

농업잔재물 노천소각에 의한 대기오염물질 배출량 산출에 관한 연구

A Study on Estimation of Air Pollutants Emission from Agricultural Waste Burning

김동영 · 최민애* · 한용희 · 박성규¹⁾

경기연구원, ¹⁾(주)케이에프

(2015년 12월 10일 접수, 2016년 1월 28일 수정, 2016년 2월 16일 채택)

Dong Young Kim, Min-Ae Choi*, Yong-Hee Han and Sung-Kyu Park¹⁾

Gyeonggi Research Institute, ¹⁾KOFIRST R&D Center, KF Co. Ltd.

(Received 10 December 2015, revised 28 January 2016, accepted 16 February 2016)

Abstract

In this study, we estimate air pollutants emission from agricultural waste burning. We investigated activities related to agricultural waste burning such as crop burning rates, location, and time by region.

The average crop burning rates per square meter farmland of fruits, pulses, barleys, cereals, vegetables, and special crops were 273.1 g/m², 105.7 g/m², 7.4 g/m², 121.0 g/m², 290.7 g/m², and 392.9 g/m², respectively. We estimated air pollutants emissions with pre-developed emission factors. The estimated air pollutant emission of agricultural biomass burning were CO 148,028 ton/year, NO_x 5,220 ton/year, SO_x 11 ton/year, VOC 59,767 ton/year, TSP 21,548 ton/year, PM₁₀ 8,909 ton/year, PM_{2.5} 7,405 ton/year, and NH₃ 5 ton/year. When these results compared with the entire emissions of national inventory (CAPSS), CO, VOC, PM₁₀ account for about 17.8%, 6.2%, 6.7% of the total, respectively.

Key words : Emission inventory, Biomass burning, Agricultural waste burning, Air pollutant emission

1. 서 론

농업잔재물이란 농업 활동에 수반하여 발생하는 폐기물로 가지치기한 과수, 추수하고 남은 벼짚, 고춧대, 깻대 등이 여기에 해당된다. 이 밖에 병해충이나 기상재해 등으로 인해 죽은 잔여물 등도 농업잔재물에 포

함된다.

농업잔재물이 발생하면 일부는 썩어서 자연적으로 거름이 되기도 하지만, 별다른 처리 체계가 구축되어 있지 않기 때문에 대부분 노천에서 소각되고 있다. 벼짚의 경우에는 근래 들어 거의 모두 재활용되어 소각되는 일은 거의 발생되지 않고 있다.

농업잔재물을 노천에서 소각할 경우 일산화탄소, 질소산화물, 휘발성 유기화합물, 검댕을 포함한 상당한 양의 미세먼지가 대기 중으로 배출된다. 또한, 검댕이

*Corresponding author.

Tel : +82-(0)31-850-6011, E-mail : minae85@gri.kr

나 휘발성 유기화합물이 광화학반응을 일으켜서 오존이나 질산과 같은 광화학 스모그를 형성하여 시정을 더욱 악화시키는 요인으로도 작용한다(Seo, 2011).

농업잔재물 노천소각 시 발생하는 매연에는 건강에 특히 영향을 미치는 $PM_{2.5}$ 이하의 초미세먼지가 많다. 먼지는 입자 크기가 작을수록 대기 중 체류시간이 길어지고 이동거리도 늘어나 영향권이 매우 넓어지는 특성이 있다. 환경부에서 수행한 $PM_{2.5}$ 관련 연구에 의하면 지금까지 사업장, 자동차, 비산먼지 등에 대한 연구와 관리는 어느 정도 이루어지고 있는 반면, 생활폐기물 소각, 농업잔재물 소각 등의 생물성연소에 의한 배출원 관리는 거의 이루어지지 않고 있다고 지적하고 있다(NIER, 2009).

본 연구에서는 농업잔재물 노천소각에 대한 마을단위 설문 및 심층면담 조사를 통해 소각량과 소각행태 등 관련 활동도를 파악하였으며, 그 결과를 이용하여 2010년부터 2014년까지 5년 동안의 대기오염물질 배출량을 산정하였다.

