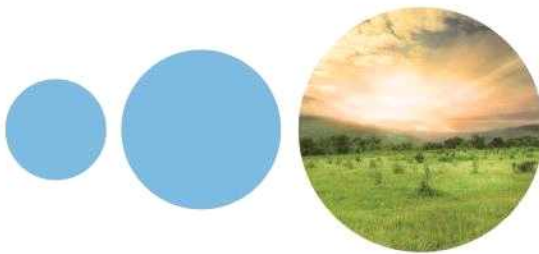


# 미세먼지 사회적비용 추정과 충청남도 대응정책 세미나

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2020. 8. 19.

---

# 화력발전 피해비용 산정 방법론 및 사례

2020.08.19.

강연경(ykkang@kfq.or.kr)

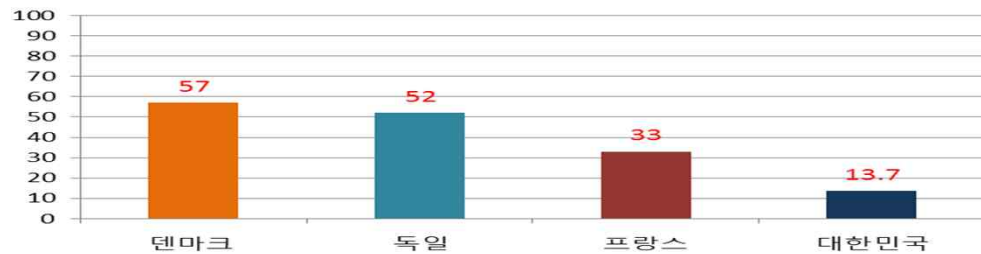
- 발전부문의 사회적비용 중 가장 큰 비중을 차지하는 비용은 환경외부비용.
- 충청남도의 경우, 타 지자체와 비교해 화력발전소의 집적도가 가장 높아, 미세먼지 주요 배출원으로 지적됨.
- 최근 배출권거래제의 시행('15~)과 더불어, 온실가스 감축의 관점에서도, 화력발전소 규제에 대한 여론 및 공감대가 형성됨.
- 미국, 유럽 등 선진국은 주로 최종 소비자가 조세 형태로 사회적 비용 부담
- 반면 우리나라는 가격신호의 역할이 미흡하고, 경직적인 에너지가격체계로 인해 조세 방식 적용에 한계
- 신재생에너지 의무할당제 (RPS), 발전용 유연탄 과세 신설('14.07), 탄소 배출권거래제 시행('15.01) → 발전부문 사회적 비용(외부비용)의 명확한 정의 → 현황 진단 및 사회적 비용 부여방안 마련 필요
- 사회적비용의 부여 방법론 및 적정 부담수준 분석 → 충청남도의 정책목표 달성 가능성 진단 → 효과적인 정책 방향 제시

# 발전부문 사회적 비용 부담 현황

## 국내 발전부문 사회적 비용 부담 현황 및 문제점

- ☐ 발전사업자에 대해 동일/비슷한 취지를 가진 부담금이 난립
- ☐ 가격신호로서의 역할 미흡
- ☐ 소비자에게 정책비용의 수준을 정확하게 알리고자 하는 OECD/EU 흐름에 역행
- ☐ 전기요금상의 사회적 비용 미 구분
- ☐ 전력소매 시장의 비자유화→ 전력생산량과 전기요금 최적화 불가→ 사회적 비용 회수 불확실
- ☐ 타 선진국에 비해 적은 전력요금 체계의 소비자비용 부담 (13.7%)
  - 부가가치세 10%, 전력산업기반기금 3.7%
- ☐ 전원별 부담하는 사회적 비용의 크기와 발전비용의 불일치
  - LNG (11.63원/kWh) > 석탄 (10.02원/kWh) > 원자력 (5.37원/kWh)

국가별 전력요금 소비자부담 (%)



국가별 전력요금 소비자부담 (%)

## 해외 발전부문 사회적 비용 부담 현황 및 문제점

- ☐ 발전부문 조세: 에너지원에 대한 세금 + 전기소비세
  - 대부분의 국가들이 전기소비세 부과, 우리나라의 경우 에너지원에 대한 세금만 부과 중
- ☐ 유럽 국가들의 전력요금 체계 소비자 부담 부분이 우리나라보다 높음
  - 덴마크(57%), 독일(52%), 프랑스 (33%) 등

유형	에너지원에 대한 세금과 전기소비세를 동시에 부과	전기소비세만 부과	에너지원에 대한 세금만 부과	모두 부과하지 않음
국가	벨기에, 덴마크, 프랑스, 그리스, 네덜란드, 폴란드, 스웨덴, 터키, 일본 등	오스트리아, 체코, 핀란드, 독일, 아이슬란드, 아일랜드, 룩셈부르크, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 슬로바키아, 영국 등	대한민국, 이스라엘, 멕시코, 스위스 등	호주, 뉴질랜드, 칠레 등

# 발전부문 사회적 비용의 정의 및 항목

## 국내 발전부문 사회적 비용 부담 현황 및 문제점

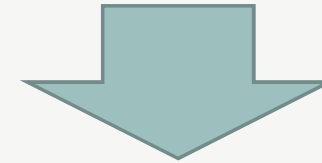
- Airpacts (비방사성 대기오염물질)  
Nukpacts (방사성 오염물질)  
Hydropacts (댐건설)로 인한 외부비용 도출



출처: CEEESA (<http://ceeesa.es.anl.gov/projects/EnvironmentalAnalysisTools.html>)

## 해외 발전부문 사회적 비용 부담 현황 및 문제점

- 발전사를 상대로 외부비용 부담 현황과 관련된 데이터 수집
- 충남도민 또는 국민들을 대상으로 사회적 비용에 대한 전반적인 설문조사 시행



국내외 문헌연구를 통해 사회적비용의 정의 및 항목 도출

# 참고. 연구 방법론(안)

## 1단계. 환경영향평가모형 분석, 모형선택

Model	모형 설명
QUERI (Ver 1.1)	semi-empirical 접근법을 이용하여 인체영향 평가
RUWM (Ver 1.0)	수리모형을 이용하여 인체영향 평가
URBAN (Version 1.0)	도시 인근지역에 위치한 오염원으로 인한 인체영향 및 비용 평가
AIRPACTS (Version 2.0)	환경오염물질에 의한 인체, 작물, 인공구조물의 영향 및 비용 평가

## 2단계. 모형의 독립변수, 종속변수 식별

### (안) AIRPACTS 모델

1차 오염원	2차오염원	영향 부문
분진(Particulates)		Mortality(급성, 만성) Morbidity(기관지, 천식, 폐활량감소 등) Cancers
SO <sub>2</sub>		Mortality(급성) Morbidity(기관지) Crops(생산량변화) Materials(부식, 탈색 등)
SO <sub>2</sub>	Sulfates	Mortality(급성, 만성) Morbidity(기관지, 천식, 폐활량감소 등)
NO <sub>x</sub>		Mortality(급성) Morbidity(기관지, 눈 염증 등)
NO <sub>x</sub>	Nitrates	Mortality(급성, 만성) Morbidity(기관지, 천식, 폐활량감소 등)
NO <sub>x</sub> 및 VOC	Ozone	Mortality(급성) Morbidity(기관지, 눈 염증 등) Crops(생산량변화)
PAC(Polycyclic Aromatic Compounds)		cancers
CO		Mortality(급성) Morbidity(심장질환)
Dioxins 및 Dibenzofurans		cancers
Heavy Metals (As, Cd, Cr, Ni)		cancers
Hg, Pb		Morbidity(신경중독)
Greenhouse Gases (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> ...)		인체,국물,생태계,기후변화,수위상승 등

## 3단계. 필요한 데이터 식별 및 데이터 수집

구 분	단위	3. 비용 자료	
1. 발전소 자료		- 인체	
- 시설용량	MWe	* 호흡기질환	\$/case
- 연돌 높이(Stack height)	m	* 급성사망	\$/case
- 출구 온도(Exit temperature)	℃	* 암	\$/case
- 출구 속도(Exit velocity)	m/s	- 작물	
- 출구배출량 속도(Exhaust flow)	Nm <sup>3</sup> /s	* 미곡	ton/(yr· km <sup>2</sup> )
- 풍속계 높이	m	* 보리 및 소맥	ton/(yr· km <sup>2</sup> )
(Anemometer height)		* 감자 및 고구마	ton/(yr· km <sup>2</sup> )
2. 환경 자료		* 콩류	ton/(yr· km <sup>2</sup> )
- SO <sub>2</sub>	ton/yr	* 기타	ton/(yr· km <sup>2</sup> )
- NO <sub>x</sub>	ton/yr	4. 인구 자료	
- 분진	ton/yr	- 지역(local area)	명/km <sup>2</sup>
		- 권역(regional area)	명/km <sup>2</sup>

## 4단계. 데이터 코딩 및 입력, 모델 적용

## 5단계. 결과 분석, 외부비용 산정

### (예시) 외부비용 산정결과

영향 부문	오염원 종류	외부비용(백만\$/년)		
		하한안	기준안	상한안
인체 영향	분진			
	SO <sub>2</sub>			
	NO <sub>x</sub>			
	기타			
작물 피해	SO <sub>2</sub>			
계				

# 발전부문 사회적 비용의 부과 방안

## 정책 비용의 전기요금 부과 타당성

### 사회적 비용 및 정책 비용

- 사회적 비용 = 외부비용 + 사적비용
- 정책비용 = 내부화된 외부비용 + 사적비용

## 정책 비용의 전기요금 부과 타당성

- 현재 국내 전력산업에 대한 정책비용은 조세형태, 부담금형태, 내부비용형태 등 다양한 형태로 이뤄지고 있음
- 전력소비자에게 분명한 가격신호를 제공하지 못하고 있으며 외부 비용의 내부화를 통해 적정 부담을 부여할 필요 있음
- 최종소비자가 전력요금에 부가된 가격의 형태로 정책비용을 인식해야만 정책비용의 수준을 이해하고 전력소비 수준을 결정할 수 있음
- 전력수요조절 및 미세먼지, 온실가스 배출량의 효과적인 감소 기대

## 정책요금 반영 시 세부 운영방안 검토

- 전기 소비자가 이해할 수 있는 형태로 외부 비용 내지는 정책비용의 정보를 제공할 필요가 있음
- 각 부담 항목별로 요금을 분해하여 정확한 정보를 제공해야 하고, EU 주요국의 전기요금체계처럼 전력산업의 정책비용을 전기요금에 더하여 소비자들이 부담하는 형태도 검토될 필요가 있음
- 전력소매 시장이 자유화되어 있지 않아 전력생산량과 전기요금이 최적화되기 어려우며, 이로 인해 사회적 비용의 회수가 불확실함
- 본 과제에서 제시하는 사회적 비용 부담 형태는 두 가지 유형을 제시할 예정(현 시점에서 도입 가능한 과도기적 방안, 궁극적으로 지향해야 할 이상적 방안)



# 1. 국내 연구사례 개요

국내/국외	연구시점	저자	대상 발전원	방법론	비용 산출 방식	COx	SOx	NOx	PM (미세먼지)	VOCx (휘발성유기화합물)	NH3 (암모니아)	교통혼잡비용	에너지 안보비용	송전선로 피해비용	반전 온배수 배출에 의한 비용	소비자 수용성
국내	2003	강광규	화석연료	기존문헌(Holland&Watkiss,2002) 활용하여 국내 적용	Holland&Watkiss (2002)의 추정결과를 활용하여 수도권의 대기오염 단위당 사회적 비용 추정	X	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X
국내	2011	정성호	화석연료	기존문헌(Holland et al, 2005)활용	AEA Technology Environment (2005)의 연구결과를 이용, 우리나라 화력발전소의 오염물질 배출로 인한 지역별 사회적 비용 산출	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X
국내	2012	강만옥 외	화석연료	기존문헌(환경외부비용: ExternE, 교통혼잡비용:교통연구원자료인용, 에너지안보: 석유비축유 소요 비용) 수치활용	환경외부비용(대기오염)+교통혼잡비용+에너지 안보비용	X	O	O	O	X	X	O	O	X	X	X
국내	2013	충남발전연구원	화석연료	전국 화력발전량의 40%에 달하는 전력을 생산하는 충남지역을 대상으로 화력발전소의 사회적 비용 분석	화력발전소의 오염물질 배출에 따른 비용+발전 온배수 배출에 따른 비용+송전선로에 의한 피해 비용	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	X
국내	2014	장진용	전체	선택실험, 계층적 베이지안 혼합네스티드로짓모형	ExternE의 외부비용+발전원에 대한 소비자 수용성(지불의사액)	X	O	O	O	X	X	X	O	X	X	O
국내	2014	노재형	화석연료	ExternE결과를 구매력평가 1인당 GDP와 인구밀도의 비율로 보정	화력발전소 유형별로 PM, SOx, NOx 배출량과 사회적 비용 계산	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
국내	2014	국수자원공	전체	선택실험법, 조건부가가치평가법(CVM)이용, 컨조인트 분석	온실가스배출+건강피해+지역피해+온배수배출	온실가스배출 + 건강피해 + 지역피해									O	X



