

## 2012 ~ 2015년 국내 수송용 연료의 물성 및 CO<sub>2</sub> 배출계수의 변화추이 분석연구

강형규 · 도진우 · 임완규 · 황인하 · 하종한 · 나병기<sup>†</sup>

한국석유관리원, 충북대학교 화학공학과<sup>†</sup>  
(2016년 11월 21일 접수; 2016년 12월 28일 수정; 2016년 12월 29일 채택)

### The analysis of Change on Property and CO<sub>2</sub> Emission Factor of Domestic Transportation Fuel from 2012 to 2015

Hyungkyu Kang · Jinwoo Doe · Wanguy Lim · Inha Hwang · Jonghan Ha · Byungki Na<sup>†</sup>

*Korea Petroleum Quality & Distribution Authority,*  
<sup>†</sup>*Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University,*  
(Received November 21, 2016; Revised December 28, 2016; Accepted December 29, 2016)

**요약** : 대부분의 온실가스는 에너지의 생성 및 이용으로부터 발생되고, 교통부문에서 배출되는 온실가스 중 약 95 % 이상이 수송용 연료에서 기인한다. 또한, 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. 본 연구에서는 국내 교통부문에 사용되는 휘발유, 경유 등의 수송용 연료에 대한 연차별 시계열 특성을 파악하고, CO<sub>2</sub> 배출계수의 연도별 변화추이를 분석하여 실제 연료를 활용한 CO<sub>2</sub>배출계수 실측방법의 적용 타당성을 평가하였다.

**주요어** : 온실가스, CO<sub>2</sub>배출계수, 발열량, IPCC 가이드라인, 탄소함량

**Abstract** : Most greenhouse gases were arisen from the generation and use of energy, more than about 95 % of greenhouse gas from the traffic section was resulted by the transportation fuels. Also, when using the CO<sub>2</sub> emission factor suggested at IPCC G/L, there was the weakness which did not reflect the own property of fuel by country. And most industrialized countries have applied with the CO<sub>2</sub> emission factor of Tier 2 or Tier 3 to make the national greenhouse report to submit to UN according to the Kyoto Protocol. In this study, the transportation fuels using in domestic like unleaded gasoline, diesel, etc were analysed to identify the physical/chemical properties and these data were used to calculate the CO<sub>2</sub> emission factor of each fuels. And the

---

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: nabk@chungbuk.ac.kr)

study analysed the time series analysis to compare the property of fuels according to the change of time.

*Keywords* : Greenhouse gases, CO<sub>2</sub> emission factor, Calorific values, IPCC guidelines, Carbon content

## 1. 서론

산업혁명 이후 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O) 등 온실가스의 배출량이 급격히 증가하여 지구온난화를 가속시키고 있다.[1] 온실효과로 인한 지구표면온도는 지난 100년 동안 0.74 °C 상승하였으며, 지구평균 해수면은 1961년 이후 매년 1.8 mm 씩 상승하였다.[2] CO<sub>2</sub>의 증가가 현재 추세라면 2040년 ~ 2050년 대기 중 CO<sub>2</sub> 수치는 자연수준의 2배인 550 ppm에 달할 것으로 예상되고 있다. 온실효과는 지구기온을 2100년까지 1.8 ~ 4.0 °C 상승시킬 것이며, 온도상승은 생물종의 멸종, 해수면 상승, 기상이변 빈발, 사막화, 가뭄, 홍수 등의 문제를 초래할 수 있다고 언급하고 있으며, 한반도가 속한 동아시아 지역의 기온과 강수량 변화가 전 지구평균 변화량보다 높은 것으로 전망하였다.[1 ~ 2]

대부분의 온실가스는 에너지의 생성 및 이용으로부터 발생되고, 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.[3 ~ 4] 또한, IPCC G/L에서 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.[5]

본 연구에서는 국내 교통부문에 사용되는 휘발유, 경유 등의 수송용 연료에 대한 연차별 시계열 특성을 파악하고, CO<sub>2</sub> 배출계수의 연도별 변화추이를 분석하여 실제 연료를 활용한 CO<sub>2</sub> 배출계수 실측방법의 적용 타당성을 평가하고자 한다.

