

생물성 연소에 의한 대기오염물질 배출량 산정방법 편람

- 2011년 대기오염물질 배출량 기준 -

2014. 05



국립환경과학원

National Institute of Environmental Research

관 리 번 호	<div></div> 100
------------	-----------------

목 차

I. 생물성 연소 배출량 산정방법	1
1. 개요	1
1.1 배출원 분류체계	1
1.2 관련 자료	4
2. 부문별 산정방법론	5
2.1 노천소각	5
2.1.1 정의 및 분류체계	5
2.1.2 관련자료	5
2.1.3 산정방법	7
2.1.4 배출계수	7
2.1.5 시공간배분	7
2.2 농업잔재물 소각	8
2.2.1 정의 및 분류체계	8
2.2.2 관련자료	8
2.2.3 산정방법	10
2.2.4 배출계수	11
2.2.5 시공간배분	12
2.3 고기구이	13
2.3.1 정의 및 분류체계	13
2.3.2 관련자료	13
2.3.3 산정방법	15
2.3.4 배출계수	15
2.3.5 시공간배분	16
2.4 목재난로 및 보일러	17
2.4.1 정의 및 분류체계	17
2.4.2 관련자료	17

2.4.3 산정방법	20
2.4.4 배출계수	20
2.4.5 시공간배분	20
2.5 아궁이	21
2.5.1 정의 및 분류체계	21
2.5.2 관련자료	21
2.5.3 산정방법	24
2.5.4 배출계수	24
2.5.5 시공간배분	24
2.6 숯가마	25
2.6.1 정의 및 분류체계	25
2.6.2 관련 자료	25
2.6.3 산정방법	28
2.6.4 배출계수	28
2.6.5 시공간배분	28

표 차 례

<표 1> 생물성 연소 배출원 분류체계	1
<표 2> 생물성 연소 입수 자료	4
<표 3> 노천소각 배출원 분류체계	5
<표 4> 행정구역별 농가인구 현황	6
<표 5> 생활폐기물 소각 배출계수	7
<표 6> 농업잔재물 소각 배출원 분류체계	8
<표 7> 작물별 경작지 재배면적 현황	9
<표 8> 단위면적당 작물소각량	10
<표 9> 농업잔재물 소각 배출계수	11
<표 10> 농업잔재물 소각 월 비율	12
<표 11> 고기 및 생선구이 배출원 분류체계	13
<표 12> 요식업체 구이용 육류소비량 추정예시	14
<표 13> 구이형태별 비율	14
<표 14> 고기구이 배출계수	15
<표 15> 목재난로 및 보일러 배출원 분류체계	17
<표 16> 화목·펠렛 난로 및 보일러 사용대수 추정	18
<표 17> 화목·펠렛 난로 및 보일러 평균 연료사용량	19
<표 18> 화목·펠렛 난로 및 보일러 배출계수	20
<표 19> 아궁이 배출원 분류체계	21
<표 20> 아궁이 사용대수 추정	22
<표 21> 아궁이 평균 연료사용량	23
<표 22> 아궁이 연료별 배출계수	24
<표 23> 숯가마 배출원 분류체계	25
<표 24> 임산물 생산실적	26
<표 25> 지역별 숯가마 보유기수	27
<표 26> 숯가마 배출계수	28

요 약 문

- 대기환경관리를 위한 대기오염물질 배출량 산정 등 법률로 규정
 - 국가환경종합계획 수립(환경정책기본법 제14조)
 - 대기환경규제지역 지정(대기환경보전법 제18조)
 - 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사(대기환경보전법 제17조)
 - 대기오염물질 총량규제(대기환경보전법 제22조)
 - 수도권 대기환경관리 기본계획 수립 및 시행(수도권 대기환경개선에 관한 특별법 제8조)
- 국가 대기오염물질 배출량은 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)을 기반으로 산정하며, 8개의 대기오염물질(CO, NO_x, SO_x, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, VOC, NH₃)을 대상으로 함.
- 본 산정 편람은 배출량 산정 시, 동일한 방법을 적용함으로써 산출자료의 통일성을 기하고 신뢰도를 높이하고자 함.
- 생물성 연소 배출원인 노천소각, 농업잔재물 소각, 고기구이, 목재난로 및 보일러, 아궁이, 숯가마 배출원별 산정방법, 배출계수 및 활동 자료를 제시함.
- 최신 산정방법론인 '2011년 배출량 산정방법론'을 기준으로 작성하였으며 향후 개선된 산정 방법론이 마련될 경우 지속적으로 보완할 예정임.

I. 생물성 연소 배출량 산정방법

1. 개 요

생물성 연소는 일상생활에서 대기오염을 가중시키는 중요한 부문으로 농업잔재물 및 생활폐기물의 노천소각, 나무 등을 연료로 쓰는 아궁이, 화목난로와 보일러, 고기의 직화구이, 숯가마에서의 숯 굽기 등을 포함하는 배출원이다. 이와 같은 연소는 대부분 적절한 관리가 이루어지지 않기 때문에 불완전 연소가 수반되며, 대기오염물질이 다량 배출되는 부문이다.

1.1 배출원 분류체계

생물성 연소는 노천소각, 농업잔재물 소각, 고기 및 생선구이, 목재난로 및 보일러, 아궁이, 숯가마를 포함하며 상세한 분류체계는 다음과 같다.

