

2019년도 연구개발사업에 따라 연구중인 “경기도 화목 연소 난방
취사 현황 및 개선방안 연구”에 관한 연구의 최종보고서(초안)를 제
출 합니다.

연구기관 : 세종대학교 산학협력단

연구책임자 : 전 의 찬 (인)

연구기관장 : 백 성 욱 직인

시흥녹색환경지원센터장 귀하

경기도 화목 연소 난방취사 현황 및
개선방안 연구

전 의 찬

시흥녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

‘2015 국가 대기오염물질 배출량(국립환경과학원)’에 의하면 2015년 기준 경기도 초미세먼지 배출량은 10,836 톤이며, 이중 생물성 연소에서 15.5 %인 1,674 톤으로 나타남.

생물성연소 중 목재난로 및 보일러 배출량은 137 톤으로 미세먼지 농도가 높은 동절기에 경기도 교외지역에서 화목을 이용한 난방이 집중적으로 이루어져 대기질 악화의 주요 요인이 되고 있음. 그러나 화목을 이용한 난방과 취사 현황 등에 대한 현황과 관리대책이 미흡한 실정임.

화목연료 사용 난방 및 취사 현황, 문제점, 관리방안 등에 대한 연구를 통해 경기도 및 시·군별 맞춤형 관리대책 수립을 위한 자료로 활용할 필요가 있음.

II. 연구의 필요성 및 목적

- 먼지는 입자의 크기에 따라 100 μm 이하인 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)와 입자크기가 매우 작은 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분함. 미세먼지는 다시 지름이 10 μm 보다 작은 미세먼지(PM-10)와 지름이 2.5 μm 보다 작은 미세먼지(PM-2.5)로 구분됨.

- 미세먼지는 그 크기가 매우 작아 코, 구강, 기관지에서 걸러지지 않고 몸 속에 스며듦. 이 때문에 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐 기능의 저하를 초래하는 것으로 알려져 있음. 특히 PM-2.5는 입자가 미세하여 코 점막을 통해 걸러지지 않고 흡입 시 폐포까지 직접 침투하여 천식이나 폐질환의 유병률과 조기사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있음.

- 이에 정부는 미세먼지를 국민건강을 위협하는 가장 중요한 문제로 인식하고, 특별대책을 발표하는 등 각종 정책을 시행하였지만 개선의 기미가 보이지 않았음. 이에 미세먼지 배출을 저감하고 보다 효율적으로 관리함으로써 국민건강에 미치는 위해를 예방하고 보다 쾌적한 생활환경의 조성을 위해 2018년 8월 ‘미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법(미세먼지 특별법)’을 제정·공포하였고, 2019년 2월 시행을 앞두고 있음.

- 미세먼지의 국내 대기환경 기준은 아래에서 보는 바와 같이 1983년 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)였으나, 1993년에는 10 μm 이하의 미세먼지(PM-10)에 관한 기준이 추가되었으며, 2001년에 총먼지 기준을 폐지한 데 이어 2011년에 2.5 μm 이하의 미세먼지(PM-2.5)를 추가함. 2018년 3월 PM-2.5의 연평균, 일평균 농도가 기준이 강화되었음.

항 목	구 분						
	1983	1991	1993	2001	2007	2011	2018
총먼지	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	(삭제)			
미세먼지 (PM-10)	-	-	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)
미세먼지 (PM-2.5)	-	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)

자료 : 환경정책 기본법 시행령

- ‘2015 국가 대기오염물질 배출량(국립환경과학원)’에 의하면 2015년 기준 생물성연소 부문 중 목재난로 및 보일러가 차지하는 PM-10 배출량은 전체 14,552 톤 중 1,958 톤으로 13.4 %에 해당하며, PM-2.5 배출량은 전체 12,060 톤 중 1,298 톤으로 10.8 %에 해당함.

- 경기도의 경우, 생물성연소 부문 중 목재난로 및 보일러가 차지하는 PM-10 배출량은 전체 1,958 톤 중 209 톤으로 10.6 %에 해당하며, PM-2.5 배출량은 전체 1,298 톤 중 137 톤으로 10.5 %에 해당함.

- 위 통계와 같이 목재연료 및 보일러는 생물성연소로 인해 배출되는 미세먼지 중 적지 않은 부분을 차지하고 있으며, 특히 경기도 교외지역에서는 동절기에 화목을 이용한 난방이 집중적으로 이루어져 대기질 악화의 주요 요인으로 추정되고 있음.

- 화목을 이용한 난방과 취사는 그 사용량과 미세먼지 배출량이 큰데 반해 정확한 조사 및 통계가 이루어지지 않고 있으며 이에 따라 관리대책이 미흡한 실정임.

- 화목연료 사용 난방 및 취사 현황, 문제점, 관리방안 등에 대한 연구를 통해 경기도 및 각 시·군별 맞춤형 관리대책 수립을 위한 자료로 활용할 필요가 있음.

III. 연구의 내용 및 범위

- 경기도 화목난로(보일러) 사용 및 화목난로 사용한 취사 현황
 - 지역(시군)별, 분야별, 계절별 분석

- 화목난로(보일러) 및 취사에 따른 문제점
 - 대기환경 및 주변 환경에 미치는 영향
 - 기존 연구자료 조사
 - 배출량 및 배출기여율 분석결과 활용
 - 법적·제도상 문제점
 - 기존연구자료 및 문헌조사
 - 현재 화목난로 및 보일러에 대한 관련 법령(조례, 규칙 등) 조사

- 경기도 화목난로 사용으로 인한 미세먼지 배출량 및 기여율 분석
 - 지역(시군)별, 분야별, 계절별 분석

- 미세먼지 저감을 위한 화목난로 관리 방안
 - 법령 등 제도 개선사항 도출(제도 개선 시 미세먼지저감 효과-정량분석)
 - 기존 관련 법령 등에 대한 개선(안) 도출
 - 제도 개선 시 미세먼지 저감 효과 분석
 - 화목난로 관리를 위한 행·재정 지원 방안 등
 - 경기도의 관련 지원방안 검토 및 제안

IV. 연구개발 목표

구 분	연구개발 목표	추정연구비
(2019. 03 ~ 2019. 12)	경기도 화목난로(보일러) 사용 및 화목난로 사용한 취사 현황	30,000
	화목난로(보일러) 및 취사에 따른 문제점	
	경기도 화목난로 사용으로 인한 미세먼지 배출량 및 기여율 분석	
	미세먼지 저감을 위한 화목난로 관리 방안	

목 차

요약문	vii
목차	xii
표 목차	xv
그림 목차	xvii
제 1 장 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 경기도 현황	3
2.1. 경기도의 지리적 특성	3
2.2. 경기도 인구 및 가구 현황	4
2.3. 경기도 PM-10 농도 현황	6
2.4. 경기도 PM-2.5 농도 현황	7
3. 생물성연소의 배출원 및 배출현황	8
3.1. 생물성연소 배출원 분류체계	8
3.2. 생물성연소 과정에서 발생하는 미세먼지 배출현황	10
3.3. 목재난로 및 보일러에 따른 미세먼지 배출현황	11
4. 목재난로(보일러)의 일반현황	12
4.1. 화목난로 및 화목보일러	12
4.2. 펠릿난로 및 보일러	15
4.3. 벽난로	15
제 2 장 경기도 화목난로(보일러) 사용 및 화목난로 취사 현황	16
1. 설문조사 지역 선정	17
2. 설문조사 방법	19
3. 설문조사 결과	21

제 3 장 화목난로(보일러) 및 취사에 따른 문제점 84

- 1. 화목난로 및 보일러 연소 시 대기환경 및 주변환경에 미치는 영향 85
- 2. 화목난로 및 보일러의 법적, 제도적 문제점 95

제 4 장 경기도 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출계수 및 배출량 평가· 102

- 1. 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 평가 103
 - 1.1 미세먼지(PM-10, PM-2.5) 농도측정 방법 103
 - 1.2 미세먼지(PM-10, PM-2.5) 측정장비 109
 - 1.3 목재 난방용 기기에서 배출되는 미세먼지 분석 결과 110
 - 1.4 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 평가 115
- 2. 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정 117
 - 2.1 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정방법론 117
 - 2.2 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정을 위한 활동자료 118
 - 2.3 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정 120

제 5 장 미세먼지 저감을 위한 화목난로 관리 방안 123

- 1. 법령 등 제도 개선사항 도출 124
- 2. 화목난로 관리를 위한 행·재정 지원 방안 127

참 고 문 헌 138

표 목 차

- 표 1. 미세먼지의 국내 대기환경 기준 2
- 표 2. 경기도의 연도별·성별 인구추이 4
- 표 3. 2016년 경기도 농가인구 5
- 표 4. 연도별 경기도의 PM-10 연평균 농도 추이 6
- 표 5. 연도별 경기도의 PM-2.5 연평균 농도 추이 7
- 표 6. 대기오염물질 배출량 대분류 체계 8
- 표 7. 생물성연소 배출원 분류체계 9
- 표 8. 미세먼지의 국내 대기환경 기준 10
- 표 9. 경기도의 연도별·성별 인구추이 11
- 표 10. CAPSS 배출원 대분류별 오염물질 배출량(2015년)13 13
- 표 11. 화목난로 및 보일러에 사용되는 연료 14
- 표 12. 경기도 행정구역(시·군·구)별 농가, 농가인구 현황(2017) 17
- 표 13. 설문조사 대상지역(2017) 18
- 표 14. 화목난로(보일러) 사용 현황 파악을 위한 설문조사지 19
- 표 15. 파주시 면적 대비 인구 현황(2017) 21
- 표 16. 파주시에서 사용하는 난방기기의 종류 26
- 표 17. 파주시의 목재 난방기기 사용대수(추정) 26
- 표 18. 파주시에서 사용하는 난방기기의 종류 27
- 표 19. 파주시의 마을당 평균 연료 사용량 27
- 표 20. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수 28
- 표 21. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간 28

표 22. 화성시 면적 대비 인구 현황(2017)	29
표 23. 화성시에서 사용하는 난방기기의 종류	34
표 24. 화성시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	34
표 25. 화성시에서 사용하는 연료의 종류	35
표 26. 화성시의 마을당 평균 연료 사용량	35
표 27. 화성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	36
표 28. 화성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	36
표 29. 이천시 면적 대비 인구 현황(2017)	37
표 30. 이천시에서 사용하는 난방기기의 종류	42
표 31. 이천시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	42
표 32. 이천시에서 사용하는 연료의 종류	43
표 33. 이천시의 마을당 평균 연료 사용량	43
표 34. 이천시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	44
표 35. 이천시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	44
표 36. 양평군 면적 대비 인구 현황(2017)	45
표 37. 양평군에서 사용하는 난방기기의 종류	50
표 38. 양평군의 목재 난방기기 사용대수(추정)	50
표 39. 양평군에서 사용하는 연료의 종류	51
표 40. 양평군의 마을당 평균 연료 사용량	51
표 41. 양평군의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	52
표 42. 양평군의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	52
표 43. 안성시 면적 대비 인구 현황(2016)	53
표 44. 안성시에서 사용하는 난방기기의 종류	58

표 45. 안성시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	58
표 46. 안성시에서 사용하는 연료의 종류	59
표 47. 안성시의 마을당 평균 연료 사용량	59
표 48. 안성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	60
표 49. 안성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	60
표 50. 평택시 면적 대비 인구 현황(2016)	61
표 51. 평택시에서 사용하는 난방기기의 종류	66
표 52. 평택시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	66
표 53. 평택시에서 사용하는 연료의 종류	67
표 54. 평택시의 마을당 평균 연료 사용량	67
표 55. 평택시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	68
표 56. 평택시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	68
표 57. 여주시 면적 대비 인구 현황(2016)	69
표 58. 여주시에서 사용하는 난방기기의 종류	74
표 59. 여주시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	74
표 60. 여주시에서 사용하는 연료의 종류	75
표 61. 여주시의 마을당 평균 연료 사용량	75
표 62. 여주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	76
표 63. 여주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	76
표 64. 설문조사 대상지역(2017)	77
표 65. 해당 도시에서 사용하는 난방기기의 종류	81
표 66. 해당도시의 목재 난방기기 사용대수(추정)	81
표 67. 해당도시에서 사용하는 연료의 종류	82

표 68. 해당도시의 마을당 평균 연료 사용량	82
표 69. 해당도시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수	83
표 70. 해당도시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간	83
표 71. 화목난로 및 보일러 연소시 발생하는 입자상 물질 배출 특성	85
표 72. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(SBS 보도자료)	86
표 73. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(한국일보 보도자료)	87
표 74. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(조선일보 보도자료)	88
표 75. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(울산저널 보도자료)	89
표 76. 목재펠릿 보일러의 성능구조 기준	96
표 77. 목재칩 분류 및 규격 품질 기준	97
표 78. 목재펠릿 품질 기준	98
표 79. 목재 난방용 기기의 분류와 문제점	101
표 80. 미세먼지 측정 개요(예시)	103
표 81. 기기 점검 방법	104
표 82. 화목난로 배기가스의 입자상오염물질 농도	110
표 83. 화목보일러 배기가스의 입자상오염물질 농도	112
표 84. 펠릿난로 배기가스의 입자상오염물질 농도	113
표 85. 펠릿보일러 배기가스의 입자상오염물질 농도	114
표 86. 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 비교	115
표 87. 화목난로 및 보일러 배출원 분류체계	117
표 88. 목재난로 및 보일러의 미세먼지 배출계수	118
표 89. 화목난로 및 보일러의 보급현황(2015년)	119
표 90. 화목난로 및 보일러의 평균 연료 사용량	119

표 91. 화목난로/보일러의 PM-10 배출량	121
표 92. 화목난로/보일러의 PM-2.5 배출량	121
표 93. 펠릿난로/보일러의 PM-10 배출량	122
표 94. 펠릿난로/보일러의 PM-2.5 배출량	122
표 95. 화목난로 교체 및 연료 전환에 따른 저감 비율	125
표 96. 목재 난방용 기기의 설비 규격(안)	135
표 97. 국내 목재 난방용 기기의 PM-10 배출계수 수준과 저감안	136
표 98. 목재 난방용 기기의 친환경 인증기준(안)	137

그림 목 차

그림 1. 경기도 행정구역 위치도	3
그림 2. 화목보일러의 구조	13
그림 3. 가정용 펠릿보일러 사진 예시	15
그림 4. 벽난로 종류 예시	15
그림 5. 설문조사 대표성 확인	20
그림 6. 뇌조2리 설문조사	22
그림 7. 두포1리 설문조사	22
그림 8. 뇌조2리 설문조사지	23
그림 9. 두포1리 설문조사지	24
그림 10. 파주시 마을회관 현황	25
그림 11. 수촌4리 설문조사	30
그림 12. 덕우리 설문조사	30
그림 13. 수촌4리 설문조사지	31
그림 14. 덕우리 설문조사지	32
그림 15. 화성시 마을회관 현황	33
그림 16. 도봉2리 설문조사	38
그림 17. 고척4리 설문조사	38
그림 18. 도봉2리 설문조사지	39
그림 19. 고척4리 설문조사지	40
그림 20. 이천시 마을회관 현황	41
그림 21. 정배2리 설문조사	46

그림 22. 문호3리 설문조사	46
그림 23. 정배2리 설문조사지	47
그림 24. 문호3리 설문조사지	48
그림 25. 양평군 마을회관 현황	49
그림 26. 하남리 설문조사	54
그림 27. 동양리 설문조사	54
그림 28. 하남리 설문조사지	55
그림 29. 동양리 설문조사지	56
그림 30. 안성시 마을회관 현황	57
그림 31. 고잔3리 설문조사	62
그림 32. 고잔4리 설문조사	62
그림 33. 고잔3리 설문조사	63
그림 34. 고잔4리 설문조사지	64
그림 35. 평택시 마을회관 현황	65
그림 36. 후포2리 설문조사	70
그림 37. 장풍3리 설문조사	70
그림 38. 후포2리 설문조사지	71
그림 39. 장풍3리 설문조사지	72
그림 40. 여주시 마을회관 현황	73
그림 41. 용인시 원삼면 설문조사지1	78
그림 42. 용인시 원삼면 설문조사지2	79
그림 43. 해당도시 마을회관 현황	80
그림 44. 미국, EPA의 화목난로 관리(Burn Wise) 방법	91

그림 45. 미국, EPA의 화목난로가 건강에 미치는 영향 제시	92
그림 46. 미국, EPA의 화목난로 관리 가이드라인	93
그림 47. 화목난로와 디젤터럭의 미세먼지 배출량 비교	94
그림 48. 친환경 보일러 의무화를 골자로 한 서울특별시 친환경 콘텐싱 보일러 사업	99
그림 49. 피토우관에 의한 배출가스 유속측정	105
그림 50. Cascade Impactor	109
그림 51. 측정장비(ES 01301)	109
그림 52. 화목난로 측정 모습	110
그림 53. 화목난로 먼지농도와 입자크기별 분포율	111
그림 54. 화목보일러 측정 모습	111
그림 55. 화목보일러 먼지농도와 입자크기별 분포율	112
그림 56. 펠릿난로 측정 모습	112
그림 57. 펠릿난로 먼지농도와 입자크기별 분포율	113
그림 58. 펠릿보일러 측정 모습	114
그림 59. 펠릿보일러 먼지농도와 입자크기별 분포율	115
그림 60. EPA의 화목난로 인증라벨	124
그림 61. 촉매 화목난로, 비 촉매 화목난로	125
그림 62. CHRAO 화목난로, 비 촉매 화목난로	126
그림 63. 화목난로 교체 및 연료 전환에 따른 저감 효과	126

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성
2. 경기도 일반현황
3. 생물성연소의 배출원 및 배출현황
4. 화목난로(보일러) 일반현황

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성

먼지는 입자의 크기에 따라 100 μm 이하인 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)와 입자크기가 매우 작은 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분함. 미세먼지는 다시 지름이 10 μm 보다 작은 미세먼지(PM-10)와 지름이 2.5 μm 보다 작은 미세먼지(PM-2.5)로 구분된다.

미세먼지는 그 크기가 매우 작아 코, 구강, 기관지에서 걸러지지 않고 몸속에 스며들. 이 때문에 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐 기능의 저하를 초래하는 것으로 알려져 있음. 특히 PM-2.5는 입자가 미세하여 코 점막을 통해 걸러지지 않고 흡입 시 폐포까지 직접 침투하여 천식이나 폐질환의 유병률과 조기사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

이에 정부는 미세먼지를 국민건강을 위협하는 가장 중요한 문제로 인식하고, 특별대책을 발표하는 등 각종 정책을 시행하였으나 미세먼지 문제는 여전히 해결되지 않고 있다. 미세먼지 배출을 저감하고 보다 효율적으로 관리함으로써 국민건강에 미치는 위해를 예방하고 보다 쾌적한 생활환경의 조성을 위해 「미세먼지 관리 특별대책」(2016.06.03.), 「미세먼지 관리 종합대책」(2017.09.26.), 「미세먼지 관리 강화대책」(2018.11.08.) 등을 연이여 추진하고 있다.

미세먼지의 국내 대기환경 기준은 표 1.에서 보는 바와 같이 1983년 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)였으나, 1993년에는 10 μm 이하의 미세먼지(PM-10)에 관한 기준이 추가되었으며, 2001년에 총먼지 기준을 폐지한 데 이어 2011년에 2.5 μm 이하의 미세먼지(PM-2.5)를 추가함. 2018년 3월 PM-2.5의 연평균, 일평균 농도가 기준이 강화되었다.

표 1. 미세먼지의 국내 대기환경 기준

항 목	구 분						
	1983	1991	1993	2001	2007	2011	2018
총먼지	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	(삭제)	-	-	-
미세먼지 (PM-10)	-	-	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)
미세먼지 (PM-2.5)	-	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)

자료 : 환경정책 기본법 시행령

‘2015 국가 대기오염물질 배출량(국립환경과학원)’에 의하면 2015년 기준 생물성연소 부문 중 목재난로 및 보일러가 차지하는 PM-10 배출량은 전체 14,552 톤 중 1,958 톤으로 13.4 %, PM-2.5 배출량은 전체 12,060 톤 중 1,298 톤으로 10.8 %에 해당된다. 경기도의 경우, 생물성연소 부문 중 목재난로 및 보일러가 차지하는 PM-10 배출량은 전체 1,958 톤 중 209 톤으로 10.6 %에 해당하며, PM-2.5 배출량은 전체 1,298 톤 중 137 톤으로 10.5 %로 나타났다.

위 통계와 같이 목재연료 및 보일러는 생물성연소로 인해 배출되는 미세먼지 중 적지 않은 부분을 차지하고 있으며, 특히 경기도 교외지역에서는 동절기에 화목을 이용한 난방이 집중적으로 이루어져 대기질 악화의 주요 요인으로 추정되고 있다. 화목을 이용한 난방과 취사는 그 사용량과 미세먼지 배출량이 큰데 반해 정확한 조사 및 통계가 이루어지지 않고 있으며 이에 따라 관리대책이 미흡한 실정이다. 화목연료 사용 난방 및 취사 현황, 문제점, 관리방안 등에 대한 연구를 통해 경기도 및 각 시·군별 맞춤형 관리대책 수립을 위한 자료로 활용할 필요가 있다.

2. 경기도 현황

2.1. 경기도의 지리적 특성

경기도(京畿道)는 대한민국의 북서부에 있는 도로, 서울특별시와 인천광역시를 둘러싸고 있고, 동쪽으로 강원도, 서쪽으로 서해, 남쪽으로는 충청남도·충청북도과 접하며, 북쪽으로는 조선민주주의인민공화국과 경계를 이룸. 경기도청 소재지는 수원시이고, 의정부시에 북부청사가 설치되어 있다.

수도 서울을 기점으로 방사상으로 전국 각지를 연결하는 철도·고속도로·국도·지방도로 등이 뻗어 있으며 수도권의 서울외곽순환고속도로, 서울과 연결된 도시전철이 경기도 내를 통과해 교통망이 잘 발달해 있음. 경기도의 도로는 1만 2137 km로 포장률은 87.6 %, 이 중 고속도로가 289 km, 일반국도가 1,283 km로 100 % 포장되었고 지방도로의 69.7 %가 포장되어 도로망이 발달해 있다.



그림 1. 경기도 행정구역 위치도

2.2. 경기도 인구 및 가구 현황

경기도의 2016년 말 기준 인구는 표 2.에서 보는바와 같이 약 12,709,996명으로 2002년에 비해 약 27.1%가 증가하였다. 한국에서 가장 인구가 많은 도(道)이자 가장 인구가 많은 광역자치단체이고, 서울특별시가 주택 가격 상승 및 전세난으로 서울 시민들이 경기도로 많이 이주하면서 2003년에 인구 역전이 일어났다.

세대수는 2002년 3,394,937 세대에서 2016년 말 4,786,718 세대로 증가하였으며, 세대 당 인구수는 2.92명에서 2.58명으로 감소하는 것으로 나타났다.

표 2. 경기도의 연도별·성별 인구추이

연별	인구수			세대	세대당 인구
	소계(명)	남(명)	여(명)		
2002	10,000,047	5,057,391	4,942,656	3,394,937	2.92
2003	10,361,638	5,249,571	5,112,067	3,592,144	2.84
2004	10,628,842	5,383,355	5,245,487	3,748,325	2.79
2005	10,415,399	5,243,783	5,171,616	3,361,657	3.08
2006	10,853,157	5,495,490	5,357,667	3,910,886	2.74
2007	11,106,831	5,627,223	5,479,608	4,068,786	2.63
2008	11,340,241	5,742,820	5,597,421	4,183,926	2.65
2009	11,549,091	5,844,699	5,704,392	4,284,475	2.64
2010	11,727,418	5,932,288	5,795,130	4,359,467	2.63
2011	11,379,459	5,705,613	5,673,846	3,908,059	2.86
2012	12,071,884	6,112,339	5,959,545	4,527,282	2.60
2013	12,239,862	6,193,380	6,046,482	4,579,405	2.61
2014	12,381,550	6,260,055	6,121,495	4,639,665	2.61
2015	12,549,345	6,346,559	6,202,786	4,712,324	2.60
2016	12,709,996	6,430,331	6,279,665	4,786,718	2.58

주 : 인구수에 외국인 포함. 세대수에 외국인세대 제외
 자료 : 경기도 통계연보(2016년 기준)

2016년 말 기준 경기도의 농가 인구는 표 3.에서 보는바와 같이 324,562명으로 2016년 말 경기도 전체 인구수에 약 3% 정도 차지함. 농가 인구가 가장 많은 도시는 31,589명으로 화성시, 과천시 1,079명으로 가장 적은 것으로 나타났다.

표 3. 2016년 경기도 농가인구

연별	인구수		
	소계(명)	남(명)	여(명)
수원시	9,428	4,652	4,776
성남시	2,769	1,407	1,361
안양시	1,780	954	826
부천시	2,783	1,356	1,427
광명시	1,889	924	965
평택시	23,392	11,794	11,598
안산시	5,283	2,794	2,488
과천시	1,079	539	541
오산시	3,828	1,888	1,940
시흥시	4,940	2,467	2,474
군포시	1,185	602	583
의왕시	1,981	911	1,070
하남시	4,203	2,185	2,018
용인시	18,624	9,620	9,004
이천시	21,188	10,726	10,462
안성시	21,252	10,733	10,519
김포시	14,724	7,180	7,544
화성시	31,589	16,224	15,365
광주시	11,479	5,585	5,894
여주시	20,003	9,816	10,187
양평군	17,595	9,098	8,496
의정부시	3,405	1,680	1,725
동두천시	2,087	1,075	1,012
고양시	16,838	8,222	8,617
구리시	1,734	856	878
남양주시	15,850	7,922	7,929
파주시	20,398	10,407	9,991
양주시	11,098	5,574	5,523
포천시	14,788	7,372	7,416
연천군	7,668	3,848	3,820
가평군	9,701	4,935	4,767
계	324,562	163,347	161,215

주 : 인구수에 외국인 포함. 세대수에 외국인세대 제외
 자료 : 경기도 통계연보(2016년 기준)

2.3. 경기도 PM-10 농도 현황

2010년~2017년 경기도의 PM-10 농도를 표 4.에 나타내었고, 2010~2017년 경기도의 PM-10 농도는 50~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 사이로, 평균 PM-10의 농도는 약 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 2010년 경기도의 PM-10 농도는 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017년 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 점차 낮아지고 있는 추세이다. 경기도에서 PM-10 농도가 가장 높은 도시는 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 포천시, 하남시는 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮게 나타났다.

