

# 통계적 방법을 이용한 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수 산정 및 특성 분석 연구

이정용\* · 노준영\*\* · 강성민\*\*\* · 이화수\*\*\*\* · 전의찬\*\*\*\*\*†

\*한국환경공단 배출량평가부, \*\*세종대학교 대학원 기후환경융합학과, \*\*\*세종대학교 기후환경융합센터 선임연구원,  
\*\*\*\*동의과학대학교 화학공업과 교수, \*\*\*\*\*세종대학교 대학원 기후환경융합학과

## Emission Factor Development and Characteristic Analysis of SRF

Lee, Jeong Yong\* · Rho, Joon Young\*\* · Kang, Seong Min\*\*\* · Lee, Hwa Su\*\*\*\* · Jeon, Eui-Chan\*\*\*\*\*†

\*Manager, Korea Environment Corporation, Korea

\*\*Ph.D. Student, Department of Climate and Environment, Sejong University. Graduate School, Korea

\*\*\*Senior Researcher, Department of Climate and Environment, Sejong University. Graduate School, Korea

\*\*\*\*Professor, Department of Chemical industry, Dong-Eui Institute of Technology, Korea

\*\*\*\*\*Head Professor, Department of Climate and Environment, Sejong University. Graduate School, Korea

### ABSTRACT

In this study, the CO<sub>2</sub> emission coefficient is calculated for molding SRF (Solid Refuse Fuel) produced in Korea, and the difference between season and region of net heat generation by molding SRF was calculated statistically to determine whether to consider it when calculating the emission coefficient. In addition, the uncertainty of the calculated CO<sub>2</sub> emission coefficient was calculated, and reliability assessment was carried out.

The net heat generation of molded SRF was 30.03 MJ/kg, and the CO<sub>2</sub> emission coefficient was 81.644 kg CO<sub>2</sub>/GJ. The 2006 IPCC G/L CO<sub>2</sub> emission coefficient for urban waste (for fuel) was 91.700 kgCO<sub>2</sub>/GJ, and Korea's CO<sub>2</sub> emission coefficient for bituminous coal was 95.300 kgCO<sub>2</sub>/GJ, which differed by 0.89 times and 0.85 times, respectively. In addition, the uncertainty range (95% confidence level) of the modulus of SRF CO<sub>2</sub> emissions was -8.83% to +8.95%.

The seasonal and regional characteristics of SRF low-latency heat flux were analyzed using the Kruskal-Wallis test, a nonparametric analysis method. Seasonal net heat generation showed a significance probability less than 0.05, indicating that it would not be affected by calculation of emission coefficients.

Key words : SRF, CO<sub>2</sub>, Emission Factor, Climate Change, Waste Recycling

## 1. 서론

2015년 12월에 개최된 제21차 기후변화당사국 총회에 서 ‘파리협정’이 채택되었다. 이는 기존 2020년 만료되는 교토의정서 체제에서 2021년부터 시작되는 신기후 체제로의 변경을 뜻하며, 기후변화협약을 이어감으로써 기후 변화 문제의 중요성을 다시 한번 확인할 수 있는 계기가 되었다. 신기후체제에서는 기존 교토의정서 체제에서 참여하였던 선진국이외에 개도국까지 포함된다는 데에 의

의가 있으며, 2023년부터는 5년 단위의 전 지구적 이행점 검(Global stocktaking)을 진행하여야 한다. 이행점검에 따라 협약 당사국들은 국가 인벤토리 및 감축 달성 경과 등을 보고하여야 하며, 투명성 체계에 따라 온실가스 배출량 또한 동일한 방법으로 산정하여야 한다. 신기후체제의 이행점검의 대비를 위해서는 신뢰성있는 온실가스 배출량을 산정해야하며, 배출량 산정을 위해 적용되는 배출계수의 경우에도 국가의 특성을 반영할 수 있도록 노력하여야 한다.

정부는 폐기물의 발생을 억제하고 재활용을 촉진하는

†Corresponding author : [ecjeon@sejong.ac.kr](mailto:ecjeon@sejong.ac.kr) (209, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, 05006, Republic of Korea, Tel. +82-2-3408-4353)

ORCID 이정용 0000-0003-0283-4730  
강성민 0000-0001-8628-8241  
전의찬 0000-0003-2783-4550

노준영 0000-0002-3066-3230  
이화수 0000-0001-8042-031X

등 자원순환을 위해 『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』을 제정하였다. 『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』에 따르면 폐기물 이용을 재활용, 재사용, 재생이용, 에너지 회수로 구분하고 있다. 고형연료제품(SRF, Solid Refuse Fuel)은 에너지 회수가 용이하도록 폐기물에서 가연성 물질을 분리하여 가공한 대체연료로, 에너지 회수의 수단으로 활용되고 있다.

