

The High Cost of Fear

공포의 값비싼 대가

한국 탈원전 정책의 원인과
초래하게 될 경제적, 환경적 영향의 이해



Michael Shellenberger, Mark Nelson, Madi Czerwinski,
Michael Light, John Lindberg, and Minshu Deng 저

August 2017



커버 사진 제작 : Kenneth Lu/Flickr

목차

요약문

저자 소개

서론

I. 한국의 탈원전 정책

- A. 정치개혁과 민주화
- B. 기회와 해결 과제
 - 1. 연구방법
 - 2. 고찰

II. 반원전 ‘공포’에 대한 이해

- 가. 왜 번영은 편집증을 낳는가
- 나. 왜 환경운동가들은 1970년대에 원자력에 등을 돌렸는가.
- 다. 한국의 거짓 정보 확산을 위한 외국 투자금
- 라. 후쿠시마의 진실
- 마. 집단공포로 본 후쿠시마
- 바. 지진과 비리에 대한 공포 가중

III. 얻어진 교훈과 제안 사항

- A. 얻어진 교훈
- B. 제안 사항

IV. 부록 A: ‘환경진보’ 기부자 명단

V. 부록 B: 문재인 대통령에게 기후학자와 환경보호론자들이 보내는 공개서한

VI. 부록 C: “왜 원자력에 대한 생각을 바꾸게 되었나” 마이클 쉘런버거, 조선일보 7월 21자 기사

VII. 부록 D: 추가 자료

보고서 요약

“공포의 값비싼 대가”는 공개된 자료 중 동료평가를 마친 최선의 자료와 간단한 계산 방법을 통해 한국의 탈원전 정책이 가져올 경제적, 환경적 영향을 분석한 보고서이다.

우리는 탈원전 정책이 다음과 같은 영향을 미칠 것으로 예측한다.

- 천연가스 구매에만 매년 최소100억 달러의 비용이 들 것이다, 이는 한국 평균임금인 연소득 29,125달러의 일자리 343,000개에 해당하는 금액이다.
- 비용의 대부분은 연료 수입에 사용될 것이며, 한국의 무역 수지가 악화될 것이다.
- 한국의 부족한 재생에너지 자원을 고려할 때, 상당한 양의 화석 연료를 추가로 사용하게 될 것이다.
- LNG 발전소가 석탄 발전을 대체하지 못하고 원자력 발전을 대체하면서 대기오염으로 인한 조기 사망자수가 증가할 것이다.
- 한국의 전도유망한 원전 수출 산업이 아예 붕괴하거나 큰 타격을 입을 것이다.
- 평균적 미국 자동차의 연간 주행거리를 기준으로 150만대에서 270만대의 미국 자동차가 배출하는 배기가스의 양만큼 연간 탄소 배출이 증가할 것이고, 한국은 파리 기후 협정에서 약속한 탄소배출 감축 목표를 달성할 수 없게 된다.

“공포의 값비싼 대가”는 현재 계획된 탈원전 정책의 역사적, 사회적 배경을 분석하여 다음과 같은 결론또한 도출하였다.

- '그린피스(Greenpeace)', '지구의 친구들(Friends for the Earth)' 등 막대한 자금 지원을 받는 해외 환경단체들은 탈원전 거짓 정보의 근원이며, 이들은 저렴하고 풍부한 에너지라는 개념을 반대한다.
- 일본 원자력산업계의 오만과 원자력에 대한 과장된 집단 공포가 후쿠시마 사고와 그 여파의 주된 원인이었다.

- 반원전 진영의 논리에는 산업계와 정부에 대한 불신과 원자력, 방사선에 대한 물이 해가 반영되어 있다.
- 반원전 진영은 후쿠시마 사고를 2014년 한수원 납품 비리 사태의 심각성을 과장 하는데 사용하고 있다. 2014년의 비리 사태는 한국 원자력 규제기관의 독립성을 증명한 것이며, 2016년의 경주 지진은 2011년 후쿠시마에서 쓰나미와 노심 용융을 초래한 동일본 대지진의 1/350,000의 크기밖에 되지 않는다.

“공포의 값비싼 대가”는 한국과 타 국가의 반핵 운동이 주는 교훈을 다음과 같이 정리하였다.

- 어떠한 국가도 - 에너지 자원 최빈국인 프랑스나 한국 같은 국가조차도 - 탈원전 ‘전쟁’에서 자유롭지 않으며, 이는 전 세계적으로 원자력 산업이 쇠퇴하는 원인이다.
- 원자력 산업계, 정부, UN IAEA 등은 -한국과 세계 여러 국가에서- 문화적, 제도적, 재정적 원인으로 원자력산업의 보호와 확대라는 목표를 달성할 수 없다.
- 원자력 산업을 구하기 위해서는 새로운 비전과 새로운 제도, 그리고 새로운 리더십이 필요하다.
- 원자력의 급진적이고 근본적인 비전 - 원자력 인본주의(atomic humanism)에 대한 재조명이 필요하다.
- 원자력을 지키고 대중과 소통하기 위해 과학연구단체, 대학교, 사단법인, NGO 등의 새로운 기관들을 후원해야 한다.
- 공포를 조장하는 반원전 세력에 맞서 공포를 극복해야 하고, 대중의 공포를 극복해 왔던 다른 기술들의 사례에서 교훈을 얻어야 한다.

저자 소개



마이클 쉘렌버거는 2008년도 <TIME>지 선정 ‘환경 영웅’이며, ‘Green Book Award’를 수상한 작가이며 환경 정책 전문가이다.

마이클은 「환경주의의 죽음(The Death of Environmentalism)」, 「환경현대주의 선언(An Ecomodernist Manifesto)」 「혁신(Breakthrough)」, 「괴물을 사랑하라(Love Monsters)」 등의 저서를 저술하였다. 또한 <Scientific American>, <Nature Energy>, <New York Times>, <Washington Post>, <Wall Street Journal> 등에 활발히 기고하고 있다.

쉘렌버거는 17명의 과학자들과 공동 저술한 「신환경주의 선언(An Ecomodernist Manifesto)」에서 에너지와 환경 분야의 ‘정의’를 위한 도덕적, 환경적 근거를 제시했으며, TEDx에서 강연한 “어떻게 인간은 자연을 구하는가(How Humans Save Nature)”와 「왜 에너지 전환은 환경 발전의 핵심인가」 등의 공동 저서에서 이를 다시 주장하였다.

쉘렌버거는 친원전 환경운동가의 리더이다. 원자력에 대한 견해를 바꾼 환경운동가들에 대한 영화인 ‘판도라의 약속’과 영화 ‘콜버트 보고서(The Colbert Report)’에 출연하였고, CNN의 ‘Crossfire’에 출연하여 녹색당 후보인 랄프 네이더와 원전 정책에 대한 토론을 진행하였으며, UCLA에서 Mark Jacobsen과 토론하였다. 2016년 TED 강연 주제는 “원자력에 대한 공포에 의한 환경의 파괴”였다.

쉘렌버거가 Ted Nordhaus와 공동 저술한 「혁신(Breakthrough)」은 <TIME>지에서 “예언서”라는 평가를 받았으며, <Wired>에서 “「침묵의 봄(Silent Spring)」 이후 환경운동계 최고의 저서”라는 극찬을 받았다. 쉘렌버거는 혁신협회(Breakthrough Institute)의 창립자이며 2003년에서 2015년까지 회장을 지냈고, MIT의 ‘미래원자력 TF’ 팀 고문으로 재직했다.

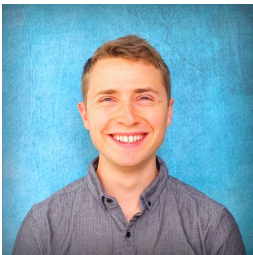
쉘렌버거는 25년간 환경 및 사회 정의의 수호자로 활동했다. 1990년대에는 원시산림 보존 활동에 참여했으며, 아시아의 나이키 신발공장의 근무처우 개선 활동에 참여했다. 2000년대에는 재생에너지에 대한 연방재정지원 확대와 에너지 효율성 확대 운동에도 참여하였다.



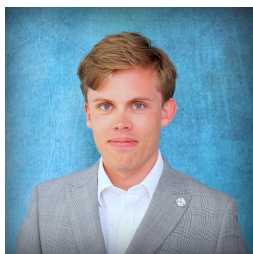
Mark Nelson, 환경진보 선임 분석가. Mark는 계획되었거나, 건설 진행중이거나, 조기 폐쇄의 위험이 있는 원전들을 가장 폭넓게 총괄하는 환경진보의 에너지 진보 추적기를 개발했다.



Madison Czerwinski, 환경진보 선임 연구원. Madi는 환경진보의 원전 건설 및 취소에 대한 질적 및 양적 연구와 역사적 연구를 총괄한다.



Michael Light, 환경진보 선임 연구원. Michael은 취재기자이자 보도자로서 환경진보의 출판 및 보도 전략을 총괄한다.



John Lindberg, 환경진보 연구 펠로우. John은 유럽 에너지 정책 과방사능 전문가이다. 그는 3년간 스코틀랜드 의회에서 정책 조언자로 일했으며, 대중의 원자력 인식과 수용에 대해 심층 연구한다.



Minshu Deng, 환경진보 전임 부대표. 환경과학자이자 과학작가인 Minshu는 환경진보의 연구, 행사와 변호 활동을 총괄한다.

서론

한국은 앞으로 몇 개월간 국내 탈원전 정책에 대한 논의를 거치게 된다. 독립적인 비영리 기관인 ‘환경진보’는 현재 계획된 탈원전 정책에 대해 더 알고 싶어하는 한국의 일반 시민들의 소망을 담아 이 보고서를 작성하였다.¹

‘환경진보’는 원자력이 모든 인류를 빈곤함에서 구원하고 인류가 자연에 끼치는 폐해를 없애는 인류의 의무에 가장 적합한 에너지라고 본다. ‘환경진보’의 원자력이 환경에 가져오는 혜택에 대한 의견은 UN 기후 변화에 관한 정부간 패널(IPCC)²와 국제에너지기구(IEA)³, 여러 저명한 환경보호론자와 기후과학자들이 공감하고 있다.⁴ 우리는 한국이 어떠한 결정을 하기 전에, 에너지 문제의 기본적인 현실에 대해 명확히 이해하기를 바란다.

‘환경진보’와 나는 대한민국에 대해 단순한 관심 이상을 가지고 있다. 내 아내는 재미 교포이며, 나는 장인과 다른 한국 국민들이 가난을 벗어나기 위해 겪었던 고층에 대한 깊은 존경심을 가지고 있다. 값싼 원자력은 그 가난을 벗어나기 위한 핵심 동력이었다. 그리고 대한민국은 현재 경제적인 원전 건설 기술을 완벽하게 체득한 몇 안 되는 국가 중 하나이며, 원전 신규 건설은 이 전도유망한 수출 산업 확대의 계기가 되었다.

나는 지난 4월과 7월에 대한민국을 방문하면서 학생, 택시 운전사, 산업 관계자, 대학 교수, 여론조사 전문가, 안전규제 전문가, 언론인, 외교관 등 25명 이상의 시민들에게 탈원전 정책에 대해 질문했다.

¹ 환경진보는 우리의 연구에 이해관계가 없는 개인과 재단들의 기부에 전적으로 의지하고 있다. 우리는 모든 기부자들을 웹사이트에 공개하고 있다: “Why, What & How.” <http://www.environmentalprogress.org/why-what-how/>

² 2014년 보고서에서, IPCC는 “[온실가스 배출]의 큰 감축을 위해서는 재생에너지, 원자력 에너지, 그리고 CCS와 같은 저-온실가스 기술의 더 집중적인 사용이 요구된다.”고 결론 내렸다.”

³ 2015년 1월 새 보고서에서, IEA는 원자력을 “온실가스 감축에 있어서 핵심적인 요소”라고 밝혔다. “원자력의 미래에 대한 새로운 시각” (2015). <https://www.iea.org/newsroom/news/2015/january/taking-a-fresh-look-at-the-future-of-nuclear-power.html>

⁴ 환경진보는 지난 수 년간 James Hansen, Kerry Emanuel, Ken Caldeira, Pushker Kharecha and Tom Wigley 과 같은 여러 기후학자들이 원자력을 지지할 수 있도록 도왔다.

비전문가 대부분은 대한민국의 탈원전 정책에 대해 잘 알지 못한다고 시인했다. 일부는 원전 사고나 폐기물, 재생 에너지 등에 대한 잘못된 정보를 반복해서 이야기했으며, 일부는 왜 정부가 탈원전 정책을 진행하는지에 대한 나의 견해를 물어보았다.⁵

이러한 계기로, 이 보고서는 다음의 세 목적을 수행하기 위해서 작성되었다.

1. 탈원전 정책의 환경적, 경제적 영향을 계산하고 구체화할 목적
2. 대한민국의 지도자들이 왜 더 비싸며, 더 많은 대기오염을 발생시키고, 임금 저하 그리고/또는 실업률 증가를 불러올 에너지를 지지하는 이유를 이해하기 위한 목적
3. 반원자력 운동으로부터 교훈을 이끌어내고 대응방법을 제안할 목적

결국 우리가 가진 공포를 이해하는 과정은 우리 자신을 이해하는 과정이다. 이는 곧 우리 모두를 자기파괴적이고 비이성적인 충동에서부터 자유로워지게 하는 과정인 것이다. 우리는 이 보고서가 그러한 목적에 도움이 되기를 바란다. 우리는 모두 잃을 것도, 얻을 것도 많다.

- 대표, 마이클 쉘런버거

⁵ 관련 논의를 Shellenberger, M. 2017. "Greenpeace's Dirty War on Clean Energy, Part I: South Korea Version." Available at: <http://www.environmentalprogress.org/big-news/2017/7/25/greenpeaces-dirty-war-on-clean-energy-part-i-south-korean-version> 에서 찾아볼 수 있다.

I. 한국의 탈원전 계획

A. 정치 개혁과 민주화

한국은 1953년 한국전쟁이 끝난 이래, 민주적 개혁과 전통으로의 회귀를 반복해가며 발전해왔다. 1987년, 한국은 국민투표를 통해 대선을 포함한 직선제 개헌을 승인했다. 그럼에도, 차기 정부는 정부 전문가들에게 많은 양의 정책 결정권을 주었으며 국유 전력회사의 손에 전기생산을 맡기고 잘 연결된 재벌기업들과 계약했다.

문재인 대통령의 당선과 함께 한국은 민주적 개혁의 새로운 시대에 들어서게 되었다. 한국의 재벌 계열사 대기업들과 전 대통령 박근혜와 관련된 주요 부패 스캔들로 얼룩진 이전 정권의 모습에, 문 대통령은 부패를 끝내고 정부와 경제의 새 시대를 열겠다는 폭넓은 공약과 함께 당선되었다. 취임 후, 문 대통령은 시민참여를 포함하는 광범위한 개혁 의제를 감독하였다, 이는 한국의 에너지 미래를 포함한 것이었다.

문 대통령은 취임 후 얼마 지나지 않아 이전 정부가 승인한 울산 부근의 신고리 5,6호기의 건설을 일시 중단시켰다. 새로 당선된 문 대통령이 뽑은 시민 배심원단이 신고리 5,6 호기를 영구적으로 폐쇄할것인지 여부를 결정할 것이다. 그 결정은 한국과 외국 모두에 한국의 에너지 미래를 결정할 일종의 국민투표 같은것으로 인식되고있다.

한국의 반원전 물결의 시작은 2011년 일본 후쿠시마에서 일어난 사고였다. 그곳에선, 세 개의 원자로가 노심 용융되어 수소가스 폭발과 방사성 입자들의 누출을 초래했다. 총 164,865명의 사람들이 대피하여,⁶ 1,600명의 사망자를 초래하였다.⁷

후쿠시마 전까지 한국인들의 원자력에 대한 지지도는 상대적으로 높았다. 2010년에는 대중의 71%가 원자력이 안전하다고 말했지만, 2011년에는 35%에

⁶ Kunii et al. 2016. "Severe Psychological Distress of Evacuees in Evacuation Zone Caused by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: The Fukushima Health Management Survey." *PLoS ONE* 11(7)

⁷ 2014. "Fukushima stress deaths top 3/11 toll." *The Japan Times*. Available at: <http://www.japantimes.co.jp/news/2014/02/20/national/post-quake-illnesses-kill-more-in-fukushima-than-2011-disaster/>

그쳤다⁸. 2009년에는, 응답자의 51%가 추가 원자력발전소 건설에 호의적이었지만, 2015년에는 그 수치가 30%까지 떨어졌다.⁹

2012년과 2014년 사이에, 여러 원자로에서 사용된 부품들의 품질 증명서가 변조된 사실이 발견되어, 국유 원자력 발전소에 대한 대중의 신뢰를 약화시키게 되었다. 그 후 정부 관계자들은 20개의 원자로에 사용된 부품들의 품질시험 관련 문서가 위조되었음을 발견했다.

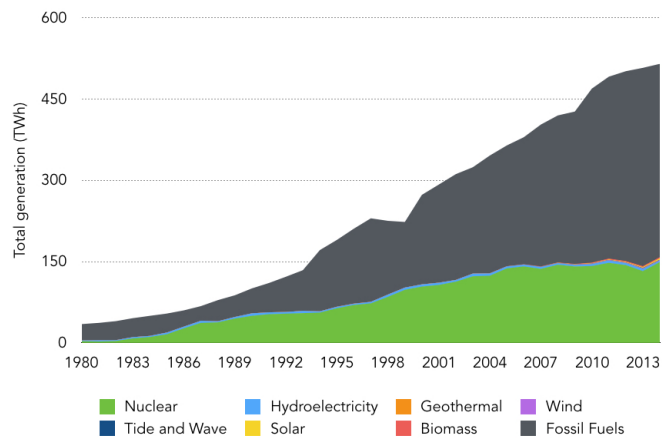
결국, 수천 개의 위조 문서가 발견되었고,¹⁰ 결국, KEPCO의 부회장을 포함한 직원 100명이 기소되었다.^{11,12}

마지막으로 2016년, 경상북도 인근 해상에서 기록상 최대의 지진이 일어나 시민들을 놀라게 하였고, 정부 전문가들에 대한 신뢰가 약해지고 지역 주민들은 두려움에 떨게 되었다.

이에 대해 문 대통령은 단계적인 탈원전과 탈석탄, 그리고 태양력이나 풍력과 같은 재생에너지로의 전환과 에너지효율 개선을 내걸고 출마하였다.

한국의 전력 구성

South Korea's electricity mix, 1980 - 2014



B. 기획과 해결과제들

2014년, 화석연료는 한국 전력의 69%를 차지하였다.



Source: U.S. Energy Information Administration

원자력, 수력, 지열, 풍력
조/파력, 태양력, 바이오매스, 화석연료

⁸ Cho, M. 7 Jan, 2013. "South Korea to Expand Nuclear Energy despite Growing Safety Fears." *Reuters*. Available at: www.reuters.com/article/us-nuclear-korea-idUSBRE90704D20130108.

⁹ Dalton, T. and Cha, M. 2016. "South Korea's Nuclear Energy Future." *The Diplomat*. Available at: thediplomat.com/2016/02/south-koreas-nuclear-energy-future/.

¹⁰ "CFSI (Counterfeit, Fraudulent, Suspect Item) Investigation." Korea Institute of Nuclear Safety. Available at: www.kins.re.kr/en/ourwork/cfsi.jsp.

¹¹ July, 2017. "Nuclear Power in South Korea. World Nuclear Association." World Nuclear Association. Available at: www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea.aspx.

¹²Sang-Hun Cho. August 3, 2013. "Scandal in South Korea Over Nuclear Revelations." *The New York Times*. Available at: <http://www.nytimes.com/2013/08/04/world/asia/scandal-in-south-korea-over-nuclear-revelations.html?mcubz=0>.

1980년대 부터 한국 전력에서 화석연료의 비중은 꾸준히 증가하는 동안, 1990년대부터 청정에너지의 전력의 비중은 꾸준히 줄어들었다. 지난 10년간, 한국은 석탄의존도를 40% 까지 증가시켰고 원자력의 전력 비중은 40에서 30퍼센트로 줄어들었다.¹³

원자력은 현재 청정 전력의 96%를 차지하고 있다. 반면에 한국 전력에서 태양력과 전력 각 1퍼센트와 0.35퍼센트만을 차지하고 있다.

한국은 태양력과 풍력을 늘리려는 의지를 보이고 있지만, 지리, 비용과 의존성이 큰 장애물로 작용한다. 한국의 태양 자원은 빈약하며, 땅은 부족하다. KEPCO의 수치는 원자로 폐로비용과 폐기물 처리비용을 감안하더라도 태양력과 풍력은 원자력에 비해 2.3배 비싸다고 보여주고 있다. 더구나, 한국의 태양력과 풍력은 1년 동안 정격용량의 10~30 퍼센트 밖에 전력을 생산하지 못하므로, 매우 많은 시설들을 건설한다고 하더라도 태양이 비추지 않고 바람이 불지 않을 때 전력을 생산할 석탄이나 천연가스 발전소를 필요로 할 것이다.

