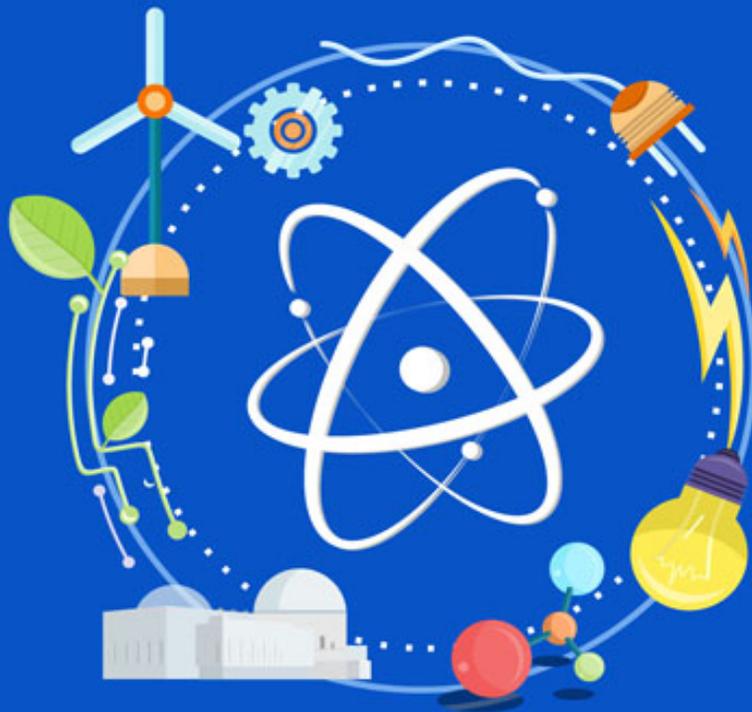


# 탈핵교재 팩트체크



2018. 07



서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center

본 자료는 전라북도 교육청이 2015년 2월 발간(2016년 6월 증보판 발간) 사용하고 있는 부교재 "탈핵으로 그려보는 에너지의 미래"에 기술된 주요 내용에 대한 서울대원자력정책센터의 팩트체크 결과 중 왜곡·오류가 상당한 부분을 추려서 기술하였습니다.

본 eBook 내용은 서울대원자력정책센터가 운영하는 아래 주소의 원자력 지식정보 사이트에서 위키피디아 형식으로도 볼 수 있습니다.

[[https://atomic.snu.ac.kr/index.php/%ED%83%88%ED%95%B5%EA%B5%90%EC%9E%AC\\_%ED%8C%A9%ED%8A%B8%EC%B2%B4%ED%81%AC](https://atomic.snu.ac.kr/index.php/%ED%83%88%ED%95%B5%EA%B5%90%EC%9E%AC_%ED%8C%A9%ED%8A%B8%EC%B2%B4%ED%81%AC)]



## 탈핵교재의 목차

### 머리말

#### 1. 핵발전소 사고에 대해 알아보을까요?

- 01 후쿠시마 핵발전소, 지진과 쓰나미에 무너지다
- 02 체르노빌 핵발전소 사고, 유럽을 공포로 몰아넣다
- 03 스리마일 핵발전소 사고, 핵산업의 위험을 알리다

#### 2. 핵발전에 대해 알아보을까요?

- 01 방사선, 세상에 나오다
- 02 핵발전소, 이렇게 움직인다

#### 3. 핵발전은 어떤 문제가 있을까요?

- 01 핵발전은 위험하다
- 02 핵발전은 경제적이지 않다
- 03 핵발전은 윤리적이지도 정의롭지도 않다

#### 4. 전기에너지를 어떻게 써야 할까요?

- 01 국내 전기에너지, 이렇게 만들고 이렇게 쓴다
- 02 세계 전기에너지, 이렇게 만들고 이렇게 쓴다

#### 5. 핵발전의 대안은 탈핵입니다

- 01 전기를 아껴 쓰자 : 수요 관리를 통한 에너지 절약
- 02 햇빛과 바람은 힘이 세다 : 재생가능에너지 확대
- 03 우리 지역 전기는 우리 지역에서 : 지역 분산형 에너지 정책 추진
- 04 이제는 탈핵이다

#### 부록

- 01 더 읽어 보아요
- 02 핵발전소에서 사고가 일어나면 어떻게 해야 할까요?

## F 머리말 팩트체크

### F.1 일본 국토 절반 이상이 오염되고 사람이 살 수 없는 곳으로 변해가고 있다?

#### 교재내용

“2011년 3월 11일, 동일본 대지진 이후 후쿠시마 핵발전소에서 폭발 사고가 연이어 일어났습니다. 이 사고로 후쿠시마를 포함한 넓은 지역이 사람이 살 수 없는 곳으로 변해 버렸거나 변해가고 있습니다.”

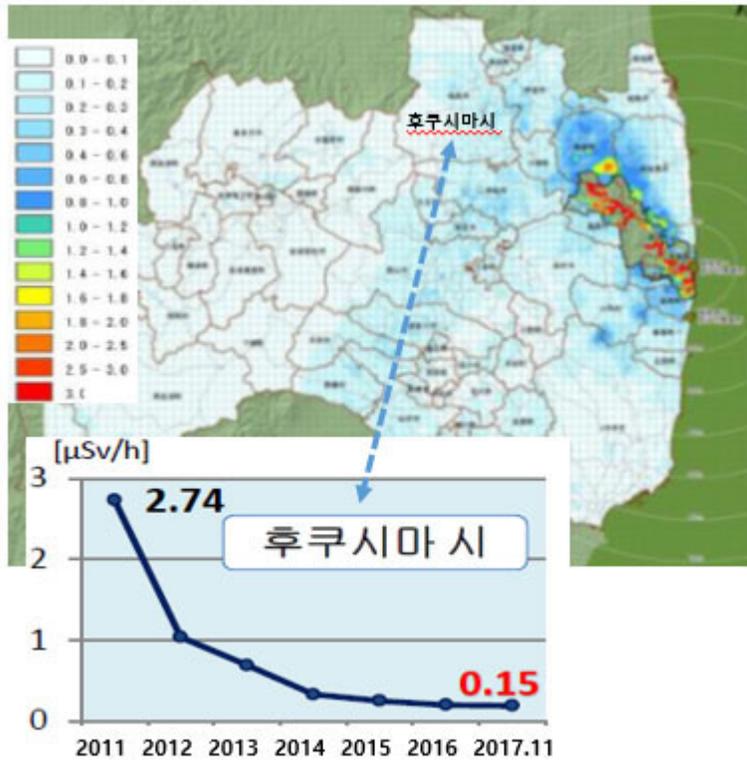
“국토 절반 이상이 방사능에 오염되었고, 사고가 난 핵발전소에서 쏟아져 나오고 있는 엄청난 양의 방사능 오염수가 태평양으로 그냥 버려지고 있습니다. 농산물뿐만 아니라 수산물도 방사능에 계속 오염되고 있는 실정입니다. 그리고 이 사고는 언제 수습될지 아무도 알 수 없는 상황입니다.”

#### 팩트체크

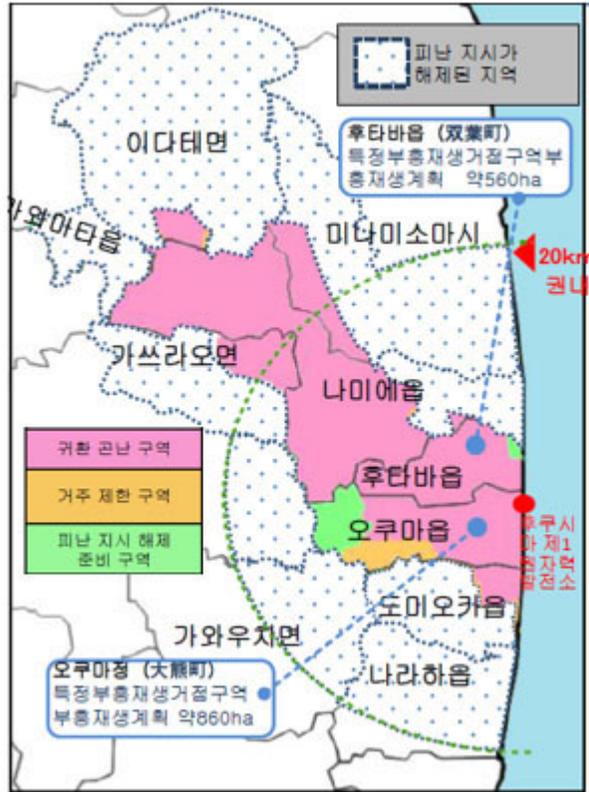
- 사고 초기에도 고농도 오염지역은 후쿠시마 인근으로 한정되었고 이곳도 시간이 경과하고 제염이 진행됨에 따라 대부분 귀환 가능 지역으로 변함 [자료 : 환경복구현황<sup>1)</sup>(2018.1), 일본환경부]
- ◆ 지자체 수행 저농도 오염지역의 제염은 후쿠시마현 외부는 종료되고 내부도 대부분 완료(17 말 기준)
- ◆ 특별제염지역으로 지정된 국가 수행 고농도 오염지역 또한 귀환 가능지역이 계속 늘고 있음

☞ 2017년 4월 현재 귀환불가 지역은 특별제염지역의 일부(371 km<sup>2</sup>)로 후쿠시마현 면적의 2.7%

○ 후쿠시마 현에서 생산되는 모든 쌀은 이미 지난 2014년 생산분부터 방사능 오염 검사(허용기준 100 Bq/kg 이하)를 통과<sup>2)3)</sup>



연도별 공간 선량률( $\mu\text{Sv/h}$ ) 추이  
 <후쿠시마현 공간선량률 분포 및 시간 거동>



2017년 4월 1일, 피난 지시 면적 : 371 km<sup>2</sup>  
 (후쿠시마 현 면적의 약 2.7%)

<국가 수행특별제염 지역 제염현황(2017년 11월 현재)>

[자료: 후쿠시마 부흥의 과정<sup>4)</sup>(2017.11), 후쿠시마현청]

## 교재내용

“우리나라에도 이와 같은 사고가 날 뻔 했다. 2012년 2월 9일 정기 점검 중이던 고리 1호기의 외부전원 상실사고가 12분간 이어졌다. 만약 전원중단 상황이 더 길어졌다면 ~~ 이렇듯 사고는 남의 일이 아니라 언제든지 우리 일이 될 수 있습니다.”