## 2. 물성시험 및 CO<sub>2</sub>배출계수의 산정방법

### 2.1. 대상시료

국내 수송용 연료의 CO<sub>2</sub> 배출계수 개발을 위하여 실제 국내에서 제조되어 유통되어지는 자동차용 휘발유, 자동차용 경유, 선박용 경유, A중유, C중유, 항공유(JET A-1, JP-8), 액화석유가스(LPG), 천연가스(CNG) 등 9 종의 연료를 대상으로 하였다.

### 2.2. 물성시험방법

국내 수송용 연료의 특성을 파악하기 위하여 각 연료의 밀도, 탄소함량 및 순발열량을 분석하였고, 분석방법은 『석유제품의 품질기준과 검사방법 및 수수료에 관한 고시』 및 『액화석유가스의 품질기준과 검사방법·검사수수료 및 검사소요경비 지원방법 등에 관한 고시』에서 규정하는 품질기준 및 시험방법을 적용하였다. 고시에서 규정하지 않는 항공유 등은 국가표준(KS) 및 ASTM 시험방법을 적용하였다[7 ~ 13]. 각 항목별 분석법과 장비는 Table 1에 나타내었다.

### 2.3. CO<sub>2</sub> 배출량의 산정방법

2006년 IPCC G/L 보고서에는 온실가스 배출량 산정을 위한 방법으로 Tier 1, Tier 2, Tier 3을 제시하고 있으며 국내의 도로부문 온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 CO<sub>2</sub> 배출량 산정은 Tier 1 방법을 적용하고 있다.[2], [6]

#### 2.3.1 Tier 1 방법

에너지 부문의 배출량 산정법과 동일하며, 연소비량에 IPCC G/L의 CO<sub>2</sub> 배출계수 기본값과 발열량을 적용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정한다.[2]

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

CV : Calorific value, EF : CO<sub>2</sub> emission factor

Table 1. Test method and equipment criteria for analyzing the petroleum products

Property	Unit	Analysis Method	Test Instrument(Company)
Density	kg/m <sup>3</sup>	KS M ISO 12185	DMA 5000(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	Parr 6000(Anton Paar)
Element analysis	wt%	ASTM D 5291	FLASH 2000(Thermo Finnigan)

### 2.3.2 Tier 2 방법

Tier 1의 CO<sub>2</sub> 배출량 산정식과 동일하나, 개별 국가의 연료에 대한 고유 탄소함유량과 발열량을 적용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정한다. 연료의 탄소 및 수소의 구성비, 밀도, 순발열량을 이용하여 국가고유탄소함유량을 산출한다.[2]

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

### 2.3.3 Tier 3 방법

각 부문별, 사업장의 배출시설 및 감축기술단 위별 고유 CO<sub>2</sub> 배출계수와 발열량을 적용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정한다.[2]

## 2.4. 발열량과 CO<sub>2</sub> 배출계수의 산정

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

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

여기서, H<sub>nj</sub>(MJ/kg)는 순발열량, H<sub>gj</sub>(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.

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

CO<sub>2</sub> 배출계수는 탄소비율 (%)과 순발열량(MJ/kg)을 이용하여 (3)식과 같이 산정한다.<sup>(8)</sup>

$$\begin{aligned} CO_2 \text{ 배출계수}(kg/TJ) &= \text{탄소}(C) \text{ 비율} \left( \frac{kg-C}{kg-연료} \right) \times \frac{1}{\text{순발열량}} \left( \frac{kg-연료}{MJ} \right) \\ &\times 10^6 \left( \frac{MJ}{TJ} \right) \times \frac{44}{12} \end{aligned} \quad (3)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 국내 수송용 연료의 2012 ~ 2015년 물성 변화추이