<표 2> 생물성 연소 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13000000	생물성 연소				
13010000	생물성 연소	노천 소각			
13010100	생물성 연소	노천 소각	생활폐기물 소각		면오염원
13010200	생물성 연소	노천 소각	폐목재 소각		
13020000	생물성 연소	농업잔재물 소각			
13020100	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수		
13020101	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	배	면오염원
13020102	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	사과	면오염원
13020103	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	복숭아	면오염원
13020104	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	포도	면오염원
13020200	생물성 연소	농업잔재물 소각	두류		
13020201	생물성 연소	농업잔재물 소각	두류	콩	면오염원
13020300	생물성 연소	농업잔재물 소각	잡곡		
13020301	생물성 연소	농업잔재물 소각	잡곡	옥수수	면오염원
13020400	생물성 연소	농업잔재물 소각	채소		
13020401	생물성 연소	농업잔재물 소각	채소	고추	면오염원

<표 1> 생물성 연소 배출원 분류체계(계속)

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13020500	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물		
13020501	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	참깨	면오염원
13020502	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	들깨	면오염원
13020503	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	땅콩	면오염원
13020600	생물성 연소	농업잔재물 소각	맥류		
13020601	생물성 연소	농업잔재물 소각	맥류	보리	면오염원
13020700	생물성 연소	농업잔재물 소각	기타		
13020701	생물성 연소	농업잔재물 소각	기타	벼짚	면오염원
13020702	생물성 연소	농업잔재물 소각	기타	옥수수대	면오염원
13030000	생물성 연소	고기 및 생선구이			
13030100	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기		
13030101	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	생구이(철판)	면오염원
13030102	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030103	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	생구이(직화-연탄)	
13030104	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양념구이(철판)	면오염원
13030105	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양념구이(직화-숯)	면오염원
13030106	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양념구이(직화-연탄)	
13030107	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양대창구이(직화-숯)	면오염원
13030200	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기		
13030201	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	생구이(철판)	면오염원
13030202	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030203	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	생구이(직화-연탄)	
13030204	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	양념구이(철판)	면오염원
13030205	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	양념구이(직화-숯)	면오염원
13030206	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	양념구이(직화-연탄)	
13030300	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기		
13030301	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	생구이(철판)	
13030302	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030303	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	생구이(직화-연탄)	
13030304	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	양념구이(철판)	
13030305	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	양념구이(직화-숯)	
13030306	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	양념구이(직화-연탄)	

<표 1> 생물성 연소 배출원 분류체계(계속)

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13030400	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기		
13030401	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	생구이(철판)	
13030402	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030403	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	생구이(직화-연탄)	
13030404	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	양념구이(철판)	
13030405	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	양념구이(직화-숯)	면오염원
13030406	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	양념구이(직화-연탄)	
13030500	생물성 연소	고기 및 생선구이	삼치		
13030503	생물성 연소	고기 및 생선구이	삼치	생구이(직화-연탄)	
13040000	생물성 연소	목재난로및보일러			
13040100	생물성 연소	목재난로및보일러	화목난로및보일러		
13040101	생물성 연소	목재난로및보일러	화목난로및보일러	화목난로	면오염원
13040102	생물성 연소	목재난로및보일러	화목난로및보일러	화목보일러	면오염원
13040200	생물성 연소	목재난로및보일러	펠렛난로및보일러		
13040201	생물성 연소	목재난로및보일러	펠렛난로및보일러	펠렛난로	면오염원
13040202	생물성 연소	목재난로및보일러	펠렛난로및보일러	펠렛보일러	면오염원
13050000	생물성 연소	아궁이			
13050100	생물성 연소	아궁이	장작		면오염원
13050200	생물성 연소	아궁이	생활폐기물		면오염원
13050300	생물성 연소	아궁이	농업잔재물		면오염원
13060000	생물성 연소	숯가마			
13060100	생물성 연소	숯가마	숯가마		면오염원

1.2 관련 자료

생물성 연소 배출원의 유관기관 입수자료는 <표 2>와 같다.

<표 2> 생물성 연소 입수 자료

입수 자료		기관
농업인구 현황	행정구역별 농업인구현황(시도 및 시군구)	통계청
	행정구역별 농업가구현황	통계청
작물재배면적	작물별 경작지 재배면적	통계청
목재연료	목재펠릿 연료 생산·소비량	산림청
	펠릿보일러 보급현황	
고기구이	육류 소비량 및 부위별 판매량	한국육류유통수출협회
	오리소비량	한국오리협회
	요식업체 유통점유율	농림축산식품부
	부위별 구이비율 및 구이형태 비율 ^a	서울특별시 보건환경연구원
숯가마	임산물 생산실적	산림청
공통	전국사업체 조사 자료(읍면동)	통계청
	인구주택총조사 보고서	통계청
설문조사	농업인구 1인당 생활폐기물 소각량 ^b	한국환경산업기술원
	농업지역 소각비율 ^b	
	단위면적당 작물소각량 ^b	
	목재난로 및 보일러 사용대수 ^c	
	목재난로 및 보일러 평균 연료사용량 ^c	
	취사전용 및 취사난방 아궁이 기수 ^c	
	아궁이 연간 평균연료사용량 ^c	
	숯가마 기수 ^d	국립환경과학원

*출처 a: 서울특별시 보건환경연구원(2011), 직화구이 음식점에서 배출되는 블랙카본의 제거기술 개발

b: 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(1차년도)

c: 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(2차년도)

d: 국립환경과학원(2009), PM_{2.5} 배출특성 및 기여도 추정 연구

2. 부문별 산정방법론

2.1 노천소각

2.1.1 정의 및 분류체계

농촌지역에서 생활폐기물 소각에 의한 배출량을 산정하는 부문이다. 노천소각은 대부분 농·어촌 지역에서 비관리형으로 개방된 공간에서 이루어진다.

