

국내 수송용 연료의 물성 및 CO₂ 배출계수 산정연구

강형규 · 도진우 · 하중환 · 나병기*

한국석유관리원, *충북대학교 화학공학과

(2014년 7월 31일 접수, 2014년 9월 11일 수정, 2014년 9월 15일 채택)

A study on Property and CO₂ Emission Factor of Domestic Transportation Fuel

Hyungkyu Kang, Jinwoo Doe, Jonghan Ha, Byungki Na*

Korea Petroleum Quality & Distribution Authority,

*Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University,

(Received 31 July 2014, Revised 11 September 2014, Accepted 15 September 2014)

요약

기후변화에 관한 정부 간 패널기구(IPCC)는 온실가스 배출통계 작성과 관련한 국제적 기준을 정한 보고서에 따라 온실가스 배출통계의 정밀도 및 난이도를 고려하여 Tier 1/2/3의 세 가지의 방법론을 제시하였다.

국내의 경우 기존의 인벤토리 구축은 우리나라 전체 에너지소비량을 교통수단별 배출계수를 적용하여 산출하는 Top-down 방식으로 이루어 졌었고, 배출계수는 승용차의 지속적인 증가와 도로 구간 변화가 반영되지 못한 국내 교통상황에서 진행되었다. 온실가스 배출량 산정에 있어 CO₂의 배출량은 연료에 따른 탄소 함량으로 산정 하는 것이 보다 정확한 배출량 산정을 할 수 있다고 IPCC에서 제시함에 따라 정확한 배출량 산정을 위해 수송용 연료에 대하여 국가 고유 탄소 함량을 월별 또는 계절별 분석을 통하여, 국가 온실가스 통계의 정확도 제고와 최신 배출통계를 통해 앞선 기후변화 대응 대책 수립을 가능하게 할 것이다.

주요어 : 티어2, CO₂ 배출계수, 발열량, IPCC가이드라인, 배출량, 밀도

Abstract - Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) suggested the three methodology, Tier 1/2/3, considering with the accuracy and difficulty of greenhouse gas emission statistics according to the report determined as the international criterion. In Korea, the existing inventory building was made by the Top-down approach applying with the emission factors for transportation in the entire energy consumption, the emission factors were investigated under the domestic traffic situation which did not reflect by the continuing increase of vehicle and the change of road section. From the suggestion of IPCC, which it is estimated that the emission estimation of CO₂ in greenhouse gas emission could be calculated more accurate by the carbon content according to the fuel, the establishment of measures to respond to climate change from the latest greenhouse gas emissions statistics will be able to improve the accuracy of national statistics using monthly or seasonally the analysis of carbon content about the transportation fuels.

Key words : Tier2, CO₂ emission factor, Calorific values, IPCC guidelines, CO₂ emission, Density

[†]To whom corresponding should be addressed.

Korea Petroleum Quality & Distribution Authority

Tel : 043-240-7912 E-mail : hyasins@kpetro.or.kr

1. 서론

전 세계적으로 지구 온난화에 따른 이상기후 현상에 대응하기 위해 국제기구를 중심으로 기후변화에 관한 국제연합 기본협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)이 이루어졌고⁽¹⁾, 온실가스 배출량 산정을 위한 표준화된 지침을 제공하는 기후변화 관련 정부간협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 「1996 IPCC Guideline Revised Version」과 「2006 IPCC Guideline」을 통해 온실가스 배출량 산정방법론을 제시하고 있다.⁽²⁾

국내 교통부문 온실가스 배출량은 2009년 기준 전체 온실가스 배출량의 13.6 %를 차지하고 있으며 특히 교통부문에서 배출되는 온실가스 중 약 95 % 이상이 수송용 연료에서 기인한다.⁽¹⁾

우리나라는 에너지 사용에 따른 온실가스 배출량 산정 시 IPCC 가이드라인에서 제시하는 배출계수 (Tier 1)를 사용하고 있다.⁽³⁾

IPCC 가이드라인에서 제시하는 배출계수를 사용하였을 경우 국가 고유의 연료특성이 반영되지 않는 단점이 있고, 기후변화협약 교토의정서에 따른 의무 감축국도 UN에 제출하는 국가 온실가스 배출량 보고서 작성 시 대부분 Tier 2나 Tier 3 수준의 배출계수를 적용하고 있다.⁽²⁾ 따라서, 국내 연료특성이 반영된 배출량 산정으로 효율적인 온실가스 저감 정책의 수립과 정확한 정책 시행에 따른 효과를 증명할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 국내 교통부문에 사용되는 휘발유, 경유, LPG 등의 수송용 연료에 대한 특성을 파악하고, CO₂ 배출계수를 개발하여 교통부문의 수송용 연료에 대한 온실가스 배출량을 산정하고자 한다.

