

국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원 탁토론회)

# 과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?

2019년 9월 25일(수), 14:00

국회의원회관 제1간담회실



주최 | 더불어민주당 이상민 의원, 한국과학기술한림원

후원 | 한국위험통제학회



대한민국 국회  
NATIONAL ASSEMBLY

**KAIST**

한국고신학기술한림원  
The Korean Academy of Science and Technology



**국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)**  
과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?

## 초대의 말씀

정부는 현재 행정안전부를 통해 재난안전에 관련된 총괄업무를 수행하고 있으며, 과거에도 국민안전처 설치를 통해 국가적 차원의 재난에 대한 컨트롤타워로서의 역할을 부여하는 등 노력을 기울여 왔습니다. 그러나 미세먼지와 같은 신종재난과 강원도 산불 화재, 화학공장 폭발 등 다양한 형태의 재난으로 인해 우리 국민들의 생활은 지속적인 위협을 받고 있습니다.

우리의 리스크 거버넌스 시스템이 과연 효율적으로 운영되고 있는지에 대해 진단하고, 이를 바탕으로 국민들이 체감할 수 있는 수준의 리스크 거버넌스 시스템 개선과 효율성 제고의 노력이 필요한 때입니다. 이를 위해 각종 재난에 대한 과학기술적 해법을 기반으로 365일 전 국민이 안심할 수 있는 사회환경 조성을 목표로 포용적인 안전정책을 마련해야 할 것입니다.

이에, 국회와 한림원은 과학기술계 다양한 분야의 전문가들을 모시고 과학기술정책을 통해 국가 재난 안전 시스템을 강화할 방안을 모색하고자 합니다. 바쁘시더라도 부디 참석하시어 본 포럼의 결과가 국민의 안전한 삶에 일조할 수 있도록 혜안과 경험을 나누어 주시길 바랍니다.

2019년 9월  
대한민국 국회의원 이상민  
한국과학기술한림원 원장 한민구



국회-한림원 공동포럼(제141회 한림원탁토론회) ‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

# PROGRAM

사회 : 신동천 연세대학교 의과대학 교수(한림원 정책학부 정회원)

시 간	내 용	
13:30 ~ 14:00	등 록	
14:00 ~ 14:10	개 회 식	[개회사] 이상민 더불어민주당 의원 한민구 한국과학기술한림원 원장
14:10 ~ 15:30	주제발표 1	‘강원도 산불의 파급 영향과 대책’ 고상백 연세대학교 의과대학 교수
	주제발표 2	‘미세먼지 등 위해물질의 규명과 대책’ 신동천 연세대학교 의과대학 교수(한림원 정책학부 정회원)
	주제발표 3	‘화학공장 폭발사고에 대한 대응’ 문 일 연세대학교 연구부총장
	주제발표 4	‘국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 정책 대안’ 이공래 한림원 정책학부 정회원
15:30 ~ 15:45	휴 식	Coffee Break
15:45 ~ 16:45	패널토론	
	좌 장	이재열 서울대학교 사회과학대학 교수
	패 널 (가나다순)	권혁면 연세대학교 산학협력단 연구교수 김경만 서강대학교 사회과학부 교수(한림원 정책학부 정회원) 김원국 리스크엔지니어링서비스 기술이사 이근영 한겨레신문 선임기자
	자유토론	
17:15	폐 회	



# CONTENTS

I. 주제발표 1 ‘강원도 산불의 파급 영향과 대책’	1
• 고상백 연세대학교 의과대학 교수	
II. 주제발표 2 ‘미세먼지 등 위해물질의 규명과 대책’	33
• 신동천 연세대학교 의과대학 교수(한림원 정책학부 정회원)	
III. 주제발표 3 ‘화학공장 폭발사고에 대한 대응’	57
• 문 일 연세대학교 연구부총장	
IV. 주제발표 4 ‘국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 정책 대안’	71
• 이공래 한림원 정책학부 정회원	
V. 패널토론	79
• [좌장] 이재열 서울대학교 사회과학대학 교수	
• [토론] 권혁면 연세대학교 산학협력단 연구교수	81
김경만 서강대학교 사회과학부 교수(한림원 정책학부 정회원)	85
김원국 리스크엔지니어링서비스 기술이사	89
이근영 한겨레신문 선임기자	91



국회-한림원 공동포럼(제141회 한림원탁토론회) '과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?'

## 전체 연사 약력

구분	이름	소속/직위	약력	비고
사회		신동천	연세대학교 의과대학 교수 (한림원 정책학부 정회원)	<ul style="list-style-type: none"><li>연세대학교 박사</li><li>연세대학교 석사</li></ul> <p>現) 연세대학교 예방의학 교수 前) 연세대학교 환경공해연구소 소장 前) 환경부 중앙환경보전자문위원회 위원</p>
주제 발표 1		고상백	연세대학교 의과대학 교수	<ul style="list-style-type: none"><li>건국대학교 의학 박사</li><li>연세대학교 의학 석사</li></ul> <p>現) 연세대학교 시스템과학융합연구원장 前) 연세대학교 평생건강관리센터장 前) 연세대학교 유전체코호트연구소장</p>
주제 발표 2		신동천	연세대학교 의과대학 교수 (한림원 정책학부 정회원)	<ul style="list-style-type: none"><li>연세대학교 박사</li><li>연세대학교 석사</li></ul> <p>現) 연세대학교 예방의학 교수 前) 연세대학교 환경공해연구소 소장 前) 환경부 중앙환경보전자문위원회 위원</p>
주제 발표 3		문 일	연세대학교 연구부총장	<ul style="list-style-type: none"><li>미국 카네기 멜론 대학교 박사</li><li>카이스트 석사</li><li>연세대학교 공학 학사</li></ul> <p>現) 연세대학교 연구부총장 前) 한국연구재단 국책연구본부 본부장</p>
주제 발표 4		이공래	한국과학기술한림원 정책학부 정회원	<ul style="list-style-type: none"><li>태국 타마사트 대학교 경제학 석사</li><li>영국 서섹스 대학교 과학기술정책 박사</li></ul> <p>現) 한국과학기술한림원 정책학부 정회원 前) 대구경북과학기술원 교수 前) 기술경영경제학회 회장 前) 과학기술정책연구원 선임연구위원</p>



국회-한림원 공동포럼(제141회 한림원탁토론회) '과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?'

## 전체 연사 약력

구분	이름	소속/직위	약력	비고
패널 토론		이재열 서울대학교 사회과학대학 교수	<ul style="list-style-type: none"><li>• 미국 하버드대학교 박사</li><li>• 서울대학교 석사</li><li>• 서울대학교 학사</li><li>• 現) 서울대 아시아연구소 한국사회과학 자료원 원장</li><li>• 前) 서울대학교 사회발전연구소 소장</li></ul>	좌장
		권혁면 연세대학교 산학협력단 연구교수	<ul style="list-style-type: none"><li>• 연세대학교 박사</li><li>• 연세대학교 석사</li><li>• 現) 연세대학교 산학협력단 연구교수</li><li>• 前) 산업안전보건연구원 원장</li><li>• 前) OECD 화학사고전문가그룹 부의장</li></ul>	
		김경만 서강대학교 사회과학부 교수 (한림원 정책학부 정회원)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 미국 시카고 대학교 박사</li><li>• 서강대학교 학사</li><li>• 前) Fulbright Fellow, Yale University</li><li>• 前) 삼성 SDS 자문위원</li></ul>	토론자
		김원국 리스크엔지니어링 서비스 기술이사	<ul style="list-style-type: none"><li>• 미국 우스터 폴리테크닉 대학교 석사</li><li>• 연세대학교 학사</li><li>• 한국, 미국 소방기술사</li><li>• 現) 리스크엔지니어링서비스 기술이사</li><li>• 前) 대한산업안전협회 안전기술연구원 원장</li></ul>	
		이근영 한겨레 신문 선임기자	<ul style="list-style-type: none"><li>• 서강대학교 석사</li><li>• 서울대학교 학사</li><li>• 現) 한겨레 신문 선임기자</li></ul>	



국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)  
‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

## [ 주제발표 I ]

### 강원도 산불의 파급 영향과 대책

고상백

연세대학교 의과대학 교수



발제 1

## 강원도 산불의 파급 영향과 대책

고 상 백

연세대학교 의과대학 교수



## < 목차 >

1. 산불의 공중보건학적 문제와 리스크 관리에서 과학적 접근의 필요성
2. 과학적 접근을 통한 산불의 유해요인 파악
3. 산불에 의한 건강영향
4. 재난보건관리 시스템 국내 사례
5. 산불 리스크관리 시스템 해외 사례
6. 국가 리스크관리 정책제안

2

1. 산불의 공중보건학적 문제와 리스크 관리에서 과학적 접근의 필요성

3

## 산불의 공중보건학적 문제

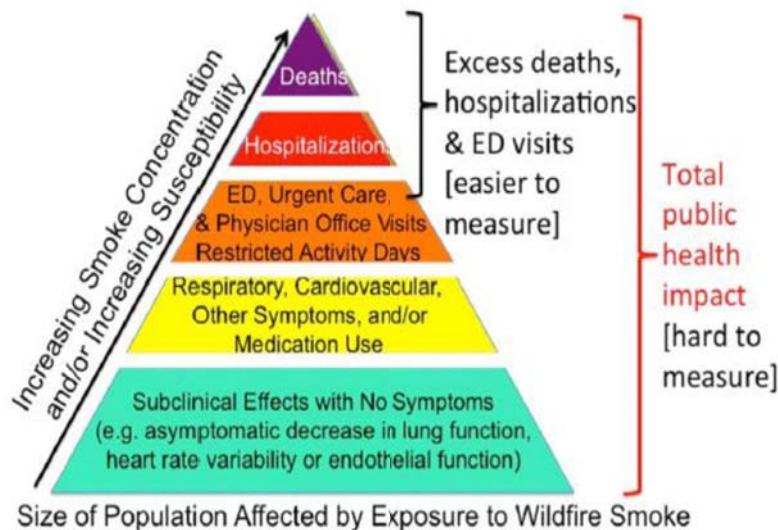


Fig. 8. Clinical and Sub-Clinical Impacts of Wildfire Smoke or PM<sub>2.5</sub>.

**YONSEI**  
*Leading the Way to the Future*

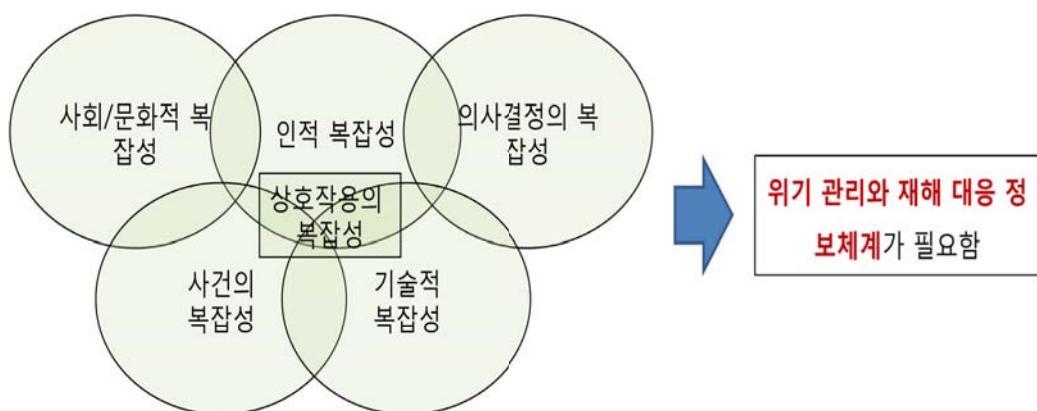
4

## 리스크 관리에서 과학적 접근의 중요성

- 일반적으로 위중하지 않지만 사회적으로 질병부담을 증가시키고, 중장기적으로 건강영향을 미치는 사람의 규모가 큰 공중보건학적 문제는 앞서 초기 대응보다 국가적 리스크 관리에서 더 중요함
- 리스크 관리는 측면에서 예방에서부터 대비와 대응 및 복구에 이르기까지 과학적 접근이 중요하며, 이를 기반으로한 리스크 관리가 절실함
- 관여되는 영역과 분야의 수, 위기상황에 노출되는 사람의 수, 대응하는 자원의 수가 늘어나면서 리스크 관리 과정도 점점 복잡해지고 있음
  - 원인 파악 및 대응체계 마련을 위한 과학적 접근 필요
  - 과학기술을 활용한 위기관리와 대응정보체계가 필요함

## 현대 재난의 복잡성

- 현대 발생하는 재난 상황은 점점 복잡해지고 있음.
- 과학기술을 활용한 정보수집 및 원인파악을 통한 위기관리와 대응정보체계 필요



Coskun E, Ozceylan D. Complexity in emergency management disaster response information systems. Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011

## 2. 과학적 접근을 통한 산불의 유해요인 파악

## 1) 연기 (Fire smoke)

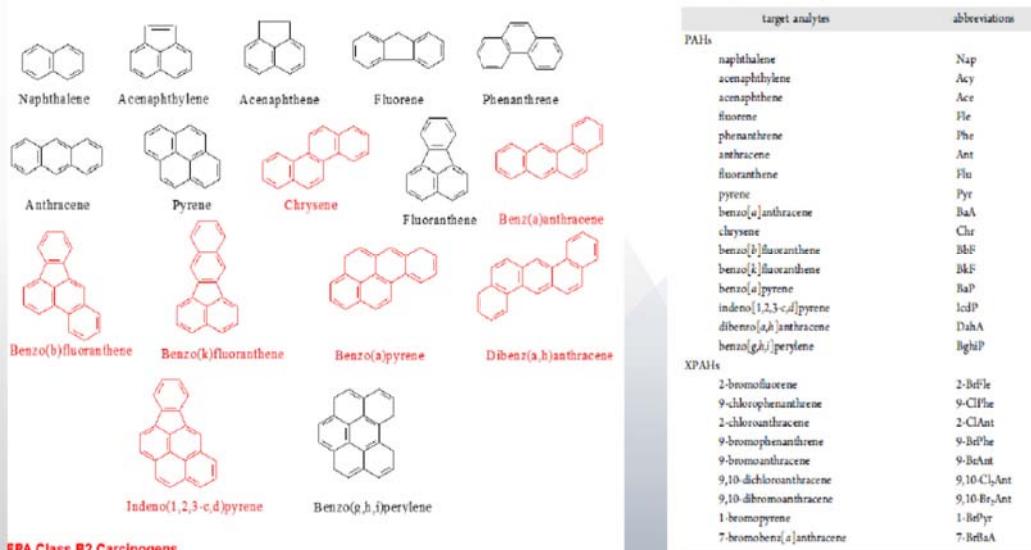
- 입자상 물질 (Fine and coarse particulate matter, PM)**
- 가스상 물질 (일산화탄소, 메탄, 아산화질소 (NO<sub>2</sub>), 질소산화물 (NO<sub>x</sub>), 휘발성유기화합물(volatile organic carbon, VOC))
- 탄화수소, 부분적으로 산화된 탄화수소, 할로겐화 탄소, Alkyl nitrate, 황 화합물 등
- 다이옥신, 퓨란**
- 단기적으로 대기중 PM 농도 상승, 장기적으로 연증 PM(2.5) 농도를 상승
- 입자상 물질에는 바이오매스 연소에 의해 생성된 유해화학물질이 포함되어 노출



8

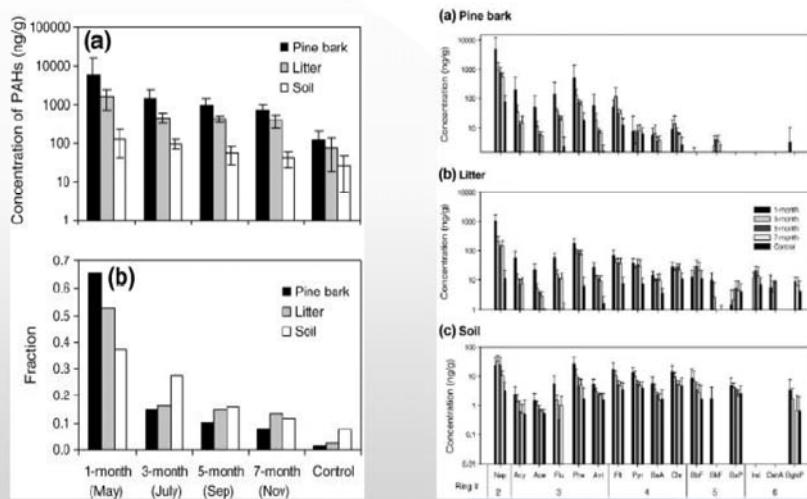
## 2) 토양

- 바이오매스(Biomass)의 연소과정에서 다양한 유해화학물질 생성되어 토양에 존재
- 다환방향족탄화수소 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs), halogenated PAHs 등**
- 다이옥신류 (Polychlorinated dibenz-p-dioxins and dibenzofurans, PCDD/Fs)
- 폴리클로리네이티드 바이페닐 (Polychlorinated biphenyls, PCBs)
- 미량 중금속들 (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Tl, V 등)



### ■■■ 다환방향족탄화수소 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)

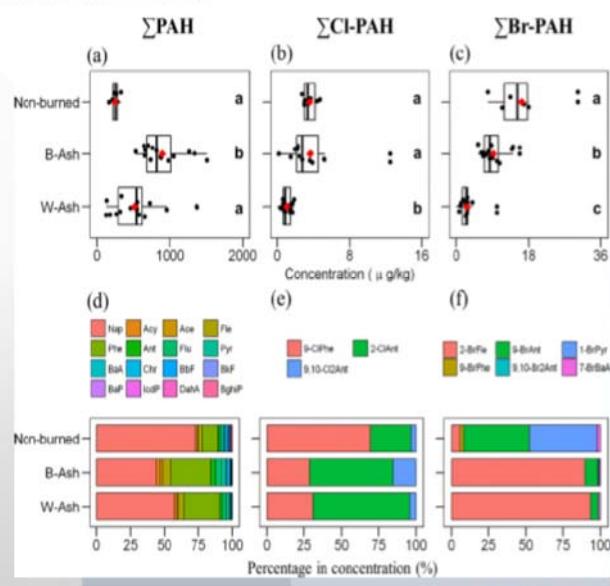
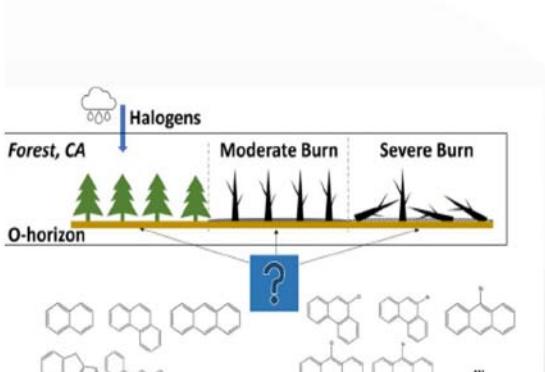
- 산불에 의해 생성된 PAHs가 지구 전체 PAHs의 13.6% 차지
- 산불은 PAHs 농도를 10~100배 이상 증가시킴  
예: 산불 한달 후에 대조군에 비해 4~24배 높은 농도, 16개 PAHs 농도 총합이 산불 후 20배까지 증가
- 토양보다는 소나무껍질 등에서 더 높은 농도를 보임
- 2~4개의 벤젠고리를 가지고 있는 PAHs가 주로 발생 → 바이오매스에 의한 것임을 증명
- 시간이 지남에 따라 농도가 감소하는 경향을 보임 (바람에 의한 재 소실, 휘발, 분해 등)
- 특히 우기에서의 빗물에 의한 씻김현상이 중요한 농도 감소 요인이 됨



Choi, STOTEN, 2014; Kim et al., Environ Sci Pollut Res Int, 2011; Chen et al., ES&amp;T, 2018

### 다환방향족탄화수소 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)

- 산불의 강도에 따라 black ash(200-500°C), white ash(>510°C) 발생 (2013년 캘리포니아 화재)
- 대조군에 비해 Black ash에서 PAHs 3배이상, White ash에서 2배 정도 높은 농도 존재
- 산불의 강도가 셀수록 더 많은 벤젠고리가 있는 PAHs 존재
- 산불의 강도가 셀수록 염소화, 브롬화된 PAHs 농도 증가



Chen et al., ES&amp;T, 2018

### 3) 실내 먼지

- 실내 먼지는 다양한 유해화학물질이 존재 (프탈레이트, 난연제물질 등)
- 실내 먼지에 존재하는 유해화학물질은 행동의 특성상 영유아 등에 영향 미침
- 산불, 도시로 번진 불로 인해 생산된 재가 비산하여 실내에 유입 가능



<https://www.livescience.com/56083-home-dust-chemicals.html>

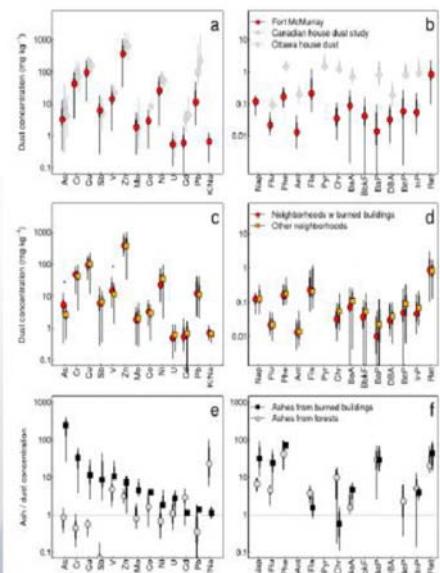
\* 집 먼지 중 프탈레이트 모체 (n=120)

Unpublished data, IRAME

분석물질	Detection rate (%)	Range (min-max)	Average±SD $\mu\text{g/g}$
DMP	98	<LOQ-1.1	0.17±0.17
DEP	91	<LOQ-8.6	0.67±0.99
DPhP	0	<LOQ	<LOQ
DAIP	53	<LOQ-2.2	0.11±0.28
DnPhP	19	<LOQ-0.5	0.02±0.07
DiBP	81	<LOQ-35.9	3.79±5.17
DnBP	67	<LOQ-1876	163.2±254.9
DnPeP	48	<LOQ-2.9	0.22±0.41
DnHdP	2	<LOQ-0.02	0.0003±0.003
BBzP	85	<LOQ-133	7.20±16.8
DCHP	0	<LOQ	<LOQ
DEHP	87	<LOQ-4034	1008±957
DihPp	3	<LOQ-1.1	0.01±0.10
DNP	78	<LOQ-17343	1320±2514
DnOP	7	<LOQ-14.9	0.35±1.76
DiDP	38	<LOQ-1014	55.0±141
Sum	99	<LOQ-18577	2558±2931

### 중금속 (Heavy metals)

- 산불로부터 발생한 재에 비소 등의 중금속이 높은 농도로 존재
- 산불발생 14개월 후, 평상시 수준의 중금속 농도 회복 (2016 캐나다 앨버타 화재)



<https://www.theglobeandmail.com/news/national/government-wants-researchers-to-study-health-effects-of-fort-mcmurray-wildfire/article3185395/>

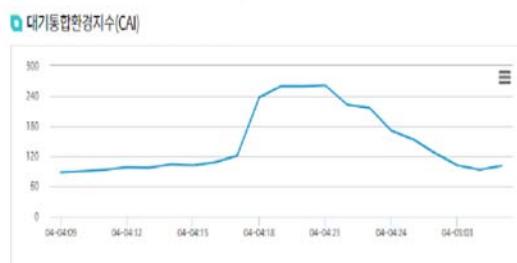
Slaughter, 2016; Kohl et al., Geophysical Res Lett, 2019

#### 4) (빗)물

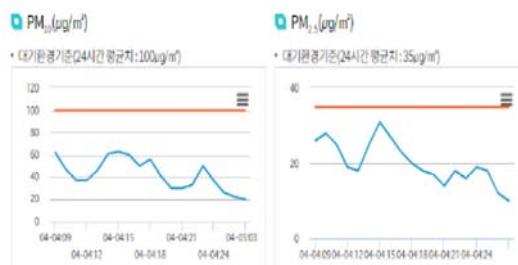
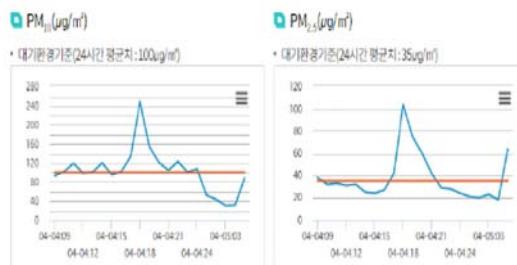
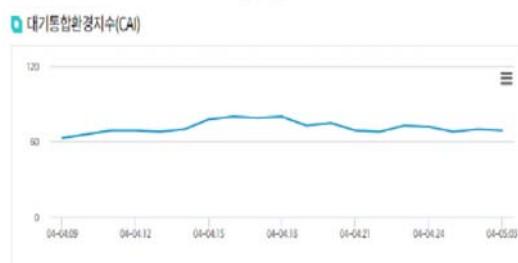
- (빗)물은 화층에 존재하는 다양한 유해화학물질을 다른 매체로 이동시킴
- 강 등은 산불로 인해 발생된 유해화학물질의 최종 종착지가 될 수 있음
- 알칼리티 상승, 높은 이온(염), 영양성분(질소, 인 등) 증가
- 시안화물(Cyanide) 농도, 수은(혹은 유기수은) 농도 증가 가능성
- 먹는 물에 영향 가능성



