

미세먼지 시즌제 도입 방안

최유진 최기철 이승민 이해진



미세먼지 시즌제 도입 방안



연구책임

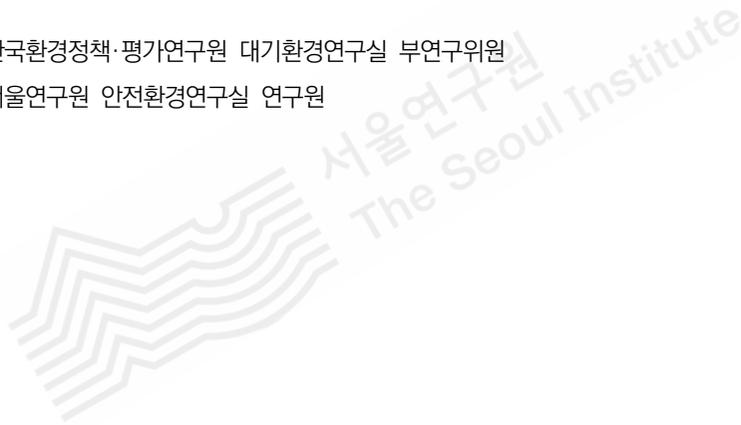
최유진 서울연구원 안전환경연구실 연구위원

최기철 한국환경정책·평가연구원 대기환경연구실 부연구위원

연구진

이승민 한국환경정책·평가연구원 대기환경연구실 부연구위원

이혜진 서울연구원 안전환경연구실 연구원



이 보고서는 서울연구원과 한국환경정책·평가연구원이

상호연구협력 업무협약(2017.12.12.)에 따라 수행한 공동연구의 결과물입니다.

보고서의 내용은 연구진의 견해로서 서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

고농도 미세먼지 발생시기에 선제 대응하는 미세먼지 시준제 도입으로 시민체감도 개선

최근 잦은 (초)미세먼지 고농도 발생으로 시민 미세먼지 체감도 악화

서울시 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5)의 연평균 농도가 각각 2001년 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서, 2018년 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 개선된 것은 사실이다. 하지만 2012년까지의 개선 속도에 비해 이후의 연평균 농도 변화는 뚜렷한 감소 경향을 보이지 않았다. 다만, 최근 3년(2016년~2018년)의 연평균 농도가 감소 패턴을 보이거나 장기적인 경향으로 이어질지는 지켜볼 필요가 있다. 최근 3년간 연평균 PM10 및 PM2.5 농도의 감소와는 달리, 특히 PM2.5 고농도 발생은 증가하고 있다. PM2.5 일평균 농도 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 발생일수가 2016년 13일에서 2018년 20일로 증가했고, 2019년에는 5월까지 23일이 발생해 2018년 연간 발생일수를 넘어섰다. 특히 2019년 3월에는 7일 동안 PM2.5 주의보가 지속됐고, 3월 5일에는 일평균 농도가 최고치인 $135\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록하기도 했다. 시민들은 연평균 농도의 증감이 아니라 단기적으로 발생하는 고농도 사례의 빈도와 지속일수로 미세먼지의 개선도를 체감한다. 최근 잦아든 고농도 (초)미세먼지 발생이 시민들의 미세먼지 체감도를 악화시키고 있고, 이에 따라 강력한 대책에 대한 요구도 커지고 있다.

일회성 비상저감조치 한계 극복할 고농도 미세먼지 대책 필요한 시점

정부는 2018년부터 고농도 (초)미세먼지 발생 상황에 대응하기 위해 비상저감조치를 시행하고 있다. 하지만 현재의 비상저감조치는 단기에보에 의존해 충분한 사전예고 없이 시행되는 1~2일 전 사업장·공사장의 운영 단축·조정, 차량 운행 제한 등의 조치들로 구성되어 있어, 공공 중심의 참여로 그칠 수밖에 없는 한계가 있다. 또한, PM2.5의 2차 생성 비중이 고농도 상황에서 크게 증가하는 것으로 알려진바, 고농도

발생 전일 및 당일의 단기적 배출저감 조치로 2차 생성 미세먼지 발생 억제 효과를 단시간에 얻을 가능성도 높지 않을 것으로 판단된다. 이처럼 고농도 발생 1~2일에 단발적으로 대응하는 현재의 고농도 미세먼지 대응 방식인 비상저감조치의 효과에 의문이 제기되면서, 새로운 고농도 미세먼지 대응 방안의 필요성이 대두되고 있다.

중국 베이징 등 해외에서도 고농도 시중에 강화된 정책 단계별 적용

중국 징진지(京津冀: 베이징, 톈진, 허베이) 및 주변지역에서는 10월부터 3월까지 '가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안'을 시행하고 있다. 2017년 베이징시는 베이징시 및 각 구의 PM2.5 평균 농도를 전년 동기 대비 25% 이상 저감, 고농도 대기오염 발생일수 20% 이상 줄이기를 목표로 10가지 과제를 담은 베이징시 '가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안'을 발표했다. 이 방안은 소규모 사업장 관리, 석탄오염 관리, 공업기업의 불법 배출 관리 등을 담고 있다. 이탈리아 북부에 위치한 에밀리아 로마냐주는 10~3월을 대상으로 겨울철 비상 대책(Winter Emergency Measures)을 2017년부터 시행하고 있다. 이 기간에는 평상시보다 강화된 배출원 관리 대책이 시행되고, 실제로 고농도가 발생하면 더 강화된 대책이 단계별로 적용된다. 이 기간의 평일과 매달 첫 주 일요일에는 경유차는 Euro 4, 휘발유차는 Euro 2, 이륜차는 Euro 1 이상의 차량만 운행이 가능하다. 다만, PM10 기준($50\mu\text{g}/\text{m}^3$)이 연속 3일 또는 10일을 초과하면 스모그 비상 경보(Emergency smog alert)가 발령되어 경유차에 대해서는 더욱 강화된 운행 제한이 적용된다.

고농도 발생 잦은 12~3월에 '강화된 배출저감대책 시행' 시즌제 도입

국내 PM2.5 농도와 고농도 발생은 계절성을 띤다. 일반적으로 늦가을부터 이른 봄까지 고농도 발생이 잦고, 그 외 계절의 고농도 발생은 드물다. 이처럼 국내 고농도 PM2.5 발생의 계절적 특성을 고려한다면, 1~2일 고농도 미세먼지 발생에 대응하는 기존의 비상저감조치와 연평균 농도 저감에 목적을 둔 상시 대책과 차별화된 미세먼지 고농도 시중에 대응할 수 있는 시즌제 도입을 고려할 필요가 있다. 시즌제의 기간은 해외처럼 5~6개월의 긴 기간을 설정할 수도 있지만 국내에 처음 도입되는 제도이니, 첫 시작에서는 적용 기간을 최소화해 시민들의 피로도를 줄이는 것도 필요하다. 이러한 원칙에 따라 미세먼지 고농도 발생이 잦고 그 강도가 강한 12~3월이 시즌제

기간으로 제안되었다.

시즌제 목표는 사전에 국내 배출 줄여 고농도의 강도·지속시간 완화

중국 등 국외의 영향이 적지 않음이 명확한 상황에서 국내 배출저감만으로 외부 영향이 큰 ‘매우 나쁨’ 수준의 심각한 고농도 사례를 보통 수준까지 개선하는 것은 사실상 불가능하다. 이에 시즌제의 정의와 목표도 재난에 가까운 고농도 상황을 획기적으로 개선하는 것이 아니라 고농도 발생이 잦은 특정 시기의 배출저감 대책을 강화해 기저(base)농도를 사전에 낮추는 것으로 설정해야 한다는 전문가들의 의견이 많았다. 사전에 국내 배출을 줄여 기저 농도를 낮춰 놓으면, 중국 등 국외에서 같은 강도의 영향이 와도 시즌 대책 시행 이전보다 고농도의 강도와 지속시간도 개선될 것을 기대할 수 있다. 또한, 실제 시즌제 기간에 고농도가 발생하지 않아도 국내 배출 저감 노력이 시행되는 만큼 시즌제 시행 이전보다 초미세먼지 농도가 개선된 상황이 이어질 수 있다. 건강측면에서 고농도 일수를 줄이는 것보다 평균농도를 낮추는 것이 건강편익이 더 크다는 의견도 있었다. 따라서 미세먼지 시즌제의 목표는 초미세먼지의 ‘나쁨(일평균 기준 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과)’ 일수 저감과 동일 시기의 초미세먼지 평균농도 개선으로 설정할 필요가 있다.

수도권이 함께 시행... 교통대책은 공동, 기타 대책은 지역특성별 추진

대기오염 문제는 행정경계로 구분할 수 없는 문제이고 인접 지역뿐 아니라 인접하지 않은 지역의 영향도 직·간접적으로 받는다. 즉, 서울시의 초미세먼지 문제 해결을 위해 서울시 배출원만 관리해서는 효과를 기대할 수 없다는 것이 공통적 의견이다. 시즌 대책이 전국적으로 동시에 시행되는 것이 서울시 차원에서도 초미세먼지 농도 개선에 가장 효과적일 것이다. 하지만 각 지방정부의 준비 상황 등이 달라 여러 현실적 문제가 있을 수 있어 전국적 시행은 어려울 수 있다. 그렇다면 최소한 경기, 인천을 포함한 수도권 범위에서는 함께 시즌 대책을 추진할 필요가 있다는 것이 강조되었다. 나아가 가능하다면 충청남도의 참여도 필요하다는 의견도 있었다. 이는 동일한 대기오염 영향권역에 있는 지방정부가 공동으로 대책을 시행해야 한다는 의미로 볼 수 있다. 다만, 운행제한 등 이동오염원 대책은 대기관리권역에서 공동으로 추진하고, 점·면 오염원 대책은 각 지역 특성에 따라 우선순위를 정해 추진해야 한다는 전문가 의견이

많았다. 또한, 공공만 참여하는 것은 효과가 미미하므로 민간까지 참여할 수 있는 공감대를 형성해 추진해야 한다는 것이 공통된 의견이다.

5등급 차량 운행제한, 사업장 등 배출원 관리감독 강화가 ‘핵심 대책’

미세먼지 시준제 제안 내용을 요약하면 [표 1]과 같다. 다만 목표에 대한 관리지표나 목표달성의 척도 등 세부적인 사항은 추가적인 논의가 필요하다. 시행기간은 12~3월(총 4개월)을 제안하지만, 1차 연도에 시행기간을 최소화해 시행하고 결과분석 후, 2차 연도 시행기간을 조정하는 방안도 생각해 볼 수 있다. 공간범위는 처음부터 강조되었던 내용으로 동일한 대기오염 영향권역에서 공동으로 대책을 시행하는 것이 바람직하다. 1차 연도에는 수도권(서울·인천·경기)과 충남의 점오염원을 대상으로 시행하고, 2차 연도에는 전국 대기관리권역으로 확대를 제안한다. 대책의 내용은 지역별 배출 특성이 다름을 고려해, 지역 특성에 맞는 대책 도출이 필요하다. 예를 들면 운행제한 등 이동오염원 대책은 대기관리권역에서 공동으로 추진하고, 점·면 오염원 대책은 각 지역 특성에 따라 우선순위를 선정해 추진할 수 있도록 해야 한다. 참여 대상은 공공은 의무적으로 참여하고, 민간은 초기에 지원정책을 집중적으로 펼쳐 참여를 독려하고 단계적으로 의무화한다.

[표 1] 시준제 제안 내용의 요약

구분	세부내용
정의	미세먼지의 고농도 발생이 잦은 특정 시기(계절) 동안 평상시보다 강화된 배출저감 정책 시행으로 기저(base)농도를 낮춰, 고농도 발생의 강도와 빈도를 완화하는 사전 대응 대책
목표	초미세먼지의 ‘나쁨(일평균 기준 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과)’ 일수 저감
시행기간	12~3월(총 4개월) ※ 1차 연도 시행 후 평가를 통해 시행 기간 조정 필요
적용대상	공공 의무화 + 민간 단계적 의무화
공간범위	수도권 대기관리권역(서울·인천·경기) + 충남 점오염원(대형 배출시설) ※ 추후 전국 대기관리권역으로 확대 시행
시준제 핵심 대책 (서울시 중심)	<ul style="list-style-type: none"> • 교통: 배출가스 5등급 차량 운행제한 + 민간 자동차 배출가스 검사소 점검 강화 • 사업장·공사장: 실시간 모니터링 체계 구축 및 관리감독 강화 • ‘환경 준법 감시단’ 운영: 협회, 대학, 시민참여단 등으로 구성

목차

01 연구개요	2
1_연구배경 및 목적	2
2_연구내용 및 방법	3
02 미세먼지 고농도 발생 현황 및 대책	6
1_미세먼지 고농도 발생 현황	6
2_대기오염물질 배출량 현황	13
3_미세먼지 저감정책 현황	19
03 해외 사례 조사	36
1_유럽	36
2_중국	42
3_미국	46
04 미세먼지 시존제 도입을 위한 의제 및 정책 발굴	52
1_전문가 토론회 개요	52
2_주요 토론 내용	54
3_소결	71
05 미세먼지 시존 대책의 효과 분석 및 평가	76
1_효과분석 범위	76
2_시존 대책에 따른 예상 배출 감축량 분석	77
3_시존 대책에 따른 예상 배출 감축 효과 평가	84
4_소결	87

06 미세먼지 시즌제 도입을 위한 제언	90
1_법제도 개선	90
2_시즌제 추진 방안	93
참고문헌	103
Abstract	105



표 목차

[표 2-1] 중앙정부 상시 미세먼지 관리 강화대책	19
[표 2-2] 서울시 미세먼지 상시 대책(2019.4)	21
[표 2-3] 경기도 미세먼지 저감 종합대책 2차(2018.10)	22
[표 2-4] 인천시 미세먼지 저감대책(2019.4)	23
[표 2-5] 충청남도 대기환경개선 계획(2018.12)	24
[표 2-6] 비상저감조치 유형 비교	26
[표 2-7] 고농도 미세먼지 비상저감조치 단계적 강화(안)	27
[표 2-8] 수도권·서울형 비상저감조치 비교	29
[표 2-9] 서울형 공해차량 운행 제한(2018.6.)	30
[표 2-10] 서울시 미세먼지 특별법 및 조례 시행에 따른 고농도 미세먼지 비상저감조치 추진계획(2019.2.)	30
[표 2-11] 경기도 고농도 미세먼지 발생 시 단계별 대응계획(2019.4.)	31
[표 2-12] 인천시 고농도 미세먼지 비상저감조치 강화(2019.4.)	32
[표 2-13] 충청남도 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행매뉴얼(2019.1.)	33
[표 3-1] 에밀리아 로마냐주의 Winter Emergency Measures 자동차 운행제한 대책	37
[표 3-2] 에밀리아 로마냐주의 Winter Emergency Measures 기타 분야 대책	37
[표 3-3] 브뤼셀의 Intervention Threshold 단계별 규제 및 대책	39
[표 3-4] 브뤼셀의 Low Emission Zone의 연도별 운행제한 계획	40
[표 3-5] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안	42
[표 3-6] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리를 위한 보장조치	45
[표 3-7] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리를 위한 세부 방안과 관리 목록	45
[표 3-8] 유타주 화목 연소 배출 저감을 위한 지원 프로그램	50
[표 4-1] 전문가 자문그룹 구성	53
[표 4-2] 전문가 토론회 개최 현황	53

[표 4-3] 시즌제 도입을 위한 의제	56
[표 4-4] 교통 분야 미세먼지 관리 대책 현황	61
[표 4-5] 교통 분야 주요 대책별 논의사항 및 대응방안	62
[표 4-6] 발전·사업장 분야 미세먼지 관리 대책 현황	63
[표 4-7] 사업장 분야 주요 대책별 논의 사항	64
[표 4-8] 발전 분야 주요 대책별 논의 사항	65
[표 4-9] 공사장 분야 미세먼지 관리 대책 현황	65
[표 4-10] 공사장 분야 주요 대책별 논의 사항	66
[표 4-11] 그 외 미세먼지 관리 대책 현황	67
[표 4-12] 그 외 미세먼지 관리 대책별 논의 사항	67
[표 4-13] 그 외 중장기 대책 제안	67
[표 4-14] 관리감독 강화 대책	69
[표 4-15] 관리 조직 운영 예시(서울시를 중심으로)	70
[표 4-16] 미세먼지 시즌제 개요	71
[표 4-17] 미세먼지 시즌제 대책 제안	72
[표 5-1] 시즌 대책에 따른 분야별 주요 대책과 배출 감축량 추정 방법	77
[표 5-2] 발전상한제약 시행에 따른 예상 배출 감축량	78
[표 5-3] 배출가스 5등급 차량 운행제한에 따른 예상 배출 감축량	80
[표 5-4] 도로 집중청소에 따른 예상 배출 감축량	80
[표 5-5] 공공부문(소각장) 단축운영(10%)에 따른 예상 배출 감축량	81
[표 5-6] 공사장 비산먼지 관리 강화에 따른 예상 배출 감축량	82
[표 5-7] 공사장 단축운영(1시간)에 따른 예상 배출 감축량	82
[표 5-8] 시즌(12~3월) 기간 동안 작물별 소각률	83
[표 5-9] 노천소각 단속에 따른 예상 배출 감축량	83
[표 5-10] 농업잔재물 소각 단속에 따른 예상 배출 감축량	83
[표 6-1] 미세먼지법 개정안 1(신창현의원 대표발의)	91
[표 6-2] 미세먼지법 개정안 2(강병원의원 대표발의)	92
[표 6-3] 국민대토론회 국민정책참여단 설문조사 결과	93
[표 6-4] 미세먼지 시즌제 제안 내용	98
[표 6-5] 교통 분야 대책 제안	99
[표 6-6] 사업장 분야 대책 제안	100
[표 6-7] 공사장 분야 대책 제안	100

[표 6-8] 생물성 연소 분야 대책 제안	101
[표 6-9] 그 외 분야 대책 제안	101



그림 목차

[그림 1-1] 연구의 내용 및 흐름도	4
[그림 2-1] 서울시 PM2.5 대기환경 기준 초과일수(2009~2018년 누적)	6
[그림 2-2] 연도별 서울시 PM2.5 일평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2009~2018년)	7
[그림 2-3] 연도별 서울시 PM2.5 일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2009~2018년)	7
[그림 2-4] 연도별 서울시 PM2.5 시간평균 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속일수 (2009~2018년)	8
[그림 2-5] 서울시 PM2.5 대기환경기준(일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과 상황이 3일 이상 지속된 고농도 사례 발생횟수(2009~2018년 누적)	9
[그림 2-6] PM2.5 일평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2016~2018년 누적)	11
[그림 2-7] PM2.5 일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2016~2018년 누적)	11
[그림 2-8] PM2.5 시간평균 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속일수(2016~2018년 누적)	12
[그림 2-9] PM2.5 부문별 배출량(2016년)	14
[그림 2-10] PM2.5 부문별 배출 비중(2016년)	14
[그림 2-11] NO _x 부문별 배출량(2016년)	15
[그림 2-12] NO _x 부문별 배출 비중(2016년)	15
[그림 2-13] SO _x 부문별 배출량(2016년)	16
[그림 2-14] SO _x 부문별 배출 비중(2016년)	16
[그림 2-15] VOC 부문별 배출량(2016년)	17
[그림 2-16] VOC 부문별 배출 비중(2016년)	17
[그림 2-17] PM2.5 비산먼지 중분류별 배출량(2016년)	18
[그림 2-18] PM2.5 생물성 연소 중분류별 배출량(2016년)	18
[그림 3-1] 브뤼셀의 단계별 오염물질 Threshold(기준)과 심벌	38
[그림 3-2] 슈투트가르트 Fine Dust Alarm 표시 예	41
[그림 3-3] Winter Spare The Air 프로그램	47

[그림 3-4] 미국 유타주 초미세먼지 고농도 발생(기온역전현상)의 주요 원인 추정	48
[그림 3-5] 미국 유타주 대기오염경보(또는 예보체계) 및 단계별 Action 예시	49
[그림 3-6] 미국 유타주 PM2.5 농도구간별 Health Legend	50
[그림 4-1] 시즌제 적용 대책 검토 시 고려사항	60
[그림 4-2] 관리감독 프로세스 강화방안	68
[그림 4-3] 관리 조직 및 인력 보완 예시(서울시를 중심으로)	70
[그림 5-1] 서울시 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)	84
[그림 5-2] 인천시 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)	85
[그림 5-3] 경기도 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)	86
[그림 5-4] 충남지역 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)	87
[그림 6-1] 5등급차량 상시운행제한 불편 최소화 방안 의견조사 결과	95
[그림 6-2] 주차요금 인상 의견조사 결과	95
[그림 6-3] 우선 관리 강화 사업장 의견조사 결과	96
[그림 6-4] 난방에너지 저감을 위한 시민 유도방안 관련 의견조사 결과	96
[그림 6-5] 5등급차량 운행제한 관련 의견조사 결과	97
[그림 6-6] 공공·행정기관 주차장 차량 2부제 관련 의견조사 결과	97
[그림 6-7] 국가기후환경회의의 국민정책제안 내용	102

01

연구개요

서울연구원
The Seoul Institute

1_연구배경 및 목적

2_연구내용 및 방법

01. 연구개요

1_연구배경 및 목적

서울시 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5)의 연평균 농도가 각각 2001년 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서, 2018년 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 개선된 것은 사실이다. 하지만 2012년까지의 개선 속도에 비해 이후의 연평균 농도 변화는 뚜렷한 감소 경향을 보이지 않았다. 다만, 최근 3년(2016~2018년)의 연평균 농도가 감소 패턴을 보이거나 장기적인 경향으로 이어질지는 지켜볼 필요가 있다.

최근 3년간 연평균 PM10 및 PM2.5 농도의 감소와는 달리, 특히 PM2.5 고농도 발생은 증가하고 있다. PM2.5 일평균 농도 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 발생일수가 2016년 13일에서 2018년 20일로 증가했고, 2019년에는 5월까지 23일이 발생해 2018년 연간 발생일수를 넘어섰다. 특히 2019년 3월에는 7일 동안 PM2.5 주의보가 지속되고, 3월 5일에는 일평균 농도가 최고치인 $135\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록하기도 했다.

시민들이 느끼는 미세먼지 개선 또는 악화 체감도는 연평균 농도의 증감이 아니라 단기적으로 발생하는 고농도 사례의 빈도와 지속일수에 더욱 크게 좌우된다. 지금까지 국내 미세먼지 대책은 연평균 농도 저감을 목적으로 하는 상시대책에 집중되는 경향이 있었다. 단지, 최근에 정부가 법적 근거를 가지고 비상저감조치 이행을 강제할 수 있도록 하는 등 고농도 미세먼지 발생 상황에 대응을 시작했을 뿐이다.

하지만 현재의 비상저감조치는 단기에보에 의존해 충분한 사전예고 없이 시행되는 1~2일 전 사업장·공사장의 운영 단축·조정, 차량 운행 제한 등의 배출 저감조치들로 구성되어 있어, 공공 중심의 참여로 그칠 수밖에 없는 한계가 있다. 또한, PM2.5의 2차 생성 비중이 고농도 상황에서 크게 증가하는 것으로 알려져 있는바, 고농도 발생 전일 및 당일의 단발적 배출저감 조치로 2차 생성 미세먼지 발생 억제 효과를 단시간에 얻을 가능성도 높지 않다. 이처럼 고농도 발생 1~2일에 단발적으로 대응하는 현재

의 고농도 미세먼지 대응 방식인 비상저감조치의 효과에 의문이 제기되면서, 고농도 미세먼지 대응에 대한 새로운 대안의 필요성이 대두되고 있다.

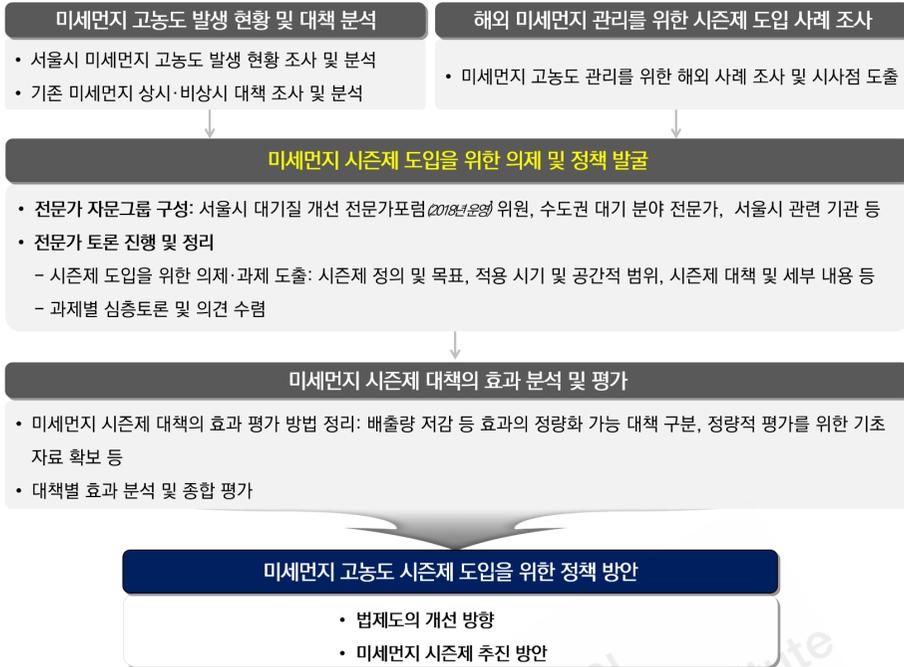
국내 PM2.5 농도와 고농도 발생은 계절성을 띤다. 일반적으로 늦가을부터 이른 봄까지 고농도 발생이 잦고, 그 외 계절의 고농도 발생은 드물다. 이처럼 국내 고농도 PM2.5 발생의 계절적 특성을 고려한다면, 1~2일 고농도 미세먼지 발생에 대응하는 기존의 비상저감조치와 연평균 농도 저감에 목적을 둔 상시 대책과 차별화된 미세먼지 고농도 시준에 대응할 수 있는 시준 대책(계절 대책) 도입을 고려할 필요가 있다. 이에 이 연구는 고농도 미세먼지 발생에 보다 효과적으로 대응할 수 있는 미세먼지 시준제도 도입 방안 도출을 목적으로 진행되었다.

2_연구내용 및 방법

미세먼지 시준제도는 국내에서 처음 연구되는 제도이다. 새로운 제도의 도입을 위한 최초 연구인 바, 시준제도의 도입 필요성과 목적을 명확히 정리하고 이를 토대로 시준제도 추진을 위한 세부적 내용들을 도출하고 정리하는 것이 필요하다.

이에 이 연구에서는 전문가 자문그룹을 구성하고 운영하여 미세먼지 시준제의 정의, 목표, 시공간적 적용 범위, 대책 등 미세먼지 시준제 도입 추진을 위한 의제 또는 과제를 도출하고, 과제별 심층논의로 의견을 수렴하는 과정을 중점적으로 진행했다. 전문가 자문그룹 운영 과정에서 보다 효율적인 논의와 결과 도출을 돕기 위해, 해외 유사 사례 조사 및 분석, 고농도 PM2.5 발생 현황 분석, 기존 미세먼지 비상저감조치 대책과 상시 대책 분석을 병행하면서 결과들을 논의 과정에서 적극 활용했다. 이러한 과정을 통해 고농도 미세먼지 발생 완화를 위한 미세먼지 시준제도 도입방안이 제안되었다.

추가해서, 도출된 미세먼지 시준 대책의 효과도 정량적으로 분석하고자 했다. 이를 위해 효과를 정량화할 수 있는 방법을 모색하고 정량화 가능한 대책 중심으로 효과 평가 방법과 관련 기초 자료를 수집해 효과를 추정하고 종합적인 평가결과를 제시했다.



[그림 1-1] 연구의 내용 및 흐름도

02

미세먼지 고농도 발생 현황 및 대책



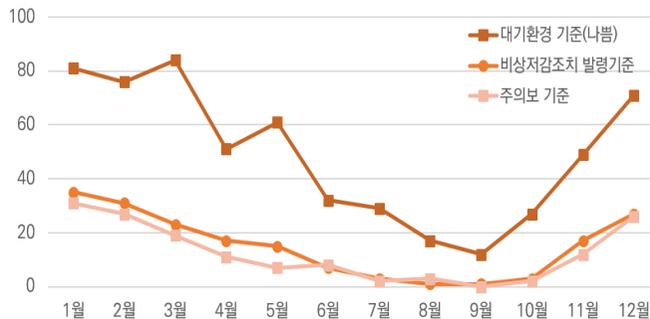
- 1_미세먼지 고농도 발생 현황
- 2_대기오염물질 배출량 현황
- 3_미세먼지 저감정책 현황

02. 미세먼지 고농도 발생 현황 및 대책

1_미세먼지 고농도 발생 현황

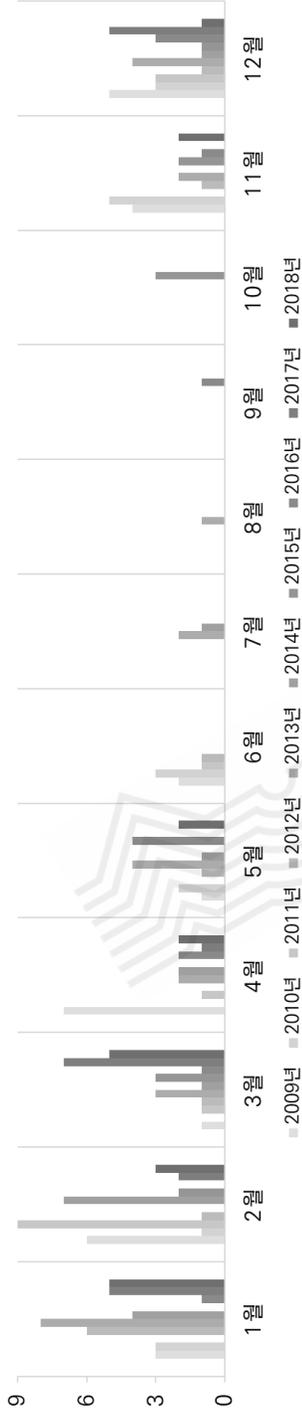
최근 10년(2009~2018년) 동안의 서울시 초미세먼지 고농도 발생 현황을 비상저감조치 발령 기준(일평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과), 일평균 대기환경기준 또는 나쁨 기준(일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과), 미세먼지 주의보 발령 기준(시간평균 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속)을 초과하는 사례로 구분해 분석했다.

비상저감조치 발령 기준 초과에 부합하는 고농도 일수는 최근 10년간 총 180일이었다. 1월에 35일로 가장 많았고 이어서 2월(31일), 12월(27일) 순으로 발생했다. 나쁨 기준 초과에 부합하는 월별 누적일수는 총 590일이었고, 3월(84일)에 가장 많이 발생했고, 1월(81일), 2월(76일), 12월(71일) 순으로 많았다. 미세먼지 주의보 발령 기준 초과에 부합하는 일수는 총 148일로 1월(31일), 2월(27일), 12월(26일) 순으로 많았다. 고려하는 기준에 따라 순위에 차이는 있지만, 12월, 1월, 2월, 3월에 고농도 초미세먼지 발생이 빈번했던 것을 알 수 있다.