표 4. 연도별 경기도의 PM-10 연평균 농도 추이

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년
수원	52	46	51	50	49	53	48	41
안양	55	46	50	51	50	51	49	47
성남	50	44	48	52	51	46	46	42
의정부	51	40	51	53	55	49	54	46
광명	54	46	53	50	49	52	50	45
안산	55	47	51	52	53	52	48	41
평택	62	57	64	60	62	63	62	54
과천	52	46	50	49	48	48	46	41
구리	50	44	50	52	53	59	58	43
의왕	56	50	54	56	52	50	49	43
고양	60	53	57	54	53	54*	55	43
광주	56	46	50	51	54	52	56	45
군포	57	50	54	56	55	51	51	46
시흥	58	50	54	58	56	53	52	49
부천	60	52	59	57	52	58	49	48
남양주	52	44	46*	48	49	45	44	39
용인	55	51	56	57	55	49	52	43
김포	61	52	55	57	57	62	63	43
오산	60	52	53	54	54	54	49	47
하남	47	39	37	45	47	52	51	48
화성	56	50	57	54	55	56	56	46
양주	72	73	73	56	56	53	55	45
동두천	74	62	64	63	64	55	57	43
안성	58	55	62	59	51	51	56	50
이천	66	60	67	68	59	58	54	46
파주	61	56	58	57	55	59	52	44
포천	89	78*	71	67	65	55	48	41
여주	63	62	69	68	57	54	57	44
연천	51	45	54	54	51	47	45	30
가평	43	43	53	52	50	48	45	34
양평	53	43	46	49	47	46	46	39
평균	58	50	55	55	54	53	52	44

출처: 경기도 보건환경연구원

* "농도값*" 은 유효 측정 처리 비율 50% 이상이나 75% 미만인 값

** "농도값**" 은 유효 측정 처리 비율 50% 미만인 값

2.4. 경기도 PM-2.5 농도 현황

2015년~2017년 경기도의 PM-2.5 농도를 표 5.에 나타내었고, 2015년~2017년 경기도의 PM-2.5 농도는 26~27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 사이로 나타났다. PM-2.5의 농도가 가장 높은 도시는 안성시으로 약 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 하남시는 약 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮게 나타났다.

표 5. 연도별 경기도의 PM-2.5 연평균 농도 추이

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년
수원	25*	26	26	23
안양		26**	26**	27
성남	21	24*	27*	24
의정부	46**	35	27*	24
광명		26**	28**	25
안산	26	29	27*	24
평택			33	30
과천		23**	25*	23
구리	31	32*	30	24
의왕	27**	26	25*	25
고양			28*	25
광주			30	27
군포			26	26
시흥			28**	29
부천	32	26	23	27
남양주			25**	22
용인		26**	28	25
김포	27	33	27	24
오산			29	28
하남	23	22	26	22
화성			25*	27
양주			32*	26
동두천			33*	24
안성		41**	26	30
이천			27	28
파주		29*	29	26
포천		26*	29	25
여주		35**	27	25
연천		32**	25	18
가평			21	21
양평	24**	24	26	23
평균	26	26	27	25

출처: 경기도 보건환경연구원

* "농도값*" 은 유효 측정 처리 비율 50% 이상이나 75% 미만인 값

** "농도값**" 은 유효 측정 처리 비율 50% 미만인 값

3.2. 생물성연소 과정에서 발생하는 미세먼지 배출현황

2015년 기준 배출원별 오염물질 배출량은 다음 표 8.과 같다. PM-10, PM-2.5의 전체 배출량 중 생물성연소에 의한 배출량 비중은 각각 6.24 %, 12.2 %으로 나타났다. 이는 비도로이동오염원, 비산먼지, 제조업 다음으로 많이 배출하고 있다.

표 8. CAPSS 배출원 대분류별 오염물질 배출량(2015년)

(단위 : 톤)

배출원 구분	CO	NOx	SOx	PM-10	PM-2.5	VOC	NH ₃
에너지산업 연소	55,138	150,818	91,243	4,394	3,607	7,464	1,379
비산업 연소	72,299	82,948	28,736	1,582	1,025	2,622	1,351
제조업 연소	16,854	169,139	85,098	70,893	36,317	3,101	627
생산공정	26,069	59,830	105,385	6,658	5,132	182,899	39,432
에너지수송 및 저장	-	-	-	-	-	29,137	-
유기용제 사용	-	-	-	-	-	555,359	-
도로이동오염원	245,516	369,585	209	9,583	8,817	46,145	10,078
비도로이동오염원	135,700	304,376	39,424	15,317	14,106	40,311	117
폐기물처리	1,548	11,977	2,119	246	209	57,074	22
농업	-	-	-	-	-	-	231,263
기타면오염원	7,197	172	-	317	285	648	12,882
비산먼지	-	-	-	109,633	17,248	-	-
생물성연소	232,455	8,883	79	14,552	12,060	86,012	15
합계	792,776	1,157,728	352,292	233,177	98,806	1,010,771	297,167

출처: 국립환경과학원(2018), 2015 국가 대기오염물질 배출량

3.3. 목재난로 및 보일러에 따른 미세먼지 배출현황

목재난로 및 보일러에 따른 미세먼지(PM-10) 발생량은 연간 약 1,958 톤으로, 전체 생물성연소 미세먼지 발생량 14,552 톤의 약 13.5 % 수준으로 나타났다. 목재난로 및 보일러에 따른 초미세먼지(PM-2.5) 발생량은 연간 약 1,298 톤으로, 전체 생물성연소 미세먼지 발생량 12,060 톤의 약 10.8 % 수준으로 나타났다(표 9. 참조).

표 9. 생물성연소에 의한 미세먼지 및 대기오염물질 발생량

(단위: 톤)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM-10	PM-2.5	VOC	NH ₃	
생물성연소	노천소각	4,200	550		1,342	919	815	4,488	2
	농업잔재물소각	157,616	5,606		22,126	9,183	7,621	61,408	5
	고기 및 생선구이	13	9	2	626	626	574	154	
	목재난로 및 보일러	57,772	2,195	60	4,072	1,958	1,298	17,071	6
	아궁이	5,856	513	9	168	111	89	1,638	2
	숯가마	7,000	10	8	1,849	1,757	1,664	1,254	
계	232,455	8,883	79	3,018	14,552	12,060	86,012	15	

출처: 국립환경과학원(2018), 2015 국가 대기오염물질 배출량

4. 목재난로(보일러)의 일반현황

4.1. 화목난로 및 화목보일러

가) 화목난로

화목난로란 화목보일러와 마찬가지로 주변에서 쉽게 구할 수 있는 폐목 등 화목을 연료로 사용하는 무동력시설의 난로를 말한다. 가정에서 난방용으로 가장 많이 사용되고 있으며 이 외에도 펜션 등 취사시설과 카페 등 상업시설에서 사용되고 있다.

화목난로는 일반적으로 목재연료를 저장할 수 있는 연료투입구와 열교환기, 연소가 이루어지는 화실, 연통부로 이루어져 있으며, 그 크기는 사용처와 목적에 따라 상이하다. 화목난로의 장점은 경제적인 난방이 가능하다. 옷풍이 심한 한옥형식의 주택이나 노후주택에서는 기름보일러를 가동하여 난방 시 소요 비용이 높은 편이기에 해당 주거시설에서는 화목난로를 사용하는 것이 경제적인 면에서 더 효율적이다. 하지만 초기 설치비용을 투자해야 한다는 점과 목재연료의 적재 공간이 별도로 필요하다는 단점이 있다.

나) 화목보일러

화목이란 화목보일러의 연료로 사용되는 목재를 말하며, 펠릿이나 우드칩과는 구별된다. 영어로는 “Log Wood(EN 303-5)” 또는 “Wood(NFPA Handbook)”라고 한다. 화목보일러란 주변에서 손쉽게 구할 수 있는 폐목 등 화목(火木, 뿔감나무)을 연료로 사용하는 보일러를 말한다. 기름이나 가스 등 화석연료 사용을 대체할 목적의 보일러로 농촌지역에서 많이 사용하고 있다.

화목보일러는 연료가 되는 화목을 저장하는 곳, 연소실, 열 교환이 이루어지는 열교환기로 나누어지며, 화목의 일반적인 길이는 20~100 cm 정도이다. 화목보일러의 큰 장점은 주변에서 손쉽게 구할 수 있는 폐목 등의 뿔감나무를 사용할 수 있고, 높은 연소효율, 이 상적인 연소 난방 시 안락감 등이 있다. 정부에서 권장하고 있는 펠릿(나무를 작은 알약 모양으로 가공)보일러와 비교하여, 설치 장소의 면적에 제한이 없고 가격 경쟁력이 있다.



그림 2. 화목보일러의 구조

화목보일러는 연료가 호스를 통하여 자동으로 보일러에 공급되는 기름이나 가스보일러와 달리 나무연료를 연료 투입구를 통하여 사용자가 직접 연소실에 투입하는 방식이어서 사용·관리상 또는 설치상의 부주의가 있는 경우 타 연료를 사용하는 보일러에 비하여 상대적으로 화재 취약성이 크다. 화목보일러의 종류로는 일반형, 축열식, 다목적형, 하이브리드형 등이 있다(표 10. 참조).

표 10. 화목보일러의 종류

			
일반형	축열식	다목적형	하이브리드형
파이프의 물을 가열, 가장 많이 사용	대량의 물을 온수 상태로 유지 사용	난방, 온수 겸용 사용, 온도조절 가능	나무연료 모두 사용 시 자동으로 유류 사용

자료: 부산광역시 남부소방서, “공지사향 자료”, 2014.02.03

다) 화목난로 및 화목보일러에 사용되는 연료

화목난로 및 보일러에는 다음과 같은 연료를 주로 사용된다(표 11. 참조). 사용되는 연료의 열전도율, 비중, 함유성분, 함유수율, 단면적, 공기조건, 가열조건 등이 연료 연소에 영향을 주는 것으로 파악됐다.

표 11. 화목난로 및 보일러에 사용되는 연료

종류	설명
장작	<ul style="list-style-type: none"> - 화목난로 및 보일러의 연료로 시중에서 가장 많이 유통되고 있는 장작은 참나무류임. - 이 외에는 주변에서 구할 수 있는 임지잔재인 잡목들을 연료로 사용하는 것이 일반적인 행태임.
목재펠릿	<ul style="list-style-type: none"> - 톱밥 및 폐목재 등을 균일하게 파쇄, 분쇄 및 압축 등의 성형 과정을 통해 제조됨. - 발열량이 타 연료에 비해 높은 편이며, 성형 과정을 통해 부피가 감소하여 수송·보관이 용이하고 소규모 공급이 가능하다는 장점이 있음. 하지만 일정하지 않은 함유수율과, 높은 회분 함유율로 연소 시 온도 변화에 따라 타르, 재 등 유해물질이 다량 발생하고, 효율을 저하시킬 수 있다는 단점이 있음.
폐목재	<ul style="list-style-type: none"> - 폐목재는 그 발생원에 따라 임목폐기물, 생활계 폐기물 등 6가지 정도로 구분할 수 있으며, 폐목재를 화목난로 및 보일러의 연료로 사용하는 것은 불법으로 구분되어 있음. - 단순 목재로만 구성된 것이 아닌 플라스틱, 화학접착제 등 타 물질이 함께 섞여있어 이를 연료로 사용 시 미세먼지 및 각종 대기오염물질이 다량 발생함.

4.2 펠릿난로 및 보일러

펠릿난로 및 보일러는 화목난로 및 보일러와 유사하게 주로 농촌지역에서 가정 난방용으로 사용하고 있음. 목재 펠릿을 주 연료로 사용하고 있으며, 국가공인시험기관에서 보일러 성능시험 시 사용한 펠릿등급 이상의 품질을 가진 목재 펠릿을 사용하여야 함.

국내 목재 펠릿은 국제유가 상승에 따른 대체 에너지 개발, 신재생에너지 보급 확대, 도시가스 미공급 지역에 지역난방 대안으로 생산되기 시작했음. 목재 펠릿은 고밀도로 압축 가공되기 때문에 일반 화목연료에 비해 3배 이상 적재, 운송 및 보관이 가능하며, 안정적인 열량 공급(4,300~4,500 Kcal/kg)이 가능하다는 장점이 있음. 하지만 최근 국립환경과학원의 연구에 따르면 목재 펠릿 연소 시 탄소는 적게 발생하는 반면 PM-2.5를 유발하는 질소산화물이 많이 발생됨.



그림 3. 가정용 펠릿보일러 사진 예시

4.3 벽난로

벽난로는 화실(연소실)내부에서 빠르게 타고르는 나무장작의 열기를 목직한 축열체에 저장했다가 서서히 복사열을 실내로 내뿜도록 만든 장치임.



노출형



매립형



중앙노출형

그림 4. 벽난로 종류 예시

제 2 장 경기도 화목난로(보일러) 사용 및 화목난로 취사 현황

제 2 장 경기도 화목난로(보일러) 사용 및 화목난로 취사 현황

- 1. 설문조사 지역 선정
- 2. 설문조사 방법
- 3. 설문조사 결과

1. 설문조사 지역 선정

경기도의 행정구역은 28개의 시(김포시, 고양시, 양주시, 의정부시, 남양주시, 구리시, 하남시, 광주시, 성남시, 과천시, 의왕시, 안양시, 군포시, 광명시, 부천시, 시흥시, 안산시, 수원시, 화성시, 오산시, 용인시, 평택시, 안성시, 이천시, 여주시, 파주시, 동두천시, 포천시)와 3개의 군(연천군, 가평군, 양평군)으로 구분된다.

일반적으로 화목보일러는 도심지역보다 농촌 지역에서 겨울철 난방목적으로 많이 사용된다. 표 12.은 경기도 행정구역(시·군·구)별 농가와 농가인구 현황이다.

표 12. 경기도 행정구역(시·군·구)별 농가, 농가인구 현황(2017)

행정구역별	농가(가구)	농가인구(명)	농가인구(남)	농가인구(여)	농가 비율(%)
경기도	117,225	316,573	159,008	157,565	100%
화성시	12,484	32,073	16,532	15,540	10.6%
평택시	8,891	22,192	11,178	11,015	7.6%
안성시	8,603	21,152	10,484	10,668	7.3%
이천시	7,549	20,049	10,364	9,684	6.4%
여주시	7,325	19,984	9,951	10,033	6.2%
양평군	7,118	17,314	8,891	8,423	6.1%
파주시	6,897	19,584	9,825	9,759	5.9%
용인시	6,446	18,019	9,119	8,901	5.5%
포천시	6,049	14,310	7,366	6,944	5.2%
고양시	5,528	16,417	7,891	8,526	4.7%
남양주시	4,926	15,481	7,695	7,786	4.2%
김포시	4,914	13,683	6,599	7,083	4.2%
광주시	3,850	11,064	5,389	5,675	3.3%
양주시	3,906	10,847	5,366	5,481	3.3%
가평군	3,605	9,655	4,887	4,768	3.1%
연천군	3,377	7,731	3,791	3,940	2.9%
수원시	2,825	9,036	4,550	4,487	2.4%
안산시	1,886	5,097	2,708	2,389	1.6%
시흥시	1,703	4,868	2,470	2,398	1.5%
오산시	1,160	3,686	1,796	1,890	1.0%
하남시	1,221	3,867	1,982	1,885	1.0%
성남시	1,057	2,924	1,500	1,425	0.9%

설문조사는 대표성을 갖기 위해 그 표본 수 확인에 Raosoft (Sample Size Calculator)를 이용했다. 허용오차범위 5%, 신뢰수준 95%, 응답률은 90%로 설정하였으며 설문조사 대상지역의 농가(가구) 수를 입력하여 시행할 설문조사 횟수를 확인하였다.

최소 138개의 설문조사를 진행해야 대표성을 가질 수 있는 것으로 나타났다. 평택시(21개), 파주시(17개), 이천시(18개), 안성시(21개), 화성시(29개), 여주시(17개), 양평군(17개)에서 총 138개의 설문조사를 진행하고자 한다.



What margin of error can you accept?
5% is a common choice

What confidence level do you need?
Typical choices are 90%, 95%, or 99%

What is the population size?
If you don't know, use 20000

What is the response distribution?
Leave this as 50%

Your recommended sample size is 138

<설문조사 수>

지역	설문조사 수
평택시	21
파주시	17
이천시	18
안성시	21
화성시	29
여주시	17
양평군	17
합 계	138

그림 5. 설문조사 대표성 확인

3. 설문조사 결과

3.1 파주시 설문조사 현황

파주시는 22개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 파주시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 파주시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 15. 는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 파주시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 15. 파주시 면적 대비 인구 현황(2017)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
파주시	441,019	671.32	656.94
문산읍	51,371	47.34	1,085.15
조리읍	32,615	27.42	1,189.46
법원읍	12,640	73.10	172.91
파주읍	14,306	32.22	444.01
광탄면	14,085	65.44	215.24
탄현면	14,887	61.72	241.20
월롱면	12,954	27.13	477.48
적성면	8,145	88.95	91.57
파평면	4,310	41.83	103.04
군내면	627	43.23	14.50
장단면	-	33.96	-
진동면	172	43.16	3.99
진서면	-	9.16	-
교하동	43,613	36.88	1,182.57
운정1동	44,828	9.93	4,514.40
운정2동	38,170	3.92	9,737.24
운정3동	58,529	5.91	9,903.38
금촌1동	24,144	4.50	5,365.33
금촌2동	36,154	2.72	13,291.91
금촌3동	29,469	12.80	2,302.27

자료 : 통계청



그림 6. 뇌조2리 설문조사



그림 7. 두포1리 설문조사

파주시의 경우 본 과제에서 처음으로 설문조사를 하는 지역이기 때문에 현장조사 및 개선사항을 파악하기 위해 7월 2일 사전답사 및 1차 설문조사를 하였다. 11곳의 마을회관에 방문했고 2건의 설문조사를 하였다. 9건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 3건, 이장이 부재중인 경우 5건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 1건이다.

7월 22일부터 23일까지 파주시 2차 설문조사를 하였다. 마을회관 32곳을 방문하여 18건의 설문조사를 실시하였다. 14건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 4건, 이장님이 부재중인 경우 7건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 3건이다.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 50 가구 / 전체 / 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 종류선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주세요.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 5 kg/회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? / 회(주,월)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 4:5 시간/회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화채농원 축사 펜션 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
✓	✓										✓

일 시:
 지 역: 경기도 파주시 뇌조2리
 설문지 조사자:
 면담자 성함 및 연락처: 010-8753-7040
 안 의 헌

그림 8. 뇌조2리 설문조사지

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 130 가구 / 전체 5 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중목선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해 주십시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 15 kg/회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? 회/(일, 주, 월)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 24 시간/회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화훼농원 축사 펜션 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0	0	0							0	0	0

일 시: 2019. 9. 23
 지 역: 두포1리
 설문지 조사자:
 면담자 성함 및 연락처: 조 광택

그림 9. 두포1리 설문조사지

3.2 파주시 설문조사 결과

파주시에는 총 167개의 마을회관이 있다. 이 중 선정한 총 47개의 읍·면·동 내의 마을회관의 주소를 지도에 표시한 후 동선을 고려하여 방문해 해당 마을 이장의 연락처를 파악하였고, 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사를 하였다.(그림 10. 참조)

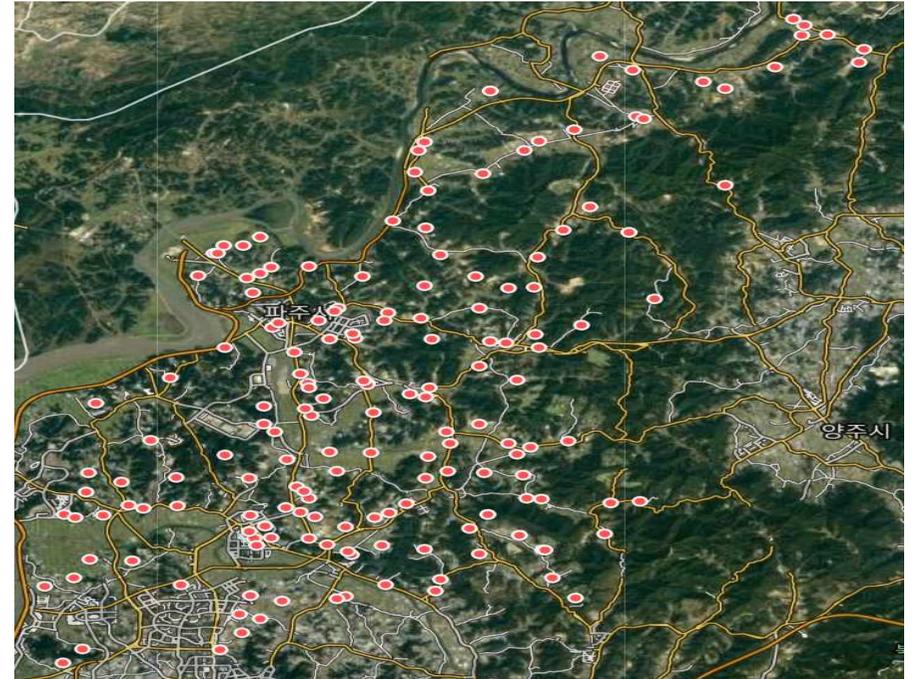


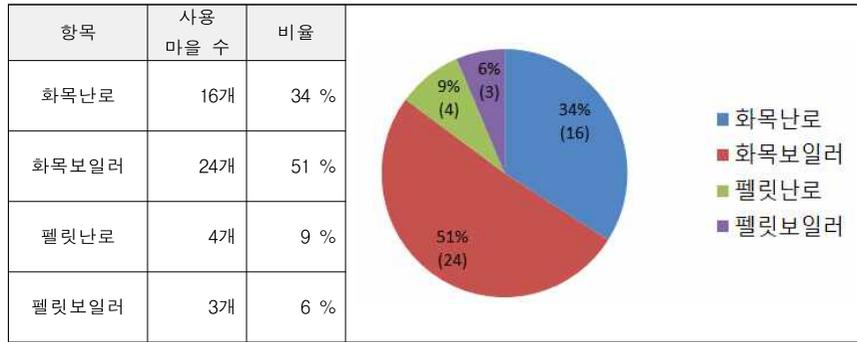
그림 10. 파주시 마을회관 현황

파주시를 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 47개의 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 11개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 36개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 36개의 마을에서 응답했으며, 그 중 5개의 마을에서 중복응답을 해 총 47개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 파주시의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 화목난로, 펠릿난로, 펠릿보일러 순으로 많이 사용되고 있다(표 16. 참조).

표 16. 파주시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 36개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 파주시의 경우, 설문조사를 진행한 36개의 마을에는 총 5,716 가구가 거주하고 있다. 그 중 145 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 19 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 2.54 %, 0.33 %로 나타났다. 파주시의 농가 가구 수인 6,897 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 145대, 펠릿난로·보일러는 22대 사용 중인 것으로 파악된다(표 17. 참조).

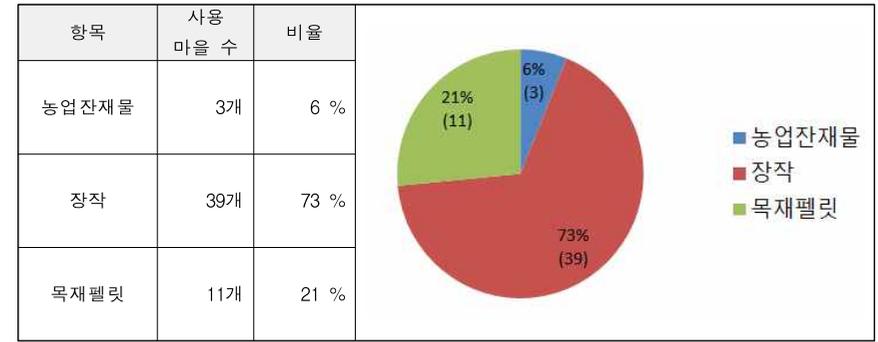
표 17. 파주시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

파주시	사용대수(설문)	전체 가구 수(설문)	비율	이천시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	145 개	5,716 가구	2.54 %	145 개
펠릿난로·보일러	19 개		0.33 %	22 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 36개의 마을 중 8개의 마을에서 중복응답을 하였다. 파주시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿과 농업잔재물 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 18. 참조).

표 18. 파주시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 7개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 했으며, 33개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 파주시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 15.56 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 13.86 kg 인 것으로 나타났다(표 19. 참조).

표 19. 파주시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	15.56 kg/일
펠릿 평균 사용량	13.86 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 파주시의 1일 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 33개 마을 평균 8.8회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 7개 마을 평균 9.9회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 9.3시간, 펠릿난로 및 보일러는 11.9시간으로 나타났다. (표 20., 표 21 참조).

표 20. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	8.8 회/주·가구	평균 사용시간	9.9 회/주·가구

표 21. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	9.3 시간/회	평균 사용시간	11.9 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 펜션, 기타공간에서 사용 되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 36개 마을 중 36개 마을 모두가 답변했으며, 그 중 2개의 마을이 각각 펜션과 기타공간(보일러실)에서도 사용되고 있다고 중복응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 16개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 9월부터 4월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 12월~2월이 가장 사용빈도가 높았고, 4월과 9월에도 사용되는 데에는 파주가 북부에 위치해있다는 점이 큰 요인으로 보여진다.

