

원자력발전의 사회적 비용

-1. 핵발전의 역사와 핵에너지의 판단기준

2022.9.4
탈핵에너지학회

김해창/ 경성대 환경공학과 교수
환경경제학 박사

한국탈핵에너지학회 2022 하반기 4연속강좌

- 원자력발전, 무엇이 문제인가?
 - 핵발전의 역사와 핵에너지의 판단기준
- 사회적 비용과 원자력발전의 비용산정의 문제점
- 원자력발전, 사회적 비용과 편익을 정확히 계산하면?
- 탈원전에너지전환의 가능성과 그 사회적 비용과 편익



고리1호기 폐쇄 범시민대회

국민의 힘으로
고리1호기 폐쇄하자!



국민의 힘으로
고리1호기 폐쇄하자!

부산 시민의 힘으로
고리1호기 폐쇄하자!

고리1호기 폐쇄 부산 범시민운동본부

고리1호기 폐쇄 부산 범시민운동본부



「후쿠시마가 본
체르노빌
26년째의 진실」
그리고 부산

저자_ 무나카타 요시아스 宗像良保 역저자_ 김해창 金海蒼

공재

아전 신화의

후쿠시마 원전사고는
왜 일어났나

“제2의 후쿠시마 참사가
이 땅에 일어나지 않도록 하기 위하여
후쿠시마 원전사고의 교훈을 잊어선 안 된다”

히타무라 요타로·아베 세이지
·후치가미 마사오 공저
김해창·노익환·류시현 공역

붕괴

美세음

탈핵으로 가는 길

Q&A

고리1호기 폐쇄가 시작이다!

김 해 창 지음



공재

인타임 총서 1

작은 것이
아름답다,

*Small
is
Beautiful*

슈마허
다시 읽기

김해창 지음

인타임

원자력발전의 사회적 비용

에너지전환으로 가는 길

김 해 창 지음



미세옴

CREATIVE CITY BUSAN

창조도시 부산, 소프트전략을 말한다

김해창 지음

Creative City Busan

연타임

코로나시대 대안 찾기

김해창 지음

재난의 정치경제학

“위험사회”를 넘어
“안전 · 신뢰 · 행복사회”로 가는 길

美세움

원자력발전의 빛과 그림자

- 8.15=우리나라 해방,광복절, 일본 패전일
- 1945년 8월 히로시마·나가사키원폭 투하와 2011년 후쿠시마원전사고로 일본은 인류 역사 상 미증유의 대참사를 경험.
- 지난 7월 아베 신타로 전 일본 총리 피격 사망
-아베 전 총리='전쟁할 수 있는 나라' 군국주의의 부활을 꿈꿨던 인물.
- 전쟁은 곧 죽음, 환경과 평화의 대척점. 군국주의로 가면 결국 원전은 원폭(핵무기)으로 전환돼.
- 일본의 흑역사를 보면 진정한 평화란 무엇인가?
국가 지도자를 잘 뽑아야 국민이 평화롭게 산다는 걸 절감.

‘제3의 불’ 원자핵에너지 발명, 무기경쟁의 결과

- 인류에게 ‘제3의 불’이라고 하는 원자핵에너지, 소위 원자력은 지구상에 자연 상태로 존재하지 않았던 것을 발명한 것. 인류가 추구해온 과학 실험의 결과이자 다른 한편 전쟁에서 이기기 위한 무기경쟁의 결과이기도.
- 구니마이 요시아키(國米欣明), 『인간과 원자력<격동의 75년>(人間と原子力<激動の75年>)』(2013)=원자폭탄, 원자력발전, 방사선피폭의 역사 서술. 원자력의 역사, 1938년 ‘핵분열의 발견’에서부터 시작. 2022년은 원자력 역사 84년.
- 1938년 독일의 화학자이자 물리학자인 오토 한(1879~1968)이 원자핵분열을 발견.
- 엔리코 페르미(1901~1954)는 자연에 존재하는 원소에 중성자를 조사함으로써 40종 이상의 인공방사성동위원소를 생성, 실험과정에서 열중성자를 발견
 - 이탈리아인인 페르미는 유대인 아내가 박해를 받아 1938년 노벨물리학상 수상식에 출석한 뒤 바로 미국으로 망명해 원자폭탄개발계획에 참여.
- 유대인이자 폴란드 출신의 미국 수학자 스타니스와프 마르친 울람(1909~1984)은 핵분열이 ‘연쇄반응’을 일으킬 수 있다는 것을 증명해 이론상 원자폭탄 제조의 가능성을 보여
 - 울람은 제2차 세계대전 발발 직전 형제가 동시에 폴란드를 탈출, 남은 가족은 나치의 홀로코스트에 희생. 울람도 미국망명 후 원폭개발계획에 참여.
- 2차 대전 중 폴란드 아우슈비츠를 비롯한 나치 강제수용소에서 유대인 수용자 400만~600만명 집단학살 당해.

맨해튼계획, 원폭 개발성공

-결정권은 과학자에서 정치가 손으로

- 나치 독일이 원폭개발계획 추진 가능성에 초조해한 미국 거주 망명 유대계 물리학자들은 1939년 10월 프랭클린 루즈벨트 미 대통령 앞으로 서신을 보내 독일보다 먼저 원자폭탄 개발을 추진할 것을 요망.
- 그래서 나온 것이 소위 '맨해튼계획'=당시 20억 달러(지금의 금액으로는 약 300조원)라는 막대한 예산에 연 54만명이 동원.
- 1945년 7월 16일 사상 최초의 원폭실험 성공=>원자폭탄의 제조·관리·사용의 의지결정권이 과학자들의 손에서 정치가의 손으로 옮겨가.
- 히틀러, 그 해 4월 30일 이미 저택 지하에서 자살, 5월 8일 독일정부가 연합국에 항복, 폴란드의 강제수용소들도 소련에 의해 해방.
- 트리니티실험의 가공할 결과를 앞에 두고 개발에 참여했던 대부분의 과학자들이 "절대 인류에게 사용해서는 안 된다"고 경고했으나 이미 과학자의 손을 떠났다. 인류의 불행의 시작이라고나 할까.

히로시마, 나가사키 원폭 투하



- 1945년 8월 6일 오전 8시 15분 일본 히로시마 원폭 투하=원폭 '리틀보이'는 1000만분의 1초의 핵분열의 연쇄반응으로 우라늄 235 60kg중 1kg이 핵분열을 일으켜 핵에너지를 방출. 이때 리틀보이의 중심부는 5,500만°C의 고온과 수십만 기압이 형성. 1946년 2월 유엔사령부는 히로시마 원폭 사망자가 78,150명, 행방불명 13,983명, 중상자 9,428명, 경상자 27,997명으로 발표(직접피폭자).
- 1945년 8월 9일 오전 11시 2분 플루토늄형 원자폭탄 '팻트맨' 나가사키 상공에서 투하=당시 나가사키시 인구 24만명 중 사망자가 73,884명, 부상자 74,909명으로 발표.

6·25전쟁 중 원폭 사용될 뻔

- 원자폭탄이 남의 나라 이야기만이 아니다.
- 6·25전쟁 중 국이 인해전술로 한국전쟁에 참가해 유엔군과 국군이 후퇴를 거듭할 때 맥아더가 트루먼 대통령에게 만주 월경지역 폭격과 만주 주요 군사기지 및 중국 본토에 원폭투하 허가를 요청.
- 트루먼은 배후 소련의 한국전쟁 참전 유발을 우려해 단념했는데 맥아더가 대통령의 우유부단을 비판.
- 이에 트루먼은 원폭사용대신 맥아더를 해임하는 결단을 내려. 귀국 후 미 의회의 증언대에서 맥아더가 남긴 말이 바로 “노병은 죽지 않는다. 다만 사라질 뿐이다.”
- 인류사상 3번째 원폭투하를 가까스로 피한 것(國米欣明, 2013).

미소냉전과 '원자력의 평화적 이용'

- 1945년 2차 대전 종전과 더불어 미소(美蘇) 냉전 시작
 - 미국은 1952년 11월에 수소폭탄 폭발실험을 성공. 1942년 페르미가 세계 최초로 핵분열을 제어할 수 있는 원자로 제작의 길을 열었고, 미국은 1951년 고속증식도로 100kW의 터빈 구동에 성공. 1952년 미 원자력잠수함인 노틸러스호가 탄생.
 - 옛 소련도 1954년에 5MW의 발전용 원자로를 개발.
 - 미국은 1957년 60MW의 가압경수로(PWR)인 시핑포트원전을 가동, 1961년 180MW의 비등경수로(BWR)인 드레스덴원전을 건설, 상업운전 시작(『원자력의 유혹』, 심기보, 2008).
- 1953년 1월 대통령 취임 아이젠하워, 냉전에서의 급속한 핵개발 경쟁으로 핵전쟁 위험이 현실화되고 있다는 위기감을 안고 유엔 총회에서 '원자력의 평화적 이용(Atoms for Peace)' 연설.
 - 아이젠하워, 원자력의 평화적 이용 추진과 군사 전용 방지를 담보하기 위한 보장조치로 국제기구의 설립을 제안, 1957년 미국 주도로 IAEA(국제원자력기구) 설립.
 - IAEA, 원전 원자로 안에 생성되는 플루토늄(Pu)239의 핵무기 전용 특히 경계.
- 우라늄(U)235의 핵분열을 이용하는 원자로에서는 연료봉 안에 핵분열을 하지 않는 U238이 다량 포함. 이것이 원자로에서 고속중성자 조사를 받아 중성자를 원자핵 내에 포획해 U239가 돼. 그것이 베타선을 방출해 핵붕괴(베타붕괴)를 하면 넵튠239로 변하고 또 한번 베타붕괴를 하면 핵분열물질인 플루토늄(Pu)239가 생성. Pu239를 재처리해 뽑아내면 핵무기용으로 사용도 가능(북한의 핵개발 과정과 유사)

원자폭탄과 원자력발전 '동전의 양면'

- 원자폭탄과 원자력발전은 '자연에서의 낙뢰'와 '가정에서의 전기'와 같아
- 보통의 핵연료는 원폭과 같은 우라늄(U)235. 원폭이나 원전 모두 이 원자에 중성자를 합성시켜 핵분열을 일으키게 한다는 점에서 원리는 같아.
원폭=연료 속에 핵분열을 일으키는 $U235$ 가 95% 이상 포함돼 있으므로 1회 핵분열에서 발생하는 2~3개의 중성자가 잇달아 $U235$ 와 만나 한순간에 모 든 핵분열이 일어나. 원전 연료에 포함되는 $U235$ 는 5% 정도, 나머지는 핵분열을 일으키지 않는 $U238$. 원전은 핵분열로 생긴 중성자 일부를 제어봉에서 흡수하여 급속한 연쇄반응이 일어나지 않도록 조절하면서 발생한 열로 물을 끓여 그 증기로 발전.
- **원전**=원자폭탄을 평화적으로 이용, 사실은 원자폭탄의 에너지를 기술적으로 제어해 이것으로 수증기를 만들어 발전기 터빈을 돌리기에 화력발전과 원리 동일. 원전은 핵분열시 나오는 방대한 열로 물을 끓여 증기를 만들어서 터빈을 돌리는데 원전 연료봉의 중심은 약 2800°C . 원전의 터빈을 돌리는데 이용하는 증기는 400°C 전후이므로 약 3분의 2의 열은 바다나 강, 호수로 방출.
- 분열로 생긴 중성자 일부는 $U238$ 에 흡수되어 원폭 재료가 되는 플루토늄(Pu)239 생성=> 원전은 '평화를 표방한 군사시설'이기도. 원전에서 나오는 '죽음의 재'인 사용후핵연료는 수십만년에 걸쳐 방사선과 열을 계속 방출. 현재 스웨덴, 핀란드를 제외하고 전 세계에서 사용후핵연료 영구 처분방법을 정한 나라는 없어.

일본 아베, 군국주의, 핵무기

- 7월 8일 일본의 아베 전 총리가 참의원 선거 유세 중 괴한에게 총격 사망
- 아베. 일본 최대 극우 단체인 일본회의 회원, A급 전범들이 합사된 야스쿠니 신사 참배를 강행, 일본의 재무장 및 군비 증강 추진 일본 군국주의의 화신. 아베 사후 자민당 선거 압승으로 평화헌법 개정에도 나설 움직임. 이러한 일본 군사대국화의 핵심은 핵무기 보유. 일본은 언제든지 원전 사용후핵연료 재처리에서 나온 플루토늄으로 핵무기를 만들 수 있는 능력 보유.
- 국제정세분석가 다나카 사카이(田中宇)='일본의 핵무장과 세계의 다극화'(세계한인신문, 2013년 5월 21일)라는 칼럼에서 '일본은 롯카쇼무라의 재처리 공장이 풀가동되면 연간 9t의 플루토늄을 추출 가능. 핵무기 2천기를 만들 수 있는 분량. 아베 정권 주변 일본 핵무장 여론 고조 움직임. 일본 외무성, 2006년 9월 일본이 핵무기를 만들려면 3~5년의 시간과 3000억~5000억 엔의 비용이 소요될 것으로 추산되는 핵무장 논의의 토대가 되는 보고서를 작성, 이는 일본이 핵무기를 만들 방향을 모색하고 있다는 것을 의미.'
- 우리나라도 핵무기를 만들 역량은 있어. 미국 과학자연맹 퍼거슨 회장의 「한국 핵무장능력 평가보고서」(2015)='한국이 핵무기를 만들려면 핵분열 물질, 핵폭탄 설계능력, 그리고 운반 수단을 갖추어야 하는데, 월성에 저장된 사용후핵연료 재처리하면 2만6,000kg(26t)의 '무기화할 수 있는 플루토늄'을 얻을 수 있어. 이는 4,330개(1개당 6kg 소요)의 핵폭탄을 만들 수 있는 양'이라고 소개. 현실적으로 우리나라는 사용후핵연료 재처리가 불가능. 대한민국의 핵무장 가능성과 변수는 전적으로 미국의 의사에 달려있다는 것.

일본 후쿠시마 원전 사고(2011)



•일본 경제산업성, 2011년 후쿠시마사고 발생 당시 원자로의 냉각비용과 배상금 최소 5조8000억엔 추정. 2014년엔 11조엔으로, 2016년엔 20조엔(약 200조원) 추정 발표.

•원전사고처리비용 전기요금 추가 국민전가 검토. 도쿄전력은 2012년 사고배상비용 2억5천억엔 추정. 일본경제연구센터 2011년에 향후 10년 사이에 처리비용 20조엔 추정 발표.

•진도9의 지진과 쓰나미. 송전선로와 변전시설의 절단, 붕괴로 외부전력 차단. 13~15m 쓰나미에 지하의 비상용 디젤발전기 침수로 발전소 완전정전. 냉각수 펌프가동 불가. 냉각수 증발로 노심온도 1200°C까지 상승.

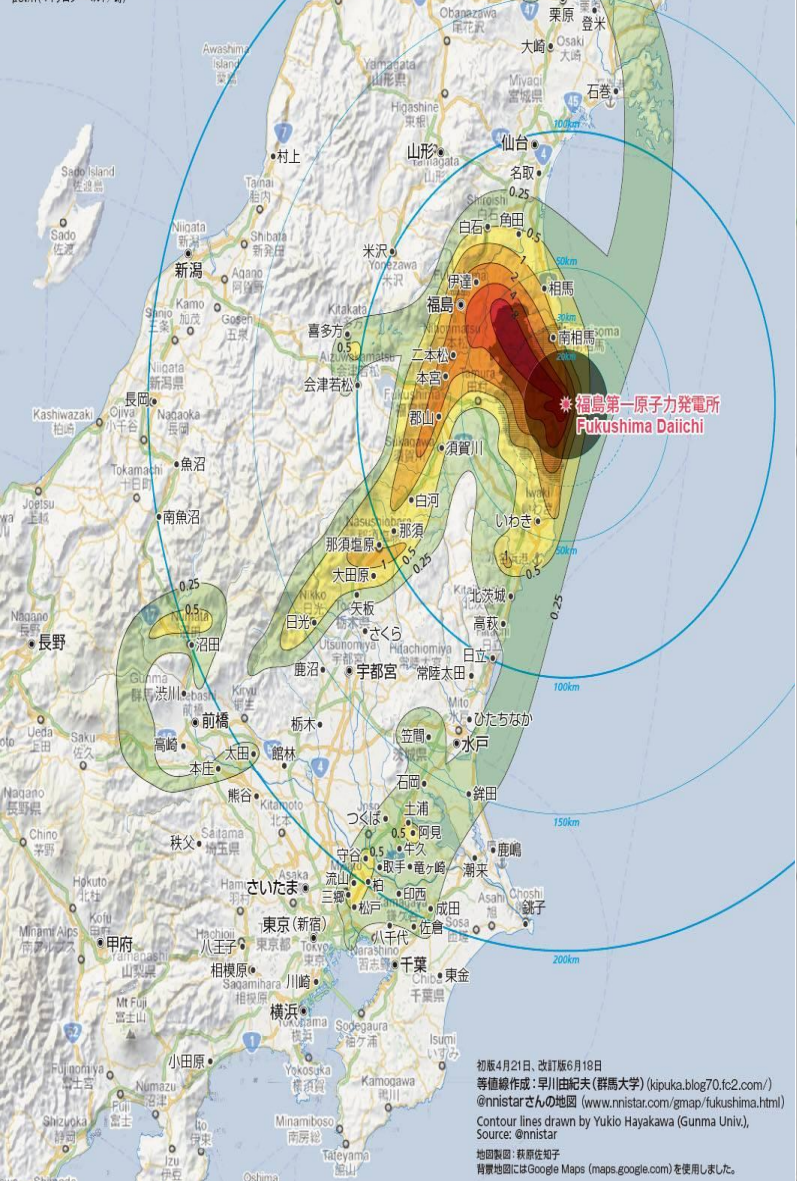
•수소폭발 격납용기 손상으로 방사능의 대기유출. 원자로 냉각을 위한 해수 주입. 노심온도가 2800°C까지 급상승, 노심용융. 이후 냉온 정지 상태 들어가 최악 상황은 회피.