#### 속초



#### 춘천



### 3. 산불에 의한 건강영향

16

## 산불 연기(wildfire smoke)의 건강영향

- 입자상 물질(particulate matter)과 연소된 가스 물질(gaseous products of combustion)로 구성됨
- 산불 연기 노출과 관련된 일별 사망률의 증가와 건강 유해 효과
  - 산불로 인한 대기오염과 관련성이 있음
  - 산불이 발생하여 대기 오염 농도가 증가한 날에는 사망률이 5% 증가하였다고 보고됨 (1997년부터 2004년까지의 산불의 영향에 대한 오스트레일리아 연구 결과)
  - 산불 연기의 주요 대기오염 물질은 미세먼지
  - 초미세먼지( $PM_{2.5}$ )의  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가 당 0.5-2 %의 사망률이 증가함

17

**Table 1.** Findings from epidemiological research studies ( $N = 43$ ) ordered by health outcome.

Outcome	Article	Exposure assessment type	Direction of association
<b>Mortality</b>			
All	Sastray 2002 Morgan et al. 2010 Johnston et al. 2011 Faustini et al. 2015 Linares et al. 2015 Shaposhnikov et al. 2014 Johnston et al. 2011 Morgan et al. 2010 Faustini et al. 2015 Linares et al. 2015 Nunes et al. 2013 Faustini et al. 2015 Johnston et al. 2011 Morgan et al. 2010 Linares et al. 2015	Monitored PM Monitored PM Smoky versus non-smoky days Smoky versus non-smoky days Monitored PM Monitored PM Smoky versus non-smoky days Monitored PM Smoky versus non-smoky days Monitored PM Modeled PM and satellite data Smoky versus non-smoky days Smoky versus non-smoky days Monitored PM Monitored PM	↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↔ ↔ ↔ ↔ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑ ↔ ↔
Respiratory			
Cardiovascular			
Respiratory morbidity			
Lung function in people without asthma or bronchial hyperreactivity	Jacobson et al. 2012 Jacobson et al. 2014 Jalaludin et al. 2000 Lee et al. 2009 Henderson et al. 2011 Moore et al. 2006 Mott et al. 2002 Lee et al. 2009	Monitored PM Monitored PM Monitored PM Monitored PM Monitored PM Modeled PM Binary satellite indicator of smoke Temporal comparison Temporal comparison	↓↓ ↓↓ ↓↓ ↑↑ ↑↑ ↑ ↑↑ ↑↑
Physician visits			
ED visits	Rappold et al. 2011 Tham et al. 2009 Thelen et al. 2013 Johnston et al. 2014	Temporal and spatial comparisons Monitored PM Modeled PM Smoky versus non-smoky days	↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑

Hospitalizations	Morgan et al. 2010 Henderson et al. 2011  Johnston et al. 2007 Delfino et al. 2009  Martin et al. 2013 Chen et al. 2006  Cançado et al. 2006 Mott et al. 2005 Ignotti et al. 2010 Tham et al. 2009	Monitored PM Monitored PM Modeled PM Binary satellite indicator of smoke Monitored PM PM monitoring, statistical modeling, and satellite information Smoky versus non-smoky days PM monitoring for categorical exposures PM monitoring Temporal comparison % annual hours > 80 µg/m <sup>3</sup> Monitored PM	↑↑ ↑↑ ↑ ↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↔
Asthma			
Lung function among people with asthma	Jacobson et al. 2012 Jalaludin et al. 2000 Vora et al. 2011 Wiwatwanade and Liwsrisakun 2011	Monitored PM Monitored PM Temporal comparison Monitored PM	↔ ↔ ↔ ↔
Medications			
Physician visits			
ED visits	Johnston et al. 2002 Rappold et al. 2011 Duclos et al. 1990 Johnston et al. 2014 Smith et al. 1996 Tse et al. 2015	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information Modeled PM Temporal and spatial comparisons Temporal comparison Monitored PM Measurement of PM Monitored PM Modeled PM Binary satellite indicator Monitored PM Modeled PM Monitored PM Temporal and spatial comparisons Temporal comparison Smoky versus non-smoky days Temporal comparison Temporal and spatial comparisons	↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↑↑ ↔

Outcome	Article	Exposure assessment type	Direction of association
Hospitalizations	Morgan et al. 2010	Monitored PM	↑↑
	Delfino et al. 2009	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information	↑↑
	Arbex et al. 2007	PM monitoring	↑↑
	Martin et al. 2013	Smoky versus non-smoky days	↑↑
	Johnston et al. 2007	Monitored PM	↑
	Tse et al. 2015	Temporal and spatial comparisons	↔
COPD			
	Physician visits	Yao et al. 2016	Monitored PM Modeled PM
	ED visits	Rappold et al. 2011 Duclos et al. 1990 Johnston et al. 2014	Temporal and spatial comparisons Temporal comparison Smoky versus non-smoky days
	Hospitalizations	Morgan et al. 2010 Johnston et al. 2007	Monitored PM Monitored PM
		Delfino et al. 2009	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information
		Martin et al. 2013 Mott et al. 2005	Smoky versus non-smoky days Temporal comparison <sup>a</sup>
Respiratory infections			
	Physician visits	Yao et al. 2016	Monitored PM <sup>b</sup> Modeled PM <sup>b</sup> Monitored PM <sup>c</sup> Modeled PM <sup>c</sup> Monitored PM <sup>d</sup>
	ED visits	Henderson et al. 2011 Duclos et al. 1990 Rappold et al. 2011	Temporal comparison <sup>b</sup> Temporal and spatial comparisons <sup>b</sup>
	Hospitalizations	Johnston et al. 2007	Monitored PM
	Pneumonia and bronchitis		
	ED visits	Rappold et al. 2011 Johnston et al. 2014	Temporal and spatial comparisons Smoky versus non-smoky days
	Hospitalizations	Delfino et al. 2009	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information
		Morgan et al. 2010 Martin et al. 2013	Monitored PM Smoky versus non-smoky days
		Duclos et al. 1990	Temporal comparison <sup>e</sup>

Outcome	Article	Exposure assessment type	Direction of association
IHD			
	Physician visits	Lee et al. 2009	Monitored PM
	ED visits	Johnston et al. 2014	Smoky versus non-smoky days
	Hospitalizations	Haikerwal et al. 2015	Modeled PM
		Mott et al. 2005	Temporal comparison
		Haikerwal et al. 2015	Modeled PM
Hypertension			
	Physician visits	Henderson et al. 2011	Monitored PM
	Hospitalizations	Arbex et al. 2010	PM monitoring
	Cardiac dysrhythmias/arrhythmias		
	ED visits	Johnston et al. 2014	Smoky versus non-smoky days
	Hospitalizations	Delfino et al. 2009	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information
		Martin et al. 2013	Monitored PM
		Johnston et al. 2007	Smoky versus non-smoky days
			↓↓ and ↑↑/ ↔
Cerebrovascular disease			
	ED visits	Henderson et al. 2011	Monitored PM
	Hospitalizations	Arbex et al. 2010	PM monitoring
		Johnston et al. 2014	Smoky versus non-smoky days
		Delfino et al. 2009	PM monitoring, statistical modeling, and satellite information
		Martin et al. 2013	Smoky versus non-smoky days
Angina			
	Dispensations of fast-acting nitroglycerin	Yao et al. 2016	Monitored PM
	ED visits	Haikerwal et al. 2015	Modeled PM
	Hospitalizations	Haikerwal et al. 2015	Modeled PM
	Birth outcomes		
	Birth weight	Holstius et al. 2012	Temporal comparison
	Proportion of cohort surviving	Jayachandran 2009	Satellite data
	Low birth weight	Cândido da Silva et al. 2014	Monitored PM
	Mental health		
	Physician visits	Moore et al. 2006	Temporal comparison
	Hospitalizations	Duclos et al. 1990	Temporal comparison

## 산불에 대한 보건학적 민감집단

어린이

임산부

고령층

천식 및 기타 호흡기질환 기저질환자

순환기계질환 기저질환자

저 소득층

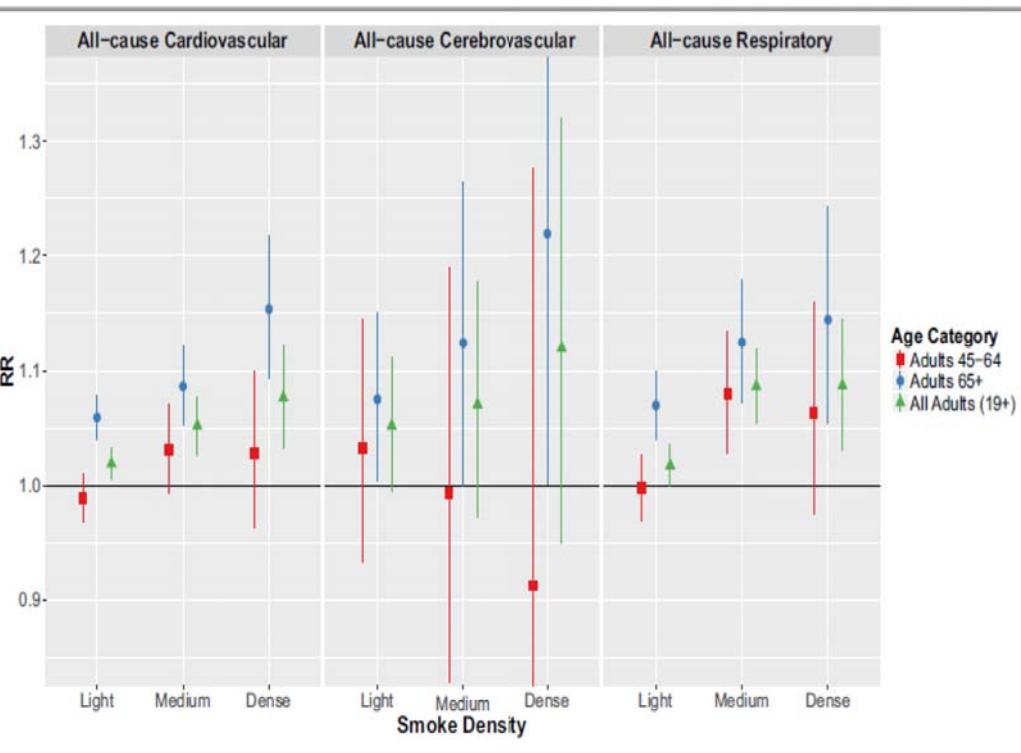
고위험직업군

22

임신기간 중 산불연기에 노출될 경우 향후 출생 이후의 체중 및 각종 건강영향에 대한 조사가 필요함



23



**Figure 2.** Relative risk and 95% confidence intervals for select cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory outcomes relative to smoke-free days, at lag 0 days, stratified by age; 8 California air basins (May 1–September 30, 2015). Models adjusted for heat index, day of week, time trend, and log-population offset. RR indicates relative risk.

## 산불로 인한 보다 광범위한 건강영향

- 생애 처음 겪는 극심한 사건에 대한 심리적인 영향
- 대피하는 과정에서 발생한 외상과 같은 신체적인 문제
- 보건 서비스에 대한 수요 증가
  - 관리 대상자의 거주지 이탈로 인한 만성질환 관리시스템의 부재
- 만성질환자들의 의료 시설에 대한 접근성 감소 문제
  - 자동차 전소로 인한 교통 접근성 저하
  - 거주지 전소로 인한 익숙하지 않은 타 지역으로 이동
- 집 안의 벽지 · 커튼 · 피복류에 흡착된 산불 연소 물질
- 다중이용시설의 환기장치 내부에 쌓인 산불 연소 물질
  
- 산불 발생 수 개월 뒤 주변의 강물에서 중금속 농도가 상당히 증가하였다는 결과가 보고됨 (2002년 리투아니아 산불)
- 2007년 캘리포니아 산불 잔해에서는 비소 · 카드뮴 · 구리 · 납과 같은 중금속이 많이 검출됨
  - 장기적인 건강영향을 우려하여 국가적인 제거 캠페인 사업이 조직되어 운영된 바 있음

#### 4. 재난보건관리 시스템 국내 사례

- 태안 원유 유출 사고 사례 -
- 인천 이레 화재 사건 사례 -

26





28

## HS 유류유출과 환경보건대응 시기구분

- 2007.12.7 사고발생, 12.10 [특별재난지역 선포]
- 급성 건강영향조사 단계 [2007.12~2008.9]
  - 민관합동회의와 급성 건강영향조사
  - 환경보건 비상대응조치의 과학적 근거 마련

[2008.3.14] [아베이스피리트호 유류오염사고 피해주민의 지원 및 해양환경의 복원 등에 관한 특별법] 제정, [2008.6.13] [시행령 제정]
- 중장기 건강영향조사 기반구축단계 [2008.9.1~2011.12]
  - 태안환경보건센터의 설립[2008.9.1]
  - 중장기 건강영향조사의 기반구축
  - 지역사회 환경재난 정신보건사업
  - HS 유류유출사고 환경보건 백서 발간
- 중장기 건강영향조사 발전단계 [2012.1~현재 ]
  - 기반코호트 추적 조사, 암 검진
  - 국제연대활동: [스페인 호흡기학회/CLEAR], 미국 NIEHS
  - 국내외 홍보활동 강화 [한영 홈페이지 구축, HS이후 건강영향조사에 대한 20가지 궁금증 문답집 발간]
  - 학술발표 활성화 [학회발표, 논문발표 등]
  - 태안환경보건센터의 발전방향 모색

29

## 요약 및 결론

- 유류오염 비상대응 관련하여 초기대응에서 환경보건학적 문제가 포함되어 있지 않아 초기위해도평가, 주민대피 등을 신속하게 결정하기 위한 제도적 개선이 필요
- 중장기건강영향을 예방하기 위한 지속적 활동이 제도적으로 지원되어야 함.
- 피해보상에 대한 제도적 개선이 필요함.
- 서해지역 오염에 대한 전문기관 설립 등 포괄적이고 장기적인 대책이 필요

YONSEI,  
*Leading the Way to the Future*

30



## 사고 개요

· 일 시 : 2018년 04월 13일(금) 11시 47분

· 장 소 : 이레화학(주) 인천광역시 서구 백범로 910번길

· 사고내용 : 이레화학은 폐기물 재생처리 업으로 폐 유기용제를 재생하여 화학물질(황산, 톨루엔, 메탄올, 아세톤, 클로로포름, 수산화나트륨, 트리클로로에틸렌, 2-프로판올, 디클로로메탄)을 생산함. 생산된 아세톤을 용기(IBC탱크, 1톤)에 충진 작업 중 용기 내부에서 화재가 발생하여 아세톤등 화학물질이 사업장 외부로 유출(인근 대기 중 및 하수관로에서 아세톤 및 화학물질이 검출됨



**YONSEI,**  
Leading the Way to the Future

표 1. 사고 발생 2시간 후, 3일 후 대기 중 화학물질 조사결과 비교(인천시 보건환경연구원)

연번	물질 장소	사고발생 2시간 후			사고발생 3일 후		
		화재현장 120 m 거점	화재현장 175 m 거점	화재현장 2.5 km 거점	화재현장 120 m 거점	화재현장 175 m 거점	화재현장 2.5 km 거점
1	Freon12	0.00	0.00	0.00	0.42	0.48	0.45
2	Metyl chloride	<b>33.47</b>	<b>27.50</b>	0.36	<b>1.08</b>	<b>1.24</b>	<b>2.81</b>
3	Freon114	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
4	Vinyl chloride	<b>3.10</b>	<b>2.56</b>	0.22	0.00	0.00	0.00
5	Metyl bromide	0.20	0.17	0.00	0.00	0.10	0.00
6	Ethyl chloride	<b>1.54</b>	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
7	Freon11	0.30	0.27	0.21	0.10	0.14	0.10
8	Vinyldiene chloride	0.65	0.52	0.01	0.00	0.00	0.00
9	Dichloromethane	<b>239.36</b>	<b>189.62</b>	<b>4.60</b>	<b>1.45</b>	<b>2.13</b>	0.18
10	Freon113	0.07	0.07	0.06	0.00	0.01	0.01
11	1,1-Dichloroethane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	cis-1,2-Dichloroethylene	0.85	0.66	0.02	0.00	0.00	0.00
13	Chloroform	<b>105.80</b>	<b>80.47</b>	<b>1.13</b>	0.00	0.06	0.00
14	1,2-Dichloropropane	0.32	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Methyl chloroform	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Benzene	<b>15.65</b>	<b>11.23</b>	0.32	0.02	0.33	0.01
17	Carbon tetrachloride	0.41	0.35	0.18	0.00	0.00	0.00
18	1,2-Dichloropropane	<b>7.13</b>	<b>5.16</b>	0.11	0.00	0.00	0.00
19	Trichloroethylene	<b>8.23</b>	<b>5.78</b>	0.12	1.09	1.39	0.00
20	cis-1,3-Dichloropropene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	trans-1,3-dichloropropene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	1,1,2-trichloroethane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	toluene	<b>43.01</b>	<b>27.84</b>	<b>1.50</b>	0.83	<b>1.33</b>	0.41
24	1,2-dibromoethane	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	tetrachloroethylene	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	chlorobenzene	<b>1.12</b>	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
27	ethylbenzene	<b>1.62</b>	<b>0.78</b>	0.12	0.78	<b>1.16</b>	0.04
28,29	m-p-xylene	0.86	0.40	0.17	0.88	<b>1.26</b>	0.01
30	styrene	<b>2.89</b>	<b>1.73</b>	0.21	0.00	0.00	0.00
31	1,1,2,2-tetrachloroethane	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
32	o-xylene	0.62	0.35	0.16	0.43	0.64	0.00
34	1,2,4-trimethylbenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	1,3,5-trimethylbenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	m-dichlorobenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	o-dichlorobenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	p-dichlorobenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	1,2,4-trichlorobenzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	1,1,2,3,4,4-hexachloro-1,3-butadiene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	1,3-Butadiene	<b>7.47</b>	<b>4.91</b>	0.00	0.00	0.01	0.00

## 조사 대상자 및 조사방법

### 가. 원칙

- 사고지점으로부터 노출 반경 내에 있는 근로자, 지역주민, 사고대응자 등
- 사고 당일 대기 중 화학물질 농도 고려시 175m에서 2km 사이가 의미 있는 노출가능 집단으로 추정됨
- 따라서 위 지점 내의 노출자를 대상으로 조사를 실시하는 것이 원칙임

### 나. 현실적 조사범위

#### ● 노출군

- 1) 화재진압 동원 인원: 779명[소방438명, 경찰 303명, 보건소 13명, 해역방어사령부 13명, 가스안전공사 5명, 한전 3명, 전기안전공사 4명].  
대한적십자 및 자율대응반 미포함
- 2) 근로자 : 22개 피해사업장 근로자 58명
- 3) 소방관 이외 민간인 피해접수자 8명
- 4) 기타 노출이 의심되는 자 또는 건강영향조사를 원하는 자 [845명+@]

#### ● 대조군

- 조사결과 해석에 반드시 필요하지만 현실적으로 어려움
- 조사군의 노출정도에 따라 내부대조군으로 활용(대부분 사고 인접거리에 있어 대조군으로 부적절)

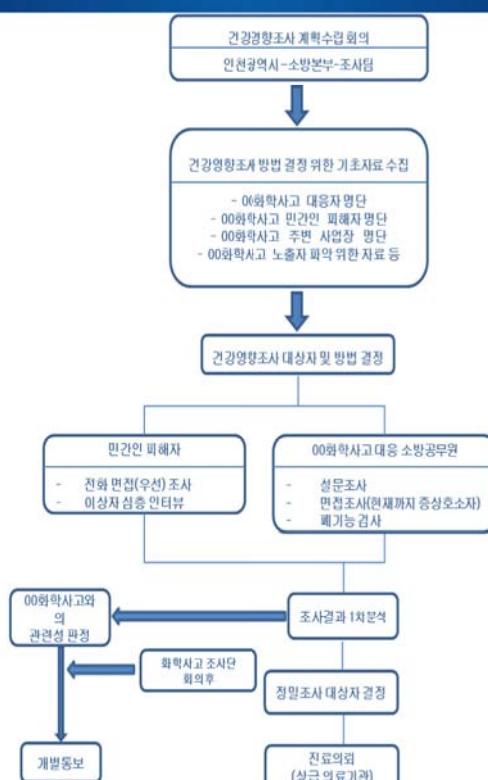
### 다. 조사방법

- 설문조사 및 문진
- 임상의학적 조사(설문 및 문진을 통해 임상의학적 검사가 필요하다고 판단된 경우)  
(예: 혈액, 소변 및 타액, 피부단자검사, 흉부방사선검사, 폐기능 검사 등)

**YONSEI,**  
*Leading the Way to the Future*

34

## 건강영향조사 개요



35

## 5. 산불 리스크관리 시스템 해외 사례

36

### Wildfire Smoke

A Guide for Public Health Officials  
Revised May 2016

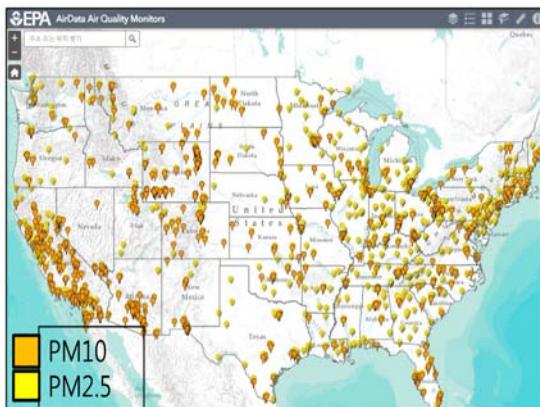


U.S. Environmental Protection Agency \* U.S. Forest Service \* U.S. Centers for Disease Control and Prevention \* California Air Resources Board

37

## 미국 사례: Air Quality Index (US EPA)

Levels of Health Concern	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
AQI Values	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500



- 미 전역 1700개 측정소
  - 연속형 대기질 자료 수집, 제공
- 제공 데이터: 일평균농도, 1시간평균농도
- 측정값을 국민건강영향 파악에 적합한 지표로 환산하여 활용

**YONSEI**,  
Leading the Way to the Future

38

## 미국 사례: 실시간대기측정망

측정망 명칭	특징
AirNow	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 전역 1700개의 PM2.5 및 PM10 측정소에서 연속형 자료 수집</li> <li>• 이메일, 위젯, 스마트폰 앱 활용해 정보 제공</li> <li>• 다부처 협력 자료 활용</li> </ul>
Nowcast	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PM2.5 및 PM10에 대한 대기질지표 24시간 연속측정</li> </ul>
Fires: Current Condition Map	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산불 발생 시, 경보 및 대응 방법에 대한 이메일 발송</li> </ul>
U.S. Forest Service Wildland Fire Air Quality Monitoring Website	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 측정소 및 임시 측정소 활용</li> <li>• 측정소 위치정보, 시간대별 추이, 패턴 인식 정보 제공</li> <li>• 공공데이터 활용</li> </ul>

**YONSEI**,  
Leading the Way to the Future

39

미국 사례: 주민 보건을 위한 공지 시스템	
지역주민공지시스템 (PSAs: Public Service Announcement)	일반주민 대상 권고사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>산불다발 지역 및 다발 시기에 대한 사전 주민 공지 (유관기관 연락처 및 웹사이트 링크 활용)</li> <li>'외출금지', '야외활동 제한' 등 핵심 키워드 활용, 전달력 향상</li> <li>사고시 효과적 대처방안 공유를 위한 사전 작업 필요 (기자 등의 방송업 종사자)</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>식량 구비</li> <li>폐 및 심장 이상증세 시 의료기관에 즉시 방문</li> <li>공지사항, 대기질 예보 등을 활용해 화재 상황 예의주시</li> </ol>
만성질환자 대상 권고사항	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>처방약 구비</li> <li>천식 환자에 대한 사고대응계획 마련</li> <li>심장질환자에 대한 사고대응계획 마련</li> <li>공기정화장치: 실내 면적에 따른 정화력 확인</li> <li>연기 흡입에 따른 증상 악화 시, 의료진에 즉시 보고</li> <li>뉴스 등 대중매체를 활용, 실내 공기질 개선 방안 공유</li> </ol>
<p style="color: red;">“웹사이트[PC 및 스마트폰], 전화, 문자, 방문알림, 포스터, 리플렛 등 다양한 매체를 활용하여 공지하는 것이 중요”</p>	
40	