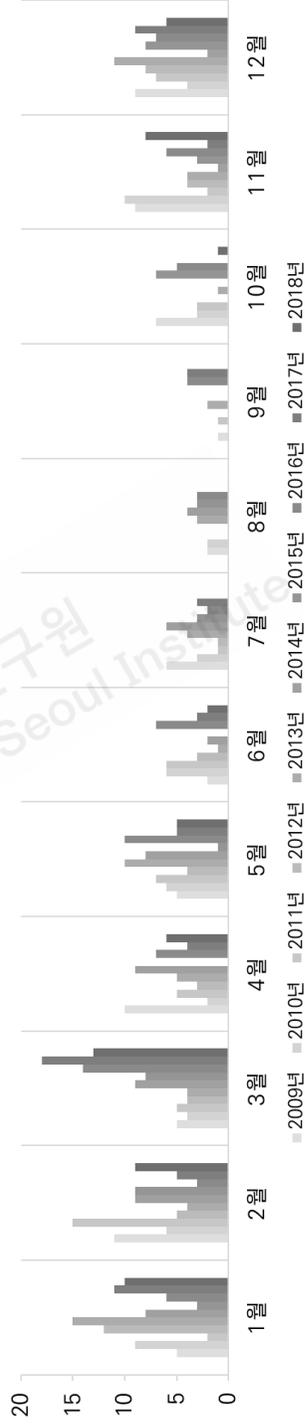


자료: 대기오염물질 농도자료, 서울시 보건환경연구원

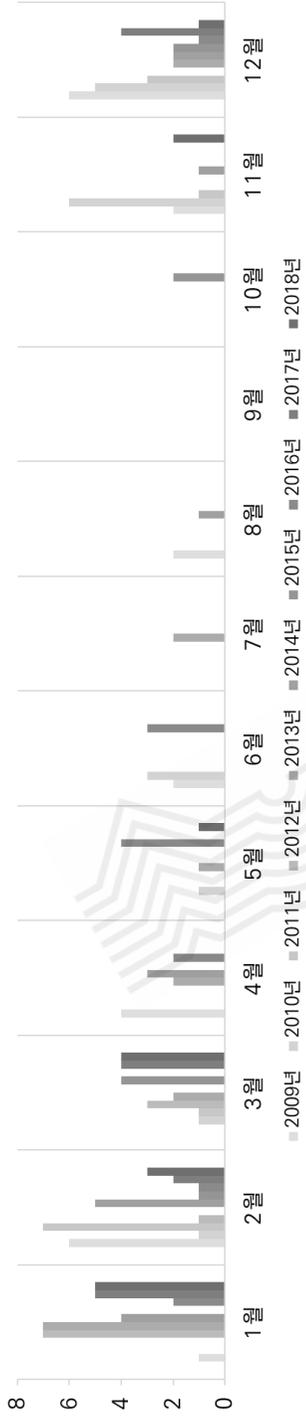
[그림 2-1] 서울시 PM2.5 대기환경 기준 초과일수(2009~2018년 누적)



[그림 2-2] 연도별 서울시 PM2.5 일평균 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2009~2018년)



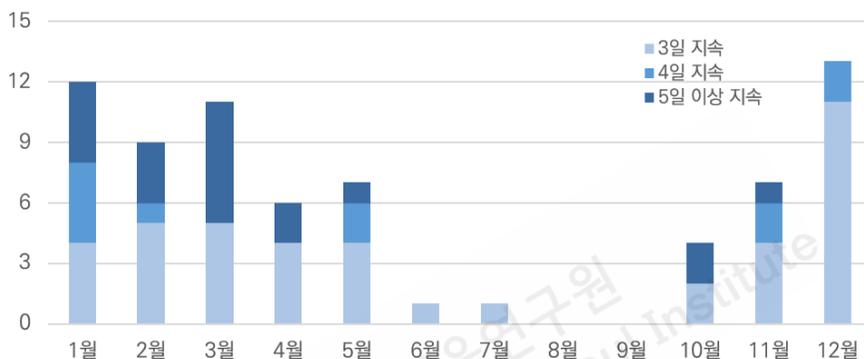
[그림 2-3] 연도별 서울시 PM2.5 일평균 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2009~2018년)



[그림 2-4] 연도별 서울시 PM2.5 시간평균 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속일수(2009~2018년)

서울연구원
The Seoul Institute

초미세먼지의 농도 수준뿐 아니라 고농도 상황의 지속일이 길어질수록 시민들의 일상 생활 속 불편도 증가하고 더불어 불안감과 정부에 대한 불만도 늘어난다. 이에 최근 10년(2009~2018년) 동안 초미세먼지 나쁨 기준인 일평균 농도 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 상황이 3일 이상 지속된 사례 수(횟수)를 살펴보았다. 10년 동안 초미세먼지 나쁨이 3일 이상 지속된 누적 횟수는 총 71회로, 이 중 12월이 13회로 가장 많았다. 이어서 1월 12회, 3월 11회, 2월 9회 순으로 나타났다. 특히 5일 이상 지속된 사례 수는 3월에 가장 많았다.



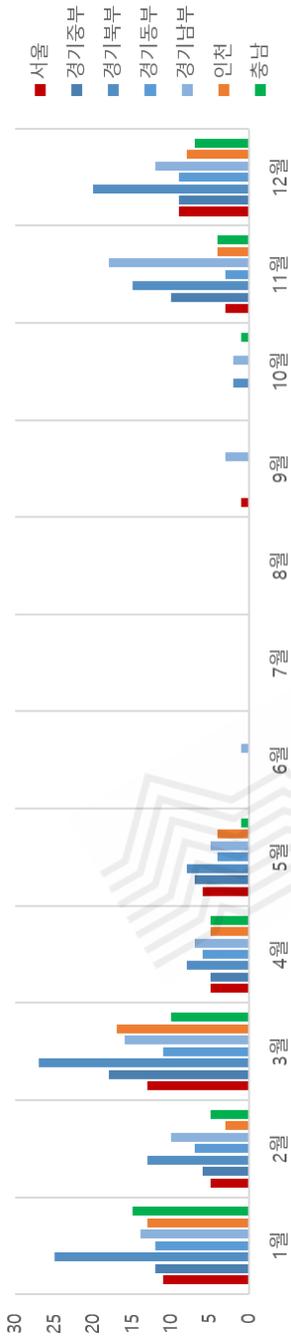
[그림 2-5] 서울시 PM2.5 대기환경기준(일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과 상황이 3일 이상 지속된 고농도 사례 발생횟수(2009~2018년 누적)

대기오염 문제는 행정경계로 구분 지을 수 없는 문제이므로 대기오염 영향권역으로 접근해 함께 정책을 시행하는 것이 가장 바람직한 방향이다. 서울을 포함한 경기, 인천은 서로에게 영향을 주고받는 동일한 대기오염 영향권역에 속한다. 또한 석탄화력 발전소와 제철소·석유화학공장이 밀집돼 있는 충청남도도 서울 초미세먼지 농도에 적지 않은 영향을 미치는 것으로 조사되고 있다. 이에 경기, 인천, 충청남도의 초미세먼지 일평균농도 자료를 수집해 서울시와 초미세먼지 고농도 발생 월별 패턴이 유사한지를 살펴보았다.

경기, 인천, 충청남도의 초미세먼지는 국가대기환경기준이 설정된 이후부터 측정된 바, 최근 3년(2016~2018년) 자료만을 사용해 초미세먼지 대기환경기준 초과일수를 분석했다. 서울, 경기(중부, 북부, 동부, 남부 4개 권역으로 구분), 인천, 충남에 대해 앞선 서울시 10년 자료 분석과 동일하게 비상저감조치 발령 기준(일평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과), 일평균 대기환경기준 또는 나쁨기준(일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과), 미세먼지 주의보 발령

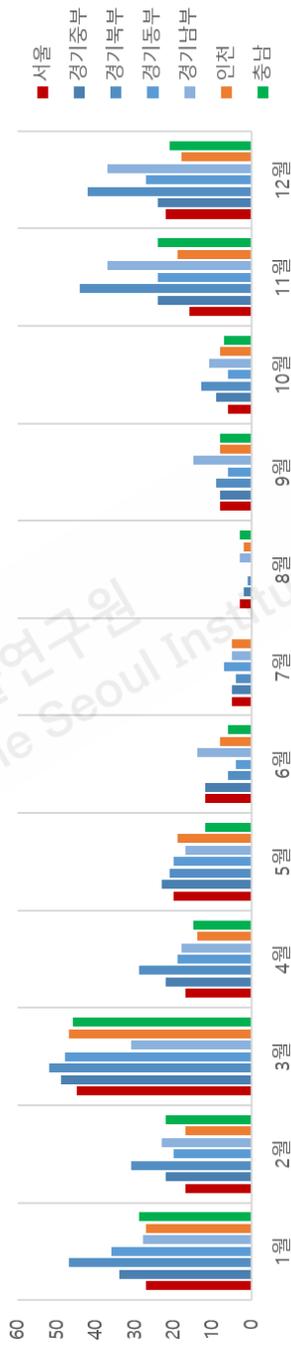
기준(시간평균 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속)으로 구분해 초과일수를 분석했다. 비상저감조치 발령기준, 나쁨기준으로 보면 3월, 1월, 12월 순으로 고농도 발생이 잦았고, 주의보 발령 기준으로 보면 1월, 3월, 12월 순으로 많았다. 즉, 경기, 인천 및 충청남도에서도 초미세먼지 고농도 발생이 전반적으로 12~3월에 잦은 것을 알 수 있다.





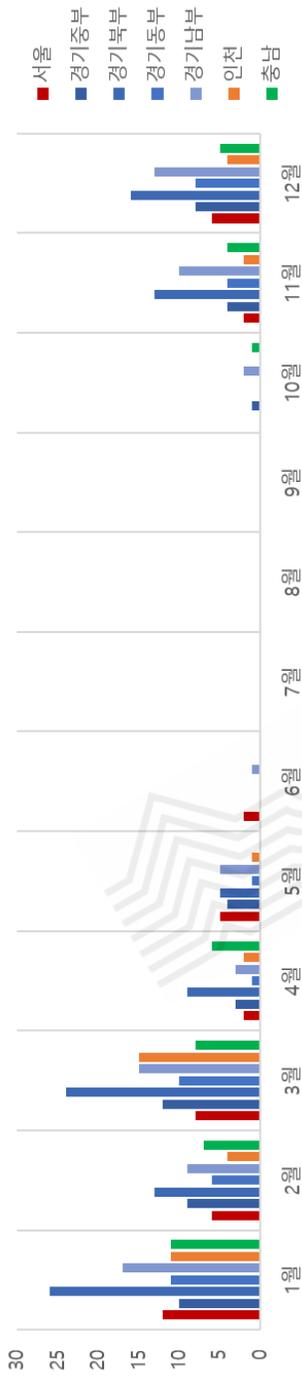
※ 경기남부의 경우 2016년 7월부터 데이터 유효
 자료: Air Korea(<https://www.airkorea.or.kr/>)

[그림 2-6] PM2.5 일평균 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2016~2018년 누적)



※ 경기남부의 경우 2016년 7월부터 데이터 유효
 자료: Air Korea(<https://www.airkorea.or.kr/>)

[그림 2-7] PM2.5 일평균 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과일수(2016~2018년 누적)



※ 경기남부의 경우 2016년 7월부터 데이터 유효
 자료: Air Korea(<https://www.airkorea.or.kr/>)

[그림 2-8] PM2.5 시간평균 75µg/m³ 이상 2시간 이상 지속일수(2016~2018년 누적)



2_대기오염물질 배출량 현황

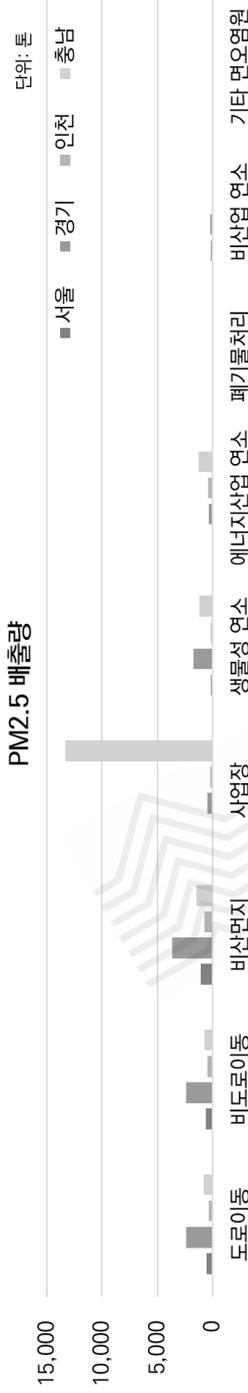
수도권(서울, 경기, 인천) 및 충청남도를 대상으로 PM2.5, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(VOC) 배출량 자료를 배출원별로 살펴보았다. 경기도의 PM2.5, NOx, SOx, VOC 배출량이 수도권 전체 배출의 70%, 62%, 48%, 62%를 각각 차지하는 것으로 조사되었다.

PM2.5 배출원으로는 비산먼지가 서울, 경기, 인천 모두 각 지역 배출량의 30% 이상으로 가장 비중이 컸다. 충남은 제조업 및 제철제강업의 영향으로 사업장(생산공정+제조업 연소)의 배출비중이 71%로 가장 컸다. 서울시의 경우, 비도로이동오염원, 도로이동오염원이 비산먼지 다음으로 PM2.5 배출비중이 높았다. 선박 등 항만과 화력발전소의 영향으로 인천시에서는 비도로이동오염원과 에너지산업 연소의 PM2.5 배출비중이 높았다. 경기도는 비도로이동오염원, 이동오염원 외에도 생물성 연소 배출비율이 15%로 적지 않았다. 충남은 비산먼지, 에너지산업 연소, 생물성 연소가 사업장 다음으로 높게 나타났다.

NOx 배출량은 서울·경기·인천의 경우 도로이동오염원의 배출 비중이 가장 높았고, 충남은 에너지산업 연소의 배출 비중이 높았다. 서울시의 NOx 배출은 건물 등 난방의 영향으로 비산업 연소의 배출이 도로이동오염원 다음으로 많고 이어 비도로이동오염원의 배출이 많았다. 경기도의 NOx 배출비중은 도로이동오염원에 이어 비도로이동오염원, 비산업 연소 순으로 많았다. 인천은 도로이동오염원, 비도로이동오염원과 에너지산업 연소 순으로 NOx 배출이 많은 것을 확인할 수 있다. 충남은 에너지산업 연소, 사업장, 도로이동오염원, 비도로이동오염원 순으로 NOx 배출이 많았다.

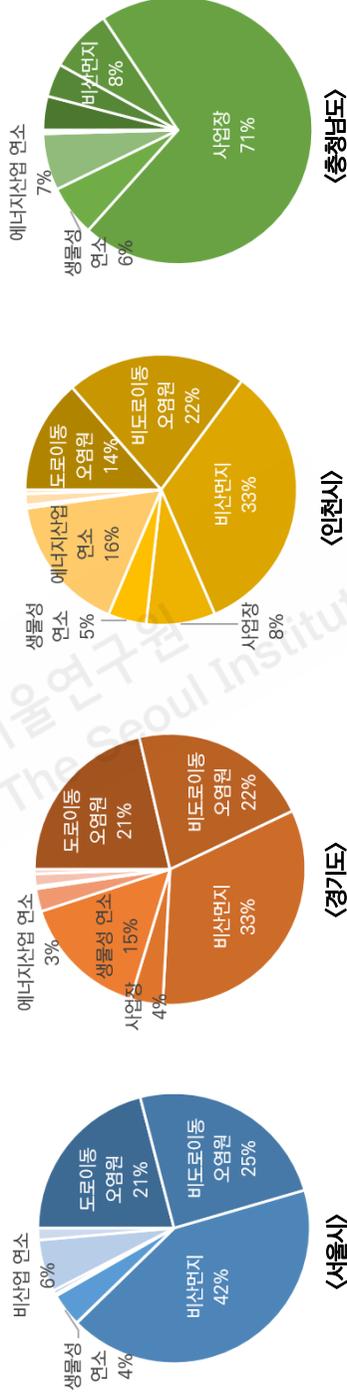
SOx 배출량은 지역별로 주요 배출원이 다르다. 서울시에서는 비산업 연소, 경기도에서는 사업장, 인천시에서는 에너지산업 연소, 충남은 사업장이 주요 SOx 배출원임을 알 수 있다. VOC 배출량은 서울, 경기, 인천, 충남 모두 유기용제 사용에 따른 배출 비중이 가장 컸다. 유기용제 사용을 제외하면, 서울시는 도로이동오염원의 배출이 12%로 크고, 경기도는 도로이동과 폐기물처리가 각각 6%, 인천은 사업장이 29%, 충남은 사업장이 34%로 VOC를 많이 배출했다.

이와 같이 수도권 내에서도 지역별로 대기오염물질 배출 특성이 다를 수 있다. 이는 같은 대기영향권역에서도 지역 배출 특성을 고려한 차별적인 배출관리 정책이나 사업이 도출되고 시행되어야 함을 시사한다.



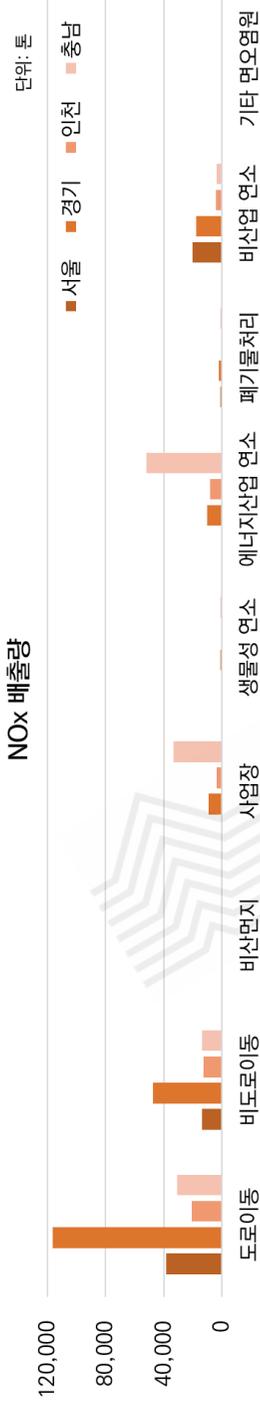
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-9] PM2.5 부문별 배출량(2016년)



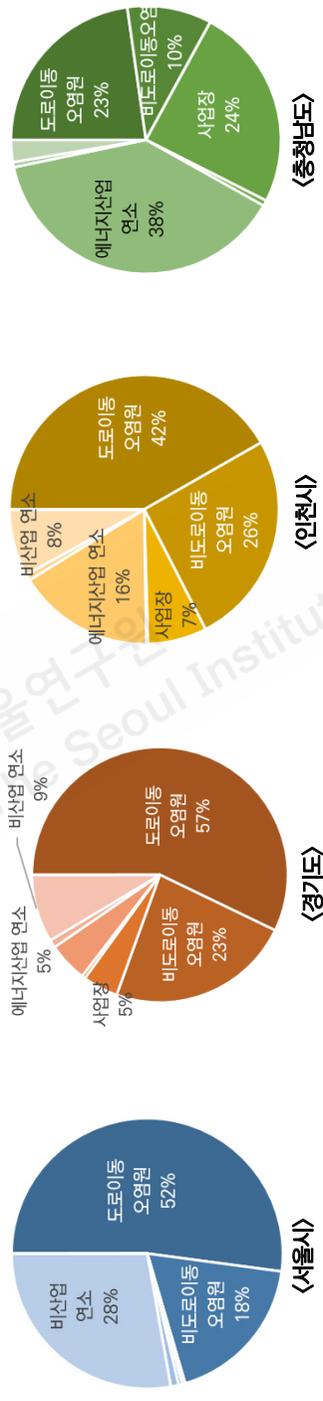
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-10] PM2.5 부문별 배출 비중(2016년)



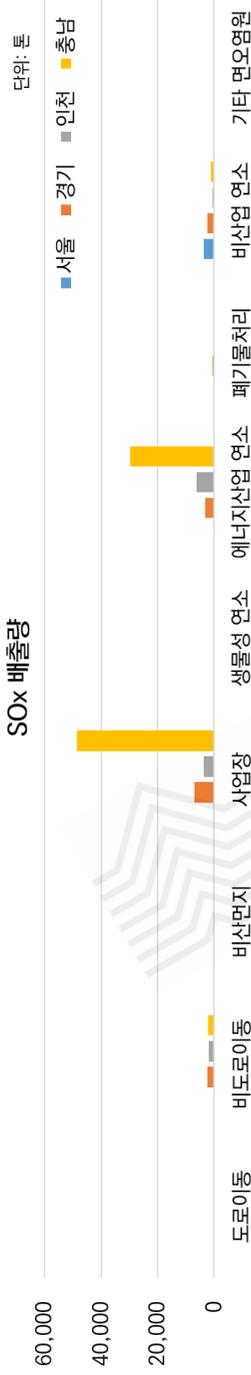
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-11] NOx 부문별 배출량(2016년)



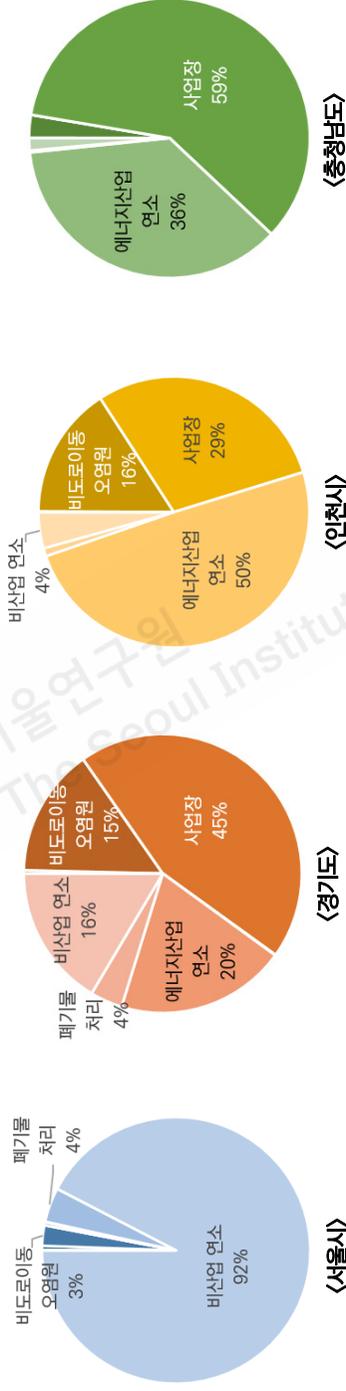
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-12] NOx 부문별 배출 비중(2016년)



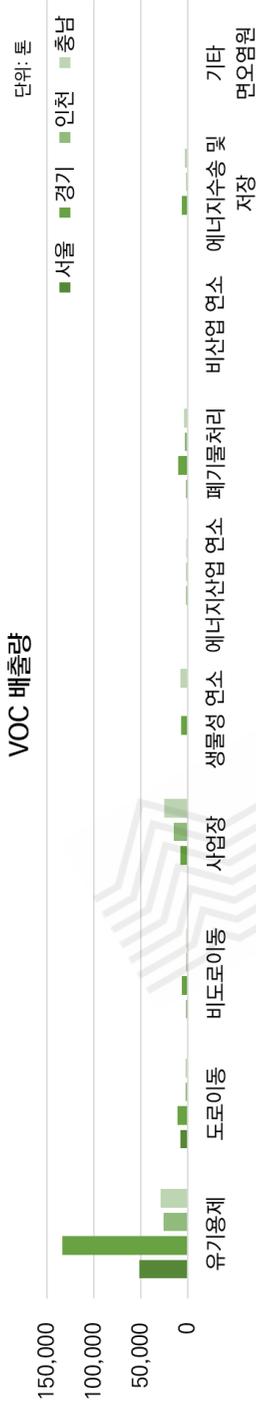
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-13] SOx 부문별 배출량(2016년)



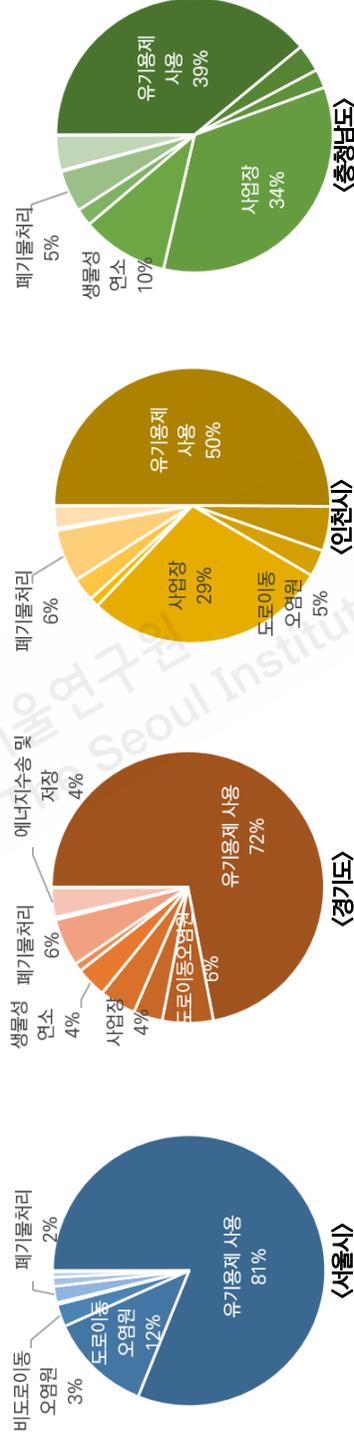
※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-14] SOx 부문별 배출 비중(2016년)



※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-15] VOC 부문별 배출량(2016년)

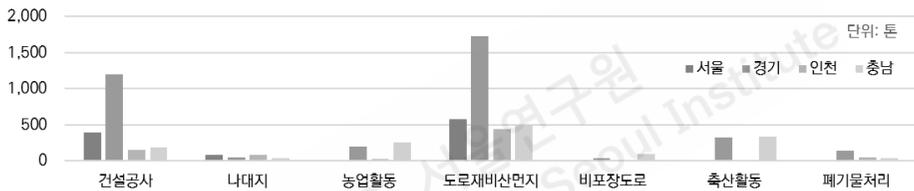


※ 사업장 = 생산공정 + 제조업 연소
 자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-16] VOC 부문별 배출 비중(2016년)

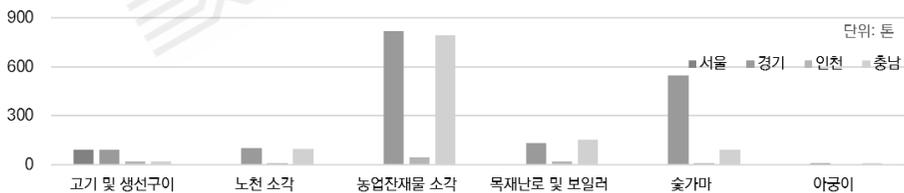
비산먼지와 생물성 연소 배출은 다른 배출부문에 비해 상대적으로 배출량 추정이 늦어진 부문이다. 따라서 추정된 배출량이 과소 또는 과대 산정되었을 가능성이 상대적으로 큰 분야이기도 하다. 그럼에도 불구하고, 비산먼지가 PM2.5 배출량에서 차지하는 비중이 큰바, 세부적으로 살펴보았다. 비산먼지는 서울·경기·인천·충남 모두 도로재비산먼지 비율이 가장 컸으며, 이어서 서울·경기·인천은 건설공사, 충청남도는 축산, 농업, 건설공사 순으로 배출이 많았다.

경기도와 충남의 PM2.5 배출량 중 생물성 연소의 배출량은 각각 1,700톤, 1,160톤으로 서울시 도로이동오염원과 비도로이동오염원의 PM2.5 배출량을 합친 양(1,100톤)보다 많았다. 충청남도는 생물성 연소 배출량 중 농업잔재물 소각이 69%로 가장 많았고, 경기도는 생물성 연소 배출의 대부분(80%)이 농업잔재물 소각과 숯가마가 원인인 것으로 추정되어 두 분야에 대한 배출 관리 필요성을 확인할 수 있다.



자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-17] PM2.5 비산먼지 중분류별 배출량(2016년)



자료: 국가 대기오염물질 배출량 통계, 국립환경과학원

[그림 2-18] PM2.5 생물성 연소 중분류별 배출량(2016년)

3_미세먼지 저감정책 현황

1) 상시 미세먼지 저감정책

(1) 중앙정부¹⁾

미세먼지 환경기준이 강화²⁾되고 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」(‘18.8.14 제정)이 2019년 2월부터 시행되면서 정부는 미세먼지 저감을 위한 상시 대책도 재검토했다. 2018년 8월 31일~9월 2일 실시한 국민의식조사결과, 국민들은 고농도 미세먼지(62%)와 중국발 미세먼지(63%) 해결에 대한 불만족 의견이 많고, 경유차 운행제한(70%)과 고농도 시 불법행위 단속(81%)에 대한 요구도 큰 것으로 나타났다. 이에 정부는 국민들이 체감할 수 있는 수준의 미세먼지 개선을 위해 경유차 등 생활주변 미세먼지 배출원에 대한 상시 대책을 포함한 강화 대책을 2018년 11월 발표했다([표 2-1] 참조).

[표 2-1] 중앙정부 상시 미세먼지 관리 강화대책

구분	주요 내용
수송부문	<ul style="list-style-type: none"> • 공공부문·대중교통 경유차 감축: 친환경차 의무구매 100%, 수소버스 보급 • 신규 경유차 수요 억제: 클린디젤 정책 폐기, 배출기준 강화, LPG 차량 확대 • 노후 경유화물차 폐차지원 확대 • 사후검사 강화: 민간검사소 특별점검 실시, 사업용 버스 검사기관 일원화 • 대중교통 편의 증진
선박·항만	<ul style="list-style-type: none"> • 해역관리: 선박유 황 함유 0.5%(일반해역), 0.1%(배출규제해역) • 항만 친환경화: 하역장비 친환경 연료 전환(경유→LNG) 의무화 • 건설·농업기계 배출기준 강화
발전	<ul style="list-style-type: none"> • 세율조정: 유연탄 > LNG 과세(2:1) • 환경급전(환경비용 반영) • 석탄화력 배출량 기반 가동중지

1) 관계부처 합동, '비상·상시 미세먼지 관리 강화대책(2018. 11)' 내용을 요약·정리함

2) PM_{2.5} 환경기준: (일평균) 50→35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (연평균) 25→15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

구분	주요 내용
생활/사업장	<ul style="list-style-type: none"> • 저녹스보일러 지원 • 에너지시설 관리 강화: 질소산화물 배출기준 강화 • 대형사업장 굴뚝감시 • 유류저장시설 관리: VOCs 배출허용기준 적용 확대 • 소규모 사업장 방지시설 개선 지원 및 원격감시 • VOCs 관리: 주유소 및 공사장 관리 • 도심 내 Eco-인프라 확충

자료: 비상·상시 미세먼지 관리 강화대책(2018.11), 관계부처 합동

도로수송 부문의 정책을 살펴보면, 경유차 관련 대책들이 주를 이룬다. 공공부문의 공용차량을 친환경차로 전환해 2030년까지 공공부문 보유 경유차의 제로화 추진을 계획했다. 신규 경유차 수요 억제를 위해 그간 논란이 되었던 클린디젤 정책 폐기, LPG 차 확대 등을 제시하고 있다. 노후 경유화물차의 폐차 지원 확대, 배출가스 민간 검사소 특별점검과 부정·편법에 대한 처분을 강화해 노후 경유차 관리를 강화한다는 계획이다.

비도로수송 부문에서는 주요 항만 인근에 배출규제해역을 지정해 관리하고, 친환경선박 확대, 하역 장비인 야드트랙터의 연료전환 의무화 등 항만 친환경화를 진행할 계획이다. 건설·농업기계 부문도 배출기준을 강화하고 실작업 조건의 배출가스 검사제도를 2022년 도입 예정이다.

발전 부문에서는 환경비용 등을 반영해 친환경발전 가격경쟁력을 제고할 계획이고, 30년 이상 노후 석탄발전소의 보철 가동중지 대상을 실제 미세먼지 배출량을 고려해 조정할 계획이다.

사업장 부문에서는 관리·감독이 강화된다. 대형사업장의 굴뚝감시를 강화하고, 1~3종 대형사업장에 비해 상대적으로 관리가 미흡한 4~5종 소규모사업장의 배출기준 강화와 함께 환경개선비용을 지원한다. 또한 방지시설에 사물인터넷(IoT) 센서를 부착해 배출시설의 적정 운영 여부를 실시간으로 원격 감시하고 관리할 수 있도록 시범사업을 실시한다. 이 밖에도 VOCs 배출허용기준 적용 대상을 단계적으로 확대하고, 에너지시설에 대한 질소산화물 배출기준도 강화한다.

생활주변 미세먼지 관리로는 미세먼지를 적게 배출하는 저녹스(NOx) 보일러 설치 및 지원, 주유소 유증기 회수설비 설치, 공사장에서 분사방식의 도장 금지, 도심 내 Eco-인프라 확충 등을 시행할 계획이다.