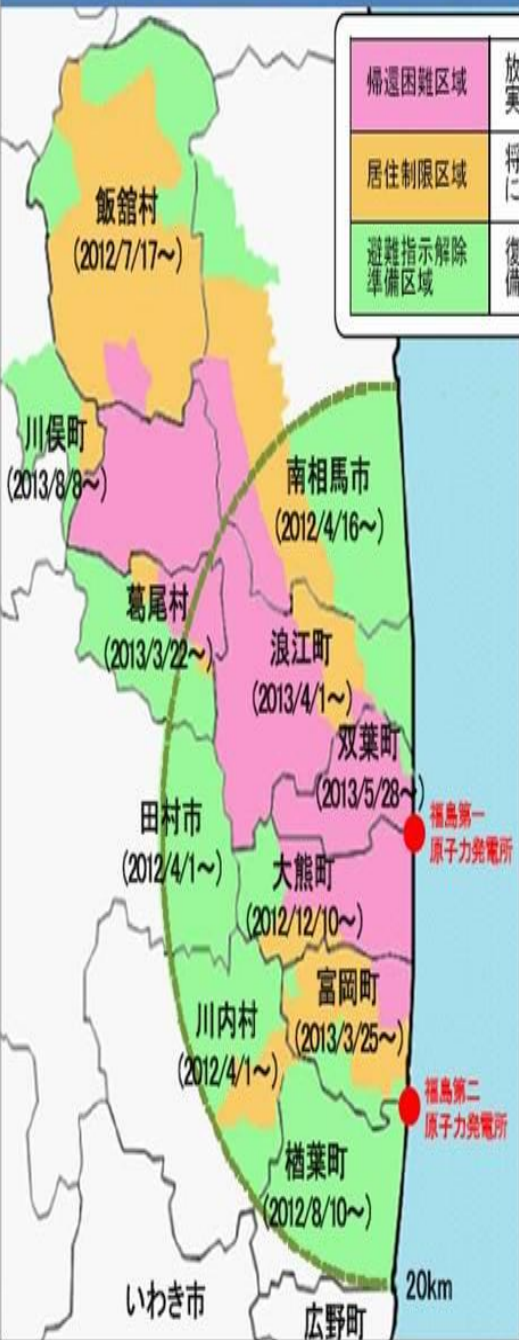
福島第一原発から漏れた放射能の広がり

Radiation contour map of the Fukushima Daiichi accident

国・自治体の計測値7000余りを@nnistarさんがプロットした地図を見て、この等線線を引き。



原子力災害に伴う避難指示区域等



| | |
|------------|--|
| 帰還困難区域 | 放射線量が非常に高いレベルにあることから、バリケードなど物理的な防護措置を実施し、避難を求めている区域。 |
| 居住制限区域 | 将来的に住民の方が帰還し、コミュニティを再建することを目指して、除染を計画的に実施するとともに、早期の復旧が不可欠な基盤施設の復旧を目指す区域。 |
| 避難指示解除準備区域 | 復旧・復興のための支援策を迅速に実施し、住民の方が帰還できるための環境整備を目指す区域。 |

県内11市町村の避難区域再編の状況

| 平成23年 | 平成24年 | | | | 平成25年 | | | | |
|--------------------|------------|---------|---------|----------|----------|---------|--------|---------|--------|
| 12月 | 4月 | 7月 | 8月 | 12月 | 3月 | 4月 | 5月 | 8月 | |
| 16 日 | 1 日 | 17 日 | 10 日 | 10 日 | 22 日 | 25 日 | 1 日 | 28 日 | 8 日 |
| 福島第一原子炉 「冷温停止」を | 川田南 内村相 | 飯橋 栄 | 大熊 | 葛富 屋田 | 浪江 双葉 | 川俣 | | | |

후쿠시마 사고 직접원인 사상자는 4호기 터빈 건물 내에서 사망자 2명, 지진 부상자 6명, 1,3호기 폭발로 인한 부상자 15명, 피폭 가능성은 100mSv 초과 종업원 30명, 제염 실시 주민 88명 등 약 200명. 원전 관련사 공식적으로는 789명. 후타바병원 입원 환자 21명 이송 전후 사망. 쓰나미 사망 실종자 약 2만명.

初版4月21日、改訂版6月18日
等価線作成：早川紀夫(群馬大学) (kipuka.blog70.fc2.com/)
@nnistarさんの地図 (www.nnistar.com/gmap/fukushima.html)
Contour lines drawn by Yukio Hayakawa (Gunma Univ.), Source: @nnistar
地図提供：藤原佐和子
背景地図はGoogle Maps (maps.google.com) を使用しました。

3.11 동일본대지진+후쿠시마원전사고 피해



- 2011년 3월 11일 동일본대지진으로 10~40m 거대 쓰나미가 발생, 도호쿠 지방과 간토지방에 끔찍한 피해 초래.
- 2019년말 지진으로 인한 사망 실종자는 1만 8428명(실종자 2529명), 전파·반파된 건축물 40만 4893채 공식 확인. 어선 피해만 2만 8612척.
- 2019년 7월말 현재 피난자의 수는 5만 271명.
- 일본 정부, 지진 직접 피해액 16조엔~25조엔으로 추산.
- 부흥청이 지진재해 관련사로 2019년 9월말 현재 3,739명 공식 인정.
- 도쿄신문 2016년 3월 현재 후쿠시마 현 내에 최소 1,368명이 원전관련사로 집계.

FUKUSHIMA

「후쿠시마가 본
체르노빌
26년째의 진실」
그리고 부산

저자_ 무나카타 요시아스 宗像良保 역저자_ 김해창 金海蒼

공매김



사고발생 10일후 공개. 현장 사망자는 31명.
13만5천명 피난. 2005년 WHO조사결과 직
접적인 사망자는 9000명으로 평가. 2000년
사고 14주년 추도식에선 사고처리 작업원
85만명 중 5만5000명이 사망 발표. 알렉세
이 야브로코프 박사 사망자 98만명 추정.
방사능 방출량 8t=히로시마 원폭의 약 400
배(IAEA) 공표. 유럽까지 오염 확산. 남한면
적 1.5배 해당지역 오염 추정.

<우크라이나정부 발표>

- 건강한 아동의 비율은 원전사고
6년 후에 24.1%, 22년 후에 5.
8%로 감소.
- 갑상선암 등 만성질환을 가진
아동은, 사고 6년 후 21.1%, 22
년 후엔 78.2%로 증가.

체르노빌4호기의 원자로 비상냉각장치, 비상 원
자로 운전중지 장치, 동력규제장치 등을 잠그고
원자로를 7%의 동력으로 계속 움직이게 하면서
거의 모든 제어봉을 노심에서 꿰었는데 노심의
연쇄반응이 통제 불가능 상태가 된 것.
1983년 가동후 불과 4년만에 대형사고 발생

- 원전에서 동북 350km에는 100개소의 오염위험
지구가 산재, 농업이나 축산업이 금지. 매시 0.3마
이크로시버트 이상 장소엔 지금도 출입금지.
- 이를 일본에 적용하면 후쿠시마현 절반 가까운
지자체가 출입금지구역.
- 한국으로 치면 전국이 피난지역이 되는 것.

2012년 9월2일~9월9일
후쿠시마지원·사람과 문화네트워크
체르노빌(우크라이나)시찰미션
무나카타 요시아스

체르노빌사고의 모습

미국 스리마일섬원전사고(1979년 3월 28일)

- 원자로냉각재상실사고(Loss Of Coolant Accident, LOCA)로 분류, 상정했던 사고의 규모를 웃도는 중대사고(Severe Accident)로 IAEA 사고등급 6에 해당. 스리마일섬원전은 2기의 원자로 중 2호로는 가압수형원자로(PWR), 전기 출력은 96만kW. 당일 영업운전을 개시한 지 3개월을 지나 정격출력의 97%로 영업운전 중.
- 안전밸브에서 500t의 냉각수가 유출, 노심 상부 3분의 2가 증기에 노출돼 붕괴열로 연료봉이 파손. 이 때문에 인근 주민이 대규모 피난. 다행히 운전원에 의한 급수회복조치가 취해져 사고는 수습. 결국 노심용융으로 연료의 45%, 62t이 용융, 그 중 20t이 원자로압력용기 바닥에 남아 있었으며, 방출된 방사성물질은 헬륨, 아르곤, 제논 등 희귀가스가 대부분으로 약 92.5TBq, 요소는 555GBq.
- 인근 주민의 피폭은 0.01~1mSv 정도. 미국의 조셉 망가노 박사 산정을 바탕으로 사고 2년 뒤 풍하지역 유아사망률에 급증 보고. 반핵운동가인 하비 와스먼은 방사성 강하물로 말이나 소의 번식률이 현저히 낮아진 사실이 펜실베이니아 농업국이 낸 통계에서 보인다고 말했으나 농업국은 사고와의 관련을 부인. 원전 40km권내에 100개체 이상의 동식물의 기형이 발견됐다는 보도.

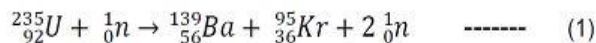
원자력 관련 기타사고

- **1950, 51년 영국 윈스케일 원자로 화재사고**
- 흑연감속. 공기냉각로로 윈스케일(Windscale)1호기, 1950년 10월, 2호기, 51년 6월에 상업운전 개시 6~7년 만에 사고가 일어나 운전을 종료. 2기의 원자로로는 영국의 원폭제조계획의 일부로 강행공사를 해 건설한 것. 1호기의 노심에서 화재가 발생했기에 엄청난 방사능오염을 방출, 사고로 직접적인 사망자는 없지만 사고가 원인인 암으로 12명이 사망 보고와 100명 사망 또는 그 이상이라는 시산도 있어. 윈스케일지역에서 태어난 아이들은 백혈병으로 사망하는 비율이 평균 9배에 이르고 있다는 조사(1987년), 주민들 암 많이 발생 호소.
- **1957년 옛 소련 키슈템 재처리시설 고준위 폐액저장조 폭발사고(우랄핵참사)**
- 옛 소련 키슈템 재처리시설에서 고준위방사성폐액의 폭발사고 발생. 고준위폐액저장소에는 스트론튬90 등 74000조 Bq의 방사성물질이 들어 있었고, 그 중 7400조Bq가 1000m 상공까지 분출해 바람을 따라 광범위한 지역까지 비산. 하천 하류 마을 약 30~50km, 연장 300km에 걸쳐 오염 34,000명 피폭, 23개 마을 약 1만 명 피난. 사고원인은 저장조용액과 냉각수 온도센터의 고장과 맞물려 냉각계가 고장을 일으킨 것. 이 때문에 붕괴열로 인해 자연발열이 일어나 100°C로 관리되던 폐액의 온도가 320~350°C까지 상승. 이로 인해 용액이 증발해 폐액에 포함됐던 초산소다와 초산소다의 건조염이 나와 폭발. 옛 소련정부가 공식적으로 이 사고를 인정한 것은 1989년 6월 16일로 서방측으로 망명한 분자방사선생물학자 조레스 A. 메드베제프 박사가 1976년 영국 과학지『뉴사이언티스트』에 우랄핵참사와 관련된 논문을 게재하고 1979년 『우랄핵참사』 출판때까지 은폐. 타스통신 보도.
- **1954년 미국 초산우라닐용액수송차 전복사고**
- 워싱턴주 핸포드핵시설 구내에서 초산우라닐육수화물(UNH)용액을 수송하던 탱크롤리가 전복, 5700ℓ 이상의 용액이 비산. 소방대가 도로를 물로 씻고 오염된 지면을 파냈고 우라늄은 대부분 회수. 탱크롤리 운전자가 브레이크가 잘 듣지 않는다는 사실을 알고서도 운전, 탱크롤리의 설계 잘못도 간접적 원인. 배달 독촉도 사고 한 요인.
- **1980년 호주 아메리슘241 등 수송트럭 전복사고**
- 1980년 12월 4일 오전 6시경 호주 포트매커리 인근 고속도로에서 60ℓ 드럼통에 담은 아메리슘241과 보다 소형인 실린더에 든 세슘137을 적재한 세미 트레일러가 밴 차량과 충돌한 뒤 전복. 드럼통과 실린더는 노상에 뒹굴어. 드럼통에는 아메리슘의 납용기가 다행히 파손되지 않아 누출도 없었음. 많은 사람들이 토하거나 어지럼증 호소. 1명은 중상이었는데 방사능 아니라 함께 적재했던 살충제DDT때문. 그 뒤 30년이 더 지난 2012년 4월 18일 도로공사를 하던 인부 5명이 이 고속도로에서 기묘한 점토상 물질을 파낸 뒤 토하는 증세를 보여 병원에 이송돼. 과거 사고 당시 현장 인근에 묻은 세슘137이 원인이라는 지적이 있으나 호주 정부는 부인.

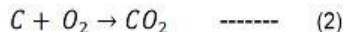
원자력발전? 정확하게는 핵발전!

원자력이 아니라 핵분열 에너지

질량이 큰 핵을 쪼개서(핵분열) 에너지를 얻는 것이 핵분열 에너지이고 역으로 질량이 작은 핵을 융합시켜서 에너지를 얻는 것이 핵융합에너지이다.



반면에 우리가 화석연료를 이용하는 방법은 탄소원자와 원자(산소분자)의 결합과정을 통해서 열을 얻는 것이다.

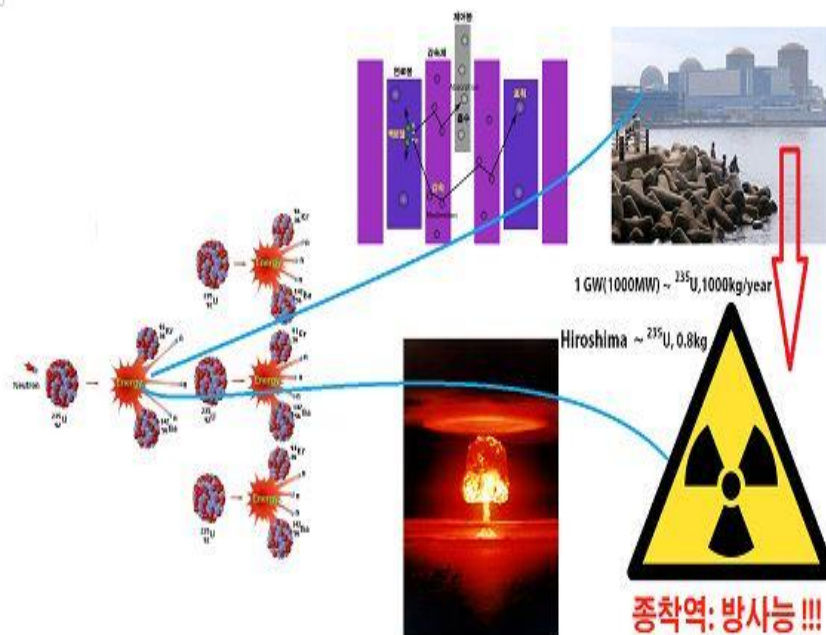


식 (1)은 우라늄(U)의 원자핵이 중성자(n)에 의해서 바리움(Ba) 핵, 크립톤(Kr) 핵과 두 개의 중성자(n)로 핵변환(분열)이 일어나는 것을 나타낸다. 중성자들을 포함한 이 두 핵은 우라늄 핵으로 돌려놓을 수 없다. 반면 식 (2)에서 탄소 원자와 산소분자의 결합은 인류가 일찍이 열(에너지)을 얻는 방법으로, 불이 붙는 과정을 나타낸다. 화학적으로는 산화과정으로 결합되면서 탄산가스(CO₂) 분자가 만들어지고 열이 발생한다. 핵분열은 핵에서 다른 핵으로 변환하는 것이지만 산화과정은 원자와 분자가 각각 원자들의 고유 형태를 유지한다는 점에서 두 과정은 차이가 있다.

원자력 에너지라는 표현은 잘못된 것이다. 우리가 핵분열 에너지를 원자력이라고 부르는 것은 처음부터 단추를 잘못 꿰는 것이다. 원자력(원자 사이의 힘)을 이용하는 것은 오히려 산화과정 아닌가? 수백kg 혹은 수십톤의 거대한 물체들 들어 올리는 데 강철 케이블을 사용한다면 그 강철, 즉 철(Fe) 원자들 사이의 강력한 결합력을 이용하는 것을 원자력(원자 사이의 힘)이라고 해야 한다.

핵에너지를 원자력 에너지라고 부를 수는 없다. 원자력이라는 말은 일본이 '핵분열(폭탄)'=무기'라는 인식을 불식시키기 위해 어린이 만화 '아톰'을 끌어들여 '원자력의 평화적 이용'이라는 이미지로 포장해 만든 용어다.

원자가 아닌 원자핵을 분열시켜서 얻는 에너지는 원자력이 아니라 핵에너지라고 말해야 정확한 표현이다. 원자력발전소도 잘못된 표현이다. 원전의 영어 표기는 핵발전소(Nuclear power plant)다. 독일도 원자력발전소를 핵발전소(Kernkraftwerk)라고 부른다.



출처: 건국대 물리학과 이준택 교수

▶ 원전(핵발전)의 쟁점과 판단기준

찬반논란의 쟁점

- 안전성
- 경제성
- 대체가능성
- 주민수용성

판단기준 및 검증방법

- 원자력(핵력)에 대한 과학적 지식
- 원전(핵발전소)사고를 통한 객관적, 역사적 사실의 이해
- 원전(핵발전소) 당국 및 규제기관의 전문성, 독립성, 투명성 실태
- 선진국의 원전 관리 및 에너지정책의 흐름

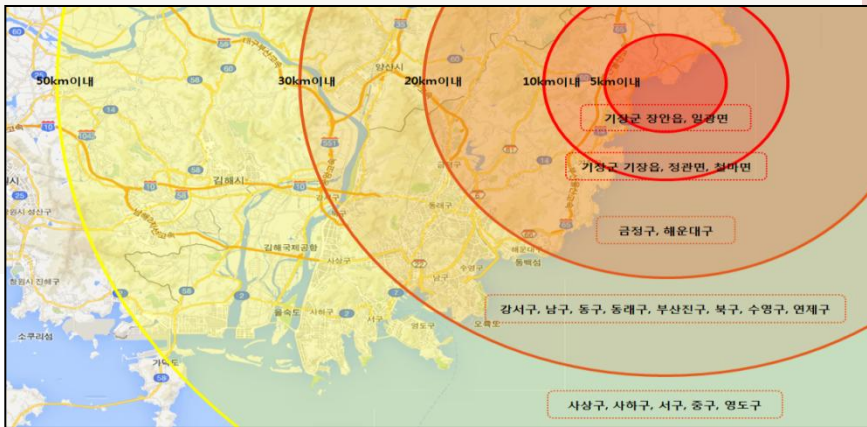
확률론적 안전성과 사고의 전조

- 2004년 일본원자력보안원(우리나라의 원자력안전기술원에 해당)의 일본 원전에 대한 확률론적 안전성평가 =1억년. 원자로에 1회 격납용기 파손사고 확률로 안전하다고 발표.
- 일본 도쿄전력, 후쿠시마원전사고가 나기 전까지도 홈페이지에 원전에서 방사능누출사고가 일어날 확률=1천만분의 1. 설령 사고가 일어나더라도 연료펠릿 고형화, 연료피복관으로 봉쇄, 원자로압력용기, 원자로격납용기, 원자로 철제콘크리트 건조물이라는 '5중벽'이 있어 방사능누출사고는 있을 수 없다고 강조=>2011년 3월 11일 1억년에 한번 발생할 확률의 사고가 후쿠시마원전에서 발생.
- 우리나라 원자력안전기술원 월성1호기 계속운전심사보고서, 월성1호기의 확률론적 안전성평가=4천만년. 원자로에 1회 격납용기 파손 발생확률. 원전형 핵발전소사고가 발생. 이 확률은 1.35%에 해당. 정부와 한수원이 이야기하는 '백만분의 1' 확률이 아니라 한 개의 핵발전소가 있을 때 그곳에서 대형사고가 발생할 확률을 말함. 23개의 핵발전소가 있는 우리나라에서 대형사고가 발생할 확률은 약 27%나 된다고 주장.
- 김익중 교수의 '탈핵한국'(2013) 원전사고 확률=핵사고를 일으킨 국가의 공통점은 1) 핵발전소 개수가 많은 대표적인 미국, 옛 소련, 일본 이 세 나라의 공통점은 원천기술보유국, 원자로 수출국, 원자력 선진국. 세계에서 가장 핵발전소 숫자가 많은 나라에서만 대형사고가 일어났다는 것은 발전소의 개수가 가장 중요한 핵사고의 원인이라는 사실을 웅변. 2013년 전 세계 핵발전소 444개 중 스리마일섬(1개), 체르노빌(1개), 후쿠시마(4개)를 합해 모두 6개의 대형원전사고 발생. 확률 1.36%. 23개 원전 대형사고 발생 확률은 약 27%로 추정.
- 독일의 막스플랑크연구소 핵발전소의 사고확률 계산=전 세계 440개의 민간 원자로를 기준으로 사고등급 7에 해당하는 중대 핵발전소사고가 지난 60년의 핵발전 역사에서 6개의 원전이 폭발한 것을 토대로 앞으로 지구상에서 원전이 중대사고를 일으킬 확률을 수십년에 1회 정도로 전망(김기진 외, 2014).
- 국제신문 조송현 논설위원, 국제칼럼 '무모한 도박(2015.1.22)'=일본 원자력위원회가 후쿠시마 원전사고 이후인 2011년 10월 '원자력발전소의 사고 리스크 코스트의 계산'을 발표한데 따르면 일본의 원전 50기에서 사고가 날 확률은 10년에 1회. 원자로 1기가 1년 가동하면 1노년(爐年), 10년 가동하면 10노년. 일본의 원전은 50기에 1494노년. 그동안 3회의 사고(등급 5 이상)가 났으므로 약 500노년당 1회(3/1494) 사고가 발생. 일본 원전 50기 중 어느 한 곳에서 사고가 날 확률은 10노년당 1회(50/500), 즉 10년에 1회라는 것. 전 세계 원전은 437기에 총 1만4353노년. 사고 횟수는 후쿠시마 3회에 스리마일, 체르노빌 각 1회 등 총 5회이므로 2870노년당 1회꼴. 세계 원전 437기 중 한 곳에서 사고가 발생할 확률은 6.56년 만에 1회(1/2870×437). 이는 10년에 1.5곳에서 발생 가능한 수치. 우리나라 원전은 23기로 이는 세계 전체 원전 437기의 5%에 해당. 따라서 10년 동안 우리나라 원전 중 어느 한 곳에서 등급 5 이상의 사고가 날 확률은 7.5%라는 계산이 나온다는 것.