## 팩트체크

- 만약이라는 가정이 진실을 호도한다. 만약 오늘 내가 출근하다가 교통사고로 사망할 수도 있다고 하면 어떻게 해야 하는가? 그러면 출근하지 말았어야 한다고 말해야 하는가?
  - 고리1호기의 경우 역으로 안전계통이 잘 작동하여 그러한 사고의 발생을 방지했다고 봐야 한다. 오늘 출근하다가 교통사고를 당했는데, 안전벨트를 착용하고 있었고, 응급처치가 적시에 이루어져 별 다른 상해를 입지 않은 것이다.
-

## F.2 원전 밀집도가 높아지면 원전사고로 인한 피해가 더 치명적일 것이다?

### 교재내용

“현재 우리나라는 25기의 핵발전소를 운영하고 있습니다. 이것만으로도 ~~ 핵발전소 밀집도가 세계 최고 수준입니다. ~~ 인류의 과학기술로는 감당할 수 없는 핵폐기물의 양도 그만큼 늘어나게 됩니다. ~~ 밀집도가 높아지면 좁은 국토에 그만큼 더 많은 핵발전소가 있게 되니 핵발전소사고로 인한 피해가 더 치명적일 수밖에 없습니다.”

### 팩트체크

- 원전끼리 안전설비를 공유하지 않아 한 원전의 사고가 다른 원전으로 확산되지 않으므로 원전사고 피해는 원전 밀집도와 무관함
    - ◆ 미국의 TMI 2호기 사고가 1호기로 확산되지 않았으며 현재 1호기는 정상 운전 중임
  - 원전이 늘어나 밀집도가 증가하더라도 신규 건설 원전의 안전성 향상에 따른 사고 확률 감소가 밀집도 증가에 의한 사고 확률 증가를 압도할 것이기 때문에 사고 가능성은 오히려 줄어들
  - 방사성 폐기물은 현재의 기술로도 관리가 가능하며 미래세대에는 기술발전이 힘입어 더욱 효과적인 관리가 가능
-

## 교재내용 5p

“그런데 왜 사람들은 핵발전이 경제적이라고 생각하는 것일까요? 또 자연과 인간에게 치명적인 재앙을 떠안기고 있는 방사능 오염에 대해 잘 알고 있으면서도, 왜 핵발전이 친환경적인 발전방식이라고 여길까요?”

### 팩트체크

- 간단하게 말하자면 고밀도 에너지원 기술을 오랜 기간 발전시켜 왔기에 경제적이다. 고밀도집적 반도체, 전기자동차 기술을 예로 들면 그렇다. 과학기술은 상상을 넘어 많은 것을 이루어 낸다.
  - 사회경제적으로 우리가 운영하려는 시스템은 아주 성능이 좋고 안전하고 쾌적하고, 경제성을 추구한다. 기본적으로 그래야하는 것이다. 이산화탄소 배출, 미세먼지, 국토의 효과적인 활용, 부존 자원의 한계 등을 기술로 해결해야 한다.
-

## 교재내용

“올리히 벡이라는 독일 사회학자는 현대 사회를 일컬어 ‘활화산 위에 선 문명’이라고 했습니다. 현대 문명을 떠받치고 있는 동력인 과학기술이 바로 그 문명을 위협하는 요소가 되어 버렸다는 의미로 한 말입니다. 핵발전이 그러한 과학기술 중 하나입니다.”

## 팩트체크

- 바로 앞에서 한 말처럼, 편향된 생각 때문에 사실이 부정적으로 오도되는 경우이다. 맞는 말이다. 인류는 세상에 등장한 이래 늘 활화산 위에 서 있었다. 인간사회는 이런 환경에서 살아 갈 힘을 끊임없이 만들어 낸다. 그것이 우리의 문명인 것이다.
  - 핵무기는 우리를 살상하는 것이지만, 원자력발전은 우리를 살리는 것이다. 우리 삶과 문명에 양면성이 없는 경우가 있었는가?
-

## 교재내용

“우리가 듣고 보는 것들이 우리의 생각을 만듭니다. 사람들은 자꾸 반복하여 듣는 말을 자신도 믿게 됩니다. 전문성이 강한 분야의 말은 의심하지 않고 믿는 경향이 더 강합니다. 그래서입니다. 주어지는 정보나 지식을 무조건 믿으면 안 됩니다. 의심하고 따져 보아야 합니다. 자기 머리로 생각하는 힘을 길러야 합니다. 그런 노력을 할 때 우리는 자기 삶의 주인으로 살 수 있게 됩니다.”

## 팩트체크

- 맞는 말이다. 그러기에 사실을 정확하게 이해하고, 부족할 경우 질문하고 논의를 할 수 있어야 한다. 객관성 있고 신뢰할 수 있는 전문가와 기관의 의견, 자료 등이 이에 대한 이해를 깊게 한다.
-

### F.3 방사성폐기물, 한두 세대가 쓸 전기 에너지 얻자고 후손들에게 엄청난 고통을 남긴다?

#### 교재내용

“핵발전소는 사고가 나면, 큰일이지만, 사고가 나지 않더라도 적어도 10만년 이상 지구 생명체와 격리해야 하는 핵폐기물을 만들어 내고 있어 그 존재 자체로 큰 골칫거리입니다. 10만년은 인간이 감당할 수 있는 시간이 아닙니다. 한두 세대가 쓸 전기에너지를 얻자고 후손들에게 엄청난 고통을 떠넘기는 일을 해서는 안 됩니다.”

#### 팩트체크

- 방사성폐기물은 현재도 인간이 안전하게 관리할 수 있으며 미래 세대에는 기술발전으로 더욱 효과적인 관리가 가능
  - ◆ 핀란드는 올킬루오토에 심지층 영구처분장을 2015년 11월 부터 건설 중에 있음
  - ◆ 영구처분장은 10만년 이상 안전하게 관리할 수 있는 지형에 건설
- 사용후핵연료를 재활용할 경우 폐기물의 양은 획기적으로 줄어들고 한 두세대가 아니라 수천년 동안 인류의 에너지를 공급할 수 있음
- 장수명 방사성 핵종도 핵변환 등으로 없앨수 있는 세상이 한 두세대내에 도래할 수 있음

☞ 오도된 세대간 책임론으로 미래 과학기술의 새싹들에게서 도전  
과 꿈의 기회를 빼앗아서는 안됨

---

## 교재내용

“세계에서 핵발전소를 원자력발전소라고 부르는 나라는 우리나라와 일본밖에 없습니다. ~~ 이름을 바르게 부르는 데서 대상의 본질이 드러나는 법입니다.~~”

## ☞ 팩트체크

- 과학기술의 양면성, 우리 문명이 갖는 양면성의 문제이다. 핵무기가 갖는 공포감이 이를 반대하여 에너지원으로 활용하는 원자력 발전에 부정적인 의미를 주고 있기에, 불필요한 심리적 불안감을 없애고, 분명하게 활용이 가능한 에너지원임을 강조하기 위함이다.
-

## 교재내용

“여러분은 이 책을 통해 핵발전이 안전하고 경제적이며 친환경적인 발전 방식이 아니라 위험하고 비경제적이며 반환경적인 발전방식임을 알게 될 것입니다.”

## ☞ 팩트체크

- 그렇지 않다. 우리나라의 원자력발전은 안전하고 경제적이며 친환경적인 것이 분명하다. 지정학적인 이유, 에너지부족 국가, 온실효과 저감 등에서 그러하다.
-

## 교재내용

“탈핵은 선택 사항이 아닙니다. 반드시 이루어내야 할 우리들의 필수 과제입니다. 탈핵은 우리 세대와 우리 후손들이 안전하고 행복한 삶을 살기 위한 노력입니다.”

## ☞ 팩트체크

- 탈핵과 탈원전은 다른 것이다. 이미 설명한 대로 의도적 용어사용이 보여주는 편향성이다. 우리나라의 특별한 상황을 고려하면, 원자력발전이 이 시대 에너지믹스를 제대로 할 수 있는 중요한 보루이다.
-

## 교재내용

“우리는 안전하고 평화로운 세상에서 살 권리가 있습니다. 가만히 앉아 있으면 그런 세상은 결코 찾아오지 않습니다. 우리 모두 함께 배우고 함께 나누고 함께 행동할 때 평화로운 세상을 만들 수 있습니다.”