3.3 화성시 설문조사 현황

화성시는 28개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용된다. 따라서 인구밀도가 화성시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 화성시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 22.는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 화성시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 22. 화성시 면적 대비 인구 현황(2017)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
화성시	761,968	693.93	1,098.05
봉담읍	75,066	42.75	1,755.82
우정읍	17,875	59.72	299.32
향남읍	82,302	50.01	1,645.75
남양읍	37,495	67.10	558.82
매송면	7,682	27.27	281.71
비봉면	5,862	38.55	152.05
마도면	6,713	31.75	211.44
송산면	11,019	58.35	188.85
서신면	7,116	43.27	164.46
팔탄면	10,017	50.95	196.59
장안면	10,478	67.66	154.87
양감면	4,095	31.06	131.83
정남면	10,712	40.67	263.36
새솔동	11,599	3.4	3,411.47
진양동	42,348	6.23	6,799.88
병점1동	57,343	2.49	23,008.72
병점2동			
반월동	31,925	3.96	8,054.07
기배동	14,176	4.23	3,354.11
화산동	24,372	11.61	2,099.66
동탄1동	132,052	9.96	13,257.62
동탄2동			
동탄3동			
동탄4동	54,520	4.24	12,867.87
동탄5동	35,607	11.41	3,121.37
동탄6동	71,594	30.69	2,332.53

자료 : 통계청



그림 11. 수촌4리 설문조사



그림 12. 덕우리 설문조사

7월 24일부터 25일까지 화성시 내 마을 이장 대상으로 설문조사를 하였다. 마을회관 22곳을 방문하여 9건의 설문조사를 실시하였다. 13건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 3건, 이장님이 부재중인 경우 7건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 1건, 마을회관이 폐쇄된 경우 2건이다.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 ① 화목난로 ② 화목보일러 ③ 펠릿난로 ④ 펠릿보일러 ⑤ 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 가구 / 전체 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중목선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input type="checkbox"/> 침작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	100 %
<input type="checkbox"/> 기타()	

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? kg/회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 되십니까? 회/(일, 주, 월)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 시간/회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 ① 집 안 ② 비닐하우스 또는 화채농원 ③ 축사 ④ 펜션 ⑤ 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월

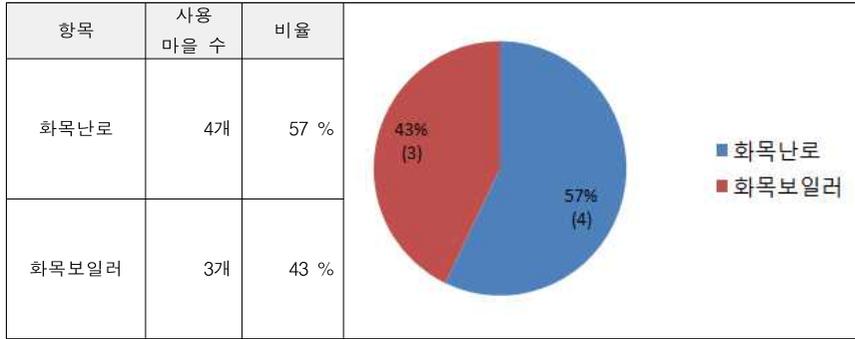
일 시: 수촌4리
 지 역: 수촌4리
 설문지 조사자: 오지 351-4811
 면담자 성함 및 연락처: 오지 351-4811
 오지 351-4811

그림 13. 수촌4리 설문조사지

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 5개의 마을에서 응답했으며, 그 중 2개의 마을에서 중복응답을 해 총 7개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다(표 23. 참조).

표 23. 화성시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 11개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 파주시의 경우, 설문조사를 진행한 11개의 마을에는 총 598 가구가 거주하고 있으며, 그 중 17 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 그 사용비율은 2.84 %로 나타났다. 화성시의 농가 가구 수인 12,484 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 460대 사용 중인 것으로 파악된다(표 24. 참조).

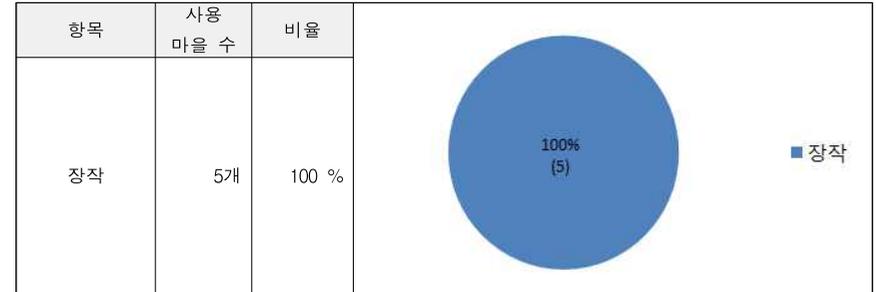
표 24. 화성시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

화성시	사용대수(설문)	전체 가구 수 (설문)	비율	이천시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	17 개	598 가구	2.89 %	354 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 설문조사를 진행한 11개 마을에서 모두 장작을 사용하는 것으로 나타났다(표 25. 참조).

표 25. 화성시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목에서는 장작에 대한 가구당 평균 사용량이 하루 평균 7.3 kg인 것으로 나타났다(표 26. 참조).

표 26. 화성시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	7.3 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 사용횟수는 5개 마을 평균 7회로 나타났으며, 그 사용시간은 회당 17.2 시간으로 나타났다. 화성시의 경우도 보통 한 번 난방기기를 점화시키면 불을 꺼트리지 않고 연료의 투입을 조절해 사용한다고 응답했으며, 이 때문에 1회 사용시간이 24시간으로 책정되어 평균 사용시간이 높게 나타난 것으로 볼 수 있다(표 27.,28. 참조).

표 27. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	7 회/주·가구

표 28. 파주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	17.2 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 5개 마을 모두 주거공간에서 사용되는 것으로 조사되었다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 5개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 3월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 12월~2월이 가장 사용빈도가 높은 것으로 나타났다. 파주시의 결과와 비교했을 때, 파주의 경우 총 여덟달(9월~4월)에 걸쳐 사용되고 있는 것으로 나타나고 있는 반면, 화성시의 경우 총 여섯달(10월~3월)에 걸쳐 사용되고 있는 것으로 나타났다.

3.5 이천시 설문조사 현황

이천시는 14개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 이천시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 이천시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 29. 는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 이천시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 29. 이천시 면적 대비 인구 현황(2016)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
이천시	215352	462.326	27518.19
부발읍	39195	41.88	935.8883
장호원읍	16403	60.35	271.7978
대월면	14298	31.44	454.771
마장면	8253	51.36	160.6893
백사면	10794	32.55	331.6129
신둔면	11345	36.46	311.1629
설성면	5491	51.66	106.2911
호법면	6021	37.93	158.7398
모가면	5174	40.99	126.2259
율면	3205	36.77	87.16345
관고동	10791	7.756	1391.31
중리동	15197	22.09	687.9584
증포동	49367	9.96	4956.526
창전동	19818	1.13	17538.05

자료 : 통계청



그림 16. 도봉2리 설문조사



그림 17. 고척4리 설문조사

9월 10일 이천시 설문조사를 하였다. 마을회관 24곳을 방문하여 14개의 마을에서 설문 조사를 실시하였다. 10건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 3건, 이장님이 부재중인 경우 5건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 2건이다.

도봉2리

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

- 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로
- 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 2 가구 / 전체 7 가구
- 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	100%
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

- 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? kg/회
- 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? 회(일, 주, 월)
- 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇시간 태우십니까? 시간/회
- 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화체농원 축사 펜션 기타()
- 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
√	√	√								√	√

그림 18. 도봉2리 설문조사지

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지 (예천군 고척4리)

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

- 귀리가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로
- 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 1 가구 / 전체 5 가구
- 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input checked="" type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

- 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까?
 kg/회 22g/1회
- 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까?
 회/(일, 주, 월) 5/주
- 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇시간 태우십니까?
 시간/회 8/1
- 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화채농원 축사 펜션 기타()
- 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
√	√										√

그림 19. 고척4리 설문조사지

3.6 이천시 설문조사 결과

이천시에는 총 411개의 마을회관이 있다. 이 중 선정한 총 24개의 읍·면·동 내의 마을회관의 주소를 지도에 표시한 후 동선을 고려하여 방문해 해당 마을 이장의 연락처를 파악하였고, 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사를 하였다.(그림 20. 참조)

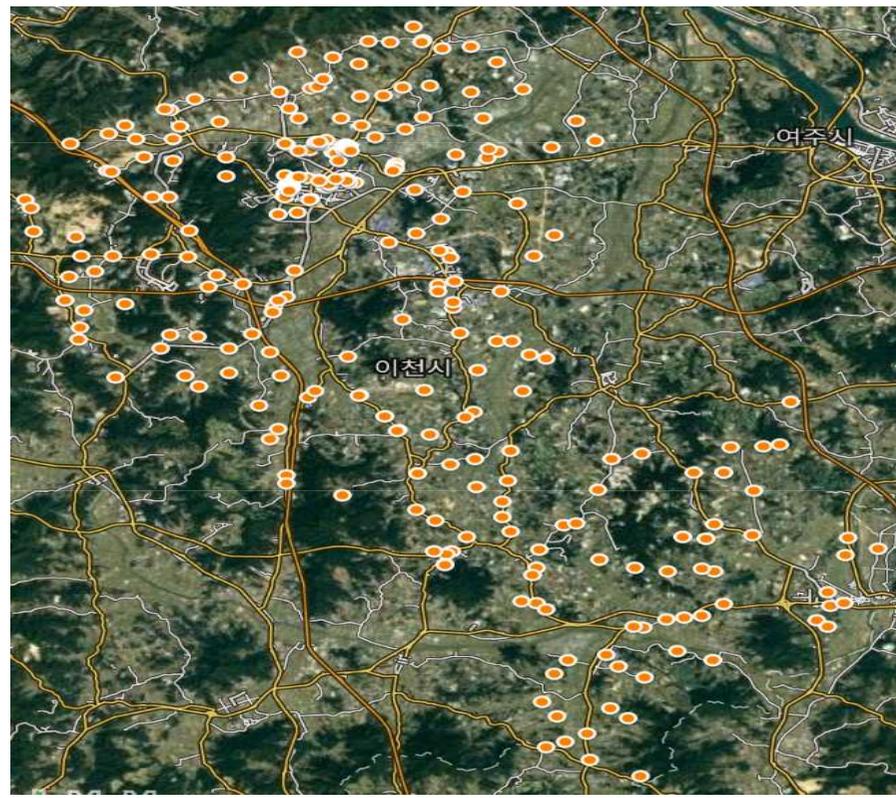


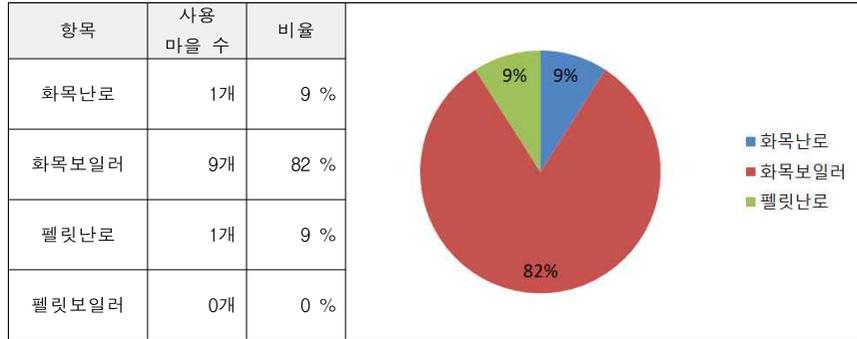
그림 20. 이천시 마을회관 현황(자료 : 구글지도)

이천시를 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 14개의 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 3개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 11개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 11개의 마을에서 응답했으며 총 11개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 이천시외의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 화목난로, 펠릿난로 순으로 많이 사용되고 있다(표 30. 참조).

표 30. 이천시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 14개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 이천시의 경우, 설문조사를 진행한 14개의 마을에는 총 762 가구가 거주하고 있다. 그 중 22 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 1 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 2.89 %, 0.13 %로 나타났다. 이천시의 농가 가구 수인 7,549 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 218대, 펠릿난로·보일러는 9대 사용 중인 것으로 파악된다(표 31. 참조).

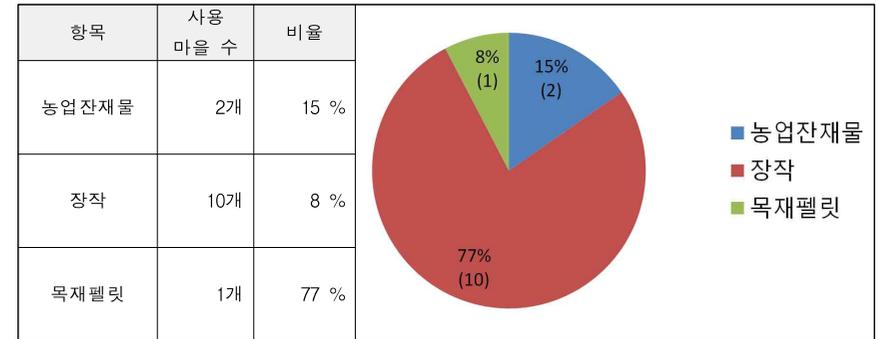
표 31. 이천시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

이천시	사용대수(설문)	전체 가구 수 (설문)	비율	이천시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	22 개	762 가구	2.89 %	218 개
펠릿난로·보일러	1 개		0.13 %	9 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 11개의 마을 중 2개의 마을에서 중복응답을 하였다. 이천시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 농업잔재물과 목재펠릿 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 32. 참조).

표 32. 이천시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 1개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 하였고, 11개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 이천시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 30 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 14 kg 인 것으로 나타났다(표 33. 참조).

표 33. 이천시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	30 kg/일
펠릿 평균 사용량	14 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 이천시 1주 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 11개 마을 평균 8회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 1개 마을에서 5회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 4.4시간, 펠릿난로 및 보일러는 8시간으로 나타났다. (표 34., 표 35 참조).

표 34. 이천시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	8 회/주·가구	평균 사용횟수	5 회/주·가구

표 35. 이천시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	4.4 시간/회	평균 사용시간	8 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 비닐하우스, 기타공간에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 11개 마을 중 8개 마을이 답변했으며, 1개의 마을이 비닐하우스, 4개 마을이 기타공간(창고)에서도 사용되고 있다고 응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 11개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 9월부터 4월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 12월~2월이 가장 사용빈도가 높았고, 4월과 9월에도 사용되는 데에는 이천의 농가 비율이 높기 때문에 노천소각이 큰 요인으로 보여진다.

3.7 양평군 설문조사 현황

양평군은 12개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 양평군의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 양평군의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 36. 는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 양평군 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 36. 양평군 면적 대비 인구 현황(2017)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
양평군	118,039	789.86	149.44
양평읍	30,819	42.29	728.75
강상면	10,111	37.91	266.71
강하면	4,692	31.40	149.43
양서면	12,951	59.95	216.03
옥천면	7,798	65.85	118.42
서종면	9,354	92.84	100.75
단월면	3,895	107.94	36.08
청운면	3,788	96.59	39.22
양동면	4,638	120.40	38.52
지평면	7,172	77.79	92.20
용문면	17,638	102.24	172.52
개군면	5,183	32.45	159.72

자료 : 통계청



그림 21. 정배2리 설문조사



그림 22. 문호3리 설문조사

9월 11일 양평군 설문조사를 하였다. 마을회관 28곳을 방문하여 18건의 설문조사를 실시하였다. 10건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 3건, 이장님이 부재중인 경우 4건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 3건이다.

13

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

- 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로
- 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 10 가구 / 전체 170 가구
- 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 종복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

- 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 5 kg/회
- 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 되십니까? 5회/일 (10월)
- 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 10 시간/회
- 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화훼농원 축사 펜션 기타()
- 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0	0	0								0	0
28%	25%	15%								10%	25%

일시: _____
 지역: 양평군
 설문지 조사자: 김우진
 면담자 성함 및 연락처: 김우진

그림 23. 정배2리 설문조사지

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

- 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로
- 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 1 가구 / 전체 23 가구
- 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중목선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주세요.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업산재물	20%
<input type="checkbox"/> 장작	60%
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	20%
<input type="checkbox"/> 기타()	100%

- 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 10 kg/회
- 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? 7 회(일,중,월)
- 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 24 시간/회
- 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화채농원 축사 펜션 기타()
- 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
90%	90%								20%	90%	90%

일 시: _____
 지 역: 문호3리
 설문지 조사자: _____
 면담자 성함 및 연락처: 김영

그림 24. 문호3리 설문조사지

3.8 양평군 설문조사 결과

양평군에는 총 개의 272마을회관이 있다. 이 중 선정한 총 28개의 읍·면·동 내의 마을회관의 주소를 지도에 표시한 후 동선을 고려하여 방문해 해당 마을 이장의 연락처를 파악하였고, 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사를 하였다.(그림 25. 참조)

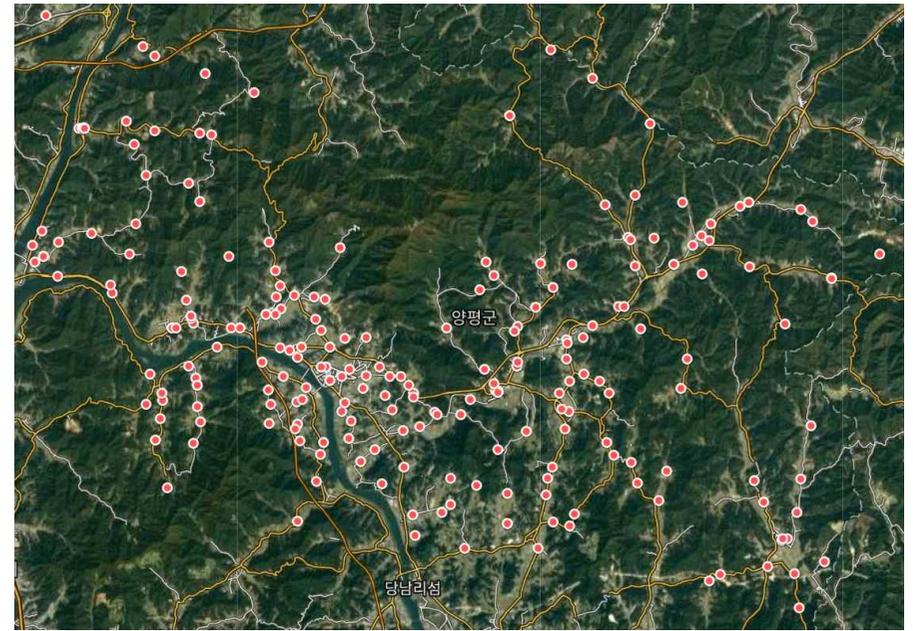


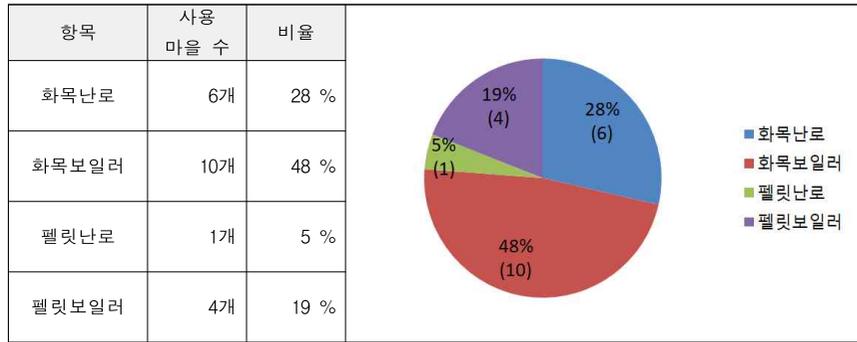
그림 25. 양평군 마을회관 현황(구글 : 구글지도)

양평군을 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 18개의 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 1개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 17개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 17개의 마을에서 응답했으며, 그 중 2개의 마을에서 중복응답을 해 총 19개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 양평군의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 화목난로, 펠릿보일러, 펠릿난로 순으로 많이 사용되고 있다(표 37. 참조).

표 37. 양평군에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 18개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 양평군의 경우, 설문조사를 진행한 18개의 마을에는 총 1,523 가구가 거주하고 있다. 그 중 189 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 36 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 12.41 %, 2.36 %로 나타났다. 양평군의 농가 가구 수인 7,118 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 883대, 펠릿난로·보일러는 167대 사용 중인 것으로 파악된다(표 38. 참조).

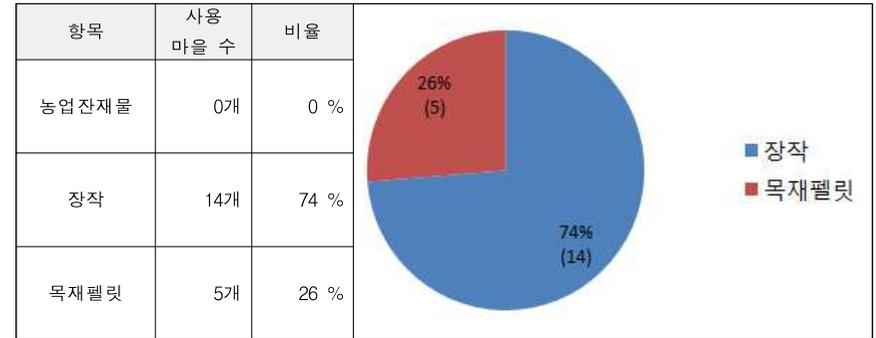
표 38. 양평군의 목재 난방기기 사용대수(추정)

양평군	사용대수(설문)	전체 가구 수(설문)	비율	양평군 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	189 개	1,523 가구	12.41 %	883 개
펠릿난로·보일러	36 개		2.36 %	167 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 17개의 마을 중 17개의 마을에서 중복응답을 하였다. 양평군의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 39. 참조).

표 39. 양평군에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 5개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 했으며, 16개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 양평군의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 7.88 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 12.44 kg 인 것으로 나타났다(표 40. 참조).

표 40. 양평군의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	7.88 kg/일
펠릿 평균 사용량	12.44 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 양평군의 주간 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 16개 마을 평균 7.29회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 5개 마을 평균 5.33회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 9.64시간, 펠릿난로 및 보일러는 5.67시간으로 나타났다. (표 41., 42. 참조).

표 41. 양평군의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	7.29 회/주·가구	평균 사용시간	5.33 회/주·가구

표 42. 양평군의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	9.64 시간/회	평균 사용시간	5.67 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 비닐하우스, 기타공간에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 19개 마을 중 15개 마을에서 답변했으며, 그 중 2개의 마을이 각각 비닐하우스와 기타공간(보일러실)에서도 사용되고 있다고 중복응답하였고, 4개의 마을에서는 미응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 19개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 4월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 12월~2월이 가장 사용빈도가 높았다.

3.9 안성시 설문조사 현황

안성시는 15개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 안성시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 안성시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 44. 는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 안성시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 43. 안성시 면적 대비 인구 현황(2016)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
안성시	192437	553.47	347.69
공도읍	57802	31.96	1808.57
보개면	6337	53.01	119.54
금광면	8520	71.71	118.81
서운면	4391	36.28	121.03
미양면	7800	33.73	231.25
대덕면	18429	31.16	591.43
양성면	6048	53.17	113.75
원곡면	5564	37.83	147.08
고삼면	2170	27.79	78.09
일죽면	9171	55.54	165.12
죽산면	7914	57.26	138.21
삼죽면	4458	39.07	114.10
안성1동	12773	6.55	1950.08
안성2동	18881	10.14	1862.03
안성3동	22179	8.27	2681.86

자료 : 통계청

안성 1.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러 화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 백난로 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 백난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러 백난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 1 가구 전체 38 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 증목선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 증업간재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 10 kg 회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? 7 회 0.5 일

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 8 시간 회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화훼농원 축사 편선 기타

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>

일 시: 동양
 지역: 동양
 설문지 조사자: 권영준
 민담자 성함 및 연락처:

그림 29. 동양리 설문조사지

3.10 안성시 설문조사 결과

안성시에는 총 479개의 마을회관이 있다. 이 중 선정한 총 17개의 읍·면·동 내의 마을회관의 주소를 지도에 표시한 후 동선을 고려하여 방문해 해당 마을 이장의 연락처를 파악하였고, 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사를 하였다.(그림 30. 참조)

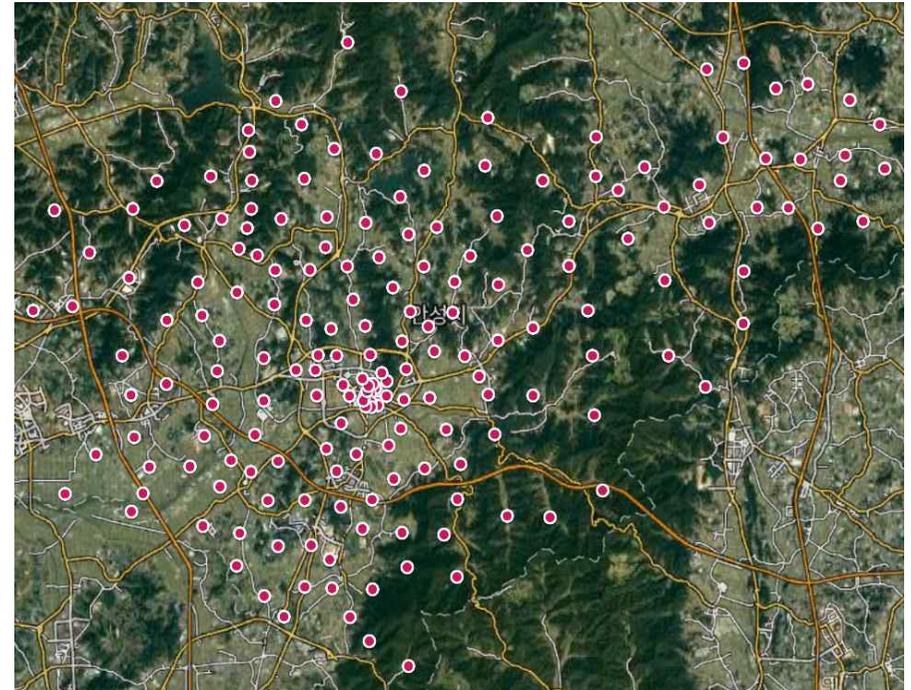


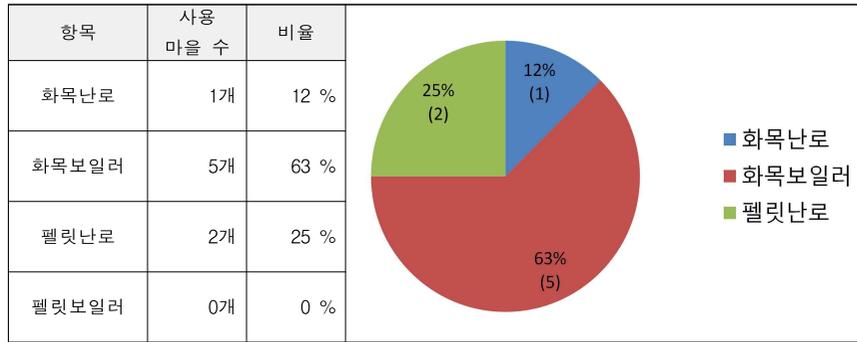
그림 30. 안성시 마을회관 현황(자료 : 구글지도)

안성시를 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 11개의 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 6개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 11개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 개의 마을에서 응답했으며, 그 중 2개의 마을에서 중복응답을 해 총 15개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 안성시의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 펠릿난로, 화목난로 순으로 많이 사용되고 있다(표 45. 참조).

