

제198회 한림원탁토론회

더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비

일시 : 2022년 6월 2일(목), 15:00

장소 : 엘타워 골드홀

※ 온·오프라인 하이브리드 개최



초대의 말씀

현대 사회는 '위험 사회'(Risk Society)로 일컬어지기도 합니다. 자연적인 위험을 방지하고 극복하기 위해 발전시킨 과학기술이 새로운 위험을 만들어내기 시작한 사회를 의미하며, 자연재해(natural disaster)와 인위적 재해(man-made disaster) 사이의 경계가 무너지는 것이 하나의 특징입니다. 자연재해가 기술 시스템을 파괴해 더 큰 참사를 낳은 후쿠시마 원전 사고(2011)나 인간에게 유용함을 주기 위해 만들어진 기술 시스템이 예상치 못한 자연재해를 유발한 포항 지진(2017)의 그 예입니다.

이에 한국과학기술한림원은 자연-기술 복합재난에 대한 이해도를 높이고 과학기술이 사회에 미치는 긍정적인 영향을 최대화하기 위한 방안을 모색하는 자리를 마련하고자 합니다. 최고의 전문가분들을 모셔서 논의하고자 하오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

2022년 6월
한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

사회 : 김영배 KAIST 경영대학 교수

시간	구분	내용
15:00~15:05 (5분)	개 회	개 회 사 : 유욱준 한국과학기술한림원 원장
15:05~15:25 (20분)	주제발표 1	자연재난, 기술재난, 자연-기술 복합재난 홍성욱 서울대학교 과학학과 교수
15:25~15:45 (20분)	주제발표 2	자동화는 구원인가 재난인가: 노동의 관점에서 본 자동화 이호영 정보통신정책연구원 선임연구위원
15:45~16:05 (20분)	주제발표 3	자연재난과 기술재난, 그리고 포항지진 이강근 서울대학교 지구환경과학부 교수
16:05~16:25 (20분)	주제발표 4	21세기 재난의 위기 대비와 대응 고상백 연세대학교 원주의과대학 교수
16:25~16:55 (30분)	지정 토론	
	좌 장	송진웅 서울대학교 물리교육과 교수
	토론자	박범순 KAIST 과학기술정책대학원 교수
		신동천 연세대학교 의과대학 교수
		이영완 조선일보 과학전문기자
16:55~17:20 (25분)	자유토론	
17:20	폐 회	

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

발표자 및 패널 약력

사회



김영배

KAIST 경영대학 교수

- 前 KAIST 경영대학 학장
- 前 한국기술경영경제학회 회장
- 前 한국전략경영학회 회장

주제발표자



홍성욱

서울대학교 과학학과 교수

- 서울대학교 자연과학대학 과학학과 학과장
- 前 한국과학사학회 회장, 한국과학기술학회 회장
- 前 캐나다 토론토대학교 과학기술사철학과 교수



이호영

정보통신정책연구원 선임연구위원

- 국민경제자문회의 혁신경제분과 위원
- 4차산업혁명위원회 민간위원
- 한국사회학회 부회장



이강근

서울대학교 지구환경과학부 교수

- 前 대한지질학회 회장
- 前 포항지진정부조사연구단 단장
- 前 한국지하수토양환경학회 회장



고상백

연세대학교 원주의과대학 교수

- 한국과학기술한림원 정책학부 정회원
- 연세대학교 미래캠퍼스 의과학연구처장
- 한국위험통제학회 회장

좌장 및 지정토론

좌장



송진웅

서울대학교 물리교육과 교수

- 한국과학기술한림원 정책학부 정회원
- 前 한국과학교육학회 회장
- 前 동아시아과학교육학회(EASE) 회장

토론자



박범순

KAIST 과학기술정책대학원 교수

- KAIST 인류세연구센터 센터장
- 한국과학기술한림원 정회원
- 前 한국과학사학회 부회장



신동천

연세대학교 의과대학 교수

- 학교미세먼지관리 기술개발사업단 단장
- 前 연세대학교 환경공해연구소 소장
- 前 환경부 중앙환경보전자문위원회 위원



이영완

조선일보 과학전문기자

- 한국과학기자협회 회장
- KAIST 미래전략대학원 겸직교수
- 대한의사협회 국민건강보호위원회 부위원장

I

주제발표

주제발표 1 자연재난, 기술재난, 자연-기술 복합재난

- **홍성욱** 서울대학교 과학학과 교수

주제발표 2 자동화는 구원인가 재난인가: 노동의 관점에서 본 자동화

- **이호영** 정보통신정책연구원 선임연구위원

주제발표 3 자연재난과 기술재난, 그리고 포항지진

- **이강근** 서울대학교 지구환경과학부 교수

주제발표 4 21세기 재난의 위기 대비와 대응

- **고상백** 연세대학교 원주의과대학 교수

주제발표 1

자연재난, 기술재난, 자연-기술 복합재난

홍 성 욱

서울대학교 과학학과 교수

자연재난, 기술재난, 자연-기술 복합재난

한국과학기술한림원 원탁토론회

2022. 6. 2.

홍성욱

서울대학교 과학학과 교수

순서

- 1) 재난 = 자연재난
- 2) 기술 재난(technological disaster)
- 3) 자연-기술 복합재난
- 4) 한국의 재난, 그리고 재난과 함께 살기

1) 재난=자연재난

재난disaster의 특성 (Quarantelli, 2000, p. 682)

- (1) 급작스러움
- (2) 일상을 심각하게 교란
- (3) 교란에 적응하기 위한 계획 없던 행동을 낳음
- (4) 기대하지 않았던 삶이 시작 됨
- (5) 사회적 가치에 위협을 가함



허리케인 카트리나로 폐허가 된 뉴올리언스 (2005)

재난disaster이란? (Perry 2007: 30여개 이상의 재난의 정의를 제공함)

- 고전적인 전통: an event concentrated in time and space, in which a society or one of its subdivisions undergoes physical harm and social disruption, such that all or some essential functions of the society or subdivision are impaired (Fritz 1961, 655).
- 재해Hazard 전통: a part of the environmental process that is of greater than expected frequency and magnitude and causes major human hardship with significant damage (Oliver 1980, p. 3).
- 사회과학적 전통: a social event arising out of a process that involves a socio-cultural system's failure to protect its population from external or internal vulnerability (Bates and Peacock, 1993, p. 13)
 - 재난을 재해의 결과로만 파악하지 않음. 자연적 원인과 사회가 어떻게 만나는지가 재난을 결정함
 - 규범과 가치의 사회구조, 특히 보호, 방위는 이런 규범과 가치의 사회구조가 결정
 - vulnerability(취약성)는 이런 사회구조가 만들어 냄. 즉 취약성이 사회적으로 구성됨.
- 어떤 정의를 따라도 재난은 인간 사회에 대한 것. Ex) 무인도의 소멸?

재난 충격disaster impact 모델

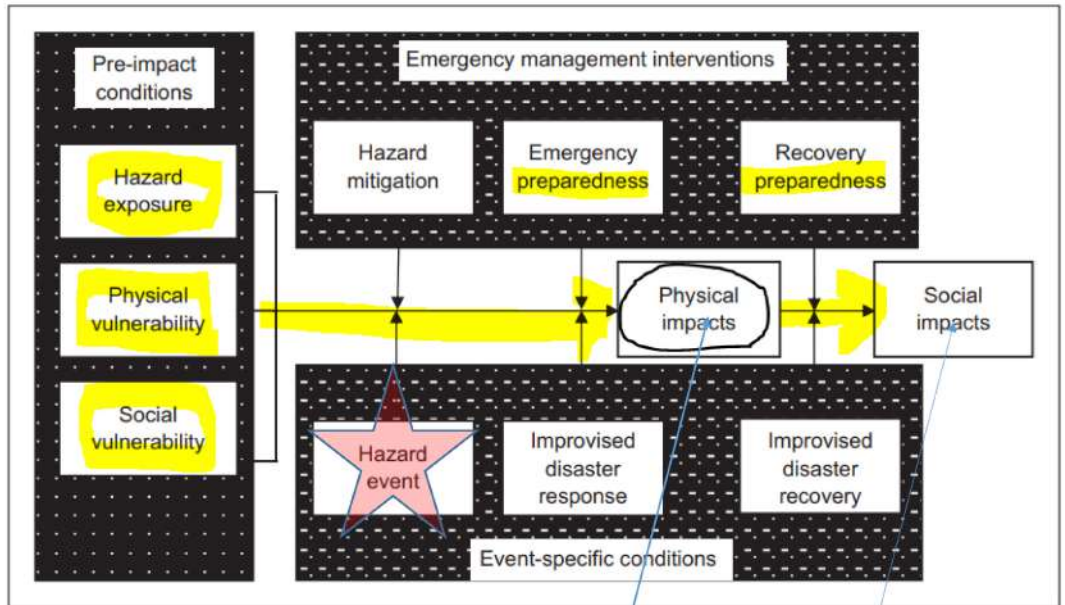
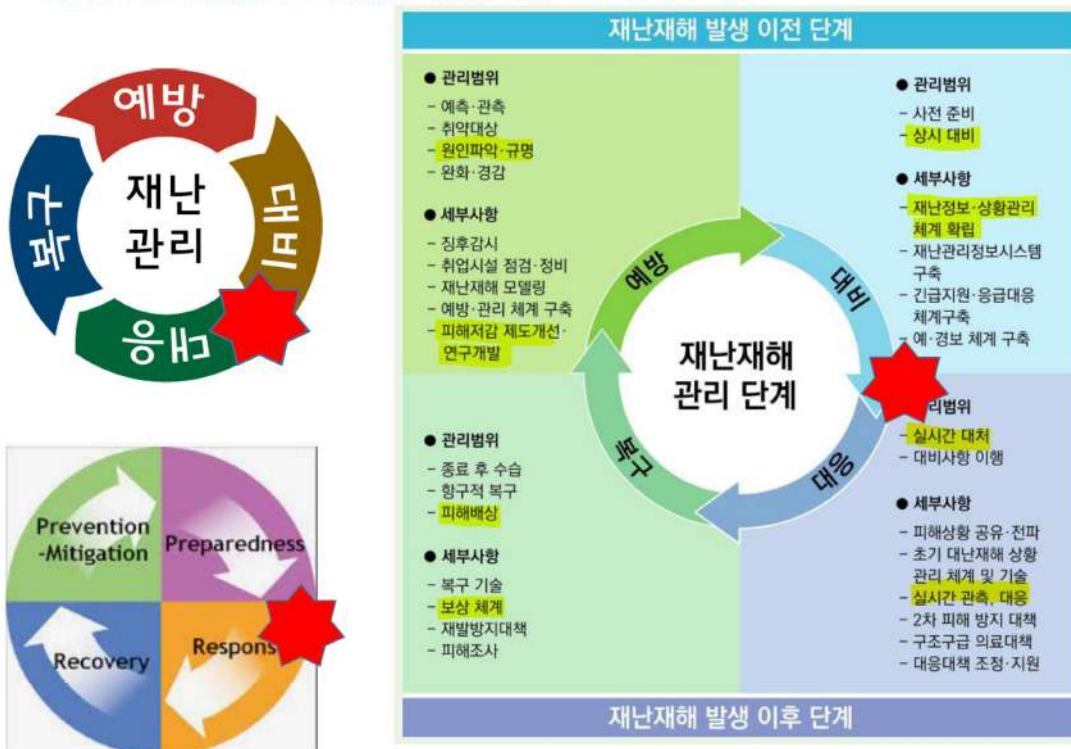


Figure 2. Disaster impact model.
Source: Adapted from Lindell and Prater (2003).

인명피해
재산피해

심리적 충격
인구 변동
정치적, 경제적 충격

재난 관리의 4단계 ← natural disaster에 주로 근거함



2. 기술재난

(한국) 안전관리기본법에서의 재난

"재난"이란 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 다음 각 목의 것을 말한다.

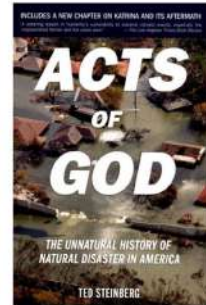
- 자연재난: 태풍, 홍수, 호우(호우), 강풍, 풍랑, 해일(해일), 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사(황사), 조류(조류) 대발생, 조수(조수), 화산활동, 소행성·유성체 등 자연우주 물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해
- 사회재난: 화재·붕괴·폭발·교통사고(항공사고 및 해상사고를 포함한다)·화생방사고·환경오염사고 등으로 인하여 발생하는 **대통령령**으로 정하는 규모 이상의 피해와 국가핵심기반의 마비, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른 감염병 또는 「가축전염병예방법」에 따른 가축전염병의 확산, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 따른 미세먼지 등으로 인한 피해

(대통령령)

1. 국가 또는 지방자치단체 차원의 대처가 필요한 인명 또는 재산의 피해
2. 그 밖에 제1호의 피해에 준하는 것으로서 소방방재청장이 재난관리를 위하여 필요하다고 인정하는 피해

기술 재난 technological disaster

The simplest rule of thumb for categorizing disasters as natural or technological... has to do with the triggering event: if the triggering event could have taken place even if no humans were present... then the disaster is most appropriately seen as a 'natural' one. By contrast, if the triggering event was one that inherently required human action... then the disaster is most appropriately seen as technological (Freudenburg 1997, pp. 24–5)



자연 재난

기술 재난의 특징

갑작스러움

사람들에게 책임이 있음. 희생자는 책임이 있는 사람들에게 대한 적개심을 보임

공동체의 파괴, 갈등의 유발.

회복되는 데 오랜 시간이 걸림 (Picou, Marshall, & Gall, 2004).

언론의 지속적인 보도가 고통을 가중시킴 (Morris et al., 2013).

첫번째 기술 재난의 사례로 평가되는 재난



1972년 Coal Dam이 무너져 생긴 Buffalo Creek Disaster

처음에는 Acts of God으로 평가됨. 그렇지만 후속 조사는 댐 건설의 문제점과 human error가 결합해서 재난을 낳음이 밝혀짐

이후 Three Mile Island 원자력 발전소 사고가 일어남

인재(人災)인가 천재(天災)인가

1984년 망원동 유수지 독 붕괴 홍수 피해 사건
→ 5년간의 법정 공방 끝에 서울시의 책임으로 판결됨



당시 수재 상황과 망원동 유수지의 붕괴된 수문



기술 재난(인간이 만든 재난) 사례: 보팔 참사

- 1984년 12월 2~3일에 발생.
- 인도 보팔에서 미국의 다국적 기업인 유니언 카바이드의 현지 화학 공장에서 살충제 원료 아이소사이안화메틸(MIC) 유독가스가 40톤 누출
- 3,800명~25,000명의 주민이 사망. 가축 몰살. 토양 오염.
- 지금까지 건강 피해자는 수십 만명에 달하는 것으로 추산됨.



보팔의 유니언카바이드 공장 참사 전과 참사 후

1970년대 미국의 UCC는 인도에 자회사를 설립해서 보팔(인구 백만)에 공장 건설
인도의 지방 정부가 지분의 22%를 가짐
원래는 미국에서 생산된 원료로 살충제 제조 공장 → 이후 원료 제조 + 살충제 제조로 바뀜 : 전체적으로 공정이 더 위험해 짐
미국 West Virginia에 설립한 같은 공장에 비해서 안전 규칙이 덜 엄격하게 운영.
인도의 지방 정부는 안전 문제를 인지. 경제적 이해관계 때문에 강하게 요구 못함.

농사 흉년이 계속되고 농민들이 살충제 구입을 안 해서 수익이 떨어지자
1984년에 공장 매각을 시도. 매각이 안 되자 핵심 설비를 이송해서 다른 곳으로.
이런 상태에서 공장을 가동하고 있었음

1984년 12월 2일 밤 11시부터 MIC 저장 탱크의 압력 증가. 미세한 균열 감지.
MIC 가스 누출을 중화시키는 안전장치인 vent-gas scrubber는 3주 전에 작동 중단.
고장난 밸브의 작동으로 물이 탱크 안으로 흘러 들어가 개스와 혼합됨
탱크의 온도를 낮추는 냉각 장치는 다른 목적으로 사용하기 위해 이전에 이동
Gas flare safety system은 3개월 동안 작동되지 않고 있었고, 이날도 작동하지 않음
3일 새벽 1시에 40톤의 개스를 공기중에 방출. 공장 근처의 슬럼가에 퍼짐
병원이 4곳 있었지만 설비나 인력도 충분하지 않았음

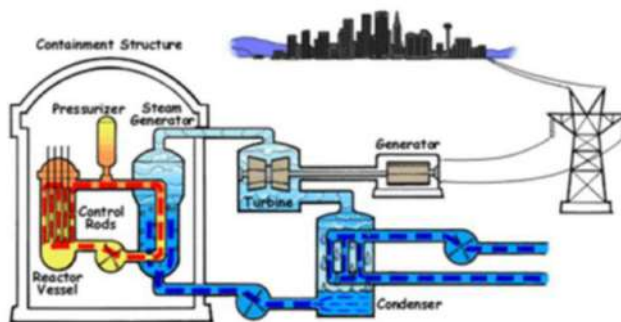
UCC는 모든 책임을 인도 자회사로 넘김.
이후 보상 소송에서 형사 책임 면제. 민사 보상금도 인도정부가 요구한 것의 1/7
인 5,000억원에서 합의. 이후 UCC는 다우케미컬에 합병. 지금도 정부와 민간 단체
가 다우케미컬에 추가 보상을 요구하고 있음.

탈리도마이드 참사 thalidomide disaster

- 서독의 그뤼넨탈사가 1950년대에 개발
- 진정제, 수면제로 개발. **동물 시험, 인간 대상의 임상 시험을 거침**. 동물 시험에서 사람에게 투여하는 용량의 몇 백배를 투여해도 부작용이 없음. 사람에게도 부작용이 적음.
- 단, **임신한 동물을 대상으로 시험을 하지는 않음**. (어떤 약은 동물의 새끼에 대한 영향을 시험했지만 이런 테스트가 일반적이지는 않았음). 1957년 시판됨.
- 임신부의 입덧 제거에 효과. 임신부에게 처방됨.
- 1950년대 말부터 사지가 짧은 기형아 출생. 독일과 유럽 전역에서 약 10,000명의 기형아 출생. 그 중 절반 사망. 탈리도마이드가 원인으로 지목됨.
- 1960년대 동물 실험에서 동물의 경우도 새끼에 기형을 유발한다는 것이 밝혀짐
- 유럽, 미국, 일본 등 거의 모든 나라에서 의약품 안전에 대한 새로운 규제가 만들어 짐



스리마일섬 원자력 발전소 사고 (Perrow 1984)



1979년 3월 28일 발생

원자로 노심이 용융되는 대형 사고

수소 폭발이 일어났지만 격납고가 튼튼해서 방사능이 외부로 유출되지 않음

원자력발전소가 안전하다는 믿음을 산산조각 낸 사고

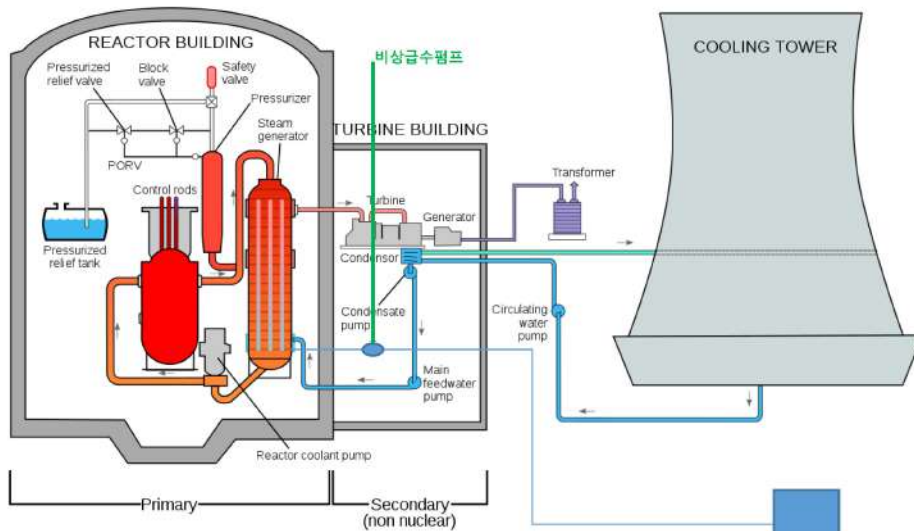
PWR 가압경수형(가압수형) 원자로: 물(경수 H₂O)을 감속재와 냉각재로 사용함

웨스팅하우스에서 원자력잠수함용으로 처음 개발

물에 높은 압력을 유지해서 물이 100도에서도 끓지 않게 함

1차 냉각 시스템과 2차 냉각 시스템이 분리

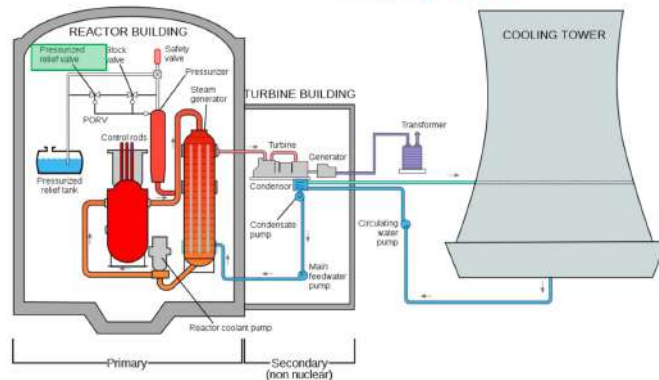
1차 냉각 시스템의 물은 방사능 오염. 2차 냉각 시스템은 방사능이 없음 → 터빈 작동



- 터빈으로 들어가는 수증기의 분순물을 제거하는 필터 고장
- 습기가 압축공기 시스템으로 들어감 → 펌프의 밸브 작동 → 주급수펌프 멈춤 → 터빈이 멈춤
- **비상급수펌프**가 자동으로 가동 → but, 이를 전의 점검 후에 밸브를 열어두는 것을 잊음 → 밸브가 잠겨 있었음 → 밸브 잠김 표시등이 가려져 있었음 → 펌프는 작동 중이라고 나오지만 냉각수는 유입이 안 됨 → 노심의 온도, 압력이 상승
- 원자로 긴급 정지 → 압력이 계속 올라감 → 자동으로 압력을 낮추는 압력 제어 밸브 열림

13초

- 원자로의 압력을 낮추기 위한 **압력제어밸브** 작동

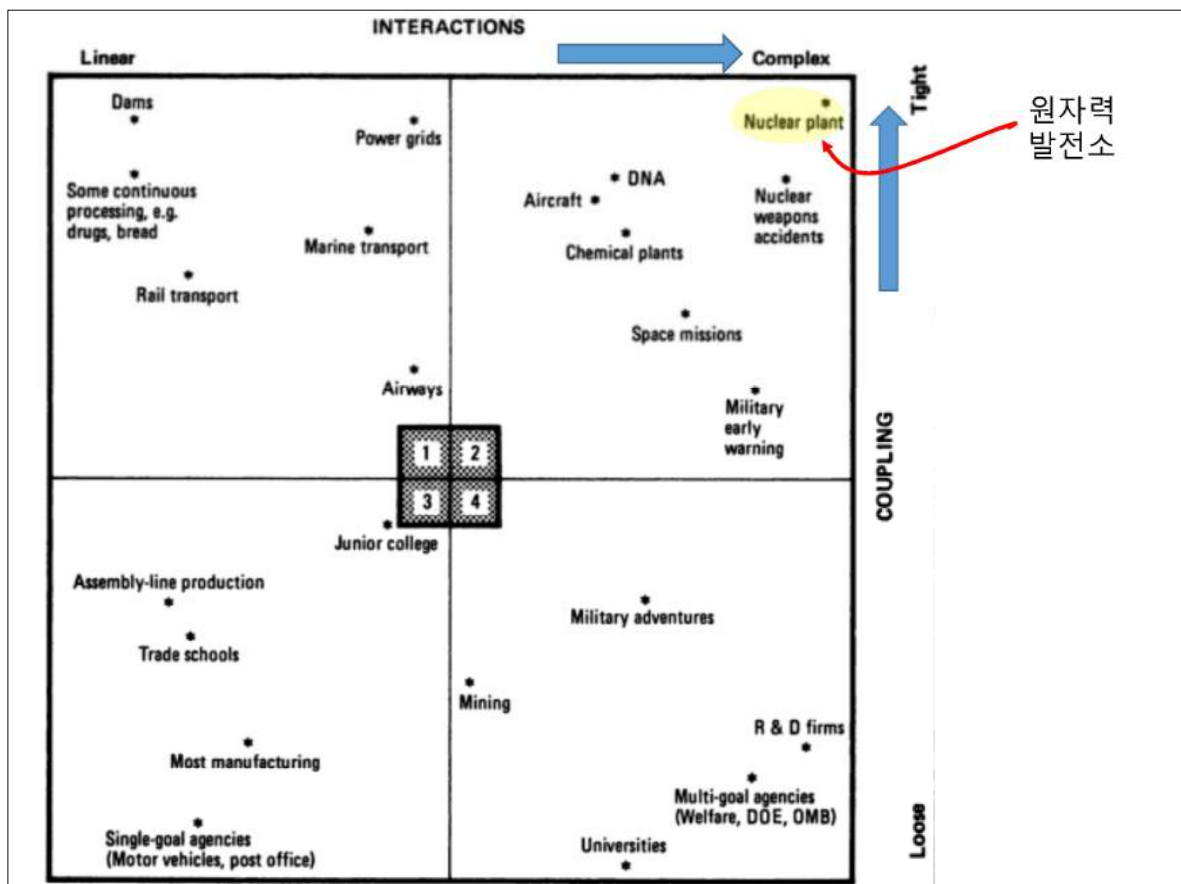
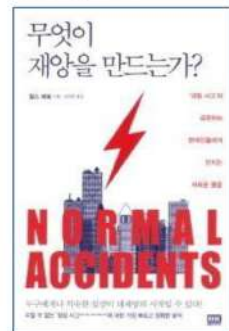


- 이 밸브는 잠깐 열렸다가 압력을 낮춘 뒤에 닫혀야 함. 그렇지만 닫히지 않음. 안전을 위해 설치된 계기판은 닫힘 신호를 받았다고 작동함. 운영자들은 밸브가 닫혔다고 생각. 2 시간 넘게 열린 밸브로 냉각수로 수증기가 빠져나감. → 노심 냉각 레벨이 떨어지고 온도 다시 상승
- 터빈에 문제가 생김 (2차 냉각시스템) ↔ 왜 노심의 온도가 올라가는가?
이 두 현상의 연관을 **이해하지 못함**. 1차, 2차 시스템은 **압력제어밸브**로 연결되어 있음. 압력제어밸브는 닫힌 것으로 나옴 → 파이프의 누수가 있다고 생각함
- 또 다른 자동안전장치인 **고압분사기**가 작동함 → 냉각수를 노심에 뿌림
- 너무 많이 뿌릴 경우에 압력제어기가 물에 잠김 → 이를 방지하기 위해 기술자가 고압 분사기를 끄 → 냉각수가 충분히 유입되지 못해서 노심의 온도가 계속 올라감 → 노심 용융 meltdown이 일어남.