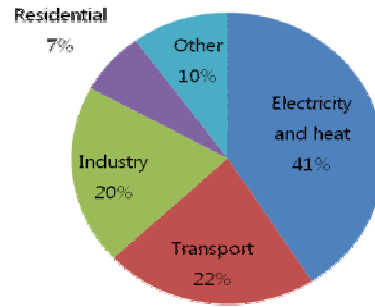


Fig. 1. World CO₂ emissions by sector in 2008 from IEA

2. 이론적 배경

2.1 외국의 온실가스 배출현황

국제에너지기구 (IEA, International Energy Agency)에서 발표한 2008년도 CO₂ 배출량은 294 억 톤으로 이 중 수송부문의 배출은 22 %로 전기 및 열 생산부문에 이어 두 번째로 큰 부분을 차지하고 있으며, 70 % 이상이 도로부문에서 배출되는 것으로 분석되었다. 이러한 수송부문의 배출량은 도로이동오염원의 배출이 가장 많은 요인이 되고 있으며, 2030년까지 세계적인 수요가 45 % 정도 더 증가할 것으로 예측된다.⁽³⁾

2.2 우리나라의 온실가스 배출현황

우리나라 최종에너지 소비는 1990년대 높은 증가세를 보였지만 2000년대 초반부터 그 증가폭이 크게 완화되었다. 2008년 전체 에너지 소비는 1억 8천만 TOE로 1990년 대비 143 % 증가하였으며, 1990 ~ 2008년까지 매년 5.06 %씩 상승하였다. 이중 수송부문의 에너지 소비는 1990년 14백만 TOE를 보여 전

Table 1. Final energy consumption in Korea

(Source : Ministry of Trade, Industry and Energy, Yearbook of Energy Statistics)

(단위 : 1,000 toe)

Sector	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Industry	36,150	62,946	83,912	94,366	97,235	104,327	106,458
Households·Services	21,971	29,451	32,370	36,861	35,986	37,916	36,225
Transportation	14,173	27,148	30,945	35,559	36,527	37,068	35,793
Railways	391	463	512	505	474	441	424
Road	11,205	21,218	23,554	28,144	28,588	29,195	28,532
Marine	1,669	3,618	4,705	4,092	4,437	4,235	3,762
Aviation	908	1,849	2,174	2,819	3,028	3,197	3,074
Others	2,812	2,416	2,625	4,068	3,836	4,144	4,100
Total	75,107	121,962	149,852	170,854	173,584	181,455	182,576

Table 2. Greenhouse gas emissions in Korea (1990~2006)

(Source : Ministry of Trade, Industry and Energy)

(단위 : 백만 톤 CO₂ eq)

Sector	1990	1995	2000	2005	2006
Energy	247.7	372.1	438.5	498.5	505.4
Transformation	38	83.2	125.9	171.1	179.6
Industry	87.6	133.5	153.1	156.9	158.3
Transportation	42.4	77.2	87.1	98.1	99.8
Households·Services	67.2	70.4	64	61.6	57.2
Others	7	4.7	4	4.9	4.3
Fugitive emission	5.4	3.2	4.4	5.9	6.2
Industrial Processes	19.9	47.1	58.3	64.8	63.7
Agriculture	13.5	0	17.0	16.1	15.1
Land-Use and Forestry	-23.7	-21.2	-37.2	-32	-31.2
Waste	17.0	17.2	17.2	14.9	15.4
Total Emissions	298.1	453.2	531.0	594.4	599.5
Net Emissions	274.4	431.9	493.8	562.4	568.4

체 에너지 소비에서 19 %를 차지한 것으로 나타났으며, 2000년도에 20 %정도로 그 비중을 꾸준히 유지하고 있다. 또한 수송부문은 철도, 도로, 해운, 항공으로 구분되며, 2008년 기준으로 철도 1.8 %, 도로 79.7 %, 해운 10.5 %, 항공 8.6 %를 차지하는 것으로 나타나 도로부문 에너지 소비가 전체 수송부문의 에너지 소비의 약 80 %에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 차량등록대수의 증가와 주요 이동수단으로서의 역할에 기인하는 것으로 보인다.⁽⁴⁾

또한, 2006년 국가 온실가스 총 배출량은 599.5 백만 톤 CO₂ eq(이산화탄소 환산톤, 이하 톤)으로 1990년 보다 101.1 % 증가되었으며, 1999년 이후 증가율은 둔화되었다. 온실가스 배출원별로는 에너지 부문은 2006년 505.4 백만 톤에서 2005년 498.5 백만 톤으로 1.4 % 증가하였으며, 총 배출량의 84.3 %를 차지했다. 에너지 중 전환부문은 1990 ~ 2006년 동안 10.2 %의 높은 연평균 증가율을 기록하였고, 에너지 부문에서 차지하는 비중이 35.3 %로 가장 높은 점유율을 나타내었다. 그 다음으로 산업, 수송, 가정·상업, 탈루성, 공공·기타 부문의 순서로 비중이 높게 나타났고, 가정·상업과 공공·기타 부문의 온실가스 배출량은 감소세에 있다.⁽⁴⁾

2.3 CO₂ 배출량의 산정방법

2006년 IPCC Guideline 보고서에는 온실가스 배출량 산정을 위한 방법으로 Tier 1, Tier 2, Tier 3을 제시하고 있으며 국내의 도로부문 온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 CO₂ 배출량 산정은 Tier 1 방법

