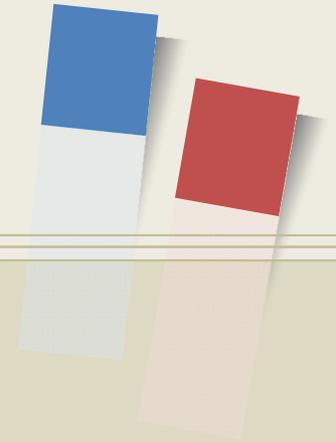


송 종순
조선대학교 원자력공학과



신에너지정책 환경에서의 원전 안전성 확보 방안

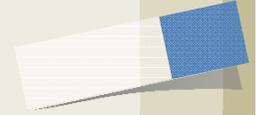
"The trouble with most folks isn't so much their ignorance, but in knowing so many things that ain't so."

"보통 사람들의 문제는 모른다는 것이 아니고 잘못된 내용을 너무 많이 알고 있다는 것이다."

(Josh Billings, 19세기 코미디언)



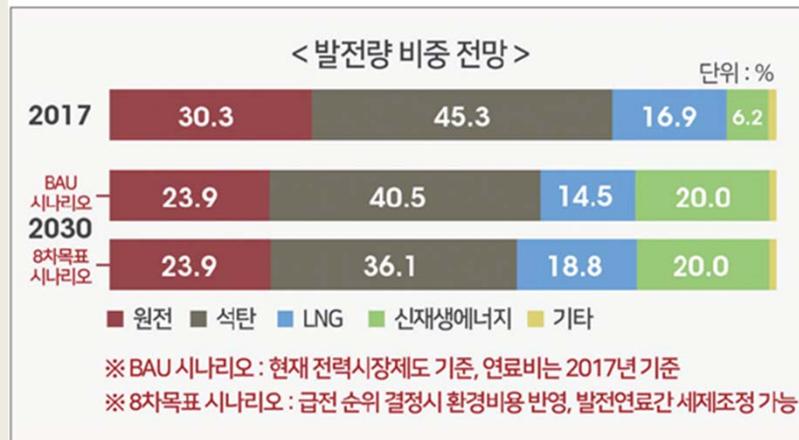
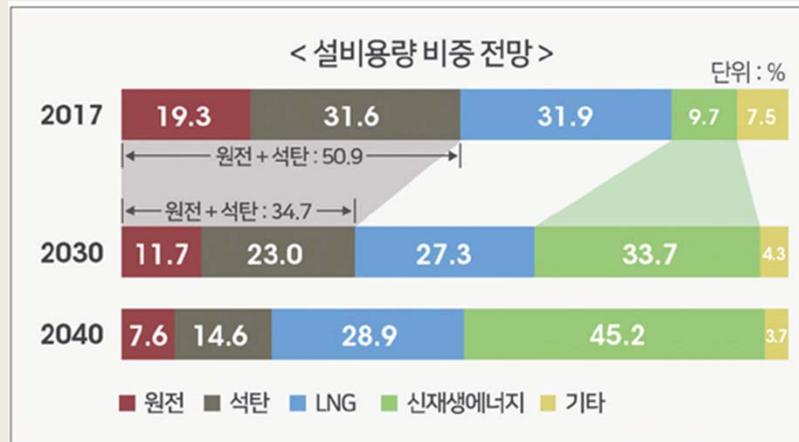
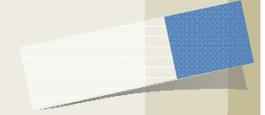
우리나라의 에너지전환정책



- 우리나라의 에너지 전환 정책은 원자력 및 석탄 발전의 비중 축소, 신재생에너지 발전 확대로 요약되며 제8차 전력수급기본계획에 반영
- 2030년의 전력수요 예측에 비추어 안정적 전력공급을 위해 필요한 설비용량을 산출하고, 발전설비 믹스에 정부의 에너지 전환 정책을 반영
- 2030년의 전력수요 전망은 전망모델에 따를 경우 113.4GW로 예측되었으나, 수요관리 등을 통해 약 13GW의 전력수요를 줄일 수 있는 것으로 예상하여 최종 전력수요는 100.5GW로 산출
- 전력수요에 22%의 적정 설비예비율을 감안하여 도출한 2030년 적정 전력 설비용량은 122.6GW로 산출되었으며, 기존 설비계획에 따라 확보된 118.3GW의 설비용량을 고려할 때 약 4.3GW의 신규설비가 필요
- 2030년의 발전원 믹스도 정부의 에너지 전환 정책을 반영하여, 원자력발전 및 석탄 발전의 비중 축소, 그리고 LNG발전 및 신재생에너지발전의 확충을 상정
- 원자력발전의 경우 2017년의 22.5GW(24기)에서 20.4GW(18기)로 비중축소가 이루어지는데 이는 월성 1호기의 가동중단, 설계수명 만료 원전 10기(설비용량 8.5GW)의 수명 연장 금지 등을 통해 달성, 건설 중인 5기(설비용량 7GW)는 예정대로 건설