2. 연구 방법

2.1 배출량 산정방법

농업잔재물 소각에 의해 발생하는 대기오염물질 배출량 산정방법은 기본적으로 미국 CARB (2006)의 방법을 적용하였다. 이는 경작지 면적과 단위 면적당 작물의 소각량 그리고 대기오염물질 배출계수의 곱으로 산출한다.

$$\text{Emission}_{ij} = \text{Acres}_j \times \text{FL}_j \times \text{EF}_{ij} \times 10^{-3}$$

Emission_{ij} : 작물 j에 대한 오염물질 i의 배출량 (ton/yr)

Acres_j : 작물 j의 경작지 면적(m^2)

FL_j : 작물 j의 단위 면적당 평균 소각량(kg/m^2)

EF_{ij} : 작물 j에 대한 오염물질 i의 배출계수(g/kg)

CARB (2006)

본 연구에서는 현장에서 수행한 조사결과를 이용하여 작물 종류별로 소각비율을 추정하였다. 일부 재배작물 중 조사된 자료가 적은 경우에는 소각비율 산정에서 제외하였다. 현장조사 결과, 주로 소각되는 작물

Table 1. The type of crops that burned as agricultural waste.

Classification	Type of crops
Fruit trees (4)	Apple, Pear, Peach, Grape
Pulses (1)	Soyben
Barleys (1)	Barley
Cereals (1)	Corn
Vegetables (1)	Pepper
Special crops (3)	Sesame, Perilla, Peanut

의 종류는 크게 과수, 두류, 맥류, 잡곡, 채소, 특용작물이며 세부 항목별로는 과수(배, 사과, 복숭아, 포도), 두류(콩), 맥류(보리), 잡곡(옥수수), 채소(고추), 특용작물(참깨, 들깨, 땅콩)로 나타났다. 농업잔재물 소각 작물 종류는 표 1과 같다.

현장조사에 의하면 벧짚은 과거에는 주로 소각하였으나, 현재에는 논·밭 거름 또는 소먹이 용도로 전량 판매되기 때문에 소각하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 배출량 산정에서 제외하였다. 반면 보릿대의 경우 아직까지 일부 지역에서 거의 대부분 소각이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 이 밖에 채소(딸기, 토마토 등)와 서류(고구마, 감자)는 대부분 소각하지 않고 거름으로 자연처리되기 때문에 배출량 산정에서 제외하였다.

소각되는 작물의 국내 재배면적은 통계청의 지역별 작물별 재배면적을 이용하였으며, 그 내용은 표 2와 같다. 과수의 경우 사과 재배면적이 30,702 ha로 가장 넓은 것으로 나타났고, 이 중 61.3% (18,811 ha)가 경북 지역에 위치한 것으로 나타났다. 반면, 맥류는 전체 재배면적의 70% 이상이 전라도 지역에 위치한 것으로 나타났고, 전남 37.5%, 전북 35.4%로 나타났다. 이 자료는 시·도 단위로 제공되기 때문에 시·군·구 단위의 배출량을 구분하여 산출할 수 없다. 따라서 농업잔재물 소각에 의한 대기오염물질 배출량을 시·군·구 단위로 배분하기 위해 “2010년 농림어업총조사(통계청)”의 경작지 면적 비율을 사용하였다.

2.2 활동도 조사방법

농업잔재물 노천소각 관련 활동도(작물별 소각량, 소각형태 등) 조사를 위해 전국을 먼저 6개 권역(수도권, 강원권, 충청권, 영남권, 호남권, 제주권)으로 나누었다. 일반적으로 농업잔재물 노천소각은 농촌지역에서 발생하는 경우가 대부분이기 때문에 농촌지역을 위

Table 2. Cultivation area by types of crop (2014).

(unit: ha)

Region	Fruit tree				Pulses	Barleys	Cereals	Vegetables	Special crops		
	Pear	Apple	Peach	Grape	Bean	Barley	Corn	Pepper	Sesame	Perilla	Peanut
Seoul	24	0	0	2	22	0	2	7	7	6	4
Busan	18	1	0	0	32	8	63	48	70	25	4
Daegu	8	78	230	171	212	362	41	127	212	124	37
Incheon	179	23	23	74	462	49	39	589	94	348	64
Gwangju	49	0	11	23	198	961	29	139	234	148	15
Daejeon	67	5	5	80	134	2	36	83	90	263	27
Ulsan	595	3	4	5	177	5	71	182	99	150	7
Gyeonggi	2,577	268	883	1,788	6,931	277	1,064	2,919	1,357	6,145	577
Gangwon	137	522	538	191	7,546	144	6,179	2,674	509	6,172	123
Chungbuk	526	3,877	3,775	2,079	10,436	84	3,770	3,242	2,330	5,077	345
Chungnam	2,389	1,358	520	825	6,617	225	586	3,792	2,305	6,721	625
Jeonbuk	617	2,078	808	631	6,027	13,349	587	4,584	2,418	3,434	833
Jeonnam	3,457	308	480	198	11,750	14,123	1,779	6,792	9,295	2,743	328
Gyeongbuk	1,536	18,811	7,903	7,092	13,347	1,038	882	8,587	5,563	3,972	1,161
Gyeongnam	935	3,370	359	379	5,093	5,819	648	2,335	2,880	2,130	254
Jeju	13	0	0	0	5,668	1,223	63	20	907	3	161
Total	13,127	30,702	15,539	13,538	74,652	37,669	15,839	36,120	28,370	37,461	4,565

Statistics Korea (2014)

Table 3. Demographic characteristics of survey region.