을 적용하고 있다.^{(5), (6)}

(1) Tier 1 방법⁽⁵⁾

에너지 부문의 배출량 산정법과 동일하며, 연소비량에 IPCC G/L의 CO₂ 배출계수 기본값과 발열량을 적용하여 CO₂ 배출량을 산정한다.

$$CO_2 \text{ emissions (kg)} = \text{Fuel (kg)} \times CV \left(\frac{MJ}{kg} \right) \times EF \left(\frac{kg}{TJ} \right)$$

CV : Calorific value, EF : CO₂ emission factor

(2) Tier 2 방법⁽⁵⁾

Tier 1의 CO₂ 배출량 산정식과 동일하나, 개별 국가의 연료에 대한 고유 탄소함유량과 발열량을 적용하여 CO₂ 배출량을 산정한다. 연료의 탄소 및 수소의 구성비, 밀도, 순발열량을 이용하여 국가고유탄소함유량을 산출한다.

$$CO_2 \text{ emission factor (kg/TJ)} = \text{Carbon ratio} \left(\frac{kg-C}{kg-Fuel} \right) \times \frac{1}{\text{순발열량}} \left(\frac{kg-연료}{MJ} \right) \times 10^6 \left(\frac{MJ}{TJ} \right) \times \frac{44}{12}$$

(3) Tier 3 방법⁽⁵⁾

각 부문별, 사업장의 배출시설 및 감축기술단위별 고유CO₂배출계수와 발열량을 적용하여 CO₂배출량을 산정한다.



Fig. 2. Density meter



Fig. 3. Sulfur content analysis instrument



Fig. 4. Calorific value instrument



Fig. 5 Water contents instrument

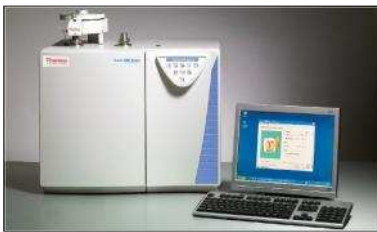


Fig. 6. Element analysis instrument

Table 3. Test method and instrument

Property	Unit	Analysis Method	Test Instrument (Company)
Density	kg/m ³	KS M ISO 12185	DMA 4500 (Anton Paar)
Sulfur content	wt%	KS M ISO 8754	SLFA-2800 (Horiba)
Water content	wt%	KS M ISO 12937	MKC-520 (KEM)
Calorific Value	kcal/L	KS M 2057	6400 Calorimeter (Paar)
Element analysis	wt%	ASTM D 5291	FLASH 2000 (Thermo Finnigan)

3. 시료채취 및 시험방법

3.1 시료채취

국내 수송용 연료의 CO₂ 배출계수 개발을 위하여 실제 국내에서 제조되어 유통되어지는 자동차용 휘발유, 자동차용 경유, 선박용 경유, A중유, C중유, 항공유(JET A-1, JP-8), 액화석유가스(LPG)와 천연가스(CNG) 9종의 연료를 대상으로 국내 4개 정유사, 액화석유수입사 및 한국가스공사를 대상으로 시료를 확보하였다.

3.2 수송용 연료의 물성 분석방법

국내 수송용 연료의 특성을 파악하기 위하여 각 연료의 탄소함량, 순발열량 및 밀도를 분석하였고, 분석방법은 『석유제품의 품질기준과 검사방법 및 수수료에 관한 고시』 및 『액화석유가스의 품질기준과 검사방법·검사수수료 및 검사 소요경비 지원방법 등에 관한 고시』에서 규정하는 품질기준 및 시험방법을 적용하였다. 고시에서 규정하지 않는 항공유 등은 KS 및 ASTM 시험방법을 적용하였다. 각 항목별 분석법과 장비는 Table 3에 나타내었다.

3.2.1 밀도

각 연료의 밀도는 KS M ISO 12185 시험방법을 적용하였으며, 일정량의 시료를 밀도시험기(DMA 4500, Anton Paar)에 주입하여 측정하였다.

3.2.2 황분

각 연료의 황분분석은 KS M ISO 8754 시험방법을 적용하였고, 표준물질을 이용하여 검량선을 작성한 X선 형광분석기(SLFA-2800, Horiba)에 시료 5 ~ 10 ml를 주입하여 시료내의 황 함량을 측정하였다.⁽⁷⁾

3.2.3 발열량

각 연료의 발열량 분석은 KS M 2057 시험방법을 적용하였으며, bombe 열량계(6400 Calorimeter, Paar)에 시료 0.3 ~ 0.5 g을 이용하여 총발열량을 측정하였다. 휘발성 시료의 경우, 시료의 손실을 막기 위해 젤라틴 캡슐에 넣은 후 측정하였고, 비휘발성 시료의 경우, 시료를 직접 시료 컵에 담아 측정하였다. 또한 황 함량 측정값을 보정한 총발열량을 산출하였다.