#### 3.1.1 연료별 밀도 및 황 함량 분석

Fig. 1은 2012년 ~ 2015년까지 국내 수송용 연료의 밀도변화 추이를 나타내었으며, 석유화학물의 특성상 각 유종별로 매년 동일한 분석값을 나타내지는 않지만 일정하게 유지하고 있는 것으로 나타났다. 각 연료별 밀도(kg/L)는 휘발유 0.7097 ~ 0.7129, 자동차용 경유 0.8206 ~ 0.8261, 선박용 경유 0.8435 ~ 0.8478, A중유 0.8906 ~ 0.8967, C중유 0.9661 ~ 0.9889, 항공유(JET A-1) 0.7928 ~ 0.7943, 항공유(JP-8) 0.7934 ~ 0.8023로 측정되었다. Table 2는 같은 기간 동안 유종별 황 함량을 분석한 결과이다. 석유제품 내 황 함량 (%)의 증가에 따라 탄소 함량은 감소하기 때문에[14], 연료의 황 함량 측정이 필요하다. 각 유종별 황 함량의 측정 결과, 대상시료 대부분 국내 품질기준을 상당히 하회하였

으며, 선박용 경유는 엄격해지는 환경규제에 따라 2012년 이후 국내 황 함량의 품질기준이 0.05 이하 (무게%)로 강화되었다[7]. 각 유종별 황 함량은 휘발유 0.0004 ~ 0.0006, 자동차용 경유 0.0004 ~ 0.0005, 선박용 경유 0.0354 ~ 0.2008, A중유 0.2293 ~ 0.2657, C중유 2.9150 ~ 3.3537, 항공유(JET A-1) 0.1441 ~ 0.1982, 항공유(JP-8) 0.0409 ~ 0.0695로 나타났다.

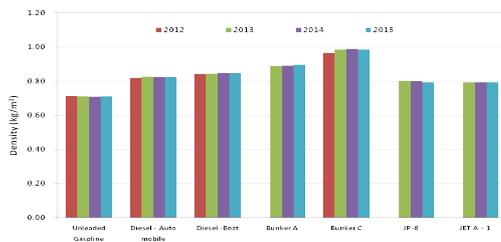


Fig. 1. Results of density for domestic transportation fuels in 2012 ~ 2015.

### 3.1.2 순발열량과 탄소함량의 분석

Table 3과 Fig. 2는 2012년부터 2015년까지 연도별 국내 수송용 연료의 순발열량 변화추이를 나타내었다. 석유계 에너지원은 각종 탄화수소 물질의 혼합물인 원유를 증류하여 얻어지기 때문에 화학구조상 탄소와 수소가 여러 모양으로 조합된 무수한 화합물의 혼합체가 된다. 이러한 특성 때문에 석유계 에너지원은 동일한 에너지원에 대해서도 단일물질인 에탄올, 톨루엔 등과는 다르게 일정한 순발열량과 탄소함량 값을 보이지는 않는다.[15] 휘발유는 40.91 ~ 42.83, 자동차용 경유는 42.35 ~ 42.81, 선박용 경유는 42.48 ~ 42.71, A중유는 41.54 ~ 41.76, C중유는 39.92 ~ 40.45, 항공유(JET-1)는 42.63 ~ 42.87, 항공유(JP-8)은 42.54 ~ 42.84 (MJ/kg)의 범위로 나타났다. Fig. 2는 국내 수송용 연료의 유종별 탄소함량 (wt%)을 나타냈으며, 휘발유는 83.27 ~ 83.45, 자동차용 경유는 85.86 ~ 86.47, 선박용

Table 2. Results of sulfur content for domestic transportation fuels in 2012 ~ 2015

