

# 미세먼지의 호흡기 건강피해

정 성 환

가천대 길병원 호흡기내과



# Contents

01/ 미세먼지의 정의 및 기준

02/ 미세먼지의 인체영향 및 손상기전

03/ 우리나라 미세먼지 인지 시스템

04/ 미세먼지 대응방안

05/ 결론

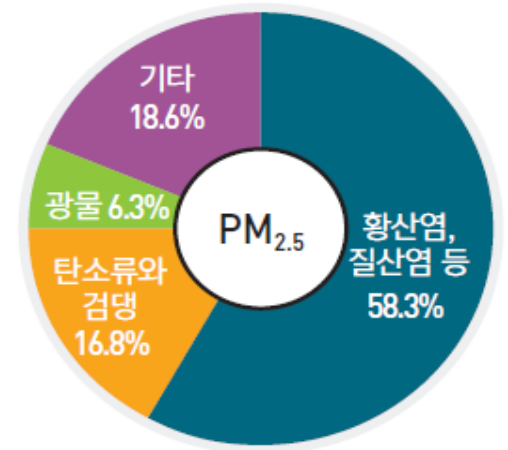
# 01 미세먼지의 정의 및 기준



# 미세먼지의 정의

출처: 환경부 [2015, 미세먼지 과연 뭘까요?]

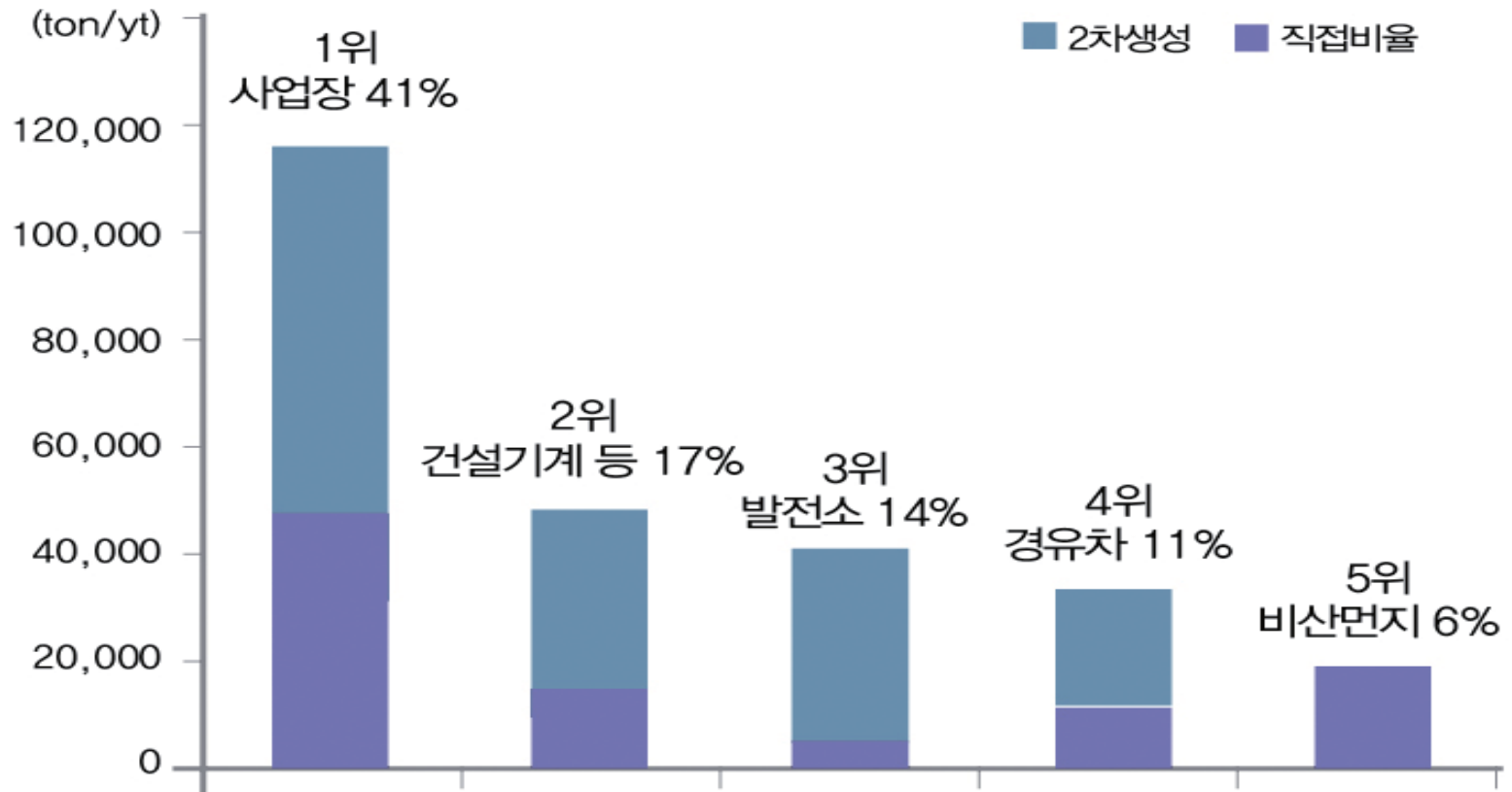
1. **먼지** : 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상 물질
2. **미세먼지 (PM, Particulate Matter)** : 먼지 중 입자크기가 매우 작은 먼지
  - ▷ 크기에 따라 지름이 10  $\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지 **PM10 (이하 미세먼지로 정의)**
  - ▷ 2.5  $\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지를 **PM2.5 (이하 초미세먼지로 정의)**로 분류함



3. **날림먼지**: 일정한 배출구 없이 대기로 흩날리는 미세먼지
4. **황사** : 주로 중국 북부나 몽골의 사막지대와 황토고원에서 강력한 회오리 바람이 발생하는 경우 휩쓸려 올라간 미세한 흙먼지가 장거리를 이동하여 우리나라 지상으로 내려오면서 발생

# 우리나라에서 초미세먼지의 발생원

## 전국 PM<sub>2.5</sub> 배출기여도



\* (전국 기타 배출원) 냉난방 등 5%, 생물성연소 5%, 휘발유차 등 1%

# 미세먼지 특별대책 이행계획 주요내용

## 30년 이상 노후 석탄화력발전소 미세먼지 저감방안

(10기 폐지 연료전환 등 7월5일 확정예정)



자료: 환경부 등 정부종합

## 요리 재료별 미세먼지 발생량

※ 환기후드 비가동 시. ( )은 가동 시 (단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	미세먼지 PM 10	초미세먼지 PM 2.5
고등어	2530 (241)	2290 (234)
돈가스	181 (130)	172 (127)
계란프라이	1160 (71)	1130 (64)
삼겹살	1580 (129)	1360 (112)
볶음밥	201 (41)	183 (40)

친환경차 보급  
3조원

기타

충전인프라 구축

7600억원

노후경유차 조기폐차

1800억원

약  
5조원

## 개별소비세 감면(입법추진)

노후경유차 → 폐차 후 → 신차 구매시  
(2006년 말 이전 등록)

6개월간,  
70% 감면

(1대당  
100만원 한도)



# 미세먼지 국내·외 기준

## 미세먼지 국내·외 농도기준

### 1. 세계보건기구 농도기준 (WHO, 2005)



- 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  annual mean
- 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  24-hour mean



- 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  annual mean
- 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  24-hour mean