## 팩트체크

- 우리나라에서 안전하고 행복한 사회로 가는 길이 탈핵일까? 탈원전일까? 탈핵(무기화 배제)은 가야 할 길이지만 탈원전은 취소되어야 한다. 아직 우리나라는 경제적으로 정치적으로 어려움이 많다.
  - 우리와 사정이 크게 다른 외국의 사례를 따라서 우리의 문제를 풀 수 없다. 우리가 딛고 있는 이 땅의 현실을 정확하게 알아야 한다.
-

# 1 제1장 팩트체크

## 1.1절 팩트체크

### 1.1.1 원전 사고로 막대한 사상자 발생?

#### 교재내용

“지진과 쓰나미, 핵발전소 사고로 2만 명이 넘는 사상자와 수십만 명의 이재민이 생겼습니다”

#### ☞ 팩트체크

○ 원전사고로 인한 방사선 사망자가 없었는데 위 교재 내용은 마치 원전사고로 다수의 사망자가 발생한 것처럼 사실을 왜곡함

팩트 1: 지진과 쓰나미로 2만 명이 넘는 사상자가 발생

팩트 2: 후쿠시마 원전 사고로 방사선에 노출된 사람 중 누구도 방사선으로 사망하거나 급성질환이 생기지 않았음 (출처 : UN

SCEAR 2013 보고서<sup>5)</sup>)

☞ 사상자 발생 지진, 쓰나미와 사상자 없는 원전사고 내용을 합쳐서 사용함으로써 원전사고 사망자로 오해하게 만듦

#### [참조]

○ 가장 공신력있는 사실관계 문헌은 UNSCEAR(유엔방사선영향과학조사 위원회의) 2013년 후쿠시마 조사 보고서와 2014년 IAEA(국제원자력 기구) 후쿠시마 조사 보고서임.

○ UNSCEAR 2013 보고서 주요내용 :

1. 원전 사고로 방사선에 노출된 사람 중 누구도 방사선으로 사망하거나 급성질환이 생기지 않았음
  2. 피폭자 또는 그 후손들 중 방사능 관련 건강상 영향을 받는 사례의 증가는 없을 것으로 예상
  3. 후쿠시마 현에서 암과 종양 진단율이 과거에 비해 약간 증가했지만 오염이 않된 다른 지역도 마찬가지로 증가. 이는 진단 기술이 발달하여 생긴 것으로 방사선 피폭과는 무관
  4. 해양 및 토양 생태계에 대한 피폭이 너무 낮아 방사선에 의한 급성 질환이 관찰되지 않음
-

### 1.1.2 자살률이 늘어나고 암 등 질환발병 및 유병률이 지속적으로 증가?

#### 교재내용

“공동체가 파괴되는 아픔을 겪으면서 주민들의 자살률도 늘어나고 있는 안타까운 현실이 계속 이어지고 있습니다.”

“작업자들과 사고 주변 지역 주민들이 갑상샘암(갑상선암)을 비롯해 각종 질병에 시달리고 있고, 그 수가 지금도 계속 증가하고 있습니다. 기형 동식물들이 발생하고 있기도 합니다.”

#### 팩트체크

- 후쿠시마 지역의 자살률은 사고전후 변경 사항이 없는 것으로 나타나고 있음

년도	'10	'11	'12	'13
표준화 자살비	108	107	94	96

☞ 후쿠시마 지역의 표준화 자살비(Ohto H et al, 2015)

- 원전사고로 방사선에 노출된 사람과 자연 생태계 모두에서 암 등 급성질환이 발생하지 않았으며 앞으로도 없을 것으로 예상[출처: UNSCEAR 20113 보고서] 되므로 위 교재내용은 사실이 아님

#### 일본정부 및 의학계 발표자료 요약

- 후쿠시마 전체 지역주민 약 2백만명을 대상으로 후쿠시마 건강조사 시행: 주민들의 평균 피폭선량은 0.8 mSv로 일반인 연간 피폭 허용선량 이하로 나타났으며, 방사선 피폭에 따른 신체영향은 없

는 것으로 평가함 [출처: 1. Report of the Fukushima Health Management Survey<sup>6)</sup>, 후쿠시마 의대(2016), 2. 후쿠시마 부흥의 과정<sup>7)</sup>, 후쿠시마현청(2017)]

- 초음파 이용 갑상선암 검진은 1차조사(2011~2013년)에서 116명, 본격 1차조사(2014~2015)에서 71명, 본격 2차조사(2016~2017년)에서 총 7명이 악성으로 의심 또는 확진 진단을 받음. 소아 갑상선암 전문가들의 의견은, “이는 후쿠시마 사고로 인한 피폭 방사선량과는 무관하며, 전체 주민을 대상으로 초음파를 실시한 스크리닝 효과<sup>8)</sup>”로 해석함
- 후쿠시마 현의 임신부들의 선천성 기형아 출산은 2011년 2.9%, 2012년 2.4%, 2013년 2.4%, 2014년 2.3%로, 일본 전국의 평균 3~5%와 비교하여 별다른 증가나 변화가 없음 [출처: Report of the Fukushima Health Management Survey, 후쿠시마 의대(2016)]
- 일본학술회의 임상의학위원회는 “후쿠시마 원전사고 후 유언비어 수준의 동식물 기형에 관한 정보가 소셜 미디어를 통해 주로 확산되어 불안을 증폭시키는 악영향을 미쳤다.” 그리고 “후쿠시마 방사선 피폭으로 인한 유의한 암발생률 변화가 있을 것으로 예측되지 않는다.”고 발표 [출처: 어린이 방사선피폭의 영향과 이후의 과제<sup>9)</sup>(日語), 일본학술회의 임상의학위원회 방사선방호·리스크매니지먼트 분과회(2017)]

[참조] UNSCEAR 2013 보고서 주요내용 :

1. 원전 사고로 방사선에 노출된 사람 중 누구도 방사선으로 사망하거나 급성질환이 생기지 않았음
  2. 피폭자 또는 그 후손들 중 방사능 관련 건강상 영향을 받는 사례의 증가는 없을 것으로 예상
  3. 후쿠시마 현에서 암과 종양 진단율이 과거에 비해 약간 증가했지만 오염이 않된 다른 지역도 마찬가지로 증가. 이는 진단 기술이 발달하여 생긴 것으로 방사선 피폭과는 무관
  4. 해양 및 토양 생태계에 대한 피폭이 너무 낮아 방사선에 의한 급성 질환이 관찰되지 않음
-

### 1.1.3 도쿄 포함 우리나라 면적만한 지역이 고농도로 오염되었고 수백 년간 지속 ?

#### 교재내용

“후쿠시마에서 직선으로 약 250km 떨어진 도쿄마저도 고농도 오염 지역이 되었습니다.

전문가들은 일본 국토의 대부분이 세슘으로 오염되었을 것으로 추정하고 있습니다.

도쿄를 포함한 고농도 오염 지역의 넓이는 우리나라 국토 면적과 거의 비슷합니다.

이 오염 상황은 수백 년간 지속될 것으로 예상됩니다.

이것은 일본 사람들이 앞으로도 오랫동안 방사성 물질에 오염된 농수산물을 먹을 수밖에 없다는 것을 의미합니다.”

#### 팩트체크

- 고농도 오염지역은 사고초기에도 후쿠시마 인근으로 한정되었고 이곳도 시간이 경과하고 제염이 진행됨에 따라 대부분 귀환가능 지역으로 되어 위 교재내용은 사실이 아니거나 과장임 [자료 : 환경복구현황(2018.1), 일본환경부]
- ◆ 지자체 수행 저농도 오염지역의 제염은 후쿠시마현 외부는 종료되고 내부도 대부분 완료('17 말 기준)
- ◆ 특별제염지역으로 지정된 국가 수행 고농도 오염지역 또한 귀환가능지역이 계속 늘고 있음

☞ 2017년 4월 현재 귀환불가 지역은 특별제염지역의 일부(371 km<sup>2</sup>)로 후쿠시마현 면적의 2.7%

○ 후쿠시마에서 생산되는 농수산물 또한 허용범위이내로 위 교재내용은 사실이 아니거나 과장임

◆ 후쿠시마 현에서 생산되는 모든 쌀은 이미 지난 2014년 생산분부터 방사능 오염 검사(허용기준 100 베크렐/kg 이하)를 통과<sup>10)11)</sup>

○ 동경은 고농도 오염지역이 아니며 수백년이 아닌 현재도 서울에 비하여 방사선량이 낮거나 유사함

◆ 방사성 라돈 함유 화강암이 많은 서울이 동경보다 상대적으로 방사선량이 높음(아래 비교 그림 1 참조)