고리1호기 중대사고 발생한다면 천문학적 피해 초래

- 교토대 박승준 교수 시산
- 장기적인 인명피해가 최대 90만여 명, 피난에 따른 경제적 피해가 최대 628조 원 추정
- 2012년 5월 일본의 원자력 발전소 사고평가 프로그램인 'SEO code'(세오 코드)를 이용해 경제적 피해를 추정한 일본의 '원자력 발전소의 사고피해액 계산'(박승준, 2003)을 한국의 핵발전소에 적용한 것.
- 인근에 인구가 밀집한 부산시가 위치해 있어 방사능 유출사고가 발생하면 **급성사망 4만 7580명에** 이르고 장기적 암사망으로 인한 피해가 최대 85만명으로 예측. 특히, 피난에 따른 경제적 피해는 최대 628조 원에 이를 것으로 추산.

- 『신동아』 2011년 5월호 자료
- 10년 이내 사망 약 4만명 추정(월간신동아가 2011년 5월호에 고리1호기 사고피해 시뮬레이션 결과)
- 핵폭탄 등 대량살상무기가 실제로 사용됐을 경우 피해규모를 현장 사령부에서 신속히 산출할 수 있도록 돕는 HPAC(Hazard Prediction and Assessment Capability) 프로그램을 활용.
- 고리원전 1호기 사고시 인명피해는 우선 바람이 없는 경우 즉시 사망 3864명, 30일 이내 사망 1만5200명, 10년 이내 사망 3만9100명, 허용치 이상 피폭인원(5밀리시버트 이상) 159만 명 등 모두 189만9487명이 피해. 초속 3m 바람이 부는 경우 허용치 이상 피폭자가 500만 명에 이른다는 것. 이것도 물론 원자로 내에는 폐연료봉이 100만개 이상 보관중이며 이 폐연료봉이 함께 폭발하지 않는 조건임.



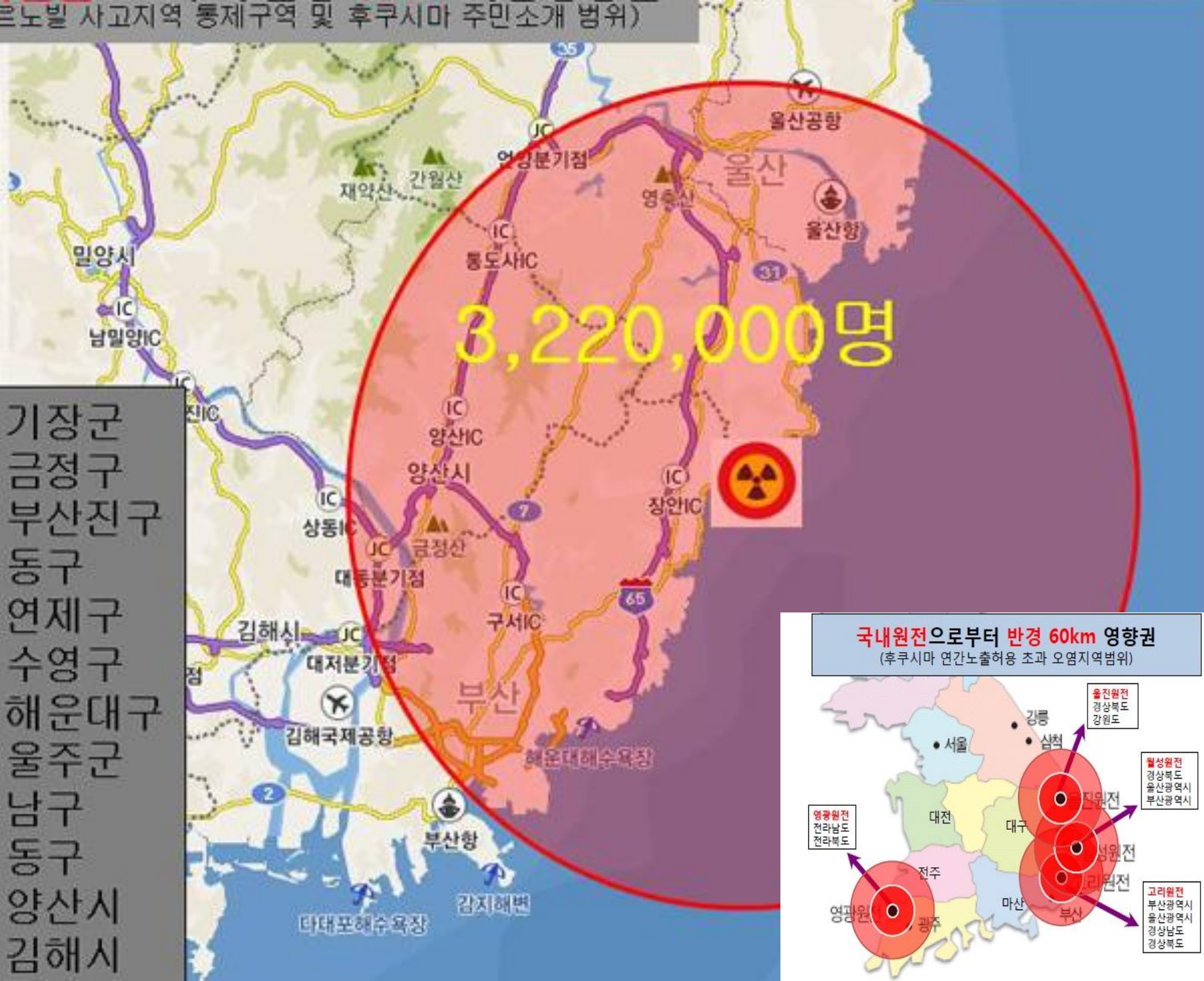
월성1호기에서 중대사고 발생한다면



- 최대 72만 명의 급성(1년내 사망) 및 암 사망자 (50년 장기 사망)가 발생한다는 주장이 제기.
- 2012년 12월. 환경운동연합 등 사고피해 시뮬레이션(모의실험) 결과를 발표. 월성1호기에서 중대사고가 발생시, '울산으로 바람이 부는 경우를 가정, 피난을 하지 않는 경우를 상정하면 약 2만명이 급성 사망, 암 사망은 약 70만3천여명.' 피난을 간다면, '급성 사망자가 4,313명, 암 사망자는 약 9.1만 명으로 대폭 줄어들어 인명 피해에 의한 경제적 손실액은 줄어든다. 하지만 피난으로 인한 인적·물적 자본의 손해가 급증해 전체 경제적 피해는 1,019조원(2010년 명목 GDP의 87%)'으로 대폭 늘어나는 것으로 나타나.
- 바람이 80km 떨어진 대구시 쪽으로 부는 경우, 대구시민의 급성 사망과 급성 장애는 발생하지 않을 것으로 예상되지만, 장기간에 걸친 암 사망자 29만명을 포함해 유전장애 등의 만성장애로 백만명이 넘는 인구가 고통을 받을 것으로 나타나.

(체르노빌 사고지역 통제구역 및 후쿠시마 주민소개 범위)

부산 기장군
 부산 금정구
 부산 부산진구
 부산 동구
 부산 연제구
 부산 수영구
 부산 해운대구
 울산 울주군
 울산 남구
 울산 동구
 경남 양산시
 경남 김해시



'원전은 예상치 못한 때, 예상치 못한 원인으로 일어난다'는 사실(베크의 법칙)

• Beck의 법칙

1965년 미국의 베크박사가 1964년까지 과거 21년간 미국 원전 원자로 및 원전 사고기록(246건)을 분석, 발표한 논문의 결론.

첫째, 원전 사고의 경우 상상 가능한 사고는 일어날 수 있다고 생각해야 한다.

둘째, 사고 시에는 안전장치가 작동하지 않을 수 있다.

셋째, 사고는 예상치 못한 때, 예상치 못한 원인으로 일어나며, 예상치 못한 결과를 낳는 경우가 많다.

원전 추진파들은 철저히 베크의 법칙을 무시하고 있는 현실.

첫째, 그러한 사고가 일어날 리가 없다. 둘째, 안전장치가 작동하지 않을 리가 없다.

셋째, 있을 수 있는 일은 모두 고려하고 있기에 문제가 없다는 식이다(오쿠노 고야 전 교토대 공학부 교수, 2011.9).

• 하인리히(Heinrich)의 법칙

1931년 미국 보험회사 관리감독자인 H.W. 하인리히가 쓴 '산업재해예방' 책에 나오는 것으로 **1:29:300의 법칙**이라고도 함. 수천 건 고객보험 상담 결과 통계적으로 심각한 안전사고 1건이 일어나기 전에 29건의 경미한 사고, 300건의 위험요소가 존재한다는 것.

• 교과서에 나오는 원전사고 원인

①노심용융(멜트다운)사고, ②수소폭발(또는 수증기폭발사고), ③냉각재상실사고, ④인위적 실수 계기이상, ⑤임계사고, ⑥원전의 정전, ⑦냉각수의 손상, ⑧냉각펌프의 문제, ⑨나트륨사고, ⑩반응계수, ⑪제어봉의 출입구 문제 등.

①노심용융(멜트다운)사고의 대표적 사례가 1979년 미국 스리마일섬 원전사고, 1986년 체르노빌원전사고, 그리고 2011년 후쿠시마원전사고임.

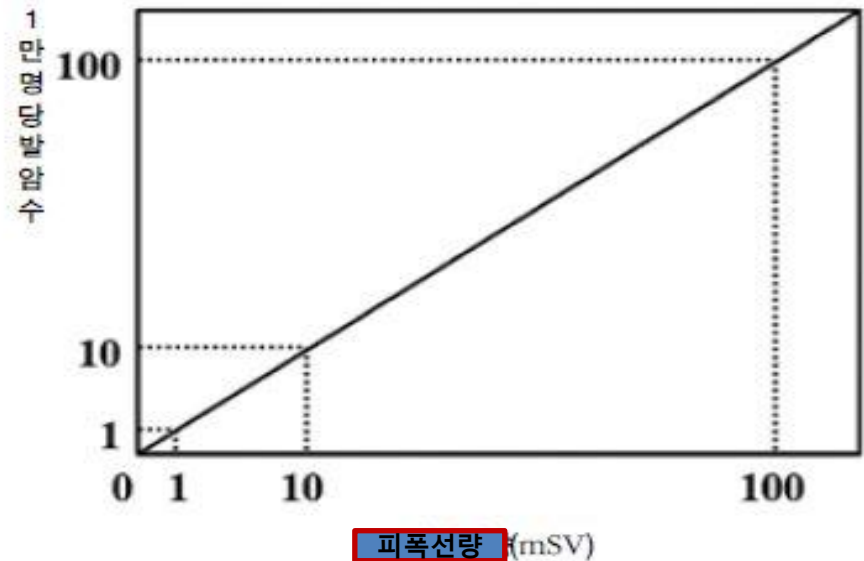
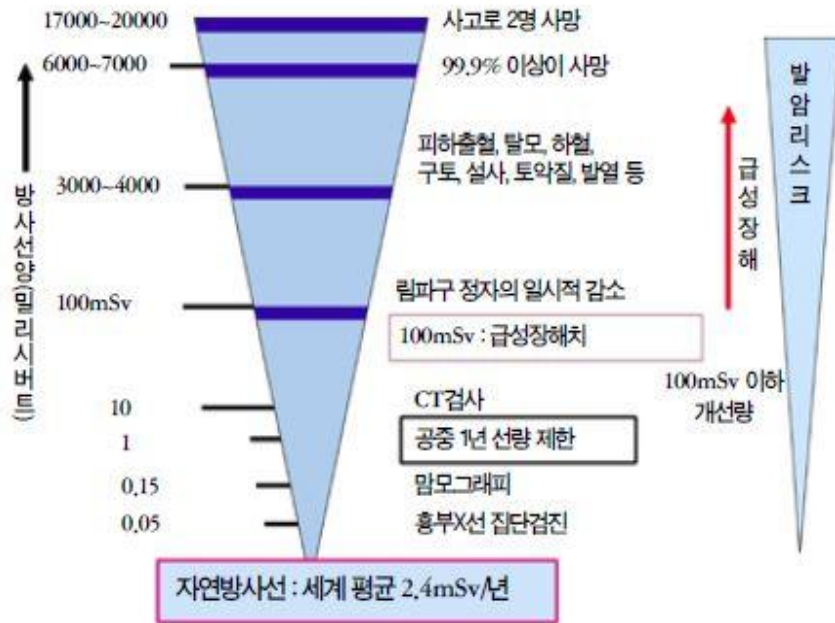
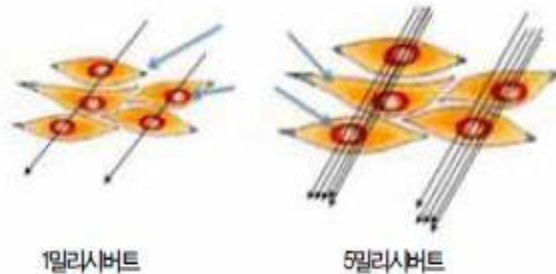
원전 주변 주민들이 타지역과 달리 갑상선암 발병률이 높다



2014년 10월 17일 고리원전 주변지역 10km 내에 20여년간 거주했던 48세 여성의 갑상선암 발병에 대한 책임이 고리원전에 있다는 1심 판결. 한국 최초로 암발생에 대한 원전 책임을 인정한 판결로 원전사고가 발생하지 않는다고 하더라도 방사성물질을 방출하는 원전이 건강에 위대한 시설이라는 사실을 법적으로 인정한 판결로서 의미.

서울대 의학연구원 원자력영향·역학연구소가 2011년 교육과학기술부 과제로 제출한 '원자력 종사자 및 주변지역 주민 역학(疫學)조사 연구'에 따르면 원전 주변지역(5km 내) 주민들의 암 발생이 대조지역에 비해 전반적으로 증가. 특히 여성의 갑상선암의 경우 통계적으로 유의미하게 대조지역에 비해 2.5배 가량 증가한 것으로 확인.

피폭선량과 건강장애와의 관계



“우리나라 원전 안전지대 아니다”

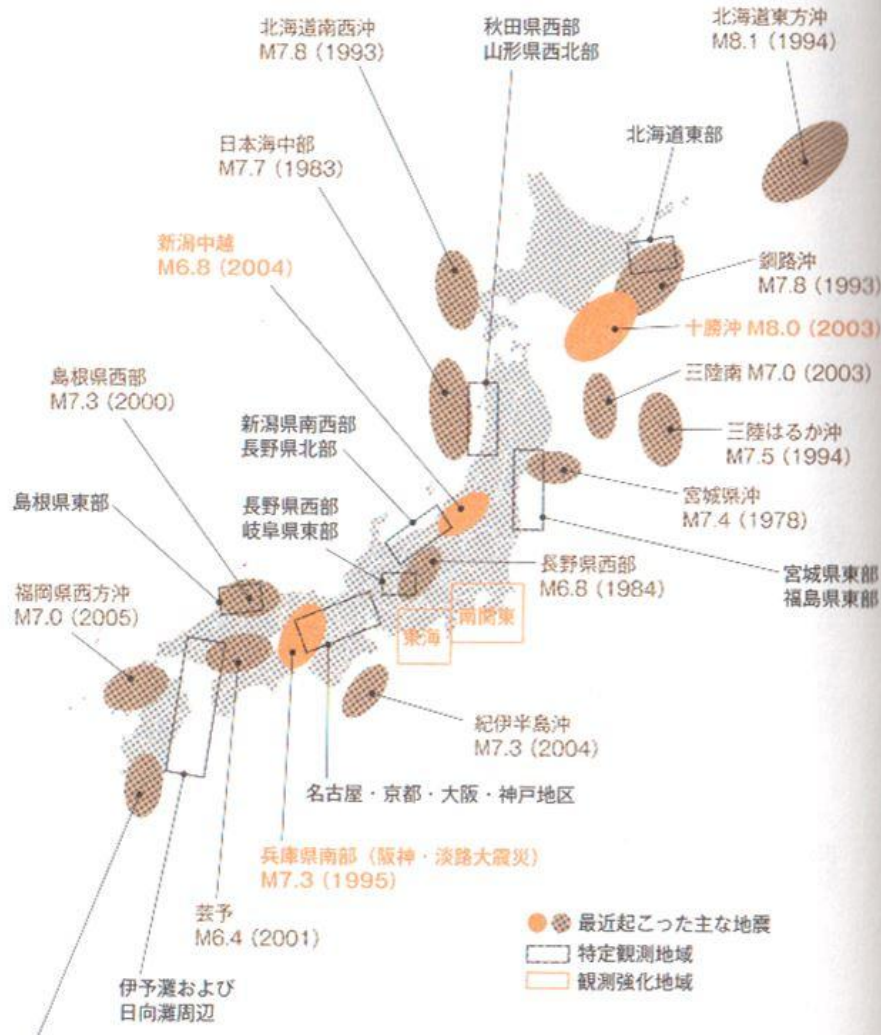
- 2016년 규모 5.8의 경주지진, 2017년 규모 5.4의 포항지진이 발생해 우리나라도 결코 지진안전지대라고 볼 수 없게 돼. 종전 우리나라 관측 최대지진은 2004년 진도 5.2의 울진지진 정도. 최근 관련 학계 전문가들은 환태평양 지진대가 활성화되고 있어 우리나라도 결코 안전하다고 볼 수 없다고 경고.
- 2014년 9월 23일 경주에서 진도 3.5의 지진이 발생한 가운데, 기상청의 지진계측이 시작된 이후 경주 방폐장 반경 30km 내에서 총 38번의 지진이 발생한 것으로 집계(유승희 국회의원, 기상청 자료)=1981년부터 10년간은 총 3회. 1991년부터 10년간은 9회, 2001년부터 10년간은 총 12회였으며 2011년부터 2014년 7월까지 4년간에 무려 14차례의 지진이 발생. 2014년 8월까지 우리나라 원전별 반경 30km 이내의 지진 발생은 월성원전 35건, 울진원전 15건, 영광원전 10건, 고리원전이 5건.