## 2. 해외 연구사례 개요

국내/국외	연구시점	저자	대상 발전원	대상 국가	방법론	비용 산출 방식	COx	SOx	NOx	PM (미세먼지)	VOCx (휘발성 유기화합물)	NH3 (암모니아)	교통혼잡비용	에너지 안보비용	송전선로 피해비용	반전 온배수 배출에 의한 비용	소비자 수용성
국외	1993-2005	Extern E	전체		오염물질이 오염원에서 인체까지 이르는 경로를 분석하고 이를 경제적 비용으로 환산하는 Impact Pathway Analysis	국가별, 오염물질별 추정, 3가지 유형(인체 피해비용, 농작물 감소비용, 구조물 부식 비용)으로 구분하여 추정	X	0	0	0	X	X	X	0	X	X	X
국외	2002	Holland Watkiss	화석연료		Extern E 결과를 기반으로 대기오염물질 단위당 사회적 비용을 재추정	지역을 시골, 도시, 해안지역으로 구분, Extern E와 다르게 VOCx를 고려	X	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X
국외	2005	Holland et al (AEA Technology Environment)	화석연료	EU 25개 국가	50*50km 격자로 지역을 분할하고 기상확산모형을 이용해 오염원 농도를 시뮬레이션	EU25개 국가들과 인근 해역에 대한 오염물 단위당 환경외부비용 산출	X	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X
국외	2006-2008	CASES	전체	EU 25개 + 일부 비 EU 국가	Extern E 연구결과를 확장	EU25개 국가들과 일부 비 EU국가들의 국가 수준에서 상이한 에너지원으로부터 에너지 생산의 내부 및 외부 비용에 대한 일관성 있고 상세한 추산치 추정	X	0	0	0	X	X	X	0	X	X	X
국외	2012	MIT	전체 (그러나 사실상 원자력 반영 못함)		carbon external cost (기후변화 관련)와 non-carbon external cost(건강에 미치는 피해비용 포함)를 구분	carbon external cost의 경우 Integrancy working group on social cost of carbon "Technical support document"를, non-carbon external cost의 경우 National Academy of sciences "Hidden Costs of Energy"의 자료 인용	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X
국외	2013	일 발전단가 검증위원회	전체		발전원의 사회적비용(환경대책비+사고위험대책비+정책비용)을 식별하고 모델 플랜트 방법을 사용하여 각 발전원의 발전단가를 추정	환경대책비+사고위험대책비 +정책비용	0	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X

### 3. 전력 사업의 내부비용 부담 현황

구분		석탄	LNG	원자력	수력**	근거법률
조세형태	지역자원시설세	0.3원/kWh (발전시설용량이 시간당 1만kWh 이상)		1원/kWh	발전용수 10m당 2원	지방세기본법 제34조 지방세법 시행령 11장
	유연탄과세*/ LNG 과세	고품질 19원/kg 저품질 17원/kg	42원/kg	-		개별소비세법 시행령 일부개정령안
내부비용형태	RPS	500MW 이상의 발전설비 보유 발전사업자가 총 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지로 공급하거나 공급인증서 구매로 의무공급량을 충족해야함, 의무 미이행량에 대해 과징금 부과				신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제12조의5
	송변전설비 주변지역 보상 및 지원	34만 5천 볼트 이상의 송변전설비를 소유한 자가 재원을 마련하여 송변전설비 주변지역을 지원 단 송변전설비의 소유자와 이요자가 다를 경우 이요자가 재원을 마련				송변전설비 주변지역의 보상 및 지원에 관한 법률
	발전소 주변지역 지원	전력산업기반기금으로 발전소 주변지역을 지원 단 원자력발전과 수력발전 사업자는 자기기금으로 지원할 수 있음				발전소 주변지역 지원에 관한 법률
	댐 주변지역 지원	-	-	-	전전년도 발전판매수익금의 6% 이내	댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률
	배출권거래제	(3년평균) 온실가스 배출량이 12.5만톤 CO <sub>2</sub> e 이상인 업체, 2.5만톤 CO <sub>2</sub> e 이상인 사업장				온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률
부담금형태	전력산업기반기금 부담금	전기사용자가 전기요금의 3.7% 납부 (자가발전설비 생산 전기, 양수발전사업자용, 구역전기사업자 등 제외)				전기사업법 제51조 전기사업법 시행령 제36조
	석유 및 석유대체 연료의 수입, 판매 부담금	-	24,242원/톤	-	-	석유 및 석유대체연료사업법 제18조

# 1. 발전부문 사회적비용의 분류 및 정의

## 1. 고정적 외부비용

### 입지 갈등 비용

국회에산정책처(2014)

#### □ 정의

- 방사성폐기물 처분장과 같은 원자력 발전과 관련된 시설의 입지 선정과정에서 발생하는 비용
- 입지 선정과정에서 의견 충돌로 인하여 발생하는 비용
- 입지를 선정하는데 합의가 이루어지지 않아 사업이 지연되어 발생하는 비용
- 합의를 이루기 위한 행정 지원비용 등

### 사고 위험 비용 (1)

에너지경제연구원(2013)

#### □ 정의

- 중대사고 발생으로 인한 위험을 회피하거나 대응하기 위한 비용

#### □ 대상

- 해당 국가 내의 한 기 이상의 원전에서 사고가 발생하는 것을 전제, 개략적

#### □ 추정방법

- 손해기대치접근법, 상호부조법, 위험회피성향을 고려한 지불의사액 추정법으로 구분

# 1. 발전부문 사회적비용의 분류 및 정의

## 1. 고정적 외부비용

### 사고 위험 비용 (2)

한국환경정책평가연구원(2013)

#### □ 정의

##### ○ 사고위험회피비용

발전소에서 발생할 수 있는 위험을 해소하기 위해서 국민들이 평균적으로 지불할 용의가 있는 금액

#### □ 대상

○ 위험회피성향을 고려한 지불의사액을 추정하여 3.8~94.9원/kWh로 추정

○ 원자력발전 사고위험에 대한 CVM 설문자료를 이용하여 WTP 도출

○ 원자력발전의 사고위험을 해소하기 위해서 가구당 월 평균 2,540~4,184원의 전기요금을 추가적으로 지불할 용의가 있는 것으로 나타남

### 송변전설비 주변지역의 보상 및 지원

충남발전연구원(2013)

#### □ 송전선로에 의한 갈등발생 요인

○ 송전설비 주변지역의 지가 하락, 거래 제한 등의 토지이용 장애에 대한 보상규정 미흡

○ 소음, 전파장애, 조망장애 등으로 인한 생활환경 피해 및 정신적 불안

○ 송전탑의 낙뢰사고, 붕괴사고 등의 발생(또는 가능성)에 대한 불안감,

환경파괴로 인한 피해

○ 장래 개발가능성과 용도변경 침해로 인한 기대이익 상실

○ 특히, 지가 하락 등으로 인한 경제적 제도적 피해가 가장 가시적으로 주민들이 느끼는 피해

□ 충남의 송전선로에 의한 피해액을 산출한 결과, 최소 390억원의 경제적 피해를 보는 것으로 추정

○ 현재의 데이터로는 송전선로의 토지이용별 자료가 없어 정상 토지 가격이 최소인 임야의 지가 하락을 대응변수로 채택

○ 향후 GIS를 이용하여 수치지적도와 공시지가 수치지도를 이용해 송전선로의 토지이용별 데이터 추출 필요

# 1. 발전부문 사회적비용의 분류 및 정의

## 2. 정책적 외부비용

### 정책비용

#### 국회에산정책처(2014)

##### □ 정의

- 원자력 발전을 유지하기 위해 정부가 재정사업으로 지원하는 각종 재정사업 지원비용
- 원자력 발전의 안전성 및 성능 향상을 위한 연구개발비, 원자력 발전에 대한 수용성을 높이기 위한 주변지역지원사업, 홍보사업, 원자력 관련 기관 운영비

##### □ 주요결과 및 수치

- 2010년의 재정사업규모는 3,076억원이며 발전량은 140,876kWh로, 발전량당 정책비용은 2.18원이었음
- 2013년의 정책비용은 5,169억원으로 증가했으나 부품 안전성의 문제로 발전량은 예년보다 낮은 수치를 기록하여 발전량당 정책비용은 3.9원/kWh이었음

### 미래세대 비용

#### 국회에산정책처(2014)

##### □ 정의

- 현재세대가 사용하는 원자력 발전이 미래에 유발할 수 있는 회복할 수 없는 피해에 대한 비용

##### □ 설명

- 방사성 폐기물 처분장의 경우, 운영기간이 만료될 경우 해당 지역은 영구히 격리되어 관리되는데, 이는 사용 후 핵연료 처분장 부지가 비가역적인 방법으로 이용됨으로써 미래 세대가 새로운 형태로 이용이 불가능해진다는 의미
- 국토의 일부이기 때문에 존재가치는 남아있으나 유산가치와 보전가치를 잃어버린다는 점에서 국토의 일정부분에 대한 손실비용을 고려할 필요 있음

# 1. 발전부문 사회적비용의 분류 및 정의

## 2. 정책적 외부비용

### 수요관리 비용

국회예산정책처(2014)

#### □ 정의

○ 최소의 비용으로 소비자의 전기에너지 서비스 욕구를 충족시키기 위하여 소비자의 전기사용 패턴을 합리적인 방향으로 유도하기 위한 정부 및 전력회사의 제반활동

#### □ 대상

##### ○ 수요관리의 유형

- ✓ 부하관리: 비상자원(지정기간, 주간 및 전일예고) 활용 및 부하관리기기(가스냉방, 최대전력관리기기 등) 보급비용
- ✓ 효율향상 : 신조명기기, 고효율 전동기 등 효율향상을 위한 지원 실적

#### □ 주요결과 및 수치

구 분		2010	2011	2012	2013	2014	2015	합 계
부하 관리	기반 기금	591	882	3,468	1,181	151	7	6,280
	한전 예산	0	0	0	0	0	0	0
	소계	591	882	3,468	1,181	151	7	6,280
효율 향상	기반 기금	317	311	215	379	96	2	1,320
	한전 예산	0	0	0	0	13	83	96
	소계	317	311	215	379	109	85	1,416
합 계		921	1,193	3,683	1,560	247	92	7,696

## 2. 석탄발전의 인체피해비용 연구

### CASES (2006)

□ 화력발전에 의한 인체피해비용을 유럽 27개국을 대상으로 아래 표와 같이 추정

오염물질	€ (2000 년 기준) /ton
NH3	9,482
NM VOC	584
NOX	5,591
PPMco	1,473
PPM25	25,897
SO2	6,070

### Muller & Mendelsohn (2007)

□ APEEP 방법론을 활용하여 외부비용을 산정  
□ 외부비용 항목 중 mortality와 morbidity가 인체피해비용에 해당

Table 1

Gross annual damages (\$billion/year)

Pollutant	Mortality	Morbidity	Agriculture	Timber	Visibility	Materials	Recreation	Total
PM <sub>2.5</sub>	14.4	2.6	0	0	0.4	0	0	17.4
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	0	7.8	0	0	1.3	0	0	9.1
NO <sub>x</sub>	4.4	0.8	0.7	0.05	0.2	0	0.03	6.2
NH <sub>3</sub>	8.3	1.5	0	0	0.2	0	0	10.0
SO <sub>2</sub>	16.1	2.9	0	0	0.4	0.1	0	19.5
VOC	9.6	1.8	0.5	0.03	0.2	0	0	12.1
Total	52.8	17.4	1.2	0.08	2.7	0.1	0.03	74.3

<sup>1</sup>PM<sub>10</sub> represents coarse particles between 2.5 and 10 microns throughout the paper.

### Greenstone and Looney (2012)

□ 각 발전원에 대한 사회적 비용을 추정, 이 중 Carbon 외부비용을 인체 피해비용으로 간주

구분	사적비용	Non-carbon 외부비용	Carbon 외부비용	총 사회적 비용	외부비용 비중
기존 석탄화력	3.2	3.4	2.2	8.8	63.64%
기존 가스화력	4.9	0.2	1.0	6.0	18.33%
기존 원자력	2.2	—	—	2.2	—
신규 석탄화력	6.2	3.4	1.9	11.5	46.09%
신규 가스화력	5.5	0.2	0.8	6.5	15.38%
신규 원자력	8.2-10.5	—	—	8.2-10.5	—

### 기타 연구

연구	대상국가	에너지원	외부비용 (US cents/kWh)	산정방식
Schuman & Cavanagh (1982)	US	석탄	0.06-44.07	Abatement Cost
Thayer et al. (1994)	US	가스	0.003-0.42	Damage cost (bottom-up)
ORNL & Rff (1994-1995)	US	석탄	0.11-0.42	Damage cost (bottom-up)
	US	석유	0.04-0.22	
	US	가스	0.01-0.03	
EC (1995)	UK/DE	석탄	0.92/2.29	Damage cost (bottom-up)
	DE	석유	2	
	UK	가스	0.1	
Pearce (1994)	UK	석탄	3.02	Damage cost (top-down)
	UK	석유	0.49	
Rowe et al. (1995)	US	석탄	0.21	Damage cost (bottom-up)
	US	석유	0.72	
	US	가스	0.22	



### 3. Extern E 방법론 (1/3)

## 1단계. 배출원(Source) 식별

- ▶ 발전으로 인한 오염물질
- ▶ 발전소의 유형, 발전량에 따라 배출되는 오염물질의 양 결정

□ 발전소에서 방출되는 1차물질(Primary pollutants)과 이들의 화학적 결합으로 생성되는 2차물질 (Secondary pollutants)로 구분

Primary Pollutants	Secondary Pollutants	Impacts
Particles (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , black smoke)		mortality cardio-pulmonary morbidity (cerebrovascular hospital admissions, congestive heart failure, chronic bronchitis, chronic cough in children, lower respiratory symptoms, cough in asthmatics)
SO <sub>2</sub>		mortality cardio-pulmonary morbidity (hospitalisation, consultation of doctor, asthma, sick leave, restricted activity)
SO <sub>2</sub>	Sulphates	like particles?
NO <sub>x</sub>		morbidity?
NO <sub>x</sub>	Nitrates	like particles?
NO <sub>x</sub> +VOC	Ozone	mortality morbidity (respiratory hospital admissions, restricted activity days, asthma attacks, symptom days)
CO		mortality (congestive heart failure) morbidity (cardio-vascular)
PAH diesel soot, benzene, 1,3-butadiene, dioxins		cancers
As, Cd, Cr-VI, Ni		cancers other morbidity
Hg, Pb		morbidity (neurotoxic)