보건직 공무원을 위한 권고 조치 사항 (Recommended Action for Public Health Officials)		
공기질 상태 (AQI Category) (공기질 지수, AQI Value)	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24시간 평균 값	권고 조치 사항
좋음  [Good]  [0 - 50]	0 - 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>산불이 발생했다면, 상황전달 지침을 시행</li> </ul>
보통의 심각 이전 단계  [moderate]  [51 - 100]	12.1 - 35.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 및 교육기관 대상 행동 지침을 준비</li> <li>신체 영향, 증상, 화재 노출을 줄이는 방법을 조언하는 대중 공포를 발표</li> </ul>
화재 연기 취약 집단에게 악영향  [Unhealthy for Sensitive Group]  [101 - 150]	35.5 - 55.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 및 교육기관 대상 행동 지침을 고려</li> <li>화재 발생이 지속될 경우, 가능한 안전 대비지역을 파악하여 공지함</li> <li>화재 발생이 지속될 경우, 피난 계획을 준비</li> </ul>
<small>AQI - Air Quality Index</small>		

### 보건직 공무원을 위한 권고 조치 사항 (Recommended Action for Public Health Officials)

공기질 상태 [AQI Category] (공기질 지수, AQI Value)	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24시간 평균 값	권고 조치 사항
신체 악영향 <b>[Unhealthy]</b> (151 ~ 200)	55.5 ~ 150.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 및 교육기관 대상 행동 지침 시행</li> <li>공중 보건 상태와 대중 이동성을 고려하여 야외 행사(콘서트, 스포츠 경기) 진행 취소를 고려</li> </ul>
심한 수준의 신체 악영향 <b>[Very Unhealthy]</b> (201 ~ 300)	150.5 ~ 250.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 및 교육기관 대상 모든 실내활동으로의 전환 또는 일정 변경</li> <li>일부 학교 및 교육기관의 하교 조치 고려</li> <li>스포츠 경기 등 참여적 야외 이벤트 중지</li> <li>콘서트와 같은 관람형 야외 이벤트의 취소 고려</li> </ul>
위험 <b>[Hazardous]</b> (> 300)	> 250.0~500	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교 및 교육기관의 하교 조치 고려</li> <li>모든 야외 행사 취소</li> <li>공중 보건활동에 필수적이지 않은 작업장 운영 취소 고려</li> <li>PM 농도가 높은 상태로 지속될 가능성이 있을 경우, 위험인 구집단의 대피 고려</li> </ul>

AQI - Air Quality Index

42

### 화재수준별 건강 영향 및 경고 사항 (Health Effects and Cautionary Statements)

공기질 상태 (AQI Category)	건강영향 (Health Effects)	경고 사항 (Cautionary Statements)	그 외 보호적 행동 (Other Protective Actions)
좋음 <b>[Good]</b>	-	-	-
보통의 심각 이전 단계 <b>[moderate]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>심장 또는 폐 질환 악화 가능성 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특이적으로 민감한 사람들은 수행 중인 직업의 지속 또는 과중을 제한하는 것이 고려됨</li> <li>심장 또는 폐 질환자들은 증상에 주 의를 기울여야함</li> <li>반복되는 기침, 호흡 곤란, 뺨쌕거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 심장 또는 폐 질환이 있다면, 의료서비스 제공자에게 연락을 취해야함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>증상이 관찰되면, 상위 단계에 제시된 유해물질로부터의 노출을 줄이는 행동을 실행</li> </ul>

## 화재수준별 건강 영향 및 경고 사항 (Health Effects and Cautionary Statements)

공기질 상태 (AQI Category)	건강영향 (Health Effects)	경고 사항 (Cautionary Statements)	그 외 보호적 행동 (Other Protective Actions)
<b>화재 연기 취약 집단에게 악영향</b> <i>[Unhealthy for Sensitive Group]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호흡기 유해물질에 민감한 사람들의 호흡질환 및 심장질환 악화 가능성 증가</li> <li>심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가 가능성 존재</li> </ul>	#화재 연기 취약 집단: 심장 또는 폐질환자, 노인, 어린 아이, 임산부는 수행 중인 작업의 지속과 과중을 제한 해야함 <ul style="list-style-type: none"> <li>실외에 머무는 시간 제한</li> <li>신체활동을 요하는 작업 중지</li> <li>천식 환자는 천식 관리 지침을 따름</li> <li>반복되는 기침, 호흡 곤란, 짹쌕거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 과도한 연기 노출과 관련된 폐 또는 심장질환이 있으면, 의료서비스 제공자에게 연락을 취해야함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가능한 한 실내에 머물고, 창문을 닫고, 외부공기가 유입되는 틈을 차단</li> <li>환풍기(주방, 욕실 등) 사용 중지</li> <li>외부로 통하는 문 닫기</li> <li>환기가 필요하다면, 내부 공기순환으로 집, 자동차, 환풍기 작동시킴(외부 공기가 내부로 유입되지 않도록)</li> <li>주거환경에 중앙 난방 및 에어컨 시스템이 있다면, 고효율 필터를 설치.</li> <li>고효율 필터가 설치되었다면(MERV 8 이상), 공기 순환 시스템은 에너지 사용과 비용이 증가하겠지만, 유해물질 제거를 기대할 수 있음</li> <li>이동식 공기 청정기를 사용</li> </ul>

44

## 화재수준별 건강 영향 및 경고 사항 (Health Effects and Cautionary Statements)

공기질 상태 (AQI Category)	건강영향 (Health Effects)	경고 사항 (Cautionary Statements)	그 외 보호적 행동 (Other Protective Actions)
<b>신체 악영향</b> <i>[Unhealthy]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호흡기 유해물질에 민감한 사람들의 호흡질환 및 심장질환 악화</li> <li>심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가</li> <li>일반 인구집단에서 호흡기 관련 건강 악영향 효과 증가</li> </ul>	#화재 연기 취약 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과중을 피해야함 #일반인 포함 전체 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과중을 제한 해야함 <ul style="list-style-type: none"> <li>실외활동 제한</li> <li>반복되는 기침, 호흡 곤란, 짹쌕거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 과도한 연기 노출과 관련된 폐 또는 심장질환이 있으면, 의료서비스 제공자에게 연락을 취해야함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>담배연기, 난방에 쓰인 연료의 연소 물질(장작, 보일러 기름 등), 음식연소물, 향, 진공청소기 분진, 용매, 폐인트 등을 피해야함</li> <li>최소 5일 이상의 증상완화 약물 복용</li> <li>가열이 필요하지 않고 썩지 않는 식료품 공급</li> </ul> #화재 연기 취약집단 <ul style="list-style-type: none"> <li>주거환경내 공기청정 구역 사용 [실내 연기 또는 유해물질이 없고 오존을 발생하지 않는 공기 청정기를 사용하는 공간]</li> </ul> #일반인 포함 전체 집단 <ul style="list-style-type: none"> <li>위의 취약집단 권고사항 이행</li> <li>지역사회 내 “공기청정” 지역 확인</li> </ul>

## 화재수준별 건강 영향 및 경고 사항 (Health Effects and Cautionary Statements)

공기질 상태 (AQI Category)	건강영향 (Health Effects)	경고 사항 (Cautionary Statements)	그 외 보호적 행동 (Other Protective Actions)
심한 수준의 신체 악영향 <b>(Very Unhealthy)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호흡기 유해물질에 민감한 사람들의 호흡질환 및 심장질환 현저히 악화</li> <li>심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가</li> <li>일반 인구집단에서 호흡기 관련 건강 악영향 효과의 현저한 증가</li> </ul>	#일반인 포함 전체 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과정을 피해야 함 #실내에 머물고, 작업 수행을 피함	#일반인 포함 전체 집단 • 관련 신체 증상이 있다면, 공기청정 구역으로 도피하고, 안전을 확보
위험 <b>(Hazardous)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호흡기 유해물질에 민감한 사람들의 호흡질환 및 심장질환 심각한 악화</li> <li>심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가</li> <li>일반 인구 집단의 호흡기계 건강 악영향의 심각한 위험</li> </ul>	#일반인 포함 전체 집단: 모든 야외 활동 차단	#일반인 포함 전체 집단 • 관련 신체 증상이 있다면, 공기청정 구역으로 도피하고, 안전을 확보

**YONSEI**,  
Leading the Way to the Future

46

## 화재발생지점으로부터의 거리에 따른 행동지침 (Visual Range and actions to take to reduce smoke exposure when wildfire smoke is in the air)

화재발생지점이 발견되는 거리	당신의 상태:		또는	당신의 상태:
	건강한 성인, 청소년	65세 이상 노인, 임산부, 어린 아이		천식, 호흡기 질병, 폐 또는 심장 질환
> 10miles (16Km)	상황 변화를 주시하고 각자의 호흡기 유해물질 민감성을 감안하여 실외활동을 조절			
5 - 10 miles (8 - 16Km)	실외 활동 조절		실외 활동을 최소화하거나 중단함	
< 5miles (8km)	실외 활동을 최소화하거나 중단함		실내에 머물거나 공기 상태가 양호한 구역으로 이동	

**YONSEI**,  
Leading the Way to the Future

47

## 6. 국가 리스크 관리의 정책제안

48

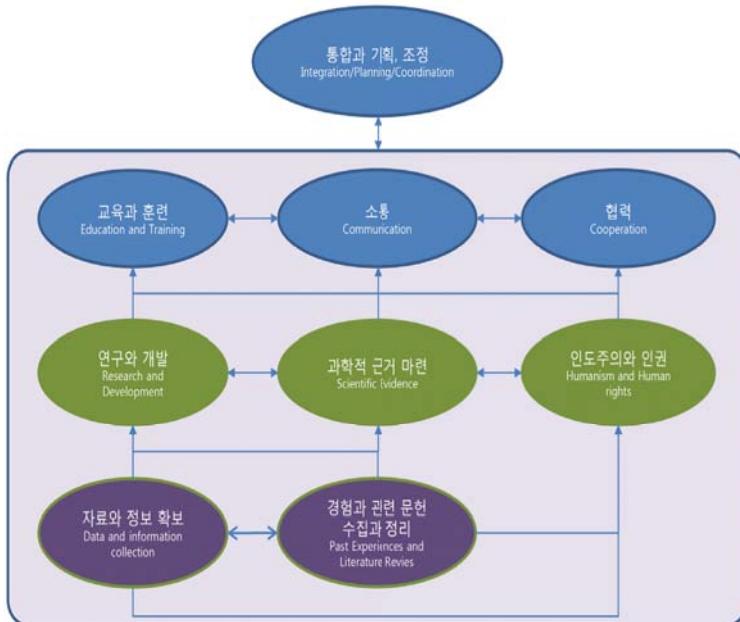
### 과학적 근거와 경험을 바탕으로 리스크 대비와 대응체계 마련

#### • 리스크 거버넌스 및 대비와 대응 과정의 체계화

- 산불 등 각종 위험과 유해 물질로부터 국민의 안전을 지키고 예방과 대비 및 신속한 대응과 지속적인 치유관리를 위해서는 이를 관리할 수 있는 통합 거버넌스가 필요함.
- 산불 발생시 산불진화 및 응급 구조 등 초기 대응도 중요하지만, 예방, 대비, 대응, 지속적 관리 까지 체계적인 리스크 관리가 필요.
- 여러 분야의 전문가는 물론 주민의 역할도 중요하므로 원활한 소통과 협력이 필요하며, 이 전체를 아우르는 통합과 조정이 중요함
- 리스크를 관리하는 과정에서 인권훼손의 위험요소를 파악하여 인권을 보호하고 인도주의적 측면에서 접근

49

## 공중보건위기 대응 활동의 요소



- 과학적 근거와 경험을 바탕으로 대비와 대응 방법을 개발하고, 교육과 훈련으로 보건의료인의 역량 강화를 함.
- 여러 분야의 많은 전문가는 물론 주민의 역할도 중요하므로 원활한 소통과 협력이 필요하며, 이 전체를 아우르는 통합과 조정이 중요함.
- 재난/재해 상황에서 인권 침해 위험 요소를 파악하여 인권을 보호하고 한걸음 나아가 인도주의 측면에서 접근함.
- 공중보건위기 관련하여 지속적인 연구와 개발이 필요함.
- 이와 같이 접근할 때 일반국민과 관련 기관과 단체가 자발적인 참여를 통해 공중보건위기를 성공적으로 대비하고 대응하는 올바른 길임.

50

과학적 근거  
Scientific Evidence

## 리스크 관리시 과학적 근거기반의 의사 결정

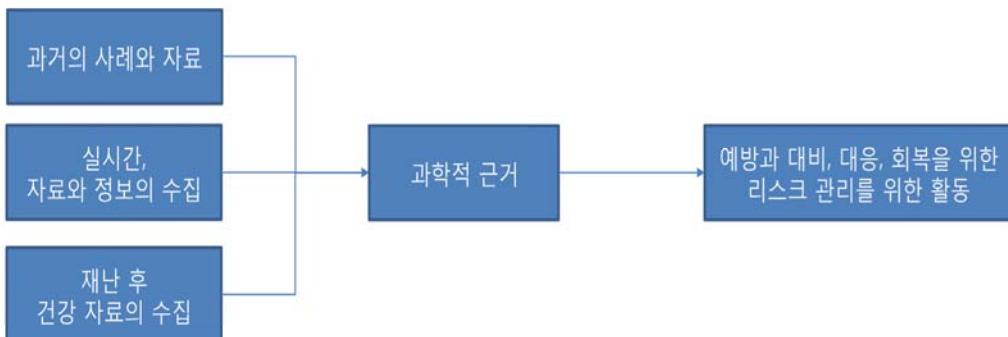
- 가용한 최적의 근거를 적용하여 리스크 관리 정책과 우선순위를 세워 적정한 대응체계를 마련하고 수행하는 것.
- 근거기반의 리스크 관리 접근법은 합당한 정책과 사업을 결정할 수 있도록 충분한 자료와 정보를 제공하여 올바른 의사 결정을 할 수 있게 해줌.
- 과거의 경험과 지식.
- 정확하고, 신속한 실시간 자료수집과 유해요인 조사 및 역학조사로 파악하는

  - 상황 파악(발생 규모, 범위)과
  - 관련 원인/요인/기전(감염경로) 규명,
  - 향후 전개될 상황에 대한 예측.

- 재난에 노출된 인구집단에 대한 건강영향 평가

과학적 근거  
Scientific Evidence

## 과학적 근거 확보를 위한 자료 수집



52

연구와 개발  
Research and Development

## 재난 상황에서 연구의 시급성

- 평상 시의 연구
  - 느리더라도, 숙고하고, 사려 깊으며, 협동을 필요로 하는 과정.
- 재난 연구
  - **재난의 시급성을 반영하여야 함.**
  - **건강 영향 여부**를 결정하기 위한 즉각적인 자료를 필요로 함;
  - **누가, 어느 정도 노출되어, 어떤 영향이 있을 것인지** 파악하여야 함.
  - 모든 재난에서 유사한 질문들이 있는데, **평상 시에 이 질문에 대한 준비**가 되어 있어야 함.

**EINSTEIN**  
Albert Einstein College of Medicine

**Faculty Profile**  
David J. Prezant, M.D.

**Professional Interests**  
Dr. David Prezant is the Chief Medical Officer at the Office of Medical Affairs for the Fire Department of the City of New York (FDNY). Dr. Prezant directs all medical protocol development for both day-to-day operations and homeland security issues. He is also Co-Director of the FDNY World Trade Center Medical Monitoring Program and the Senior Pulmonary Consultant for FDNY.

Dr. Prezant is a member of the Institute of Medicine's Committee on Personal Protective Equipment in the Workplace, the National Fire Protection Association's Health and Safety Committee, and the International Association of Firefighters' Remond Medical Advisory Board. He is a Professor of Medicine at the Albert Einstein College of Medicine, Director of Albert Einstein Medical School's Pulmonary Course for medical students and the Research Director for their United Pulmonary Division.

교육과 훈련  
Education and Training

## 교육과 훈련



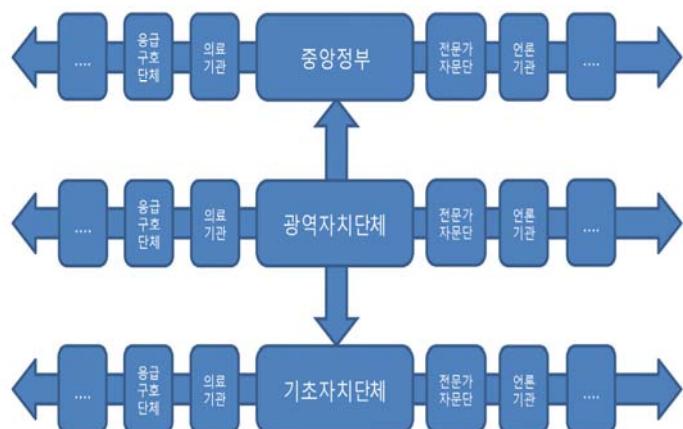
평상 시의 교육과 훈련



재난 현장에서의 상황 설명

협력  
Cooperation

## 리스크관리 활동을 위한 대응의 수직/수평적 협력



협력  
Cooperation

## 위기 대응을 위한 네트워크 구축

- 위기 대응 부서와 민관학의 유관 기관들간에 긴밀한 협조체계를 평상시에 구성하여 위기 시의 대응 방안을 수립하고, 위기가 발생하면 협력하여 대응할 수 있게 하기 위한 위기대응 네트워크를 구축하여 유지하고, 운영하는 것이 필요함.
- 구성하여야 할 네트워크
  - ① 중앙정부와 자치단체의 관련 부처/부서 네트워크
  - ② 환자 진료 의료기관 네트워크
  - ③ 유해요인 조사/역학 조사 지원을 위한 학계/연구소 네트워크
  - ④ 리스크 관리를 위한 커뮤니케이션을 위한 네트워크
  - ⑤ 교육과 훈련을 위한 네트 워크

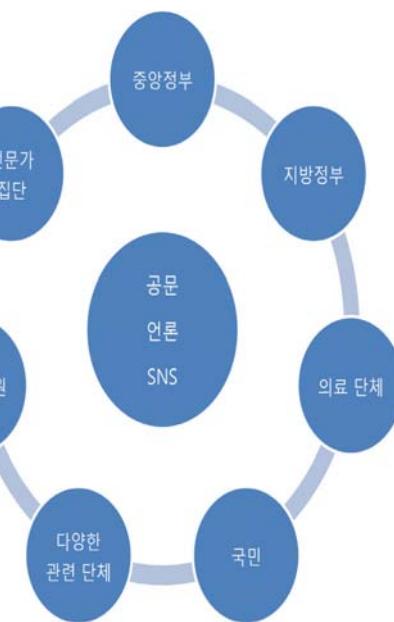
56

소통  
Communication

## 위기 상황 시에서의 소통



<http://centerforriskcommunication.org/crisis-riskcommunications-experts/insightful/>



57

통합과 기획, 조정  
Integration/Planning/Coordination

## 위기대응 통합/기획/조정 조직

- **중앙정부와 광역/기초자치단체 모두** 위기관리 업무를 총괄하여 기획하고 조정할 수 있는 부서(**통합/기획/조정팀**)가 있어야 함.
- 대책본부의 의사 결정을 지원하고 대책을 수립하고, 모니터링하며, 평가하는 역할을 함.
- 대응 대책 수행에 있어 관련 부서들의 업무를 기획 조정하고, 유관 기관과 단체의 협력 체계를 구축하여 유지하고 필요 시 협력 업무가 시행될 수 있도록 함.
- 통합/기획/조정팀에 **보건/의학적 문제를 파악할 수 있는 전문가**가 포함되어 예방/대비/대응/회복 활동을 위한 의사결정에 반영할 수 있어야 함.



관제탑 내부 모습

국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)  
‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

## [ 주제발표 II ]

### 미세먼지 등 위해물질의 규명과 대책

신동천

연세대학교 의과대학 교수(한림원 정책학부 정회원)



발제 3

## 미세먼지 등 위해물질의 규명과 대책

신동천

연세대학교 의과대학 교수(한림원 정책학부 정회원)



## 미세먼지 등 위해물질의 규명과 대책

신동천

연세대학교 의과대학 예방의학교실 교수

연세대학교 환경공해연구소 고문

한림원 정책학부 정회원



## 미세먼지의 정의

**총먼지** TSP, Total Suspended Particles

**먼지**  
대기 중에 떠다니거나  
흩날려 내려오는  
입자상 물질

**미세먼지**

**PM10**

**PM2.5**

**Particulate M**atters 의 약자  
'입자상 물질 (대기 중에 떠다니는 고체 또는 액체 상태의 미세 입자)'

**국내 기준**

**미세먼지(PM10)** = 입자의 직경이  $10 \mu\text{m}$  이하  
**초미세먼지 (PM 2.5)** = 입자의 직경이  $2.5 \mu\text{m}$  이하  
( $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$ )

Institute for Environmental Research Yonsei University



## 미세먼지 발생과 분류

**미세먼지**

**1차 미세먼지**

오염원에서 입자 상태로 직접 배출되는 미세먼지

제철소, 석유화학공장 등에서 연소과정을 통해 생성되는  
1차 미세먼지는 사이클론, 백필터, 전기집진기 등과 같은 집진설비를 거쳐  
대부분 제거될 수 있다

**2차 미세먼지**

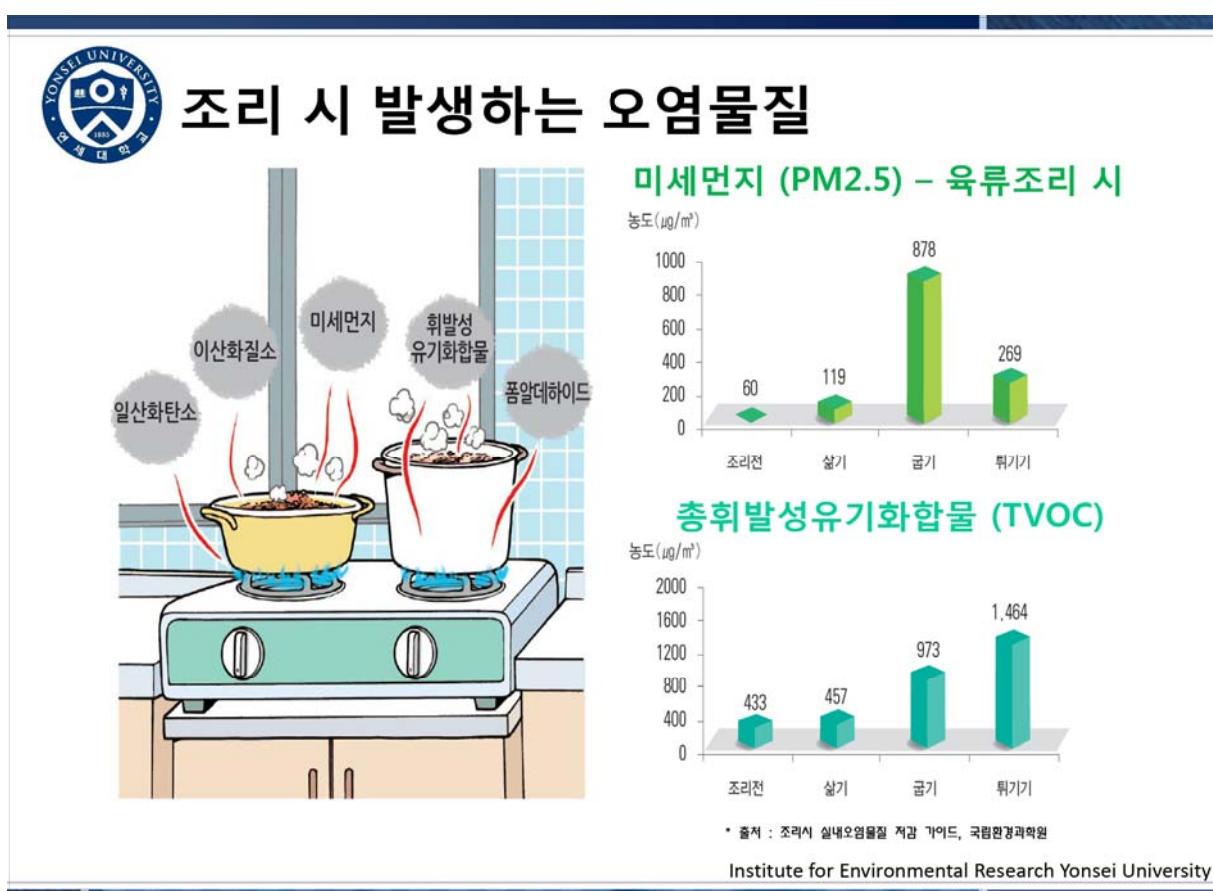
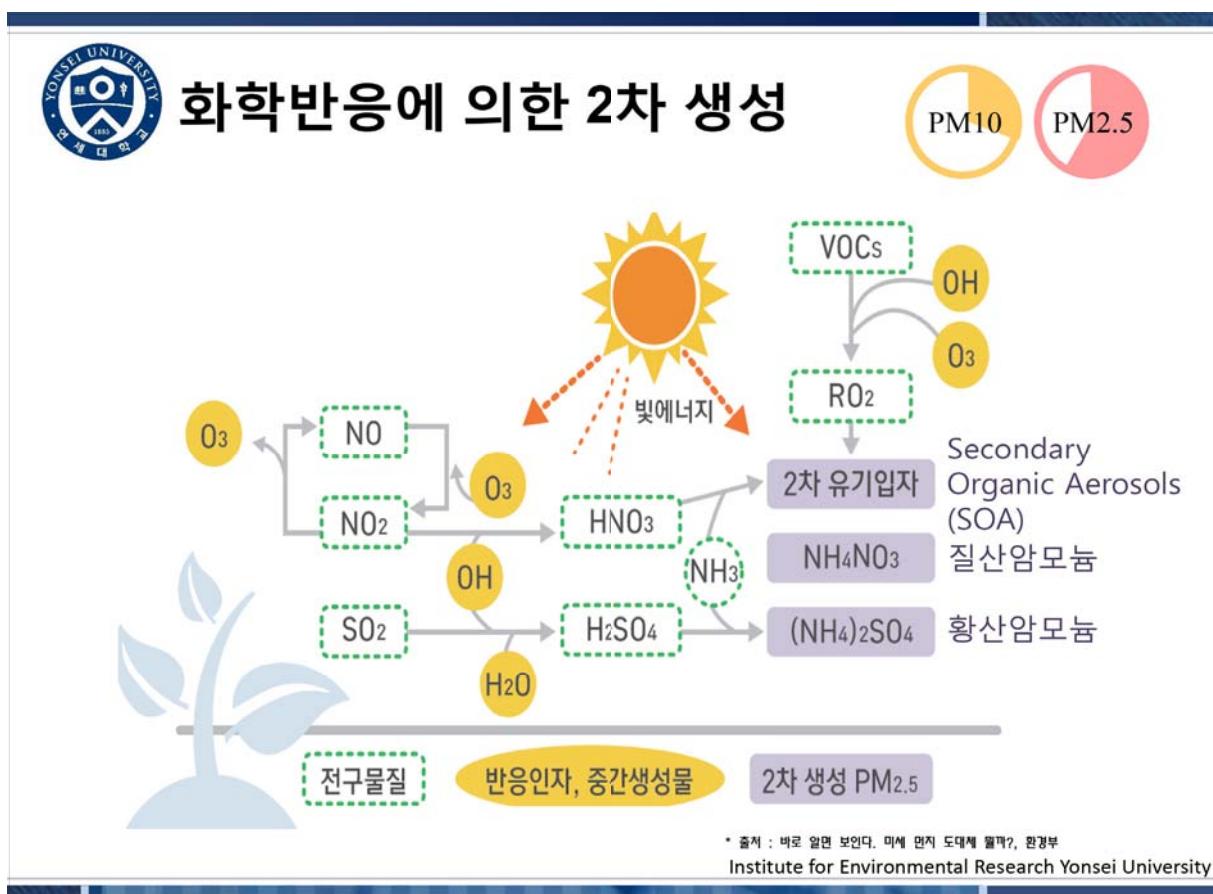
오염원에서 기체 상태로 배출되어 대기 중에서 물리적, 화학적 반응을 통해  
입자로 변환되는 미세먼지