이러한 문제점에 대해 탈원전 지지자들은 탈원전을 시행하고 있는 독일과 캘리포니아의 대규모 재생에너지 설비들; 일본의 큰 전력 소비량 감소; 그리고 에너지 저장용 리튬 배터리들의 빠른 가격 하락세를 지목한다.

그러나 각 예시들은 대답하는 점들보다 더 많은 의문점들을 드러낸다. 기록적인 수준의 태양력과 풍력 발전소들을 배치했음에도 불구하고 독일과 캘리포니아는 모두 근년에 온실가스 배출량이 늘었다. 두 지역 모두 원전이 폐쇄되면서 더 많은 석탄과 천연가스 사용이 필요했고, 전기세는 올랐으나 저가의 액체 화석연료 때문에 전력이 필요하지 않은 분야에서 경제적 성장이 일어났기 때문이다. 일본은 분명 전력 사용량을 크게 줄였지만 원전 폐쇄로 인해 화석연료 연소와 온실가스 배출이 크게 늘게되었다. 그리고 리튬배터리들은 가격이 내려가고 있지만, 엄청난 비용을 지불하지 않는한 수 개월 이상 많은 양의 전력을 저장할 수 없다. 더구나 리튬 배터리는 석탄과 원자력 발전소가 더욱 상시적으로 전력을 공급할 수 있도록 하며, 그 수요를 더욱 늘리게 된다.

¹³Harris, B., and Buseong, K. 2017. "한국이 세계에서 가장 오염된 국가 순위에 진입하다," *Financial Times*. www.ft.com/content/b49a9878-141b-11e7-80f4-13e067d5072c.

만약 전력망에서 원전이 제거되고 배터리들이 추가된다면, 석탄 소비는 증가할 것이다.¹⁴

C. 탈원전의 경제적 및 환경적 비용

1. 조사방법

환경진보는 어떤 모델링도 사용하지 않는 간단하고, 쉽게 재확인 가능한 일련의 경제적, 환경적 계산들을 수행하였다. 우리는 여러가지 이유로 이러한 방법을 선택하였다.

첫째, 간단한 계산은 당연하고 기본적인 가정들만을 세우며 재현하기 쉽다. 민간 에너지 선전가들의 주장들은 종종 과장되어있기 때문에, 정책입안자들과 저널리스트들 및 대중들은 그들의 경제적 및 환경적 주장들을 마땅히 회의적으로 바라보고 있다. 그러므로, 우리는 기본적인 산수를 이해하는 한국 국민이라면 누구나 마칠 수 있는 계산들을 만들었다.

둘째, 주어진 정책들이 경제와 환경에 미치는 영향을 이해하는 것에는 어떠한 모델링도 필요하지 않다. 일부 계량 경제학은 일자리에 미치는 영향을 계산하는데 유용하지만, 그것들은 불필요한 복잡성 뒤에 숨어있는 확인되지 않은 가정들에 너무 자주 의존하곤 한다.

셋째, 그리고 마지막으로, 모델링은 불확실성을 가리는 동시에 잘 정립된 사실들에서 주의를 분산시키는 "거짓 정밀함"의 느낌을 지나치게 자주 만들어낸다. 그러한 사실들에는 원자력을 화석연료와 재생에너지로 대체하면 오염도는 반드시 증가하며, 에너지 가격의 상승은 반드시 성장 둔화, 임금 감소 그리고/또는 일자리 손실을 초래한다는 사실이었다.

2. 발견점들

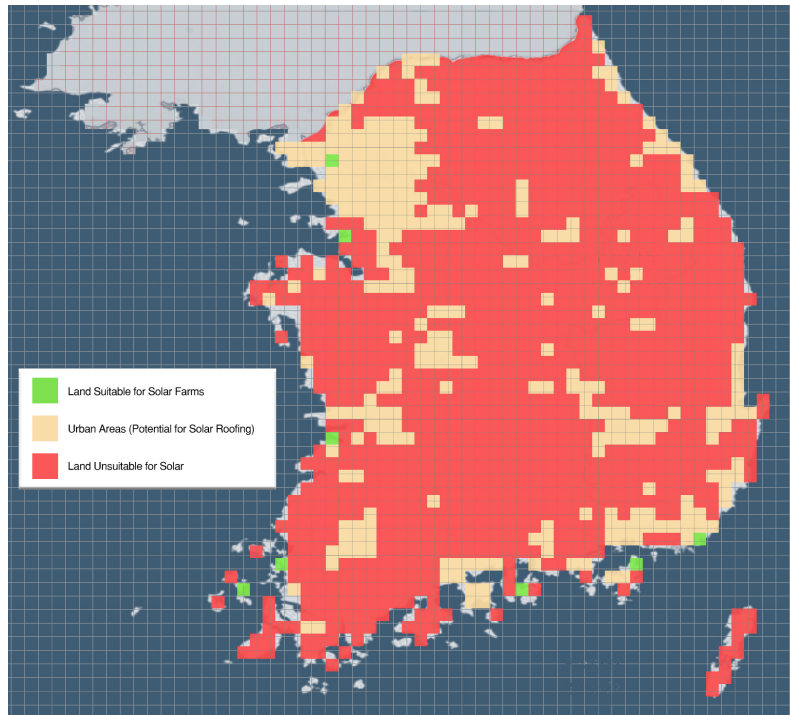
1. 태양력과 풍력이 아닌 석탄과 천연가스가 원자력을 대체하게 될 가능성이 가장 높다.

원자력을 태양력과 풍력으로 대체하는 것은 허용 불가능할 정도로 많은 양의 땅과 실현 불가능한 수준의 많은 투자를 요구하게 된다. 한국의 원자력을 태양력으로 대체하려면, 한국 최대의 태양력발전소들 중 하나인 신안의 발전소 6,400곳 크기의 태양광 발전소를 건설해야만 한다. 이는 4000억 달러 정도의 비용이 들고 서울의 7배의 면적을 뒤덮게 된다.

¹⁴ 미국에서의 이러한 현상의 예시, Hittinger, E., and Azevedo, I. 2015.1.28. 대용량 에너지 저장은 미국의 전력 시스템 온실가스 배출량을 증가시킨다. *Environmental Science and Technology*, 49 (5). p. 3203–3210. E <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es505027p>.

같은 원자로들을 풍력으로 대체한다면 1700억 달러의 비용이 들며, 서울의 19배의 면적을 뒤덮게 된다.^{15,16,17}

태양력발전소에 적합한 땅
도시지역 (지붕 태양전지판 잠재성)
태양력발전에 부적합한 땅



¹⁵ 태양력발전소의 기준으로 신안 태양력발전소의 동급의 값이 사용되었다. 24MW의 용량, 35,000MWh의 발전량과 670,000 제곱미터의 면적의 값을 사용하였다. 신안 발전소의 건설자인 Conergy의 보고서: [http://asia.conergy.com/wp-content/uploads/2016/05/SinAn_LR.pdf]. 이러한 미래 태양력 프로젝트들에 대해서, 미국과 비슷한 비용을 가정하여, kWe의 용량당 즉시 건설시 설비비용 (overnight capital cost) 2,388 달러가 사용되었다. 미국 에너지 정보국 (EIA) [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf]. 미국에 비해서 한국의 노동력은 더 싸지만 지가는 더비쌀 것이다. 2016년 종합 태양력 발전 데이터 [<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>].

¹⁶ 현재 한국의 원자력 전력을 대체를 정형화하기 위해, 고리 5,6호기는 물론 현재 가동중이고 계획된 원전들의 용량들에 대한 IAEA의 발전용 원자로 정보 시스템 데이터베이스 [<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR>] 가 사용되었다. 한국의 원전들에는 87%의 실발전률이 적용되었다. 서울의 면적은 605.2 km²로 계산하였다.

¹⁷ 풍력 터빈에 대해서는 5MW 급, 27.6의 실발전률을 기준으로 하였다. [<http://www.mdpi.com/journal/energies>]. 이러한 풍력 터빈들의 건설에 대해서 kWe의 즉시 건설시 설비비용 1,861달러가 사용되었다. 5MW급 풍력터빈의 필요면적에는 한국의 평균 풍속 6m/s가 적용되었다. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf]. [<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>].

위 한국의 지도는 토지이용 현황에 따른 태양전지판 면적의 대규모 확대에 대한 국토의 전반적 적합도를 나타낸다.¹⁸ 1000개가 넘는 10km*10km 정사각형 중에 단 8개만이 거대 태양력 프로젝트에 높은 적합성을 보인다. 물론, 태양광발전소들은 지도에서 “부적합”이라고 분류된 곳에 지어질 수 있으며, 오늘날 이미 지어져 있다, 그러나 한국의 그런 발전소들은 숲지의 별목이나 비옥한 농지의 손실을 필요로 한다.

현재 한국 최대인 영월 태양광 발전소는, 이전에 숲이었던 강원도의 산꼭대기를 잘라내고서 들어섰다.¹⁹ 한국 토지의 상당부분은 도시지역이므로 지붕 태양전지판의 설치를 늘릴 수도 있다. 그러나 도시지역 태양발전은 산업규모의 발전소에 비해 생산량이 크게 떨어진다.

한국 원전의 전력을 대체하려면

Replacing Korea's nuclear electricity would require either:

풍력 터빈 13,000기



태양력발전소 4400곳

or

25% 실발전율의 5MW 풍력터빈, 신안 태양광발전소 기준



*5MW turbine, 25% capacity factor
†5inAn solar farm equivalents

Sources: Conergy, RVO, IAEA

풍력은 비슷하지만 차이점이 있는 부지 제한을 겪는다. Kima et. al. (2014) 의 연구에 따르면 “풍력발전소 건설의 최소한의 실현가능성이 보장된” 지역은

¹⁸ 식품농업청 토지 및 수자원 부서(Land and Water Division of Food and Agriculture Organization)에서 얻은 이 자료는, 토지를 숲지, 초지, 관목지, 농경지, 도시지역, 습지, 희박하게 식물이 자라는 지역, 공터의 8개의 부류로 크게 구분하고 있다. 대부분의 부류들이 가축 밀도, 농업활동, 그리고 정부 보호상태에 따라 더욱 세부적으로 나누어진다. 각각의 정사각형들은 10km*10km의 면적의 토지를 나타낸다. 숲지, 습지 및 농경지는 건설과정에서 상당한 환경적 피해 또는 식품생산량 영향을 줄 것이므로 이 지도에서 대규모 인접 태양력발전소에 부적합하다고 간주되었다. 보호지역이나 가축밀도 중 또는 상의 지역들 또한 이러한 이유로 태양력 확장 가능지역에서 제외되었다. 관리되고 있지 않거나 가축 밀도가 낮은 모든 초지, 관목지, 희박하게 식물이 자라는 지역이나 공터들은 적합지역으로 남았다. 도시지역은 주황색으로 칠해졌고, 작은 섬이나 해안가 같이 토지이용 자료를 얻을 수 없었던 곳은 회색으로 칠해져 분석에 포함되지 않았다.

¹⁹ 이 발전소들의 모습을 구글 지도에서 확인할 수 있다. [<https://goo.gl/maps/vzaudDweSK72>]

한국 전체면적의 20퍼센트에 지나지 않는다.²⁰ 연구저자들은 이러한 지역에 풍력발전소들을 건설할 경우, 이론적 잠재용량은 고작 41GW 밖에 되지 않는다는 사실을 발견했으며, 이것은 환경 규제가 약할 경우에 기초한 결과로, 만약 강화된다면 이론적 용량은 더욱 제한될 것이라고 적었다.

추가로, 한국에서 가장 풍력자원 밀도가 높은 곳들은 인구가 가장 밀집된 곳으로부터 비교적 멀리 떨어져있는 곳들이다. 추가 송전선들은 풍력 터빈을 대규모로 확대시키는 데에 따른 추가적인 용지소모와 시설의 가시성 모두를 더욱 증가시킬 것이다.

한국정부가 현재 설치용량이 적은 풍력과 태양력을 확장시키는 일에는 지방주민들의 반대가 제한요소 중 하나로 작용하고 있다. 그리고 에너지 저장시설과 예비용 화석연료 발전을 관리하는 일의 값비싼 비용은 확장의 초기단계를 지나는 순간부터 빠르게 쌓여나갈 것이다.

최근 독일의 경험이 이러한 태양력과 풍력의 낮은 신뢰도를 잘 보여주고 있다. 2016년 독일은 2015년에 비해 태양력을 1.5 GW (3.9퍼센트) 더 확장시켰으나, 당년에 태양이 더 적게 비추었기 때문에 1.2 TWh (3 퍼센트) 줄어든 전력을 얻었다. 또한 독일은 풍력도 5 GW (11퍼센트) 더 확장시켰으나, 전력 생산량은 1.4TWh (2퍼센트) 줄어들었다. 2015년에 비해 바람이 덜 불었기 때문이다.²¹

이러한 현실들의 인식 속에, 이미 문 대통령은 북한을 통해 지었으면 좋겠다고 희망하는 파이프라인으로 러시아의 가스를 수입해오고, 액화 천연가스를 미국으로부터 수입할 것을 제안했다.^{22,23}

²⁰ Kima, H., Kanga, Y., Hwanga, H., & Yuna, C. 2014. "Evaluation of Inland Wind Resource Potential of South Korea According to Environmental Conservation Value Assessment." *Energy Procedia* 57, p. 773 - 781.

²¹ Nelson, M. and Deng, M. June 17, 2017. "Germany." Available at: <http://www.environmentalprogress.org/germany/>.

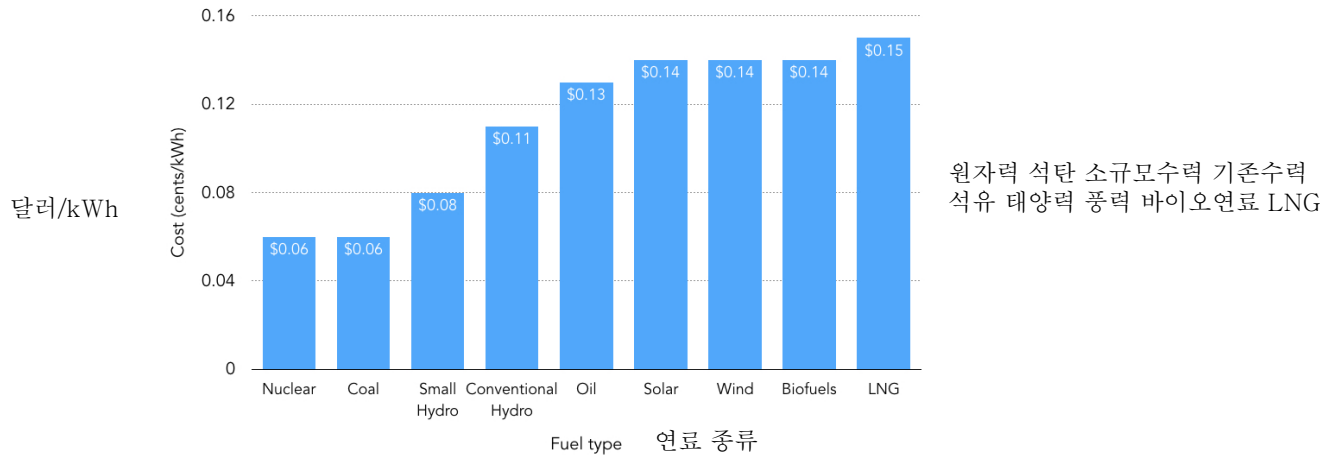
²² Adams, R. 2017. "Moon Jae-in Making Friends By Importing More Gas." *Forbes*. Available at: <https://www.forbes.com/sites/rodadams/2017/07/12/geopolitical-advantages-of-moon-jae-in-plan-to-increase-south-koreas-natural-gas-consumption/#78686ec014df>.

²³ Collins, R. 2017. "South Korea Is Very, Very Interested in U.S. Natural Gas." *Bloomberg*. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-30/south-korea-is-very-very-interested-in-america-s-natural-gas>.

2. 원자력을 천연가스로 대체하려면 즉시 매년 100-150억 달러의 비용이 들 것이며, 장기적 손실은 더 크며 정확히 알 수 없다

연료 종류에 따른 평균 전기 비용, (한국, 2015)

Average Cost of Korean Electricity by Fuel Type, 2015



Source and notes: KHNP Korea Electric Power Statistics. Values converted from South Korean Wons to US Dollars using a conversion factor of 0.00089. The 2015 average includes the cost of decommissioning and spent fuel management which was not included prior to 2015.

원-달러 환율 1:0.0089 기준, 한국 전력통계, 2015년 평균값은 이전까지 포함하지 않았던 폐로 및 폐연료 처리비용까지 포함하고 있다.

한국의 원자력을 천연가스로 대체하는 것은 천연가스 연소 터빈 발전소에 270억 달러의 선불투자를 필요로 할 것이며, 현재의 낮은 가격을 기준으로 매년 LNG수입에 103억 달러의 비용이 들게 된다.^{24,25,26}

²⁴ 2016년 일본이 LNG수입에 지불한 가격 기준, 2017년 BP통계보고서의 수치이며, BTU당 6.94달러이다. [<http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-natural-gas.pdf>]. EIA의 열효율 6,600BTU/kWh의 신형 복합사이클 가스터빈의 값을 사용하였다. [<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR>].

²⁵ 일시 중지된 신고리5,6호기와 함께 현재 가동중이거나 건설중인 원전의 총 용량의 대체를 기준하며, IAEA 발전용 원자로 정보 시스템 데이터베이스에서 얻은 한국의 최근 5개 원자로의 평균 실발전율을 모든 원자로에 적용가능하다고 가정하였다. [<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR>].

²⁶ 대체용 천연가스터빈 발전소의 즉시건설시 설비비용 (overnight capital cost): kWe/923달러 [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf], 이는 신형 복합 사이클 가스 터빈 (CCGT) 발전소들이 원자력과 같은 87%의 실발전율을 낼 것이라는 보수적인 가정하에, 신고리 5,6호기를 포함한 모든 원자력 발전용량이 천연가스 터빈으로 하나하나 대체된다고 가정하였다. [<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR>].

만약 그 100억 달러가 현재 10%의 실업률로 모든 연령대중 가장 높은 한국의 청년실업을 줄이기 위한 일자리 창출을 위해서 쓰인다면, 한국 15-29세 실업자 수는 국가 평균 임금을 받으며 980,000명에서 640,000명으로 줄어들 수 있다.²⁷

심지어 만약 일자리 창출 과정을 위한 간접적 비용이 평균 임금의 50%에 달한다고 하더라도, 980,000명에서 751,000명으로 실업자 수 감소에 해당한다.

그러나 원자력과 가스에 의해 만들어지고 손실되는 경제적 가치는 전기세 상승이 일자리에 미치는 영향과 고가치 수출산업의 타격을 고려할 때 더 높을 것이다. 일본 에너지경제청의 연구에 따르면, 외국에서 수입하는 화석연료 발전 대신에 휴면상태의 원자로를 재가동할 때 증가하는 총 GDP는 단순 화석연료 수입 비용보다 50% 더 많았다.²⁸

그러므로, 원자력 발전소를 천연가스로 대체함으로써 발생하는 즉각적인 추가비용은 연간 150억 달러에 가까울 수 있다. 이 수치는 원전 건설과 서비스 부문의 폐쇄로 인한 장기적인 구조변화와 그에 따른 손실을 포함하고 있지 않으며, 그저 불가피하고 직접적인 대체 연료비일 뿐이다.

어떤 한국인들이 탈원전에 의해 가장 타격을 받을 것이고 피해는 얼마나 될 것인지에 대해서는 불분명한 점들이 존재한다. 그러나 분명한 것은, 탈원전이 전기 가격의 상승과 화석연료 연소량의 증가를 초래할 것이라는 사실이다.

많은 경제학자들은 어떠한 전기료의 인상이라도 한국의 경제성장을 둔화시킬 것이라는 사실을 밝혀낸다. 두 명의 한국 경제학자의 한 연구는 “에너지와 GDP 사이의 장기적인 양방적인과관계, 그리고 단기적인 에너지로부터 GDP로의 일방적인과관계의 존재”²⁹를 밝혔다. 다른 한 연구는 1970년부터 2002년 사이, “에너지 소비의 증가가 직접적으로 경제성향에 영향을 주었다.” 고 밝혔고, 연구자들은 “전력은 이제 한국인의 복지는 물론 국가의 경제성장에 매우 중요한 요소로 자리잡고 있다.” 고 결론내렸다.³⁰

²⁷ 한국 통계청 15-29연령대 2016년 실업률 9.8퍼센트 [http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1495]. 전체 1000만명중 980,000명의 청년이 실업자이다. [<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=population-estimates-and-projections&Type=TABLE&preview=on#>]. OECD의 한국의 2016년 평균임금 수치 \$29,125 [<https://stats.oecd.org/>]

²⁸ M. Aoshima et al. 2017. “Economic and Energy Outlook of Japan Through FY 2018”. *Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ)*. Available at: <http://eneken.ieej.or.jp/en/press/press170725.pdf>

²⁹ Oh, W., and Lee, K. 2004. “Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970-1999.” *Energy economics*, 26(1), p. 51-59.