Kinds of Fuel	Sulfur contents (wt%)				Mean contents of Sulfur (wt%)
	2012	2013	2014	2015	
Unleaded Gasoline	0.0006	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005
Diesel - Auto mobile	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005
Diesel - Boat	0.2008	0.0336	0.0353	0.0354	0.0763
JET A - 1	-	0.1441	0.1612	0.1982	0.1678
JP - 8	-	0.0409	0.0681	0.0695	0.0595
Bunker A	-	0.2293	0.2460	0.2657	0.2470
Bunker C	3.3537	3.1613	2.9972	2.9150	3.1068

Table 3. Results of net calorific value for domestic transportation fuels in 2012 ~ 2015

Kinds of Fuel	Net calorific value (MJ/kg)				Mean net calorific value (MJ/kg)
	2012	2013	2014	2015	
Unleaded Gasoline	40.91	42.71	42.67	42.83	42.28
Diesel - Auto mobile	42.81	42.35	42.51	42.66	42.58
Diesel - Boat	42.51	42.48	42.52	42.71	42.56
JET A - 1	-	42.64	42.63	42.87	42.71
JP - 8	-	42.54	42.64	42.84	42.67
Bunker A	-	41.54	41.76	41.69	41.66
Bunker C	40.45	39.92	39.98	40.09	40.00
LPG	45.74	45.71	45.70	45.71	45.71
CNG	49.29	49.15	49.36	49.20	49.25

경유는 85.53 ~ 86.69, A중유는 87.45 ~ 87.71, C중유는 85.74 ~ 86.30, 항공유(JET-1)는 85.54 ~ 85.98, 항공유(JP-8)은 85.57 ~ 85.98 (wt%)로 나타났다.



Fig. 2. Results of carbon contents for domestic transportation fuels in 2012 ~ 2015

**3.2. 국내 수송용 연료의 2011 ~ 2015년 CO<sub>2</sub> 배출계수 변화추이**

CO<sub>2</sub> 배출계수는 위의 식 (3)에서 보듯이 연료의 탄소함량에 비례하고 순발열량에 반비례한다. 따라서 각 연도별 탄소함량과 순발열량의 값이 일정하게 나타나므로 동 기간에서의 CO<sub>2</sub>배출계수 또한 일정한 값을 나타낸다. Fig. 3. ~ 11.은 국내 수송용 연료의 유종별 CO<sub>2</sub>배출계수 변화추이를 나타내었다. Tier 2에 의한 CO<sub>2</sub>배출계수를 산출하는 공식에 따르면 연료의 탄소함량이 낮거나, 순발열량의 함량이 높을수록 CO<sub>2</sub>배출계수는 낮아지게 된다. 자동차용 보통휘발유의 경우(Fig. 3.), 13 ~ 15년에서는 일정한 값을 나타냈으나, 12년에서는 분석대상 시료의 표본수가 적음으로 인한 이산값으로 상대적으로 높은 수치를 나타낸 것으로 판단된다.

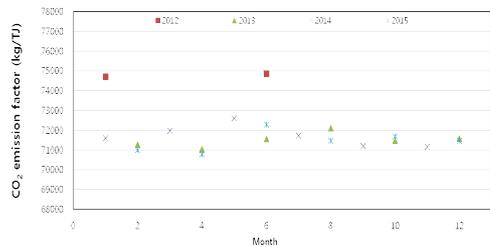


Fig. 3. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of unleaded gasoline in 2012 ~ 2015.

자동차용 경유(Fig. 4.)는 전체적으로 일정한 값을 나타냈으며, 국내 고시값과 1.3 % 편차를 보였으며, 선박용 경유(Fig. 5.)도 4년 동안 일정

한 값을 나타냈고, 국내 고시값과 0.3 % 편차를 보였다.