SRF는 화석 연료의 대체 에너지원으로써, 시멘트, 발전, 제지 업종 등 30여개의 배출권 할당업체에서 사용되고 있다. 하지만, 현재 개발된 배출계수가 없기 때문에 IPCC에서 제시하는 도시폐기물의 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정하고 있는 실정이다. 신뢰성 있는 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 국가 특성을 반영할 수 있는 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수 개발이 필요하다. 본 연구에서는 국내에서 생산되는 SRF 중 성형 SRF를 대상으로 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정하였으며, 성형 SRF 성분의 계절별, 권역별 차이를 통계적으로 분석하였다.

## 2. 연구방법

본 연구에서는 전국 성형 SRF 제조시설로부터 탄소함량, 저위발열량 등의 자료를 협조받아 성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정하였으며, 크루스칼-왈리스 검정(kruskal-wallis) 방법을 이용하여 성형 SRF의 계절별, 권역별 차이를 통계적으로 분석하였다.

### 2.1. 자료 수집 방법

본 연구에서는 전국의 성형 SRF 제조시설을 대상으로 측정자료를 협조받아 물리화학적 특성 확인 및 CO<sub>2</sub> 배출계수를 개발하였다. 연구 대상은 성형 SRF를 제조하는 226개 업체로부터 고위발열량, 탄소함량, 수소함량, 수분함량 등의 측정 자료를 확보하였다.

### 2.2. 인수식 탄소함량 산정

원소분석을 통해 측정된 탄소함량은 건식기준이므로 인수식 탄소함량으로 변환하여야 한다. 건식기준의 탄소함량을 인수식 탄소함량으로 산정하는 방법은 식 (1)과 같으며, 이는 ASTM의 변환식을 참조하여 진행하였다.

$$C_{ar} = C_{dry} \times \frac{100 - W}{100} \quad (1)$$

여기서,  $C_{ar}$  : 인수식 탄소함량(%)

$C_{dry}$  : 건식 탄소함량(%)

$W$  : 총수분량(%)

### 2.3. 저위발열량 산정

CO<sub>2</sub> 배출계수는 단위 열량 당 CO<sub>2</sub> 배출량을 뜻하기 때문에, 열량은 CO<sub>2</sub> 배출계수 개발에서 꼭 필요한 요인 중 하나이다. 일반적으로 CO<sub>2</sub> 배출계수에 활용되는 열량은 순발열량을 기준으로 한다. 저위발열량 산정을 위해서는 고위발열량, 수소함량, 수분함량이 필요하며, 성형SRF의 순발열량은 식 (2)를 이용하여 산정하였다.

$$NCV = GCV - 6(9H + W) \quad (2)$$

여기서,  $NCV$  : 저위발열량값(kcal/kg)

$GCV$  : 고위발열량값(kal/kg)

$H$  : 시료의 수소함량(%)

$W$  : 시료의 수분함량(%)

### 2.4. CO<sub>2</sub> 배출계수 산정

성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수는 2006 IPCC G/L에서 제시하고 있는 방법을 이용하여 산정하였다. CO<sub>2</sub> 배출계수 산정은 다음 순서를 통해 진행 된다. 먼저, 식 (3)을 이용하여 성형 SRF의 탄소배출계수를 산정한다. 그 이후, 식 (4)을 이용하여 성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정한다.

$$EF_c = C_{ar} \times \frac{1}{EC} \times 10^3 \quad (3)$$

$$EF_{CO_2} = EF_c \times 3.664 \quad (4)$$

여기서,  $EF_{i,C}$  : 연료(i)에 대한 탄소(C) 배출계수 (kgC/GJ-연료)

$C_{ar,i}$  : 연료(i) 중 탄소의 질량 분율(인수식, 0에서 1사이의 소수)

$EC_i$  : 연료(i)의 열량계수(연료 순발열량, MJ/kg-연료)

$EF_{i,CO_2}$  : 연료(i)에 대한 CO<sub>2</sub> 배출계수 (kgCO<sub>2</sub>/GJ-연료)