<표 3> 노천소각 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13000000	생물성 연소				
13010000	생물성 연소	노천소각			
13010100	생물성 연소	노천소각	생활폐기물 소각		면오염원

2.1.2 관련자료

- 행정구역별 농업인구현황(국가통계포털, 통계청)
- 행정구역별 농업인구현황(농업총조사보고서, 통계청)
- 농업인구 1인당 생활폐기물 소각량(설문조사자료, 한국환경산업기술원)
- 농업지역 소각비율(설문조사자료, 한국환경산업기술원)

노천소각 부문의 활동자료는 농업 1인당 생활폐기물 소각량 및 농업지역의 소각 비율 자료로 국내 설문조사 자료를 이용하였다.

<표 4> 행정구역별 농가인구 현황

행정구역별	농가인구(인)
서울특별시	11,768
부산광역시	23,565
대구광역시	50,876
인천광역시	36,196
광주광역시	35,232
대전광역시	29,332
울산광역시	33,154
경기도	412,351
강원도	183,273
충청북도	207,174
충청남도	378,094
전라북도	259,552
전라남도	379,767
경상북도	471,076
경상남도	336,641
제주특별자치도	114,062
전국	2,962,113

*출처 : 통계청/국가통계포털(2011), 행정구역별 농가인구

2.1.3 산정방법

배출량 산정식은 US EPA(2001, AP-42)에서 제시한 아래의 식을 이용하며, 농업 인구와 1인당 폐기물 소각량, 노천소각 비율을 적용하여 배출량을 산정한다. 여기서 생활폐기물 소각은 대부분이 농촌에서 발생한다고 가정한다.

$$E = P \times W \times B \times EF$$

E : 배출량(kg/yr)
 P : 농업인구수(인)
 W : 1인당 폐기물 소각량 $(0.163\text{kg/day} \cdot \text{인})^a \times 365(\text{day/yr})$
 B : 노천소각 비율 $(74.9\%)^a$
 EF : 배출계수(g/kg)^a

*출처 a : 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(1차년도)

2.1.4 배출계수

생활폐기물 소각의 배출계수는 국내 연구결과를 활용하였다.

<표 5> 생활폐기물 소각 배출계수

(단위:g/kg)

SCC	소분류	CO	NO _x	SO _x	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
13010100	생활폐기물	67.5	4.8	-	11.7	8.0	7.1	39.2	0.02

*출처 : 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(1차년도)

2.1.5 시공간 배분

2.1.5.1 시간 배분

월별 균일하게 배분되는 것으로 가정한다.

2.1.5.2 공간 배분

행정구역별(시군구) 공간 배분 지표로 통계청 자료인 농업인구수(농업총조사 보고서) 자료를 이용한다. 읍면동은 통계청에서 조사된 농업종사자 수로 배분한다.

2.2 농업잔재물 소각

2.2.1 정의 및 분류체계

농촌에서 맥류, 잡곡, 두류, 서류, 채소, 특용작물, 과수 등의 잔재물 소각시 발생하는 부문이다.

<표 6> 농업잔재물 소각 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13020000	생물성 연소	농업잔재물 소각			
13020100	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수		
13020101	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	배	면오염원
13020102	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	사과	면오염원
13020103	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	복숭아	면오염원
13020104	생물성 연소	농업잔재물 소각	과수	포도	면오염원
13020200	생물성 연소	농업잔재물 소각	두류		
13020201	생물성 연소	농업잔재물 소각	두류	콩	면오염원
13020300	생물성 연소	농업잔재물 소각	잡곡		
13020301	생물성 연소	농업잔재물 소각	잡곡	옥수수	면오염원
13020400	생물성 연소	농업잔재물 소각	채소		
13020401	생물성 연소	농업잔재물 소각	채소	고추	면오염원
13020500	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물		
13020501	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	참깨	면오염원
13020502	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	들깨	면오염원
13020503	생물성 연소	농업잔재물 소각	특용작물	땅콩	면오염원
13020600	생물성 연소	농업잔재물 소각	맥류		
13020601	생물성 연소	농업잔재물 소각	맥류	보리	면오염원

2.2.2 관련 자료

- 작물별 경작지 재배면적(통계청, 국가통계포털)
- 단위 면적당 작물소각량(설문조사자료, 한국환경산업기술원)

단위 면적당 작물 소각량의 경우 국내 설문조사 자료를 반영하여 과수(사과, 배, 복숭아, 포도), 두류(콩), 맥류(보리), 잡곡(옥수수), 채소(고추), 특용작물(참깨, 들깨, 땅콩)로 구분하여 자료를 확보하였다.