(2) 수도권 및 충청남도

서울시는 최근 시민 생활공간과 가까이 있는 생활권 오염원 관리 강화를 위해 시민체감형 미세먼지 대책('19.4.28)으로 생활권 미세먼지 그물망 대책과 녹색교통지역 운행제한 계획을 발표했다. 그물망 대책으로 총 10가지 대책이 발표되었으며, 이 대책은 크게 생활도로, 집과 건물, 주변 오염원 관리로 구분된다. 생활도로 오염원 관리 분야에서는 그동안 법적규제가 미비했던 이륜차를 전기이륜차로 전환하고 배출가스 규제를 강화할 계획이다. 시민생활과 밀접한 마을버스나 어린이 통학차량 등의 친환경 차량 전환 사업도 실시한다. 건물관리 분야에서는 가정용 친환경보일러 및 영업용 저녹스보일러 확대 보급과 공동주택 미세먼지 정화장치를 개인관리에서 공동관리체제로 전환할 계획이다. 취약계층 이용시설이 밀집한 지역을 미세먼지 집중관리구역으로 지정해 보다 촘촘히 관리할 계획이다. 배출시설에 대해서는 IoT를 활용해 배출 감시 및 집중단속을 실시한다. 자동차 정비업소 등에 대한 불법 공회전을 집중 단속하고, 민간 검사소의 부적정검사 여부 점검을 강화할 계획도 제시하고 있다.

더불어 서울시는 한양도성 내부를 '녹색교통지역'으로 지정해 전국의 배출가스 5등급 차량 운행을 제한할 계획이다. 운행제한시간은 06시부터 21시로, 2019년 7월부터 시범운영 중이며, 12월부터는 과태료를 부과할 예정이다. 서울시는 운행제한 대상이 되는 5등급 차량의 저공해조치 지원 방안도 마련하고 있다. 조기폐차 보조금 및 매년 저감장치(DPF) 부착을 우선 지원하고, 저공해 조치 신청 시 조치 기간에는 녹색교통 지역 거주자 및 생계형(저소득층) 차량의 단속을 유예할 계획이다.

[표 2-2] 서울시 미세먼지 상시 대책(2019.4)

구분		주요 내용
생활권 미세먼지 그물망 대책	생활도로 자동차 저공해화	<ul style="list-style-type: none"> 전기이륜차 전환 및 이륜차 배출가스 규제 강화 경유 마을버스를 친환경 전기버스로 전량 교체 어린이 통학차량 친환경차 전환 지원사업 확대
	가정 및 대형건물 미세먼지 관리	<ul style="list-style-type: none"> 가정용 친환경콘덴싱보일러 설치무화에 따른 확대보급 영업용 저녹스버너 교체 확대보급 공동주택 미세먼지 정화장치 (공조기) 공동관리 시행
	점오염원 촘촘한 관리	<ul style="list-style-type: none"> 미세먼지 집중관리구역 지정·운영 IoT 기반 간이측정기 활용, 생활권 오염원 상시 관리 도심경찰버스 친환경차 도입 및 공회전 방지대책 추진 자동차 정비업소·검사소 관리를 통한 배출가스 관리
녹색교통지역 운행제한		<ul style="list-style-type: none"> 운행제한 대상: 배출가스 5등급 차량(전국대상) 운행제한 시간: 06~21시 시행기시: 7월부터 시범운영, 12월부터 과태료 부과

경기도와 인천시의 주요 대책도 서울시와 마찬가지로 경유차 관리 및 친환경차 보급, 비산먼지 관리, 저녹스 보일러 보급 확대 등을 공통적으로 포함하고 있다. 추가로 반영된 대책을 보면, 경기도는 고농도 미세먼지 발생 시기를 고려해 불법소각 행위 및 공사장·배출업소를 집중 단속한다. 또한 지속적으로 추진해온 영세사업장 노후 대기 오염 방지시설 교체 지원을 확대하고 있다. 이는 중소규모의 산업시설이 산재하고 경작지 등이 자리 잡고 있는 경기도의 특성을 반영한 대책이라 할 수 있다.

인천시의 추가 대책은 영흥화력 등 발전소, 정유사, 항만, 공항, 수도권매립지 등 국가 시설과 산업단지가 위치한 상황을 고려한 대책이다. Blue Sky 협의회³⁾ 및 클린공사협의회⁴⁾ 운영, 영흥화력 상한제약, 1사1도로 클린제⁵⁾ 등이 주요 대책으로 제시되었다.

[표 2-3] 경기도 미세먼지 저감 종합대책 2차(2018.10)

구분	주요 내용
이동오염원	<ul style="list-style-type: none"> • 전가수소자동차 보급 확대 • 경유버스 단계적 친환경버스 전환 • 친환경차 타기 좋은 충전 인프라 구축 • 노후 경유차 및 건설기계 저공해화 확대 • 공해유발 노후 차량 등 효율적 관리
생활	<ul style="list-style-type: none"> • 공사장 등 비산먼지 발생 현장 관리 강화 • 도로변 재비산먼지 집중 관리 • 가정용 및 산업용 저녹스 버너 보급 확대 • 영농폐기물 불법소각행위 근절 및 조립사업 확대
사업장	<ul style="list-style-type: none"> • 사업장 미세먼지 저감을 위한 행·재정적 지원 확대 • 미세먼지 배출사업장 효율적 관리
환경복지	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 민감계층 건강보호 조치 확대 • 다중이용시설 실내공기질 조사 강화 • 도민 미세먼지 알림서비스 및 홍보강화 • 민관이 함께하는 미세먼지 거버넌스 구성 운영
관리기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 성분측정소 확충 및 정보지원시스템 구축 • 신재생에너지 보급 확대를 통한 미세먼지 저감
국내·외 협력강화	<ul style="list-style-type: none"> • 대기질 개선을 위한 정부·지자체 협력 확대 • 동북아 주요 도시와의 환경외교 강화 • 북한발 미세먼지 저감 위한 남북협력 추진

3) 발전사, 정유사로 이루어진 협의회로 사업장 방지시설 개선 등 환경개선사업 추진

4) 인천국제공항공사, 한국가스공사, 인천항만공사, 수도권매립지관리공사로 구성

5) 사업장별 도로 책임관리구역을 지정하여 도로 물청소 실시

[표 2-4] 인천시 미세먼지 저감대책(2019.4)

구분	주요 내용
발전 산업	<ul style="list-style-type: none"> • BLUE SKY협의회를 통한 오염물질 배출량 저감 • 클린공사협의회를 통한 오염물질 배출량 저감 • 영흥화력발전소 미세먼지 고농도 시 상한제약 시행 • 보일러 질소산화물 감축 • 굴뚝자동측정기(TMS) 설치 및 운영지원 • 소규모 영세사업장 방지시설 지원
수송	<ul style="list-style-type: none"> • 노후 경유 차량 운행제한 시스템 구축 • 경유 차량 및 건설기계 저공해 조치 • 수소차 및 충전 인프라 구축 • 전기자동차 보급 • 어린이 통학 경유 차량의 LPG차 전환 지원 • 공항 및 항만지역 미세먼지 저감사업 추진
도로	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 재비산먼지 제거 청소차량 보급 지원 및 도로청소 시행 • 1사1도로 클린제 • 나대지(학교 운동장) 먼지발생 억제사업
생활	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공원 조성 • 바람길 숲 및 가로숲 길 조성 • New green city 나무심기
측정 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 도시대기오염 측정소 확대 운영 20개소 • 수도권매립지 등 대기이동오염 측정, 재비산먼지 측정 • 미세먼지 분석 평가 및 감시기반 확충 • 측정자료 수집 및 정보제공 기반강화
경보제	<ul style="list-style-type: none"> • 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행 • 4개 권역별 대기오염 경보제 운영
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 지하역사 공기질 개선 • 취약계층 실내공기질 관리사업 지원 및 시스템 구축 • 지하역사 및 실내공기질 관리

충청남도는 2018년 12월 미세먼지 중심 충청남도 대기환경개선 계획을 발표했다. 계획(~2022)에 따르면 대기오염물질 배출원 특성에 따른 저감정책 수립, 민감계층 체감정책 추진, 노후 석탄화력발전소 조기폐쇄 등을 방향으로 잡고, 세부 정책을 수립했다. 대기오염물질 배출원 중 에너지산업 연소, 제조업 연소, 생산공정 등의 비율이 높아 이와 관련된 대책들이 주를 이룬다.

먼저 석탄화력 발전소 관련 대책을 보면, 노후기준 단축으로 조기 폐기, 배출허용기준

강화, 봄철 일시 가동중단, 고농도 미세먼지 발생 시 화력발전 상한제약, 저유황탄으로 발전연료 전환 등의 대책을 담고 있다. 산업부문 대책으로는 배출사업장의 자발적 감축 이행 및 감축 대상 확대, 사업장 대기오염물질 배출허용기준 강화, 굴뚝자동측정기 관리 강화 등과 배출량 산정을 위한 인벤토리 시스템 구축을 제시하고 있다. 구체적인 내용은 [표 2-5]와 같다.

[표 2-5] 충청남도 대기환경개선 계획(2018.12)

구분	주요 내용
에너지산업 연소 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 석탄화력발전소 노후기준 단축으로 조기폐기 • 배출허용기준 강화에 따른 대기오염물질 감축 • 봄철 노후석탄화력 일시 가동 중단 • 고농도 미세먼지 발생 시 화력발전 상한 제약 • 석탄화력 발전연료를 저유황탄으로 전환 • 옥외 저탄장 실시간 비산먼지 관리(신규)
산업부문 저감대책	<ul style="list-style-type: none"> • 대기오염물질 배출사업장 자발적 감축 이행 및 감축대상 확대 • 사업장 대기오염물질 배출허용기준 강화 • IoT 기반의 청정(clean) 산업단지 프로젝트 추진(신규) • 저녹스버너 지원 및 컨설팅을 통한 배출량 개선 • 지역별 배출량 산정을 위한 인벤토리 시스템 구축(신규) • 굴뚝자동측정기기(TMS) 관리 강화 • 대기배출시설 사업장 등 지도·점검 등 관리 강화
이동배출원 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경차 및 인프라 시설 보급 추진 • 경유버스를 친환경버스로 대전환 • 도로분진 흡입차량 보급 • 노후경유차 순차적 폐차 • IoT 기반의 이동배출원 미세먼지 발생 관리(신규) • 석탄화력발전 부두 및 선박에 육상전력 공급장치 보급(신규) • 대형 건설차량 매연저감장치 부착 • 항만 정박지 선박관리 조례 제정
대기오염 총량관리제 도입	<ul style="list-style-type: none"> • 총량제 체계관리 Task Force(T/F) 운영 • 대기오염물질 총량관리제 도입(신규)
과학적 관리기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 공공 및 민간 측정소 통합관리와 효율적 운영(신규) • 충남형 대기질 분석-진단 시스템 운영 • 미세먼지 경보제 3개권역 확대 운영 • 대기오염측정소 확충 • 집중측정소 및 종합대기측정소 설치 • 도서지역에 미세먼지 장거리이동측정소 설치(신규)

구분	주요 내용
건강 보호 등 생활환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 환경민감지역 주민건강영향조사 • 환경민감계층 실시간 실내공기 측정기 운영 • 실내공기질 관리 및 환경성 예방사업 추진 • 민감계층 대상 미세먼지 마스크 보급사업(신규) • 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행 • 미세먼지 저감 도시숲 조성(신규)
대외협력 및 정책건의	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 대책마련을 위한 협의체 운영 • 이웃 지자체 및 대외 기관과의 협력 강화(신규) • 미세먼지 저감을 위한 국외협력 강화 • 미세먼지 저감 관련법 재·개정 지속 건의
교육 및 홍보	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 발생 예방 교육 및 홍보(신규) • 학교 미세먼지 교육 강화 • 미세먼지 정보 알림판 설치(신규) • 대기오염 정보 표출 확대

2) 비상시 미세먼지 저감정책

(1) 중앙정부

비상저감조치는 「미세먼지 특별법」 제18조(고농도 미세먼지 비상저감조치) 등에 따라 고농도 초미세먼지가 일정 수준 이상이 예상될 때 단기적으로 시행하는 대책이다. 발령 유형 및 요건은 [표 2-6]과 같다. 예비저감조치는 모레 비상저감조치 시행의 가능성이 높을 경우 다음날, 즉 비상저감조치가 예상되는 날 하루 전에 선제적으로 미세먼지 저감을 위해 실시하는 조치이다. 비상저감조치는 미세먼지 특별법에 따른 발령 기준을 충족할 경우 시행하고, 광역저감조치는 지리적 위치, 주민 생활권 등을 고려해 비상저감조치의 효과를 높이기 위해 2개 이상의 시·도에서 함께 시행하는 저감조치이다.

[표 2-6] 비상저감조치 유형 비교

구분	예비저감조치	비상저감조치	광역비상저감조치
시행지역	사도 관할지역 중 사도가 정한 지역		
발령기준	아래 어느 하나의 발령조건 충족 시		환경부 장관 요청 또는 광역권 사도 협의
	① 내일 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과, 모레 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과 예보 ② 모레 '매우나쁨' 예보	① 당일 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과 + 내일 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과(예보) ② 당일 주의보·경보 발령 + 내일 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과(예보) ③ 내일 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과(예보)	

자료: 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행 지침(2019.2), 환경부

하지만 미세먼지 비상저감조치가 지속적으로 유지되는 고농도 상황에 대한 대응 방안을 고려하지 못한다는 문제제기에 따라, 환경부는 미세먼지 비상저감조치 상황에 해당하는 고농도 발생 연속일수에 따라 조치를 단계적으로 강화하는 방안을 준비 중이다. 비상저감조치 상황 지속일을 1~2일, 3~4일, 5일 이상으로 구분해 대응할 계획을 [표 2-7]과 같이 고려 중이다.

교통 부문에서는 행정·공공기관의 차량 2부제와 각 시도 조례로 대상과 시행방법을 정하는 5등급 차량 운행제한이 주요한 비상조치 대책이다. 석탄화력발전소의 상한계약과 미세먼지법 제18조제1항에 따른 의무 대기배출시설과 공공 사업장, 비산배출 신고 공사장에 대한 운영 단축 및 조정 등이 단계별로 실시되도록 하고 있다. 관급공사장 및 공공 사업장에 대해서는 가동시간을 추가로 단축하는 등 보다 강화된 대책이 적용된다. 도로 재비산먼지 저감을 위한 고압살수차, 진공청소차 등의 운영도 확대한다. 관리·감독 분야도 주요한 대책으로 드론 등을 활용해 대기배출 사업장 단속을 강화하고 굴뚝 TMS 등으로 배출저감 효과 등의 모니터링을 실시한다. 운행차의 주정차 차량 공회전 단속을 강화하고, 산림청·농림부·지자체와 협력하여 불법소각을 집중 단속한다.

[표 2-7] 고농도 미세먼지 비상저감조치 단계적 강화(안)

비상저감 조치일수	예비저감조치	단계1 (1~2일)	단계2 (3~4일)	단계3 (5일 이상)		
배출원 감축	차량 운행	-	5등급 운행제한 (각 시·도 조례)	< 좌 동 >	< 좌 동 >	
		행정·공공기관 2부제	행정·공공기관 2부제	관용(공용)차량 운행 전면제한	< 좌 동 >	
		-	-	-	민간 2부제(자율)	
	사업장	의무사업장 가동시간 단축·조정 등 저감조치	의무사업장 가동시간 단축·조정 등 저감조치	< 좌 동 >	< 좌 동 >	
		공공 사업장 가동시간 단축·조정	공공 사업장 가동시간 단축·조정	공공사업장 가동시간추가 단축 (연료사용량 감축 권고)	< 좌 동 >	
		-	-	-	364개 민간 TMS 사업장* 행정지도	
	발전소		석탄발전 상한제약 40→60기	< 좌 동 >	< 좌 동 >	
	공사장 (건설 기계)	비산배출 신고 공사장 공사시간 조정·변경	비산배출 신고 공사장 공사시간 조정·변경	< 좌 동 >	< 좌 동 >	
		-	-	(관급공사) 노후 건설기계 제한, 터파기 등 일부공정 금지, 공사중단	< 좌 동 >	
	이행강화	지도 점검	환경부·지자체 중심 + 관계부처 참여	환경부·지자체 중심 + 관계부처 참여	점검·감시인력 지원, 관계부처 합동점검	가용 점검인력 총동원
		도로 청소	도로청소차 운영 * 일 1~2회 → 3회 이상	도로청소차 운영 * 일 1~2회 → 3회 이상	< 좌 동 >	민간보유 청소차 추가투입
-		-	소방차 물분사	< 좌 동 >	< 좌 동 >	

비상저감 조치일수	예비저감조치	단계1 (1~2일)	단계2 (3~4일)	단계3 (5일 이상)	
보호·소통	취약 계층	-	민감계층 매뉴얼*, 옥외근로자 가이드 준수안내 및 이행점검 * 야외수업금지, 공기정화장치 관리, 휴업 등 권고 시행 등	< 좌 동 >	< 좌 동 >
		-	-	탄력적 근무 권고	< 좌 동 >
		-	-	-	야외 체육행사, 야외 공연 일정조정 권고
	마스크	-	-	취약계층 이용시설 마스크 지급	지자체에서 무상 배포
	소통 홍보	-	-	문체부, 행안부 등 가용홍보수단 총동원	< 좌 동 >

자료: 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행 지침(2019.4), 환경부

(2) 수도권 및 충청남도

2017년 2월 환경부, 서울시, 인천시, 경기도는 '수도권 비상저감조치' 제도를 마련한 바 있다. 차량 2부제와 운영 사업장·공사장의 조업단축 등이 주요 내용이다. 수도권 대기관리권역에 소재한 행정·공공기관은 의무적으로 참여하고 민간은 자발적으로 참여하도록 했다.

수도권 비상저감조치는 공공부문 위주의 대책으로 효과에 한계가 있는바, 서울시는 2017년 7월 대기환경보전법에 근거해 시민참여형 '서울형 비상저감조치'를 마련했다 ([표 2-8] 참조). 시민들의 적극적인 참여를 이끌기 위해 출·퇴근 대중교통요금 면제와 더불어 시민 참여형 운행차량 2부제, 공공기관 출입 차량 2부제, 서울시·자치구 산하기관 부설 주차장 전면폐쇄, 공공기관 운영 사업장 및 발주 공사장의 조업단축 등의 대책을 마련했다.

[표 2-8] 수도권·서울형 비상저감조치 비교

구 분	수도권 비상저감조치(2017.2)	서울형 비상저감조치(2017.7)
발령요건	• 3개 지역 중 2개 지역 요건 해당 시 발령	• 서울 총족 시
적용지역	• 수도권(서울·인천·경기)	• 서울
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> • 행정공공기관 차량2부제 • 차량운행 제한 시행 • 사업장 및 공사장 운영 단축·조정(의무대상 외 민간사업장 등은 자율참여 유도) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사장 공사시간 단축 등 강화(민간포함) • 대기오염물질 배출시설 가동을 하향조정 및 단축 권고(민간포함) • 공공기관 주차장 폐쇄 • 시민참여형 차량2부제 • 대중교통요금 면제 • 분진흡입 청소차량 확대

2018년 1월 15일, 17일, 18일에 서울형 비상저감조치가 발령되는 미세먼지 고농도 상황이 발생했다. 서울형 비상저감조치 시행 결과, 서울 지역의 미세먼지 배출량(PM2.5 하루 배출량 약 34톤)의 1.7~3.3%에 해당하는 0.5~1.1톤(평균 0.8톤)이 감축된 것으로 추정되었다. 부문별로는 하루 동안 차량2부제 0.7톤, 대기배출사업장 0.01톤, 건설공사장 0.1톤이 저감되어 차량2부제의 배출량 저감효과가 가장 큰 것으로 추정되었다(서울시, 2018).

이후 서울시는 보다 적극적인 시민 참여를 위해 대중교통 무료 정책을 종료하고 시민 주도 8대 대책을 발표했다. 그 중 하나가 서울형 공해차량 운행제한이다. 2018년 6월 서울시는 비상저감조치 발령 시 '서울형 공해차량 운행제한' 시행을 발표했다. 그동안 상시적으로 시행해왔던 저공해 조치 미이행 노후 경유차에 대한 운행제한을 비상저감조치 발령일에 더욱 확대하고 강화한 것이다([표 2-9] 참조).

2018년 11월 7일 수도권에 비상저감조치가 발령되었고, 서울시는 서울형 비상저감조치와 함께 서울형 공해차량 운행제한을 실시했다. 서울시는 공해차량 운행제한 제도 시행으로 평소 운행량 대비 공해차량 5,398대의 운행이 감소하고 초미세먼지 배출이 37.3% 감소했다고 분석했다(서울시 보도자료, 2018. 11.). 이 날 운행된 공해차량 중 수도권 등록 차량이 88.8%로 나타나, 서울·인천·경기 모두 운행제한을 시행할 경우 수도권 전체의 미세먼지 저감 효과가 보다 클 것을 예상할 수 있다.

[표 2-9] 서울형 공해차량 운행 제한(2018.6.)

구 분	주요 내용
시행기간	• 미세먼지 비상저감조치 발령일 06:00~21:00시
대상지역	• 서울시 전 지역
대상	• 최초등록일 기준으로 2005.12.31. 이전에 등록된 경유차 - 적용제외: 「대기환경보전법」 제58조제1항에 따라 저공해 조치를 취한 차량 - 한시적 적용 보류: 수도권 일부지역과 지방 등록차량, 총중량 2.5톤 미만 차량, 장애인차량은 2019년 3월 1일부터 적용
과태료	• 도시교통정비촉진법에 따라 과태료 10만 원 부과

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」이 2019년 2월 15일부터 시행되면서, 비상저감조치 발령 시 수도권 전역으로 5등급 차량 운행제한이 확대 적용될 예정이다. 서울시는 2019년 4월 미세먼지 특별법 제정에 따라 조례를 제정하고 고농도 미세먼지 비상저감조치 세부 계획을 다음 [표 2-10]과 같이 강화했다. 주요 대책으로는 배출가스 5등급 차량 운행제한, 공사장 공사시간 단축 및 관리 강화, 대기오염물질 배출 시설 가동률 하향조정 및 단축 권고, 취약계층 보호 등이다.

경기도와 인천시 또한 비상저감조치 계획을 마련해 발표했다([표 2-11], [표 2-12] 참조). 경기도는 예비저감조치를 1단계로 두고 비상저감조치 발령 지속일수에 따라 단계별 대응계획을 마련했다. 1~2일 발생 시 초기대응으로 현장조치를 보완하고, 3~4일 지속될 경우 비상대응으로 공공부문 조치를 강화할 계획이다. 5일 이상 지속될 때는 민간부문까지 추가로 조치하는 방안을 제시했다.

[표 2-10] 서울시 미세먼지 특별법 및 조례 시행에 따른 고농도 미세먼지 비상저감조치 추진계획(2019.2.)

구 분	기 존	변 경
배출가스 5등급 차량 운행제한	<ul style="list-style-type: none"> • 단속대상: '05년 이전, 총중량 2.5톤 이상 수도권 등록 경유차 32만대 (서울 8만 대) • 제외차량: 배출가스 저감장치 부착차량 • 유예차량: 장애인 차량 	<ul style="list-style-type: none"> • 단속대상: 배출가스 5등급, 총중량 2.5톤 이상 수도권 등록 차량 40만 대(서울 10만 대) • 제외차량: 배출가스 저감장치 부착차량, 긴급외교·장애인차량 등 • 유예차량: 수도권 대기관리구역 외 등록차량, 총중량 2.5톤 미만 차량 ('19.5.31.까지 유예, 6.1 이후 단속)

구분	기 준	변 경
공공장 공사시간 단축 등 관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 대상: 관급 공사장 • 내용: 비산먼지 발생 억제 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 작업중 야적물질 방진덮개 복포 - 살수량 증대 - 공사장 내 통행도로 살수강화 - 차량 속도 감속 - 공사장 인근도로 물청소 - 비산먼지 다량 발생공정 자제, 운영 단축·조정 - 친환경 건설기계 사용 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상: 모든 공사장(민간 공사장 포함) • 내용: 공사장 공사시간 변경·조정 <ul style="list-style-type: none"> - 관급공사장: 공사시간 단축 - 민간공사장: 공사시간 조정 ※ 공사시간 단축·조정은 비산먼지가 다량 발생하는 철거, 터파기, 기초공사 등 공정 진행 중인 공사장에 한정 그 외 공사장은 비산먼지 발생 억제 강화(좌동)
대기오염물질 배출시설 가동률 하향조정 및 단축 권고	<ul style="list-style-type: none"> • 대상: 공공부문 사업장 12개소 <ul style="list-style-type: none"> - 열병합발전소(최대 20% 하향) - 자원회수시설(최대 40% 하향 조정) - 물재생센터(최대 40% 하향 조정) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상: 공공·민간 1~3종 대기배출시설 40개소 <ul style="list-style-type: none"> - 민간부문 대기배출시설: 가동률 하향 조정 및 운영시간 단축 권고 - 공공부문 대기배출시설: 좌동 ※ 서울시는 '19.2월 현재 미세먼지 특별법 제18조에서 규정한 조치대상 대기배출시설이 없음
학교·유치원·어린이집의 휴업·휴원 또는 수업시간 단축 등 권고	<ul style="list-style-type: none"> - 적용대상: 각급 학교, 어린이집, 사업장 등 - 조치내용: 휴업(휴원) 또는 수업(보육)시간의 단축, 탄력적 근무제도 운영 	
미세먼지 취약계층 건강보호 조치	<ul style="list-style-type: none"> - 보건용 마스크 지급(비상시), 공기청정기 지원(상시) - 야외작업자 작업제한 등 	

[표 2-11] 경기도 고농도 미세먼지 발생 시 단계별 대응계획(2019.4.)

구분	주요 내용
1단계 징후감지 (D-1)	<ul style="list-style-type: none"> • 예비저감조치 <ul style="list-style-type: none"> - 행정·공공기관 차량 2부제 - 공공사업장 가동시간 자율 단축조정
2단계 초기대응 (1~2일 발령 시)	<ul style="list-style-type: none"> • 현장조치 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 5등급차량 운행 제한 - 공사장 공사시간 단축 조정 - 고농도지역 미세먼지 배출원 특별 단속 및 위반업체 패널티 부여 - 소방차, 살수차 투입

구분	주요 내용
3단계 비상대응 (3~4일 발령 시)	<ul style="list-style-type: none"> • 공공부문 조치 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 경기도 및 산하 공공기관 관용차량 이용 전면 중단 - 전 직원 '차 없는 날' 운영(친환경·장애인 차량 등 제외) - (관급공사) 터파기 등 미세먼지 발생공정 중단 및 노후건설기계 제한 - 미세먼지 배출원 1:1 전담관리
4단계 비상대응 격상 (5일 이상 발령 시)	<ul style="list-style-type: none"> • 민간부문 조치 추가 <ul style="list-style-type: none"> - 민간 자율 2부제 실시 - 가용 점검인력 추가 투입 - 민간보유 살수차 추가 투입 - 야외 체육행사·공연 취소 권고

자료: 경기도 홈페이지(<https://www.gg.go.kr/>)

[표 2-12] 인천시 고농도 미세먼지 비상저감조치 강화(2019.4.)

구분	주요 내용
관련조례	<ul style="list-style-type: none"> • 5등급 차량 운행제한 조례 4월 19일 공포·시행
배출원 관리	<ul style="list-style-type: none"> • (배출사업장) 민간 의무사업장 5개소, 공공기관 16개소, 미세먼지 다량배출사업장 14개소 자발적 협약 참여 • (건설공사장) 673개소 건설공사장 관리카드 작성, 철거·터파기 등 미세먼지 발생공정에 대해 50% 이상 감축 • (도로청소) 진공청소차 등 시 청소용역 23대, 군·구 89대, 1사 1도로 민간 자율청소 73대 2~4시간 연장 운행
민감계층 보호	<ul style="list-style-type: none"> • (공기청정기) 어린이집 2,163개소, 경로당 1,510개소에 보급 완료 • (마스크) 어린이, 노인, 사회복지시설 등 민감계층 127만 개 지원 완료 • (공기질) '22년까지 민감계층 이용시설 2,463개소, 지하철 역사 56개소 실내 공기질 개선을 위한 관리체계 강화 추진
관리감독 강화	<ul style="list-style-type: none"> • (관리감독) 건설공사장 및 사업장 관리 강화

자료: 인천광역시 미세먼지 저감대책(2019.4.)

충청남도는 북부권역(천안, 아산, 당진), 서부권역(보령, 서산, 서천, 홍성, 예산, 태안), 동남권역(공주, 논산, 계룡, 금산, 부여, 청양) 3개 권역으로 구분해 비상저감조치를 발령한다. 다른 지자체와 마찬가지로 사업장 및 공사장, 수송부문, 비산먼지 부문에 대한 저감대책이 있으며, 발전소 상한계약, 사업장 비상발전기 정시 시험운전 일시 중단 권고 등 발전소에 관한 대책이 추가되었다.

[표 2-13] 충청남도 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행매뉴얼(2019.1.)

구분		주요 내용
비상저감조치		<ul style="list-style-type: none"> • 행정공공기관 차량 2부제 • 사업장 및 공사장 운영 단축조정 • 휴업 및 수업시간 단축 등 비상저감조치의 시행 권고
추가 저감 조치 시행	사업장 공사장	<ul style="list-style-type: none"> • 드론, 이동측정차량 등 활용 대기배출 사업장 단속 및 강화 • 비상저감조치 이행에 따른 사업장 오염물질 배출저감 효과 모니터링 • 생활공간 주변 공사장 및 민원 다발 공사장 집중 단속
	자동차 등 수송부문	<ul style="list-style-type: none"> • 고농도 미세먼지 우려·취약지역 배출가스 집중 단속 • 터미널주차장·학교 환경위생 정화구역 등 주정차 차량 공회전 단속 실시 • 도로청소 강화
	비산먼지 및 불법소각	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 재비산먼지 저감을 위한 고압살수차, 진공청소차 등 운영 확대 • 영농폐기물 집중 수거 및 불법 소각 집중단속
	국민건강 보호조치	<ul style="list-style-type: none"> • 민감계층 보호를 위해 실내생활 권고, 실내공기질 관리 등 이행 • 비상저감조치 시행 시 민감군과 장시간 작업자는 필요에 따라 마스크 착용, 민감군에 대해서는 추가 휴식시간 배정 등 조치 • 역사 물청소 확대, 역사 및 터널 환기설비 가동 조정(외기 유입 고려), 역사 승강장 내 공기정화장치 가동 강화, 방풍문 설치 역사의 경우 닫힘 상태 유지 등 조치
	발전소 및 발전기	<ul style="list-style-type: none"> • 화력발전소 상한계약 시행(충남도 내 화력발전소 15기) • 사업장, 대형빌딩 등의 비상발전기 정기 시험운전 일시 중단(일정 조정) 권고
자체 이행상황 관리·감독 및 모니터링		<ul style="list-style-type: none"> • (관리·감독) 행정기관 및 공공기관에서 사전에 관할 사업장 목록을 작성하여 관리하고, 기관별 담당자는 당일 자체점검 실시 • (모니터링) 국립환경과학원과 도 보건환경연구원 등에서 오염도 현황 및 기상조건 분석, 오염도 전망 등 비상저감조치 시행에 따른 대기질 개선효과 모니터링 지원

자료: 충청남도 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행매뉴얼(2019.1.)

03

해외 사례 조사



- 1_유럽
- 2_중국
- 3_미국

03. 해외 사례 조사

1_유럽

1) 이탈리아

에밀리아 로마냐, 롬바르디아, 피에몬테, 베네토 지역 등 이탈리아 일부 지역의 인구 3만 명 이상의 도시에서는 10월 1일부터 3월 31일까지 Euro 3 이하의 경유차 운행을 제한하는 정책을 시행하고 있다. 이 중 에밀리아 로마냐주에서 시행하고 있는 겨울철 오염물질 관리 제도를 정리했다.