제8차 전력수급계획 개요



자료: 보도자료, "제8차 전력수급기본계획(2017~2031)안 국회보고," 2017.12.14.

독일의 에너지 전환정책 (Energiewende)

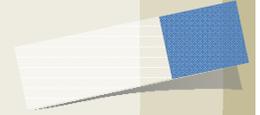
- ❑ 독일은 2011년 탈원전 및 재생에너지 확대하는 에너지 전환(Energiewende) 정책을 수립·추진
- ❑ 온실가스 감축: 2030년까지 1990년대비 온실가스 최소 40% 이상 감축, 2050년까지 80% 감축(기존에 결정된 2050 저탄소경제 Roadmap 확인)
* 2020년 이후 新기후체제 협상에 적극 참여하여, 국제 온실가스 감축 노력
- ❑ 재생에너지 확대: 2030년까지 EU 전체 에너지 소비의 27%를 재생에너지로 공급
- ❑ 에너지효율 증가: 2030년까지 EU 에너지효율을 27% 이상 증가
- ❑ ETS(온실가스거래시스템): 2030년까지 온실가스 거래량을 2005년 대비 43% 감축

독일 에너지 전환정책의 배경과 경과

- 독일은 1998년 사민당-녹색당 연정 출범 이후, 독일정부는 원전사업자들과의 합의를 통해 장기적으로 원전을 폐쇄하기로 결정
 - * 2002.4월 「원자력법」을 개정하여 신규원전의 건설을 중단하고, 기존 원전은 2021년까지 단계적으로 폐쇄하기로 결정
- 2005.11월 출범한 대연정(기민/기사연합과 사민당)은 원전 가동기한 연장문제에 대해 합의를 보지 못하고 원전폐기정책을 유지
- 2009.9월 출범한 연정(기민/기사연합, 자민당)은 기존의 원전폐기정책의 기초를 전환하고, 원전 가동기한의 연장을 추진
 - 전기요금 안정화, 온실가스 감축 등 재생에너지로 이행하는 과정에서 에너지의 안정적 공급이 필요하다는 입장
 - 2010.10월 연방의회(하원)는 가동 중인 17개 원전의 가동기한을 평균 12년 연장하는 원자력법 개정안을 의결
 - * 1980년 이전에 가동된 7기는 8년, 나머지 10기는 14년 가동기한 연장
- 지방정부(사민당 집권 5개주) 및 야당(사민당, 녹색당) 등은 연방하원만을 통과한 원자력법에 대해 절차적 문제(상원 동의 없음)를 이유로 헌법재판소에 제소(2011.2월 및 3월)
- 일본 원전사태(2011.3월) 직후 원전 가동기한의 연장을 위한 개정 원자력법의 시행을 2011.6월까지 3개월간 유예하고, '80년 이전에 건설된 원전 7기 및 크뤼멜('84년 완공) 등 전체 8기의 가동을 중단(2011.3월)
- 독일정부는 3개월의 유예기간 동안 17기 원전 전체를 원전안전위에서 안전점검을 실시하고, 원전가동에 관한 사회적 합의를 위해 윤리위원회를 설치
- 정부는 윤리위원회의 의견(2011.5월 제출)을 바탕으로 가동 중인 원전 9기 중 6기는 2021년까지 폐쇄하고, 최근 건설된 나머지 원전 3기는 2022년까지만 가동 후 폐쇄기로 결정(2011.6월)
- 2011년 7월 원자력법, 재생에너지법, 전력망구축촉진법 등 원전 폐쇄 및 에너지 전환을 위한 8개 법률안을 개정
- 2013.12월 출범한 대연정(기민/기사연합과 사민당)은 경제기술부와 환경부로 이원화되어 있던 재생에너지정책을 통합
 - 재생에너지 보조금 급증에 따른 전기요금의 상승과 이원화된 정책에 따른 비효율성을 제거하고자, 경제기술부로 재생에너지정책을 일원화하고 경제기술부를 경제에너지부로 변경
 - 재생에너지의 전력생산 비중을 2025년까지 40~45%, 2035년까지 55~60%로 상향 조정하면서도, 재생에너지원별로 설치 용량을 제한