“한국과 일본의 역사지진 무시못해”

- 지진계가 도입된 1978년 이전의 한반도에서 대규모 지진이 발생한 사실은 역사 기록에서 확인 가능. 기상청이 2012년 발간한 자료집「한반도 역사지진 기록」=기원후 2년부터 1904년까지 『삼국사기』를 비롯한 역사문헌에 기록된 지진은 총 2,161회로 그 중 인명피해가 발생하거나 건물을 파괴할 수 있는 진도 8~9(규모 6.5~6.9 정도)의 지진이 15회 일어났다고 기록. 15회 중 10회가 경주 일대에서 일어났으며 1643년에는 진도 10의 지진이 발생한 기록도 있는데 이는 규모 7.3 정도로 추정되는 것으로 22만명의 사망자가 발생한 2010년 아이티지진(규모 7.0)보다 크다는 것.
- 과거 일본의 지진 역사를 보면 2011년 동일본대지진은 헤이안시대인 869년 지금의 도호쿠지역인 산리쿠 앞바다를 진원으로 하는 대지진이었던 ‘조간(貞觀)지진’과 비슷하다는 것. 당시 조간지진은 규모 8.3에 쓰나미 피해가 컸다고. 이런 사실이 후쿠시마원전사고 이전에 ‘조간지진’에 대한 연구 결과가 발표돼 원전의 방재대책을 재검토해야 한다는 제언이 나왔지만 원전당국에 의해 무시(藤田祐行, 2011).
- 과연 우리나라는 규모 7.0 이상의 지진은 오지 않을까? 오창환 전북대 지구환경과학과 교수는「핵발전소 위험과 대책」(2016.7.1) 중 ‘한반도의 지진 위험과 핵발전소’=계기지진과 역사지진을 바탕으로 확률론적 추정을 한 결과 한반도에서 발생할 수 있는 최대지진 규모를 7.4까지 추정. 논문 부산대학교 지질환경과학과 교수는 우리나라 최대 잠재 지진 규모를 7.0으로 추정.

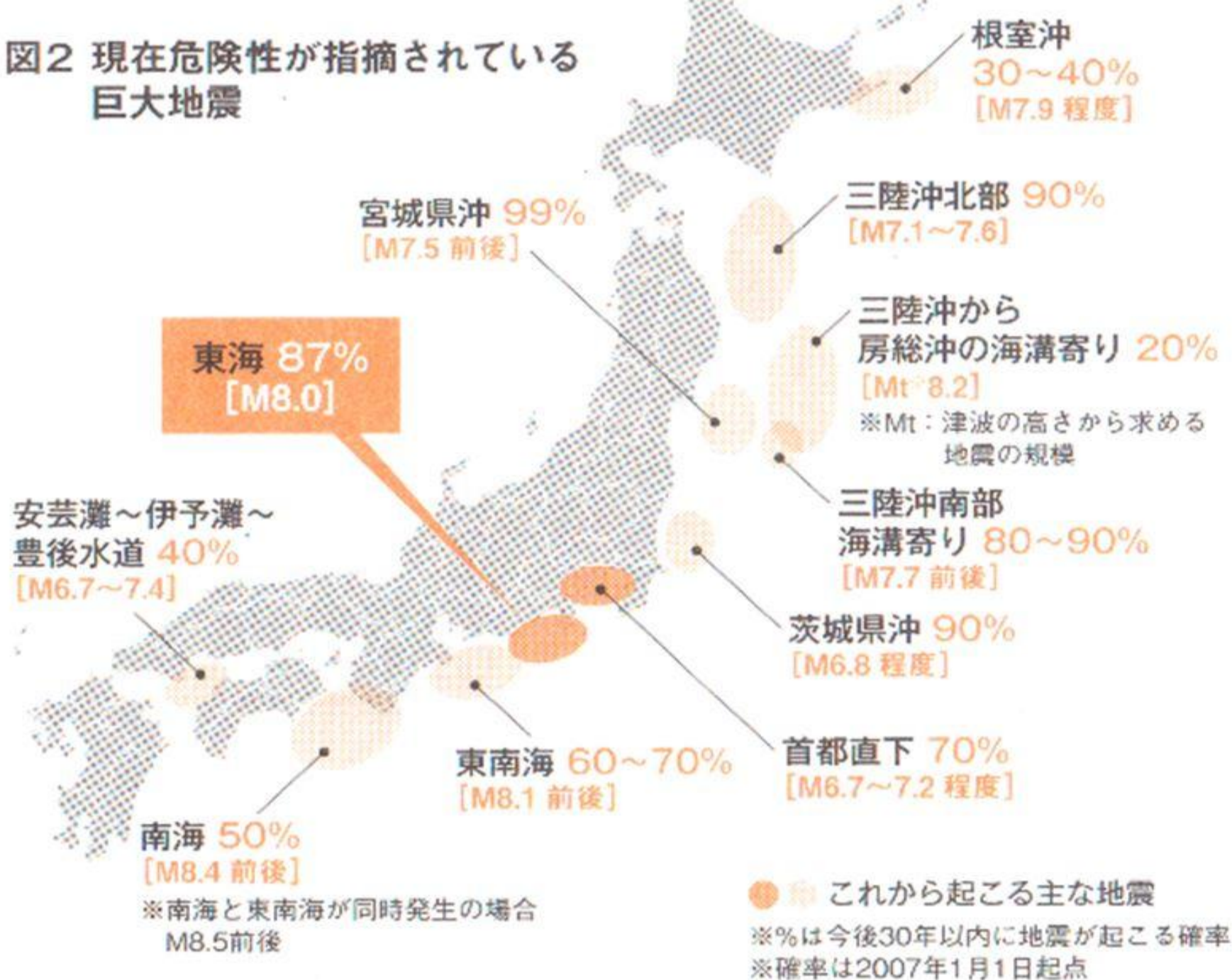
후쿠시마원전사고는 예고된 인재!!!

図1 1978年の観測強化地域および特定観測地域と
その後起こった主な地震



- 일본 원전 건설은 1960년대에 시작됐다. 후쿠시마 제1원전 6기는 1967년~73년에 착공된 것.
- 지진학에서 '판이론(plate tectonics)'이 대두한 것이 1980년. 1960~70년대는 그저 지진이 일어나지 않은 지진공백지대에만 지으면 된다고 하는 생각으로 원전의 입지가 정해져 건설돼 왔다는 것.
- 판이론에 따르면 지진공백지대=지진의 에너지가 축적되고 있어 언제든지 대지진이 일어날 수 있는 지역이라는 것.
- 그 뒤 일본지진예지연락회가 대규모지진발생 가능성이 있는 지역을 골라내 1978년에 '특정관측지역' '관측강화지역'을 설정했지만 놀랍게도 일본의 대부분의 원전은 그 이전에 이미 들어서있었다는 사실.
- 과거 일본의 지진 역사를 보면 2011년 동일본대지진은 헤이안시대인 869년 지금의 도호쿠지역인 산리쿠 앞바다를 진원으로 하는 대지진이었던 '조간(貞観)지진'과 비슷하다는 것. 당시 조간지진은 규모 8.3에 쓰나미 피해가 컸다고.
- 이런 사실이 후쿠시마원전사고 이전에 '조간지진'에 대한 연구 결과가 발표돼 원전의 방재대책을 재검토해야 한다는 제언이 나왔지만 이러한 것이 원전당국에 의해 무시됨.

図2 現在危険性が指摘されている
巨大地震



강진이 오면 과연 우리 원전은 문제가 없을까?

- 고리1호기를 건설할 당시인 1970년대 초반엔 양산단층대가 발견되지 않아.
- 경주지진으로 인해 고리와 월성원전 일대에 활성단층도 다수 분포하며, 포항지진 단층은 그간 거론되지 않은 것이어서 더 이상 대규모 지진 발생위험에서 자유롭지 않아.
- 1970~80년대 지어진 고리1~4호기 등 노후원전은 규모 6.5를 견딜 수 있는 최대 지반가속도 0.2g 수준의 내진설계. 신고리 3.4호기부터는 규모 7.0을 견딜 수 있는 0.3g로 설계.
- 한수원은 지진 재현주기를 1만년기준으로 지반가속도 0.28g로 계산. 참고로 지반가속도는 지진이 발생했을 때 중력가속도 g 의 몇 배의 힘이 있는지를 나타내는 개념. 2017년 11월 한수원이 내진 성능을 신고리5.6호기의 경우 규모 7.4까지, 가동중인 원전 24기를 규모 7.0에 대응하도록 강화하겠다고 밝혔으나 실효성에는 의문(그린포스트코리아, 2017.11.8).

우리나라 원전내진설계 절대미흡



- 일본, 1995년 고베지진 이후 핵발전소 설계 기준 재검토, 규모 7.75에 견딜 수 있도록 발전소 설계기준 변경. 2008년 이후 대부분 일본 핵발전소들은 600~1000Gal(0.6g~1.0g) 정도의 지진동에 견디도록 업그레이드.
- 프랑스, 건설후보지역 내 최근 천년 내 발생했던 최대 규모 지진의 2배 규모의 지진에 저항할 수 있는 내진 설계 적용.
- 미국, 최대 순간 가속이 657~735Gal(0.6g~0.7g)에 대응할 수 있도록 최근 업그레이드.
- 한국
 - 2008년 개발된 신형 원자로인 APR-1400 경우 300Gal(0.3g) 가속도 견딜 수 있도록 설계. 신고리3,4호기에 적용.
 - 이전 기술의 고리1~4호기 경우 200Gal(0.2g)의 가속도를 견디도록 설계.
 - 0.2G(200Gal)의 경우 진도 6 정도 견딜 수 있도록 설계, 최근 0.3G의 경우도 대략 진도 6.9 정도 견딜 수 있도록만 설계.

우리나라 지진은 어느 수준?

- 독일의 지진학자 에카르트 그림멜(Eckhard Grimmel) '동.남아시아의 원전에 대한 지진의 위협(2002.10)' 논문=구텐베르크와 리히터의 연구(1954)를 바탕으로 이 지역의 종합적인 지진 규모를 4개 등급으로 분류
- a) 규모 7.75-8.2, b) 7.0-7.7, c) 6.0-6.9, d) 6.5-7.5
- 이 가운데 우리나라는 어디에 속할까? 정답은 b). 물론 일본은 a).
- 그림멜 박사는 "원전이 있는 나라는 여기에다 규모 0.5를 더 더해야 한다"며 "한국의 경우 규모 7.5-8.2에 대응해 내진설계를 수립해야 할 것"이라고 밝혀(アソシエ編集委員會, 2002).
- 그런데도 우리나라는 규모 7.0 이상을 상정하기는 커녕, 신고리 5.6호기 건설허가 신청때 한수원이 활성단층지도 보고서를 묵살하거나 왜곡된 자료를 제출했다는 지적이 국감에서 제기.

원전은 수해에도 취약

- 2014년 8월 폭우로 고리2호기가 가동중단 상태가 발생해 한달간이나 지속. 당시 고리원자력본부는 냉각펌프의 문제지 원전 본체는 전혀 문제가 없고, 이런 사고가 나는 경우 알아서 가동 중단이 되는 게 더 안전하다고 주장. 그런데 고리2호기 침수사고는 명백한 부실시공 탓이라는 게 국감장에서도 밝혀져.
- 배덕광 국회의원이 한수원에서 제출받은 '고리2호기 순환수 건물 인입 케이블 덕트 상세도'=취수 건물의 케이블은 설치 후 밀봉 내구성을 높이도록 복합재를 써야 하지만 침수피해가 난 고리2호기 '순환수 건물'의 경우 연결 케이블 관로가 밀봉이 안 된 상태였다는 것. 이 때문에 사고 당일 부산 기장군 장안읍에 내린 기록적인 폭우(시간당 134mm)로 빗물이 케이블 관로를 따라 지하에 있는 순환수 건물로 쏟아졌고 순환수 펌프 4대 가운데 3대가 자동 정지. 결국 고리원자력본부는 고리 2호기의 발전을 수동정지. 고리2호기의 상업 운전은 1983년 7월 시작됐는데 고리원자력본부는 케이블 관로 연결 부분의 상태를 확인한 결과 시공 당시 밀봉이 안 된 것으로 추정분석. 고리원전 측은 그 동안 케이블 교체 작업 등이 한 차례도 없었기 때문에 이 같은 사실을 확인하지 못했다면서 지난 30여년간은 비가 내려도 케이블 관로로 유입된 물이 배수관로로 빠져나가 문제가 없었지만 이번 폭우에는 배수관로가 가득 차는 바람에 물이 역류해 침수피해가 발생했다고 밝혀(파이낸셜뉴스, 2014.8.25).

원전재해의 이론적 피해범위

- (1)피난 대피의 계속으로 사업소나 농어업의 영업상 손실
- (2)사업소의 휴업으로 인한 임금수입 단절
- (3)발전소의 휴업 내지 폐지로 인한 고용의 상실
- (4)관련기업(혹은 기타 입지기업)의 퇴출로 인한 고용 상실
- (5)피난에 따른 지출(지자체 사무소 포함)
- (6)현장작업에 종사한 지역노동자의 건강피해
- (7)피난 및 대피 스트레스에 기인한 주민의 건강장애
- (8)대기오염대책에 필요한 제 물자(물과 비상식량)에 대한 지출
- (9)이미지 저하로 인한 농업 손실
- (10)일손 지체로 인한 농업 손실
- (11)토양 방사능오염으로 인한 장기적 농업피해
- (12)해양오염에 의한 어업피해
- (13)지역 이미지 실추로 인한 관광객 감소
- (14)쓰나미피해로부터의 복구(농지의 염해 제거 등) 지연·저해 등에 따른 손실
- (15)지역 대학에 대한 입학자 감소
- (16)학교의 휴교·중단으로 인한 교육상 손실
- (17)지자체의 기능 이전 및 기능 저하의 영향
- (18)방사선 모니터링 기기 및 인원의 정비에 소요되는 지출
- (19)발전소로부터의 세수(특히 고정자산세)의 대폭 감소로 인한 행정서비스의 저하
- (20)법인소득 및 개인소득의 감소에 따른 세수 감소
- (21)방사능오염이나 이미지 저하 등에 의한 부동산가치의 저하

출처: 清水修二, 『原発になお地域の未来を託せるか』, 自治体研究社, 2011

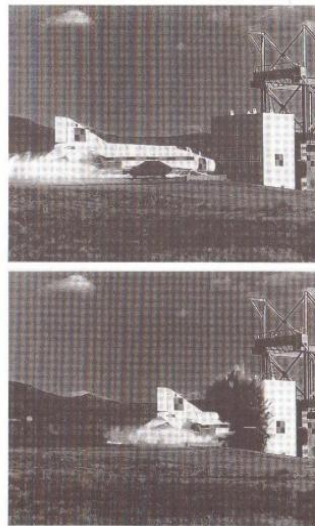
전 세계 핵물질 방호 비상

- 1979년 미국의 스리마일섬원전사고, 1986년 옛 소련의 체르노빌원전사고는 국제사회에 원자력안전의 중요성을 인식시키고 국제사회가 원자력안전 관련 협약의 체결에 적극 임하도록 하는 계기가 돼.
- 원자로의 건설과 더불어 핵물질의 방호가 문제가 됐고, 2001년 9.11 미국 동시다발 테러로 인해 핵테러리즘에 대한 우려 높아져.

원전은 대테러, 전시공격 대상 가능성 상존

‘원자력시설에 대한 파괴적 행동의 의미’ 항공기추락이나 대테러, 핵시설 공격 등으로 인해 원전시설의 피해 가능성 소개(야마자키 히사타카 박사, 『아소 시에』(2002년 10월호))

- 현재 원전은 항공기 추락을 예상해 설계돼 있지는 않으며, 의도적인 공격에 대해선 언급없는 게 문제.
- 트럭폭탄이나 자폭하는 경우 원자로의 내부를 알면 주배관의 파괴나 ECCS(비상노심냉각장치) 계통의 기능마비는 그다지 어렵지 않으며, 내부 협조시엔 노심파괴도 가능하다고 봄. 미국 원자력규제위원회(NRC)도 인정.
- 9.11테러 이후 미해군특수부대 모의테러훈련으로 원전 침입 시도한 결과 11개 원전 가운데 7개 원전에서 노심파괴에 이름(2002년 1월 미국 핵관리연구소 발표)
- 원전이 군사공격의 대상이 될 가능성 상존한다고 봐야. 이스라엘이 1981년 6월 F16전투기 6대로 이라크를 공습해 탄무즈 1호 원자로를 폭격해 건설중이던 40만kwh급의 원전을 완전히 파괴한 사실이 있어 전시 때 극단적으로는 원전이 ‘핵지뢰밭’이 될 수 있다는 것.
- 일본 우익조차 원전이 테러공격에 매우 취약사실 인정. 음진리교신자 원전작업원 잠입 사실, 외국공작선 해상공격 우려 ‘원전=잠재적 자폭 핵무기’라고 경고.
- 사이버테러에도 취약.