### 2. 국내 대기질 예보등급 (환경부, 2018)

물질	등급 조정			
	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0 ~ 30	31 ~ 80	81 ~ 150	151 이상
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0 ~ 15	16 ~ 35	35 ~ 75	76 이상
O <sub>3</sub> (ppb)	0~30	31~90	91~150	151 이상

## 02 미세먼지의 인체영향 및 손상기전



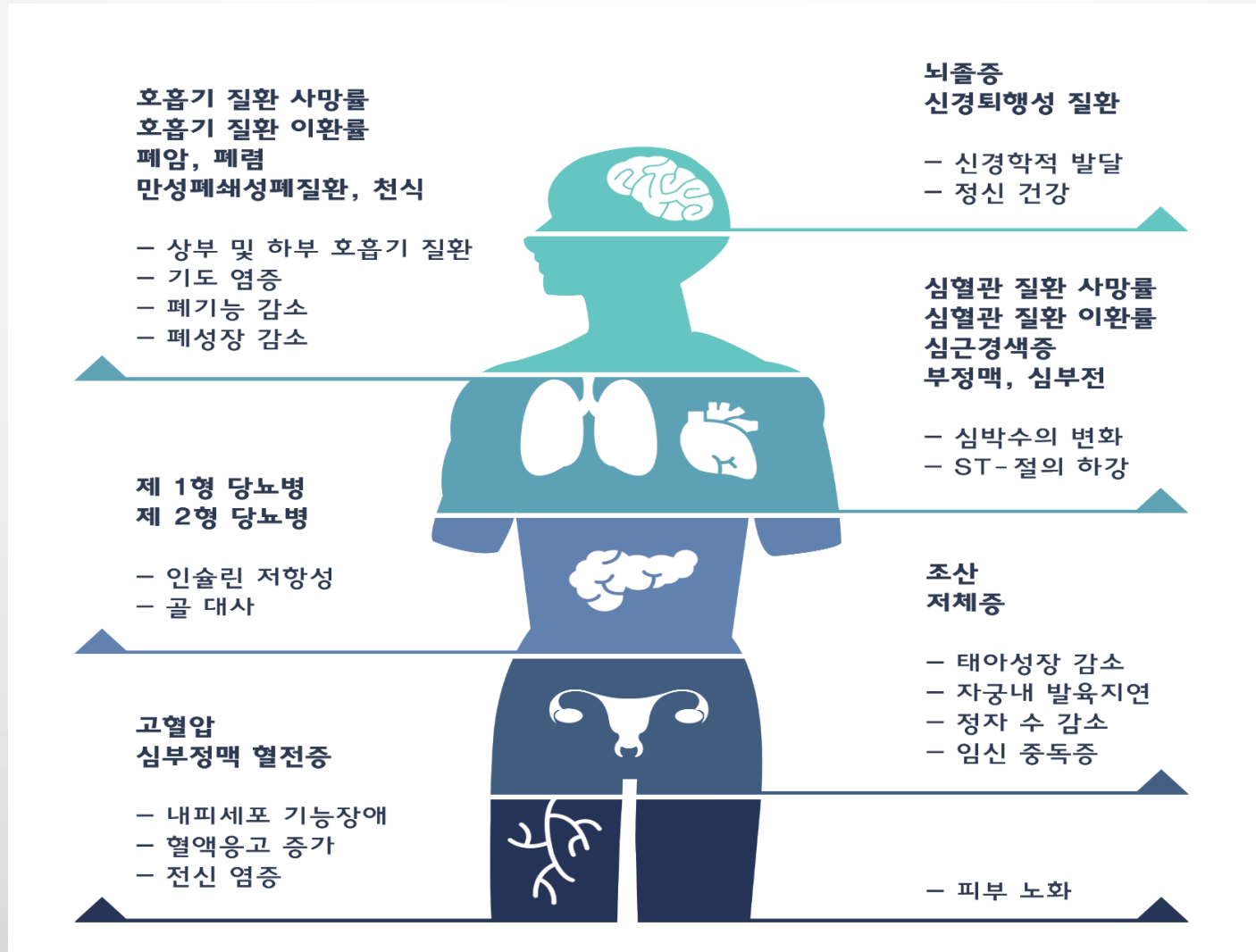
# 미세먼지 노출기간에 따른 인체건강영향

출처: USEPA 2009, 질병관리본부 2016

기 간	건강 영향	구체적 영향	인과 관계
단기간 노출에 따른 급성 영향	사망률 증가	전체 사망률 심혈관질환 사망률 호흡기질환 사망률	분명함
	심혈관계	응급실 방문 증가 병원 입원 증가	분명함
	호흡기계	COPD 응급실 방문 및 병원 입원 증가 천식 응급실 방문 및 병원 입원 증가	분명해 보임 (일부 불일치)
장기간 노출에 따른 만성 영향	사망률 증가	심혈관질환 사망률 폐암 사망률	분명함
	심혈관계	심혈관질환 사망률 증가	분명함
	호흡기계	폐기능 성장 저해 호흡기증상 증가 천식 증가	분명해 보임 (일부 불일치)
	생식과 발생	저체중, 조산	인과 가능성 높음
	암, 유전 독성	폐암 발생	분명함

# 미세먼지에 의한 인체 주요 장기 피해영향

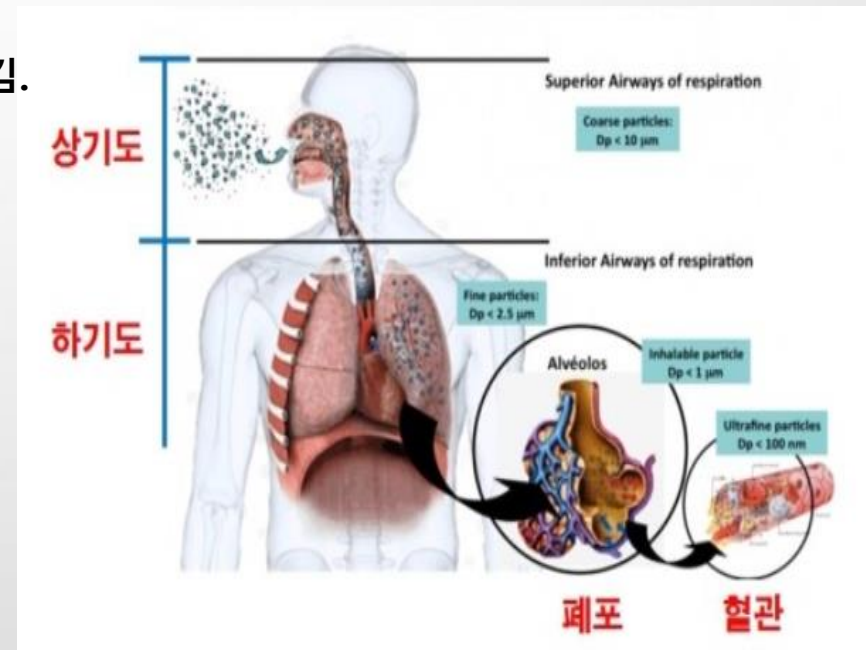
출처: 미세먼지/황사 건강피해 인지/대응도구 및 활용방안 개발, 2017



# 미세먼지와 호흡기에 미치는 영향

출처: 미세먼지 중 PM2.5가 더 위험할 수 있는 이유, 2016

1. 사망률을 증가 시킴.
2. 악성종양의 발생을 증가 시킴.
3. COPD, 천식 같은 만성 호흡기 질환의 악화 발생을 증가 시킴.
4. 상기도나 하기도 감염을 증가 시킴.
5. 전반적인 호흡기 증상을 증가시키거나 악화 시킴.
6. 어린이에서 폐기능 성장을 감소 시킴.
7. 정상인에서 일시적인 폐기능 감소를 유발 시킴.
8. 기도 염증을 증가시키고 기도 과민성을 증가 시킴.
9. 폐기능에서 폐확산능을 감소 시킴.



