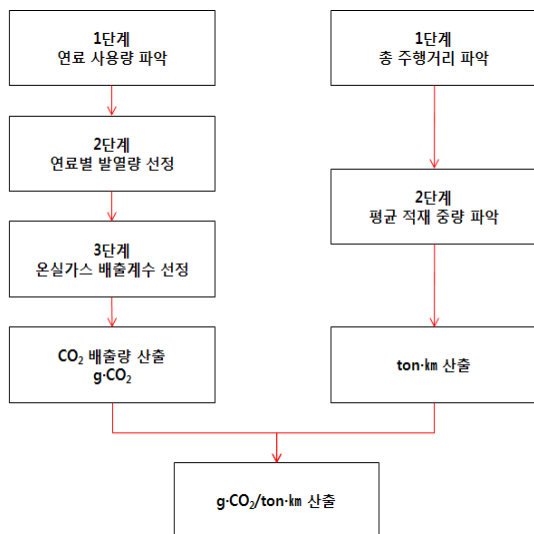
화물수송 차량에 의한  $\text{CO}_2$  배출량 산정은 식(1)과 같이 각 차량별 월 평균 연료사용량과 배출계수를 적용하여 산정한다. 배출계수 적용을 위하여 에너지기본법의 시행규칙 제5조의 휘발유, 경유, LPG, CNG의 순발열량을 적용하였다.

$$CO_2 \text{ Emission} = \sum (Fuel \text{ Consumption}_{ij} \times Emission \text{ Factor}_{ij}) \quad (1)$$

i : 연료 종류(디젤, 가솔린, LPG, 기타)

j : 차종(승용, 승합, 화물)

$\text{CO}_2$  배출량 산정을 위한 연료사용량은 유류카드통합관



<그림 3> 화물수송실적 당  $\text{CO}_2$  배출량( $g\text{-CO}_2/\text{ton}\cdot\text{km}$ ) 산정 단계

<표 3> 연료별 순발열량

연료종류	연료별 순발열량	
	(단위: kcal)	(단위: MJ)
휘발유(L)	7,400	31.0
경유(L)	8,450	35.4
LPG(kg)	10,900	46.3
CNG( $\text{m}^3$ )	8,393	40.0

자료 : 에너지기본법 시행규칙 제5조

<표 4> 연료별 배출계수 및 온난화지수

연료종류	배출계수(kg/TJ)		
	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$
휘발유(L)	69,300	3.8	5.7
경유(L)	74,100	3.9	3.9
LPG(kg)	63,100	62	0.2
CNG( $\text{m}^3$ )	56,100	92	3
온난화지수(GWP)	1	21	310

자료 : 2006 IPCC Guideline

리시스템의 2009년 1월 ~ 2009년 12월까지의 월 평균 연료사용량을 적용하여 연간 연료사용량을 산정하였다.

화물환경지표 산정을 위한 화물수송실적( $\text{ton}\cdot\text{km}$ )은 식(2)와 같이 총 주행거리와 실제 적재중량을 적용하여 산정한다.

$$ton \cdot km = \text{적재량} \times \text{적재효율} \times \text{연간총주행거리} \quad (2)$$

화물수송 차량에 따른  $g\text{-CO}_2/\text{ton}\cdot\text{km}$  산정은 식(3)과 같이 차량별 연료 사용량과 배출계수를 적용하여 산정한  $\text{CO}_2$  배출량을 화물수송실적( $\text{ton}\cdot\text{km}$ )으로 나누어 산정한다.

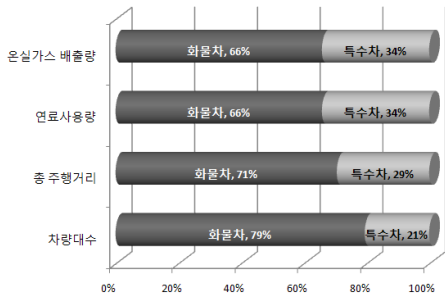
$$g\text{-CO}_2/\text{ton} \cdot \text{km} = \frac{\text{연료사용량}(TJ) \times \text{CO}_2 \text{ 배출계수}(g/TJ)}{\text{차량별 주행거리}(km) \times \text{적재중량}(ton)} \quad (3)$$