기술 재난을 설명하는 이론 (1)

Charles Perrow(1984)의 Normal Accidents Theory

- Normal – 피할 수 없는 (inevitable)
- Three Miles Island Nuclear Accident에서 자극 + 다른 사례들
- 어떤 기술시스템의 부품들이 interactively complex하고 tightly coupled 되어 있으면 사고는 normal 필연적임
 - A system in which two or more discrete failures can interact in unexpected ways is described as interactively complex. (복잡한 시스템은 여재(餘材 redundant)부품들을 많이 가지고 있지만, 부품들이 interactively complex하다면 하나의 부품의 고장은 여재 부품을 고장 내서 정상 사고로 이어질 수 있음).
 - The sub-components of a tightly coupled system have prompt and major impacts on each other. (하나의 부품의 고장이 인접 부품을 신속하게 망가뜨려서 정확히 어디가 고장인지 모를 수 있기 때문에 사람의 개입이 상황을 악화시킬 수 있음)



기술재난을 설명하는 이론 (2)

D. Vayghan의 일탈의 정상화 normalization of deviance

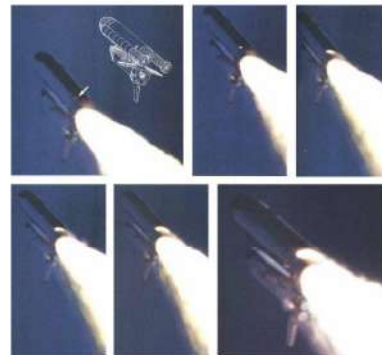
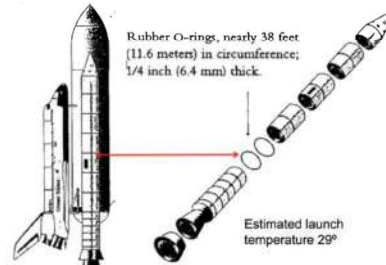
Space shuttle 챌린저호 폭발 참사:

1986년 1월 28일 ; 7명의 우주인 모두 사망;
TV로 생중계. 미국인의 관심이 매우 컸던
발사.

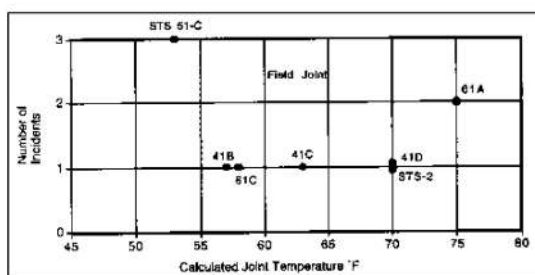
원인: 발사 당일 비정상적으로 낮은 온도에
서 로켓 부스터의 부품을 잇는 오링O-ring
의 부식이 일어남.

발사 전날 부스터를 제작한 Thiokol회사의
엔지니어-매니저, NASA의 엔지니어-매니
저 사이에 발사 여부를 놓고 격렬한 토론,
논쟁. 발사 연기를 주장한 소수 엔지니어.

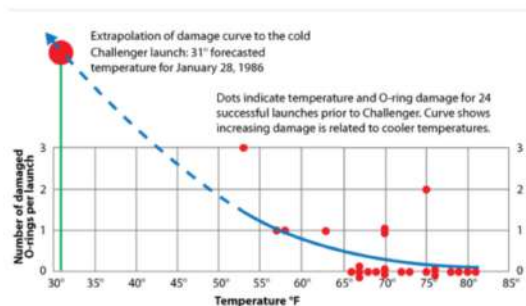
오링은 온도가 낮을 때 탄력을 잃는 게 알
려져 있었고, 오래 전부터 우주 왕복선의
안전을 위협하는 중요한 요소임을 인지하
고 있었음.



- 오링의 문제는 1978년부터 알려져 있었음
- 24번의 발사 중에서 7번의 경우에 오링의 부식이 발견됨
- 그렇지만 2개의 오링이 모두 부식된 경우는 없었음
- 하나가 부식되어도 다른 하나가 redundancy로서 연료의 유출을 막아준다고 가정함



24번 발사 중 오링에 사고 생긴 7번의 발사 시 온도
온도가 낮아져도 문제가 없다고 생각하게 된 근거.



사고 이후 한 통계학자는 사고가 안 난 경우까지 포함해서 통
계를 내면 발사 당일에 사고 확률이 매우 높에 나옴을 주장함.

사회학자 Diane Vaughan의 연구: 조사위원회가 인터뷰한 160명, NASA의 12만 쪽 자료 검토

- NASA의 고위층이 규칙을 어긴게 아니라 NASA의 규칙을 충실하게 따른 것임
- **일탈의 정상화**: 처음에는 일탈로 보이던 오링의 부식이 수용할만한 위험이 됨
- **산출의 문화**(culture of production): 발사 스케줄이 꼭 차 있는 상태에서 경비/스케줄/안전 사이에서 타협이 이루어지는 (안전을 희생하는) 일은 정상적인 과정이 됨
- **구조적 비밀주의**: 현장 엔지니어의 의견이 상부로 전달되면서 디테일이 사라지고, 중요한 부분이 축소됨.

3. 자연-기술 복합재난

1990년대 이후 natech disaster, techna disaster

Natech disaster: incidents where natural hazard events and disasters caused the release of hazardous materials (Showalter and Myers, 1994)

- 쓰나미가 유발한 후쿠시마 원전 참사

Techna disaster: economic and energy development activities trigger natural hazard events

- 2009년 오클라호마의 셰일오일 프래킹 공법:
 - ➔ 진도 3 이상의 지진을 연 2회에서 2,000회로
- 기후 위기
- 지열발전소가 촉발한(not 유발) 포항 지진

이런 natech disaster, techna disaster는 기존 자연재난 패러다임으로는 잘 설명되지도, 예방되지도, 회복되지도 않음.

허리케인 카트리나 Hurricane Katrina 참사 (2005. 8. 29)

1200명 사망. 뉴올리언스의 80%가 침수. 참사 후 뉴올리언스 인구가 50%로 줄어듦. 사망자, 이재민이 흑인, 특히 노인에 집중됨 (“재난 불평등”).

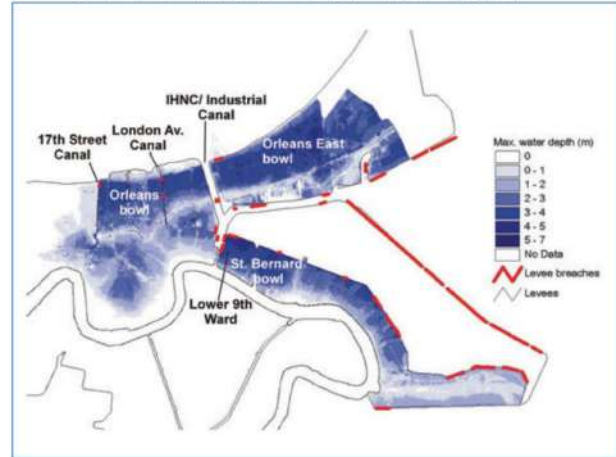
침수
후



침수
전



카트리나 태풍으로 인한 제방의 붕괴



카트리나 참사가 자연 재난인가 사람이 만든 재난인가?

"What started out as a natural disaster became a man-made disaster—a failure of government to look out for its own citizens." (오바마 대통령, 2015)

1965년 허리케인 벤티



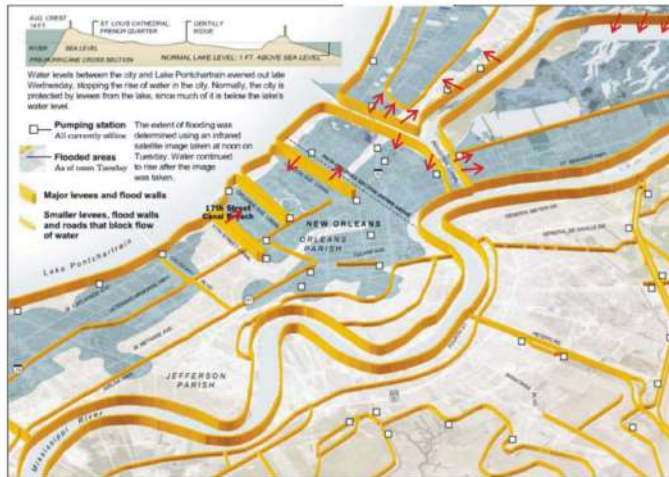
뉴올리언스는 해수면보다 낮은 위치. 구불구불한 미시시피 강을 끼고 있고, 태풍은 3년에 2번 꼴로 피해를 줌. 태풍은 바닷물을 강으로 유입해서 강물을 넘치게 함. 200년 전부터 미시시피 강 주변에 독을 보강하기 시작함.

1965년 허리케인 Betsy 피해 이후에 미국 공병대가 뉴올리언스에 인공 제방을 설치



1965년 태풍 이후에 공병대에 의해 건설된 뉴올리언스시의 인공 제방
1998년 태풍 이후에 다시 보강을 함

카트리나 태풍 이후에 조사에 의하면 태풍에 의한 직접적인 피해보다 도시의 침수와 인명피해를 가지고 온 가장 중요한 요인은 1965년 이후에 쌓은 인공 제방의 붕괴



17번 운하 근방의 집의 침수 수위

특히 17th Street Canal의 제방 붕괴가 가장 심각하고 결정적이었음.

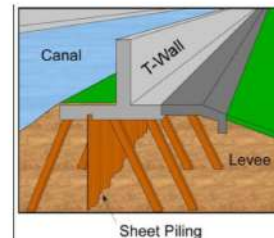
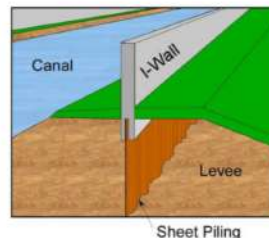
- 뉴올리언즈의 가장 중요한 수로
- 널말뚝을 I-wall 형태로 박음

- 제방에 박은 널말뚝(sheet pile)은 원래 디자인대로 17피트를 박았음
- 나중에 조사를 해 보니 이것이 운하의 깊이만큼 깊은 것이 아니었음
- 또 공병 엔지니어들이 1980년대 널말뚝 부하 시험을 잘못 해석했음. 제대로 박으면 31~46 feet 를 박았어야 함.

결과적으로 이런 오류가 제방의 붕괴를 가져 옴

참사 이후 I-wall을 T-wall로 바꿈.

연방법원은 카트리나 제방 붕괴가 공병대의 책임임을 판결함.



후쿠시마 다이이치 원자력 발전소 사고, 후쿠시마 참사 (2011)

체르노빌 참사 이후 최악의 원자력 참사

비등수형 원자로(沸騰水型 原子爐, Boiling Water Reactor, BWR) ← GE개발

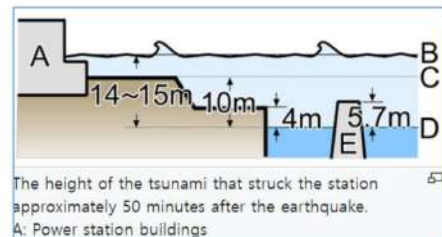
도호쿠 지방 해상에 진도 9.0의 지진 발생 → 송전탑 등 손실로 인해 원전에 들어오던 소외전원(offsite power)이 모두 중단(Station Black-Out, SBO), 원자로 일시 정지

원전 내부의 지하에 위치한 보조 발전기 가동, 전력 공급

지진 50분 뒤에 13~14m가 넘는 쓰나미 발생 → 보조발전기 침수 → 전력 공급 중단 → 냉각 시스템 붕괴 → 원자로 과열

1, 3, 4호기에서 수소 폭발, 1,2,3호기에서 노심용융이 발생.

도쿄 전력의 엔지니어들은 폭발 직전까지도 원전에서 수소 폭발이나 방사능 유출이 없을 것이라고 생각. ← 원전은 robust engineering의 가장 뚜렷한 사례라고 믿음. 원전이 robust하다는 믿음이 원전의 치명적인 참사를 낳은 결과로 됨. (Amir and Juraku 2014)



느린 재난 slow disaster (Knowles 2014a, 2014b)

역사학자 J. Tarr의 피츠버그 엔지니어에 대한 연구

- 19세기 말 도시의 물 문제를 해결하는 과정에서 하수 시스템을 만들
- 하수가 피츠버그 시민들이 먹는 상수원으로 흘러감
- 중산층 이상은 생수를 사 먹거나 물을 끓여 먹어서 괜찮았지만, 이민자나 노동자 계층이 장티푸스로 많이 사망. 다른 도시의 3배.
- 이 사망은 수 십 년에 걸쳐서 일어남 → slow disaster

Rob Nixon의 "slow violence"의 개념 - 순간적인 폭력이 아니라 느린 폭력
독극물, 전쟁에 의한 환경 오염이나 기후 변화에 의해서 가해지는 폭력

느린 재난 개념도 느린 폭력 개념과 크게 다르지 않음: 유해 환경, 독극물
후쿠시마, 보팔 참사 같은 fast disaster vs slow disaster

Slow disaster : 우리가 받아들일만한 위험acceptable risk이라고 부르는 것과 관련
Slow infrastructural disaster: 건물, 도로, 교량, 전력선 등의 노후에 기인한 재난
이를 개선하는 데 예산이 필요함 vs 사고를 막는 데 필요한 예산

Leaks, leachates(침출수), chronic exposures, decaying infrastructure, ocean acidification, and climate change are slow disasters. Their harms are amorphous and do not register easily within regulatory metrics. Their scales are too large or too small to observe directly. They are not readily manifested. (Liboiron et al. 2018)

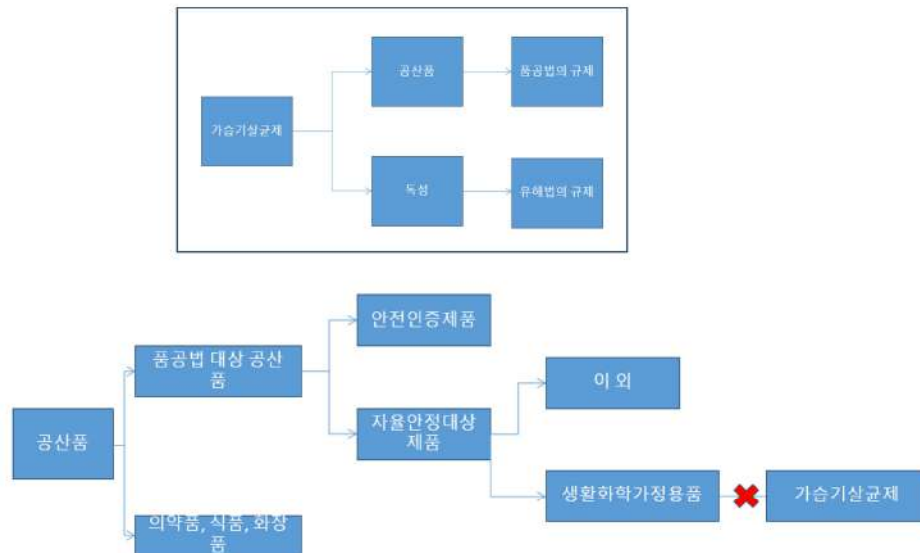
STS의 관점에서 본 재난에 대한 이해 (Hilgartner 2007)

1. 발전한 근대 사회에서는 **자연재해가 아니라 사회기술적 재해만이 존재한다.**
2. 현 세상에서 질서 잡히고 통제 가능한 사회기술 시스템이라는 이상은 정치적 정당화에 결정적으로 중요하다.
3. 재난은 이런 질서 잡힌 시스템의 통제 가능한 이상을 근본적으로 교란하는 집단적 경험을 창출한다.
4. 정부 관료와 시민은 **질서를 확립**하는 것을 가장 우선순위에 두지만, 여기에는 통제를 회복하고 사람을 구하는 것만이 아니라 **담론적으로 질서를 회복**하는 것까지 포함한다.
5. **공공 조사는 재난을 안심할 수 있는 스토리라인에 포함시키려는 노력**에서 중요한 역할을 차지한다. 그렇지만 [스토리라인의] 이렇게 안심시키는 능력은 잠정적으로 문제의 소지가 있다. (추상적인 의미에서 스토리라인의 과정은 i) 위반 → ii) 분열 → iii) 위기 → iv) 구원 → (구원이 성공 여부에 따라서) v) 재통합 혹은 지속적 분열이라는 social drama(Turner 1974)의 구조를 따른다
6. **조사 과정은 재난에 대한 인과적, 도덕적 책임을 어떻게 프레임(frame) 할 것인가**를 통제하는 것을 놓고 경합하는 형태를 띤다.
7. 재난 이후의 갈등에서 가장 중요한 포석은 **조사 과정이 어떤 질문을 다룰 것인가, 그에 대한 증거는 무엇인가**에 대해서 영향을 미치는 것들이다.

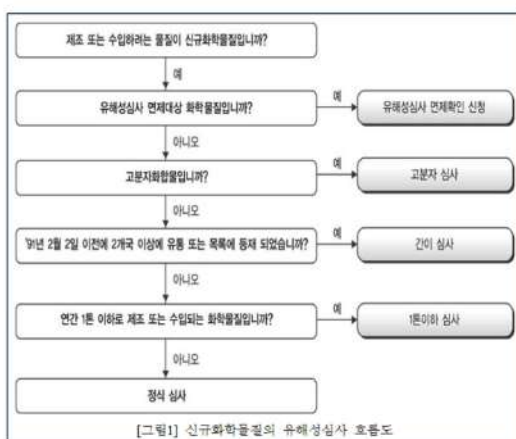
4) 한국의 재난, 그리고 재난과 함께 살기

가습기 살균제 참사

1990년대 중반부터 2011년까지 MIT/CMIT, PHMG, PGH가 원료인 가습기살균제 판매 이를 사용한 사람들이 폐질환으로 지금까지 1742명 사망 (정부 조사 집계)

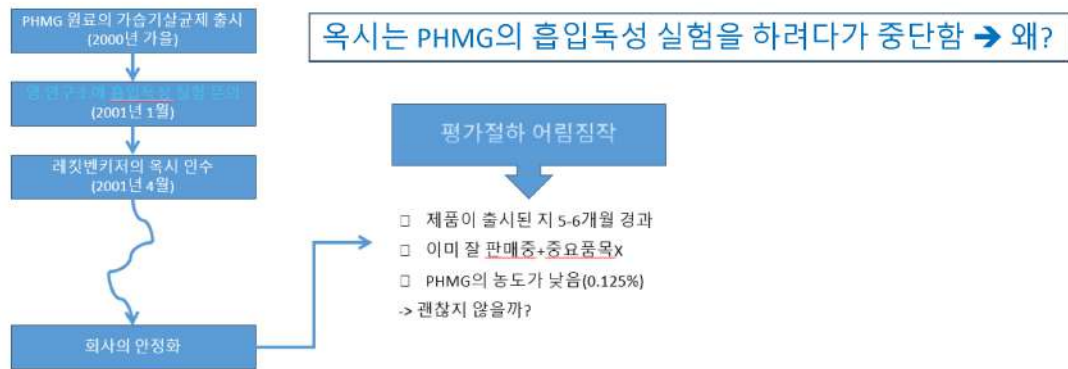


어떻게 이런 원료가 수입되거나
제조되어서 일상 생활의 흡입
제품으로 만들어질 수 있었나?



1. CMIT/MIT
 - 유공(이하 SK 케미칼)이 1994년 만든 첫 가습기살균제의 원료
 - 96년 유해법 시행시 기존화학물질에 해당해 유해성 심사 면제
 - 당초 PHMG, PGH에 비해 독성이 약하다고 평가했으나, 사망 사건 이후 현재 항소심 진행 중
2. PHMG
 - SK 케미칼이 '카펫 향균제'의 용도로 환경부에 심사 요청
 - 고분자화학물질에 해당->독성자료 면제
 - 옥시가 전혀 다른 용도인 가습기살균제의 원료로 사용
 - 가장 많은 사망자의 원인
3. PGH
 - 선플러스가 수입해서 '향균 보존제'의 용도로 환경부에 심사 요청
 - 고분자화학물질에 해당->독성자료 면제
 - 버터플라이팩트가 전혀 다른 용도인 가습기살균제의 원료로 사용

옥시의 “평가절하 어림짐작”과 칸막이 문화로 인한 부서 간 소통 부재



PHMG 사용 후 건강 관련 클레임이 들어 왔지만
회사 규정에 의해서 대표이사에게 전달되지 않고 정해진 답변으로 응대

고객을 상대하는 마케팅 부서와 규제 부서 사이의 소통이 없음
규제 부서와 연구소 사이에도 소통이 부재했음

정부가 가습기 살균제의 위해를 파악할 수 있었던 기회도 있었음.
그런데 관료제의 소통의 문제가 이를 어렵게 함.