3.2.4 수분

각 연료의 수분 분석은 KS M ISO 12937 시험방법의 전기량적정법을 이용하였으며, 시료 1 ~ 2 ml를 채

취해서 0.1 mg 단위까지 무게를 측정한다. 일정량의 시료를 적정기(MKC-520, KEM)에 주입한 후 다시 무게를 0.1 mg까지 측정하고 적정기의 측정값을 기록한다.

3.2.5 원소분석(C/H)

각 연료의 탄소(C)와 수소(H) 함유량은 ASTM D 5291 시험방법을 적용하였으며, 시료 1 ~ 2 mg을 원소분석기(FLASH 2000, Thermo Finnigan)를 이용하여 측정하고 시료의 탄소 및 수소함량은 각각 탄소 배출계수와 순발열량 산출에 사용하였다.

3.3 발열량과 CO₂ 배출계수의 산정

석유제품의 발열량 측정은 KS M 2057 시험방법을 적용하였으며, 총발열량 값을 측정 후 시료의 황함량과 수분함량을 보정하였다. 순발열량 값은 황함량과 수분함량을 보정한 총발열량 값을 (1)식을 이용하여 산정하였다.

$$H_{nj} = H_{gj} - 6 \times 4.18605 (9h + W) \quad (1)$$

여기서, H_{nj}(MJ/kg)는 순발열량, H_{gj}(MJ/kg)는 총발열량, h(wt%)는 시료의 수소함량, W(wt%)는 시료의 수분함량을 나타낸다.

또한, (1)식 순발열량으로 부터 (2)식을 적용하여

중량 단위 순발열량(MJ/kg)을 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{순발열량 (MJ/kg)} &= \text{순발열량 (kcal/L)} \\ &\times 4.1868 (J/kcal) \times \frac{1}{\text{밀도}} (L/kg) \times \frac{1}{1000} (MJ/J) \end{aligned} \quad (2)$$

CO₂ 배출계수는 탄소비율 (%)과 순발열량 (MJ/kg)을 이용하여 (3)식과 같이 산정한다.⁽⁸⁾

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 배출계수 (kg/TJ)} &= \text{탄소 (C) 비율} \left(\frac{\text{kg-C}}{\text{kg-연료}} \right) \\ &\times \frac{1}{\text{순발열량}} \left(\frac{\text{kg-연료}}{\text{MJ}} \right) \times 10^6 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{TJ}} \right) \times \frac{44}{12} \end{aligned} \quad (3)$$

4. 연구결과

4.1 국내 수송용 연료의 물성 분석 결과

4.1.1 연료별 밀도 및 황 함량 분석

Fig. 7.와 Table 4는 국내 수송용 연료의 밀도를, Table 5와 6는 연료별 황함량을 분석한 결과이다. 밀도의 경우, 여름철에 증가하고 겨울철에 약간 감소하며, 이는 계절에 따라 겨울철의 순발열량이 증가하고 CO₂ 배출계수 또한 감소하는 경향을 보였다. 각 연료별 밀도 (kg/L)는 휘발유 0.7113, 자동차용 경유

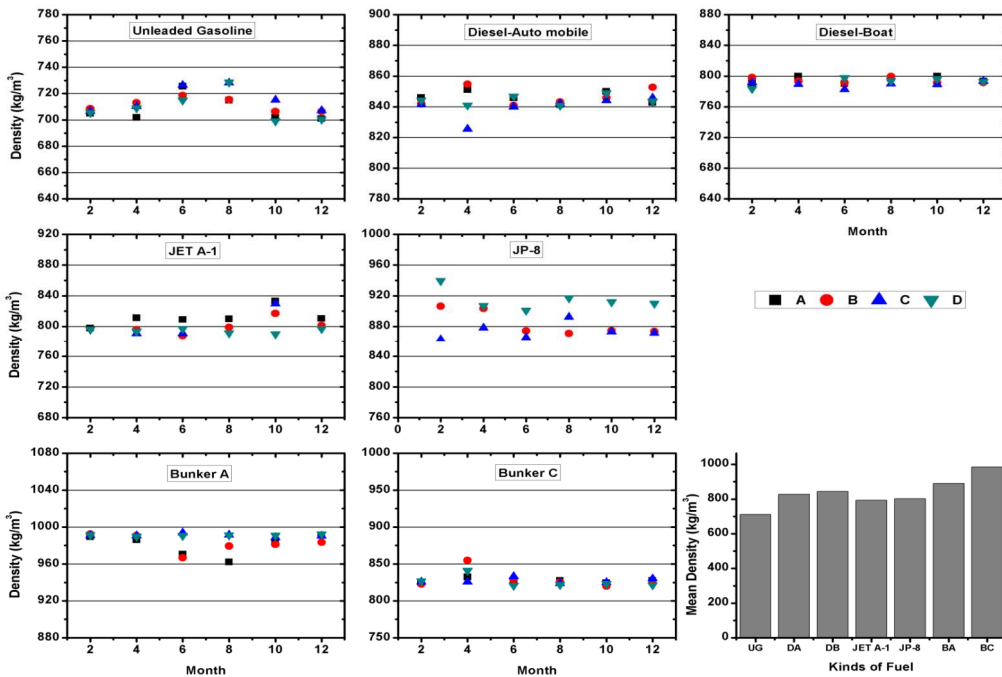


Fig. 7. Results of density in domestic transportation fuels (A, B, C, D : Oil Company)