# 미세먼지와 호흡기 질환의 관련성

## 1. 미세먼지와 사망률 증가

- ▷ 미세먼지 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가 시 → 전체 사망률 0.51%  
→ 심혈관 및 호흡기계 질환 사망률 0.68% 증가

## 2. 미세먼지와 폐기능 저하

- ▷ 10-18세 어린이 (n=1,759), 폐기능 검사 추적 관찰 (8년)  
→ 대기오염물질 노출 집단의 폐기능 저하 위험도 4.9배

## 3. 미세먼지와 만성폐쇄성질환

- ▷ 호흡기 증상 악화, 폐기능 감소 및 입원률 증가  
→ 만성폐쇄성폐질환 발생 위험 33% 증가 (여성 57%)

## 4. 미세먼지와 특발성 폐섬유화증

- ▷ 유기분진, 금속 또는 나무분진 → 간질성 폐질환 발생과 관련  
오존, NO<sub>2</sub> 농도 → 특발성 폐섬유증의 급성악화와 관련

# 미세먼지와 호흡기 질환의 관련성

## 1. 미세먼지/황사의 폐영향

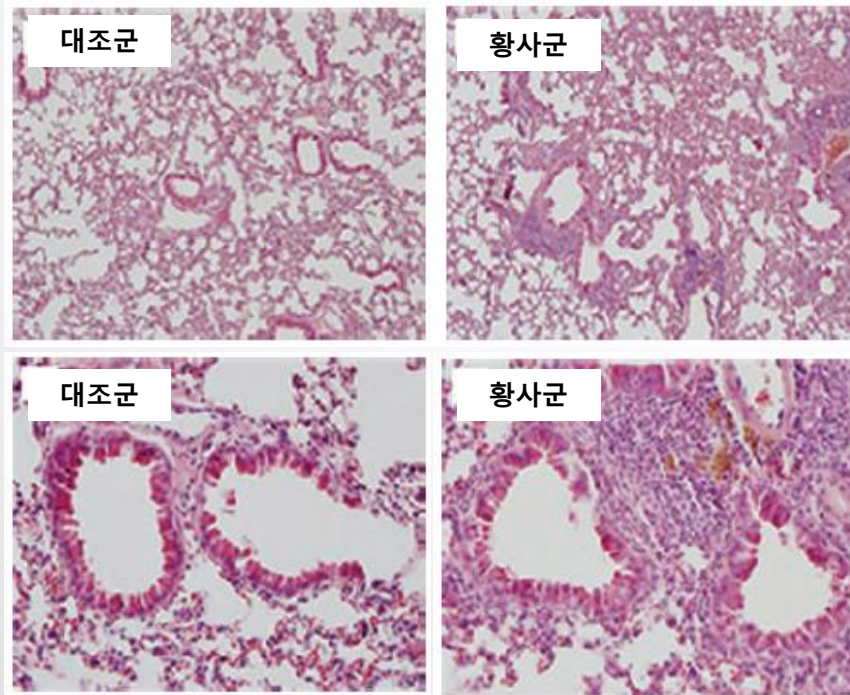


그림 1. Histopathological changes C57BL/6 mice exposed to saline and Asian dust particles for 12 wks

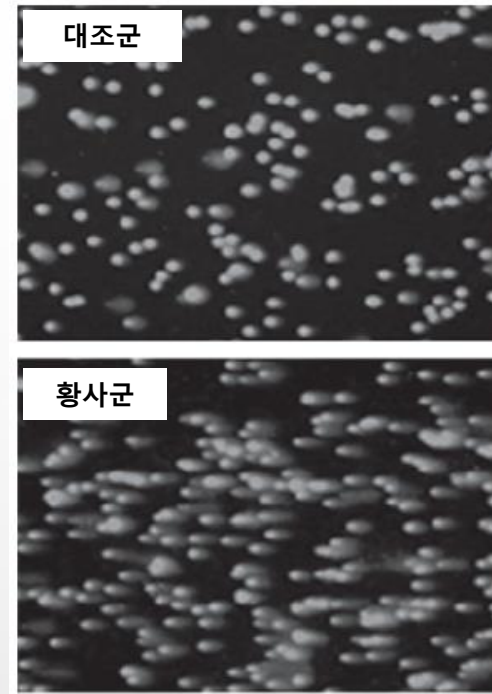
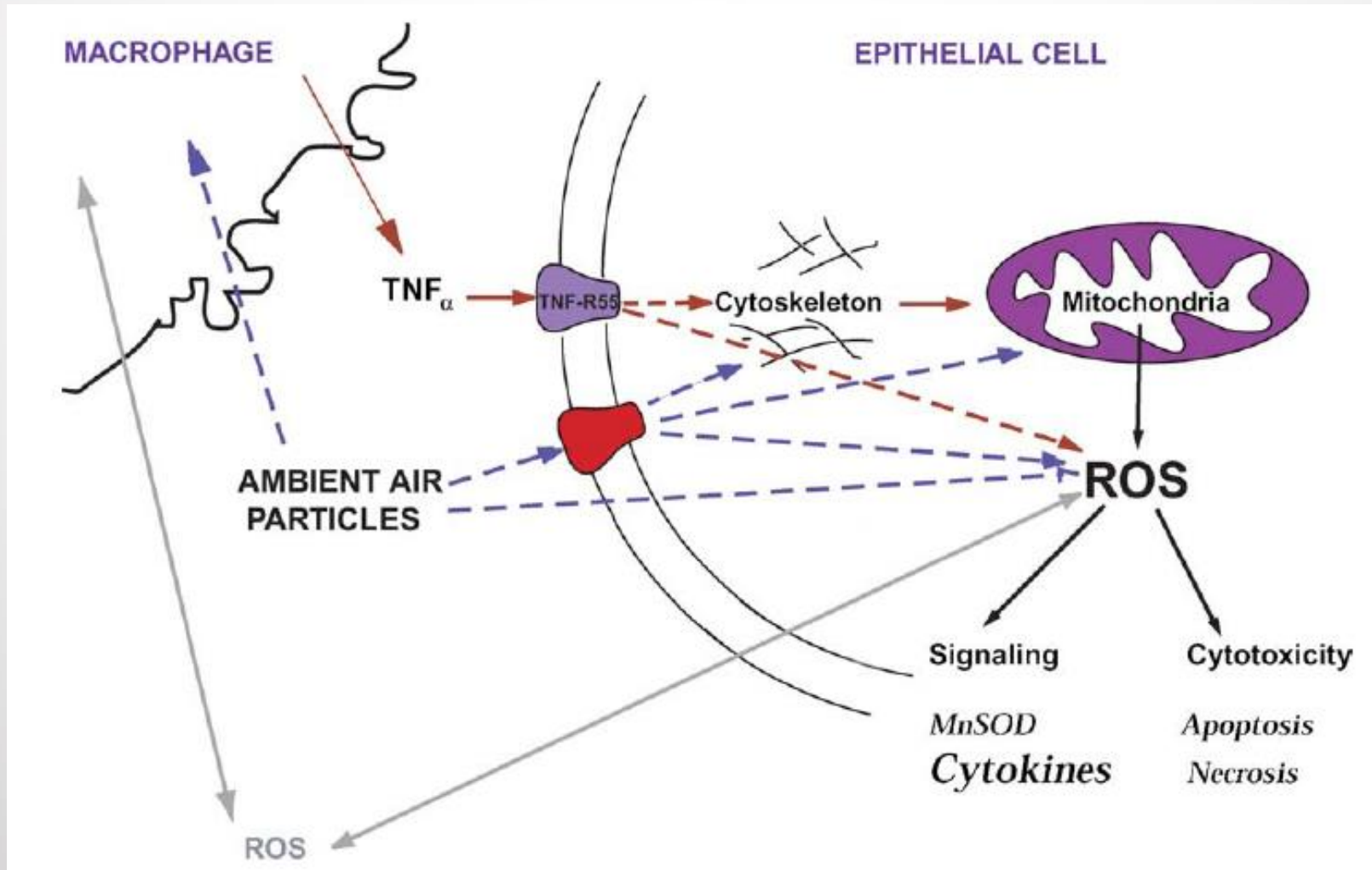


그림 2. Comet assay on PBMCs.