○ 고농도오염지역은 교재 13쪽의 일본 문부과학성 제공 그림에서 노란색과 붉은색으로 표시된 후쿠시마현 주변에 한정됨

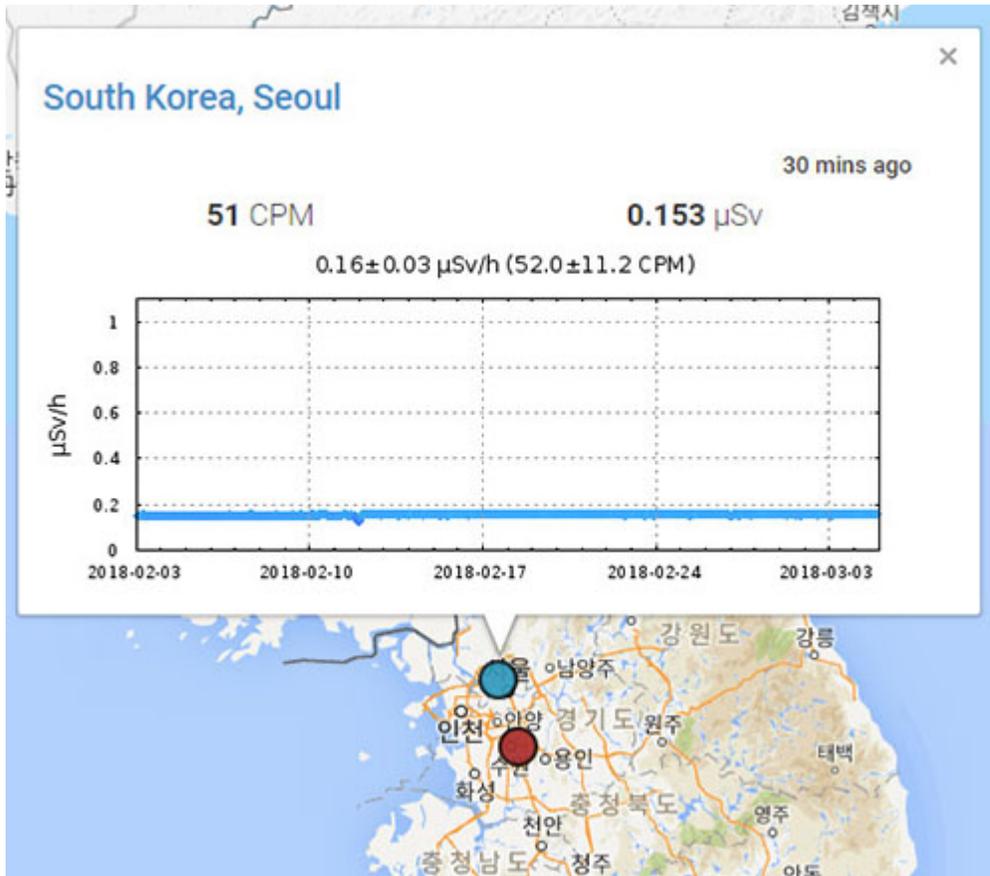
◆ 일본 식품위생법상 토양 내 세슘 기준치는 2,500 Bq/kg이므로 이를 초과하는 지역은 범례를 보면 빨강색과 노란 색임(교재 13쪽)

◆ 동경을 포함하여 고농도 오염 지역의 넓이가 우리나라의 국토 면적과 거의 비슷하다는 것은 허위임

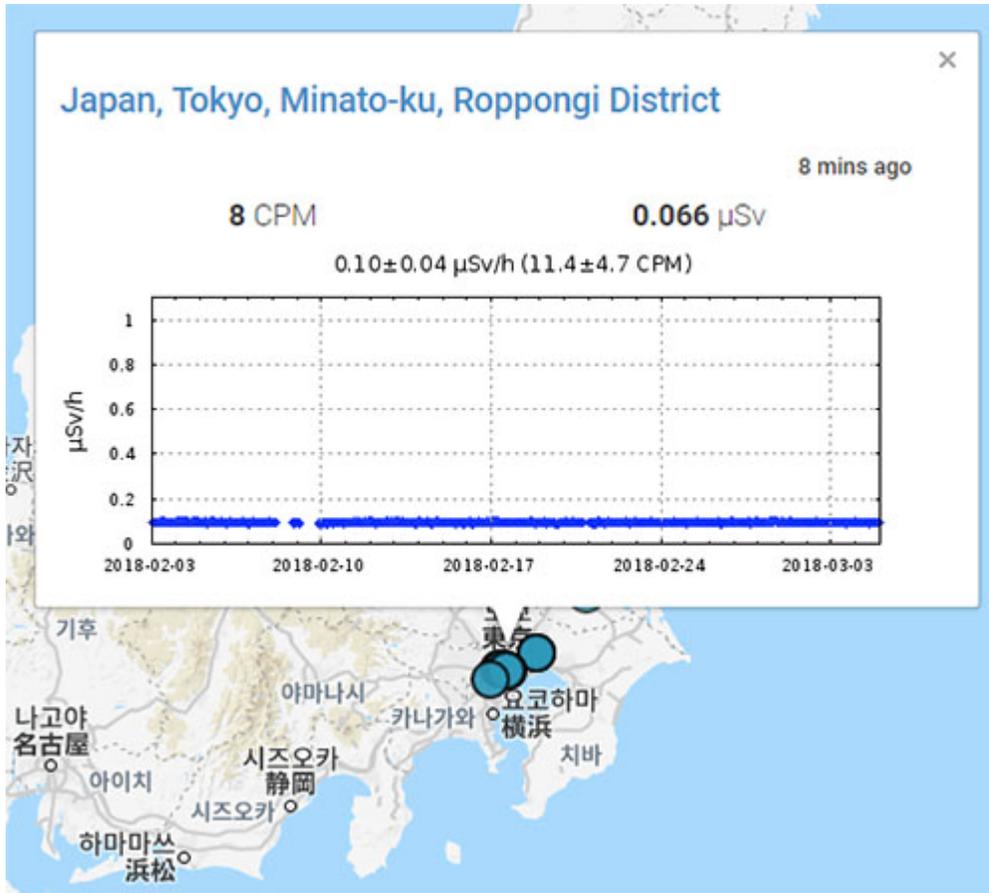
◆ 파란색을 고농도 오염 지역으로 볼 수 없지만 이를 오염 지역으로 간주한다고 하더라도 그 면적이 우리나라 면적과 비슷하다고 하는 것은 지나친 과장임

[참조 1] 서울과 동경, 후쿠시마, 홍콩의 시간당 방사선량 비교(2018년 3월 3일 기준)

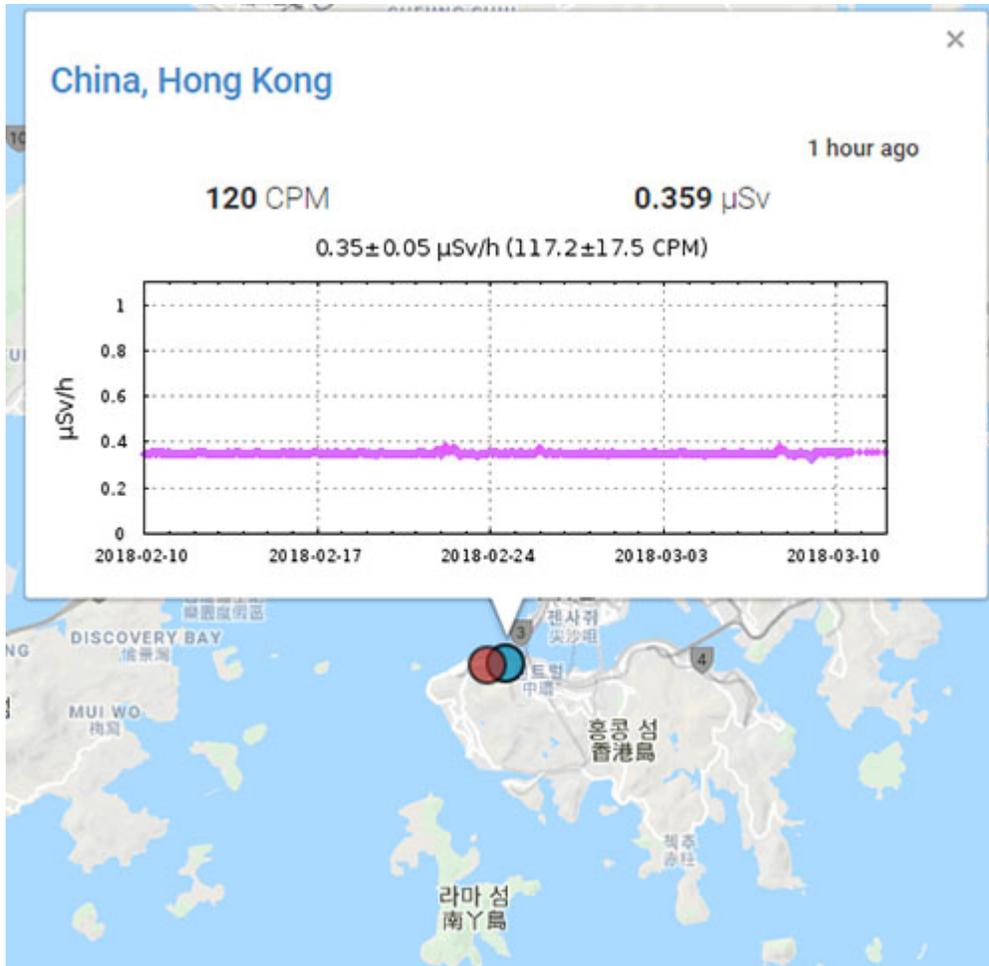
[출처: realtime.safecast.org]