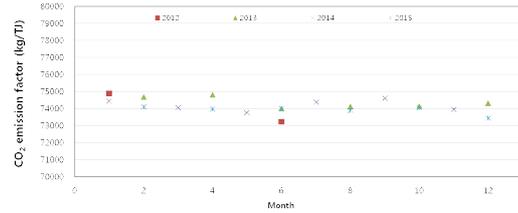


Fig. 4. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of diesel (auto mobile) in 2012~ 2015

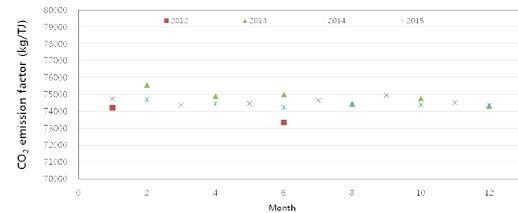


Fig. 5. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of diesel (boat) in 2012~ 2015.

2종류의 항공유(JET A-1, JP-8)의 경우(Fig. 6., 7.), 전체적으로 일정한 값을 나타냈으며, 국내 고시값보다 약 0.5 % 낮은 수치를 보였다.

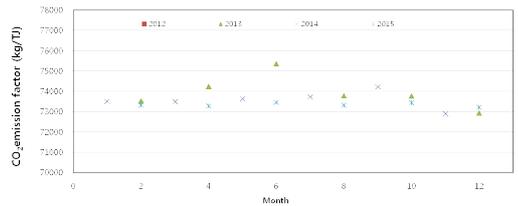


Fig. 6. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of JET A-1 in 2012 ~ 2015.



Fig. 7. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of JP-8 in 2012 ~ 2015.

병커 A와 C의 CO<sub>2</sub>배출계수 산정(Fig. 8, 9.)결

과, 전체적으로 일정한 값을 나타냈으며, 벙커 A는 국내 고시값보다 약 0.5 % 낮은 값을, 벙커 C는 약 2.5 % 높은 값을 보였다.

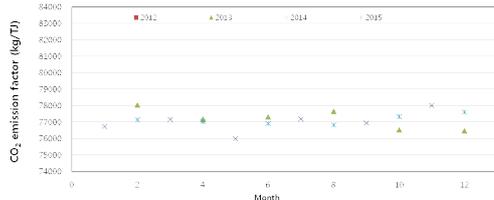


Fig. 8. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of bunker A in 2012 ~ 2015

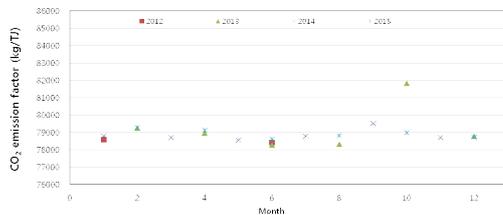


Fig. 9. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of bunker C in 2012 ~ 2015

액화석유가스(LPG) 및 천연가스(CNG)는 주로 프로판(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), 부탄(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>)으로 일정한 조성분포를 가지므로 CO<sub>2</sub>배출계수 산정(Fig. 10., 11.)결과도 전체적으로 매년 일정한 값을 나타내었다.

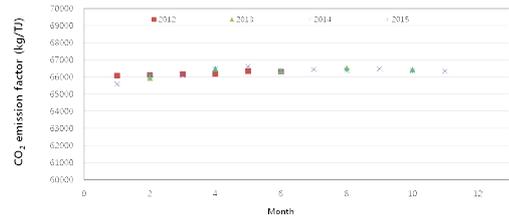


Fig. 10. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of LPG in 2012 ~ 2015