#### 2. 물류기업 온실가스 배출량 산정

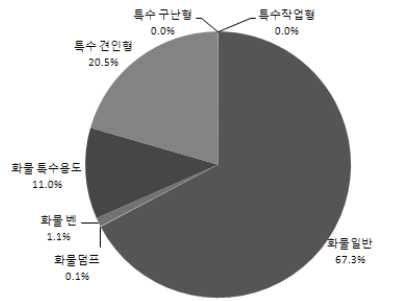
물류기업 8개 업체(A ~ H 업체)의 화물차 18,141대를 대상으로 한 차종별  $\text{CO}_2$  배출량 산정 결과 일반화물차 686,618  $\text{ton}/\text{yr}$ , 특수화물차 356,765  $\text{ton}/\text{yr}$ 로 산정되었으며, 총  $\text{CO}_2$  배출량은 1,043,385  $\text{ton}/\text{yr}$ 로 나타났다. 또한, 일반 화물차의 온실가스 배출 비중은 총 배출량의 66%, 특수 화물차는 34%를 차지하는 것으

〈표 5〉 화물수송에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 (단위 : ton/yr)

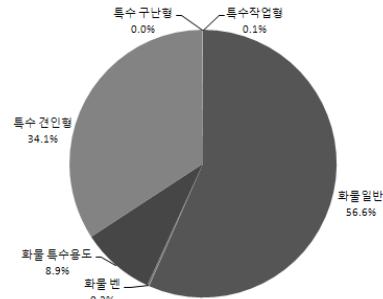
구분	일반화물차	특수화물차	총 배출량
A	320,341	260,594	580,935
B	90,443	31,937	122,380
C	67,621	4,427	72,048
D	16,665	-	16,665
E	90,087	5,876	95,963
F	20,435	-	20,435
G	54,179	46,722	100,901
H	26,847	7,208	34,055
합계	686,618	356,765	1,043,382



〈그림 4〉 화물차와 특수차의 온실가스 배출 비중



(a)



(b)

〈그림 5〉 차종별 대수(a) 및 온실가스 배출 비율(b)

〈표 6〉 차종별 CO<sub>2</sub> 배출량 및 1대 당 평균 배출량

구분		차량대수 (대)	주행거리 (km/yr)	연료사용량 (L/yr)	CO <sub>2</sub> -eq 배출량 (ton/yr)	1대 당 배출량 (ton/대·yr)	
화물차	일반형	경형	3	92,309	13,780	37	12.3
		소형	2,977	91,600,802	13,349,016	35,626	12.0
		중형	3,260	163,444,664	30,111,009	80,361	24.7
		대형	5,964	404,634,737	177,878,851	474,730	79.6
	덤프형	경형	1	12,016	1,836	5	4.9
		소형	0	0	0	0	
		중형	3	43,034	11,201	30	10.0
		대형	11	165,900	150,907	403	36.6
	벤형	경형	38	1,213,486	114,324	305	8.0
		소형	104	3,321,120	419,981	1,137	10.9
		중형	44	944,313	100,681	269	6.1
		대형	8	414,669	170,908	456	57.0
	특수용도형	소형	476	22,150,113	2,317,889	6,186	13.0
		중형	670	31,177,680	5,009,074	13,368	20.0
		대형	841	39,134,968	27,180,563	72,541	86.3
		탱크로리형	16	744,542	436,137	1,164	72.7
특수차	견인형	소형	0	0	0	0	
		중형	41	3,495,674	1,152,617	3,076	75.0
		대형	3,670	312,905,484	132,214,640	352,859	96.1
	구난형	소형	1	24,484	10,092	27	26.9
		중형	3	73,453	35,496	95	31.6
		대형	1	24,484	35,412	95	94.5
	특수작업형	소형	0	0	0	0	
		중형	1	12,428	8,208	22	21.9
		대형	8	99,426	221,394	591	73.9
	화물전체		18,141	1,075,729,785	390,944,015	1,043,382	57.5

로 나타났다.

세부 차종으로 구분하여 산정한 온실가스 배출량은 등록대수가 가장 많은 일반 화물차의 대형에서 474,730 ton/yr로 산정되었으나, 1대 당 온실가스 배출량으로 나타내면 특수차 견인형 중 대형에서 96.1 ton/대·yr로 1대에서 배출되는 온실가스 배출이 가장 많은 것으로 나타났다.