2차 미세먼지를 생성시키는데 기여하는 대표적 기체상 오염물질로는 이산  
화황(SO<sub>2</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 휘발성유기화합물(VOCs), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 등  
이 있다

**비산 먼지**

도로나 나대지(건축물이 없는 넓은 땅)에서 자동차의 운행, 바람 등에 의해  
공기 중으로 날리는 미세먼지

Institute for Environmental Research Yonsei University





## 우리나라의 미세먼지 현황 및 예전

### \* 미세먼지 오염도

#### ◎ PM<sub>10</sub>의 연평균 오염도는 최근 정체 상황

- 서울의 오염도\*는 12년까지 개선 추세, 이후 악화 또는 정체로 전환  
\*61('04) ⇒ 41('12) ⇒ 46('14) ⇒ 48mg/m<sup>3</sup>('16)
- PM<sub>10</sub> 전국 평균 농도(47mg/m<sup>3</sup>)대비 수도권(51 mg/m<sup>3</sup>)의 오염도 높음

#### ◎ PM<sub>2.5</sub>의 오염도는 선진 주요 도시 대비 높은 수준

- '16년 평균 농도(전국, 서울 모두 26 mg/m<sup>3</sup>)는 WHO 권고기준(10 mg/m<sup>3</sup>), 선진 주요도시(도쿄13.8 mg/m<sup>3</sup>, 런던 11 mg/m<sup>3</sup>, '15) 대비 2배 높음
- 수도권 포함 전북, 강원의 오염도가 전국 평균보다 높은 수준

Institute for Environmental Research Yonsei University



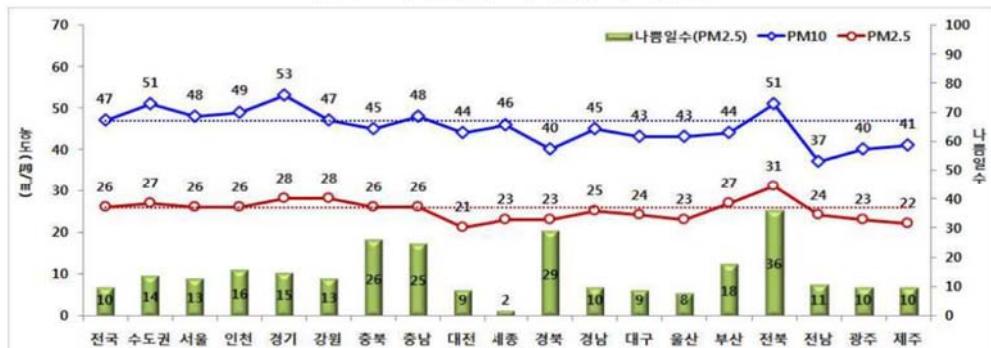
## 우리나라의 미세먼지 현황 및 예전

### \* 미세먼지 오염도

#### ◎ 인체 위해성이 더 큰 PM<sub>2.5</sub>의 경우, 최근 고농도 발생 빈번

- 봄 · 겨울철의 PM<sub>2.5</sub> 평균농도 상승, 주의보 발령횟수도 증가  
※ 평균 PM<sub>2.5</sub> 농도(1~5월) : '15년 28 → '16년 29 → '17년 30 mg/m<sup>3</sup>  
주의보 · 경보 발령 횟수(1~5월) : '15년 72 '16년 66 '17년 93회

#### < '16년 시·도별 미세먼지 농도 >



Institute for Environmental Research Yonsei University

**YONSEI UNIVERSITY**

## 미세먼지 주요 연구

### 1. Life expectancy 관련: 조기사망연구

PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

- 17.5~20.0
- 20.5~22.0
- 22.5~25.0
- 25.5~27.5
- 27.5~30.0
- 30.5~33.0
- 33.5~36.0
- 36.5~39.0
- 39.5~42.0
- 40.0~42.5

- ◎ 국내 실외 초미세먼지로 인한 조기사망자 수는 1만 2천여 명(2015)으로 추정
  - 뇌졸중 6천여 명, 심장질환 3천여 명, 폐암 2천여 명 추정
- ◎ 국내 초미세먼지 모델링을 통한 장기노출 고려시, 1만 7천여 명(2013)으로 추정
  - WHO 예측 1만 2천여 명(2012), 미국 건강영향연구소 예측 1만 8천여 명(2015) 추정
- ◎ 미국국립과학원에서 16개국의 자료를 바탕으로 한 연구 결과, 실외 초미세먼지로 인한 사망자 수 전세계적으로 890만명 추정
  - 기존의 질병부담연구그룹(GBD)에서 추산한 사망자 수보다 많음
  - 보건학관점에서 중요함 시사

Disease	Hazard Ratio (approx.)
URI	1.5
Stroke	1.8
COPD	2.0
Lung Cancer	2.5
IHD	3.0

Institute for Environmental Research Yonsei University

**YONSEI UNIVERSITY**

## 미세먼지 주요 연구

### 2. 심혈관질환 관련: 심장질환 Risk 수치

- ◎ 초미세먼지  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  및 오존 10ppb 장기 노출로 심혈관 사망 7%, 1% 증가(미국)
  - 대기질 관리기준보다 낮은 정도로 노출된 사람에서도 13%, 1% 증가
- ◎ 초미세먼지 농도가 연평균  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때, 관상동맥칼슘화 진행
  - 매년 4 Agatston units 증가
- ◎ 공기청정기 및 실내 미세먼지 저감 임상시험 결과, 혈액 내 염증 관련 인자, 혈액 응고 관련 인자, 혈관 수축 인자, 혈압 등의 수치 감소 및 폐 기능 호전
 

Agatston Score	CAC Level	Risk Category
Low risk	CAC=0	Low risk
Intermediate risk	CAC 1-300	Intermediate risk
High risk	CAC>300	High risk

Institute f...



## 미세먼지 주요 연구

### 3. 정신과적 질환



- ◎ 단기 노출의 경우, 미세먼지  $27.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때 9%, 초미세먼지  $18.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때 10% 자살사망위험 증가
  - 심혈관 질환, 대사 질환 등 기저 질환이 있는 경우 더 사망위험 더 높음
- ◎ 미세먼지 장기 노출 시,  $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때마다 자살 위험 3배 증가
- ◎ 연간 초미세먼지 농도가 평균  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때 우울증 위험 40~50% 증가
- ◎ 집과 도로간 거리에 따라 치매, 파킨슨 병도 연관성이 있다는 결과 보고
- ◎ 중추신경계 면역체계와 신경전달물질을 교란, 스트레스호르몬 분비, 세로토닌 대사에 악영향을 줄 가능성 있음



Institute for Environmental Research Yonsei University



## 미세먼지 주요 연구

### 4. 건강영향의 사회경제적 질병부담 및 비용 관점



- ◎ 한국의 인구 10만명 당 조기 사망자 수는 26명(건강영향연구소)
  - 일본 13명, 프랑스 12명, 미국의 8명 보다 2~3배 높음
  - 고령화를 감안하면 그 영향 정도가 증가할 것으로 전망
- ◎ 사회적 비용으로 질병부담 외에도 예/경보 제도 운영비용, 공기청정기 등 회피성비용, 야외활동 대체로 인한 기회비용

## 5. 리스크 커뮤니케이션 및 리스크 거버넌스의 중요성

- ◎ 유해성 정도에 대한 근거는 지속적으로 보고됨
- ◎ 미세먼지 측정의 정확도 및 개인의 개별화된 노출값을 객관적으로 추정하거나 반영할 수 있는 기술은 아직 개선 필요
  - 개개인의 건강영향을 정확히 추정하는 데에는 한계가 있음

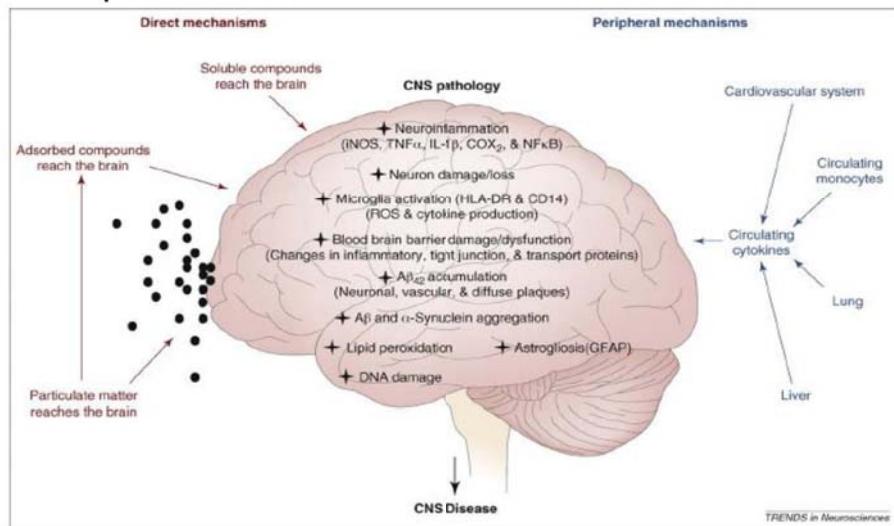


Institute for Environmental



## Air Pollution and Effects of cranial nerve

### Air pollution: Neuroinflammation and CNS disease



Block ML, Calderon-Garciduenas. Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. Trends in Neuroscience 2009;32:506-516

Institute for Environmental Research Yonsei University



## Ambient particulate matter and Suicide



Cover paper  
(American J Psychiatry 2010;  
197:1100-1107, IF=14.722)

### Ambient Particulate Matter as a Risk Factor for Suicide

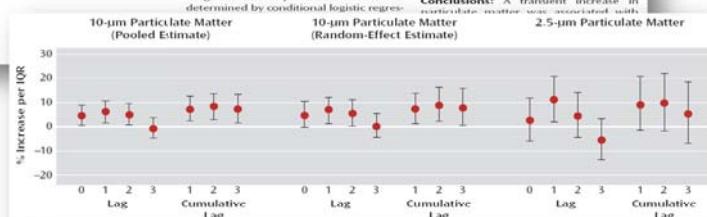
Changsoo Kim, M.D., Ph.D.  
Sang Hyuk Jung, M.D., Ph.D.  
Dae Ryong Kang, Ph.D.  
Hyeon Chang Kim, M.D., Ph.D.  
Ki Tae Moon, M.D., Ph.D.  
Nam Wook Hur, Ph.D.  
Dong Chun Shin, M.D., Ph.D.  
Il Suh, M.D., Ph.D.

**Objective:** The authors assessed the relationship between exposure to ambient particulate matter and suicide in urban settings during a 1-year period.

**Method:** The association between particulate matter and suicide was determined using a time-stratified case-crossover approach in which subjects served as their own controls. All suicide cases (4,341) in 2004 that occurred in seven cities in the Republic of Korea were included. Hourly measurements of particulate matter  $\geq 10 \mu\text{m}$  in aerodynamic diameter and particulate matter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  in aerodynamic diameter ( $\text{PM}_{2.5}$ ) at 106 sites in seven cities were measured. The percent increase in suicide risk associated with an interquartile range increase in particulate matter was determined by conditional logistic regression.

**Conclusion:** A transient increase in particulate matter was associated with

**Results:** The largest associations were a 9.0% increase (95% CI: 2.4-16.1) and a 10.1% increase (95% CI: 2.0-19.0) in suicide risk related to an interquartile range increase in particulate matter  $\geq 10 \mu\text{m}$  (average of 0 to 2 days prior to the day of suicide) and particulate matter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  (average of 0 to 2 days prior to the day of suicide), respectively. Among individuals with cardiovascular disease, a significant association between particulate matter  $\geq 10 \mu\text{m}$  (average of 0 to 2 days prior to the day of suicide) and suicide was observed (10.9%; 95% CI: 3.2-17.0).



- ✓ A time-stratified case-crossover study
  - PM10 increase per IQR → 9.0% increase (95% CI, 2.4-16.1)
  - PM2.5 increase per IQR → 10.1% increase (95% CI, 2.0-19.0)
  - PM10 increase per IQR → 18.9% increase (95% CI, 3.2-37.0) in CVD patients

Institute for Environmental Research Yonsei University

**Air pollution and Depression**

YONSEI UNIVERSITY ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect  
Journal of Affective Disorders  
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jad](http://www.elsevier.com/locate/jad)

Research report  
Air pollution as a risk factor for depressive episode in patients with cardiovascular disease, diabetes mellitus, or asthma

Jaelim Cho<sup>a</sup>, Yoon Jung Choi<sup>b</sup>, Mina Suh<sup>c</sup>, Jungwoo Sohn<sup>a</sup>, Hyunsoo Kim<sup>a</sup>, Seong-Kyung Cho<sup>c</sup>, Kyoung Hwa Ha<sup>a</sup>, Changsoo Kim<sup>a,\*</sup>, Dong Chun Shin<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> Department of Preventive Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea  
<sup>b</sup> Research and Development Center, Health Insurance Review and Assessment Service, Seoul, Republic of Korea  
<sup>c</sup> National Cancer Center, Koyang, Republic of Korea  
<sup>d</sup> Institute for Environmental Research, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

CrossMark

✓ A time-stratified case-crossover study  

- Study subjects: ER visits for depressive episode in 2005-2009 in Seoul ( $n = 4985$ )
- Data sources: Health insurance claim data, automatic monitoring system data

➤ SO<sub>2</sub>, PM10, NO<sub>2</sub>, and CO significantly increased the risk of ED visits for depressive episode, especially among individuals with pre-existing cardiovascular disease, diabetes mellitus, or asthma.

Journal of Affective Disorders 157 (2014) 45–51

Institute for Environmental Research Yonsei University

**Air pollution : Children's IQ**

YONSEI UNIVERSITY

뉴욕 어린이 IQ와 PAHs 노출 관계(Pediatrics, 2009)

미국 EPA와 NIEHS 지원을 받아 수행된 CCCEH(Columbia Center for Children's Environmental Health) 연구  
고농도 PAHs 노출( $2.26\text{ng}/\text{m}^3$ ) 지역 출생 어린이들의 IQ가 4.31~4.67 정도 낮음

ScienceDaily®

News Articles Videos Images Books  
Health & Medicine Mind & Brain Plants & Animals Earth & Climate Space & Time  
Science News Share Blog

Children's IQ Can Be Affected By Mother's Exposure To Urban Air Pollutants, Study Suggests

ScienceDaily (July 20, 2009) — Prenatal exposure to environmental pollutants known as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) can adversely affect a child's intelligence quotient or IQ, according to new research by the Columbia Center for Children's Environmental Health (CCCEH) at the Mailman School of Public Health. PAHs are chemicals released into the air from the burning of coal, diesel, oil and gas, or other organic substances such as tobacco. In urban areas motor vehicles are a major source of PAHs.

The study found that children exposed to high levels of PAHs in New York City had full scale IQs between 4.31 and 4.67 points lower, respectively than those of less exposed children. High PAH levels were defined as above the median of 2.26 nanograms per cubic meter ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

See Also:  
 • Child Psychology  
 • Child Development  
 • Educational Psychology  
 • Earth & Climate

Published online July 20, 2009  
PEDIATRICS Vol. 124 No. 2 August 2009, pp. e195-e202  
ARTICLE

Prenatal Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure and Child IQ at Age 5 Years

Mean IQ score

IQ Type	High PAH exposure (n)	Low PAH exposure (n)
Full-scale IQ ( $P = .007$ )	96.5 (140)	101.5 (109)
Verbal IQ ( $P = .003$ )	92.5 (140)	97.5 (109)
Performance IQ ( $P = .170$ )	103.5 (140)	106.5 (109)

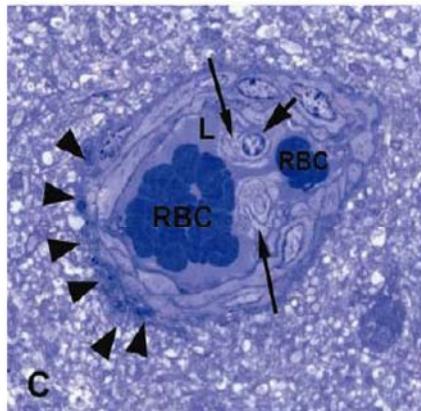
ScienceDaily, 2009. 7. 20

Institute for Environmental Research Yonsei University

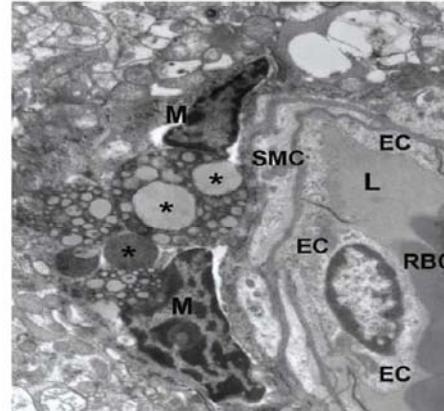


## Air pollution : Cranial nerves

15-month old dog prefrontal cortex in Mexico city



- Hyperplastic endothelial cell protruded in the lumen (long arrow)
- Mononuclear cell (short arrow)



- M: macrophage with lipid vacuole (\*)
- SMC: smooth muscle cell
- EC: endothelial cell
- L: lumen
- RBC: red blood cell

Calderon-Garcidueñas L, et al., 2008

Institute for Environmental Research Yonsei University

## CHEMICAL WARFARE



Institute for Environmental Research Yonsei University

## TOXIC SLUDGE SPILL IN HUNGARY (2010)



Institute for Environmental Research Yonsei University

## HYDROFLUORIC ACID LEAKAGE IN DAEGU, KOREA (2012)



Institute for Environmental Research Yonsei University



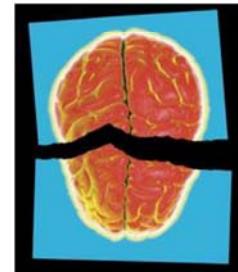
## BRAIN POLLUTION : SILENT EPIDEMIC

- Industrial chemicals in the environment impair brain development in fetuses and young children  
(The Lancet, 2006)

※ Lead, Mercury, Arsenic, PCBs, Toluene

- Research Team

- Harvard School of Public Health
- Mount Sinai School of Medicine
- Lead Author ; Philippe Grandjean (HSPH)