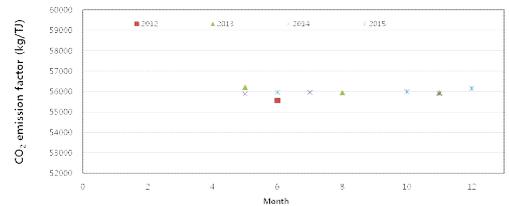


Fig. 11. Results of CO<sub>2</sub> emission factor of CNG in 2012 ~ 2015

### 3.3. 유종별 순발열량 및 CO<sub>2</sub>배출계수의 국내 고시값과의 비교분석

실측에 의한 순발열량 산정값과 이로부터 산출한 CO<sub>2</sub> 배출계수와 국내 에너지법에서 고시한 순발열량값과 CO<sub>2</sub> 배출계수와와의 비교를 실시하였다. 대부분의 유종에서, 순발열량은 3 %, CO<sub>2</sub> 배출계수는 4 %이내의 편차를 나타내어 현재 제시된 국내 고시값의 사용이 적절한 것으로 판단되며, 다만 국내의 환경규제의 강화 및 생산시설의 고도화 등으로 인한 연료 품질기준의 강화 등으로 CO<sub>2</sub> 배출계수의 변화여부를 확인하기 위한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

Table 4. Comparison with real measurement value and legal value in net calorific value

Kinds of Fuel	Net calorific value (MJ/kg)		
	Real measurement value*	Legal value	Difference (%)
Unleaded Gasoline	42.3	42.2	+0.2
Diesel - Auto mobile	42.6	42.6	-
Diesel - Boat	42.6	42.1	+1.2
JET A - 1	42.7	42.9	-0.5
JP - 8	42.7	42.9	-0.5
Bunker A	41.7	41.5	+0.5
Bunker C	40.1	41.1	-2.4
LPG	45.7	45.7	-
CNG	49.3	49.4	-0.2

\* Real measurement value : average value for 4 years

Table 5. Comparison with real measurement value and legal value in CO<sub>2</sub> emission factor

Kinds of Fuel	CO <sub>2</sub> emission factor (kg/TJ)		
	Real measurement value*	Legal value	Difference (%)
Unleaded Gasoline	72,358	72,940	-0.8
Diesel - Auto mobile	74,132	73,170	+1.3
Diesel - Boat	74,411	74,640	-0.3
JET A - 1	73,620	71,530	+2.9
JP - 8	73,653	71,100	+3.6
Bunker A	77,116	74,940	+2.9
Bunker C	78,876	76,300	+3.4
LPG	66,286	66,070	+0.3
CNG	55,888	55,380	+0.9

\* Real measurement value : average value for 4 years

Table 6. Comparison with real measurement value and IPCC G/L value in net calorific value

Kinds of Fuel	Net calorific value (MJ/kg)		
	Real measurement value*	IPCC G/L value	Difference (%)
Unleaded Gasoline	42.3	44.3	-4.5
Diesel - Auto mobile	42.6	43.0	-0.9
Diesel - Boat	42.6	43.0	-0.9
JET A - 1	42.7	44.1	-3.2
JP - 8	42.7	44.1	-3.2
Bunker A	41.7	43.0	-3.0
Bunker C	40.1	40.4	-0.7
LPG	45.7	47.3	-3.4
CNG	49.3	48.0	+2.7

\* Real measurement value : average value for 4 years

Table 7. Comparison with real measurement value and IPCC G/L value in CO<sub>2</sub> emission factor

Kinds of Fuel	CO <sub>2</sub> emission factor (kg/TJ)		
	Real measurement value*	IPCC G/L value	Difference (%)
Unleaded Gasoline	72,358	69,300	+4.41
Diesel - Auto mobile	74,132	74,100	+0.04
Diesel - Boat	74,411	74,100	+0.42
JET A - 1	73,620	69,300	+6.2
JP - 8	73,653	71,500	-3.01
Bunker A	77,116	-	-
Bunker C	78,876	77,400	+1.90
LPG	66,286	63,100	+5.0
CNG	55,888	56,100	-0.4

\* Real measurement value : average value for 4 years

### 3.4. 유종별 순발열량 및 CO<sub>2</sub>배출계수의 IPCC G/L 과의 비교분석

실측에 의한 순발열량 산정값과 이로부터 산출한 CO<sub>2</sub> 배출계수와 IPCC G/L에서 제시한 순발열량 값과 CO<sub>2</sub> 배출계수와 비교를 실시하였다. 대부분의 유종에서 순발열량 및 CO<sub>2</sub> 배출계수 모두 5 %이내의 편차를 나타내어 IPCC G/L 제시값과의 차이를 보였다. 이는 각 국가에서 사용되는 개별 연료들의 특성차이(순발열량 및 탄소함량)를 반영하지 못하기 때문인 것으로 보인다.