Region	Number of cities and counties	Number of village	Agricultural/total population (%)
Capital Area	79	1,104	5.4
Gangwon	18	188	29.4
Chungcheong	35	442	32.5
Yeongnam	75	1,066	25.2
Honam	42	629	38.6
Jeju	2	43	27.1
Total	251	3,472	100.0

Statistics Korea (2010)

주로 조사를 실시하였다. 설문 대상 지역은 지역 편차를 줄이기 위해 각 권역별로 총인구 대비 농업인구 비율이 높은 지역을 조사대상으로 선정하였다. 표 3은 통계청의 2010년 기준 각 권역별 농업인구 분포 특성을 나타낸 결과이다.

마을 및 가구단위로 심층 면담 조사를 실시한 결과 전국에 걸쳐 총 45개 시·군, 111개 읍·면·동, 244개 부락을 방문하여 전체 1,002개의 설문을 수행하였다. 권역별 조사지역 및 조사건수는 표 4와 같다.

주요 설문 내용은 응답자의 거주 지역, 주 업종, 가족 구성원, 성별, 나이 등 기본사항과 단위 면적당 작물 소각량, 소각장소 및 시기 등 소각행태와 관련된 활동도를 조사하였다.

Table 4. Number of samples by region.

Region	Village		Survey	
	Number	Ratio (%)	Number	Ratio (%)
Capital area	13	11.7	270	26.9
Gangwon	19	17.1	96	9.6
Chungcheong	27	24.3	145	14.5
Yeongnam	24	21.6	157	15.7
Honam	21	18.9	193	19.3
Jeju	7	6.3	141	14.1
Total	111	100.0	1,002	100.0

2.3 활동도 조사 결과

농업잔재물 소각과 관련된 활동도는 현장에서 직접 면담을 통해 설문결과를 도출하였고, 필요시 현장에서

Table 5. Fuel loadings by crop types.(unit: g/m³)

Crop type		Incineration ratio	Amount of agricultural waste	Fuel loading	Average fuel loading
Fruit tree	Pear	75.0%	453.8	340.3	273.1
	Apple	90.6%	315.4	285.7	
	Peach	72.4%	375.3	271.7	
	Grape	93.3%	208.7	194.8	
Pulses	Bean	69.2%	152.8	105.7	105.7
Barleys	Barley	30.0%	24.6	7.4	7.4
Cereals	Corn	31.0%	390.2	121.0	121.0
Vegetables	Pepper	90.3%	321.9	290.7	290.7
Special crops	Sesame	72.3%	196.4	142.0	392.9
	Perilla	91.7%	287.4	263.4	
	Peanut	100.0%	773.3	773.3	

저울을 사용하여 즉시 무게를 달아 발생한 농업잔재물의 양을 측정하여 결과에 반영하였다.

작물별 농업잔재물 양과 소각비율을 적용하여 도출한 단위 면적당 작물별 평균 소각량은 특용작물이 392.9 g/m²으로 가장 큰 값을 나타냈다. 다음으로 채소 290.7, 과수 273.1, 잡곡 121.0, 두류 105.7, 맥류 7.4 g/m²로 나타났다. 작물별 평균 소각량은 표 5와 같다. 특용작물의 소각량이 높게 나타난 이유는 단위면적당 무게가 많이 나가고 소각 비율이 높기 때문이다.