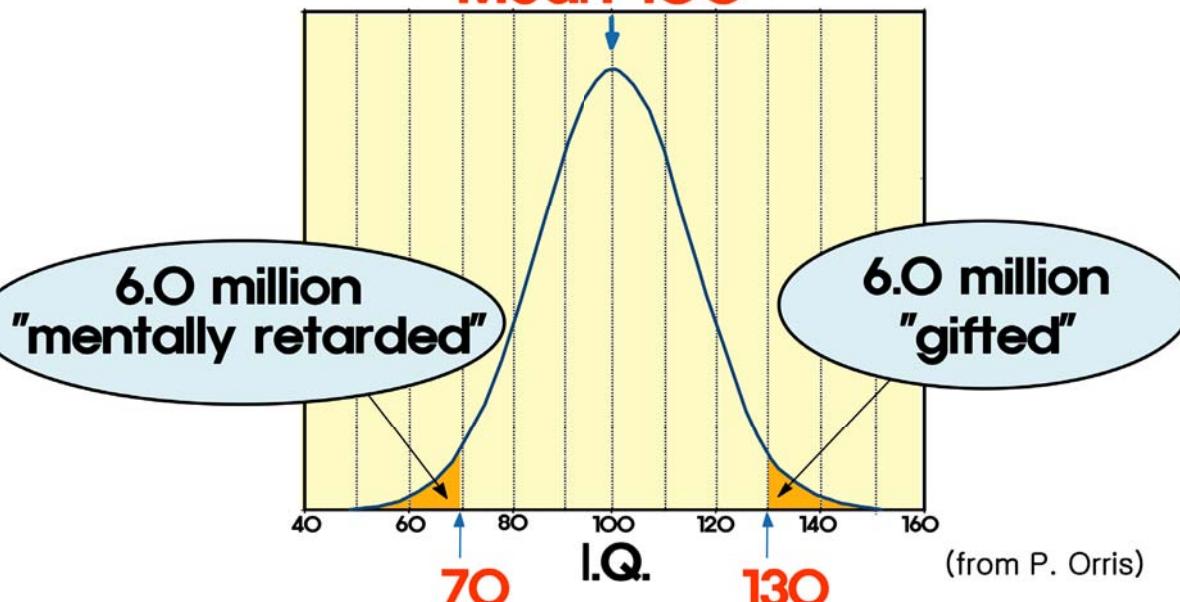


Institute for Environmental Research Yonsei University

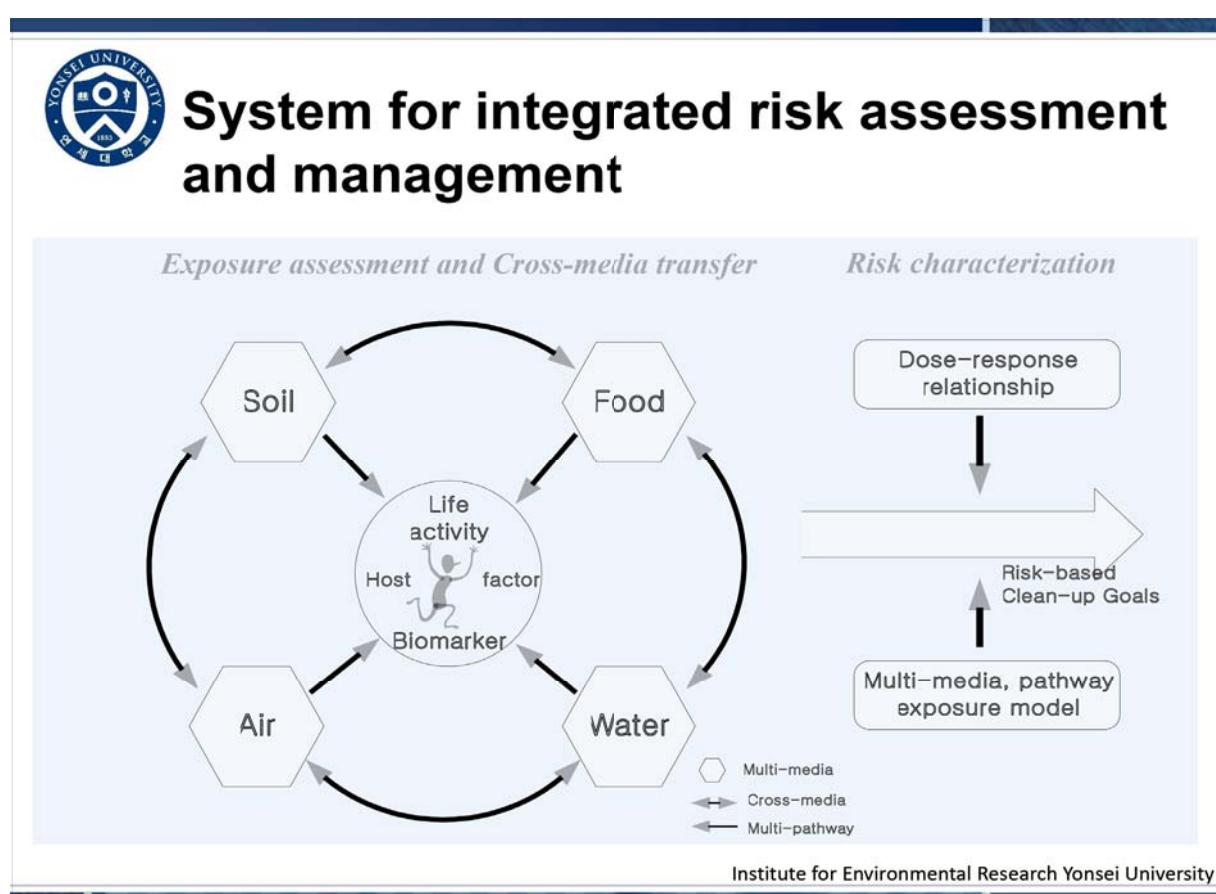
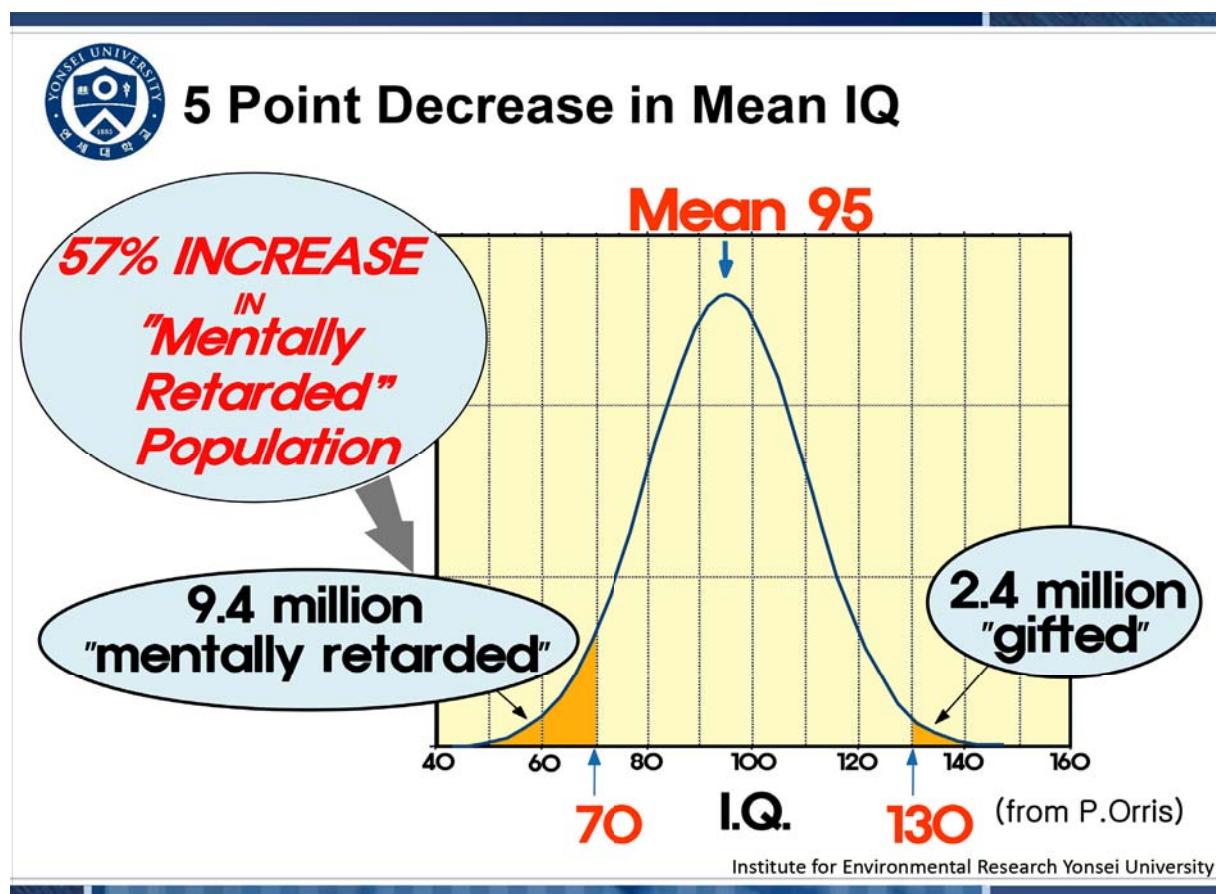


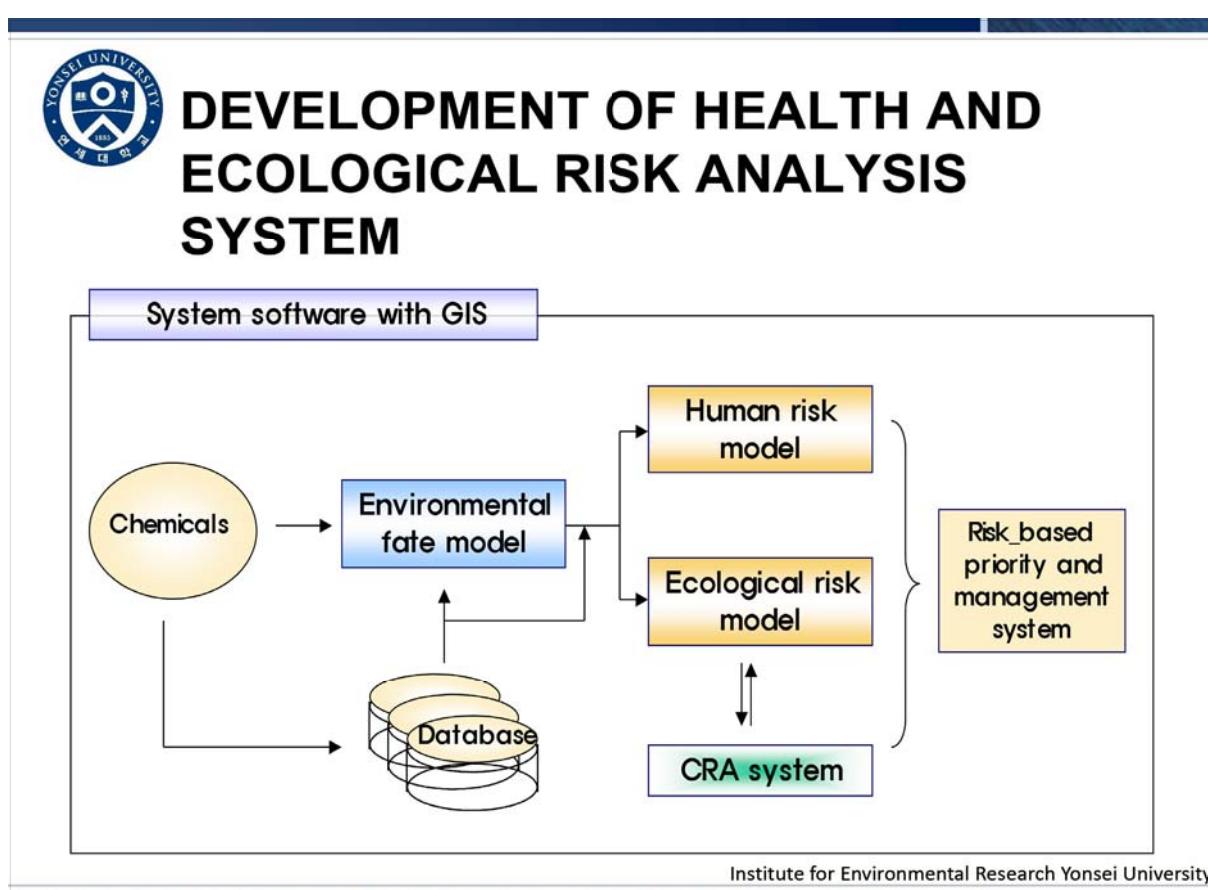
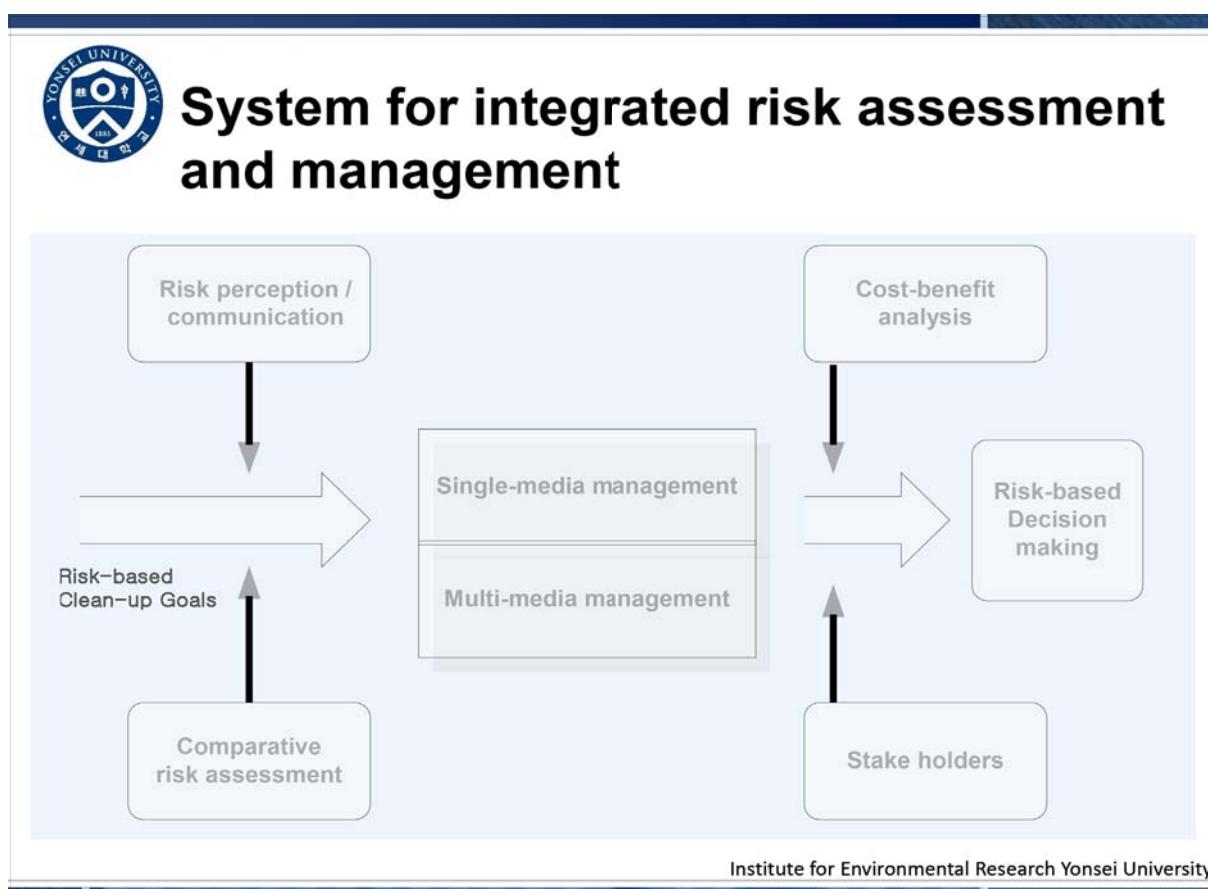
## The Significance of Small Effects: POPULATION OF 260 MILLION

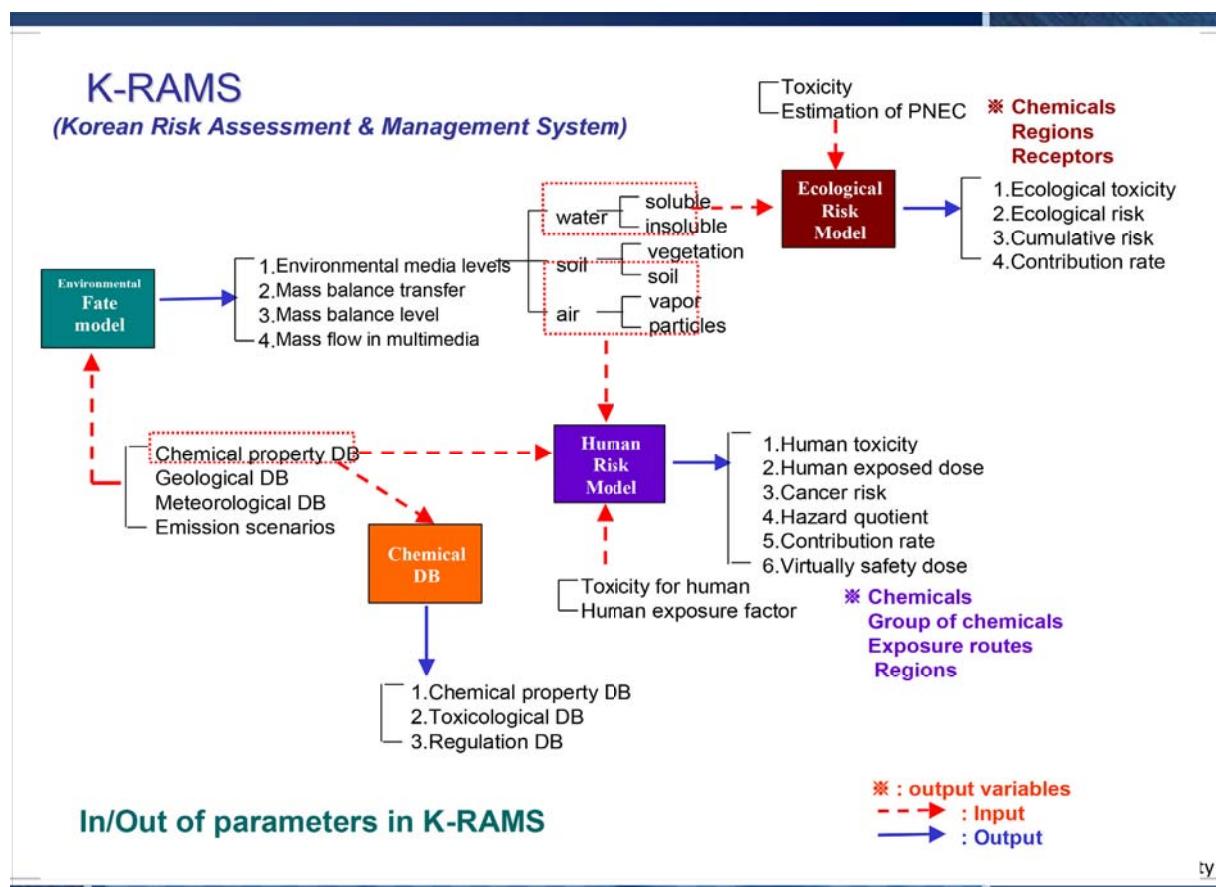
Mean 100



Institute for Environmental Research Yonsei University



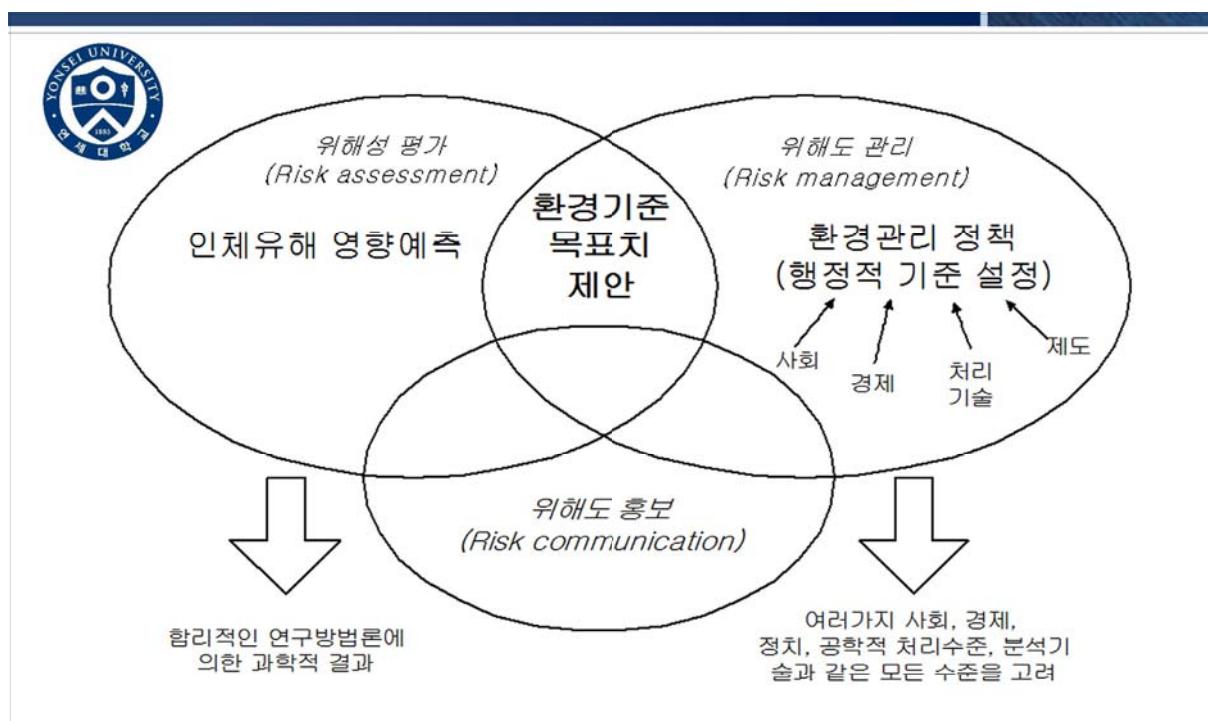




○ Enacted date : 2009. 3. 22

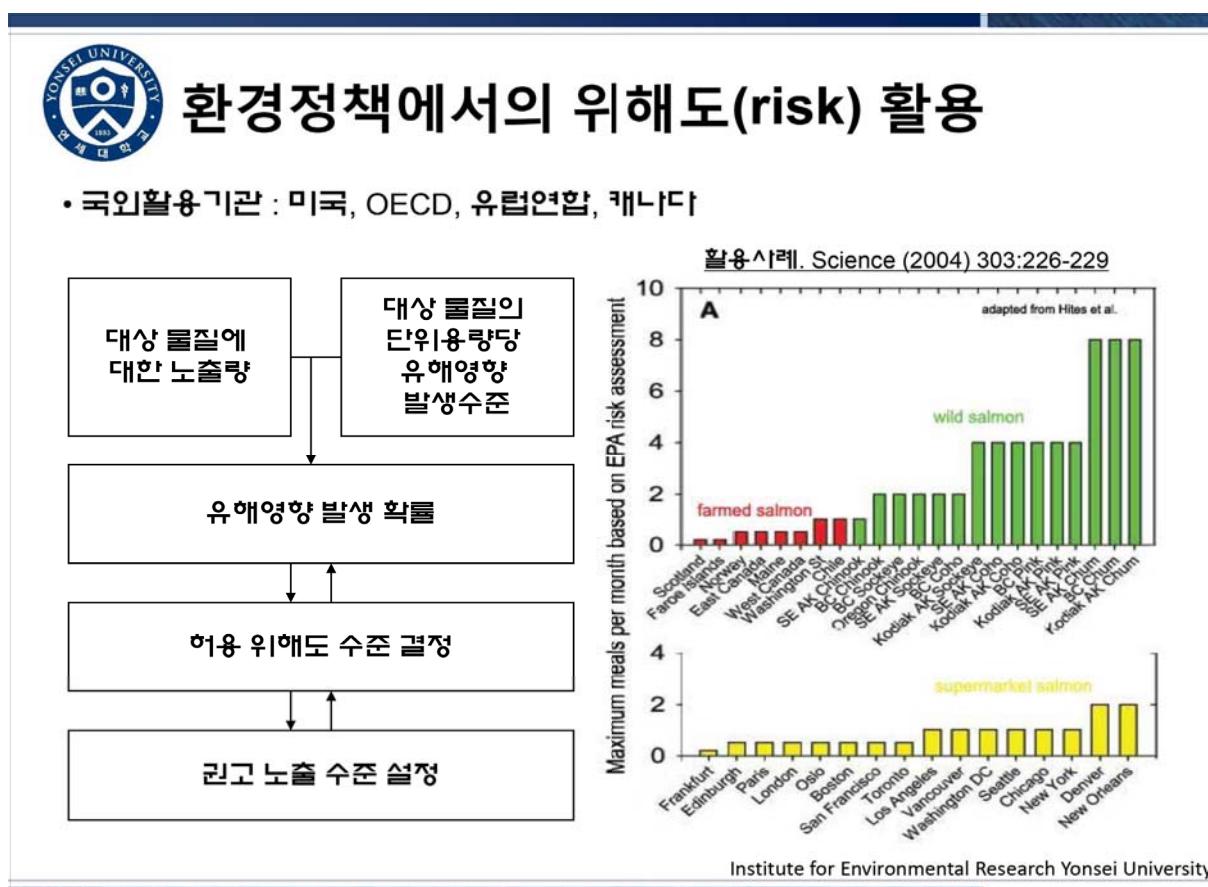
○ Main categories

- Risk Assessment
- Health Damage Prevention  
(Epidemiological research)
- Protection of Child Health
- Petition the government for environmental damage investigation



## 위해성 평가와 위해도 관리의 관련성

Institute for Environmental Research Yonsei University



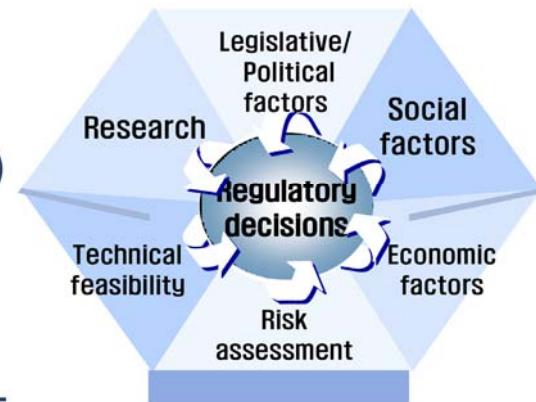
Institute for Environmental Research Yonsei University



## Risk perception

### ◎ 위해 인식의 영향요인

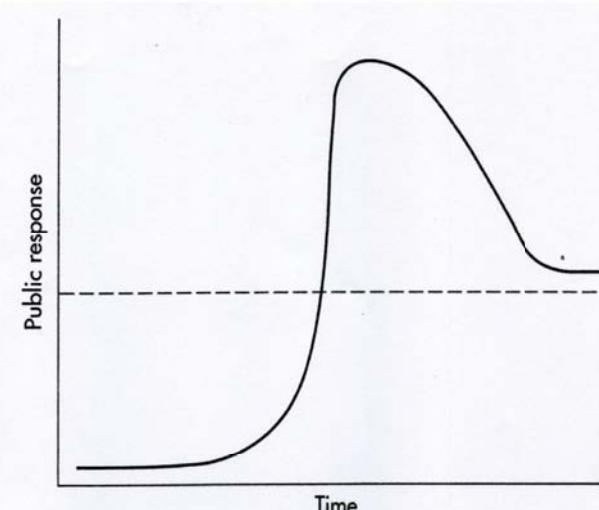
- 친숙성(familiarity)
- 통제가능성(controllability)
- 자발성(voluntariness)
- 공포감(dreadfulness)
- 새로운 위해(new risk)
- 사회에 제공하는 이익 정도



Institute for Environmental Research Yonsei University



## 위해인식 패턴



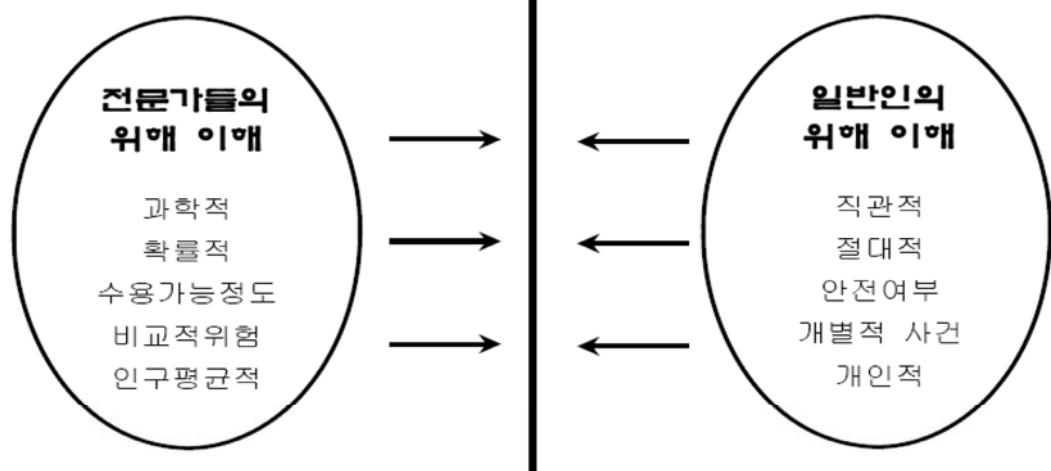
### 인식 vs 시간

위해를 처음  
인지하게 되면  
인식은 급속히  
상승하고  
합리적 위해수준에  
도달하는데 오랜  
시간이 걸림  
(Gochfeld, '95)

Institute for Environmental Research Yonsei University

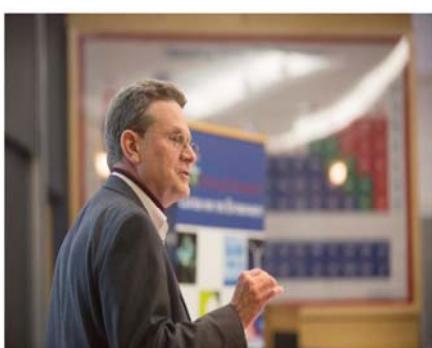


## 위해에 대한 시각차



Institute for Environmental Research Yonsei University

## Society for Risk Analysis



✓ "Clearly, there is no risk that SRA will run out of important things to do in the 21<sup>st</sup> century."