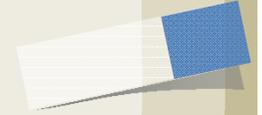
안전의 개념



- 안전 : 위험을 전제로 한 개념
“Freedom from harm or risk”
- 안전의 의미
 - 안전은 위험의 존재 자체의 유무 또는 그 크기에 의한 것이 아니라, 적절하고 충분한 위험 관리 시스템이 있고 이 시스템의 신뢰도에 따름



안전 개요 (안전이란?)



□ 원자력 위험/공포의 요인-일반인의 관점

- 방사선 수반 : 치명적 장애 가능성, 유전적 영향 가능성, 저선량 영향의 불 명확성
- 사고의 경험 : 사고결과 광범위, 후유증에 대한 불확신
- 원자폭탄 : 가공할 위력, 인류 멸망의 무기가 될 가능성

□ 안전과 위험

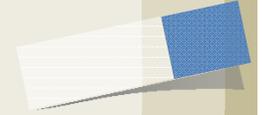
- 이성적, 논리적, 객관적, 공공성 편익 기준
- 기술적 요인-안전설비-안전성 평가
- 설비, 부지-공학기술, 과학의 향상
 - ▣ 안전한 설계, 건설, 운영으로 확보 가능

□ 안심과 공포

- 감성적, 직관적, 주관적, 개인적 심정 기준
- 인식의 요인-내면 의식-교육 및 홍보
- 사람, 지역-사회 전반의 인식의 향상
 - ▣ 교육, 홍보, 사회적 수용성(PA)이 필요