Table 4. Results of density in LPG

Month	Density (kg/m ³)						Mean Density (kg/m ³)
	A	B	C	D	E	F	
2	560.29	568.00	558.14	560.50	563.08	561.30	561.92
4	574.20	581.50	573.41	577.90	572.11	576.20	575.89
6	580.66	578.00	580.65	578.00	577.16	576.60	578.51
8	581.33	580.00	577.45	578.10	578.44	577.20	578.75
10	562.26	578.70	561.82	578.90	560.52	577.50	569.95
12	558.60	559.80	562.89	558.70	560.06	560.20	560.04

Table 5. Results of sulfur content in domestic transportation fuels

Kinds of Fuel	Sulfur contents (wt%)				Mean contents of Sulfur (wt%)
	A	B	C	D	
Unleaded Gasoline	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Diesel - Auto mobile	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Diesel - Boat	0.0255	0.0472	0.0262	0.0353	0.0336
JET A - 1	0.0659	0.1671	0.1594	0.1921	0.1461
JP - 8	0.0057	0.1469	0.0044	0.0061	0.0408
Bunker A	-	0.2165	0.2638	0.2075	0.2293
Bunker C	3.3996	3.3205	3.0931	2.8320	3.1613

Table 6. Results of sulfur content in LPG

Month	Sulfur contents (wt%)						Mean Contents of Sulfur (%)
	A	B	C	D	E	F	
2	0.000178	0.000767	0.001102	0.000141	0.000332	0.000700	0.000537
4	0.000034	0.000500	0.000728	0.000094	0.000172	0.000100	0.000271
6	0.000010	0.007100	0.000828	0.000099	0.000155	0.000200	0.001399
8	0.000030	0.000236	0.000863	0.000061	0.000265	0.000483	0.000323
10	0.001760	0.000012	0.001416	0.000007	0.000674	0.001048	0.000556
12	0.000600	0.000099	0.000500	0.000296	0.001200	0.000847	0.000590

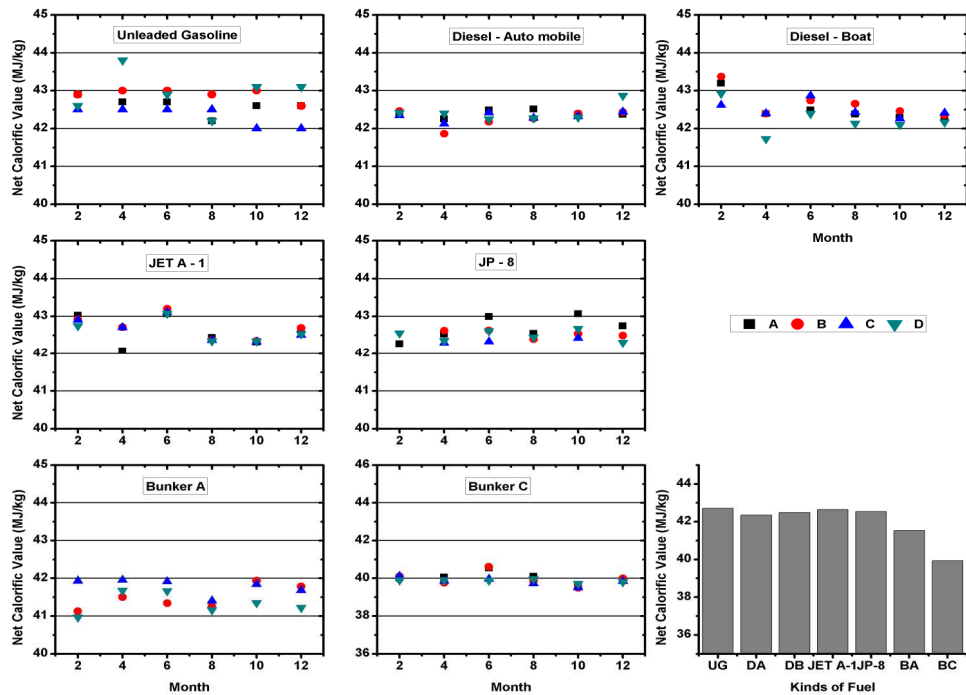


Fig. 8. Results of net calorific value in domestic transportation fuels (A, B, C, D : Oil company)