<표 7> 작물별 경작지 재배면적 현황

(단위 :ha)

구분	과수			두류	맥류	잡곡	채소	특용작물		
	사과	배	복숭아					참깨	들깨	땅콩
서울특별시	0	3	1	8	0	7	8	7	4	4
부산광역시	3	23	0	42	26	37	58	43	25	0
대구광역시	90	10	240	257	353	57	160	261	126	66
인천광역시	19	238	27	303	8	34	552	99	282	45
광주광역시	0	51	11	231	931	27	116	223	97	20
대전광역시	2	94	9	174	0	25	92	54	275	16
울산광역시	1	783	1	179	6	114	169	72	134	18
경기도	299	2,991	1,011	6,447	180	1,171	3,129	1,293	5,491	493
강원도	321	161	595	7,628	138	6,104	3,016	502	5,232	135
충청북도	4,158	647	3,610	10,546	78	3,521	4,588	2,104	4,514	430
충청남도	1,648	2,668	547	6,235	122	505	4,428	1,859	5,905	537
전라북도	1,835	681	723	6,246	14,254	823	5,432	2,093	3,149	590
전라남도	292	3,672	387	13,563	16,495	1,735	7,265	8,410	2,081	225
경상북도	19,470	1,849	6,335	14,497	928	1,028	10,896	5,304	3,160	1,434
경상남도	3,029	1,203	297	5,761	7,189	610	2,628	2,681	1,677	282
제주도	0	7	1	5,732	1,390	25	37	644	4	118
계	31,167	15,081	13,795	77,849	42,098	15,823	42,574	25,649	32,156	4,413

*출처 : 통계청/국가통계포털(2011), 농업면적조사

<표 8> 단위면적당 작물소각량

구분		단위면적당 작물소각량(g/m ²)
과수	배	340.3
	사과	285.7
	복숭아	271.7
	포도	194.8
두류	콩	105.7
잡곡	옥수수	121.0
채소	고추	290.7
특용작물	참깨	142.0
	들깨	263.4
	땅콩	773.3
맥류	보리	7.4

*출처 : 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(1차년도)

2.2.3 산정방법

농업잔재물 소각에서 배출량 산정식은 US CARB(2006, Areawide Emissions Inventory Methodologies-Agricultural Burning)에서 제안한 아래의 식을 적용한다.

$$E = A \times F \cdot L \times EF$$

E : 배출량(kg/yr)

A : 경작지 면적 (m²)

F·L : Fuel Loading (단위면적당 작물소각량, g/m²)

EF : 배출계수(g/kg)

2.2.4 배출계수

서류, 채소, 특용작물, 과수, 맥류, 잡곡으로 구분되어 있으며, 국내 연구결과를 반영하였다.

<표 9> 농업잔재물 소각 배출계수

(단위 :g/kg)

SCC	소분류	세분류	CO	NO _x	SO _x	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
13020101	과수	배	238.3	8.7	-	29.5	11.3	8.5	87.7	0.01
13020102		사과	146.0	10.4	-	22.9	18.9	16.8	353.3	0.01
13020103		복숭아	277.2	15.0	-	32.4	11.2	9.5	61.6	0.01
13020104		포도	304.5	14.4	-	34.5	14.8	9.5	154.6	0.01
13020201	두류	콩	184.4	7.2	-	30.0	12.0	10.1	27.4	0.02
13020301	잡곡	옥수수 ^a	206.6	4.9	-	26.0	9.7	7.9	40.3	-
13020401	채소	고추	206.6	4.9	-	26.0	9.7	7.9	40.3	-
13020501	특용작물	참깨	237.1	6.5	-	59.6	16.3	13.8	109.5	-
13020502		들깨	296.2	8.6	-	67.5	25.5	21.4	54.2	0.01
13020503		땅콩 ^b	184.4	7.2	-	30.0	12.0	10.1	27.4	0.02
13020601	맥류	보리	200.6	5.2	-	85.8	53.1	35.2	105.2	0.01

*출처 : 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(1차년도)

* a: 고추 계수 적용, b: 콩 계수 적용

2.2.5 시공간 배분

2.2.5.1 시간 배분

시간배분은 <표 10>에서 제시된 작물별 소각 월 비율로 배분한다.

<표 10> 농업잔재물 소각 월 비율

(단위 : %)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
과수	1.7	19.9	28.0	10.4	2.6	0.0	4.3	-	1.7	11.2	15.2	4.9
두류	-	4.6	24.1	3.4	-	1.1	-	-	5.2	25.3	29.3	6.9
잡곡	-	16.7	50.0	-	-	-	-	-	5.6	16.7	11.1	
채소	0.6	6.7	22.3	2.7	-	0.8	-	0.4	7.1	22.8	29.9	6.8
특용	-	6.9	16.9	3.1	-	1.5	-	4.6	10.0	17.8	28.3	10.8
보리 ^a	-	-	-	-	25	50	25	-	-	-	-	-

*출처 : 한국환경산업기술원(2012), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(1차년도)

* a : 보리는 수확시기를 고려하여 설정

2.2.5.2 공간 배분

통계청에서 5년 주기로 조사되는 농업총조사 보고서의 작물별 재배면적 자료를 이용하여 시군구로 할당한다. 또한, 읍면동은 농경지 부문의 토지 피복도에 기반하여 배분한다.

2.3 고기구이

2.3.1 정의 및 분류체계

고기구이에서 배출되는 부문으로 구이용으로 가장 많이 소비되고 있는 쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 오리고기를 대상으로 한다. 생선구이는 활동자료가 구축되는 대로 포함할 예정이다.