가습기살균제의 원료는 환경부, 제품은 산자부 소관
-두 조직 사이는 협력보단 견제 위주
-환경부는 물질만, 산자부는 제품만 관리
-> 문제가 생길 시 발뻘하기 쉬운 구조

가습기살균제는 유해법에도, 품공법에도 걸리지 않는 “괴물”
-관련 문의는 여러 부서를 돌다가 애매하게 마무리

2000년 환경부의 용역 보고서
-용도변경 시 위해성 재평가 지적
-알 수 없는 이유로 무산

2005년 환경부의 용역 보고서
-PHMG, MIT의 위해성 경고
->환경부의 ‘화학제품위해성평가단’ 구성 제시
->산자부의 거절(위해물질과 제품에 대한 **각자의 역할 분담이 필요하다**)

세월호 참사

2014년 3월 16일. 맹골수도에서 인천--> 제주로 가던 세월호 침몰.
304명이 사망 (이 중 단원고 학생이 246명)

무리한 증축으로 인한 나쁜 복원성

+ 평형수를 빼고 화물을 실음

+ 고박 불량

+ 기기 고장, 전타 효과 발생

+ 화물 밀림, 급경사 발생

+ 수밀문 개방 상태

+ 무책임한 선원

+ 구조 경험이 없는 해경



코로나19 팬데믹

재난으로서의 코로나19

- Ritchie and Gill (2021)은 코로나19를 disaster를 넘어선 catastrophe라고 평가
- 다른 기술 재난과 흡사한 점도 있고 다른 점도 있음
 - 취약성이 전지구적임 (체르노빌의 방사능)
 - 한 국가 내에서 “재난 불평등”이 확연하게 드러남
 - 미국의 경우, 빈민층, 유색인, 노인 등이 더 큰 사망률, 타격.
 - 이들은 건강상의 타격 + 경제적인 문제가 더해짐
 - 거리 두기가 공동체의 사회적 자본을 훼손한 경우 vs 어떤 공동체는 타인에 대한 염려를 더 적극적으로 표현함
 - 이런 차이는 기존의 사회적 자본의 상태에 의해서 많이 좌우됨
 - 감염, 전파, 예방 등에서 편차가 큰 불확실성이 존재 → 다른 기술 재난과 마찬가지로 개인의 무력감을 더 증폭함

resilience (회복탄력성, 복원력) (박진희 2015)

- 원래는 생태학의 생태 시스템에서 정의됨 (ex. 어장의 회복탄력성)
- 홀링은 생태 시스템에서 "회복탄력성을 한 시스템 내에 존재하는 연관들의 지속성을 결정하며 이들 시스템이 상태 변수, 추동 변수와 시스템 요소들에서 나타나는 변화를 흡수하여 시스템을 유지할 수 있는 능력의 척도"라는 시스템의 속성으로 정의하였다(Holling, 1973)
- 사회 생태 시스템으로 확장
- 회복탄력성은 "외부 교란을 흡수하고 기본적으로 동일한 기능, 구조와 피드백 따라서 정체성을 유지할 수 있도록 변화가 일어나는 동안 스스로를 재조직화할 수 있는 능력, 동일한 정체성을 유지하기 위해 변할 수 있는 능력"을 의미(Folke et.al., 2010).
- 재난에서의 회복탄력성: "회복탄력성은 재난 대응을 하는 주체들(개인, 조직, 지역 사회, 지방정부, 중앙정부 등)이 재난에 의해 붕괴를 막는 시스템과 재난이 발생했을 때의 쇼크와 스트레스로부터 회복하는 역량, 그리고 붕괴한 재난의 경험으로부터 배우고 성장하는 역량으로 정의"(Rodin, 2015, p.3)

회복탄력성의 구성 요소들

- 1) **견고성(Robustness)**: 교란이나 위기를 흡수하고 이를 견뎌낼 수 있는 능력; 시스템의 내재적 강도로 외부 충격을 받고도 시스템의 정체성을 유지할 수 있는 능력
 - 2) **대체성/예비 능력(Redundancy)**: 재난 사고가 발생했을 때 핵심 기능을 유지할 수 있도록 여분의 설비 혹은 조직, 백업 시스템을 갖추고 있는 것
 - 3) **융통성(Resourcefulness)**: 개인이나 조직이 위기 상황에서 기존의 국가 혹은 지방 정부 기능들이 마비되거나 정상적으로 작동하지 못할 때 목적 달성이나 기능 수행을 위한 대체 수단을 빠르게 찾을 수 있는 역량
 - 4) **신속성(Rapidity)**: 유사시 기능 손실을 최소화하고 최악의 시스템 붕괴를 막기 위해 최단시간 안에 대응할 수 있는 역량을 의미하며, 충격으로 인한 기능 저하로부터 원상을 회복하는 순간까지 특정 시점에 발현되는 시스템의 속성
- 이런 특성은 물리적이고 기술적인 측면만이 아니라, 사회적이고 문화적, 정치적 차원도 포함함. 의사결정의 분산화, 소통 네트워크의 대체성과 신속성 강화, 수평적인 연계 강화 등.
 - 생태 시민권 같은 시민들의 참여는 회복탄력성을 높이는 데 기여함(박진희 2015)

공동체 중심의 재난 대응

허리케인 카트리나의 사례 (레베카 솔닛 2014, 이영희 2014)

- 정부기관: 재난 복구과정에서 관료주의적 절차를 고수하느라 제대로 지원을 하지 못함
- 전국의 자원자들: 집안의 쓰레기를 비우고, 음식을 챙기고, 상담하고, 의료를 제공함 → 다시 사람들이 살 수 있는 도시를 재건하기 위해 헌신.
- 이런 소규모 조직이 더 신속하고 즉각적으로 대응.

정부는 저소득층이 살던 저지대 지역을 없애려고 함
시민단체는 이를 저지. 재건하도록 예산을 할당하게 함

- 통상적인 인식: 재난은 사회적 무질서 → 폭동, 약탈, 강간 등의 반사회적 행위
- 실제로는 사람들의 회복력, 관용, 상호부조의 공동체를 즉석에서 꾸려가는 능력을 드러냄.

허베이스피리트호 기름유출 사건 (2007)

원유 15,000톤이 태안 앞바다에 유출 → 120만명의 자원봉사자들이 모여듬
2/3는 생태계 파괴 우려, 어민들의 어려움을 도와주기 위해서 자발적으로 참여

재난 대응: 시민과 공동체의 참여와 이타주의가 구현되는 장이 될 수 있음
→ 재난 시민권, 재난 시티즌십(disaster citizenship)

애도, 제식, 추모

Following disaster, when a fundamental sense of order and security can feel threatened, the potential value of such rituals in reestablishing feelings of control, belonging, and social solidarity within and beyond one's immediate community is understandable. (Eyre 2007)

- 시민들은 재난의 장소에 꽃을 두거나 보내고, 장소를 직접 방문해서 애도함.
- 삶이 연결되어 있듯이, 죽음도 연결되어 있다는 느낌.
- 시신의 수습: 시간이 오래 걸릴 수 있음. 그렇지만 수색-정보공유-시신 수습 과정은 유족들에게는 재난을 현실로 받아들이는 매우 중요한 과정. 살아 있던 사람이 시신이라는 대상이 되고 이를 수습하고 장례지내면서 다시 사람으로 확인되는 과정. 공동화 장이나 공동 매장은 바람직하지 않음.
- 종교: 애도에 중요한 역할을 함. 그렇지만 종교 차이로 갈등 발생 가능.
- 묵념: 재난이나 테러 공격 이후에 자주 사용됨. 이런 사건이 사회를 분열시키지 않았다는 징표. 그렇지만 동참 않는 사람들에게 강요의 성격도 가짐.
- 추모 이벤트: 재난이 발생하면 영국은 정부에서 추모 이벤트를 하는 것이 규정으로 제정(2003); 미국은 항공 재난 시 회사가 이런 추모 이벤트를 해야 함.
- 추모 주년: 사람들이 개인적인 경험을 공유하는 의미에서 중요함. "collective remembering"; 1주년 추모제가 가장 중요함.
- 추모 기념물 - 영구 추모: 재난 장소에 공원을 만들거나 조용한 성당에 추모석 제작 등.
- 기억하는 것은 회복하는 것: recovery requiring remembrance and mourning: "Restoring a sense of social community requires a public forum where victims can speak their truth and their suffering can be formally acknowledged" (Herman 1997)

애도, 추모 - 세월호의 사례

세월호를 추모하던 시민 모임(초기)

세월호를 기억하는 시민네트워크
침묵행동-가만히 있으라
검은티셔츠행동
세대행동(세월호와대한민국을위해행
동하는사람들)
데모당
시민원탁회의
노란손수건
동네촛불
416청와대행동기획단
세월호를 기억하는 미술인의 모임
세월호 게릴라 음악인
세월호를 기억하는 예술행동 (정원옥,
2014)

세월호참사시민기록위원회
세월호시민아카이브네트워크
세월호교실
4·16 세월호참사 가족협의회와
4월16일의약속국민연대(4·16연대)

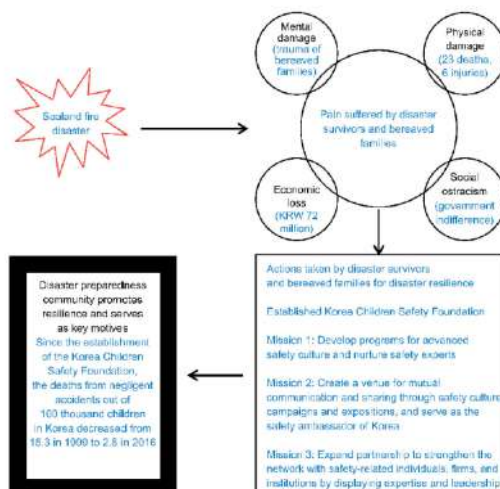
세월호 1주기 추모집회 : 2015년 4월 16일부터 18일
까지, 세월호 유가족 및 각종 진보단체, 시민단체,
일반 시민 등등이 참여한 참사 1주기 관련 집회가
연이어 열렸다. 경찰측은 대규모의 인력 및 장비를
동원하여 이에 맞섰으며, 시위는 갈수록 격화되어
서 시위대와 경찰 양쪽에서 상당한 인적피해 및 재
산피해를 냈다.

7주기 선상 추모식에 해경은 참사 당시
총괄 지휘부가 탑승하여 희생자 구조
를 방관한 3009함을 배정했으며, 유가
족은 해당 선박의 승선을 거부했다. 7
년째 여전한 직업의식과 윤리가 배제
된 업무처리에 분노가 일렁인다. (남서
현 세월호 유가족)

더 안전한 사회 - 희생자와 유가족의 역할

재난 생존자나 희생자의 유가
족들 - 트라우마, 위험과 재난
에 민감해 짐
→ 재난을 대비하는 여러 조치,
제도를 만드는 데 선구적 역할
(Kwon and Ryu, 2020)

- 씨랜드 화재 참사 유가족들
→ 한국어린이안전재단
- 대구지하철참사 유가족들
→ 2.18 안전문화재단



무엇을 할 것인가?

- 한국사회가 고도 기술 사회로 진화하면서 기술재난, natech disaster, techna disaster가 빈번해 짐
- 한국의 재난 대응은 자연재난 패러다임에 근거하고 있으며, 사회 재난도 성수대교붕괴, 삼풍백화점 붕괴 등 개발 패러다임의 문제점에 국한.
- 정상사고이론, 일탈의 정상화, 구조적 비밀주의, 느린 재난 등 기술재난 이론을 이용한 국내 사례 분석이 필요함.
- 기술재난 연구센터를 설립해서 기술재난 연구자 네트워크 활성화 필요.

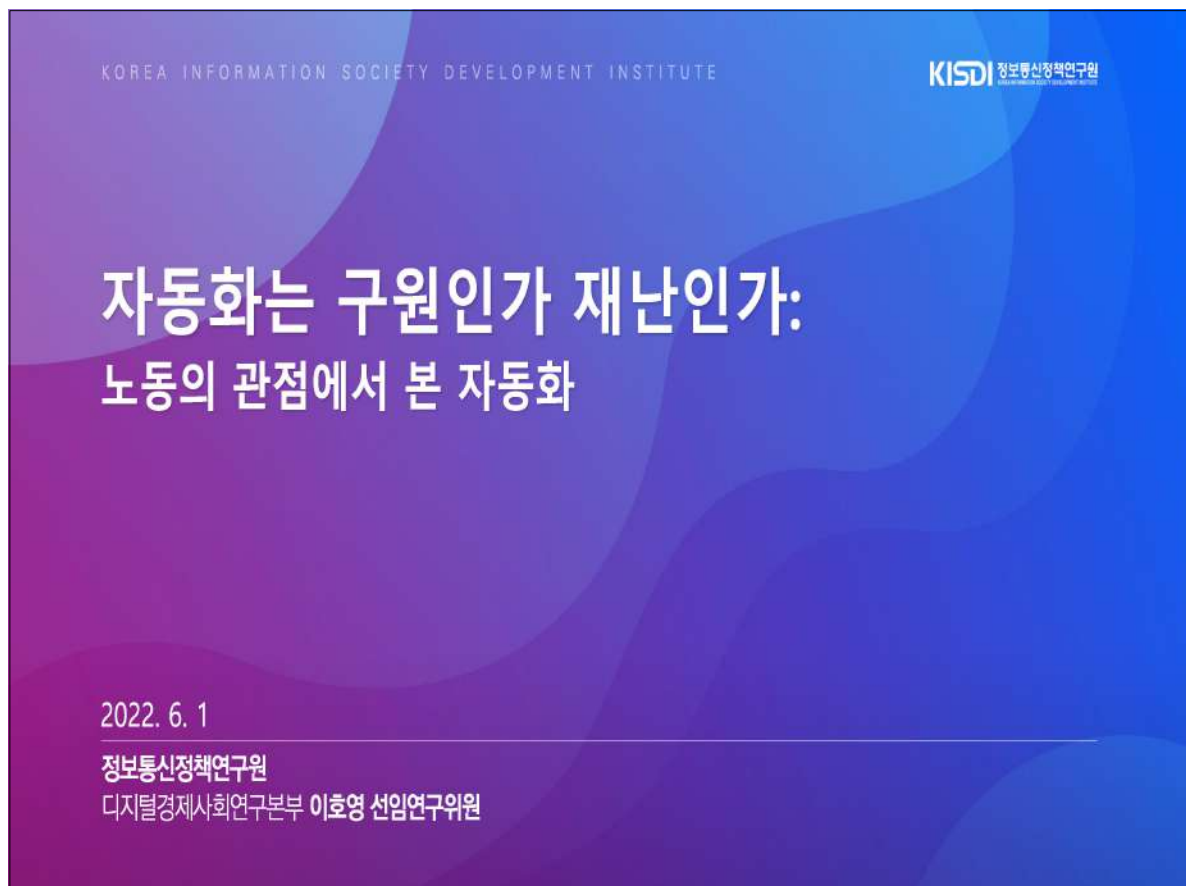
끝 – 감사합니다

주제발표 2

자동화는 구원인가 재난인가: 노동의 관점에서 본 자동화

이 호 영

정보통신정책연구원 선임연구위원



01

Boom or Doom: 자동화와 일자리

01 Boom or Doom

- 자동화는 재난인가: 근대 경제는 사실상 **자동화에 기반한 성장**
자동화는 상품과 서비스 비용을 낮추어 소비자의 후생에 기여



Futurism



FUTURISM | 3.24.16 by JELOR GALLEGO

New Report Predicts Over 100,000 Legal Jobs Will Be Lost To Automation

The loss may be offset, however, by the development of better-skilled and better-paid nonlegal roles handling the new technology.



01 Boom or Doom

THE GREAT DILEMMA OF U.S. LABOUR

Automation¹ Might End Most Unskilled Jobs In 10 Years

From A STAFF CORRESPONDENT in New York

IN America today, when management and labour meet to plan their joint future, the time-honoured causes for haggling — strikes and shut-outs and increased wages — are likely to be settled amicably and in a hurry.

The union may be moderate in its wage demands and the company more willing to yield, for both are anxious to grapple with the complexities of automation, which are fast engulfing the nation's economy.

As the effects of automation become clearer and planning of many problems of yesterday, so unions. Already it is making the greatest impact on the industrial power between management and labour.

Although many unions are still immensely wealthy, each day there are compelling reminders that labour's strength is on the downgrade and that a recent survey of 500 manufacturing plants shows that increased automation will displace about 125,000 factory workers next year. This procedure is effecting a drastic re-

training in the long-range thinking in the United States. One study group has estimated that 2,500,000 jobs will be lost to automation every year for the next decade merely to provide for new workers and those laid off by automation.

What may be the wave of the future for all labor? There is a general awareness of the man-machine problem and for modern collective bargaining and the use of the strike technique. The unions only have to understand, in their memory and in their treasury and in their welfare reserves—but their industry has become one of machines not of men.

Employment in the national economy has been one of the most serious problems in the history of the United States. The United States Senate has held some 200 hearings on the subject.



RETRAINING

The Sydney Morning Herald, 1961. 10. 12

<https://news.google.com/newspapers?nid=IL5f5cZgq8MC&dat=19611012&printsec=frontpage&hl=en>

Automation anxiety surged again in the late '50s and '60s, when President Kennedy ranked automation as the major domestic challenge of the time. (NYT/ February 15, 1962)

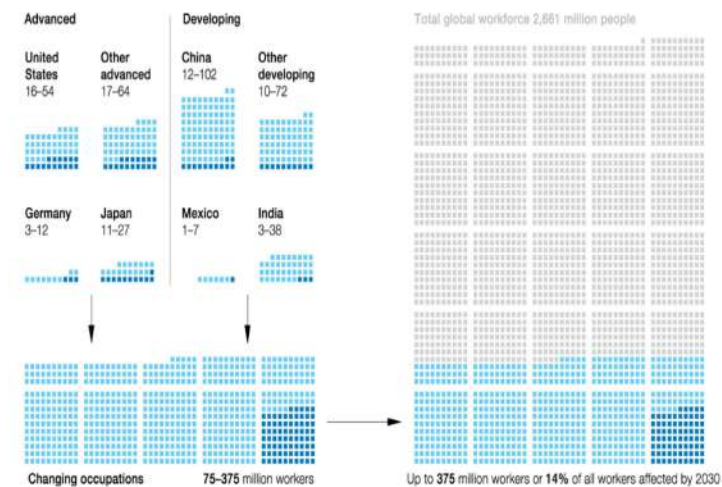
01 Boom or Doom

■ 자동화로 인해 우리 중 3.75억명이 2016-2030년 사이에 직업을 바꾸어야 한다

Globally, up to 375 million workers may need to switch occupational categories.

Number of workers needing to move out of current occupational category to go find work, 2016-30 (trendline scenario)¹

■ Midpoint automation ■ Additional from rapid automation adoption (each block = 1 million workers)



¹ Some occupational data projected into 2016 baseline from latest available 2014 data.

McKinsey&Company | Source: US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis

01 Boom or Doom

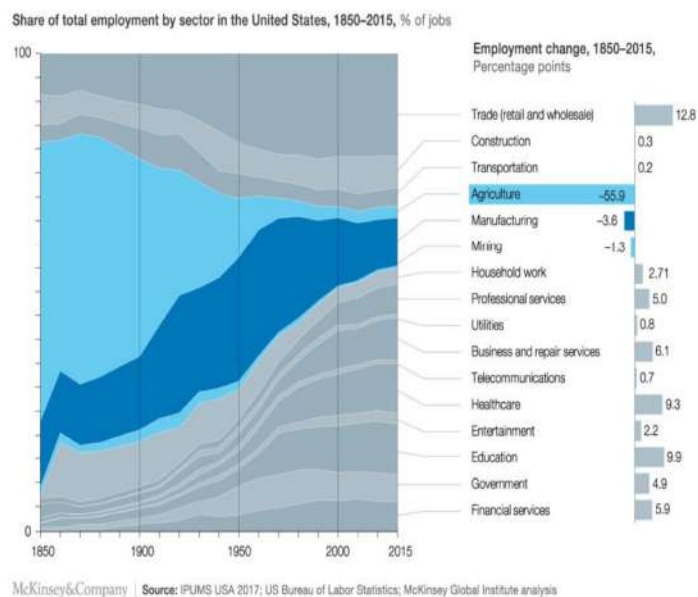
■ 하지만 기술과 실업은 별 관계가 없다

- '2, 3, 4차 산업혁명기'의 경험에 따르면 기술과 실업은 별관계가 없음
- 일자리 소멸 우려의 역사는 반복되었지만 결국 우려할 필요 없는 것으로 결론
 - 18~19세기 Luddites
 - 존슨 대통령 시절의 "기술 자동화 경제진보 블루리본 위원회(Blue-Ribbon National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress)"
- 케인즈의 예측과 오류: 인간육구, 수요 유한하다고 생각
- 기술진보와 성장하는 경제의 특성: 성장하는 경제에서는 수요를 창출하는 새 기업들이 등장하고 그러한 과정에 적응하지 못한 과거 기업은 소멸하는, 즉 본질적으로 생산효과가 지배하는 생태계

허재준(2017) [21세기 디지털 기술변동과 고용관계 - 한국노동연구원](#)

01 Boom or Doom

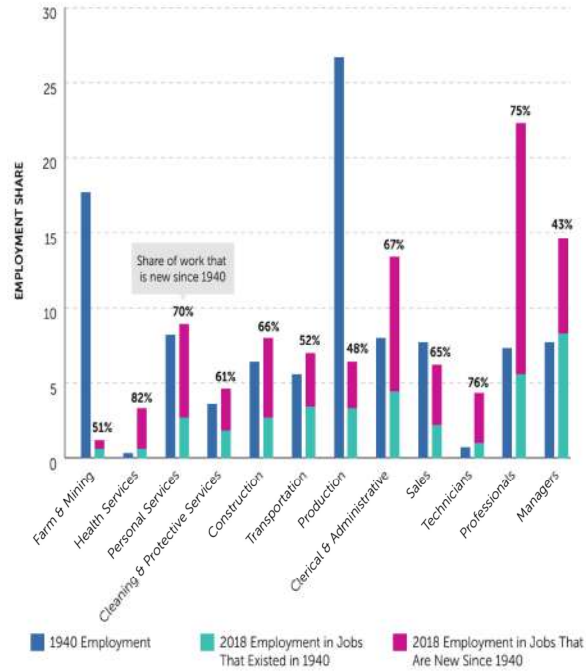
■ 역사는 기술이 많은 고용을 창출하고 Sector의 변화를 가져왔지만 동시에 새로운 일자리를 만들었다는 것을 보여준다



01 Boom or Doom

- 2018년의 일자리 중 60%는 1940년에는 존재하지 않았던 직업

Figure 2. More Than 60% of Jobs Done in 2018 Had Not Yet Been "Invented" in 1940



Notes: Comparing the Distribution of Employment in 1940 and 2018 Across Major Occupations; Distinguishing Job Categories Added Between 1940 and 2018 from Job Categories Present in 1940.
Source: Autor, Salomons, and Seegmiller, 2020.