³⁰ Yoo, S. H. 2005. “Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea.” *Energy Policy*, 33(12), p. 1627-1632.

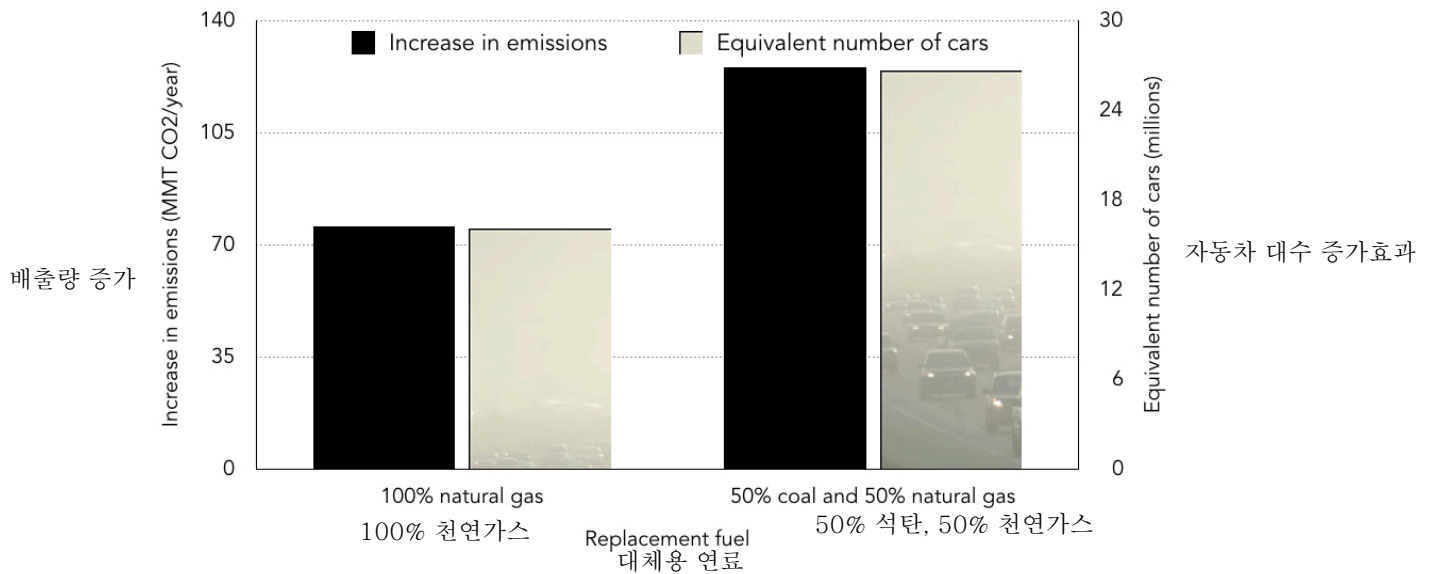
3. 원자력을 천연가스로 대체하면 계속 원자력을 유지할 때에 비해 최소 연간 100억 달러의 부를 외국으로 유출시킬 것이다.

원자력이 한국의 발전에 특히나 큰 기여를 해온 이유는 전력생산을 위해 사용하는 돈의 대부분이 국내에 남기 때문이다, 반면에 화석연료의 구매는 뚜렷하게 외국에 이익이 되며 한국의 무역수지를 낮추게 된다.

추가로, 시스템과 부품들의 국내 생산을 통한 자립을 위한 적극적인 노력 덕분에, 한국의 산업체들은 원전에게 도움이 되며 원전은 그렇게 생산된 안정적이고 값싼 전력을 다시그 산업체들에게 공급해준다.

원전 폐쇄는 2700만대의 자동차를 도로에 추가하는 것과 같은 분량의 이산화탄소 배출량 증가 효과를 낸다.

Nuclear closure would increase emissions the equivalent of adding 27 million cars to road



Sources and notes: Increase in emissions calculated based on estimated annual generation of all South Korean nuclear reactors using a capacity factor of 0.92. Emissions factors are calculated based on values from the U.S. Energy Information Administration. Calculations of cars added to the road assume an average emissions per passenger vehicle of 4.7 metric tons CO₂ per year, as per the U.S. Environmental Protection Agency. Calculations involving coal emissions factors assume all coal is bituminous.

배출량 증가는 실발전율 92%를 가정한 한국 원자로의 발전량을 토대로 계산되었다. EIA의 배출량 통계를 토대로 자동차의 배출량은 4.7톤/년으로 계산하였고, 석탄은 모두 유연탄으로 가정하였다.

한국은 여전히 97%의 연료를 수입해오고 있으며 매년 940억 달러를 지불한다.³¹ 한국의 핵 연료 수입비용에 관한 자료는 구할 수 없으나,

³¹ The Observatory of Economic Complexity. (n.d.). Available at: <http://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/kor/>

출판되어있는 우라늄 광물, 변환, 농축 비용³²을 통해 볼 때, 수입되는 핵연료와 관련 서비스 비용은 그 전체 비용의 0.5 퍼센트, 약 5000만 달러³³를 차지할 것으로 보인다. 원자력의 나머지 부문들은 한국의 기술, 제조업 및 고용자들로부터 제공된다.

따라서, 한국이 석탄과 천연가스를 수입하면, 그것은 대부분의 연료 수입비용을 미국, 캐나다, 호주, 카타르, 그리고 러시아와 같은 외국 각지의 석탄과 가스 생산자들에게 보내는 것이나 다름없다. 한국은 천연가스를 생산하지 않고, 현재 약 5000만 달러를 우라늄 수입과 관련 서비스에 쓰고 있으므로, 전환하게 될 경우 국가 무역수지에 100억 달러의 감소가 뒤따를 것이다.

4. 국내의 탈원전은 한국 원자로 수출산업의 진로를 방해한다

오늘날 한국은 원자로 기술 수출산업의 선두주자이며, 현재 아랍에미리트에 4기의 원자로를 짓는 200억 달러어치의 계약을 따낸 상태다. 한국은 심각한 건설지연 문제를 피해가는 세계에서 몇 안되는 국가들 중 하나다, 이것의 상당 부분은 1980년대부터 계속해서 국내 원전들을 지어온 노동자들의 축적된 경험 덕분이다.

만약 한국은 탈원전을 감행한다면, 한국의 원자로 생산업체들이 이러한 생산능력을 유지하기는 힘들어질 것이다. 수요 감소로 인하여 KEPCO와 두산 중공업의 생산 용량은 줄어들 것이다.

원자력 산업이 건장한 국내 원자력 지부 없이 외국 원자로 수출능력을 늘릴 수 있다는 증거는 찾아볼 수 없다. 스웨덴³⁴, 독일³⁵, 그리고 미국은 모두 국내 원자로 건설이 줄어들자 원자로 수출시장 지분 또한 줄어들었다

³² Cameco: Uranium Price. (n.d.). Retrieved August 17, 2017. Available at: <https://www.cameco.com/invest/markets/uranium-price>.

³³ 한국 원자로를 위한 우라늄 수입 비용 추정치는 미국의 사용 현황에 대한 정보를 기준으로 하였다. 2015년, 2016년의 연평균 U_3O_8 4,500만 파운드 급의 미국 우라늄 사용에 대한 EIA의 수치와 2015년 2016년의 평균 연간 발전량 801.5TWh를 토대로, 우리는 TWh당 25.5톤 규모의 U_3O_8 라는 경수로 연료효율을 얻었다. 2017년 6월의 U_3O_8 장기적 가격 Cameco에서 얻었다. 추가로, 2017년 6월 기준으로 1톤의 우라늄당 800SWUs가 변환, 농축, 천연 우라늄 광물 비용에 포함된다고 가정하였다.

³⁴ World Nuclear Association. June, 2017. "Country Profiles: Sweden." Available at: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/sweden.aspx>.

³⁵ Dempsey, J. September 18, 2011. "Siemens Abandoning Nuclear Power Business." *The New York Times*. Available at: <http://www.nytimes.com/2011/09/19/business/global/19iht-siemens19.html>.

독일의 탈원전은 2030년까지 원자로 수출이 0기로 추락하는 동안 국가에 약 2조1500억 달러의 에너지비용 증가를 초래할 것으로 예상된다.³⁶

1980년대 미국에서 원자로의 확장이 멈춘 이래, 어떤 미국 원자로 회사들도 성공적으로 외국에 원자로를 판매하고 완공시키지 못했다. 그 시기 이후로 제너럴 일렉트릭은 2개의 원자로를 대만에 판매하였으나 완공하지 못했다.³⁷

한국전력공사가 국내와 국외 모두에서 기한과 비용을 준수해가며 원자로를 건설하는 명성을 가지고 있다고 해도, 국내의 공급 체인, 그리고 동등하게 중요한 타국가들의 신뢰가 없는한, 한국은 국제 원자로 수출시장에서 경쟁력을 유지하지 못할 것이다.³⁸

한국전력공사는 현재 세계 최대의 원자로 건설 계약인 영국 무어사이드의 세 개의 APR1400 원자로 건설계약에 입찰하고 있다, KEPCO가 그 원자로들을 EDF의 Hinkley Point C.의 건설비용의 2/3으로 짓는 안에 동의한다고 가정하면, 해당 계약은 220억 달러의 가치를 지닐 것으로 보인다. 그러나 문 대통령의 당선과 이후, 국내의 탈원전 요구 속에서 KEPCO가 그 프로젝트를 완수할 만한 능력이 있을지에 대한 의문이 생겨났다.³⁹

5. 원자로를 천연가스로 대체하는 것은 전력망의 안보, 안정성, 그리고 신뢰성을 위협한다.

최근 일본과 대만의 원자로 축소는 안보적으로 취약하고 신뢰도 낮은 전력망을 만들어냈다. 일본의 선두 에너지경제 연구단체의 경제학자들은 원자력 발전소의 가동중단과 GDP 사이의 직접적이고, 즉각적인 상관관계를 수치화하여, 한국 표준 디자인의 원자로 수준의 원자로 4기를 잃을 경우 그 다음 년도에만 18억 달러의 화석연료 비용이 증가하게 되며, 27억 달러의 GDP손실이 있게 된다고 밝혔다.⁴⁰

³⁶ Steitz, Christoph. January 17, 2012. "Siemens puts cost of nuclear exit at 1.7 trillion euros." *Reuters*. Available at: <http://www.reuters.com/article/us-siemens-energy-idUSTRE80G10920120117>.

³⁷ Environmental Progress analysis of IAEA Power Reactor Information System. Available at: <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>.

³⁸ Nguyen, Viet Phuong. August 12, 2017. "Lights Out for South Korea's Nuclear Export Ambitions." *The Diplomat*. Available at: <http://thediplomat.com/2017/08/lights-out-for-south-koreas-nuclear-export-ambitions/>.

³⁹ Ward, Andrew. June 28, 2017. "Kepco confirms talks on joining Moorside nuclear project." *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/c4417b54-5c03-11e7-9bc8-8055f264aa8b>.

⁴⁰ M. Aoshima et al. 2017. Economic and Energy Outlook of Japan Through FY 2018. Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ). Available at: <http://eneken.ieej.or.jp/en/press/press170725.pdf>.

정확한 수치를 구해내는 것은 불가능하며 “거짓 정밀함”을 만들어내겠지만, 대략적인 근사치를 구하는 것은 가능하다.

2017년 8월 15일, 대만의 한 천연가스 발전소에서 일어난 실수가 대만 북부에 4.2GW의 전력 손실을 초래했으며, 전력망 고장으로 이어져 6백만 가구와 151개의 제조업체에 영향을 끼쳤다.⁴¹ 대만 정부가 미래의 축소를 준비하기 위해 원자력 발전소를 가동 중지 상태로 두지 않았다면, 가스발전소 고장이 일어난 곳과 같은 지역의 세 원자력 발전소에서의 4.8GW의 전력이 이용 가능했을 것이며, 거주지와 제조라인 모두에서 일어난 5시간 동안의 전력 부족사태를 막아낼 수 있었을 것이다. 이 사건은 늦은 오후에 일어났으며, 태양력으로는 정전사태를 피해가지 못했을 것임을 의미한다.

한국에서의 화력으로의 원자력 대체 또한 대만에서 관찰된 것과 비슷한 효과를 낳게 될 수 있지만, 더욱이 한반도 특유의 신뢰성에 대한 우려 또한 동반하게 된다. 문 대통령이 제안한 북한을 통한 파이프라인이 건설되어, 러시아로부터 수입되는 연료에 대한 의존성이 커지게 된다면, 러시아 정부는 우크라이나와 다른 유럽 국가들에 가지고 있는 외교적 이점을 한국에게도 정치적 이득을 위해 행사 가능한 위치가 될 것이다.⁴²

6. 원자로의 대체는 오염물질에 관련된 질병과 사망자 수를 늘린다.

전력망에서 원자력 발전소를 없애는 것은 보다 고가인 가스 발전이 석탄 발전을 대체하는 대신 원자력 발전을 대체하게 만듦으로써 석탄 발전소의 가동기간을 늘리게 된다. 많은 한국인들이 서울의 나쁜 공기 질에 있어서 중국을 탓하지만, PM 2.5 미세먼지는 70퍼센트 까지 국내에서 발생한다.⁴³ 그리고 연구결과들은 한국의 석탄 발전소와 경유 자동차들이 가장 치명적인 종류의 대기오염인 대부분의 PM 2.5 미세 입자성 물질의 원인이라고 보여 주고 있다.

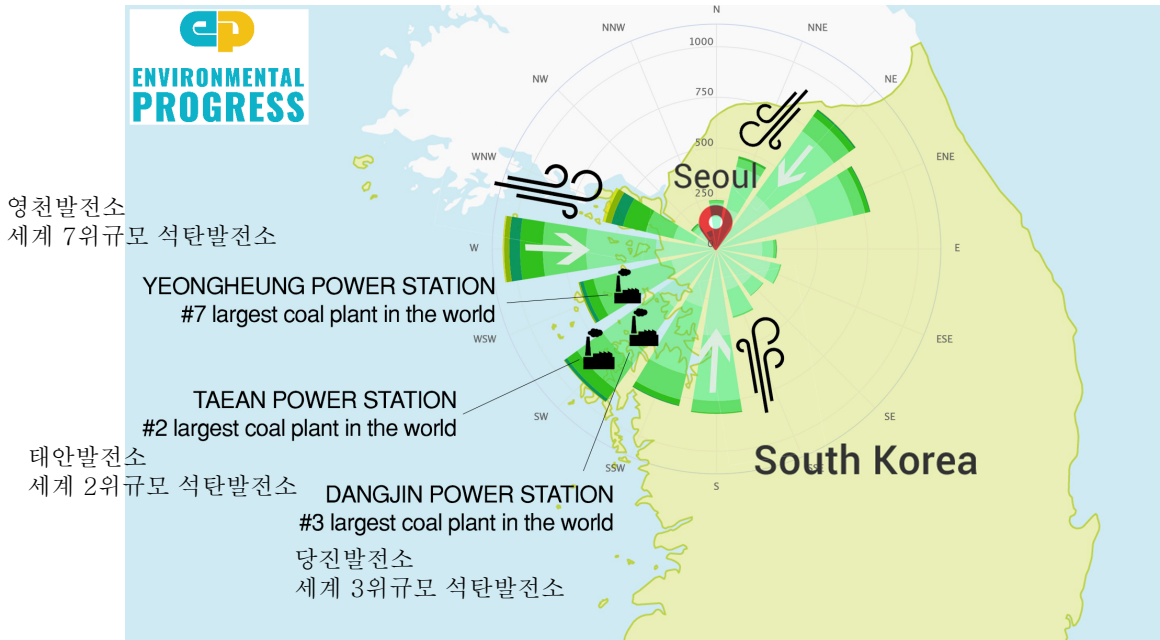
한국, 특히 서울은 세계에서 가장 공기 질이 나쁜 곳들 중 하나이다. 예일대 연구자들은 연간 7일에 하루 꼴로 대기의 질이 어린이, 노약자와 환자들과 같은 “민감한 그룹의 건강에 좋지 않았다”고 밝혔다.

⁴¹Yu, Jess Macy. August 17, 2017. "Taiwan power outage affected 151 companies, caused \$3 million in damages." Reuters. Available at: <http://www.reuters.com/article/us-taiwan-power-outages-idUSKCN1AX0S3?il=0>.

⁴² Henderson, N. 13 October, 2016. "Can America Stop Putin Standing on Europe's Gas Pipe?." Newsweek. Available at: <http://www.newsweek.com/can-america-stop-putin-standing-europe-gas-pipe-507287>.

⁴³ South Korea Ministry of Environment. 2016. 미세먼지 발생원 [Fine dust source]. Available at: http://issue.korea.kr/me/finedust/?content_id=46.

세계에서 가장 큰 석탄발전소 10개중 3개가 서울 바로 남서부에 위치하여⁴⁴, 한국 인구의 절반 이상이 오염물질을 운반하는 탁월풍의 경로에 놓여있다.⁴⁵ 이 발전소들 중 어느 곳도 문 정부의 에너지 정책에서 폐쇄 예정되어있지 않으며, 더 작은 발전소들의 폐쇄가 우선시 되어있다.



오늘날, 예일대에서 작년에 출판된 국제연구에 따르면,⁴⁶ 한국인의 50퍼센트 이상이 안전하지 않은 수준의 대기오염에 노출되어 있다. 서울의 대기오염은 로스 앤젤러스보다 5배나 심각하다.⁴⁷

⁴⁴ Sourcewatch. "Top Ten Largest Coal Plants in the World." http://www.sourcewatch.org/index.php/Top_ten_largest_coal_plants_in_the_world.

⁴⁵ https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/modelclimate/seoul_republic-of-korea_1835848.

⁴⁶ Hsu, A. et al. 2016. "2016 Environmental Performance Index". New Haven, CT: Yale University. Available at: http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016EPI_Full_Report_opt.pdf.

⁴⁷ Hu, E. 2016. "Korea's Air Is Dirty, But It's Not All Close-Neighbor China's Fault." *NPR Morning Edition*. Available at: <http://www.npr.org/sections/parallels/2016/06/03/478796463/koreas-air-is-dirty-but-its-not-all-close-neighbor-chinas-fault>.

별개로 진행된 한 연구는 부유한 국가들 중에서 2060년까지 대기오염으로 인한 사망자가 가장 많은 국가가 한국이 될 것이며,⁴⁸ 대기오염으로 인한 경제적 비용은 매년 90억 달러라고 밝혔다.⁴⁹

7. 탈원전은 탄소배출량을 늘리고, 한국이 파리 기후협약의 목표를 지키지 못하게 할 것이다.

태양력과 풍력의 간헐성과 한국의 토지 부족을 고려할 때, 한국의 원자력 발전소를 대체하려면 상당한 양의 석탄 그리고/또는 천연가스 발전의 증가가 요구될 것이며, 이는 대기 오염을 증가시키고 한국이 파리 기후협약을 지키지 못하게 할 것이다.

한국의 남아있는 원전들을 천연가스로 대체하는 것은 2,700만 대의 미국 자동차를 도로에 추가하는 것과 동등한 탄소 오염 효과를 만들어낼 것이다.

한국은 2015년 파리 기후협약에서 2030년까지 이산화탄소 3억1470만 톤 수준의 온실가스 감축을 약속했다.⁵⁰ 그러나 천연가스와 재생에너지의 높은 비용으로 볼 때, 만약 한국이 계속 원전을 대체하기로 한다면 석탄, 천연가스, 석유의 조합이 그 자리를 채우게 될 것이 유력하다. 이에 따른 배출량 증가는 파리협약 이행을 위해 필요한 감축량의 52퍼센트에 해당한다.