## 2. 화물수송실적(ton·km) 산정

화물수송실적(ton·km) 산정을 위한 차종별 총 주행거리는 교통안전공단의 2008년 자동차 주행거리 실태조사 보고서의 차종별 1대당 1일 평균 주행거리를 적용하였으며, 실제 적재량은 차종별 적재량에 한국교통연구원의 2005년도 국가교통 DB구축사업, 전국 지역 간 화물 기중점통행량 자료의 현행화의 톤급별 적재효율을 적용하였다.

〈표 7〉 차종별, 톤급별 일 평균주행거리 (단위 : km/day)

구분		1대 당 1일 평균
화물	일반형	134.10
	1톤 이하(소)	84.30
	5톤 미만(중)	137.36
	5톤 이상(대)	185.88
	덤프형	38.80
	1톤 이하(소)	32.92
	5톤 미만(중)	39.30
	5톤 이상(대)	41.32
	밴형	87.53
	1톤 이하(소)	87.49
	5톤 미만(중)	58.84
	5톤 이상(대)	142.01
	특수용도형	127.49
특수	견인형	233.59
	구난형	67.08
	특수작업형	34.05

자료 : 2008년도 자동차 주행거리 실태조사, 교통안전공단, 2009

〈표 8〉 톤급별 적재효율

구분	적재효율	
	비사업용	사업용
1톤 이하	0.343	0.429
1 ~ 3톤	0.373	0.434
3 ~ 8톤	0.404	0.482
8 ~ 12톤	0.392	0.512
12톤 이상	0.465	0.533

자료 : 2005년도 국가교통 DB구축사업- 전국 지역간 화물 기중점 통행량 자료의 현행화, 한국교통연구원, 2006

〈표 9〉 화물 운송량 (단위 : 10<sup>3</sup>ton·km)

구분	일반화물차	특수화물차	총 운송량
A	1,836,848	2,712,278	4,549,127
B	733,764	494,734	1,228,498
C	212,762	36,582	249,345
D	70,208	-	70,208
E	348,039	56,441	404,480
F	56,155	-	56,155
G	147,099	527,829	674,928
H	81,072	52,260	133,332

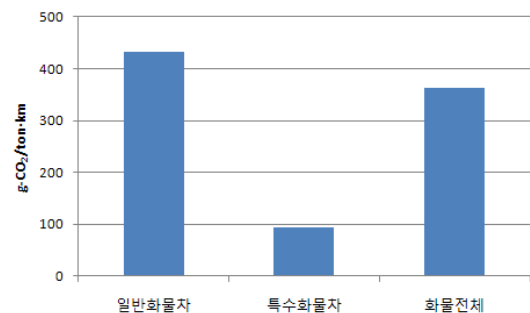
〈표 10〉 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km

구분	일반화물차	특수화물차	화물전체
A	277	100	203
B	341	66	303
C	418	121	410
D	339	0	339
E	439	104	431
F	458	0	458
G	772	89	672
H	377	138	349
평균	433	95	363

## 3 화물환경지표(g-CO<sub>2</sub>/ton·km) 산정 결과

g-CO<sub>2</sub>/ton·km 산정 결과 일반화물차의 경우 433 g-CO<sub>2</sub>/ton·km, 특수화물차는 95 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 산정되었으며, 전체 화물차를 대상으로 하였을 경우 363 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 나타났다.

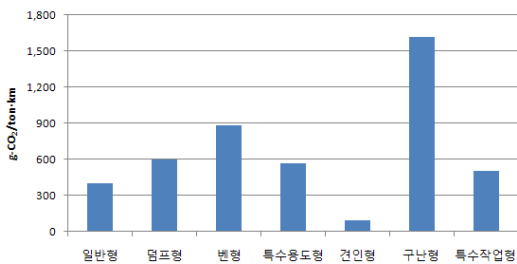
일반화물과 특수화물을 세부차종으로 구분하여 g-CO<sub>2</sub>/ton·km를 비교해 보면, 구난형이 1 ton의 화물을 1 km 수송하는데 따른 배출량이 1,618 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 가장 높게 나타났으며, 세부 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km는 〈표 11〉과 같다.