3.664 : CO<sub>2</sub>의 분자량(44.010)/C의 원자량 (12.011)

## 2.5. 성분특성의 통계적 분석

### 2.5.1. 정규성 검정

통계분석은 보통 정규성을 만족한다고 가정하기 때문에 발열량 분석 자료를 통계적으로 분석하기 위해서는 먼저 표본이 정규분포를 따르는지 확인을 해야 한다. 정규성 검정 방법으로는 콜모고로프-스미노프검정(kolmogorov-Smirnov, K-S), Q-Q plot (quantile-quantile plot), 카이제곱검정 (Chi-square, X<sup>2</sup>), 샤피로-윌크스검정(shapiro-Wilk) 등이 주로 사용된다. 일반적으로 모집단의 수가 2000개 보다 클 때는 K-S 검정을 이용하며, 모집단 수가 2,000개보다 작을 때는 Shapiro-Wilk 검정을 이용하여 정규성을 검정한다.

### 2.5.2. 계절과 권역별 차이 분석을 위한 통계방법의 선정

일반적으로 집단의 비교를 위해서는 ANOVA 방법을 사용한다. ANOVA 방법은 두 개 이상의 집단을 비교할 때 집단 간 분산의 비교를 통해 만들어진 F분포를 이용하여 가설을 검정하는 방법이다. ANOVA 방법의 경우, 정규성을 가정할 때 사용되며, 측정 자료가 정규 분포가 아닐 경우에는 비모수 분석에 해당하는 방법론을 채택하여야 한다. 집단이 3 개 이상일 때, 집단 별 비교는 정규 분포의 경우 One-way ANOVA 분석을 이용하며, 비모수일 때는 크루스칼-왈리스 검정(kruskal-wallis)사용 한다. 본 연구에서 대상으로 하는 집단은 계절과 권역이므로 3개 이상의 집단이다. 따라서 정

규성 검정 결과에 따라 One-way ANOVA 방법 또는 크루스칼-왈리스 검정을 이용하여 집단간의 차이를 확인하여 배출계발시 계절/권역별 고려 검토여부를 파악하였다.

## 2.6. CO<sub>2</sub> 배출계수의 불확도 평가

IPCC G/L에서는 배출계수 개발시 불확도 평가를 권장하며, G/L에서 활용할 수 있도록 제시한 기본 배출계수 (Default value)를 대상으로도 불확도 범위를 함께 표기하고 있다. 따라서, 본 연구에서도 개발된 성형 SFR CO<sub>2</sub> 배출계수를 대상으로 불확도 평가를 진행하였으며, 불확도 범위를 제시하였다. IPCC에서 권장하고 있는 불확도 평가 방법으로는 Approach 1 방법인 오차증식법과 Approach 2 방법인 몬테카를로 시뮬레이션이 있다. 본 연구에서는 그 중 Approach 2 방법에 해당하는 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하였다. 몬테카를로시뮬레이션은 랜덤표본을 이용하는 모의실험이며, 가능한 결과값의 분포를 추정하기 위해 입력변수로 확률분포를 이용하는 방법이다.

본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 수행할 수 있는 프로그램인 "Crystall ball"을 이용해 무작위 샘플링 시뮬레이션을 수행하였다. Crystal ball은 마이크로소프트사의 엑셀 스프레드시트 기반으로 확률 분포를 이용하여 몬테카를로 시뮬레이션(Monte-Carlo Simulation) 분석하도록 시스템을 제공하며, 무작위 샘플링 결과를 통해 나온 확률 분포 함수 유형을 제시해 준다. 분석 결과를 통해 적정 분