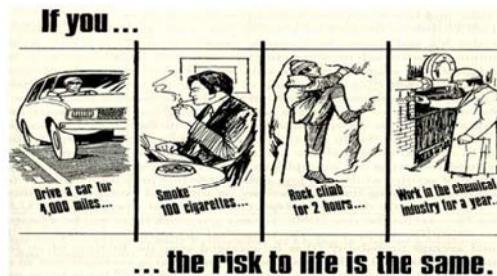
M. Granger Morgan



Institute for Environmental Research Yonsei University

## Risk-based approach

**Probability** or **likelihood** taking into account the possible harmful effects on individual people or society that expose to hazardous chemical



(NAS, 1983)

$$Risk = \sum_{i=1}^n x_i f_i$$

$i : \text{ith sequence}$   
 $f_i : \text{exposure}$   
 $x_i : \text{Hazard}$



Institute for Environmental Research Yonsei University



## 화학물질 핵심 정책

### 1. 안심하고 사용할 수 있는 생활 속 유해물질 관리체계 구현

#### ◎ 현황과 문제점

- 어린이장난감, 가습기 살균제, 가정용살충제, 가구, 벽지 등 생활 속에서 접촉이 빈번한 제품 내 유해물질의 위해성에 대한 문제가 지속적으로 제기됨
- 이들 생활제품 속 유해물질에 대한 유해성과 그 노출에 따른 위해성을 고려한 사전 차단에 대한 노력이 시급

#### ◎ 목표

- 생활제품 속 유해화학물질 사용 근절
- 건강한 어린이(미래세대) 생활환경 만들기
- 소비자의 사용행태에 대한 확인과 올바른 사용수칙 전달
- 전자파, 석면, 생활주변 방사능 등 관리 취약대상에 대한 지원 확대

#### ◎ 세부계획

- 유해화학물질의 목록과 이를 포함하고 있는 생활제품에 대한 목록 관리
- 영유아용품/장난감/문구학용품/어린이위생용품 등 미래세대 유해물질 실태조사 및 노출 저감 사업 추진
- 생활제품 속 화학물질에 대한 방출시험 및 사용 중 발생 가능한 시나리오(평상시, 화재시, 고농도 사용시 등)를 고려한 위해성 평가 실시
- 소비자 사용행태에 대한 조사 및 이에 따른 사용수칙 및 유의사항 의사소통 프로그램 개발
- 전자파, 석면, 방사능 등 생활 주변 발생 가능한 취약 위해 요인에 대한 실태 파악 및 위해 관리 시스템 개발

Institute for Environmental Research Yonsei University



## 화학물질 핵심 정책

### 2. 값싸고 질 좋은 먹는 물의 지속적 공급 체계 구현

#### ◎ 현황과 문제점

- 상수도 위탁관리 및 위탁에 따른 관리의 효율성 저하에 대한 문제가 부각
- 간이상수도 및 개별지하수 등 관리 사각지대에 대한 위해관리 필요성 증대

#### ◎ 목표

- 경제적으로 효율적인 물관리 체계를 구축
- 안전한 먹는 물 공급시스템 구현

#### ◎ 세부계획

- 국가주도(중앙정부/지자체)의 상수도 관리를 통한 보건/경제적으로 효율적 상수도 공급체계 구축
- 가정상수도수의 최종공급라인(급수관)에 대한 안전성확보 및 광산/공단 인근 지하수/간이상수원에 대한 유해물질(방사성물질포함) 모니터링 및 관리
- 먹는물 항목에 대한 주기적 검토(신규유해물질확인)와 다매체 노출을 고려한 먹는물 기준 재검토

Institute for Environmental Research Yonsei University



## 화학물질 핵심 정책

### 3. 저소득층 등 사회취약계층의 환경도우미 제도 정착

#### ◎ 현황과 문제점

- 사회경제적 요인에 따른 환경보건에 대한 불평등 양상 심화
- 석면 등 피해구제 정책 외 사전예방적 상시 지원 시스템에 대한 부재

#### ◎ 목표

- 저소득층 주거지역 인근 오염원 관리를 통한 환경보건서비스 확대
- 의사소통을 통한 저소득층의 환경개선 및 건강증진
- 저소득층의 환경기본권 확보를 통한 환경성 질환 저감대책 강화

#### ◎ 세부계획

- 공단/매립지 인근지역의 주민에 대한 대기오염 실태 조사 및 저감 사업 추진
- 저소득층을 대상으로 한 환경보건의식 고취 자료 제공
- 실내공기/먹는물 등 기본 환경요소에 대한 위해저감 사업

Institute for Environmental Research Yonsei University



## 화학물질 핵심 정책

### 4. 지역특성에 적합한 환경개선 추진 및 체계적 관리

#### ◎ 현황과 문제점

- 지역적 특성을 고려치 않은 일원화된 환경관리의 비효율성
- 교통오염원 배출저감사업, 공단지역 배출원 관리, 농어촌 지하수 및 토양 등 특성화된 환경개선사업 선별 필요

#### ◎ 목표

- 대도시와 공단 등 지역특성을 고려한 환경개선대책 추진
- 환경성질환의 주요발생지역인 공단, 폐광 및 지하수, 토양 등 관리사각지대에 대한 수용체 중심의 환경관리 추진

#### ◎ 세부계획

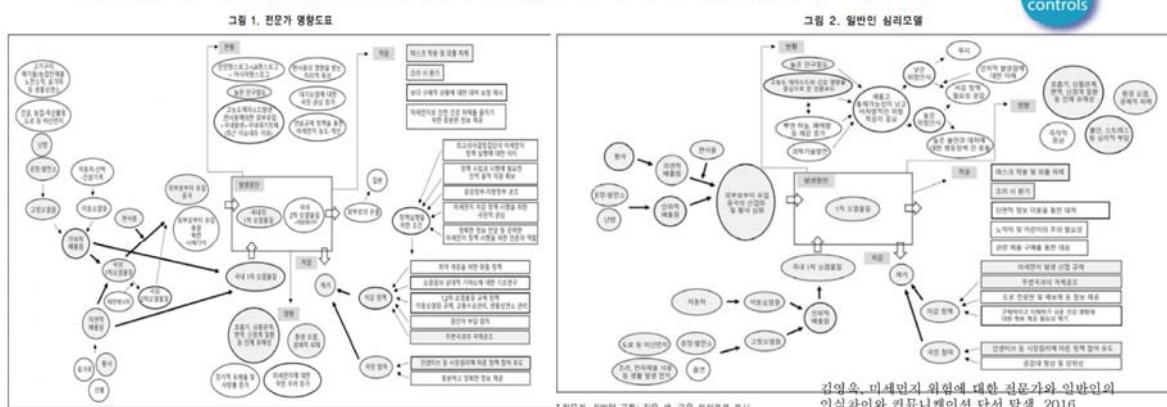
- 그린카 보급활성화, 친환경 자동차 연료보급 등 교통오염원 배출저감사업 및 대기총량관리제, 배출저감장치 점검제도 등 공단지역 대기오염관리사업 등 특성화된 대기오염 개선사업 추진
- 지역특성(폐광, 산단, 농어촌 등)에 따른 환경보건을 고려한 환경기준 설정 등 수용체별 다매체 위해성 통합관리체계 구축

Institute for Environmental Research Yonsei University



## 결론

#### ◎ 위험에 대한 인식 수준을 위해 소통을 통하여 균형을 맞추는 과정 필요



#### ◎ 농도 및 건강 영향 저감 기술의 개발을 우선하는 과정 필요

#### ◎ 궁극적으로 미세먼지/화학물질 발생 저감 기술 및 **다매체 다경로 영향을 막기 위한 연구 필요**



Institute for Environmental Research Yonsei University



# Thank you !



Institute for Environmental Research Yonsei University



# 감사합니다

# Q&A

Institute for Environmental Research Yonsei University



국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)  
‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

### [ 주제발표 III ]

## 화학공장 폭발사고에 대한 대응

문 일

연세대학교 연구부총장



발제 2

## 화학공장 폭발사고에 대한 대응

문 일

연세대학교 연구부총장

[국회-한림원 공동포럼, 2019.09.25]

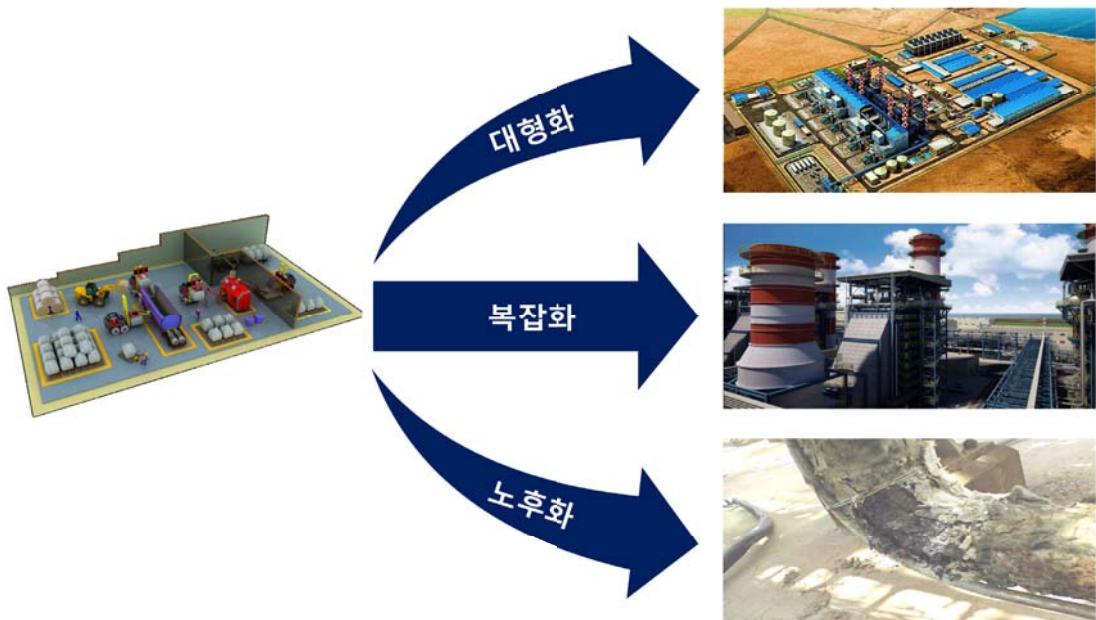
## 화학공장 폭발사고에 대한 대응

문 일

연세대학교 연구부총장



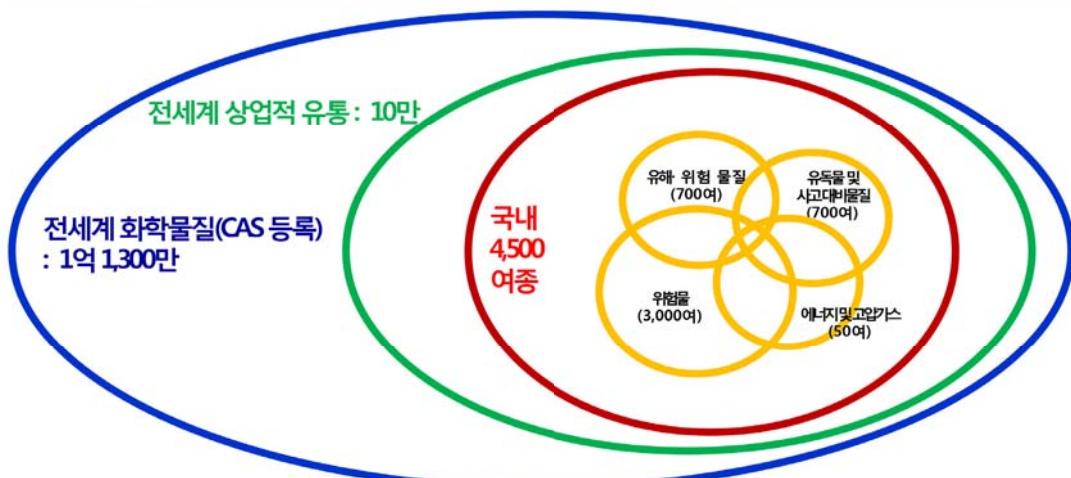
## 화학 공장의 특징



2

## 화학물질의 종류

구 분	화학물질의 종류		매년 증가 수
전 세계	1억 1,300만 여종		170만 여종
상업적 유통	전세계	10 만 여종	2,000 여종
	국내	4,500 여종	300 여종



(출처 : A Division of the American Chemical Society, 2016  
& 금강유역환경청, 화학물질 안전관리 우수사업장 견학 자료, 2015) 3

## 화학공장사고의 특징

### 안전사고가 발생한다면?



직접적인 비용

산재 보험비용, 사회 및 법정 비용,  
의료비 및 부대비용, 임금 손실 비용, 손해배상

간접적인 비용

“ 만약 안전이 고비용이라고 생각한다면, 사고를 당해보라 ”

4

## 톈진 시안화나트륨 폭발 사고(2015.08.12)



- ✓ 소방관 포함 사망자 120여명
- ✓ 실종 및 부상자 820여 명
- ✓ 경제적 손실 : \$ 9.43 억

5

## Mexico Gas Plant Explosion (2012.09.18)



6

## Probability?



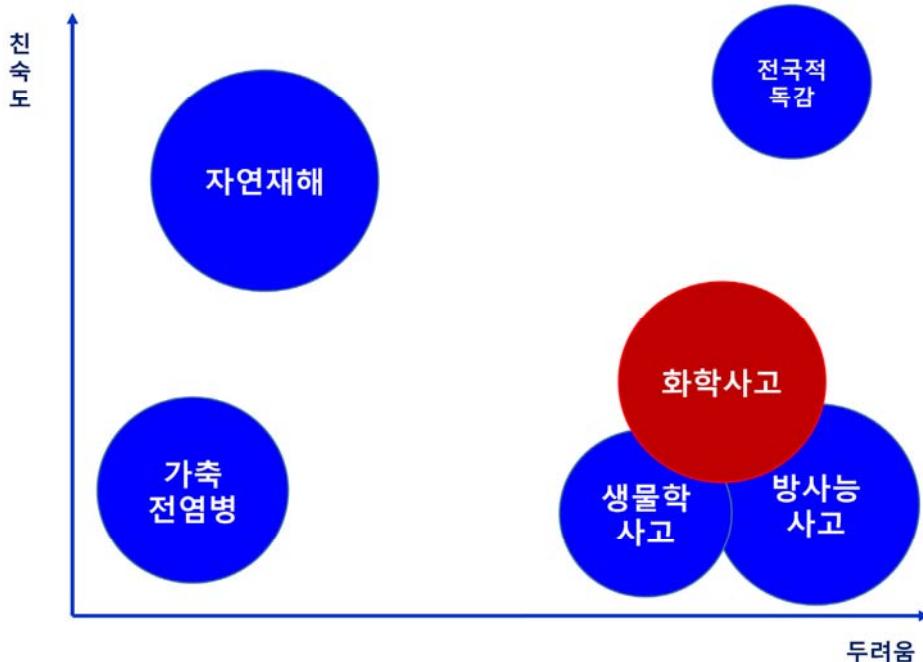
4.8 persons death/yr

7

	Fatality Rate	FAR
Stuck by Meteorite	$6.0 \times 10^{-11}$	
Struck by Lightning	$1.0 \times 10^{-7}$	
Fire	$1.5 \times 10^{-5}$	
Run over by Car	$6.0 \times 10^{-5}$	
Staying at Home		3
Travelling by Car	$1.7 \times 10^{-4}$	57
Rock Climbing	$4.0 \times 10^{-5}$	4000
20 Cigarettes/day	$5.0 \times 10^{-3}$	
Chemical Industry		1.2
Steel Industry		8.0
Coal Mining		7.3
Agriculture		3.7

8

## Risk Characteristics

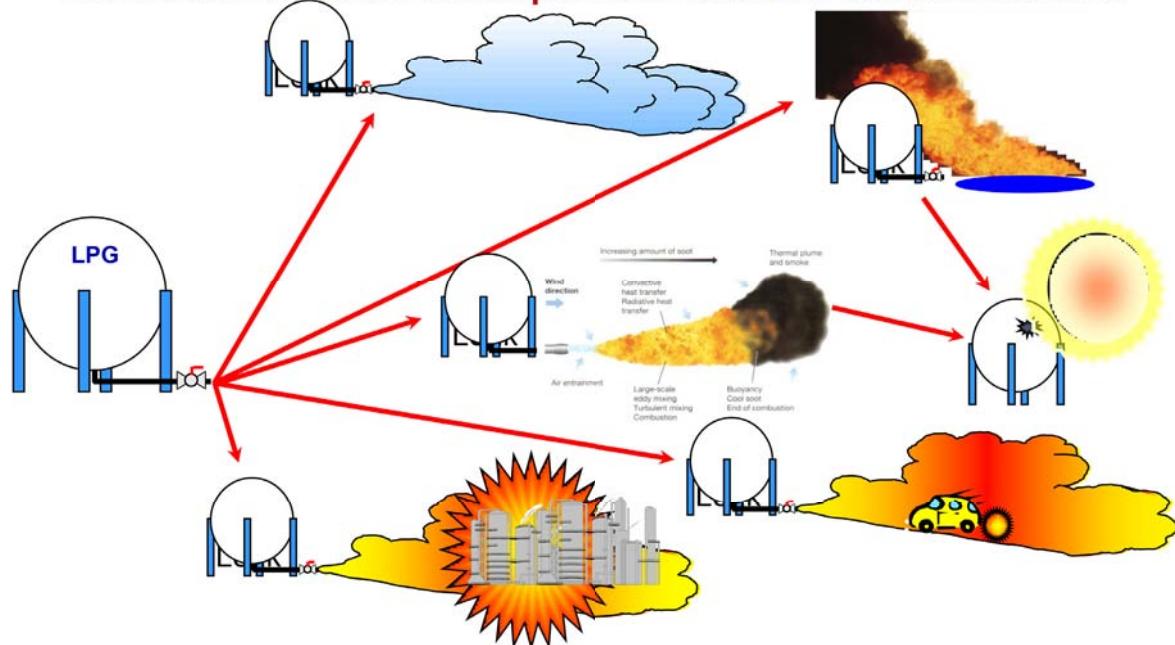


(출처 : Understanding Risk communication Theory, Homeland Security, 2012)

9

## What Can Go Wrong?

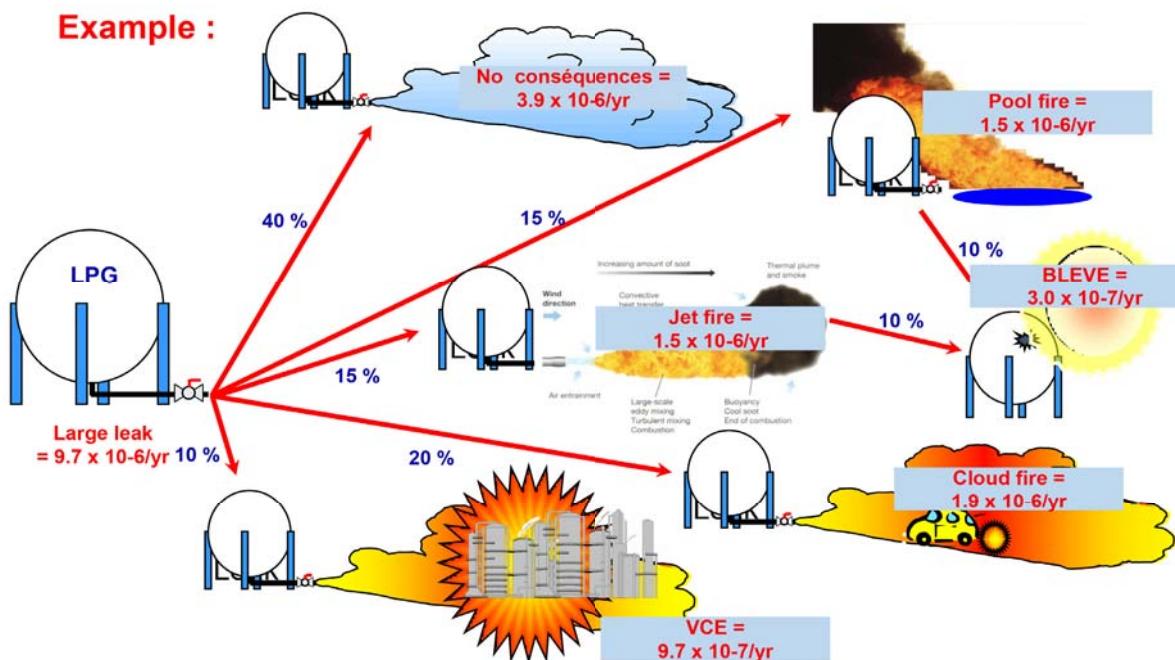
### Hazard Identification: Development of available accident scenario



10

## How Often Can It Happen?

### Example :



11

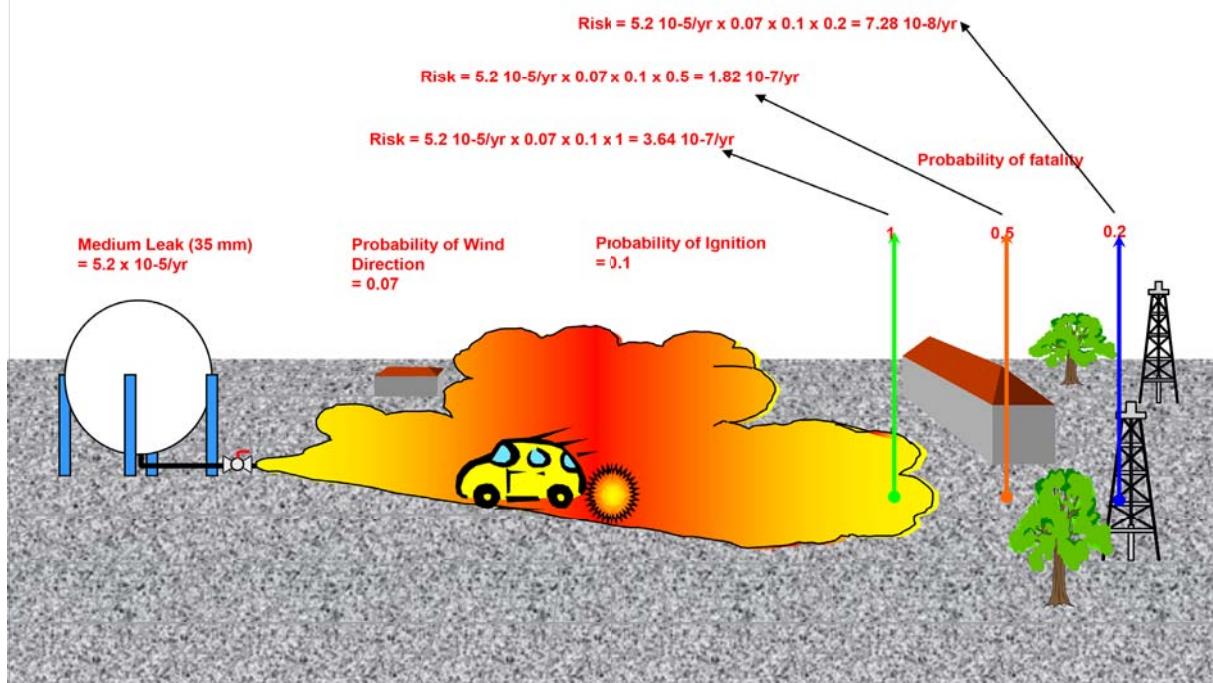
## So What?