파리 기후협약을 이행하려면 현재 한국은 전력부문 전체에서 배출하는 모든 온실가스의 총합보다도 많은 양을 감축해야만 한다. 그러나, 원전 폐쇄는 2,700만 대의 미국 자동차들을 도로에 추가하는 것과 동등한 온실가스 배출량 증가를 초래할 것이며 파리협약을 향한 어떠한 노력들도 어떤 심각하게 방해하게 될 것이다.⁵¹

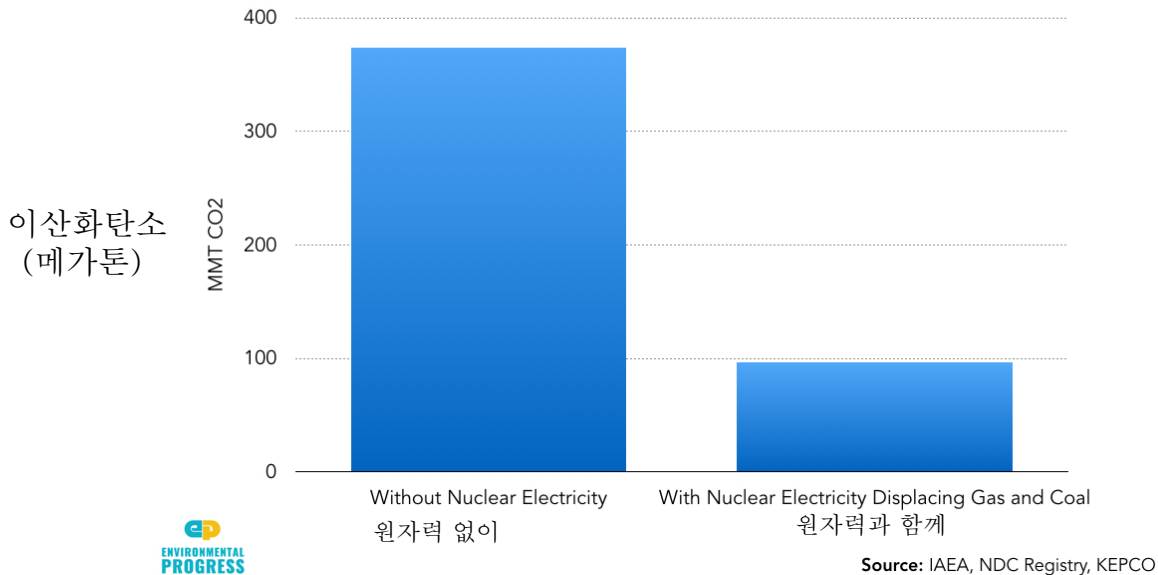
⁴⁸ OECD. 2016. "The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution". *OECD Publishing*, Paris. Available at: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264257474-en>.

⁴⁹ Harris, B., and Buseong, K. 2017. "한국이 세계에서 가장 오염된 국가 순위에 진입하다." *Financial Times*. Available at: www.ft.com/content/b49a9878-141b-11e7-80f4-13e067d5072c.

⁵⁰ 한국의 파리 기후협약 목표와 한국의 현상유지시 2030년 배출량은, ^{ere} 한국정부가 UN's Framework Convention on Climate Change (March 2016) 에 제출한 Intended Nationally Determined Contributions (INDC) 에 담겨있다. Submission by the Republic of Korea: Intended Nationally Determined Contribution. NDC Registry.

⁵¹ 배출량 증가는 실발전율 92%를 가정한 한국 원자로의 발전량을 토대로 계산되었다. EIA의 배출량 통계치를 토대로 하였으며 자동차의 배출량은 4.7톤/년으로 계산하였고, 석탄은 모두 유연탄으로 가정하였다

파리협약 이행을 위해 필요한 감축량 Paris climate agreement emissions goals



한국이 잃는 원자력 에너지가 많을수록, 배출량 감축 목표를 지키기는 더욱 힘들어질 것이다.

게다가, 재생에너지의 확장은 매우 넓은 땅을 필요로 하고 자연환경을 파괴할 것이다. 한국의 화석연료 발전소를 없애나가는 것에는 7곳의 원자력 발전소 또는 한국 최대의 태양력발전소 9,400소 분량의 태양력을 필요로 할 것이다.

한국의 원자력과 화석연료를 모두 대체하려면 40,000기의 풍력터빈 또는 14,000곳의 대규모 태양력발전소가 필요로 할 것이다.⁵²

⁵² 한국의 화석연료 온실가스 배출량은 2016년 전력생산 데이터를 자료를 통해 석탄, 천연가스, 석유의 이산화탄소 배출량을 각각 kWh당 700, 370, 750그램으로 보았다. 화석연료내 지분이 유지된다는 가정하에 원전대체가 초래할 배출량 증가를 2016년 한국전력공사 전력생산 자료를 통해 연료별 수치를 종합한 화석연료의 배출강도를 통해 계산해냈다.

II. 반원자력 공포의 기원

A. 왜 변영은 편집증을 낳는가

1953년 한국전쟁이 끝나자, 에너지가 부족한 한국은 재건과 발전을 위해서 외국의 에너지를 찾아보게 되었고, 주로 석탄과 원자력이 그 역할을 하게 되었다. 한국은 외국의 원자력 발전소들을 한국화시켰으며 그 과정에서 발전소들을 빠르고 값싸게 지을 수 있다고 증명해낸 자신들만의 기준을 개발했다. 값싸고 의존 가능한 전력은 1977년 1,050 달러에서 1990년 6,642 달러, 2016년 27,538 달러로의, 세계 역사에서 가장 빠른 속도 중 하나로 GDP 증가를 이룩하는데 매우 중요한 역할을 했다.

오늘날, 경제학자들, 역사가들, 그리고 사회학자들은 한국의 변영은 보호주의적이고 국가 계획적인 공업화 정책, 강한 가족적 유대, 문화-가족-국가 차원의 높은 교육열, 제조업과 수출의 중요시 등 몇 가지 핵심적인 문화적 및 구조적 요소들의 결과였다고 폭넓게 동의한다.^{54,55,56} 이전의 일본과 이후의 중국이 그랬던 것처럼, 한국은 간단한 저가치 상품에서 자동차, 선박, 전자제품과 가전제품 같은 복잡한 고가치 상품으로 제조업 먹이사슬을 타고 올라갔다.^{57,58,59,60}

경제 복잡도 지표(ECI)에 따르면, 한국은 세계에서 세 번째로 복잡한 경제구조를 가지고 있다. 그 중 최대 산업들은 대량의 전적으로 의존 가능한 전력을 필요로 하는 집적회로, 화학, 자동차 제조 등이다.

⁵³ GDP per Capita (Current US\$), South Korea. The World Bank, data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=KR.

⁵⁴ Yi, K. 1976. *A New History of Korea*. Harvard University Press. p. 165. ISBN 9780674615762.

⁵⁵ Lee, Kenneth B. 1997. *Korea and East Asia: The Story of a Phoenix*. Greenwood Publishing Group. p. 72. ISBN 9780275958237.

⁵⁶ Seth, M.J. 2010. *A History of Korea: From Antiquity to the Present*. Rowman & Littlefield Publishers. p. 443. ISBN 9780742567177.

⁵⁷ Chang, H. 2002. *Kicking Away the Ladder: Development Strategy in Historical Perspective*. Anthem Press. ISBN 9781843310273.

⁵⁸ Chang, H. 2002. *Globalization, Economic Development, and the Role of the State (essay collection)*. Zed Books. ISBN 9781842771433.

⁵⁹ Chang, H. and Shin, J. 2003. *Restructuring Korea Inc.* Routledge. ISBN 9781134469383.

⁶⁰ Chang, H. and Jeong, S. 2004. *Kwe-Do Nan-Ma Hankook-Kyungje*. Bookie, Seoul. ISBN 9788985989831.

한국의 경제적 성공은 연료, 금속, 부품들을 수입하여 가장 복잡하고 조직적인 공업적 과정을 통해 변화시키는 것으로 이루어진다.

천연 에너지자원이 거의 없이 높은 인구밀도를 가지는 한국의 번영은 신뢰성 높고 값싼 전력에 크게 의존한다. 전세계를 통틀어 번영은 기아나 전염병과 같은 빈곤으로 인한 많은 위험을 급격히 감소시키며, 이전 시대에는 사소한 것으로 보였을 원전 노심용융과 같은 위험도 걱정할 여유가 생기도록 한다.

이 사실에 대한 증거는 1979년 양쪽 모두 스리마일 섬 사고나 2011 후쿠시마 사고보다 훨씬 더 심각했던 1957년 영국의 윈스데일 사고나 1966년 미시간의 페르미-I 사고 이후에 대중적 우려와 반원전 운동을 찾아볼 수 없었던 사실에서 찾아볼 수 있다.⁶¹

실제로 지난 20년간, 그리고 후쿠시마 사건 훨씬 이전부터, 한국의 번영은 재벌 시스템과 거기에 가장 연관되어있는 에너지원인 원자력에 대한 대중들의 불만을 키워왔다. 이처럼, 한국은 미국과 유럽이 원자력에서 등을 돌리기 시작한 1970년대의 상황과 똑같은 패턴을 답습하고 있다.

1960년대부터, 사회과학자들은 원자력에 대한 공포를 가장 크게 드러내는 개인일수록

- 농업적 과거에 대한 노스탤지어를 가지고 있으며
- 식품과 에너지생산의 분산화를 주장하고
- 큰 중앙집중적 관료주의와 함께 정부, 군대, 과학 및 산업기관들을 불신하고 싫어하는 경향을 나타낸다는 것을

명문화 해왔다.⁶² 이러한 상황 속에서 문 대통령, 환경운동가들, 그리고 다른 지지자들은 이전 정권을 비판하는 과정의 일환으로써 서류위조 스캔들과 지진을 이용해온 것이다.

한국의 경험은 독특하긴 하지만, 1970년대 미국과 유럽에서 일어났던 원자력에 대한 반발과 많은 유사점을 보인다. 두 경험의 차이점과 유사점을 이해하는 것은 반-원전 이데올로기의 기저에 놓인 경제적, 그리고 문화 외적 요소들을 이해하는데 도움이 될 것이다.

⁶¹ Goldschmidt, B. 1982. "The Atomic Complex: A Worldwide Political History of Nuclear Energy." *American Nuclear Society*. ISBN: 9780894485510.

⁶² 주목할만한 점으로, 반-원전 이데올로기는 종종 정치적으로 좌향에 놓이지만, 마찬가지로 자주 우향에 놓이기도 한다. 실제로, 극단적 자유주의와 극단적 평등주의는 종종 큰 기관들에 대한 거부에서 만나곤 하며, 둘 다 역사가들에 의해 정치의 "편집중적 스타일"으로 식별된다.

관련 논의를 Douglas, M. and Wildavsky, A., 1982. *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press. 에서 볼 수 있다.

B. 왜 환경운동가들은 1970년대에 원자력에서 등을 돌렸나

원자력에 대한 대중의 공포는 자연스러워 보이지만, 사실은 1960년대 초반부터 미국과 유럽에서 재생에너지 보조금과 같은 종종 관련 없어 보이는 정치적 아젠다를 위해 의도적으로 선전되어온 것이다. 이러한 역사는 Wellock's *Critical Masses: Opposition to Nuclear Power in California (1958-1978)*, Christian Joppke's *Mobilizing Against Nuclear Energy: A Comparison of Germany and the United States*, and Robert Wyss' *The Man Who Built the Sierra Club: A Life of David Brower*와 같은 일련의 학술적, 그리고 비학술적 문헌들을 통해 잘 기록되어있다.^{63,64,65}

1970년대 초반까지, 미국과 유럽에서 대부분의 환경운동가들은 친-원자력이었다. 미국 최대 및 최장 역사의 환경단체중 하나인 시에라클럽(Sierra Club)의 이사회원이었던 유명 자연 사진작가, Ansel Adams는 이렇게 말했다. "원자력은 환경을 파괴하고 있는 석유와 석탄을 대체할 수 있는 우리가 가지고 있는 유일한 현실적 대안이다,"⁶⁶

원자력의 필요성은 뚜렷했다. 예를 들어, 오하이오 주 도시들의 대기오염은 너무 심각해서 낮에 사람들은 연기를 뚫고 앞을 보기 위해 자동차 전조등을 켜야만 했다.⁶⁷ 특히 심한 날에는 차에 쌓인 그을음을 쓸어내고 밖에 널어놨던 옷들은 다시 빨아야만 했다.

입법자들은 이 문제를 해결해야 한다고 동의했고, 오하이오의 전력 산업은 해로운 오염을 발생시키지 않는 원전 4개와 그 안의 8개의 원자로를 지어나가기로 하였다.⁶⁸

공공보건 연구들은 원자력은 대기 및 수질 오염을 유발하지 않으므로 석탄 발전보다 훨씬 더 안전하다고 결론지어왔다. 1973년에 실린 Carnegie Mellon 대학의 연구결과는 원자력이 1메가와트의 전력생산당 유발하는 건강 위협수준은 석탄화력에 비하여 매우 낮았다고 밝혔다.

⁶³ Wellock, T. 1998. "Critical Masses: Opposition to Nuclear Power in California, 1958-1978." *University of Wisconsin Press*. ISBN: 9780299158545 p. 85.

⁶⁴ Joppke, C. 1993. "Mobilizing Against Nuclear Energy: A Comparison of Germany and the United States." *University of California Press, Ltd*. ISBN: 0502078136.

⁶⁵ Wyss, R. 2016. "The Man Who Built the Sierra Club: A Life of David Brower." *Columbia University Press*. ISBN: 9780231541312.

⁶⁶ Adams, A. Playboy Magazine interview. May 1983.

⁶⁷ Ohio Environmental Protection Agency, 2012. "Ohio EPA Celebrating 40 Years: Air Quality." Available at: <http://www.epa.ohio.gov/40YearsandMovingForward/AirPollutants.aspx>

⁶⁸ Nunnelee, E. 1985. "Historical Profile of U.S. Nuclear Power Development." *Atomic Industrial Forum, Inc*.

연구자들은 원자력의 석탄보다 낮은 위험성은 연료추출 과정과 전력생산 과정 모두에 해당된다고 결론지었다.⁶⁹

한편, 석탄화력의 추정된 건강영향 대한 기사가 뉴욕타임즈지 1면에 실렸다.

“지난달 발표된 국회 추정치에 따르면, 석탄 연소로 인한 오염물질로 인한 사망자 수는, 1975년을 기준으로 매년 48,120명이다. 예상되는 대로 앞으로 10년간 석탄 사용량이 크게 늘어난다면, 이 숫자는 55,835명으로 늘게 될 것이다.”⁷⁰

이데올로기에 의한 원자력에 대한 반발은 60년대 중반 캘리포니아에서 시작되었다. 이는 몇 명의 시에라클럽 운동가들이 “인구 과잉”과 점점 늘어가는 이주민들이 캘리포니아의 아름다운 자연경관을 파괴할 것을 우려하던 때였다.

평판이 나쁜 영국의 경제학자였던 Thomas Malthus의 영향을 받은 반-인본주의자들은 원자력이 고갈되지 않으며 값싸고 의존 가능한 에너지를 만든다는 사실을 공격했다. “만약 성장을 위한 에너지의 공급이 앞으로 20년간 캘리포니아의 인구를 2배로 만드는데 일조한다면,” 시에라클럽의 전무 이사인 David Brower의 글이다. “주의 특징적인 아름다운 자연경관은 파괴될 것이다. 더 많은 발전소들은 더 많은 산업을 낳고, 더 높은 인구밀도를 낳게 될 것이다.”⁷¹

주된 공포는 사고위험이나 핵무기 악용이 아니라, 인구 과잉과 과소비였다. “사회에 값싸고 풍부한 에너지를 제공하는 것은 저능아에게 기관총을 주는 것과 동급의 일이다,” 어느 저명한 자연 보호론자의 말이다. “우리가 그 에너지를 가지고 저지르게 될 일들을 생각할 때, 값싸고 풍부한 청정에너지의 발견은 재앙이나 다름없을 것이다,” 또 다른 저명한 자연 보호론자의 말이다.⁷²

그리고 1974년, Ansel Adams와 친-원자력 환경보호론자들의 바람에 반하여 시에라클럽은 원자력에 대해 대중들을 의도적으로 겁주기 시작했다. “원자력의 위험을 강조하기 위한 우리의 캠페인은 규제 강화를 정당화할 수단을 제공해줄 것이다,”

⁶⁹ Lave, L. B., and Freeburg, L. C. 1973. “Health effects of electricity generation from coal, oil, and nuclear fuel.” *Nuclear safety*, 14(5), p. 409.

⁷⁰ Lyons, R. D. 1979. “Public Fears Over Nuclear Hazards Are Increasing.” *The New York Times*.

⁷¹ Wellock, T. 1998. “Critical Masses: Opposition to Nuclear Power in California, 1958-1978.” *University of Wisconsin Press*. ISBN: 9780299158545 p. 85.

⁷² *Ibid*, p. 88.

단체의 전무 이사가 이사회에 전달한 메모에 쓰인 글이다. “그리고 원자력 산업에 부담을 가중시킬...”⁷³

이러한 반-인본주의에 이끌린 이들은 계획이 성공하려면 대중들이 겁이 질리도록 해야만 한다는 사실을 알았다. “사람들이 지금 일어나는 일에 대해서 흥분하도록 만들려면,” UC 버클리대 교수였던 반-원자력 운동 지도자중 한 명의 말이다, “찾을 수 있는 것들 중에 가장 감정적인 이슈를 이용해야 한다.” 지도자들 중 다른 한 명은 원자력 사고에 대해서 걱정이 되었느냐고 질문 받았을 때, “아니요, 별로 관심 없었습니다. 어차피 인구수는 너무 많았으니까요.” 라고 대답했다.⁷⁴

반-원전 운동가들은 특히 대중을 겁주기 위하여 픽션 영화들을 선택해왔다. 1979년 펜실베이니아주 스리마일 섬에서 노심용용이 일어나기 12일 전, 할리우드 원전사고 영화 “차이나 신드롬”이 극장에서 개봉했다. 사고 당시 발전소 문 옆에 서있던 사람이 받은 최대 방사선 양은 흉부 X-선 촬영의 1/6에 불과했음에도 불구하고⁷⁵, 기자들과 대중들은 해당 사고를 대재앙처럼 인식했다. 그리고 문제의 영화는 공공안전에 대해서는 정부와 원자력 산업체들은 모두 믿을 수 없다는 불신을 깊이 심어주었다.

그리고 2006년, 독일에서 원전 재앙에 대한 내용의 인기 높은 1987년작 유아용 소설 — “Die Wolke”가 영화로 제작되었으며, 이는 후쿠시마 사고 여파에 국가적 탈원전을 선택한 독일의 사회적 분위기를 조성하는데 일조했을 것이다. “판도라”와 “차이나 신드롬” 같이, 이런 책과 영화들은 원전 사고와 함께 관리 소홀과 사회질서의 붕괴를 묘사했다.

C. 한국의 거짓 정보 확산을 위한 외국 투자금

1970년, 시에라클럽의 한 전임 전무이사가 “지구의 친구들”을 창립하기 위해 단체를 떠났다, 단체의 주 목표 중 하나는 한국과 같은 가난한 개발도상국들에 원자력이 퍼지는 것을 막는 것이었으며, 종종 그린피스와 파트너 활동을 벌였다.⁷⁶ 이러한 노력은 한국에 까지 뻗친다. 후쿠시마 사고를 이용할 목적으로, 그린피스는

⁷³ Wellock, T. 1998. "Critical Masses: Opposition to Nuclear Power in California, 1958-1978." *University of Wisconsin Press*. ISBN: 9780299158545 p. 85.

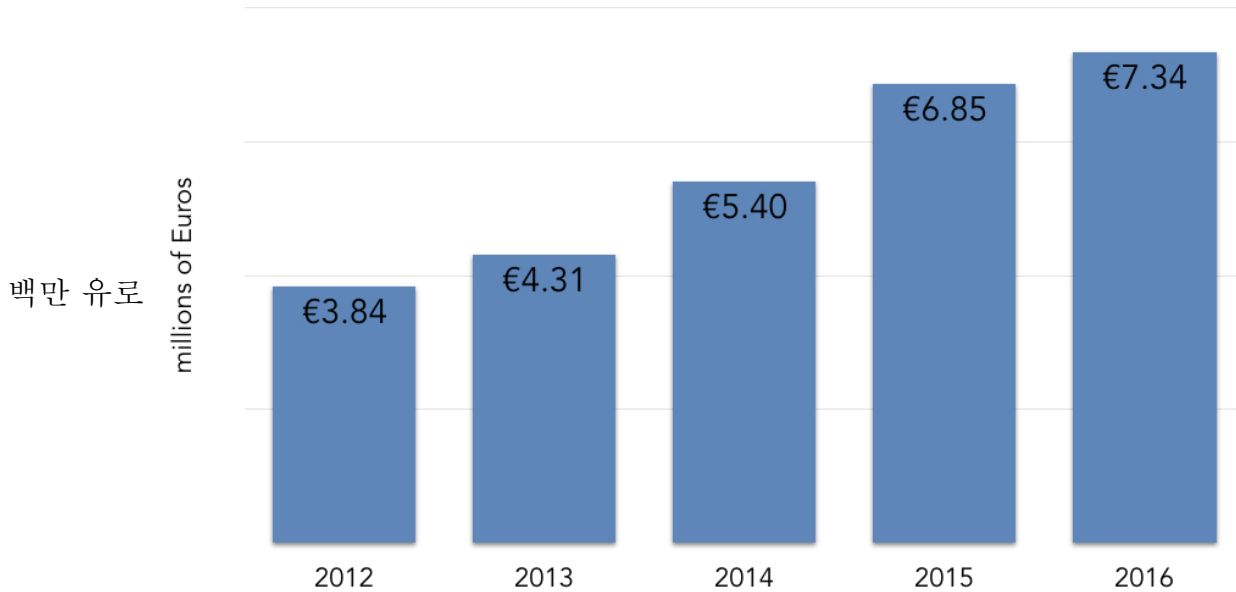
⁷⁴ Ibid, p. 83.

