요약 및 정책건의

1 연구 개요

1 1 배경 및 목적

- 초미세먼지(PM2.5)는 시민건강 위해성 논의의 확산 요인
  - 최근 대기오염의 시민건강 위해성 논의와 함께 세계보건기구(WHO)는 경유자동차 배출 초미세먼지를 1급 발암물질로 지정
  - 초미세먼지 대응은 지속가능한 환경복지 및 새로운 환경정책의 전환요인으로 인식
- 생활공감 시민환경복지 증진을 위한 초미세먼지 관리수요 대응
  - 초미세먼지의 시민 건강피해 영향 저감을 위한 실천적 솔루션 모색에 관심 집중
- 시민건강 위해성 기반 미래지향적 초미세먼지 관리체계 도입
  - 시민의 건강 위해성을 고려한 정책전환 및 대응방안 마련에 필요한 기초정보 구축과 활용
  - 고농도 PM2.5 형성과정의 모니터링과 단계별 적정 예·경보 기준 설정으로 예방적 대응 유도
  - 시민건강의 위협요인인 PM2.5 배출원 확인, 시·공간적 배출통계 작성으로 시민공감 맞춤형 전략의 업그레이드

1 2 연구내용

- 초미세먼지 관리여건 분석
  - 초미세먼지(PM2.5)의 배출요인, 시·공간적 배출수준에 대한

기초분석으로 초미세먼지 관리대책의 방향 진단

- o 해외 초미세먼지 대응 사례분석
  - 세계 선진도시들의 초미세먼지 예·경보 프로그램의 운영현황, 배출량 감축대책 등의 사례조사 및 정책 시사점 도출
- o 초미세먼지 예·경보 적정기준 설정
  - 초미세먼지의 시민 건강 위해성을 예방하기 위한 제도적 장치인 예·경보 기준 설정의 합리적 대안 제시
- o 초미세먼지 배출원 관리정보 구축
  - 서울시 초미세먼지 저감목표 달성을 위한 정책적 솔루션 모색의 가이드라인 제공

2 주요 연구결과

2.1 서울시 초미세먼지 관리여건 분석

- o 초미세먼지 시·공간적 농도 변화
  - PM10과 PM2.5는 매년 개선되는 경향을 보이고 있으나, 최근 장거리 이동 유입 영향으로 2013년 및 PM2.5/PM10 비율은 증가하는 추세

    PM10 : 61㎍/㎥(2007) → 49㎍/㎥(2010)→ 41㎍/㎥(2012)→ 44㎍/㎥(2013)

    PM2.5 : 30㎍/㎥(2007) → 25㎍/㎥(2010)→ 23㎍/㎥(2012)→ 25㎍/㎥(2013)

    PM2.5/PM10: 49.2%(2007) → 51.0%(2010) → 56.1%(2012) → 56.8%(2013)
  - 초미세먼지 대기환경 기준(25㎍/㎥)을 충족하는 측정소도 증가하는 추세이나, 2013년에는 11개 측정소가 기준 미달성
- o 서울시 초미세먼지 형성 발생원
  - 토양입자의 자연 발생원, 황산암모늄, 질산암모늄 형태의 대

기 중 광화학 반응에 의해 생성된 이차 에어로졸, 자동차 배출원, 석탄 및 석유 연소, 생체 연소, 폐기물 소각과 같은 인위적 오염원으로 추정

- 원소 탄소(EC) : 불완전연소과정에서 발생, 자동차 배출가스
- 유기 탄소(OC) : 자동차 배기가스 , 바이오매스 연소
- NOx : 연소과정
- 고비점 휘발성유기화합물(VOC_1) : 도장용제, 식물
- 고비점 휘발성유기화합물(VOC_2) : 공업, 식물
- NH_3 : 농업, 축산, 생활관련
- SOx : 화석연료의 연소
- 금속입자 : 산업공정(금속정련, 석유정제, 석유화학, 첨가제 제조 등)
- 미네랄입자 : 토양기원(황사 등)