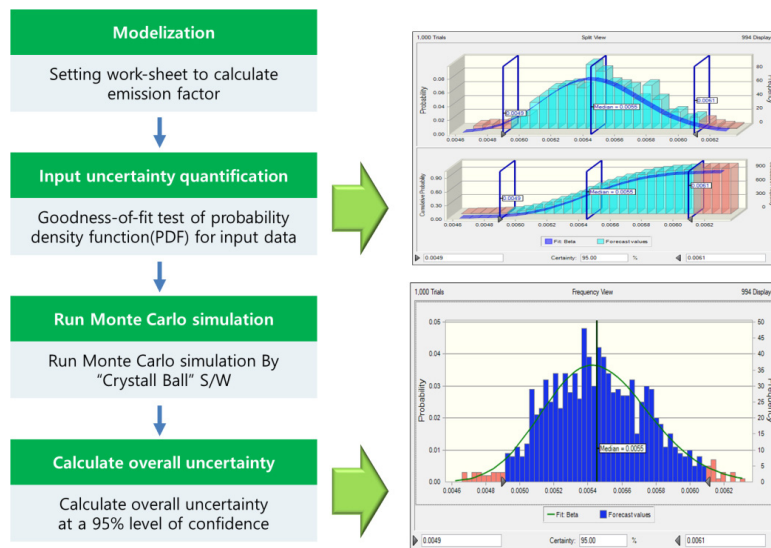


Fig. 1. Process of the Monte Carlo simulation for estimating the uncertainty of the CO<sub>2</sub> emission factor

포를 확인하고 95% 신뢰구간을 기준으로 진행하였으며, Fig. 1의 절차를 따랐다.

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1. 성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수

전국 226개의 성형 SRF제조시설로부터 제공받은 건식 탄소함량은 70.19%, 총수분은 4.68%로 나타났으며, 식 (1)을 이용하여 산정한 인수식 탄소함량은 66.89%로 나타났다. 표준편차는 각각 5.74%, 3.65%, 5.48%로 나타났다.

Table 1. Carbon content of modified SRF

Classification	Dry carbon content (%)	Total moisture (%)	As received carbon content (%)
Modified SRF	70.19	4.68	66.89
SD	5.74	3.65	5.48

또한, 업체로부터 협조받은 성형 SRF의 인수식순발열량의 평균값은 30.03 MJ/kg으로 나타났으며, 식 (4)를 이용하여 CO<sub>2</sub> 배출계수는 81.644 kgCO<sub>2</sub>/GJ으로 나타났다.

Table 2. Net calorific value and CO<sub>2</sub> emission factor of molded SRF

Classification	Net calorific value (MJ/kg)	CO <sub>2</sub> emission factor (kgCO <sub>2</sub> /GJ)
Molded SRF	30.02	81.644

산정된 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수값 비교는 현재 적용하고 있는 배출계수인 IPCC 2006 G/L의 도시폐기물 부분과 동일한 에너지원인 한국의 유연탄 국가 CO<sub>2</sub> 배출계수를 대상으로 진행하였으며, 각 배출계수를 Table 3에 제시하였다. IPCC 2006 G/L의 도시폐기물 부분의 CO<sub>2</sub> 배출계수는 91.700 kgCO<sub>2</sub>/GJ, 한국의 유연탄 CO<sub>2</sub> 배출계수는 95.300 kgCO<sub>2</sub>/GJ으로 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수와 각각 1.12배, 1.16배의 차이를 보였다. 성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수의 경우, 현재 적용하고 있는 IPCC 2006 G/L의 기본값과는 차이를 보이는 것을 확인하였기 때문에, 국가 특성을 반영한 배출계수가 개발된다면 인벤토리의 신뢰성을 향상

시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Comparison of CO<sub>2</sub> emission factor with result of this study

Classification	Fuel	CO <sub>2</sub> emission factor (kgCO <sub>2</sub> /GJ)	Difference (A or B/C)
IPCC 2006 G/L (Tier 1) (A)	Municipal Wastes (non-biomass fraction)	91.700	1.12
National calorific value of Korea (Tier 2) (B)	Other Bituminous Coal	95.300	1.16
Molded SRF (C)	Molded SRF	81.644	

#### 3.2. 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수의 불확도

본 연구에서 산정한 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수를 몬테카를로 방법을 이용하여 불확도를 산정하였다. 불확도 산정 결과, Fig. 2에서 보는 바와 같이 Lognormal 분포를 나타냈으며 CO<sub>2</sub> 배출계수의 불확도 범위(95% 신뢰수준)는 -8.83% ~ +8.95%으로 나타났다. 이는 2006 IPCC G/L에서 제시하고 있는 도시폐기물 탄소배출계수 상한/하한값으로 산정한 불확도 범위는 -15.40% ~ 17.22%으로, 본 연구의 CO<sub>2</sub> 배출계수 불확도 범위가 더 낮게 나타나, 좀 더 신뢰성이 있는 것으로 판단된다.