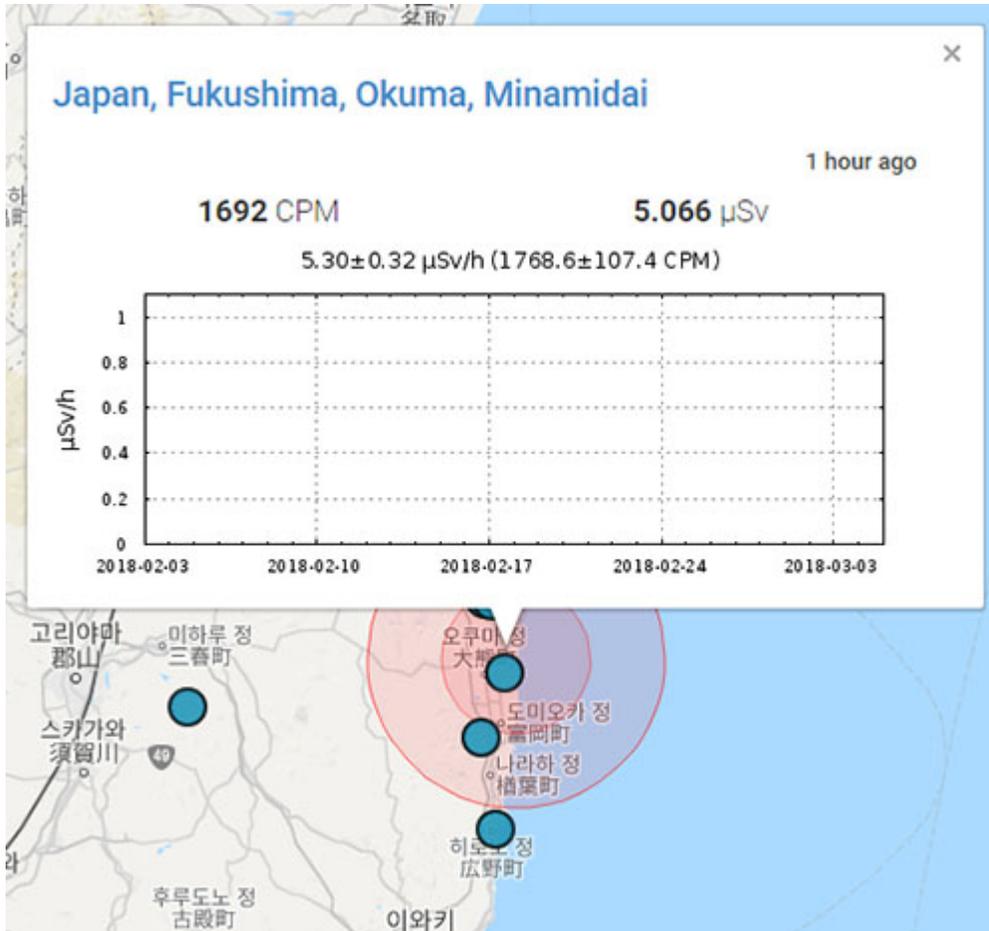
서울지역의 방사선량률



동경지역의 방사선량률

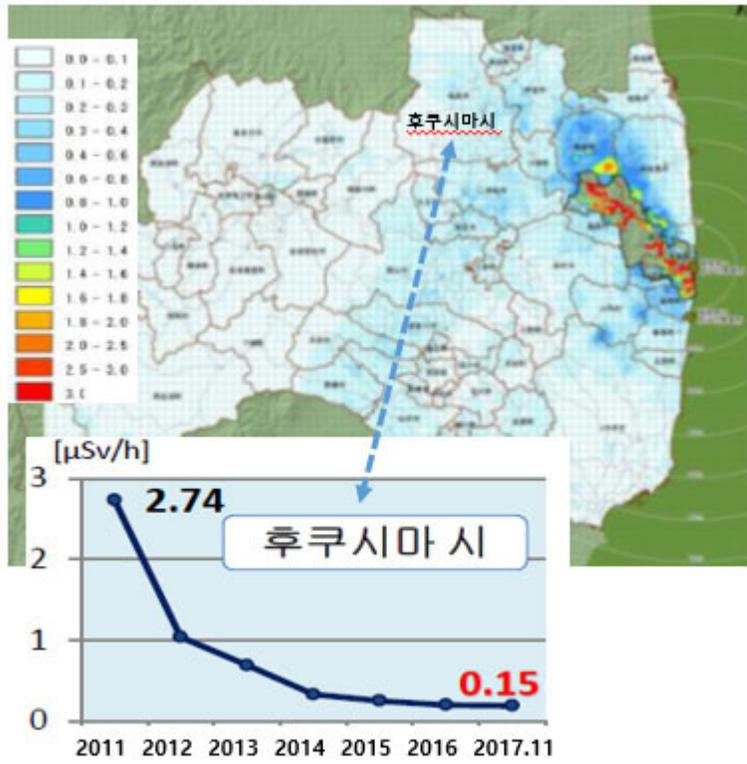


홍콩지역의 방사선량률



후쿠시마 원전 인근 방사선량

[참조 2] 후쿠시마지역 선량률 분포 및 제염현황



〈후쿠시마현 공간선량률 분포 및 시간 거동〉



〈국가 수행특별제염 지역 제염현황(2017년 11월 현재)〉

[자료: 후쿠시마 부흥의 과정(2017.11), 후쿠시마현청]

#### 1.1.4 전 세계 바다가 방사능으로 오염 ?

##### 교재내용

이 오염수가 인근 바다인 태평양에 버려지면서 전 세계 바다가 방사능으로 오염되고 있습니다

##### 팩트체크

- 오염수의 바다유출은 사고후 처음 1달에 집중되었으며 전체 바닷물 양 대비 유출방사능 양은 무시할 정도로 작아 위 교재 내용은 과장임
  - UNSCEAR 2013 보고서에 따르면 오염수의 바다 유출은 사고후 처음 1달에 집중되었으며 그 양은 대기로 방출된 방사능 양의 약 10% 정도임
  - 오염수 방출은 최대 일일 300톤 정도였으며 바닷물의 양이 약 14억  $\text{km}^3$  임을 고려하면 이는 전체 바닷물의 4천조분의 1 수준임
-

## 1.2절 팩트체크

### 1.2.1 사고수습 요원 상당수가 40살 이전에 사망했으나 공식통계 발표자료가 없다 ?

#### 교재내용

“사고 수습 작업에 투입되었던 600여명의 헬리콥터 조종사들도 방사선에 피폭되어 사망하거나 그 후유증에 시달리고 있습니다.”

“동원된 사람들 중 상당수는 40살 이전에 사망하였으나, 그 수가 정확히 얼마나 되는지 공식적인 통계조차 발표되지 않고 있습니다.”

#### 팩트체크

- 유엔 보고서 등에서 체르노빌 원전사고에 따른 방사선 피폭 사망자는 총 43명으로 발표하였기에 위 교재 내용은 사실이 아님

[주] UNSCEAR 2008년 보고서에 의하면,

1. 발전소 근무자 중 134명이 방사선 피폭으로 인한 급성질환을 겪음
2. 급성질환자 중 28명 사망
3. 2006년까지 나머지 급성질환자 106명 중 19명 사망. 그러나 방사선과 관련 없는 다른 원인임
4. 수십만 명이 복구 작업에 참여. 백혈병 및 백내장 발병률 일부 증가 외 방사능이 이들의 건강에 영향을 줬다는 증거 없음
5. 방사성 요오드( $^{131}\text{I}$ )에 오염된 우유로 인해 6,000명 이상의 아이들이 갑상선 암에 걸렸고 이들 중 2005년까지 15명 사망

## 6. 그 외 대중 건강에 영향을 미친 증거 없음

---

## 1.3절 팩트체크

### 1.3.1 원전사고로 암과 백혈병에 의한 사망자가 증가?

#### 교재내용

“핵발전소로부터 반경 80 km 이내에 거주하던 약 200만 명의 주민들은 이미 방사성 물질에 노출된 상태였습니다. 그 이후 발전소 주변 주민 중 암과 백혈병으로 인한 사망자가 늘어났습니다. 또한 유아 사망률이 급증하고 기형 가축이 태어나기도 했습니다.”

#### 팩트체크

- 여러 우수기관에서 수행한 유출 방사선 피폭 영향 조사 결과, 개인이나 환경에의 피폭 영향은 무시할 만한 것으로 모두 결론 내렸기에 위 교재내용은 사실이 아님
- 미국 원자력규제위원회(NRC) 문서<sup>12)</sup>에 따르면 TMI-2 인근 주민 200만명이 받은 평균 방사선량은  $10 \mu\text{Sv}$ 
  - ◆ 이는 가슴 엑스선 촬영 1회 피폭량의 약 1/6, 이 지역 연간 자연 방사선량의 1/100 ~ 1/125 수준임
  - ◆ 원전 경계에서 개인이 받은 최대피폭선량은 1 mSv로 연간 자연방사선량 수준임
- 여러개의 우수한 기관에서 수행한 유출 방사선 피폭 영향 조사 결과, 개인이나 환경에의 피폭 영향은 무시할 만한 것으로 모두 결론 지음

(주) 원자로의 심각한 손상에도 불구하고 체르노빌이나 후쿠시마 사고와 달리 방사능의 외부 유출과 주민 피폭량이 미미한 사유는 원자로 격납용기가 튼튼하게 설계되어 외부와의 밀폐 기능이 악조건에서도 잘 작동하였기 때문임

---



대한민국 희망에너지, 원자력

## 2 제2장 팩트체크

### 2.1절 팩트체크

#### 2.1.1 약한 방사선이라도 불임이나 기형아 출산, 암을 유발한다?

##### 교재내용

“방사선은 세포나 DNA에 큰 영향을 줍니다. 매우 강한 방사선은 직접 세포를 파괴하여 화상을 입히거나 탈모증세를 일으키고 피부 등을 상하게 합니다. 약한 방사선은 DNA를 손상시켜 불임이나 기형아 출산, 암 등을 유발합니다. 따라서 되도록 방사선에 노출되지 않도록 주의해야 합니다.”