〈그림 6〉 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km

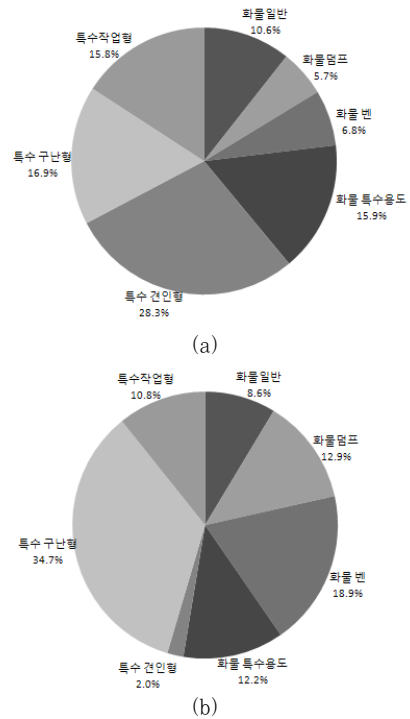
〈표 11〉 세부 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km

구분		ton·km 당 CO <sub>2</sub> 배출량	
화물차	일반형	경형	1,689
		소형	907
		중형	395
		대형	155
		<b>화물일반전체</b>	403
	덤프형	경형	1,728
		소형	
		중형	1,073
		대형	369
	<b>화물덤프전체</b>	600	
	벤형	경형	1,326
		소형	883
		중형	618
		대형	207
		<b>화물벤형전체</b>	882
	특수용도형	소형	660
중형		542	
대형		551	
탱크로리형		166	
<b>화물특수전체</b>		571	
<b>일반화물전체</b>	433		
특수차	견인형	소형	
		중형	72
		대형	92
		<b>특수견인전체</b>	92
	구난형	소형	845
		중형	1,426
		대형	2,965
	<b>특수구난전체</b>	1,618	
	특수작업형	소형	
		중형	144
		대형	547
<b>특수작업전체</b>	502		
<b>특수화물전체</b>	95		
<b>화물전체</b>	363		

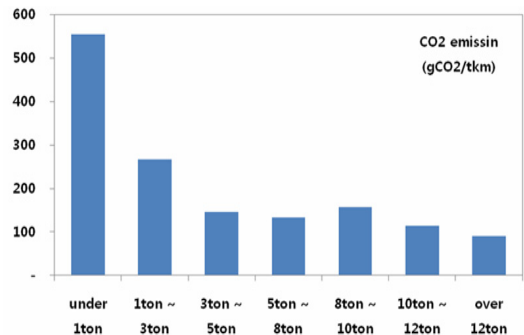


〈그림 7〉 세부 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km

차종별 1대당 온실가스 배출 비율은 특수차의 견인형이 약 34 % 로 가장 많은 배출 비율을 나타내었으며,



〈그림 8〉 1대 당 온실가스 배출 비율(a) 및 g-CO<sub>2</sub>/ton·km(b)



〈그림 9〉 톤급별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km

g-CO<sub>2</sub>/ton·km 는 특수차 견인형이 약 35 %를 나타내었다.

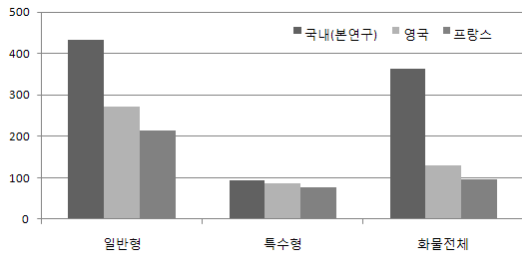
물류기업 8개 업체의 화물차 18,141 대를 톤급별로 분류하여 g-CO<sub>2</sub>/ton·km 배출을 구분하였을 경우 1 ton 미만의 차량이 1 ton의 화물을 1 km 수송하는데 배출되는 온실가스 배출이 가장 많은 것으로 나타났으며, 대형 차종 일수록 온실가스 배출이 적은 것으로 나타났다. 따라서, 온실가스 총 배출량 측면에서는 대형 화물차 일수록 온실가스 배출량이 많지만, 화물수송실적의 측면에서



〈표 12〉 각 국가별 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km 비교

구분	국내(본 연구)	영국	프랑스
일반형	433	272	215
특수형	95	86	78
화물전체	363	130	97

자료 : 화물운송시장정보센터 소식지 4호, 화물운송정보센터, 2009



〈그림 10〉 차종별 g-CO<sub>2</sub>/ton·km 비교

는 소형 화물차 보다는 대형 화물차가 더 적게 배출하면서 효율적으로 운행되고 있다고 볼 수 있다.