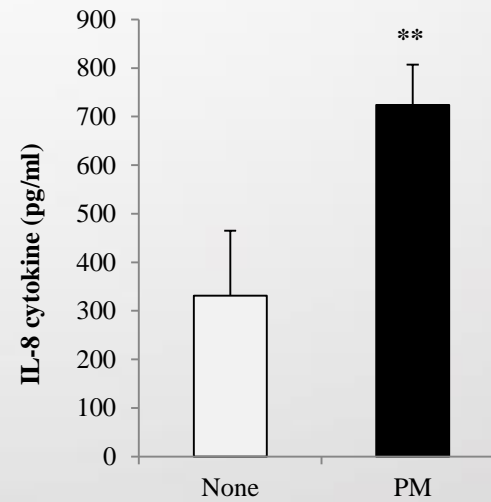
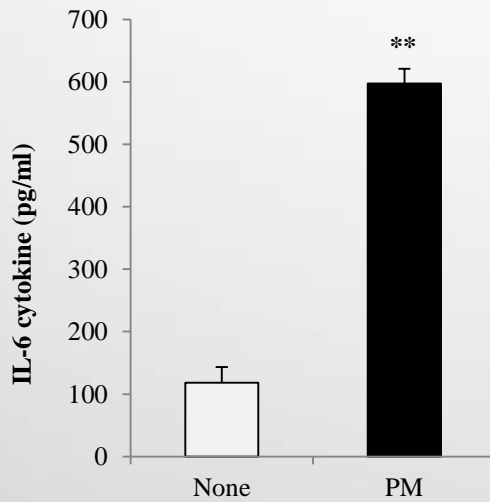
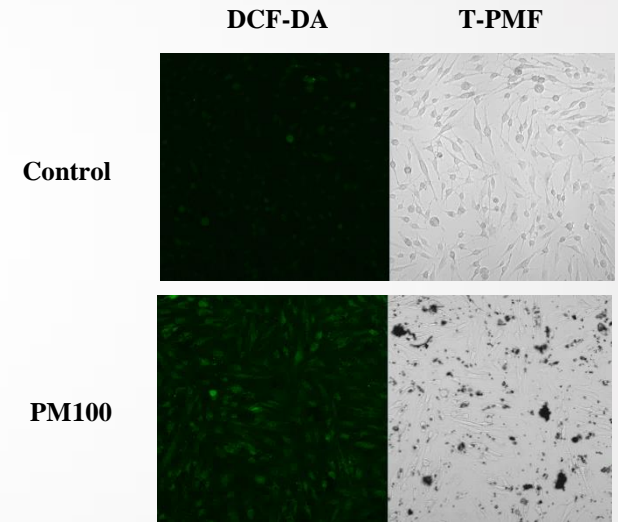
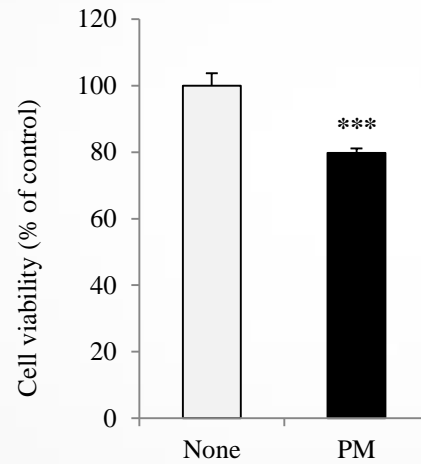
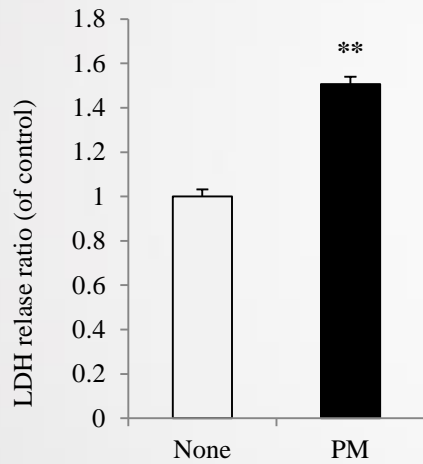
출처: *Hwang et al. Inhal Toxicol. (2010)*

# 미세먼지의 세포손상 기전

출처: Beatriz González et al, Molecular Aspects of Medicine, 2004



# Oxidative stress and inflammation by PM<sub>10</sub>-exposed Beas 2B epithelial cells



# 미세먼지로 인한 폐질환 및 폐기능 악화

출처: J Korean Med Assoc 58(11): 1060-1069, 2015

## 1. 미세먼지는 흡입이 가능한 입자의 크기로

- ▷ 하부 기관지 및 폐 실질까지 침착하여 **호흡기계**에 손상을 일으킬 수 있음
- ▷ 대기 중의 미세먼지 **농도가 높을수록 호흡기계 및 심혈관계 질환의 증상 악화를 초래**
- ▷ 본 질환의 **유병률 및 사망률을 증가시킬 수 있음**

## 2. 세계보건기구에서는 미세먼지 노출에 의한 단기 및 장기 건강영향을 발표

- ▷ **단기적** → 폐 염증반응, 호흡기 증상, 약 사용 증가, 심혈관계 부정적 영향, 병원 입원 및 사망률 증가 초래
- ▷ **장기적** → 하기도 증상 증가, 어린이 폐기능 감소, 만성폐쇄성폐질환 증가, 성인 폐기능 감소, 폐암 발생 증가가 있을 수 있음

## 3. 대기오염 특히 미세먼지 노출은 **폐기능 감소**와 관련되어 있고, 성인에서는 **폐기능 감소 속도 증가를 유발함**

# 미세먼지로 인한 폐질환 악화

출처: J Korean Med Assoc 58(11): 1060-1069, 2015

## 4. 미세먼지에 장기간 노출되면 **폐암 발생률이 증가**할 수 있음

▷ 메타분석 결과 PM2.5가 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가 시 → 폐암 발생 위험도는 1.09(9.0%) 증가

## 5. 미세먼지는 만성폐쇄성폐질환의 급성악화를 유발하여 입원 및 사망률을 증가

▷ 메타분석 결과 PM10 농도가 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할수록 → 만성폐쇄성폐질환 입원이 2.7% 증가,  
→ 만성폐쇄성폐질환 사망은 1.1% 증가

## 6. 미세먼지와 간질성폐질환과의 관련성에 관한 연구 중

▷ 국내 후향적 코호트 연구 → 6주 전 대기 중 오존과 이산화질소 농도가 높을수록 **특발성 폐섬유화증 급성 악화가 잦음**을 보고

# 03 우리나라 미세먼지 인지시스템



# 대기오염 실시간 공개시스템

출처: Airkorea [기상용어의 이해]