이탈리아 북부에 위치한 에밀리아 로마냐주는 PM10, NO₂ 등 특히 대기오염이 문제되는 10월 1일부터 3월 31일을 대상으로 매년 강화된 대기 정책인 Winter Emergency Measures를 2017년부터 시행하고 있다. 이 기간 동안 평상시보다 강화된 배출원 관리 대책이 시행되고, 실제로 고농도가 발생하면 더 강화된 대책이 단계별로 적용된다. 이 기간의 자동차 배출원 대책은 [표 3-1]과 같다. PM10 농도가 기준을 초과하지 않는 날의 평일과 매달 첫 주 일요일에는 경유차는 Euro 4, 휘발유차는 Euro 2, 이륜차는 Euro 1 이상의 차량만 이 지역에서 운행 가능하다. 다만, PM10 기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)이 연속 3일 또는 10일을 초과하면 Emergency smog alert이 발령되어 경유차에 대해서는 보다 강화된 운행 제한이 적용된다.

[표 3-1] 에밀리아 로마냐주의 Winter Emergency Measures 자동차 운행제한 대책

적용 시기	월~금 8:30~18:30 *매달 첫 주 일요일 (Ecological Sunday)	Emergency Smog Alert	
		PM10농도 기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 연속 3일 초과시 다음날 8:30~18:30	PM10농도 기준 연속 10일 초과시 다음날 8:30~18:30
적용 대상	휘발유차(Euro 2 이상) 경유차(Euro 4 이상) 이륜차(Euro 1 이상)	휘발유차(Euro 2 이상) 경유차(Euro 5 이상) 이륜차(Euro 1 이상)	
	2020년 강화 예정: 경유차(Euro 5), 휘발유차(Euro 3), 이륜차(Euro 2) 2025년 강화 예정: 경유차(Euro 6)	운행 제한: 8:30~12:30 영업용 경유차(Euro 3 이하)	운행 제한: 8:30~12:30 영업용 경유차(Euro 4이하) 8:30~18:30 영업용 경유차(Euro 3이하)

자료: <https://www.arpae.it>; <http://urbanaccessregulations.eu>

[표 3-2]는 자동차 외 난방 등에 대한 대책으로, 이 기간에는 주거용 난방으로 목재 연소와 야외 소각을 금지하고 있다. 더불어 Emergency smog alert이 발령되면, 난방온도에 대한 제한도 시행된다.

[표 3-2] 에밀리아 로마냐주의 Winter Emergency Measures 기타 분야 대책

평상 시(10~3월)	Emergency smog alert 발령 시
주거용 난방 목재 연소 및 야외 소각 금지	- 난방온도 제한: 주거용 공간 최대 난방온도 19 $^{\circ}\text{C}$, 생산·제조 공간 최대 난방온도 17 $^{\circ}\text{C}$ - 환경적으로 지속 가능한 기술이 아닌 Zootechnical sewage 살포 금지

자료: <https://www.arpae.it>

2) 벨기에 브뤼셀

브뤼셀 지역은 특히 겨울철과 봄철에 PM10, PM2.5, NO₂가 기준을 초과하는 사례가 발생하여, 2009년부터 PM10, PM2.5, NO₂를 대상으로 비상계획을 운영 중이다. 시당국은 비상계획에 3종류의 ‘Intervention Threshold(조치 기준)’를 규정하고 각각의 단계별 대책을 11~3월에 실행한다. ‘Intervention Threshold’는 브뤼셀 대기질 모니터링 네트워크의 최소 2지점 이상에서 최소 연속 2일 동안 설정된 오염물질의 농도가 기준을 초과하면 단계별로 발령된다.

PM2.5를 예로 들면, 해당일의 24시간 관측농도가 $35\sim 50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 기상모델이 다음날의 기상이 현 상황의 대기질을 개선할 정도의 풍속과 강우 등을 예측하지 않는 경우, 시 당국은 관심 수준에 해당하는 Blue Flag(또는 'Threshold 0' 또는 Threshold Information and awareness)를 발령한다. 이 경우 시민들에게 승용차 사용 자제와 친환경 통행수단으로 전환, 난방온도 제한 등에 자발적으로 참여해 오염물질 배출을 줄일 것을 권고한다. 그다음 단계부터는 [표 3-3]과 같이 강제 규제 대책(Intervention)이 적용된다. Blue Flag+(또는 Threshold Information and Intervention)는 'Threshold 0' 단계가 2일 이상 지속되고 다음 24~48시간의 기상예보가 대기질 개선에 우호적으로 예측되지 않으면 발령된다. Orange Flag(Intervention Threshold 1)는 24시간 관측농도가 $51\sim 70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 최소 연속 2일 이상의 기준 초과가 예상될 때 발령된다. Red Flag(Intervention Threshold 2)는 24시간 관측농도가 $71\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이고 최소 연속 2일 이상의 기준 초과가 예상될 때 발령된다 (<https://qualitedelair.brussels/content/en-hiver>).

	 Threshold of information and awareness	 Threshold of information and intervention	 Intervention threshold 1	 Intervention threshold 2
Slippery average over 24 hours of PM2.5 concentrations	35 to $50\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (concentration observed over the last 24 hours)	35 to $50\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (persistence of the information threshold for 2/3 consecutive days)	51 to $70\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (daily concentrations)	$71\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ and above (daily concentrations)
Daily average of PM10 hourly concentrations	51 to $70\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (concentration observed over the last 24 hours)	51 to $70\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (persistence of the information threshold for 2 consecutive days)	71 to $100\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ (daily concentrations)	$101\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ and above (daily concentrations)
Daily maximum of hourly concentrations of NO2			151 to $200\ \mu\text{g} / \text{m}^3$	$201\ \mu\text{g} / \text{m}^3$ and more

자료: <https://qualitedelair.brussels/content/en-hiver>

[그림 3-1] 브뤼셀의 단계별 오염물질 Threshold(기준)과 심벌

2014~2016년의 사례 검토로부터, ‘Threshold 0’ 단계는 연간 5~8회, ‘Threshold for information and intervention’ 단계는 연간 1회, ‘Intervention Threshold 1’ 단계는 연간 1회 발생 가능하고 ‘Intervention Threshold 2’ 단계 발령 가능성은 매우 희박한 것으로 보고 있다.

[표 3-3] 브뤼셀의 Intervention Threshold 단계별 규제 및 대책

단계	규제 및 대책
Blue flag	<ul style="list-style-type: none"> • 시민들에게 승용차 사용 자제와 친환경 통행수단으로의 전환, 난방온도 제한(20°C 이하) 등에 대한 자발적 참여 권고
Blue flag+	<ul style="list-style-type: none"> • 시민들에게 승용차 사용 자제와 친환경 통행수단으로의 전환, 난방온도 제한(20°C 이하) 등에 대한 자발적 참여 권고 • 교통 속도 제한: Brussels-Capital 지역 50km/h(평균 70~90km/h), Brussels 외곽지역 90km/h 이하로 제한 • Brussels-Capital 지역에서 경찰의 속도 제한 단속 강화 • 대중교통(STIB) 무료, 자전거 대여(Villo!) 일일요금 무료 • 화목연료 난방 금지
Orange flag	<ul style="list-style-type: none"> • 시민들에게 승용차 사용 자제와 친환경 통행수단으로의 전환, 난방온도 제한(20°C 이하) 등에 대한 자발적 참여 권고 • 교통 속도 제한: Brussels-Capital 지역 50km/h(평균 70~90km/h), Brussels 외곽지역 90km/h 이하로 제한 • Brussels-Capital 지역에서 경찰의 속도 제한 단속 강화 • 대중교통(STIB) 무료, 자전거 대여(Villo!) 일일요금 무료 • 화목연료 난방 금지 • 건물의 난방시스템이 환경허가법에 따라 분류된 설비일 경우, 해당 건물의 난방온도는 20°C 이하로 제한
Red Flag	<ul style="list-style-type: none"> • 시민들에게 난방온도 제한(20°C 이하) 등에 대한 자발적 참여 권고 • Brussels 지역 내 모든 차량 운행 금지(일부 차량 예외) • 대중교통(STIB) 무료, 자전거 대여(Villo!) 일일요금 무료 • 화목연료 난방 금지 • 건물의 난방시스템이 환경허가법에 따라 분류된 설비일 경우, 해당 건물의 난방온도는 20°C 이하로 제한

자료: <https://qualitedelair.brussels/content/en-hiver>

참고로 브뤼셀 지역은 오염물질 배출차량의 운행을 제한하는 Low Emission Zone 을 연중 운영 중이다. 2019년에는 Euro 2 이하의 경유차, Euro 1 이하의 휘발유/LPG/CNG차가 이 지역에서 운행이 금지된다. 단, 운행이 금지된 차량은 연간 최대

8일에 한해 A-Day Pass(35€)를 구입해 이 지역을 운행할 수는 있다. [표 3-4]는 브뤼셀의 연차별 Low Emission Zone의 운행제한 계획이다. 이와 같이 연차별로 운행제한 대상을 사전에 예고해 시민들이 준비할 수 있도록 하고 있다.

[표 3-4] 브뤼셀의 Low Emission Zone의 연도별 운행제한 계획

DIESEL	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
EURO 6, 6b, 6d, temp / VI	Access							
EURO 5, 5a, 5b / V or EEV	Access	No access*						
EURO 4 / IV	Access	Access	Access	Access	No access*	No access*	No access*	No access*
EURO 3 / III	Access	Access	No access*					
EURO 2 / II	Access	No access*						
EURO 1 / I	No access*							
Without EURO	No access*							

GASOLINE / LPG / CNG	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
EURO 6, 6b, 6d, temp / VI	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access
EURO 5, 5a, 5b / V or EEV	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access
EURO 4 / IV	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access
EURO 3 / III	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access
EURO 2 / II	Access	Access	Access	Access	Access	Access	Access	No access*
EURO 1 / I	Access	No access*						
Without EURO	Access	No access*						

자료: <https://www.lez.brussels>

3) 독일 슈투트가르트

지형적 특성으로 독일 내에서도 대기오염이 높은 슈투트가르트는 10월 15일~4월 15일 동안 Fine Dust Alarm('Feinstaub' alert)을 별도로 운영한다.

Fine Dust Alarm은 독일 기상예보서비스가 최소 연속 2일 이상 풍속이 약하고 대기가 정체되는 등 오염물질의 축적이 예상되어 대기질이 악화될 것으로 판단하면 발령된다. 독일 기상예보서비스(DWD)는 다음의 6가지 조건으로 Alarm 발령 여부를 판단한다: ① Fine dust 농도가 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이고 무강우, ② 무강우, ③ 대기확산에 효과적인 풍향의 바람 미미, ④ 야간의 역전층 현상, ⑤ 주간 혼합층 발달 미미, ⑥ 낮은 풍속. 이 중 ①번 조건일 경우, Alarm은 무조건 발령되고, ①번 조건이 충족되지

않을 경우 ②~⑥번 조건 중 최소 4개의 조건이 만족되면 DWD가 판단해 발령한다 (<https://www.stuttgart.de>).

Alarm이 발령되면, 시민들에게 대중교통, 자전거 등을 이용하도록 권고하고 벽난로 사용을 금지한다. 또한, 대중교통 등 시민들의 친환경 교통수단 사용 촉진을 유도하기 위해, 이 기간 동안 'UmweltTagesTicket(버스 또는 기차 티켓)'이 평상시 가격보다 20~35% 할인되어 제공된다. 또한, Alarm이 발령되면 전기차 카셰어링 프로그램 (Car2go)을 인하된 이용료로 이용할 수 있고, 전기차 주차료가 무료로 제공된다 (<https://www.stuttgart.de/feinstaubalarm/>).

이 지역에서도 오염물질 배출차량의 운행을 제한하는 슈투트가르트 환경존 (Environmental Zone)이 연중 운영 중으로, 2019년 1월부터는 Euro 4 이하 경유차 운행이 전면 금지되고 있다. 향후 Euro 5 경유차 운행 금지 여부는 2019년 중순까지의 대기오염을 검토해 결정될 예정이다.



자료: <https://www.stuttgart.de/feinstaubalarm/help/widget>

[그림 3-2] 슈투트가르트 Fine Dust Alarm 표시 예

2_중국

중국 징진지(京津冀: 베이징, 톈진, 허베이) 및 주변지역에서는 10월부터 3월까지 '가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안'을 시행하고 있다. 2017년 베이징시는 베이징시 및 각 구의 PM2.5 평균 농도를 전년 동기 대비 25% 이상 저감, 고농도 대기오염 발생일수 20% 이상 줄이기를 목표로 10가지 과제를 담은 베이징시 '가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안'을 발표한 바 있다. 10가지 과제는 ① 대기질 모니터링 시스템 구축, ② 소규모 사업장 관리, ③ 석탄오염 관리, ④ 공업기업의 불법배출 관리, ⑤ 주요 업종 관리, ⑥ 오염물질 배출 허가 관리, ⑦ 이동오염원 관리, ⑧ 면오염원 관리, ⑨ 공업기업 피크타임 관리, ⑩ 고농도 미세먼지 발생 시 대응방안이다. 세부 내용은 [표 3-5]와 같다.

[표 3-5] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리 대응행동방안

과제	세부내용
(1) 대기질 모니터링 네트워크 시스템 구축 및 보완	1. 대기질 모니터링 네트워크 보완 2. 모니터링 데이터 품질 관리 강화
(2) 산란오(무허가 환경오염 유발 소규모 사업장) 기업의 종합정비 추진	3. 산란오 기업 신속하게 처리(퇴출/이전/개선 구분) 4. 산란오 기업 및 집단의 종합 정비 진행
(3) 석탄오염 종합적 정비 가속	5. 전기와 천연가스로 석탄 대체 6. 산탄(깊이 얀 저품질의 난방용 석탄)의 반복 사용 엄격 규제 7. 석탄 품질 관리감독 강화 8. 석탄 소비 총량 엄격 규제 9. 석탄 시설 전면조사 실시 10. 석탄 보일러 개선 지원 및 교체 11. 석탄화로 및 아궁이 폐기 및 단속 12. 보일러 업그레이드 및 개조 추진
(4) 공업기업의 불법배출 관리 강화	13. 불법배출 정황 조사 14. 불법배출 관리 및 정비 강화
(5) 주요 업종 종합관리 추진	15. 주요 업종의 휘발성유기화합물(VOCs) 관리 추진 16. 배출 자동 모니터링 전면 구축 추진
(6) 오염물질 배출허가 관리 추진	17. 주요 업종의 오염물질 배출허가증 심사 및 발급
(7) 이동차량 오염 배출 통제	18. 화물운송 차량 관리감독 제고(원격감시체계, 단속인원 확대 등) 19. 화물차 기준 초과 배출행위 엄격 처벌 20. 중장비 오염유발 방지 강화(과다배출 장비 사용 금지, 비행감찰 강화, 전기 장비 사용 권장 등) 21. 자동차 유류(油類) 관리감독 강화

과제	세부내용
(8) 면원오염 방지 대책 강화	22. 야외 소각 금지 및 감독 강화(마을 네트워크 감독체계 구축, 위성 원격탐지, 특별순찰 강화) 23. 비산먼지 오염원 관리(대형공사장 현장주둔 감찰제, 순찰 강화 등) 24. 노천광산 관리 25. 불꽃놀이와 폭죽 사용 자제
(9) 공업기업 피크타임 관리	26. 주요 업종(건축재료, 화학공업 등) 피크타임 피해 생산 27. 대량자재는 혼잡한 피크타임을 피해 운송 *차량이용 주요 기업은 저배출 운송차량의 비율 80% 이상 확보 및 운영
(10) 고농도 미세먼지 발생 대응	28. 경고등급 기준 통일 29. 미세먼지 감축 비상조치 실시 30. 지역 비상대책 통일

자료: <http://zhengce.beijing.gov.cn>

소규모 사업장은 퇴출·이전·개선권고로 구분해 관리한다. 개선권고 사업장의 경우 구 홈페이지를 통해 대중에게 공고해 사회 감시를 받도록 하고 있다. 또한, 시의 전력공사와 협조해 소규모 사업장의 전기사용 상황을 실시간으로 모니터링하고, 캠페인 등으로 지역사회와 시민이 소규모 사업장 배출활동에 관심을 두어 자발적으로 오염을 방지할 수 있도록 한다.

공업기업 배출관리는 철강·건축자재·금속·화학발전·기계제조 등 주요 업종에 대해 운송·저장·이동·생산 공정 과정 등에서의 불법적 배출 행위에 중점을 둔다. 우선 배출현황을 파악해 개선이 필요한 기업에게는 개선방안을 수립하도록 하고, 난방실시 전까지 정비가 완료되도록 한다.

이동오염원은 화물차 및 중장비를 중심으로 관리한다. 대형 화물차량의 종합 관리 정책과 정비 업무계획을 수립하고, 중대형 차량 배출 관리 표준체계를 제공해 집행 역량을 강화하는 등 관리감독을 제고한다. 지역 내 농수산물 대형 도매시장, 물류 여객장소 등 중대형 경유차량 집결지를 관리감독하고, 기준 초과 배출 차량에 대해서는 차량 제조기업·검사기관·소속 운수기업 등에서 원인을 찾고 대중에 공개한다. 이 밖에도 중장비, 자동차 유류(油類) 등에 대한 관리감독도 강화한다.

면오염원으로는 야외소각, 비산먼지 등을 관리한다. 마을의 네트워크를 통해 야외소각 감독 체계를 구축하고 위성 원격탐지 등의 감시수단을 이용해 감독한다. 공사장에서는 비산먼지 저감을 위해 6가지 대책(공사 주변 펜스 설치, 자재 적재 덮어주기,

습식공법 토지 채굴, 노면 경화작업, 출입차량 세척, 흙폐기물 차량 밀폐운송)을 100% 이행해야 한다.

교통량이 많은 도로에 대한 도로청소 빈도를 높이고, 규모가 큰 건축 공사현장은 온라인 모니터링과 동영상 단속 장비를 설치해 배출을 관리하고 있다. 특히 난방실시기간에는 토목작업과 건물 철거 작업 등을 중지하도록 하고, 중단할 수 없는 경우 전면적인 계획을 수립해 시정부의 동의 후 실시하도록 하고 있다. 이 외에도 불꽃놀이와 폭죽 사용을 자제하도록 하고 있다.

베이징시 공업기업은 피크타임대 중단 및 제한 생산 계획을 수립해야 한다. 화학공업 등의 업종은 피크타임을 피해 생산하고, 시멘트·세라믹 등 건축재료 업종은 난방기간 동안 생산을 중단한다. 특수 상황으로 생산이 필요한 경우 시 정부에 보고하고 허가를 받아야 한다. 각 구는 관할지역 오염원의 특성에 근거해 계획을 수립하고, 기업 생산 주기 및 실제 상황에 근거해 관련 협조 업무를 미리 수행한다. 대량자재 또한 피크타임을 피해 운송한다. 기업은 소유 차량 중 비교적 배출이 높은 차량을 제외하고, 배출 제어 수준이 좋은 등급(국4(国IV)와 국5(国V))의 차량을 선택해 우선적으로 운송에 이용하도록 하고 있다. 난방 기간 동안 국4 이상 배출 표준 운송차량의 비율을 80% 이상 확보해야 한다.

고농도 미세먼지가 발생하면, 경보 수준에 따라 감축비율을 강화해 비상조치를 시행한다. 청색경보 발령 시에는 미세먼지, VOCs 배출 감축 비율 5%를 달성해야 하고, 황색, 주황색, 적색경보 발령 시에는 이산화황, 질소산화물, 미세먼지 등의 배출을 각각 10%, 20%, 30% 이상 감축하도록 하며, 휘발성 유기화합물의 배출 감축비율은 각각 10%, 15%, 20% 이상의 양적 요구사항에 도달해야 한다. 오염물질 배출 구성에 근거해 내부적으로 이산화황과 질소산화물의 감축 비율은 조정할 수 있으나, 두 물질의 감축 비율 총합이 상술한 전체 요구사항보다 낮아서는 안 된다. 이를 위해 긴급 배출감축 조치 목록을 구체적으로 보완하고 점오염원, 이동오염원, 비산먼지는 맞춤형 정책을 실시한다. 가급적 생산중단 또는 제한 생산, 작업 중지, 주행 중지 등의 방식으로 긴급 감축조치를 실시한다.

이 외에도 주요과제를 시행하기 위한 보장조치를 [표 3-6]처럼 명시하고 있다. 대책 별로 관리 및 책임 부서의 역할을 명시하고 가을겨울 대책 시행 2주 전까지 시의 관련 부서는 구체적인 하위 세부방안을 수립해야 한다. 홍보를 강화해 여론 모니터링 업무를 통합 수행하고, 매일 전형적인 오염 사례를 지속적으로 언론에 노출시켜 자발적으로

오염물질을 저감하도록 유도한다. 또한 감찰센터를 설치해 시 단위 환경보호 감찰을 조직적으로 실시한다.

[표 3-6] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리를 위한 보장조치

- (11) 부서 간 협력을 강화하고 책임 분담을 명확하게 한다.
- (12) 8가지 세부 방안과 7가지 목록을 구체화한다.
- (13) 경제정책의 지원 수준을 확대한다.
- (14) 여론 유도 및 홍보를 강화한다.
- (15) 환경보호 관리집행과 감독검사를 강화한다.
- (16) 엄격한 심사평가 제도를 실시한다.

자료: <http://zhengce.beijing.gov.cn>

시는 소규모 사업장(산란오 기업) 및 그룹의 정리·정비 강화 업무 계획과 공업기업의 피크타임 계획을 수립하고, 각 구는 중대형차를 이용하는 기업을 지도 감독하고 난방 시기에 피크타임대를 제외한 운송계획을 수립해 실행한다. 비산먼지 종합 제어 방안은 시에서 수립하고 주요 공사현장에 주둔해 감시한다. 각 구에서도 가을겨울 대책 시행 2주 전까지 소규모 사업장, 피크타임 제외 생산계획, 비도로 이동오염원, 점오염원 등 7가지 목록을 미리 작성해 관리 체계를 구축한다([표 3-7] 참조).

[표 3-7] 중국 가을겨울 대기오염 종합관리를 위한 세부 방안과 관리 목록

세부 방안	<ol style="list-style-type: none"> 1. 산란오 기업 및 그룹 정리 정비 강화 업무 계획 2. 공업기업의 피크타임대 제외 생산(운송 포함) 계획 3. 중대형차를 이용하는 기업의 지도 감독 4. 난방시기 피크타임대 제외 운송 실시 계획 5. 대형 화물트럭의 종합관리 정책 6. 비산먼지 종합 제어 방안 7. 공사장 비산먼지 저감 대책 6가지 100% 실행 8. 가을겨울철 대응 관리 집행 계획
관리 목록	<ol style="list-style-type: none"> 1. 산란오 기업정비 목록 2. 피크타임 제외 생산계획 목록 3. 무질서 배출 개선 목록 4. 비도로 이동기계 목록 5. 고농도 대기오염 긴급 대응 배출감축 사항 목록(2017년 10월 15일 전까지 수행) 6. 석탄 보일러 목록 7. 배출구 높이가 45m 이상인 점오염원 목록

자료: <http://zhengce.beijing.gov.cn>

3_미국

미국의 여러 주정부는 특히 겨울철 문제가 되는 미세먼지 악화 원인 중 하나를 난방용 등으로 사용하는 목재 연소로 보고 있다. 이에 화목 연소를 관리하는 정책을 겨울철에 특화해 운영하는 등 오염물질 발생의 계절 특성을 고려해 사전 대응하는 사례들이 많다. 이 중 캘리포니아주와 유타주의 사례를 정리했다.

1) 캘리포니아주

(1) South Coast Air Quality District 관할 지역

LA, Riverside 등의 대기권역을 관리하는 South Coast Air Quality District는 2011년부터 매년 11~2월까지 4개월에 걸쳐 'Check Before You Burn' 프로그램을 운영하고 있다. 특히, 이 시기에 미세먼지 농도가 높고 난방 등의 목적으로 화목 연소가 많기 때문이다.

이 시즌 동안 다음날의 초미세먼지 농도가 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과로 예측되면 'NO-Burn Day Air Alerts'이 발령되고, 다음날 24시간 동안 실내외에서의 화목 연소가 금지된다. 평균적으로 매년 20일 정도 'No-Burn Day Air Alerts'이 발령된다.

또한, 2013년에 채택된 SCAQMD Rule 445에 따라 화목 판매자들은 NO-Burn 제도를 알리는 라벨이 부착된 목재만 판매하고 공급하도록 하고 있다. 더불어 매년 7월부터 다음해 2월까지의 오염물질 배출이 상대적으로 적은 수분 함량 20% 이하의 화목(Seasoned wood)만 판매 가능하다.

'NO-Burn Day Air Alerts'의 1차 위반자는 관련 교육과정을 완료하거나 \$50의 패널티를 지불해야 한다. 2차 위반자는 \$150 패널티 지불 또는 90일 이내에 가스연료 기기로 교체 설치한 증거자료를 제출해야 한다. 3차 위반자는 \$500 패널티 지불 또는 혐의과정을 통해 환경친화적 방안을 도입해야 한다.

이처럼 특히 미세먼지가 문제되는 겨울철, 주요 원인이 되는 특정 배출원에 대한 규제를 특화해 시민들에게 사전에 인식시키고 대비하도록 하고 있다.

(2) Bay Area Air Quality District 관할 지역

샌프란시스코시 등의 지역 대기관리를 관장하는 Bay Area Air Quality District는

겨울철 대기오염의 주요 배출원을 화목 연소로 지목하고, 11~2월을 대상으로 매년 'Winter Spare The Air' 프로그램을 운영하고 있다. 매일 오후 2시 다음날의 대기질 예측결과가 나쁨으로 예측되면 'Winter Spare The Air Alert'을 발령하고 다음날 24시간 동안 실내외 화목 연소를 금지한다. 1차 위반자는 관련 교육을 이수하거나 \$100 벌금을 내야하고, 2차 위반자는 \$500 벌금이 부과되는 등 횡수에 따라 벌금액을 증액하고 있다.

The graphic features a circular logo with 'spare the air' in the center, surrounded by 'WINTER' repeated four times. Below the logo, the text reads: 'It is illegal to burn wood during a Winter Spare the Air Alert. Check before you burn.' Three orange boxes provide contact information: 'Call 1-877-4NO-BURN (1-877-466-2876) Sign up for phone alerts by calling 1-800-430-1515', 'Visit sparetheair.org or baaqmd.gov Connect with us: [Facebook, Twitter, Q+, Pinterest icons]', and 'Sign up for automatic email alerts by visiting sparetheair.org'. A blue box at the bottom contains detailed text about the wood burning rule and penalties.

From November 1 through the end of February, the use of fireplaces, pellet stoves, wood stoves, fireplace inserts and outdoor fire pits is illegal when air quality is expected to reach unhealthy levels. Each day by 2 p.m., the Air District will issue an air quality forecast for the next day. If air quality is forecast to be unhealthy, a *Winter Spare the Air Alert* will be called, and wood burning will be banned the entire next day, for a full 24 hours.

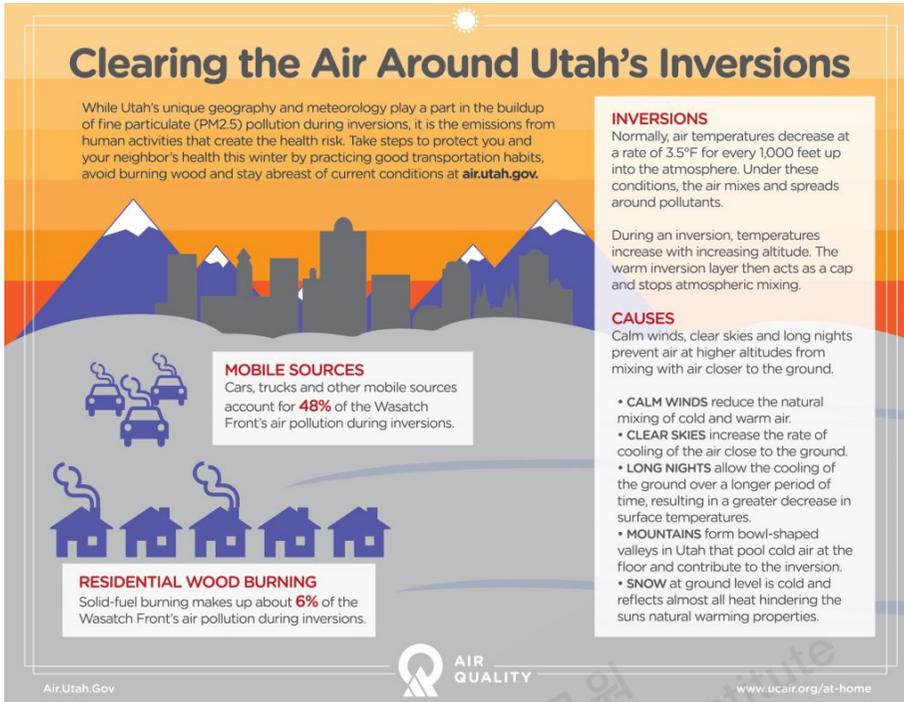
First-time violators of the Wood Burning Rule can now take a wood smoke awareness class, online or by mail, or pay a \$100 ticket. Warning letters have been discontinued. Second violations will result in a \$500 ticket and subsequent ticket amounts will increase.

자료: <http://www.baaqmd.gov/rules-and-compliance/wood-smoke>

[그림 3-3] Winter Spare The Air 프로그램

2) 유타주

미국 유타주에서 가장 인구가 많은 지역인 워새치 프런트(솔트 레이크 시티 등 포함)는 분지협곡 형태의 지형적 특성으로 기온역전층이 형성되면 오염물질이 협곡에 갇혀 대기오염 농도가 상승하는 사례가 발생한다. 특히, 겨울철 기온역전층 형성으로 초미세먼지가 문제가 되며, 이 지역은 미국 내에서 'Serious PM2.5 Nonattainment Area'로 분류되고 있다.



자료: <http://air.utah.gov>

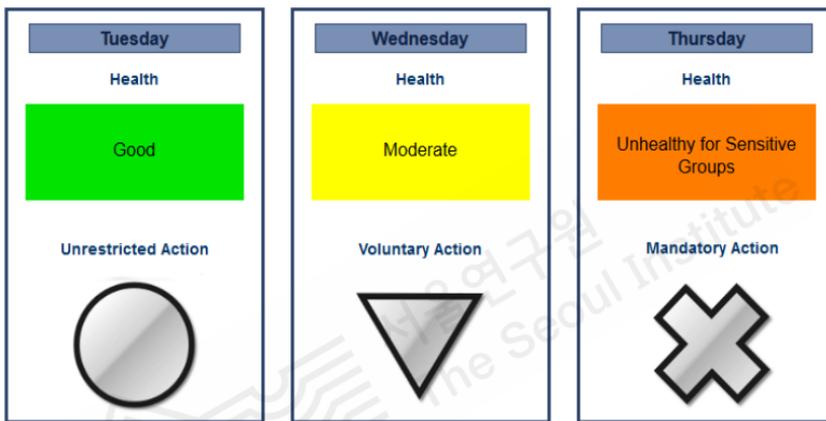
[그림 3-4] 미국 유타주 초미세먼지 고농도 발생(기온역전현상)의 주요 원인 추정

이에 매년 11월부터 3월초까지 초미세먼지 사전대응을 위한 'Winter Control Program'을 운영한다. 지역의 초미세먼지 농도가 기준($35\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과할 때까지 기다리는 대신, 환경국의 기상전문가들이 지역에 기온역전층이 형성될 상황을 초기에 진단해 3일 예보를 하고 예측결과에 따라 'Action Alert(forecast)'을 발령한다. 여기에서 'Action Alert(forecast)'은 2013년부터 유타주에서 운영하고 있는 대기오염경보 또는 예보체계의 일부이다.

예보체계는 'Action Alert'과 'Health Guidance'로 구분되어 제공된다([그림 3-6] 참조). 'Action Alert'은 그날의 대기오염수준에 대응하기 위해 필요한 시민들의 배출저감 실천을 알리는 목적이고, 'Health Guidance'은 그날의 대기오염도가 시민들의 건강에 어떻게 영향을 미치는지를 알려 노출저감을 위한 행동요령을 알리는 목적으로 볼 수 있다.