Table 7. Results of net calorific value in LPG

Month	Net Calorific Value (MJ/kg)						Mean Value (MJ/kg)
	A	B	C	D	E	F	
2	45.7981	45.7018	45.8106	45.7897	45.7562	45.7897	45.7744
4	45.6935	45.5889	45.7018	45.6474	45.6893	45.6391	45.6600
6	45.6642	45.6642	45.6684	45.6558	45.6516	45.6391	45.6572
8	45.6516	45.6182	45.6516	45.6600	45.6600	45.6516	45.6488
10	45.7981	45.5930	45.7939	45.6558	45.7981	45.6474	45.7144
12	45.8022	45.7939	45.7939	45.8064	45.7981	45.8148	45.8016

Table 8. Results of net calorific value in LPG

Month	Net Calorific Value (MJ/kg)			Mean Value (MJ/kg)
	E	F	G	
5	49.3377	49.4172	47.3252	48.6934
8	49.3210	49.4340	49.3126	49.3559
11	49.3461	49.4005	49.4340	49.3935

0.8272, 선박용 경유 0.8441, A중유 0.8906, C중유 0.9861, 항공유(JET A-1) 0.7929, 항공유(JP-8) 0.8023, 액화석유가스 0.5708 (kg/L)로 측정되었다. 황함량(%)의 경우, 휘발유 0.00037, 자동차용 경유 0.00048, 선박용 경유 0.03356, A중유 0.22929, C중유 3.16128, 항공유(JET A-1) 0.14414, 항공유(JP-8) 0.04093, 액화석유가스 0.000613로 측정되었다.

4.1.2 순발열량과 탄소함량의 분석

Fig. 8과 Table 7, 8은 국내 수송용 연료의 순발열량 (MJ/kg)을 분석한 결과이다. 휘발유는 42.71, 자동차용 경유는 42.35, 선박용 경유는 42.48, A중유는 41.54, C중유는 39.92, 항공유(JET-1)는 42.64, 항공유(JP-8)은 42.53, 액화석유가스는 45.71, 천연가스는 49.15 (MJ/kg)로 산출되었다. Fig. 9.는 국내 수송용 연료의 탄소함량(wt%)을 나타냈으며, 휘발유는

83.27, 자동차용 경유는 85.86, 선박용 경유는 86.69, A중유는 87.45, C중유는 86.27, 항공유(JET-1)는 85.98, 항공유(JP-8)은 85.71 (wt%)로 산출되었다.

4.2 연료의 CO₂ 배출계수 산정 결과

4.2.1 자동차용 휘발유

Table 9는 4개 정유사의 자동차용 휘발유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 정유사 별로 결과값에는 큰 차이는 없었으며, CO₂ 배출계수는 71,500 kg/TJ, 순발열량은 42.71 MJ/kg로 산정되었다.

4.2.2 자동차용 경유

Table 10은 4개 정유사의 자동차용 경유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂배출계수는 74,341 kg/TJ, 순발열량은 42.35 MJ/kg로 산정되었다.

4.2.3 선박용 경유

Table 11은 4개 정유사의 선박용 경유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂ 배출계수는 74,827 kg/TJ, 순발열량은 42.48 MJ/kg로 산정되었다.

Table 9. Results of CO₂ emission factor of unleaded gasoline according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	71,311	71,439	72,207	71,040	71,500
Net calorific value (MJ/kg)	42.6	42.9	42.3	43.0	42.71

Table 10. Results of CO₂ emission factor of Diesel-auto mobile according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	74,265	74,362	74,520	74,221	74,341
Net calorific value (MJ/kg)	42.4	42.3	42.3	42.4	42.35

산정되었다.