**For every accident scenario and every target location (buildings,...):**

- **Calculation of risk = event probability x damage probability**  
calculation tools required
- **Total risk at target location :**  
= sum of risk from each contributing scenario
- **For people :**  
risk generally based on “fatality” as end effect
- **For structures :**  
risk generally based on “unrepairable damage” as end effect

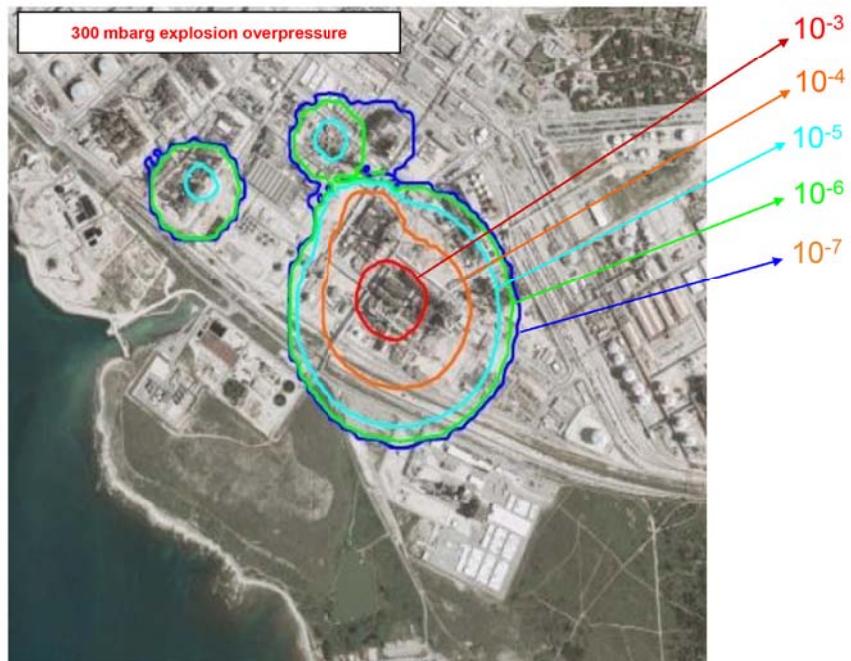
12

## So What? – Example of Risk Calculation



13

## So What? – Example of Risk Calculation



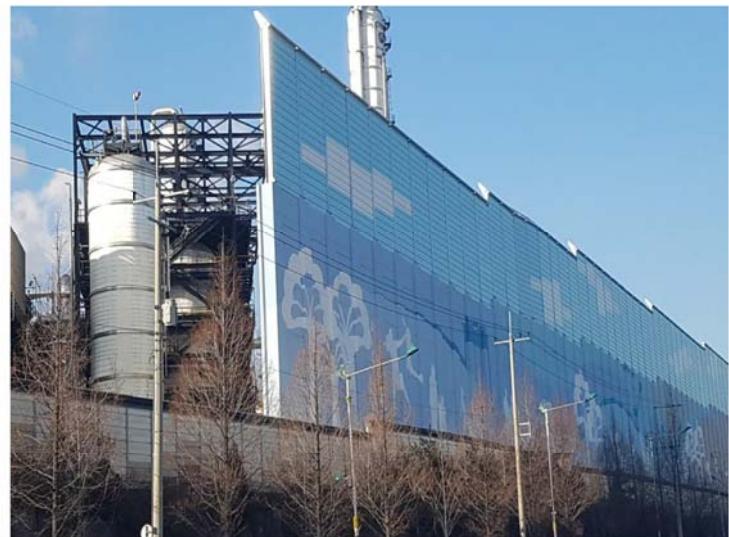
14

## 공장 내부 water curtain 설치 사례



15

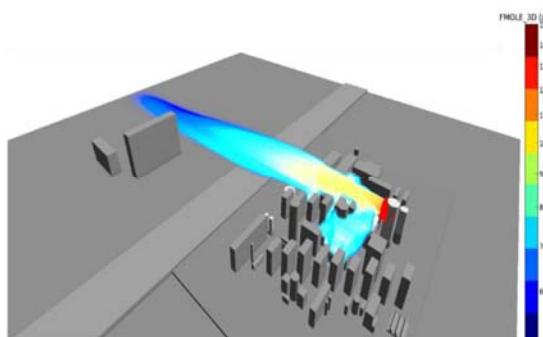
## ▶ 공장 외부 모습



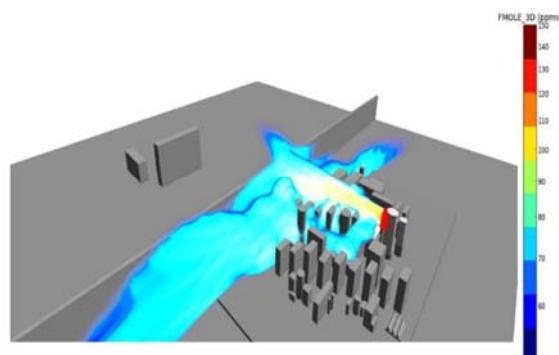
16

## ▶ Simulation 결과

### ✓ Column top leak without barrier



### ✓ Column top leak with barrier



17

## 정부 조직의 변화



18

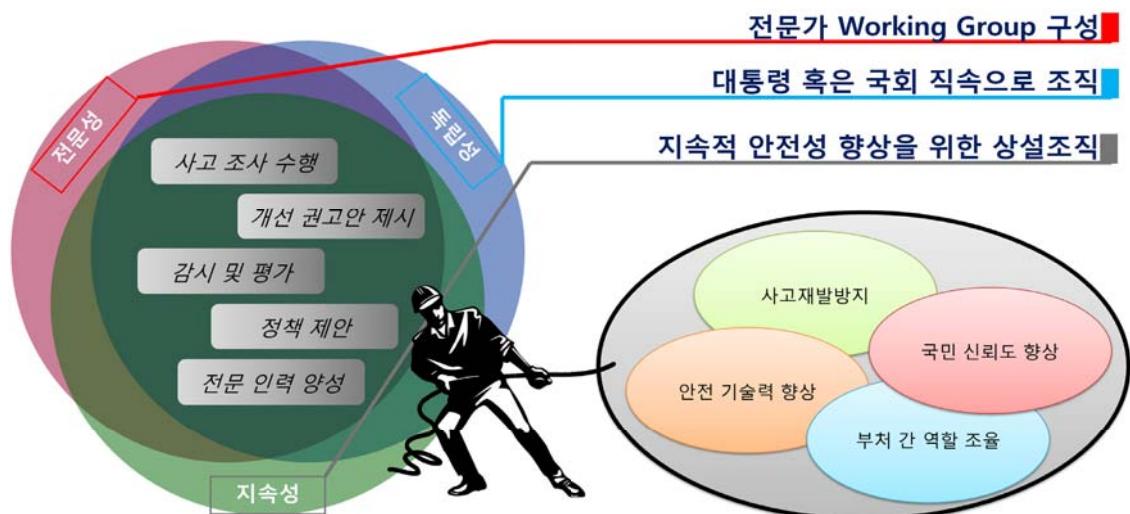
## 화학사고전문조직 신설



19

## 제언 : 국가사고조사위원회 도입의 필요 Chemical Safety and hazard investigation Board (CSB)

### ✓ 역할 및 임무



20



21



국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)  
‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

## [ 주제발표 IV ]

# 국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 정책 대안

이 공래

한림원 정책학부 정회원



발제 4

## 국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 정책 대안

이 공 래

한림원 정책학부 정회원

국회-한림원 공동 포럼 (2019-9-25)

## 국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 정책 대안

이 공 래

한국과학기술한림원 정책학부

(KAST: Korea Academy of Science & Technology)

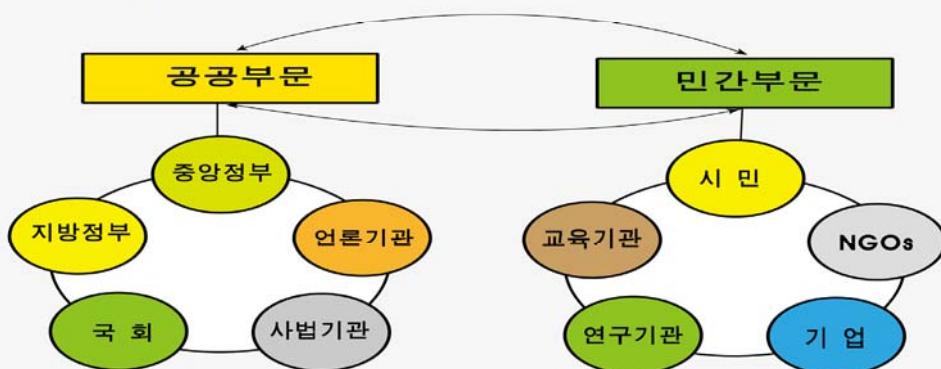
## 순서

1. 리스크 거버넌스(Risk Governance)의 개념
2. 우리나라에 대한 상황 인식
3. 리스크 거버넌스 강화 방향
4. 정책 대안

2

### 1. 리스크 가버넌스의 개념

- “공동체가 직면하는 리스크(위험)를 상호 협력하고 소통하여 관리하고 줄여나가는 행위” (IRGC, 1999)
  - 정부뿐만 아니라 시민들의 참여와 비정부기관의 협조 등 다양한 이해 관계자들의 종합적 대응이 중요하다는 관점에서 사용되는 용어
  - ❖ 리스크관리 (risk management): 리스크에 대한 미시적 차원의 경영관리  
≈ 위험관리



3

## 2. 우리나라에 대한 상황 인식

■ 안전의식 결여, 쉽게 잊는 사고 교훈, 같은 종류의 사고 반복....



4

## 3. 국가 리스크 거버넌스 강화 방향

리스크 관리의 **과학화**



합리성과 과학적 연구결과에  
기초한 대응 기획

전문가, 정부, 시민사  
회 간 토론과 소통



상호 학습 및 계몽으로 성숙된  
안전의식 형성

정부와 국회 리스크  
대응능력 강화



- 강하고 민주적인 리더십
- 인적 물적 자원 투입 확대
- 제도 혁신

5

## 4. 세부 정책 대안

### 대안 ① 국회 내에 국민안전처 [People Safety Office: PSO] [가칭] 설치

- 국회의원의 조사·분석 요구에 대한 회답
- 행정부의 위법 또는 제도 개선 사항 발굴
- 국회의원 연구단체에 대한 정보 제공
- 외국의 리스크 관련 입법 동향 분석 및 정보 제공 등

#### 대안 사례

대만 국회 내에 CSB [Chemical Safety Board]를 설치하고 국립대만대학교 Wu 교수를 비례대표 국회의원으로 선출 → CSB 의장으로 취임, 리스크 거버넌스 구축을 위하여 활발하게 역할 수행

6

## 4. 세부 정책 대안

### 대안 ② 지역 재난안전 담당 조직을 청으로 격상

- 인구 200만 이상 광역지방자치단체부터 시작, 연차적으로 확대

### 대안 ③ 재난 안전 R&D사업의 부처 간 연계 확대

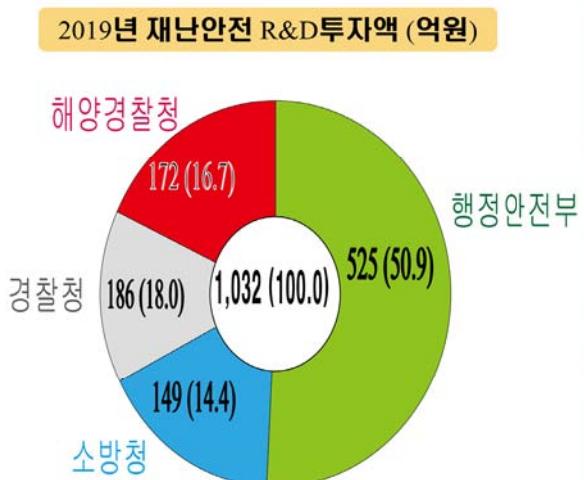
- 행정안전부 재난안전 연구개발과  
[경찰청, 소방청, 해양경찰청]

- 과기부, 타 중앙 부처 + 지방정부의 재난안전 관련 R&D사업 정보 교류

7

## 4. 세부 정책 대안

### 대안 ④ 재난 안전 관련 R&D 투자 확대



#### 개선 방향

- 과기부 등 타 부처 재난안전 R&D 투자 현황 파악 및 공유
- R&D 수요조사 실시 및 신규 과제 발굴 [R&D기획]
- 과거 연구결과 공유 및 활용 촉진 [실용화, 산업화]

8

## 4. 세부 정책 대안

### 대안 ⑤ 대규모 정부사업의 위험성 평가

- 현 정부사업의 “예비타당성 분석 제도” 준용
- 종료 후 부정적 파급영향이 클 것으로 예상되는 사업부터 적용
- 규제로 작동되지 않도록 엄격한 평가 대상 사업 선정

### 대안 ⑥ 위험성 평가 온라인 플랫폼 구축

- 위험성 평가기관 및 전문가들 간 지식정보 흐름 촉진

사례: 중소벤처기업부  
K-Startup([www.k-startup.go.kr](http://www.k-startup.go.kr))

9

## 4. 세부 정책 대안

### 대안 ⑦ 초중고 안전의식 교육 담당교사 양성

- 재직 중인 교사 중 희망자들에게 1년의 특별 교육으로 “**안전 교사**” 자격증 수여



### 대안 ⑧ 민간 재난안전 활동 지원 확대

- NGOs, 학술기관, WCR, AARA, KOSRIG 등
- 최적의 연구환경을 가진 KAST(한국과학기술한림원)  
→ 리스크 거버넌스 쟁크 탱크로 육성



10

100년이 지나도 끄떡 없는 미국 금문교  
같은 건설을 우리도 할 수 있습니다.

경청해 주셔서 감사합니다



국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)  
‘과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?’

[ V ]

## 패널토론

[좌장] 이재열 서울대학교 사회과학대학 교수

[토론] 권혁면 연세대학교 산학협력단 연구교수

김경만 서강대학교 사회과학부 교수(한림원 정책학부 정회원)

김원국 리스크엔지니어링서비스 기술이사

이근영 한겨레신문 선임기자



## 토론문

# Natech(자연+기술재난)에 대한 국가 리스크 관리시스템의 필요성

권 혁 면

연세대학교 산학협력단 연구교수

### ◆ 들어가기

얼마전 이곳 국회에서 소방청이 주관한 대형·특이재난 대응사례 국제 세미나에 기조 강연자로 초청받은 미 연방 소방국의 데니스 오닐 박사는 강연 서두를 이렇게 꺼냈습니다. 본인이 한국에 미리 도착하여 모 대학에서 강의를 할 기회가 있었는데 이때 “만일 북한정권에 문제가 생겨서 한국으로 미사일이 날아오는 상황이 되면 어떻게 준비해야 하는가? 라고 질문을 했더니 학생들이 똑같이 대답하기를 “절대 그럴 일은 생기지 않을 것이다’라는 것이었습니다. 그래서 오닐 박사는 미국도 9.11 테러 같은 사고는 발생할 줄 전혀 예상을 못했는데 발생하지 않았느냐 하면서 우리는 발생가능성이 낮더라도 대형이면서 특이한 재난에 대한 준비를 평소에 해야 한다라고 강조 했습니다.

저는 오늘 이런 대형·특이 재난인 Natech재난의 위험성에 대해 말씀드릴까 합니다.

### ◆ Natech의 위험성

Natech재난은 자연재난(Natural Disaster)에 의해 발생하는 기술재난(Technological Disaster)으로, 자연재난과 기술재난이 결합하여 복합적인 재난 형태로 발전하는 재난을 말합니다. 대표적으로 일본에서 지진해일로 시작된 재연재난이 후쿠시마 원전사고, 즉 대형 기술재난으로 발전한 경우입니다. 이처럼 기술 및 산업이 고도화·복잡화된 현대사회에서는 자연재난이 발생하게 되면, 산업 인프라에 영향을 미치게 되어, 막대한 인명, 산업, 경제적 손실을 유발합니다. 일반적으로 이러한 Natech재난은 두 재난 영역 간 결합으로 인해, 불확실성이 증대됨에 따라, 더욱 세심한 재난관리의 접근방식이 요구 됩니다. 따라서 여러 재난 유형이 결합되면서, 복잡성 및 불확실성이 높아지기 때문에, 재난의 유형에 따라 구분하여 접근하던 기존의 재난관리 방식에 한계가 있으며 위험에

대한 인식부터, 대응 및 복구에 이르기까지 포괄적인 접근 방식이 필요합니다.

우리나라는 일본 후쿠시마 원전사고 이후 복합재난과 관련하여 통합적 재난관리의 필요성이 제기되는 등, 정책적 변화를 꾀하고 있기는 하나, 현재까지는 기존의 재난유형 별 재난관리 및 연구에 초점이 맞추어져 있다고 보여집니다. 최근들어 지진 산불등으로 인한 산업·기술 사고의 우려가 증가하고 있으나 산업시설의 안전 및 재난관리 제도에 있어 자연재해 고려 수준이 아직 미흡합니다.

양양 대형산불 경우처럼 초기 진화 실패시 대규모 사회재난으로 연결되고 고양 저유소 탱크화재에서 경험했지만 만일 석유화학단지 부근에서 지진이 발생하여 그 여파로 대형 유류탱크 화재 발생시 초기진화에 실패하게 되면 대규모 석유화학 밀집단지 전체가 위험해질 수가 있습니다. 이러한 경우를 대비해서 우리나라에서도 산불 초기 진압용 초대형 헬기의 확충과 대형 유류 탱크화재를 조기에 진압이 가능한 대용량 방사포의 도입이 아주 시급한 상황입니다.

### ◆ Natech 정책 제언

앞서 설명드린 대형·특이재난인 Natech 재난에 대비하기위해 몇가지 정책제언을 드리겠습니다

첫째, 복합재난관리는 각 분야의 지속적이고 장기적인 교류를 바탕으로 보다 포괄적으로 접근해야 할 필요가 있습니다. 즉, 각 분야 간 단발적, 필요에 따른 일시적 교류만 이루어지고 있는 상황에서 서로의 전문분야에 대한 제대로 된 이해가 없이, 협력체계를 구성하는 것은 실효성이 떨어질 수밖에 없습니다. 무엇보다 각 재난안전 분야에서 위험의 가능성을 어떻게 인지하고 어떠한 전략을 수립하고 있는지에 대한 심도있는 교류를 위해서는 장기적인 관점에서 다학제적 접근 방안을 마련할 필요가 있습니다. 이러한 포괄적이고 지속적인 학제 간 교류를 위해서는, 학계, 실무, 연구기관 등의 전문가의 교류가 정례화될 수 있도록 정부차원의 지원과 학계의 관심이 뒷받침되어야 할 것입니다.

둘째, 전문가 양성입니다. 복합재난관리를 위한 수많은 좋은 정책과 방법이 제시된다 하여도, 결국 성공의 관건은 재난관리에 참여하는 인력에 달려있음은 명백한 사실입니다. 이는 해외 재난관리 정책의 선진국에서도 실제 재난상황에서 문제를 겪으며 드러난 사실입니다. 따라서, 복합재난관리의 원활한 총괄 및 조정기능을 위해서는 역량과 전문성을 갖춘 적정 규모의 전담인력을 배치하여, 재난안전관리의 전 단계에 걸쳐 계획 및 평가의 기능을 수행하도록 할 필요가 있습니다.

마지막으로는 복합재난관리를 위한 기술의 개발을 지원하고 그 결과를 정책과정에 적극 활용하기 위한계획 수립이 필요합니다. 과학기술을 활용한 재난관리는 재난정보의

정확성과 신속성, 그리고 정보의 원활한 흐름을 위해서도 필요한 부분입니다.

2002년 영국내각에서 발간한 위험관리책자의 서문에 토니 블레어 총리는 다음과 같이 기술했습니다. “위험관리란 변화와 혁신의 한 축과 충격과 위기를 회피하는 다른 축 간의 균형을 맞추는 것으로서 좋은 정부가 해야 할 중심 업무가 되었습니다” 역대 어느 정부보다 안전을 강조하면서 각종 사고로부터 국민의 생명을 지켜 사람이 우선인 나라를 만들겠다는 문재인 정부의 안전정책에 Natech 재난관리도 중요한 요소중 하나가 되길 기대합니다.

감사합니다.



## 토론문

## 리스크 거버넌스

김 경 만

서강대학교 사회과학부 교수(한림원 정책학부 정회원)

### I. 위험인식과 커뮤니케이션에 관한 이론적 논의

‘위험사회’란 현대사회가 이전의 전통사회와는 다르게 인간이 만들어낸 환경 (man-made environment)에서 유래한 각종 위험들을 성찰의 ‘대상’으로 인식하고 있다는 것을 나타내기 위해서 고안된 개념. 여기서 과학자들의 위험인식과 사회적으로 구성된 일반시민의 위험인식의 차이가 위험 통제에 대한 중요한 변수임에도 불구하고, 지금까지 고려되지 않았다.

오늘 발표된 글들에서도 신동천 교수의 발표에서 잠깐 언급된 내용 외에는 객관적--혹은 과학적--리스크의 존재와 “사회적 구성된 리스크 의미”的 차이가 효율적인 리스크 거버넌스에 어떤 영향을 미치는 가가 논의되어있지 않다. “상호계몽모형”(mutual enlightenment model)이란 이론적 모형은 과학사회와 일반 시민사회가 서로의 의사소통, 논쟁을 통해서 서로가 가진 위험인식의 차이를 좁혀가는 “상호계몽”的 과정에 초점을 맞춤

### II. 리스크의 사회구성적 성격과 상호계몽모형: 세 가지 사례

리스크 거버넌스에서 지금까지 무시되어왔던 “상징과 의미”(symbolic meaning)의 차원을 예시하는 세 가지 사례

첫째는 미국에서 1960년대에 제기되었던 아동학대의 문제이며, 둘째는 영국에서 80년대 국회와 시민사회, 과학자들 간의 대 논쟁을 이끌어냈던 소위 “시험관 아기” 논쟁이고, 셋째는 현재 우리나라에서 논란이 되고 있는 원전폐기 논쟁임. 상호계몽모형에 대한 세 개의 경험적 사례 연구는 리스크의 인식에 대한 과학자와 시민사회간의 격차가 좁혀지는 과정을 보여줌.

1. 현재 우리나라에서 매우 중요한 사회적 리스크로 떠오른 아동학대의 문제는 이를 잘 보여준다. 아동을 때리는 것 (child hitting) 자체는 지난 수세기 동안 교육을 위해서 당연한 것으로 생각해 옴. 그러나 1960년대 미국의 C. Henry Kempe 를 중심으로 소아방사선과 의사들이 아동을 때리는 것이 유전적인 “정신질환”이란 것을 공표하고 난 후, 때리는 것 자체가 치료 받아야 할 병이란 새로운 '의미'를 가지게 되고, 아동학대란 말이 탄생했음. 아동학대의 예는 우리가 “물리적 실재”(physical reality)에 “집단적인 의미를 부여”하는 과정이 중요하다는 점을 일깨워준다. 즉, 지금껏 존재하지 않았던 위험을 인식하게 되었다는 것을 의미.
2. 80년대 영국에서 일어난 태아실험에 대한 대 논쟁은 과학자들을 대중과의 대화의 장으로 불러냈고, 이런 대화의 장을 통해서 실험의 의미, 불확실성, 그리고 위험성들에 대하여 대중이 갖는 우려와 반대를--리스크의 사회적 구성-- 과학자들이 가진 모든 증거와 지식과, 설득력을 통하여 불식시키고자 하는 ‘노력’을 이끌어 냈다는 점에서 중요하다. 현재 각국에서 태아를 실험대상으로 삼아도 된다는 것은 물론 그것이 앞으로 가져올 효과와 문제점에 대한 완전한 정보와 예측에 기반을 한 것을 아니다. 수많은 과학적 성과들이 예측하지 못했던 결과를 가져왔던 역사적 사실을 상기한다면 지금 태아실험과 이와 연관된 실험들이 장기적으로 과학자들을 포함한 누구도 예측할 수 없는 결과를 가져올 수도 있다는 것은 자명한 사실이다. 그렇다면 이렇게 불확실한 상황에서 과학자들과 사회구성원들이 가지고 있는 리스크에 대한 상이한 인식과 입장을 좁힐 수 있는 유일한 방법은 무엇일까? 태아 논쟁 사례를 통해서 본다면, 미래에 다가올지 모르는 불확실한 위험에 대한 대토론이 있었고, 이런 토론을 통해서 사회구성원들은 태아 실험에 특정한 “의미”와 그것이 가진 중요성, 위험을 부여했다. 그리고 최종적으로 그런 위험을 제어할 수 있는 방안을 토론함으로써 태아 실험의 정당성과 한계를 법제화하고 강제화하는 가장 합리적인 방안을 찾아냈다.
3. 탈원전 논란에 대한 분석과 대안

지금도 아직 끝나지 않은 소위 '탈원전' 논쟁의 핵심은 과학자(전문가)들과 일반시민들 간에 존재하는 핵발전의 위험에 관한 대조적인 인식이다. 대부분의 과학자들은 원전이 매우 안전하고 효율적인 에너지 원이라는데 이견이 없는 반면, 일반 시민들은 원전의 위험이 매우 급박하게 해결되어야 하는 커다란 위험을 내포하고 있다는 인식을 가지고 있음. 이런 인식의 차이는 다음과 같은 원인에 기인한다. 과학자들이 원전 1기당 10의 -5승의 아주 미미한 위험이 “객관적”으로 존재한다고 믿는 반면, 일반시민들과 환경보호론자들은 핵발전의 확산은 인류의 '미래'와 후대의 행복에 커다란 '위협'이 될 것이라는 상반된 인식을 가짐. 이제 원전을 확장, 유지할 것인가, 혹은

점차 폐기할 것인가는 위의 태아논쟁과 아동학대의 예에서 확인한 것처럼 어떤 '객관적인 과학적 사실'에 의거해서 결정될 수 있는 것이 아니라, 상호계몽모형에서 분석한 바와 같이 사회구성원들이 원전이 가지는 효율과 위험에 대한 "상징적 의미"를 어떻게 구성해나가느냐에 달려있다. 다시 말하면, 우리가 경제성장, 효율, 당장의 소비에 우선적 "가치"를 둔다면, 당연히 원전의 유지와 확장이 선택되어야 한다. 반면, 토론과 논쟁을 통한 민주적 과정을 통해서 우리가 추구해야 할 '가치'가 미래세대의 안전, 그리고 생태계의 보전 등에 있다고 합의가 되면, 점진적 원전의 폐기로 나가야 할 것이다. 물론 그러나 이런 폐기로 인해 모자라는 에너지에서 파생되는 고통은 감내해야 한다는 전제가 토론과 논쟁을 통해서 도출될 수 있을 때에 이런 선택은 가능할 것이다. 따라서 원전의 객관적 위험이 "얼마나 실제로 존재"하는 가에 대한 논쟁은 사실에 의해서 해결될 수 있는 것이 아니라, 사회구성원들이 어떤 가치를 추구할 것인가를 상호 논쟁을 통해서 합의해나가야 하는 것이다.