'Action Alert'은 [그림 3-6]처럼 3단계(Unrestricted/Voluntary/Mandatory action)로 구분되며, 단계별 Symbol이 함께 표시된다. 'Winter Control Program'

이 운영되는 동안, 민감계층에게 유해한 수준의 초미세먼지 상황에서는 Mandatory Action 단계가 발령되어 고체연료(목재, 석탄 등) 연소기기 사용금지, 자동차 운행 저감, 사업체의 대기오염 저배출을 위한 운전조건 최적화 등이 요구된다. 프로그램이 운영되는 11~3월 초 동안에 환경당국은 하루에 두 번 Action 단계를 보고한다. 이와 같이 초미세먼지가 문제되는 시즌 전체 기간 동안 선제적 대응을 위해 유타 주정부는 초미세먼지가 좋음이나 보통 수준에서도 각각에 해당하는 Action Alert 단계 (Unrestricted/Voluntary)를 제공해 시민들이 사전에 자발적으로 배출저감에 참여하도록 소통하고 있다.



Action Legend



Unrestricted Action

Wood and coal burning stoves or fireplaces may be used, but please use them in a proper manner to reduce smoke emissions.



Voluntary Action

Voluntarily do not use wood and coal burning stoves or fireplaces. Reduce vehicle use by consolidating trips. Industry should optimize operating conditions to minimize air pollution emissions.



Mandatory Action

Wood and coal burning stoves or fireplaces must not be used. Reduce vehicle use by consolidating trips. Industry should optimize operating conditions to minimize air pollution emissions.

자료: <http://air.utah.gov>

[그림 3-5] 미국 유타주 대기오염경보(또는 예보체계) 및 단계별 Action 예시

AQI	PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Good	0 - 12.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Moderate	12.1 - 35.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Unhealthy for Sensitive Groups	35.5 - 55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Unhealthy	55.5 - 150.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Very Unhealthy	150.5 - 250.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hazardous	Above 250.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

자료: <http://air.utah.gov>

[그림 3-6] 미국 유타주 PM2.5 농도구간별 Health Legend

더불어 목재연료를 사용하는 연소기기의 빠른 전환을 위한 리베이트 프로그램도 운영한다. 가스연료 기기로 전환하는 저소득층에게 보다 많은 혜택을 주고, 폐기하는 경우에도 \$250의 보조금을 지원하고 있다([표 3-8] 참조).

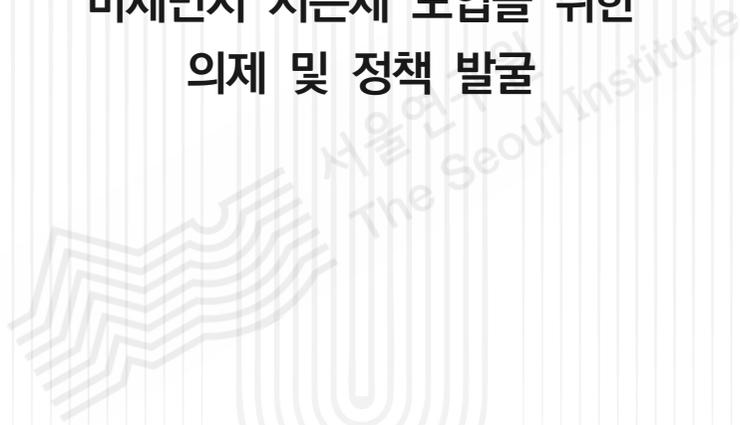
[표 3-8] 유타주 화목 연소 배출 저감을 위한 지원 프로그램

Rebate Amounts for the Wood-smoke Reduction Program			
Option	Device change-out	Rebate amount	
		Low-income households	Non low-income households
1	Any woodstove/insert or open fireplace to natural gas-or propane-fueled stove/insert	\$3,800	\$2,800
2	Uncertified woodstove/insert to EPA-certified woodstove/insert	\$500	\$500
3	Bounty for destroying a woodstove	\$250	

자료: Utah DEQ, 2019, Utah Division of Air Quality 2018 Annual Report

04

미세먼지 시즌제 도입을 위한 의제 및 정책 발굴



- 1_전문가 토론회 개요
- 2_주요 토론 내용
- 3_소결

04. 미세먼지 시즌제 도입을 위한 의제 및 정책 발굴

1_전문가 토론회 개요

앞서 언급한 바와 같이 미세먼지 시즌제도는 국내에서 처음 연구되는 제도이다. 이에 이 연구에서는 ‘서울시 대기질 개선 전문가포럼(2018년 서울연구원 운영)’⁶⁾ 위원 중 일부, 경기 및 인천 대기분야 전문가, 관계기관 등 20여 명이 참여하는 전문가 자문그룹을 구성해, 미세먼지 시즌제 도입 추진을 위한 의제를 도출하고, 의제별 심층 논의를 통해 의견을 수렴하고자 하였다. 총 6회의 토론회가 개최되었으며, 1차 토론회에서는 시즌제도 도입의 필요성, 의의 등 근본적인 질문이 논의되면서 시즌제도 도입을 위한 의제가 도출되었다. 이후 5차례의 토론회는 도출된 의제를 중심으로 진행되었으며, 특히 시즌제 대책은 여러 회차에 걸쳐 논의되었다. 원활한 토론과 결론 도출을 위해 1~3장에 정리된 고농도 현황 분석 자료, 현행 정책 자료, 해외 사례 자료들이 활용되었다.

⁶⁾ 서울연구원은 미세먼지 비상저감조치 등 서울시 대기질 정책 진단 및 정책 방향 논의를 위해 서울시 기후환경본부, 보건환경연구원, 외부 전문가 등 20여 명으로 구성된 ‘대기질 개선 전문가 포럼’을 2018년 1~10월까지 운영, 11차례 포럼을 통해 ‘미세먼지 비상저감조치 개선’을 위한 건의문을 도출한 바 있음.

[표 4-1] 전문가 자문그룹 구성

분야	소속 및 직위
교통수요관리	- 녹색교통운동 공동대표 - 한양대 도시공학과 교수
저감 효과, 대기질 예경보, 저감 정책 등	- 안양대 환경에너지공학과 교수 - 수원대 환경에너지공학과 교수 - 이화여대 화학신소재공학 교수 - 한국외국어대학교 환경학과 교수 - 건국대학교 환경공학과 교수 - 한국과학기술연구원 단장 - 국립환경과학원 연구관 - 경기연구원 선임연구위원 - 인천연구원 선임연구위원
건강영향(보건)	- 연세대 의과대학 예방의학교실 교수 - 고려대 환경보건학과 교수 - 서울대 보건대학 교수
관계기관	- 서울시보건환경연구원 - 서울시 기후환경본부

[표 4-2] 전문가 토론회 개최 현황

회차	내용	
1	일시/장소	2019년 2월 14일(목) 2시30분 / 서울연구원
	토론주제	- 시준제 도입의 의의 및 필요성 - 시준제의 방향성 - 주요 의제 도출
2	일시/장소	2019년 4월 4일(목) 2시 / 서울연구원
	토론주제	- 시준제 정의 및 목표 - 시준제 적용 시기 - 시준제 공간적 범위 - 시준제 주요 대책
3	일시/장소	2019년 4월 5일(금) 10시 / 서울연구원
	토론주제	- 시준제 정의 및 목표 - 시준제 적용 시기 - 시준제 공간적 범위 - 시준제 주요 대책

회차	내용	
4	일시/장소	2019년 4월 26일(금) 2시 / 서울연구원
	토론주제	- 배출저감 및 관리감독 분야별 시준 대책
5	일시/장소	2019년 5월 20일(월) 3시 / 서울연구원
	토론주제	- 배출저감 및 관리감독 분야별 시준 대책 - 시준제 참여 대상의 범위 - 시준제 시행을 위한 법제도적 근거
6	일시/장소	2019년 7월 2일(화) 3시 / 서울연구원
	토론주제	- 시준제 효과 평가 - 교통, 사업장, 공사장, 생물성 연소 등 배출저감 분야별 대책 - 인력, 점검체계 등 관리감독 분야 대책

2_주요 토론 내용

1) 의제 도출

미세먼지 시준제의 구체적인 내용 논의에 앞서 1차 전문가 토론회에서는 연구진이 연구계획을 발제하고 시준제 도입의 의의 및 필요성, 시준제의 방향성, 국내 미세먼지 배출 및 관리현황 등을 전반적으로 논의하며 이후의 토론에서 중점적으로 다뤄야 할 주제를 선정했다.

고농도 발생 상황에 단발적으로 대응하는 현재의 비상저감조치의 한계에 대해서는 모든 위원들이 동의했다. 하지만 고농도 시기를 수개월로 설정해 고농도 발생과 상관없이 규제 정책을 시행하는 것에 일부 이견과 우려가 제기되었다. 중국 등의 영향이 큰 상황에서 국내 배출 규제만으로 고농도 발생 상황이 얼마나 개선될지에 대한 의문, 상시 대책과의 차별성, 정량적 효과 제시의 필요성, 가시적인 고농도 상황의 개선 없이 수개월간 지속되는 규제에 대한 시민들의 반발 가능성 등이 제기된 우려 사항이다.

현행 미세먼지 예보가 3일 정도의 단기예보가 아니라 어느 정도의 정확도를 가지고 배출시설 등 배출원이 사전에 대응을 준비할 수 있는 수준의 중기예보가 가능하다면,

군이 수개월 동안 배출원을 규제할 필요는 없을 것이다. 하지만 현 단계에서는 중기 예보가 가능하지 않은 만큼, 고농도 발생이 잦은 시준을 대상으로 국내 배출 저감을 위한 노력은 필요하다는 의견이 모아졌다. 다만, 어느 기간을 미세먼지 시준으로 설정해서 어떤 대책들을 추진할 것인가가 중요하다는 의견이 많았다. 더불어 고농도 발생에서 중국의 영향을 배제할 수 없으므로, 시준제도의 목적 또는 목표를 명확히 하여 시준제 대책으로 고농도 발생이 해소될 수 있다는 잘못된 인식이 생기지 않도록 주의가 필요하다는 의견도 있었다.

시준제의 대책은 새로운 대책이 아니라 비상저감조치와 같은 단기정책을 장기화하는 전략으로 접근해야 한다는 의견이 있었다. 또한, 기존의 여러 미세먼지 저감 정책과 규제 중에서 효과가 있고 시준 동안 시행이 가능한 정책만을 선정해 확실히 적용해야 한다는 주장도 있었다. 즉, 새로운 규제가 아닌 기존의 제도와 규제를 분석해 시준 동안 강화하는 방향이 바람직하다는 의견이 많았다. 다만, 대책에 대한 정량적 효과 추정이 어려운 문제, 시행을 위한 법적 근거·예산·관리 인력 등 현실적인 문제에 대한 고려도 강조했다. 시준제 대책은 중앙정부와 지자체의 역할을 구분해 설계되어야 한다. 지자체는 지자체 관리 영역에서 할 수 있는 대책을 마련할 필요가 있다.

사업장·공사장의 불법배출, 불법소각, 자동차 불법검사 등 불법·편법에 의한 대기오염물질 배출이 상당할 것으로 추정되고 있는바, 기존 법 테두리 안에서 준법 감시로 불법적인 배출을 관리하는 것만으로도 배출 저감 효과가 적지 않을 것이라는 의견이 많았다. 이에 수개월 동안 배출 규제 강화에 대한 시민의 반발 등을 고려하면, 기존 규제 내에서 관리감독 강화를 시준 대책의 핵심으로 해야 한다는 주장도 제기되었다. 행정의 관리감독 기능을 강화해, 그동안의 미세먼지 배출저감 대책에 대한 행정의 대응능력과 관리 수준을 높이고 공고히 하는 방향으로 시준제도가 가야 한다는 것이다.

시준제 운영방법에 대한 논의도 일부 있었다. 2단계 운영에 대한 의견으로 봄·겨울철 6개월을 집중 관리기간으로 정하되 고농도가 빈번히 발생하는 3~4개월 동안 관리를 강화하자는 것이다. 그러나 현재 상시 미세먼지 저감 대책, 예비저감조치와 비상저감조치가 운영되는 상황에서 시준제까지도 2단계로 운영하는 것은 관리자와 참여대상 모두에게 혼란을 줄 가능성이 크므로 단계 구분 없이 집중해 시행하는 것에 의견이 모아졌다.

시준제에 공공기관만 참여해서는 효과를 얻기 어렵다. 민간 및 시민 참여가 반드시

필요한 만큼, 시민들이 공감하고 적극 참여할 수 있도록 사전 홍보와 교육이 필요하다는 의견이 많았다.

이러한 의견 등을 바탕으로 도출된 시존제 도입을 위한 의제는 [표 4-3]과 같다.

[표 4-3] 시존제 도입을 위한 의제

- 시존제 시행의 필요성
- 시존제의 정의와 목표
- 시존제 적용 시기 및 공간적 범위
- 시존제의 대책: 배출저감 및 관리감독 분야별 대책
- 시존제 시행을 위한 법·제도적 근거
- 시존제 효과 평가

2) 시존제 개요

(1) 필요성

고농도 미세먼지는 편서풍을 타고 장거리 이동해 유입되는 국외 미세먼지와 국내에서 배출·생성되는 국내 미세먼지가 축적되면서 주로 발생한다. 발생 초기에는 국외 영향이 상대적으로 높을 수 있지만 대기가 정체되고 지속기간이 길어질수록 국내 영향이 높아지는 경향이 있다. 특히, 이러한 고농도 미세먼지 현상은 늦은 가을, 겨울, 이른 봄철에 주로 나타난다. 난방 연료 사용 등으로 국내의 대기오염물질 배출이 추가되기도 하고, 서풍계열 바람 빈도 증가 외에도 혼합고가 낮아 연직 혼합에 따른 대기오염물질의 희석이 다른 시기에 비해 적은 것도 고농도 발생이 이 시기에 잦은 원인일 수 있다.

고농도 발생에서 중국의 영향이 적지 않음은 사실이나 중국 대기오염물질 배출 관리는 외교적 접근이 필요한 문제인 바, 국내에서는 국내 배출을 줄이기 위한 노력이 별도로 필요하다는 것이 공통된 의견이다.

앞서 언급한 것처럼, 최근 고농도 사례에서는 대기 정체로 국내에서 배출된 오염물질이 확산 및 희석되지 못하고 쌓여 발생하는 경우도 있다. 이와 같이 국내 배출 영향이 큰 사례에서는 국내 배출을 줄이는 것이 효과를 보여 줄 수 있다는 주장도 있다. 현재의 고농도 대처는 미세먼지 고농도 발생 전·후 1~2일의 단기간 배출저감 조치가 대부분이다. 발생 및 생성 메커니즘이 복잡한 미세먼지는 1~2일의 단발성 배출저감

조치로 가시적인 농도 저감 효과를 얻을 가능성은 적다. 또한 충분한 사전예고 없이 1~2일 전에 사업장·공사장이 가동률을 낮추는 조치를 취하는 것도 한계가 있다는 의견이다. 이러한 이유로 대부분 비상저감조치의 배출 규제는 공공분야 중심으로 시행되고 있으므로 비상저감조치의 효과가 미미하게 나타날 수밖에 없다는 지적이다. 단발성 비상저감조치의 한계와 강도 높은 대책을 민간까지 확대해 상시 적용하기 어려운 문제 등을 고려한다면, 고농도 발생이 잦은 특정 시기 동안 집중적으로 강도 높은 정책을 실시해 사전 대응하는 시준 대책이 유용할 수 있다는 의견이 모아졌다. 특정 시기를 사전에 정해 상시 대책보다는 강화된 시준 대책이 예고되면, 사업장·공사장 등 배출시설과 시민도 사전에 대응 및 준비가 가능하다. 일부에서는 시준 대책과 상시 대책의 차별성에 대한 의문을 제기하기도 했지만, 시준 대책은 상시 대책보다는 강화된 대책으로 구성되어야 한다는 의견이다. 또한 해외에서는 상시로 추진하는 주요한 대책들이 국내에서는 더디게 진행되고 있는 대책들이 있다. 이러한 대책들을 시준 대책으로 추진해 시민들이 해당 대책에 익숙해지게 하는 기회로 삼으면, 궁극적으로는 해당 대책을 상시 대책으로 발전시킬 수 있는 측면도 중요하다는 주장도 있었다.

(2) 정의와 목표

시민들의 미세먼지 체감 정도는 연평균 농도 감소보다는 고농도 발생 빈도와 강도에 좌우된다. 2018년 초미세먼지 기준이 강화되면서, '나쁨' 기준도 강화되었고 이에 따라 '나쁨' 일수도 증가했다. 최근에는 농도도 매우 높고 지속시간도 길어지는 '매우 나쁨' 수준의 심각한 고농도 미세먼지 사례가 발생하면서 시민의 미세먼지 체감도를 더욱 악화시키고 있다.

중국 등 국외의 영향이 적지 않음이 명확한 상황에서 국내 배출 저감만으로 외부 영향이 큰 '매우 나쁨' 수준의 심각한 고농도 사례를 보통 수준까지 개선하는 것은 사실상 불가능하다는 것에 모두가 수긍했다. 초미세먼지 일평균 농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 사례에서는 국외 영향이 큰 경우가 많다. 하지만, 국내 나쁨 기준인 일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘어가는 경우만 놓고 보면, 국내 배출 영향으로 발생하는 사례가 적지 않으므로 국내 배출 저감 노력으로 보통 수준 이하로 초미세먼지 상황을 개선할 수 있다는 의견도 있었다.

따라서 시준제의 정의와 목표도 재난에 가까운 고농도 상황을 획기적으로 개선하는 것이 아니라 고농도 발생이 잦은 특정 시기 동안 배출저감 대책을 강화해 기저(base)

농도를 사전에 낮추는 것으로 설정해야 한다는 의견이 많았다. 사전에 국내 배출을 줄여 기저 농도를 낮춰 놓으면, 중국 등 국외에서 같은 강도의 영향이 와도 시즌 대책 시행 이전보다 고농도의 강도와 지속시간이 개선될 것을 기대할 수 있다. 또한, 실제 시즌제 기간에 고농도가 발생하지 않아도 국내 배출 저감 노력이 시행되는 만큼 시즌제 시행 이전보다 초미세먼지 농도가 개선된 상황이 이어질 수 있다. 건강측면에서 고농도 일수를 줄이는 것보다 평균농도를 낮추는 것이 건강편익이 더 크다는 의견도 있었다.

따라서 미세먼지 시즌제의 목표는 초미세먼지의 '나쁨(일평균 기준 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과)' 일수 저감과 동일 시기의 초미세먼지 평균농도 개선으로 설정할 필요가 있다.

(3) 적용 시기와 적용 범위

시즌제 적용 시기와 관련해서는 여러 의견이 있었다. 미세먼지 고농도가 발생하는 모든 월을 포함한 12~5월까지 총 6개월 시행, 겨울철인 12~2월까지 3개월 시행, 12~3월까지 4개월 시행, 선제적 대응이라는 측면에서 11월부터 시작하자는 의견 등이 제시되었다.

해외에서는 10~3월, 11~3월, 10~4월 등 5~6개월을 설정해 동절기 대책 등 상시 대책과 차별화된 시즌 대책을 시행하고 있다. 해외처럼 5~6개월의 긴 기간을 설정할 수도 있으나 국내에 처음 도입되는 제도이니, 첫 시작에서는 적용 기간을 최소화해 시민들의 피로도를 줄이는 것도 필요하다. 이러한 원칙으로 시행 시기를 논의하는 과정에서 위원들은 대체적으로 겨울철(12~2월) 시행에는 동의했다. 다만, 3월 포함에 대해서는 황사의 영향과 기간이 길어지는 우려로 제외하자는 의견도 있었으나 고농도 빈도가 가장 많은 것을 고려하고 시민의 건강보호를 위해서는 포함되어야 한다는 의견으로 모아졌다.

2장에서 정리한 바와 같이, 12~3월에 수도권 및 충청남도에서는 초미세먼지 환경기준(일평균 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과 발생이 잦고, 3일 이상 장시간 지속되는 사례도 많았다. 최근 몇 년간에 이 기간 동안 대기 정체를 유발하는 풍속, 혼합고도도 꾸준히 감소하는 추세라는 의견도 있었다. 또한 월평균 농도, 월중 일 최댓값, 시간 최댓값으로 순위를 살펴보면, 12~3월이 모두 해당되었다. 연평균 농도 대비 12~3월 평균농도, 연간 고농도 일수대비 12~3월의 고농도 일수도 모두 높았다. 따라서 시즌제 기간은 12~3월 까지가 적절하다고 판단되었다. 시즌제 기간은 향후 시즌제 시행 평가를 통해 기간을

확대하거나 축소하는 등 조정은 필요할 것으로 보인다.

대기오염 문제는 행정경계로 구분할 수 없는 문제이고 인접 지역뿐 아니라 인접하지 않은 지역의 영향도 직간접적으로 받는다. 즉, 서울시의 초미세먼지 문제 해결을 위해 서울시 배출원만 관리해서는 효과를 기대할 수 없다는 것이 공통적 의견이다. 시존 대책이 전국적으로 동시에 시행되는 것이 서울시 차원에서도 초미세먼지 농도 개선에 가장 효과적일 것이다. 하지만 각 지방정부의 준비 상황 등이 달라 여러 문제가 발생할 수 있어 전국적 시행은 어려울 수 있다. 그렇다면 최소한 경기, 인천을 포함한 수도권 범위에서는 함께 시존 대책을 추진할 필요가 있음이 강조되었다. 더 나아가 가능하다면 충청남도의 참여도 필요하다는 의견도 있었다. 이는 동일한 대기오염 영향권역에 있는 지방정부가 공동으로 대책을 시행해야 한다는 의미이다.

운행제한 등 이동오염원 대책은 대기관리권역에서 공동으로 추진하고, 점·면 오염원 대책은 각 지역 특성에 따라 우선순위를 선정해 추진해야 한다는 의견이 많았다. 또한 공공만 참여하는 것은 효과가 미미하므로 민간 영역이 참여할 수 있도록 공감대를 형성하고 추진해야한다는 의견도 많았다.

3장에서 살펴본 것처럼 중국의 징진지 지역에서도 강화된 가을겨울 대기오염대책을 추진하고 있다. 같은 문제를 겪고 있는 중국과 한국이 강화된 시존 대책을 동일한 시기에 함께 추진한다면, 그 효과는 더욱 커질 수 있을 것이다.

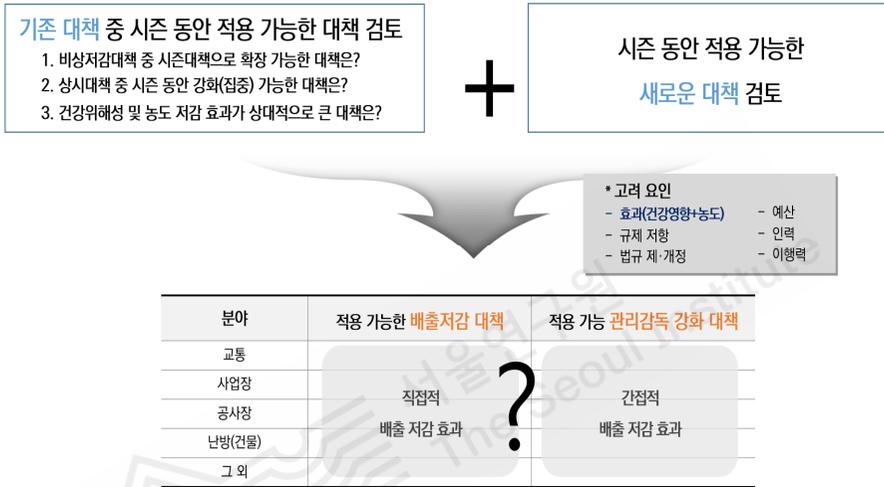
3) 적용 대책

시존 기간에 적용할 대책에 대해서는 새로운 대책보다는 기존의 대책 중 효과가 있고 집행 가능한 대책을 추려내야 한다는 의견, 비상저감조치 대책과 같은 단기 대책을 장기화한다는 전략으로 시존 대책을 도출해야한다는 의견이 있었다. 또한, 그동안의 정책들은 배출저감 대책이 주를 이뤘다면 시존 대책에서는 배출저감 대책과 더불어 관리감독분야도 중요하다는 의견이 많았다. 중소기업의 배출시설은 물론 규제 및 관리감독 대상이 되는 대규모 배출시설에서도 불법 배출이 문제가 되고 있는 최근의 상황들을 들어, 기존 규제의 틀 안에서 배출원에 대한 관리감독을 확실히 하여 불법 배출을 막는 것만으로도 적지 않은 효과가 있을 것이라는 주장이다. 관리감독 분야에서 문제가 되는 전문인력, 예산, 모니터링 기술 등의 문제를 되짚어 행정의 배출원 관리 능력을 제고하는 체계를 구축하자는 의견도 있었다.

이러한 논의에 따라 시존제의 적용 대책을 크게 배출저감 대책과 관리감독 대책으로

구분해 여러 차례 논의를 진행했다. 관리 분야는 서울시의 주요 배출원 부문을 중심으로 교통, 사업장, 공사장, 난방(건물), 그 외로 구분했다.

[그림 4-1]과 같이 기존의 비상저감대책 중 시존 대책으로 확장 가능한 대책과 기존 상시 대책 중 집중 또는 강화할 수 있는 대책이 무엇인지, 건강위해성 및 농도 저감 효과가 상대적으로 큰 대책을 중심으로 검토하고자 했다. 덧붙여 새로운 대책도 해외 사례를 참고해 검토했다. 그 외 규제 저항, 예산, 인력, 법제도, 이행력 등도 고려 요인으로 검토했다.



[그림 4-1] 시존제 적용 대책 검토 시 고려사항

(1) 교통 분야

경유차 배기가스는 WHO가 지정(2012년)한 1군 발암물질로 알려져 다른 배출원보다 건강위험도가 높아 엄격한 관리가 필요한 배출원이다. 현재 시행되고 있는 교통 분야의 배출저감과 관리감독 대책은 [표 4-4]와 같다.

[표 4-4] 교통 분야 미세먼지 관리 대책 현황

상시 대책	비상시 대책
<ul style="list-style-type: none"> • 노후 경유차 수도권 내 상시 운행제한 • 노후경유차 저공해화 지원: 조기폐차 및 저감장치 부착, 어린이 통학차량 LPG 전환 지원 등 • 친환경차량 보급 확대 및 인프라 구축: 전기차 보급 확대, 충전시설 확충 등 • 녹색교통지역 5등급 차량 운행 제한(2019.7월부터 시범시행 중) • 사후 검사 강화: 민간검사소 특별점검 실시 및 부정편법에 대한 처분 강화 • 도로먼지 제거장비 보급 및 운영 	<ul style="list-style-type: none"> • 차량 2부제 시행: 행정 공공기관 대상 • 공공기관 주차장 폐쇄 • 배출가스 5등급 차량 운행제한(06시~21시) • 도로청소 확대 • 배출가스 및 공회전 집중 단속

교통 분야에서는 비상시 대책으로 시행 중인 차량 2부제, 5등급 차량 운행제한, 도로 청소, 공공기관 주차장 폐쇄가 배출저감 대책으로 논의되었다. 특히, 서울과 같은 대도시에서는 차량 운행제한이 시준 대책의 핵심이라는 의견이 많았다. 시준 기간 동안 민간까지 확대해서 차량2부제를 시행하거나 5등급 차량 운행을 제한하는 방안에 대해, 대기오염물질 배출이 많은 5등급 차량의 운행을 제한하는 방식이 보다 효과적이라는 것에 의견이 모아졌다. 효과를 극대화하기 위해 5등급에서 시작해 향후 4등급까지로 운행제한을 강화해야 한다는 의견도 있었다. 다만, 생계형 차량에 대한 지원조치 준비 미흡 등 아직은 4등급까지 적용하기에는 시기상조라는 의견이 다수로, 이는 장기 계획을 세워 단계적으로 접근할 필요가 있다.

5등급 차량 운행제한은 시행에 앞서, 생계형 대상 차량에 대한 지원 확대와 대상 차량 단속 시스템 구축이 강조되었다. 단속방안으로 현재 시행되는 카메라 단속은 사각지대가 발생할 수 있으므로 파리지처럼 단속자가 직관적으로 판단 가능한 등급 스티커를 차량에 부착해 단속하자는 의견이 있었다.

운행제한의 공간범위는 수도권이 되어야 한다는 의견이 많았다. 단, 경기도와 인천시가 바로 5등급 차량 운행제한을 도입하기 어렵다면, 서울시가 시행 중인 녹색교통지역을 경기도나 인천 시도 도입해 해당 지역에서부터 5등급 차량 운행 제한을 적용한 후 확대해 나가자는 의견도 제시되었다.

그 외 시준 기간에 공공기관의 주차장 2부제를 시행하는 방안과, 주차요금 및 교통유발부담금 상향 등으로 차량 운행을 줄이자는 의견도 있었다. 기타 의견으로 주말에만 차량 2부제를 실시하자는 의견도 있었다.

운행차 종합검사에 대한 민간 검사업체의 부실검사 문제도 제기되었다. 부실검사로 운행되지 않아야 할 공해차량 등이 여전히 운행되는 경우가 많다는 지적이다. 이에 민간 검사업체에 대한 관리감독 체계 강화 및 불법 행위에 대한 벌칙 강화의 필요성에 많은 위원이 공감했다.

[표 4-5] 교통 분야 주요 대책별 논의사항 및 대응방안

대책	논의사항	대응방안
5등급 차량 운행제한	<ul style="list-style-type: none"> - 불편에 따른 규제 저항 - 생계형 5등급 차량 소유자에 대한 우려 - 대상 차량에 대한 저공해 조치 등 지원 준비 미흡 	- 대상 차량에 대한 조기 지원 및 지원 확대
	<ul style="list-style-type: none"> - 대상차량 인식, 단속 카메라 및 전산시스템 활용 등 준비 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> - 대상 차량의 정보 확보 - 단속을 위한 조치 마련(등급 스티커 적용 등)
차량 2부제	<ul style="list-style-type: none"> - 민간참여 저조로 저감 효과 미미 	<ul style="list-style-type: none"> - 대중교통 이용자 승용차 마일리지 확대 및 추가 인센티브 지급 - 대중교통 증차 및 운행시간 연장 등의 대책
교통 수요관리 대책	<ul style="list-style-type: none"> - 행정·공공기관 주차장 2부제 시행 - 교통유발부담금 상향 - 공영주차장 주차요금 상향 - 혼잡통행료 상향 	- 효과가 미미하므로 주요 정책과 함께 시행
사후검사	<ul style="list-style-type: none"> - 민간 검사업체의 부실불법검사 문제 	<ul style="list-style-type: none"> - 관리감독 강화를 위한 전문인력 증대 및 주기적 점검 실시 - 제도개선과 인력확보 등 검사체계 강화
도로청소 강화	-	-

(2) 사업장·발전 분야

산업체의 불법배출 문제는 꾸준히 제기되어 왔다. 현장 관리감독에서 행정기관의 전문인력 부족으로 인한 점검 미흡과 측정조사업체의 측정자료 조작 등이 원인으로 지목되었다. 이는 현재 시행되는 법과 제도가 제대로 집행되지 않는 것으로 엄격한 관리감독의 필요성을 확인할 수 있는 부분이다.

[표 4-6]은 현행 발전 및 사업장 분야에 적용되고 있는 상시 대책과 비상시 대책이다. 사업장의 비상시 대책 중 가동률 하향 조정 및 단축을 시준 대책으로 확대 적용하기에는 경제적 피해가 클 수 있다는 의견도 제시되었다. 또한 사업장은 규모와 업종에 따라 시설이 복잡하고 다양하며 관리 역량도 다르므로 사업장 특성에 맞는 맞춤형 대책이 마련될 필요가 있다는 의견이다.