- 1. 에어코리아 <[www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr)>**: 대기오염 측정망에서 연속으로 측정되는 미세먼지를 비롯한 모든 대기오염도자료를 선별하여 공개하는 시스템
  - ▷ 대기오염도를 실시간 지역별, 오염물질별 로 색상으로 제시
  - ▷ 날씨정보도 동시에 제공
  - ▷ 미세먼지 예보제도 같이 알림
- 2. 우리동네 대기질** : 모바일 앱 서비스
  - ▷ 에어코리아의 주요내용을 언제, 어디서나 스마트폰으로 확인할 수 있는 모바일 앱
- 3. 미세먼지 예보제** : 대기질 전망을 방송, 인터넷을 통해 알림으로써 국민의 건강 및 사회경제적 피해를 최소화하고 대기오염을 줄이는데 있어 국민의 참여를 구하기 위한 제도
  - ▷ 미세먼지오염도를 [좋음-보통-나쁨-매우나쁨]으로 예보
  - ▷ 수단 : TV, 라디오, 홈페이지(에어코리아), 문자, 모바일앱 (우리동네대기질)
- 4. 미세먼지 경보제** : 고농도 미세먼지가 발생했을 때 이를 신속하게 국민에게 알려 행동요령이나 조치사항을 실천하게 함으로써 미세먼지로 인한 피해를 줄이고자 하는 제도
  - ▷ 예보와 달리 실제 발생한 대기질 상태가 건강에 유해한 수준인 경우 발령되며 [주의보-경보]로 발령
  - ▷ 취약계층에 대하여 [예비주의보]가 신설

# 미세먼지 실시간 현황

출처: 환경부 [2015, 미세먼지 과연 뭘까요?]

## 미세먼지 실시간 현황

### 1. 대기오염 실시간 공개시스템 : 에어코리아, [www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr)

The screenshot shows the AirKorea website interface. At the top, there are navigation tabs for '에어코리아란', '실시간 자료조회', '대기질 예·경보', '통계정보', '배우터', and '고객의 소리'. Below this is a 'NEWS' section with the headline '현재 황사, 오존 경보 발령내역 없음'. The main content area is divided into several sections:

- 기상정보**: Weather forecast for the date 2016년 02월 18일 16시 현재, showing a map of South Korea with weather icons.
- 실시간 대기정보**: Real-time air quality information for the same date and time, featuring a map of South Korea with colored dots representing air quality at various monitoring stations.
- 우리 동네 대기질**: Air quality for the user's location (Incheon Seogu). It shows a PM<sub>10</sub> concentration of 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and a table of other pollutants.

항목	법리	측정값
미세먼지 PM <sub>10</sub>	●	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24H)
미세먼지 PM <sub>2.5</sub>	●	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24H)
오존	●	0.032 ppm(1H)
이산화질소	●	0.025 ppm(1H)
일산화탄소	●	0.5 ppm(1H)
아황산가스	●	0.010 ppm(1H)
COI	●	58

Below the table, there is a section for '안근 측정소' (Nearest Monitoring Station) with columns for '측정소명', '측정값', and '거리'. The table shows:

측정소명	측정값	거리
[인천 서구] 민회	도매대기	0.0km
[인천 서구] 석남	도매대기	4.7km
[인천 계양구] 개산	도매대기	4.8km

At the bottom of the page, there is a '메인화면' (Main Page) section with various links and logos, including 'Air Korea', '정부 3.0', and '기상청'.

- 전국의 실시간 대기오염도를 지도상에 색깔로 표시
- 지역별 측정소 검색, 미세먼지, 오존 등 대기질 정보제공

- 미세먼지 예·경보 현황을 실시간으로 제공
- 대기오염도와 함께 날씨 등 기상정보 제공

# 미세먼지 발생 시 행동요령

출처: 환경부 [2015, 미세먼지 과연 뭘까요?]

## 미세먼지 실시간 현황

### 2. 모바일 앱 서비스 : **우리동네 대기질, 미세먼지 건강알리미**



스마트폰  
앱스토어에서  
'우리동네 대기질'  
검색하여 설치



사용자 위치에  
기반한 실시간  
대기질, 기온 등  
정보제공



실시간 대기  
정보, 예·경보,  
알림 설정 등  
사용자 맞춤형  
기능 제공



대기질 예보,  
지역별 경보  
발령현황 제공

# 미세먼지 예보등급 및 행동 요령

출처: 환경부 [2018, 대기질 (미세먼지, 오존) 예보]

예보구간		등급			
		좋음	보통	나쁨	매우나쁨
예측농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1일)	PM <sub>10</sub>	0~30	31~80	81~150	151 이상
	PM <sub>2.5</sub>	0~15	16~35	36~75	76 이상
예측농도 (ppm, 1시간)	O <sub>3</sub>	0~0.030	0.031~0.090	0.091~0.150	0.151 이상
행동요령 (미세먼지)	민감군		실외활동 시 특별히 행동에 제약은 없으나 몸 상태에 따라 유의하여 활동	장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 천식환자는 실외활동 시 흡입기를 더 자주 사용할 필요가 있음	가급적 실내 활동만 하고 실외 활동시 의사와 상의
	일반인			장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 눈이 아프거나, 기침, 목의 통증으로 불편한 사람은 실외활동을 피해야 함	장시간 또는 무리한 실외활동제한, 기침이나 목의 통증 등이 있는 사람은 실외활동을 피해야 함
행동요령 (오존)	민감군		실외활동시 특별히 행동에 제약을 받을 필요는 없지만 몸상태에 따라 유의하여 활동	장시간 또는 무리한 실외활동 제한	가급적 실내활동
	일반인			장시간 또는 무리한 실외활동 제한, 특히 눈이 아픈 사람은 실외활동을 피해야 함	실외활동을 제한하고 실내 생활 권고

※ 민감군 : 어린이, 노인, 천식같은 폐질환 또는 심장질환자

# 04 미세먼지 대응방안



# 미세먼지/황사에 의한 건강피해 취약한 대상군

1. 같은 조건에서 미세먼지에 노출되더라도 개인의 특성에 의해 그로 인한 건강피해가 더 심하게 나타날 수 있는 사람들

## 연령 특성:

소아 및 청소년 (0-18세) → 폐기능 성장 저해, 호흡기계 감염, 천식, 영아 세기관지염 발생

노인 (65세 이상) → 기저 질환 악화/발생 증가

임산부: 임산부 → 저체중, 조산

## 질환특성:

심혈관계질환(허혈성 심질환, 심근경색증, 심부전, 부정맥)/뇌혈관질환(허혈성 뇌졸중)

호흡기질환(만성폐쇄성폐질환, 급.만성 기관지염, 폐렴)/폐암

알레르기질환(천식, 아토피 피부염, 비염)

신경정신질환 (인지기능장애, 알츠하이머병, 파킨슨병)