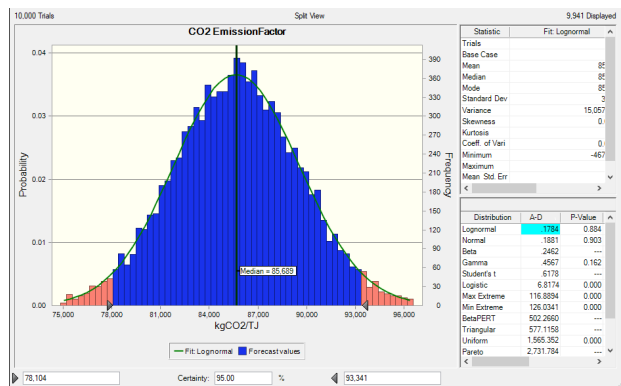


Fig. 2. Uncertainty analysis result of CO<sub>2</sub> carbon emission factor

### 3.3. 성형 SRF 저위발열량의 계절별, 권역별 특성 및 비교

#### 3.3.1. 성형 SRF의 계절별 저위발열량 특성

본 연구에서는 인수식 저위발열량을 기준으로 계절별 특성을 분석하였다. 성형 SRF 성형제품의 계절별 저위발열량을 Table 4에 나타내었다. 성형 SRF 제품의 계절별 평균 저위발열량은 봄철 평균 저위발열량은 7,060 kcal/kg, 여름철 평균 저위발열량 7,267 kcal/kg, 가을철 평균 저위발열량 7,184 kcal/kg, 겨울철 평균 저위발열량 7,171 kcal/kg로 조사되었다. 성형 SRF 성형제품의 계절별 평균 저위발열량은 여름철이 가장 높고 봄철에 생산되는 제품이 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 4. Characteristics of seasonal net calorific value of molded SRF

(Unit: kcal/kg)				
Classification	Spring	Summer	Fall	Winter
Min	4,170	3,510	3,830	4,090
Max	9,330	9,210	9,400	9,820
Mean	7,060	7,267	7,184	7,171
Standard Deviation	1,318	1,438	1,528	1,340
Median	7,435	7,655	7,745	7,490

성형 SRF의 계절별 저위발열량 자료의 경우 2,000 개보다 자료 수가 작기 때문에 Shapiro-Wilk 검정 방법을 택하였으며, 결과를 Table 5에 나타내었다. Shapiro-Wilk 검정 결과, 4계절 모두 유의확률(p-value)이 0.05보다 작아 비정규분포임을 알 수 있었다.

이는 계절별 성형 SRF 성형제품의 저위발열량을 통계적으로 분석하려면 비모수 방법으로 분석해야 한다는 것을 의미한다.

Table 5. Normality test result of seasonal net calorific value of molded SRF

Classification	Shapiro-Wilk		
	Statistic	Dgrees of Freedom, Df	Sig.
Spring	0.943	58	0.009
Summer	0.932	58	0.003
Fall	0.920	54	0.001
Winter	0.954	56	0.031

계절별 집단 비교는 계절 자료들이 모두 비모수이기 때문에 Kruskal-Wallis검정을 이용하여 분석하였으며, 결과를 Table 6에 제시하였다. 분석결과, 유의수준이 0.05보다 크게 나타나 “계절별 저위발열량의 평균분포는 같다”라는 귀무가설을 유지하였다. 따라서, 계절적 요인은 성형 SRF의 저위발열량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

Table 6. Kruskal-Wallis test result of seasonal net calorific value of molded SRF

	Null hypothesis	Hypothesis test	Sig.	Result
Molded SRF	The average distribution of low-level calories by season is the same.	Kruskal-Wallis	0.675	Retain the null hypothesis

#### 3.3.2. 성형 SRF의 권역별 저위발열량 특성

본 연구에서는 인수식 저위발열량을 기준으로 권역별 특성을 분석하였다. SRF 성형제품의 권역별 저위발열량 특성을 Table 7에 나타내었다. 권역별 성형 SRF 저위발열량 조사 결과, 수도권 평균 저위발열량은 6,963 kcal/kg이며, 최소값 4,320 kcal/kg, 최대값 9,210 kcal/kg, 표준편차 1,358 kcal/kg로 나타났고, 강원권 평균 저위발열량은 6,133 kcal/kg, 최소값 3,830 kcal/kg, 최대값 9,380 kcal/kg, 표준편차 2,094 kcal/kg로 나타났다.