<표 11> 고기 및 생선구이 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13030000	생물성 연소	고기 및 생선구이			
13030100	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기		
13030101	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	생구이(철판)	면오염원
13030102	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030104	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양념구이(철판)	면오염원
13030105	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양념구이(직화-숯)	면오염원
13030107	생물성 연소	고기 및 생선구이	쇠고기	양대창구이(직화-숯)	면오염원
13030200	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기		
13030201	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	생구이(철판)	면오염원
13030202	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030204	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	양념구이(철판)	면오염원
13030205	생물성 연소	고기 및 생선구이	돼지고기	양념구이(직화-숯)	면오염원
13030300	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기		
13030302	생물성 연소	고기 및 생선구이	닭고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030400	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기		
13030402	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	생구이(직화-숯)	면오염원
13030405	생물성 연소	고기 및 생선구이	오리고기	양념구이(직화-숯)	면오염원

2.3.2 관련자료

- 육류 소비량 및 부위별 판매량(식육편람, 한국육류유통수출협회)
- 오리 소비량(한국오리협회)
- 요식업체 유통점유율(가축 유통실태조사 및 개선방안, 농림축산식품부)
- 부위별 구이비율 및 구이형태 비율(설문조사자료, 서울특별시 보건환경연구원)

기초자료로 한국육류유통수출협회의 「식육편람」 보고서에 제시되어 있는 육류소비량과 요식업 유통율을 사용하였다. 국내 설문조사 자료를 통해 구이비율 및 구이형태 비율 적용하여 구이형태별 구이량을 추정하였다.

양대창의 경우 「식육편람」에서 제시하고 있는 부위별 판매량 중 기타 자료를 활용하였다. 기타 자료는 소머리, 내장 등 다른 부위 외에 모든 부분을 포함하고 있어 양대창의 소비량을 다음과 같은 방법으로 제시하였다. 양대창의 소비량을 유통업체 설문자료를 참고로 소 한 마리당 3kg으로 추정하고 도축두수를 적용하여 양대창 소비량을 추정하였다. 또한, 양대창의 유통비율의 경우 요식업에서 100% 유통된다고 가정하였다.

<표 12> 요식업체 구이용 육류소비량 추정예시

구분	소고기	돼지고기	닭고기	양대창	오리고기
육류 소비량(ton)	505,847 ^a	937,643 ^a	566,185 ^a	2,558 ^a	158,798 ^b
요식업 유통율(%)	25.70% ^c	21.67% ^c	37.0% ^c	100.00%	60.30% ^e
구이비율(%)	16.32% ^d	29.77% ^d	77.00% ^d	52.50% ^d	17.30% ^e
구이용 육류소비량	21,218 ^f	60,482 ^f	161,306 ^f	1,343 ^f	16,566 ^f

*출처 a: 한국육류유통수출협회(2012), 식육편람

양대창 육류 소비량 = 도축두수 × 3kg(소 한 마리당 양대창 추정량)

b: 한국오리협회(2011), 오리소비량

c: 농림축산식품부(2006), 가축유통실태 조사 및 개선방안

d: 서울특별시 보건환경연구원(2011), 직화구이 음식점에서 배출되는 블랙카본의 제거기술 개발

e: 농림축산식품부(2005), 오리 및 오리고기의 생산·유통·소비구조에 관한 연구

f: 국립환경과학원(2009), PM_{2.5} 배출특성 및 기여도 추정 연구

<표 13> 구이형태별 비율

구분	생구이	생구이		양념구이	양념구이	
		철판(LPG)	직화(숯)		철판(LPG)	직화(숯)
쇠고기	70.90%	38.50%	61.50%	29.10%	44.80%	55.20%
돼지고기	64.50%	54.00%	46.00%	35.50%	54.40%	45.60%
닭고기	100.00%	-	100.00%	-	-	-
오리고기	67.70%	-	67.70%	32.30%	-	32.30%

*출처: 서울특별시 보건환경연구원(2011), 직화구이 음식점에서 배출되는 블랙카본의 제거기술 개발

2.3.3 산정방법

고기구이에서 발생하는 배출량은 아래와 같이 산정한다.

$$E = \sum A \times EF$$

E : 고기구이 배출량(kg/yr)
A : 구이용 육류소비량
= 육류소비량(kg/yr) × 요식업 유통율(%) × 구이비율(%) × 구이형태비율(%)
EF : 배출계수(g/kg)

*출처 : 국립환경과학원(2009), PM_{2.5} 배출특성 및 기여도 추정 연구

2.3.4 배출계수

고기구이 배출계수는 <표 14>와 같이 구이형태별로 국내 실측계수를 반영하였으며, VOC 배출계수의 경우 외국계수를 반영하여 적용하였다.

<표 14> 고기구이 배출계수

(단위 : g/kg)