⁷⁵ U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2013. *Backgrounder on the Three Mile Island Accident*. [Online]. Available at: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html>.

⁷⁶ Gibson, D. 2002. "Environmentalism: Ideology and Power." *Nova Publishers*. ISBN: 9781590331491 pp. 65.

동아시아 사무실과 동맹들에게 자금을 쏟아 부어, 그곳에서 쓰이는 금액을 2012년 380만 유로에서 2016년 730만 유로로 늘렸다.^{77,78}

그린피스 인터네셔널에서 동아시아 지부에 직접 지급한 금액
 Direct Funding Given by Greenpeace International to
 Greenpeace East Asia



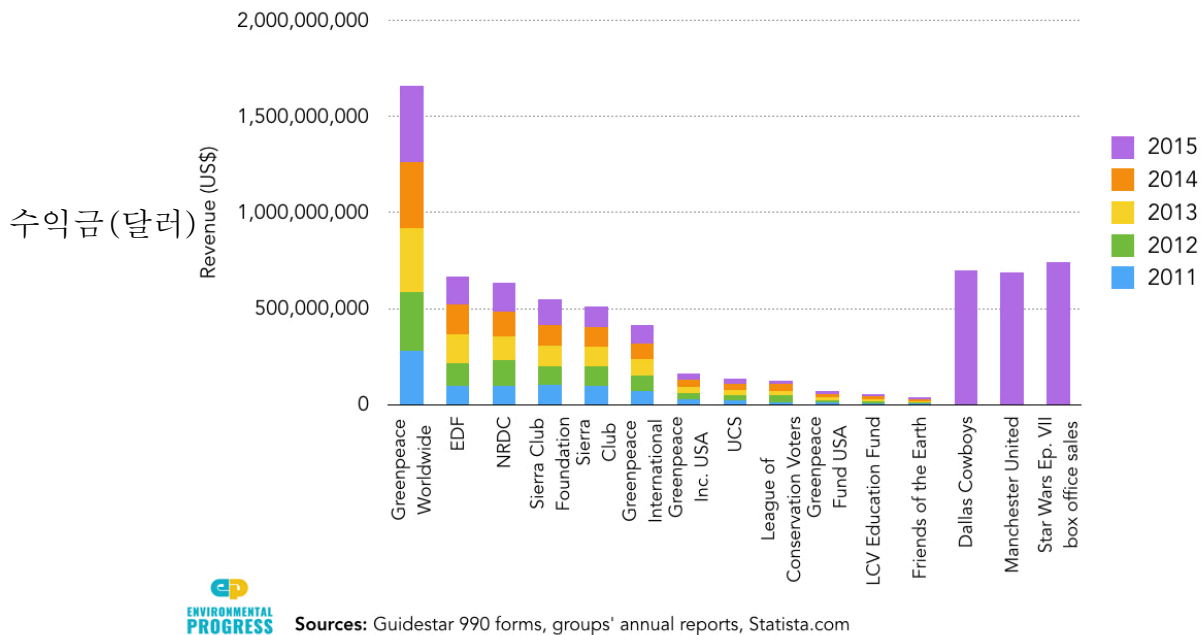
Sources: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2017/Combined-2016-Yearend-Report.pdf>; <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2016/Combined-2015-Yearend-Report-final.pdf>; <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2015/Combined-2014-Yearend-Report-final.pdf>; <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2014/GPI-Combined-Financial-Statements-2013.pdf>.

2016년 한국의 “판도라”는 한국 원전의 멜트다운과 수소가스 폭발에 이어, 공황과 함께 1,600명의 사망자를 낳은 일본의 그것과 유사한 대피행렬을 공포스럽게 묘사한다. “판도라”는 방사능 중독으로 고통받는 노동자의 노골적인 묘사, 어두운 세력들에게 장악 당한 힘없는 대통령과 농업, 어업, 관광업에 주를 이루던 과거 한국의 작은 남부 마을에서의 삶에 대한 회상 장면들을 담고 있다.

⁷⁷ Greenpeace Council 과 관련된 2016년 연간 금융 명세서를 종합하였음. 2016. Greenpeace International. Available at: www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2017/Combined-2016-Yearend-Report.pdf.

⁷⁸ 그린피스 인터네셔널 연간 보고서 2012, 2013. Greenpeace International. Available at: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/greenpeace/2014/GPI-Combined-Financial-Statements-2013.pdf>.

반원전 단체들의 연간 수익금 Annual Revenue for Anti-Nuclear Groups



영화의 정교한 특수효과와 컴퓨터로 만든 이미지들은 할리우드의 영화들과 동급이었다.

유권자 수의 5분의 1이 넘는 500만 명이 넘는 한국인들이 이 영화를 보았으며, 개봉시기는 대선에 영향을 주기에 완벽했다.⁷⁹ 그린피스는 “판도라”의 제작자들과 배우들이 참여한 영화 상영회, 시위들을 주선하는데 함께 일했으며, 고리 5, 6호기 건설을 중지시키기 위한 대규모 집단 소송을 제기했다.

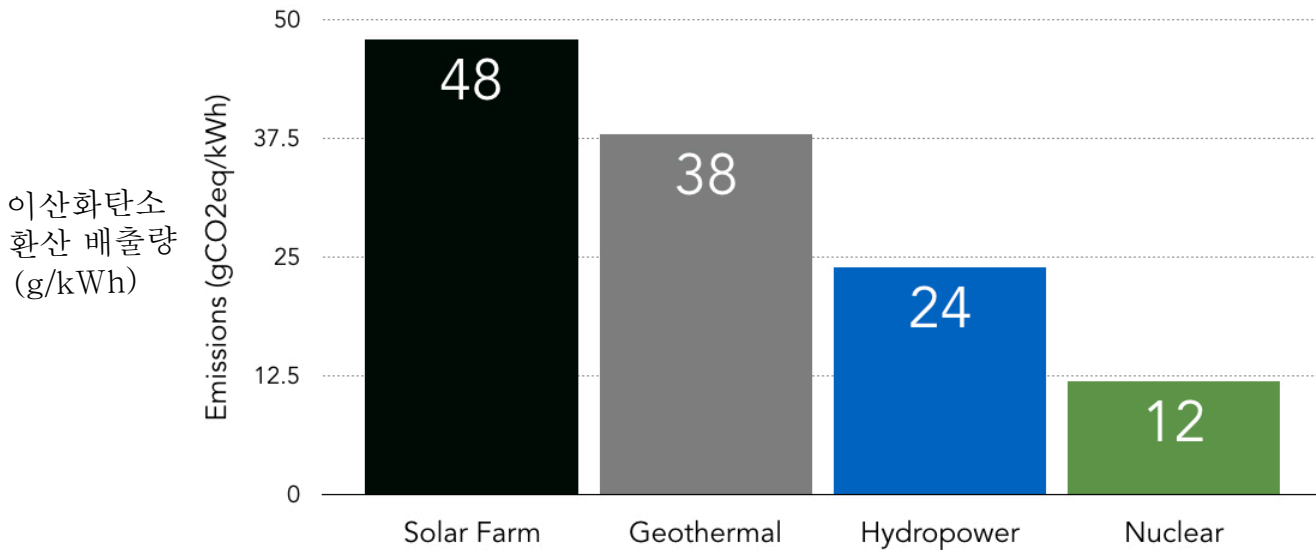
반-원자력 옹호 운동은 큰 사업이다. 그린피스 인터네셔널의 연간 예산은 4억 달러에 육박하며, 지구의 친구들의 전세계 예산은 1200만 달러, 그리고 시에라 클럽의 예산은 1억 달러를 훌쩍 넘는다.⁸⁰ 개개의 단체들은 모두 주식 및 은행 계좌에 수억 달러의 자금을 가지고 있다.

⁷⁹ Greenpeace. 2017. “Concern and hope coexist.” Available at: <http://www.greenpeace.org/korea/news/feature-story/3/2017/nuke-pandora-gv/>.

⁸⁰ Sierra Club, Friends of the Earth 그리고 Greenpeace 의 금융정보는 가이드스타 재단의 990서식과 단체들의 연간보고서로부터 나왔으며 Dallas Cowboys, Manchester United 그리고 Star Wars 의 수익금은 [Statista.com](http://www.statista.com)에서 찾았다.

태양력은 원자력보다 온실가스 배출량이 4배나 많다

Solar Produces 4 Times More Pollution Than Nuclear



Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2014

Annex III Table A III.2 :: Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014. "Annex III: Technology-specific cost and performance parameters." In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



출처 : IPCC (2014)

대부분의 반-원전 단체들은 화석연료와 재생에너지 이해집단으로부터 기금을 받는다. 시에라클럽⁸¹은 천연가스 이해단체로부터 2600만 달러를 받았다가 일부 회원들이 언론에 제보하자 그때서야 거부했던 일로 유명하다.⁸² 그리고 반-원전 단체 NRDC⁸³와 ELPC⁸⁴의 이사회 회원들과 기부자들의 상당수는 원자력 발전소를 폐쇄하고 화석연료와 재생에너지로 교체함으로써 직접적 이득을 얻는 위치에 있다.

반-원전 운동들은 사람들을 겁에 질리게하고 잘 정립되어있는 원전의 환경적 이점을 부인하려고 한다. 첫 번째로, 2017년 7월 12일, 한국의 KBS 뉴스는

⁸¹ <http://www.environmentalprogress.org/sierra-club/>.

⁸² Mokhiber, R, 2012. "The Sierra Club Took Millions From Fracking Industry." Available at: <https://www.counterpunch.org/2012/02/03/the-sierra-club-took-millions-from-fracking-industry/>.

⁸³ <http://www.environmentalprogress.org/nrdc/>.

⁸⁴ <http://www.environmentalprogress.org/elpc/>.

그린피스의 지도자 제니퍼 모건이 “원전을 위한 연료를 만들기 위해서는 우라늄 채굴, 운송 및 폐기의 모든 과정을 거쳐야 한다. 이 사실을 고려하면 아주 많은 탄소배출이 있을 것이다.” 라고 말했다고 전했다.⁸⁵

현실은, IPCC에 따르면 원자력의 발전량당 탄소오염도는 태양력발전소보다 4배 적고, 지붕 태양전지판보다 3.4배 적으며, 지열보다 3배 적으며, 수력발전용 댐의 절반 정도다.⁸⁶

두 번째로, 그린피스의 모건은 한국헤럴드에게 애플, 구글, 및 페이스북이 재생에너지로 전기를 100% 충당하는데 전념하고 있다고 전했다.⁸⁷

현실은, 구글은 원자력에서 전력의 일부를 얻는 것을 고려할 것이라고 말했고,⁸⁸ 2011년에는 두 명의 구글 수석 엔지니어가 회사의 실패한 재생에너지 계획에 대한 놀랄 만큼 정직한 설명을 게시했다.⁸⁹

두 구글 엔지니어는 다음과 같이 결론지었다, “오늘날의 재생에너지 기술만으로 기후변화에 맞서 싸우는 것은 그저 불가능한 일이다; 우리는 근본적으로 다른 접근법이 필요하다.” 그들은 대신 원자력을 포함하여 “많은 양의 자원”이 “ 입증된 기술”에 할당되어있는 기후대책 프로그램을 요구했다.

⁸⁵ 그린피스 사무총장. 2017. "Korea, energy too inefficient." *KBS 뉴스*. Available at <http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3514678&ref=A>.

⁸⁶ Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014. "Annex III: Technology-specific cost and performance parameters." *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

⁸⁷ The Korea Herald, Jul 13 2017. "Greenpeace encourages South Korea to aim higher at 100% renewable." Available at: <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20170713000909>.

⁸⁸ Vaughan, A. Dec 6 2016. "Google to be powered 100% by renewable energy from 2017." *The Guardian*. Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2016/dec/06/google-powered-100-renewable-energy-2017>.

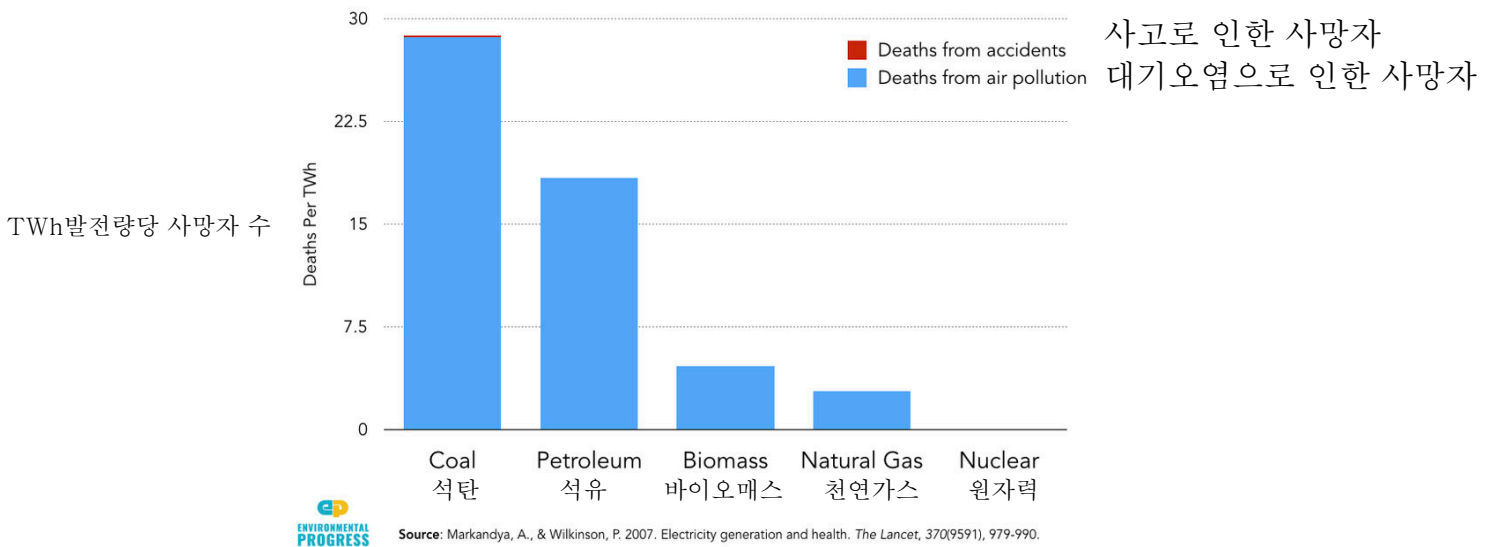
⁸⁹ In 2011, the company decided that [Google's renewable energy program] RE<C was not on track to meet its target and shut down the initiative. The two of us, who worked as engineers on the internal RE<C projects, were then forced to reexamine our assumptions.

Fork, D., Koningstein, R. 18 November, 2014. "What It Would Really Take to Reverse Climate Change." *IEEE Spectrum*. <http://spectrum.ieee.org/energy/renewables/what-it-would-really-take-to-reverse-climate-change>.

세 번째로, 그린피스 동아시아 지부의 선임 기후 및 에너지 캠페이너 장다울(Daul Jang)은 “원자력과 석탄은 가장 안전하지 않고 오염이 심한 두 에너지 자원임이 분명하다”고 주장했다.⁹⁰

현실은, 1970년대 이후의 모든 주요 과학적 연구에 따르면, 원자력은 의존 가능한 전력을 만드는 모든 방법 중에서 가장 안전하다 - 정확히 바로 그러한 수질 및 대기오염을 발생시키지 않기 때문이다.⁹¹

원자력은 의존가능한 전력생산 방법 중 가장 안전하다.
Nuclear is already the safest way to make reliable electricity.



네 번째로, 그린피스와 다른 반-원전 단체들은 원자력의 “폐기물”을 비판하지만, 다른 발전방식들은 모두 —석탄과 천연가스부터 태양전지판과 풍력터빈까지— 인간과 자연환경에게 훨씬 큰 위협을 가하는 독성 폐기물을 원자력보다 더 많이 만들어낸다.

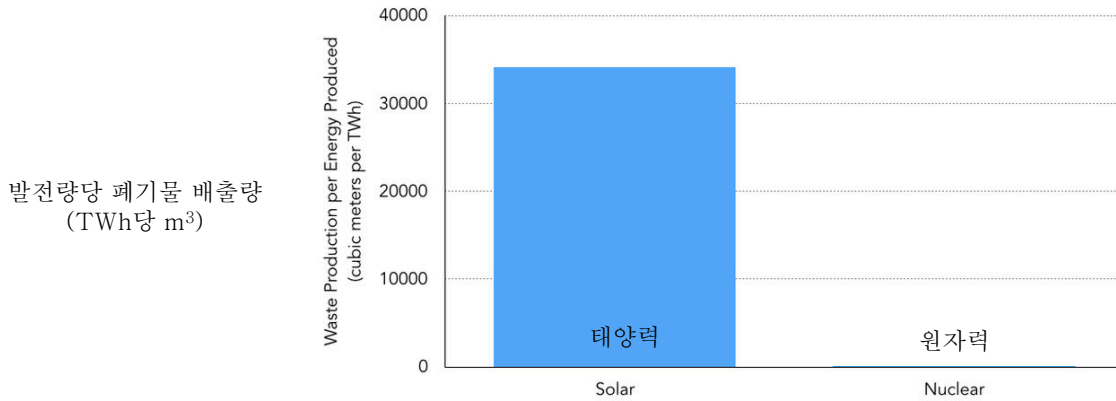
⁹⁰ 그린피스, 2017. 7. 19 "South Korean President vows to phase out nuclear and coal." <http://www.greenpeace.org/international/en/press/releases/2017/South-Korean-President-vows-to-phase-out-nuclear-and-coal---Greenpeace/>.

⁹¹ Markandya, A., & Wilkinson, P. 2007. “Electricity generation and health.” *The Lancet*, 370(9591), 979-990.

예를 들면, 태양전지판은 독성물질이 포함된 부품들 때문에 매립지에 폐기하기 적합하지 않다.⁹² 그 결과로, 태양PV판의 사용은 같은 양의 전기를 생산하는 동안 원자력에 비해 300배⁹³나 많은 독성 폐기물을 만들어낸다.⁹⁴

같은양의 전력을 제공하는데 태양전지판은 원자로보다 300배 더 많은 폐기물을 만들어낸다.

Solar panels produce ~300x more waste than nuclear reactors when providing the same amount of energy.



Sources and Notes:
 US GAO, http://www.gao.gov/key_issues/disposal_of_highlevel_nuclear_waste/issue_summary
 World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>
<http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-archives/reactor-archives-december-2015.aspx>
 IAEA, <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>
 BP, <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
 Solar panels specifications vary. Panel specifications were standardized according to TrinaSolar's Duomax Dual Glass 60-Cell Module: http://static.trinasolar.com/sites/default/files/PS-M-0474%20A%20Datasheet_Duomax_PEG5_XX_US_Feb_2017_A.pdf



풍력을 위한 채광 및 제조 과정의 영향은 중국의 Baotou호수라고 불리는 거주 불가능한 늪지대의 확대⁹⁵를 부추기고 있다.⁹⁶ 그리고 화석연료와 바이오매스로 배출되는 폐기물인 이산화탄소는 세계가 맞이한 가장 긴급한 폐기물 위기사태인 지구온난화의 원인이 다.

⁹² Silicon Valley Toxics Coalition, 2009. "Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry." Available at: http://svtc.org/wp-content/uploads/Silicon_Valley_Toxics_Coalition_-_Toward_a_Just_and_Sust.pdf.

⁹³ Desai, J., Nelson, M. June 21 2017. "Are we headed for a solar waste crisis?" Available at: <http://www.environmentalprogress.org/big-news/2017/6/21/are-we-headed-for-a-solar-waste-crisis>.

⁹⁴ 이 계산은 태양광 패널의 수명이 25년이며, 1GW의 원자로가 연간 27톤의 폐기물을 배출한다고 가정하였다. 태양 PV판과 원자로의 실발전률은 2016년 BP 세계 에너지 통계보고서와 IAEA PRIS의 자료에 기반하였고, 향후 25년간 계속 유지될것으로 가정하였다. 태양전지판 세부사항은 TrinaSolar의 Duomax Dual Glass 60-Cell 모듈을 기준으로 했다.

⁹⁵ Institute for Energy Research. 2013. "Big Wind's Dirty Little Secret: Toxic Lakes and Radioactive Waste." Available at: <http://instituteforenergyresearch.org/analysis/big-winds-dirty-little-secret-rare-earth-minerals/>.

⁹⁶ The Daily Mail, Jan 26 2011. "In China, the true cost of Britain's clean, green wind power experiment: Pollution on a disastrous scale." Available at: <http://www.dailymail.co.uk/home/moslive/article-1350811/In-China-true-cost-Britains-clean-green-wind-power-experiment-Pollution-disastrous-scale.html>.