191

190

【「テロリストが襲った」】
原子力発電所では、発電所内で保管されている核物質の盗取や、施設への攻撃、破壊行為を想定して、従来より様々な防護措置を講じています。例えば、監視カメラや防弾ガラスを設置したり、金属探知装置等による持ち込み品の検査や、IDカード等による

を行うとすると、それでは、わざわざ航空機をハイジャックして突っ込ませるような方法よりも、目指す原子力施設を狙った攻撃を直接行う方が利便性がある。世界中で起きているいわゆる「テロ」と呼ばれる軍事攻撃は、ハイジャックして突っ込ませるよりは、ドローンや無人機や爆弾を仕掛ける。あるいは自爆するケースのほうが一般的である。このようなケースでは、直接心臓を破壊することにもなるため、核発電機による突入よりも地点をより正確に破壊することが可能であろう。一般的に原子

“노후원전 사고 우려 크다”

- 최근 노후화를 원인으로 한 사고가 빈발하고 있다는 사실. 원전업계는 노후화라는 말대신 '경년열화(經年劣化)' 또는 '고경년화(高經年化)'라는 어려운 말을 써. 부식이나 피로는 장기에 걸쳐 사용한 결과이며 노후화로 인한 부식이나 피로는 지금까지 주목받지 않았던 개소에서 냉각수 누설 등으로 나타나는 것이 특징. 일반적으로 냉각수 누설은 배관이나 용기가 두터운 보온재로 둘러싸여 있기 때문에 쉽게 발견하기 어려워.
- 일본의 경우 2001년 주부전력 하마오카(浜岡)원전에서 원자로 압력용기수 누수사고(운전 26년째, 비등수형)가 발생. 장기운전에 의한 용접부 응력부식균열이 원인인 것. 미국 데이비드 벅세이원전의 경우 압력용기 관통직전사고(운전 24년째, 가압수형)가 발생. 2002년 2월 정지중 검사로 원자로 압력용기 윗덮개에 용접부에는 없는 용기본체 그 자체에 3개의 큰 구멍이 발견됐는데 관통직전상태. 원인으로서는 냉각수에 녹는 제어용 봉산이 흘러나와 오랜 기간에 걸쳐 부식됐다고 추정.
- 원전의 노후화가 어떠한 원인에서 일어나느냐 하면 주로 ①피로(진동이나 온도변화의 반복 등), ②마모, ③부식, ④중성자누적조사량의 증가, ⑤2001년 주부(中部)전력 하마오카원전 1호기에서 발생한 수소폭발사고와 같이 종래 일어나리라고 생각지도 못한 사고. ①~④까지는 사용재료의 '경년열화'이기에 기기나 부품을 신제품으로 교환하면 연장이 가능하다고 하더라도 가압수형경수로에서의 증기발생기의 교환이나 비등수형경수로에서는 슈라우드(노심덮개)는 모두 당초 설계 및 건설 때에는 원자로의 수명중에 교환하는 것을 예상하지 않았던 기기. 노후화문제는 어디에서 무엇이 일어날지 알 수 없다는 것이 특징.

노후원전이 위험한 이유

- 비교적 오래된 원자로압력용기에는 가압열충격(취성과 파괴를 야기한다)이나 응력부식에 비교적 약한 재료가 사용.
- 그러나 그것을 불순물금속의 포함비율 제어를 통해 강한 현재의 재료로 교체할 수는 없어. 이 때문에 오래된 원전은 비교적 새로운 원전에 비해 위험성이 훨씬 큰 것.
- 참고로 일본원자력학회 자료에 따르면 원자로의 부품은 비등수형과 가압경수로형의 평균이 열교환기 140기, 펌프 360개, 밸브 30,000개, 모터 1,300개, 배관 170km, 용접부위 65,000곳, 모니터 20,000곳, 전기배선 1,700km(www.aesj.or.jp).

원전관련 정보는폐,부정부패가 원전불신 낳아



| |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|---|--|---|---|---|---|---|
| | 1심 판결사건 89건 | 피고인 205명 | 징역 340년 4개월 | 집행유예 156년 | 벌금 76억5,800만원 | 추징금 60억2,396만원 | 사회봉사 3,520시간 146명 |
| | | 피고인(명) | 징역(월) | 집유(월) | 벌금(만원) | 추징금(만원) | 사회봉사(시간) |
| 합계 (89) | | 205 | 4,084 | 1,872 | 765,800 | 602,396 | 3,520 |
| 시험성적서/품질보증서 위조/변조 (29) | | 62 | 642 | 624 | 3,600 | 0 | 1,800 |
| 뇌물공여/수수, 횡령 계공 (51) | | 109 | 3,088 | 1,056 | 684,700 | 449,232 | 1,400 |
| 사기/횡령 (3) | | 5 | 98 | 24 | 500 | 117,200 | |
| 기타 (6) | | 29 | 160 | 168 | 77,000 | 35,964 | 320 |

• 2012년 5월부터 2014년 7월까지, 1심 판결문 기준 (무죄판결 제외), 총 89건



그 동안의 부품관련 비리유형은 돈받고 납품, 중고품 납품, 짝퉁부품 납품, 훔친 후 재납품, 품질보증서 위조납품 등. 근년에는 시험성적서를 발행하는 시험검증기관이 관련 자료를 위조한 사실 드러나. 2013년 7월에는 한국수력원자력(주) 김종신 사장이 원전부품 납품업체 대표로부터 1억원대의 뇌물을 받은 혐의로 구속돼 충격. 2007년부터 약 5년간 그의 재임기간중에 위조된 시험성적서를 믿고 신고리 1·2호기 등에 'JS전선'의 불량부품을 납품받는 등 대부분의 '한수원 비리' 발생.

“원전은 발전도상의 기술이었다”



- 원전과 40년 공생해온 GE기술자
나카 유키테루씨의 증언(2014.3) 출판
“나는 아슬아슬한 사태를 수없이 겪었다. 그 뒤 원전의 기술적인 개량이 진전되고 시스템은 안정돼도 기계의 예상밖의 열화와 조작실수 등으로 위험한 사태는 끝이 없었다. 현장에서는 후쿠시마원전의 쓰나미에 대한 약점은 이미 알고 있었다. 알고는 있었지만 대책은 차일피일 미루고 있었던 것이다.”
- 1974년, 후쿠시마1원전 1호기 스테인레스배관에 부력부식조개집 발생. 2호기 제어봉에 불량품 발견.
- 운전개시후 후쿠시마1원전 2호기에서 노심이상사고 발생
- 1989년, 후쿠시마2원전 3호기서 재순환펌프사고 발생
- 2002년 후쿠시마1,2원전에서 1980년대부터 90년대에 걸쳐 도쿄전력 자체 점검작업에서 발생한 각종 안전사례 은폐 사실 발각.

이래도 원전발전단가가 싸가?

조영탁 한밭대 교수의 시산

허가형 박사(국회예산정책처) 시산

발전설비별 원가 재산정 시나리오

| 구분 | 비용(원/kWh, 80% 이용률 기준) | | |
|----------------|-----------------------|--------|--------|
| | 원전 | 석탄 | 가스 |
| 발전 원가(현재) | 47.9 | 62.4 | 119.6 |
| 과세 및 대기오염 비용 등 | 19.1 | 23.5 | 1.6 |
| 지중화 비용 | 16.2 | 16.2 | 0.0 |
| 사고위험 비용 | 12.3~59.8 | 0.0 | 0.0 |
| 원가 재산정(합계) | 95~143 | 88~102 | 92~121 |

*합계: 세일가스 효과 반영

자료: 조영탁 한밭대 교수

원자력발전의 비용 구성

자료: 국회 예산정책처

| 구분 | 세부항목 | 내역 |
|------|---------|---|
| 직접비용 | 발전원가 | • 43.02~48.8원/kWh |
| | 사고위험 비용 | • 총 사고비 58조~343조 원 (0.08~59.8원/kWh) |
| | 안전규제 비용 | • 안전규제 강화에 따른 건설비 및 운전유지비 증가(신규 원자력 발전소 안전설계 수준에 따라 달라짐) • 후쿠시마 사고대응비용 9194 억원(2014~2015년) |
| | 입지갈등 비용 | • 중준위 방사성폐기물 처분장 입지갈등비용(~2013) 9396억원 • 고준위 방폐장 입지갈등비용 • 고압 송전선로 경과지의 입지 선정 시 갈등 • 신규 원전 1기당 송전선로 건설 관련 비용 4037억원(신규 원전부지에 230km 구간 765kV 설치 가정) |
| | 정책 비용 | • 2013년 재정사업비 5169억원 (3.9원/kWh) |
| | 미래세대 비용 | • 고준위 방사성폐기물 처분장의 국토손실비용 |

10년내 태양광발전이 원전, 석탄보다 싸진다:

2025년 '제너레이션패리티' 도래

주요 원별 발전단가비교



태양광 모듈 및 시스템가격전망



<주요 에너지원별 발전단가와 태양광 제품 가격 전망. 발전단가는 미국, 유럽, 중국 등 글로벌 기준. [자료:한국수출입은행]>

•세계 평균 kWh당 발전단가가 2014년에 석탄 60원, 원자력 120원, 태양광 180원, 풍력 90원이던 것이 불과 3년 뒤인 2020년에는 석탄 70원, 원자력 130원, 태양광 80원, 풍력 70원으로 태양광발전 단가가 원자력보다 더 싸지는 제너레이션패리티(generation parity)가 올 것으로 전망. 2025년 태양광발전단가 60원/kWh 전망.
(전자신문, 2016.11.8)

2020년대 초·중반에 원자력발전의 발전비용이 신재생에너지보다 1.5배가량 오히려 더 비싸지고, 액화천연가스(LNG)에 비해서도 원전의 발전단가가 더 높아진다는 미국과 영국 정부의 공식 전망치가 제시(한겨레, 2017.7.21)

*미국 에너지정보청(2017.2)

2022년 발전량 1MW당 신형원전 99.1달러 (11만1천원), 석탄화력발전 123.5달러, 태양광 66.8달러, 육상풍력 52.5달러, 천연가스복합화력 82.4달러로 전망

*영국 기업·에너지·산업전략부(2016)

2025년 발전량 1MWh당 원전은 95파운드(13만9천원), 석탄화력은 131파운드, 대용량 태양광 63파운드, 육상풍력 61파운드, 가스복합화력 82파운드로 역시 원전보다 발전비용이 낮아지게 될 것으로 전망

「사이언티픽 아메리칸」(2009년 11월) 저널 (스탠포드대 연구진 논문)

- “20년 내에 세계의 전력을 100% 청정에너지 (원자력 제외)로 조달하게 된다”고 주장.

- 스탠포드대 마크 제이콥슨((Marc Jacobson) 교수는 자신의 글로벌모델을 기준으로 일본의 경우 남부를 중심으로 풍력과 태양력으로 전력충당이 가능하다는 것.
- 미국 캘리포니아에서 2년간 99.8%의 경우 시간별 수요를 재생 에너지로 충당가능, 0.2%에 해당하는 만큼의 백업이 필요했다고 설명.
- 일본의 경우 재생에너지 비율을 올리고 송전망을 확대, 전기자동차 늘리며, 풍력발전의 야간 이용을 늘리기 위해 전력공급을 할 수 없는 것을 수소로 전환, 재생에너지 발전설비 용량을 충분히 활용, 잉여분을 수소로 돌려 고온처리 및 운반에 이용하는 것이 필요하다고 강조.

- 일본에서는 재생가능자원의 개발 가능성이 충분하지 않은 것 아니냐?

= >100% 재생에너지로 전환하는 것이 불가능하지는 않은데 이것은 기술의 문제가 아니라 의지의 문제라고 강조.

-문제는 시민의 관심과 화석연료와 원자력에 집중된 정부 보조금 지원이 오히려 걸림돌. 대신에 재생에너지에 보조금 지급함으로써 문제를 해결할 수 있다고 강조.

- 세계는 2050년까지 지구 전체의 전력수요를 100% 재생에너지로 충당할 수 있는데 그 목표의 절반은 에너지효율 향상과 에너지절약으로 달성하는 것이 전제가 돼야 한다고.
- 어느 나라든지 원자력은 단기 해결책일 뿐, 폐로와 방사성폐기물의 처리비용 등을 감안할 때, 에너지전환은 기술문제가 아니라 그 나라의 정치적, 사회적 의지의 문제라고 지적.

세계원자력산업동향보고서 (WNISR) 2021

Capacity Up, Production Down

- China passes France and becomes Number 2 in the World.
- As of mid-2021, 33 countries operated 415 nuclear reactors, up seven units compared to mid-2020—but still below mid-2019 and 23 fewer than the 2002 peak of 438.
- In 2020, globally, five reactors started up including first ones in Belarus and UAE – eight less than scheduled as of mid-2019. Six units closed.
- The total operating nuclear capacity increased by 1.9 percent from one year earlier to reach 369 GW as of mid-2021, a new mid-year peak just above the record of 367 GW in 2006.
- In 2020, nuclear power generation decreased—for the first time since 2012—by over 100 TWh or more than the individual national production of 28 of the 33 nuclear countries.
- Excluding China, nuclear power generation dropped to the lowest level since 1995. The nuclear share in the electricity mix in France dropped to the lowest level since 1985.
- For the first time, China generated more nuclear electricity than France and becomes the second largest nuclear generator in the world behind the United States.
- The mean age of the world's nuclear fleet has increased steadily since 1984 and now stands at about 31 years with one in five units reaching 41 years or more.
- Nuclear energy's share of global gross electricity generation continues its slow but steady decline from a peak of 17.5 percent in 1996 with a share of 10.1 percent in 2020.

China Continues to Dominate Domestic Nuclear Development... On a Lower Level

- Nuclear generation in China increased by 4.4 percent, the lowest growth rate since 2009.
- One third or 18 of the 53 units listed under construction in the world as of mid-2021 are in China. The global total remains well below the 69 units at the end of 2013.
- In 2020, construction began on five reactors globally including four in China and one in Turkey.
- China General Nuclear Corp. (CGN) abandoned nuclear export ambitions entirely.
- China missed its 5-Year nuclear targets of 58 GW installed and 30 GW under construction but expanded wind power capacity by over 70 GW and solar by almost 50 GW in 2020 alone.
- Russia is involved in 17 of the 53 construction projects in 8 of the 17 countries building

Chernobyl 35 Years After the Disaster Began

- Most of the 6,800 thyroid-cancer patients of the first 20 years survived but at a high price.
- Food contamination persists in large areas of Europe, e.g. in Germany exceeding legal limits.
- A New Safe Confinement (NSC), an arch-like structure, covers Unit 4 since November 2016.
- Dismantling of Units 1–3, undamaged in 1986, is to take at least until 2065.
- Visitors to the Chernobyl site—the Ukrainian government seeks UN World Heritage status—went from 1,000 in 2004 to 200,000 in 2019.

Fukushima Status Report Ten Years After

- Onsite.** The highly controversial plan to release more than 1 million m³ of contaminated water into the ocean is conditioned on re-processing at least 70 percent of the water and the dilution of all of it by a factor of 100. The operation would take at least three decades.
- Health.** As of July 2021, 218 persons—children at the time of exposure—were diagnosed with thyroid cancer. The number of cases is several dozen times higher than expected.
- The cancer incidence amongst residents clearly increases with the level of environmental contamination. No health survey on any group of workers has been released.
 - In total, the number of officially recognized “disaster-related deaths” following evacuation in the prefectures of Fukushima, Iwate, and Miyagi reached 3,717, of which almost two thirds in Fukushima. That is very high, considering its share of deaths due to earthquake and tsunami was only 10 percent.
- Costs.** The Japanese government released a new cost estimate of the disaster tripling a 2012-estimate and reaching US\$₂₀₂₁ 223.1 billion. An independent assessment established a range of US\$322–758 billion largely depending on the kind of water and waste treatment and disposal.
- Judicial.** Numerous legal cases have been filed and many are ongoing including a lawsuit to clarify the civil liability of TEPCO executives for the Fukushima disaster.
- Lawsuits have been filed against all operating reactors and restart attempts by nuclear operators except for one.
- As of April 2021, there have been eight court decisions that have suspended the operation of nuclear power plants.

Many Construction Delays Worsened Construction Time of Latest Reactors Improved

- At least 31 of the 53 units under construction are behind schedule; 13 have reported *increased* delays and four have had documented delays for the first time over the past year.
- In 10 cases (19 percent), first construction starts date back a decade or more, including two units that had construction starts 36 years ago and one unit that goes back 45 years.

Nuclear Power and Criminal Energy

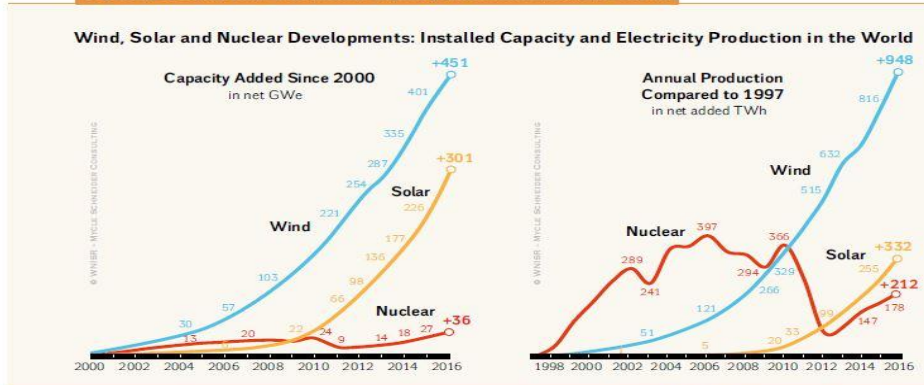
- The nuclear sector appears to have a problem of multiple forms of criminal activities.
- Some problems date back decades or have been ongoing for decades. Organized-crime organizations in Japan have been supplying workers to nuclear sites for over a decade.
- Serious insider sabotage has occurred in major nuclear countries (e.g. Belgium) in recent years.
- Transparency International's 2020 Corruption Perceptions Index rates half of the 35 countries operating or constructing nuclear power plants on their territory below 50 out of 100.
- In the Bribery Payers Index, seven out of the ten worst rated countries amongst a total of 28 surveyed operate or are building nuclear power plants on their territory.

Renewables Continue to Thrive

- Total investment in new-renewable electricity exceeded US\$300 billion again, 17 times the reported global investment decisions for nuclear power.
- Renewables proved highly resilient against the global pandemic and yet another record 256 GW of non-hydro renewables were added to the world's power grids in 2020. Wind added 111 GW and solar 127 GW. Nuclear power added a net 0.4 GW (startups vs. closures).
- Since 2009, levelized cost estimates for utility-scale solar dropped by 90 percent, wind by 70 percent, while nuclear increased by 33 percent.
- In the European Union, renewables for the first time overtook fossil fuels to become the primary source of power in 2020 which is also the first year that *non-hydro* renewables generated more power than nuclear reactors.

원전은 사양산업: 중국도 원전보다 태양광, 풍력에 더 투자한다

Figure 42 | Wind, Solar and Nuclear Capacity and Production in the World



Notes pertaining to the Figures above

BP data used for this graph were modified in 2017, in particular due to switching for IRENA primary data for solar capacity and switching primary sources (India's CEA and China Electricity Council), as well as various revisions in national statistics. Nuclear capacity was revised according to WNISR status changes, which can be retroactively applied.