### 3. Extern E 방법론 (2/3)

## 2단계. 피해 영향 분석(복용-반응 함수)

- ▶ 복용-반응 함수를 활용, 오염물질과 그로 인한 피해의 상관관계 분석
- ▶ 농도-반응 함수(CRF)를 활용, 각종 피해 영향 분석

#### 복용-반응 함수(Dose-Response function)

- ☐ 복용-반응 함수: 오염물질 양과 그것에 의한 물리적 피해를 연결
  - 오염물질의 양과 병원을 찾는 환자 수의 관계를 표현
- ☐ Extern E에서의 모든 복용-반응 함수는 선형으로 가정
- ☐ 대기오염 물질에 대한 복용-반응 함수는 노출-반응함수 (exposure-response function, ERF) 또는 농도-반응함수(concentration-response function, CRF)로 표현됨
- ☐ Extern E에서는 CRF 형태를 이용하고 있음

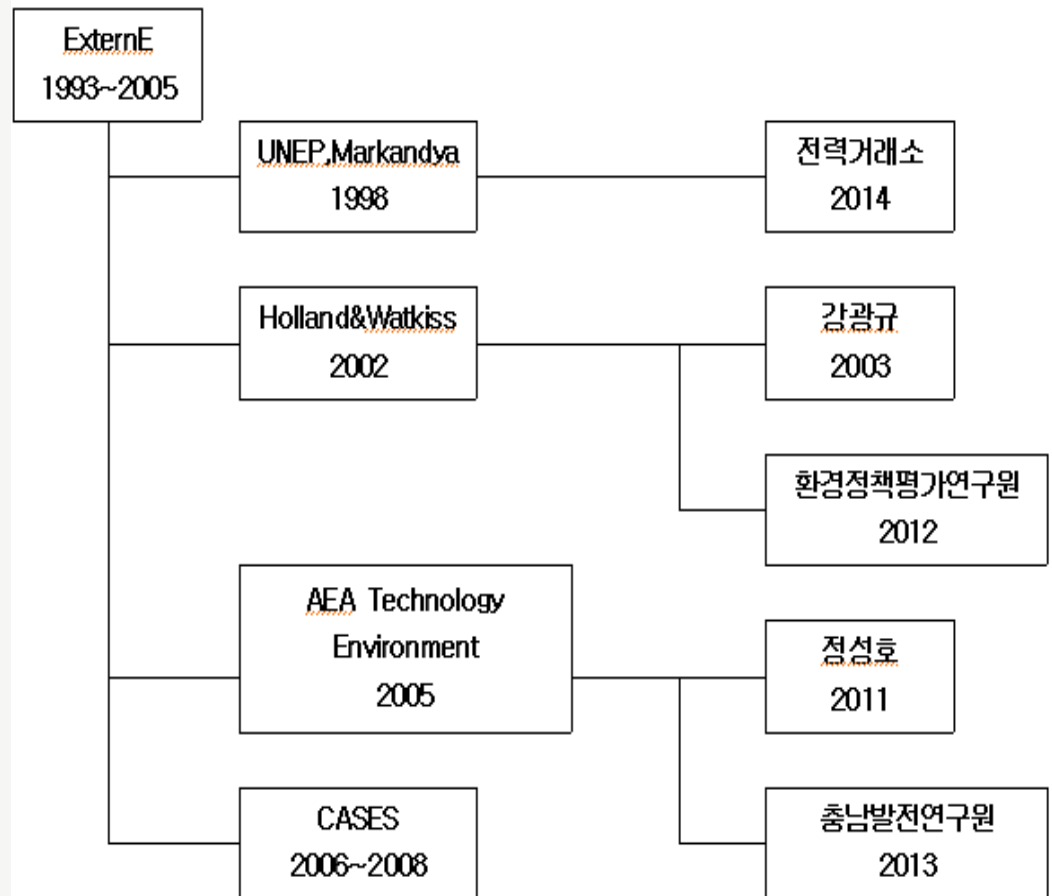
#### 피해 영향(인체, 소음, 건물, 작물)

- ☐ 인체에 대한 피해
  - 사망률(Mortality)에 대한 CRF
    - 오염물질 양이 기대수명(life expectancy) 또는 사망률에 미치는 영향을 분석
  - 질병률(Morbidity)에 대한 CRF
    - 오염물질 양이 단위 인구 당 환자 수에 미치는 영향을 분석
- ☐ 소음으로 인한 피해
  - 소음이 인간의 정신적 건강과 수면에 미치는 영향을 분석
- ☐ 건물 피해
  - 석재(stone materials), 아연/아연도금 철(zinc and galvanized steel), 페인트 코팅(paint coating)이 대기 오염물질에 의해 받는 영향을 분석함
- ☐ 작물 피해
  - 발전원이 유발하는 작물피해는 주로 SO<sub>2</sub>와 오존 변화, 토양의 산성화로 인해 야기됨

### 3. Extern E 방법론 (3/3)

## 3단계. Extern E 를 활용한 2차연구 분석

- ▶ 국외 연구의 대부분은 ExternE에 고려되지 않은 오염물질들의(2차 오염물) 외부비용을 추가로 분석
- ▶ 국내 연구의 대부분은 ExternE와 국외 연구들의 결과값을 환율로 환산하여 국내에 적용



# 4. MIT 방법론

Michael Greenstone and Adam Looney(MIT Center for Energy and Environmental Policy Research). (2012) "Paying Too Much for Energy? The True Costs of Our Energy Choices"

Carbon 외부비용

기후변화와 관련이 있는 외부비용, 즉 CO2 발생으로 인한 외부비용

정부 각 부처의 협력을 통한 워킹그룹에서 CO2 발생으로 인한 피해를 금전화(monetize)

탄소의 사회적 비용 (Social Cost of Carbon, SCC)

SSC는 이미 미국 여러 법안 제정 및 정책 설계에 많이 사용되고 있는 개념

Non-carbon 외부비용

기후변화와 관련이 없는 외부비용으로, National Academy of Science의 자료 활용

석탄화력발전, 천연가스화력발전으로 인한 사회적 비용을 계산

이외의 항목에 대해서는 non-carbon 외부비용을 구할 수 없음

MIT 2012년 연구의 화력 및 원자력 발전의 사회적비용 및 외부비용 산정 결과					
구분	사적비용	Non-carbon 외부비용	Carbon 외부비용	총 사회적 비용	외부비용 비중
기존 석탄화력	3.2	3.4	2.2	8.8	63.64%
기존 가스화력	4.9	0.2	1.0	6.0	18.33%
기존 원자력	2.2	-	-	2.2	-
신규 석탄화력	6.2	3.4	1.9	11.5	46.09%
신규 가스화력	5.5	0.2	0.8	6.5	15.38%
신규 원자력	8.2-10.5	-	-	8.2-10.5	-

미세먼지 사회적비용 추정과 충청남도 대응정책 세미나

# 충청남도 미세먼지 현황과 정책

2020. 08. 19.

충남연구원 서해안기후환경연구소  
이상신(sinslee@cni.re.kr)





## CONTENTS

1. 충청남도 미세먼지 대응 여건
2. 충남 미세먼지 대응계획 수립 필요성
3. 충남 미세먼지 관리 종합대책 기대효과
4. 충남 관련 현황조사
5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



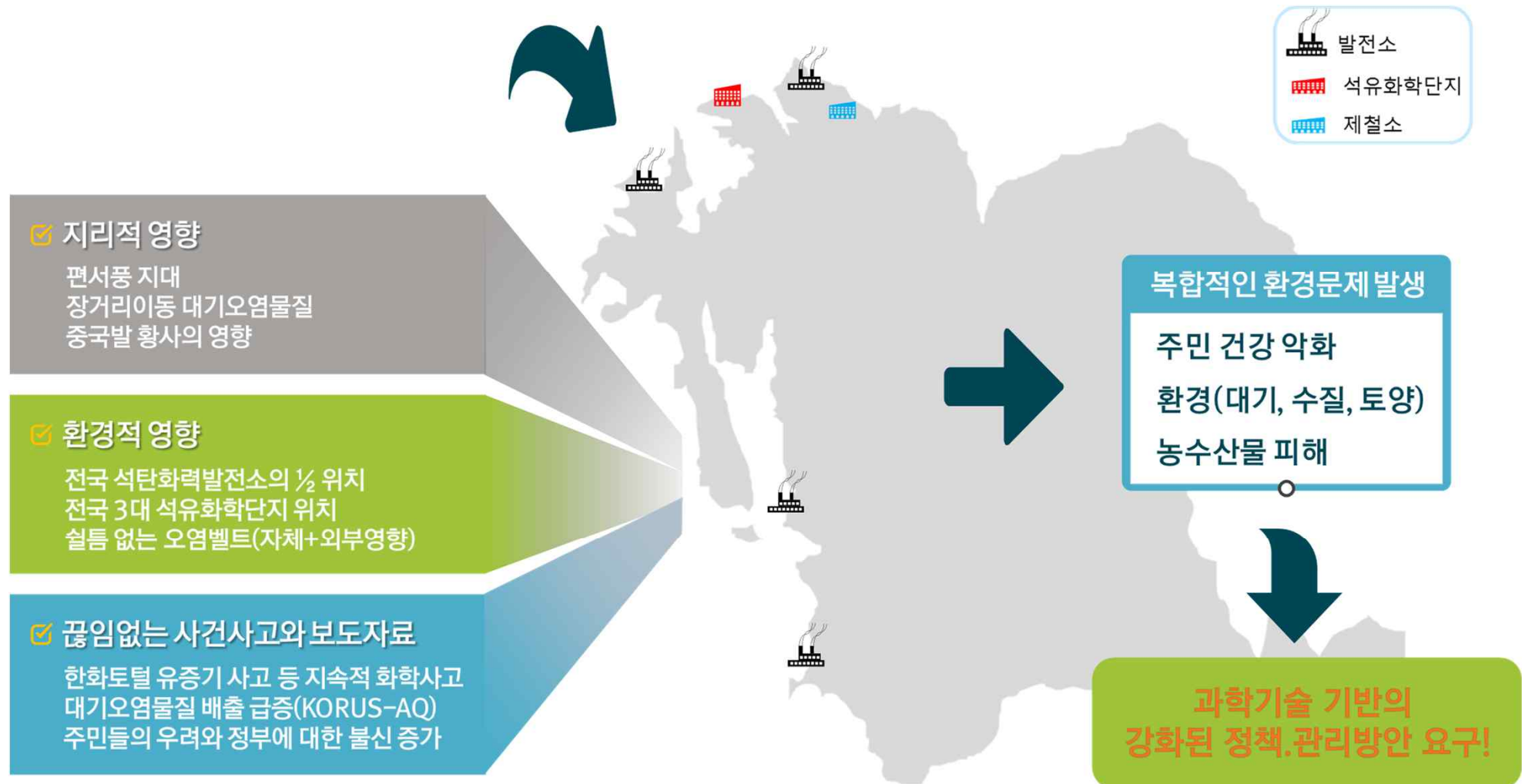


# 1. 충청남도 미세먼지 대응 여건



## 지역·환경적 여건 : 편서풍 지대에 위치한 중국의 영향, 실 틈 없는 오염벨트 지역

- 전국 2위 대기오염 배출지역 : 화력발전소, 제철단지, 석유화학단지 등 다수의 대형배출시설 위치
- 배출원 증가 추세 : 국가산업단지, 일반산업단지, 농공단지, 도시첨단산업단지 등 총 154개 산업단지가 완료되거나 조성 중