표 44. 안성시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 15개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 안성시의 경우, 설문조사를 진행한 15개의 마을에는 총 542 가구가 거주하고 있다. 그 중 11 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 2 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 2.03 %, 0.37 %로 나타났다. 안성시의 농가 가구 수인 8,603 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 174대, 펠릿난로·보일러는 31대 사용 중인 것으로 파악된다(표 45. 참조).

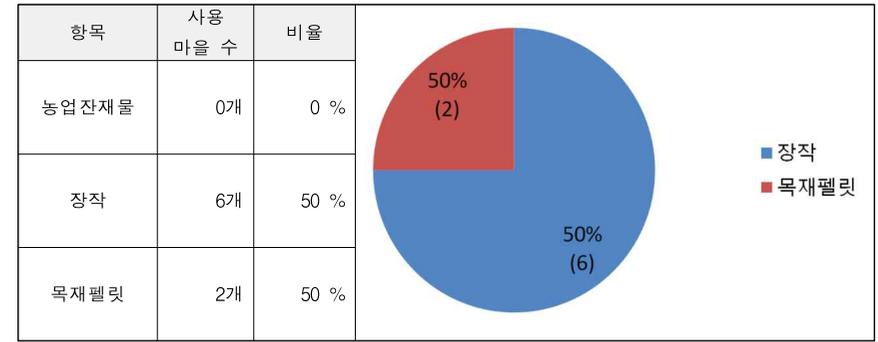
표 45. 안성시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

안성시	사용대수(설문)	전체 가구 수(설문)	비율	안성시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	11 개	542 가구	2.03 %	174 개
펠릿난로·보일러	2 개		0.37 %	31 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 8개의 마을 중 2개의 마을에서 중복응답을 하였다. 안성시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿과 농업잔재물 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 46. 참조).

표 46. 안성시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 5개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 하였고, 6개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 안성시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 12.91 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 14.71 kg 인 것으로 나타났다(표 47. 참조).

표 47. 안성시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	12.91 kg/일
펠릿 평균 사용량	14.71 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 안성시의 1주 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 8개 마을 평균 8회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 2개 마을 평균 10.3회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 5.11시간, 펠릿난로 및 보일러는 6.49시간으로 나타났다. (표 48., 49. 참조).

표 48. 안성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	8 회/주·가구	평균 사용횟수	10.3 회/주·가구

표 49. 안성시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	5.11 시간/회	평균 사용시간	6.49 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 펜션에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 8개 마을 중 7개 마을이 답변했으며, 1개의 마을이 비닐하우스, 펜션, 기타공간(창고)에서도 사용되고 있다고 응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 8개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 3월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 11월~2월이 가장 사용빈도가 높았다.

3.11 평택시 설문조사 결과

평택시는 23개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 평택시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 평택시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 50. 는 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 평택시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 50. 평택시 면적 대비 인구 현황(2016)

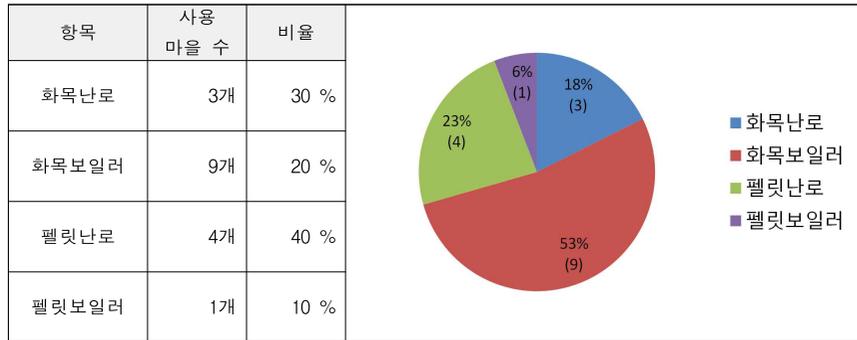
구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
평택시	470832	458.13	1027.72
팽성읍	29075	56.53	514.32
안중읍	41182	28.47	1446.50
포승읍	26149	60.46	432.50
청북읍	24903	52.56	473.80
진위면	12570	34.01	369.59
서탄면	4141	28.63	144.63
고덕면	11638	35.06	331.94
오성면	7186	32.5	221.10
현덕면	6091	45.89	132.73
중앙동	46054	8.14	5657.74
서정동	30502	2.55	11961.57
송탄동	15767	20.33	775.55
지산동	11326	0.66	17160.61
송북동	23210	7.16	3241.62
신장1동	6579	1.58	4163.92
신장2동	6617	0.69	9589.85
신평동	24537	6.45	3804.18
원평동	12600	5.02	2509.96
통복동	4452	0.36	12366.67
비전1동	45288	15.48	2925.58
비전2동	50696	6.97	7273.45
용이동	24680	2.64	9348.48
세교동	22429	7.96	2817.71

자료 : 통계청

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 개의 마을에서 응답했으며, 그 중 2개의 마을에서 중복응답을 해 총 17개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 평택시의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 펠릿난로, 화목난로, 펠릿보일러 순으로 많이 사용되고 있다(표 51. 참조).

표 51. 평택시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 17개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 평택시의 경우, 설문조사를 진행한 17개의 마을에는 총 849 가구가 거주하고 있다. 그 중 44 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 8 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 5.18 %, 0.94 %로 나타났다. 평택시의 농가 가구 수인 7,325 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 460대, 펠릿난로·보일러는 68대 사용 중인 것으로 파악된다(표 52. 참조).

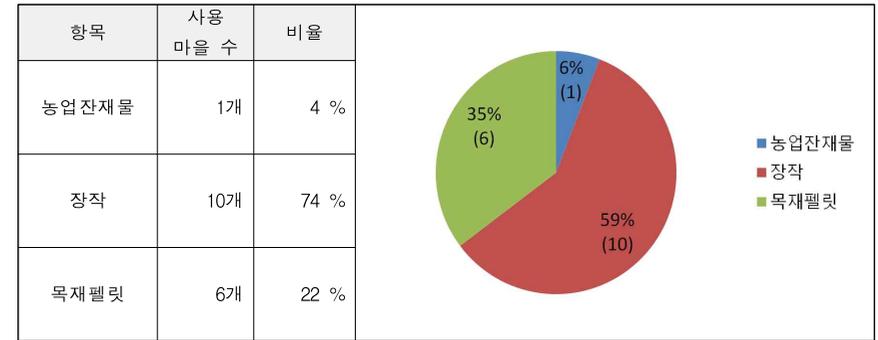
표 52. 평택시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

평택시	사용대수(설문)	전체 가구 수 (설문)	비율	평택시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로 · 보일러	44 개	849 가구	5.18 %	460 개
펠릿난로 · 보일러	8 개		0.94 %	68 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 17개의 마을 중 4개의 마을에서 중복응답을 하였다. 평택시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿과 농업잔재물 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 53. 참조).

표 53. 평택시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 6개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 했으며, 9개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 농업잔재물과 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 평택시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 29.15 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 12.56 kg 인 것으로 나타났다(표 54. 참조).

표 54. 평택시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	29.65 kg/일
펠릿 평균 사용량	14.61 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 평택시의 1주 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 12개 마을 평균 7.12회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 5개 마을 평균 8.14회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 17.2시간, 펠릿난로 및 보일러는 7.47시간으로 나타났다. (표 55, 표 56. 참조).

표 55. 평택시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	7.12 회/주·가구	평균 사용횟수	8.14 회/주·가구

표 56. 평택시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	17.2 시간/회	평균 사용시간	7.47 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 비닐하우스, 펜션, 기타공간에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 15개 마을 중 15개 마을이 모두 답변했으며, 그 중 3개의 마을이 각각 비닐하우스, 펜션, 기타공간(창고)에서도 사용되고 있다고 응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 15개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 3월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 12월~2월이 가장 사용빈도가 높았다.

3.13 여주시 설문조사 현황

여주시는 13개의 행정구역으로 나누어져 있고, 면적 대비 인구밀도가 지역의 개발 정도에 따라 다르기 때문에 먼저 인구밀도를 파악하였다. 일반적으로 화목 연소 사용은 도시가스가 공급된 지역보다 미공급 지역에서 겨울철 난방을 목적으로 많이 사용한다. 따라서 인구밀도가 여주시의 총 인구밀도보다 높은 지역은 대부분 도시가스가 들어와 있기 때문에 화목 연소 사용 현황 파악 대상에서 제외하였고, 여주시의 총 인구밀도보다 낮은 읍·면·동을 대상 지역으로 선정하였다.

표 57. 은 대상 읍·면·동을 선정하기 위해 여주시 총 면적 대비 인구밀도와 행정구역 별 인구밀도 현황이다.

표 57. 여주시 면적 대비 인구 현황(2016)

구분	인구(명)	면적(km ²)	인구밀도(명/km ²)
여주시	111,415	607.70	183.34
여흥동	21,659	38.72	559.38
중앙동	19,820	17.77	1,115.36
오학동	14,845	16.88	879.44
가남읍	16,203	75.32	215.12
점동면	4,904	71.68	68.42
능서면	6,648	53.13	125.13
흥천면	5,180	44.22	117.14
금사면	3,098	41.71	74.27
산북면	2,534	32.86	77.12
대신면	7,464	75.87	98.38
북내면	5,227	65.75	79.50
강천면	3,833	74.05	51.76

자료 : 통계청



그림 36. 후포2리 설문조사



그림 37. 장풍3리 설문조사

10월 7일 여주시 설문조사를 하였다. 마을회관 34곳을 방문하여 22개의 마을에서 설문 조사를 실시하였다. 12건의 마을에 대해 설문조사를 하지 못한 이유는 마을회관에 사람이 없는 경우 6건, 이장님이 부재중인 경우 3건, 설문조사가 부담스러워서 응답하지 않은 경우 4건이다.

여주.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

- 귀가가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로
- 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 1 가구 / 전체 28 가구
- 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주세요.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

- 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 10 kg/회
- 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 됩니까? 1 회 (1 주/월)
- 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 24 시간 회
종일
- 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화훼농원 축사 쉼터 기타()
- 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
✓	✓										✓

일 시: 후포2리
 지 역: 후포2리
 설문지 조사자: 이석수
 면담자 성함 및 연락처: 이석수

그림 38. 후포2리 설문조사지

여주 1.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?
 화목난로 화목보일러 펠릿난로 펠릿보일러 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?
 1 가구 / 전체 37 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?
 중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 10 kg 회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 되십니까? 1 회 (주,체)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇 시간 태우십니까? 24 시간 회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?
 집 안 비닐하우스 또는 화훼농원 축사 펜션 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

일 시:
 지 역: 장풍3리
 설문지 조사자: 이재용
 면담자 성함 및 연락처: 이재용

그림 39. 장풍3리 설문조사지

3.14 여주시 설문조사 결과

여주시에는 총 146개의 마을회관이 있다. 이 중 선정된 총 34개의 읍·면·동 내의 마을회관의 주소를 지도에 표시한 후 동선을 고려하여 방문해 해당 마을 이장의 연락처를 파악하였고, 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사를 하였다.(그림 40. 참조)

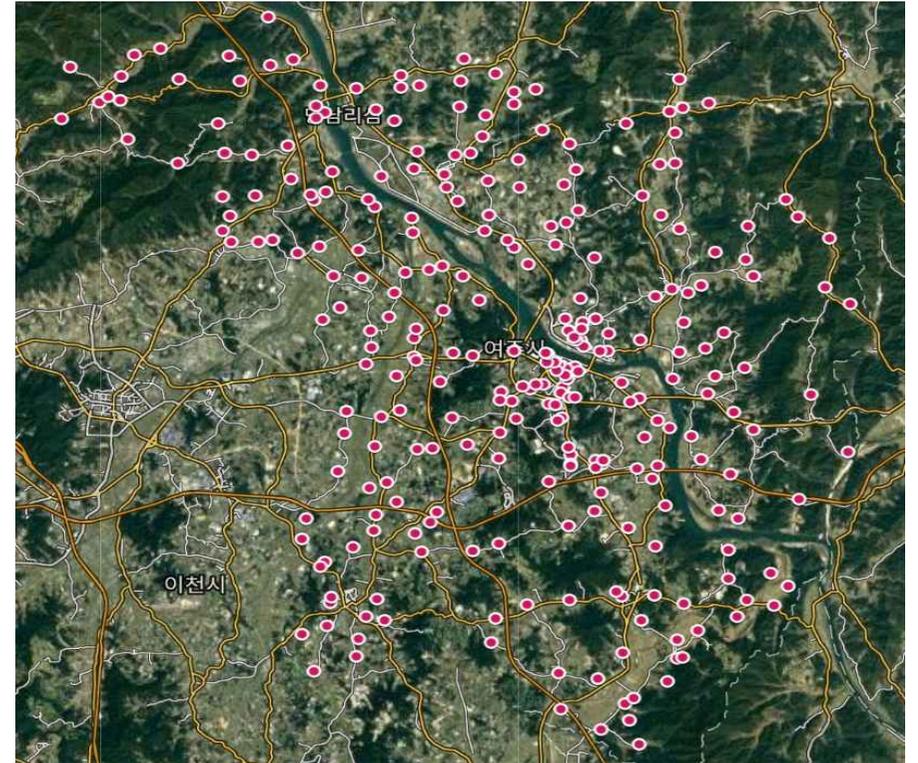


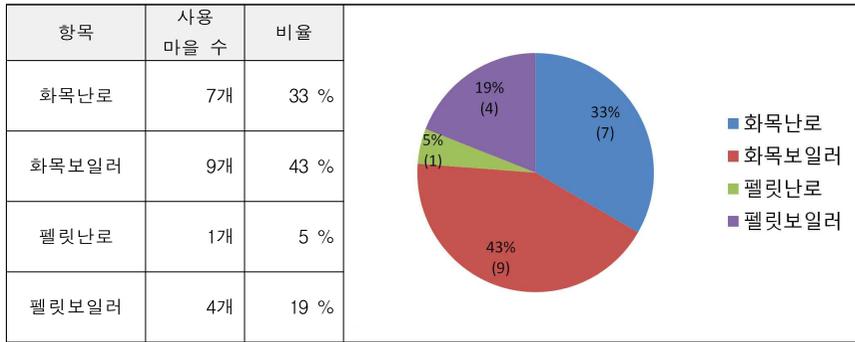
그림 40. 여주시 마을회관 현황(자료 : 구글지도)

여주시를 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 22개의 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 5개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 17개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 개의 마을에서 응답했으며, 그 중 4개의 마을에서 중복응답을 해 총 21개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 여주시의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 펠릿난로, 화목난로, 펠릿보일러 순으로 많이 사용되고 있다(표 58. 참조).

표 58. 여주시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 화목난로 및 보일러를 사용하는 가구 수

해당 난방기기를 사용하는 가구 수를 묻는 문항은 22개의 마을에서 응답한 내용을 바탕으로 작성하였다. 여주시의 경우, 설문조사를 진행한 22개의 마을에는 총 689 가구가 거주하고 있다. 그 중 24 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 7 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 3.48 %, 1.02 %로 나타났다. 여주시의 농가 가구 수인 7,325 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 254대, 펠릿난로·보일러는 75대 사용 중인 것으로 파악된다(표 59. 참조).

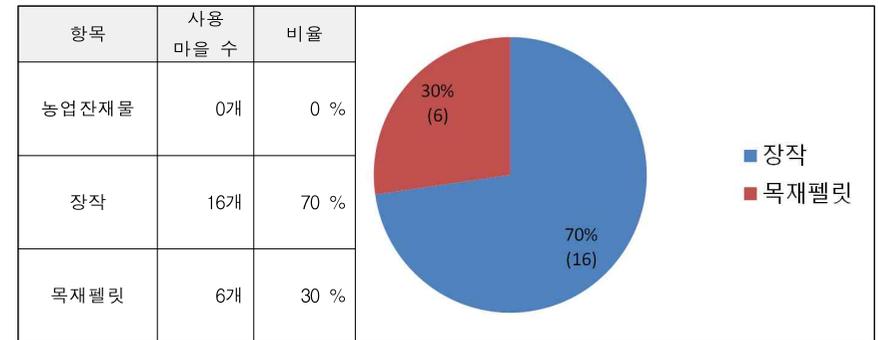
표 59. 여주시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

여주시	사용대수(설문)	전체 가구 수 (설문)	비율	여주시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로 · 보일러	24 개	689 가구	3.48 %	254 개
펠릿난로 · 보일러	7 개		1.02 %	75 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 22개의 마을 중 4개의 마을에서 중복응답을 하였다. 여주시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿과 농업잔재물 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 60. 참조).

표 60. 여주시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 5개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 했으며 1개 마을은 중복응답을 하였고, 16개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 여주시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 7.88 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 11.15 kg 인 것으로 나타났다(표 61. 참조).

표 61. 여주시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	7.88 kg/일
펠릿 평균 사용량	11.15 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 여주시의 1주 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 16개 마을 평균 7.29회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 5개 마을 평균 4.78회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 7.47시간, 펠릿난로 및 보일러는 5.67시간으로 나타났다. (표 62., 표 63. 참조).

표 62. 여주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	7.29 회/주·가구	평균 사용횟수	4.78 회/주·가구

표 63. 여주시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	7.47 시간/회	평균 사용시간	5.67 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 펜션에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 17개 마을 중 15개 마을이 답변했으며, 1개의 마을이 비닐하우스, 펜션, 기타공간(창고)에서도 사용되고 있다고 응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 15개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 3월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 11월~2월이 가장 사용빈도가 높았다.

3.15 과천, 동두천, 고양, 용인 설문조사 현황

본 연구에서는 당초 계획했던 7개의 설문조사 대상지역을 포함하여 경기도의 행정적 지원을 받아 도내 4개 도시(과천시, 동두천시, 고양시, 용인시)의 목재 난방용 기기의 사용 현황을 추가적으로 파악하였다.

과천시, 동두천시, 고양시, 용인시에 해당하는 4개의 도시의 행정구역(시·군·구)별 농가 가구 현황 및 비율은 아래 표 64.와 같다. 4개 지역의 농가비율의 합은 전체 농가의 11.1%로 나타났다.

표 64. 설문조사 대상지역(2017)

행정구역별	농가(가구)	농가인구(명)	농가인구(남)	농가인구(여)	농가 비율(%)
과천시	378	1,136	562	574	0.3%
동두천시	719	2,022	1,019	1,002	0.6%
고양시	5,528	16,417	7,891	8,526	4.7%
용인시	6,446	18,019	9,119	8,901	5.5%
계	13,071	37,594	18,591	19,003	11.1 %

과천시, 동두천시, 고양시, 용인시에서는 도시별 각 3, 7, 6, 37 개의 마을에 대해 설문 조사가 시행되었다.

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?

- ① 화목난로 ② 화목보일러 ③ 펠릿난로 ④ 펠릿보일러 ⑤ 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?

6 가구 / 전체 40 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?

중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input type="checkbox"/> 장작	100
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? >0 kg/회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 되십니까? > 회(일, 주, 월)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇시간 태우십니까? 1-2 시간/회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?

- ① 집 안 ② 비닐하우스 또는 화훼농원 ③ 축사 ④ 펜션 ⑤ 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까? (%)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
15	15	15	10						15	15	15

그림 41. 용인시 원삼면 설문조사지 1

목재난로 및 보일러 사용 현황 파악을 위한 설문조사지

목재난로 및 보일러(화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러, 벽난로) 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 항목입니다.

1. 귀하가 사용하고 있는 난로의 종류는 무엇입니까?

- ① 화목난로 ② 화목보일러 ③ 펠릿난로 ④ 펠릿보일러 ⑤ 벽난로

2. 귀 마을에 목재난로 및 보일러, 벽난로를 사용 중인 가구는 몇 가구입니까?

10 가구 / 전체 45 가구

3. 목재난로 및 보일러 이용 시 사용하는 연료는 주로 무엇입니까?

중복선택 가능하며, 각 연료별로 차지하는 비율을 작성해주시시오.

구분	비율
<input type="checkbox"/> 농업잔재물	
<input checked="" type="checkbox"/> 장작	
<input type="checkbox"/> 목재펠릿	
<input type="checkbox"/> 기타()	100 %

4. 목재난로 및 보일러를 1회 가동 할 때 사용되는 연료는 보통 얼마나 됩니까? 30-40 kg/회

5. 목재난로 및 보일러를 사용하는 횟수는 보통 어떻게 되십니까? > 회(일, 주, 월)

6. 목재난로 및 보일러를 가동할 경우 1회에 보통 몇시간 태우십니까? 1 시간/회

7. 목재난로 및 보일러는 주로 어디에서 사용하십니까?

- ① 집 안 ② 비닐하우스 또는 화훼농원 ③ 축사 ④ 펜션 ⑤ 기타()

8. 월별로 목재난로 및 보일러 사용 비율은 어떻게 됩니까?

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0	0	0							0	0	0

그림 42. 용인시 원삼면 설문조사지 2

3.16 과천, 동두천, 고양, 용인 설문조사 결과

설문조사가 행해진 과천시, 동두천시, 고양시, 용인시 4개의 도시에는 각각 총 17개, 30개, 90개, 203개의 마을회관이 있다. 이 중 3개, 7개, 6개, 37개의 마을에 대해 마을의 특성을 잘 파악하고 있는 이장을 대상으로 설문조사가 이루어졌다.

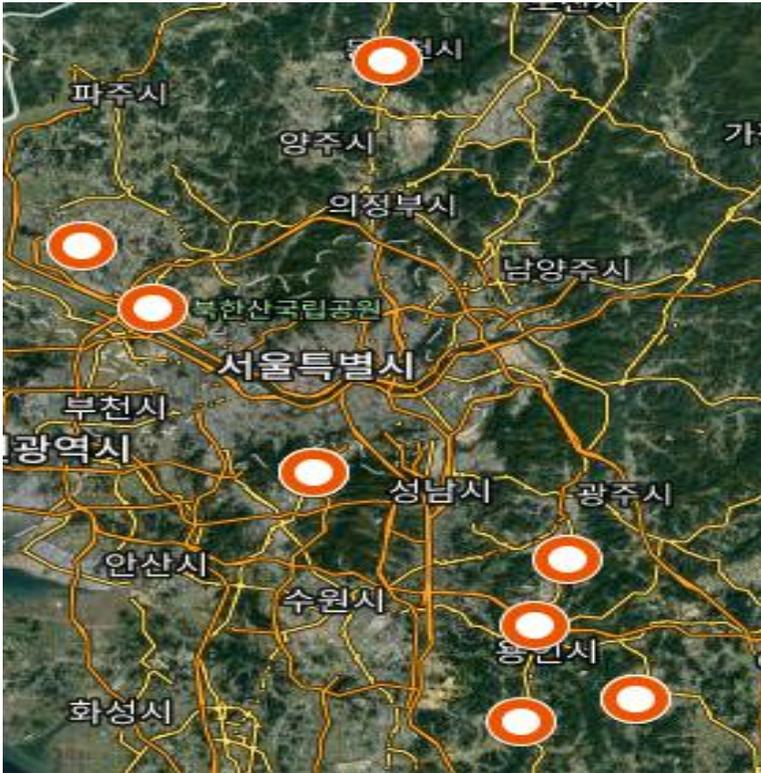


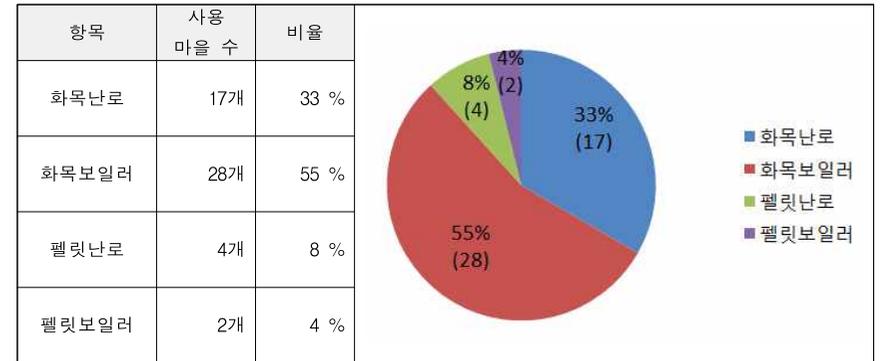
그림 43. 해당도시 마을회관 현황(자료 : 구글지도)

4개 도시를 대상으로 화목난로 및 보일러 사용 실태 현황 파악을 위한 조사 결과, 총 53개 마을에서 설문조사에 응했으며, 그 중 3개의 마을은 해당 난방기기를 사용하지 않는다고 답하였다. 해당 난방기기를 사용하는 50개 마을에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

가) 사용하는 난방기기의 종류

사용하고 있는 난방기기의 종류를 묻는 문항에는 50개의 마을에서 응답했으며, 그 중 1개의 마을에서 중복응답을 해 총 51개의 응답지를 기준으로 그래프를 작성하였다. 위 네 개 도시의 경우, 화목보일러의 사용이 가장 많았으며, 화목난로, 펠릿난로, 펠릿보일러 순으로 많이 사용되고 있다(표 65. 참조).

표 65. 해당 도시에서 사용하는 난방기기의 종류



나) 해당 난방기기를 사용하는 가구 수

위 네 개 도시의 경우, 설문조사를 진행한 50개의 마을에는 총 2,841 가구가 거주하고 있다. 그 중 178 가구가 화목난로 및 보일러를 사용한다고 응답했고, 40 가구는 펠릿난로 및 보일러를 사용한다고 응답했으며, 사용비율은 각각 2.87 %, 0.65 %로 나타났다. 해당 네 개 도시의 농가 가구 수인 13,071 가구로 각 목재 난방기기의 비율로 추정하면 화목난로·보일러는 375대, 펠릿난로·보일러는 84대 사용 중인 것으로 파악된다(표 66. 참조).