Sources: WNISR, IAEA-PRIS, BP Statistical Review, 2017

*The report makes clear, in telling detail,
that the debate is over*

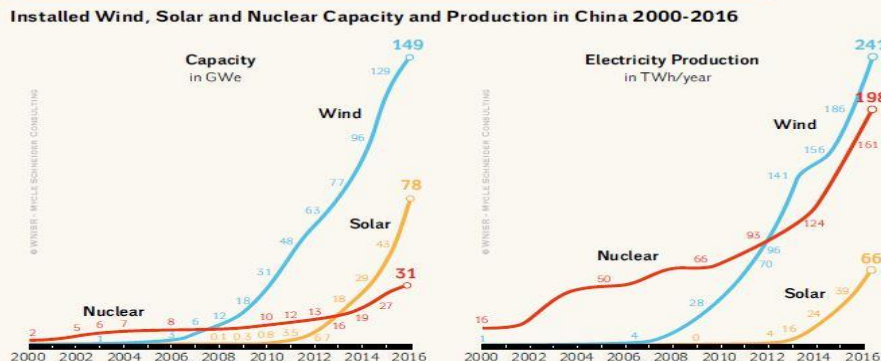
The most decisive part of this report is the final section- Nuclear Power vs Renewable Energy Development. It reveals that since 1997, worldwide, renewable energy has produced four times as many new kilowatt-hours of electricity than nuclear power.

Maybe the Revolution has not been televised, but it is well underway. Renewable energy is a lower cost and cleaner, safer alternative to fossil fuels than nuclear power.

The world no longer needs to build nuclear power plants to avoid climate change and certainly not to save money. If you have any doubt about that fact please read the *World Nuclear Industry Status Report 2017*.

"원전 논란은 끝났다"
세계원전동향보고서(WNISR) 2017 보고서

Figure 43 | Wind, Solar and Nuclear Capacity and Production in China 2000-2016



Sources: BP, IAEA-PRIS, WNISR, 2017

Notes pertaining to the Figure above

BP data used for the capacity graph were modified in 2017, in particular due to BP switching primary sources from GWEC to IRENA for solar, and other revisions based on a new IRENA database. On the generation graph, BP data used were modified from previous years, in particular for solar, where IEA estimates were replaced with new data from the China Electricity Council starting in 2012.

•원전 vs 재생에너지
-재생에너지는 저비용, 청정성, 안전성 모든면에서
현재 석탄, 원전을 능가.

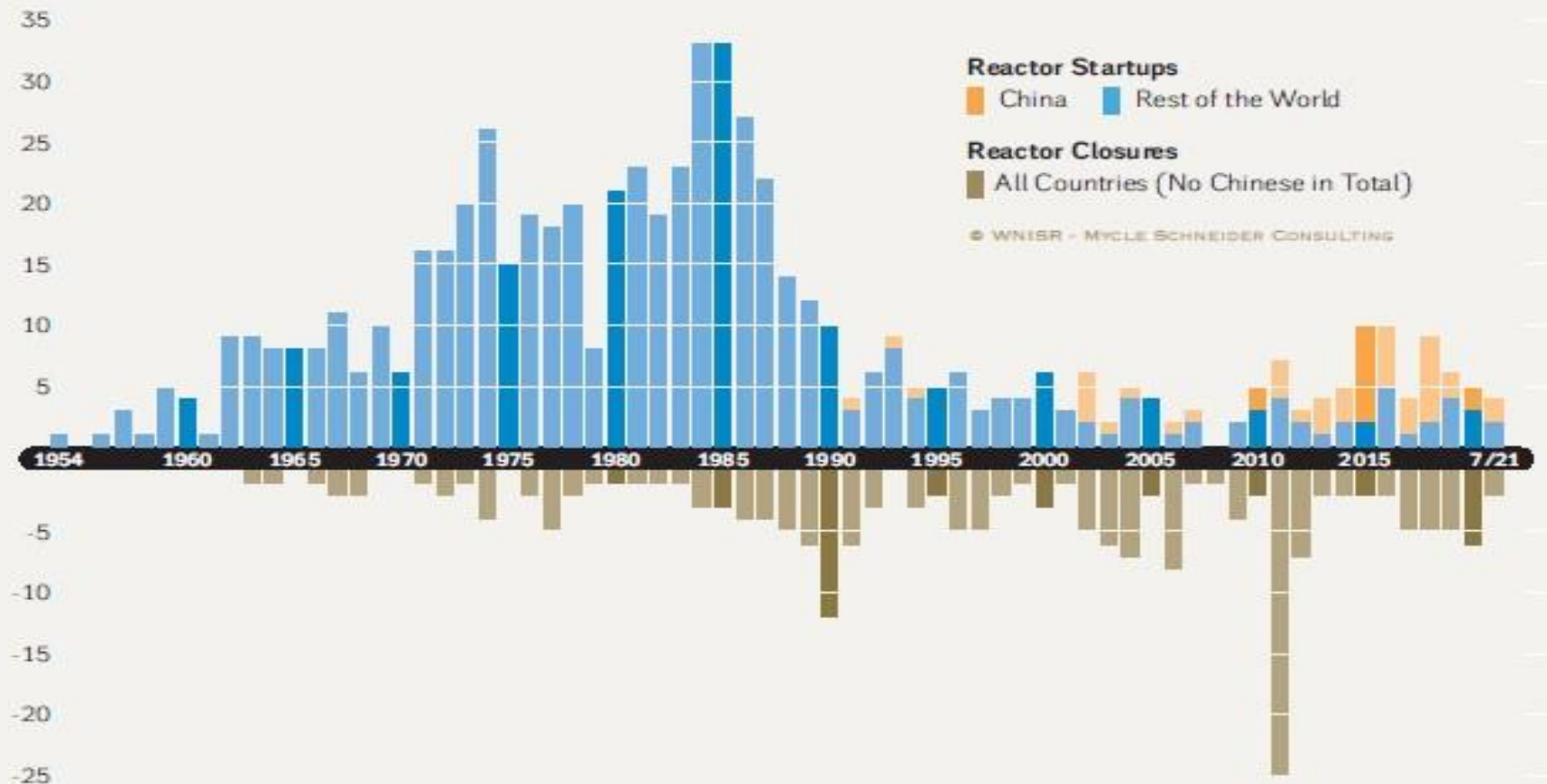
-2000-2016년 전 세계 설비량, 원전 비해 태양광 8.4배, 풍력 12.5배. 발전량, 원전 비해 태양광 1.6배, 풍력 4.5배.

-중국의 경우도 동기간 설비량, 원전보다 태양광 2.5배, 풍력 4.8배. 발전량, 원전보다 태양광 3.0배, 풍력 3.6배

전 세계 원전 건설 및 폐로 추이

Reactor Startups and Closures in the World

in Units, from 1954 to 1 July 2021

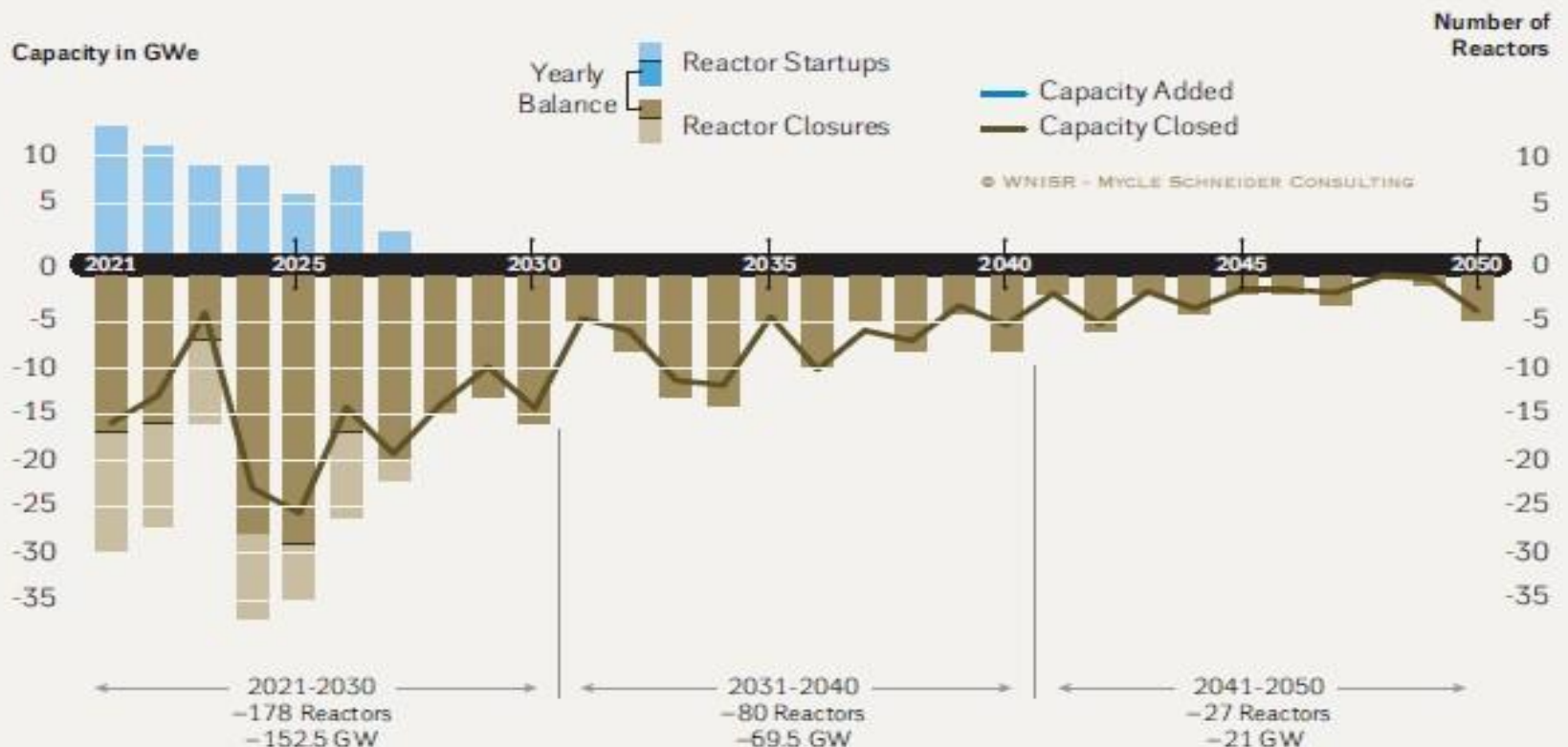


전 세계 원전 2050년 사실상 제로

Projection 2021–2050 of Nuclear Reactors/Capacity in the World

General assumption of 40-year mean lifetime

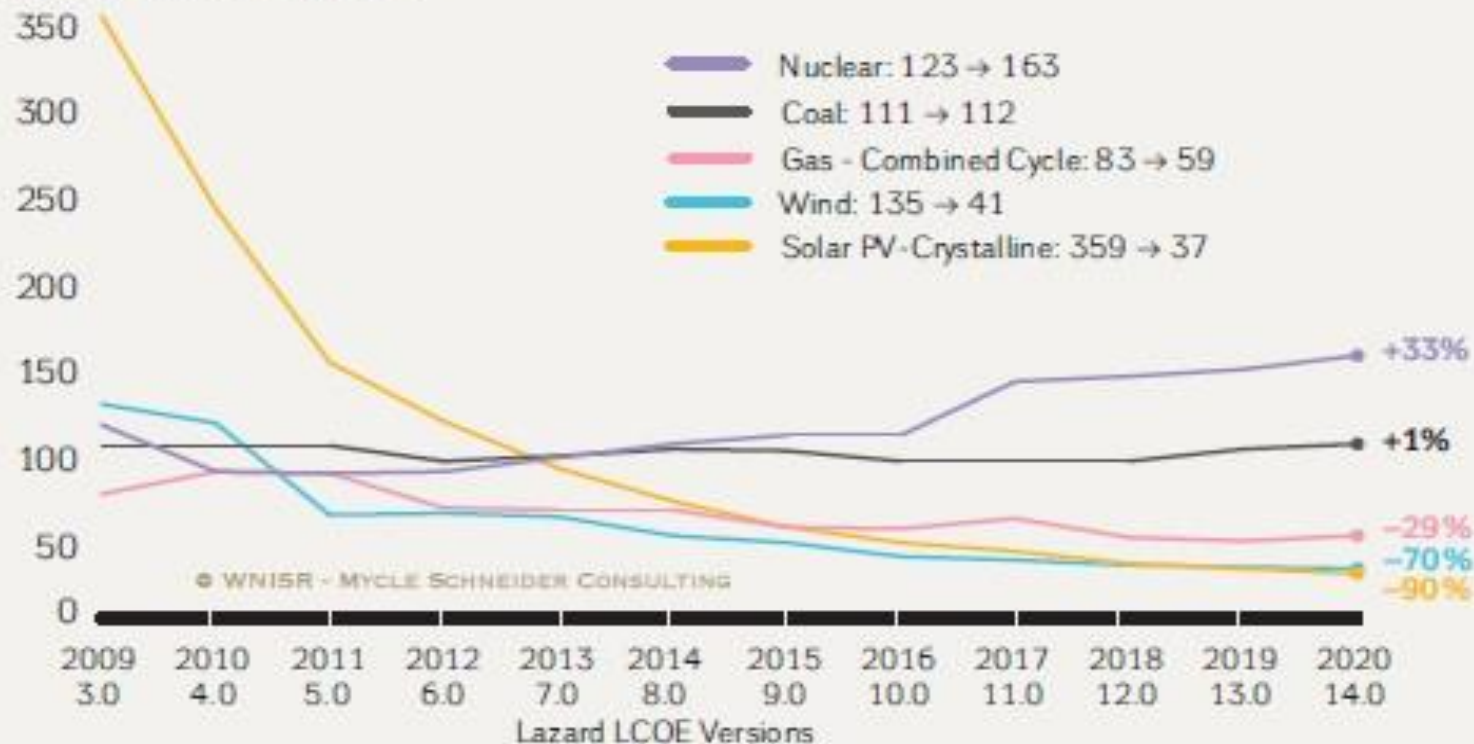
Operating and Under Construction as of 1 July 2021, in GWe and Units



원전 단가 급상승, 태양광 급하강

Selected Historical Mean Costs by Technology

LCOE values in US\$/MWh *



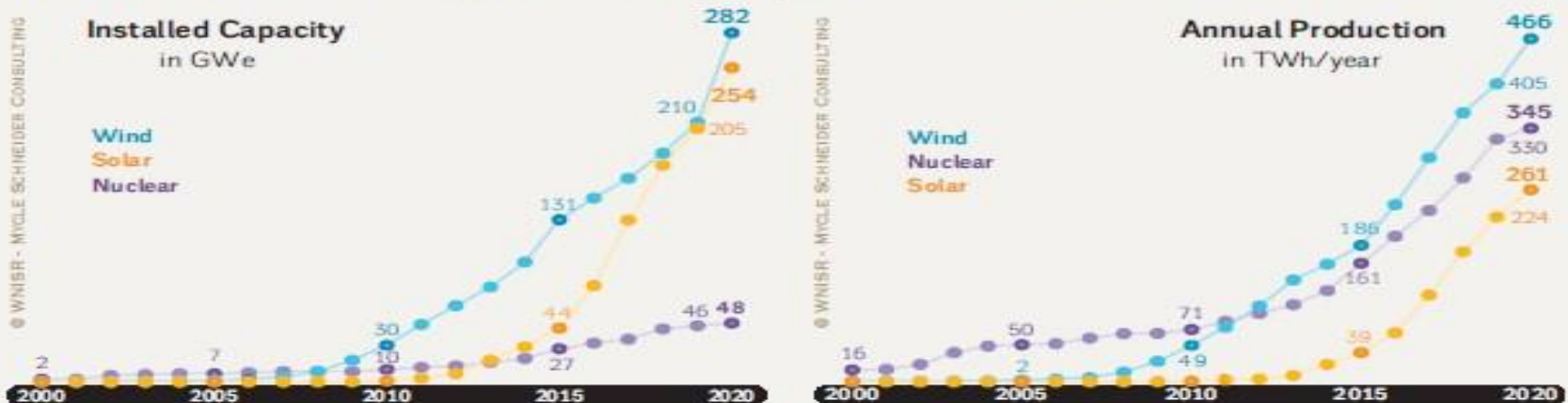
* Reflects total decrease in mean LCOE since Lazard's LCOE VERSION 3.0 in 2009.

20년간 원전보다 재생가능 에너지 3배 이상 늘어(중국도)

Wind, Solar and Nuclear Capacity and Electricity Production in the World



Wind, Solar and Nuclear Capacity and Electricity Production in China 2000–2020



탈원전해도 급격한 전기요금 인상 걱정 안 해도 돼

2030년 전기요금 월 3천~5천원 인상...우리나라 10년새 48% 인상

한 가정 3,523원~5,572원이면 탈원전 가능... 전기요금 체계 바꾸면 더 낮아져

정부기관의 탈원전 추가발전비용 계산 첫 공개

김남규 기자 wolyo@korea.com | 승인 2017.09.05 22:45

댓글 0 | 트위터 | 페이스북

[대한뉴스=김남규 기자] 탈원전 정책과 신재생에너지로의 전기요금 폭탄과는 무관하다는 발표가 나왔다.국회의원 연구단체 「탈핵에너지전환 국회의원모임」(대표의원 박재호, 이하 탈핵의원모임)은 6일 오전 국회에서 '탈원전시대, 비용분담 어떻게 할 것인가'라는 주제로 네 번째 탈원전 정책 연속 토론회를 열고 탈원전으로 인한 전기요금 인상요인 및 인상분에 대해 예상하는 자리를 가졌다.

탈원전 정책 연속 토론회

탈핵에너지전환 국회의원 모임



POLICIES TO PHASE OUT NUCLEAR POWER PLANT

2017. 8. 16 (수)
오후 2시 | 제2세미나실

주제
원자력발전, 과연 경제적인가?
-수익성 비교와 사회적 편익-

한국전력거래소 김홍근 처장은 "탈원전과 신재생에너지 전환에 따라 추가될 발전비용은 4.1조원"이라고 밝혔다. 이를 현행 전기료 부과체계로 계산하면 한 가정당 추가 요금은 3,523원이 된다. 정부기관에서 탈원전에 따른 추가 발전비용을 공개한 것은 이번이 처음이다.