충청권의 평균 저위발열량은 7,212 kcal/kg, 최소값 4,620 kcal/kg, 최대값 9,380 kcal/kg, 표준편차 1,135 kcal/kg로, 전라권 평균 저위발열량은 6,963 kcal/kg, 최소값 4,540 kcal/kg, 최대값 9,650 kcal/kg, 표준편차 1,543 kcal/kg로 나타났고, 경상권 평균 저위발열량은 7,677 kcal/kg, 최소값 3,510 kcal/kg, 최대값 9,820 kcal/kg, 표준편차 1,132 kcal/kg로 나타났다.

권역별 성형 SRF의 평균 저위발열량은 경상권에서 제조된 제품이 7,677 kcal/kg로 가장 높게 나타났고 충청권에서 제조된 제품이 7,212 kcal/kg, 전라권과 수도권이 6,963 kcal/kg, 강원권이 6,133 kcal/kg로 가장 낮게 나타났다.

Table 7. Characteristics of regional net calorific value of molded SRF

Classification	(Unit: kcal/kg)				
	Metropolitan	Gangwon	Chungcheong	Jeolla	Gyeongsang
Min	4,320	3,830	4,620	4,540	3,510
Max	9,210	9,380	9,380	9,650	9,820
Standard Deviation	1,358	2,094	1,135	1,543	1,132
Mean	6,963	6,133	7,212	6,963	7,677

성형 SRF의 저위발열량에 대한 Shapiro-Wilk 검정 결과를 Table 8에 나타내었다. Shapiro-Wilk검정 결과 수도권, 강원권, 전라권, 경상권의 유의확률(p-value)이 0.05보다 작게 나타나 비정규분포임을 알 수 있었다.

이는 권역별 성형 SRF 성형제품의 저위발열량을 통계적으로 분석하려면 비모수적 방법으로 분석해야 한다는 것을 의미한다.

Table 8. Normality test result of regional net calorific value of molded SRF

Classification	Shapiro-Wilk		
	Statistic	Degrees of Freedom, Df	Sig.
Metropolitan	0.947	71	0.005
Gangwon	0.785	16	0.002
Chungcheong	0.979	46	0.568
Jeolla	0.902	34	0.005
Gyeongsang	0.915	59	0.001

권역별 성형 SRF 성형제품의 저위발열량 자료가 비정규 분포이므로, 비모수 방법인 Kruskal-Wallis검정을 이용하였으며, 결과를 Table 9에 나타내었다. 분석결과, 유의수준이 0.05보다 작은 것으로 분석되어 “권역별 성형 SRF의 저위발열량의 평균분포는 같다.”라는 귀무가설을 기각하게 되었다. 따라서, 성형 SRF 저위발열량의 경우 권역별 특성을 고려할 필요가 있음을 확인할 수 있었다.

Table 9. Kruskal-Wallis test result of regional net calorific value of molded SRF

	Null hypothesis	Hypothesis test	Sig.	Result
Molded SRF	The average distribution of low-level calories by area is the same.	Kruskal-Wallis	0.018	Reject the null hypothesis

#### 4. 결론

국내의 일부 업체(시멘트, 발전, 제지 업체 등 30여개의 배출권 할당업체)에서는 화석 연료의 대체 에너지원으로 써, SRF를 활용하고 있다. 하지만, 온실가스 배출량 산정 시 현재 개발된 배출계수가 없어 IPCC G/L에서 제시하는 도시폐기물의 CO<sub>2</sub> 배출계수를 적용하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국내에서 생산되는 SRF 중 성형 SRF를 대상으로 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정하고자 하며, 성형 SRF 순발열량의 계절별, 권역별 차이를 통계적으로 확인함으로써 배출계수 개발시 고려 여부를 파악하였다. 또한, 산정된 CO<sub>2</sub> 배출계수의 불확도를 산정하여 신뢰성 평가를 진행하였다.