##### 팩트체크

- 방사선에 의한 건강에의 영향은 방사선의 세기가 아니라 인체에 흡수된 방사선 에너지의 총량으로 결정
  - ◆ 방사선 이외에 자외선, 독성 화학물질도 1급 발암물질이지만 건강의 위해 여부는 그 양에 의해 결정
  - ◆ 100 mSv 이하의 낮은 수준 방사선 피폭에서는 인체에 대한 영향이 관찰되지 않음 (UNSCEAR 2000)
- 국제방사선방호위원회(ICRP)는 피폭 선량을 달성 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하라고 권고하고, 각국은 실정법 체계를 통하여 직무종사자와 일반인에 대하여 피폭선량 최소화 조치를 이행
  - ◆ 방사선 위험에 대한 생물학적 연구는 많으나, 화학물질의 인체 독성에 관한 연구는 상대적으로 부족

◆ 화학독성 물질은 계속 새로운 형태로 변화하고 변형되어 세포와 DNA에 손상을 줌

---

## 교재내용

“일반인의 방사선 피폭 허용치는 연간 1 mSv입니다. 이는 방사선 관련 업무에 종사하지 않고, 의료 목적의 피폭도 받지 않는 일반인의 평균 피폭 허용치입니다. 보통 엑스레이(X-ray)를 1번 찍을 때 받는 피폭량이 약 0.05 mSv, 컴퓨터단층촬영(CT)을 할 때 피폭량은 약 6.9 mSv 정도입니다. 엑스레이를 20번 찍거나 컴퓨터단층촬영을 1번만 하더라도 이 허용치를 초과하게 됩니다.”

“우리나라에는 화강암 등 자연 방사선을 내뿜는 암석이 많아 보통 시간당 0.1~0.3  $\mu$ Sv 정도의 자연 방사선이 측정됩니다.”

## 팩트체크

- 정확한 표현은 ‘피폭허용치’가 아니라 ‘선량한도’임
    - ◆ ‘허용치’라 하면 그 이하는 되고 그 이상은 안 된다는 말임
    - ◆ ‘선량한도’는 그 보다 낮게 유지되도록 관리를 하여 개개인을 보호한다는 개념임
  - 선량한도는 자연방사선과 의료방사선이 아닌 인공방사선에 의한 피폭만이 대상임
    - ◆ 우리나라의 경우, 자연방사선에 의한 연간 피폭선량은 약 3 mSv 임(라돈에 의한 피폭선량을 재평가하면 약 4 mSv)
-

## 교재내용

“페르미의 시카고 파일; 첫 실험이었고, 당시에는 안전 규제에 대한 개념도 없어 시카고 파일은 방사선차폐 시설이나 냉각장치가 없는 상태에서 핵분열실험을 하였습니다. 인구 밀집지 시카고, 그것도 유동 인구가 많은 대학 캠퍼스 안에서 실시한 시험이었다는 점을 고려하면 큰 사고 없이 끝난 것이 천만다행이었습니다.”

## 팩트체크

- 과학기술과 그 성과를 왜곡하는 설명이다. 시카고 파일은 연쇄 핵 반응을 제어할 수 있음을 보이는 실험이었으며, 이미 충분히 계산과 검토를 통하여 당시 고려할 수 있는 안전도를 확보하였다. 비유하자면 야외에서 취사용 버너를 시험한 것을 마치 제철소의 용광로 가동과 동일시하는 사고방식이다.
  - 과학적 발견과, 공학적 구현을 위한 노력과 시도를 의도적으로 외면만 해서야 이성적이라 할 수 있는지?
-

### 2.1.2 방사선 피폭은 2세, 3세에 까지 그 영향이 이어진다?

#### 교재내용

“방사선 피폭은 2세, 3세에까지 그 영향이 이어지고 있습니다.”

#### 팩트체크

- 방사선 피폭으로 다음 세대에 (유전적 질환이 관찰되는) 나타난 영향은 미미하고, 3세까지 그 영향이 이어진 경우는 없음
  - ICRP(국제방사선방호위원회)는 ‘암의 경우 역학적, 실험적 연구에 의하면 100 mSv 혹은 약간 미만까지의 선량에서 불확실하나 방사선 위험의 증거가 포착된다. 유전질환의 경우, 사람에게서 부모의 방사선피폭으로 자손에 초과 유전질환이 발생할 것이라는 직접적인 증거는 여전히 없다’라고 권고하고 있음 [자료:ICRP 103 권고 (62)(74)(76)(A49)(B15) 항(2007년)]
  - ICRP는 2세대 위해를 조정하기 위하여 명목위험계수(0.2 %/Sv)만 권고 [자료:ICRP 103 권고 (A109) Table A4.4 (2007년)]
-

## 교재내용

“‘원자력의 평화적 이용’이란 사실상 핵발전소와 같은 핵의 상업적 활용을 두고 하는 말입니다. 이외에도 국제원자력기구는 군사적 목적을 제외한 핵에너지의 평화적 이용을 지원하고 있습니다. 하지만 우라늄을 농축하거나 핵반응로를 운영하는 등 핵발전소에 사용되는 기술은 핵무기 기술과 매우 비슷합니다. 핵발전 기술을 이용해서 핵무기를 만드는 사례도 있습니다. 그래서 원자력의 평화적 이용 원칙에 대해 회의적인 시각을 갖는 이들이 많습니다.”

## 팩트체크

- 방사성동위원소 이용도 원자력의 평화적 이용이라는 큰 축을 담당하고 있으며, 현재 전 세계가 원자로를 이용하여 생산하는 의료용 동위원소의 원활한 수급을 위하여 고심하고 있다. 이처럼 원자력발전은 물론 의학, 유전공학, 비파괴시험, 우주전지, 멸균, 종자개량 등을 모두 포함하여 원자력의 평화적 이용이라 할 것이다.
  - 원자력발전 기술과 핵무기제조 기술을 다르다. 원자핵분열 개념을 이용한다고 두 기술이 같다고 주장하는 것은 억지이다. 일부 환경운동가가 회의적일지 몰라도 고밀도 에너지원으로서의 원자력발전의 가치를 다시 인식하는 저명한 환경운동가도 있다.
-

## 2.2절 팩트체크

### 교재내용

“우라늄 매장량 편중, 가격변동 ; 우라늄 매장량 편중, 가격변동 ; 2000년대 초 kg 당 3~4달러까지 떨어졌습니다.”

“하지만 그 뒤 오스트레일리아와 캐나다에서 각각 화재 사고와 침수 사고가 일어나고 우라늄을 이용한 투기 현상까지 벌어지면서 우라늄 가격이 2000년대 후반 1kg당 약 62달러까지 치솟는 일이 벌어지기도 했습니다.”

### 팩트체크

- 교재에서 인용한 가격은 kg 당이 아니고 파운드 당 가격의 오류임.
- 우라늄 매장량은 채굴에 드는 비용에 따라 구분되며 교재에서 제시한 570만톤U은 파운드 U3O8당 50불 미만인 확실 매장량을 말함. 현재 우라늄 원광 생산은 파운드 당 생산비가 15불 미만인 광산 비중이 크며 카자흐스탄이 1위이고 캐나다가 2위임.
- 파운드당 생산비용을 100불까지 확대하면 확실 매장량은 955만톤U이며 이럴 경우 보유국은 50개국을 넘어 석유자원보다 편중도가 낮음. 생산비용을 올릴수록 지역 편중도는 더욱 낮아짐.
- 가수요와 대형 광산에서의 사고가 겹쳐 일시적인 수급 불균형이 발생하여 2007년에 우라늄 현물 가격이 치솟았으나 곧 정상화되

있음. 이는 대부분의 국가가 2~3년분의 농축 우라늄을 비축하고 있고 경제성으로 휴광 중이었던 광산들이 재개되었기 때문임.

- 원자력발전소의 발전단가에서 연료비가 차지하는 비중은 10% 전후이며 연료 소요량 또한 화석연료에 비할 바가 아닐 정도로 적음. 이는 석탄화력 대비 우라늄의 에너지 밀도가 엄청나게 크기 때문임. 에너지 밀도가 크기 때문에 연료 비축도 훨씬 쉽고 비용도 적게 듬.