본 연구에서 산정한 작물별 소각량 조사값과 미국 CARB (2008)의 자료(fuel loading)를 비교한 결과는 표 6과 같다. 국내 작물별 소각량에서 과수는 배, 사과, 복숭아, 포도의 평균 소각량이고, 두류는 콩의 소각량, 맥류는 보릿대의 소각량, 잡곡은 옥수수 소각량, 채소는 고추 소각량, 특용작물은 참깨, 들깨, 땅콩의 평균 소각량이다. 미국 CARB의 자료는 각각의 작물에 대해 사과, 콩, 보리, 옥수수는 개별 작물별 소각량이며 채소는 채소류의 평균, 특용작물은 땅콩 소각량을 비교 대상으로 하였다. 우리나라와 미국의 통계가 서로 다르기 때문에 각 작물별로 상세한 직접적 비교는 어렵다. 비교 결과, 우리보다 미국 CARB의 값이 큰 것을 알 수 있었다. 이는 미국의 농업방식이 다르기 때문에 차이가 나는 것으로 판단된다. 특히 다른 농업잔재물에 비해 옥수수의 소각량이 9배 정도 차이 나는데, 이는 미국이 전세계 옥수수 생산량의 45%를 차지할 정도로 대규모인데다 기계화된 농업을 하기 때문인 것으로 추정된다.

Table 6. Comparison of fuel loadings between this study and CARB.(unit: g/m²)

Classification	CARB (2008)	This study
Fruit tree - Apple	568.3	273.1
Pulses - Bean	617.8	105.7
Barleys - Barley	420.1	7.4
Cereals - Corn	1,037.8	121.0
Vegetable - Other	537.5	290.7
Special crop - Peanuts	537.5	392.9

농업잔재물 소각행태를 월별로 살펴보면 작물별 재배 시기에 따라 다소 차이가 있지만, 보통 농사를 준비하는 이른 봄(2월~3월) 또는 수확 이후 늦가을(10월~11월)에 집중적으로 소각하는 것으로 조사되었다. 과수, 잡곡의 경우 2~3월의 소각 비율이 각각 48.0, 66.7%로 높게 나타났고, 두류, 채소, 특용작물은 10~11월의 소각 비율이 각각 54.6, 52.6, 46.2%로 조사되었다. 농업잔재물의 월별 소각비율 조사 결과는 그림 1과 같다.

3. 대기오염물질 배출계수

농업잔재물 소각에 의한 대기오염물질 배출량 산정을 위해 대기오염물질 배출계수는 국내에서 최근 실측된 기존연구(Park *et al.*, 2015; KEITI, 2014) 결과를 적용하였다. 이 연구에서는 모형 챔버를 제작하여 연소 실험을 통해 배출계수를 도출하였다.