o 초미세먼지 관리대책 진단

- 정부는 2013년 12월 관계부처 합동으로 '미세먼지 종합대책'을 발표해 '2차 수도권 대기환경관리 기본계획' 확정
- 서울시는 중국 베이징 등 주요도시와 대기질 개선 협력을 강화하고, 공해차량 운행제한지역(LEZ) 대상 단속 및 관리 강화 등 '중국발 스모그 대응, 대기질 개선 종합대책'(2014.1.28) 발표
- 민선6기의 환경정책 목표 "건강하게 숨쉬는 도시, 서울" 달성을 위해 초미세먼지를 2018년까지 20% 감축하는 계획 수립

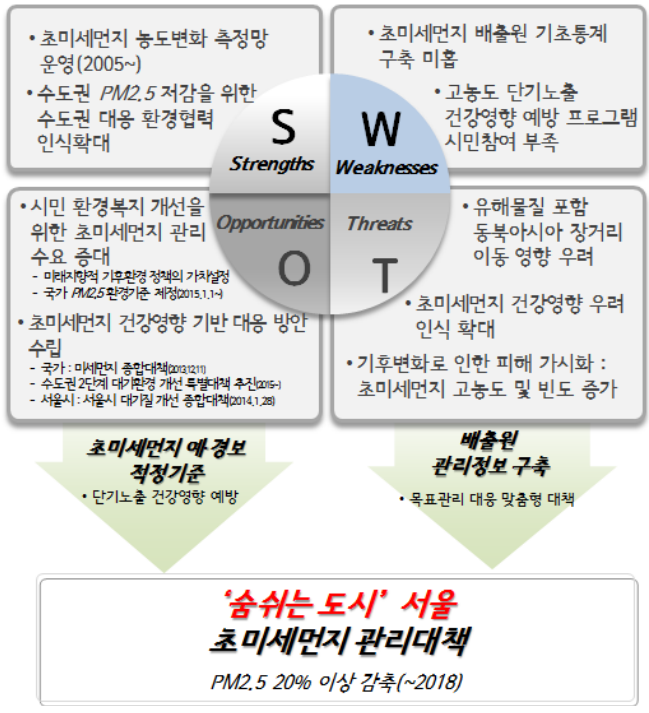


그림 1 서울시 초미세먼지 관리 SWOT 분석

2.2 해외 초미세먼지 대응사례 분석

- 건강 위해성 최소화의 통합관리
  - 초미세먼지의 발생원 기여도, 성분분석으로 맞춤형 관리대책의 실효성 확보
  - 정책수단 선택의 효율성 확보, 환경기술의 변화 수용
  - 위해성 예방 차원에서 장기간의 노출영향조사 및 농도수준에 따라 사전 대응지침 적용
- 초미세먼지 관리의 시급성, 불확실성, 책임성의 상호 균형 접근
  - 초미세먼지 관리의 합목적성 확보를 위해 인체건강 위해도 실증분석과 초미세먼지 측정 및 모니터링 시스템 구축으로 시급

성에 대응

- 배출원 확인 및 배출량 정보체계를 마련하여 발생원 기여도 분석과정의 불확실성을 낮춤
- 제도적용의 실효성 증대 및 이행규제와 지원을 통한 책임성 유지

2.3 초미세먼지 예·경보 적정기준 설정

- ㅇ 초미세먼지 경보 기준 설정 원리
  - 건강 위해성 기준[U.S. EPA(1999, 2012)] 적용 : 서울시 일평균 농도와 시간농도의 통계분석으로 단위 시간당 경보 수준 설정
  - 주의보 발령 기준은 “Unhealthy” 농도 구간, 경보 발령 기준은 “Very Unhealthy” 농도 구간으로 설정하되, 2015년 국가 환경기준 신설 시행을 고려하여 주의보 및 경보 구간을 20% 확대하는 대안 추가
  - 국가 PM2.5 환경기준 및 현행 경보 수준 적용 : 2015년부터 적용될 국가 환경기준, 현행 중앙정부의 경보 기준에 변경된 미국 환경청(U.S. EPA) 대기질 지수 적용
  - PM2.5/PM10 분율 적용 : 현행 미세먼지 경보 기준에 서울시 PM2.5/PM10 분율인 50.9% 적용