안전의 속성



□ 안전은 기술 관리의 문제이다

- 검증된 기술 관리, 품질관리- 설계, 건설, 운영
- 안전 최우선 문화

□ 안전은 아는 만큼 안전하다

- 전문가의 신뢰 - 선진국과 후진국
- 증기기관, 휘발유, 니트로글리세린, 보일러

□ 안전은 수용성의 문제이다

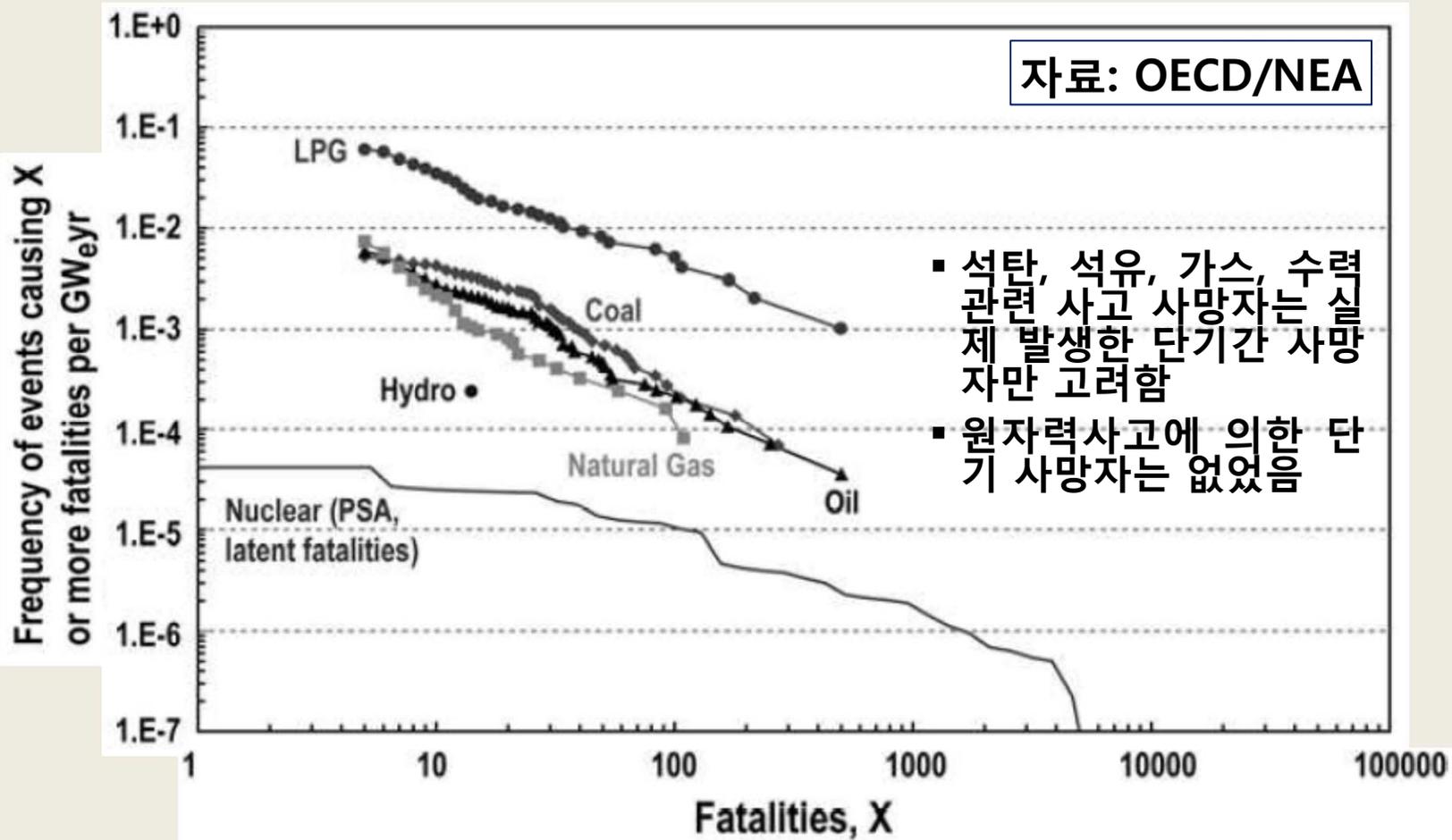
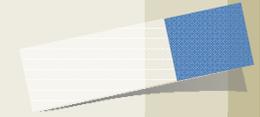
- 수용성은 신뢰에 기반한다 - 투명성, 정직성, 일관성 등
- 위험을 수반하지 않는 문명의 이기는 없다.
- 위험과 공포를 극복하지 못하면 문명과 문화의 발전도 없다.
- 공포를 극복 하는 것이 문명/ 문화 사회로 가는 길이다.

현대 산업사회의 다양한 리스크 (재해)