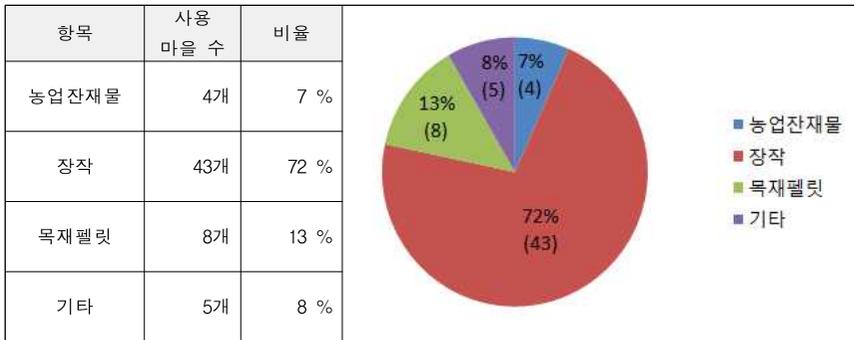
표 66. 해당도시의 목재 난방기기 사용대수(추정)

	사용대수(설문)	전체 가구 수 (설문)	비율	해당도시 목재 난방기기 사용대수(추정)
화목난로·보일러	178 개	6,198 가구	2.87 %	375 개
펠릿난로·보일러	40 개		0.65 %	84 개

다) 사용연료

사용하는 연료에 대한 조사는 농업잔재물, 장작, 목재펠릿으로 3종류를 대상으로 진행하였으며, 50개의 마을 중 6개의 마을에서 중복응답을 하였다. 해당 도시의 경우, 장작의 사용이 가장 많았으며, 목재펠릿과 농업잔재물 순으로 사용이 많은 것으로 나타났다(표 67. 참조). 기타(폐목재, 일반쓰레기)연료를 사용한다는 답변도 나타났다.

표 67. 해당도시에서 사용하는 연료의 종류



라) 연료 사용량

1회 가동시 사용하는 연료량에 대한 항목은 6개의 마을에서 펠릿난로 및 보일러 사용에 관한 응답을 했으며, 44개의 마을은 화목난로 및 보일러의 연료로 장작 사용시 사용량에 대한 응답을 하였다. 해당 도시의 장작에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 14.36 kg, 펠릿에 대한 가구당 평균 사용량은 하루 평균 7.10 kg 인 것으로 나타났다(표 68. 참조).

표 68. 해당도시의 마을당 평균 연료 사용량

마을	연료 사용량(kg/일·가구평균)
장작 평균 사용량	14.36 kg/일
펠릿 평균 사용량	7.10 kg/일

마) 사용횟수 및 사용시간

해당 난방기기에 대한 위 네 개 도시의 1주 사용횟수는 화목난로 및 보일러는 44개 마을 평균 8.5회로 나타났으며, 펠릿난로 및 보일러는 6개 마을 평균 8.8회로 나타났다. 평균 사용시간은 화목난로 및 보일러는 회당 7.47시간, 펠릿난로 및 보일러는 5.67시간으로 나타났다. (표 69., 표 70. 참조).

표 69. 해당도시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용횟수

마을	화목 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용횟수(회/주·가구)
평균 사용횟수	8.5 회/주·가구	평균 사용횟수	8.8 회/주·가구

표 70. 해당도시의 마을당 목재 난방기기 평균 사용시간

마을	화목 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)	마을	펠릿 난방기기 평균 사용시간(시간/회·가구)
평균 사용시간	8.1 시간/회	평균 사용시간	4.1 시간/회

바) 사용공간

화목난로 및 보일러의 사용공간에 대한 응답으로는 주거공간, 펜션에서 사용되는 것으로 조사되었다. 이 중 주거공간에서 사용한다는 응답은 50개 마을 중 43개 마을이 답변했으며, 6개의 마을이 비닐하우스, 펜션, 기타공간(창고)에서도 사용되고 있다고 응답하였다.

사) 월별 사용현황

해당 난방기기를 사용하는 달을 묻는 항목은 50개 마을 모두가 중복응답하였다. 응답 결과, 10월부터 3월까지 사용하고 있다고 응답했으며, 11월~2월이 가장 사용빈도가 높았다.

제 3 장 화목난로(보일러) 및 취사에 따른 문제점

제 3 장 화목난로(보일러) 및 취사에 따른 문제점

- 1. 화목난로(보일러) 연소시 대기환경 및 주위환경에 미치는 영향……
- 2. 화목난로(보일러)의 법적, 제도적 문제점 ……………

1. 화목난로 및 보일러 연소 시 대기환경 및 주변환경에 미치는 영향

화목 난로 및 보일러는 장작을 주 연료로 사용하고 있으며, 겨울철 난방을 목적으로 사용된다. 화목난로 및 보일러는 주로 가정에서 전기나 화석연료를 대신해 난방용으로 사용하고 있으며, 가정용 이외에 비닐하우스나 화훼농원, 카페 등 영업점에서도 난방을 목적으로 사용하기도 한다.

화목난로 및 보일러에서의 발생하는 연소는 불완전 연소가 이루어져 대기오염물질이 다량 배출되고, 유해물질이 동시에 발생할 가능성이 매우 높으며, 생활 주변에서 발생하는 경우가 많기 때문에 연소)에 의해 발생된 대기오염물질은 인간에게 직접적으로 위해를 끼치게 된다.

박성규 외(2015)는 화목난로 및 보일러 사용 시 대기오염물질 배출농도 측정 결과, 화목난로의 경우 TSP, PM10, PM2.5 농도가 각각 413mg/m³, 175mg/m³, 111mg/m³으로 나타났으며, 화목보일러의 경우 424mg/m³, 202mg/m³, 127mg/m³로 나타났다. 입자상물질의 입경분율은 화목난로의 경우 총먼지 중 PM10이 차지하는 비율은 42.3%, PM2.5는 26.9%로 나타났으며, 화목보일러의 총먼지 중 PM10이 차지하는 비율은 47.7%, PM2.5는 29.9%로 나타났다. 또한, 연료의 불완전연소에 의해 배출되며, 기후변화를 유발하는 원인물질인 블랙카본 배출비율은 PM10 기준으로 화목난로의 경우 25%, 화목보일러의 경우 38.6%를 차지하는 것으로 나타났다.

표 71 . 화목난로 및 보일러 연소시 발생하는 입자상 물질 배출 특성

구분	배출농도(mg/m ³)			입경분율(%)		
	TSP	PM-10	PM-2.5	TSP	PM-10	PM-2.5
화목난로	413	175	111	100	42.3	26.9
화목보일러	424	202	127	100	47.7	29.9

박성규 외(2015), 화목난로와 보일러 사용에 의한 대기오염물질과 블랙카본의 배출특성

1) 박성규 외(2015), 화목난로와 보일러 사용에 의한 대기오염물질과 블랙카본의 배출특성

국내 화목 난로(보일러) 및 취사에 따른 대기오염 피해 사례 및 분쟁은 다음과 같다.

표 72. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(SBS 보도자료)

SBS, 프랑스 '대기오염 주범' 벽난로 없앤다.
(2013-03-02 08:14 이주상 기자)



<앵커>
유럽에선 고풍스러운 벽난로가 있는 집을 흔히 볼 수 있는데요. 최근 프랑스가 벽난로 사용을 금지하기로 했습니다. 벽난로 연기가 대기오염의 주범이란 분석 때문입니다. 파리, 이주상 특파원입니다.

<기자>
프랑스를 비롯한 중,북부 유럽 국가에서 벽난로는 단순한 난방 수단이 아닙니다. 가족과 이웃을 잇는 소통과 교류의 공간입니다. [실비안느 : 일단 보기에도 좋고요, 불기에 둘러앉아 와인도 안주하면서 화목한 분위기를 만들 수 있죠.] 전통과도 같은 이 벽난로를 프랑스가 없애겠다고 나섰습니다. 겨울철 대기오염의 주범이라는 판단 때문입니다. [레제르/대기오염 전문가 : 벽난로 사용 가구들이 특히 파리 근교에 집중돼 있는데 그 연기로 인한 파리 근교의 대기 오염이 아주 심각합니다.] 프랑스 파리 주변의 벽난로는 약 12만 5천 대. 여기서 배출되는 연기가, 자동차 250만 대에서 뿜어져 나오는 매연과 맞먹는 것으로 나타났습니다. 그래서 기존의 벽난로는 아예 사용을 금지하고, 연기 배출을 최소화하는 필터가 장착된 새 벽난로로 교체하도록 하겠다는 것입니다. 내후년에는 파리 시내부터 벽난로 금지 조치를 시행하고, 점차 수도권 전역으로 확대한다는 계획입니다. 그렇지만 이렇게 개인들 집안에 있는 벽난로를 어떻게 단속하고 어떻게 강제할 건지 명확치 않아서 논란이 커질 것으로 예상됩니다.

표 73. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(한국일보 보도자료)

한국일보, 정대용 기자, “장작 태우는 날 확인 하세요”
(2012. 11. 25., 19:30:03)



“장작 태우기 전 나무를 태울 수 있는지 확인하세요.”
남가주 대기정화국(AQMD)이 주민들에게 장작을 태우기 전, 나무를 태워도 되는 날인지 확인해 줄 것을 당부하고 나섰다. AQMD는 지난해부터 스모그 등으로 대기오염 정도가 심해지는 날을 지정해 대기오염 물질을 대량으로 생산하는 장작 태우기 등을 금지하고 있다. “나무를 태울 때 발생하는 연기가 호흡기질환과 심장병, 폐 질환 등을 유발할 있다는 게 이유다. 이에 따라 AQMD는 스모그 현상이 짙어진 지난 24일 자정부터 25일 자정까지 24시간을 을 들어 처음으로 대기보호의 날로 선포하고 실시했다. 위반자들에게는 적발 횟수에 따라 50달러에서 최고 500달러의 벌금을 부과했다. AQMD는 “대기보호의 날은 대기오염도가 높아지면 발령되는데, 겨울철 나무를 태울 때 나오는 물질이 대기오염원인 중 하나”라며 “이 기간에는 집안 벽난로용으로 제작된 나무나 실외에서 장작을 태우는 것을 자제해 달라”고 밝혔다. 나무를 태울 수 있는 날인지 여부는 (800)-CUT-SMOG(288-7664)에 전화하면 확인 가능하며 웹사이트(www.aqmd.gov)에 우편번호를 입력하면 확인할 수 있다. AQMD는 대기오염의 날이 지정되면 웹사이트 등을 통해 이를 발표할 계획이다.

표 74. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(조선일보 보도자료)

조선일보, 정부가 관리 서둘러야 할 '火木 매연'
 정용원 前 한국대기환경화학회장·인하대 교수(http://news.chosun.com)

장작, 목재 펠릿 등은 값싼 난방 에너지원으로 유럽 각국에서 많이 사용돼 왔다. 그런데 2016년 발표된 유럽의 연구 결과에 의하면 장작이나 목재 펠릿을 태울 때 발생하는 화목 매연(火木煤煙·wood smoke)이 초미세 먼지(PM2.5) 농도에 기여하는 비율은 상당히 높다. 런던은 23%, 버밍햄은 31% 정도 된다. 동일한 에너지 생산량을 기준으로 할 때 장작을 사용하는 구형 화목 보일러에서 배출되는 초미세 먼지는 디젤임자여과장치(DPF)가 달려 있지 않은 10년 된 경유 트럭(2006년산)에 비해 155배나 많았다고 한다. 최신형 화목 난로는 훨씬 성능이 개선됐지만, 노후 경유 트럭의 36배 수준으로 초미세 먼지를 배출했다는 것이다.

최근 국내에서 각광받고 있는 목재 펠릿 보일러는 경유 트럭 6배 수준의 초미세 먼지를 배출하고 있었다. 그런데 가정 등에서 화목 난로와 목재 펠릿 보일러를 이용할 때 처음 불을 붙이는 과정이나 다 마르지 않은 장작을 태우는 경우는 화목 매연이 정상 연소 때보다 많으면 수십 배 더 나오게 된다. 이런 상황까지 감안하면 화목 매연은 연구자들의 측정 수치보다 훨씬 심각할 것이다. 2013년 기준 국내에서 사용 중인 화목 난로는 12만6830대, 화목 보일러는 4만5447대, 목재 펠릿 난로는 4만6734대, 목재 펠릿 보일러는 1만1130대로 추산된다. 유럽과 미국은 화목 난로 등의 성능 기준을 강화하고 있다. 미국은 2020년부터는 EPA(환경보호청)의 인증을 받지 못한 화목 난로와 목재 펠릿 난로의 신규 제작 판매를 금지키로 했다.

우리나라에선 화목 난로 등에 관한 일체의 성능 인증·기준 및 평가 시스템이 없다. 불량 화목 난로들이 대량 판매돼도 이를 규제할 방법이 없는 것이다. 현재 수도권은 물론 전국에서 화 목 및 펠릿 난로가 폭넓게 사용되고 있다. 특히 전원주택이나 농가 등에서 활용이 늘고 있다. 이것들이 국내 도시와 전원 지역의 초미세 먼지 농도를 상당히 끌어올리고 있는 것으로 의심된다. 그럼에도 정부는 신재생 에너지 보급을 확대한다는 기조 탓인지 화목 매연의 심각성을 주목하지 않고 있다. 위해성이 큰 화목 매연에 대한 정부의 적절한 관리 조치가 시급하다.

표 75. 국내 화목난로 관련 언론 보도 자료(울산저널 보도자료)

울산저널, 화목 연소기기 설치 안전기준을 마련해야 한다

이승재 (취나우와에너지 대표(2019.3.13.))
 장작은 아주 오랜 시간 동안 인류의 난방 연료였다. 우리나라에서도 장작이 다른 에너지로 대체된 것은 그다지 오래된 일이 아니다. 1958년에 이승만 정부는 '신탄(땀나무) 사용 금지'를 방침으로 정했지만 이것도 대도시에서의 사용 금지였을 뿐이고 1960년대에도 장작은 중요한 난방 에너지원이었다. 한국전쟁을 거치면서 전쟁의 화마로 인해 도시 주변 숲은 민둥산이 되어버려 장작을 구하기 더 힘들어졌지만 그보다는 전쟁 중에 북한을 탈출해 남한에 정착한 100만이나 되는 실랑민들로 난방 인구가 급격하게 증가한 것도 장작을 구하기 어려워진 큰 이유였다. 이 시기에는 나무를 심어도 베어버리는 속도를 따라갈 수 없었고 민둥산에 심은 나무는 제대로 키워내기 어려웠으니 악순환이 되풀이되었다.

깊은 산속에 남은 나무를 베어 판매하려는 도벌꾼들이 많아졌다. 법보다 추위가 더 무서운 법이다. 금지령과 단속으로는 막지 못했던 도벌꾼들을 실직자로 만든 것은 무연탄이다. 1957년 함백선을 시작으로 62년 정선선이 개통되어 강원도 무연탄지대를 관통하는 철도가 생겼고 탄광에서 갠 무연탄이 연탄으로 만들어져 전국의 가정에 배달됐다. 1966년 무연탄 생산량이 1천만 톤을 넘어서면서 일제의 수탈과 한국전쟁을 거쳐 온갖 피해를 당한 조선의 숲에도 드디어 평화의 시기가 찾아왔다. 그리고 나무는 그 오랜 시간 동안 짙어졌던 '한국인의 난방 연료'라는 무거운 책무를 내려놓을 수 있었다.

그런데 적어도 통계상에는 사라졌던 장작이 최근에도 심심찮게 보인다. 도심 외곽으로 나가면 '장작 판매' 홍보 글귀를 보는 것이 어렵지 않고 전원주택 보조난방으로 쓰이는 화목난로뿐 아니라 농산촌 주 난방으로 사용하는 화목 보일러도 상당수가 보급되었다. 그뿐 아니다. 찜질방과 대중음식점에서도 썩 연료비 때문에 장작을 대량으로 쌓아놓고 영업하는 장면도 심심찮게 목격된다. 그러나 현재 가동되고 있는 화목 연소기기의 숫자는 어디에도 통계로 잡히지 않는다. 기본적으로 화목 보일러는 제조허가대상이 아니어서 몇 대가 팔렸는지를 확인하기 쉽지 않기 때문이다.

연료의 경우에도 우드칩이나 펠릿은 생산량이 통계로 잡히지만 장작은 가능하기가 매우 어렵다. 산림청의 2013년 통계에는 민간에서 생산한 장작이 11만 톤, 지자체가 생산한 장작이 18만5천 톤 등 연간 30만 톤이 생산된 것으로 추정할 뿐이다. 이 통계만 보더라도 같은 시기에 생산된 목재 펠릿(6만6천 톤)보다 훨씬 많은 양의 장작이 거래되고 있다. 그럼에도 화목 연소기기의 설치와 안전기준은 아직 제대로 만들어지지 않고 있다. 설치와 관련해 소방기본법에 규정된 일반 보일러 기준을 적용할 뿐 여타의 기준도 내용이 빈약해 실효성이 없는 상태다.

상황은 생각보다 훨씬 심각하다. 소방청이 집계한 지난 5년간의 난방기기 화재사고를 보면 전체 화재 건수가 8610건인데 이 중 화목난로와 보일러의 사고가 32.9%로 가장 많다. 사용 대수가 훨씬 많은 등유나 가스보일러 등 가정용 보일러의 화재사고가 1031건, 12%이므로 이보다 화목 연소기기의 화재 건수는 빈도가 매우 높다는 것을 알 수 있고 신고된 것만 집계하고 있어 실제 화목 연소기기가 내는 사고는 더 많을 것으로 보인다.

더 문제가 되는 것은 한번 설치된 화목보일러는 가스보일러와 같은 정기검사를 받는 것도 아니라는 점이다. 유럽의 경우 매년 한 차례 화목난로의 굴뚝을 점검하고 배출가스를 검사해 부적합설비를 퇴출시키는 것과 달리 우리나라는 아직 정확한 통계도 잡히지 않고 관리할 제도도 갖추지 못한 상태로 방치하는 셈이다.

나무가 불완전 연소되면서 발생하는 다량의 미세먼지는 굴뚝에 쌓여 화재의 원인이 되고 대기 중에 배출돼 농산촌 미세먼지의 주범이 된다는 사실은 조금만 생각해 보면 누구나 알 수 있는 문제다. 농산촌에 어느덧 '세 집 건너 한 집 정도 보유했다'는 화목보일러는 이대로 방치하면 주민의 건강과 안전을 해치는 난방 방식이 되고 자동차보다도 훨씬 많은 미세먼지를 배출하며 대기 환경에 악영향을 끼친다. 정부가 제도를 마련하는 것도 중요하지만 지자체도 나서서 장작 건조와 판매 등 연료 문제를 점검하고 화목 연소기기 관리 방법을 지도해 가야 한다. 언제까지 연소기기의 안전 문제를 소방관들의 헌신에만 의지해 해결할 것인가?

2016년 발표된 유럽의 연구결과에 의하면 장작이나 목재펠릿을 태울 때 발생하는 매연이 초미세먼지(PM2.5) 농도에 기여하는 비율이 런던은 23%, 버밍햄은 31%로 나타났다. 동일한 에너지 생산량을 기준으로 할 때 장작을 사용하는 구형 화목보일러에서 배출되는 초미세먼지는 디젤입자여과장치(DPF)가 달려있지 않은 10년 된 경유트럭(2006년산)에 비해 155배나 많았다고 한다. 최신형 화목난로는 훨씬 성능이 개선됐지만 노후경유 트럭의 36배 수준으로 초미세먼지를 배출했다는 것이다.²⁾

앞서 언급한바와 같이 화목난로 및 보일러는 동절기 난방 등의 목적으로 사용하는 가구가 늘고 있고, 생활 주변에서 대기오염물질이 배출되지만 이에 대한 아무런 규제가 없다. 또한, 목재난로 및 보일러 사용자의 연료사용 현황을 조사한 결과 장작뿐만 아니라 농업 잔재물, 그리고 근처 공장지대에서 나오는 점착, 도색, 침지 등 화학물질에 의해 처리된 목재 팔레트를 사용하는 것으로 나타났다. 이러한 연료를 사용할 경우 연료상태가 불균일하여 불완전 연소가 발생하기 때문에 미세먼지 배출이 증가한다. 유럽과 미국은 화목 난로 등의 성능 기준을 강화하고 있다. 미국은 2020년부터는 EPA(환경보호청)의 인증을 받지 못한 화목 난로와 목재 펠릿 난로의 신규 제작 판매를 금지키로 했다.

미국 샌프란시스코에서는 2008년 7월 9일 채택한 '미세먼지와 유형적 배출량 규제 3'에서 화목난방 장치에 대한 규제를 실시하고 있으며, 이 규제에서는 화목난로에 사용되는 연료에 대한 규제와 판매에 대한 규제, 그리고 화목난로 장치를 설치하는 것에 대한 규제에 대해 전반적으로 설명하고 있다. 또한, EPA에서는 화목난로 사용에 있어 연료 질감과 오염물질 배출을 저감할 수 있는 방법에 대한 정보를 제공하고 있다.

미국의 경우 장작을 태우는 난로를 제작 판매하기 위해 대기청정법(Clean Air Act)에서 규정하고 있는 배출허용기준을 만족하여야 한다. 미국 EPA에서는 미국 내에서 판매되는 모든 화목난로에 대해 비촉매방식의 경우 먼지 배출량이 7.5g/hr, 촉매방식의 경우 4.1g/hr를 넘지 않도록 규정함에 따라 각 제작사에게 생산 열량과 먼지 배출량에 대한 인증시험을 거쳐 기준을 만족하도록 하고 있다.

이외에도 난로와 관련된 대기오염발생을 억제하기 위한 지침서를 일반가정에서 참고할 수 있도록 광범위하게 배포하고 있으며, 난로사용시기와 요령, 권장하는 연료의 종류 및 취급방법, 적절한 연소상태를 유하는 방법 등을 상세하게 안내하고 있다. 또한, 미국 South Coast Air Quality Management District에서는 화목난로 및 벽난로에 대한 관리/지원 프로그램(Wood stove & fireplace change-out voucher incentive program)을 통하여

운영하고 있음. 여기서는 목재 난로 사용에 따른 대기오염물질이 건강에 미치는 영향을 제시하고, 목재 연료의 준비와 보관방법 등 사용자의 준수사항을 가이드라인 등을 통하여 제시하고 있다. 또한, 친환경 난로의 사용과 교체를 위한 지원 프로그램을 운영하고 있다.

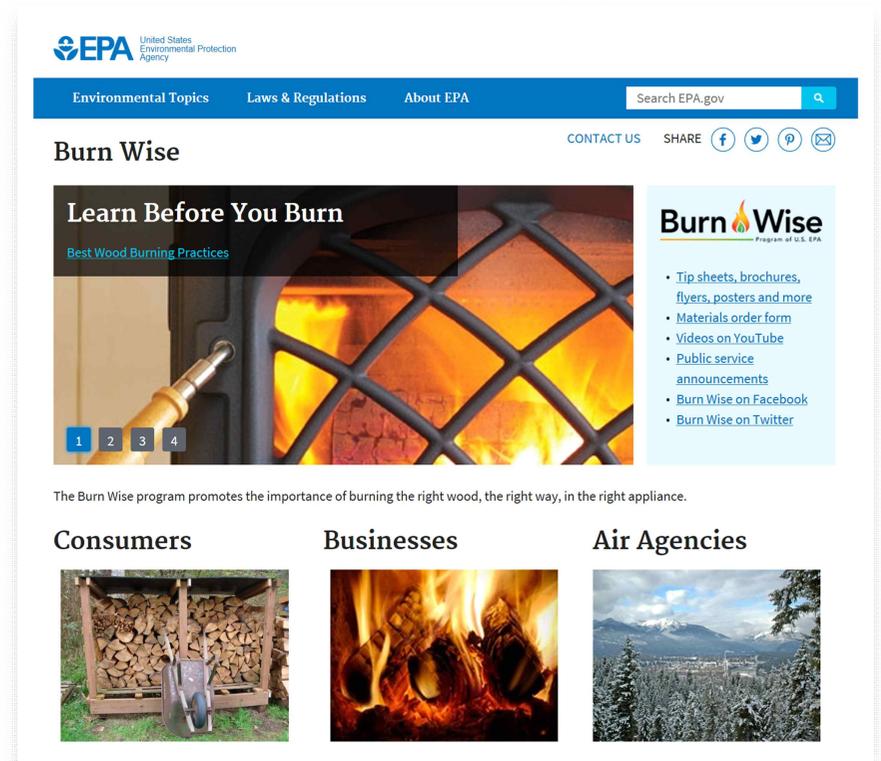


그림 44. 미국, EPA의 화목난로 관리(Burn Wise) 방법

2) 정용원(2018.06.25.), 정부가 관리 서울러야 할 화목매연(조선일보 기고문)

Wood Smoke and Your Health

On this page:

- [What is wood smoke?](#)
- [Health effects of wood smoke](#)
- [Who is at risk from wood smoke?](#)
- [Environmental effects](#)

What is wood smoke?

Smoke forms when wood or other organic matter burns. The smoke from wood burning is made up of a complex mixture of gases and fine particles (also called particle pollution, particulate matter, or PM). In addition to particle pollution, wood smoke contains several toxic harmful air pollutants including:

- benzene,
- formaldehyde,
- acrolein, and
- polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

The more efficiently you burn wood (e.g., using an EPA-certified wood stove and dry, seasoned wood) the less smoke is created.

[↑ Top of Page](#)

Health effects of wood smoke



Smoke may smell good, but it's not good for you. The biggest health threat from smoke is from fine particles, also called fine particulate matter or PM2.5. These microscopic particles can get into your eyes and respiratory system, where they may cause burning eyes, runny nose, and illnesses, such as bronchitis.

Click on image to enlarge

Fine particles can make asthma symptoms worse and trigger asthma attacks. Fine particles can also trigger heart attacks, stroke, irregular heart rhythms, and heart failure, especially in people who are already at risk for these conditions.

Learn more about the [health and environmental effects of fine particles](#).

그림 45. 미국, EPA의 화목난로가 건강에 미치는 영향 제시

Carbon Monoxide Detectors

Smoke from wood that is not burned completely contains a number of chemicals, including carbon monoxide (CO).

More than 150 people die annually from CO poisoning related to the use of home heating appliances.

CO is odorless and colorless. If you use a wood stove or fireplace, install a digital CO detector, which sounds an alarm when CO levels increase.

Burn Wise

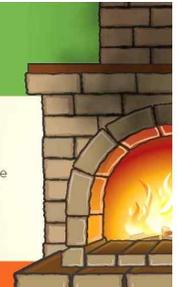
Program of U.S. EPA

WOOD SMOKE AND YOUR HEALTH

Wood smoke may smell good but it's not good for you. With a few simple steps you can help reduce wood smoke to protect your health and the air we breathe.

DID YOU KNOW?

One old, inefficient wood stove can emit as much air pollution as 5 dirty old diesel trucks.