일반형과 특수형으로 구분하여 산정한 ton·km당 CO<sub>2</sub> 배출량은 화물 전체를 비교하였을 경우 영국 130 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 2.8 배, 프랑스는 97 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 3.7 배 높게 배출되는 것으로 나타났다.

#### 4. 화물수송실적에 따른 에너지 소비량

본 연구에서는 화물환경지표의 또 다른 지표로서 물류 기업별 화물수송실적(ton·km) 당 연료 소비량을 MJ의 열량 단위로 환산하여 에너지 소비량으로 산정하였다.

대상으로 한 국내 물류기업의 화물수송실적 당 에너지 소비량은 약 4.8 MJ/ton·km로 나타났다. 주요 국가별(2005년 기준) 화물수송실적 당 에너지 소비량을 국내 물류기업과 비교해보면(〈표 13〉), 일본이 4.3 MJ/ton·km로서 비슷한 수준을 나타내었으며, 호주는 1.7 MJ/ton·km로 국내 보다 약 2.8 배 낮은 에너지 소비량을 나타내었다.

〈표 13〉 주요 국가별 화물수송실적 당 에너지 소비량

국가	MJ/ton·km
호주	1.7
프랑스	3.1
일본	4.3
영국	4.0
미국	2.5
국내(본 연구)	4.8

자료 : 화물운송시장정보센터, 소식지 6호, 화물운송정보센터, 2009

〈표 14〉 주요 국가별 화물수송 관련 지표 비교

구분		공차 운행률 (%)	평균 적재량 (ton)	연료 사용량 (L/ton·km)	CO <sub>2</sub> 배출량 (g-CO <sub>2</sub> /ton·km)
본 연구	일체형	52.2% <sup>3)</sup>	6.5 <sup>3)</sup>	0.162	433
	특수형			0.036	95
	전체 화물차			0.136	363
영국	일체형 화물차 <sup>1)</sup>	27.4%	4.5	0.104	272
	연결형 화물차 <sup>2)</sup>	26.1%	14.5	0.033	86
	전체 화물차	26.8%	9.5	0.050	130
프랑스	일체형 화물차 <sup>1)</sup>	27.8%	5.4	0.082	215
	연결형 화물차 <sup>2)</sup>	23.7%	16.7	0.030	78
	전체 화물차	25.2%	12.8	0.037	97

자료 : 화물운송시장정보센터 소식지 4호, 화물운송정보센터, 2009

주1) 견인차와 피견인차가 일체형인 화물차(본 연구의 일반형)

주2) 견인차와 피견인차가 연결형인 화물차

주3) 2005년도 국가교통 DB 구축사업 "전국 지역간 화물기종점 통행량 조사 결과"

주요 국가별 화물수송 관련 지표 중 공차 운행율을 비교해 보면(〈표 14〉), 우리나라의 경우 52.2 %로 이는 영국의 26.8 %, 프랑스의 25.2 %에 비해 약 2 배 높은 것으로 나타났다. 또한, 우리나라의 평균 적재량은 6.5 ton으로 영국 9.5 ton의 68 %, 프랑스 12.8 ton의 51 %에 해당하는 양이다.

1 ton의 화물을 1 km 수송하는데 사용되는 연료 사용량의 경우 0.136 L/ton·km로 영국 0.050 L/ton·km보다 2.7 배, 프랑스 0.037 L/ton·km보다 3.7 배 많은 것으로 나타났다. 이러한 국내의 화물수송 실적 당 연료 사용량의 차이는 영국과 프랑스에 비해 공차 운행률이 약 2 배 정도 높고, 평균 적재량 또한 약 2 배 정도 낮은 것이 주요 원인으로 판단된다.

#### IV. 결론 및 향후 연구과제

물류기업의 온실가스 배출원 중 도로화물수송에 따른 온실가스 배출량을 산정하기 위하여 8개 물류기업의 도로수송을 담당하는 화물차 18,141 대를 대상으로 차종별 연료 사용량, 주행거리, 톤급별 적재 효율을 적용하였으며, 도로화물수송실적(ton·km)과 수송실적에 따른 온실가스 배출량과 에너지 소비량 등의 화물환경지표를 주요 국가별 자료와 비교한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

대상으로 한 물류기업의 CO<sub>2</sub> 배출량 산정 결과 일반화물차 686,618 ton/yr, 특수화물차 356,765 ton/yr로 산정 되었으며, 화물차 전체의 총 배출량은 1,043,382 ton/yr로 산정되었다. 또한, 화물차 1대 당 연간 배출하는 온실가스 배출량은 57.5 ton으로 산정되었다.