원자력	LNG	석유	석탄
			
20톤	110만톤	150만톤	220만톤

〈연간 연료 소요량 비교(1000 MW 발전소)〉

- 거의 100% 에너지자원 수입국가인 우리가 선택할 것이 무엇인지 냉철하게 고민해 보았는지? 그나마 우라늄은 이미 준 국산에너지로, 그동안 에너지원료(자원) 수입 총액의 약 8%로 우리나라 전력수요의 30% 이상을 공급하고 있었다면 그 가치는 자명함.

## 교재내용

“핵반응로는 물을 끓이기 위해 만든 거대한 기계라고 할 수 있습니다.”

## 팩트체크

- 고밀도 에너지를 만들 수 있는 기계라는 의미임 (과학기술로 석탄이나, 기름, LNG 보다 훨씬 큰 에너지를 만든다.)
-

### 2.2.1 1차 냉각재에는 많은 양의 방사성 물질이 포함되어 있다?

#### 교재내용

“1차 냉각재는 핵연료에 직접 맞는 물이기 때문에 여기에는 많은 양의 방사성 물질이 포함되어있습니다.”

#### 팩트체크

- 핵연료는 금속의 피복관으로 밀봉되어 있어 피복관 내부에서 핵분열로 생성되는 방사성 핵종은 냉각재로 누설되지 않음
  - 냉각수나 부식물이 핵반응으로 일부 방사화 되지만 그 양은 매우 작기 때문에 위 교재 내용은 과장임
-

### 2.2.2 1차 냉각재는 가압기를 거치면서 압력이 높아진다?

#### 교재내용

“1차 냉각재는 핵연료에서 나온 열로 뜨거워지고 가압기를 거치면서 압력이 높아집니다.”

#### 팩트체크

- 가압경수로에서 가압기의 역할은 1차 계통의 압력을 일정한 범위 안에서 유지시키기 위한 것이지 계통 압력을 높이기 위한 것이 아니기 때문에 위의 교재 내용은 올바르지 않음
-

### 2.2.3 원전사고가 일어난 지역은 반영구적으로 사람이 살 수 없다?

#### 교재내용

방사성 원소	반감기
요오드131( <sup>131</sup> I)	8일
코발트60( <sup>60</sup> Co)	5.3년
스트론튬90( <sup>90</sup> Sr)	29년
세슘137( <sup>137</sup> Cs)	30년
라듐226( <sup>226</sup> Ra)	1600년
플루토늄239( <sup>239</sup> Pu)	2,4065년
칼륨40( <sup>40</sup> K)	13억 년
우라늄238( <sup>238</sup> U)	45억 년

방사성 물질의 반감기

“이 때문에 핵발전소 사고가 일어난 지역은 반영구적으로 사람이 살 수 없는 곳이 됩니다.”

“방사성 물질의 반감기는 몇 초에서부터 수십억 년에 이르기까지 다양합니다. 핵발전소에는 여러 가지의 방사성 물질이 있으므로 이들의 반감기 역시 다양할 수밖에 없습니다.”

#### 팩트체크

- TMI-2 원전사고와 같이 원전 외부 환경으로의 방사능 유출이 매우 적은 경우는 거주 등 일상활동에 아무런 제약이 없으므로 위 교재 내용은 과장임
- TMI-2 원전사고 이후에 동일 단지내 2개의 발전소를 현재도 계속 가동, 운영하고 있으며, 인근 지역에도 사람이 주거하고 있음

(사진 참조)

- Ra-226, K-40, U-238은 반감기가 긴 천연방사능으로 원전사고와 관계없이 지구생성이래 항상 어디에나 존재하고 있음. 이들을 상대적으로 반감기가 짧은 인공 방사능과 섞어 기술하여 악의적으로 원전 사고 영향 기간이 영구적인 것처럼 왜곡함



TMI 원전 (좌측 2호기는 사고로 폐쇄, 우측 1호기는 현재 가동 중)



TMI 1호기와 인근지역 (주거에 제약 없음)

---



대한민국 희망에너지, 원자력

## 3 제3장 팩트체크

### 3.1절 팩트체크

#### 교재내용

“핵발전소는 사고가 여러 차례 일어나면서 핵산업계는 핵발전소 안전시스템을 계속 보강하고 있습니다. 사람의 실수로 사고가 발생하면 인적실수를 방지하는 장치를 추가하고, 쓰나미로 침수가 발생하면 인적 실수를 방지하는 장치를 추가하고, 쓰나미로 침수가 발생하면 이를 막기 위해 장벽을 만드는 식입니다. 이처럼 안전장치가 핵발전소에 끊임없이 추가되고 있지만 대규모 핵발전소 사고는 되풀이되고 있습니다.”

#### 팩트체크

- 세상에 100% 안전한 것은 없다. 타산지석의 교훈으로 지혜를 발휘하여 우리 원전에 최상의 안전시스템을 구축하는 것이다.
  - 분명한 것은 체르노빌 원전과 후쿠시마 원전은 우리의 원전과는 유사성이 없다. 원자로 형태도 자연재해의 성격도 다르다. 우리의 원전은 상대적으로 훨씬 더 안전하다.
  - 인적 실수를 방지하기 위하여 이중삼중의 다중 안전시스템을 구현한다. 한 가지가 동작하지 않아도 2차 3차의 독립적인 안전계통이 작동하여 사고를 확실하게 사전 차단하는 것이다.
-

## 교재내용

“학자들은 “정상사고”라는 개념으로 이를 설명합니다. 비정상적인 상태에서만이 아니라 정상적인 상태에서도 사고가 발생한다는 것입니다. 핵발전소처럼 매우 복잡한 기계장치의 경우에는 아주 사소한 문제가 발생하더라도 그 기계장치들끼리의 상호작용만으로 문제가 증폭될 수 있습니다.”

## 팩트체크

- 오해이다. 정상적인 상황에서도 혹시라도 가능성 있는 모든 경우를 고민하여 대응 시스템을 만든다는 개념이다.
  - 복잡한 기계가 사소한 문제로 상호작용을 통하여 문제가 증폭된다고 하는 것은 과학과 이를 구현한 공학을 이해하지 못한 것이다. 안전해석을 할 때, 복잡한 기계일수록 더욱 자세하게 상호관계, 간섭 등을 고려해야 한다. 챌린저호 사고는 인적 실수였다. 해당 분야 전문가의 의견(검사, 점검)이 무시되었고 품질관리와 그 검증을 제대로 하지 않았기에 일어났다.
  - 경험과 책임 있는 확인체계로 운전과 점검을 지속하여 늘 안전성을 유지하는 시스템이 가능하다.
-

## 교재내용

### “스위스치즈 모델”

#### ☞ 팩트체크

- 여러 안전체계가 작동하는 원전의 다중 안전체계와 안전기능간 독립체계 개념을 정확히 이해하지 못한 것이다. 하나가 실패하면 안전성능을 확보하기 위하여 이어서 2차, 3차가 계속하여 기능한다.
-

## 교재내용

“큰 사고 이전에 사소한 징후들이 300회 일어난다는 하인리히 법칙”

### ☞ 팩트체크

- 원전의 경우와는 다른 상황이다. 원전의 경우 사소한 징후, 작은 사고가 계속 이어지지 않게 하는 것이 기본 설계개념이다. 하인리히 법칙으로 설명되는 경우는 징후를 무시하거나 가볍게 다룰 때이다. 원전에서는 이를 근본적으로 막고 있다. 이상시 운전 자동정지 개념이 한 예이다.
-

### 3.1.1 내부피폭이 외부피폭 보다 더 많은 문제를 야기?

#### 교재내용

“인체피폭보다 내부 피폭이 인체에 훨씬 더 많은 문제를 일으킵니다. 외부피폭은 방사성 물질에 노출되는 동안만 피폭되지만, 내부 피폭은 방사성 물질이 몸 안에서 지속적으로 피폭을 일으키기 때문입니다.”

#### 팩트체크

- 내부피폭이나 외부피폭이나 받은 선량이 같으면, 건강영향도 동일함
    - ◆ 방사선량 단위인 mSv로 비교하면 건강영향을 알 수 있음
  - 내부피폭선량은 몸 속에 있는 방사성물질이 다 사라질 때까지 해당 선원으로부터 피폭할 수 있는 선량을 모두 합한 값
    - ◆ 몸속으로 들어온 방사성물질은 체내 대사작용에 의해 소변·대변·땀·호흡 등으로 몸밖으로 배출되어 줄어듦
    - ◆ 체내 잔존량은 생물학적 반감기(자연방사능 K-40의 경우 30일)에 좌우됨
  - 외부피폭 선량은 몸 밖에 있는 방사성물질로부터 피폭하는 선량을 모두 합한 값
    - ◆ 이 경우 자연 감소는 해당 선원의 물리적 반감기(자연방사능 K-40의 경우 30억년)에 좌우됨
-

## 교재내용

“피폭으로 인한 질환 중 가장 널리 알려진 것으로 탈모, 불임, 암 등이 있습니다. 갑자기 많은 양의 방사선에 노출될 경우에는 피부가 괴사되기도 하고 심하면 사망에 이를 수 있습니다.”