Tiny particles in wood smoke can affect your health



HEART IMPACTS

Increases the risk of heart attack, irregular heartbeat, heart failure, stroke and early death.

LUNG IMPACTS

Triggers asthma attacks and aggravates other lung diseases and damages children's lungs.

WHO IS AT GREATER RISK?

- Older adults
- Children and teens
- People with heart or lung disease

Four easy steps to reduce wood smoke

- 1 Burn dry, seasoned wood that has been split, stacked, covered and stored. 
- 2 Test wood with a moisture meter (20% moisture or less is best). 
- 3 Use a cleaner-burning gas or wood stove. 
- 4 Provide sufficient air to the fire; never let it smolder. 

Learn more at www.epa.gov/burnwise



그림 46. 미국, EPA의 화목난로 관리 가이드라인

유럽연합에서는 사용자의 안전과 건강, 위생, 환경보호를 위해 목재바이오 연소기기류에 대한 EN표준을 제정하여 2013년부터 시행하고 있음. 유럽의 펠릿보일러와 관련된 기술위원회는 CEN TC 57(중앙난방보일러)와 CEN TC 295(주거용 고체연료 연소기)에서 담당하고 있으며, 목재바이오 연소기와 관련된 유럽인증 표준이 10여개가 있다.

이 중 EN303-5는 소비량 500W 이하의 수동, 자동으로 충전 되는 고체 연료용 난방보일러 표준으로 구조 및 성능(출력, 열효율, 공해)에 관한 기술을 기술하고 있으며, EN 14785(목재 펠릿용 주거 난방연소기기-요구사항 및 시험방법)의 적용범위는 기계적으로 공급되는 50kW 이하의 주거난방용 펠릿연소기에 대한 재료, 설계, 구조에 대해 규정하고 있다.

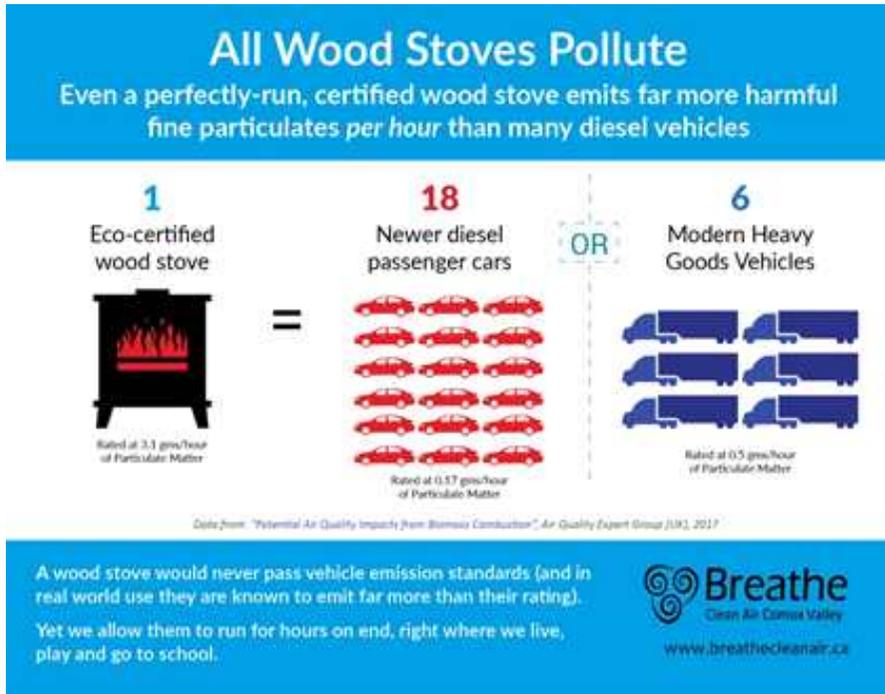


그림 47. 화목난로와 디젤터럭의 미세먼지 배출량 비교

또한, 미국의 일부지역 및 프랑스, 독일 등에서는 대기오염이 심한 날 화목보일러 사용 자체를 권장하고 있으며, 프랑스의 경우 환경단체가 특정기준을 만족하는 나무보일러에 부여하는 환경인증 라벨(Flamme Verte)이 부착한 난로 구입 시 세제 혜택을 부여하는 등의 인센티브를 제공하고 있다.

2. 화목난로 및 보일러의 법적, 제도적 문제점

한국소비자원의 조사결과(2010년)³⁾에 따르면, 화목보일러 제조업체는 수십 개소에 달하고, 연간 국내에서 판매되고 있는 화목보일러의 수량은 수 만대에 이르는 것으로 추정된다. 2014년 인터넷 상에서 판매되고 있는 대표적인 화목보일러 제조업체 및 보일러 사양을 보면⁴⁾ 약 11개 화목보일러 업체의 제품 확인결과, 대형 보일러 업체의 경우 최소한의 안전장치는 물론 별도의 안전관리매뉴얼까지 갖추기도 하였으나, 영세한 업체는 어떠한 안전장치가 내장되었는지 확인하는 것은 불가능하다. 또한 대형 업체의 경우에도 대기오염배출 저감장치를 장착한 곳은 거의 찾아볼 수가 없다.

우리나라는 에너지 이용합리화법 제39조 제1항 및 열사용기자재 관리규칙 제34조, 동법 규칙 별표1의 '열사용기자재' 및 별표5의 '특정열사용기자재' 중 별표7에서 정한 검사대상 기기(보일러 포함)에 대하여 시도지사로부터 한국산업표준(KS)에 의한 제조검사를 받도록 규정하고 있으며, 동법 제39조 제2항은 검사대상 보일러의 설치에 대하여 시도지사에게 등록된 시공업자가 설치 후 시도지사의 검사를 받도록 규정하고 있으나, 목재를 사용하는 화목보일러는 위 열사용기자재에 포함되지 않아 검사대상 보일러에 해당하지 않아 기름 및 가스보일러와 달리 제조 및 설치업자의 자격기준이나 설치검사도 요구되지 않고 있다. 다만, 화목보일러로 인한 화재발생을 예방하기 위하여 소방방재청에서는 화목보일러에 대한 안전관리기준을 마련하였으며, 화목보일러 사용자를 대상으로 안전관리에 대한 지도와 사용수칙에 대한 홍보를 진행하고 있다. 또한, 판매업자에게 안전관리기준을 안내하도록 교육을 실시하고 있다.

펠릿보일러의 경우 산림청 고시에 의하여 산림청 보급기준에 맞는 공인인증성적서를 취득한 제품만 설치 가능하다. 또한, 목재를 가공하여 만든 목재칩 및 목재펠릿에 기준을 정하여 기준을 충족한 제품만이 유통가능하다. 여기서, 목재칩 품질기준은 '목재의 지속 가능한 이용에 관한 법률(제11429호) 제20조 제1항에 따라 목질계 고체바이오연료 중 목재칩의 품질 향상 및 유통질서 확립을 위해 국내에서 생산되거나 외국에서 수입되는 목재칩의 규격 및 품질기준을 정하는 것을 목적으로 한다.

3) 한국소비자원(2010), 화목보일러 화재 안전성 조사

4) 에너지관리공단(2015), 화목보일러 안전관리제도(안)

표 76. 목재펠릿 보일러의 성능구조 기준

구분		기준	
운전 성능	연료소비량	정격연료소비량의 110% 이하일 것	
	최대 출력	최대부하에서 정격출력의 ±10% 범위 이내에서 일 것	
	배가스 온도차	주위온도와 차이가 220℃ 이하일 것	
	본체외벽 온도차	주위온도와 차이가 30℃ 이하일 것	
	잔재(Ash)fid	펠릿 소비량의 2% 미만일 것	
	배가스 분석치	O2	13% 이하일 것
		CO	300ppm 이하일 것
NOx		150ppm 이하일 것	
안전 장치 성능	과열방지장치	정상가동할 것	
	저수위안전장치	정상가동할 것	
	불착화안전장치	정상가동할 것	
	화염역화방지장치	정상가동할 것	
	동파방지제저장치	설치되어 있을 것	
	이상 진동 및 소음	이상 진동 및 소음이 없을 것	
	절연저항	2MΩ 이상일 것	
	내전압	시험전압(1,500V)에 1분 이상 견딜 것	
구조	방출밸브 또는 방출관	방출밸브 설치(밀폐형) 또는 방출관을 연결시키는 구조(개방형)일 것	
	연소상태 확인구	감시구 또는 표시등에 의해 연소상태를 확인할 수 있는 구조일 것	
	내부청소 개구부	연소장치 및 내부전열부의 청소를 원활히 할 수 있는 개구부가 있을 것	
	잔재처리 청소구	잔재를 원활히 청소할 수 있는 청소구가 있을 것	
	연소실 동체 및 관판두께	강도상 이상 없을 것	

표 77. 목재칩 분류 및 규격 품질 기준

구분		목재연료칩	호그
크기	균일성 습량무게의 80%	10mm~45mm이하	10mm~63mm이하
		10mm~63mm이하 10mm~100mm이하	10mm~100mm이하 10mm~200mm이하
미세분	5mm이하 입자	습량 무게 기준 5% 미만	
회분	건량무게 기준	0.7%이하	1.5%이하
		1.5%이하	3.0%이하
		3.0%이하	6.0%이하
		6.0%이하	10.0%이하
함수율	습량무게 기준	20%이하	
		30%이하	
		40%이하	
발열량	저위발열량	1,900kcal/kg 이상	
		2,700kcal/kg 이상	
		3,500kcal/kg 이상	
		4,300kcal/kg 이상	
질소	건량무게 기준	1.0%이하	3.0%이하 6.0%이하
염소	건량무게 기준	0.05%미만	0.30%미만
황	건량무게 기준	0.05%미만	1.20%미만
무기 금속	비소	건량무게 기준	- 2.0mg/kg이하
	카드뮴	건량무게 기준	- 2.0mg/kg이하
	크롬	건량무게 기준	- 30.0mg/kg이하
	납	건량무게 기준	- 30.0mg/kg이하
	수은	건량무게 기준	- 1.0mg/kg이하

또한, 목재펠릿 품질기준은 저품질 목재펠릿의 무분별한 시장 유통억제, 보일러 연소분제를 발생시키는 연료품질 문제 해소, 국내 목재펠릿 연료의 품질 고급화, 보일러 등 연소기의 품질 향상 기술개발·목재의 지속 가능한 이용에 관한 법률(제11429호) 제20조 제1항에 따라 목적계 고체바이오연료 중 목재펠릿의 품질 향상 및 유통질서 확립을 위해 국내에서 생산되거나 외국에서 수입되는 목재펠릿의 규격 및 품질기준을 정하는 것을 목적으로 한다. 또한, 재료는 침엽수와 활엽수 톱밥이나 이를 분쇄한 것으로 방부처리목재, 접착, 도색, 침지 등 화학물질에 의해 처리된 목재, 건축물로부터 해체된 목재, 이력이 불분명한 목재 등은 펠릿 제조에 이용할 수 없다.

표 78. 목재펠릿 품질 기준

구분	단위	1급 펠릿	2급 펠릿	3급 펠릿	4급 펠릿
크기(지름)	mm	6-8	6-8	6-8	6-25
크기(길이)	mm	≤ 32	≤ 32	≤ 32	≤ 32
겉보기밀도	kg/m³	≥ 640	≥ 600	≥ 550	≥ 500
함수율	%	≤ 10	≤ 10	≤ 15	≤ 15
회분	%	≤ 0.7	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 6.0
미세분	%	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0
내구성	%	≥ 97.5	≥ 97.5	≥ 95	≥ 95
발열량	kcal/kg (MJ/kg)	≥ 4,300 (≥ 18.0)	≥ 4,300 (≥ 18.0)	≥ 4,040 (≥ 16.9)	≥ 4,040 (≥ 16.9)
유황분	%	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
염소분	%	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
질소분	%	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
기타첨가물	%	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0

따라서, 국내 목재 난방용 기기 및 연료에 대한 관리제도는 거의 부재한 실정이며, 펠릿 보일러에 대한 안전관리 규정은 일부 제정되어 활용되고 있음. 국내의 경우 목재 난로 및 보일러에 대한 국내 언론에 보도된 자료로 주로 목재 난로 및 보일러 사용에 따른 대기오염 문제의 심각성을 언급하는 수준이다.

서울특별시시의 경우 친환경보일러 의무화, 수도권 외 지역으로 대기관리권역의 확대 등을 주요 골자로 한 '대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법(대기환경개선특별법)'이 2019년 3월 13일자로 국회 본회의에서 통과됨. 친환경보일러 의무화는 서울특별시가 정부 건의 등을 통해 선도해 왔으며, 이로 인해 '대기환경개선특별법'에 따르면 2020년 3월부터 대기관리권역 내에서는 환경표지인증기준을 충족한 친환경 보일러만 공급하거나 판매할 수 있도록 되어, 친환경 보일러의 인증기준에 부합하는 설비의 규격 및 제작이 중요한 요인으로 되고 있다.

더욱이 가정용 보일러의 초미세먼지 발생비율이 높게 나타나는 것이 확인됨에 따라, 관리해야 하나, 발생하는 미세먼지를 관리할 수 있는 관련 법령의 부재에 의해 대기환경개선특별법이 제정됨에 따라 미세먼지 발생이 다량 감축될 것으로 예상된다.



※ 일반보일러와 친환경 콘덴싱보일러 효과분석(보일러 1대당)

구분	사 레	연료질감량 (m³/년·대)	CO₂ 배출저감량 (톤/년·대)	NOx 배출저감량 (kg/년·대)	연료질감액 (원/년·대)
교체	노후→일반	39	0.094	2.085	41,321
	노후→친환경	130	0.315	3.156	138,191
신설	일반→친환경	91	0.221	1.071	96,870

주 : 노후보일러(에너지효율 80%, NOx배출 173ppm), 일반보일러(에너지효율 83%, NOx배출 85ppm)
친환경보일러(에너지효율 91%, NOx배출 40ppm), 도시가스 가격 1,065원/m(도시가스협회자료, 2014.1월 기준)
※ 자료출처 : 건물 난방용 연소기기의 대기오염물질 관리방안 연구(2013년, 서울연구원)

그림 48. 친환경 보일러 의무화를 골자로 한 서울특별시 친환경 콘덴싱 보일러 사업
(자료 : 서울특별시)

이와 같이 국내 화목난로 및 화목보일러 설치사용에 관해서는 약간의 규제가 존재하고 있지만, '소방기본법'에 보일러의 설치에 관한 기준이 규정되어 있고, 건축물의 피난방화 구조 등의 기준에 관한 규칙'에 굴뚝의 설치에 관한 기준이 규정되어 있다. 화목보일러도 이러한 규정의 적용대상에 해당하며, 위반 시 벌칙도 부과 할 수 있다는 정도이다.

최근 화목보일러에 의한 화재사고가 빈번해 짐에 따라 화목보일러의 안전관리에 관한 법령의 제정을 준비하고 있음. 이러한 규제체계를 제도화하기 위해서는 화목보일러가 '에너지이용 합리화법'에 따른 열사용기자재, 특정열사용기자재 및 검사대상기기에 포함되도록 관련 조문을 개정하고 관련 벌칙을 신설하고자, '화목보일러 제조 기준 및 설치 기준'을 산업부에서 고시 제정을 검토하고 있다. 하지만, 화목보일러 뿐만 아니라 화목난로와 펠릿난로 및 펠릿보일러에 대한 규제 안은 논의 되지 않고 있기에 관련 부처와 협의하여 안전관리 및 대기오염물질 저감을 포함한 법령의 제정이 필요한 시점이다.

표 79. 목재 난방용기기의 분류와 문제점

구분	정의	비고
화목 난로	목재를 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 화목 난로를 지칭 함(주로 가연성물질을 넣어서 태우는 연소기기)	- 완전연소가 가능한 화목난로의 열효율 기준 마련 필요 - 배출가스 먼지 농도 기준 추가 필요
(소형) 화목 보일러	장작을 사용연료로 사용하는 보일러로 화목의 일반적인 길이는 25~30cm 정도이며, 주변에서 손쉽게 구할 수 있는 폐목 등 화목을 연료로 사용하는 보일러를 지칭하고, 기름이나 가스 등 화석연료를 대체할 목적의 보일러로 농촌지역에서 많이 사용되고 있음(농림부, 환경친화적 임업의 활성화를 위한 열에너지 생산과 공급 시스템 설계, 2005). 화목을 연료로 사용하여 온수를 발생시키는 것으로서 전열면적이 14제곱미터 이하이고, 최고사용압력이 0.35MPa 이하일 것	- '화목보일러 안전관리제도(안) 개발 연구(2014)'에서 (소형) 화목보일러를 '에너지이용 합리화법'에 의한 제조 및 시공의 규제대상에 포함하기 위해서 시행규칙 별표1(열사용기자재)에 화목보일러가 포함되도록 개정안을 제안함. - 배출가스 먼지 농도 추가 필요
펠릿 난로	1급 목재 펠릿을 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 목재 펠릿 난방기를 지칭함(목재 펠릿 난방기, 한국산업로공업협동조합 단체표준, SPC-KFIC-00102028, 2014.10.30.)	- 완전연소가 가능한 펠릿난로의 열효율 기준 마련 필요 - 배출가스 먼지 농도 기준 추가 필요
펠릿 보일러	가정용 목재펠릿보일러에 대한 인증기준에 의한 정의 : 정격출력 58.14kW(50,000 kcal/hr) 이하, 최고사용압력 0.35MPa 이하의 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러(신재생에너지센터의 바이오분야의 신재생에너지설비 인증제도)	- 배출가스 먼지 농도 기준 추가 필요
	산업용 목재펠릿보일러에 대한 인증기준에 의한 정의 : 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러 및 증기보일러 중 산림청 보급사업으로 산업체에 보급하는 열출력 200,000 kcal/hr(233 kW) 이상의 보일러(신재생에너지센터의 바이오분야의 신재생에너지설비 인증제도)	- '산업용 목재펠릿보일러 인증제도 시행마련 연구(2014)'에서 산업용 목재펠릿보일러를 가정용 목재펠릿보일러(5만 kcal/h이하)에 대하여 신재생에너지설비 인증제도가 시행되고 있는 산업통상자원부(에너지관리공단)와 협업체체 구축을 통해 시행하는 안이나 산림청에서 본 인증제도를 직접 도입하여 시행하기 위해서는 관계법령(예. 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률/시행령 등)의 제·개정을 통해 시행하는 안을 제안하였음. - 배출가스 먼지 농도 기준 추가 필요

제 4 장 경기도 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출계수 및 배출량 평가

1. 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 평가

1.1 미세먼지(PM-10, PM-2.5) 농도측정 방법

[대기오염공정시험기준]에 따른 배출원 먼지측정을 위해 먼지측정장치 운영의 표준화를 구축하고 측정의 정확성 및 안정성 향상을 위해 본 표준운영절차는 표 80.와 같다. 측정에 앞서 공정시험법과 장비의 매뉴얼의 속지가 요구되며, 이를 기본으로 본 절차를 이행하여야 한다.

표 80. 미세먼지 측정 개요(예시)

과정	기간	내용	소요기간	비고
측정 전	1일자	여과지 선정 및 제작	1~2시간	
	2일자	여과지 무게 측정	24~48시간	날씨 및 주변환경에 영향을 받음
	3일자			
측정	측정 횟수에 및 현지상황에 따라 기간 소요(2~5일 정도 소요)	동정압 측정	30분 내외	
		수분량 측정	30분 내외	
		대기압 측정	1분 내외	
		노즐크기 결정	10분 내외	
	먼지측정	-	측정시간이 현지 상황에 따라 변경이 필요함	
분석	측정 양에 따라 기간소요	장비 정리	30분~ 1시간	
		여과지 무게 측정	24~48시간	
		여과지 농도 분석	24~48시간	

● 여과지 선정

일반 중량농도 측정 및 이온, 중금속 분석 시, 성적이 인증된 테프론재질의 여과지 사용을 권장하며 탄소분석용도의 여과지일 경우 Quartz재질의 여과지만 사용해야함.

제 4 장 경기도 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출계수 및 배출량 평가

- 1. 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 평가.....
- 2. 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정.....

● **여과지 제작 및 보관**

여과지는 테프론재질, Quartz재질, 사용장비에 따라 알맞은 제작 및 보관해야 함. 본 과정 중에는 외부의 먼지유입을 최소화 되어야함.

● **테프론여과지**

테프론여과지는 110℃ 에서 1~3시간 건조시켜 전처리를 한 후 멸균된 페트리디시에 담아 실온 데시케이터에 보관하여 냉각시켜야 함.

● **여과지 무게 측정**

측정에 있어 질량을 측정할 수 있는 습도와 온도가 유지된 실험실에서 여과지를 취급하여 오차 발생을 최소화 해야함.

● **측정 저울**

분석 저울은 여과지의 형태와 무게를 측정하는데 적절해야 하며 측정표준 소급성이 유지된 표준기에 의해 교정되어야 하며 0.01 mg까지 측정할 수 있는 저울을 사용해야함.

● **무게 측정**

여과지의 무게는 핀셋을 이용하여 측정해야함. 외부노출 시간이 2분을 넘기지 않아야 하며 0.01 mg까지 측정해야함. 측정횟수는 3회 이상 실시해야함.

● **장비점검**

측정장비는 수시로 점검하여야 하며, 이상 발생 시 교체 혹은 수리의 과정을 거친 후 재점검을 통하여 사용해야함(표 81. 참고).

표 81. 기기 점검 방법

장 비	점검 방법
Stack Sampler	펌프에 이상이 없는지 확인. 마노미터의 액주가 충분히 있는지 확인. 펌프의 오일이 잘 교환되어 있는지 확인. 유량계 작동이 원활한 지 확인.
리드선	전기연결이 잘 되는지 확인.
여과지홀더	점검이 완료된 Stack Sampler에 연결하여 leak test 시행, leak 유무 판단. 파손의 유무 확인

노트북	작동여부 및 데이터 파일의 유무 확인.
호수	새는 부분이 없는지 확인.
입핀저	깨진 부분이 없는지 확인. leak test로 새는 부분이 없는지 확인.
Gas analyzer	작동여부 확인, 센서 고장 여부 확인

● **배출가스의 유속측정**

배출가스의 유속은 동압과 배출가스밀도를 이용하여 계산함. 장치 구성의 모습과 유속을 계산하기 위한 식은 아래와 같음.

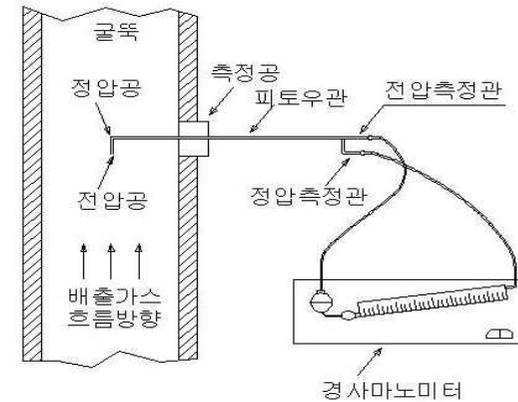


그림 49. 피토우관에 의한 배출가스 유속측정

$$V = C \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

여기서, V = 유속 (m/s)

C = 피토관 계수

ΔP = 피토관에 의한 동압 측정치 (mmH₂O)

ρ = 굴뚝 내의 배출가스 밀도 (kg/m³)

대기압(mmHg)은 기압계를 이용하여 측정함.

• 동압 측정

유체가 흐르는 방향을 바라보는 노즐을 마노미터의 '+' 부분에 연결, 반대방향의 노즐을 '-' 부분에 연결함. 마노미터의 변화가 없을 때 까지 측정한 후, 측정된 값을 측정 Sheet에 작성함.

• 정압 측정

유체가 흐르는 방향의 반대방향 노즐을 마노미터에 연결함. 측정소의 압력이 양압일 경우에는 마노미터의 '+' 부분에, 음압일 경우에는 '-' 부분에 연마노미터의 변화가 없을 때 까지 측정한 후, 측정된 값을 측정 Sheet에 기록함.

• 전압 측정

측정값의 신뢰도를 파악하기 위해 전압을 측정함. 앞서 측정한 동압과 정압의 합을 구하여 전압의 속성(양수 혹은 음수)을 파악한 뒤 아래 절차를 진행함.

• 수분량 측정

수분량의 측정은 등속흡인을 맞추기 위함이며 건습구 온도차를 이용하여 측정함.

• 건구 및 습구온도 측정

장비의 건구 온도부분을 전용 프로브에 호수로 연결한 후 프로브를 측정구에 삽입함. 습구 온도부분은 펌프에 연결 한 후 펌프를 가동시킴. 온도의 변화가 없을 때 까지 흡인시킨 후 온도를 기록함.

• 수분량 계산

건습구를 이용한 수분량 계산은 아래 식을 따름.

$$f = 216.7 \times \frac{6.1078 \times \exp\left(\frac{17.08085 \times t_f}{234.175 + t_f}\right) - 0.662 \times \frac{p}{1006.7} \times (t_{tr} - t_f)}{237.15 + t_{tr}}$$

여기서, f = 배출가스 중 수증기의 무게(g/m³)

tr = 습구온도(°C)

ttr = 건구온도(°C)

p = 측정점의 대기압(mbar)

• 노즐 크기 결정

노즐은 원하는 유량을 등속흡인할 수 있는 노즐을 선택하여야 하며, 노즐은 장비의 재질과 동일한 재질을 이용해야 함.

• PM홀더 노즐

측정 Sheet에 분당 흡인유량을 임의로 입력한 뒤 노즐크기를 바꿔가며 입력하여 등속흡인 부분의 백분율을 확인함. 일반적으로 1m³의 유량을 필요로 하므로 (단, 먼지농도에 따라 변동이 가능함.)시간과 펌프의 성능에 맞춰서 분당 흡인유량 및 노즐크기를 결정함.

• 임핀저 설치

임핀저는 석영재질을 이용해야하며, 총 4개의 임핀저를 설치해야 함. 펌프와 가까운 순서로 첫 번째와 두 번째는 200~300g의 실리카겔을 넣고 세 번째 임핀저는 공병 상태로 설치함. 네 번째 임핀저는 약 100g의 물을 넣어야 함. 먼지측정 프로브와 연결 전, Leak Test를 통해 Leak 여부를 확인해야 함.