SCC	소분류	세분류		CO ^a	NOx ^a	SOx ^a	TSP ^b	PM ₁₀ ^b	PM _{2.5} ^b	VOC ^c	NH ₃
13020101	쇠고기	생구이	철판(LPG)	0.06	0.06	0.01	0.41	0.41	0.32	0.06	-
13020102			직화(숯)	0.06	0.06	0.01	2.79	2.79	2.62	0.78	-
13020104		양념구이	철판(LPG)	0.06	0.06	0.01	-	-	-	0.06	-
13020105			직화(숯)	0.15	0.07	0.02	6.31	6.31	6.12	0.78	-
13020107		양대창	직화(숯)	0.05	0.05	0.01	44.06 ^d	44.06 ^d	42.61 ^d	0.78	-
13020201	돼지 고기	생구이	철판(LPG)	0.06	0.05	0.01	1.60	1.60	1.23	0.36	-
13020202			직화(숯)	0.06	0.05	0.01	7.39	7.39	6.87	1.65	-
13020204		양념구이	철판(LPG)	0.06	0.05	0.01	0.51	0.51	0.43	0.36	-
13020205			직화(숯)	0.15	0.07	0.02	3.32	3.32	3.25	1.65	-
13020302	닭고기	생구이	직화(숯)	0.08	0.05	0.01	11.26 ^d	11.26 ^d	10.58 ^d	1.65	-
13020402	오리 고기	생구이	직화(숯)	0.06	0.05	0.01	2.25	2.25	2.11	1.65	-
13020405		양념구이	직화(숯)	0.15	0.07	0.02	3.97	3.97	3.59	1.65	-

*출처 a : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에서 배출되는 미세탄소입자 및 유해물질 동시처리기술개발

b : 박성규 외 7명(2011), 생물성 연소에서 발생하는 미세먼지 배출계수 개발에 관한 연구 - 고기구이를 중심으로, 한국대기환경학회지 제27권 제4호

c : san joaquin valley air pollution control district(2009), 2006 Area Source Emissions Inventory Methodology : 690-COMMERCIAL COOKING OPERATIONS

d : 서울특별시보건환경연구원(2011), 직화구이 음식점에서 배출되는 블랙카본의 제거기술 개발

2.3.5 시공간 배분

2.3.5.1 시간 배분

월별 육류소비량이 균등하다고 가정한다.

2.3.5.2 공간 배분

육류소비량이 전국 기준으로 제시되므로, 시군구 및 읍면동별 배분은 통계청 자료인 음식점업의 종사자수를 이용하여 배분한다.

2.4 목재난로 및 보일러

2.4.1 정의 및 분류체계

목재난로 및 보일러의 경우 가정 내·외에서 사용하는 목재연료로 인한 배출량을 산정하는 부문이다. 가정에서 전기나 기름 연료 대신 장작이나 펠릿연료 등을 이용하여 난방용으로 사용하거나, 비닐하우스, 화훼농원, 카페, 영업점 등에서도 사용하기도 한다. 목재난로 및 보일러의 분류체계는 <표 15>에 제시하였다.

<표 15> 목재난로 및 보일러 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13040000	생물성 연소	목재난로 및 보일러			
13040100	생물성 연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러		
13040101	생물성 연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	화목난로	면오염원
13040102	생물성 연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	화목보일러	면오염원
13040200	생물성 연소	목재난로 및 보일러	펠릿난로 및 보일러		
13040201	생물성 연소	목재난로 및 보일러	펠릿난로 및 보일러	펠릿난로	면오염원
13040202	생물성 연소	목재난로 및 보일러	펠릿난로 및 보일러	펠릿보일러	면오염원

2.4.2 관련자료

- 행정구역별 농업가구현황(국가통계포털, 통계청)
- 목재난로 및 보일러 사용대수(설문조사자료, 한국환경산업기술원)
- 목재난로 및 보일러 평균 연료사용량(설문조사자료, 한국환경산업기술원)

실제 목재 난로 및 보일러를 사용하는 가구현황 및 마을보유비율 자료는 국내에서 설문조사한 화목난로 및 보일러와 펠릿난로 및 펠릿보일러 추정자료를 적용하였다.

<표 16> 화목·펠릿 난로 및 보일러 사용대수 추정

(단위: 대)

구분	화목난로	화목보일러	펠릿난로	펠릿보일러
서울특별시	563	202	8	0
부산광역시	1,034	370	119	5
대구광역시	2,085	747	5	20
인천광역시	1,563	560	1,071	271
광주광역시	1,573	564	0	0
대전광역시	1,143	410	93	4
울산광역시	1,411	506	7	30
경기도	17,066	6,115	6,317	836
강원도	7,947	2,848	5,745	805
충청북도	8,759	3,138	6,176	2,259
충청남도	16,328	5,851	5,404	1,292
전라북도	11,495	4,119	2,974	1,061
전라남도	16,391	5,873	9,071	2,388
경상북도	20,341	7,289	5,576	1,296
경상남도	14,389	5,159	3,897	819
제주도	4,743	1,669	271	44
계	126,830	45,447	46,734	11,130

*출처: 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(2차년도)