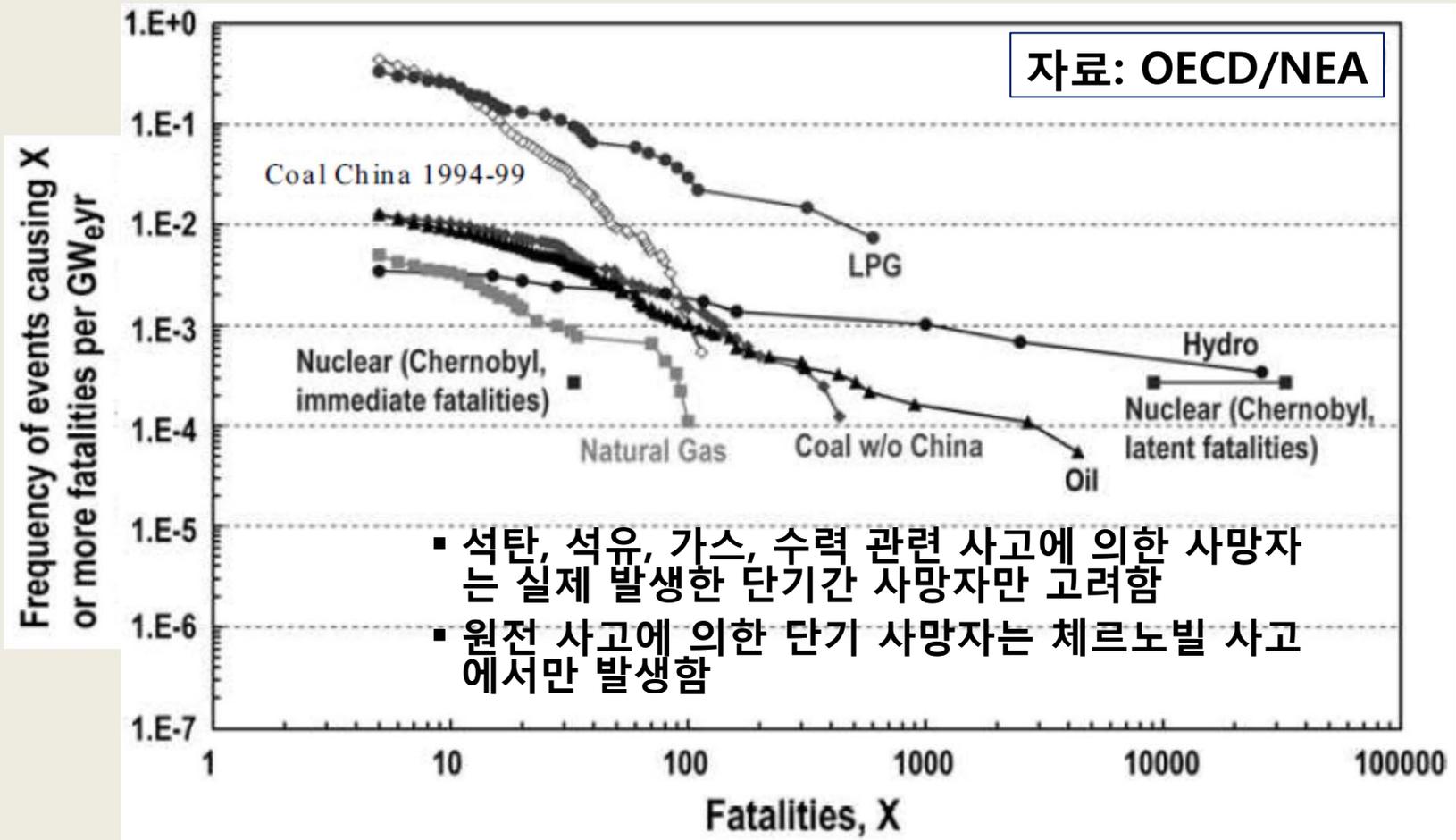
- 대표적 위험 요인
 - 자연 재해: 지진, 해일, 홍수, 태풍, 고온, 운석충돌, 낙뢰, 눈사태, 산사태
 - 질병 발생: 암, 에이즈, 광우병, 사스, AI
 - 교통 사고: 자동차, 비행기, 배, 기차, 지하철
 - 환경 사고: 음식물, 전자파, 오염된 물/공기, 오존,
 - 대형 설비사고: 원전, 화학공장, 가스, 댐 붕괴, 교량
 - 불의의 사고: 화재, 추락, 추락 물, 감전, 강도