탈원전 선시행 독일, 일본 전기요금 얼마나 올랐나

독일

일본



전기요금 인상률



대기업이 영위하는 제조업 제조원가 중 전력비 비중 내역(1995~2011년)

| 구분 | '95년 | '96년 | '97년 | '98년 | '99년 | '00년 | '01년 | '02년 | '03년 | '04년 | '05년 | '06년 | '07년 | '08년 | '09년 | '10년 | '11년 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 전체 | 1.72 | 1.78 | 1.58 | 1.68 | 1.64 | 1.65 | 1.64 | 1.35 | 1.46 | 1.23 | 1.20 | 1.26 | 1.40 | 1.15 | 1.07 | 1.17 | 1.15 |
| 대기업 | 1.94 | 1.95 | 1.80 | 1.92 | 1.79 | 1.79 | 1.78 | 1.41 | 1.59 | 1.30 | 1.28 | 1.32 | 1.50 | 1.21 | 1.09 | 1.24 | 1.17 |

자료/지유한국당 최연혜 의원실, 산업통상자원부

자료/한국은행, 자료/재구성

원전이 장기적으로 지역경제에 도움될까?

- 울산 울주군에는 바로 옆 부산 기장군에 고리원자력 1~4호기에다 이미 상업운전에 들어간 신고리원전 1기~2호기가 있고 울주군 땅에는 3~4호기를 건설 중. 왜 지자체장은 원전을 자꾸 유치하는 것일까? 그 의문을 풀 수 있는 단서가 국민권익위 발표(2012.11.7).
- 국민권익위는 발표 자료에서 “발전소 주변 지원법 시행령에 규정된 한수원의 사업자 지원사업이 자치단체 예산성 사업들로 구성되어 있다”며 “자치단체들은 기관장의 선심성 사업, 공약 사업들에 사업자지원사업비를 씹짓돈처럼 사용하고 있었다”고 지적. 국민권익위가 발표한 울산 울주군 사례로는 종합운동장 건설(80억원), 스포츠파크 건설(212억원) 등 모두 10여 건의 유사사업에 지원금이 지급됐다. 울주군에 따르면 지난 1999년부터 지원되기 시작한 원전 특별지원금은 모두 1111억 400만 원. 원전별로는 신고리1.2호기 222억4200만원, 신고리3.4호기 888억6200만원이며, 이 금액은 1999~2005년까지 750억2700만 원이, 2006년에는 나머지 잔액인 360억7700만원이 모두 지급.
- 울주군에 따르면 특별지원금의 50%는 원전 인근 5km 이내 지역을 위해 사용하며 나머지 50%는 울주군 사업으로 사용된다고. 이밖에 한수원은 발전량에 따른 인센티브로 일반지원금을 지급, 울주군은 매년 65억 원가량 지원받아. 이외 한수원은 원전 지역 주민과 논의해 특별사업지원금도 지원.
- 울주군이 지난 2009년 2월 원전지원금 27억 원을 포함해 모두 73억5000만원을 들여 대지 9998㎡, 연면적 6421㎡로 건립한 서생면청사는 3층 건물에 4층 옥상, 5층 전망대까지 갖춰. 하지만 서생면은 3316가구에 인구가 7530명(2011년 4월 8일 기준)에 불과해 건립 당시에도 호화청사 논란, 특히 건립한 지 2년이 조금 넘어 면사무소 건물에 비가 새는 등 부실공사 논란도. 여기다 한수원이 서생면 지역에 350억 원의 원전지원금으로 울주군 간절곶 해맞이공원 내에 지으려던 간절곶타워가 주민의 반대에 부딪혀 좌초되는 등 원전지원금 사업에 대한 적절성이 논란(오마이뉴스, 2012.11.8).

후쿠시마원전 후타반군의 실태

- 시즈미 슈지 후쿠시마대학 부학장은『원전에 또다시 지역의 미래를 맡길 것인가(原發になお地域の未来を託せるか)』(자치체연구소, 2011)'=일본 후쿠시마원전 소재 후쿠시마현 후타바(雙葉)군 사례 소개.
- 후타바군은 후쿠시마원전 1호기 공사가 시작된 1967년부터 제2원전 4기 건설을 거쳐, 히라노(廣野)정의 히라노화력발전소 4기 공사가 종료된 1993년까지 4반세기에 걸쳐 건설공사가 계속. 총투자비는 약 2조1667억엔.
- 후타바군의 산업별취업자 구성의 변화추이를 보면 우선 농업이 1970년 44.2%에서 1990년에는 14.4%로 줄어들었고, 건설업이 같은 기간 8.1%에서 19.8%로 늘어났고, 서비스업 전체가 32.7%에서 45.7%로 늘어났다고.
- 그런데 발전소 건설은 잠시 붐이 끝나고 나면 지역산업이 회복되지 않는 이른바 '일과성 효과'에 지나지 않는다는 것이 정설. 자동차산업과 달리 에너지를 생산하기에 관련산업이 지역에 정착하지 못한다는 것. 원전이 자리잡은 지자체는 재정적으로 매우 유복. 관련법에 의해 엄청난 세수나 교부금이 들어와 지자체는 대형체육관, 도서관, 학교, 병원, 도로 등 대규모 공공시설을 건설할 수 있어. 문제는 수입의 동향. 대체로 이러한 것이 기한부라는 점.
- 후타바군의 경우 재정력지수는 0.77로 현재 다른 지자체의 0.48에 비해 높지만 재정상황은 나빠 행재정운영에 커다란 문제가 있다는 지적. 경상수지비율이 높아 재정에 자유도가 거의 없기 때문.
- '원전시설의 유치를 통한 지역발전'이라는 지역정책에는 2가지 중대한 문제
- 하나는 '성장의 질'이고 또 하나는 '풍요로움의 질'. 원전유치에 의한 지역진흥은 전형적인 '외래형개발'로 산업적 기반이 갖춰지지 않아 지속가능성이 낮고 '발전없는 성장'을 초래하고 있다는 말
- 이에 비해 지역은 '원전 리스크'로 첫째 사고 위험성, 둘째는 퇴출 위험성 있어. 퇴출 위험성은 후쿠시마원전사고와 같이 다른 지역에 이러한 사고가 발생하면 원전추진정책에 제동이 걸리기에 지역경제가 바로 영향을 받게 된다는 것.

독일, 통일과 함께 동독지역 원전 폐로 들어가



27년째 폐로중인 독일 그라이프스발트
폐로를 통해 지역경제활성화에 성공



- 독일 북동부 루브민지역 옛동독 원전 6기중 5기(옛동독의 전력 1할 공급을 하던 원전), 독일 통일이후 1990년에 옛소련제 원전에 대한 불안여론이 높아 독일정부가 정치적으로 폐로를 결정.
- 폐로 22년이 지난 2012년까지 해체 및 오염 제거작업에 든 비용이 **약 41억유로(약 6조원)**이며, 앞으로 20~30년간 더 계속해야
- 지금 그라이프스발트원전 지역은 풍력발전 및 태양광발전 등 재생가능에너지산업 단지가 돼있음
 - 이곳 폐원전의 터빈건물에 해양풍력발전기를 제조하는 덴마크기업이 들어서 있는 것을 비롯해 **폐원전 공장부지안에 모두 30여 개의 각종 대안에너지기업이 입주.**
 - 이 원전지역의 오염제거 및 해체작업을 하며 사용후 폐연료봉을 용기에 보관하는 중간저장시설을 관리하는 **EWN사(2000년 국유화) 2000명 직원, 새로운 탈원전 비즈니스를 창출**
 - 오염제거작업을 마친 철, 동, 알루미늄 등 폐공장 자재의 9할을 재활용자원으로 판매

'루브민의 기적'이라고 하지요



- '루브민의 기적'이 가능한 이유
-이 지역이 독일에서 흔하지 않는 북쪽지역의 항구를 갖고 있어 근래 늘어나고 있는 풍력발전 및 태양광발전 등 재생가능에너지산업의 해상수송에 유리한 입지에 힘입어 인근 지자체와 힘을 합쳐 항만 인프라를 중앙정부에 요구해 지원금을 받았고
- 폐원전 건물을 거대한 공장으로 활용해 재생가능에너지산업체의 대대적 유치를 이끌어 냈다는 점
- 루브민은 아름다운 해변을 갖고 있어 관광을 중시해왔는데 EWN사가 지역사회 공헌 차원에서 매년 무상으로 모래해변 정비를 실시



읽 기 | 생태 도시의 성공 사례 - 독일 프라이부르크



6-5-3 자전거 전용 도로

***레기오카르테** 교통 카드 하나로 모든 대중교통을 마음껏 환승하며 이용하고, 각종 할인 혜택을 받을 수 있는 교통 체계

기를 '에너지 자립 도시' 건설의 열기로 승화시켜, 에너지 절약 및 오염 물질 줄이기, 대체 에너지의 개발과 환경 친화적 · 경제적 · 합리적 에너지 공급에 힘쓰고 있다.

- 김해창, '환경 수도 프라이부르크에서 배운다.' -

6-5-4 태양광 전지를 부착한 건물

프라이부르크가 환경 수도가 된 배경에서 원자력 발전소 건설 계획에 대한 시민들의 반발과 투쟁 과정을 빼놓을 수 없다. 1970년대 초, 서독 연방 정부에서는 프라이부르크 부근의 비일 지역에 원자력 발전소를 건설하려는 계획을 세웠다. 이에 비일 지역 주민과 프라이부르크 시에서는 반핵 운동을 벌였고, 더 나아가 '에너지 대량 소비 생활' 자체를 반성하고 이를 개혁하기 위해 노력했다.

프라이부르크 시에서 가장 편리한 교통 수단은 자동차가 아닌 자전거이

다. '레기오카르테*'는 대중교통을 값싸고 편리하게 이용할 수 있도록 고안된 요금 체계로 프라이부르크의 상징이 될 정도로 세계적으로 알려지고 있다. 또한 핵발전소 건설 반대 운동의 열



프랑스 고속증식로 폐쇄 크레이메뷰마을

- 프랑스에서 고속증식로 슈퍼피닉스(SPX) 폐쇄절차를 밟고 있는 크레이메뷰마을(인구 약 1300명)의 사례.
- 124만kW 규모 1977년 발주돼 1985년 임계실험에 성공했으나 사고 고장이 낮아 가동율이 7%에 불과하고 경제성과 기술적 효과가 불확실하다는 이유로 1998년 프랑스 정부가 폐쇄를 결정. 크레이메뷰마을에는 폐쇄반대운동이 일어나기도.
- 그러나 2년 뒤에 지역경제가 활성화. 프랑스 정부와 프랑스전력공사(SPX의 소유자)는 폐쇄에 따른 하청기업의 피해를 막기 위해 5년간 총 112억원을 투입해 실업자 고용 기업에 대한 보조금 지급이나 직업안정소를 오픈. 크레이메뷰마을을 비롯해 원전 주변 지자체는 1200명의 실업자가 생길 것으로 보았으나 실제로는 1600명분의 고용창출. 인근 지자체의 인구도 폐쇄 당시보다 6000명이 늘어난 2만 8000명이 돼(박승준, 2013).
- 그린피스는 원전 해체작업으로 상당한 고용이 생긴다고 분석.
- 그린피스의 보고서에 따르면 원전 폐쇄 후에 직원 모두가 필요없게 되진 않아. 안전상 이유로 해체종료까지 15년~45년이 걸리기에 많은 노동력이 필요. 뉘갓센원전(1997년 폐쇄)의 경우처럼 즉시해체하는 경우 운전정치후 2~3년은 375명~450명의 외부직원이 필요. 안전저장의 경우 약 1년간의 저장기간에 250~450명이 계속일하지만 그 뒤 감시원만이 필요. 30년 후에 시작되는 해체작업에 다시 550~550명이 필요하게 된다는 것.

▶ 한수원, 월성1호기 폐로 결정



한겨레 그패픽

경제성평가 결과 “적자발전소”

- 후쿠시마 사고 뒤 강화된 원전안전기준(내진 설비 6.5 이상 등) 충족하지 못한다는 지적 불구, 원안위, 2015년 '10년 수명연장' 결정해 논란.
- 당시 원안위가 한수원이 수명연장 승인 받기 위해 5600억원을 들여 강화한 설비 등에 대해 안전성평가 후 연장결정하자, 시민단체와 지역주민들은 '결정과정과 평가방식이 적법하지 않다'며 소송 제기. 원고 승소.
- 한수원 자료, 월성1호기는 거둬들인 안전설비 보강과 낮은 가동률 때문에 발전단가가 2019년 말 기준 120원으로 판매단가(60원)의 2배.
 - 2016년 경주지진 뒤 월성1호기 가동률은 40%대로 떨어졌고, 정비 때문에 정지돼 있어 이미 적자 발전소라고 설명.
 - 운영만료일(2022년 11월까지) 이용률 54.4% 미만 경우 손실 발생.
- 월성1호기 최근 3년 이용률 57.5%, 2017년 40.6%(상업운전 평균 78.3%).
- 월성2-4호기 최근 3년간 이용률 79.9%, 2017년 73.9%(상업운전 평균 92.1%).

• 1983년 상업운전 시작 월성1호기 2018년 6월 한수원 이사회에서 폐쇄 결정. 천지·대진 원전 4기도 사업 종결 결정.
 -정부, 2017년 10월 '노후원전 수명연장 불허·신규원전 백지화' 에너지 로드맵 발표, 2018년 연말 8차 전력수급기본계획 발표, 월성 1호기 설비용량(0.68GW·최대 공급가능 전력량) 2019년부터 공급계획부터 제외.
 • 월성 1호기, 2012년 설계수명(30년) 끝난 대표적 노후 원전. 월성 1호기 폐쇄가 전력수급에 영향을 줄 가능성은 없다는 전망. 2017년 말 기준으로 월성 1호기의 설비용량 비중은 전체 원전 설비용량(22.5GW)의 3% 수준.
 -월성 1호기를 폐쇄해도 신한울 1·2호기와 신고리 4·5호기 원전이 잇따라 준공되므로 2022년 전체 원전 설비용량은 27.5GW으로 늘어날 전망.

▶ 고리2호기 경제성분석

“10년 연장에 1600억원 흑자?”

- 한수원은 고리2호기 경제성, 수명을 10년 연장할 경우 폐쇄할 때 보다 약 1600억원의 이익이 발생할 것으로 평가.
- 고리2호기 수명연장 보강비용 3068원(월성1호기 비용의 절반)로 잡아 계산한 것, 계속운전비용 증가시 경제성 역전 가능성도.
- 실제 2007년 고리1호기 수명 10년 연장시 한수원, 계속운전으로 2368억원 순이익 발생 추정, 2015년 국회예산처, 수명연장 뒤 사후처리비용 상승과 이용률 저하 등으로 3397억원 손실 발생으로 분석(한겨레, 2022년 4월 21일).
- 한수원의 경제성평가는 법적 안전점검기간 2년 고려하면 일정차질이 6개월 정도만 나도 바로 적자로 변하는 취약한 자료. **수익과 비용 변수 하나만 현실화하면 경제성이 없어**(경제성분석에서 판매단가를 65.08 원으로 계산, 2021년 실제 판매단가는 약 56.2원으로 알려짐)
- 한수원의 10년간 1600억원의 수익보장을 위해 10년간 원전입지 주민의 안전을 위협하는 정책이 '상식적'이라고는 할 수 없어.

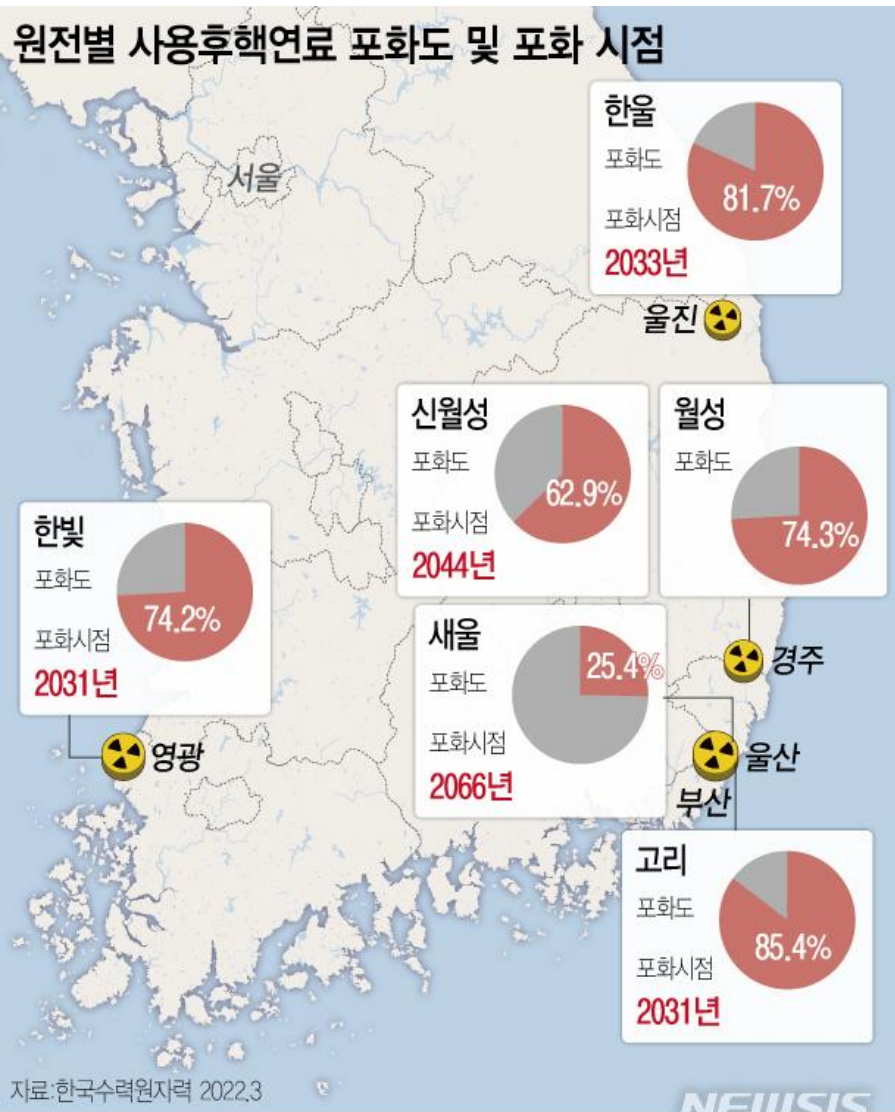
고리2호기, 주민의견 수렴 없이 방사선환경영향평가서 원안위에 일방 제출

- 윤 정부 출범하면 올해 말 수립되는 '제10차 전력수급기본계획'과 향후 '제4차 국가에너지기본계획'에 원전 중심의 에너지기본계획 수립할 것으로 예상.
- 윤 정부의 '설계수명 만료 원전의 수명연장 방침'은 원전입지 광역지자체 주민들의 거센 반발을 불러일으킬 조짐 보여.
- 현행 원자력안전 및 시행령에 따르면 노후원전 설계수명 완료 2년 전에 주기적안전성평가(PSR) 보고서 제출시, 주민의견 수렴 절차 거친 방사선환경영향평가서 등을 제출해야 함에도 한수원, PSR보고서 제출기한 넘기고, 주민의견 수렴 절차 거치지 않은 방사선환경영향평가서를 일방적으로 원안위에 제출.