화물환경지표인 화물수송실적 당 CO<sub>2</sub> 배출량 (g-CO<sub>2</sub>/ton·km)의 산정 결과 일반화물차의 경우 433 g-CO<sub>2</sub>/ton·km, 특수화물차는 95 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 산정되었으며, 전체 화물차를 대상으로 하였을 경우 363 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 나타났다. 또한, 화물차의 등급별로 비교했을 때 온실가스 총 배출량 측면에서는 대형 화물차 일수록 온실가스 배출량이 많지만, 화물수송실적의 측면에서는 소형 화물차 보다는 대형 화물차가 더 적게 배출하면서 효율적으로 운행되고 있는 것으로 나타났다.

화물수송실적 당 CO<sub>2</sub> 배출량(g-CO<sub>2</sub>/ton·km)은 363 g-CO<sub>2</sub>/ton·km로 영국 130 g-CO<sub>2</sub>/ton·km의 2.8 배, 프랑스 97 g-CO<sub>2</sub>/ton·km의 3.7 배 높게 배출되는 것으로 나타났다. 이는 주요 국가들에 비해 국내 화물차의 공차 운행율이 높고, 평균 적재량이 낮은 것이 주요 원인으로 그 만큼 비효율적으로 운행되고 있다고 판단된다. 또한, 화물수송실적(ton·km) 당 에너지 소비량은 4.8 MJ/ton·km으로 일본과 비슷한 수준을 나타내었으며, 호주 보다 약 2.8 배 높은 에너지 소비량을 나타내었다.

국내 물류기업의 화물수송실적과 화물환경지표의 산정을 위해 본 연구에서 활용한 주행거리, 적재량, 에너지 소비량 자료 중 적재량의 경우 자료의 불충분으로 인해 2005년도 국가교통 DB구축사업의 일환으로 조사된 등급별 평균 적재효율 자료를 활용하면서 물류기업별 특성이 반영 되지 못했다. 이는 국내 물류부문의 각종 통계자료의 불충분으로 기인한 것으로 체계적인 연구를 통한 적재량 계측의 정확한 통계자료가 고려된다면, 물류기업 및 국가 도로물류부문의 화물운송 특성과 효율 평가, 경쟁력 강화를 위한 각종 정책적 자료로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 국가별 화물수송에 따른 온실가스 배출량과 에너지 소비량의 차이는 국가마다 화물 운송 방식의 차이와 평균 화물 적재량의 차이 등에서 기인하는 것으로 국내 물류기업의 수송실적이 낮은 것이 주요 원인으로 판단된다. 따라서, 국내 도로수송에 따른 온실가스 배출 저감과 수송 효율 향상을 위해서는 운행 실차율 향상, 도로 안전 등을 고려한 화물차의 대형화, 공동 수배송, 물류

거점화, 경제운전, 화물차의 공기저항 감소를 통한 연비 개선 기술 개발, 물류전환 등 다양한 저감 수단이 필요하다고 판단된다. 특히, 국내에서도 도로 육상물류의 철도 또는 해운으로의 물류전환을 위한 각 물류수단별 화물환경지표와 에너지 소비량 등을 파악하여 현 물류현황을 과학적이고, 객관적으로 평가하고, 물류전환 전후의 효율을 사전에 예측할 수 있는 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

알림: 본 논문은 대한교통학회 제63회 학술발표회 (2010. 10. 29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