02

자동화의 확장과 노동의 미래

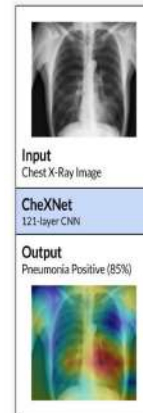
02 자동화의 확장과 노동의 미래

■ Computerization에 기반한 자동화

자동화는 상품과 서비스 비용을 낮추어 소비자의 후생에 기여

과거에는 단순반복적인 규칙기반 활동에 제한되었던 (인간 대비) 컴퓨터의 우위가 최근에는 비단순반복 임무에까지 확장됨

Data Analytics, Computer Vision, Computational Statistics and other sub-fields of AI 등의 덕택으로 광범위한 지식 노동도 잘 정의된 작업이 될 수 있었음



(Robert J. GORDON) 1870~1970년 백 년의 변화는 자동차, 비행기, 전기, 라디오, 영화, 항생제 등 인류사를 뒤바꾸는 파급력

최근 스마트폰, 자율주행차 등은 저 백 년 변화에 비하면 미미한 혁신

02 자동화의 확장과 노동의 미래

■ 디지털 전환의 주요 기술(ABCD, Artificial intelligence, Blockchain, Cloud computing, Data)을 활용한 자동화

제조, 생산뿐만 아니라 일반 서비스 분야에도 광범위하게 확산 중

자동화는 적층제조(additive manufacturing)나 로봇처럼 생산 현장에서 활용되는 것을 넘어서, 눈에 보이는 서비스(예: 챗봇, 서비스 로봇 등)와 눈에 보이지 않는 서비스(예: 리크루트 서류평가, 신용평가, 법률자문, 의료용 진단과 데이터 판독 등을 위한 인공지능 등)로 이미 확대되는 중.

5G/6G 기술은 기본적으로 전방위적 자동화 환경(예: 스마트공장, 스마트팜, 자율주행, 라스트마일 드론 배송 등)에서 발생하는 트래픽 처리를 염두에 두고 개발되거나 예정된 기술

02 자동화의 확장과 노동의 미래



Cognitive Tech에 의한 자동화

정의 로봇과 함께 Cognitive Tech가 생산의 자동화를 가속하여 인간의 노동이 자본으로 대체되고 업무를 수행하는 방식에까지 영향

이슈1

일이 업무 단위로 분절되며 업무 수행 및 협업 방식이 다변화하고 인적 종속성이 완화된 고용 형태가 증가

이슈2

자동화 기술은 단순 업무를 대체하고 숙련편향기술 발전을 유도하여 임금 불평등을 악화

이슈3

자동화 기술은 산업 간 노동의 이동을 가속화

자동화로 인한 일의 변화가 제기하는 2030 도전과 과제

도전 1 고용 없는 노동 시대

- 과제: 근로자성 재정의 및 노동시장 참여자 분류체계 정립

도전 2 가속화되는 임금 양극화

- 과제: 임금양극화 해소와 중-저숙련 노동 업스킬링

도전 3 21세기 골드러쉬

- 과제: 구조적 실업자 구제와 지역균형 발전

중간숙련 일자리 감소 (유럽국가-OECD)

숙련수준별 일자리 비중변화(%): 고숙련(35%→43%), 중간숙련(42%→32%), 저숙련(24%→27%)

■ 1994-1996 ◆ 2016-2018

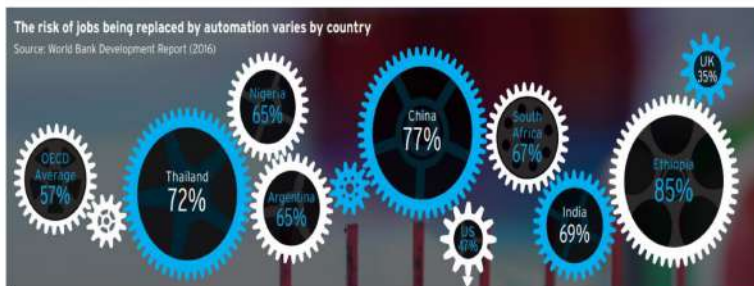


OECD Employment Outlook 2020

02 자동화의 확장과 노동의 미래

기술진보가 Routine하지 않은 직무까지 자동화

우선 저숙련-저임금 노동에 영향



Advances in technology are now making a broader range of non-routine tasks automatable, with computers mainly substituting for low-income low-skill workers over the next decades.

Building on Frey and Osborne's work showing 47% of the US workforce is at risk of automation as a result of these trends, recent data from the World Bank suggests the risks are higher in many other countries.

Although there has been convergence in adoption lags of technology between rich and poor countries, divergence in long-run penetration rates once technologies have been adopted, explain divergent income patterns between the Western and non-Western world since the Industrial Revolution.

A growing concern of 'premature industrialisation' in emerging and developing countries could require new growth models and a need to upskill workforces.

02 자동화의 확장과 노동의 미래

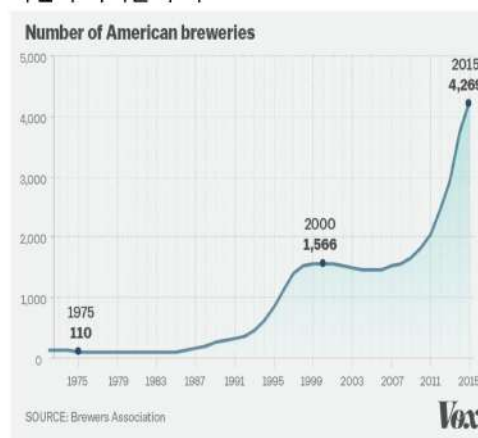
■ 일자리 수요의 증감

↗ Increasing demand		↘ Decreasing demand	
1	Data Analysts and Scientists	1	Data Entry Clerks
2	AI and Machine Learning Specialists	2	Administrative and Executive Secretaries
3	Big Data Specialists	3	Accounting, Bookkeeping and Payroll Clerks
4	Digital Marketing and Strategy Specialists	4	Accountants and Auditors
5	Process Automation Specialists	5	Assembly and Factory Workers
6	Business Development Professionals	6	Business Services and Administration Managers
7	Digital Transformation Specialists	7	Client Information and Customer Service Workers
8	Information Security Analysts	8	General and Operations Managers
9	Software and Applications Developers	9	Mechanics and Machinery Repairers
10	Internet of Things Specialists	10	Material-Recording and Stock-Keeping Clerks
11	Project Managers	11	Financial Analysts
12	Business Services and Administration Managers	12	Postal Service Clerks
13	Database and Network Professionals	13	Sales Rep., Wholesale and Manuf., Tech. and Sci.Products
14	Robotics Engineers	14	Relationship Managers
15	Strategic Advisors	15	Bank Tellers and Related Clerks
16	Management and Organization Analysts	16	Door-To-Door Sales, News and Street Vendors
17	FinTech Engineers	17	Electronics and Telecoms Installers and Repairers
18	Mechanics and Machinery Repairers	18	Human Resources Specialists
19	Organizational Development Specialists	19	Training and Development Specialists
20	Risk Management Specialists	20	Construction Laborers

Source
Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum.

02 자동화의 확장과 노동의 미래

서비스 산업에서는 인간의 노동 자체가 중요한 차별적 가치를 부여

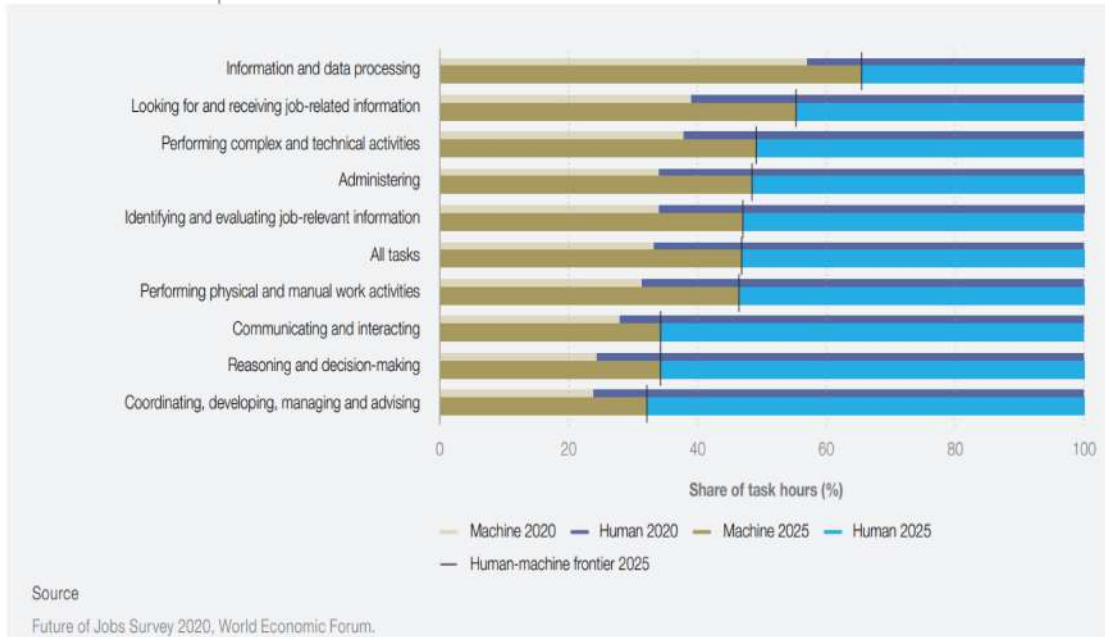


where greater automation is technologically feasible, but companies are using their lack of automation as a selling point

02 자동화의 확장과 노동의 미래

FIGURE 21

Share of tasks performed by humans vs machines, 2020 and 2025 (expected), by share of companies surveyed

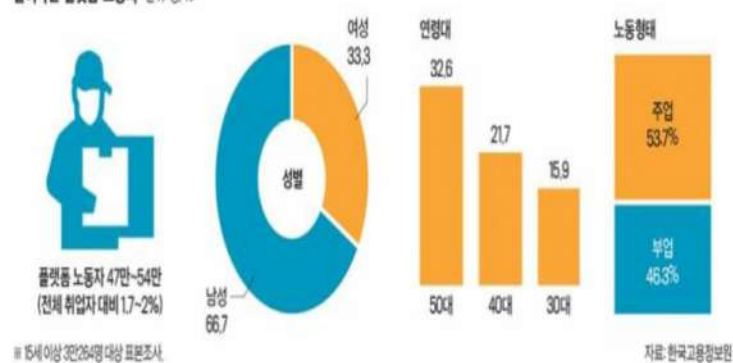


02 자동화의 확장과 노동의 미래

고용의 단위가 하나의 일자리에서 업무로 분절

WEF는 기업 내 중간관리자 이상 대상으로 Future of Jobs Survey 2020를 수행한 결과 전체 291명의 응답자 중 41.8%가 2025년까지 특정 업무 수행을 위해 개인을 고용하는 것이 아니라 '계약'을 통해 활용하는 비중이 증가할 것으로 전망

늘어나는 플랫폼 노동자 단위: 명, %



자료: 중앙시사매거진(2019. 8. 26.), <https://jmagazine.joins.com/economist/view/327138>



03 자동화와 불평등

▣ 과학기술의 발전에도 불구하고 왜 모든 사람이 행복해지지 않는가?

(Daniel COHEN) 과학기술의 발전이 일부 사람에게만 혜택을 주기 때문

과학기술은 인간의 노동생산성을 향상시키는 데 상당한 시간을 필요로 하며 소수의 생산성만을 향상시킴

새로운 과학기술의 독점은 기술의 적용 범위가 클수록 더 많은 부를 차지할 수 있게 함

▣ 과학기술의 발전에도 불구하고 세계 경제는 왜 침체기에서 벗어나지 못하는가?

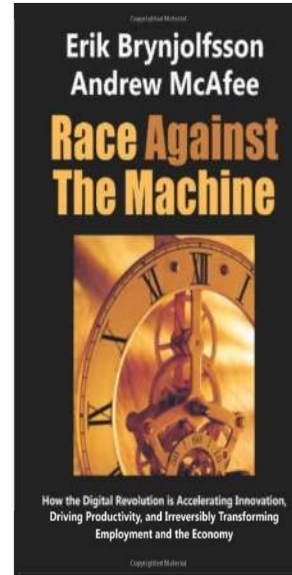
(Robert J. GORDON) 1870~1970년 백 년의 변화는 자동차, 비행기, 전기, 라디오, 영화, 항생제 등 인류사를 뒤바꾸는 파급력

최근 스마트폰, 자율주행차 등은 저 백 년 변화에 비하면 미미한 혁신

03 자동화와 불평등

• 브린올프슨과 매카피는 디지털 기술이 경제를 이끄는 가장 중요한 동력이라고 말하면서 '기술진보의 가속화'가 일자리에 미치는 영향에 주목

- 특히 디지털 기술의 발전이 전체 경제의 파이를 키우는 데 공헌하는 것은 맞지만 그 혜택은 매우 소수의 사람들에게 돌아가고 있다고 말한다(브린올프슨 & 매카피, 2013).

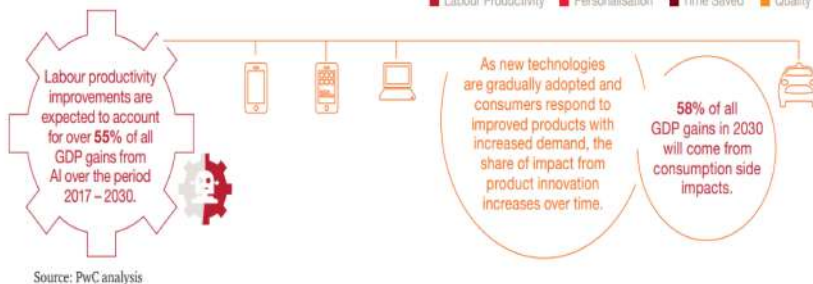
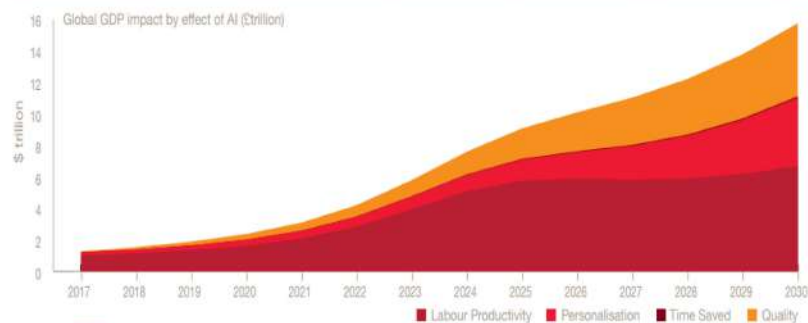


03 자동화와 불평등

■ GDP 성장

\$15.7 trillion
Game changer

Figure 1: Where will the value gains come from with AI?



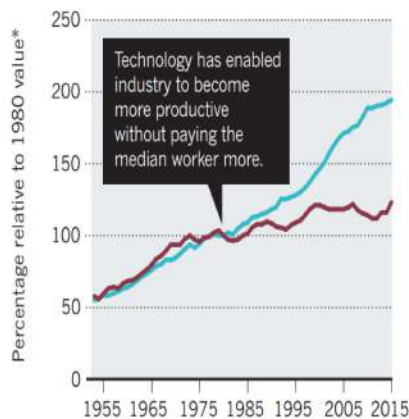
03 자동화와 불평등

JOB SHIFTS

For most people in the United States, incomes have stagnated (A) as the number and nature of jobs have changed over the past four decades (B).

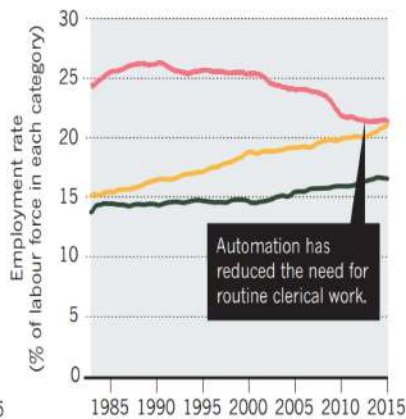
A Levels of productivity and median income

— Productivity (US\$ output per hour)
— Real median family income (US\$ earned per year)



B Employment type

— Clerical and sales — Professional — Service

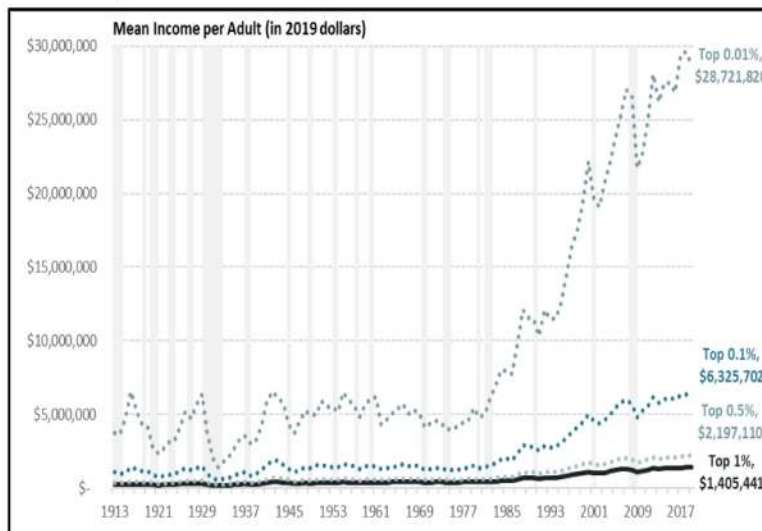


*In 1980, real median family income was \$57,600 a year and productivity was \$55 per hour.

Tom Mitchell & Erik Brynjolfsson, Track how technology is transforming work, Nature 2017.

03 자동화와 불평등

Figure 6. Mean Income per Adult, Select Percentiles, 1913-2019



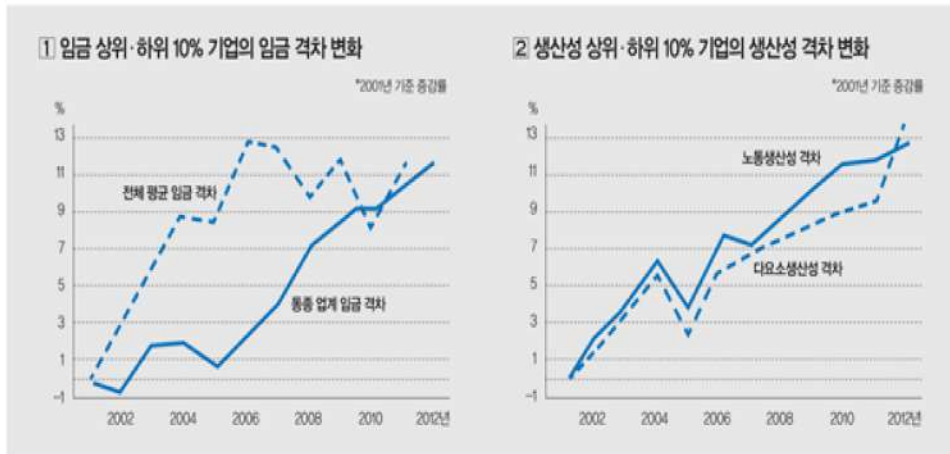
Source: Income data are from the World Inequality Database, accessed on January 12, 2021, <http://www.wid.world/>. Recession data are from NBER, at <http://www.nber.org/cycles.html>.

Notes: Income estimates describe pre-tax income and are based on a combination of sources, including U.S. administrative tax records, survey data, and national accounts. Periods of recession are shaded in gray. Data are in 2019 dollars. Income groups presented in this figures are not mutually exclusive. Instead, each income group includes data for all higher-level groups; for example the top 1% also includes data for the top 0.5%, top 0.1%, and top 0.01% and the top 0.5% also includes the top 0.1% and top 0.01%.

- 승자독식 경제

03 자동화와 불평등

■ 임금 격차와 기업의 생산성



[Great Divergences: The growing dispersion of wages and productivity in OECD countries](#)

[시각] 상위 10% 기업, 임금과 생산성 월등 (economyinsight.co.kr)

03 자동화와 불평등

■ 자동화로 인한 양극화

Technological Change

기술변화는 노동의 성격을 변화시킴

농업 → 제조업 → 서비스업으로 주력 산업 변화

선진경제에서 반숙련 제조업 일자리 감소

➡ 소득분포의 양극화

IT의 발전은 **숙련편향적 노동수요**의 원인 - 하지만 이것이 고숙련직 임금이 영구적으로 상승할 것이라는 예측을 의미하지는 않음

노동자들은 스스로 이직, 교육훈련 등을 통해서 이러한 노동시장에 적응

Winner Takes All Industries: Network Effects

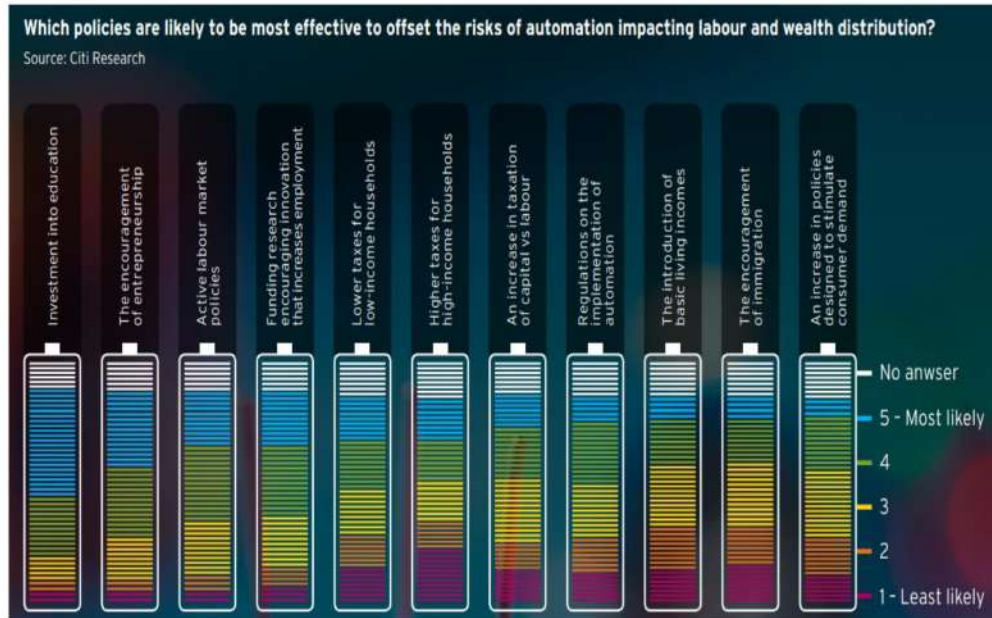
국경 없는 기술: 기술과 생산의 세계화

정보통신기술의 발달
아웃소싱과 오프쇼어링을 통한 생산기지 이전

03 자동화와 불평등

■ 노동과 부의 분배에 영향을 줄 수 있는 자동화 위험

위험을 상쇄할 가장 효율적 정책은? (CITI GPS, 2016)



03 자동화와 불평등

■ 튜링 트랩

강력한 AI는 인간 노동을 돕거나 증대시키기보다 암묵적으로든 명시적으로든 완전히 자동화하려는 노력에 가장 훌륭하고 명석한 많은 사람들을 끌어들었음

<https://www.amacad.org/publication/turing-trap-promise-peril-human-artificial-intelligence>

■ 인간과 기계 중 누구를 투입할 것인가? : 노동보다 자본에 적게 과세

미국에서 노동력은 지난 40년 동안 평균 약 25%의 세율로 과세되었지만 자본으로 분류되는 장비, 소프트웨어 및 건물과 같은 것들은 더 낮은 세율로 과세되며 이 세율은 최근 몇 년 동안 꾸준히 하락

고용주는 근로자가 받는 1달러당 25센트의 세금을 추가로 지불해야 하므로 인건비 부담이 25% 더 높아짐 반면, 소프트웨어와 장비에 대한 평균 세율은 1990년대 약 15%에서 2000년대와 2010년대 일련의 세제 개혁 이후 약 5%로 하락

본질적으로 미국 세금 시스템은 기업이 기계를 구매하도록 장려하고 인력을 추가하지 않도록 함

<https://workofthefuture.mit.edu/research-post/taxes-automation-and-the-future-of-labor/>

03 자동화와 불평등

■ Automating Inequality

빅데이터 알고리즘이 어떻게 취약계층을 복지 사각지대로 내모는가에서 출발 **디지털 구빈원**

| Examples of algorithmic biases |

Bias in online ads.