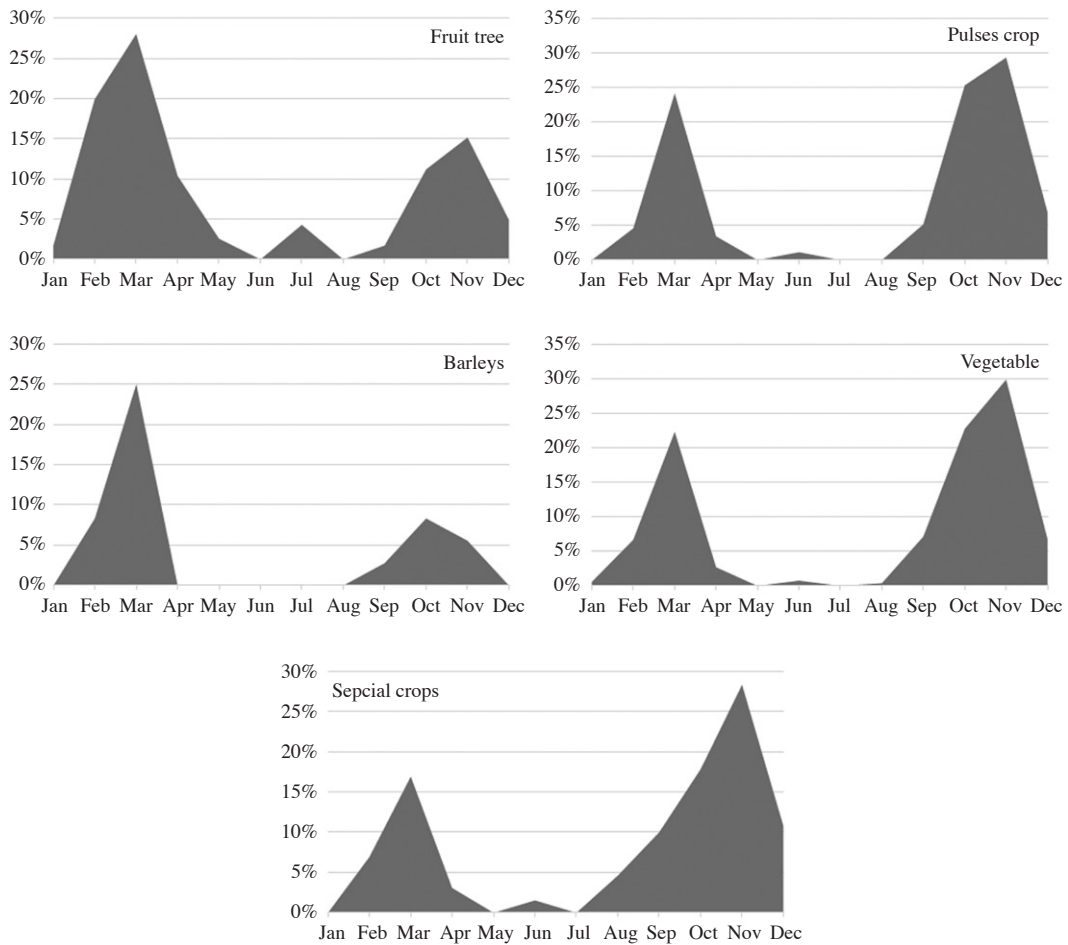


Fig. 1. Seasonal variation of agricultural waste burning.

배출계수 항목은 대기정책지원시스템(CAPSS)에서 배출량을 산출하는 항목으로 입자상 오염물질은 TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, 가스상 오염물질로는 CO, SO_x, NO_x, VOC, NH₃를 분석하였다. 농업잔재물 소각 부문 대기오염물질 배출계수는 표 7과 같다.

4. 대기오염물질 배출량 산정

본 연구에서 조사한 작물별 단위 재배면적당 소각량과 작물별 재배면적 등 활동도 자료와 배출계수를 사용하여 대기오염물질 배출량을 산출하였다. 최근 5년간(2010~2014년) 농업잔재물 노천소각에 따른 대기

오염물질 배출량 산출 결과는 표 8과 같다. 2010년에 비해 2014년 농업잔재물 배출량은 CO 5.9, NO_x 2.0, SO_x 2.5, VOC 3.0, TSP 1.3, PM₁₀ 1.7, PM_{2.5} 1.3, NH₃ 1.2% 감소한 것으로 나타났다. 연차적으로 감소한 원인은 소각량이 많은 배, 사과, 고추, 땅콩 등의 재배면적이 각각 19.2, 0.9, 19.0, 15.2% 감소하였기 때문이다.

표 9에는 농업잔재물 노천소각에 의한 대기오염물질 배출량 중 최신자료인 2014년을 기준으로 산출한 결과를 나타내었으며, 그림 2에는 시·군·구별 배출량을 나타내었다. 2014년 기준 농업잔재물 소각에 따른 대기오염물질 배출량을 산출한 결과 CO 148,028, NO_x 5,220, SO_x 11, VOC 59,767, TSP 21,548, PM₁₀

Table 7. Emission factors of agricultural waste burning.

(unit: g/kg)

Source		CO	NO _x	SO _x	VOC	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
Fruit tree	Pear	282.3	5.7	0.0	87.7	29.5	11.3	8.5	0.01
	Apple	146.0	10.4	0.0	353.3	22.9	18.9	16.8	0.01
	Peach	277.2	15.0	0.0	61.6	32.4	11.2	9.5	0.01
	Grape	304.5	14.4	0.0	154.6	34.5	14.8	9.5	0.01
Pulses crop	Bean	15.8	0.4	0.1	27.4	30.0	12.0	10.1	0.02
Barleys	Barley	403.4	17.6	0.0	105.2	85.8	53.1	35.2	0.01
Vegetable	Pepper	427.4	9.0	0.0	40.3	26.0	9.7	7.9	0.00
Special crops	Sesame	237.1	6.5	0.0	109.5	59.6	16.3	13.8	0.00
	Perilla	378.3	15.9	0.0	54.2	67.5	25.5	21.4	0.01

Park *et al.* (2015); KEITI (2014)**Table 8. Annual emissions of air pollutants from agricultural waste burning by year.**

(unit: ton/yr)

Year	CO	NO _x	SO _x	VOC	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
2010	157,291.8	5,327.2	11.7	61,641.8	21,827.4	9,066.8	7,501.8	5.4
2011	151,613.2	5,169.2	11.6	60,630.2	21,125.1	8,804.9	7,295.4	5.3
2012	152,195.6	5,121.6	11.7	59,839.2	20,770.2	8,642.2	7,167.9	5.2
2013	150,570.4	5,087.6	11.8	59,031.6	20,607.9	8,591.1	7,127.7	5.2
2014	148,027.6	5,220.0	11.4	59,767.4	21,547.7	8,909.4	7,404.8	5.3

Table 9. Estimated emissions of air pollutants from agricultural waste burning by region (2014).