표 1 서울시 초미세먼지 경보 기준(안) 검토

(단위 : ㎍/㎥·hr)

구분			발령	해제
건강 위해성 기준	EPA(1999) 기준 수정	주의보	80	45
		경보	190	80
	EPA(2012) 기준 확대	주의보	65	40
		경보	190	65
	EPA(1999) 기준 수정, 경보 구간 20% 확대	주의보	95	55
		경보	230	95
	EPA(2012) 기준 수정, 경보 구간 20% 확대	주의보	80	50
		경보	230	80
국가 경보 기준	국가 PM2.5 기준 및 현행 경보 기준 반영	주의보	100	85
		경보	250	100
분율 기준	서울시 PM2.5/PM10 비율	주의보	100	50
		경보	155	100

o 초미세먼지 예·경보 기준 적용방안

서울시 초미세먼지 예경보 기준(안)

〈서울시 초미세먼지 예보 기준(안)〉 (단위 : : ㎍/㎥·일)

좋음	보통	약간 나쁨	나쁨	매우 나쁨
0~12	13~35	36~55	56~150	151~

주 : 현재 서울시 초미세먼지의 위해성 기반 예보 등급이 없어 U.S. EPA(2012) 기반 위해성 예보기준 적용

〈서울시 초미세먼지 경보 기준(안)〉

구분	발령	해제
주의보	초미세먼지가 시간 평균농도 **80㎍/㎥** 이상으로 2시간 이상 지속될 때	초미세먼지가 시간 평균농도 **50㎍/㎥** 미만인 때
경보	초미세먼지가 시간 평균농도 **190㎍/㎥** 이상으로 2시간 이상 지속될 때	초미세먼지가 시간 평균농도 **80㎍/㎥ 미만**인 때 **주의보로 전환**

주 : 사전주의 환기를 위한 예비단계 설정(65㎍/㎥ 이상으로 2시간 이상 지속될 때 발령하고, 시간농도 45㎍/㎥ 미만인 때 해제)

– "서울특별시 미세먼지 및 예보에 관한 조례" 적용 : 단기 고농도 노출에 의한 건강영향 수준, 자치단체의 PM2.5 농도 특성을 고려하여 경보 발령 기준의 지역별 차등 적용이 가능하도록 법률 개정 건의

- PM2.5 사전주의보 정보 제공 : PM2.5 단기 고농도 노출에 따른 민감·취약계층의 건강 피해영향에 사전 대응하기 위한 '사전주의보 예비단계'를 설정하여 건강예방 정보 제공

o 초미세먼지 예·경보 체계 구축

- 초미세먼지 예·경보 기능 분담 : 초미세먼지 예보제는 국가 예보기능과 동일하게 운영하되, 경보제는 지역별 고농도 발생 특성을 고려하여 지역별 또는 권역별로 차별적으로 운영
- PM2.5의 측정 신뢰도 확보 : 초미세먼지 중량측정법, 베타선 흡수법 측정방법의 측정농도 비교를 위해 등가성 평가 자료를 바탕으로 경보 기준에 대한 신뢰도 확보