2. 지역적/환경적 또는 직업적 특성에 의해 특정한 오염물질에 장시간 노출될 수 밖에 없는 사람들

## 지역적/환경적 특성:

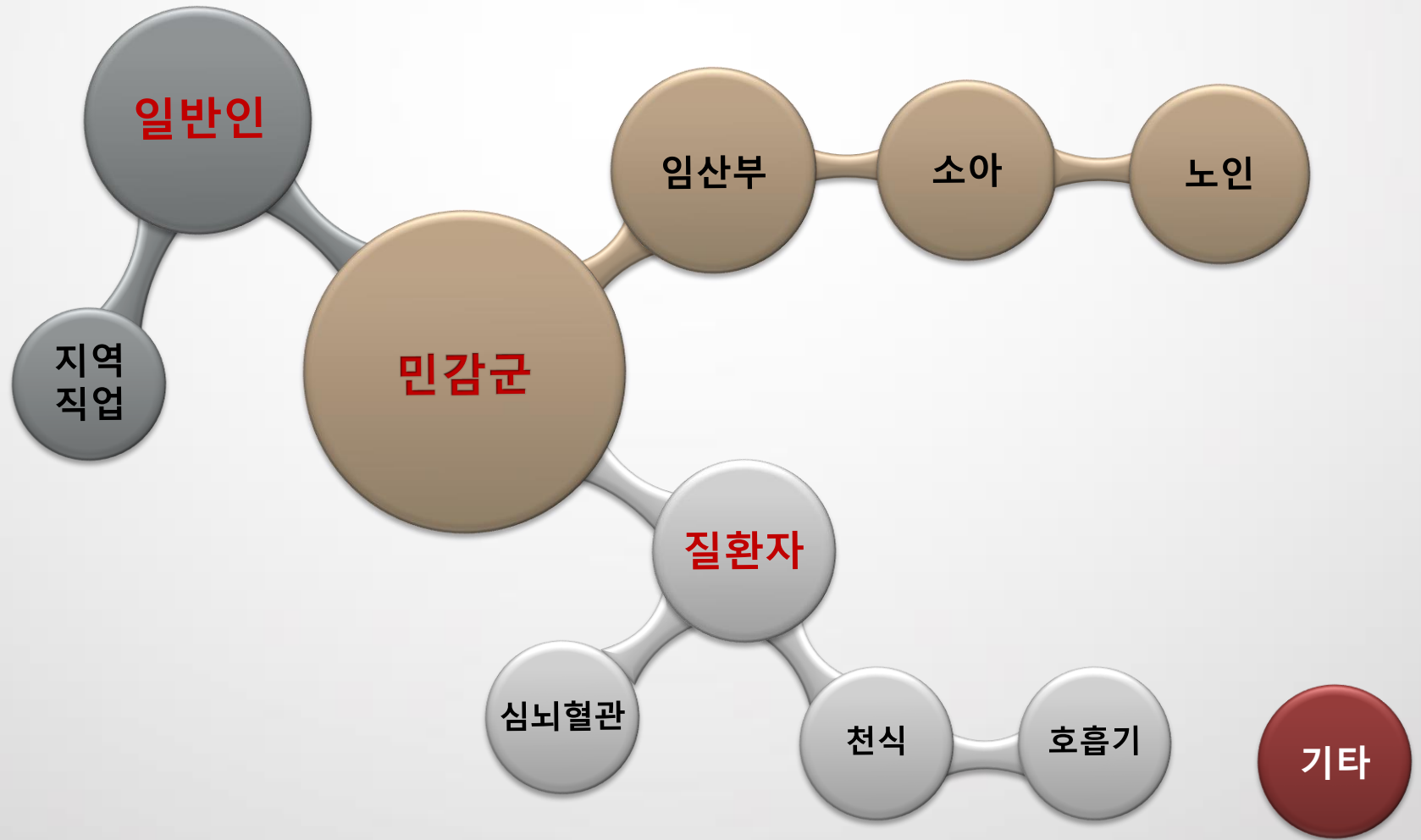
황사 영향이 심한 지역: 서쪽 지역

교통량이 많은 대도시, 비산먼지 발생 사업장 인근, 비포장도로

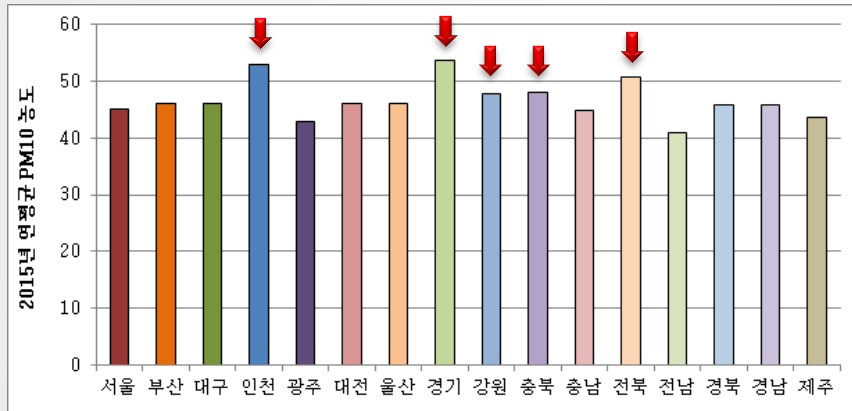
직업적 특성: 비산먼지 발생 사업 근로자 (시멘트.석회.플라스터 및 시멘트 관련 제품 제조 및 가공업,

제1차 금속제조업, 건설업, 고철.곡물.사료.목재 및 광석의 하역 또는 보관업, 금속제품제조가공업 등)

# 미세먼지 건강피해 취약한 대상군

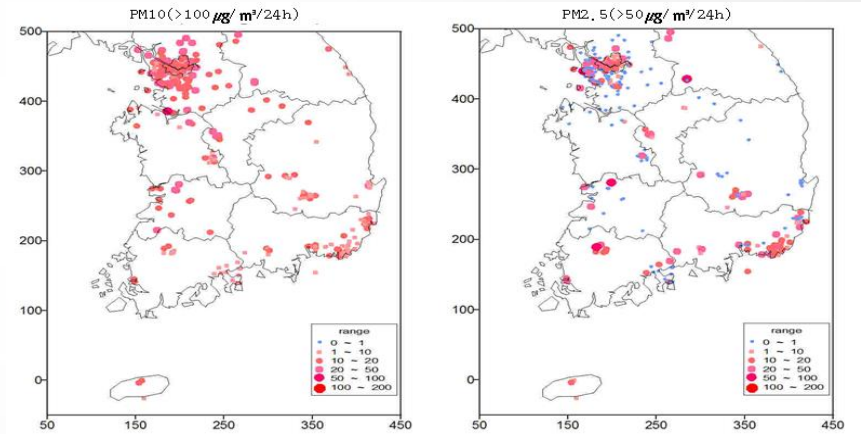


## 1. 2015년 연평균 PM10 농도



→ 인천, 경기도 (하남, 과천 제외한 모든 지역), 강원도 (춘천, 원주), 충북 (청주), 전북 (익산)

## 2. 2015년 환경기준농도 초과현상



→ 수도권 지역과 각 주요도시 및 공단지역에 집중

## 3. 2015년 측정망별 PM10 연평균 농도

측정망별	연평균 농도	비고
도시대기	43~53µg/m³	월평균 농도; 25~84µg/m³, 인천이 높은 편
교외대기	35~60µg/m³	
국가배경농도	36~45µg/m³	단, 2~4월 42~79µg/m³ (황사영향)
도로변대기	36~68µg/m³	충북 청주가 연평균 농도 68µg/m³로 높음

# 미세먼지와 마스크

## 1. 여과형 마스크의 종류와 기능

마스크	사용 목적	미세먼지 차단 기능
황사방지용 마스크 (K80)	황사	입자크기 분포 0.06~1.5 $\mu\text{m}$ (평균 약 0.6 $\mu\text{m}$ ) 80% 이상 차단
방역용 마스크 (K94)	전염성 질병의 감염	입자크기 분포 0.04~1.0 $\mu\text{m}$ (평균 약 0.4 $\mu\text{m}$ ) 99% 이상 차단
산업용 방진마스크	작업장의 유해 분진, 가스	방역용 마스크와 유사



<황사방지용, K80>



<방역용, K94>



<산업용 방진>

## 2. 황사방지용 마스크

- ▷ 여러 겹의 필터 구조와 정전 부직포로 구성
- ▷ 입자크기 분포 0.04~1.0  $\mu\text{m}$  (평균 약 0.6  $\mu\text{m}$ ) 크기의 미세 입자를 80% 이상 차단
- ▷ 식약처에서 <의약외품>-<황사방지용>으로 허가
- ▷ KF, Korea Filter: KF80 (황사방지용), KF94 (방역용)

# 미세먼지와 마스크

## 1. 국내 (대한민국)

- ▷ 마스크의 올바른 선택과 사용법, 식약청 (2014)
- ▷ 권장 마스크 : 황사마스크 (KF80), 방역용 마스크 (KF94)

Q9 호흡기 및 심장질환자, 임산부도 황사마스크를 사용해도 되나요?