지역신문, “고리2호기 수명연장 중단”, 환경단체 목소리 적극 게재

- 국제신문과 부산일보 지역언론, “고리2호기 수명연장 시도 중단하라”는 환경단체의 목소리를 적극 게재
- 국제신문(2022년 4월 6일)=“고리2호기 수명연장 ‘탈원전 백지화’ 돌입”(1면 톱) “부울경 핵폐기장 전략 신호탄... 원전해체연 건립도 불확실”(3면 톱 해설기사). 윤 당선인과 인수위가 ‘원전산업 부흥’만 앞세울 뿐 가장 중요한 사용후핵연료 처리방안이나 부울경 주민에 대한 안전대책 등을 제시하지 않고 있다는 점에서 비판의 목소리가 더욱 거세질 전망 덧붙여.
- 부산일보(2022년 4월 14일)=“고리2호기 수명연장은 부울경 메가 ‘핵’ 시티 만드는 꼴” 제목으로 부산·울산 지역 시민단체들의 반대 목소리를 크게 보도. 부산환경운동연합을 비롯한 시민단체들, “설령 경제성과 안전성이 모두 확보되더라도 시민들의 의견수렴과 동의가 전제되지 않은 수명 연장은 있을 수 없는 일”이라는 비판 소개.

원전별 사용후핵연료 포화도 및 포화시점



- 한국수력원자력에 따르면 원전본부별 사용 후 핵연료 임시저장시설 포화도는 고리원전(85.4%), 한울원전(81.7%), 월성원전(74.3%), 한빛원전(74.2%), 신월성원전(62.9%), 새울원전(25.4%) 순으로 집계됐다. 사용후핵연료 처리 문제는 심각한 사회 갈등으로 번져, 지난 40여 년간 부지 선정부터 9차례 실패 겪어(뉴시스, 2022.5.9)

고리2호기 사용후핵연료 포화율 89.1%

- 2021년 말 의결된 정부의 2차 고준위방사성폐기물 관리 기본계획, '고리원전 내 사용후핵연료 포화율, 지난해 3분기 83.8%에 달했고, 포화율 100% 예상시기는 2031년'으로 제시.
- **향후 10여년 안에 원전 외 지역에 핵폐기물 저장시설을 짓지 않는다면 부울경 지역은 사실상 '영구핵폐기물장'이 되는 셈.**
- 게다가 원전해체연구소도 원전확대정책에 따라 건립 자체가 지연되거나 설립되더라도 제 역할을 기대하기 힘들 것으로 보인다는 것(국제신문, 2022년 4월 6일).
- **2012년 7월 현재 고리2호기의 사용후핵연료 포화율은 89.1%. 10년간 수명연장에서 나오는 고리2호기의 고준위방폐물을 저장할 자체 공간도 없어.**

- 미국 뉴욕인근 롱아일랜드주 쇼어햄원전
- 1973년부터 건설 1984년 완성. 건설비용 60억 달러 소요.
- 쇼어햄 지역 군의회에서 주민 10만명 대상 사고발생시 방재 및 피난계획을 내놓으라며 가동반대 결의.
- 1986년 체르노빌원전사고 이후 1989년에 원전회사가 롱아일랜드주정부에 단돈 1달러에 원전가동 포기, 그후 폐로작업중

←-쇼어햄원전가 폐로되게 된 내용 을 소개한 일본신문 기사

反原発新聞(第165号)



100% 完成した原発をどう止めたか

「そんなことを言ふな、どうして私たちを誹謗させるの?」と、誰かのおかしな人から聞かれた。それは、思ひの外に、おかしな人から聞かれたのだ。思ひの外に、おかしな人から聞かれたのだ。思ひの外に、おかしな人から聞かれたのだ。

人間は、自分が実際に被害を受けることがないとなつて、なかなか関心を持たないでゐる。だから問題の原質が相手にある以上、それを与へるべきだ。必ずよく知る。農民には、田畑が永久に汚染されると思ふ。金持ちの下等社会マンには、土地の価値が下がることを考へさせる。事故の際、賠償を受ける人は、何なるのか。若人ホームでは、どなるのか。老人間の労働組合、ホテル業界、保育所関係の人たちに訴

もったいねえな。」「要請会などで取り上げられたら、」

事故の場合、具体的にどこにみ入る必要はなかったから、除染される人々を調べるのに「遊動先は六ヶ所加藤の二ツ子」都にある60キロ離れた岡ざーれ車はどうなるの？」除染に使った水はどこに流れていくの？」「樹液の受け入れ体勢とは？」「これについて、対応する医師は、竹村神代園は、普賢院ほどこのだれか」と聞いてかけたんだ。学校と遊藝場所になっていたPTAに入ると伝えるで、みんなほとんどびびりしたの。

政治のシステムのと真ん中に入っているかなんちやだめ。州が入りての健康と安全を守る責任を持っているんだからそれを大々く宣伝するでも、まずはどれくらいでスタート、そこで経験を積み重ねながら作戦もたふよくなつて、州に挑戦したいように、とかく一人でも吃驚してよくいる潮目を見つけてくる、その人が議員になる人を紹介してくれるわ。」

地域防災計画が問題だらけだと指摘した住民の運動によって
1989年に営業運転もせず、1ドルで売却された原発

원전수출 가능할까?

-원전수출의 문제점:저가수출, 위험 자국부담, 비용제공, 비밀주의



(아랍에미리트 바라카 원전 건설현장에서 진행된 열리 원전 1호기 원자로 설치행사 ©공감포토)

[뉴스돋보기]8년째 멈춘 원전수출...왜?

건설경제 | 2017.01.17 | 신고 | 15 | 조소록사 | 스크린 | f | i | n | e

정부가 미래 먹거리 사업으로 야심차게 추진했던 원전수출이 8년째 단 한건의 실적도 올리지 못한 것으로 나타났다. 그런 가운데 정부가 올해부터 해외 원전 수주를 위한 행보에 적극 돌입한다.

한국 상업용 원전 수출은 2009년 아랍에미리트(UAE)에 원전 4기를 수출한 이후 수주 소식은 들리지 않고 있다. 미래창조과학부에서 2009년 요르단과 2014년 네덜란드에 연구용 원자로를 수출한 것이 고작이다.

정부는 2011년부터 매년 2기씩의 원전을 수출한다는 계획을 수립하고, 2020년까지 원전 전문 인력을 2만4000명으로 늘린다는 대책을 마련한 바 있다. 그러나 지금까지 받아들인 성적표는 초라하기만하다.

이처럼 정부 계획대로 이뤄지지 못하고 있는 데는 국내외 상황이 모두 영향을 미쳤다는 분석이다. 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고로 인해 원전에 대한 안전성 문제가 세계적 이슈로 떠오르면서 진행 중이던 전 세계 원전 건설 프로젝트들이 계획을 미루거나 취소하는 사태가 발생했다. 이에 더해 한국은 별다른 경쟁력을 확보하지 못한 채 그나마 조금씩 이어지고 있는 국제 수주 경쟁에서 번번이 고배를 마시고 있다.

- **엔터리 부품 파문...원전수출에도 '악영향' 우려>**
- **UAE 수출 원전 2호기 착공식 날 '찬물'**
- 원자력안전위원회는 신고리 1·2·3·4호기와 신월성 1·2호기 등 가동 중인이거나 운영 준비 중인 원전에 성적서를 위조한 엔터리 부품이 사용된 사실을 공식 확인. 당국은 UAE와의 원전 계약에는 비밀 유지 조항이 있는데 변 부사장의 발언이 여기 저촉될 수 있다며 당혹스러워하기도(연합뉴스, 2013.5.28)
- **UAE원전 수출계약의 문제점(전북중앙, 2010.4.19, 강봉균 국회의원 칼럼)**
- **프랑스보다 2배 ↓ 186억 입찰.**
- 한국이 UAE 원전 건설공사로 따낸 금액은 186억불.프랑스 「아레바」사는 360억불로 입찰하여 우리의 186억불보다 2배 가격을 써 냈기 때문에 실패.
- **사용후 핵연료 처분책임까지**
- -세계의 화약고인 중동지역에 원전건설을 용인한 미국은 그 조건으로 '사용 후 핵연료'를 자국 내에서 재처리하거나, 동축하는 것을 금지.

일본이 원전수출 포기한 이유

- 일본의 저널리스트 아카시 쇼지로(明石昇二郎)는 2011년 1월 『세카이(世界)』지에 '원전수출의 진실' 칼럼
- 당시 일본이 국가적으로 총력을 기울이던 '원전수출의 리스크'를 다음과 같이 들어.
- 첫째, 수출국의 핵폐기물을 일본이 받아들이야 한다.
- 둘째, 원전사고가 일어나면 일본의 세금으로 보상해야 한다.
- 셋째, 원전가동의 비용도 세금에서 융자해야 한다는 것이다.

신고리5,6호기 공론화 결정 내용(2017.10.20)



- ◎ 건설재개 : 59.5 %, 건설중단 : 40.5% (19% 차이)
 - 오차범위는 95% 신뢰수준에서 $\pm 3.6\%$ p
 - 모든 연령대에서 조사 회차를 거듭할수록 건설재개의 비율 증가
 - 특히 20·30대의 경우 증가폭이 커짐

- ◎ 원전 축소 : 53.2%, 유지: 35.5%, 확대 : 9.7%

- ◎ 보완조치 권고사항

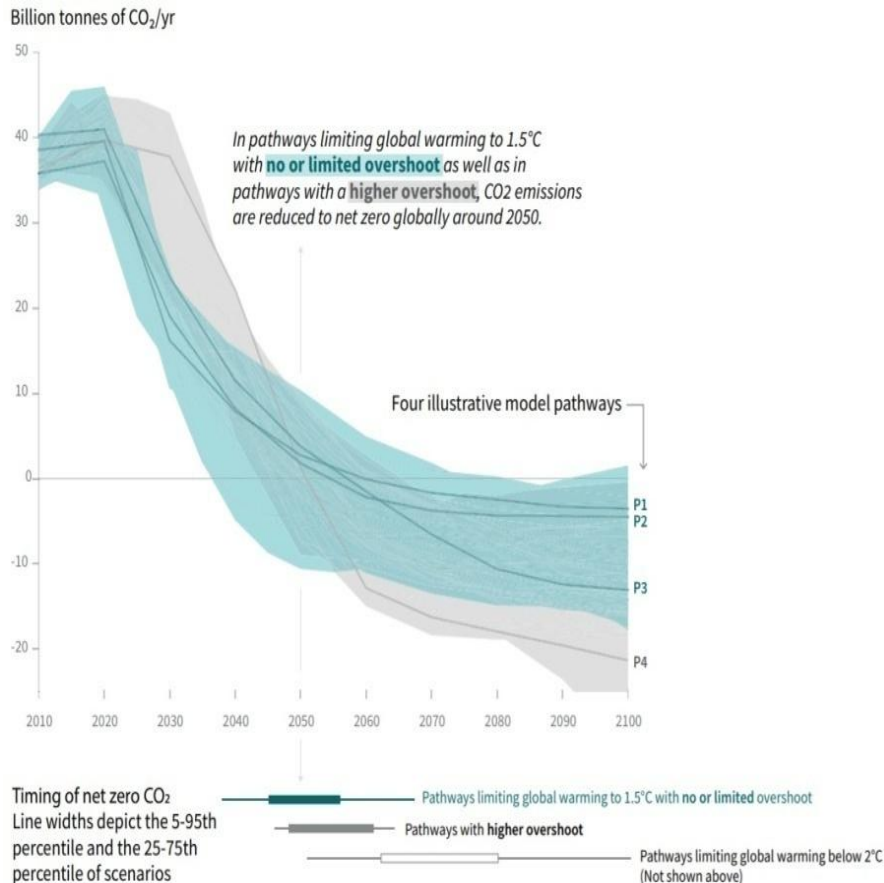
- | | |
|----------------------|-------|
| 1순위 : '원전의 안전기준을 강화' | 33.0% |
| 2순위 : '신재생에너지 투자 확대' | 27.6% |
| 3순위 : '사용 후 핵연료 해결' | 25.3% |

- ◎ 서술형 답변으로 본 보완조치 권고 사항

- | | |
|--|-----|
| 1순위 : '원전비리 척결 및 관리 투명성 강화' | 74명 |
| 2순위 : '원전 주변 부울경 지역주민들의 생명·건강·안전·보상 등의 대책 마련 필요' | 59명 |

<지구온난화 1.5°C>특별보고서 채택 (IPCC서울총회,2018.10)

IPCC 1.5°C 에너지전환 시나리오

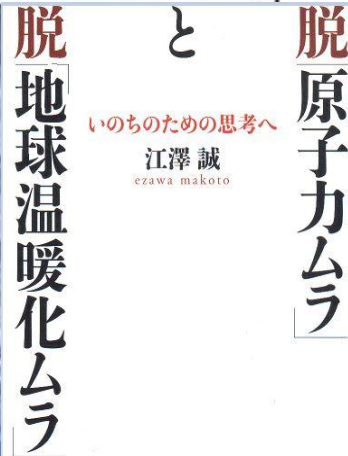


- 파리기후협정(2015) 에서 채택한 2°C 억제 목표보다 엄격.
- **1.5°C 에너지전환 시나리오** (2010년 대비 2030, 2050 비율)
 - CO2배출: 58%, 93% 감축
 - 최종에너지수요: 15%, 32% 감축
 - 전력 재생에너지 비중: 60%, 77%
 - 1차에너지 중 재생에너지 비중: 49~67%(2050)
 - 최종에너지 중 전력비중: 34~71%(2050)
- 지구온난화 대응에 195개국 만장일치 채택

원전은 '지구온난화' 대안이 될 수 없다

→ 원전 온배수, 바다데우기 장치

- 원전은 우라늄 채굴, 이동, 원전건설, 가동중 연료수송, 폐기때 막대한 이산화탄소를 배출(발전시만 제외).
- 원전의 온배수는 생태계에 악영향을 줄뿐 아니라 바닷물속 이산화탄소 대기 확산에 기여.
- 원전으로 궁극적으로 '기후변화' 대처할 수 없다.



“이산화탄소 지구온난화설은 원자력에 악용된 것”
-고이데 히로아키, '은폐된 원자력 핵의 진실(2011)'에서 IPCC가 의거하는 지상의 온도 관측 데이터의 신뢰성에 문제 지적. 2009년 11월 지구온난화의 증거 조작 '클라이밋게이트' 비난.

“지구온난화설을 확산시킨 데는 원전추진파 학자의 숨은 역할이 있었다”

무로타 다케시, '원전폐로의 경제학-위험한 저탄소연설의 역사적 기원에 대한 소고(2011)'에서 주장. 앨빈 와인버그 박사, 1980년대 원전 쇠퇴기에 '제2의 원자력시대' 주창하며 '지구온난화' 연구 적극 지원.

*책표지 사진 가져온것임

불편한 진실

자연이 인간에게 전하는 최후의 경고

“원전마피아(정,관,재,학,언)’는 1980년대 이후 ‘지구온난화문제’를 이슈화해 사양산업인 원전의 르네상스를 꿈꾸고 있다”
에자와 마코토, '탈원전마피아와 탈지구온난화마피아(2012)'에서 주장. 원전은 전체적으로 화력발전보다 CO2 더 배출한다고 볼 수도 있다고 주장. 원전 열효율은 '3분의 1'. 천연자원 우라늄 100년후 고갈. 사용후핵연료 수십만년간 미래세대에 부담. 원전 투자재원 이제부터 재생에너지로 돌려야한다고 주장.

원전과 주민수용성

- 일본의 '원자로입지 심사기준=첫째, 원자로 주위는 원자로에서 '일정 거리' 범위 내는 비거주구역일 것, 둘째, 원자로에서 일정 거리 범위내로 비거주구역의 바깥지대는 저인구지대일 것, 셋째, 원자로부지는 인구밀지대에서 일정 거리만큼 떨어져 있을 것이 그것이다. 여기서 '일정 거리'라는 것이 어느 정도의 거리를 말하는지가 명확하지 않은 것이 문제. 이에 대해서는 '가상사고의 경우 전신선량의 적산값이 집단선량의 견지에서 충분히 받아들여지는 정도보다 작은 양이 되는 거리를 말한다'고 지침에는 나와 있어. 그러나 이러한 '가상사고'가 후쿠시마원전사고와 같은 사고등급 7의 중대사고를 포함하는지도 명확하지 않아 논란.
- 오마이뉴스(2012.4.26)는 그린피스가 '후쿠시마 제1원전보다 고리원자력발전소가 더 위험성이 높다'고 발표한 사실을 소개. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 원전 폐기물 저장소인 월성원자력환경관리센터가 큰 규모로 가깝게 붙어있다. 둘째, 건설중인 원전까지 합치면 12개의 원전이 한 지역에 밀집되게 되는데 이는 세계에서 가장 높은 밀집도로 발전소에서 사고가 발생할 경우 위험성은 기하급수적으로 커진다. 셋째, 고리원전의 방사능 방재계획과 원자력 발전소 비상구역 권고 기준이 부실하다. 사고 발생 시 예방적 보호조치구역은 3~5km, 긴급보호조치 계획구역은 5~30km, 음식제한계획구역은 300km로 설정했는데, 고리원전 30km 안에는 341만명이 거주하여 파키스탄과 대만에 이어 인구밀집도에서 세계 3위이라는 것.

참고문헌

- 김명진. 김현우. 박진희. 유정민. 이정필. 이헌석. 포스트 후쿠시마와 에너지전환시대의 논리 탈핵. 이매진. 2011.
- 김해창. 원자력발전의 사회적 비용. 미세움. 2018.
- 김해창. 원자력 비상계획구역 확대에 따른 방재 및 안전대책 비용확보를 위한 원전안전이용부담금제 도입에 관한 연구. 경성대 환경문제연구소 연구보고서. 2014.1.31
- 김해창·차재권·김영하. 고리원전의 탈원전 추진을 위한 원전안전이용부담금 도입에 관한 실증 분석. 지방정부연구 제18권 제2호. 2014.8.30.
- 김해창·차재권·김영하. 부산 고리원전의 탈원전정책에 대한 경제적 가치평가. 환경정책 제22권 제3호. 2014.9.20.
- 장우석. 원전의 드러나지 않는 비용. 현대경제연구원. 2012.
- 허가형. 원자력 발전비용의 쟁점과 과제. 국회예산처. 2014.3.
- 大島堅一. 原発のコスト: エネルギー転換への視点. 岩波書店. 2011.
- 飯田哲也. 原発の終わり、これからの社会エネルギー政策のイノベーション. 学芸出版社. 2011
- 小野善康. エネルギー転換の経済効果 岩波書店. 2013.
- 伊東光晴. 原子力発電の政治経済学. 岩波書店. 2013.
- 熊本一規. 脱原発の経済学. 緑風出版. 2011.
- 金子勝. 脱原発成長論. 築摩書房. 2011.
- 遠州尋美. 低炭素社会への選択-原子力から再生可能エネルギーへ. 法律文化社. 2009.
- GREENPEACE International. False Hope. 2007.
- Mycle Schneider, Antony Froggatt et al. World Nuclear Industry Status Report 20120.
- WECD(World Commision on Environment and Development). Our Common Future. Oxford University Press. 1987.