• 여과지 홀더 준비

여과지를 끼우는 방법은 장비에 따른 차이가 거의 없음. 여과지를 끼우는 과정 중에는 외부먼지 유입을 최소화 하여 진행해야함. 여과지 홀더에 넣을 여과지는 핀셋으로 조심스럽게 꺼낸 뒤 홀더에 삽입함. 여과지를 끼운 홀더는 먼지가 들어가지 않게 조심하여 프로브와 연결한다. 여과지 홀더가 연결된 프로브를 측정구에 삽입한 뒤, 보루로 측정구 주변을 기밀상태로 유지시킴.

• 먼지 채취

먼지측정은 등속흡인 조건을 만족해야 하며, 등속흡인이란 펌프의 흡입속도가 측정구 내부 유속의 95% ~ 110%인 것을 말함. 등속흡인을 위한 흡인량은 다음 식에 의하여 구함.

$$q_m = \frac{\pi}{4} d^2 v \left(1 - \frac{X_w}{100}\right) \frac{273 + \theta_m}{273 + \theta_s} \times \frac{P_a + P_s}{P_a + P_m - P_v} \times 60 \times 10^{-3}$$

여기서, q_m = 가스미터에 있어서의 등속 흡입유량 (L/min)

- d = 흡입노즐의 내경 (mm)
- v = 배출가스 유속 (m/s)
- X_w = 배출가스 중의 수증기의 부피 백분율 (%)
- θ_m = 가스미터의 흡입가스 온도 (°C)
- θ_s = 배출가스 온도 (°C)
- P_a = 대기압 (mmHg)
- P_s = 측정점에서의 정압 (mmHg)
- P_m = 가스미터의 흡입가스 게이지압 (mmHg)

펌프와 가장 먼 임핀저를 설치된 프로브와 연결함.

안정화를 위해 1분 간격으로 펌프압력을 조절해 가며 등속흡인률을 맞춤.

안정화 뒤에는 10분 이내의 간격으로 등속흡인률을 확인하며 펌프압력을 조절해야함.

Stack Sampler내의 차압계는 수시로 확인하며, 등속흡인 가능 여부를 확인함. 가스미터는

0.1L까지 읽고 측정 Sheet에 기록해야 함.

• 먼지 채취 후

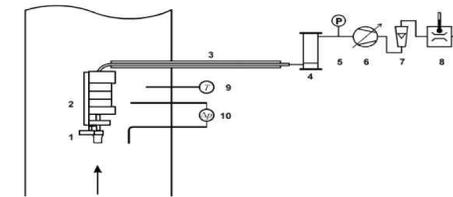
먼지를 채취한 후에는 여과지 제거와 세척을 실시함.

1.2 미세먼지(PM-10, PM-2.5) 측정장비

중량농도법에 의한 미세먼지(PM-10, PM-2.5)의 측정 장비는 Cascade Impactor (PM-10 Impactor, Dekati, Finland)으로, 이는 국제표준시험기준인 ISO 23210에 적용되는 방법이다. 측정에 쓰이는 시료채취 장치와 원리도 여과지는 그림 21., 먼지 흡인 장치 (Stack sampler)의 모식도와 사진은 그림 22.과 같다.



그림 50. Cascade Impactor



Components of the setup are given below:

1. Isokinetic nozzle
2. Two-stage impactor
3. Suction tube
4. Drying column
5. Manometer
6. Pump
7. Flow meter
8. Gas volume measurement device with thermometer
9. Temperature measurement device
10. Pitot tube with differential pressure meter



그림 51. 측정장비(ES 01301)

1.3 목재 난방용 기기에서 배출되는 미세먼지 분석 결과

■ 화목난로

화목난로의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분석하였다(그림 52. 참조). 등속흡인 조건에서 화목난로의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자크기별 분포율은 다음과 같다(표 82. 참조).



그림 52. 화목난로 측정 모습

화목난로에서 배출되는 PM 평균 중량농도는 117.880 mg/m³, PM-10은 110.983 mg/m³, PM-2.5는 101.261 mg/m³ 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, 10 μm 이상이 6 %, 10 μm ~ 2.5 μm 사이의 분포율은 9 % 그리고 2.5 μm 이하의 입자 크기는 85 %로 2.5 μm 이하의 크기의 입자 분포율이 월등히 높게 나타났다 (그림 53. 참조).

표 82. 화목난로 배기가스의 입자상오염물질 농도

화목난로	중량 농도(mg/m ³)						평균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	
PM	139.038	124.410	129.904	50.380	133.150	130.400	117.880
PM-10	131.731	118.635	121.770	44.677	125.458	123.630	110.983
PM-2.5	120.192	113.653	109.569	36.312	113.370	114.470	101.261

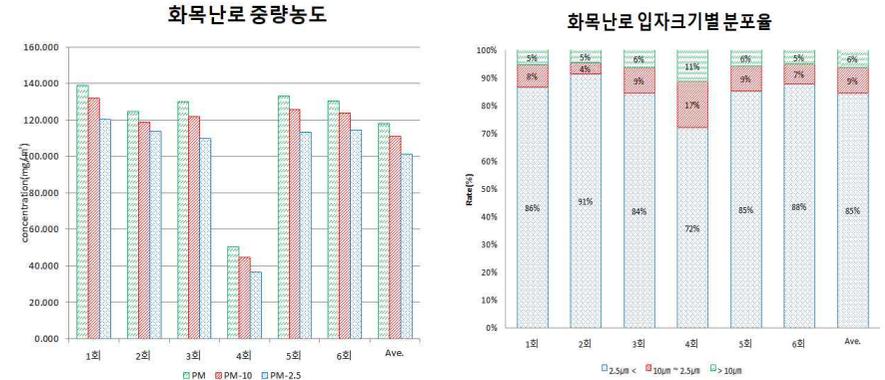


그림 53. 화목난로 먼지농도와 입자크기별 분포율

■ 화목보일러

화목보일러의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분석하였다(그림 54. 참조). 등속흡인 조건에서 화목난로의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자크기별 분포율은 다음과 같다(표 83. 참조).



그림 54. 화목보일러 측정 모습

화목보일러에서 배출되는 PM 평균 중량농도는 1081.213 mg/m³, PM-10은 139.387 mg/m³, PM-2.5는 93.195 mg/m³ 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, 10 μm 이상이 87 %, 10 μm ~ 2.5 μm 사이의 분포율은 4 % 그리고 2.5 μm 이하의 입자 크기는 9 %로 10 μm 이상 크기의 입자 분포율이 월등히 높게 나타났다 (그림 53. 참조).

표 83. 화목보일러 배기가스의 입자상오염물질 농도

화목난로	중량 농도(mg/㎥)						
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
PM	366.070	395.160	185.710	639.290	366.070	334.970	381.212
PM-10	145.870	124.360	121.430	142.860	159.670	142.120	139.385
PM-2.5	97.470	65.490	85.710	126.790	79.590	84.120	89.862

(그림 추가 예정)

(그림 추가 예정)

그림 55. 화목보일러 먼지농도와 입자크기별 분포율

■ 펠릿난로

펠릿난로의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분율분석하였다(그림 __. 참조). 등속흡인 조건에서 화목난로의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자크기별 분포율은 다음과 같다(표 84. 참조).

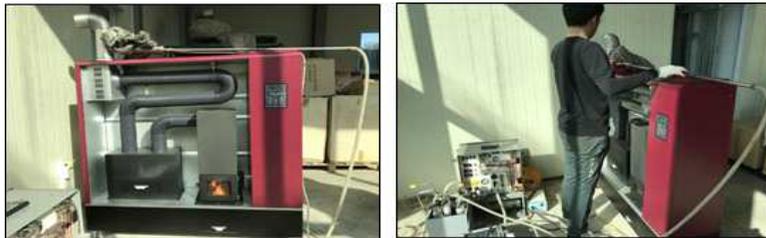


그림 56. 펠릿난로 측정모습

펠릿난로에서 배출되는 PM 평균 중량농도는 53.758 mg/m³, PM-10은 44.090 mg/m³, PM-2.5는 34.830 mg/m³ 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, 10 μm 이상이 18 %, 10 μm ~ 2.5 μm 사이의 분포율은 18 % 그리고 2.5 μm 이하의 입자 크기는 65 %로 2.5 μm 이상 크기의 입자 분포율이 월등히 높게 나타났다 (그림 21. 참조).

표 84. 펠릿난로 배기가스의 입자상오염물질 농도

펠릿난로	중량 농도(mg/㎥)						
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
PM	52.410	57.050	51.640	48.290	51.450	61.710	53.758
PM-10	41.730	47.100	43.980	40.280	45.260	46.190	44.090
PM-2.5	28.330	36.820	38.260	30.340	34.370	40.860	34.830

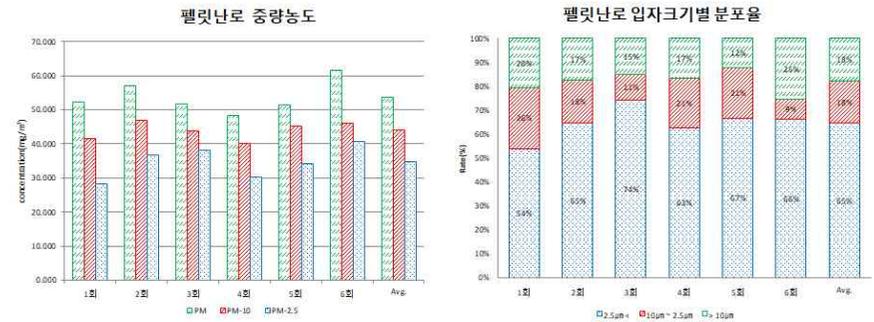


그림 57. 펠릿난로 먼지농도와 입자크기별 분포율

■ 펠릿보일러

펠릿보일러의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분율분석하였다(그림 58. 참조). 등속흡인 조건에서 펠릿보일러의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 85. 참조).



그림 58. 펠릿보일러 측정모습

펠릿보일러에서 배출되는 PM 평균 중량농도는 43.370 mg/m³, PM-10은 35.187 mg/m³, PM-2.5는 26.672 mg/m³ 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, 10 μm 이상이 20 %, 10 μm ~ 2.5 μm 사이의 분포율은 20 % 그리고 2.5 μm 이하의 입자 크기는 61 %로 2.5 μm 이상 크기의 입자 분포율이 월등히 높게 나타났다 (그림 59. 참조).

표 85. 펠릿보일러 배기가스의 입자상오염물질 농도

펠릿난로	중량 농도(mg/m ³)						평균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	
PM	35.150	32.910	40.210	30.540	50.780	70.630	43.370
PM-10	25.740	29.000	35.670	21.490	39.850	59.370	35.187
PM-2.5	18.440	22.030	24.230	18.130	31.640	45.560	26.672

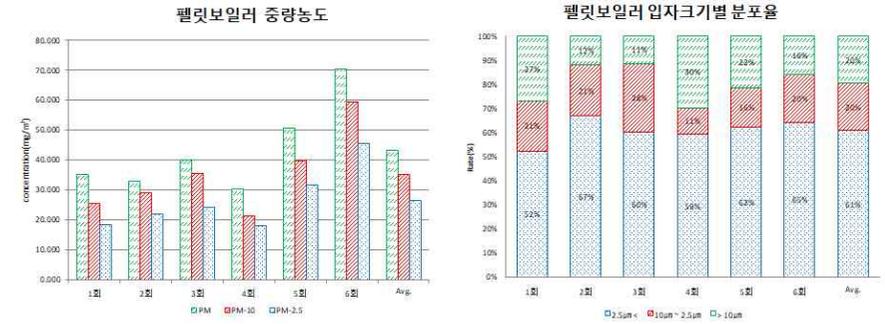


그림 59. 펠릿보일러 먼지농도와 입자크기별 분포율

1.4 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 평가

현재 목재 난방용 기기의 배출계수는 화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러 네 항목으로 나뉘어 개발·고시되어 있는 상태이다. 이는 농업잔재물 소각 혹은 고기 및 생선 구이와 같은 타 생물성연소 부문들에 비해 간소화 된 계수인 것으로 확인됐다.

환경산업기술원(2014)의 “생물성연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발” 연구에 따르면, 화목난로 및 보일러 부문의 미세먼지 배출계수 산정을 위해 2종류의 장작을 각각 3회씩 70분간 연소시켜 각 회차별 도출한 미세먼지의 배출계수 평균값으로 해당 부문의 미세먼지 배출계수를 정의하고 있다.

본 연구에서도 이 방법과 유사한 방법으로 장작, 펠릿 연료를 각각 화목난로·보일러, 펠릿난로·보일러에서 반복 연소시켜 미세먼지(PM-10, PM-2.5)의 배출계수를 산정하였으며 결과는 표 86. 과 같다.

표 86. 목재 난방용 기기의 미세먼지 배출계수 비교

배출계수 (g/kg)	화목난로		화목보일러		펠릿난로		펠릿보일러	
	국가	본 연구	국가	본 연구	국가	본 연구	국가	본 연구
TSP	15.4	9.1	12.2	11.0	4.6	2.92	4.7	6.0
PM-10	6.5	4.78	5.8	4.02	3.3	2.41	3.4	4.87
PM-2.5	4.2	4.41	3.6	2.59	2.5	1.89	2.6	3.69

본 연구에서 개발한 화목난로의 배출계수는 국가 배출계수와 비교해 TSP는 0.59배, PM-10는 0.74배, PM-2.5는 1.05배 수준인 것으로 나타났다. 화목보일러의 배출계수는 국가 배출계수와 비교해 TSP는 0.90배, PM-10는 0.69배, PM-2.5는 0.72배 수준인 것으로 나타났다. 펠릿난로의 배출계수는 국가 배출계수와 비교해 TSP는 0.63배, PM-10는 0.73배, PM-2.5는 0.76배 수준인 것으로 나타났다. 펠릿보일러의 배출계수는 국가 배출계수와 비교해 TSP는 1.28배, PM-10는 1.43배, PM-2.5는 1.42배 수준인 것으로 나타났다.

국가 배출계수와 본 연구에서 산정한 배출계수 값이 차이가 나는 이유로는 연료의 특성(수분함량, 성분 등), 배출계수 실험 조건의 차이 등인 것으로 판단된다. 목재 난방용 기기는 그 설비가 규격화되어 있지 않고, 연료의 수분함량에 따른 연소 차이, 폐목재, 생활쓰레기 등 본래 목적에 맞지 않는 무분별한 연료 사용으로 인한 배출량의 차이가 클 것으로 판단된다. 이에 따라 목재 난방용 기기의 보다 적합하고 강화된 관리를 위해서는 타 생물성연소 부문의 세분화된 미세먼지 배출계수처럼 다양한 조건에서의 실험을 통하여 미세먼지 배출계수의 고도화가 필요할 것으로 사료된다.

2. 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정

2.1 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정방법론

경기도 내 화목난로 사용으로 인한 미세먼지의 배출량을 산정하고자 한다. 화목난로 및 보일러 사용에 의해 대기로 배출되는 오염물질은 CAPSS 배출원 분류체계에 의해 생물성연소 분야에 해당한다(표 87. 참조).

표 87. 화목난로 및 보일러 배출원 분류체계

SCC	대분류	중분류	소분류	세분류
13040000	생물성연소	목재난로 및 보일러		
13040100	생물성연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	
13040101	생물성연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	화목난로
03040102	생물성연소	목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	화목보일러

자료: 대기오염물질 배출계수-2012년 대기오염물질 배출량 기준-, 국립환경과학원(2015)

생물성연소 분야의 대기오염물질 배출량 산정은 해당 배출원의 통계 및 설문조사 자료를 활동도로 사용하며, 계수는 국내개발 계수를 적용하고 있다. 화목난로 사용으로 인한 미세먼지의 배출량 산정은 “생물성연소에 의한 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(국립환경과학원(2014))”을 따른다.

일반적으로 화목난로 사용으로 인한 미세먼지의 배출량은 난로 및 보일러 대수, 1대당 평균 연료사용량을 적용하여 산정하며, 다음의 식으로 계산한다.

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

E : 화목난로 및 보일러 배출량(kg/yr)
 SB : 화목난로 및 보일러 대수(대)
 AF : 1대당 평균 연료 사용량(kg/대·yr)
 EF : 배출계수(g/kg)

산정식에 사용되는 배출계수는 연료 및 난방시설에 따라 구분되어 있으며, 국내 연구결과를 적용한다(표 88. 참조).

표 88. 목재난로 및 보일러의 미세먼지 배출계수

분류			단위	PM-10	PM-2.5
목재난로 및 보일러	화목난로 및 보일러	화목난로	g/kg	6.5	4.2
		화목보일러		5.8	3.6

자료 : 대기오염물질 배출계수-2012년 대기오염물질 배출량 기준-, 국립환경과학원(2015)

2.2 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정을 위한 활동자료

가) 화목난로 및 보일러 설치 대수

화목난로 및 보일러의 보급현황은 “국가 대기오염물질 배출량 기초자료구축을 위한 표준업무절차서(국립환경과학원, 2018)”에서 확인할 수 있다. 보급현황 파악을 위한 기본자료로 통계청의 “농림어업조사”와 “농림어업총조사” 및 “생물성연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(한국환경산업기술원, 2014)”을 사용하고 있으며 이를 바탕으로 보급현황을 추산하고 있다.

“농림어업조사” 및 “농림어업총조사”를 바탕으로 시군구별 농가수 자료를 재구성한 후, “생물성연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발” 연구에서 산정한 화목난로 및 보일러의 보유대수 추정치를 곱하여 보급현황을 추정한다. 아래 표 89.에서는 위 기본자

료를 바탕으로 추산된 전국의 화목난로 및 보일러의 보급현황과 각 지자체의 등록된 등록 결과를 비교하여 제시하였다.

표 89. 화목난로 및 보일러의 보급현황(2015년)

(단위: 개)

구분	입수자료			등록결과	차이
	농가가구수	추정율	보유대수		
화목난로	1,088,518	7.18 %	78,156	78,146	-10
화목보일러		1.48 %	16,110	16,157	47

자료: 국가 대기오염물질 배출량 기초자료구축을 위한 표준업무절차서, 국립환경과학원(2018)

나) 1대당 평균 연료 사용량

“생물성연소에 의한 대기오염 배출자료 개선 기술 개발(한국환경산업기술원(2013))” 연구에 따르면 화목난로 및 보일러의 평균 연료 사용량은 다음 표 90.와 같다.

표 90. 화목난로 및 보일러의 평균 연료 사용량

(단위 : %, kg/day, kg/yr)

구분	화목난로			화목보일러		
	사용비율 (%)	1일연료 사용량 (kg/day)	연간연료 사용량 (kg/yr)	사용비율 (%)	1일연료 사용량 (kg/day)	연간연료 사용량 (kg/yr)
1월	21.0	14.9	462.8	21.8	31.3	970.8
2월	19.5	13.8	386.7	19.1	27.5	769.2
3월	13.6	9.6	298.6	13.1	18.8	582.1
4월	2.6	1.9	56.4	6.1	8.8	263.7
5월	1.2	0.8	25.6	0.7	1.0	31.7
6월	0.3	0.2	7.2	0.0	0.0	0.3
7월	0.1	0.1	2.5	0.0	0.0	0.3
8월	0.5	0.3	10.1	0.0	0.0	0.3
9월	1.5	1.1	32.9	0.1	0.1	3.1
10월	6.7	4.8	147.9	6.7	9.7	300.2
11월	13.6	9.7	290.3	11.4	16.4	492.9
12월	19.3	13.7	423.4	20.8	29.9	926.9
연간	100	70.9	2,144.2	100	143.5	4,341.5

자료: 생물성연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발(2차년도), 한국환경산업기술원(2013)

다) 활동도 조사

위의 추산된 화목난로 및 보일러의 보급현황에 따르면 지자체의 등록된 대수와 추정치를 사용하여 계산한 보유대수에는 차이가 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 지자체에 등록된 난로 및 보일러 대수가 실 사용률과 차이가 있다 판단하여 활동도 조사가 필요하다고 생각된다.

국내 활동도 조사는 그 방법이 구축되어 있지 않기 때문에 미국 환경청(U.S. EPA)에서 제안된 조사 방법을 사용할 수 있다. 미국 환경청은 사용된 연료 사용량을 추정하기 위한 방법 중 하나로 직접 조사(Preferred Method) 방법을 제안하고 있음. 직접 조사 실제 마을을 방문해 사용자와 심층 1:1 면담 조사를 통해 활동도에 대한 다양한 결과를 도출하는 방법이 있다. 미국 환경청의 직접 조사 방법을 바탕으로 연구에 필요한 내용을 변형·적용하여 경기도 내 시군구 단위의 농업가구를 중심으로 목재 난방용 기기의 사용 대수, 연료 종류, 사용시간, 1일 사용 연료량 등을 조사하였으며, 그 내용은 제 2장 에 있다.

2.3 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량 산정

본 연구에서 산정한 목재 난방용 기기 사용으로 인한 미세먼지 배출량은 현장 설문조사를 통해 입수한 목재 난방용 기기의 대수, 1대당 평균 연료 사용량, 실측을 통해 개발한 본 연구의 미세먼지 배출계수를 이용하여 산정하였다. 단, 펠릿난로/보일러의 경우, 배출량을 산정하는 과정에서 1대당 평균 연료 사용량과 미세먼지 배출계수는 본 연구의 연구 결과를 사용했지만 사용종인 기기의 대수의 경우, 산림청에서 고시하고 있는 사용대수를 사용하였다. 이는 펠릿난로가 실제 공장이나 작업현장 등에서 많이 사용되고 있는 점을 고려했을 때, 본 연구의 현장 설문조사가 농가를 중심으로 진행되었다는 점에서 그 사용 대수가 과소산정 되었을 가능성이 있어 정확도가 높은 산림청의 통계 결과를 사용하였다. 이와 같은 활동도 자료를 통해 산정된 배출량은 국가 배출계수를 적용해 산정한 배출량과 그 차이를 비교하였다.

가) 화목난로/보일러

본 연구에서 개발한 화목보일러의 PM-10 배출계수인 4.02 g/kg에 활동도를 곱하여 연간 배출량으로 산정한 결과, 241,964 kg/yr로 나타났다(표 91. 참조). 이는 2016년 CAPSS에서 산정된 화목난로/보일러의 PM-10 배출량인 1,472,560 kg/yr보다 1,220,596

kg/yr 작게 산정된 결과이다.

PM-2.5의 경우, 배출계수인 2.59 g/kg에 활동도를 곱하여 연간 배출량으로 산정한 결과, 162,335 kg/yr로 나타났다(표 92. 참조). 이는 2016년 CAPSS에서 산정된 화목난로/보일러의 PM-2.5 배출량인 935,405 kg/yr보다 773,070 kg/yr 작게 산정된 결과이다.

표 91. 화목난로/보일러의 PM-10 배출량

구분	사용량 (kg/yr)	대수	배출계수 (g/kg)	배출량 (kg/yr)	CAPSS 배출량 (kg/yr)	CAPSS와의 배출량 차이 (kg/yr)
본 연구	2,004	31,281	4.02	251,964	1,472,560	- 1,220,596

표 92. 화목난로/보일러의 PM-2.5 배출량

구분	사용량 (kg/yr)	대수	배출계수 (g/kg)	배출량 (kg/yr)	CAPSS 배출량 (kg/yr)	CAPSS와의 배출량 차이 (kg/yr)
본 연구	2,004	31,281	2.59	162,335	935,405	- 773,070

나) 펠릿난로/보일러

본 연구에서 개발한 펠릿보일러의 PM-10 배출계수인 4.87 g/kg에 활동도를 곱하여 연간 배출량으로 산정한 결과, 260,906 kg/yr로 나타났다(표 93. 참조). 이는 2016년 CAPSS에서 산정된 펠릿난로/보일러의 PM-10 배출량인 456,983 kg/yr보다 196,077 kg/yr 작게 산정된 결과이다.

PM-2.5의 경우, 배출계수인 3.69 g/kg에 활동도를 곱하여 연간 배출량으로 산정한 결과, 197,689 kg/yr로 나타났다(표 94. 참조). 이는 2016년 CAPSS에서 산정된 화목난로/보일러의 PM-2.5 배출량인 344,370 kg/yr보다 146,681 kg/yr 작게 산정된 결과이다.

표 93. 펠릿난로/보일러의 PM-10 배출량

구분	사용량 (kg/yr)	대수	배출계수 (g/kg)	배출량 (kg/yr)	CAPSS 배출량 (kg/yr)	CAPSS와의 배출량 차이 (kg/yr)
본 연구	2,375	22,553	4.87	260,906	456,983	- 196,077

표 94. 펠릿난로/보일러의 PM-2.5 배출량

구분	사용량 (kg/yr)	대수	배출계수 (g/kg)	배출량 (kg/yr)	CAPSS 배출량 (kg/yr)	CAPSS와의 배출량 차이 (kg/yr)
본 연구	2,375	22,553	3.69	197,689	344,370	- 146,681

다) 목재 난방용 기기 사용으로 인한 배출량 산정 평가

2016년 CAPSS에서 산정된 화목난로/보일러, 펠릿난로/보일러 배출량과 비교한 결과, 본 연구의 활동도와 배출계수를 이용해 산정한 배출량이 CAPSS의 배출량보다 적게 산정되었다. 이러한 배출량의 차이는 배출계수와 활동도 차이로 인한 것이라고 볼 수 있다.

미세먼지 배출계수의 경우, 배출계수 개발 시 연료의 특성(수분함량, 성분 등)과 같은 실험 조건의 차이가 있었을 것으로 판단된다. 활동도의 경우, 본 연구는 농가를 중심으로 현장 설문조사가 이루어졌기 때문에 화목보일러나 펠릿보일러 사용 대수 파악에서는 정확도가 높았을 수 있지만, 화목난로나 펠릿난로가 실제 공장이나 작업현장 등에서 많이 사용되고 있는 점을 고려하면 사용 대수가 실제 현황보다 과소산정 되었을 가능성이 있다. 또한 목재펠릿 생산량의 95% 정도가 발전소 등 대형 배출원에서 연료로 사용되고 있다는 점을 고려해보면 농가를 대상으로 현장 설문조사를 진행한 본 연구에서 그 사용량이 상당히 과소산정되어 국가 배출량과 차이가 있었을 것으로 사료된다.