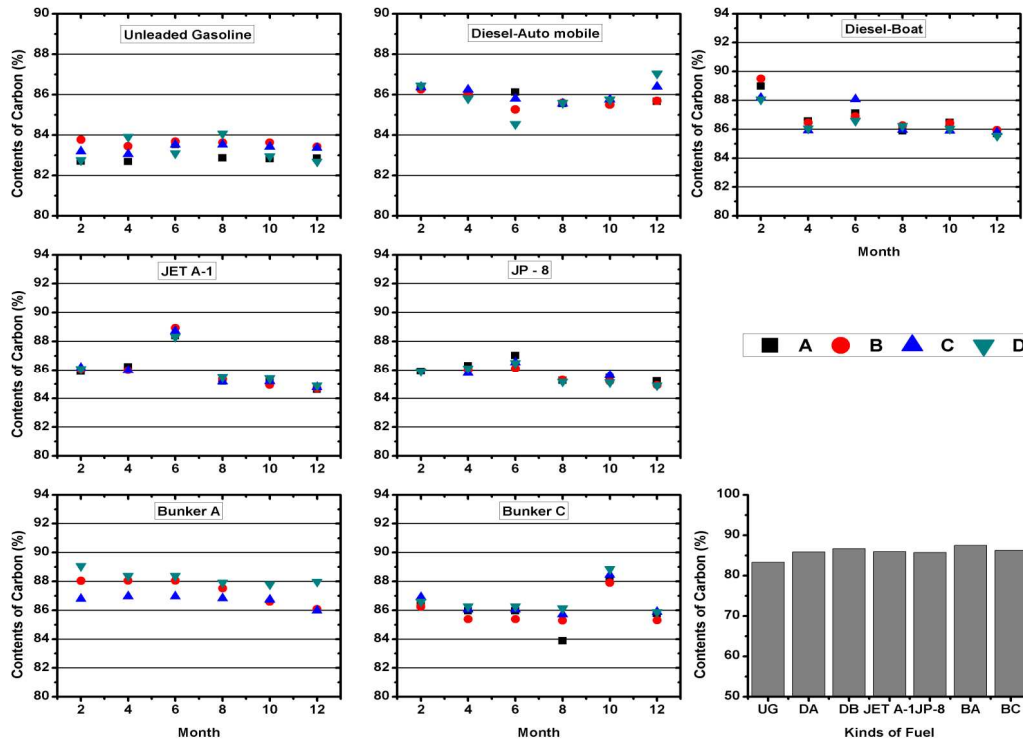


Fig. 9. Results of carbon contents in domestic transportation fuels (A, B, C, D : Oil company)

Table 11. Results of CO₂ emission factor of Diesel-boat according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	74,849	74,696	74,745	75,018	74,828
Net calorific value (MJ/kg)	42.5	42.7	42.5	42.2	42.48

Table 12. Results of CO₂ emission factor of JET A-1 according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	73,958	73,803	73,921	74,028	73,927
Net calorific value (MJ/kg)	42.6	42.7	42.7	42.6	42.64

4.2.4 항공유(JET-A1)

Table 12는 4개 정유사의 JET-A1 항공유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂ 배출계수는 73,927 kg/TJ, 순발열량은 42.64 MJ/kg로 산정되었다.

4.2.5 항공유(JP-8)

Table 13은 4개 정유사의 JP-8 항공유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂ 배출계수는 73,937 kg/TJ, 순발열량은 42.54 MJ/kg로

4.2.6 A 중유

Table 14는 4개 정유사의 A 중유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂ 배출계수는 77,201 kg/TJ, 순발열량은 41.54 MJ/kg로 산정되었다.

4.2.7 C 중유

Table 15는 4개 정유사의 C중유에 대한 CO₂ 배출계수와 순발열량을 나타낸 것이다. 최종 CO₂ 배출계수는 79,238 kg/TJ, 순발열량은 39.92 MJ/kg로 산정되었다.

Table 13. Results of CO₂ emission factor of JP-8 according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	73,741	73,703	74,431	73,875	73,937
Net calorific value (MJ/kg)	42.7	42.5	42.4	42.5	42.5

Table 14. Results of CO₂ emission factor of Bunker A according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	-	77,231	76,088	78,284	77,201
Net calorific value (MJ/kg)	-	41.5	41.8	41.3	41.5

Table 15. Results of CO₂ emission factor of Bunker C according to oil company

Item	Oil company				Mean Value
	A	B	C	D	
CO ₂ emission factor (kg/TJ)	78,779	78,823	79,631	79,718	79,238
Net calorific value (MJ/kg)	40.0	40.0	39.8	39.9	39.9

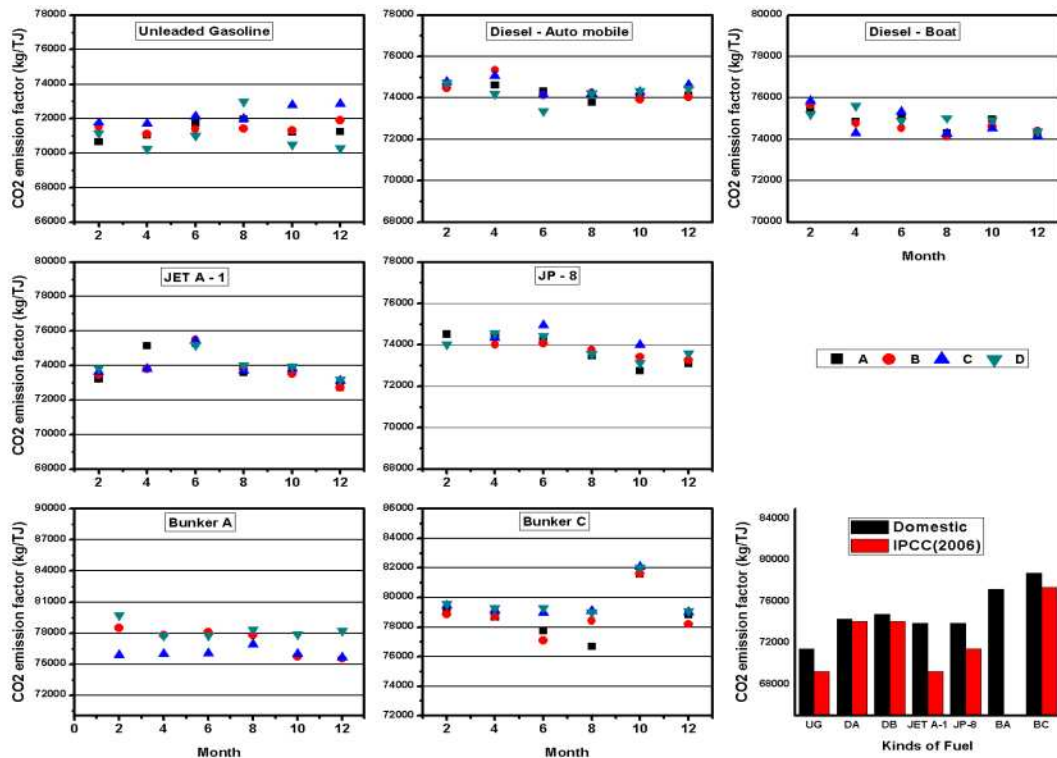


Fig. 10. Results of carbon contents in domestic transportation fuels (A, B, C, D : Oil company)