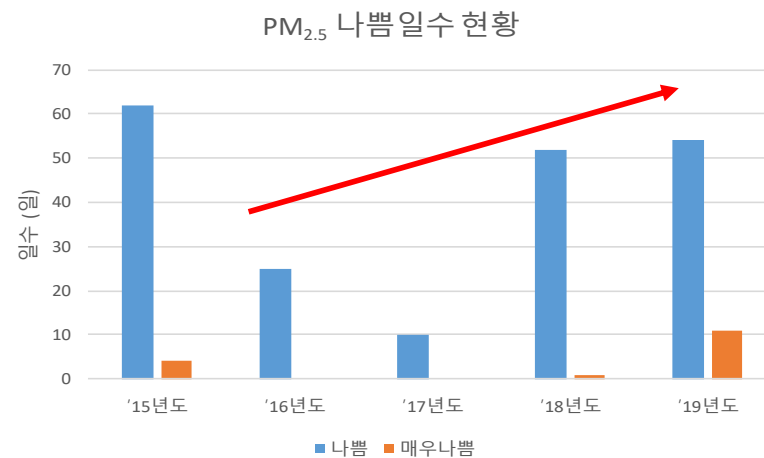
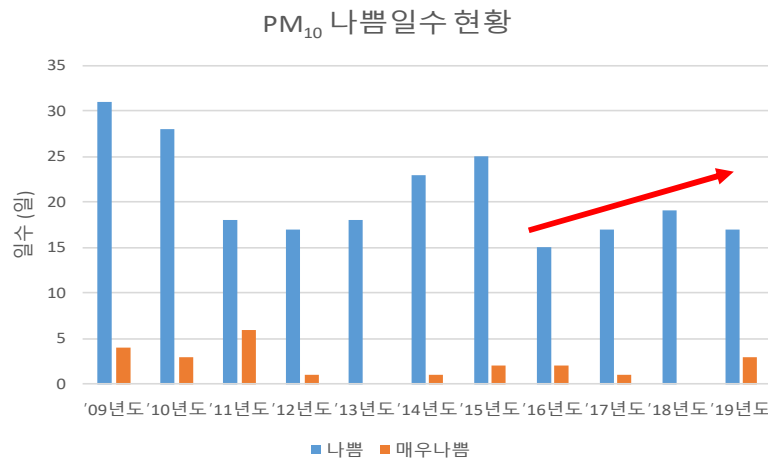
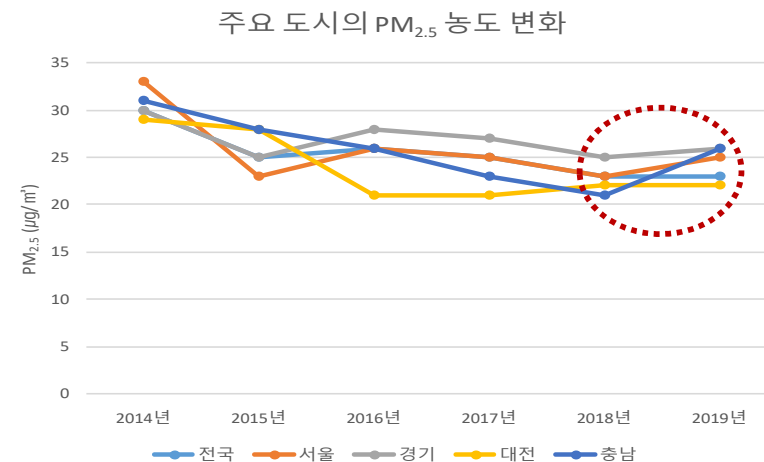
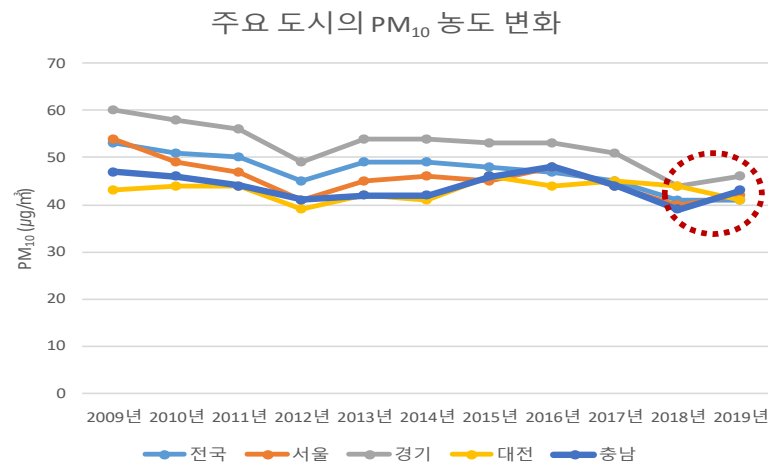


# 1. 충청남도 미세먼지 대응 여건



## ■ 국내 및 충청남도의 미세먼지 현황 : 지속적으로 증가하는 고농도 미세먼지 발생

- 미세먼지 농도는 감소추세이나 최근 3년간 소폭 증가, 고농도 미세먼지 발생사례 증가
- 고농도 미세먼지 발생사례 증가에 따른 충남도민 건강 우려 및 사회적 비용 증가

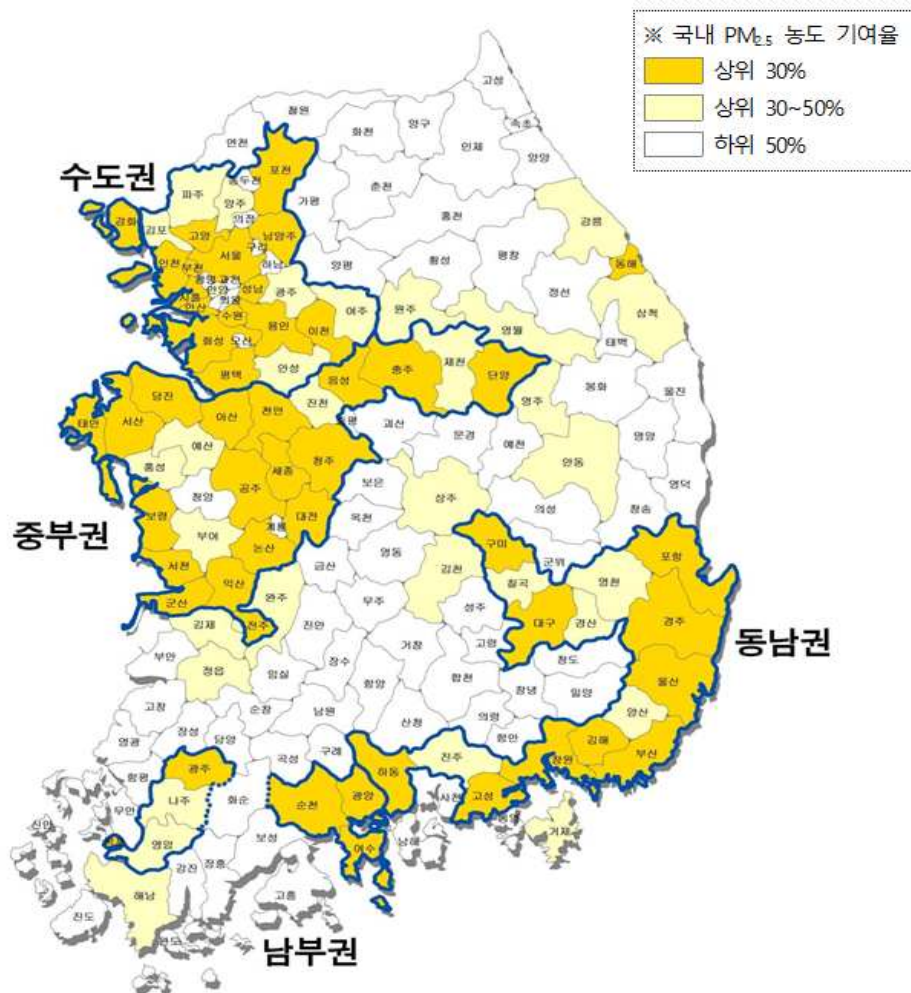


## 2. 충남 미세먼지 대응계획 수립 필요성



### 국가정책에 따른 지역 맞춤형 정책 개발 필요

- **미세먼지 특별법 시행**에 따라 국가 미세먼지 관리 종합계획 시행을 위한 충청남도 세부시행 계획 수립이 요구됨
- 또한 2020년 4월 시행될 **권역별 대기환경관리 기본계획**에 의거 시도별 현황파악을 통한 대기환경개선목표 설정이 필요함



< 대기관리권역법 설정 지역 >

- **대기관리권역 설정**
  - 2005년부터 지정된 수도권 외에 중부권, 동부권, 남부권을 권역으로 추가 총 77개 특광역시 및 시군을 권으로 관리
- **권역별 맞춤형 대기환경관리 추진**
  - 지역 특성을 고려한 광역적이고 체계적 관리 실시
  - 환경부, 관계 중앙행정기관의 장 및 권역에 포함된 시도지사와 협의를 거쳐 권역별 대기환경개선 목표, 시도별 배출허용총량, 배출원별 저감계획 등이 포함된 권역별 <대기환경관리 기본계획>을 5년 마다 수립
- **사업장 대기오염물질 총량관리제 확대 시행**
  - 권역 내 위치한 690여개 오염물질 다량 배출사업장에 대한 총량규제 실시
  - 2024년까지 2018년 대비 약 40% 감축목표
- **자동차 및 건설기계의 배출가스 억제**
- **생활주변 소규모 배출원 및 기타 배출원 관리**

## 2. 충남 미세먼지 대응계획 수립 필요성



### 국가 미세먼지 관리 종합계획 수립

- 정부차원의 국가 미세먼지 관리 종합계획 발표 (2019. 11)
- 국가 정책을 기반으로 하는 지역 맞춤형 분야별·단계별 목표 및 계획 수립 필요

제3차 미세먼지특별대책위원회

안전① 심의

### 미세먼지 관리 종합계획 [2020~2024]

2019. 11. 1



관계부처 합동

#### IV 미세먼지 관리 종합계획 개요

##### 1. 종합계획의 의의

- (계획의 성격) 향후 5년간의 미세먼지 저감 및 관리 정책방향과 추진과제를 제시하는 법정계획
  - 별도 행정계획이었던 기존 대책에 비해 보다 강력한 국가·행정 기관 구속력 발생
- (법적 근거) 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제7조

제7조(미세먼지관리종합계획의 수립 등) ① 정부는 「대기환경보전법」 제11조에 따른 대기환경개선 종합계획을 고려하여 5년마다 미세먼지 저감 및 관리를 위한 종합계획(이하 “종합계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

- (계획 기간) 2020년 ~ 2024년 (5년 계획)
  - ※ 중전 '17.9.26 종합대책 및 '18.11.8 강화대책 계획기간 : 2017년 ~ 2022년
- (대상 지역) 전국
  - 기본적으로 전국을 대상으로 하나, 계획에 포함된 주요 사업은 지역별 오염수준, 배출량 및 배출원 구성 등을 고려하여 추진
  - ※ 전국적인 대책 시행에 따른 잠정적인 지역별 농도저감 목표 제시
- (관리 물질) 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 황산화물(SO<sub>x</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 휘발성 유기화합물(VOCs), 암모니아(NH<sub>3</sub>)
  - 초미세먼지 직접 배출 감축목표와 함께 2차 미세먼지 생성에 기여하는 물질별 감축목표도 병행하여 제시
  - ※ 초미세먼지 2차 생성은 대기 중 성분비, 기상 여건 등에 따라 다르므로 기존 대책에서 활용한 전환계수는 사용하지 않고, 2차 생성 기여 물질별 감축 목표 제시로 전환



## 2. 충남 미세먼지 대응계획 수립 필요성



### 국가 미세먼지 관리 종합계획 수립

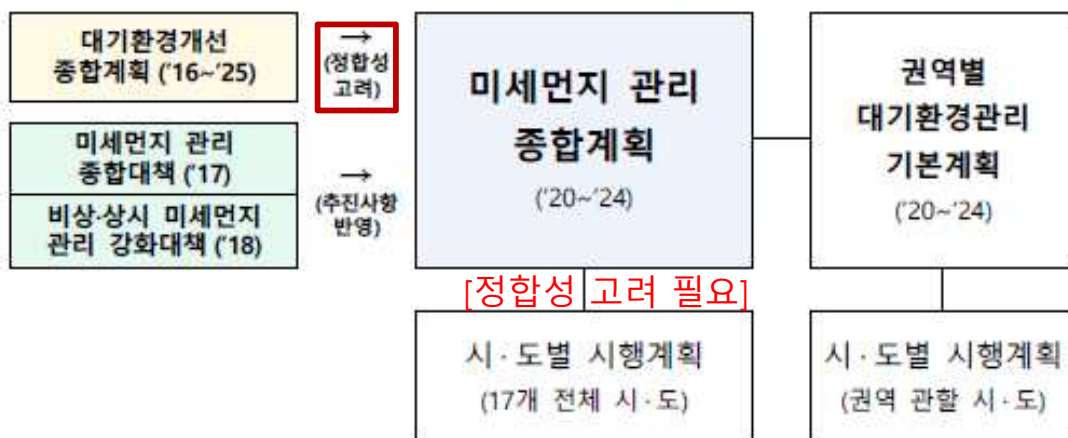
- 기존 정책 평가 및 현황 및 여건 고려를 통한 개선방안 제시
- 타 법령보다 최선·최상위의 미세먼지 관리 종합계획 수립 및 이에 따른 제도 및 계획 변경 필요

□ (수립절차) 관계부처 합동 초안 마련 → 지자체, 전문가 등 의견수렴  
→ 미세먼지특별대책위원회 심의·확정

□ (다른 계획과의 관계) 미세먼지 대응에 관한 최선·최상위 종합계획

※ 「제2차 대기환경개선 종합계획(’16~’25)」 등을 고려하여 수립

#### 【 미세먼지 관리 종합계획과 타 계획 간의 관계 】



중전대책 평가	현황 및 여건	개선 방향
<ul style="list-style-type: none"> <li>연평균 농도 개선 미흡</li> <li>과감한 감축 요구 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 배출요인 증가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* 관리대상 및 사용량 증가 등</li> </ul> </li> <li>국외(중국) 농도는 감소 중이나 국내의 2배 수준</li> <li>기상요인(대기정체) 악화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 과학적 연구·개발 확대 등 기저역 강화</li> <li>◆ 국내 배출량 감축 가속화</li> <li>◆ 단계적·실체적 한중 협력 강화</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>사업장 관리, 국민건강 보호의 현장이행력 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리 대상 증가 및 불법 행위 만연</li> <li>미세먼지로 인한 건강·경제적 피해 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 지역단위 맞춤형 대책 수립 및 이행</li> <li>◆ 대책 실행력 제고 (현장 점검·관리 강화)</li> <li>◆ 국민건강 보호 강화</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>고농도 대응 실효성 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>계절적 고농도 발생 패턴 반복</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 계절적 고농도시기 대응 강화</li> </ul>

## 2. 충남 미세먼지 대응계획 수립 필요성



### 국가 미세먼지 관리 종합계획 수립

□ 국내 배출감축, 국민건강, 국제협력, 기반·소통 등 4개 분야 15대 중점 추진과제 제시

비전	맑고 깨끗한 공기, 미세먼지 걱정 없는 대한민국
목표	'16년 대비 초미세먼지 연평균 농도 35% 이상 저감 ※ 전국 초미세먼지(PM2.5) 연평균 농도 : '16년 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ → '24년 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$