제 5 장 미세먼지 저감을 위한 화목난로 관리 방안

-
1. 법령 등 제도 개선사항 도출
 2. 화목난로 관리를 위한 행·재정 지원 방안
-

제 5 장 미세먼지 저감을 위한 화목난로 관리 방안

1. 법령 등 제도 개선사항 도출

화목보일러는 에너지이용합리화법 제39조의 열사용기기에 포함되지 않아 시도지자로부터 한국산업표준(KS)에 의한 제조검사를 받지 않아도 된다. 제조나 시공에 아무런 법적 규제가 없는 상태이기 때문에 수많은 중소 영세업자들에 의한 제조, 판매되고 있다. 검증되지 않은 화목보일러 사용 시 화재와 같은 안전문제뿐만 아니라 연소상태가 불량하여 대기오염물질이 다량 발생할 수 있다.

미국 EPA에서 인증한 화목난로나 화목 난방 기구는 입자상 물질의 배출한계가 비축매 화목난로의 경우 7.5 g/hr, 촉매 화목난로의 경우 4.1 g/hr를 충족하는지 공인된 실험실에서 실시하고 있다. 미국에서 화목 난방기를 판매하기 위해서는 Clean Air Act의 새로운 가정용 화목 난방기구를 위한 새로운 배출원 기준의 배출허용기준을 만족해야 하며, EPA에서 인증하는 화목난로는 전면에 붙여진 임시의 종이 라벨이나 측면이나 후면에 붙여진 영구적인 금속 라벨을 통해 확인 할 수 있다.

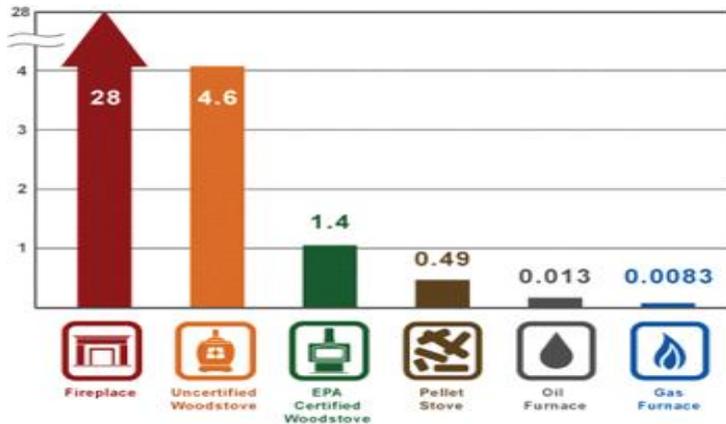
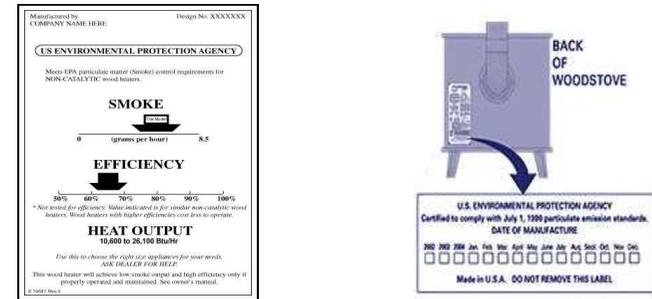


그림 60. Average emissions (lbs/MMBtus of heat output) for wood stoves(<https://ct.gov/deep/cwp/view.asp?q=321780>)



임시 화목난로 라벨

영구적인 화목난로 라벨

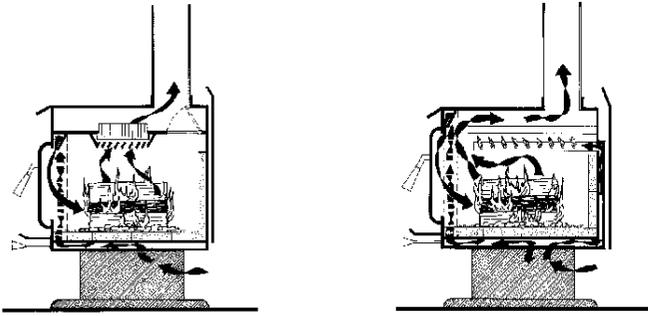
그림 61. EPA의 화목난로 인증라벨

미국 샌프란시스코에서는 2008년 7월 9일 채택한 '미세먼지와 유형적 배출량 규제 3'에서 화목난방 장치에 대한 규제를 실시하고 있으며, 이 규제에서는 화목난로에 사용되는 연료에 대한 규제와 판매에 대한 규제, 그리고 화목난로 장치를 설치하는 것에 대한 규제에 대해 전반적으로 설명하고 있다. EPA에서는 화목난로 사용에 있어 연료 절감과 오염물질 배출을 저감할 수 있는 방법에 대한 정보를 제공하고 있다.

표 95. 화목난로 교체 및 연료 전환에 따른 저감 비율

Appliance	Particulate Emission Factor		
	(lb/ton)	(g/kg)	Reduction(%)
Conventional Stove	37	18.5	-
Non-Catalytic Stove	12	6	68
Catalytic Stove	13	6.2	65
Pellet Stove	4	2	89
Masonry Heater	6	3	84
Conventional Stove with Densified Fuel	25	14	24

자료 : EPA, Residential Wood Stove Technology Review Volume I, 1998



촉매 화목난로(Catalytic Stove) 비 촉매 화목난로(Non-Catalytic Stove)

그림 62 촉매 화목난로, 비 촉매 화목난로

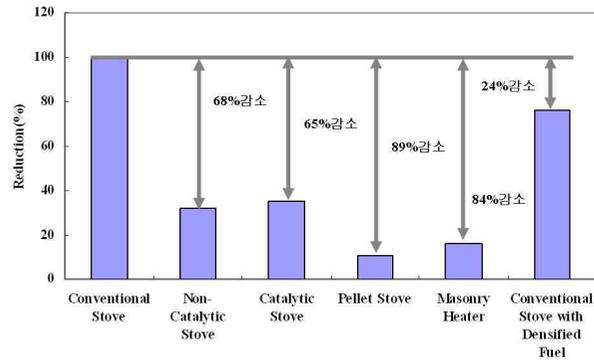


그림 63. 화목난로 교체 및 연료 전환에 따른 저감 효과

이에 화목난로 및 보일러의 제조, 설치에 대하여 제조, 설치검사 기준이 마련되어야 하며, 친환경인증 기준을 마련하여 기준에 부합하는 보일러를 제작하는 업체에 대하여 인센티브를 제공하는 방안 등을 제시하고자 한다. 또한, 사용자에 대하여 인증제품을 사용을 유도하고, 적절한 연료를 사용하는 방법에 대한 교육 및 홍보 등의 관리방안을 제시하고자 한다.

2. 화목난로 관리를 위한 행·재정 지원 방안

대기환경 관련법 중 ‘대기환경보전법 시행령’, ‘수도권 대기환경개선에 관한 특별법’, ‘미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법’, ‘대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법’등을 검토 한 후 주로 ‘대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법’을 토대로 검토하여 제시하고자 한다.

또한, 목재 난방용 기기에 의한 대기오염물질의 배출은 지역의 소규모 배출원으로서 특별시도의 조례에 의한 관리 및 지원 방안을 마련할 수도 있을 것이다. 서울특별시의 경우 대기환경개선 촉진 및 지원 등에 관한 조례(2009년 제정)를 제정하였고, 경기도의 경우 생물성연소에 의한 미세먼지 방지시설 지원 조례(2017)를 제정하였다.

‘대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법’은 미세먼지의 배출을 저감하고 효율적으로 관리함으로써 국민건강에 미치는 위해를 예방하고 보다 쾌적한 생활환경을 조성하기 위해 현재 수도권지역에 시행 중인 대기관리권역 지정제도를 대기환경기준을 초과하거나 초과할 우려가 있는 지역에까지 확대하는 등 체계적이고 광역적인 대기환경개선 대책을 추진하기 위한 제정된 법으로 주요내용은 아래와 같다.

1. 대기오염이 심각하다고 인정되는 지역 및 인접지역 등의 대기질 개선을 위해 해당 지역을 대기관리권역으로 지정할 수 있도록 함(제2조).
2. 환경부장관은 대기관리권역의 대기질 개선을 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 대기관리권역을 관할하는 시·도지사의 의견을 들어 5년마다 권역별 대기환경관리 기본계획을 수립하도록 함(제9조).
3. 대기관리권역 내 시·도지사는 대기환경관리 기본계획의 시행을 위한 시행계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받고, 매년 추진실적을 환경부장관에게 보고하도록 함(제10조).
4. 권역별 대기환경관리에 관한 중요 내용의 심의를 위해 대기관리권역별로 대기환경관리위원회와 실무위원회를 두도록 함(제12조 및 제13조).
5. 대기관리권역 내에서 대통령령으로 정하는 대기오염물질을 배출하는 사업장에 대해 오염물질 총량관리를 시행하고, 배출량 측정을 위한 자동측정기기를 부착하도록 하며, 환경부장관은 총량관리사업자가 할당받은 배출허용총량을 초과하여 배출하면 총량초과과징금을 부과·징수할 수 있음(제15조부터 제25조까지).
6. 대기관리권역 내에서 운행하는 특정경유자동차에 대해 배출가스저감장치 부착 등 저공해 조치를 취하도록 하고, 배출가스저감장치 미부착 경유자동차 등에 대해 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따라 운행을 제한할 수 있도록 함(제26조 및 제29조).
7. 시·도지사는 노후 건설기계 저공해화 계획을 수립·시행하고, 행정기관 및 대통령령으로 정하는 공공기관은 대기관리권역에서 환경부령으로 정하는 규모 이상의 토목사업 또는 건축사업을 발주하거나 시행하는 경우 배출가스저감장치를 부착하거나 저공해엔진으로 개조 또는 교체한 특정건설기계를 사용하도록 함(제31조).
8. 대기관리권역 내 위치한 공항의 운영자는 사용하는 설비나 장비 등으로부터 배출되는 배출가스에 대해 자체 대기개선계획을 수립해 시·도지사의 승인을 받도록 하고, 시·도지사는 시·도 시행계획에 이를 반영하도록 함(제33조).

■ 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법(일부)

제3조(「대기환경보전법」과의 관계) 이 법은 「대기환경보전법」에 우선하여 적용하며, 이 법에서 규정하지 아니한 사항은 「대기환경보전법」으로 정하는 바에 따른다.

제4조(국가 및 지방자치단체의 책무) ① 국가는 대기관리권역의 대기환경개선을 위한 종합적인 시책을 수립·시행하여야 한다.

② 대기관리권역을 관할 구역으로 하는 지방자치단체(이하 "지방자치단체"라 한다)는 관할 구역의 사회적·환경적 특성을 고려하여 대기환경개선을 위한 세부 시책을 수립·시행하여야 한다.

제5조(사업자의 책무) 대기관리권역에서 사업활동(해당 사업활동을 위하여 소유하고 있는 자동차의 운행을 포함한다. 이하 같다)을 하는 자는 그 사업활동으로 인한 대기오염을 막기 위하여 필요한 조치를 적극 마련하여야 하며, 국가나 지방자치단체가 시행하는 대기환경보전시책에 적극 협조하여야 한다.

제6조(주민의 책무) 대기관리권역에 거주하는 주민은 자동차 운행 등 일상생활에서 대기오염을 줄이기 위하여 노력하여야 하며, 국가와 지방자치단체가 시행하는 대기환경보전시책에 협조하여야 한다.

-중략-

제34조(소규모 배출원의 규제 등) 시·도지사는 생활주변 소규모 배출원에서 배출되는 오염물질로 인한 대기오염을 줄이기 위하여 필요하다고 인정하면 그 시·도의 조례로 정하는 바에 따라 대통령령으로 정하는 행위의 제한 및 방지시설 설치를 명령할 수 있다.

제35조(가정용 보일러의 인증기준 등) ① 대기관리권역에서 가정용 보일러를 제조·공급 또는 판매하려는 자는 환경부장관으로부터 보일러에서 배출되는 오염물질이 환경부령으로 정하는 기준에 적합하다는 인증을 받아야 한다.

② 제1항에 따른 인증의 신청, 인증의 기준 및 방법 등에 관한 사항은 환경부령으로 정한다.

③ 시·도지사는 대기오염을 방지하기 위하여 환경부령으로 정하는 가정용 보일러를 제조·판매, 사용하는 것을 금지 또는 제한하거나 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있다.

④ 환경부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 인증을 취소할 수 있다.

1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 인증을 받은 경우
2. 제36조에 따른 검사 결과가 인증의 기준을 만족하지 못하는 경우

제36조(가정용 보일러의 검사) ① 환경부장관은 제35조제1항에 따라 인증을 받은 보일러에 대하여 설치 전에 인증 기준을 만족하는지 검사할 수 있다.

② 제1항에 따른 검사의 대상·방법 등은 환경부장관이 정하여 고시한다.

‘대기관리권역의 대기환경개선에 대한 특별법’에서는 소규모 배출원의 규제 등에 대한 조항에 대기오염을 줄이기 위하여 필요하다고 인정하면 그 시·도의 조례로 정하는 바에 따라 대통령령으로 정하는 행위의 제한 및 방지시설 설치를 명령할 수 있으며, 가정용보일러에 대한 인증기준 및 검사에 대한 내용을 포함한다. 하지만 구체적인 행위제한, 방지시설 등에 대한 시행령/시행규칙이 제정되지 않아 본 연구에서는 화목난로 및 보일러에 대한 제조, 설치에 대하여 제조, 설치검사 기준 및 설비규격(열효율, 안전기준, 배출허용 권고기준 등) 안을 제시하고자 한다.

- 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법 시행령(안)

대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법 시행령안(일부)

제1장 총칙

제1조(목적) 이 영은 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정하는 것을 목적으로 한다.

제2조(대기관리권역) 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」(이하 “법”이라 한다) 제2조 제1호에 따른 대기관리권역은 별표 1과 같다.

제3조(대기오염도 측정결과에 따른 조치 요청 기준) 법 제8조제2항에서 “대통령령으로 정하는 기준을 초과하는 경우”란 미세먼지 농도가 1세제곱미터당 200마이크로그램을 초과하는 경우를 말한다.

- 중략 -

제22조(소규모 배출원의 규제 등) ① 법 제34조에서 “대통령령으로 정하는 행위의 제한 및 방지시설 설치를 명령”할 수 있는 사항이란 다음의 각 호와 같다.

1. 목재를 연료로 사용하는 난방기기의 제조·공급 또는 판매 금지(환경부장관이 정하여 고시하는 인증기준을 충족하는 난방기기는 제외한다)
 2. 세탁소의 휘발성유기화합물 회수시설 설치명령(유기용제를 사용하는 시설에 한한다)
 3. 연소로 인하여 발생하는 오염물질이 대기 중으로 직접 배출되는 소규모 배출원에 대한 방지시설 설치명령
- ② 제1항제1호에 따른 난방기기의 인증기준 및 인증의 신청 및 절차 등에 관한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.

지자체는 지역특성을 고려하여 지자체 계획을 수립하고 시행할 책무(환경정책기본법 제4조)가 있어 특광역시 조례로 기준을 정할 수 있다. 이 경우 목재 난방용 기기로 인한 미세먼지 및 악취 민원저감을 위해 지자체의 재원을 통하여 저감장치 설치 지원사업을 실시할 수 있으며, 이 사업을 통하여 지역의 대기질 개선과 민원을 해결할 수 있다. 하지만, 중앙정부의 규제 없이 지자체의 지원으로만 저감장치를 설치·운영하기에는 예산확보의 어려움이 크며, 강제력이 없기 때문에 사업주들의 참여가 저조할 수 있다.

화목난로 및 보일러에 의해 배출되는 미세먼지는 특정한 배출구보다는 광범위한 지역에서 발생하여 관리가 쉽지 않기 때문에 자발적인 노력이 필요함. ‘경기지역 생물성연소 배출 미세먼지 관리방안(2016, 시흥녹색환경지원센터)’의 설문조사 결과 배출자(사용자)의 환경 인식이 미흡하기 때문에 화목난로 및 보일러 연소 시 발생하는 미세먼지가 대기질 및 건강에 미치는 영향에 대한 대국민 홍보 및 언론보도를 강화하여야 하며, 자발적 관리를 유도하기 위한 지원(인센티브)방안이 마련되어야 한다.

서울특별시와 경기도에서는 생물성연소와 관련하여 조례를 제정하였으며, 이 조례에 따라 생물성연소 시 발생하는 대기오염물질을 저감하기 위한 대책을 수립할 수 있으며, 그에 따른 재정적 지원을 할 수 있다고 명시되어 있다.

서울특별시, 대기환경개선 촉진 및 지원 등에 관한 조례

제1조(목적) 이 조례는 「대기환경보전법」 제58조에 따른 경유를 연료로 사용하는 자동차에 대한 저공해사업 지원과 「서울특별시 환경기본조례」 제5조에 따라 대기오염을 방지하기 위하여 대기오염물질 배출원에 대한 지원을 위해 필요한 사항을 규정하여 대기환경을 개선하고 나아가 시민의 삶의 질 향상에 기여하는 것을 목적으로 한다.

중략

제20조(기타 대기오염물질 배출원에 대한 대책) ① 시장은 다음 각 호와 같은 대기오염물질 배출원으로 인한 대기오염을 방지하기 위한 대책을 수립하여야 한다.

1. 건설기계
2. 이륜차
3. 직화구이 음식점
4. 기타 시장이 인정한 대기오염 물질 배출원

② 시장은 제1항에 따른 대기오염물질 배출원에 대하여 개인이나 사업자가 방지시설을 설치하거나 배출가스저감장치 등을 부착하는 경우 예산의 범위내에서 필요한 재정적 지원을 할 수 있다.

경기도, 생활악취방지 지원 조례

제1조(목적) 이 조례는 「악취방지법」 제16조의3에 따라 생활악취를 방지하고 대기환경을 개선하기 위하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “악취”란 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성이 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다.
2. “생활악취”란 악취배출시설 외의 시설 등으로부터 발생하는 악취를 말한다.
3. “악취배출시설”이란 「악취방지법」 제2조제3호에 따른 시설을 말한다.
4. “생물성연소”란 동·식물성 연소로 인해 다양한 입자 및 가스 상태의 대기오염물질이 배출되는 것을 말한다.

중략

제5조(보조금 지원 등) ① 도지사는 생활악취 저감 및 방지를 위하여 다음 각 호에 해당하는 사업에 보조금을 지원할 수 있다.

1. 생물성 연소 등으로 인해 생활악취가 발생하는 화목난로 및 보일러
 2. 악취배출시설 외의 시설 중 생활악취가 발생하는 축산시설
 3. 「악취방지법 시행규칙」 제3조에 따른 악취배출시설 외의 시설 중 도지사가 필요하다고 인정하는 사업
- ② 보조금 지원에 대해서는 「경기도 지방보조금 관리 조례」에 따른다.

국내 화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러의 목재난방기기 중 펠릿보일러만 ‘에너지이용 합리화법’에 따른 열사용기자재, 특정열사용기자재 및 검사대상기기로 분류되어 있으며, 나머지 설비에 대한 제조 행위 및 제품에 대한 규제는 없어서 안전사용요령에 관한 상식이 없는 일반 사용자들이 화재위험에 노출되어 있고, 안전기준이 없는 상태에서 가격경쟁력에 따라 제품의 안전성은 더욱 악화되어 있는 실정이다.

목재난방기기의 규제방법은 검사를 필하지 않은 난방기기의 사용을 금지하고, 화목이나 펠릿이 아닌 가연성 물질을 함부로 사용하여 보일러의 안전성을 저하시키는 일이 발생하지 않도록 하는 규제 및 관리가 필요하다.

이러한 관리를 위해서는 다음의 사항이 준수 되어야 하고, 이를 통해 제조등록을 하지 아니한 자는 화목보일러를 제조하지 못하도록 하고, 제조한 목재난방기기에 대해서는 검사를 받도록 함으로써 조잡한 불량제품의 제조를 원천적으로 봉쇄하여 한다.

- ① 화목을 연료로 사용하는 목재난방기기를 제조하고자 하는 자는 목재난방기기 제조등록을 하고, 목재난방기기의 제품검사를 받도록 의무화
- ② 목재난방기기를 사용하고자 하는 자는 검사를 필한 제품을 사용 하도록 의무화 하고, 제조자가 제시하는 사용방법을 준수하도록 의무화
- ③ 목재난방기기의 제조 및 검사기준을 정하고, 이 기준에 사용방법을 규정하며, 사용방법은 잘 보이는 곳에 부착하도록 함.

화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러와 같은 목재난방기기를 ‘에너지이용 합리화법’에 따른 열사용기자재, 특정열사용기자재 및 검사대상기기에 포함되도록 관련 조문을 개정하고, 목재난방기기의 열효율, 안전기준 등을 포함한 제조기준 및 설치기준을 산업통상부의 고시로 제정할 필요가 있다.

표 96. 목재 난방용기기의 설비 규격(안)

구 분	정 의	열효율	안전기준	비 고
화목 난로	화목을 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 화목 난로를 지칭 함	- 진발열량 기준 60% 이상일 것	- 과열방지 안전성 - 불착화 시 안전성 - 역화방지 안전성	
(소형) 화목 보일러	화목을 연료로 사용하여 온수를 발생시키는 것으로서 난방출력 500 kW 이하, 최고사용압력이 0.35MPa 이하일 것	- 진발열량 기준 80% 이상일 것	- 보일러 열매체(물)의 온도 110℃ 이하 - 과열방지 안전성 - 불착화 시 안전성 - 역화방지 안전성	
펠릿 난로	1급 목재 펠릿을 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 목재 펠릿 난방기	- 진발열량 기준 60% 이상일 것	- 과열방지 안전성 - 불착화 시 안전성 - 역화방지 안전성	
펠릿 보일러	가정용 목재펠릿보일러 : 정격출력 58.14kW(50,000 kcal/hr) 이하, 최고사용압력 0.35MPa 이하의 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러 산업용 목재펠릿보일러 : 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러 및 증기보일러 중 산업용 보급사업으로 산업체에 보급하는 열출력 200,000 kcal/hr(233 kW) 이상의 보일러	- 진발열량 기준 85% 이상일 것	- 에너지이용 합리화법 시행규칙 제31조의 5(특정열사용기자재)의 기준에 따름.	

또한, 화목난로, 화목보일러, 펠릿난로, 펠릿보일러의 PM-10 배출계수는 다음과 같으며, 국내 목재난방기기의 배출 수준을 기준으로 50% 수준을 1안으로, 70% 수준을 2안으로 제안하고자 한다.

표 97. 국내 목재난방기기의 PM-10 배출계수 수준과 저감안

구 분	국내 배출계수 (g-PM/kg-fuel)	50% 저감 수준 (g-PM/kg-fuel)	70% 저감 수준 (g-PM/kg-fuel)	비 고
화목난로	6.5	3.3	2.0	
화목보일러	5.8	3.0	1.7	
펠릿난로	3.3	1.7	1.0	
펠릿보일러	3.4	1.7	1.0	

표 98. 목재 난방용기기의 친환경 인증기준(안)

구 분	정 의	환경기준		비 고
		1안 (처리 전 미세먼지 배출계수의 50% 수준)	2안 (처리 전 미세먼지 배출계수의 70% 수준)	
화목 난로	화목을 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 화목 난로를 지칭 함	- 미세먼지 : 3.3 g-PM/kg-fuel - CO : 400 ppm - NOx : 150 ppm	- 미세먼지 : 2.0 g-PM/kg-fuel - CO : 400 ppm - NOx : 150 ppm	
(소형) 화목 보일러	화목을 연료로 사용하여 온수를 발생시키는 것으로서 전열면적이 14제곱미터 이하이고, 최고사용압력이 0.35MPa 이하일 것	- 미세먼지 : 3.0 g-PM/kg-fuel - CO : 200 ppm - NOx : 100 ppm - O2 : 10% 이하	- 미세먼지 : 1.7 g-PM/kg-fuel - CO : 200 ppm - NOx : 100 ppm - O2 : 10% 이하	
펠릿 난로	1급 목재 펠릿을 연료로 사용하는 정격 열출력 50 kW 이하의 목재 펠릿 난방기	- 미세먼지 : 1.7 g-PM/kg-fuel - CO : 400 ppm - NOx : 150 ppm	- 미세먼지 : 1.0 g-PM/kg-fuel - CO : 400 ppm - NOx : 150 ppm	
펠릿 보일러	가정용 목재펠릿보일러 : 정격출력 58.14kW(50,000 kcal/hr) 이하, 최고사용압력 0.35MPa 이하의 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러 산업용 목재펠릿보일러 : 목재펠릿을 연료로 사용하는 온수보일러 및 증기보일러 중 산림청 보급사업으로 산업체에 보급하는 열출력 200,000 kcal/hr(233 kW) 이상의 보일러	- 미세먼지 : 1.7 g-PM/kg-fuel - CO : 200 ppm - NOx : 100 ppm - O2 : 10% 이하	- 미세먼지 : 1.0 g-PM/kg-fuel - CO : 200 ppm - NOx : 100 ppm - O2 : 10% 이하	

참 고 문 헌

1. 국가산업단지 관리기본계획 개정고시(2015), 산업자원부고시 제 2015-283
2. 환경부(2008), 시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구
3. 국가법령정보센터(2018), 대기오염공정시험기준
4. US EPA(2000), EPA Method 18
5. 환경부(2011), 환경기술 기술동향보고서
6. 국립환경과학원(2012), 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 관리 전략수립연구 최종보고서
7. 국립환경과학원(2008), 환경대기 중 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링
8. 국립환경과학원(2009), 고정오염원에서의 유해대기오염물질(HAPs) 배출원 조사
9. 경기도(2014), 경기도 유해화학물질 관리계획
10. 경기도보건환경연구원(2013), 2013년 대기오염 평가보고서
11. 경기도 보건환경연구원, <http://air.gg.go.kr/airgg/>
12. EPA, <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>
13. 환경정책 기본법, 2018, 법률 제 2조
14. NCAR(2008), ARW Version 3 Modeling System User's Guide
15. The University of North Carolina at Chapel Hill(2010), SMOKE v2.7 User's Manual
16. ENVIRON(2017), User's Guide Comprehensive Air Quality Model with Extensions v6.4
17. Kurokawa, J., et al(2013), Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000-2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2

주 의 문

최종보고서초안(19-01-40-41-06)
경기도 화목 연소 난방취사 현황 및 개선방안 연구

발행인 : 센터장 한 신 호
발행일 : 2019년 12월
발행처 : 시흥녹색환경지원센터
주 소 : 경기 시흥시 산기대학로 237 시흥비즈니스센터 602
전 화 : 031-8041-0936
팩 스 : 031-8041-0939
e-mail : br2333@shgec.or.kr

※ 주 의

1. 이 보고서는 시흥녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 시흥녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.