[표 4-6] 발전·사업장 분야 미세먼지 관리 대책 현황

상시 대책	비상시 대책
<ul style="list-style-type: none"> 에너지시설 배출기준 관리 유류저장시설 배출허용기준 관리: 도장, 인쇄시설에 대한 VOCs 배출허용기준 소규모 배출사업장: 배출기준 강화 및 지원, 실시간 원격감시 휘발성유기화합물(VOCs 관리): 주유소 유증기 회수설비 설치 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 화력발전소 상한 제약(중앙정부) 대기오염물질 배출시설 가동률 하향조정 및 단축 권고 <ul style="list-style-type: none"> - 공공·민간 1~3종 대기배출시설: 가동률 하향 조정 및 운영시간 단축 - 소규모 배출시설(4~5종): 비상저감조치 참여 권고 첨단장비 활용한 지도 단속 모니터링: 발전소, 사업장 가동률 조정 등 확인

이에 사업장을 규모별로 구분해 접근했다. 대형사업장(1-3종)은 계절 운영을 분석해 시준 기간 동안 가동률을 조정하거나 오염물질배출 방지시설을 개선하는 방안이 필요하다. 일괄적인 대책을 모든 사업장에 적용하기 보다는 업종 특성을 고려해 감축계획을 수립하도록 하자는 주장이다. 강제로 규제하기보다는 자발적 협약 등으로 운영하고, 시준제에 참여할 경우 운영 단축·조정으로 인한 경제적 부담에 대해서는 부과금 면제 등 지원혜택을 생각해 볼 수 있다. 중장기적으로는 사업장 업종에 따라 맞춤형 대책이 필요하며 이를 위한 정책적 기반이 마련되어야 할 것이다. 감시강화 측면에서는 굴뚝자동측정망(TMS) 설치를 확대하고 실시간으로 공개해, 비정상적인 배출시설 가동률 줄이고 배출을 최소화하도록 유도하자는 의견이 있었다.

소규모 사업장(4-5종)은 규모가 작고 영세한 경우가 많아 적극적인 배출저감시설 설치 지원이 선행될 필요가 있다. 소규모 사업장에 대한 방지시설 설치지원 및 교육을 실시하고, 참여율을 높이기 위해 배출저감 참여 사업장에 대한 인센티브를 제공해야 한다. 소규모 사업장은 배출을 모니터링할 수단이 미흡하다. 그렇다고 모든 소규모 사업장에도 TMS를 설치하는 것은 어려우므로 배출수준을 모니터링할 수 있는 대체 모니터링 수단(용수사용량, 전력사용량 등)을 적극 도입하고 활용할 필요가 있다. 이와

같이 실시간으로 배출을 모니터링할 수단을 구축하면, 단속 인력을 보다 효율적으로 운용할 수 있다. 즉, 실시간 모니터링에서 비정상적인 수치를 보이는 시설 중심으로 단속인력을 투입해 감독하면 보다 효과적으로 소규모 사업장에 대한 배출관리가 진행될 수 있을 것이다. 또한, 드론 등 첨단장비를 활용할 수도 있다. 우선적으로 사업장 밀집지역을 집중 관리지역으로 선정해 실시간 모니터링 체계를 구축해 단속하는 체계를 확대해 나가야 할 것이다.

[표 4-7] 사업장 분야 주요 대책별 논의 사항

	대책	논의사항	대응방안
대형 사업장	운영 단축·조정, or 오염물질배출 방지시설 개선	- 사업장 운영률 조정에 따른 경제적 부담 - 민간 사업장 참여율 저조	- 자발적 협약 등으로 참여 사업장에 대한 지원 및 혜택(부과금 면제 등) 제공
	대기배출시설 배출허용기준 강화	- 관련규정 검토 및 법규 개정 필요	
	초과부과금, 총량초과과징금 상향	- 관련규정 검토 및 법규 개정 필요	
	관리감독 강화	- 굴뚝자동측정기(TMS) 부착 및 실시간 공개로 감시 강화	
소규모 사업장	오염물질배출 방지시설 개선	- 사업장 참여율 저조	- 중소형사업장에 대한 방지시설 설치 지원 및 교육 - 자발적 협약 등으로 참여 사업장에 대한 지원 및 혜택(부과금 면제 등) 제공
	관리감독 강화	- 관리감독 사각지대로 기초자료 및 관리인력 부족	- 전문 관리인력 확충 - 면오염원처럼 관리하는 방안으로 드론 활용 - 실시간 모니터링 체계 구축(대체 모니터링 수단 활용 등)

대형 점오염원인 석탄발전소는 대부분 공공시설로 저감 효과를 크게 볼 수 있다. 시군 동안에는 전력수급 여건을 고려해 가동률에 대한 상한제약을 적용할 수 있다. 하지만 전력수요 관리대책을 실시하고 대체 발전 등을 고려해야 한다.

[표 4-8] 발전 분야 주요 대책별 논의 사항

대책	논의사항 및 대응방안
화력발전소 상한 제약	- 계절에 따른 가동 패턴에 대한 설계 - 관계기관 협의

(3) 공사장 분야

수도권 PM2.5 부문별 배출량을 보면, 비산먼지가 각 지역 배출량의 30% 이상을 차지한다. 비산먼지의 대부분은 도로재비산먼지와 건설공사에서 배출되는 것으로 추정된다. 일정규모 이상의 공사장은 비산먼지 발생 신고대상이며 미세먼지 발생 억제 시설 등을 설치해야 한다. 공사장 분야 미세먼지 관리 대책 현황은 [표 4-9]와 같다.

[표 4-9] 공사장 분야 미세먼지 관리 대책 현황

상시 대책	비상시 대책
<ul style="list-style-type: none"> • 대형 공사장 친환경 건설기계 사용 의무화 • 노후건설기계 저공해화 지원 • 아파트 등 공동주택에 분사방식 도장 금지 • 병원, 학교 등 주변의 소규모 공사장을 신고대상 시설로 관리 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사시간 단축 등 관리 강화 • 민간 건축물축조공사 연면적 1,000㎡ 이상 비산먼지 단속 • 민간 토목공사(구조물 용적합계 1,000㎡ 이상, 면적 1,000㎡ 이상 등) 단속 <ul style="list-style-type: none"> - 관급공사장: 공사시간 단축(출근시간대 제외) - 민간공사장: 공사시간 조정(출근시간대 회피) ※ 철거, 터파기, 기초공사 등 공정 진행 중인 공사장에 한정 • 비산먼지 발생 억제 강화: 모든 공사장

시즌 동안 공사장에 대한 배출저감 대책으로는 공사시간 단축·조정, 친환경 건설기계 사용 의무화 등이 논의되었다. 공사시간 단축·조정에 대해서는 사업장 분야와 마찬가지로 공기지연에 따른 경제적 부담이 클 수 있다. 따라서 강제 규제보다는 자발적 협약 등을 통해 지원하고 혜택을 제공하는 방향이 바람직하다는 의견이 많았다. 대형 건설사업장 중심으로 노후 건설기계 사용을 제한하거나 저공해 조치 비용 지원 등이 필요하다는 의견도 있었다.

[표 4-10] 공사장 분야 주요 대책별 논의 사항

대책	논의사항	대응방안
공사시간 단축·조정	- 조업 단축 등으로 인한 공기 지연 등 경제적 부담 - 민간 공사장 참여율 저조	- 자발적 협약 등으로 참여 공사장에 대한 지원 및 혜택 제공 - 공사기간 수개월 이내의 관급공사 발주단계부터 시준제 기간 피하도록 조치
친환경 건설기계 사용 의무화	- 건설기계 저공해조치 비용 부담 - 민간 공사장 참여율 저조로 효과 미미	- 자발적 협약 등으로 참여 공사장에 대한 지원 및 혜택 제공 - 참여기업 홍보 등 참여 유도 정책 마련

이와 같이 추가적 규제로 접근이 어려운 공사장 분야도 사업장처럼 시준제 기간 동안 기존의 규제 준수 여부를 점검하는 ‘관리감독 강화’가 시준 대책이 되어야 한다는 의견이 많았다. 즉, 신고 의무를 조밀하게 하고 관리감독도 더욱 자주 시행해 불법적 배출행위에 대한 법 집행 준수를 강화하자는 것이다.

중장기적으로는 공사 착공 신고 시에 비산먼지 저감 운영계획을 포함하도록 개선하고, 규모별·공정별 미세먼지 저감대책도 추가적으로 검토될 필요가 있다. 공공 공사의 경우 단기 공사 및 비산먼지 발생 공정이 시준 내에 진행되지 않도록 사전에 계획을 세우고 이행하자는 의견도 있었다.

(4) 그 외 분야

이 밖에도 난방과 불법소각에 대한 논의가 있었다. 난방은 특히 시준제 기간의 주요한 배출원 중 하나이다. 하지만, 자동차 분야보다도 시준 대책으로 추진할 방안이 적은 것도 사실이다. 난방 분야에서 오염물질 배출을 줄이기 위해서는 난방 시준 전에 오염물질 배출이 적은 친환경 연소기기로 교체될 수 있도록 지원을 확대하는 것과 시준 기간에 연료 사용을 줄이도록 유도하는 방법이 주요하다. 해외 사례에서처럼 시준 기간 동안 난방온도를 20℃ 이하로 제한하는 방안을 에너지 다소비 건물을 중심으로 실시하자는 의견이 제안되었다. 그러나 현재 민간 건물에 의무 적용을 할 수 있는 근거가 없고 이행 여부를 검토할 수 있는 방법 등의 부재가 문제로 제기되었다.

생물성 연소도 시준 기간 주요한 배출원 중 하나이다. 화목연소와 불법소각이 생물성 연소의 주요 관리 대상으로 지목되었다. 특히, 농업잔재물 연소, 쓰레기 소각은 대책이 필요한 상황으로, 농촌지역 생활폐기물 수거와 처리를 지원하는 동시에 강력한 단속의 필요성도 제기되었다.

화목난로와 관련해서는 미국처럼 화목난로인증제 도입과 펠릿 사용 정책으로 오염물질 배출이 적은 화목난로와 펠릿이 사용되도록 제도를 갖춰야 한다는 의견이다. 축산농가의 암모니아 비산배출 관리도 필요하다는 의견이 있었다. 현황파악조차 쉽지 않아 관리에 어려움이 있지만 2차 생성을 고려하면 초미세먼지 농도에 농업부문의 기여가 크므로 장기적으로 농·축산업 분야의 대책 강화가 필요하다는 주장이다.

[표 4-11] 그 외 미세먼지 관리 대책 현황

구분	상시 대책	비상시 대책
난방	<ul style="list-style-type: none"> 난방시설 관리 강화: 저녹스보일러 및 친환경보일러 교체·설치 지원 에너지 절약 및 신재생에너지 사용 확대 지원 	-
불법소각	<ul style="list-style-type: none"> 불법소각 배출시설 지도 단속 	<ul style="list-style-type: none"> 불법소각 감시 강화
그 외	<ul style="list-style-type: none"> 발전용 에너지 가격체계 조정 	-

[표 4-12] 그 외 미세먼지 관리 대책별 논의 사항

대책	논의사항	대응방안
난방온도 제한	- 시민 참여가 필수이나 한계	<ul style="list-style-type: none"> 건물 난방 줄이기 등 에너지 절약 실천 홍보 민간기관 대상 에너지절약 홍보 강화
불법소각 금지	<ul style="list-style-type: none"> 농업잔재물 연소(봄, 가을)는 관리대상이나 기본 대책이 없음 관리단속이 어렵고 소각 대체시설 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 영농폐기물 분리배출 교육, 보상금 제도 등 홍보를 통한 유도 영농폐기물(폐비닐 등) 수거·계도 쓰레기 분리보관용 농촌지역 공동집하장 확충 관리인력 확충

[표 4-13] 그 외 중장기 대책 제안

대책	내용	
난방온도 제한	<ul style="list-style-type: none"> 민간 건물 의무 적용을 위한 법개정 필요 대상 건물의 이행 여부 검토 방법 강구 등 	
생물성 연소	<ul style="list-style-type: none"> 화목난로·보일러 관리 	- 화목난로인증제 마련
	<ul style="list-style-type: none"> 화덕·직화구이(음식점 등) 관리 	- 관련법규 및 지원 대책 검토 필요
축산농가 암모니아 비산배출 관리	<ul style="list-style-type: none"> 대형 축산 농가 중심의 시범 사업 적용 후 단계별 확대 관련 기술 적용 지원 및 교육 	

(5) 관리감독 강화를 위한 제안

배출저감 노력과 함께 철저한 관리감독이 시행되어야 한다. 그동안 관리감독은 전문 인력 부족 및 모니터링 시스템 부재로 제대로 이루어지지 않았다는 지적이다. 배출저감 노력에 따른 지원과 함께 더 이상의 불법배출 행위가 발생하지 않도록 실시간 모니터링, 불법 판정, 현장점검 출동까지 구체적 운영체계 수립이 필요하다.

실시간 모니터링으로 배출량 정보에 대한 투명성을 높이고 배출감시를 강화할 수 있다. 모니터링 체계에 대한 구체적 계획 마련을 위해 법적 근거를 바탕으로 조직 운영, 전기 용수 등 사용량을 체크할 수 있도록 해야 한다. 시민신고 제도를 강화해 지역에서 일어나는 불법·편법 대상을 관리할 수 있도록 한다. 즉, 신고 내용을 데이터베이스화해 인력 단속에 활용하거나 현장 관리감독의 효율을 높일 수 있다. 현장 출동으로 문제를 확인하고, 벌칙 체계를 철저히 이행할 수 있도록 법규 개정을 통해 위법·불법 행위에 대한 벌칙과 행정처분을 강화해야 한다.



[그림 4-2] 관리감독 프로세스 강화방안

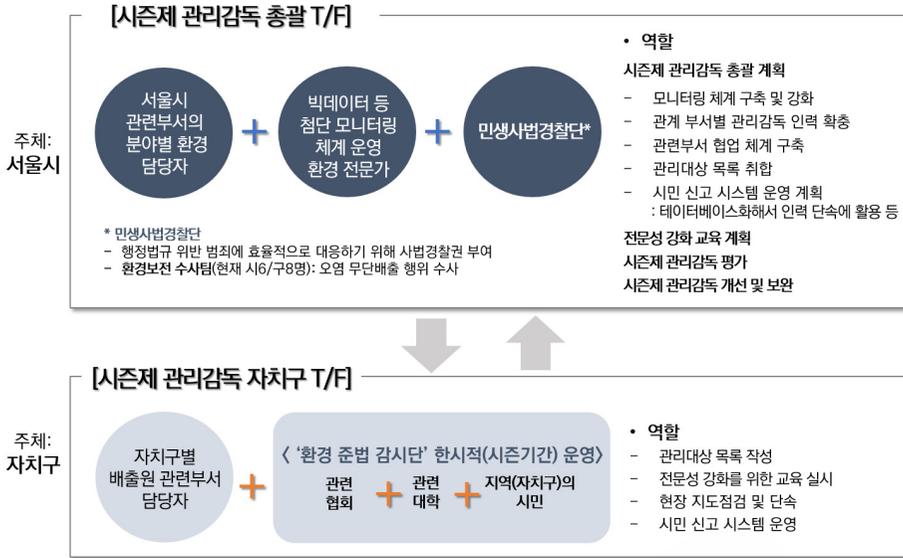
관리감독의 행정력 제고를 위한 행정조직을 구축하고 관련 인력을 현실적 수준으로 충원해야 한다. 현장 관리감독이 제대로 운영될 수 있도록 공공의 상시 관리감독 전담 인력을 확충하고, 시군 동안은 추가 인력을 한시적으로 운영할 수 있도록 제도를 마련해야 한다. 관리감독 조직은 공무원과 민간조직을 함께 구성해 각각의 특성에 맞는 업무를 부여하고, 관리감독에 대한 자체적인 사후평가가 이뤄져 보완될 수 있도록 해야 한다.

교통 분야에서는 운행차 배출가스 검사소의 검사결과를 모니터링해 민간 업체의 부실 및 불법검사가 발생하지 않도록 해야 한다. 사업장 분야에서는 특히 불법배출이 꾸준히 문제로 제기되므로 감독을 강화해 위법행위를 줄일 수 있도록 해야 한다. 공사장도 현장감독이 어렵기 때문에 상시 모니터링 체계를 강화해 관리할 필요가 있다. 불법소각은 드론 등 첨단장비를 활용한다면 보다 효율적으로 관리할 수 있을 것이다.

[표 4-14] 관리감독 강화 대책

구분	모니터링 체계 강화		현장 지도점검 및 단속 강화
교통	<ul style="list-style-type: none"> • 운행차 배출가스 검사소 검사결과 모니터링 • 등급인식이 가능한 스티커 부착 • 시민신고제도 강화 		<ul style="list-style-type: none"> • 운행차 배출가스 검사소 특별점검(전국 검사소로 확대) • 공해차량 운행제한 단속 • 배출가스 및 공회전 집중 단속
사업장	대형 사업장 (1~3종)	<ul style="list-style-type: none"> • TMS 설비 부착 확대 및 모니터링 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 배출 저감장치 적정 운영 점검 • 야간배출 감시
	소규모 사업장 (4~5종)	<ul style="list-style-type: none"> • 방지시설에 IoT 센서 부착 또는 대체 배출 모니터링 수단(전력사용량, 용수 사용량 등) 활용 체계 구축 → 실시간 모니터링 • IoT기반 간이측정기 설치·운영으로 상시관리 • 시민신고제도 강화 • 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 체계 	
공사장	<ul style="list-style-type: none"> • 공사시행 담당자 및 관리목록 확보 • 대형공사장 상시모니터링 체계 강화 • 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 • 시민신고제도 강화 		<ul style="list-style-type: none"> • 비산먼지 저감대책 적정 운영 점검 • 친환경 건설장비 사용 등 점검
그 외	<ul style="list-style-type: none"> • 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 강화 • 시민신고제도 강화 		<ul style="list-style-type: none"> • 불법 및 노천소각 단속 • 축산농가 가축분뇨 중간 배출행위 단속 • 불꽃놀이(폭죽) 행사 단속 • 공공 야외 바베큐장 운영 단속

서울시를 대상으로 [그림 4-3]과 같이 관리 조직과 인력을 보완하는 방안을 예시로 제시했다. 서울시는 관련부서 담당자와 빅데이터 등 첨단 모니터링 체계를 운영할 수 있는 환경 전문가, 민생사법경찰단으로 구성된 시준제 관리감독 T/F를 구성해 관리 감독을 총괄한다. 각 자치구는 현장 지도점검 및 단속을 실시한다. 현장 단속을 위해 자치구는 '환경 준법 감시단'을 시준 기간 동안 운영할 수 있도록 한다. 환경 준법 감시단은 관련 협회와 관련 대학, 지역의 시민으로 구성한다. 관리 조직의 운영 예시는 [표 4-15]와 같이 제안했다.



[그림 4-3] 관리 조직 및 인력 보완 예시(서울시를 중심으로)

[표 4-15] 관리 조직 운영 예시(서울시를 중심으로)

구분	시존제 관리감독 총괄 T/F	자치구 T/F
사전 준비단계 (10-11월)	<ul style="list-style-type: none"> • 시존제 관리감독 예산확보 • 시존제 관리감독 총괄 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 체계 구축 - 관계 부서별 관리감독 인력 확충 - 관련부서 협업 체계 구축 - 관리대상 목록 취합 - 시민 신고 시스템 운영 계획 • 전문성 강화 교육 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리대상 목록 작성 • 배출원별 현장 지도점검 및 단속 계획 • 현장단속 인력 확보 <ul style="list-style-type: none"> - '환경준법 감시단' 인력 구성 및 운영 계획 - 전문성 강화교육 실시
시존제 운영기간 (12-3월)	<ul style="list-style-type: none"> • 시존제 관리감독 총괄 • 모니터링 체계 운영 	<ul style="list-style-type: none"> • 배출원별 현장 지도점검 단속 강화 • 환경준법감시단과 협업시민신고 시스템 운영
이행평가 (4월)	<ul style="list-style-type: none"> • 관리감독 결과 평가 및 개선방향 논의 	<ul style="list-style-type: none"> • 점검결과 보고

4) 법제도적 근거와 효과 평가

대기환경보전법, 미세먼지법 등 현재의 법제도 안에서 4개월 동안 5등급 차량 운행제한, 사업장 및 공사장 운영 단속 등을 강제하는 것은 불가능하다. 이러한 규제는 현재

미세먼지법으로는 비상저감조치가 발령된 경우에만 시행이 가능하다. 따라서, 추가적 규제 성격의 시준 대책이 시행되기 위해서는 법적 근거가 필요하므로 법 개정을 환경부에 건의해야 한다는 의견이다.

가장 논란이 많았던 의제는 시준 대책의 효과였다. 앞서 시준 대책의 목표를 기저농도 낮춤을 통한 고농도 발생 완화로 기대치를 낮추기는 하였으나, 시준 대책이 시민들의 생활에 불편을 주는 대책들이 포함된다면 정량적으로 효과를 제시해야 시민들을 설득할 수 있다는 주장이다. 배출량이 일정해도 기상에 따라 대기 중에 나타나는 초미세먼지 농도는 크게 달라질 수 있으므로 시준 대책의 농도 저감 효과를 객관적으로 평가하는 것은 쉽지 않다. 그렇다면 최소한 시준 대책의 배출량 저감 효과라도 추정해서 제시할 필요가 있다는 의견이 많았다. 물론 시준 대책에서 중요한 대책으로 보고 있는 관리감독과 같은 대책은 배출량 저감량을 추정하기가 어렵다. 그럼에도 불구하고 추정이 가능한 대책만이라도 배출 저감량을 추정해 시준 대책의 효과로 제시하는 것이 필요하다는 의견이 모아졌다.

3_소결

미세먼지 시준제의 정의, 목표, 적용 시기와 범위 등 시준제의 개요를 정리하면 [표 4-16]과 같다.

[표 4-16] 미세먼지 시준제 개요

구분	세부내용
정의	미세먼지의 고농도 발생이 잦은 특정 시기(계절) 동안 정상시보다 강화된 배출저감 정책 시행으로 기저농도를 낮춰, 고농도 발생의 강도와 빈도를 완화하는 사전 대응 대책
목표	초미세먼지의 '나쁨(일평균 기준 35 μ g/m ³ 초과)' 일수 저감 → 시민들의 고농도 미세먼지에 대한 체감도 개선 기대, 동기간 대비 평균 농도 감소로 건강영향 개선
시행기간	12~3월(총 4개월): 1차 연도 시행 후 평가를 통해 기간 조정 필요
적용대상	공공 의무화 + 민간 단계적 의무화(민간 참여 확대를 위한 지원정책 집중 운영)
공간적 범위	수도권 중심(+충청남도 점오염원) 우선 시행, 이후 전국 단위로 확대

제안하는 미세먼지 시준제 대책은 [표 4-17]과 같다. 교통 분야에서는 자동차 배출가스 5등급 차량 운행제한과 민간 자동차 배출가스 검사소 상시 모니터링 및 점검을 주요 대책으로 선정했다. 사업장 분야는 화력발전소 상한제약과 함께 대형사업장은 TMS 모니터링 체계 구축, 소규모 사업장은 방지시설 IoT 센서 부착 및 배출시설 밀집지역에 간이측정기 설치 등 관리감독 측면이 강조되었다. 공사장 분야는 대형공사장의 상시모니터링 체계 구축과 친환경 장비 사용 점검이 핵심대책으로 제시되었다. 생물성 연소 분야에서는 불법소각에 대한 관리감독이 강조되었다. 더불어 전 배출분야의 관리감독 강화를 위해 민관으로 구성된 환경 준법 감시단 운영을 핵심대책으로 제안했다.

[표 4-17] 미세먼지 시준제 대책 제안

구분	배출저감	관리감독
교통	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 배출가스 5등급 차량 운행제한 공공 차량 2부제(주차장) 도로 청소 강화(도로비산먼지) 교통수요관리 방안(혼잡통행료, 주차요금 상향 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 운행제한 단속 강화 운행차 배출가스 검사소 특별점검 배출가스 및 공회전 집중 단속 시민신고제도 강화
사업장	대형 사업장 (1-3종) <ul style="list-style-type: none"> 화력발전소 상한 제약 사업장 운영 단속·조정, 방지시설 개선 대기배출시설 배출허용기준 강화 초과부과금(총량초과과징금) 상향 	<ul style="list-style-type: none"> 굴뚝자동측정기기(TMS) 모니터링 체계 및 관리감독 강화
	중소 사업장 (4-5종) <ul style="list-style-type: none"> 오염물질배출 방지시설 개선 및 설치 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 방지시설에 IoT 센서 부착 또는 대체(surrogate) 배출 모니터링 수단(전력사용량, 용수 사용량 등) 활용 체계 구축 → 실시간 모니터링 IoT기반 간이측정기 설치·운영으로 상시 관리 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 강화시민신고제도 강화
공사장	<ul style="list-style-type: none"> 공사장 운영 단속·조정 공사장 비산먼지 관리 강화 친환경 건설기계 사용 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> 대형공사장 상시모니터링 체계 및 관리감독 강화 시민신고제도 강화 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 강화

구분	배출저감	관리감독
그 외	<ul style="list-style-type: none"> • 불법소각 금지 • 화목난로 연소 관리 • 난방 온도 제한 • 야외 행사 시 미세먼지 발생 행위 금지 (ex. 불꽃놀이, 바베큐장 운영 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 단속 강화 • 시민신고제도 강화 • 드론 등 첨단장비를 활용한 관리감독 강화
감시단 운영		<ul style="list-style-type: none"> • 민관으로 구성된 환경 준법 감시단 운영하여 전 분야 관리감독 강화

05

미세먼지 시즌 대책의 효과 분석 및 평가



- 1_효과분석 범위
- 2_시즌 대책에 따른 예상 배출 감축량 분석
- 3_시즌 대책에 따른 예상 배출 감축 효과 평가
- 4_소결

05. 미세먼지 시즌 대책의 효과 분석 및 평가

1_효과분석 범위

미세먼지 시즌 대책은 국내에서 처음으로 연구되는 제도로, 상시 대책과 달리 특정 시기를 목표로 추진된다는 측면에서 비상저감조치와 유사하나, 미세먼지 고농도 발생 가능성이 높은 계절을 대상으로 하는 준 상시 대책이므로 비상저감조치와는 다른 접근법이 필요하다. 시즌 대책은 비상저감조치와 마찬가지로 특정 배출원의 배출활동을 제한하거나, 지도·점검 및 단속을 통해 불법행위에 따른 배출활동을 최소화하는 것이 기본 골자이다. 그러나 시즌 기간 내내 제한이 필요한 만큼 현실적인 대책 이행을 위해 개별 배출원의 배출특성을 면밀히 검토해 대상 배출원을 선별할 필요가 있다. 앞서 검토를 통해 선정된 시즌 대책 중, 정량화가 가능한 대책을 대상으로 시즌 대책 시행 예상 효과를 분석했다. 국가 대기오염물질 배출목록인 대기정책지원시스템(CAPSS)의 2016년 배출목록 자료를 기반으로, 대책별 예상 감축 배출량을 추정하고, 이를 통해 전체 배출량 중 어느 정도 저감 가능한지 분석했다. 평가 대상 지역으로 서울 지역을 중심으로, 서울의 미세먼지 농도에 상대적으로 높은 영향을 미칠 것으로 예상되는 주변지역(인천, 경기도 및 충남)을 포함했다. 정량적 평가가 가능한 대책을 크게 발전, 교통, 사업장, 공사장, 불법행위 단속 분야로 구분하고, 분야별 세부 대책에 따른 예상 저감 배출량을 추정했다. 이 장의 효과 분석은 시즌 대책 시행에 따른 최종 예상 효과를 추산한 것으로, 실제 정책 이행에 따른 성과는 추진된 세부 내용과 실제 참여 정보를 바탕으로 향후 재평가될 필요가 있다.

7) 국립환경과학원(2019), 「2016 국가 대기오염물질 배출량」

2_시즌 대책에 따른 예상 배출 감축량 분석

시즌 대책에 따른 예상 배출 감축량을 분석하기 위해 분야별 정량화가 가능한 대책들을 선별하고, 대책별 예상 배출 감축량을 추정했다. [표 5-1]은 분야별 정량화가 가능한 시즌 대책과 규제 대상 배출원, 배출 감축량 추정방법이다.

[표 5-1] 시즌 대책에 따른 분야별 주요 대책과 배출 감축량 추정 방법

주요 분야	대책	규제 대상 배출원	배출 감축량 추정 방법
발전	- 발전 상한계약	- 에너지산업 연소 내 석탄화력발전	- 석탄화력 발전소의 출력 제한(80% 이하)
교통	- 배출가스 5등급 차량 운행 제한 - 도로청소	- 도로이동오염원 - 비산먼지(도로)	- 5등급 해당 연식 경유차량 운행 중단 - 집중적인 진공/물청소 수행 시 배출량 90% 감축 가정 ^{주1} 및 전체 도로의 1/4를 청소도로로 가정
사업장	- 공공부문 사업장 단축운영	- 폐기물소각	- 소각장 10% 단축운영 가정
공사장	- 공사장 비산먼지 관리 강화 - 공사장 조업 단축	- 비산먼지(공사장) - 비도로이동오염원(건설기계)	- 공사장 비산먼지 55% 감축 가정 ^{주2} - 하루 1시간 운영시간 단축
불법 행위 단속	- 불법소각 금지	- 노천소각 - 농업잔재물 소각	- 노천소각 무배출 - 농업잔재물 소각 무배출

주1: Amato et al., (2009), 도로비산 PM10 배출 제거율(>90%)이 PM2.5에도 동일할 것으로 가정하여 산정

주2: Countess Environmental (2006), 표 6-6 PM10 배출 제거율을 참고하여 PM2.5에 적용함 (원출처: MRI (Midwest Research Institute), 2001)

배출 감축량 추정 대상 시즌 대책은 현행 비상·상시 대책 중 시즌 기간 지속적인 적용이 가능할 것으로 판단되는 대책들로 선별했으며, 이외에도 비상저감조치 등을 통해 실질적으로 운영 가능할 것으로 추정되는 공공부문 사업장(소각장)의 단축운영 방안 역시 추가적으로 고려했다.

1) 발전분야

발전 분야의 기본 대책은 석탄화력발전소의 80% 운영 상한계약으로, 그 이상 운영에 따른 추가배출량을 감축할 수 있는 것으로 가정했다. 대상 기간은 최근 국가대기오염 물질 배출량의 기준연도인 2016년을 기준으로 해당 기간 실제 운영 발전기들을 고려했다. 실제 운영출력을 고려한 상한계약 효과를 추정하기 위해, 각 발전기별 연간 운영출력 자료⁸⁾를 활용해, 실제 80% 이상 운영분에 대한 예상 배출 감축량을 산정했다. 이 연구의 적용 대상 발전소는 아래와 같다.

적용대상(수도권+충남): 영흥화력 #1~6호기(5,080MW), 당진화력 #1~10호기(6,040MW, #9~10호기 16년 준공 제외), 태안화력 #1~9호기(5,050MW, #9호기 16년 준공 제외), 보령화력 #1~8호기(4,000MW), 서천화력 #1~2호기(400MW)

이 연구의 산정 결과는 2016년의 배출량과 발전소 운영정보를 반영한 것이며, 연간 배출변화가 없는 것으로 가정해 시준 기간 감축 배출량을 산정했다. 실제 시준 대책 운영 시의 효과를 분석하기 위해서는 해당연도의 정보와 월, 일별 변화하는 배출량 정보를 최대한 반영할 필요가 있다. 석탄화력발전 상한계약 시행에 따른 대상 지역별 예상 배출 감축량은 [표 5-2]와 같다.

[표 5-2] 발전상한계약 시행에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	-	-	-	-
인천	5.5	149.3	109.7	12.1
경기	-	-	-	-
충남	27.2	646.1	984.6	23.0

⁸⁾ 전력통계정보시스템, “2016년 발전기별 발전량”, <http://epsis.kpx.or.kr>, 검색일: 2019.10.14.

2) 교통 분야

교통 분야 대책은 크게 배출가스 5등급 차량 운행 제한과 집중적인 도로청소에 따른 도로비산먼지 감축 대책으로 나뉜다. 배출가스 등급 분류 방법은 전기차와 수소차는 1등급, 휘발유와 액화석유가스(LPG)차는 1~5등급, 경유차는 3~5등급을 부여하며(자동차 배출가스 등급 산정에 관한 규정(환경부 고시 제2018-58호, '18.4.25)), 저감장치 부착 등 저공해조치를 한 차량은 등급에 따른 제한조치에서 제외된다. 환경부 보도자료(2019. 6. 27, pp.1~2)에 따르면, 분류된 2등급 차량은 914만 대, 3등급 844만 대, 4등급 186만 대, 5등급은 247만 대로 전체 2,320만 대 중 약 10.6%가 5등급으로 분류되었다. 다만 환경부의 분류결과는 해당 차량 대수만을 분류하고 있어, 운행제한에 따른 배출 저감량을 추정하기 쉽지 않다. 이에 따라 이 연구에서는 2016년을 기준연도로 하는 최근 국가대기오염물질 배출량 자료에 기반하여, 5등급에 해당하는 연식의 경유차를 제한했을 경우를 가정(구난차 등 특수 목적차량 제외)해 배출 저감량을 추정했다. 다만 이러한 추정 방식은 저감장치 부착 등 예외차량에 대한 배출 기여분과 생체형 차량 등 예외차량 등을 포함하고 있어 실제 정책 이행에 따른 효과는 예외차량 비중 및 정책 이행 수준에 따라 이보다 낮을 것으로 추정된다.