분 야		15대 중점 추진과제
국내 배출 감축	산업부문	① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화
	수송부문	③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화
	발전부문	⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환(중장기)
	농업·생활부문	⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대
국민 건강	국민건강 보호	⑩ 미세먼지 고농도 계절관리제 도입 ⑪ 실내공기질 관리 강화
국제 협력	동아시아 대기협력	⑫ 동아시아 미세먼지 저감 협약 추진(중장기) ⑬ 실제적 협력사업 확대
기반 · 소통	· 과학적 접근· 실천 · 국민참여· 소통	⑭ 미세먼지 해결 다부처 기술개발 사업 ⑮ 참여와 속의를 통한 사회적 합의 도출

#### 산업부문

- 미세먼지 다량배출지역을 대기관리권역으로 엄격 관리
- 사업장 오염물질 배출기준 강화 및 관리체계 재정비
- 사업장 배출관리 실태 감시 및 단속 강화
- 사업장 환경관리 강화를 위한 지원 확대

#### 도로수송부 문

- 노후 경유차 퇴출 가속화
- 경유차 검사·관리 강화
- 신규 경유차 수요 억제/저공해차 보급 확대
- 대중교통 편의 증진 및 교통수요 관리 강화

#### 비도로수송부 문

- 선박 배출 미세먼지 저감
- 항공 미세먼지 감축
- 건설농기계 관리 강화
- 공항 미세먼지 저감 추진

#### 발전 및 농업생활부 문

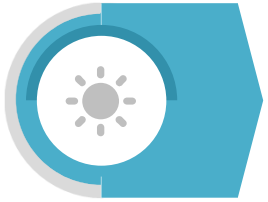
- 석탄화력 미세먼지 저감 추진
- 친환경 에너지 전환 및 사각지대 관리 강화
- 농업·농촌분야 미세먼지 저감
- 도심 미세먼지 저감

#### 국민건강보 호

- 고농도 초미세먼지 재난 대응체계 구축
- 미세먼지 고농도 시기 계절관리제
- 민감·취약계층 건강보호 기반 강화
- 민감·취약계층 건강보호 현장 이행 점검 강화



### 3. 충남 미세먼지 관리 종합대책 기대효과



국가차원의 미세먼지 관리 종합대책과 연계한 권역 및 각 지역 특성에 부합하는 실용적인 미세먼지 관리 종합대책 세부 시행 계획 수립 **지역 미세먼지 관리 체계 마련**



효율적이고 구체적인 미세먼지 대응 사업을 수립하고 이행 체계를 구축하여 국가계획에  
대한 선제적인 대응 **더 행복한 충남 실현을 위한 도민 환경복지 개선**



충청남도 내 시·군의 미세먼지 대응 정책 방향 제시로 국가, 충청남도 및 15 개군의 유기적  
미세먼지 대응 체계 구축 **현실적인 미세먼지 대응 대책 수립**



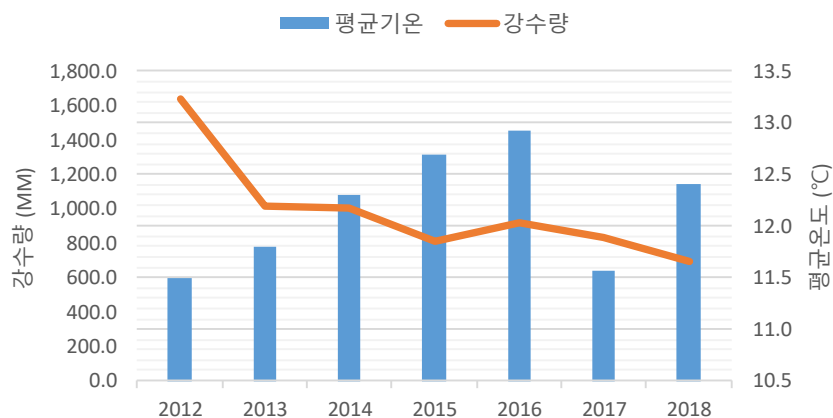
# 4. 충남 관련 현황조사



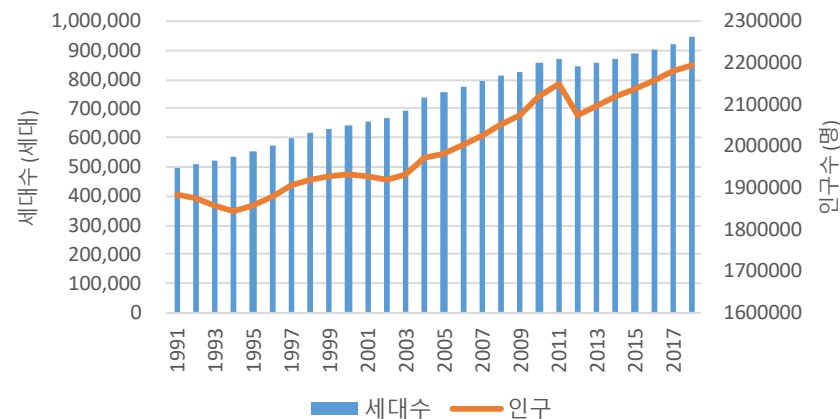
## 1. 충청남도의 일반현황 조사

- 충청남도의 통계자료를 활용한 현황파악 / 통계를 근거로 미래 영향 예측에 활용
- 과거 자료 분석을 통한 향후 충청남도의 개선/보완 방안 분석

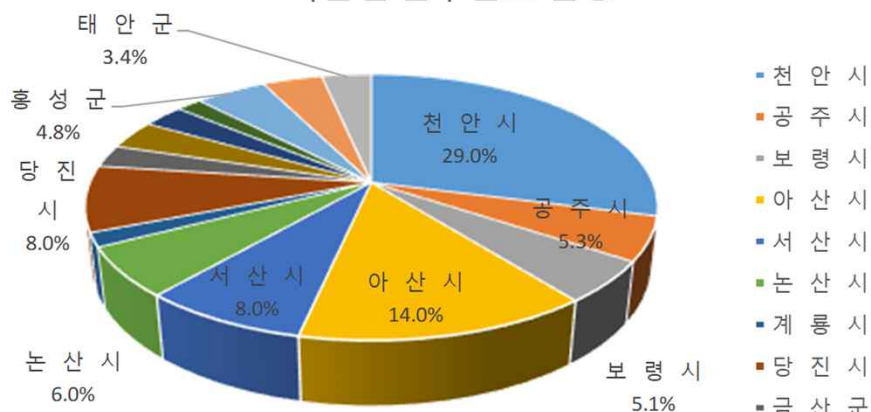
충청남도 기후환경변화



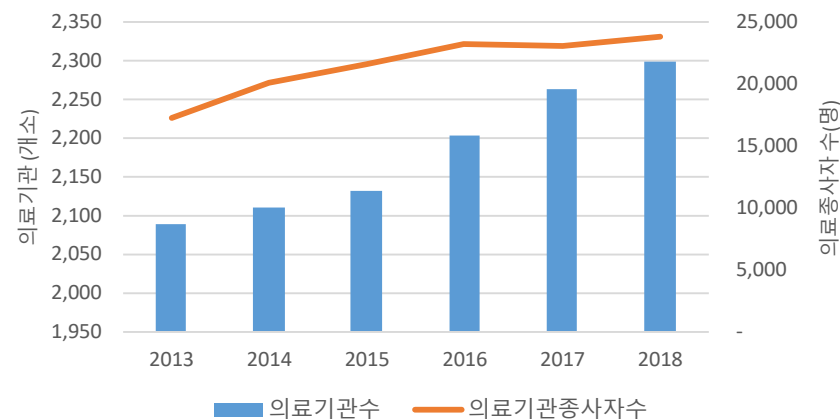
충청남도 인구(세대) 변화



시군별 인구분포 현황



의료시설 및 인력현황



자료 : 충청남도 (2020) 충남통계연보 2019



# 4. 충남 관련 현황조사

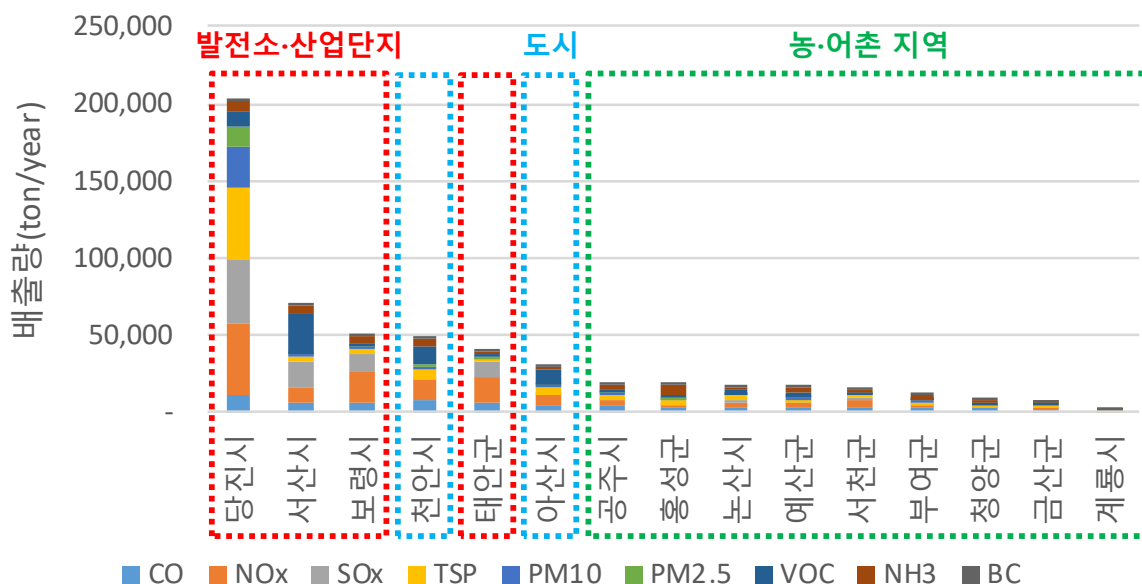


## 2. 충청남도 대기오염물질배출 현황

□ 시군의 지역별 대기오염물질 배출 특성 분석

□ 과거 배출량 자료와 대형 배출사업장의 자발적 감축계획을 반영한 미래 배출량 전망

충청남도 대기오염물질 배출량 순위(2016)



- 충청남도 전체 대기오염배출량 1위 : 당진 (32.8%)
- 오염물질별 배출량 순위
  - CO : **당진** (16.5%) > 천안 (13.1%) > 보령 (10.4%) > 서산 (9.4%)
  - NOx : **당진** (35.4%) > 보령 (14.4%) > 태안 (12.5%) > 천안 (9.0%)
  - TSP : **당진** (55.0%) > 천안 (7.6%) > 아산 (4.6%) > 공주 (4.2%)
  - SOx : **당진** (49.0%) > 서산 (20.2%) > 보령 (14.2%) > 태안 (12.0%)

자료 : 국립환경과학원, 국가대기오염물질 배출량 서비스



# 4. 충남 관련 현황조사

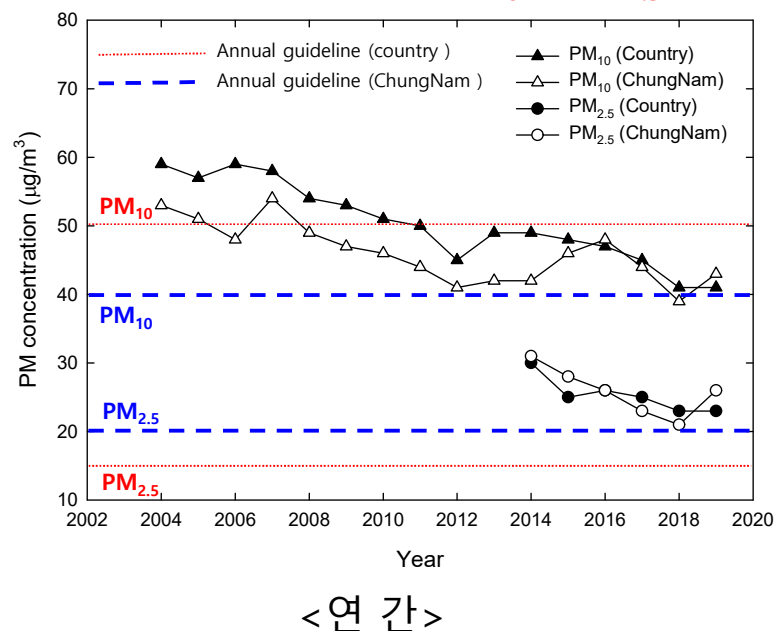


## 3. 충청남도의 대기오염농도 현황

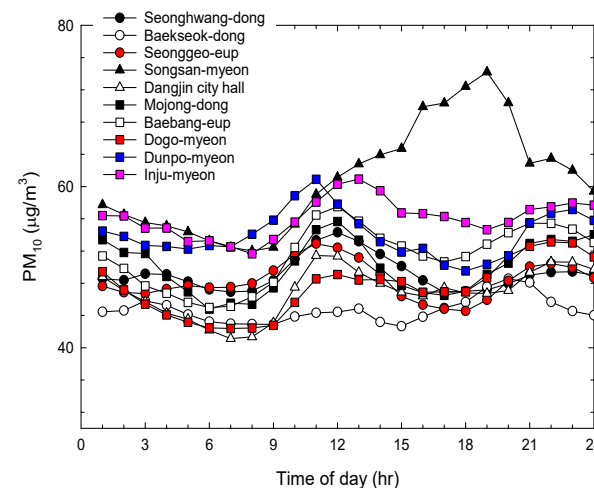
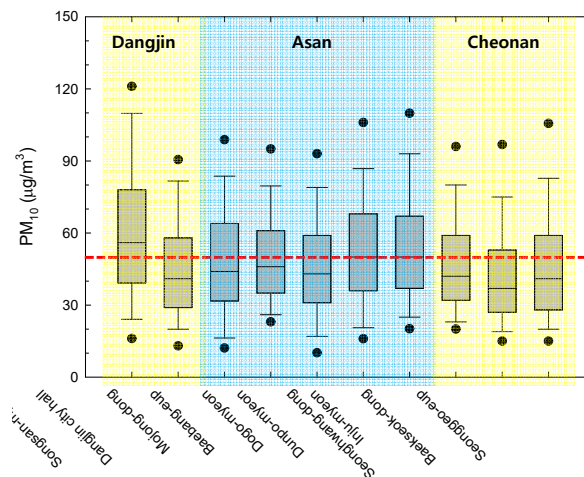
Kim et al (2020), 대기환경학회 9월호 게재 확정