(unit: ton/yr)

Region	CO	NO _x	SO _x	VOC	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
Seoul	43.2	1.1	0.0	12.1	6.4	2.4	1.9	0.0
Busan	159.7	4.0	0.0	31.4	19.8	6.9	5.7	0.0
Daegu	707.6	28.2	0.1	255.4	106.1	41.3	33.6	0.0
Incheon	1,390.1	38.9	0.1	265.2	171.7	65.5	53.7	0.0
Gwangju	516.7	15.7	0.0	114.9	80.8	30.1	24.3	0.0
Daejeon	537.4	18.5	0.0	122.6	85.1	32.0	26.2	0.0
Ulsan	1,028.4	24.8	0.0	251.1	118.8	44.5	35.2	0.0
Gyeonggi	15,264.8	507.1	1.2	3,533.2	2,289.5	872.2	713.3	0.6
Gangwon	13,852.1	449.6	0.9	2,535.5	1,912.5	736.3	615.9	0.4
Chungbuk	18,239.2	703.0	1.4	7,354.6	2,652.4	1,098.3	918.1	0.7
Chungnam	16,424.2	544.3	1.2	4,535.9	2,479.7	964.8	799.8	0.6
Jeonbuk	13,276.9	439.0	1.3	4,492.8	1,959.4	806.5	666.4	0.5
Jeonnam	19,806.0	523.0	1.5	4,720.0	2,802.5	1,015.7	828.5	0.5
Gyeongbuk	36,835.1	1,570.9	2.3	26,026.1	5,108.6	2,445.4	2,055.9	1.5
Gyeongnam	9,417.2	337.5	0.7	5,158.4	1,447.4	633.0	530.6	0.4
Jeju	529.0	14.4	0.7	358.2	307.0	114.4	95.7	0.1
Total	148,027.6	5,220.0	11.4	59,767.4	21,547.7	8,909.4	7,404.8	5.3

8,909, PM_{2.5} 7,405, NH₃ 5 ton으로 나타났다. CO, NO_x, VOC, PM₁₀ 등의 대기오염물질 배출이 특히 많게 나타났다는데, 이는 농업잔재물 노천소각 시 불완전연소에

의한 영향으로 추정된다.

지역적으로는 PM₁₀ 배출량의 경우 경북(2,445 ton), 충북(1,098 ton), 전남(1,016 ton)의 배출량이 많은 것으

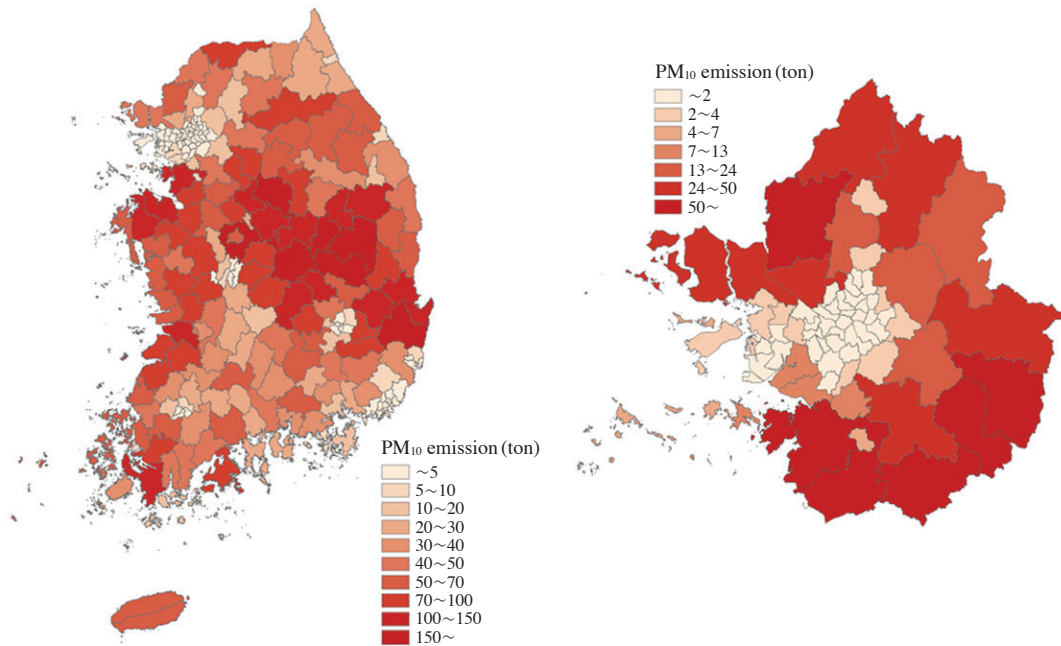


Fig. 2. Distribution of PM_{10} emission from agricultural waste burning (2014).