목재 연료와 석탄에서 천연 가스와 우라늄에 이르기까지, 지금까지 인류가 겪어온 모든 에너지 전환은 “비-물질화” 라는 결과를 낳았다. 다른 말로, 새로운 연료는 훨씬 적은 양의 “물질” 또는 천연자원을 사용하여 같은 양의 에너지를 생산해냈다. 반면, 햇빛, 바람, 바이오매스와 수위차는 모두 석유나 가스보다 훨씬 에너지 밀도가 낮기 때문에, 화석연료로부터 태양력, 풍력, 바이오매스 또는 수력으로의 전환은 “재-물질화” — 더 많은 천연자원의 사용— 을 필요로 하게 된다. 기초적인 물리학은 재-물질화가 에너지 생산의 환경적 영향을 매우 크게 증가시킬 것이라는 사실을 예측한다.

우라늄의 높은 에너지 밀도 덕분에, 우라늄 광업의 영향은 석탄, 석유, 천연가스에 비해 극미한 수준이다. 적은 원료 투입량은 곧 매우 적은 양의 폐기물 배출량을 뜻한다. 그리고 캘리포니아부터 독일까지의 환경보호론자들이 배웠듯이, 원자력을 태양력과 풍력으로 대체하는 것은 100배에서 700배의 땅을 추가로 필요로 한다.

반-원전 단체들은 지난 40년간 1인당 에너지 소비량의 획기적인 감소를 제안해왔지만, 그동안 1인당 에너지 소비량은 개발도상국과 선진국 모두에서 늘기만 해왔으며, 그럴만한 이유가 있었다: 더 높은 수준의 에너지 소비는 크게 개선된 생활수준을 가능하게 하며, 더욱 환경영향을 줄일 수 있게 해주는 기술들의 개발을 가속시킨다.

에너지 소비량의 증가는 불과 10년 전까지만 해도 상상 불가능했던 많은 비물질화를 가능하게 만든다. 스마트폰은 기존 휴대전화보다 제작하고 작동하는데 꽤 많은 에너지가 필요하지만, 그 과정에서 물리적인 신문지, 책, 잡지, 카메라, 손목시계, 알람시계, GPS 시스템, 지도, 편지, 달력, 주소록 그리고 스테레오 등의 필요를 제거했다. 그리고 비료와 트랙터는 농업생산량을 극적으로 증가시키며 척박한 땅을 목초지, 습지와 숲으로 되돌렸으며, 야생동물들이 돌아오도록 만들었다.

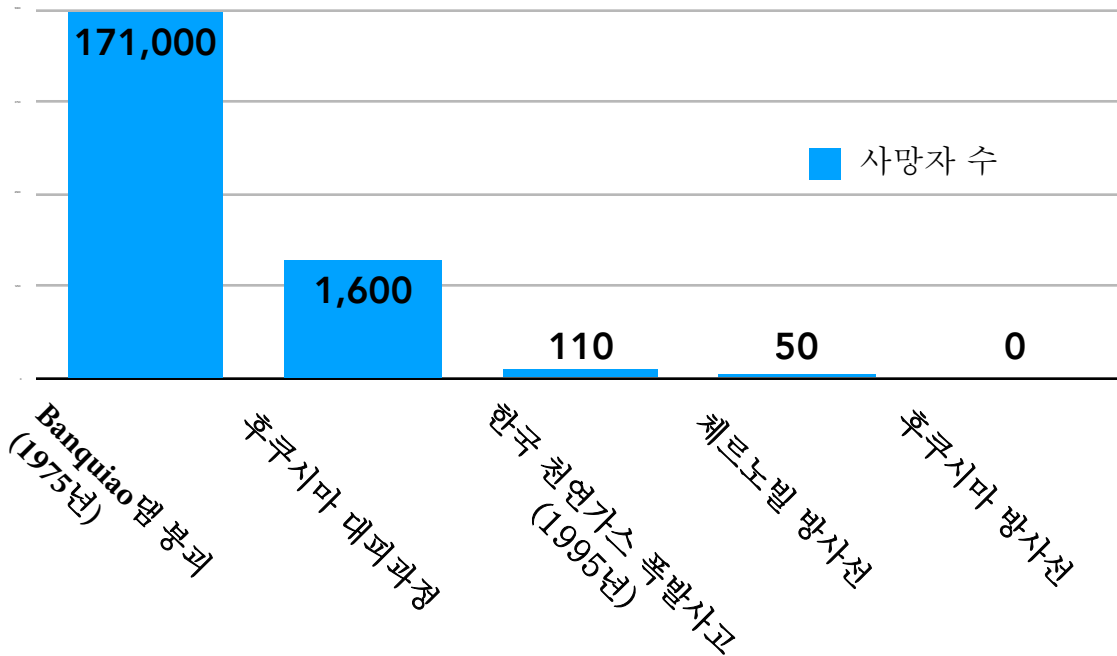
D. 후쿠시마의 진실

한국에게 후쿠시마 사고는 반-원전 물결의 근접적 원인이다, 그러나 6년 이상이 지난 지금, 과학적 분석은 명확하다: 세 번의 노심용융과 그에 이은 수소가스 폭발에 의하여 빠져 나온 방사능으로 인해서 그 누구도 사망은 커녕 병에 걸리지도 않았으며, 암 발병률의 증가도 없을 것이다.⁹⁷

⁹⁷ 국제 보건 기구 (WHO) 는 “일본 안팎의 거주 인구의 위험도는 낮으며, 평년치를 넘는 수준의 관찰가능한 암 발병률 증가는 기대되지 않는다.” 고 결론내렸다. World Health Organization, 2013. “Global report on Fukushima nuclear accident details health risks.” Available at: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/fukushima_report_20130228/en/.

에너지 사고와 에너지 집단공포에 따른 사망자 수

Deaths from energy accidents & energy panics



반면에, 집단 공포와 불필요하게 넓은 지역의 과잉대피는 1650명의 목숨을 앗아갔고,⁹⁸ 그 중 대부분은 일본 정부가 표준 프로토콜을 따라 shelter-in-place를 명령했다면 살았을 것이다.⁹⁹ 2013년, UN방사선영향과학위원회(UNSCEAR)는 후쿠시마 대피지역의 대부분이 안전하며

⁹⁸ 2014. "Fukushima stress deaths top 3/11 toll." *The Japan Times*. Available at: <https://www.japantimes.co.jp/news/2014/02/20/national/post-quake-illnesses-kill-more-in-fukushima-than-2011-disaster/#.WZR2d1GGNhE>.

⁹⁹ International Atomic Energy Agency. 2015. *The Fukushima Daiichi Accident*. IAEA: Vienna.

거의 모든 거주민들은 오래 전에 복귀했어도 되었다고 결론지었다. —실제로, 대부분은 애초에 떠나서는 안됐다.^{100,101}

낮은 수준의 방사선량으로부터의 피해에 대한 어떠한 증거도 존재하지 않으며, 심지어 허점이 공연히 드러난 선형 무-임계치(LNT) 측정법을 적용하더라도,^{102,103,104,105} 평생 피폭량 150mSv의 증가로 인한 암 사망률 증가는 1%에도 미치지 못한다.¹⁰⁶

LNT를 적용하더라도, 대피보다 shelter-in-place를 선택했을 때가 더 많은 인명을 구할 수 있었다. 방사선 전문가 Geroge Johnson은 “평균 누적 피폭량 16mSv를 피하는 것으로는,” “방지할 수 있는 암 사망자는 160명 정도, 또는 대피 과정 사망자의 10퍼센트였을 것이다,” 라고 적었다.¹⁰⁷

후쿠시마와 체르노빌은 모두 원자로 멜트다운의 공중보건에 대한 영향이 1950년대에 예상했던 것보다 훨씬 낮음을 보여준다. 1957년 미국 원자력회의를 위한 연구에서, Brookhaven 국립연구소와 연구자들은 원자로 멜트다운의 최악의 시나리오는 급성 방사선증후군으로 3,400명의 즉사자와

¹⁰⁰ UNSCEAR은 20km 대피지역 내의 사고후 최초 5년간의 피폭량을 계산하였다. 가장 방사능 수준이 높았던 곳은 토미오카 지역으로, 51mSv였으며, 이는 서울의 25배이지만, 여전히 지구 여러곳에서 아무런 암 발병률의 증가없이 200mSv까지 올라가는 연간 자연방사능 수치와 비교해 훨씬 낮은 수치이다. *Health Physics*, 82(1), pg. 87-93. Ghiassi-nejad, M. et al. 2002. “Very high background radiation areas of Ramsar, Iran: preliminary biological studies.” *Health Physics*, 82(1), pp. 87-93.

¹⁰¹ 더욱 극적인 사실은 80년 평생 피폭량 –사고당시 5살이었던 사람이 85세까지 받게될 피폭량–은 최초 5년간 피폭량의 2~3배에 불과하다는 것이다. 이는 날씨와 방사성붕괴로 인해 방사능 수준이 빠르게 낮아지기 때문이다. 이는 사고 당시 대피지역에서 가장 오염되었던 지역에서 평생을 산 사람이 받을 피폭량은 100–150mSv, 즉 일반적인 미국인의 평생피폭량(연간 2.4mSv)와 같다는 것이다. UNSCEAR. 2014. “SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION.” *UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami.*” p. 209, pp. C 154.

¹⁰² Calabrese, E. J. 2017. “The threshold vs LNT showdown: Dose rate findings exposed flaws in the LNT model part 1. The Russell-Muller debate.” *Environmental Research, Volume 154*, pp. 435-451.

¹⁰³ Calabrese, E. J. and O'Connor, M. K. 2014. “Estimating Risk of Low Radiation Doses – A Critical Review of the BEIR VII Report and its Use of the Linear No-Threshold (LNT) Hypothesis.” *Radiation Research, Volume 182*, p. 463-474.

¹⁰⁴ Jaworowski, Z. 2010. “Observations on the Chernobyl Disaster and LNT.” *Dose-Response, Volume 8*, p. 148-171.

¹⁰⁵ Socol, Y. et al. 2014. “Commentary: Ethical Issues of Current Health-Protection Policies in Low-Dose Ionizing Radiation.” *Dose-Response, Volume 12*, p. 342-348.

¹⁰⁶ Insurance Information Institute. 2015. Mortality Risk. Available at: <http://www.iii.org/fact-statistic/mortality-risk>.

¹⁰⁷ Johnson, G. 2015. “When Radiation Isn't the Real Risk.” *The New York Times*. Available at: https://www.nytimes.com/2015/09/22/science/when-radiation-isnt-the-real-risk.html?_r=0.

이후 50년간 43,000명의 암 사망자 초래할 것이라고 예상했다. — 반-원전 단체들에게 너무 보수적인 수치라며 공격 당한 보고서였다.¹⁰⁸

그러나 역사상 최악의 원전사고인 체르노빌 사고 당시, 원자로가 차폐되지 않은 상태로 14일 동안 불탔으나, WHO에 따르면 오직 28명의 소방관의 죽음만이 “[급성 방사선 중독]에 의해 사망했으며, 그 이후 [다른 사망자들]이 있었으나, 필연적으로 방사선 노출 때문에 사망했다고 연관 지을 수 없었다.” WHO는 “가장 방사선에 많이 노출되었던 세 그룹에서 일생 동안 최대 4천명의 추가 암 사망자가 나올 수 있다,” 고 적었지만, 그러나 인구 전체 조사와 코호트 연구결과에선 사망률이 고작 1%였던 완치율 높은 감상선암 발병률이 증가했던 아이들을 제외하고는 어떠한 암 발병률의 증가도 찾아볼 수 없었다.

이처럼, 심지어 체르노빌과 같은 최악의 상황에서도 ARS로 인한 사망자 수는 Brookhaven의 예상보다 1/100단위로 적었으며, 암 조기사망자도 1/10단위였다.

진정한 피해는 반-원전 공포조장으로부터 유발된다. WHO는 후쿠시마현 주민들, —그리고 가장 비극적이게도 아이들이— 체르노빌 인근 주민들이 경험한 것과 비슷한 심리적 고통을 받았다고 결론내렸다.¹¹¹

E. 집단공포로 본 후쿠시마

2011년 3월 3일, 쓰나미가 일본 북부를 덮쳐 순식간에 추정 15,000명의 인명을 앗아갔다, 대부분이 익사자였다. 이 트라우마적인 사건은 대중에게 정부의 국민 수호능력에 대한 불신을 심어주었다.

이러한 신뢰의 상실은 빠르게 세 번의 노심용융과 세 번의 수소가스 폭발, 그리고 164,865명의 대피를 초래한 후쿠시마 다이치 원전사고에까지 뻗었다.

¹⁰⁸ U.S. Atomic Energy Commission. 1957. “Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants.” *United States Energy Research and Development Administration: Oak Ridge, TN.*

¹⁰⁹ World Health Organization. 2005. “Chernobyl: the true scale of the accident.” Available at: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/>.

¹¹⁰ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2008. “Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume II, Scientific Annexes C, D, and E.”

¹¹¹ World Health Organization. 2015. “Fukushima Five Years On.” Available at: http://www.who.int/ionizing_radiation/a_e/fukushima/faqs-fukushima/en/.

모두에게 안전함에도 불구하고 대피자들 중 고작 50,000명 정도만이 귀환했는데, 이는 떠난 사람들의 수에 비하면 매우 적은 숫자이다.¹¹²

후쿠시마사고에 대한 독립적인 주요 연구가 2건 있다. 첫번째로 기요시 구로가와 박사가 주도한 일본 의회의 연구¹¹³, 두번째로 언론인 요이치 후나바시가 주도한 일본재건재단의 연구가 그것인데¹¹⁴ 두 건의 보고서는 일본의 원자력산업계와 정부가 모두 사고 예방능력을 과신하며 대중이 겁먹는것을 매우 두려워하고 있다고 결론짓고 있다. 과신과 공포 두 가지가 합쳐져 산업계와 정부가 재난대비를 포함한 적절한 안전조치를 수행하는 것을 방해했다.

일반 대중의 방사능에 대한 과장된 공포, 그리고 산업계와 정부 관료들의 대중의 공포에 대한 공포가 일반 대중에 대한 정보 제공을 제한하게 하였고 원자력 사고에 대한 대비를 못하도록 한 것이다. "저는 우리가 두려움을 두려워했다고 생각합니다." 라고 일본 총리의 보좌관중 한명은 말했다. 정부관행은 시민들에게 "마음의 평화" 를 주어야 한다는 강박관념으로 인해, 관료들의 재난대비에서 실패했다.¹¹⁵ 대중의 공포에 대한 공포는 아무리 안전성을 개선하더라도 현재의 안전대책과 규제기준은 적절하지 않다는 비판이 있을 것이라는 두려움으로 인해, 산업계와 정부가 원전을 업그레이드하지 못하도록 만들었다.¹¹⁶

이 보고서들은 전임 총재인 간 나오토에 의한 “시시콜콜한 개입”을 강조점으로 두고 있다.¹¹⁷ 간 총리는 조직원에게 원자로에 쓰이는 냉각수의 양을 줄이라고 명령했는데, 이는 배기를 지연시키고 대피규모의 확대를 초래했다. 현장을 방문해서 지시를 내리겠다는 총리의 결정은 결과적으로 현장 운전원의 대응시간을 지연시켰을 뿐 아니라 총리실, 규제기관, 원전회사를 위해 계획되어있던 명령체계의 교란을 초래하였다는 것이 국회 조사의 결론이다.¹¹⁸

¹¹² Kunii et al. 2016. "Severe Psychological Distress of Evacuees in Evacuation Zone Caused by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: The Fukushima Health Management Survey." *PLoS ONE* 11(7), e0158821.

¹¹³ Kurokawa, K., et al. 2012. "The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission." *The National Diet of Japan*: Tokyo.

¹¹⁴ Independent Investigation Commission on the Fukushima Nuclear Accident, 2014. "The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Disaster: Investigating the Myth and Reality". *Routledge*: London.

¹¹⁵ Funabashi. 2015, p. 79.

¹¹⁶ Funabashi et al. 2015, p. 182.

¹¹⁷ Funabashi, Y. 2015. "Anatomy of the Yoshida Testimony," *Rebuild Japan*.

¹¹⁸ Kurokawa, K., et al. 2011. "The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission." *The National Diet of Japan*: Tokyo.

사고 이후 간 총리는 도쿄전력의 지도부가 원전을 포기하려 했다며 비난했지만, 쿠로카와 등은 이러한 비난을 근거 없는 것이라며 반박하고, 도쿄전력 수뇌부나 원전 운영진 그 어느 쪽도 원전을 포기하려 한적이 없었다고 결론지었다.

후나바시를 비롯한 사람들은 간 총리의 행위를 정부 관료들이 대중이 공황에 빠지는 것을 두려워하여 자신들이 공황에 빠지는 "엘리트공황"의 하나로 설명한다.¹²⁰ 독립적인 방사능 전문가이며 의사인 Mohan Doss 박사는 "정부가 기본적으로 공황에 빠진 것이다." "병원 중환자실을 대피시킬 때, 환자를 어디 고등학교에 데려다 놓고서 생존하길 기대할 수는 없는 일이다. 방사능에 대한 공포가 사람들을 죽이는 결과를 낳은 것이다." 라고 설명한다.¹²¹

엘리트공황 상태에 더하여 후쿠시마는 "도덕적 공황"에 처했다, 이것은 공황이 공포에 대한 본능적 반응이 아니라 사고 자체보다 더 큰 불안감을 반영했다는 것을 의미한다. 도덕적 공황은 미신적인 공포와 널리 퍼지는 사회적 공감대, 그리고 책임을 지울 사람을 찾는 것을 포함한다.¹²²

도덕적 공황의 몇 가지 예로는 17세기 미국에서 여성 치료사들이 "마녀"로 몰려 살해당한 것; 15세기 유럽에서 흑사병을 이유로 유대인들에게 가해진 폭력; 1923년 관동대지진 당시 모함당한 6,000여명의 재일 조선인 학살 등이 있다. 2차 세계대전 이후, 많은 일본인들은 히로시마와 나가사키의 원폭으로 인한 방사능에 "오염"되었다는 이유로 동료 시민들을 기피하였다. - 이것은 강제 이주를 겪은 후쿠시마 주민들에 대한 기피의 기분나쁜 선례이다.¹²³

F. 지진과 비리에 대한 공포 가중

과거 미국, 유럽과 일본에서의 반원전 집단 공포가 정부에 대한 대중의 신뢰 쇠퇴에서 기원했듯이, 한국의 탈핵 정책 또한 후쿠시마 사고에 대한 반응인 만큼이나 한국의 재벌 체제에 대한 불만족의 표명이다.

¹¹⁹ Ibid.

¹²⁰ Funabashi. 2016, p.48.

¹²¹ Johnson, G. 2015. "When Radiation Isn't the Real Risk." *The New York Times*. Available at: https://www.nytimes.com/2015/09/22/science/when-radiation-isnt-the-real-risk.html?_r=0.

¹²² Thompson, W. E. and Gibbs, J. C. 2016. "Deviance and Deviants: A Sociological Approach."

¹²³ Cleveland, K. 2014. "'SIGNIFICANT BREAKING WORSE': The Fukushima Nuclear Crisis as a Moral Panic." *Critical Asian Studies*, 46(3). p. 509-539.

노심 용융 자체는 사람들을 겁먹게 하지 않는다. 사람들을 겁먹고 걱정하게 만드려면 적극적인 노력이 수반되어야 하며, 이에 대한 증거는 지진과 문서조작 추문 모두에서 찾아볼 수 있다.

2014년 문서 조작 추문은 무더운 하절기 동안 전력공급이 절실했음에도 불구하고 문제된 원자로들의 정지를 밀어붙임으로써 한국 안전 규제기관의 독립성을 입증하였다. 추문에 연루된 부품을 장착한 몇 원전은 규제기관에 의해 즉시 가동 중지되어 영향을 받은 부품들이 제거되고 교체되었다.¹²⁴ 위조 인증서를 받은 부품은 수십만 달러의 비용을 들여가며 완전히 교체되었고 간부 직원은 물론 문제 부품의 공급자까지 책임을 지게 되었다.

2016년 9월 12일 발생한 경주지진은 한반도에서 기록 이래 가장 강력한 규모 5.4¹²⁵의 지진이지만, 이는 후쿠시마 원전사고를 초래하고 쓰나미로 15,000명의 생명을 앗아간 2011년 도호쿠 지진보다는 350,000배나 에너지가 약한 것이다.¹²⁶

더욱이 한국의 원전은 경주지진보다 250배 강력한 지진에도 견디도록 설계되었지만, 한국의 학교, 아파트 건물, 기타 주요 기반시설은 그렇지 못하다. 한국의 전문가들은 경주의 지진이 한국에서 발생할 수 있는 지진 강도의 이론적인 한계에 근접한 것으로 믿고 있다. 이것은 일본에서 강력한 지진을 발생시키는 단층의 형태와 경주의 지진을 일으킨 양산단층과는 다르기 때문이다.¹²⁷

반핵 운동가들은 실질적으로 원전을 멈춰야 한다는 근거로 경주지진을 들고 있지만, 원전이야말로 한국 최고의 내진 건물이다.¹²⁸

¹²⁴ Korea Institute of Nuclear Safety. "CFSI (Counterfeit, Fraudulent, Suspect Item) Investigation." Available at: www.kins.re.kr/en/ourwork/cfsi.jsp.