□ 충청남도 내 도시대기 측정망 자료를 활용하여 오염물질별, 연간, 권역별, 일간 변화 조사 → 지역 오염도 특성 분석

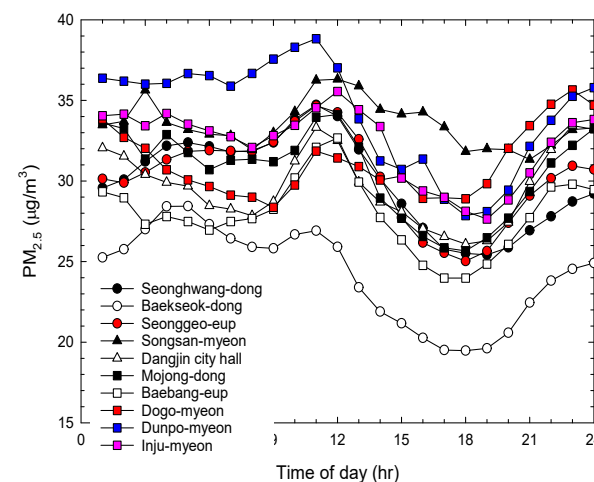
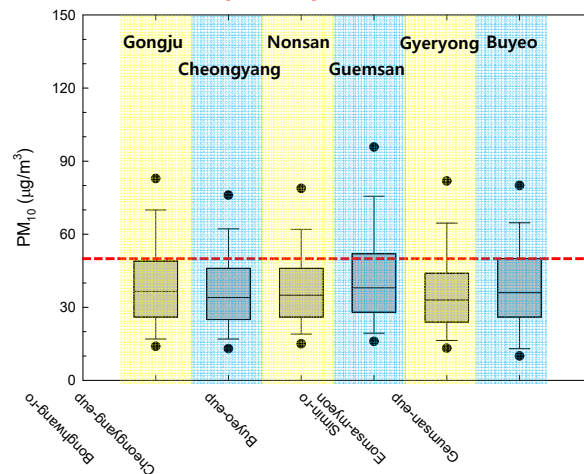
전국 및 충남의 PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>



북부권(2019)



동남권(2019)



<권역별>

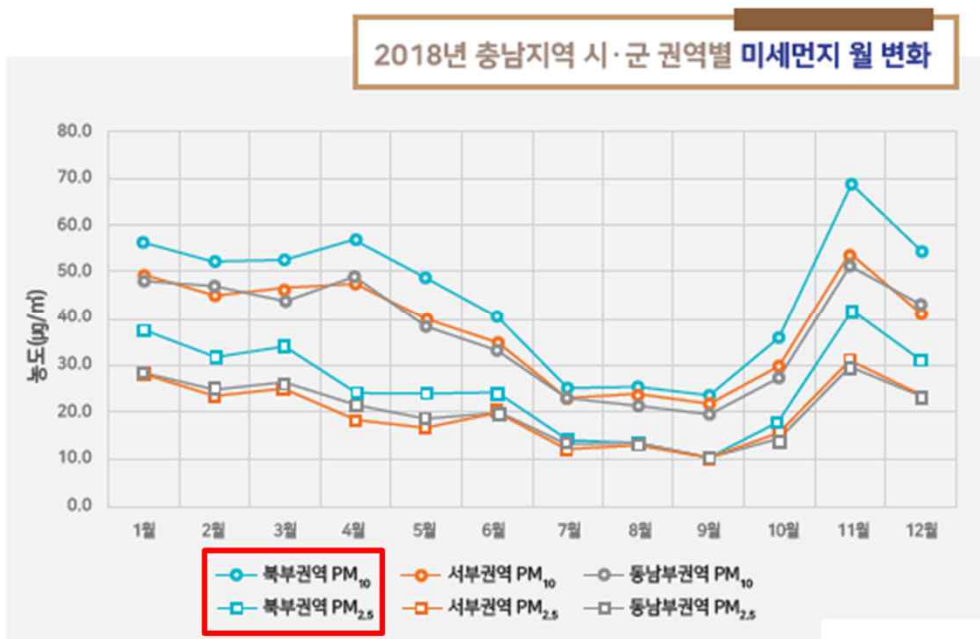
<일별>

# 4. 충남 관련 현황조사



## 3. 충청남도의 대기오염농도 현황

□ 충청남도 내 도시대기 측정망 자료를 활용한 주요 오염물질과 Hot-spot 구간 선정 → 지역 오염도 특성 분석



- ◎ 전 기간동안 북부권역에서 높은 미세먼지 농도가 기록됨
- ◎ 고농도 미세먼지 발생 달(1, 2, 3, 4, 11월)에는 타권역과 7~10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 차이를 보임



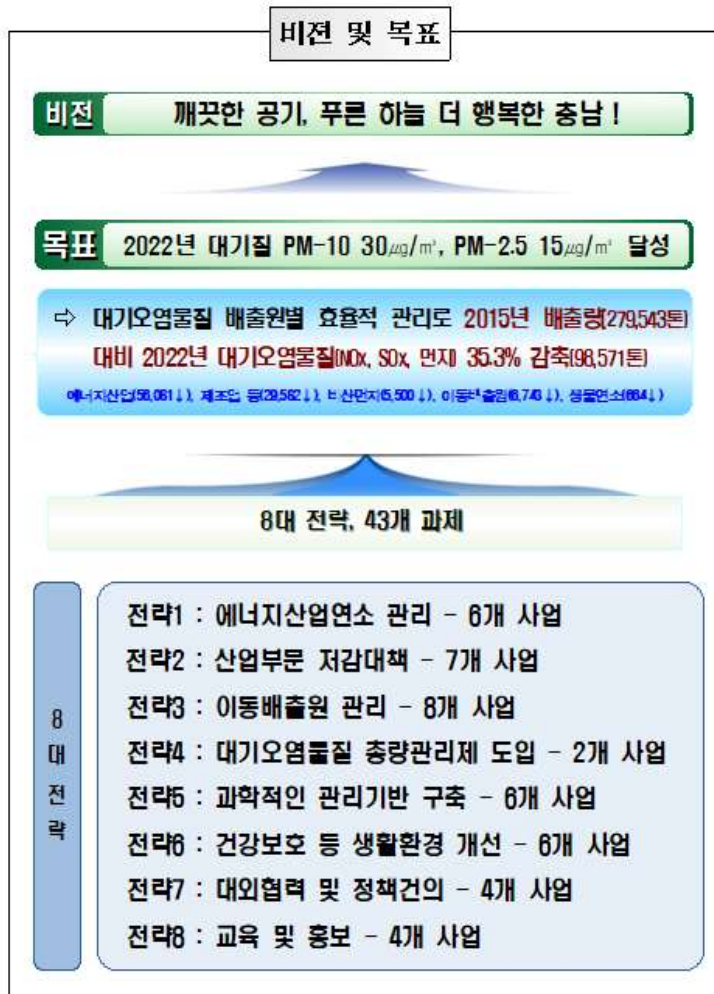


# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향

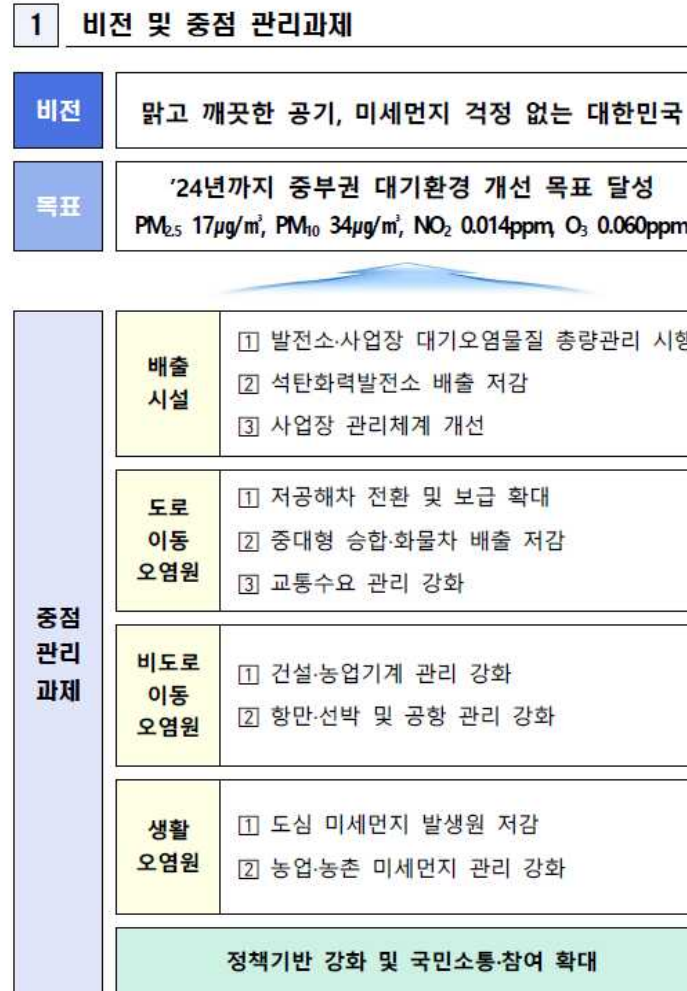


## 4. 충청남도의 대기환경 농도개선 목표 설정 및 기본방향 설정

- 충청남도 대기환경 개선계획(2018) 기반 최신 자료를 반영한 최신 추진계획 분석
- 통계자료와 향후 추진 계획을 반영한 2024년도 농도 목표 반영



<충청남도의 기존 대기개선 계획>



<중부권 대기개선 계획('20)>

PM<sub>10</sub> :  **$34 \mu\text{g}/\text{m}^3$**   
 PM<sub>2.5</sub> :  **$17 \mu\text{g}/\text{m}^3$**   
 NO<sub>2</sub> : **0.014 ppm**  
 O<sub>3</sub> : **0.06 ppm**

중부권 목표를  
반영한 항목별  
목표 설정

# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



## 5. 국가계획과의 연계성 확보방안

- ☐ 상위계획과의 연계성 확보를 위한 분야 설정
- ☐ 道, 기존 추진계획 체계 최대한 유지
- ☐ 중점추진 과제 선정관리(정량지표 위주)
- ☐ 시군 벨트화 중점사업 선정관리 추진

I. 비상 저감조치 강화	II. 저감사업 확대	III. 기반시설 확충	IV. 지원사업 확대	V. 민·관·산·학 공동대응 협치
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 계절관리제 관리 운영</li> <li>◆ 초미세먼지 재난 위기 대응 실무매뉴얼 정비</li> <li>◆ 발전소 상한제약</li> <li>◆ 공공사업장공공장단속 운영</li> <li>◆ 살수차 운영</li> <li>◆ 노후경유차 운행제한</li> <li>◆ 공공기관 차량 2부제</li> <li>◆ 5등급 차량 운행제한</li> <li>◆ 배출업소 및 불법소각 집중·합동단속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 친환경자동차 보급(3,067대)</li> <li>◆ 운행차 배출가스 저감 사업(14,117대)</li> <li>◆ 소규모 사업장 방지시설 설치(150개소) 및 청정 연료 전환사업(20개소)</li> <li>◆ 미세먼지 감시단 운영(204명)</li> <li>◆ 맑은 숲, 푸른 사업장 조성사업</li> <li>◆ 대기오염물질 총량관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 노후경유차 운행제한 단속시스템 구축(41대)</li> <li>◆ 친환경자동차 충전소 구축</li> <li>◆ 미세먼지 알림판 설치(114개소)</li> <li>◆ 민간 대기측정망 통합 운영시스템 구축</li> <li>◆ 대기오염측정소(도시, 도로변) 확대 구축</li> <li>◆ 부두·선박 육상전력 공급장치 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 공기청정기 지원사업</li> <li>◆ 마스크지원 사업</li> <li>◆ 실내공기질 개선 사업</li> <li>◆ 생활속 미세먼지 안심 시범마을 등 조성(6개)</li> <li>◆ 생활속 미세먼지 안심 어린이집 등 조성(305개)</li> <li>◆ 미세먼지 쉼터 설치 운영 확대</li> <li>◆ 발전소·철강단지 주변 주민 건강영향조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 세부시행계획 연구용역</li> <li>◆ 발전3사 상생발전협의회를 통한 자발적 감축</li> <li>◆ 자발적 감축 사업장 확대(20 → 100개소)</li> <li>◆ 민간단체 합동 감시 체계 구축</li> <li>◆ 미세먼지 발생원인 조사를 위한 정보센터 등 협력체계 구축</li> <li>◆ 중국 및 수도권, 충청권 공동 대응 협력 강화</li> </ul>