- 흑인은 비슷한 배경을 가진 백인보다 고급리 신용카드 광고 등 차등 제시
- 아프리카계 미국인 이름을 검색하는 경우, 백인 이름을 검색할 때 보다 체포 기록 제공 서비스의 광고 노출 가능성이 높음

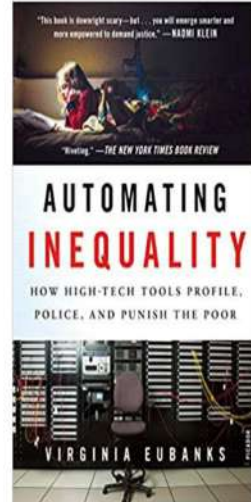


Bias in facial recognition tech.

- ImageNet은 미국에서 불균형한 이미지 데이터를 축적.
- 안면인식 소프트웨어가 백인 남성의 경우에는 99% 이상 정확도를 갖고 인식하는 반면, 어두운 색 피부를 가진 여성의 경우에는 한 소프트웨어는 20% 이상, 나머지 두 개 소프트웨어는 34% 이상이 해당 여성을 여성으로 인식 실패
- 확인 결과 각 안면인식 소프트웨어 학습데이터의 75% 이상이 남성이고 80% 이상이 백인

Zoo and Schiebinger (2018)

URL: <https://www.brookings.edu/research/algorithmic-bias-detection-and-mitigation-best-practices-and-policies-to-reduce-consumer-harms/>



2

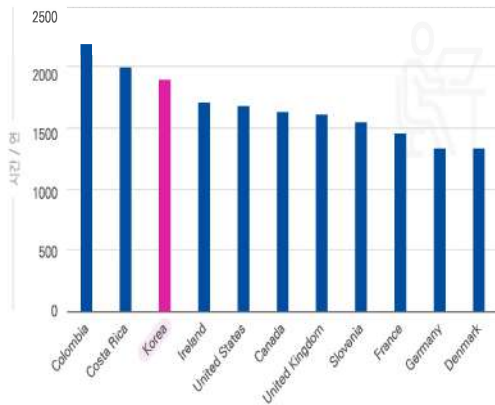
04

과학기술 기반 공동번영사회

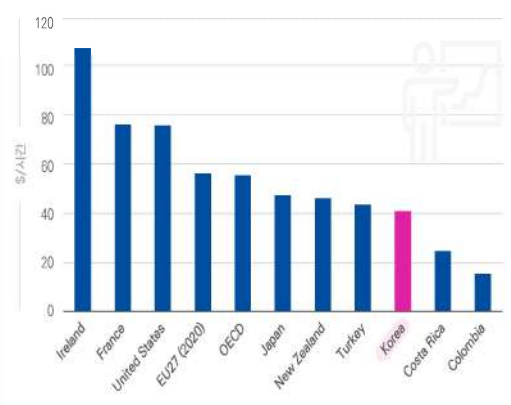
04 과학기술 기반 공동번영사회

- 선진 경제에 진입하고 있음에도 불구하고 지속적인 생산성 제고를 통해 장기적인 생활수준 향상을 도모할 필요

OECD 국가 연평균 노동시간 (2019)



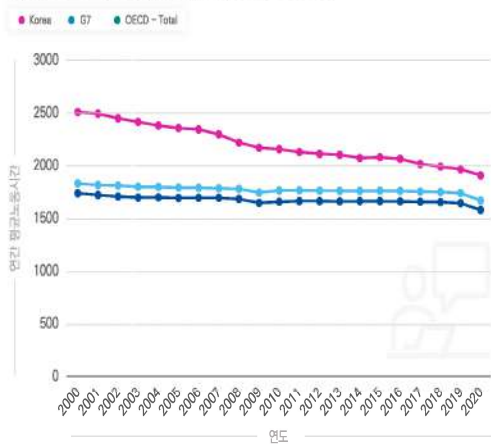
OECD 국가 노동생산성 비교 (2019)



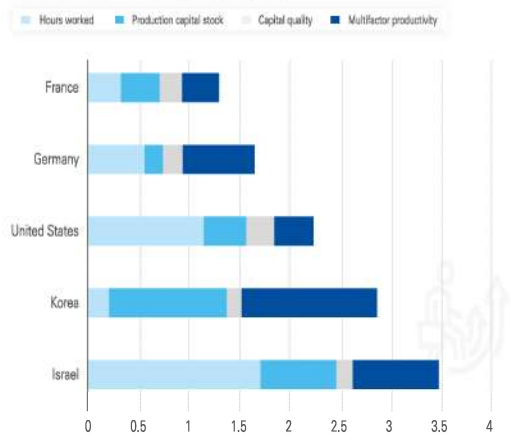
04 과학기술기반 공동번영사회

- 우리나라의 생산성 제고를 위해서는 투입 중심의 성장에서 기술 발전과 업무프로세스의 개선으로 이행할 필요
- 노동 시간 단축과 병행한 효율성 개선을 통한 성장 지속 필요

연간 평균 노동시간의 변화 (2000~2020)



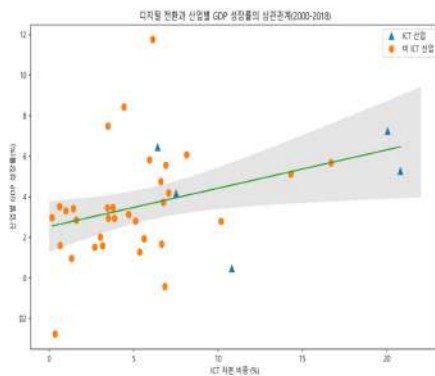
GDP 성장률 기여도 (2010~2019)



04 과학기술 기반 공동번영사회

- ICT를 비롯한 디지털 신기술을 집약적으로 활용한 산업이 지난 20년간 우리나라의 경제성장에 핵심적인 역할

디지털 전환과 산업별 GDP 성장률의 상관관계 (2010-2018)



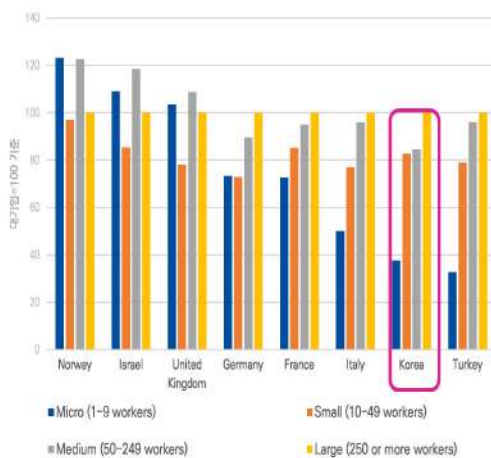
산업별 GDP 성장 기여도

	2010-2018 GDP성장기여도 (총 3.8%)	2018년 ICT 재무 중간투입률 (%)	2018년 ICT 서비스 중간투입률 (%)
13.[ICT]전자부품제조업	0.39%p	32.7	0.5
31.금융 및 보험업	0.29%p	1.6	13.4
33.전문, 과학 및 기술서비스업	0.28%p	9.6	16.9
32.부동산업	0.25%p	1.7	1.6
25.도매 및 소매업	0.24%p	2.9	7.6
37.보건 및 사회복지서비스업	0.22%p	5.1	1
35.공공행정, 국방 및 사회보장행정	0.21%p	3.4	8.3

04 과학기술 기반 공동번영사회

- ICT 기술의 보급과 확산을 통해 기업간 격차 완화와 성장률 제고에 기여

서비스 산업의 생산성 격차(2018)



ICT 신기술 활용 기업 비중: ICT산업 vs 비ICT산업



자료: 2017-2019 통계청 기업활동 조사

04 과학기술 기반 공동번영사회



Automation vs Augmentation

자동화와 증강이 모두 노동 생산성, 즉 노동 시간에 대한 부가가치 산출의 비율을 높일 수 있다
생산성이 증가함에 따라 평균 소득과 생활 수준도 증가하고 기후 변화와 빈곤에서 건강 관리 및 장수에 이르기까지 문제를 해결하는 능력도 증가

수학적으로, 주어진 산출물에 사용된 인간 노동이 0으로 감소하면 노동 생산성은 무한대로 증가

<https://www.amacad.org/publication/turing-trap-promise-peril-human-artificial-intelligence>

human-like artificial intelligence (HLAI)

2030 디지털 대전환 다시 설계하는 미래 34

04 과학기술 기반 공동번영사회

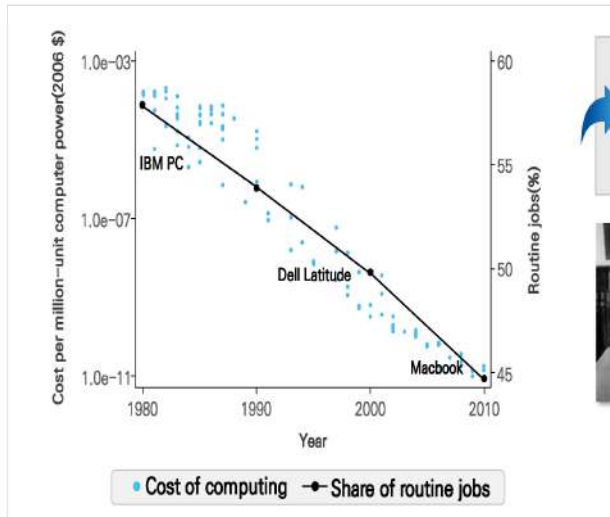


04 과학기술 기반 공동번영사회

■ 디지털 대전환은 기술과 산업에 국한되지 않는 사회적 차원의 이행

- 생산성 증대는 예를 들면 인공지능의 확산 및 대체에 대한 시민의 반응이 결합되어 결정되는 것

전산비용의 하락과 단순 반복업무의 소멸 1980~2010



“ 자동화에 따라
단순 반복 일자리의 고용이 줄어들지만
생산성이 증대되면 새로운 일거리나 업무가 생성

Daron Acemoglu

“ 컴퓨터화는 예상에 비해
노동에 암울한 역할을 하지 않음
폴라니의 역설 (Polanyi's paradox)

인공지능은 이 역설을 잠식

04 과학기술 기반 공동번영사회

■ 자동화가 사회적 재난이 되지 않으려면?

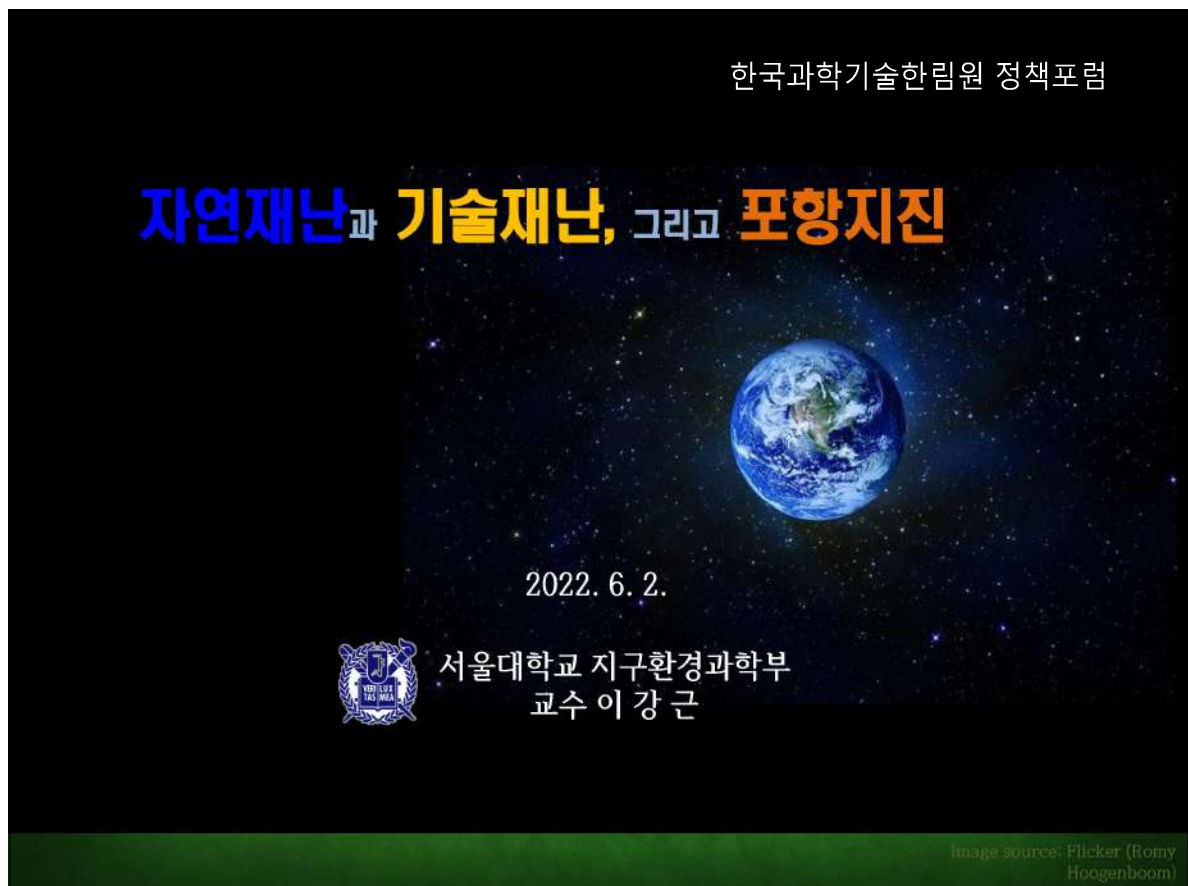
Acemoglu(2021), 'Redesigning AI'

자동화로 인한 이익을 어떻게 배분할 것인가

'공동번영(shared prosperity)'이라는 목표를 향한 과학기술 정책 필요

주제발표 3 자연재난과 기술재난, 그리고 포항지진

이 강 근
서울대학교 지구환경과학부 교수

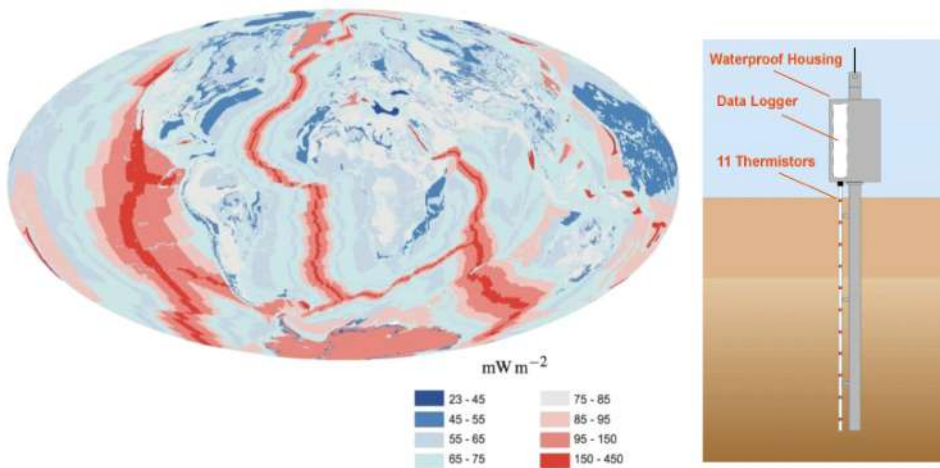


목 차

동적인 지구, 상존하는 자연재해

자연재해 예측과 대응, 한계 극복 노력

기술 적용으로 인한 자연 재해의 증폭과 재해 유발



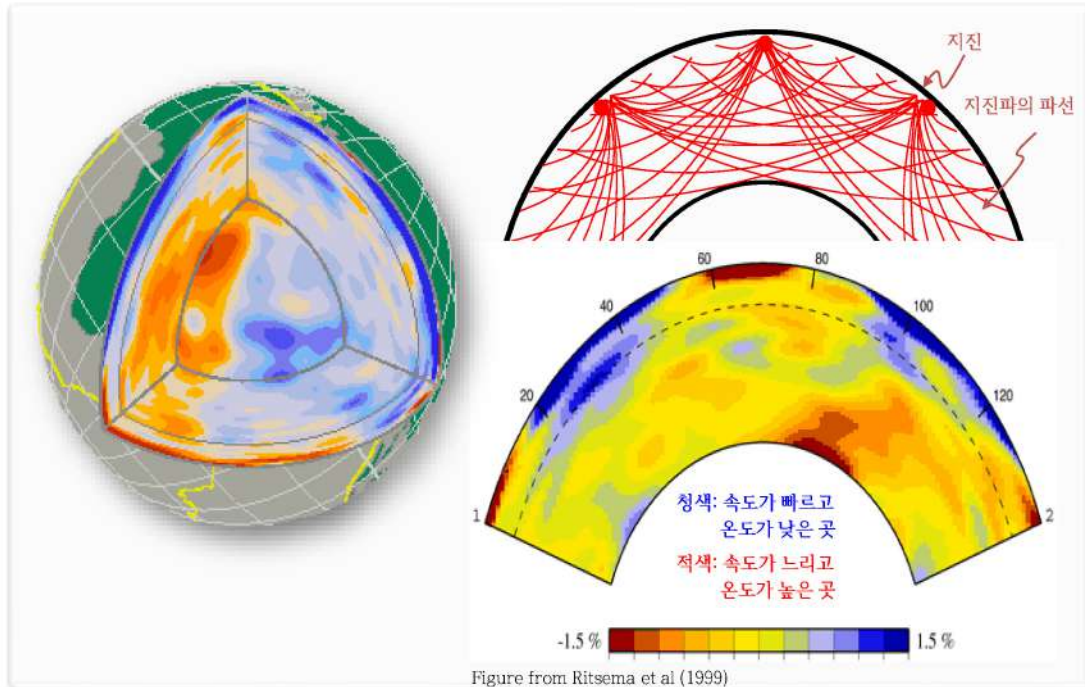
J. H. Davies and D. R. Davies - Davies, J. H., & Davies, D. R. (2010). Earth's surface heat flux. *Solid Earth*, 1(1), 5-24

지구내부 열원 = 지구내부의 방사성원소 + 지구생성초기의 열
지구 내부로부터 지표면으로 방출되는 열류량 $44\sim 47 \text{ TW } (\times 10^{12} \text{ W})$

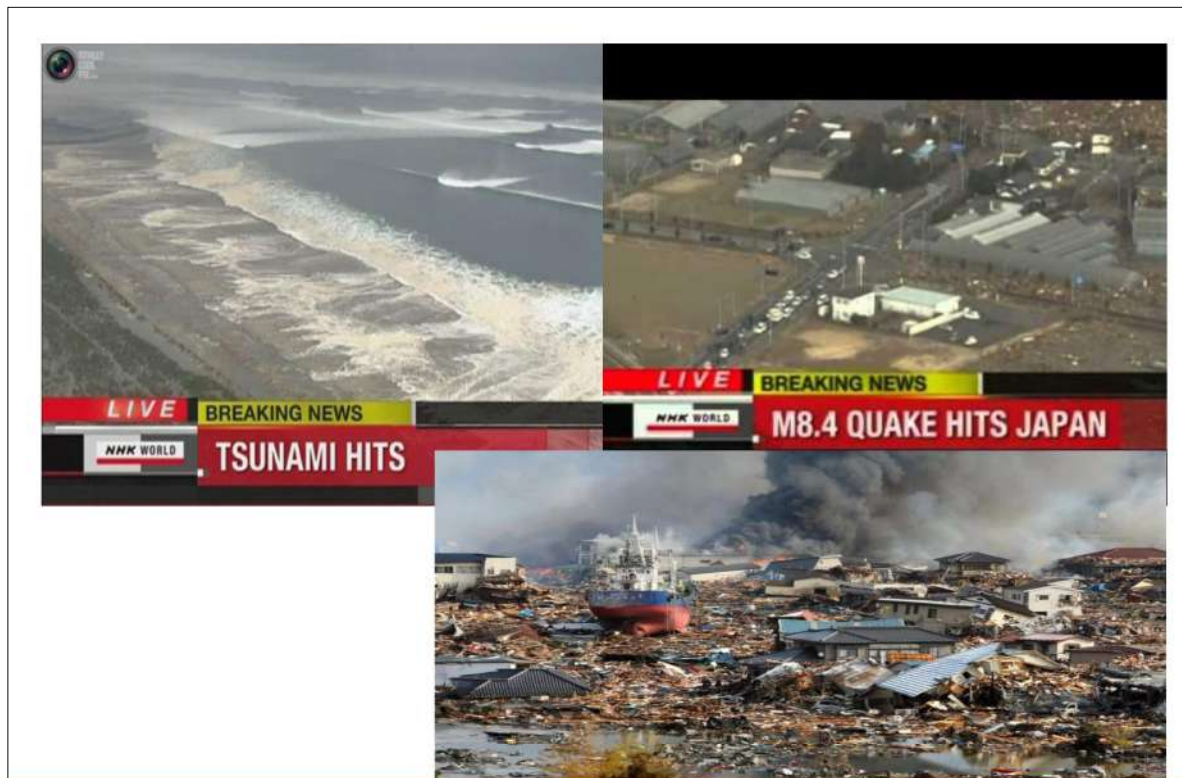
지구표면 에너지 budget 0.03% 내외에 불과하지만
지구 내부의 열점 생성과 맨틀 대류, 지각 변동의 에너지원

지구내부열에너지 : $\sim 10^{31} \text{ joules}$

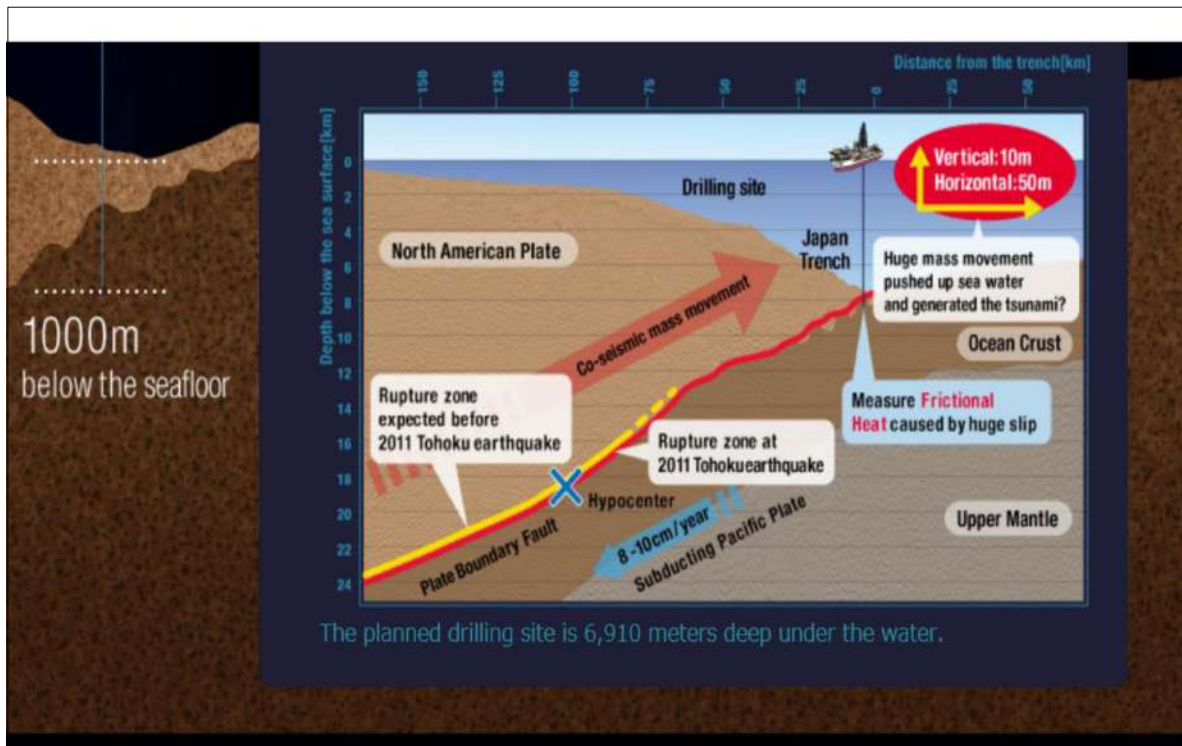
▶ 맨틀 토모그래피



대상	구분	에너지 규모	비고
지구	전체내부열에너지	$\sim 10^{31}$ J	
대한민국	연간에너지소비량('20년 기준)	$\sim 10^{19}$ J (222.6백만 toe)	
세계	연간에너지소비량('20년 기준)	$\sim 5 \times 10^{20}$ J	
폭발물	Energy released by explosion of 1 megaton of TNT	4.2×10^{15} J	
지진	규모 6.0 15 kilotons	6.3×10^{13} J	히로시마 원폭 Little Boy 수준
지진	규모 8.35 50 megatons	2.1×10^{17} J	Largest thermonuclear weapon ever tested.
지진	규모 9.15 800 megatons	3.3×10^{18} J	화산 Toba eruption 75,000 년전: 지금까지 알려진 최대 규모 폭발성 화산 분출
지진	규모 13 100 teratons	4.2×10^{23} J	Yucatán Peninsula impact