## 참고문헌

1. 강원발전연구원(2009), 강원도 녹색물류 정책 추진 방향.
2. 강원발전연구원(2009), 강원도 친환경 물류수송 네트워크 구축방안.
3. 권혁구(2009), 지속가능 교통물류 발전법의 추진동향과 화물운송시장에의 예상 영향, 한국교통연구원.
4. 교통안전공단(2010), 물류기업 온실가스 인벤토리 구축 지침서.
5. 교통안전공단(2009), 2008년도 자동차 주행거리 실태조사.
6. 양정훈(2009), 도로화물운송의 에너지 효율성 비교; 영국과 프랑스 사례분석, 한국교통연구원.
7. 에너지관리공단, 도로운송업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인.
8. 에너지경제연구원(2009), 기업온실가스 인벤토리 구축 현황 및 향후 계획.
9. 에너지경제연구원(2008), 에너지 총 조사 보고서.
10. 에너지기본법 시행규칙 제5조 1항.
11. 일본국토교통성(2009), 로지스틱스(logistics)분야에서 CO<sub>2</sub> 배출량 산정방법 공동 지침 Ver.3.0.
12. 임동인(2009), 녹색물류에 기반한 일본의 2009년도 세계개정 동향, 한국교통연구원.
13. 저탄소녹색성장기본법 제42조(2010).
14. 지속가능교통물류발전법(2009).
15. 최상진·박성규·홍영실·김종현·장철웅·김필수(2010), 물류기업 온실가스 배출량 산정방법에 관한 연구, 제63회 학술발표회, 대한교통학회, pp.ii-199

- ~204.
16. 최상진·박성규·박건진·이헌주·배중철·장영기 (2010), 자동차 주행거리 실태조사 자료를 활용한 도로 수송부문 온실가스 배출량 산정, 제63회 학술발표회, 대한교통학회, pp.ii-540~545.
  17. 최상진·박성규·장영기·이희관·황의현·봉춘근 (2010), 선박부문 온실가스 배출량 산정에 관한 연구, 대한교통학회지, 제28권 제6호, 대한교통학회, pp.33~42.
  18. 한국교통연구원(2009), 2008년도 국가 교통수요 조사 및 DB 구축사업.
  19. 한국표준협회(2006), ISO 14064-1 온실가스 배출 및 제거의 정량 및 보고를 위한 조직 차원의 사용규칙 및 지침.
  20. 한국표준협회(2006), ISO 14064-2 온실가스 배출 감축 및 제거의 정량, 모니터링 및 보고를 위한 프로젝트 차원의 사용규칙 및 지침.
  21. 한국표준협회(2006), ISO 14064-3 온실가스 선언에 대한 타당성 평가 및 검증을 위한 사용 규칙 및 지침.
  22. 현대경제연구원(2009), 국내 물류부문의 에너지 파소비 현황과 정책적 시사점-한·일 물류부문 에너지 소비 비교.
  23. 화물운송시장정보센터(2009), 화물운송시장정보센터 소식지 4호.
  24. 화물운송시장정보센터(2009), 화물운송시장정보센터 소식지 6호.
  25. Alan McKinnon(2007), CO<sub>2</sub> Emissions from Freight Transport in the UK, Logistics Research Center Heriot-Watt Unniversity, EDINBURGH, UK.
  26. Ang-Olson, J. and Schroerer, W.(2002), Energy efficiency strategies for freight trucking: Potential impact on fuel use and greenhouse gas emissions' paper presented to the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.
  27. Delivering a sustainable transport system-the logistics perspective, Department for Transport, UK, (2008).
  28. Francis M. Vanek, Edward K. Morlok(2000), Improving the energy efficiency of freight in the United States Through commodity based analysis: justification and implementation, Transportation Research Part D 5, pp.11~29.
  29. IPCC, 2006 IPCC Guideline.
  30. Jacques Leonardi, Michael Baumgartner (2004), CO<sub>2</sub> efficiency in road freight transportation: status quo measures and potential, Transportation Research Part D, pp.451~464.
  31. Jonas Akerman, Mattias Hojer(2006), How much transport can the climate stand?-Sweden on a sustainable path in 2050, Energy Policy, 34, pp.1944~1957.
  32. Lee Chapman(2007), Transport and climate change : a review, Journal of Transport Geography 15, pp.354~367.
  33. World Business Council for Sustainable Development(2004), The Greenhouse Gas Protocol.

✍ 주 작성자 : 김종현  
 ✍ 교신저자 : 박성규  
 ✍ 논문투고일 : 2010. 11. 30  
 ✍ 논문심사일 : 2011. 2. 17 (1차)  
                         2011. 3. 9 (2차)  
 ✍ 심사판정일 : 2011. 3. 9  
 ✍ 반론접수기한 : 2011. 8. 31  
 ✍ 3인 익명 심사필  
 ✍ 1인 abstract 교정필