¹²⁵ U.S. Geological Survey. "Earthquake Hazards Program." <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>. Accessed on August 22, 2017.

¹²⁶ U.S. Geological Survey. "How much bigger is a magnitude 8.7 earthquake than a magnitude 5.8 earthquake?" https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/how_much_bigger.php. Accessed on August 22, 2017.

¹²⁷ Jung, L.H. 2016. "S. Korea Still Presumed Safe from Major Earthquakes: Experts." *The Korea Herald*, www.koreaherald.com/view.php?ud=20160913000002.

¹²⁸ Chung, J. 2016. "South Korea's Biggest Earthquake Triggers Nuclear Safety Concerns." *Reuters*. Available at: www.reuters.com/article/us-southkorea-nuclear-quake-idUSKCN11J0R2.

게다가 잘못된 반원전 정보는 도호쿠 지진이 후쿠시마 원전을 파괴한 것처럼 말하고 있다. 그러나 현실은 일본의 모든 원전들은 지금껏 설계기준을 훨씬 초과하는 대규모 지진들의 영향에도 견뎌내 왔다는 것이고, 후쿠시마 사고는 지진의 영향에 의한 붕괴가 아닌 지진이 일으키는 쓰나미에 대한 대비시설이 미흡했기 때문에 일어난 사고였다는 것이다¹²⁹

¹²⁹ 세계 원자력 협회, "지진과 일본 원전들의 내진 방재상태", <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/appendices/earthquakes-and-seismic-protection-for-japanese-1.aspx>

III. 얻어진 교훈과 제안 사항

A. 얻어진 교훈

1. 어떤 나라든 원전에 대한 전쟁에서 자유롭지 않다.

원자력 에너지 쇠퇴의 근본적 원인은 대중의 공포와 불신이다. 전기를 생산하는 가장 안전한 방법임에도 불구하고, 원자력은 가장 위험한 것으로 간주된다. 과장된 방사능 공포는 일본과 한국 모두에서 후쿠시마 전부터 존재했다. 후쿠시마 이후 변한 것은 정부가 사고를 막을 수 있다는 것에 대한 대중의 신뢰 상실이다.

잘못된 반핵 정보는 도처에서 부터가 아닌 대규모 지원금을 받는 그린피스나 지구의 친구들(FOE) 같은 거대 NGO 단체들로부터 나온다. 이들 단체는 시위, 소송, 재난영화 "판도라"와 관련된 프로파간다 활동을 포함하여 한국의 반원전 운동을 오랫동안 지원해 왔다.

지난 수십년 동안 한국의 원전 산업 관료들은 프랑스처럼 한국도 에너지 자원의 부족 때문에 서구발 반원전 운동들로부터 면역을 갖춘 것으로 믿어왔다. 이러한 믿음은 지금에 와서는 하나의 희망 사항에 불과했음이 드러났다. 오늘날, 한국과 프랑스는 모두 원전 폐쇄를 추구하는 지도자가 있으며, 둘 다 큰 대중적 지지를 등에 업고 있다.

앞에서 설명했듯이, 후쿠시마에서의 노심 용융은 원전 조직내에 널리 퍼졌던 위조 행태가 드러났던 "전선 스캔들"이라고 불리는 서류 위조사건과 맞물려, 원자력에 대한 대중의 신뢰를 침식시켰다. 그린피스는 고리원전의 제한구역까지 침입하면서 원전의 안전성 문제의 임박한 위험성을 반복적으로 언급하여 이러한 사건들을 이용해왔다.

2016년 지진이 일어난 날, 그린피스는 정부 정책에 대한 비판을 억압했다며 한국정부에 대한 소송을 제기하였다. 몇달 후, "판도라"가 영화관에서 상영되었다. 문 대통령의 2017년 탈원전 계획 발표는 원자력에 대한 대중의 의견이 공포 속에 파묻힌 가운데 널리 칭송되었다.

그린피스의 전략은 효과적이지만, 그들이 처음 시도한 것은 아니다. 미국의 반핵 단체들은 수십 년 전부터 이러한 전략을 사용해왔다. 쓰리마일 사고 2주일 전에 재난영화 "차이나 신드롬"이 미국의 극장가를 강타하였는데,

이것을 이끈 여성은 저명한 반원전 운동가였다. 비록 사고 이전에 공개 되었지만, 효과는 동일하였다: 원자력에 대한 공포 확산. 케네디 대통령은 원전 유예를 내걸고 출마하였으며, 곧이어 시에라클럽, NRDC, 그리고 EDF는 그것을 실현하기 위한 소송에 참여하였다. 1983년, 대법원은 캘리포니아 원전 유예의 합헌성을 인정하였고, 이 판결은 다른 주에서의 소송도 이끌어 냈다.

비록 이 두 건의 법정소송이 본질상 근본적으로 다르지만 사법 수준의 이러한 행위가 소위 환경단체라는 이들이 선전하는 공포 마케팅에 대해 합법성을 부여하게 한다. 법적 행위는 연방 차원에서만 사용되지 않았다. 시에라클럽은 오하이오주에 제안된 Davis-Besse 원전에 대한 소송을 제기했으며, 해당 원전이 결국 건설되긴 했지만 이러한 저항은 계획되었던 원전 3개 중 2개의 취소를 이끌어냈다.

2. 원자력을 구하는 일에는 원자력 산업, 정부, 그리고 UN의 국제원자력기구 (IAEA)조차 의지할 수 없다.

한국 뿐 아니라 세계의 원자력산업체들은 대중적 신뢰 감소에 대한 경고를 반복적으로 무시했다. 2015년 한국의 원자력 조직들은 안전에 대한 염려에도 불구하고 [신규 원전 건설을 추진] 하였다.¹³⁰ - 당시 대중들에겐 정부가 한국인들에게 자신들의 의지를 단순히 강요할 수 있다는 정서가 있었다. 머지않아 원전 산업 분석가는 "원자력 안전에 대해 늘어가는 국가적 우려와 신규 원전 건설에 대한 줄어드는 지지는, 정부에 대한 불신과 합쳐져서 한국 원자력의 미래에 대한 치명적인 과제가 될 것이다."라고 하였다.¹³¹

인터뷰에 응한 한국인들이 원했던 것은 원전의 운전, 규정과 유지보수에 대한 좀 더 많은 정보였음에도 불구하고¹³², 아직까지 어떠한 산업체, 정부 혹은 국제기구도 대중적 우려를 해소하기 위해 앞장서지 않았다.

¹³⁰ Cho, M. 2013. "South Korea to expand nuclear energy despite growing safety fears." *Reuters*. Available at: <http://www.reuters.com/article/us-nuclear-korea-idUSBRE90704D20130108>.

¹³¹ Dalton, Toby, and Minkyong Cha. 23 Feb. 2016 "South Korea's Nuclear Energy Future." *The Diplomat*, thediplomat.com/2016/02/south-koreas-nuclear-energy-future/.

¹³² Based on more than two dozen interviews conducted with residents near nuclear plants as well as residents of Seoul by Michael Shellenberger in April and July, 2017.

역사는 반복되고 있다. 과거 미국, 유럽, 그리고 일본에서, 원자력 산업, 정부 규제기관, 그리고 IAEA는 심리적, 사회적 그리고 재정적인 이유로 모두 대중의 우려를 해소하는데 실패하였다.

그러므로 원자력 지지자들과 옹호자들은 산업계, 정부, IAEA 같은 국제기구는 원자력을 지키며 확대하는데 의지할 수 있는 존재가 아니라고 가정하고 앞으로 나아가야 한다. 새로운 지도자와 새로운 기관을 포함한 새로운 사회적 행동가들이 필요하다.

3. 원자력을 지키고 확대하기 위해서는 새로운 비전, 새로운 기관과 새로운 리더십이 필요하다.

지난 10년간 유럽과 미국에서 한 무리의 기후, 환경 및 보건학자들은 대기 오염, 자원의 한정성과 기후 변화를 설명하며 성공적으로 원자력을 옹호해왔다. 그들의 가장 뚜렷한 업적은 뉴욕과 일리노이 원전이 계속 가동하도록 만든 것이다. 오늘날, 원자력의 환경적 이점에 대한 인식은 세계적으로 증가하고 있다.

원자력 지지자들은 원자력에 대한 지지를 공개적으로 보여주어야 한다. 한국의 대학교수들에 의한 공개선언처럼 기후학자들로 부터의 공개서한, 강연, 토론, 집회, 그리고 시위 모두는 공익을 우려하는 사람들이 더 나은 세상을 위한 원자력 에너지의 중요성을 강력하게 신뢰하고 있다는 사실을 보여주는 것이다. 특히 중요한 것이 원자력이 화석 연료를 대체함으로써 살린 인명들을 강조하는 것이다 - 이는 원자력 공포 조장자들이 끼친 실재적 피해이다.

B. 제안 사항

1. 원자력의 급진적 비전이자 근본적인 도덕적 목표를 부활시키자: 원자력 인본주의

세계적으로 원자력은 '모든 가난한 국가를 빈곤에서 일으켜 세우자'라는 급진적인 비전의 성취를 원하는 인본주의자들에 의해 만들어지고 홍보되어 왔다. 미국 대통령 드와이트 아이젠하워는 1953년 "평화를 위해 원자를"이라는 연설에서 원자력의 "특별한 목표"는 "전력 결핍" 국가들에게 전력을 공급하는 것이라고 주장하였다. 그리고 1960년대 한국의 지도자들은 비슷한 이유로 원자력을 찾았다.

그러나 경제적 부흥과 원자력에 대한 전쟁은, 낡은 경제적인 이유로든 새로운 환경적인 이유로든 많은 한국인과 다른 나라의 여러 나라의 사람들이 원자력을 불필요한 것이라고 생각하도록 만들어버렸다.

필요한 것은 원자력 인본주의(원자력의 초월적 도덕적 목표의 재확인)와 반인본주의 자들로부터 인류의 가장 중요한 친환경 기술을 지켜내려는 풀뿌리 시민 사회의 노력이다.¹¹³

오직 원자력만이 에너지 안보를 지키고 인류의 환경에 대한 영향을 감소시키는 동시에 모든 인류를 빈곤으로부터 일으켜 세울 수 있다. 화석연료도 인류를 빈곤에서 일으켜 세울 수는 있지만 커다란 환경적 비용이 든다. 신재생에너지는 의존 불가능하고, 값이 비싸며, 커다란 환경적 영향이 뒤따른다.

그리고 오직 원자력만이 인류의 무공해, 고에너지 문명으로의 전이를 촉진할 수 있다, 대부분의 주요 에너지 이용의 전환은 교통수단 혁명에 의해 촉발되었다. 우리는 철도의 이용을 통해 목재에서 석탄 사용으로 이동했다. 비슷하게, 철도와 해운은 석탄으로부터 석유로의 전이를 이끌어냈다.

다음 세대의 거대한 교통혁명은 아마 전기 자동차 혹은 수소연료 초음속 제트기 등을 포함할 것이다. 마지막 수송연료가 무엇이든 간에, 석유를 대체하려면 전력부문의 대규모 확대가 필요할 것이다. 그리고 비슷하게 요리와 난방에 사용되는 천연가스를 대체하는데도 전력의 대규모 확대가 필요하다. 오직 원자력만이 거기에 필수적인 전기와 수소를 생산할 수 있을 만큼 저렴하고 풍부한 청정에너지를 공급할 수 있다.

2. 과학단체, 대학, 사립 자선단체, 그리고 비정부단체(NGO)등으로 이루어진 새로운 기관들이 원자력을 지켜나가며 대중과 소통해야 나가야만 한다.

원자력의 지지자들은 한국의 제안된 탈원전 정책을 대중들과 소통하고 교육시킬 기회로 생각해야하며, 커져가는 민주화를 품에 안아야 한다. 우리는 인터뷰를 통해 평범한 한국인들은 원자력뿐만 아니라 에너지 전반에 걸친 더 많은 정보를 원한다는 사실을 알게 되었다.

자선가들, 대학들, 그리고 사회단체들은 한국 사회 대부분을 포함시켜 친원전 의견과 그린피스와 지구의 친구들 같은 반원전 의견이 모두 참여하는 국가적인 대화와 대학 토론회 등을 시작해야 한다.

¹³³ Shellenberger, M. 2017. "Atomic Humanism as Radical Innovation: Michael Shellenberger's Keynote to American Nuclear Society." Available at: <http://www.environmentalprogress.org/big-news/2017/6/12/atomic-humanism-as-radical-innovation-2017-keynote-address-to-the-american-nuclear-society>.

대중적 참여 없이 결정권자와 전문가가 일방적으로 결정하는 낡은 관행과 아버지처럼 군림하는 권위주의적인 탑-다운 모델은 한국을 비롯한 세계 여러 나라의 대중으로부터 외면 받고 있다. 원자력 지지자들이 민주적 의사 결정과 대중 참여를 좀 더 빨리 받아들일수록, 대중들에게 원자력과 관련 기술에 대한 진실을 알려줄 시간을 더 많이 가질 수 있게 된다.

새로운 기관들은 사사로운 물질적 이익을 넘어서 깨끗하고 저렴한 에너지로써 원자력이 가지는 공익성에 목소리를 높여야 하며, 원자력에 대한 반발의 기술적 측면만이 아니라 인간적 측면을 인식해야 한다. 그리고 그들이 낡은 군림적 습관에 매달리기 보다는 새로운 사회 운동가들에 의존하여 에너지 정책결정을 열어가는 선구자들이 되어야 한다.

3. 공포 조장에 맞섬으로써 공포를 극복하고, 예방접종의 사례처럼 편집증을 성공적으로 이겨낸 성공적인 노력으로부터 배우기

공포증이 언론과 같은 간접적 방법으로도 극복될 수 있다는 새로운 연구 결과가 나왔다. 이는 언론을 통해 "방사선 공포증"을 극복할 수 있는 가능성을 보여준다. 전통적으로, 공포를 극복하는 유일한 방법은 공포를 직접 대면하는 "직접소멸(direct extinction)"을 통하는 것뿐이라고 알려져왔다. (누군가가 승강기를 무서워한다면, 직접 자주 타보도록 연습을 하게하는 것처럼). 하지만 새로운 연구들은 사람들은 그저 타인들이 자신의 공포를 극복하는 모습을 보는 것만으로도 공포증을 극복할 수 있다는 것을 보여주고있다. 이것은 "대리소멸(vicarious extinction)" 과정으로 알려져 있다. 사실 대리소멸이 직접소멸보다 더 효과적일 수 있는데, 조절된 공포감의 재발을 효과적으로 차단한다는 점 등이 그렇다.¹³⁴ 이 연구는 다른 사람들이 자신의 원자력에 대한 공포심을 극복하는 모습을(어쩌면 TV나 온라인 다큐멘터리 등으로) 보는 것만으로도 그들의 공포심 또한 극복할 수 있음을 시사한다.

또 다른 효과적인 접근법은 예방접종 지지자들이 사용했던 방법이다. 예방접종에 대한 대중적 지지는 2차 세계대전 이후 예방접종의 과학적 원리에 대한 대중들의 이해 향상과, 특히 소아마비 같은 감염 질병에 대한 직접적 경험을 통해 늘어나게 되었다.¹³⁵ 그러나 정부에 대한 신뢰가 낮아지고 소아마비의 공포에 대한 기억이 희미해지자, 예방접종률은 떨어졌고 질병 유행 빈도는 크게 증가하였다. 미접종 자녀의 부모들을 질타하는데 약화된 면역체계를 가진 아동의 부모들에 의한 시민사회의 노력에 의사협회가 합심하여

¹³⁴ Golkar, A., Selbing, I., Flygare, O., Öhman, A., & Olsson, A. 2013. "Other People as Means to a Safe End: Vicarious Extinction Blocks the Return of Learned Fear." *Psychological Science*. DOI: 0956797613489890.

¹³⁵ Poland, G. & Jacobson, R. 2011. "The Age-Old Struggle against the Antivaccinationists." *The New England Journal of Medicine*, vol. 364. p.97-99.

캘리포니아 사법당국과 주지사를 설득해 모든 공립학교 학생들의 예방접종을 의무화하는 법률 제정을 이끌어내는데 성공하였다.¹³⁶

¹³⁶ Boghani, P. 2015. "California Approves Strict New Vaccine Requirements for Children." *Frontline*. <http://www.pbs.org/wgbh/frontline/article/california-approves-strict-new-vaccine-requirements-for-children/>.

부록 A: '환경진보' 기부자 명단



Frank Batten Jr.

Frank is the co-founder of the Weather Channel and owns media company Landmark Media Enterprises.



Steve and Michele Kirsch Foundation

Steve and Michele Kirsch are philanthropists who are blazing a new trail for charitable giving and political advocacy throughout the high-tech community, particularly Silicon Valley.



Gary Kahanak

Gary currently serves as Viridian's NW Arkansas Regional Office Director for Residential Services.



Ross Koningstein

Ross is an advisor to Google Ventures and a generalist engineer at Google.



Rachel Pritzker

Rachel Pritzker is founder and president of the Pritzker Innovation Fund, which supports the development and advancement of paradigm-shifting ideas.



Roland Pritzker

Roland Pritzker is Chairman of the Pritzker Innovation Fund as well as an entrepreneur, musician, race car driver, private equity investor and philanthropist.



Carl Wurtz

Carl is the president and owner of Hyperoptix Design, a web development firm.



Jim Swartz

Jim is a philanthropist, the co-founder of American venture capital firm Accel, and has been the lead director of more than 50 successful companies.

부록 B: 문재인 대통령에게 보내는 공개서한

July 5, 2017

Honorable President Moon Jae-in
The Blue House
Seoul, South Korea

Dear President Moon,

We are writing as scientists and conservationists to urge you to consider the climate and environmental impacts of a nuclear energy phase-out in South Korea.

Over the last 20 years, South Korea has earned a global reputation for its ability to build well-tested and cost-effective nuclear plants. South Korea is the only nation where the cost of nuclear plant construction has declined over time. And in United Arab Emirates, South Korean firm Kepco has proven it can build cost-effective nuclear power plants abroad just as it can at home.

There is a strong consensus among climate policy experts that an expansion of nuclear energy will be required to significantly reduce carbon emissions and improve air quality. The Intergovernmental Panel on Climate Change, the International Energy Agency, and dozens of climate scientists and energy experts have affirmed the importance of nuclear energy to climate mitigation.

A phase-out of nuclear plants by South Korea domestically would profoundly undermine efforts by Kepco to compete for new nuclear construction contracts abroad. Buyer nations would rightly question why they should buy nuclear plants from a nation phasing out its nuclear. And a domestic nuclear phase-out would atrophy the workforces and supply chains needed for South Korea's global construction efforts.

Solar and wind are not alternatives to nuclear. In 2016, solar and wind provided 1 and 0.35 percent of South Korea's electricity, respectively. For South Korea to replace all of its nuclear plants with solar, it would need to build 4,400 solar farms the size of one of South Korea's largest solar farms, Sinan Solar Farm, which would cover an area 5 times larger than Seoul. To do the same with wind would cover an area 14.5 times larger than Seoul.

The intermittent nature of solar and wind and the lack of inexpensive grid-scale storage require the continued operation of fossil fuel power plants. As a result, every time nuclear plants close they are replaced almost entirely by fossil fuels, which has resulted in higher emissions from Germany to California to Japan.

Given the intermittency of solar and wind and South Korea's land scarcity, replacing the nation's nuclear plants would require a significant increase in coal and/or natural gas, which would prevent South Korea from meeting its commitments under the Paris climate agreement, and would increase air pollution in Seoul.

The high cost of replacing closing nuclear plants would be better spent on technological innovation to make South Korean nuclear plants even safer and cheaper. Replacing nuclear with natural gas would require \$23 billion as up-front investment in new plants, and \$10 billion per year to pay for gas imports.

Instead of phasing out nuclear, we encourage you to lead an effort to both make nuclear even safer and more cost-economical than it already is through the development and demonstration of accident-tolerant fuels and new plant designs.

The planet needs a vibrant South Korean nuclear industry, and the South Korean nuclear industry needs you as a strong ally and champion. If South Korea withdraws from nuclear the world risks losing a valuable supplier of cheap and abundant energy needed to lift humankind out of poverty and solve the climate crisis.

We support the call by 240 South Korean professors and strongly encourage you to deliberate with a wide range of energy and environmental scientists and experts on these questions before making any final decisions.

We are grateful for your consideration of these ideas, and look forward to your response.