성형 SRF의 순발열량은 30.03 MJ/kg으로 나타났으며, CO<sub>2</sub> 배출계수는 81.644 kgCO<sub>2</sub>/GJ으로 나타났다. 산정된 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수를 현재 배출량 산정 시 적용하는 IPCC 2006 G/L의 도시폐기물 CO<sub>2</sub> 배출계수(연료용)와 한국의 유연탄 CO<sub>2</sub> 배출계수와 비교결과, 2006 IPCC G/L의 도시폐기물 CO<sub>2</sub> 배출계수(연료용)는 91.700 kgCO<sub>2</sub>/GJ, 한국의 유연탄 CO<sub>2</sub> 배출계수는 95.300 kgCO<sub>2</sub>/GJ으로 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수와 각각 0.89배, 0.85배 차이를 보였다. 따라서, 국내 특성을 반영한 배출계수의 개발이 필요할 것으로 판단된다. 성형 SRF CO<sub>2</sub> 배출계수의 불확도 분석 결과 lognormal 분포를 보였으며, 범위(95% 신뢰수준)는 -8.83% ~ +8.95%으로 나타나, 2006 IPCC G/L에서 제시하고 있는 도시폐기물 탄소배출계수 상한/하한값으로 산정한 불확도 범위 -15.40% ~ 17.22%와 비교하였을 때, 본 연구의 CO<sub>2</sub> 배출계수 불확도 범위가 더 낮은 것으로 나타나, 정밀성이 뛰어난 것을 확인할 수 있어 좀 더 신뢰성 있는 자료로 판단할 수 있었다.

SRF 저위발열량의 계절별, 권역별 특성을 비모수 분석 방법인 Kruskal-Wallis을 이용하여 분석하였다. SRF 저위

발열량을 계절별로 분석하였을 때, 여름 기간이 가장 높고, 봄 기간이 가장 낮게 나타났다. 권역별로 분석하였을 때, 경상 지역이 가장 높고, 강원 지역이 가장 낮게 나타났다. 하지만, 성형 SRF 순발열량의 계절별, 권역별 특성을 Kruskal-Wallis을 이용하여 분석할 결과, 계절별 순발열량의 경우, 유의확률이 0.05보다 작은 것으로 나타나 계절별 차이가 크지 않아 영향을 미치지 않을 것으로 분석되었으나, 권역의 경우 유의확률이 0.05보다 낮아 배출계수 개발 시 영향을 받을 것으로 분석되었다. 향후, 국가단위의 배출계수 개발 시 권역별 가중치 적용 또는 특성을 반영할 수 있는 대안에 대해 연구된다면, 신뢰성 있는 배출계수를 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 2018년도를 기준으로 성형 SRF의 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정하고 분석하였으며, 추후 연구에서 다른 연도의 자료와 비성형 SRF를 대상으로 CO<sub>2</sub> 배출계수를 산정하고 분석한다면 보다 신뢰성 있는 배출계수를 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

### 사사

본 연구는 환경부 “기후변화특성화대학원사업”의 지원으로 수행되었습니다.

### References

Boes DC, Graybill FA, Mood AM. 1974. Introduction to the Theory of Statistics, USA.  
 Cecilia A, Arnout FH, Jeanette S, Alma B, Per L, Bart NZ. 2004. Polybrominated diphenyl ethers (PBDES) at a solid waste incineration plant I: Atmospheric concentrations. Atmospheric Environment, England 38: 5139-5148.  
 Devore JL. 1995. Probability and Statistics for Engineering and the Science, USA.  
 Guillermo B, Oscar F, Begona J, Gema G. 2003. Factors influencing variability and potential uptake routes of heavy metals

in black kites exposed to emissions from a solid waste incinerator. Environmental Toxicology and Chemistry 22:27 11-2718.  
 Intergovernmental Panel of Climate Change. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva.  
 IPCC, 2006. The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy, Chapter 2: Stationary Combustion.  
 Korea Environment Corporation. 2017. Solid fuel product raw material properties survey 2016. Incheon.  
 Korea Environment Corporation. 2018. A Study on the Performance Evaluation and Development Plan of Solid Fuel Product Management System. Incheon.  
 Korea Environment Corporation. 2018. Solid fuel product quality grade standard setting study. Incheon.  
 Ministry of Environment. 2017. the Administrative Guideline for the Greenhouse gas Target Management System.  
 National Institute of Environmental Research. 2017. Characteristics of Hazardous Air Pollutants Emissions from Facilities Using Solid Fuel Products. Incheon.  
 Ni-Bin C, Eric D. 2018. Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas. Waste Management 28: 776-794.  
 Royston JP. 1982. Algorithm AS 177: Expected Normal Order Statistics (Exact and Approximate). Journal of the Royal Statistical Society 31: 161-165.  
 Royston JP. 1982. An Extension of Shapiro and Wilk's W Tests for Normality to Large Samples. Journal of the Royal Statistical Society 31: 115-124.  
 Royston, JP. 1982. Algorithm AS 181: The WTest for Normality. Journal of the Royal Statistical Society 31: 176-180.