<표 17> 화목·펠릿 난로 및 보일러 평균 연료사용량

(단위 : %, kg/day, kg/yr)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
일수(day)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
사용비율(%)	21.0%	19.5%	13.6%	2.6%	1.2%	0.3%	0.1%	0.5%	1.5%	6.7%	13.6%	19.3%	100%
1일연료사용량 (kg/day)	14.9	13.8	9.6	1.9	0.8	0.2	0.1	0.3	1.1	4.8	9.7	13.7	70.9
연간연료사용량 (kg/day)	462.8	386.7	298.6	56.4	25.6	7.2	2.5	10.1	32.9	147.9	290.3	423.4	2,144.2
사용비율(%)	21.8%	19.1%	13.1%	6.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	6.7%	11.4%	20.8%	100%
1일연료사용량 (kg/day)	31.3	27.5	18.8	8.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.7	16.4	29.9	143.5
연간연료사용량 (kg/yr)	970.8	769.2	582.1	263.7	31.7	0.3	0.3	0.3	3.1	300.2	492.9	926.9	4,341.5
사용비율(%)	21.0%	19.5%	13.6%	2.6%	1.2%	0.3%	0.1%	0.5%	1.5%	6.7%	13.6%	19.3%	100.0%
1일연료사용량 (kg/day)	12.8	11.8	8.2	1.6	0.7	0.2	0.1	0.3	0.9	4.1	8.3	11.7	60.6
연간연료사용량 (kg/yr)	395.3	330.3	255.0	48.1	21.8	6.1	2.1	8.6	28.1	126.3	248.0	361.7	1,831.5
사용비율(%)	21.8%	19.1%	13.1%	6.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	6.7%	11.4%	20.8%	100.0%
1일연료사용량 (kg/day)	32.5	28.5	19.5	9.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.1	10.0	17.1	31.0	148.9
연간연료사용량 (kg/yr)	1,007.5	798.3	604.1	273.7	32.9	0.3	0.3	0.3	3.2	311.5	511.5	961.9	4,505.6

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.4.3 산정방법

난로 및 보일러 대수, 1대당 평균 연료사용량을 적용하여 배출량을 산정한다.

$$E = \sum S \cdot B \times A \cdot F \times EF$$

E : 목재난로 및 보일러 배출량(kg/yr)
 S·B : 목재난로 및 보일러 대수 (대)
 A·F : 1대당 평균 연료 사용량(kg/대·yr)
 EF : 배출계수(g/kg)

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.4.4 배출계수

연료 및 난방시설에 따라 구분되어 있으며, 국내 연구결과를 적용하였다.

<표 18> 화목·펠릿 난로 및 보일러 배출계수

(단위 : g/kg)

SCC	세분류	CO	NO _x	SO _x	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
13040101	화목난로	175.5	1.6	0.2	15.4	6.5	4.2	48.0	0.02
13040102	화목보일러	146.7	1.4	0.2	12.2	5.8	3.6	47.78	0.01
13040201	펠릿난로	119.2	14.4	0.2	4.6	3.3	2.5	37.7	0.02
13040202	펠릿보일러	156.97	11.9	0.2	4.7	3.4	2.6	48.8	0.01

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.4.5 시공간 배분

2.4.5.1 시간 배분

월별 평균 연료사용량에 따라 배분한다.

2.4.5.2 공간 배분

화목·펠릿 난로 및 보일러의 활동자료는 시군구이며, 행정구역(읍면동) 공간 배분 지표로 통계청 자료의 농업, 임업, 어업종사자수로 배분한다.

2.5 아궁이

2.5.1 정의 및 분류체계

아궁이는 주로 농업지역에서 사용하며, 용도에 따라 크게 난방 취사 겸용과 취사전용으로 분류할 수 있다. 연료로는 장작, 생활폐기물, 농업잔재물이 주로 사용된다.

<표 19> 아궁이 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13050000	생물성 연소	아궁이			
13050100	생물성 연소	아궁이	장작		면오염원
13050200	생물성 연소	아궁이	생활폐기물		면오염원
13050300	생물성 연소	아궁이	농업잔재물		면오염원

2.5.2 관련자료

- 행정구역별 농업가구현황(국가통계포털, 통계청)
- 취사전용 및 취사난방 아궁이 기수(설문자료, 한국산업기술원)
- 연간 평균 연료 사용량(설문자료, 한국산업기술원)

활동자료인 취사전용 및 취사난방의 아궁이 기수 자료는 국내에서 설문조사한 자료를 이용하였다.

<표 20> 아궁이 사용대수 추정

(단위 : 대)

구분	난방취사겸용	취사전용
서울특별시	122	85
부산광역시	223	155
대구광역시	450	314
인천광역시	338	235
광주광역시	340	237
대전광역시	247	172
울산광역시	305	212
경기도	3,685	2,566
강원도	1,716	1,195
충청북도	1,891	1,317
충청남도	3,526	2,455
전라북도	2,482	1,729
전라남도	3,539	2,465
경상북도	4,392	3,059
경상남도	3,107	2,164
제주도	1,024	713
계	27,386	19,072

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(2차년도)

<표 21> 아궁이 평균 연료사용량

(단위 : %, kg/day, kg/yr)

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
화목 난로	일수(day)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
	사용비율(%)	15.4%	15.4%	12.7%	6.4%	4.0%	0.7%	0.7%	1.0%	4.6%	8.7%	14.8%	15.4%	100.0%
	1일연료사용량 (kg/day) 연간연료사용량 (kg/yr)	9.1 280.9	9.1 253.7	7.4 230.9	3.7 111.9	2.4 73.6	0.4 12.2	0.4 12.6	0.6 18.9	2.7 80.8	5.1 158.7	8.7 260.9	9.1 280.9	58.7 1,776.1
화목 보일러	사용비율(%)	11.8%	13.4%	11.9%	7.1%	5.0%	1.8%	3.1%	4.0%	6.6%	8.0%	14.5%	12.8%	100.0%
	1일연료사용량 (kg/day)	7.1	8.0	7.1	4.3	3.0	1.1	1.9	2.4	3.9	4.8	8.7	7.7	59.8
	연간연료사용량 (kg/yr)	218.7	224.1	219.8	127.6	92.5	33.0	57.7	74.8	117.5	147.8	260.0	237.3	1,810.7

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생활성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.5.3 산정방법

아궁의 대수, 평균 연료사용량을 적용하여 배출량을 산정한다.

$$E = \sum A \times EF$$

E : 아궁이 배출량(kg/yr)
A : 아궁이 기수 당 연료사용량(kg/yr)
= [(취사전용 아궁이 기수 × 연료 사용량) + (취사난방겸용 아궁이 기수 × 연료사용량)]
EF : 배출계수(g/kg)

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.5.4 배출계수

연료 종류에 따라 구분하였으며, 국내 연구결과를 적용하였다.