집중적인 도로청소에 따른 도로비산먼지 감축 대책은 진공흡입 및 습식 물청소를 포함한 집중적인 관리 시, 예상 감축량을 추정했다. 이에 따른 예상 배출 감축률은 국외 지역에서 수행된 선행 연구결과를 참조⁹⁾하여 발생하는 비산먼지의 약 90%가 감축되는 것으로 가정했다. 다만 집중적인 도로청소를 가정한 결과로, 실제 도로청소 이행 수준에 따라 다소 낮은 저감 효과가 있을 것으로 추정되며, 도로비산먼지 배출량 자체가 과대 산정되었을 경우 효과 역시 과대 추정될 가능성이 있다. 청소 대상 도로는, 현실적으로 모든 도로를 청소하지는 않아, 국가기후환경회의에서 제시한 바와 같이 총도로의 1/4을 시행하는 것으로 가정했다.

교통 분야의 2개 대책 역시 연간 배출량이 균일하게 발생하는 것으로 가정해 시군 기간 배출 감축량을 추정했으며, 산출 결과는 [표 5-3]과 [표 5-4]와 같다.

⁹⁾ Amato et al., (2009), 도로비산 PM₁₀ 배출 제거율(>90%)이 PM_{2.5}에도 동일할 것으로 가정하여 산정

[표 5-3] 배출가스 5등급 차량 운행제한에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	115.9	0.9	4,118.6	149.8
인천	73.7	0.6	2,427.0	105.7
경기	621.9	4.2	17,003.0	1,016.2
충남	208.4	1.2	4,861.4	367.3

[표 5-4] 도로 집중청소에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	43.6	-	-	-
인천	32.6	-	-	-
경기	129.1	-	-	-
충남	36.9	-	-	-

3) 사업장 분야

사업장은 국내 주요 대기오염물질 배출원 중 하나로 대기질 개선을 위해서는 반드시 관리가 필요한 부문이다. 다만 대부분이 민간사업장으로 시·군·구 단위의 정책을 통해 상당기간 운영을 제한하기에는 현실적으로 어려움이 클 것으로 예상된다. 이 연구에서는 우선적으로 적용 가능한 공공부문 사업장(소각장)을 대상으로 운영단축을 제안하고, 실질적으로 적용 가능할 것으로 예상되는 10% 운영단축을 통해 어느 수준에서 배출 감축이 가능할지를 추정했다. 배출 감축량 추정은 2016년도 국가대기오염물질 배출량 자료에 기반했으며, 연간 배출량 변화가 없는 것으로 가정해 시·군·구 단위의 예상 배출 감축량을 추정했다. 추정된 결과는 [표 5-5]와 같다.

[표 5-5] 공공부문(소각장) 단축운영(10%)에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	0.4	5.6	23.1	41.0
인천	0.3	4.0	12.3	77.0
경기	1.2	19.3	68.1	345.5
충남	0.4	5.6	27.8	104.8

4) 공사장 분야

공사장 분야의 대책은 공사장 비산먼지 관리 강화 대책과 공사장 단축운영으로 나눠 산정했다. 공사장 비산먼지 관리 강화 대책은 살수 등 비산먼지 발생을 억제하기 위한 대책을 시즌 기간 집중적으로 시행하는 것으로, 기존 국외 연구 결과¹⁰⁾를 참조해 약 55% 감축 가능한 것으로 추정했다. 다만 추정 근거로 과거 국외 연구 자료를 활용한 바, 국내 현실을 고려한 추정을 위해서는 관련 연구가 보완되어야 할 필요가 있다. 공사장 단축운영의 경우, 현실적으로 공사비용 증가 및 공기 지연에 따른 어려움으로 본격적인 대책으로 추진하기에는 한계가 예상된다. 시즌 대책으로 이행하기 위해서는 공사 발주 단계에서부터 시즌 대책 이행을 고려할 수 있도록 관련 규정과 공사비용 및 기간에 대한 배려가 필요할 것으로 판단된다. 이 연구에서는 하루 1시간 운영시간 단축을 가정해 하루 8시간 공사 대비 조업 단축 효과를 추정했으며, 이에 따른 저감 효과는 건설기계 운영단축에서 발생하는 것으로 가정했다.

공사장 분야의 대책 효과 역시 2016년 국가대기오염물질 배출량 자료에 기반해 추정했으며, 연간 배출량 변화가 없는 것으로 가정해 시즌기간 효과를 산정했다. 산정된 결과는 [표 5-6]과 [표 5-7]에 제시했다.

¹⁰⁾ Countess Environmental (2006), 표 6-6 PM₁₀ 배출 제거율을 참고하여 PM_{2.5}에 적용함 (원출처: MRI (Midwest Research Institute), 2001)

[표 5-6] 공사장 비산먼지 관리 강화에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	72.2	-	-	-
인천	26.6	-	-	-
경기	218.5	-	-	-
충남	34.7	-	-	-

[표 5-7] 공사장 단축운영(1시간)에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	24.8	0.2	509.8	65.3
인천	8.1	0.1	167.1	21.4
경기	80.7	0.8	1,662.2	213.0
충남	11.1	0.1	228.0	29.2

5) 불법행위 단속 분야

불법행위 단속 분야는 기본적으로 불법소각 지도·단속을 통한 해당 배출량 발생을 제한하는데 그 효과가 있다. 대책은 크게 노천 소각(생활폐기물 소각) 부문과 농업잔재물 소각 부문으로 나뉘 적용할 수 있으며, 대책 시행에 따라 해당 배출량이 발생하지 않는 것으로 가정했다.

예상 배출량 추정은 기본적으로 2016년 국가대기오염물질 배출량에 기반을 두었으며, 노천 소각은 연간 동일하게 배출이 일어나는 것으로 가정했다. 농업잔재물 소각은 기존 연구의 작물별 소각량의 월별 분배계수를 고려해 시즌기간(12~3월) 배출량을 추정했다. [표 5-8]은 시즌기간 작물별 소각률을 나타낸 것이다.

[표 5-8] 시즌(12~3월) 기간 동안 작물별 소각률

구분	소각률
과수	55%
두류	37%
채소	38%
특용	45%

자료: 김동영 외(2014), p.46., 작물별 월별할당계수 기반으로 저자 재작성

이를 고려한 노천소각 및 농업잔재물 소각 단속에 따른 배출저감 효과는 [표 5-9]와 [표 5-10]에 나타내었다.

[표 5-9] 노천소각 단속에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	1.0	-	0.7	5.6
인천	3.3	-	2.2	18.2
경기	34.3	-	23.2	189.0
충남	31.4	-	21.2	172.8

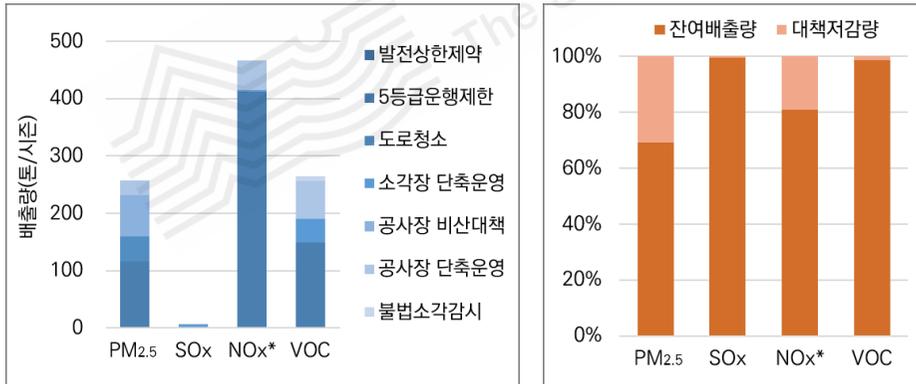
[표 5-10] 농업잔재물 소각 단속에 따른 예상 배출 감축량

(단위: 톤/시즌)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC
서울	0.3	-	0.3	3.0
인천	21.2	-	15.7	109.2
경기	375.5	-	281.4	1,891.6
충남	365.9	-	257.1	2,347.2

3_시즌 대책에 따른 예상 배출 감축 효과 평가

[그림 5-1]은 시즌 대책 이행에 따른 서울시의 대책별, 물질별 예상 배출 감축량과 전체 배출량 대비 저감 비율이다. 시즌 대책 효과가 가장 큰 물질은 PM2.5이며, 대책 이행에 따라 총배출량의 31%가량 저감 가능한 것으로 추정된다. PM2.5 저감에 가장 큰 효과를 보인 대책은 배출가스 5등급 차량 운행 제한과 공사장 비산먼지 대책으로 각각 115.9톤/시즌, 72.2톤/시즌 감축이 예상되며, 전체 감축 예상량(258.2톤/시즌) 중, 약 73% 수준으로 대부분을 기여한다. NO_x의 경우 대책 이행에 따라 총배출량의 약 19% 감축이 예상되며, 그중 배출가스 5등급 차량 운행제한이 약 4,118.6톤/시즌으로 전체 감축 예상량(4,652.5톤/시즌) 중, 약 89%로 대부분을 기여한다. 5등급 차량 운행제한 외 가장 큰 효과를 나타낸 대책은 공사장 단축(1시간) 운영으로, 건설기계 가동시간 감소에 따라 약 509.8톤/시즌 감축이 가능할 것으로 예상되며, 전체 감축 예상량 대비 약 11%를 기여한다. SO_x와 VOC의 대책별 예상 감축량은 산정했으나, 총배출량 대비 감축량은 미미한 수준으로 감축 효과를 나타내기 어려울 것으로 판단된다.

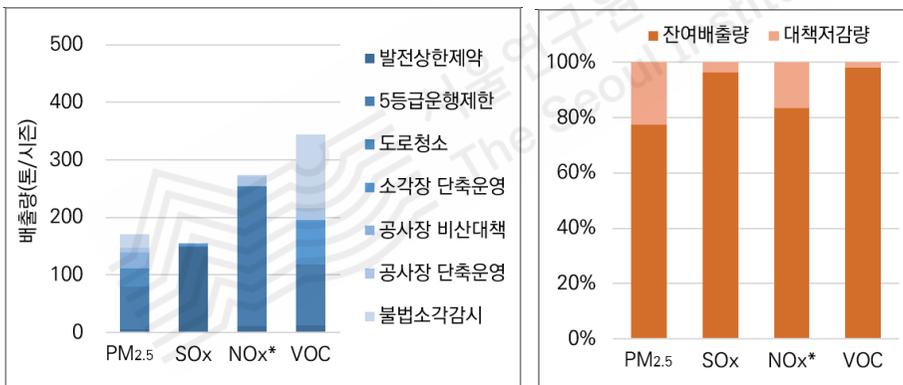


주: NO_x 배출량 단위는 10⁻¹톤/시즌

[그림 5-1] 서울시 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)

[그림 5-2]는 시즌 대책 이행에 따른 인천시의 대책별, 물질별 예상 배출 감축량과 전체 배출량 대비 저감 비율이다. 인천시 역시 시즌 대책 효과가 가장 큰 물질은 PM2.5이지만, 총배출량 대비 저감량은 약 23%로 서울시에 비해 낮은 수준이다. 이

는 대책 중 가장 효과가 크게 나타났던 비산먼지 부문과 도로이동오염원의 배출 기여도가 서울시 대비 낮고 그 외 배출원(에너지 산업 연소 및 사업장 등)의 기여가 상대적으로 높기 때문인 것으로 풀이된다. PM2.5 저감대책 중 가장 효과가 큰 대책은 배출가스 5등급 차량 운행제한과 도로청소로, 공사장 비산먼지 저감 기여가 큰 서울시와 다소 차이가 있다. 저감량은 각각 73.7톤/시즌, 32.6톤/시즌 감축으로, 총감축량(171.3톤/시즌) 대비 약 62% 수준에 기여한다. NO_x 배출량의 저감 효과는 총배출량 대비 약 17%로, 서울시와 마찬가지로 대부분 5등급 차량 운행제한에 따른 효과로 풀이된다. 5등급 차량 운행제한에 따른 NO_x 배출 저감량은 약 2,427.0톤/시즌으로 총감축 배출량(2,734.0톤/시즌) 대비 약 89%를 기여한다. 서울시와의 가장 큰 차이점은 SO_x 배출량으로, 총배출량 대비 약 4% 감축이 예상되며, 대부분 발전상한제약에 따른 석탄화력발전소 배출량 감소(149.3톤/시즌) 효과이다. 다만 총배출량 대비 효과가 크지 않은 것으로 분석되어, 실질적인 SO_x 배출량 감축을 위해서는 추가 대책에 대한 고민이 필요할 것으로 판단된다.

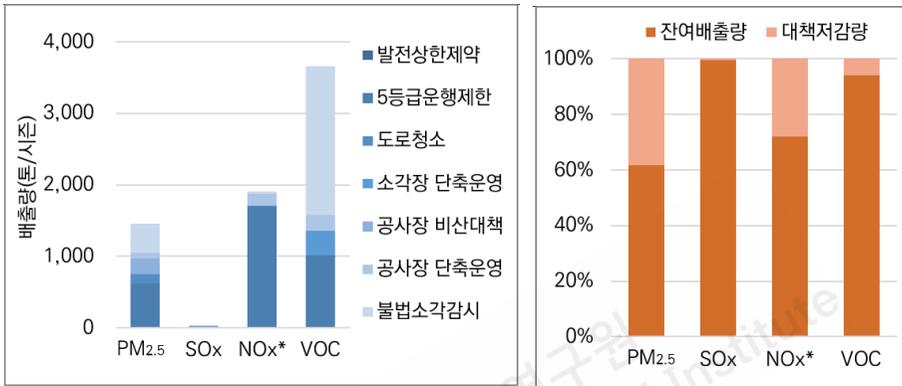


주: NO_x 배출량 단위는 10⁻¹톤/시즌

[그림 5-2] 인천시 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)

[그림 5-3]은 경기도의 시즌 대책별, 물질별 예상 배출 감축량과 전체 배출량 대비 저감 비율이다. 앞서 다른 지자체와 마찬가지로 시즌 대책 효과가 가장 큰 물질은 PM2.5이며, 총배출량 대비 저감량은 약 38% 수준으로 대상 지자체 중 가장 높은 저감 효과를 보였다. 배출가스 5등급 차량 운행제한의 효과가 가장 크나, 불법소각 감시에 따른 감축 예상량이 약 409.8톤/시즌으로 전체 감축량 1,461.2톤/시즌 중, 약

28%로 두 번째로 높은 기여를 보였다. NO_x 역시 주로 배출가스 5등급 차량 운행제한에 따른 효과로, 총배출량 대비 약 28% 감축이 예상되었으며, PM_{2.5}와 마찬가지로 대상 지자체 중 가장 높은 감축효과를 보였다. VOC의 경우 배출가스 5등급 차량 운행제한 효과도 있으나, 불법소각 감시를 통해 약 2,080.6톤/시즌 감축이 예상되며, 총 VOC 배출 감축량(3,655.3톤/시즌) 대비 절반 이상(57%)이 불법소각 감시 효과로 분석되었다.

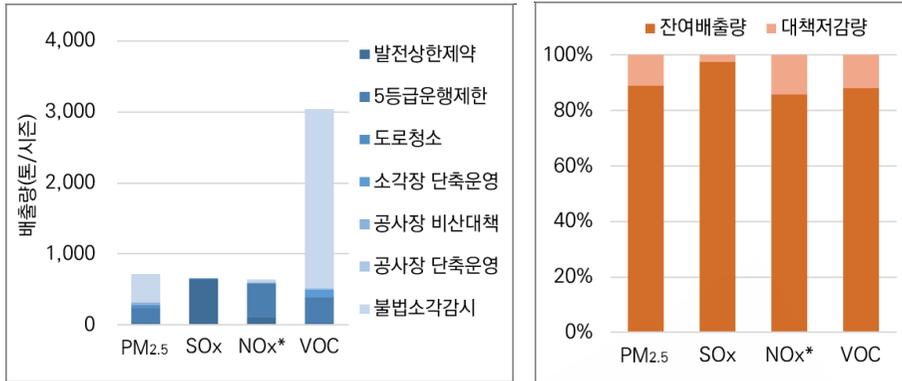


주: NO_x 배출량 단위는 10⁻¹톤/시즌

[그림 5-3] 경기도 시즌 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시즌 총배출량 대비 저감 비율(우)

[그림 5-4]는 충남지역의 시즌 대책 이행에 따른 대책별, 물질별 예상 배출 감축량과 전체 배출량 대비 감축 비율이다. 충남 역시 PM_{2.5}의 감축 효과가 가장 컸으나 (716.0톤/시즌), 총배출량(6,375.4톤/시즌) 대비 저감률은 약 11%로 다른 대상 지자체 중 가장 낮은 수준을 보였다. 이는 충남지역의 경우 다른 대상 지자체 대비, 발전 및 사업장 배출 비중이 높기 때문이다. NO_x의 경우 6,380.1톤/시즌을 감축해 총배출량(45,035.7톤/시즌) 대비 약 14% 감축이 예상되며, 이 역시 PM_{2.5}와 마찬가지로 다른 대상 지자체 대비 가장 낮은 수준이다. SO_x 배출량은 주로 발전상한제약 대책을 위주로 하여 653.0톤/시즌 감축이 예상되며, 시즌 총배출량(27,281.0톤/시즌) 대비 약 2% 감축이 예상된다. VOC의 경우 총배출량(25,215.8톤/시즌) 대비 감축 예상량이 약 3,044.3톤/시즌으로, 약 12% 감축에 해당되며 대상 지자체 중 가장 높은 감축률을 보였다. 상대적으로 높은 VOC 배출 감축률은 대부분 불법소각 감시(2,520.0톤/시즌)에 따른 것으로 전체 감축 예상량 중 약 83%에 기여한다. 불법소각

감시에 따른 배출저감 효과는 서울 등 대도시보다는 경기도 및 충청남도 등 비도심지역에서 높은 것을 알 수 있다. 다만 이러한 배출저감 효과는 국가 대기오염물질 배출량 자료에 근거한 것으로, 배출량 불확실성에 따라 정책 효과 역시 영향을 받을 수 있으므로 주의가 필요하다.



주: NOx 배출량 단위는 10^{-1} 톤/시즌

[그림 5-4] 충남지역 시준 대책에 따른 물질별 대책별 배출 감축량(좌) 및 시준 총배출량 대비 저감 비율(우)

4_소결

이 연구에서는 실제 정량화가 가능한 대책을 대상으로 시준 대책 예상 효과를 분석했다. 서울을 중심으로, 미세먼지 농도에 미치는 기여가 상대적으로 높은 주변지역(인천, 경기, 충남)까지 포함해 시행 효과를 평가했다. 대부분 지역에서 배출가스 5등급 차량 운행제한과 공사업 비산먼지, 도로청소에 의한 배출저감 효과가 큰 것으로 확인되며, 주로 PM2.5와 NOx 배출량 저감 효과가 높았다. 이는 효과가 큰 주요 대책들이 대부분 PM2.5 및 NOx 배출 기여가 높은 배출원 위주의 대책으로 구성되었기 때문으로, 그 외 PM2.5 전구물질인 SOx 및 VOC 배출 저감을 위해서는 추가 대책들에 대한 고민이 필요할 것으로 판단된다.

석탄화력발전소 80% 상한제약 시행의 경우, 실제 운영출력을 고려한 평가 결과 SOx 등 전체 배출량 대비 실질적인 배출저감 효과가 크지 않은 것으로 판단된다. 노후석탄화

력발전의 경우 국가기후환경회의가 제안한 것처럼 가동 중단 등 보다 적극적인 대책을 고려하거나, 그 외 SO_x 배출량 비중이 높은 배출원들에 대한 강도 높은 추가대책이 병행되어야 유의미한 저감 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

불법소각 단속의 경우, 서울 등 대도시보다는 특히 비 도심지역(경기도, 충남)에서의 저감 효과가 높은 것으로(충남 PM_{2.5} 배출 저감량의 약 55%, 시준 총배출량 대비 약 6%, VOC 배출 저감량의 약 83%, 시준 총배출량 대비 약 10%) 확인된다. 불법소각 단속 대상 중 농업잔재물 소각의 경우, 월별 배출 가중치를 고려할 경우 시준기간(4개월) 작물별 소각률이 연중 소각의 37~55%를 차지하므로 시준 기간의 단속 효과가 특히 높을 것으로 판단된다. 다만 불법소각 단속의 정량적 효과는 배출량 불확실성이 높은 부문으로, 적용된 국가배출량 자료의 불확실성에 따라 정책 효과 역시 영향을 받을 것으로 판단된다. 또한 불법소각의 관리 대상 지역이 넓은 점을 감안한다면, 실질적인 소각 감시 효과를 높이기 위한 홍보 및 관리 방안이 반드시 뒷받침되어야 할 것으로 판단된다.

이 장에서는 배출량 기반의 시준대책 예상 효과를 분석했으며, 이를 통해 대책별 효과와 주요 보완점을 제시했다. 실제 농도 저감 효과를 추정하기 위해서는 향후 대기 모델링 등을 통한 추가 연구가 필요하다. 또한 실질적인 정책 이행 내용에 따라 그 효과가 크게 달라질 수 있는 만큼, 추후 이행효과와 정책 보완 방안에 대한 연구도 수행될 필요가 있다.

06

미세먼지 시즌제 도입을 위한 제언



- 1_법제도 개선
- 2_시즌제 추진 방안

06. 미세먼지 시즈제 도입을 위한 제언

1_법제도 개선

현재 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」(이하 미세먼지법)에는 비상저감조치 시행을 위한 관련 조항이 있을 뿐 시즈제를 시행하기 위한 근거는 없다. 6차례의 전문가 토론회를 진행하면서 시즈제 시행을 위한 법제도 마련이 필요하다는 의견이 개진되었다. 각각의 개별 규제 시행에 대한 법적 근거가 아닌 시즈제 시행 자체에 대한 법적 근거를 마련해 민간도 참여하도록 법 개정이 추진될 필요가 있다고 판단했다. 이에 서울시는 토론회의 의견 등을 반영해 미세먼지법 제18조의 고농도 미세먼지 비상저감조치 사항 등을 특정 기간(계절)에 확대해 시행할 수 있는 법 개정을 환경부 등에 건의했다.

이후 시즈제 도입을 위해 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 개정안이 의원입법으로 2건이 발의되었다. 1안은(표 6-1) 미세먼지법 제21조를 개정해 미세먼지 저감조치 시행 요건을 계절적 요인으로 초미세먼지의 일평균 농도가 기준을 초과하거나, 초과 우려가 있는 기간으로 구체화하고 적용 기간을 1~3월로 지정했다. 다만 신설되는 21조 4항에 시·도 조례로 최대 60일을 추가 가능하도록 하여, 실질적으로는 5개월까지 시즈제 운영이 가능하도록 했다. 저감조치에 대한 권한은 각 지역마다 특성을 반영할 수 있도록 지자체에 위임했다. 조치 내용으로는 18조 1항 각 호의 조치(자동차 운행제한, 대기오염물질 배출시설의 가동시간 변경, 건설공사장의 공사시간 변경·조정, 공영주차장 사용 제한 등), 벚꽃 등 농업 잔재물의 수거·운반·처리 등의 조치, 비산먼지 배출 신고 건설사업장에서의 건설기계 사용 제한 등을 명시했다. 차량 운행 제한은 특별시, 광역시, 인구 50만 명 이상인 시로 제한하고 과태료 부과 등 위반 시 벌칙 규정도 마련했다.

[표 6-1] 미세먼지법 개정안 1(신창현의원 대표발의)

개 정 안

제21조(계절적 요인 등으로 인한 집중관리 등)

- ① 환경부장관은 계절적 요인으로 초미세먼지의 일평균 농도가 제18조제1항 각 호 외의 부분 본문에 따른 기준을 초과하거나 초과할 우려가 있는 기간(1월 1일부터 3월 31일까지를 말한다)과 대규모 화재 등 비상사적 요인 등으로-----.
- ② · ③ (현행과 같음)
- ④ 제1항에도 불구하고 사도지사는 해당 지역의 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 위하여 특히 필요하다고 인정하는 경우에는 제1항에 따른 기간과 사도의 조례로 60일 이내의 범위에서 추가적으로 정하는 기간에 다음 각 호의 조치를 시행할 수 있다.
1. 제18조제1항 각 호의 조치. 다만, 제18조제1항제1호에 따른 자동차의 운행 제한은 특별시, 광역시 및 인구 50만 이상인 시만 해당한다.
 2. 대기오염물질배출시설에 대한 「대기환경보전법」 제16조제1항 및 제3항에 따른 배출허용기준보다 강화된 배출허용기준의 적용
 3. 농업을 영위하는 과정에서 발생하는 볏짚 등 잔재물(殘滓物)의 수거, 보관, 운반, 처리 등의 조치
 4. 「대기환경보전법」 제43조에 따른 비산먼지 신고대상 사업 중 건설사업장에서의 「건설기계관리법」 제2조제1항제1호에 따른 건설기계에 대한 운행 제한
 5. 그 밖에 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 위하여 대통령령으로 정하는 조치
- ⑤ 환경부장관과 관계행정기관의 장 또는 사도지사는 제1항 또는 제4항에 따른 조치를 효율적으로 수행하기 위하여 예산의 범위에서 그 조치에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있으며, 사도지사는 제4항제3호에 따른 조치를 효율적으로 수행하기 위하여 전문기관 또는 단체로 하여금 그 업무를 수행하게 할 수 있다.
- ⑥ 제4항에 따른 조치의 방법·절차 등에 필요한 사항 및 같은 항 제2호에 따른 강화된 배출허용기준은 사도의 조례로 정한다.

제31조(과태료)

- ① -----.
1. · 2. (현행과 같음)
 3. 제21조제1항에 따른 요청을 정당한 사유 없이 따르지 아니한 자
 4. 제21조제4항제1호부터 제4호까지의 규정에 따른 사도지사의 조치 명령을 정당한 사유 없이 위반한 자. 다만, 제21조제4항제1호에 따른 조치 중 제18조제1항제1호에 따른 자동차의 운행 제한 조치는 제외한다.
 5. · 6. (현행 제3호 및 제4호와 같음)
- ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자-----.
1. 제18조제1항제1호에 따른 자동차의 운행 제한 조치를 정당한 사유 없이 위반한 자
 2. 제21조제4항제1호에 따른 조치 중 자동차의 운행 제한 조치를 정당한 사유 없이 위반한 자

2안은 12~3월을 미세먼지 계절관리기간으로 명시하고, 선박에 대한 규제와 신고포상금 조항을 추가했다.

[표 6-2] 미세먼지법 개정안 2(강병원의원 대표발의)

개 정 안

제21조(계절적 요인 등으로 인한 집중관리 등)

- ① 환경부장관은 계절적인 요인 등에 의하여 초미세먼지 월평균 농도가 특히 심화되는 기간(12월 1일부터 다음해 3월 31일까지를 말한다. 이하 “미세먼지 계절관리기간”이라 한다)과 대규모 화재 등 비상사적 요인으로 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 효율적으로 수행하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장 또는 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관이 운영하는 시설의 운영자에게 다음 각 호의 조치를 요청할 수 있다.
1. 「대기환경보전법」 제2조제11호에 따른 대기오염물질 배출시설의 가동을 조정 및 가동시간 변경
 2. 「대기환경보전법」 제2조제11호의 대기오염물질배출시설에 대하여 환경부장관이 정하여 고시하는 같은 법 제16조제1항에 따른 배출허용기준보다 강화된 배출허용기준의 적용
 3. 「해양환경관리법」 제2조제16호에 따른 선박에 대한 연료 전환, 속도 제한 또는 운행 제한
 4. 그 밖에 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 위하여 대통령령으로 정하는 사항
- ② · ③ (현행과 같음)
- ④ 제1항에도 불구하고 시도지사는 해당 지역의 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 미세먼지 계절관리기간에 다음 각 호의 조치를 시행할 수 있다.
1. 제18조제1항 각 호의 조치
 2. 「대기환경보전법」 제43조에 따른 비산먼지 신고대상 사업 중 건설사업장에서의 「건설기계관리법」 제2조제1항제1호에 따른 건설기계에 대한 운행 제한
 3. 그 밖에 미세먼지 등의 배출 저감 및 관리를 위하여 대통령령으로 정하는 조치
- ⑤ 제4항에 따른 조치의 방법·절차 등에 필요한 사항은 사도의 조례로 정한다.

제21조의2(미세먼지 등의 불법 배출에 대한 신고)

- ① 누구든지 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 한 자에 대하여 시도지사 또는 시장군수구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 신고할 수 있다.
1. 이 법에 따른 조치 또는 조치 명령을 위반한 자
 2. 「대기환경보전법」 제16조, 제57조 및 제76조에 따른 배출허용기준을 초과한 것으로 의심되는 대기오염물질배출시설, 자동차, 선박을 운영 또는 운행한 자
 3. 그 밖에 미세먼지 등을 불법으로 배출하는 행위를 한 자
- ② 시도지사 또는 시장군수구청장은 제1항에 따른 신고로 인하여 이 법의 위반행위 적발, 미세먼지등의 불법 배출행위 적발에 기여한 공이 큰 자에 대하여 예산의 범위에서 포상금을 지급할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 신고의 방법, 절차 및 처리 등에 필요한 사항과 포상금의 지급 기준·방법 및 절차 등에 필요한 사항은 사도의 조례로 정한다.

제31조(과태료)

- ① -----.
1. · 2. (현행과 같음)
 3. 제21조제1항에 따른 요청을 정당한 사유 없이 따르지 아니한 자
 4. 제21조제4항제1호 및 제2호에 따른 시도지사의 조치 명령을 정당한 사유 없이 위반한 자. 다만, 제21조제4항제1호에 따른 조치 중 제18조제1항제1호에 따른 자동차의 운행 제한 조치는 제외한다.
 5. · 6. (현행 제3호 및 제4호와 같음)
- ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자-----.
1. 제18조제1항제1호에 따른 자동차의 운행 제한 조치를 정당한 사유 없이 위반한 자
 2. 제21조제4항제1호에 따른 조치 중 자동차의 운행 제한 조치를 정당한 사유 없이 위반한 자

2_시준제 추진 방안

1) 시민 의견

시준제가 논의되면서 국가기후환경회의¹¹⁾, 서울시, 환경부에서 시준제 도입에 대한 시민의견 조사를 시행했다.

국가기후환경회의는 국민정책참여단¹²⁾을 구성하고 국민대토론회('19.9.7~8.)를 진행해 시준제(계절관리제)¹³⁾에 대한 의견조사를 실시했다. 국민정책참여단 440명에 대한 의견조사 결과, 고농도 계절관리제의 필요성(95.2%)과 효과(94.3%)에 대해서는 대다수가 찬성했다. 산업부문 대책으로는 대형사업장 미세먼지 배출량 추가 감축 계획, TMS 결과 실시간 공개, 민관합동점검단을 구성해 집중감시 등 대형사업장의 미세먼지 배출 감축 및 감시체계를 강화해야 한다는 의견이 많았다. 발전부문에서는 노후석탄화력발전소 가동중단 및 가동률을 조정하고 이에 따른 계시별요금제 도입 등 겨울철 전력수요관리 추진이 필요하다는 응답이 있었다. 수송부문에서는 수도권과 대도시의 5등급 차량 운행제한을 시행하되, 일부 예외인정 조치를 마련해야 한다고 답했다. 생활·기타분야에서는 농촌 폐기물 수거·처리를 우선 시행하며, 국제협력, 예보 강화에 주력해야 한다고 응답했다.