A9 최근 호흡기 및 심장질환자, 임산부가 마스크를 사용했을 경우 오히려 건강에 악영향을 줄 수 있다는 일부 지적이 있으므로, 해당 질환자나 임산부는 의사와 상의한 후 사용하시는 것이 좋습니다.

## 2. 국외 (싱가폴)

- ▷ 싱가포르 미세먼지 방제 보고서, FAQs on Haze (2013)
- ▷ 권장 마스크 : N95 mask, EN-149 (class FFP2)

**Elderly people and people with lung or heart problems should stop using a N95 mask if they feel uncomfortable. Those with severe lung or heart problems who have difficulty breathing at rest or on exertion should not wear N95 masks. They should consult their doctor as to whether they should use the N95 mask.**

# 미세먼지와 마스크

## 1. 호흡기 환자

- ▷ 미세먼지 농도가 높은 지역에서 filter기능을 갖춘 마스크 (국내 시판되는 황사마스크 및 방역마스크)들은 미세먼지의 체 내 유입을 막아 호흡기 환자들 에서 인체 유해성을 예방할 수 있을 것으로 생각.
- ▷ 단, 호흡부전을 동반하고 있는 **만성 호흡기계질환자들 (중증 COPD, 천식, 진행된 폐암)**에게 안면부에 밀착되는 마스크의 사용은 **환자의 호흡을 방해할 가능성이 있어 사용시 주위 필요함.**

## 2. 순환기 환자

- ▷ 만성 심장 질환자들에서 고농도 미세 먼지에 노출된 상태에서 외출 시 마스크 착용으로 호흡기 증세나 악화를 완화 시켜줄 수 있음
- ▷ Reducing Personal Exposure to Particulate Air Pollution Improves Cardiovascular Health in Patients with Coronary Heart Disease  
(Environ Health Perspect 120:367-372, 2012)