Sincerely,

James Hansen, Climate Scientist, Earth Institute, Columbia University

Kerry Emanuel, Professor of Atmospheric Science, Massachusetts Institute of Technology

Pushker Kharecha, Columbia University, NASA

Richard Rhodes, Pulitzer Prize recipient, author of *Nuclear Renewal* and *The Making of the Atomic Bomb*

Stewart Brand, Editor of the Whole Earth Catalog

Robert Coward, President, American Nuclear Society

Ben Heard, Executive Director, Bright New World

Andrew Klein, Immediate Past President, American Nuclear Society

Steve McCormick, Former CEO, The Nature Conservancy

Michelle Marvier, Professor, Environmental Studies and Sciences, Santa Clara University

Richard Muller, Professor of Physics, UC Berkeley, Co-Founder, Berkeley Earth

Peter H. Raven, President Emeritus, Missouri Botanical Garden. Winner of the National Medal of Science, 2001

Paul Robbins, Director, Nelson Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin-Madison

Mark Lynas, author of *Six Degrees*

Chris Dickman, Conservation Scientist, University of Sydney

David Dudgeon, Chair of Ecology & Biodiversity, School of Biological Sciences, The University of Hong Kong, China

Erle C. Ellis, Ph.D, Professor, Geography & Environmental Systems, University of Maryland

Christopher Foreman, author of *The Promise & Peril of Environmental Justice*, School of Public Policy, University of Maryland

Norris McDonald, President, Environmental Hope and Justice

Nobuo Tanaka, Sasakawa Peace Foundation

Gwyneth Cravens, author of *Power to Save the World*

Wolfgang Denk, European Director, Energy for Humanity

Kirsty Gogan, Executive Director, Energy for Humanity

Joshua S. Goldstein, Prof. Emeritus of International Relations, American University

Steven Hayward, Senior Resident Scholar, Institute of Governmental Studies, UC Berkeley

Joe Lassiter, Professor, Harvard Business School

David Lea, Professor, Earth Science, University of California

Martin Lewis, Department of Geography, Stanford University

Elizabeth Muller, Founder and Executive Director, Berkeley Earth

Stephen Pinker, Cognitive Scientist, Harvard University

Samir Saran, Vice President, Observer Research Foundation, Delhi, India

Jeff Terry, Professor of Physics, Illinois Institute of Technology

Barrett Walker, Alex C. Walker Foundation

Tom Wigley, Climate and Energy Scientist, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

Michael Shellenberger, Time Magazine "Hero of the Environment," President, Environmental Progress

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2014. Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014. "Annex III: Technology-specific cost and performance parameters." In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B.

Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)). *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

부록 C: 왜 원자력에 대한 생각을 바꾸게 되었나” 마이클 쉘런버거, 조선일보 7월 21자 기사

그릇된 공포에 에너지의 미래를 맡기려는가

특별기고



마이클 쉘런버거
美 환경진보 대표

‘완벽한 안전’은 허상일 뿐
원전 백지화로 가기보다는
안전기술 개발과 규제 강화로
위험 낮추는 게 바른 방향
정부는 국민 불안 해소 위해
투명성 높이는 노력 기울여야

나는 최근 서울을 방문해 미국 내 에너지 전문가 그룹의 서명을 담은 공개서한을 청와대에 전달했다. 서한의 요지는 간단 명료하다. 한국의 원전과 환경보호를 위해 원전은 필수 불가결하다는 것이다.

나는 인생 대부분을 반핵(反核) 운동에 바쳤다. 주위의 환경운동가들은 내게 ‘원자력은 공포’라는 편견을 심어줬다. 1979년 미국 펜실베이니아주(州) 트리마일 섬(TMI) 원전 사고가 나기 12일 전에 반핵 영화인 ‘차이나 신드롬’이 개봉했다. 영화는 성공했고 이후 미국 최고의 록 그룹들이 전국을 순회하며 반핵 콘서트를 열었다. 탈핵(脫核)은 시대의 유행어이자 코드가 됐다. 버섯구름이 그려진 당시 포스터가 아직도 기억에 생생하다.

반핵 행동가였던 나는 핵폐기물 저장소가 캘리포니아에 들어서는 것을 막았고 신재생에너지도 입을 꾸준히 주장했다. 오바마 전 대통령이 2008년 대선 공약으로 “향후 10년간 재생에너지에 1500억달러를 투자하겠다”고 약속했을 때 최고의 성취감을 느꼈다. 태양광발전으로 대기오염과 지구온난화를 극복할 수 있을 거라 생각했다.

하지만 내 생각이 바뀌기까지 그 후 오랜 시간이 걸리지 않았다. 신재생에너지는 안정적인 에너지원(源)이 아니다. 신재생에너지의 에너지 밀도는 화석연료와 우라늄보다 턱없이 낮다. 게다가 발전을 위해 넓은 땅과 막대한 천연자원이 필요하다. 원전 1기(基)와 같은 양의 전기를 생산하기 위해 태양광 설비단지(Solar Farm)는 원전의 150배, 풍력발전소는 750배의 땅이 필요하다. 태양광

발전은 하기 좋은 사막 지대가 많은 내 고향 캘리포니아에서조차 “땅이 부족하다”는 얘기가 나온다. 한국 내 원전을 태양광으로 모두 대체하려면 서울 면적의 5배 넘는 공간이 필요하다. 한국의 전체 발전량에서 태양광(1%)과 풍력(0.3%)이 차지하는 비중이 아예서 미미하지 않을 수 있는 대목이다.

탈원전과 함께 한국이 지난 60년간 쌓아올린 원자력 기술은 중국에 유출될 것이다. 이미 중국은 한국 원전 기술자들에게 러브콜을 보내고 있다. 원전 산업의 공급 사슬이 무너지면 아랍에미리트(UAE) 원전 수출과 같은 기술 및 운영 노하우 수출을 더 이상 기대할 수 없다. 한국 대통령이 “삼성·현대·LG가 안전하지 않다”고 선언한다면 어느 누가 그들이 만든 제품을 사려 하겠는가? 이후 원전을 지으려면 중국 또는 러시아를 찾아야 한다. 자유 진영 국가들이 가장 우려하는 상황이다.

2011년 후쿠시마 사태 이후 원전에 대한 한국인의 두려움을 이해한다. 하지만 원자력을 화석연료나 천연가스로 대체할 수는 없다. 석탄은 대기오염의 주범이고 천연가스는 가격이 비싸다. 원자력을 천연가스로 모두 대체하려면 연간 100억달러가 든다. 발전소를 짓는 데만도 200억달러 이상이 필요하다.

결국 필요한 것은 더 나은 규제와 기술의 혁신이다. 지난 40년 동안 원전이 가장 안정적으로 전기를 공급해왔다는 사실은 자명하다. 원전에 대한 그릇된 공포와 미신을 타파해야 한다. 반핵 단체들이 원전 공포를 조장하는 데에는 금전적인 이유가

있다. 석유와 천연가스 공급자 중 일부는 반핵 활동을 하는 시민단체(NGO)에 운영비를 지원한다. 미국 내 주요 반핵 단체들은 모두 메이저 석유회사에서 연간 100만달러가 넘는 후원금을 받았다.

완벽한 안전은 허상(虛想)이다. ‘위험 제로’ 달성에 도달했던 일본 정부와 원전 업계는 정작 최악의 상황이 닥쳤을 때 제대로 대처하지 못했다. 한국 정부는 탈핵(脫核)으로 100% 안전한 사회를 이루고 싶어하는 듯하다. 하지만 그 어떤 기술도 완벽하지 않다. 허투루 수천명이 자동차 사고와 의료 과실로 죽는다. 그렇다고 자동차와 병원을 없앨 수는 없는 노릇 아닌가.

이번 방한 때 한국인 수시명과 만나 그들의 생각을 들었다. 원전 근처에서 사는 주민도 만났다. 반핵을 주장하는 이들조차 “무엇으로 원전을 대체할 것인가엔 의문이 있다”고 말했다. 또 다른 주민들은 “탈원전보다 원전이 제대로 유지·관리되고 있는지가 더 궁금하다”고 했다.

한국에서 원전이 살아남기 위해선 투명성 제고가 필요하다. 한국 원전업계는 대중이 느끼는 공포를 더 진지하게 받아들이 원전에 대한 우려를 불식시키는 데 총력을 기울여야 한다. 공공사업의 초기 단계부터 시민이 활발히 참여하는 ‘공공의 관여(public involvement)’는 비단 한국뿐만 아니라 전 세계를 위해서도 필요한 일이다. 한국의 원전 산업이 세계에서 차지하는 비중이 그만큼 크기 때문이다. 한국 정부는 조금 더 시간을 가지고 이 문제를 숙고하기 바란다. 그릇된 공포가 가장 소중한 에너지원을 파괴하는 것보다 비극적인 일은 없다.

July 21, 2017

Last week I traveled to Seoul to deliver an open letter signed by some of the world’s most prestigious climate and environmental scientists urging President Moon Jae-in to reconsider South Korea’s phase-out of nuclear energy. My reason? To communicate the message that the world needs a South Korean nuclear power to achieve prosperity and environmental protection for all.

If South Korea closes its nuclear plants, no nation will buy Korean nuclear plants, just as nobody would buy a Hyundai or LG appliance if the president of South Korea declared them unsafe. And nations seeking nuclear power will have only China and Russia to buy reactors from – an outcome that is rightly feared by liberals and conservatives alike around the world.

For most of my life, I opposed nuclear energy. As a child raised by liberal peace activists, I was taught to fear it. In 1979, when I was seven, the anti-nuclear Hollywood blockbuster “China Syndrome” was released just 12 days before one of the reactors at Three Mile Island nuclear plant in Pennsylvania melted down. Over the next year, America’s biggest rock stars toured the country performing at “No Nukes” concerts. I still remember the No Nukes poster hanging in our local food cooperative depicting a mushroom cloud.

In my 20s I worked on anti-nuclear causes. I helped to block a radioactive waste storage facility in California, and promoted solar and wind. Our most successful effort was winning a \$150 billion investment by the Obama administration in solar, wind, and electric cars. I believed that we could eliminate air pollution and solve global warming through innovations with renewable sources of energy.

But almost immediately afterwards my colleagues and I started to notice some big problems with renewables. First, they are incredibly unreliable, generating power only 20 to 30 percent of the time. And despite the hype, there is no battery revolution forthcoming. The only way to store large amounts of electricity is through what’s called “pumped storage.” These are essentially large hydroelectric dams that pump water uphill during times of excess electricity and then release the water over the turbines when electricity is needed. Lithium batteries are wonderful for our cell phones and laptop computers but are extremely expensive and have very short lives.

Second, renewable fuels – whether water, sunlight, wind, or wood – require huge amounts of land and natural resources. On average, a solar farm must cover an area 150 times larger than nuclear to generate the same quantity of electricity as a nuclear plant; wind farms must cover an area 750 times larger. The reason is easy to understand: renewable fuels are energy-diffuse, meaning that there is very little energy per unit of mass compared to both fossil fuels and uranium. The energy density of the fuel in large measure determines its environmental impact.

If low energy density of solar is a problem in my home state of California, where we have large deserts available for solar farms, imagine how much more of a problem it is in South Korea, which has far more people per square kilometer. This reality goes a long way to explaining why South Korea gets just 1 percent and 0.3 percent of its electricity from solar and wind, respectively.

Indeed, replacing all of South Korea’s nuclear plants with solar would require covering an area five times the size of Seoul; replacing them with wind turbines would

require covering an area 15 times larger. And none of that considers the land that would be required for pumped hydro storage – something South Korea also lacks.

The Korean nuclear plants represent 60 years of investment that will likely go to the Chinese if South Korea abandons them. The Chinese are already courting Koreans with job offers and promises of high wages and benefits. Ultimately, a phase-out means that South Korea would not be able to sustain its supply chain, and therefore would not be able to export the plant technology or operate and supply the plant it has just finished building in the United Arab Emirates.

As a result, South Korea would need to use coal or natural gas to replace its nuclear. Coal already contributes to serious air pollution in Seoul, while natural gas is expensive. The annual cost of replacing all of South Korea's nuclear plants with natural gas would be \$10 billion on top of a one-time cost of roughly \$20 billion to build new natural gas plants.

It is understandable that South Koreans are afraid of nuclear energy given the 2011 accident at Fukushima, but the solution is better regulation, better technology and public involvement, not substituting fossil fuels for nuclear.

As hard as it may be to believe, the scientific evidence is overwhelming – and has been for 40 years – proving that nuclear energy is the safest way to make reliable electricity. That's because while air pollution kills seven million people per year, hardly anybody is harmed during even the worst nuclear accidents.

Far more deadly is fear and panic. The tsunami that hit the coast of Japan in 2011 instantly killed about 15,000 people, many of who could have survived had Japan been better prepared.

Still traumatized by that event, Japan's Prime Minister inappropriately involved himself in managing the meltdowns at Fukushima in ways that created great harm, according to both independent investigations of the accident. Instead of sheltering-in-place as is often done in response to natural disasters like typhoons, the Prime Minister ordered an evacuation that resulted in the unnecessary deaths of hundreds of sick and elderly people.

Of course, fear and panic serve powerful financial interests. Should we be surprised that natural gas companies fund many of the anti-nuclear groups that spread misinformation about nuclear? The anti-nuclear group Friends of the Earth – which has representatives in South Korea – received its initial funding from a wealthy oil

man, while Greenpeace receives over \$350 million per year from anonymous sources. All three of the largest anti-nuclear groups in the United States have budgets over \$100 million per year and receive funding from oil, gas, solar and wind investors, or are invested in oil and gas, and renewable energy companies.

Nothing is more dangerous than the myth of perfect safety. The Japanese nuclear industry and government promoted the idea of perfect safety and the consequence was a failure to prepare for the worst. Now, many people in South Korea seem to want perfect safety from non-nuclear energy sources, whether it be natural gas, coal, solar or wind. But why? From what other technology do we demand perfect safety? Thousands of people die every year from car accidents, hospital medical errors, and simply falling down stairwells. The solution is not to ban cars, hospitals and stairwells but rather for the society to improve the technologies and demand greater public involvement and engagement in guaranteeing their safe use.

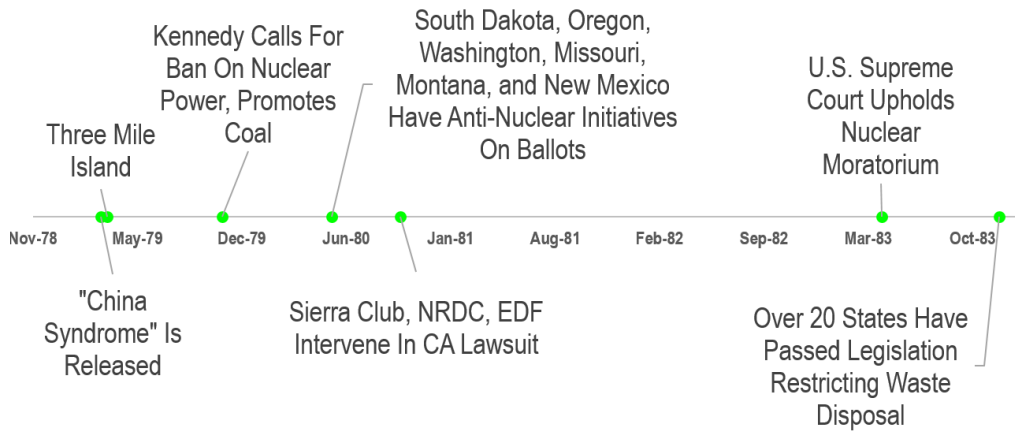
When I visited South Korea for the first time last April, and again last week, I interviewed dozens of ordinary people, including those in Busan who live near nuclear power plants, about their opinions about nuclear. While some said they just wanted to ban the technology outright, many more had questions about what would replace it. And more often than not the people who live near the plants said they just wanted to better understand what was happening in the plants, and wanted to know that they were being well-maintained and regulated.

Clearly, trust is lacking, and something needs to change for South Korea's nuclear program to survive, and the proposal to phase out nuclear energy should come as a wake-up call to South Korean nuclear industry, which has done an expert job of building plants but a poor job of seriously engaging public concerns. Simply put, the nuclear industry and governments must do a better job taking seriously – and addressing – public concerns and fears.

But it is also the responsibility of any people – whether South Korean, American or Japanese – to seek to understand our choices and their consequences for ourselves, our children and our planet.

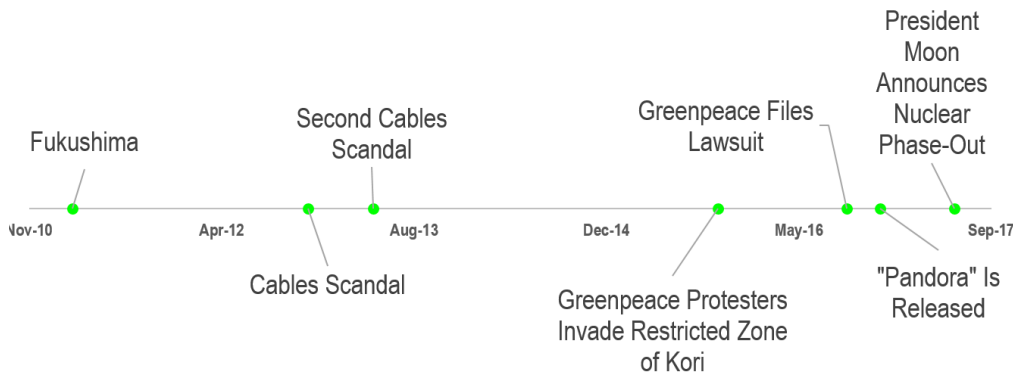
Given how important their nuclear energy sector is to the world, I encourage the South Korean people to take the time needed to properly deliberate and weigh these questions. Nothing would be more tragic – not just for the South Korean people but also for the planet and the human race as a whole – than to allow fear and panic to destroy that which is most precious.

부록 D: 추가 자료



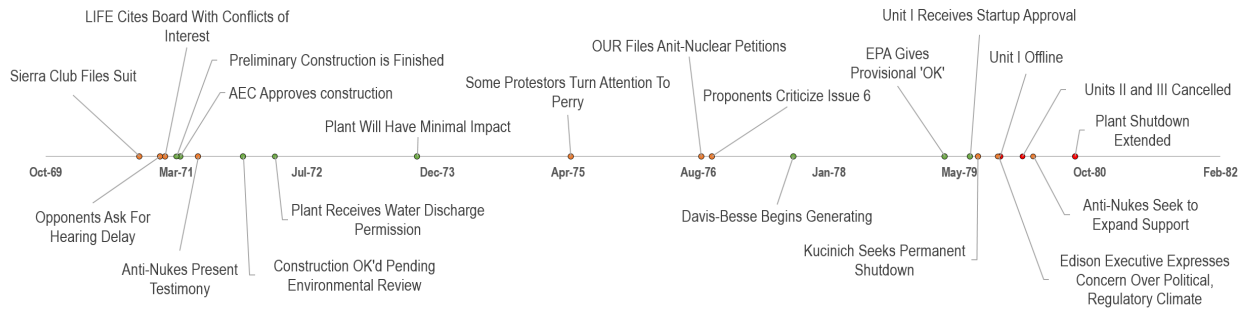
원전 건설을 유예시킨 미 대법원 판결로 이어지는 일련의 사건들을 담은 연대표이다.

순서대로, -"차이나 신드롬" 개봉 -쓰리마일 사고 -케네디 대통령이 원전 금지를 외치며 석탄을 치켜세움 -사우스 다코타, 오레곤, 워싱턴, 미주리, 몬태나, 그리고 뉴 멕시코 주가 반원전 법안을 표결에 붙임 -시에라 클럽, NRDC, EDF가 캘리포니아 소송에 개입함 -미 대법원이 원전 유예를 승인함 -20개가 넘는 주들이 당주에 방사성 폐기물을 처리하지 못하게 하는 법안을 통과시킴



문 대통령의 탈원전 계획 발표로 이어지는 일련의 사건들을 담은 연대표이다.

순서대로, -후쿠시마 사고 -전선 스캔들 -2차 전선 스캔들 -그린피스 시위자들이 고리원전 제한구역에 침입함 -그린피스가 소송을 제기함 -"판도라" 개봉 -문 대통령이 탈원전 계획을 발표함



이 연대표는 원전 건설과 계획 중단에 대한것으로, 환경진보 역사 분석팀이 만든것이다.

순서대로, -시에라 클럽이 소송을 제기함 -상대측이 공판 연기를 요청함 -LIFE가 이사 회측의 이해관계 충돌을 추문함 -예비공사가 완료됨 -AEC가 건설을 승인함 -반원전 측이 증언함 -건설이 승인되고 환경평가를 기다림 -발전소가 배수 허가증을 받음 -발전소가 매우 작은 환경영향을 줄 것이라고 밝혀짐 -일부 시위자들이 Perry에게 관심을 돌림 -OUR이 반원전 청원서를 제출함 -제안측이 Issue 6를 비판함 -David-Besse 원전이 발전을 시작함 -1호기가 가동 승인을 받음 -Kucinich가 영구 정지를 위한 방법을 찾고자 함 -1호기 가동 중지 -Edison 사무부가 정치, 규제당국 분위기에 유려를 포함 -2, 3호기가 취소됨 -반원전 측이 지지세력을 넓히고자 함 -발전소 가동중지가 연장됨