2 4 초미세먼지 배출원 관리정보 구축

o 서울시 초미세먼지 배출량 정보 구축

- 초미세먼지 배출원별 배출량은 2010년 3,072톤, 2011년 2,737톤, 2012년 2,902톤, 2013년 3,051톤으로 추정
- 비산먼지 배출량은 2010년 1,172톤, 2011년 1,064톤, 2012년 1,158톤, 2013년 1,206톤으로 가장 높은 40% 수준
- 비산먼지를 포함하지 않으면, 도로이동오염원의 배출량 비중은 각각 54.2%, 47.2%, 44.9%, 40.0%로 초미세먼지의 주요 배출원이 자동차 배출원으로 확인

o 자치구별 초미세먼지 배출량 관리정보 제공

- 2010년에는 강남구가 247톤(약 8.0%), 2011년에는 강서구가 239톤(8.7%), 2012년에는 관악구가 449톤(15.5%), 2013년에는 강남구가 241톤(7.9%)으로 가장 많이 배출
- 2009~2013년 동안 강남구, 송파구, 강동구, 서초구 등 남동권역의 배출량이 평균 배출량보다 비교적 많음

- 25개 자치구별 초미세먼지 배출 특성이 다르게 나타나고 있어, 지역 특성을 반영한 맞춤형 초미세먼지 관리전략이 필요

표 2 서울시 초미세먼지 배출량(2010~2013년)

(단위 : 톤(%))

구분	2010년		2011년		2012년		2013년	
에너지	14	(0.4)	14	(0.5)	16	(0.6)	15	(0.5)
비산업	168	(5.5)	171	(6.2)	167	(5.8)	198	(6.5)
제조업	1	(0.0)	1	(0.0)	1	(0.0)	2	(0.1)
도로이동	1,030	(33.5)	788	(28.8)	784	(27.0)	739	(24.2)
비도로이동	540	(17.6)	539	(19.7)	616	(21.2)	731	(24.0)
폐기물	7	(0.2)	10	(0.4)	9	(0.3)	10	(0.3)
기타	29	(1.0)	31	(1.1)	32	(1.1)	31	(1.0)
비산먼지	1,172	(38.1)	1,067	(39.0)	1,158	(39.9)	1,206	(39.5)
생물성 연소	112	(3.6)	117	(4.3)	119	(4.1)	120	(3.9)
합계	3,072	(100.0)	2,737	(100.0)	2,902	(100.0)	3,051	(100.0)

주 : 2011년 배출량은 CAPSS 기준이며, 2010년, 2012년, 2013년 배출량은 기초자료 DB를 바탕으로 산정된 배출량을 CAPSS 배출량(2011)으로 보정한 것임.

3 정책 건의

3 1 지역 배출원 관리정보 확인 및 목표관리 시행

- 25개 자치구별 배출원 기초정보를 수집, 확인·보완해 맞춤형 정책 추진의 필요조건인 초미세먼지 배출원별 관리정보 구축
- 초미세먼지 배출원 인벤토리 DB 구축은 자치구별 배출원 목표관리의 이행 수준을 평가하는 기본척도로 활용

3 2 지역 맞춤형 초미세먼지 관리대책의 우선순위 도출

- 초미세먼지 오염도 개선대책의 효율성 제고를 위해, 지역별 배출 특

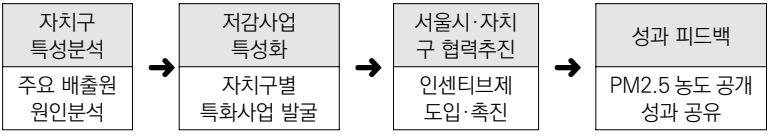
성을 고려한 초미세먼지 관리대책의 우선순위 검토

- 도로이동오염원과 도로 재비산의 배출 기여도가 높은 자치구 : 교통수요 대책과 도로 물청소 강화, 진공청소 확대
- 고기·생선구이에 의한 생물성 연소가 높은 자치구 : 직화구이 방지시설의 시범설치 사업 추진
- 비도로 이동오염원의 배출량이 많은 자치구 : 건설기계의 저공해화 우선 검토, 대규모 공사장의 비산먼지 관리 강화