OECD 국가의 에너지원 리스크 비교

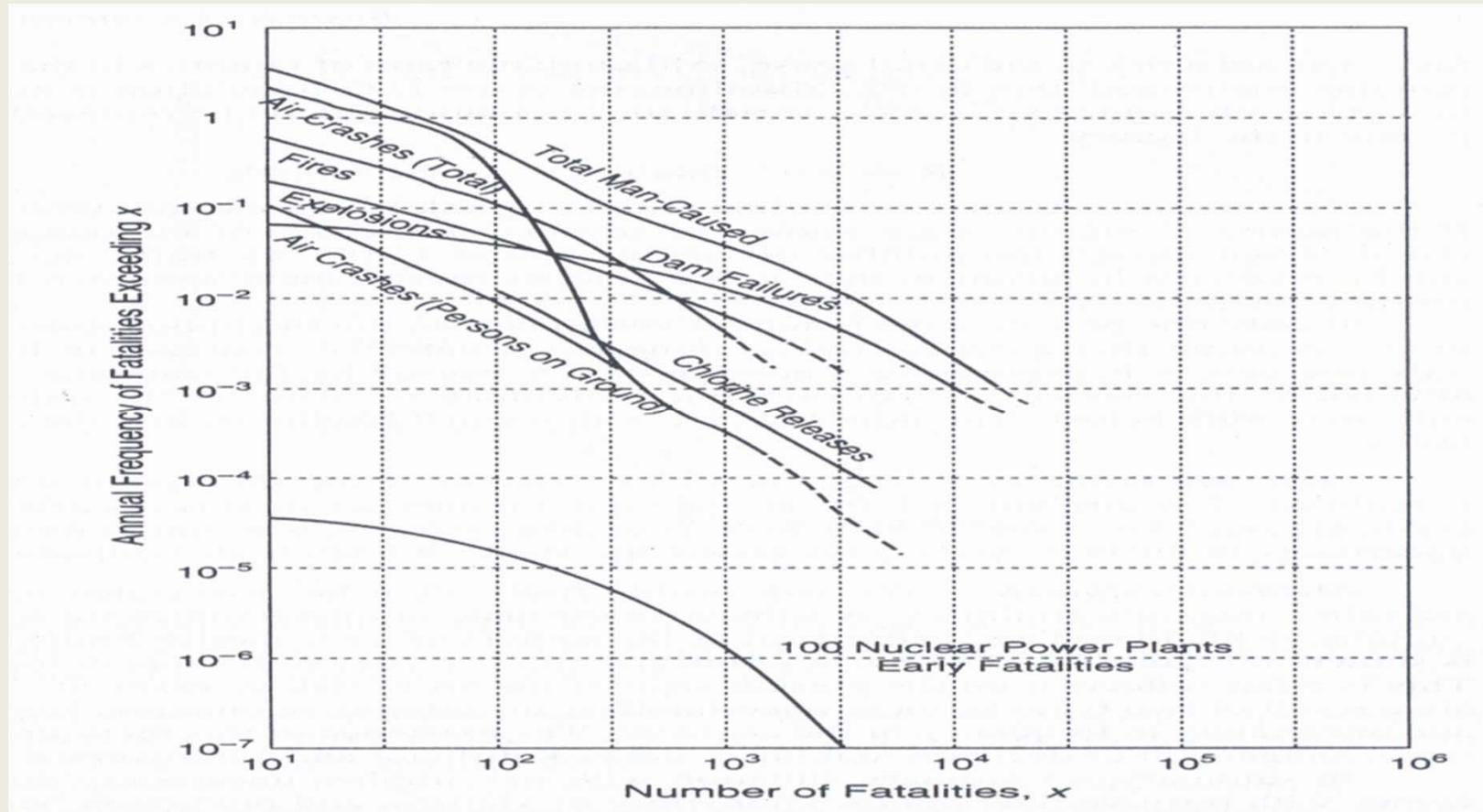
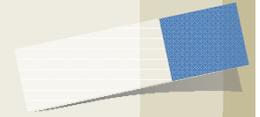


비 OECD 국가의 에너지원 리스크 비교



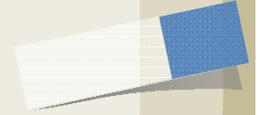


100 기 원전에서의 중대사고와 인공재해와의 비교 (WASH-1400)





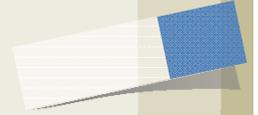
원자력 안전 개념의 변천



- TMI-2 사고(1979년, 미국)
 - ▣ 중대사고로 취급되는 원자로(노심) 손상 사고의 발생
 - ▣ 운전 안전성에 대한 인식강조: 운전원 자질, Man-Machine Interface(MMI), 운전 경험의 반영, 비상 계획 등 도입
- 체르노빌 원전 사고(1986년, 구 소련)
 - ▣ 안전 문화의 원전 안전성 평가에 도입
 - ▣ 국제 협력의 중요성 인식



원자력 안전 확보 개념의 변화



- 사고(TMI, 체르노빌) 이전의 주요 안전 대책
 - 설계기준 사고에 대한 안전성 확보
 - 출력 급상승 방지를 위한 신뢰할만한 방법
 - 만일의 사고시 방사성 물질의 환경누출 방지를 위한 격납용기의 채택
 - 심층 방어 및 결정론적인 안전대책
- 사고(TMI, 체르노빌) 이후의 주요 안전 대책
 - 중대 사고 대책 도입
 - 안전문화
 - 확률론적 안전성 평가
 - 원전 안전에 대한 국제 공동 노력 강구