2011년 동일본 대지진과 쓰나미 (tohoku earthquake & tsunami)



2011년 동일본 대지진(Tohoku earthquake)
발생 판 경계와 진원, 해저 단층 시추 프로젝트 (JAMSTEC)

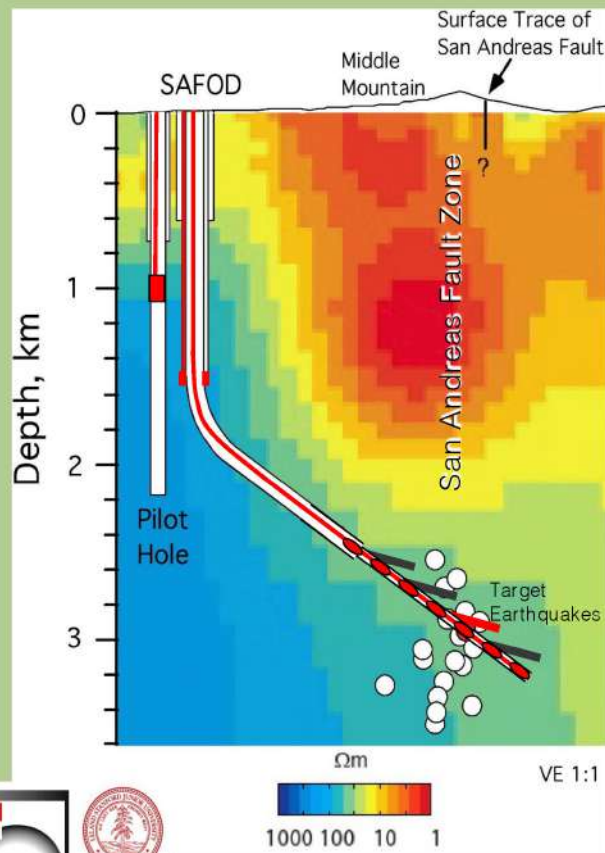
Seismology in the Source: The San Andreas Fault Observatory at Depth

Bill Ellsworth
Steve Hickman
(USGS Menlo Park)

Mark Zoback
(Stanford University)

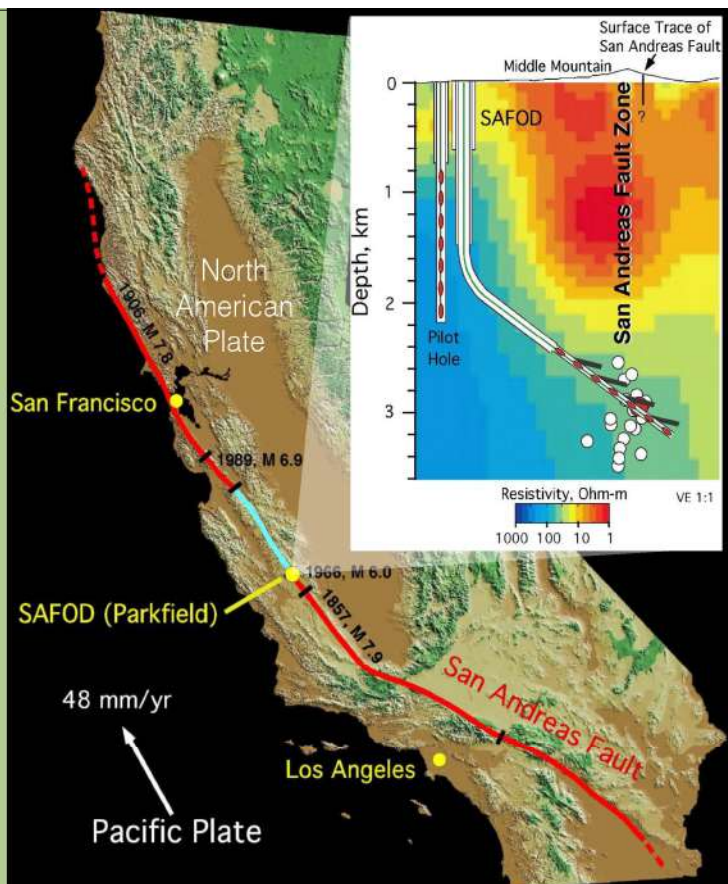


NSF



San Andreas Fault Observatory at Depth (SAFOD)

The central scientific objective of SAFOD is to directly measure the physical and chemical processes that control deformation and earthquake generation within an active plate-bounding fault zone.



동일본 대지진시 지진 조기 경보의 성공 사례를 다룬 논문

Journal of JSCE, Vol. 1, 322-328, 2013
Special Topic - 2011 Great East Japan Earthquake (Invited Paper)

EARTHQUAKE EARLY WARNING SYSTEM FOR RAILWAYS AND ITS PERFORMANCE

Shunroku YAMAMOTO¹ and Masahiko TOMORI²

¹Laboratory Head, Earthquake Disaster Prevention,
Disaster Prevention Technology Division, Railway Technical Research Institute
(2-8-38 Hikari-cho, Kokubunji-shi, Tokyo 185-8540, Japan)
E-mail: syama@rtri.or.jp

²Member of JSCE, Principal Chief Researcher, Disaster Prevention Research Laboratory,
Research and Development Center of JR East Group, East Japan Railway Company
(2-479 Nisshin-cho, Kita-ku, Saitama-shi, Saitama 331-8513, Japan)
E-mail: tomori@jreast.co.jp



Image 1 A derailed Shinkansen in Iwate Prefecture, Japan, 2011. Source: Japanese Transportation Safety Committee

UrEDAS은 긴급지진탐지 및 경보 시스템으로 신간선에 1992년부터 도입. 지진계가 철도 선로상과 해안에 설치되고 P파가 검출되면 더 큰 진동이 오기전에 전력 송출을 차단하고 자동으로 긴급 정지 장치를 가동시켜 탈선의 위험을 대폭 줄인다.

The application to policy and practice

The Urgent Earthquake Detection and Alarm System (UrEDAS) was introduced to the Shinkansen in 1992. Seismometers are placed at points along the train tracks and at the coast (to sooner detect seismic waves from earthquakes off the coast, Figure 1). If P-waves are detected, it is assumed that a large earthquake is coming and the power supply from electricity substations to the tracks is automatically stopped, triggering emergency brakes on all moving trains. The trains therefore come to a halt in the seconds before the earthquakes hit, making them far less likely to derail⁸.

Alongside the UrEDAS, anti-seismic reinforcement works – such as quakeproof bridges and tunnels – as well as anti-derailing systems have been introduced to increase the resilience of the physical rail network.

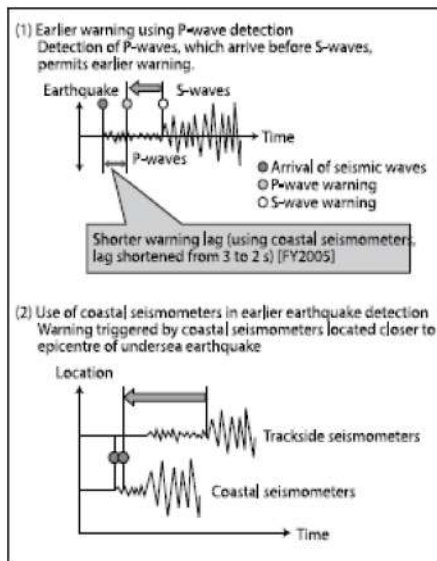


Figure 1: Diagrams showing the additional seconds of warning time given by improved detection of P-waves and use of coastal seismometers. Source: Ogura, 2006⁹.

P파와 S파 도달 시간 차이를 이용하여 경보를 발동. 동일본 대지진 시에 경보 발동으로 운행중인 27개 초고속열차를 자동 정지시켜 대규모 지진에도 불구하고 인명 피해가 거의 없었음

Did it make a difference?

On the afternoon of 11th March 2011, a seismometer at Kinkazan Island on the north east coast of Japan detected seismic P-waves and sent an automatic stop signal via the UrEDAS to the Shinkansen's electric power transmission system, triggering the emergency brakes on 27 bullet trains. Ten seconds after the warning signal went out, a massive 8.9 Magnitude earthquake hit mainland Japan. Although this 'Great East Japan Earthquake', and the following tsunami, caused immense destruction and loss of life in eastern Japan, none of the 19 trains running through the affected area were derailed and no casualties were sustained on the trains.

네덜란드 그로닝겐 지역의 천연가스 개발과 지진



university of
 groningen

faculty of economics
 and business

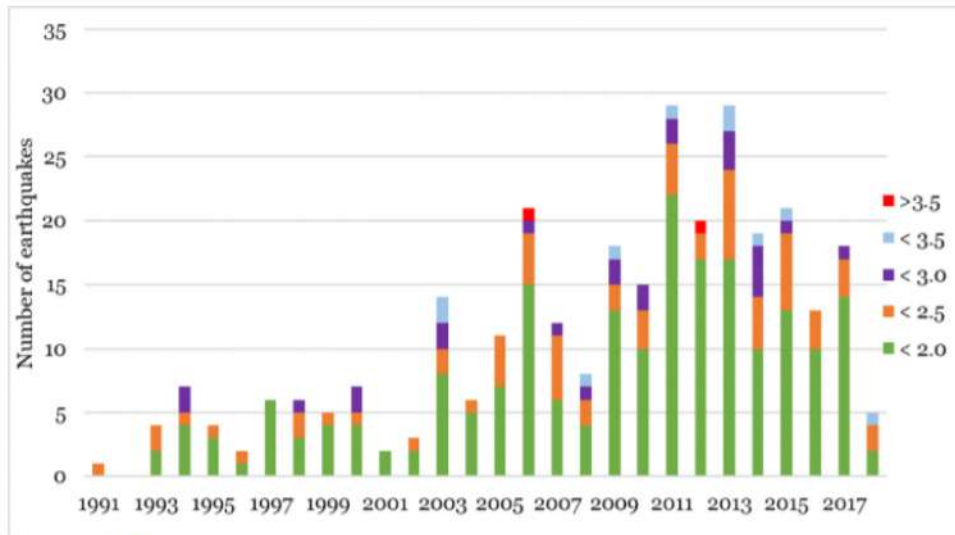
Gas production and earthquakes in Groningen

reflection on economic
 and social consequences

Machiel Mulder and Peter Perey (ed.)

1991년 – 2018년 연간 지진발생(>M1.5) 횟수와 규모 분포

Figure 1.1. Total number of earthquakes with a magnitude > 1.5 per year, categorised by magnitude, 1991-2018



Source: NAM

16 August 2012, M 3.6 at Huizinge

NAM ([Nederlandse Aardolie Maatschappij](#)):

Royal Dutch Shell/Exxon Mobil Joint Venture company

천연가스 개발로 인한 부등침하와 지진의 원인과 지진 영향 증폭 이유 (네덜란드 Groningen 지역)

Box 1.1: Geology – what causes the earthquakes?

The natural gas of Groningen is located at 3 km deep, in a sandstone layer. Sandstone consists of sand that is pressed against each other under high pressure. When gas is pumped out of the sandstone layer, the pressure in this layer decreases. As the decreased pressure cannot support the weight of the layers on top, it results in soil subsidence that compresses the layers. When this compression occurs in an irregular way, the soil subsidence causes an earthquake. Gas-induced earthquakes in the sandstone layer occur at a shallow depth, compared to natural earthquakes that occur deeper. Gas-induced earthquakes are more frequent and intensified because the sandstone layer is thinner and less consolidated than natural sand and peat. Also, the presence of gas adds to the vulnerability of the sandstone layer (McGarr, 1984; van Eck et al., 2015).

사암층에서 가스를 추출하면 지층의 가스압력이 감소하고 지층의 압축이 일어남. 압축이 균등하게 작용하지 않아 부등침하가 일어나면 가스 개발로 인한 유발 지진 발생.

The relation between gas extraction from the Groningen field and seismic activity in the region is not a new phenomenon. In the past decades, several studies have showed this relationship. BOA (1993) concluded that gas extraction has an influence on the robustness of the gas reservoir and the direct surroundings. This report also concluded that earthquakes can be induced by gas extraction. Although this relation has been confirmed by the latest incidents, the initial assessment of the magnitude of the problem was not correct. BOA (1993) predicted that even in the worst case, there would be a small chance of minor damage around the epicentre. W

1993년 네덜란드 지진 연구 및 감독위원회(BOA)는 가스 개발로 지진이 유발된다는 것은 인지하였으나, 지진의 영향이 최악의 경우라도 진앙 근처에서 미미한 소규모의 피해를 줄 정도라고 진단하였다.

Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen (BOA)

(네덜란드 지진 연구, 감독 관련 위원회)



Dutch citizens demand end to quake-hit Groningen gas production

FILE PHOTO: Protesters demand an immediate end to gas extraction at the Groningen field as they block a facility of Dutch gas production company NAM, in Farmsum, Netherlands August 28, 2018.
REUTERS/Piroschka van de Wouw/File Photo

DutchNews.nl

14.3°

Saturday 28 September 2019

News | Features | Blogs | Jobs | Housing | Best of the Web | Donate | Advertise



Home | Politics | **Business** | Society | Sport | Education | Health | Tech & Media | International | Europe

€80m paid out so far to compensate for Groningen quake damage

Business | August 13, 2019



A condemned and shored-up cafe in Zeerijp. Photo: Graham Dockery

Features



DutchNews podcast - The Great British Bird-Off Edition - Week 39



Civilised debate, not mud slinging, is the hallmark of democracy



Why Leiden might be the best location for buying a new home



'Left to my own devices, I'd eat at the snackbar every night.'



Highly-skilled, happy and at home - Indian expats share their experiences



DutchNews podcast - The Sexy Brexit Muppet Edition - Week 38

Win
[설정]

New earthquake compensation policy to start next year



by The Northern Times — April 24, 2019 in Politics

0

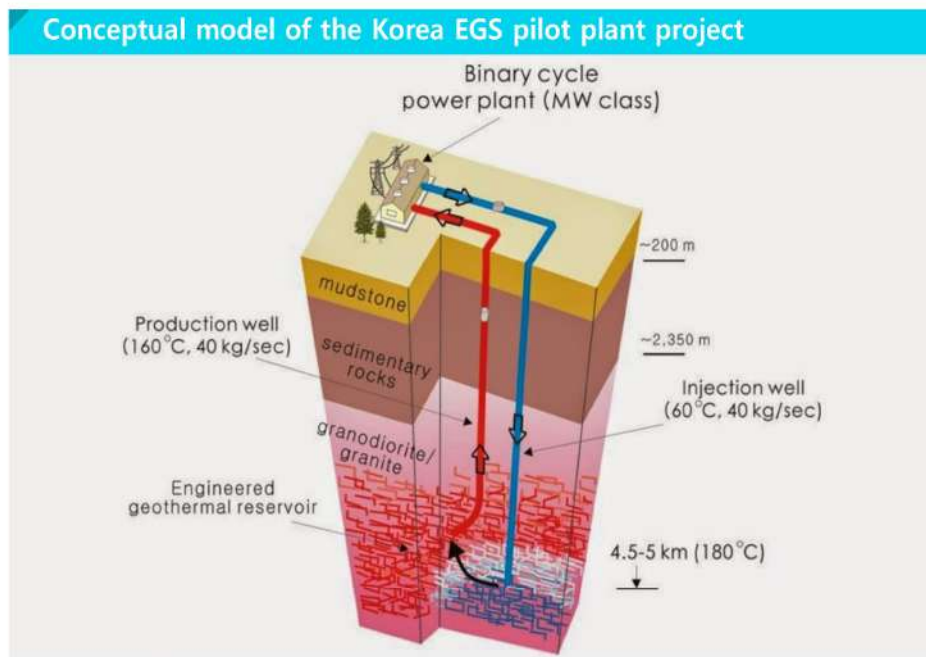
In 2020, homeowners living in the earthquake zone in the province of Groningen are set to be compensated for the depreciated value of their homes, even if their individual property has not been damaged by the ongoing quakes.

Translation by Traci White

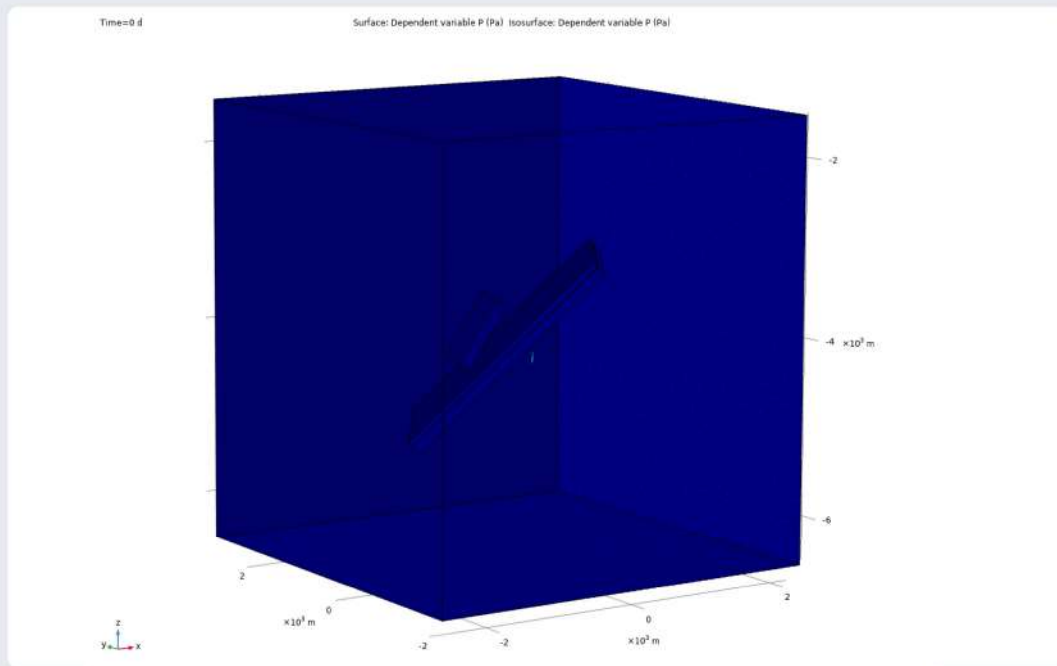
De Volkskrant reports that the ministry of economic affairs and climate announced the new policy on Wednesday morning. Homes in the area of the province of Groningen where earthquakes regularly occur have seen their property values decline due to the slow-moving **damage assessment process** and the image of the region due to the quakes, which have been occurring for years as a result of **natural gas extraction operations**.



● 포항 EGS 지열발전 개념도 (Song et al., 2015)

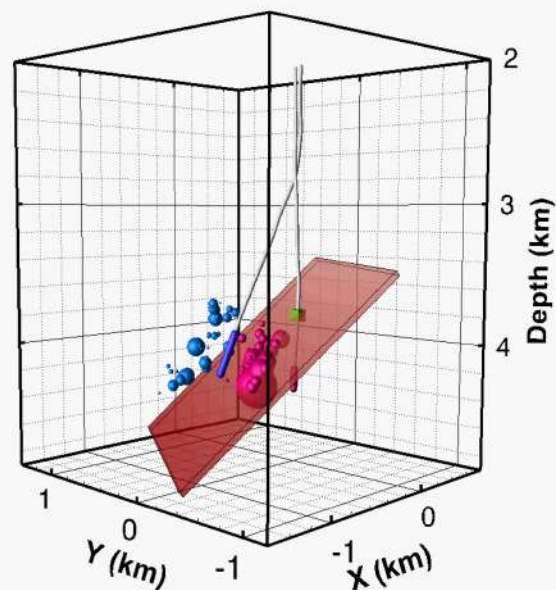


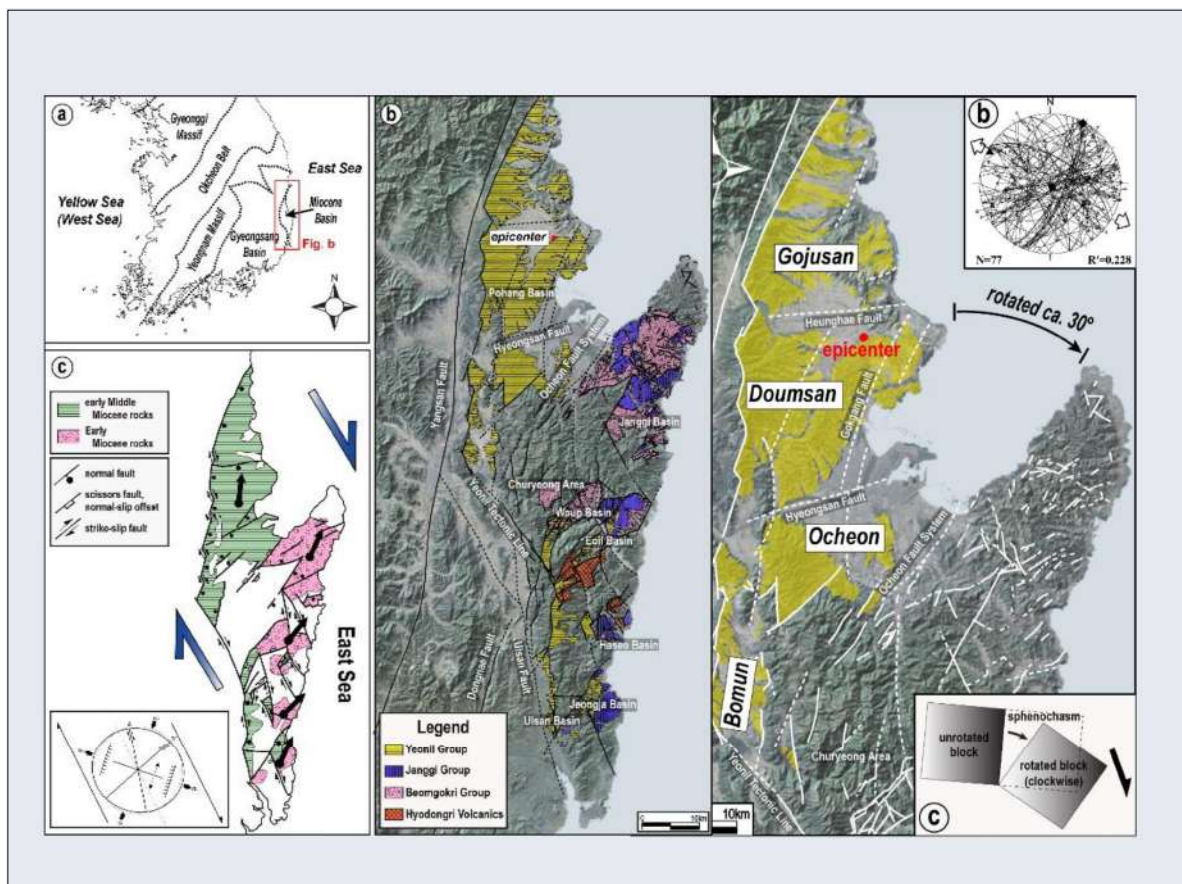
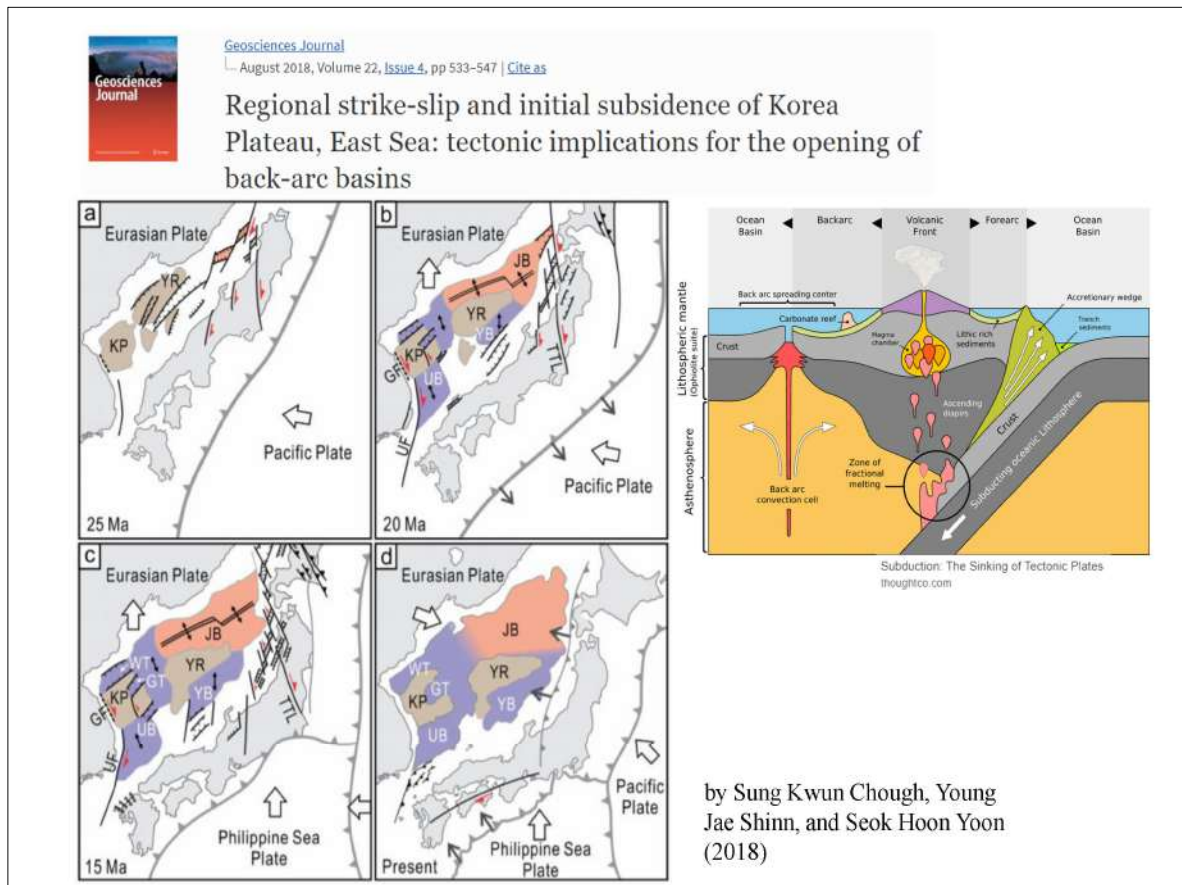
수리자극 과정의 물 주입과 공극압의 확산 모델링



미소지진과 포항지진

- Seismicity induced by injection into PX-2 activated a previously unknown fault zone, which in turn triggered the mainshock.
- Once initiated, the Pohang earthquake grew through the release of tectonic strain.