### III. 함의

과학자들도 자신의 실험에 스스로 "한계"를 설정하고, 시민사회의 제약을 받아들이고, 시민들도 과학자들의 연구를 이해하려고 노력하는 상호 "계몽"의 결과가 합리적 합의로 인도. 그러나 이렇게 얻어진 합의도 우리가 현재 가진 '제한된' 이성의 힘과 토론의 능력에 달려있으며, 따라서 이것이 어떤 궁극적인 합의라고 할 수는 없음. 리스크 거버넌스는 위험 인지가 구성되는 사회적 과정을 이해하고, 전문가와 일반시민의 토론과 논쟁을 통해서 지속적으로 이루어져야 할 것이다.



## 토론문

### 중앙정부의 리스크 관리

김 원 국

리스크엔지니어링서비스 기술이사

현대사회는 위험사회로 특징지어지는데, 위험사회란 위험을 만들어 내는데 전혀 관여하지 않은 국민이 위험에 노출되는 현상을 표현한 말이다. 현대과학은 인류의 복지에 공헌하여 왔으나, 한편으로는 환경을 파괴하고, 새로운 질병에 노출시키며 안전을 위협하기도 하였다. 한편 지구 곳곳에서는 민주화에 대한 요구가 커지고 있으며, 새로운 통신수단을 통하여 신속히 여론을 형성하고 있으며 필요시 행동으로 결집력을 보이기도 한다. 국가는 더 이상 리스크 관리에서 국민을 배제할 수 없게 되었다. 특정 사안에 대한 국민의 알 권리 는 점점 더 커져 왔으며, 허용될 수 있는 위험의 범위에 대한 사회적인 합의가 필요하게 되었다. 이것이 정부, 기업, 국민의 세 개의 축이 협력하여 위험을 통제하는 위험통제시스템(Risk Governance System)이다.

위험통제시스템의 출발점은 위험에 대한 발견과 평가이다. 위험통제의 대상은 우리 사회 가 직면하고 있는 모든 종류의 위험이 포함될 수 있다. 위험이 발견되면 위험을 평가하게 되는데 위험통제 시스템을 가동하고 있는 나라에서는 모두 정량위험성평가를 통해 위험의 크기를 예측한다. 위험성평가의 다음단계는 허용위험범위에 대한 사회적 합의를 도출하는 것이다. 평가된 위험이 허용위험범위를 초과하게 되면 위험을 감소시키거나 이것이 불가능한 경우는 퇴출되는 것이다. 위험성평가 작업은 정부나 기업으로부터 영향을 받지 않는 제3의 독립기관에 의해 수행되어야 하며, 위험성평가의 결과는 공개된 장소에서 발표되고 토론되어야 한다. 이 모든 과정은 국민이 이해하기 쉬운 언어로 설명되어야 하며 공개되어야 한다. 이것이 위험 소통이다.

과거 한 정권에서는 많은 노력을 들여 위기관리표준매뉴얼을 작성하였다. 사고가 발생한 후 대응을 위한 매뉴얼을 만드는 일은 중요하다. 하지만 이와 동시에 사고의 발생을 억제하는 예방활동도 중요한 것이다. 예방과 대응을 함께 할 수 있는 것이 리스크 관리이다. 또 이러한 활동을 투명하게 보여주고 사회적 합의를 도출하는 것이 위험성 평가이다. 중앙정부는 위험통제 시스템을 구축하여 리스크 관리에 관한 사회적 갈등을 최소화 하며 지속가능한 정책을 개발 하여야겠다.



## 토론문

### 사이언스미디어센터(SMC) 설립 제안

이 근 영

한겨레신문 선임기자

우리 사회가 과학기술 기반의 복잡다기화한 체계로 점입하면서 논쟁적인 과학적 이슈들의 등장이 잦아지고 있다. 2005년 황우석 스캔들부터 시작해 2008년 광우병 사태, 2011년 후쿠시마원전 사고, 2014~2015년 조류인플루엔자(AI) 사태, 2015년 메르스 발생 및 확산, 2016년 가습기살균제 사건 재점화, 2018년 대진침대 라돈 검출 사건 등등.

이들 쟁점은 일상생활뿐만 아니라 정치경제적으로도 민감한 사안들이어서 사회공동체의 위기 내지 위험(리스크)으로 작동할 잠재력을 지니고 있고, 때론 실제로 위험 요소로 발현된다. 언론을 통한 정확한 정보를 신속하게 전파하는 것은 위기를 관리하고 사태를 올바르게 이끌어가는 데 중요한 요인임에도 불구하고 과학기술계의 대응은 기민하지 못하다.

한국과학기술한림원의 경우도 크게 벗어나지 못한다. 9월4일 현재까지 140회 열린 원탁토론회는 사회적으로 중요한 이슈들을 논제로 올려 심도 있는 논의를 진행해왔다는 측면에서 긍정적이다. 다만 대응 시점은 돌아볼 여지가 있다.

#### 〈2008년 광우병 사태〉

4월 29일 ‘PD수첩’ 광우병 의혹 제기

5월 2일 1만명 촛불집회, 정부 담화문 발표

5월 8일 한림원 원탁토론회 개최

#### 〈2011년 후쿠시마원전〉

3월 10일 동일본대지진 및 쓰나미 발생

3월 11일 후쿠시마원전 사고 발생

4월 1일 한림원 원탁토론회 ‘방사능 공포, 오해와 진실’

### 〈2014~2015년 AI〉

1월 17일~18일 이동제한 발동

2월 24일 한림원 원탁토론회 ‘구제역·AI의 상재화: 정부는 이대로 방치할 것인가?’

### 〈2015년 메르스〉

5월 20일 중동 유행병 ‘메르스’ 환자 첫 확인

7월 1일 한림원 원탁토론회 ‘메르스 현황 및 종합대책’

\* 2017년 가습기살균제, 2018년 라돈 사건은 원탁토론회에서 다루지 않음.

필자의 경험으로 보아 논쟁적 과학기술 이슈에 대한 언론의 보도 태도에도 반성하고 개선할 부분이 많다. 메르스 사태 때 한달 넘게 1면 기사를 썼지만 사실 스스로 정확한 기사를 선정적이지 않고 차분하게 작성하고 있는지 돌아볼 여력조차 없었다.

과학기술계에도, 언론에도 논쟁적 과학 이슈에 대한 신속대응팀이 필요하다. 외국에서 활동중인 ‘사이언스미디어센터’(Science Media Center)는 이런 측면에서 주목할 만하다. 영국, 독일, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등에 설치돼 있는 비영리 독립조직으로, “증거 기반 과학이 주요 뉴스에 반영되도록 함으로써 중요한 현안에 대한 대중의 토론과 논쟁에 정보를 제공하는 것”(To inform public debate and discussion on the major issues of the day by injecting evidence-based science into headline news)이 목적(미션)이다. 2002년 가장 먼저 출범한 영국의 경우 80곳의 비정부 기관·기구에서 자금을 지원받아 10명 안쪽의 인원으로 독립적으로 운영하고 있다. 평소 과학기술 분야별 전문가 데이터베이스를 운용해, 과학적 이슈가 발생하면 신문·방송 기자들에게 해당 분야의 전문가를 연결해준다. 헤드라인을 장식할 정도의 큰 사안이 발생했을 때는 전문가를 초빙해 언론을 상대로 긴급 브리핑이나 토론회를 연다.

대부분의 언론사에는 기사 출고 당일 신문기사나 방송 내용을 자체 심의 비평해주는 조직이 있다. 사이언스미디어센터에 즉시 비평 기능까지 부여할 수 있다면 과학관련 기사가 선정적이거나 과학적 사실을 벗어날 경우 신속하게 바로잡아줄 수 있을 것이다.

## 한림원탁토론회는...

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안 문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 100여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론후에는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

### 《 한림원탁토론회 개최실적 (1996년 ~ 2018년) 》

회수	일자	주제	발제자
1	1996. 2. 22.	초중등 과학교육의 문제점 초중등 과학교육의 문제점	박승재
2	1996. 3. 20.	과학기술분야 고급인력의 수급문제	서정현
3	1996. 4. 30.	산업계의 연구개발 걸림돌은 무엇인가?	임효빈
4	1996. 5. 28.	과학기술 행정과 제도, 무엇이 문제인가?	박우희
5	1996. 7. 9.	연구개발 평가제도, 무엇이 문제인가?	강계원

회수	일자	주제	발제자
6	1996. 10. 1.	정부출연연구소의 역할과 기능에 대하여	김훈철
7	1996. 11. 4.	21세기 과학기술비전의 실현과 정치권의 역할	김인수
8	1997. 2. 25.	Made in Korea, 무엇이 문제인가?	채영복
9	1997. 4. 2.	산업기술정책, 무엇이 문제인가?	이진주
10	1997. 6. 13.	대학교육, 무엇이 문제인가?	장수영
11	1997. 7. 22.	대학원 과학기술교육, 무엇이 문제인가?	김정욱
12	1997. 10. 7.	과학기술 행정체제, 무엇이 문제인가?	김광웅
13	1998. 1. 22.	IMF, 경제위기 과학기술로 극복한다.	채영복
14	1998. 3. 13.	벤처기업의 활성화 방안	김호기, 김영대, 이인규, 박금일
15	1998. 5. 29.	국민의 정부의 과학기술정책	강창희
16	1998. 6. 26.	정보화시대의 미래와 전망	배순훈
17	1998. 9. 25.	과학기술정책과 평가제도의 문제	박익수
18	1998. 10. 28.	경제발전 원동력으로서의 과학기술의 역할	김상하
19	1999. 2. 12.	21세기 농정개혁의 방향과 정책과제	김성훈
20	1999. 3. 26.	지식기반 경제로의 이행을 위한 경제정책 방향	이규성
21	1999. 5. 28.	과학기술의 새천년	서정욱
22	1999. 9. 10.	신 해양시대의 해양수산정책 발전방향	정상천
23	2000. 2. 10.	21세기 환경기술발전 정책방향	김명자
24	2000. 4. 14.	경제발전을 위한 대기업과 벤처기업의 역할	김각중

회수	일자	주제	발제자
25	2000. 6. 16.	과학·기술방전 장기 비전	임관
26	2000. 9. 15.	국가 표준제도의 확립	김재관
27	2000. 12. 1.	국가 정보경쟁력의 잣대: 전자정부	이상희
28	2001. 5. 4.	환경위기 극복과 지속가능 경제발전을 위한 과학 기술개발전략	박원훈, 류순호, 문길주, 오종기, 한무영, 한정상
29	2001. 7. 18.	국가 과학기술발전에 미치는 기초과학의 영향	임관, 명효철, 장수영
30	2001. 9. 21.	산업계에서 원하는 인재상과 공학교육의 방향	임관, 한송엽
31	2001. 10. 31.	적조의 현황과 앞으로의 대책	홍승룡, 김학균
32	2001. 12. 5.	광우병과 대책	김용선, 한홍율
33	2002. 7. 19.	첨단기술 (BT,ET,IT,NT)의 실현을 위한 산업화 대책	한문희, 이석한, 한송엽
34	2002. 9. 13.	우리나라 쌀 산업의 위기와 대응	이정환, 김동철
35	2002. 11. 1.	생명윤리 - 과학 그리고 법: 발전이냐 규제이냐?	문신용, 이신영
36	2003. 3. 14.	과학기술분야 졸업생의 전공과 직업의 연관성	조황희, 이만기
37	2003. 6. 18.	국내 농축산물 검역현황과 발전방안	배상호
38	2003. 6. 27.	대학과 출연연구소간 연구협력 및 분담	정명세
39	2003. 9. 26.	그린에너지 기술과 발전 방향	손재익, 이재영, 홍성안
40	2004. 2. 20.	미래 고령사회 대비 국가 과학기술 전략	오종남
41	2004. 10. 27.	고유가시대의 원자력 이용	정근모
42	2004. 12. 7.	농산물 개방화에 따른 국내 고추산업의 현황과 발전전략	박재복
43	2005. 9. 30.	과학기술윤리	송상용, 황경식, 김환석

회수	일자	주제	발제자
44	2005. 11. 25.	과학기술용어의 표준화 방안	지제근
45	2005. 12. 1.	융합과학시대의 수학의 역할 및 수학교육의 방향	정근모, 최형인, 장준근
46	2005. 12. 15.	해양바이오산업, 왜 중요한가?	김세권, 김동수
47	2006. 11. 7.	첨단과학시대의 교과과정 개편방안	박승재
48	2006. 12. 22.	과학기술인 복지 증진을 위한 종합 대책	설성수
49	2007. 6. 29.	선진과학기술국가 가능한가? - Blue Ocean을 중심으로	김호기
50	2007. 11. 9.	우리나라 수학 및 과학교육의 문제점과 개선방향	김도한, 이덕환
51	2008. 5. 9.	태안반도 유류사고의 원인과 교훈	하재주
52	2008. 5. 8.	광우병과 쇠고기의 안전성	이영순
53	2008. 6. 4.	고병원성조류인플루엔자(AI)의 국내외 발생양상과 우리의 대응방안	김재홍
54	2008. 10. 8.	High Risk, High Return R&D, 어떻게 해야 하는가	김호기
55	2008. 11. 11.	식량위기 무엇이 문제인가?	이정환
56	2008. 12. 11.	초중고 수학 과학교육 개선방안	홍국선
57	2008. 12. 17.	우리나라 지진재해 저감 및 관리대책의 현황과 개선방안	윤정방
58	2009. 2. 19.	21세기 지식재산 비전과 실행 전략	김영민
59	2009. 3. 31.	세계주요국의 나노관련 R&D 정책 및 전략분석과 우리의 대응전략	김대만
60	2009. 7. 20.	국가 수자원 관리와 4대강	심명필
61	2009. 8. 28.	사용후핵연료 처리 기술 및 정책 방향	송기찬, 전봉근
62	2009. 12. 16.	세종시와 국제과학비즈니스밸트	이현구

회수	일자	주제	발제자
63	2010. 3. 18.	과학도시와 기초과학 진흥	김중현
64	2010. 6. 11.	지방과학기술진흥의 현황과 과제	정선양
65	2011. 2. 28.	국제과학비지니스벨트와 기초과학진흥	민동필, 이충희
66	2011. 4. 1.	방사능 공포, 오해와 진실	기자회견
67	2012. 11. 30.	융합과학/융합기술의 본질 및 연구방향과 국가의 지원시스템	이은규, 여인국
68	2013. 4. 17.	한미원자력협정 개정협상에 거는 기대와 희망	문정인
69	2013. 6. 11.	통일을 대비한 우리의 식량정책 이대로 좋은가?	이철호
70	2013. 7. 9.	과학기술중심사회를 위한 과학기술원로의 역할과 의무	이원근
71	2013. 7. 22.	대학입시 문·이과 통합, 핵심쟁점과 향후 과제는?	박재현
72	2014. 1. 17.	국가안보 현안과제와 첨단과학기술	송대성
73	2014. 3. 4.	융합과학기술의 미래 -인재교육이 시작이다	강남준, 이진수
74	2014. 5. 9.	과학기술연구의 새 지평 젠더혁신	이혜숙, 조경숙, 이숙경
75	2014. 5. 14.	남북한 산림협력을 통한 한반도 생태통일 방안은?	김호진, 이돈구
76	2014. 5. 22.	창조경제와 과학기술	이공래, 정선양
77	2014. 5. 29.	재해·재난의 예방과 극복을 위한 과학기술의 역할은?	이원호, 윤정방
78	2014. 6. 10.	벼랑 끝에 선 과학·수학 교육	정진수, 배영찬
79	2014. 6. 14.	문학과 과학, 그리고 창조경제	정종명, 최진호
80	2014. 6. 25.	'DMZ세계평화공원'과 남북과학기술협력	정선양, 이영순, 강동완
81	2014. 7. 24.	국내 전통 발효식품산업 육성을 위한 정책 대안은?	신동화

회수	일자	주제	발제자
82	2014. 9. 17.	‘과학기술입국의 꿈’을 살리는 길은?	손경한, 안화용
83	2014. 9. 30.	한국 산업의 위기와 혁신체제의 전환	이근
84	2014. 11. 14.	경제, 사회, 문화, 산업 인프라로서의 사물인터넷(IoT): 그 생태계의 실현 및 보안방안은?	김대영, 김용대
85	2014. 11. 28.	공유가치창출을 위한 과학기술의 나아갈 길은? 미래식품과 건강	권대영
86	2014. 12. 5.	창발적 사고와 융합과학기술을 통한 글로벌 벤처 생태계 조성 방안	허석준, 이기원
87	2015. 2. 24.	구제역·AI의 상재화: 정부는 이대로 방지할 것인가?	김재홍
88	2015. 4. 7.	문·이과 통합 교육과정에 따른 과학·수학 수능개혁	이덕환, 권오현
89	2015. 6. 10.	이공계 전문가 활용 및 제도의 현황과 문제점	이건우, 정영화
90	2015. 6. 25.	남북 보건의료 협정과 통일 준비	신희영, 윤석준
91	2015. 7. 1.	메르스 현황 및 종합대책	이종구
92	2015. 7. 3.	‘정부 R&D 혁신방안’의 현황과 과제	윤현주
93	2015. 9. 14.	정부 R&D예산 감축과 과학기술계의 과제	문길주
94	2015. 10. 23.	사회통합을 위한 과학기술 혁신	정선양, 송위진
95	2015. 11. 4.	생명공학기술을 활용한 우리나라 농업 발전방안	이향기, 박수철, 곽상수
96	2015. 11. 9.	유전자기위 기술의 명과 암	김진수
97	2015. 11. 27.	고령화사회와 건강한 삶	박상철
98	2015. 12. 23.	따뜻한 사회건설을 위한 과학기술의 역할: 국내외 적정기술을 중심으로	박원훈, 윤제용
99	2016. 2. 29.	빅데이터를 활용한 의료산업 혁신방안은?	이동수, 송일열, 유희준
100	2016. 4. 18.	대한민국 과학기술 미래 50년의 도전과 대응	김도연

회수	일자	주제	발제자
101	2016. 5. 19.	미세먼지 저감 및 피해방지를 위한 과학기술의 역할	김동술, 박기홍
102	2016. 6. 22.	과학기술강국, 지역 혁신에서 답을 찾다	남경필, 송종국
103	2016. 7. 6.	100세 건강과 장내 미생물 과학! 어디까지 왔나?	김건수, 배진우, 성문희
104	2016. 7. 22.	로봇 기술과 미래	오준호
105	2016. 8. 29.	융합, 융합교육 그리고 창의적 사고	김유신
106	2016. 9. 6.	분노조절장애, 우리는 얼마나 제대로 알고 있나?	김재원, 허태균
107	2016. 10. 13.	과학기술과 미래인류	이광형, 백종현, 전경수
108	2016. 10. 25.	4차 산업혁명시대에서 젠더혁신의 역할	이우일, 이혜숙
109	2016. 11. 9.	과학기술과 청년(부제: 청년 일자리의 현재와 미래)	이영무, 오세정
110	2017. 3. 8.	반복되는 구제역과 고병원성 조류인플루엔자, 정부는 이대로 방치할 것인가	류영수, 박최규
111	2017. 4. 26.	지속가능한 과학기술 혁신체계	김승조, 민경찬
112	2017. 8. 3.	유전자교정 기술도입 및 활용을 위한 법·제도 개선방향	김정훈
113	2017. 8. 8.	탈원전 논란에 대한 과학자들의 토론	김경만, 이은철, 박홍준
114	2017. 8. 11.	새롭게 도입되는 과학기술혁신본부에 바란다	정선양, 안준모
115	2017. 8. 18.	ICT 패러다임을 바꿀 양자통신, 양자컴퓨터의 부상	허준, 최병수, 김태현, 문성욱
116	2017. 8. 22.	4차 산업혁명을 다시 생각한다	홍성욱, 이태억
117	2017. 9. 8.	살충제 계란 사태로 본 식품안전관리 진단 및 대책	이향기, 김병훈
118	2017. 11. 17.	미래 과학기술을 위한 정책입법 및 교육, 어떻게 해야 하나	박형욱, 양승우, 최윤희
119	2017. 11. 28.	여성과기인 정책 업그레이드	민경찬, 김소영

회수	일자	주제	발제자
120	2017. 12. 8.	치매국가책임제, 과학기술이 어떻게 기여할 것인가?	김기웅, 뮤인희
121	2018. 1. 23.	항생제내성 수퍼박테리아! 어떻게 잡을 것인가?	정석훈, 윤장원, 김홍빈
122	2018. 2. 6.	신생아 중환자실 집단감염의 발생원인과 환자 안전 확보방안	최병민, 이재갑, 임채만, 천병철, 박은철
123	2018. 2. 27.	에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공 여건	최기련, 이은철
124	2018. 4. 5.	과학과 인권	조효제, 민동필, 이중원, 송세련
125	2018. 5. 2.	4차 산업혁명시대 대한민국의 수학교육, 이대로 좋은가	권오남, 박형주, 박규환
126	2018. 6. 5.	국가 R&D 혁신 전략 – 국가 R&D 정책 고도화를 위한 과학기술계 의견 –	류광준, 유욱준
127	2018. 6. 12.	건강 100세를 위한 맞춤 식품 필요성과 개발 방향	박상철, 이미숙, 김경철
128	2018. 7. 4.	제1회 세종과학기술포럼	성창모, 박찬모, 이공래
129	2018. 9. 18.	데이터 사이언스와 바이오 강국 코리아의 길	박태성, 윤형진, 이동수
130	2018. 11. 8.	제10회 국회-한림원 과학기술혁신연구회 포럼(미래과학기술 오픈포럼) – 미래한국을 위한 과학기술과 정책 –	임대식, 문승현, 문일
131	2018. 11. 23.	아카데믹 캐피털리즘과 책임 있는 연구	박범순, 흥성욱
132	2018. 12. 4.	여성과학기술인 정책, 4차 산업혁명 시대를 준비하는가	이정재, 엄미정
133	2019. 2. 18.	제133회 한림원탁토론회 -제17회 과총 과학기술혁실페이지포럼 수소경제의 도래와 과제	김봉석, 김민수, 김세훈
134	2019. 4. 18.	혁신성장을 이끄는 지식재산권 창출과 직무발명 조세제도 개선	하홍준, 김승호, 정지선
135	2019. 5. 9.	제135회 한림원탁토론회 – 2019 세종과학기술인대회 과학기술 정책성과와 과제	이영무
136	2019. 5. 22.	효과적인 과학인재 양성을 위한 전문연구요원 제도 개선 방안	곽승엽
137	2019. 6. 4.	마약청정국 대한민국이 흔들린다 마약류 사용의 실태와 대책은?	조성남, 이한덕

회수	일자	주제	발제자
138	2019. 6. 28.	미세먼지의 과학적 규명을 위한 선도적 연구 전략	윤순창, 안병옥
139	2019. 8. 7.	공동 토론회 - 일본의 반도체·디스플레이 소재 수출규제에 대한 과학기술계 대응방안	박재근
140	2019. 9. 4.	4차 산업혁명 시대 농식업(Agriculture and Food) 변화와 혁신정책 방향	권대영, 김종윤, 박현진



MEMO



MEMO



MEMO



국회-한림원 공동포럼 (제141회 한림원탁토론회)

과학기술 기반  
국가 리스크 거버넌스,  
어떻게 구축해야 하는가?



대한민국 국회  
NATIONAL ASSEMBLY

**KAIST** 한국고신학기술원  
*The Korean Academy of Science and Technology*