후쿠시마 원전 사고의 근본 원인

- **미국설계 원전 건설 시 일본고유 부지특성 고려 미흡**
 - 지진: 최초 설계기준 0.18g → 0.447g vs. 0.561g
 - 쓰나미: 최초 설계기준 3.1m → 5.7m vs. 15m
 - 비상디젤발전기, 직류축전지, 배전반 등의 지하/1층 위치 등
- **최상의 지식에 기반을 두지 않은 의사 결정**
 - 원전 안전성에 대한 과신/무지: 중대사고, 쓰나미 가능성/영향
 - 기관 간, 기관 내부의 정보 소통 부족
 - 동경전력의 안전문화 취약: 과거에도 문제 다수 발생
 - 운전경험, 연구결과로부터 도출된 새로운 지식의 반영 미흡
- **제도/조직 및 규제의 실패**
 - 규제기관과 산업체 간의 독립성 부족 및 유착문화
 - 원전산업현장(산업체+규제)의 고립 → 전문가 역할 미흡

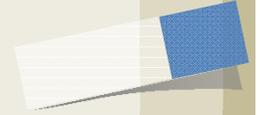


➔ 최근 원자력 안전성 확보의 추세

- 중대사고 대응 설비 및 관리 절차 제공
- 노심 손상 확률 산출, 방사능 대량 누출 확률 및 위험도 산출 등 정량적 안전성 목표 설정
- 위험도에 근거한 설비 안전 등급 설정
- 위험도 기반 규제 체제
 - 성능적 규제, 성능기준 목표 설정
- 사업자 자율적 안전 관리 절차
- 안전 문화의 정립
- 안전 기준의 국제 기준화 및 규제: 국제간 원전안전 협약, 기준의 공유



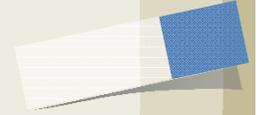
원자력 안전 문화 (1)



- 원자력 안전 문화란:
 - 원자력 안전을 최우선으로 고려하는 조직과 종사자의 태도와 성향의 결집체
- 안전 문화의 주체:
 - 제도 및 법령
 - 관리자
 - 종사자
 - 사회 문화



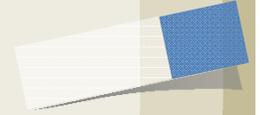
원자력 안전 문화 (2)



- 정책차원의 임무:
 - 안전 정책의 수립: 안전성 활동 수행 조직, 책임, 목표, 임무
 - 안전 정책 관리 조직: 안전 관련 사항의 책임을 명백히 함
 - 인력 및 예산 확보: 안전에 중요한 영향을 줌
 - 자체규제 활동: 안전성 기여 활동의 주기적 검토



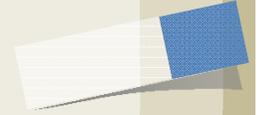
원자력 안전 문화 (3)



- 관리자의 임무:
 - 안전 책임의 할당: 책임 수행을 위한 지휘 체계 정립
 - 안전 관행 정착: 안전 작업의 철저한 보증
 - 훈련 및 자격 관리: 직무 수행 능력 확보
 - 포상 및 처벌: 동기 부여
 - 감사/검토 및 비교: 품질 활동을 초과 하는 감시 활동



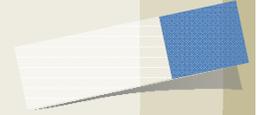
원자력 안전 문화 (4)



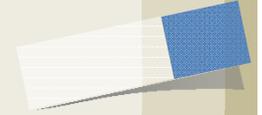
- 종사자의 임무:
 - 항상 문제 의식을 갖는 직무 태도
 - 철저하고 신중한 접근 방법
 - 활발한 안전 관련 정보 교류



기후변화시대 한국 에너지 정책에 대한 리처드 물러 교수의 제안



- '대통령을 위한 물리학 (Physics for the Future President)' 및 '대통령을 위한 에너지 강의 (Energy for the Future President)'의 저자
- 에너지 안보 (Energy security)와 환경지속성 (Sustainability)이 21세기 에너지 정책의 중요한 두 축이 될 것이라고 미래 대통령에게 조언
- 원자력 안전의 담보가 가장 중요



Thank you for your attention!