<표 22> 아궁이 연료별 배출계수

(단위 : g/kg)

SCC	소분류	CO	NOx	SOx	VOC	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
13050100	장작	126.5	12.6	0.2	33.73	2.9	1.4	1.1	0.02
13050200	생활폐기물	72.9	11.7	0.2	47.10	10.5	8.5	6.2	0.11
13050300	농업잔재물	174.2	7.8	0.2	40.53	3.2	2.9	2.6	0.03

*출처 : 한국환경산업기술원(2013), 생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(2차년도)

2.5.5 시공간 배분

2.5.5.1 시간 배분

월평균 연료사용량을 활용한다.

2.5.5.2 공간 배분

아궁이의 자료는 시군구로 추정하여 사용하며, 읍면동 배분은 통계청에서 구축된 난방시설별 가구수 자료 중 재래식 아궁이와 기타 아궁이 자료를 활용한다.

2.6 숯가마

2.6.1 정의 및 분류체계

숯을 생산하는 숯제조 공장에서 발생하는 배출량을 대상으로 한다.

<표 23> 숯가마 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류	공간특성
13060000	생물성 연소	숯가마			
13060100	생물성 연소	숯가마	숯가마		면오염원

2.6.2 관련 자료

- 임산물 생산실적(임업통계연보 ,산림청)
- 숯가마 기수(PM_{2.5} 배출특성 및 기여도 추정연구, 국립환경과학원)

숯을 제조할 때 ‘임산물 생산실적’ 자료인 흑탄 및 백탄 생산량 자료를 사용하였다. 그리고 지역별 숯가마 기수 자료는 국내 연구결과 자료를 사용하였다.

<표 24> 임산물 생산실적

(단위 : Mt)

시도	후탄	백탄
서울특별시	-	-
부산광역시	-	-
대구광역시	-	-
인천광역시	-	-
광주광역시	-	-
대전광역시	-	-
울산광역시	-	-
경기도	70	2,096
강원도	1,005	4,950
충청북도	1,825	18
충청남도	-	-
전라북도	-	100
전라남도	-	-
경상북도	-	4
경상남도	13	16
제주특별자치도	-	-

*출처 : 산림청(2012), 임업통계연보

<표 25> 지역별 숯가마 보유기수

(단위: 대)

시도	업체수	숯가마 기수
서울특별시	2	11
부산광역시	58	482
대구광역시	2	8
인천광역시	22	248
광주광역시	7	47
대전광역시	17	100
울산광역시	20	128
경기도	27	138
강원도	1	4
충청북도	3	15
충청남도	2	13
전라북도	2	16
전라남도	2	13
경상북도	5	29
경상남도	8	33
제주특별자치도	1	6
합계	179	1,291

*출처: 국립환경과학원(2009), PM_{2.5} 배출특성 및 기여도 추정연구

2.6.3 산정방법

숯가마의 배출량은 아래와 같이 산정한다.

$$E = \sum A \times EF$$

E : 숯가마 배출량(kg/yr)
A : 숯 생산량 = [(흑탄생산량×1/흑탄수탄율)+(백탄생산량×1/백탄수탄율)]
EF : 배출계수(g/kg)
※ 흑탄수탄율 : 17.5%, 백탄수탄율 : 12.5%

*출처 : 박성규 외 6명(2013), 숯가마에서 발생하는 대기오염물질의 배출특성에 관한 현장조사 연구, 한국대기환경학회지 제29권 제5호

2.6.4 배출계수

숯가마의 배출계수는 국내연구 결과를 활용하였다.

<표 26> 숯가마 배출계수

(단위 : g/kg)

SCC	소분류	CO	NO _x	SO _x	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃
13060100	숯가마	182.5	1.0	0.2	42.4	40.3	38.2	104.4	-

*출처 : 박성규 외 6명(2013), 숯가마에서 발생하는 대기오염물질의 배출특성에 관한 현장조사 연구, 한국대기환경학회지 제29권 제5호

2.6.5 시공간 배분

2.6.5.1 시간 배분

연간 균일하게 배출되는 것으로 가정하였다.

2.6.5.2 공간 배분

국내에서 조사한 숯가마 기수 자료는 시군구이며, 읍면동 배분은 인구수를 이용하여 배분하였다.

생물성 연소에 의한 대기오염물질 배출량 산정방법 편람
- 2011년 대기오염물질 배출량 기준 -

국립환경과학원 기후대기연구부
지구환경연구과 : 송 창 근 과 장
 김 대 곤 연구관
 진 형 아 연구사
 이 경 미 연구원
 설 성 희 연구원
 이 향 경 연구원
 김 보 은 연구원

인천광역시 서구 환경로 42(경서동 종합환경연구단지) 국립환경과학원
전화 : 032-560-7326
팩스 : 032-568-2042
E-mail : hajin608@korea.kr
Homepage : <http://airemiss.nier.go.kr>