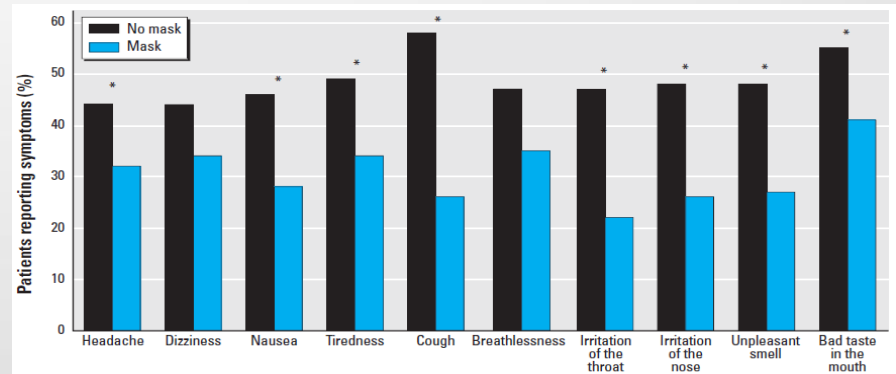
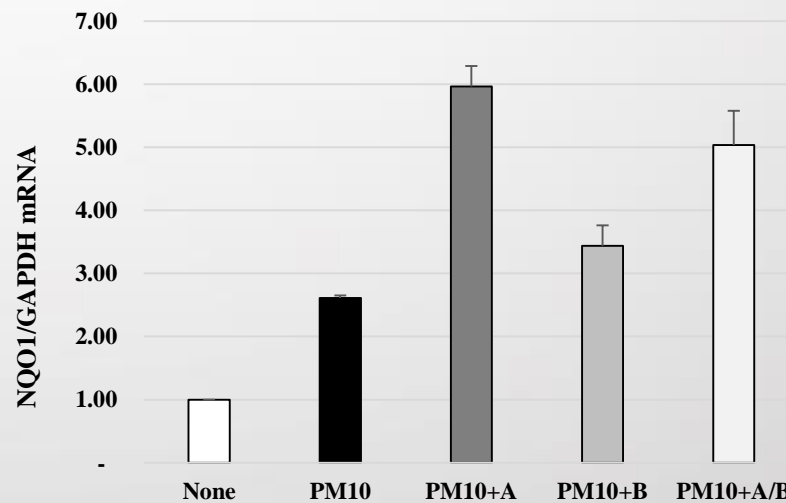
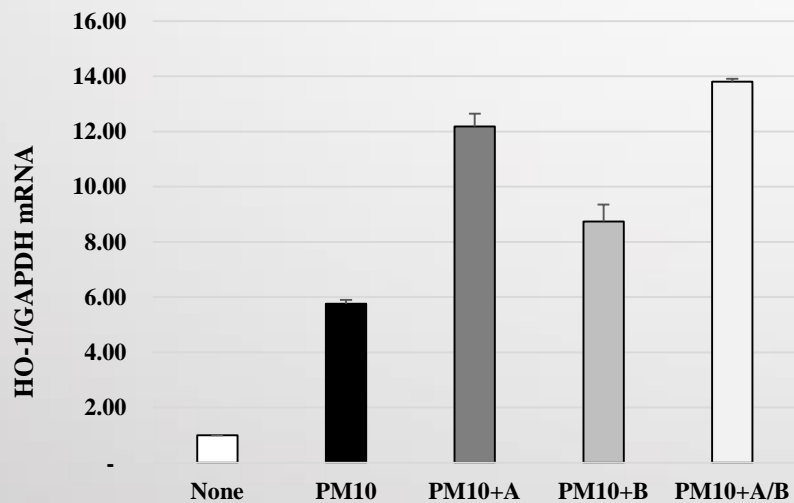
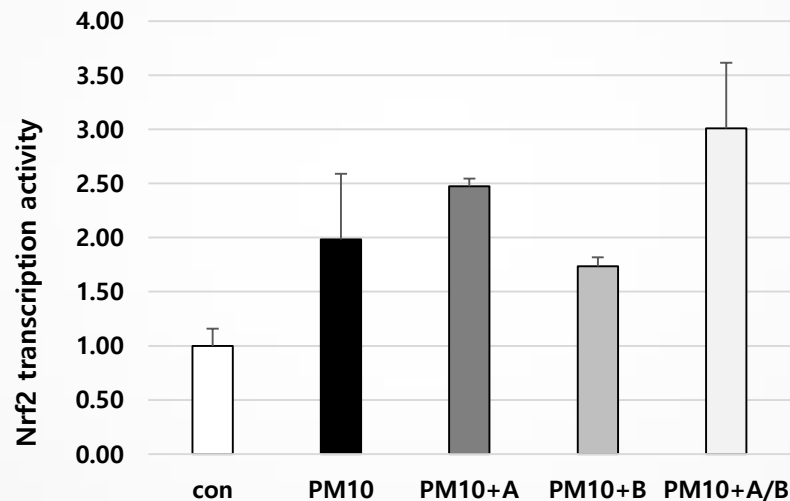
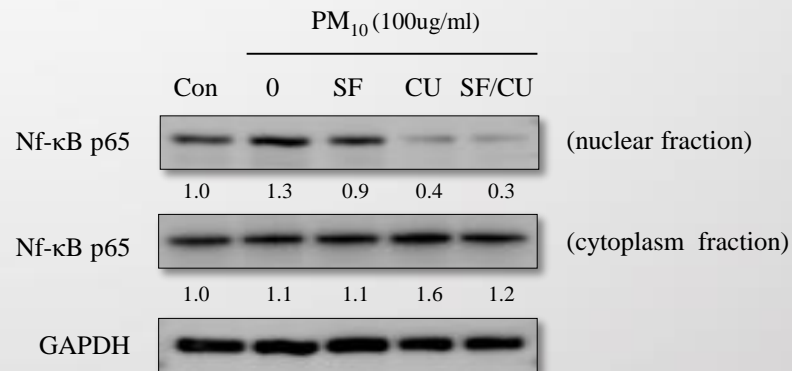
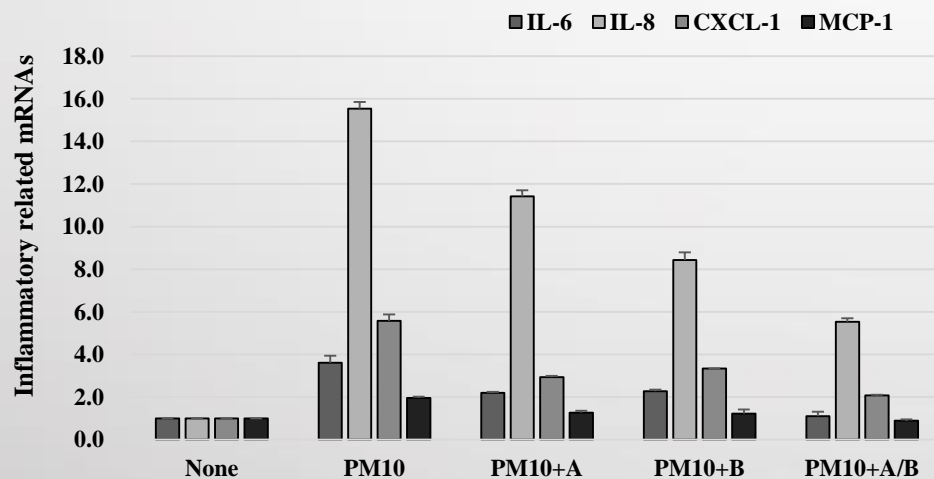
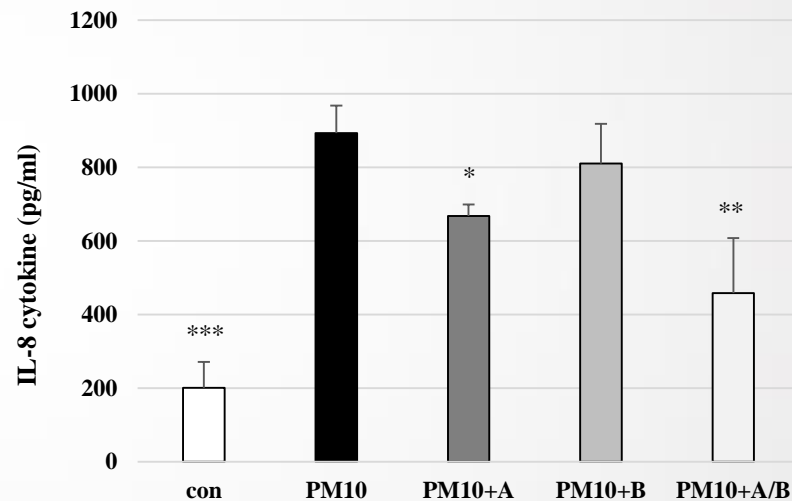
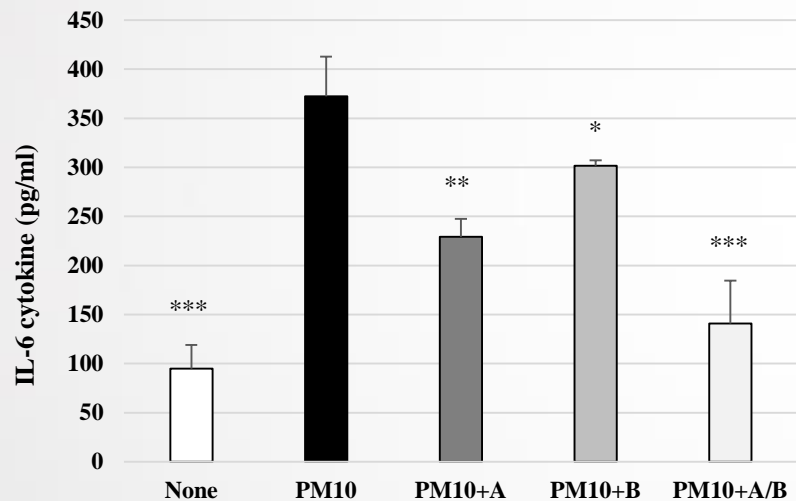


Figure 1. Self-reported symptoms of well-being in the presence or absence of the face mask.  
\*  $p < 0.05$ .

## Role of anti-oxidant and anti-inflammation agents on PM<sub>10</sub>-exposed Beas 2B epithelial cells 1.



## Role of anti-oxidant and anti-inflammation agents on PM<sub>10</sub>-exposed Beas 2B epithelial cells 2.



# 미세먼지 건강피해 예방 및 권고지침; 호흡기질환

출처: 질병관리본부 학술연구용역과제 [2016]

※ 폐암, 만성 폐쇄성 폐질환, 특발성 폐섬유증, 결핵성 파괴폐, 기관지 확장증 등

미세먼지 발생후 수일간  
그 영향이 지속됨

실외활동 되도록 피하고,  
창문 닫고 실내 활동

만성 폐쇄성 폐질환(COPD)  
환자는 외출 시 구제약물 소지

식품의약품안전처에서  
인증한 보건용 마스크 착용

호흡기 증상 악화되는 경우  
바로 병원으로

\* 출처 : 질병관리본부

# 05 결론



# 미세먼지의 호흡기 건강영향에 대한 결론

1. 미세먼지의 인체 건강 피해는 **호흡기, 심혈관계** 장기들을 중심으로 **매우 광범위하고 다양하게 심각한 효과**를 미침이 밝혀져 있어 국가적 저감 정책과 함께 국제적 저감 정책의 공조가 필요함.
2. 대기중 미세먼지 나쁨 이상에서는 **만성호흡기** 환자들에게 건강위험요인을 인지, 이해하고 회피할 수 있도록 **지식제공**이 필요함
3. 미세먼지·황사 발생 시 즉시 인지하고 **호흡기**를 비롯한 **건강피해를 최소화**할 수 있도록 이에 대한 **예방 및 대비책**을 제시하여야 함
4. 특히 취약한 **만성 호흡기 환자**들에게 인지대응 도구 (앱, 동영상, 소책자 등)를 **활용**과 적절한 약물 치료 방안을 제시하고 이로 인해 **삶의 질 향상**을 도모해야 함

**감사합니다.**