분 야		15대 중점 추진과제
국내 배출 감축	· 산업부문	① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화
	· 수송부문	③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화
	· 발전부문	⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환(중장기)
	· 농업·생활부문	⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대
국민 건강	· 국민건강 보호	⑩ 미세먼지 고농도 계절관리제 도입 ⑪ 실내공기질 관리 강화
국제 협력	· 동아시아 대기협력	⑫ 동아시아 미세먼지 저감 협약 추진(중장기) ⑬ 실제적 협력사업 확대
기반 소통	· 과학적 접근·실천 · 국민참여·소통	⑭ 미세먼지 해결 다부처 기술개발 사업 ⑮ 참여와 숙의를 통한 사회적 합의 도출

지역  
배출  
감축

도민건강

대응협력

기반구축

I. 비상 저감조치 강화  
II. 저감사업 확대  
III. 기반시설 확충

I. 비상저감조치 강화  
IV. 지원사업 확대

V. 민·관·산·학 공동대응 협치

- 관련 연구사업(자료조사, 시스템 구축 등)
- 국내외 포럼, 세미나 등



# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



## 6. 분야별·단계별 미세먼지 저감 목표 수립

- 분야별 배출특성 분석을 통한 대기오염물질 배출저감 시나리오 작성
- 배출저감 시나리오별 저감량 산정 및 목표 수립

미세먼지 선제적 대응을 위한

### 2020년 충청남도 미세먼지 저감 추진계획

**비전** 깨끗한 공기, 푸른 하늘 더 행복한 충남!

#### 목표

'22년 대기오염물질 배출량을 '15년 대비 37.9% 감축(106,093톤)  
※ '22년 대기질 PM<sub>10</sub> 30 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, PM<sub>2.5</sub> 15 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 달성

#### 향후전망과 기본방향

##### <영향전망>

- ◆ 국내 및 도내 미세먼지 발생 메커니즘 원인 규명
- ◆ 도내 발생 미세먼지 저감을 위한 지구적 마련
- ◆ 국내·외 월경성 미세먼지 환경문제 심화
- ◆ 미세먼지로 인한 취약계층 피해 증가

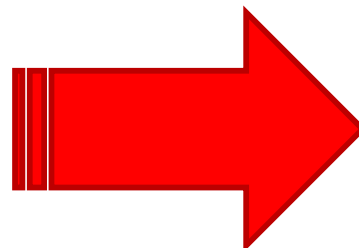
##### <기본방향>

- ◆ 국가 정보센터 등 협력체계 구축, 미세먼지 발생원인 규명
- ◆ 지역 맞춤형 미세먼지 대책 수립 추진
- ◆ 중국 및 수도권, 충청권 협력 강화
- ◆ 미세먼지로 인한 취약계층 보호 사업 추진

#### 주요과제 및 추진계획

I. 비상저감조치 강화	II. 저감사업 확대	III. 기반시설 확충	IV. 지원사업 확대	V. 민관산학공동대응 협력
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 계절관리제 관리 운영</li> <li>◆ 소미세먼지 제진 위기 대응 실무매뉴얼 정비</li> <li>◆ 발전소 상한제</li> <li>◆ 공공기관·장터·축산물·상수자 운영</li> <li>◆ 노후경유차 운행제한</li> <li>◆ 공공기관 차량 2부제</li> <li>◆ 5등급 차량 운행제한</li> <li>◆ 배출가스 및 불법소각 집중합동단속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 친환경자동차 30,000대 이상 배출가스 저감 사업(14,117대)</li> <li>◆ 소규모 사업장 방지사설 설치(150개소) 및 청정(연료 전환사업(20개소))</li> <li>◆ 미세먼지 감시단 운영(204명)</li> <li>◆ 맑은 숲, 푸른 사업장 조성사업</li> <li>◆ 대기오염물질 총량관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 노후경유차 운행제한 단속시스템 구축(41대)</li> <li>◆ 친환경자동차 충전소 구축</li> <li>◆ 미세먼지 알림판 설치(114개소)</li> <li>◆ 연간 대기측정망 통합 운영시스템 구축</li> <li>◆ 대기오염측정소(도시, 도로변) 확대 구축</li> <li>◆ 수도권·선박·육상선박 공공장치 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 공기청정기 지원사업</li> <li>◆ 마스크지원 사업</li> <li>◆ 실내공기질 개선 사업</li> <li>◆ 생활속 미세먼지 안전 사업(마을 등 305개)</li> <li>◆ 생활속 미세먼지 안전 어린이집 등 305개</li> <li>◆ 미세먼지 원터 설치 운영 확대</li> <li>◆ 발전소·철강단지 주변 주민 건강영향조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 세부시행계획 연구용역</li> <li>◆ 발전소·상설발전업 인허가·운영·폐기·안전·자활적·합작·사업장 확대(20 → 100개소)</li> <li>◆ 민간단체·협동·감시·체계·구축</li> <li>◆ 미세먼지 발생원인 조사·연구·예방·정보센터 등 협력체계 구축</li> <li>◆ 중국 및 수도권 충청권 공동 대응 협력 강화</li> </ul>
<b>중점과제 세부지표</b>	2020년	2021년	2022년	비고
· 대기오염물질 배출량 '15년 대비 37.9% 감축	58,123톤(20.7%)	62,868톤(22.4%)	106,093톤(37.9%)	누적
· 계절관리제 관리 운영(12월~3월)	발전사 3사 920톤(30.6%) 감축	발전사 3사 920톤(30.6%) 감축	발전사 3사 920톤(30.6%) 감축	
· 친환경자동차 보급 및 운행차 배출가스 저감사업	17,709대	18,020대	19,776대	
· 소규모 사업장 방지사설 설치사업	150개소	150개소	150개소	
· 노후경유차 운행제한 단속 시스템 구축	카메라 41대	운영	운영	
· 미세먼지 관리 세부시행계획 수립·추진(지역별·맞춤형)	수립	추진	추진	
· 자발적 감축 사업장 확대	100개소	150개소	200개소	누적

저감 목표 수립  
(부문별, 연도별)



(단위: 톤)

구분	2020	2021	2022	2023	2024
대책 미추진시 배출량	25,324	25,567	25,793	25,972	25,940
대책 추진 후 배출량	22,586	22,404	22,267	22,238	22,088
총 삭감량	2,738	3,163	3,526	3,733	3,852
산업					
노후 석탄화력발전소 조기폐쇄	-	54	55	56	57
노후 석탄화력발전소 가동중지 및 상한제약	66	60	53	47	40
사업장총량관리제 권역 확대	-109	9	128	329	448
사업장 배출허용기준 강화 및 NOx 배출 관리 강화	2,367	2,419	2,462	2,504	2,540
배출시설 합계	2,324	2,543	2,699	2,936	3,085
도로					
노후 경유차 조기폐차	107	245	382	358	303
중대형차 화물차 조기폐차 확대	5	10	16	10	5
노후 경유차 운행제한	14	18	18	4	-
친환경 자동차 보급 확대	-	1	2	2	3
수소, 전기버스, 전기트럭 보급 확대	1	2	4	6	8
어린이 통학차량 LPG차 전환	1	2	2	2	2
1톤 화물차 LPG차 교체 지원	2	3	5	6	8
도로 합계	132	282	429	390	331
비도로					
노후 건설기계 PM-NOx 동시저감장치 및 DPf 부착	20	24	29	14	14
노후 건설기계 엔진교체	14	28	42	58	73
농기계 조기폐차	-	3	5	7	7
농기계 매연저감장치(DPF) 부착지원	-	-	3	5	7
선박 육상전원 공급시설 확충	-	7	14	18	27
비도로 합계	33	62	93	101	128
생활					
도로정소차량 보급 확대	15	20	25	25	25
도로설계기준 및 집중관리도로 설정	43	52	62	62	62
건설현장 비산먼지 배출 저감	183	197	210	211	213
비산먼지 발생사업 관리대상 확대	8	8	8	8	8
생활 합계	249	277	305	307	309

<예시> 중부권 대기개선 계획('20)>

# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



## 7. 분야별·단계별 미세먼지 저감 목표 수립

- 국가 미세먼지 관리 종합계획을 반영한 충청남도 맞춤형 저감 목표 수립
- 지역 현황을 고려한 분야별·단계별 저감 계획 수립

비전	맑고 깨끗한 공기, 미세먼지 걱정 없는 대한민국										
목표	'16년 대비 초미세먼지 연평균 농도 35% 이상 저감 ※ 전국 초미세먼지(PM2.5) 연평균 농도 : '16년 26 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → '24년 16 $\mu$ g/m <sup>3</sup>										
국내 배출 감축	<table border="1"> <tr> <th>분 야</th><th>15대 중점 추진과제</th></tr> <tr> <td>· 산업부문</td><td>① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화</td></tr> <tr> <td>· 수송부문</td><td>③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화</td></tr> <tr> <td>· 발전부문</td><td>⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환 (중장기)</td></tr> <tr> <td>· 농업·생활부문</td><td>⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대</td></tr> </table>	분 야	15대 중점 추진과제	· 산업부문	① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화	· 수송부문	③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화	· 발전부문	⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환 (중장기)	· 농업·생활부문	⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대
분 야	15대 중점 추진과제										
· 산업부문	① 배출총량제 전국 확대 ② 사업장 점검 및 단속 강화										
· 수송부문	③ 노후경유차 감축 강화 및 저공해차 보급 확대 ④ 선박 및 항공 관리기준 강화 ⑤ 노후건설기계 관리 강화										
· 발전부문	⑥ 석탄발전 미세먼지 저감 ⑦ 친환경에너지 전환 (중장기)										
· 농업·생활부문	⑧ 축산 환경 관리 강화 ⑨ 저녹스 보일러 보급 확대										
국민 건강	· 국민건강 보호 ⑩ 미세먼지 고농도 계절관리제 도입 ⑪ 실내공기질 관리 강화										
국제 협력	· 동아시아 대기협력 ⑫ 동아시아 미세먼지 저감 협약 추진(중장기) ⑬ 실제적 협력사업 확대										
기반·소통	· 과학적 접근·실천 · 국민참여·소통 ⑭ 미세먼지 해결 다부처 기술개발 사업 ⑮ 참여와 숙의를 통한 사회적 합의 도출										

1. 국내 배출량 감축						
◇ 감축 목표 : '24년 연평균 초미세먼지 농도 개선 목표 달성을 위해 '24년까지 PM2.5(직접) 19%, SOx 42%, NOx 64%, VOCs 32%, NH <sub>3</sub> 25% 이상 감축 추진 ('16년 배출량 기준)						
(단위 : 백톤/년)						
구분	계	산업	발전	수송	생활	
PM2.5 (직접배출)	배출량	1,002	423	32	241	307
	삭감률	19%	8%	63%	36%	17%
SOx	배출량	3,590	2,144	788	417	241
	삭감률	1,513	543	630	294	46
NOx	배출량	12,483	2,525	1,377	7,630	951
	삭감률	7,933	1,602	1,129	4,981	221
VOCs	배출량	10,240	2,487	77	884	6,792
	삭감률	3,276	1,870	3.67	385	1,017
NH <sub>3</sub>	배출량	3,013	432	16	52	2,514
	삭감률	754	-	-	-	754

미세먼지 선제적 대응을 위한

2020년 충청남도 미세먼지 저감 추진계획

비전 깨끗한 공기, 푸른 하늘 더 행복한 충남!

목표

'22년 대기오염물질 배출량을 '15년 대비 37.9% 감축(106,093톤)

※ '22년 대기질 PM<sub>10</sub> 30 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, PM<sub>2.5</sub> 15 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 달성

향후전망과 기본방향

향후전망	기본방향
<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 및 도내 미세먼지 발생 메커니즘 원인 규명</li> <li>도내 발생 미세먼지 저감을 위한 지속적 노력</li> <li>국내외 환경성 미세먼지 환경문제 심화</li> <li>미세먼지로 인한 취약계층 피해 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 정책선별 등 협력체계 구축, 미세먼지 발생원인 규명</li> <li>지역 맞춤형 미세먼지 대책 수립 추진</li> <li>중대 및 수도권, 충청도 협력 강화</li> <li>미세먼지로 인한 취약계층 보호 사업 추진</li> </ul>

주요과제 및 추진계획

I. 비위생적 사업	II. 저공해사업 확대	III. 기반시설 확충	IV. 지원사업 확대	V. 민·관·학·공·민·관·학
<ul style="list-style-type: none"> <li>사업장별 배출량 관리 강화</li> <li>초미세먼지 저감 위한 장비</li> <li>발전소, 산업단지, 공공기관 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후경유차 운행제한</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> <li>저공해사업(도로공사 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> <li>공공기관(환경관리) 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> <li>민간기업(환경관리) 등</li> </ul>

중점과제	세부지표	2020년	2021년	2022년	비고
대기오염물질 배출량(15년 대비 37.9% 감축)		58,123톤(20.7%)	62,868톤(22.4%)	106,093톤(07.9%)	
저공해사업 관리(15년 대비 37.9% 감축)	저공해사업 관리	920,701.6%	920,701.6%	920,701.6%	
공공기관(환경관리) 등		17,099대	18,020대	19,776대	
소규모 사업장(환경관리) 등		150개소	150개소	150개소	
노후경유차 운행제한 단속	노후경유차 단속	카메라 4대	카메라 4대	카메라 4대	
미세먼지 관리(환경관리) 등	미세먼지 관리	수립	수립	수립	
저공해사업(도로공사 등)		100개소	150개소	200개소	





# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



## 8. 분야별·단계별 미세먼지 저감 목표 수립

- 총량규제에 따른 실질적인 감축 배출량 산정을 위한 부문별 배출량 및 삭감량 산정
- 산업, 발전 부문(먼지, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)에 대한 집중 관리 계획 수립