[표 6-3] 국민대토론회 국민정책참여단 설문조사 결과

분야	조사결과
총론	<ul style="list-style-type: none"> 계절관리제 시행 필요성: 95.2% 계절관리가 미세먼지 해결에 도움이 될 것: 94.3%
산업부문	<ul style="list-style-type: none"> 최우선 시행할 대책은 '집중감시'라는 응답(33.4%)이 가장 높음 <ul style="list-style-type: none"> 민관합동 점검단을 구성하여 국가산단 등 중점 감시: 89.3% 영세사업장 대상 방지시설 설치 등 적극 지원: 81.6% 대형사업장 감축계획 수립·평가 및 별도의 강화된 배출기준 적용: 92.7% 전국 대형사업장 굴뚝에 설치한 TMS 결과 실시간 공개: 91.6%

11) 정부는 2019년 4월 29일 대통령 직속 '미세먼지 문제 해결을 위한 국가기후환경회의'를 출범, 미세먼지 문제에 대해 국민 의견을 수렴한 대안과 범국가적 대책 및 주변국가와의 협력 증진 방안을 마련하기 위해 설립

12) 국민 의견을 반영하기 위해 성·연령·지역의 인구 구성비를 고려하여 500여 명의 국민정책참여단을 구성

13) 정부에서는 법률용어에 외국어나 외래어 사용 지양 등의 이유로 계절관리제로 변경 사용함.

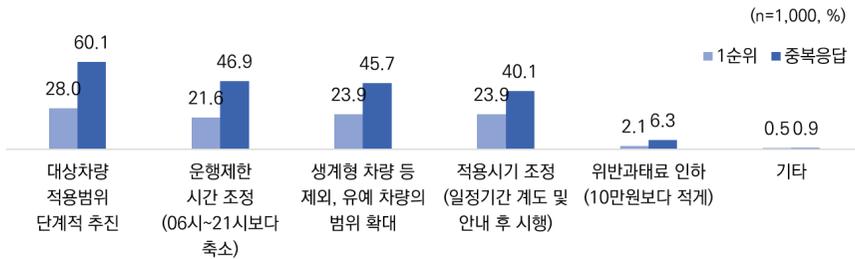
분야	조사결과
발전부문	<ul style="list-style-type: none"> 석탄발전소 가동중단·가동률 조정에 93.1%가 동의하였고, 겨울철 전력수요 관리 추진(81.7%)도 높은 지지를 보임 <ul style="list-style-type: none"> 석탄화력발전소 가동 중단 및 가동률 조정: 93.1% 한시적 전기요금 인상을 포함한 겨울철 전력 수요 관리 추진: 81.7% 석탄발전소 가동 중단 및 출력제한에 따른 발전비용을 국가가 지원: 70.5% 한시적 전기요금 인상 시, '2천 원 이상~1만 원 초과' 응답은 73.7%이며, '요금인상 수용할 수 없다'는 10.1% 응답
수송부문	<ul style="list-style-type: none"> 5등급 차량 운행제한(86.8%)과 공공부문 발주 공사장의 노후건설기계 사용 제한(82.9%)에 대한 지지가 가장 높음 차량 운행제한 방법에 대해서는 5등급 차량과 특정일 2부제 병행하자는 의견이 31.7%로 가장 높게 나타남 5등급 차량 운행제한 예외대상을 묻는 설문에서 예외를 두지 않는다(39.9%)는 응답이 가장 많았으며, 저공해조치 신청 차량에 대한 예외적용(35.1%) 순으로 응답 운행제한 적용지역은 수도권과 대도시라는 응답이 43.3%로 가장 높음
생활·기타분야	<ul style="list-style-type: none"> 생활 분야의 최우선 시행대책은 '농촌 폐기물 수거·처리'라는 응답(37.1%)이 가장 높음 <ul style="list-style-type: none"> 미세먼지 발생이 많은 도로를 미세먼지 집중도로로 선정·관리: 90.6% 건설공사장의 먼지 발생 현황을 인근 주민들에게 실시간 공개: 83.3% 농촌지역 대상 폐기물 수거·처리를 지원하고 불법소각 강력 단속: 90.8% 생활 인근 미세먼지 쉼터를 지정하고 실시간 정보 제공: 77.3% 고농도계절 시작 전, 미세먼지 집중관리구역 지정 및 운영: 77.8% 보건용 마스크 건강보험 적용 및 건강검진에 폐기능 검사 도입: 71.2%
국제협력	<ul style="list-style-type: none"> 고농도 미세먼지 발생 대응을 위해 한-중 양국 간 긴밀한 협력 추진: 95.4% 국제사회와 우수사례를 공유하고 정책으로 활용: 95.2%

자료: 국가기후환경회의 국민정책제언(2019.10)

서울시도 '19.9.3~8일 동안 시즈제 도입, 5등급 차량 운행제한, 사업장관리강화 등에 대한 시민 인식조사를 실시했다. 서울시 홈페이지를 통해 참가자를 모집하고 성·연령·지역 등을 고려해 1,000명을 대상으로 진행했다. 응답자의 96%가 미세먼지 문제가 심각하다고 답했으며 발생 원인으로 차량 배출가스(54.8%), 공장 생산 공정 및 제조업 연소(31.5%) 순으로 응답했다. 시즈제 도입의 필요성에 대해서는 90%가 공감했으며 67%가 시즈제의 효과가 있을 것으로 응답했다. 시즈제 세부 대책으로는 5등급 차량 운행제한(68.6%)과 대기오염물질 배출사업장 점검강화(66.9%)가 가장 높게 나타났다.

5등급 차량 운행제한에 관해서는 찬성의견이 72.8%로 나타났다. 관련하여 시민불편 최소화 방안으로는 운행제한 대상범위(수도권차량→전국차량)를 단계적으로 추진하

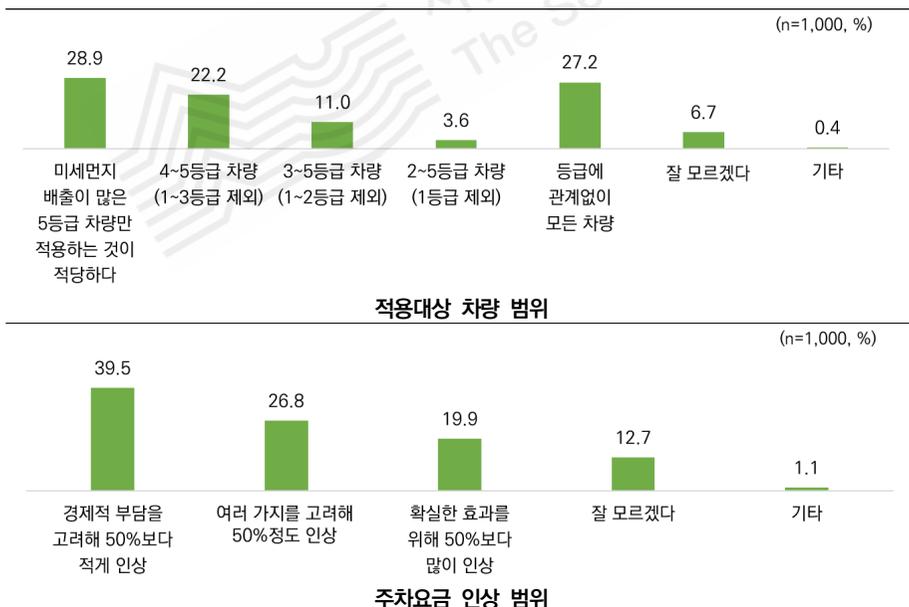
자는 의견(60.1%), 비상저감조치보다 운행제한 시간을 축소하자는 의견(46.9%)이 있었다.



자료: 서울시 보도자료(2019. 9)

[그림 6-1] 5등급차량 상시운행제한 불편 최소화 방안 의견조사 결과

시즌제 기간 중 서울시 운영 주차장에 대한 주차요금 인상에 대해서는 48.6%가 찬성했다. 녹색교통지역보다 서울 전 지역에 걸쳐 시영주차장 요금을 인상하자는 답변(54.8%)이 많았고, 적용대상 차량 범위는 5등급 차량만 적용(28.9%), 등급 관계없이 모든 차량 적용(27.2%) 순으로 나타났다. 요금 인상 범위는 50%보다 적게 인상해야 한다는 의견(39.5%)이 많았다.



자료: 서울시 보도자료(2019.9)

[그림 6-2] 주차요금 인상 의견조사 결과

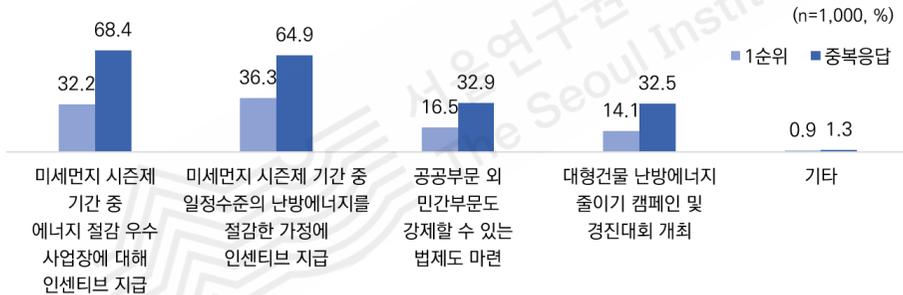
사업장 관리강화에서는 우선관리가 필요한 사업장으로 대기오염물질 발생 대형 사업장(89.7%), 일정규모 이상의 공사장(75.1%) 순으로 응답했다.



자료: 서울시 보도자료(2019.9)

[그림 6-3] 우선 관리 강화 사업장 의견조사 결과

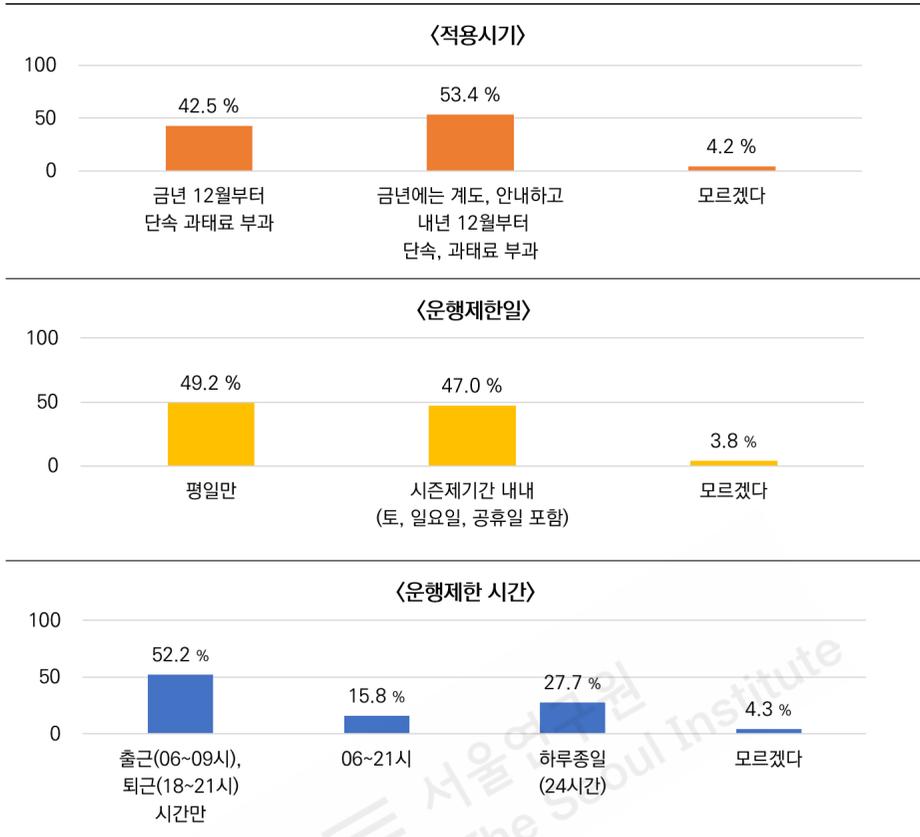
겨울철 난방에너지 저감을 위한 참여 유도방안 의견으로는 시즈제 기간 중 에너지 절감 우수 사업장에 대해 인센티브 지급(68.4%), 시즈제 기간 중 난방에너지 절감 가정에 인센티브 지급(64.9%) 순으로 찬성률이 높았다.



자료: 서울시 보도자료(2019.9)

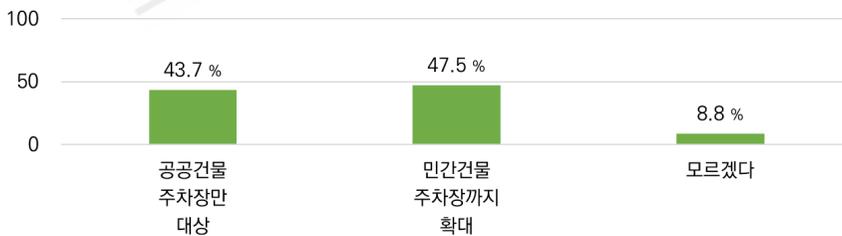
[그림 6-4] 난방에너지 저감을 위한 시민 유도방안 관련 의견조사 결과

2019년 9월 21일 서울시는 미세먼지 시즈제 시민대토론회(19.9.21)를 개최해 차량 운행제한 운영 방안에 대한 시민의견을 수렴했다. 5등급 운행제한의 적용 시기는 올해는 계도·안내하고 내년부터 단속·과태료를 부과하자는 의견(53.4%)이 많았다. 운행 제한 일은 평일만 시행(49.2%)과 시즈 기간 내내 시행하자(47.0%)는 의견이 유사한 비율로 나타났다. 운행제한 시간은 출·퇴근 시간에만 시행하자는 의견이 가장 높았다. 공공·행정기관 주차장 차량 2부제를 민간건물 주차장까지 확대하자는 의견이 공공건물만 대상으로 하자는 의견보다 많았다.



자료: 서울시 보도자료(2019.9)

[그림 6-5] 5등급차량 운행제한 관련 의견조사 결과



자료: 서울시 보도자료(2019.9)

[그림 6-6] 공공·행정기관 주차장 차량 2부제 관련 의견조사 결과

2) 시존제 추진 방안

6차례의 전문가 토론회 결과, 자료 조사 및 분석, 국가기후환경회의, 환경부, 서울시 등 관련 기관과의 논의 등을 통해 도출한 미세먼지 시존제 제안 내용을 요약하면 [표 6-14]와 같다. 다만 목표에 대한 관리지표나 목표달성의 척도 등 세부적인 사항은 추가적인 논의가 필요하다. 시행기간은 12~3월(총 4개월)을 제안하지만, 1차 연도에 대책시행 기간을 최소화해 시행하고 결과분석 후, 2차 연도 시행기간을 조정하는 방안도 생각해 볼 수 있다. 공간범위는 처음부터 강조되었던 내용으로 동일한 대기오염 영향권역에서 공동으로 대책을 시행하는 것이 바람직하다. 1차 연도에는 수도권(서울·인천·경기)과 충청남도의 점오염원을 대상으로 시행하고, 2차 연도에는 전국 대기관리권역으로 확대를 제안한다. 대책의 내용은 지역별 배출 특성이 다를 수 고려해, 지역 특성에 맞는 대책 도출이 필요하다. 예를 들면 운행제한 등 이동오염원 대책은 대기관리권역에서 공동으로 추진하고, 점·면 오염원 대책은 각 지역 특성에 따라 우선순위를 선정해 추진할 수 있도록 해야 한다. 참여 대상으로 공공은 의무적으로 참여하고, 민간 영역의 경우 초기는 지원정책을 집중적으로 운영해 자발적 참여를 유도하고 단계적으로 의무화 대상으로 확대한다.

[표 6-4] 미세먼지 시존제 제안 내용

구분	세부내용
정의	미세먼지의 고농도 발생이 잦은 특정 시기(계절) 동안 평상시보다 강화된 배출저감 정책 시행으로 기저농도를 낮춰, 고농도 발생의 강도와 빈도를 완화하는 사전 대응 대책
목표	초미세먼지의 '나쁨(일평균 기준 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과)' 일수 저감
시행기간	12~3월(총 4개월) ※ 1차 연도 시행 후 평가를 통해 시행 기간 조정 필요
적용대상	공공 의무화 + 민간 단계적 의무화
공간범위	수도권 대기관리권역(서울·인천·경기) + 충남 점오염원(대형 배출시설) ※ 추후 전국 대기관리권역으로 확대 시행
시존제 핵심 대책 (서울시 중심)	<ul style="list-style-type: none"> • 교통: 배출가스 5등급 차량 운행제한 + 민간 자동차 배출가스 검사소 점검 강화 • 사업장·공사장: 실시간 모니터링 체계 구축 및 관리감독 강화 • '환경 준법 감시단' 운영: 협회, 대학, 시민참여단 등으로 구성

분야별 대책으로, 교통 분야에서는 배출가스 5등급 차량 운행제한과 민간 자동차 배출가스 검사소 상시 모니터링 및 점검을 주요 핵심대책으로 제안한다. 배출가스 5등급 차량 운행제한의 공간 범위는 수도권이 공동으로 시행하는 것이 가장 바람직하다. 단속은 프랑스 파리 사례처럼 스티커를 부착해 직관적으로 식별이 가능한 단속 체계 도입을 제안하고 기존의 CCTV를 활용한 단속과 수시점검을 확대하고 강화해야 한다.

[표 6-5] 교통 분야 대책 제안

대 책		기존 대책	시준 대책	서울 적용	
배출 저감	핵심 배출가스 5등급 차량 운행제한	비상시	확대	●	
	행정·공공기관 차량 2부제(주차장)	비상시	확대	●	
	교통수요 관리	교통유발부담금 상향	-	신규	●
		공영주차장 주차요금 상향	-	신규	●
		혼잡통행료 요금 상향	-	신규	●
도로 청소(분진흡입청소 및 물청소)	상시	강화	●		
관리 감독	공해차량 운행제한 단속	상시	강화	●	
	배출가스 및 공회전 단속	상시	강화	●	
	중요 민간 자동차 배출가스 검사소 상시 모니터링 및 점검 (VIMS 자동차검사 관리시스템 활용)	상시	강화	●	

사업장 분야는 규모와 업종에 따라 특성에 맞는 대책을 마련해야 한다. 서울시는 해당 사항이 없지만 인천시와 충청남도 화력발전소의 오염물질 배출이 적지 않기 때문에 중앙정부에 상한제약을 건의한다. 더 나아가 국가기후환경회의가 제안하는 것처럼, 석탄화력발전소에 대한 가동중단이 시행된다면 효과는 더 클 것으로 기대된다. 대형 사업장은 굴뚝자동측정기기(TMS)를 설치하고 실시간 모니터링해 현장 지도점검 및 단속에 활용할 수 있도록 한다. 소규모 사업장은 영세사업자를 위해 방지시설 개선 및 설치를 지원하고, IoT 센서를 부착하거나 전력·용수 사용량 등 대체 배출 모니터링 수단을 활용해 관리감독을 강화한다. 즉, 사업장 분야의 핵심대책은 관리감독이다.

[표 6-6] 사업장 분야 대책 제안

구분	대책		기존 대책	시준 대책	서울 적용
대형 사업장 (1-3종)	배출 저감	중요 화력발전소 상한 제약	비상시	확대	-
		사업장 운영 단축·조정	비상시	확대	●
		방지사설 개선	상시	-	●
	관리 감독	핵심 굴뚝자동측정기기(TMS) 모니터링 체계 구축 (TMS 설치·운영 지원) 및 운영	상시	강화	●
소형 사업장 (4-5종)	배출 저감	오염물질배출 방지사설 개선·설치 지원	상시	-	●
		핵심 방지사설 IoT 센서 부착 or 대체 배출 모니터링 수단(전력사용량, 용수 사용량 등)설치·운영	상시	강화	●
	관리 감독	핵심 배출시설 밀집지역에 IoT 기반 간이측정기 설치·운영	신규	강화	●

공사장 분야의 핵심대책도 대형공사장을 대상으로 상시 모니터링 체계를 구축하고 운영해 관리감독을 강화하는 것이다. 특히 건설기계는 미세먼지 배출량이 노후 경유차보다도 많지만 관리가 미흡하다. 비산먼지 저감대책 운영과 더불어 친환경 건설장비 사용 점검도 필요하다.

[표 6-7] 공장장 분야 대책 제안

대책		기존 대책	시준 대책	서울 적용
배출 저감	공사시간 단축조정	비상시	확대	●
	친환경 건설기계 사용 의무화	상시	강화	●
	공사장 비산먼지 관리	상시	강화	●
관리 감독	핵심 대형공사장 상시모니터링 체계 구축·운영	상시	강화	●
	핵심 비산먼지 저감대책 및 친환경 장비 사용 점검	상시	강화	●

생물성 연소 분야는 배출량이 상당함에도 관리 사각지대로, 대책에 대한 필요성이 강조되어 왔다. 생물성 연소의 절반을 차지하는 농업잔재물 소각은 농촌 특성으로 인해 관리가 어려운 것이 사실이다. 불법소각에 대한 단속을 실시하되 농업 잔재물의 수거와 처리를 지원하는 방안도 마련되어야 한다.

[표 6-8] 생물성 연소 분야 대책 제안

대 책		기존 대책	시준 대책	서울 적용
배출 저감	화목난로·보일러 관리: 한시적 사용 규제(유일한 난방수단 제외), 인증제도 도입	-	신규	-
	화덕·직화구이(음식점 등) 관리: 방지시설 설치 지원 등	신규	-	●
	불법 야외소각 관리(교육, 홍보 등)	상시	강화	-
관리 감독	핵심 현장 지도점검 및 단속	상시	강화	●

이 밖에도 배출저감 대책으로 보일러 교체, 난방 온도 제한, 시준 기간 동안 야외 행사시 미세먼지 발생 행위 금지 등을 제안한다.

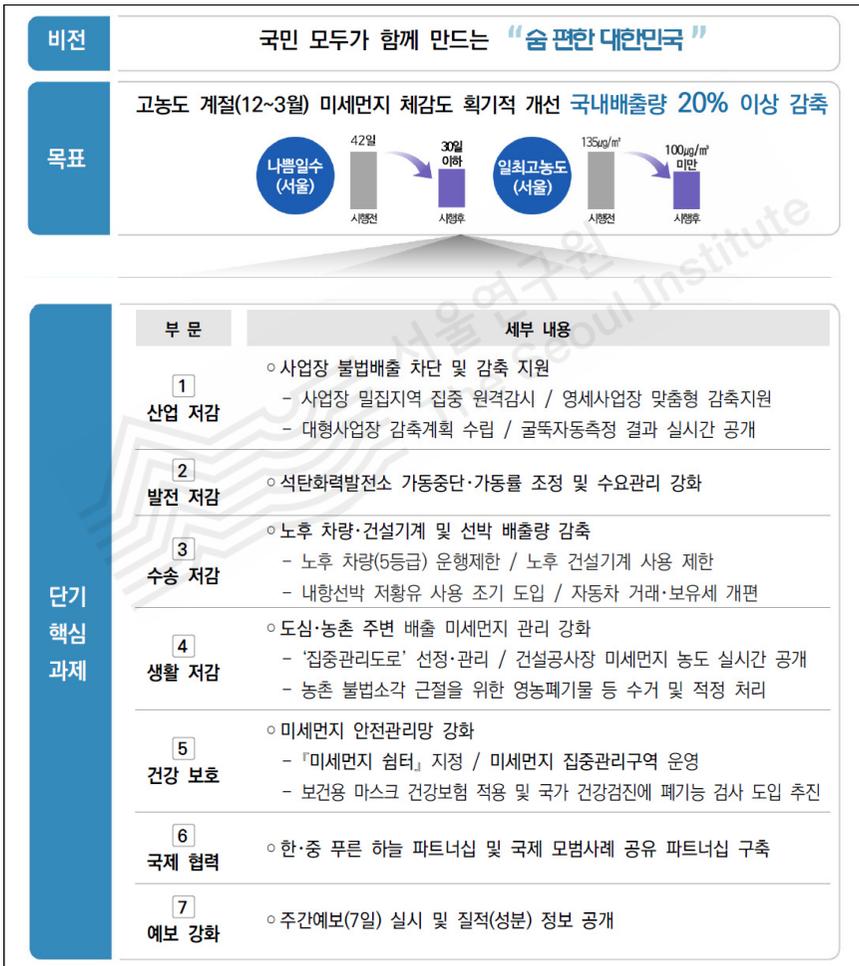
관리감독 방법으로는 인력 문제를 해소하는 차원에서 환경 준법 감시단을 제안한다. 관련 협회, 대학, 시민 참여단 등 민관합동으로 구성해 시준 대책 및 대기오염 불법배출행위를 단속할 수 있도록 한다.

[표 6-9] 그 외 분야 대책 제안

대 책		기존 대책	시준 대책	서울 적용
배출 저감	보일러(저녹스, 친환경) 교체	상시	-	●
	난방 온도 제한(20℃ 이하)	-	강화	●
	야외 행사시 미세먼지 발생 행위 금지(ex. 불꽃놀이, 바베큐장 운영 등)	-	신규	●
관리 감독	시민신고제도(신고포상제)	상시	강화	●
	핵심 '환경 준법 감시단' 운영 : 시준 대책 이행여부 및 대기오염 배출 행위 수시 점검	-	신규	●

참고로 2019년 10월 국가기후환경회의는 시준 대책으로 국민정책제안을 발표했다. 주요 내용을 보면, 고농도 계절을 12~3월로 정의하고, 고농도 계절의 국내배출량을 전년 동기(18.12월~19.3월) 대비 20% 이상 감축하고, 나쁨일수를 서울시 기준으로 42일에서 30일 이하로, 일최고농도를 $135\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 줄이는 것을 목표로 제시했다. 시준 대책으로는 앞서 논의한 5등급 차량 운행제한, 사업장 및 공사장 관리감독 강화, 실시간 모니터링 체계 구축, 불법소각 금지 등이 반영되어 있다. 국가 차원의 대책으로는 석탄화력발전소 가동중단과 내항선박 저황유 사용 조기 도입, 자동차 거래보유세 개편 등이 포함되어 있다([그림 6-7] 참조).

이 연구는 고농도 미세먼지 관리를 위한 새로운 시도로 시준 제도를 최초로 제안해 국가 정책을 선도했다는 데에 의의를 둔다. 과제 진행 과정에서 논의된 내용 등을 환경부, 국가기후환경회의의 등 관계기관과 공유하면서 제도가 빠르게 준비되고 시행될 수 있도록 도왔다. 아직은 입법, 예산 등 미세먼지 시준제도 시행을 위해 구체화되어야 할 부분이 여전히 많다. 빠르면 2019년 12월부터 첫 시준제가 시행될 수도 있다. 향후 첫 번째 시준제 시행 후 평가를 통해 문제점 등을 면밀히 검토하고 다음 시준제 시행 전에 보완하는 체계를 갖추는 것도 필요하다. 시준제 시행상의 여러 문제들이 보완되고 개선되어 시준제가 실질적인 고농도 사례 감소 및 고농도 미세먼지 시준의 평균 농도 개선으로 이어질 수 있기를 기대한다.



자료: 국가기후환경회의의 국민정책제안(2019.10)

[그림 6-기] 국가기후환경회의의 국민정책제안 내용

참고문헌

- 경기도, 2018, 「경기도 미세먼지 저감 종합대책 2차(2018.10)」.
- 관계부처 합동, 2018, 「비상·상시 미세먼지 관리 강화대책(2018.11)」.
- 국가기후환경회의, 2019, 「국민정책제안(2019.10)」.
- 김동영 외, 2014, 「생물성 연소에 의한 대기오염 배출자료 개선기술 개발」.
- 서울시, 2018, 「서울형 미세먼지(PM-2.5) 비상저감조치 시행 및 향후 방안」.
- 서울시, 2019a, 「서울시 미세먼지 특별법 및 조례 시행에 따른 고농도 미세먼지 비상저감조치 추진계획 (2019.2)」.
- 서울시, 2019b, 「서울시 생활권 미세먼지 그물망 대책(2019.4)」.
- 인천광역시, 2019, 「인천광역시 미세먼지 저감대책(2019.4)」.
- 충청남도, 2018a, 「미세먼지 중심 충청남도 대기환경개선 계획(2018.12)」.
- 충청남도, 2019b, 「충청남도 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행매뉴얼(2019.1.)」.
- 환경부, 2019, “고농도 미세먼지 비상저감조치 시행 지침(2019.4)」.
- 서울시 보도자료, 2018.11.9., “노후경유차 운행 5,398대 줄어”
- 서울시 보도자료, 2019.9.26., “서울시민 10명 중 9명 이상 ‘미세먼지 시즌제 도입’에 찬성”
- 환경부 보도자료, 2019.6.27., “자동차 배출가스 등급분류 완료...2~4등급 84% 차지”
- Amato, F., Querol, X., Alastuey, A., Pandolfi, M., Moreno, T., Gracia, J., & Rodriguez, P., 2009, “Evaluating urban PM10 pollution benefit induced by street cleaning activities”. Atmospheric Environment, 43(29), pp.4472-4480.
- Countess Environmental, 2006, *WRAP Fugitive Dust Handbook*
- MRI(Midwest Research Institute), 2001, Particulate Emission Measurements from Controlled Construction Activities, EPA/600/R-01/031.
- Utah DEQ, 2019, *Utah Division of Air Quality 2018 Annual Report*

<http://airemiss.nier.go.kr/>(국가 대기오염물질 배출량 서비스)

<http://epsis.kpx.or.kr/>(전력통계정보시스템)

<http://urbanaccessregulations.eu/>(유럽 도시 접근 규정)

<http://www.baaqmd.gov/rules-and-compliance/wood-smoke/>(Bay Area Air Quality District)

<http://zhengce.beijing.gov.cn/>(베이징 홈페이지)

<https://air.utah.gov/>(미국 유타주 홈페이지)

<https://qualitedelair.brussels/content/en-hiver/>(브뤼셀 대기질 홈페이지)

<https://www.airkorea.or.kr/>(AirKorea 홈페이지)

<https://www.arpae.it/>(Arpae 홈페이지)

<https://www.gg.go.kr/>(경기도 홈페이지)

<https://www.lez.brussels/>(브뤼셀 LEZ 홈페이지)

<https://www.ncca.go.kr/>(국가기후환경회의 홈페이지)

<https://www.stuttgart.de/feinstaubalarm/help/widget/>(슈투트가르트 홈페이지)



Study on Seasonal Particulate Matter(PM) Management to Prevent High Pollution Events

Yu-Jin Choi · Ki-Chul Choi · Seungmin Lee · Hye-Jin Lee

On the contrary to a decrease in the average annual PM_{2.5} concentrations over the last three years, the number of high PM_{2.5} event has increased in particular. Specifically, in March 2019, the PM_{2.5} advisory continued for seven days, and on March 5th, the daily average concentration reached 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

The government has implemented emergency reduction measures since 2018 to cope with the high PM_{2.5} events. However, questions are being raised to the effect of current emergency reduction measures, which respond in a short period of one or two days of high PM_{2.5} occurred. Consequently, there is a need for new alternatives to cope up the high PM_{2.5} events.

Usually, high PM_{2.5} events occur frequently from late autumn to early spring. Considering the seasonal characteristics of the occurrences of high PM in Korea, it is considered necessary to introduce seasonal PM management system. In this study, definition, aim, period, and measures for the seasonal PM management system were discussed and suggested in an expert forum, which comprised of about 20 experts in related fields.

Contents

01 Introduction

- 1_Background and Purpose of the Study
- 2_Main Contents and Research Methods

02 High PM Events and Current Policies

- 1_Status of Occurrence of High PM Events
- 2_Status of Air Pollutant Emissions
- 3_Current Policies

03 Review of Overseas Seasonal PM Management System

- 1_Europe
- 2_China
- 3_United States of America

04 Agenda and Policy Development to Introduce Seasonal PM Management System

- 1_Expert Forum
- 2_Main Results
- 3_Summary

05 Effect Analyses of Seasonal PM Policies

- 1_Research Scope
- 2_Estimation of Emission Reduction
- 3_Effect Analysis
- 4_Summary

06 Suggestions and Final Remarks

1_Suggestions for Amending Related Laws

2_Suggestions for Implementing a Seasonal PM Management System



미세먼지 시준제 도입 방안

서울연 2019-PR-17

발행인 서왕진

발행일 2019년 11월 15일

발행처 서울연구원

ISBN 979-11-5700-459-1 93530 8,000원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

이 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.