4.3 IPCC CO₂ 배출계수와와의 비교

Fig. 10.은 국내 4개 정유사에서 생산한 수송용 연료의 CO₂ 배출계수로 IPCC G/L에서 제시한 CO₂ 배출계수와 비교한 그림이다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 수송용 연료에 대하여 물리적 특성을 분석하고, 온실가스 배출량 산정 시 필요한 국가고유탄소함량과 CO₂배출계수 등에 대한 결과를

산출하였다.

- 1) 연료별 밀도 (kg/L)는 자동차용 휘발유 0.711, 자동차용 경유 0.827, 선박용 경유 0.844, A중유 0.890, C중유 0.986, 항공유(JET-1) 0.792, 항공유(JP-8) 0.802, 액화석유가스 0.571 [kg/L]로 산출되었다.
- 2) 탄소비율 (%)은 자동차용 휘발유 83.27, 자동차용 경유 85.86, 선박용 경유 86.69, A중유 87.45, C중유 86.27, 항공유(JET-1) 85.98, 항공유(JP-8) 85.71 [%]로 산출되었다.
- 3) 순발열량 (MJ/kg)은 자동차용 휘발유 42.71, 자동차용 경유 42.35, 선박용 경유 42.48, A 중유 41.54, C 중유 39.92, 항공유(JET-1) 42.64, 항공유(JP-8) 42.54, 액화석유가스 45.7094, 천연가스 49.1476 [MJ/kg]로 산출되었고, IPCC G/L의 값과 비교해보면 국내 연료의 발열량이 전체적으로 낮게 나타났다.
- 4) 국내 연료의 CO₂ 배출계수 (kg/TJ)는 자동차용 휘발유 71,500, 자동차용 경유 74,341, 선박용 경유 74,827, A중유 77,201, C중유 79,238, 항공유(JET-A1) 73,927, 항공유(JP-8) 73,937 [kg/TJ]로 산출되었고, IPCC G/L에 제시된 CO₂ 배출계수와 비교해보면 국내 연료가 전체적으로 높게 나타났다.

국내 석유제품에 대한 지속적인 연료 특성변화 추이를 파악해야 할 것이며, 향후 바이오 연료 등을 포함한 석유대체연료에 대한 정확한 데이터 수집이 필요하다. 또한 CO₂ 뿐만 아니라 국내 실정에 맞는 CH₄, NO₂ 등과 같은 non-CO₂ 배출계수 개발 및 산정에 관한 연구가 필요하다.

References

1. Hong, J. H., Kang, D. I., Lee, T. W., Lee, D. M., Lee, S. E., Moon, J. H., Lim, J. H., Kim, D. S., “Establishment of Climate Change Responding System for Transportation Sector(II) - Development of Bottom-up Type GHGs Emission factor for Vehicles -”, Transportation Pollution research Center, National Institute of Environmental Research,

- 2009
2. Joe, J. H., Shin, S. S., Jung, G. H., “Establishing Greenhouse Gas National Inventroy Management System in Korea” The Korea Transport Institiute, 2008
3. Kim, J. Y., Kang, D. I., Lee, J. T., Kim, J. S., Lim, C. S., Kim, S. M., Lim, J. H., Lee, S. G., Lim, T. H., Kim, S. K., Hong, H. K., Moon, J. H., “Establishment of Climate Change Responding System for Transportation Sector(II) - Development of Bottom-up Type GHGs Emission factor for Vehicles -”, Transportation Pollution research Center, National Institute of Environmental Research, 2010
4. 교통안전공단, “국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서”, 2010
5. IPCC Guidelines, 2006.
6. Kim, T. H., Lee, S. I., Kim, Y. I., Rho, J. H., “Comparison Study of Generated Greenhouse Gas(GHG) Amount Estimation from Road Transportation”, J. of Korean Soc. Civ. Eng, Vol. 58, No. 9, pp. 67-73, 2010
7. International Organization for Standardization, “Petroleum products-Determination of sulfur content-Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry, ISO 8754, 2003
8. Jeon, E. C., Myeong, S. J., Jeong, J. H., Lee, S. H., Sa, J. W. Roh, G. H., Kim, K. H. and Bae, W. S., Development of Emission Factors for Greenhous Gas (CO₂) from Anthracite Fired Power Plants in Korea, J. Korean Soc. Atmos. Eniron., Vol. 23, No. 4, pp. 440-448, 2007