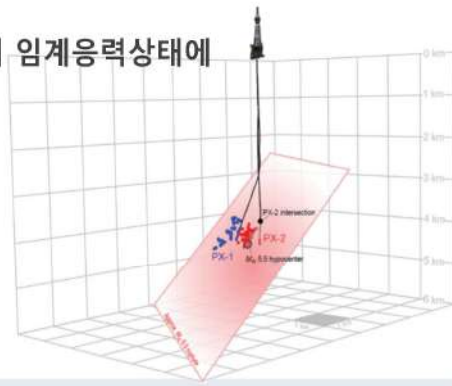




● 조사연구결론

지열발전 실증연구 수행중 지열정 굴착과 두 지열정(PX-1, PX-2)을 이용한 수리자극이 시행되었고, 굴착시 발생한 이수 누출과 PX-2를 통해 높은 압력으로 주입한 물에 의해 확산된 공극압이 포항지진 단층면 상에 남서방향으로 깊어지는 심도의 미소지진들을 순차적으로 유발시켰다.

시간의 경과에 따라 결과적으로 그 영향이 본진의 진원 위치에 도달되고 누적되어 거의 임계응력상태에 있었던 단층에서 포항지진이 촉발되었다.



● 조사연구결론

‘유발’지진과 ‘촉발’지진의 정의

‘유발(induced)’ 지진과 ‘촉발(triggered)’ 지진에 관한 정의가 국제적으로 확립되지 않은 상태이기 때문에 본 보고서에서 사용한 ‘유발’과 ‘촉발’의 의미를 정의하였다

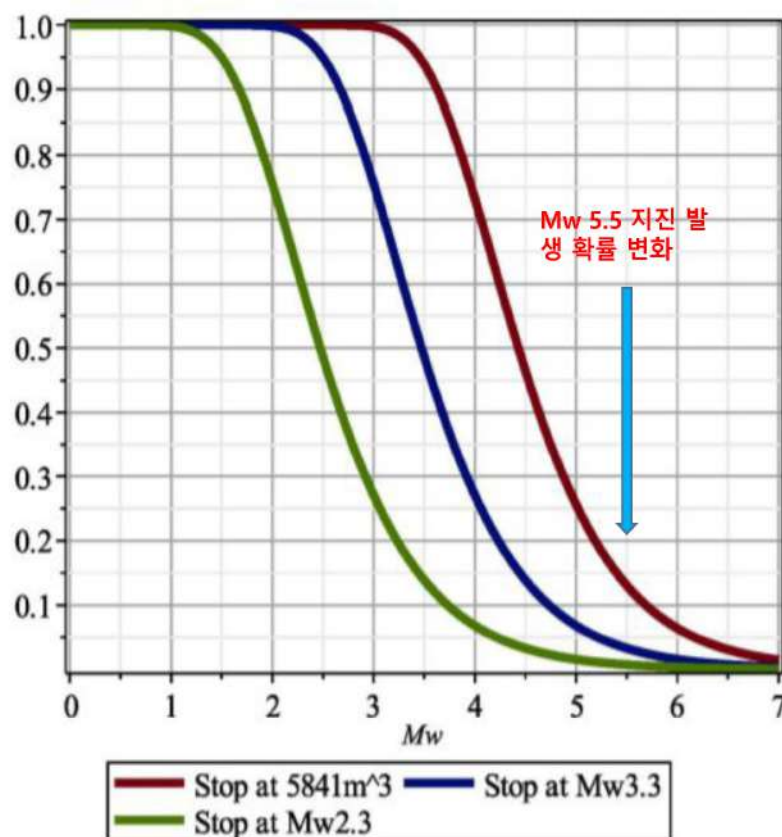
여기에서의 정의는 이번 조사연구에 국한하여 사용하며 한글의역은 다음과 같다

‘유발’ 지진 지구 내부에서 유체 주입의 영향으로 공극압과 응력이 변화된 암석의 공간적 범위 내에서 일어날 수 있는 규모의 지진으로, 이때의 지진은 유체 주입과 조구조 운동으로 축적된 변형에너지를 방출한다

‘촉발’ 지진 인위적인 영향이 최초의 원인이나 그 영향으로 자극을 받은 공간적 범위를 크게 벗어나는 규모의 지진으로, 이때의 지진은 대부분 조구조 운동으로 축적된 변형에너지를 방출한다

Probability modeling of the Pohang earthquake in terms of seismogenic index

S. A. Shapiro



Dr. Shapiro의 지열발전 단계별 포항지진 발생 확률 변화에 관한 연구 결과

The seismogenic index, Σ , of the Pohang site is approximately between -2 and -1 . During the stimulation, we observe a tendency of Σ to increase with time: possibly an indication of a gradual stimulation of seismically more active zones.

The event of Mw3.3 on April 15th of 2017 indicated a jump of Σ to -1 .

Our estimate of the probability of the Pohang earthquake is approximately 15%.

One of decisive factors was the low b value. A combination of a low b-value and a rather high seismogenic index made the probability of the Mw5.5 event significant.

A termination of all injection operations after the Mw3.3 event would reduce the probability of an Mw5.5 event down to approximately 3%. Their termination at Mw2.3 would reduce it down to approximately 1%.

A real-time seismic monitoring permitting a precise 3-D event location and an estimating of the temporal evolutions of the stimulated volume geometry and of the seismogenic index could potentially help to prevent or to delay the occurrence of such an earthquake.

● 결 언

- ◎ 기술의 적용으로 자연재난이 촉발되거나 재난을 초래할 수 있음.
기술의 대형화, 복잡화로 Risk 분석도 난이도가 높아짐.
- ◎ 기술의 적용 전-중-후 각각의 단계에서 기술의 적용에 따른 Risk 분석이 필요함. 기술 적용 진행중 단계에서는 (실시간)모니터링에 연계한 Risk 재산정 등이 수행되는 것이 바람직함.
- ◎ Risk 산정과 이를 고려한 기술개발/적용이 이루어지는 체계가 필요하며, 기술 개발과 동반하여 위험 모니터링과 risk 산정 과학기술의 고도화가 필요함.
- ◎ 대중 수용성이 필요한 과학기술 분야에서는 과학기술자와 대중의 책임과 보상 등에 관한 제도 정비가 필요함.

주제발표 4 21세기 재난의 위기 대비와 대응

...

고 상 백
연세대학교 원주의과대학 교수



〈 목차 〉

1. 현대 재난의 특성
2. 우리나라 재난 관리의 사례
3. 재난위기 대비와 대응체계

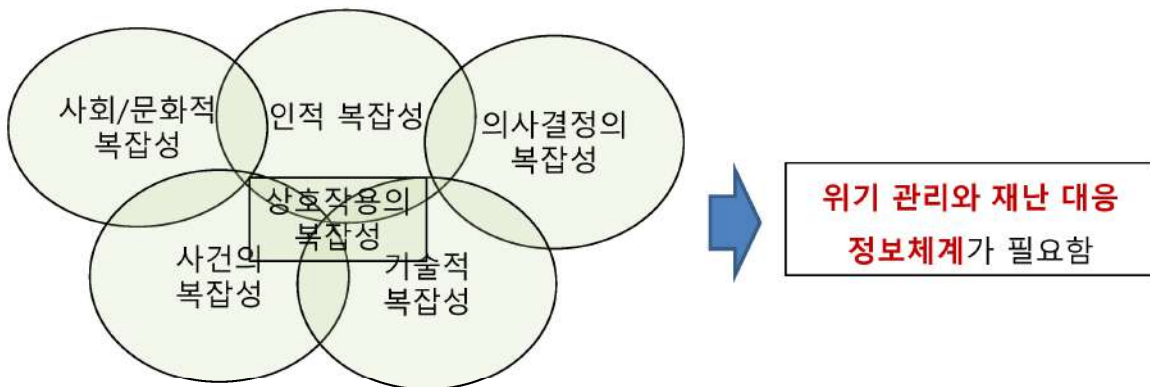
2

1. 현대재난의 특성

3

현대 재난의 복잡성

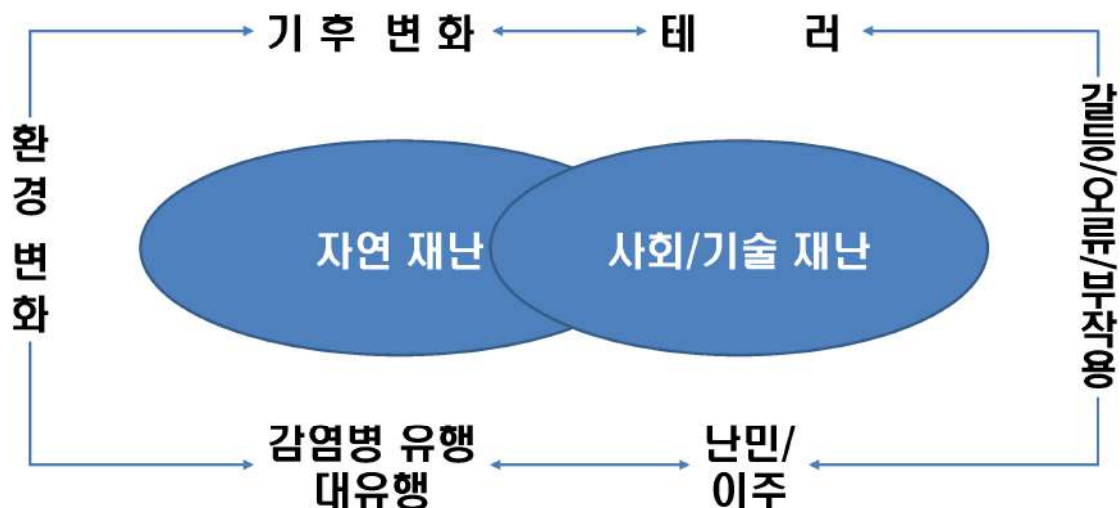
- 현대 발생하는 재난 상황은 점점 복잡해지고 있음.
- 관여되는 **영역/분야의 수**, 위기 상황에 **노출되는 사람 수**, 대응하는 **자원의 수**가 늘어나면서 위기 관리 과정도 점점 복잡해 지고 있음.



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

자연재난과 사회(기술)재난

현대 사회의 재난; 복합 재난



재난위기의 리스크관리 영역의 확대

- 새로운 위협의 증가
- 사회적 취약성 증가
- 불확실성의 증가
- 재난위기 리스크 관리 영역의 확대
 - 새로운 위협요인에 대한 대비 및 대응체계 마련을 위한 과학적 접근 필요
 - 새로운 사회적 취약성에 대한 사회적 안전망 확충
 - 불확실성 해소를 위한 소통 전략의 마련
 - 문제해결 방안의 다양한 통합적 접근과 협력체계 구축

6

리스크 관리에서 과학적 접근의 중요성

- 리스크 관리라는 측면에서 예방에서부터 대비와 대응 및 복구에 이르기까지 과학적 접근이 중요하며, 이를 기반으로한 리스크 관리가 절실함
 - 원인 파악 및 대응체계 마련을 위한 과학적 접근 필요
 - 과학기술을 활용한 위기관리와 대응정보체계가 필요함

7

2. 우리나라 재난 관리의 사례

8

태안 원유 유출 사고의 경험과 평가

9



01~03. 원유유출된 태안 앞바다

10

HS 유류유출과 재난대응 시기구분

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

11

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

화학공장 화재 사고

사고 개요

- 일 시 : 2018년 04월 13일(금) 11시 47분
- 장 소 : 이레화학(주) 인천광역시 서구 백범로 910번길
- 사고내용 : 이레화학은 폐기를 재생처리 업으로 폐 유기용제를 재생하여 화학물질(황산, 톨루엔, 메탄올, 아세톤, 클로로포름, 수산화나트륨, 트리클로로에틸렌, 2-프로판올, 디클로로메탄)을 생산함. 생산된 아세톤을 용기(MBC뱅크, 1톤)에 충전 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		
		황해현장 120 m 지점	황해현장 175 m 지점	황해현장 2.5 km 지점	황해현장 120 m 지점	황해현장 175 m 지점	황해현장 2.5 km 지점
1	Freon12	0.00	0.00	0.00	0.42	0.48	0.45
2	Metyl chloride	33.47	27.50	0.36	1.08	1.24	2.81
3	Freon114	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
4	Vinyl chloride	3.10	2.56	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	1.54	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	Vinylidene chloride	0.65	0.52	0.01	0.00	0.00	0.00
9	Dichloromethane	239.36	189.62	4.60	1.45	2.13	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-Dichloroethyene	0.85	0.66	0.02	0.00	0.00	0.00
13	Chloroform	105.80	80.47	1.13	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	15.65	11.23	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	7.13	5.16	0.11	0.00	0.00	0.00
19	Trichloroethylene	8.23	5.78	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	43.01	27.84	1.50	0.83	1.33	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	1.12	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
27	ethylbenzene	1.62	0.78	0.12	0.78	1.16	0.04
28,29	mp-xylene	0.88	0.40	0.17	0.88	1.26	0.01
30	styrene	2.89	1.73	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	7.47	4.91	0.00	0.00	0.01	0.00

화학물질 노출 대상자

가. 화학물질 노출자의 특성

- 사고지점으로부터 노출 반경 내에 있는 근로자, 지역주민, 사고대응자 등
- 사고 당일 대기 중 화학물질 농도 고려시 175m에서 2km 사이에 있는 모든 사람을 노출가능 집단으로 추정

나. 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+@)

다. 대조군

- 조사결과 해석에 반드시 필요하지만 현실적으로 어려움 (수집 정보 미흡)

16

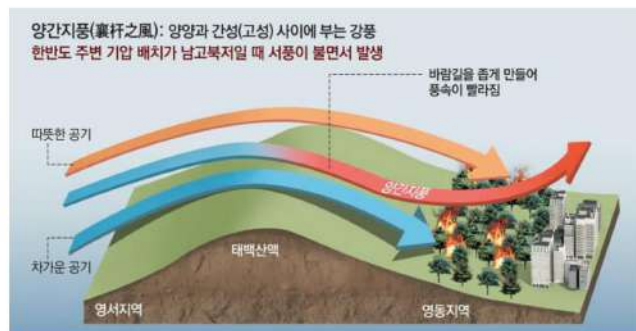
시사점 및 결론

- 화학공장 화재의 경우 단순 화재 진화로 해결하기 어려움
- 초기대응에서 다양한 화학물질의 노출에 대한 위해도평가, 건강영향 평가 등을 신속하게 결정하기 위한 제도적 개선이 필요
- 화학공장 사고에 대한 중앙부처와 지자체의 협력체계가 필요
- 중장기건강영향을 예방하기 위한 지속적 활동이 제도적으로 지원되어야 함.
- 향후 발생할 화학공장 사고의 예방과 대비 체계를 구축하여야 함.

17

산불 재난 관리 사례

18

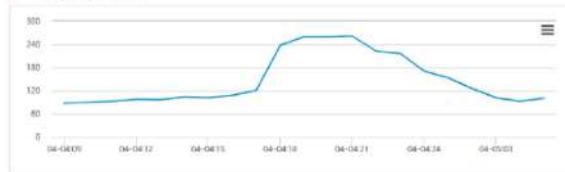
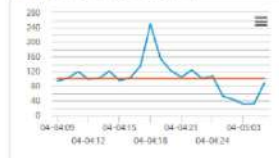
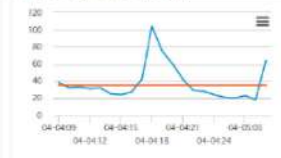


2019년 속초, 고성 산불



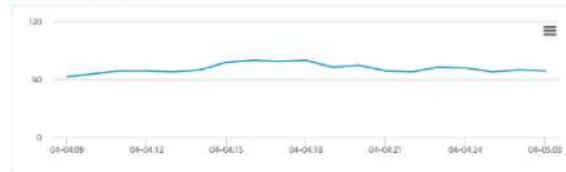
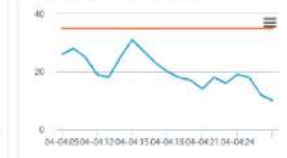
속초

대기통합환경지수(CAI)

PM₁₀($\mu\text{g}/\text{m}^3$)• 대기환경기준(24시간 평균치:100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)PM_{2.5}($\mu\text{g}/\text{m}^3$)• 대기환경기준(24시간 평균치:35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

춘천

대기통합환경지수(CAI)

PM₁₀($\mu\text{g}/\text{m}^3$)• 대기환경기준(24시간 평균치:100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)PM_{2.5}($\mu\text{g}/\text{m}^3$)• 대기환경기준(24시간 평균치:35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Building science & technology based national risk governance. KAST Research Report 2019.

산불의 공중보건학적 문제



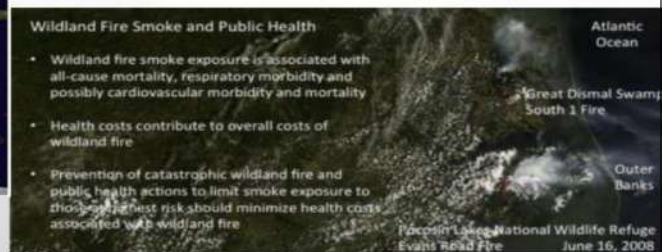
Fig. 8. Clinical and Sub-Clinical Impacts of Wildfire Smoke or $PM_{2.5}$.

YONSEI
Leading the Way to the Future

22

1) 연기 (Fire smoke)

- **입자상 물질 (Fine and coarse particulate matter, PM)**
- 가스상 물질 (일산화탄소, 메탄, 아산화질소 (N_2O), 질소산화물 (NO_x), 휘발성유기화합물 (volatile organic carbon, VOC)
- 탄화수소, 부분적으로 산화된 탄화수소, 할로겐화 탄소, Alkyl nitrate, 황 화합물 등
- **다이옥신, 퓨란**
- 단기적으로 대기중 PM 농도 상승, 장기적으로 연중 $PM_{2.5}$ 농도를 상승
- 입자상 물질에는 바이오매스 연소에 의해 생성된 유해화학물질이 포함되어 노출

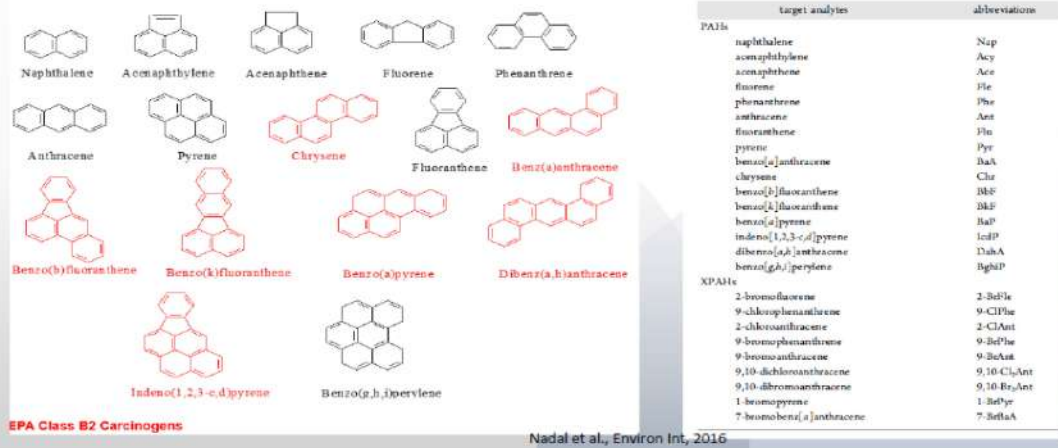


Reid et al., EHP, 2016; Friedli et al., Global Biogeochemical Cycles, 2001; Cascio, STOTEN, 2018

23

2) 토양

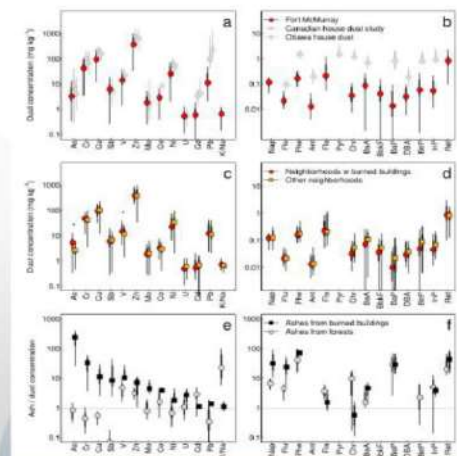
- 바이오매스(Biomass)의 연소과정에서 다양한 유해화학물질 생성되어 토양에 존재
- 다환방향족탄화수소 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs), halogenated PAHs 등
- 다이옥신류 (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, PCDD/Fs)
- 폴리클로리네이티드 바이페닐 (Polychlorinated biphenyls, PCBs)
- 미량 중금속들 (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Tl,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



24

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/article31033862/>

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

25

4) (빛)물

- (빛)물은 회층에 존재하는 다양한 유해화학물질을 다른 매체로 이동시킴
- 강 등은 산불로 인해 발생한 유해화학물질의 최종 종착지가 될 수 있음
- 알칼리도 상승, 높은 이온(염), 영양성분(질소, 인 등) 증가
- 시안화물(Cyanide) 농도, 수은(혹은 유기수은) 농도 증가 가능성
- 먹는물에 영향 가능성



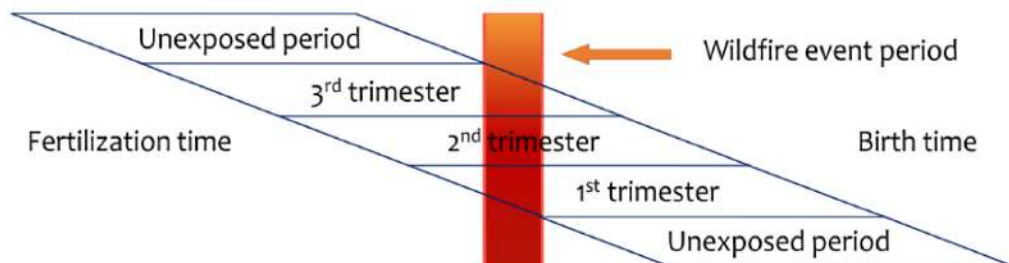
<https://e360.yale.edu/features/how-wildfires-are-polluting-rivers-and-threatening-water-supplies>



26

산불 연기에 대한 태아 노출과 출생 체중

- 2000년 동해안 산불 당시, 고성·속초·동해지역에서 거주하였던 산모의 출생 신고 자료를 분석함
- 총 6,824 명의 신생아 중에서 노출군 1,811명, 대조군 5,013명을 분석 대상으로 함



27

산불 연기에 대한 태아 노출과 출생 체중

Trimester of exposure	Unadjusted model		Adjusted model	
	Effect (g)	95% CI	Effect (g)	95% CI
Any trimester	-33.8	(-55.3, -12.3)	-32.7	(-53.6, -11.7)
First (1-16 weeks)	-45.6	(-76.7, -14.4)	-39.7	(-71.5, -7.9)
Second (17-28 weeks)	-27.8	(-63.6, 8.1)	-20.9	(-57.0, 15.2)
Third (≥29 weeks)	-24.1	(-59.3, 11.1)	-33.2	(-69.9, 3.5)

Adjusted by fetal sex, gestational age, parity, maternal age, maternal education, paternal education, and exposed average temperature.