< 지역별 전망배출량 및 배출허용총량(단위 : 톤) >

구분		PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	VOCs
'24년 전망배출량	충부권	25,932	56,509	271,540	93,782	199,776
	대전	479	1,519	13,454	738	16,369
	세종	444	1,462	6,746	1,048	7,576
	충북	2,646	7,003	58,089	4,136	35,073
	충남	21,315	43,367	172,840	82,976	81,448
	전북	1,049	3,159	20,409	4,884	59,310
배출허용총량 (삭감률)	충부권 <sup>1)</sup>	22,072 (15%)	48,287 (15%)	174,557 (36%)	45,564 (51%)	179,940 (10%)
	대전	381 (20%)	1,179 (22%)	10,909 (19%)	529 (28%)	14,614 (11%)
	세종	357 (20%)	1,066 (27%)	5,275 (22%)	715 (32%)	6,826 (10%)
	충북	2,249 (15%)	5,823 (17%)	42,058 (28%)	3,427 (17%)	32,273 (8%)
	충남	18,173 (15%)	37,504 (14%)	95,816 (45%)	37,139 (55%)	70,888 (13%)
	전북	912 (13%)	2,715 (14%)	16,361 (20%)	3,078 (37%)	55,340 (7%)

품(클로로)탄화수소(오존)파괴물질

연도별

충남		2020	2021	2022	2024
산업	PM <sub>10</sub>	-	-	-	-
	PM <sub>2.5</sub>	-	-	-	-
	No <sub>x</sub>	-	-	-	-
	SO <sub>x</sub>	-	-	-	-
	VOCs	-	-	-	-
수송	PM <sub>10</sub>	-	-	-	-
	PM <sub>2.5</sub>	-	-	-	-
	No <sub>x</sub>	-	-	-	-
	SO <sub>x</sub>	-	-	-	-
	VOCs	-	-	-	-
생활	PM <sub>10</sub>	-	-	-	-
	PM <sub>2.5</sub>	-	-	-	-
	No <sub>x</sub>	-	-	-	-
	SO <sub>x</sub>	-	-	-	-
	VOCs	-	-	-	-

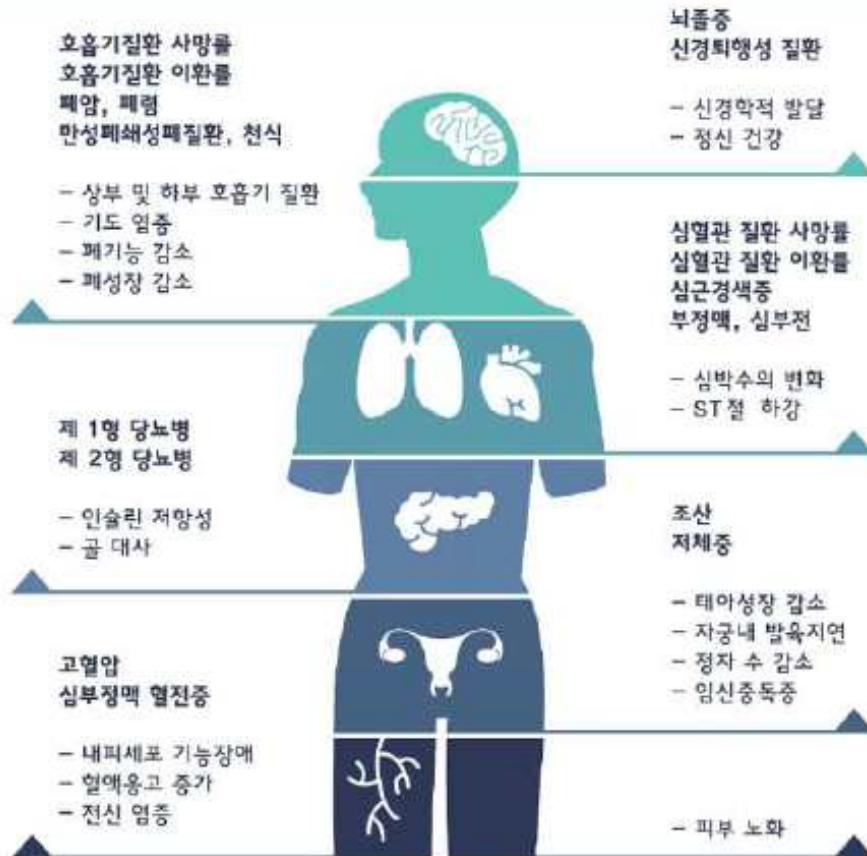
# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



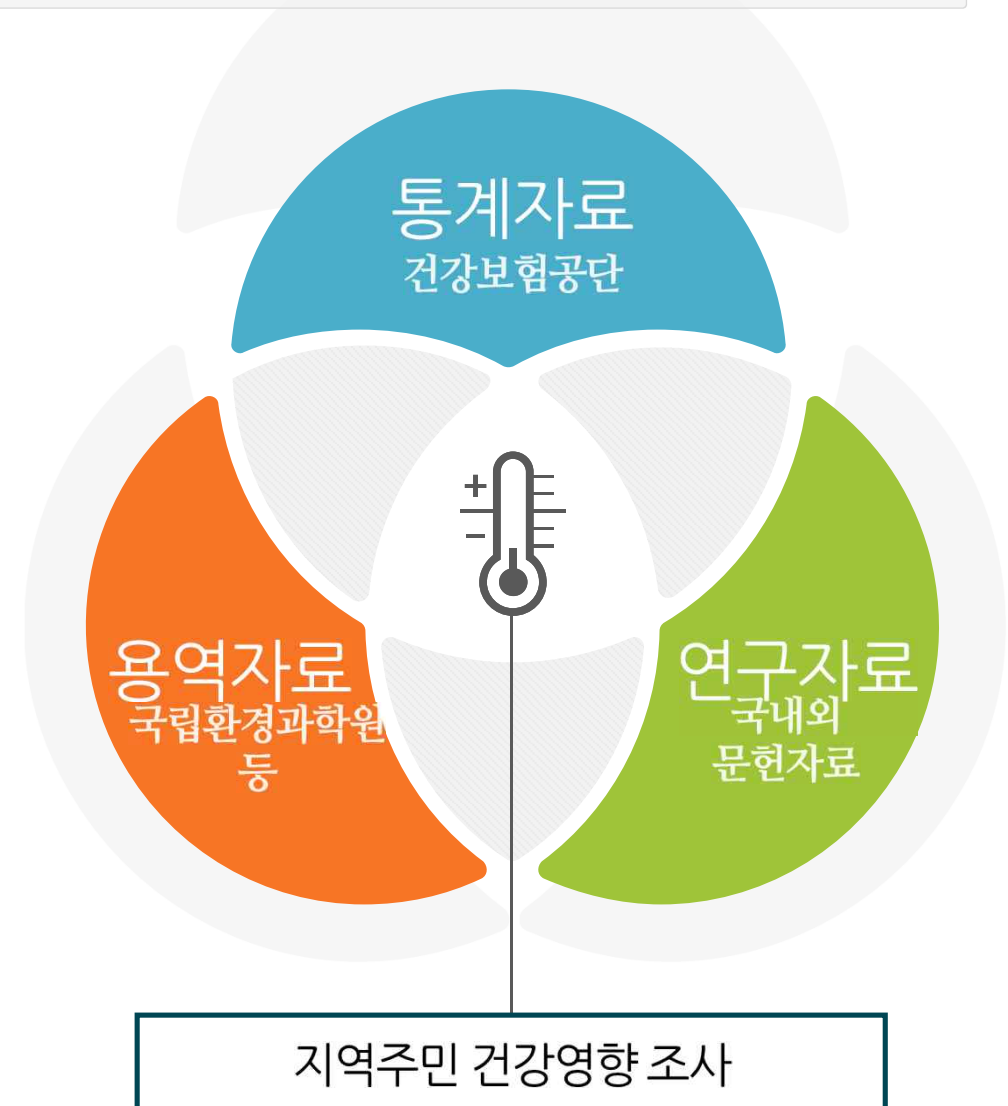
## 9. 미세먼지가 충남도민의 미치는 건강영향

□ 추가연구 수행 어려움 존재, 도 추진 기존 연구, 용역, 보건 자료를 활용 정리

### 미세먼지가 신체에 미치는 영향



자료 : 질병관리본부

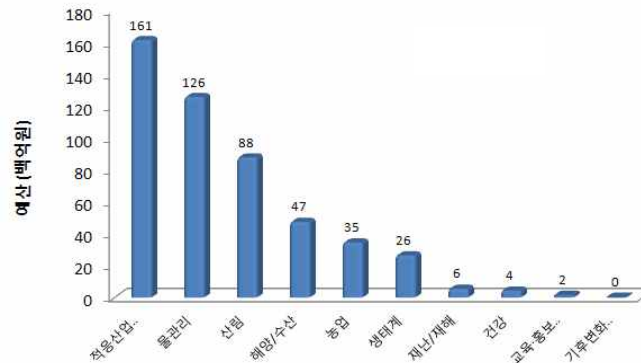
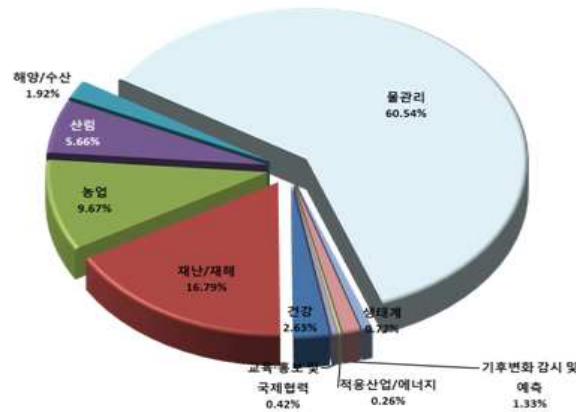


# 5. 충남 미세먼지 대책수립 기본방향



## 10. 세부시행계획 시행에 필요한 자원계획과 이행평가 방안

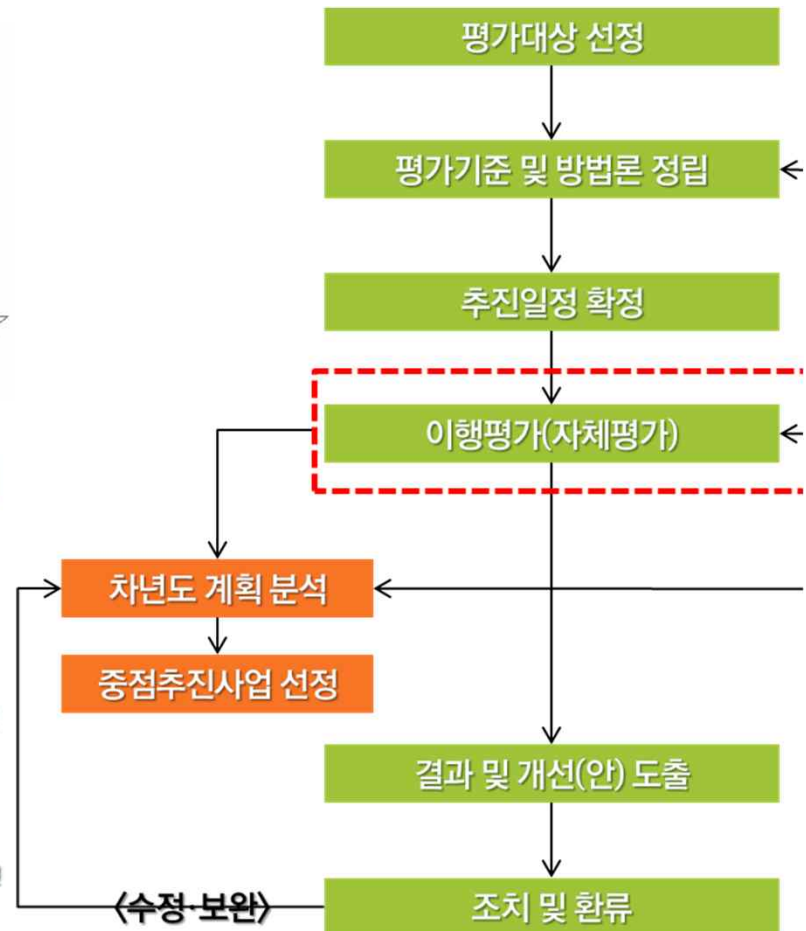
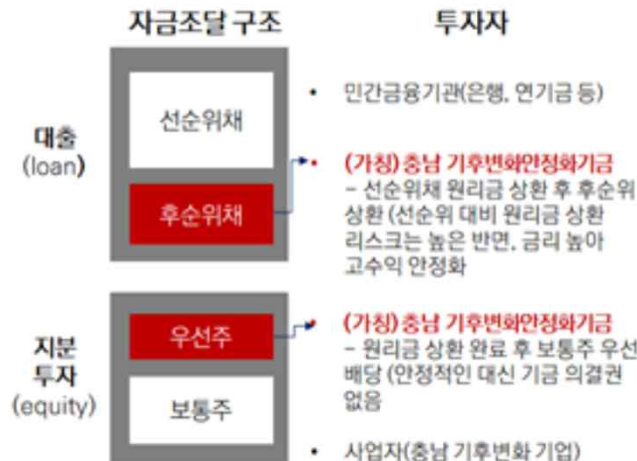
- 계획 이행을 위한 연차별 소요예산 및 자원계획 분석, 필요시 미세먼지대응 기금 설치 및 운용 등 자원조달 계획 제안
- 계획의 성과 및 감축효과를 평가하기 위한 사업별 목표 지표에 대한 정기적 이행점검 방안 제안



### (방안 1) 기존 운용 자원 활용



### (방안 2) 충남 기후변화안정화기금 신설





# 감사합니다



Chungnam Institute