## 4. 결론

본 연구는 연도별 국내 수송용 연료의 물리적 특성을 분석하고 온실가스 배출량 산정 시 필요한 탄소배출계수의 변화추이를 분석하였다.

- 1) 연도별 밀도 및 탄소함량의 변화는 CO<sub>2</sub>배출계수의 산정에 필수적인 요인으로 각 유종별로 약간의 편차를 보이고는 있으나 연간 일정한 값을 나타내었으며, 유종별 황함량의 변화는 선박용 경유의 황함량 기준이 강화되었다.
- 2) 순발열량 및 CO<sub>2</sub>배출계수도 매년 월별로 달라지는 경향은 보이지만 4년간의 변화는 대체적으로 일정한 값을 나타내었다.
- 3) 실측에 의한 각 연료별 물성을 측정하고 이를 바탕으로 산출한 CO<sub>2</sub>배출계수와 국내 고시값 및 IPCC G/L의 제시값과의 비교에서는 3 ~ 5 %의 편차를 가지는 것으로 나타났다.

본 연구는 국내에서 실제 사용되는 수송용 연료에 대한 물성을 실측하고 이를 바탕으로 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산출하였으며, 일정기간 동안의 시계열 분석을 통해 연료의 물성 및 CO<sub>2</sub>배출계수의 변동유무를 확인하였다. 이를 바탕으로 향후 수송용 연료에 대한 국가유 CO<sub>2</sub>배출계수의 변경여부 및 시점을 산정하기 위한 자료로 활용가능하며, 점차 사용이 확대되고 있는 바이오 연료 등의 추가적인 분석과 보다 장기적인 분석을 통해 연료 특성 변화 추이를 파악하여, 주기적인 검토와 개발이 필요 할 것이다.

## References

1. Kim, K. D., Lee, T. J., Jung, W. S., Kim D. S., “ Development of Traffic Volume Estimation System in Main and Branch Roads to Estimate Greenhouse Gas Emissions in Road Transportation Category”, Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 28, No. 3, pp. 233-248, 2012.
2. IPCC Guidelines, 2006.
3. 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.
4. Kang, H. K., Doe, J. W., Ha, J. H., Na, B. K., “A study on Property and CO<sub>2</sub> Emission Factor of Domestic Transportation Fuel”, Journal of Energy Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 72-81, 2014.
5. Joe, J. H., Shin, S. S., Jung, G. H., “Establishing Greenhouse Gas National Inventory Management System in Korea” The Korea Transport Institute, 2008.
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. Petroleum and petroleum substitute fuel business act, 2015.
8. Safety Control and Business of Liquefied Petroleum Gas Act, 2015.
9. KS M ISO 12185, Crude petroleum and petroleum products - Determination of density -oscillating U-tube method.
10. KS M ISO 8754, Petroleum products - Determination of sulfur content - Energy dispersive X-ray fluorescence method.

11. KS M ISO 12937, Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method.
12. KS M 2057, Crude petroleum and petroleum products - Determination and estimation of heat of combustion.
13. ASTM D 5291, Standard test methods for instrumental determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in petroleum products and lubricants.
14. Lim, W. G., Doe, J. W., Kang, H. K., Ha. J. H., Lee, S. S., "CO<sub>2</sub> Emission Characteristics of Bunker C Fuel Oil by Sulfur Contents", J. of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 31, No. 4, pp. 368-377, 2015.
15. Lim, W. G., Doe, J. W., Kang, H. K., Ha. J. H., Lee, S. S., "Development of Calorific Values and Carbon Emission Factors for Petroleum Energy in Korea from 2012 to 2013", J. of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 30, No. 4, pp. 301-310, 2014.