28

Table . Adjusting ORs and 95% CI for the increase in medical use by period, after adjusting for age, sex, income, smoking, drinking, and exercise variables (with underlying diseases)

Variables	OR (95% CI), p-value							
	3 days	p-value	A week	p-value	A month	p-value	3 months	p-value
Region		0.5524		0.0318*		0.0001*		<0.001*
Yeongseo	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yeongdong	1.065 (0.865, 1.311)		1.153 (1.013, 1.313)		1.142 (1.067, 1.223)		1.422 (1.362, 1.485)	1.112 (1.082, 1.143)
Age*		<0.001*		0.1662		0.0387*		0.0002*
	0.982 (0.973, 0.991)		1.004 (0.998, 1.010)		0.997 (0.994, 1.000)		1.004 (1.002, 1.005)	1.003 (1.002, 1.004)
Sex		0.0185*		0.0001*		0.6603		0.6138
Male	Reference		Reference		Reference		Reference	
Female	0.792 (0.652, 0.961)		1.305 (1.140, 1.494)		1.016 (0.946, 1.091)		0.989 (0.946, 1.034)	1.025 (0.996, 1.054)

요약

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 대기오염**과 관련성이 있음
 - 산불이 발생하여 대기 오염 농도가 증가한 날에는 **사망률이 5% 증가**하였다고 보고됨 (1997년부터 2004년까지의 산불의 영향에 대한 오스트레일리아 연구 결과)
 - 산불 연기의 주요 대기오염 물질은 **미세먼지**
 - 초미세먼지(PM_{2.5})의 10 µg/m³ 증가 당 0.5-2 %의 사망률이 증가함

30

3. 재난위기 대비와 대응체계

31

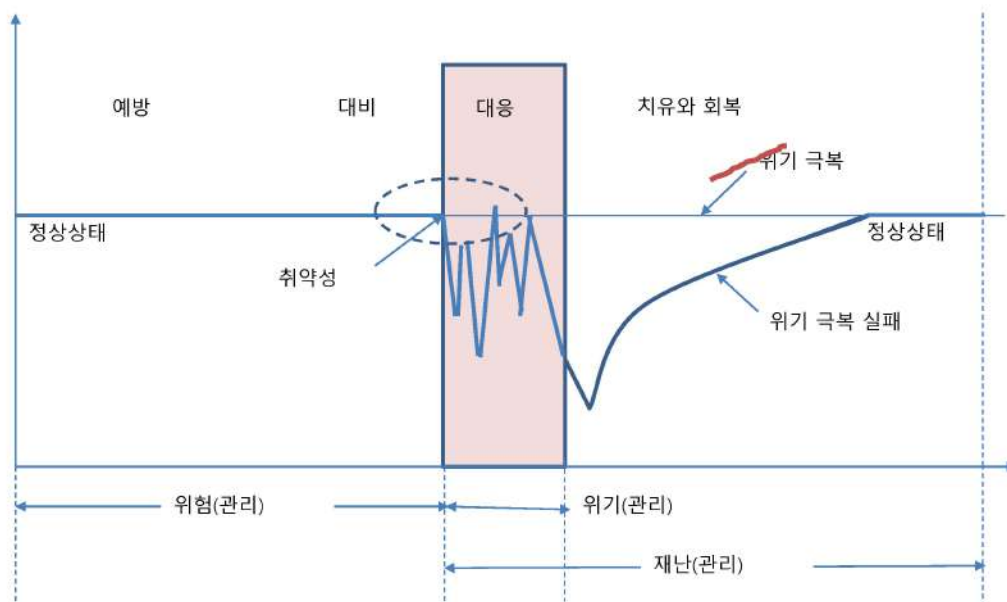
과학적 근거와 경험을 바탕으로 리스크 대비와 대응체계 마련

• 리스크 거버넌스 및 대비와 대응 과정의 체계화

- 재난으로 인한 각종 위험으로부터 국민의 안전을 지키고 예방과 대비 및 신속한 대응과 지속적인 치유관리를 위해서는 이를 관리할 수 있는 통합 거버넌스가 필요함.
- 재난 발생시 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

32

재난/위기 관리 과정



출처: 정지범, 김근세. 위기관리의 협력적 거버넌스 구축. 법문사, 2009, 31쪽, 42쪽.

재난 예방과 대비(preparedness)

- 재난이 일어나기 전에 전반적인 **전략과 정책, 제도 및 관리 구조**를 만드는 활동.
- 재난이 임박하였거나, 시작되는 시점에 그 **위험을 알리고, 적절한 조치**를 취하도록 하여 위험에 처한 지역사회가 생명과 자산을 보호할 수 있도록 함.
- 포괄적인 대비 프로그램
 - 위험과 취약성 분석
 - 추정되는 **건강영향** 예측
 - **취약 집단**의 파악
 - **필요한 자원**의 가용성 분석
 - 대비와 대응을 위한 **세부계획** 수립



미국 산불 대비 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

미국 사례: 주민 보건을 위한 공지 시스템

지역주민공지시스템 [PSAs: Public Service Announcement]	일반주민 대상 권고사항
<ul style="list-style-type: none"> 산불다발 지역 및 다발 시기에 대한 사전 주민 공지 (유관기관 연락처 및 웹사이트 링크 활용) ‘외출금지’, ‘야외활동 제한’ 등 핵심 키워드 활용, 전달력 향상 사고시 효과적 대처방안 공유를 위한 사전 작업 필요 (기자 등의 방송업 종사자) 	<ol style="list-style-type: none"> 식량 구비 폐 및 심장 이상증세 시 의료기관에 즉시 방문 공지사항, 대기질 예보 등을 활용해 화재 상황 예의주시
	만성질환자 대상 권고사항
	<ol style="list-style-type: none"> 처방약 구비 천식 환자에 대한 사고대응계획 마련 심장질환자에 대한 사고대응계획 마련 공기정화장치: 실내 면적에 따른 정화력 확인 연기 흡입에 따른 증상 악화 시, 의료진에 즉시 보고 뉴스 등 대중매체를 활용, 실내 공기질 개선 방안 공유

“웹사이트(PC 및 스마트폰), 전화, 문자, 방문알림, 포스터, 리플렛 등 다양한 매체를 활용하여 공지하는 것이 중요”

36

공무원을 위한 권고 조치 사항 (Recommended Action)

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"> 산불이 발생했다면, 상황전달 지침을 시행
보통의 심각 이전 단계 [moderate] [51 - 100]	12.1 - 35.4	<ul style="list-style-type: none"> 학교 및 교육기관 대상 행동 지침을 준비 신체 영향, 증상, 화재 노출을 줄이는 방법을 조언하는 대중 공표를 발표
화재 연기 취약 집단에게 악영향 [Unhealthy for Sensitive Group] [101 - 150]	35.5 - 55.4	<ul style="list-style-type: none"> 학교 및 교육기관 대상 행동 지침을 고려 화재 발생이 지속될 경우, 가능한 안전 대비지역을 파악하여 공지함 화재 발생이 지속될 경우, 피난 계획을 준비

37

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

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

AQI - Air Quality Index

38

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

39

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

40

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 최소화 하거나 중단함	
< 5miles [8km]	실외 활동을 최소화 하거나 중단함	실내에 머물러 있거나 공기 상태가 양호한 구역으로 이동	

41

교육과 훈련
Education and Training

교육과 훈련



평상 시의 교육과 훈련



재난 현장에서의 상황 설명

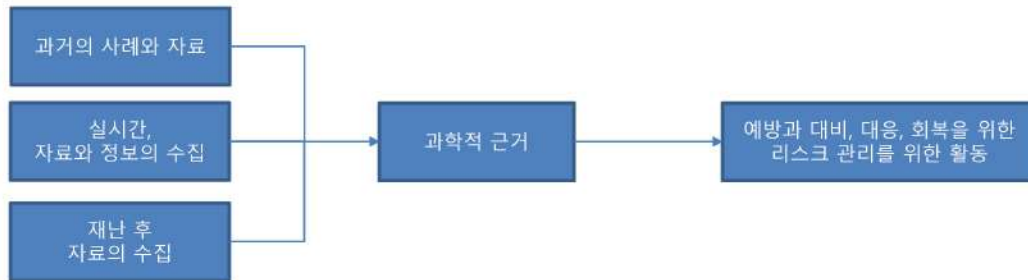
과학적 근거
Scientific Evidence

리스크 관리시 과학적 근거기반의 의사 결정

- 가용한 **최적의 근거**를 적용하여 **리스크 관리 정책과 우선순위**를 세워 **적정한 대응체계**를 마련하고 수행하는 것.
- 과거의 **경험과 지식**.
- 근거기반의 리스크 관리 접근법은 합당한 정책과 사업을 결정할 수 있도록 **충분한 자료와 정보**를 제공하여 **올바른 의사 결정**을 할 수 있게 해줌.
- 정확하고, 신속한 실시간 **자료수집**과 **유해요인 조사 및 역학조사**로 파악하는
 - 1) 상황 파악(발생 규모, 범위)과
 - 2) 관련 원인/요인/기전(경로) 규명,
 - 3) 향후 전개될 상황에 대한 예측.
- 재난에 노출된 인구집단에 대한 건강영향 평가

과학적 근거
Scientific Evidence

과학적 근거 확보를 위한 자료 수집



44

연구와 개발
Research and Development

재난 상황에서 연구의 시급성

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



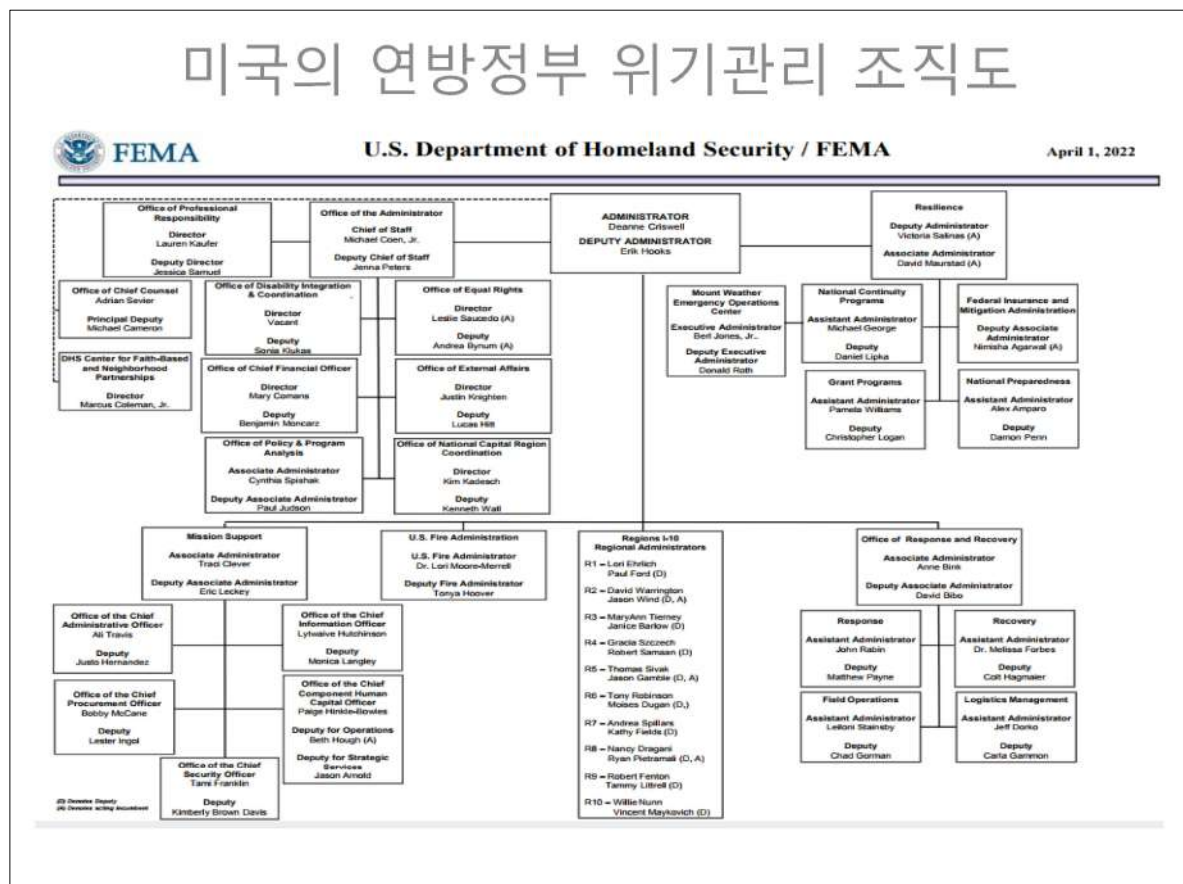
IOM (Institute of Medicine), 2015, Enabling rapid and sustainable public health research during disasters: Summary of a joint workshop. Washington, DC: The National Academies Press.

협력
Cooperation

리스크관리 활동을 위한 대응의 수직/수평적 협력



미국의 연방정부 위기관리 조직도



협력
Cooperation

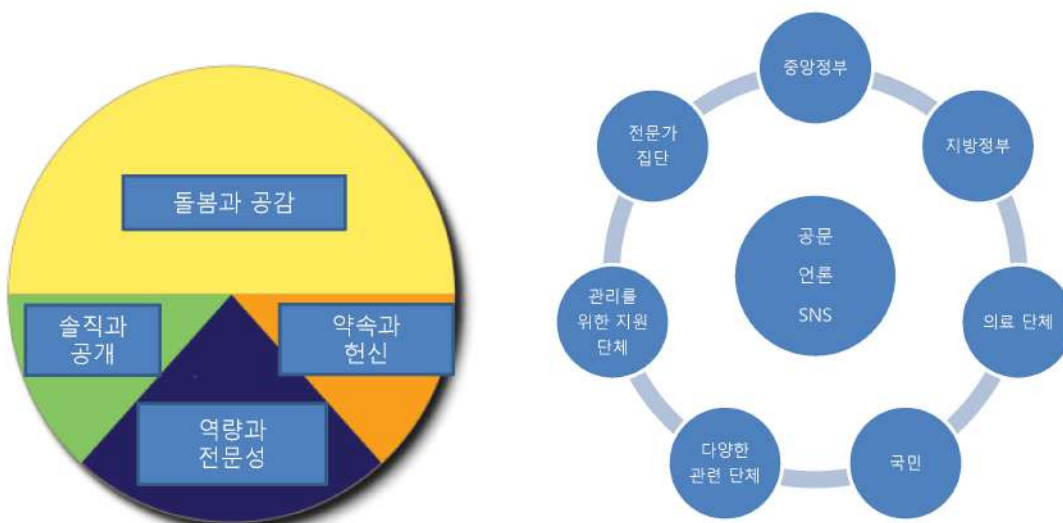
위기 대응을 위한 네트워크 구축

- 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, 운영**하는 것이 필요함.
- 구성하여야 할 네트워크
 - ①중앙정부와 자치단체의 관련 부처/부서 네트워크
 - ②환자 진료 의료기관 네트워크
 - ③유해요인 조사/역학 조사 지원을 위한 학계/연구소 네트워크
 - ④리스크 관리를 위한 커뮤니케이션을 위한 네트워크
 - ⑤교육과 훈련을 위한 네트워크

48

소통
Communication

위기 상황 시에서의 소통



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

49

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 재난위기 관리 **전문가**가 포함되어 예방/대비/대응/회복 활동을 위한 의사결정에 반영할 수 있어야 함.



영커리지공항 관제탑



관제탑 내부 모습

50

재난관리; 치유와 회복(recovery)

- 재난 후에 시행하는 조치



- 1) 집과 사업체, 공공기관, 사회간접시설 등을 수리하거나 교체하여 재해 발생 지역을 **재건하고 복구**함.
- 2) 재난으로 파괴된 **지역 주민의 생활을 정상 상태로 회복**하고
- 3) 재난의 **희생자들의 치유와 회복** 활동을 하며,
- 4) 재난에 대한 **평가 연구의 결과와 교훈**을 근거로 **예방 활동을 가능**케하여 미래의 재난 위험을 낮춤.

K. Tierney, Disaster Preparedness and Response: Research Findings and Guidance from the Social Science Literature, Preliminary Paper 193, 1993

인도주의와 인권
Humanism and
Human rights



The Human Rights Checklist for disaster preparedness, prevention and recovery responses

The 2010 Canterbury earthquake (also known as the Darfield earthquake) struck the South Island of New Zealand with a moment magnitude of 7.1 at 4:35 am local time on 4 September.

https://www.hrc.co.nz/files/5614-8038-4968/Post_Disaster_Human_Rights_Checklist_HRC.pdf



재난관리의 패러다임의 전환

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 전통적인 재난관리: 개별영역 • 재난 사건 중심 • 명령과 통제 중심의 재난관리 • 협의의 위기관리 | ➔ | <ul style="list-style-type: none"> • 재난의 포괄적 영역 • 재난 지역의 사람 중심; Human right • 협력적 거버넌스 구축 • 광의의 위기관리 |
|--|---|--|

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 190여회에 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.

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

■ 한림원탁토론회 개최실적 (2020년 ~ 2022년) ■

회수	일 자	주 제	발제자
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용석, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 판데믹 중환자진료 실제와 해결방안	홍석경, 전경만, 김제형
148	2020. 4. 10.	COVID-19 사태에 대비하는 정신건강 관련 주요 이슈 및 향후 대책	심민영, 현진희, 백종우

회수	일 자	주 제	발제자
149	2020. 4. 17.	COVID-19 치료제 및 백신 개발, 어디까지 왔나?	신형식, 황응수, 박혜숙
150	2020. 4. 28.	Post COVID-19 뉴노멀, 그리고 도약의 기회	김영자
151	2020. 5. 8.	COVID-19 2차 유행에 대비한 의료시스템 재정비	전병율, 홍성진, 염호기
152	2020. 5. 12.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 정보 분야	강홍렬, 차미영
153	2020. 5. 18.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 경제·산업 분야	박영일, 박진
154	2020. 5. 21.	젊은 과학자가 바라보는 R&D 과제의 선정 및 평가 제도 개선 방향	김수영, 정우성
155	2020. 5. 25.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 교육 분야	이윤석, 이해정
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
158	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
159	2020. 6. 23.	포스트 코로나 시대의 과학기술교육과 사회적 가치	이재열, 이태억
160	2020. 6. 30.	코로나19 시대의 조현병 환자 걱정 치료를 위한 제언	권준수, 김 윤
161	2020. 7. 9.	Living with COVID-19	정은옥, 이종구, 오주환
162	2020. 7. 15.	포스트 코로나 시대, 농식품 산업의 변화와 대응	김홍상, 김두호
163	2020. 7. 24.	건강한 의료복지를 위한 적정 의료인력과 의료제도	송호근, 신영석, 김 윤, 안덕선, 한희철
164	2020. 7. 30.	젊은 과학자가 보는 10년 후 한국 대학의 미래	손기훈, 이성주, 주영석
165	2020. 8. 7.	집단면역으로 COVID-19의 확산을 차단할 수 있을까?	황응수, 김남중, 천병철, 이종구
166	2020. 8. 24.	포스트 코로나 시대, 가속화되는 4차산업혁명	윤성로, 김정호
167	2020. 9. 8.	부러진 성장사다리 닦고 싶은 여성과학기술리더가 있는가?	김소영, 문애리
168	2020. 9. 10.	과학기술인재 육성을 위한 대학의 역할	변순천, 안준모

회수	일 자	주 제	발제자
169	2020. 9. 17.	지난 50년 국가 연구개발 투자 성과, 어떻게 나타났나?	황석원, 조현정, 배종태, 배용호
170	2020. 9. 23.	과학기술 재직자 역량 강화 전략	차두원, 김향미
171	2020. 9. 25.	COVID-19 치료제의 개발 현황	김성준, 강철인, 최준용
172	2020. 10. 7.	미래세대 기초·핵심역량 제고 방안	송진웅, 권오남
173	2020. 10. 13.	대학의 기술 사업화 및 교원 창업 활성화 방안	이희숙, 이지훈, 심경수
174	2020. 10. 14.	한국판 뉴딜, 성공의 조건은?	박수경
175	2020. 10. 22.	성공적인 K 방역을 위한 코로나 19 진단 검사	이혁민, 홍기호, 김동현
176	2020. 11. 5.	4단계 BK21 사업과 대학의 혁신	노정혜, 정진택, 최해천
177	2020. 11. 9.	COVID-19의 재유행 예측과 효과적 대응	이종구, 조성일, 김남중
178	2020. 11. 27.	우리나라 정밀의료의 현황과 미래 : 차세대 유전체 염기서열 분석의 임상응용과 미래	방영주, 박웅양, 김열홍
179	2020. 12. 4.	대학 교수평가제도의 개선방안	최태림, 림분한, 정우성
180	2020. 12. 8.	COVID-19의 대유행에서 인플루엔자 동시감염	김성준, 송준영, 장희창
181	2020. 12. 9.	COVID-19 환자 급증에 따른 중환자 진료 대책	김제형, 홍석경, 공인식
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드 에거
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부처: 정보 교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기흥, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기춘
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤태식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현

회수	일 자	주 제	발제자
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준



제198회 한림원탁토론회

더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

행사문의

한국과학기술한림원(KAST) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42(구미동) (우)13630
전화 (031)726-7900 팩스 (031)726-7909 이메일 kast@kast.or.kr