3 3 초미세먼지 관리 상호협력 체계 구축

o 보편적 관리체계에서 지역 맞춤형 목표관리 체계로 전환

- 자치구 초미세먼지 관리 이행성과를 평가한 후, 인센티브를 지원하여 자치구 간 선의의 경쟁과 적극적 참여 유도



3 4 초미세먼지 개념모델 정립으로 과학적 대응체계 유지

o 초미세먼지 농도와 관련된 대기화학/수송 반응, 대기 중 농도 특성, 주요 배출원, 성분별/지역별 기여도 등 다양한 요소의 영향과 인과관계를 파악하여 효율적·전략적 정책 시사점 도출

- 초미세먼지 현황 분석
  · 동북아 지역 연도별 초미세먼지 및 전구물질 변화 분석
  · 기상 패턴 분석 및 기상과 초미세먼지 상관성 평가
  · 고농도 초미세먼지 발생 현황 분석
  · 대기환경지도 작성

- 배출량 분석 평가
  · 동북아시아 및 국내, 서울시 배출량 변화 분석
  · 오염물질별 주요 배출기여도 분석
- 기상과 초미세먼지 상관성 분석 평가
  · 기상 변화에 따른 초미세먼지 영향 분석
  · 고농도 발생 시 주요 기상 인자 분석 평가
- 초미세먼지 생성 기작(매커니즘) 및 고농도 발생원인 분석
  · 1차 및 2차 생성 초미세먼지 발생 기작 분석
  · 고농도 시 주요 경로 및 발생원인 평가
  · 배출원, 기상과 초미세먼지와 상관성 분석
- 주요 정책 시사점 도출 및 제어정책 수립
  · 주요 배출원, 기여도, 기상분석에 의한 저감정책 방향 제시

서울시 초미세먼지 대응 정책방향

- 서울시 초미세먼지의 생성 특성은 NH_3가 많은 상태이고, SO_4^{2-}는 장거리 이동 영향을 비교적 크게 받으며 고농도는 지역 배출원의 영향이 지배적임.
- 1차 입자상 오염물질(EC, OC, Soil)의 제어 : 주요 배출원인 건설기계, 고기구이, 이동오염원, 비산먼지 관리
- 2차 입자상 물질의 관리 : NOx, SOx, VOCs, NH_3 등 가스상 물질과의 상호작용을 이해하고 저감대책 수립

3 5 동북아 대기질 개선 협의체 구성 운영방안 마련

- o 동북아 대기질 개선 협력체계 구성·운영 필요성
  - 동북아 지역은 정치, 사회, 경제, 문화의 교류가 활발하게 추진되고, 단일 공간으로서의 상징적 의미가 높아 “공동의 목표를 지향하는 함께하는 동북아 협력체계” 구축·운영의 일환으로 대기질 개선 협력은 필요조건

- 동북아 장거리이동 오염으로 인한 시민의 건강 피해 영향 완화와 함께 미래지향적 동북아 대기질 개선 협력 수요에 능동적 대응

o 동북아 대기질 개선 협력체계 추진방향
  - 국가 단위의 환경협력 논의와 함께 서울·베이징·도쿄 중심의 "공동협력과 이행" 차원에서 대도시 대기환경 개선 논의의 실효성 확보
  - 동북아 대기환경 개선의 "공동협력과 이행 매커니즘(Collaboration and Implementation Mechanisum)" 확보를 위한 기본틀의 재조명과 실질적·효과적인 전략 마련

o 동북아 대기질 개선 협력체계 구성·운영 내용
  - 동북아 3국은 대기환경 기본 가이드라인 달성을 위한 10년 단위의 기본계획을 마련하고, 서울·베이징·도쿄는 추진하기 위한 실행주체로서 역할을 담당
  - 환경기술 정보 제공, 연구 및 기술인력 파견, 환경정보의 생산 및 공유, 대기환경 3국 모니터링 체계 구축 등에 대한 상호 협력 증진