로 나타났다. 경북의 경우 과수 농사 비율이 크기 때문에 배출량이 타 지역에 비해 높게 나타났다. 반면, 전남의 경우 농지면적이 가장 크지만 대부분 벼 작물 재배 지역으로 볍씨를 수거하거나 영농업체에 판매하기 때문에 볍씨 소각에 의한 배출량이 거의 없어 전체적인 배출량이 타 지역에 비해 낮게 나타난 것으로 판단된다.

지역적으로 보다 상세하게 시·군·구별로 PM_{10} 배출량을 살펴보면 경상북도 상주시, 의성군, 안동시, 경주시가 각각 229, 195, 194, 190 ton으로 가장 많은 배출량을 나타냈고, 다음으로 충청북도 충주시, 청원군도 각각 175, 164 ton으로 나타났다. 수도권에서는 경기도 화성시, 평택시, 이천시가 각각 102, 94, 79 ton으로 높게 나타났다. 이와 같은 차이는 해당 지역의 주요 농작물의 종류 및 재배면적과 직접적인 연관이 있다.

본 연구 결과를 현재 활용 가능한 국가배출목록 CAPSS의 2012년 배출량 자료와 비교한 결과는 표 10과 같다. 2012년 CAPSS의 CO, VOC, PM_{10} 배출량은 각각 703,586, 911,322, 119,980 ton인데, 본 연구의 2012년 농업잔재물 노천소각 배출량은 각각 152,196, 59,839, 8,642 ton으로 이는 전체 배출량의 17.8, 6.2,

6.7%에 해당되어 상대적으로 기여도가 큰 것으로 나타났다. 반면 NO_x 배출량은 CAPSS 배출량이 1,075,207 ton인데 본 연구의 경우 5,122 ton으로 0.5%를 차지함으로써 매우 적은 양을 차지하는 것으로 나타났다.

또 2012년을 기준으로 생물성연소 부문 내에서 결과를 비교해 보면 표 11과 같다. 우선 생물성연소 부문 전체 배출량은 CO 230,997, NO_x 8,519, VOC 88,915, PM_{10} 14,312 ton이었다. 이 중에 농업잔재물 노천소각이 차지하는 비율은 각각 65.9, 60.1, 67.3, 60.4%로 가장 많은 양을 차지하는 것으로 나타났다. 다음으로 화목난로·보일러(펠릿난로·보일러) 부문 대기오염물질 배출량이 CO 60,049, NO_x 2,215, VOC 17,724, PM_{10} 2,044 ton으로 각각 26.0, 26.0, 19.9, 14.3%를 차지하였다. 산불, 숯가마, 직화구이 등에 의한 배출량은 상대적으로 적었다.

5. 결 론

본 연구에서는 생물성연소 부문 중 농업잔재물 노천소각에 의한 대기오염물질 배출량을 산정하였다. 이를

Table 10. Comparison of emission estimates between this study and CAPSS (2012).

Source	CO	NO _x	VOC	PM ₁₀
	ton/yr (%)			
Combustion in energy production	59,190	169,346	7,992	4,582
Non-industrial combustion	79,152	87,935	2,953	2,062
Combustion in manufacturing industry	19,141	172,761	3,373	77,833
Production progresses	20,648	59,002	166,668	7,600
Energy storage & transport	0	0	26,985	0
CAPSS Solvent utilization	0	0	565,495	0
Road transportation	442,672	345,666	67,776	12,969
Non-road transportation	72,950	225,561	20,274	14,332
Waste disposal	3,300	14,782	49,257	330
Other sources	6,533	154	549	272
Sub-total	703,586 (82.2)	1,075,207 (99.5)	911,322 (93.8)	119,980 (93.3)
This Study (Agricultural Waste Burning)	152,196 (17.8)	5,122 (0.5)	59,839 (6.2)	8,642 (6.7)
Total	855,782 (100)	1,080,328 (100)	971,161 (100)	128,623 (100)

NIER (2012)

Table 11. Comparison of air pollutants emission by types of biomass burning (2012).

Source	CO	NO _x	VOC	PM ₁₀
	ton/yr (%)			
Agricultural Waste Burning	152,196 (65.9)	5,122 (60.1)	59,839 (67.3)	8,642 (60.4)
Wood Stove and Boiler, Wood-pellet Stove and Boiler	60,049 (26.0)	2,215 (26.0)	17,724 (19.9)	2,044 (14.3)
Traditional Fireplace	6,194 (2.7)	543 (6.4)	1,732 (1.9)	117 (0.8)
Municipal Waste Burning	4,759 (2.1)	624 (7.3)	5,086 (5.7)	1,041 (7.3)
Forest Fire	212 (0.1)	5 (0.1)	107 (0.1)	5 (0.0)
Charcoal Kiln	7,588 (3.3)	11 (0.1)	4,182 (4.7)	1,903 (13.3)
Meat Cooking	—	—	244 (0.3)	561 (3.9)
Total	230,997 (100)	8,519 (100)	88,915 (100)	14,312 (100)

KEITI (2014)

위해 배출량 산정방법을 검토하고, 현장에서의 설문 및 심층면담 조사를 통하여 작물별 소각량과 소각비율 등의 관련 활동도를 파악하였다. 또한 국내에서 직접 실험을 통해 개발된 대기오염물질 배출계수를 사용하여 대기오염물질 배출량을 산정하였다. 산출된 배출량은 국가 대기오염물질 배출량 통계 자료와 비교하였다.

2014년 농업잔재물 노천소각에 의한 대기오염물질 배출량은 CO 148,028, NO_x 5,220, SO_x 11, VOC 59,767, TSP 21,548, PM₁₀ 8,909, PM_{2.5} 7,405, NH₃ 5 ton으로 추정되었다. 지역별로는 PM₁₀ 배출량의 경우 경북 2,445, 충북 1,098, 전남 1,016 ton의 순으로 나타났다. 2012년 농업잔재물 노천소각에 의한 대기오염물질 배출량을

CAPSS 자료와 비교해 보면 CO, VOC, PM₁₀이 각각 17.8, 6.2, 6.7%를 차지하는 것으로 나타나 상대적으로 기여도가 큰 것으로 나타났다. 향후 이들 배출원에 대한 적극적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

외국에서는 농업잔재물의 무단 소각에 의한 환경영향을 줄이기 위해 수거 후 퇴비화하여 비료로 활용하거나, 펠릿 형태로 가공하여 안정된 연소기에서 연료로 사용하는 방안 등이 활용되고 있다(UNEP, 2009). 농업잔재물을 축분 등과 함께 퇴비화하면 좀 더 양질의 비료 생산이 가능할 뿐만 아니라, 농촌 환경에서 특히 문제가 되는 축분도 동시에 처리할 수 있다. 또 최근 신재생에너지 보급 확대방안의 하나로 열효율이 높

고 대기오염물질 배출이 적은 펠릿 연료에 대한 관심이 증가하고 있다. 외국에서는 농업잔재물을 펠릿연료로 전환하여 에너지로 활용하는 것도 많이 시도되고 있다. 이 같은 방안은 우리나라에서도 정책적으로 추진할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 2011년 차세대 에코이노베이션 기술개발사업(411-113-011)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- CARB (California Air Resources Board) (2008) 2007 Area Sources Emission Inventory Methodology : 670 - Agricultural Burning.
- CARB (California Air Resources Board) (2006) Emission Inventory Methodology-San Joaquin Valley Unified Air Pollution Control District: Agricultural Burning.
- KEITI (Korea Environmental Industry & Technology Institute) (2014) Improvement of air pollution emission data by biomass burning.
- NIER (National Institute of Environment Research) (2012) CAPSS (Clean Air Policy Support System).
- NIER (National Institute of Environment Research) (2009) A study on the estimation of emission and contribution rate for PM_{2.5}.
- Park, S.K., Y.S. Hong, D.K. Kim, D.Y. Kim, and Y.K. Jang (2015) Emission of Air Pollutants Agricultural Crop Residues Burning, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 31(1), 63-71. (in Korean with English abstract)
- Seo, Y.H. (2011) Estimation of emission factor of PM₁₀ and determination of PAH in PM₁₀ particles collected from biomass burning, rice straw, J. Korea Soc. Environ. Administ., 17(2), 95-103. (in Korean with English abstract)
- Statistics Korea (2014) Statistic of agricultural area.
- Statistics Korea (2010) Agricultural Census Report.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2009) Converting waste agricultural biomass into a resource, Compendium of Technologies.