## 팩트체크

- 적어도 100 mSv 이하에서는 건강상의 영향이 관찰된 바 없다. 500 mSv 이상에서야 비교적 방사선위험의 선형성이 보이기 시작하며, 암발생이나 유전적 질환이 가능성이 높아진다고 설명한다.
  - 혈액을 만드는 조혈세포 장해는 1,000 mSv, 탈모현상은 3,000 mSv, 피부홍반은 6,000 mSv에서 발생한다. 피부가 괴사되거나 사망할 정도의 피폭은 사고가 아니면 없다. 암치료 목적으로 국부적으로 방사선을 조사하는 것이 이에 해당하며, 암세포를 죽이는 것이다. 이 경우 30 Gy ~ 40 Gy (약 30,000 ~ 40,000 mSv) 정도의 엄청난 선량을 조사한다. 만약 사고가 나면 그럴 수 있다고 하는 것은 올바른 설명이 아니다.
  - '만약'은 다시 말하자면 '그런 일을 없을 것이다'라고도 할 수 있는 것이지만, '만약 그렇다면' 어떻게 피해를 최소화하는가에 초점을 두고 사전에 대비를 해 두는 것이 정답이다. 일반인에 대한 선량한도는 1 mSv이다.
-

### 3.1.2 방사선 피폭은 2세, 3세에까지 그 영향이 이어진다?

#### 교재내용

“방사선 피폭에 의한 영향은 사람마다 다릅니다. 연령이 적을수록 더 큰 영향을 받습니다. 남성보다 여성이 더 큰 해를 입게 됩니다. 피폭 영향은 피폭된 사람에게만 나타나지 않습니다. 방사선은 인체 세포 중 DNA를 손상시킵니다. 이 때문에 방사선 피폭은 2세, 3세에까지 그 영향이 이어지고 있습니다.”

#### 팩트체크

- 방사선 효과는 생물의 종류, 조직 또는 세포가 다르면 같은 선량을 같은 조건으로 피폭하더라도 반응의 정도가 다름 (이를 방사선 감수성이라 함)
  - ◆ 방사선 감수성이 높은 조직 혹은 장기 : 골수, 생식기, 위장상피와 같이 조직의 재생능력이 크고 형태/기능이 미분화 단계에 있는 것 등임
  - ◆ 어린 나이일수록 더 큰 영향을 받는 이유는, 나이가 어릴수록 세포분열이 더 활발하게 일어나기 때문임
- 국제방사선방호위원회 권고(ICRP 84, Pregnancy and Medical Radiation)에 따르면,
  - ◆ 임신전 부모 생식선의 방사선 피폭으로 소아의 암이나 기형을 증가시킨다고 보고된 바 없음
  - ◆ 원폭생존자의 자녀와 손자들에 대한 연구결과, 부모의 방사선 피폭과 연관된 어떠한 유전영향도 밝혀지지 않았음

- ◆ 방사선 치료를 받는 소아암 생존자에서도 그들 자녀들에게 유전적 영향이 있다는 것을 밝혀낸 연구 결과는 없음
-

### 3.1.3 원전주변 갑상선암 발생율이 2~3배 높다?

#### 교재내용

“국내에서도 핵발전소 인근 지역 주민들의 갑상샘암 발병률이 다른 지역 주민에 비해 2~3배 정도 높다는 조사 결과가 발표되기도 했습니다. 핵발전소에서 일하는 노동자들도 방사선에 피폭됩니다. 이들은 핵발전소에서 일어나는 크고 작은 사고 시 현장에 투입되는 과정에서뿐만 아니라, 일상적인 핵발전소 정기 점검이나 노후 설비를 교체하는 과정에서 방사선에 노출될 수밖에 없습니다.”

#### 팩트체크

- 갑상선암 발생 원인은 다양(가족력, 호르몬, 요오드 결핍, 고칼로리 식이, 방사선 등)하여 원인을 단정하기가 어려움
- 우리나라의 갑상선암은 2000년의 국가암관리사업 시행 이후 건강검진에 갑상선암 검사가 포함되면서, 발생률이 크게 증가
  - ◆ 우리나라가 최근 약 10년간 전 세계에서 갑상선암 진단, 발병률 증가가 가장 높은 나라임
  - ◆ 2013년을 정점으로 하여 발생률이 최고였고, 1년 만인 2015년 초에는 무려 35%나 감소
- 발병률의 급격한 증가에 관한 연구 결과, 과잉 검사, 진료, 치료에 의한 현상으로 확인(England J. of Medicine Nov. 6, 2014<sup>13)</sup>
  - ◆ 의학계에서도 검사, 치료를 자제할 것을 권고하였고, 최근 다시 그 진단 및 발병률이 감소 추세로 바뀜 Medical Observer, 20

15년 12월<sup>14)</sup>

- ◆ 2016년 전국 암발생지도에 의하면 갑상선암 발생률은 지역별로 최대 15배 차이가 나고 특히 대도시에 집중 (연합뉴스<sup>15)</sup>, 2016년 11월)
- 원전 주변 주민에 대한 갑상선 진단검사도 이와 다르지 않으며 다른 지역 주민과도 유의할 만한 차이가 없음
  - ◆ 원전주변의 여성 갑상선암 발생률이 전국 평균 발생률에 비해 상대적으로 낮은 결과를 보임 (아래 그림 참조)
  - ◆ 만약 문제가 있었다면 갑상선암뿐만 아니라 위암등과 같은 다른 종류의 암도 증가하여야 하는데 그렇지 않음
- 원전 종사자는 직무상 피폭받는 것으로 방사선방호 원칙과 절차에 따라 직무종사자들의 피폭상황을 철저히 관리
  - ◆ 병원에서 핵의학치료 등 방사선을 이용한 진단, 치료 업무에 종사하는 의료인들도 그 행위로 인하여 직무상 피폭
  - ◆ 방사선 종사자에 대한 선량한도가 5년 평균하여 연간 20 mSv 이나, 대부분 이보다 훨씬 적게 피폭
  - ◆ 과학적 사실은 100 mSv 이하의 저선량 피폭으로는 건강상의 영향이 없다는 것임



우리나라 시군구 여성 갑상선암 발생률 통계(2009년~2013년) (출처: 보건 복지부)

## 교재내용

### “핵폐기물관리의 어려움

핵폐기물을 운반하는 과정에서도 얼마든지 사고가 일어날 수 있습니다. 해상이든 육로든 핵폐기물을 운반하다가 사고가 날 경우 대량의 방사성 물질이 유출되어 생태계를 파괴하기 때문입니다.”

### 팩트체크

- 원전운영으로 발생하는 폐기물은 그 수준에 따라(중저준위 및 고준위 등) 관리가 가능하고, 현재의 공학기술로 충분히 어려움 없이 할 수 있음
  - 방사성폐기물 등 모든 방사성물질, 핵물질 등의 운반은 일반 물품, 심지어 유독성 물질의 수송과도 다르다. 사전에 규제기관이 충분히 안전성을 분석하고, 확인하며 만일의 사고에도 대비하여 운반에 일정 규모의 인력과 장비가 함께 한다. 사고의 염려가 있으면 운반하지 않는다. 가능성이 거의 없음에도 불구하고, 준비와 대비를 하는 것이 사고를 예방하는 것은 아니다.
-

## 교재내용

### “온배수로 망가지는 해양 생태계”

#### ☞ 팩트체크

증기를 사용하여 전기를 생산하는 발전소는 다 냉각수를 사용해야 한다. 서해안에 가동 중인 석탄, LNG 발전소가 다 그렇다. 온배수의 영향을 최소화하는 것이 필요한 것이다. 온배수를 이용하여 수산 양식 산업 등에 활용할 수도 있다.

---

## 3.2절 팩트체크

### 3.2.1 독일처럼 사고발생 위험 비용을 고려한다면 원전발전 단가가 훨씬 높아진다?

#### 교재내용

“독일은 법적 손해 배상 책임액도 25억 유로, 우리 돈으로 3조 4천 억 원이나 됩니다. 독일처럼 우리나라도 사고 발생 위험 비용을 좀 더 현실화해 계산한다면 핵발전의 발전 단가는 훨씬 높아지게 됩니다.”

#### 팩트체크

- 우리나라의 법적 손해배상 금액은 사고 한 건마다 3억 SDR(약 4700억원)<sup>16)17)</sup>로 비교적 높은 수준임
  - ◆ 현재의 원전 발전원가에는 0.23원/kWh의 원자력손해보험료가 포함(2015년 기준)<sup>18)</sup>
  - ◆ 희박한 확률의 중대사고 대비 비용을 내재화하는 것은 발전원가 상승으로 이어지고 결국 최종 소비자에게 전가 (비용효과에 대한 합의 필요)
- 독일의 법적손해배상 책임 비용(25억 유로)을 반영하더라도 원전발전 원가 증가는 1.62원/kWh(=0.23원x3조3천억/4.7천억)로 2015년 원가인 54원의 약 3%에 그치고 여전히 타 발전원 보다 경제적이므로 위 교재 내용은 과장임

[주] 우리나라의 원전사고시 손해배상 및 보상은 원자력손해배상법  
과 원자력보상계약법에 따르며 배상책임한도 3억 SDR도 여기에  
서 규정

### 주요국의 원자력 손해배상 법정 조치액

국가	법정 배상조치액	
	금액	원화 (2018.3.8일 환율)
한국	3억 SDR	4,700 억원
일본	1200억 엔	1조 2,060 억원
독일	25억 유로	3조 3,120 억원
스위스	1.1억 스위스프랑	1,240 억원
미국	3.8억 달러	4,050 억원
영국	1.4억 파운드	2,080 억원
프랑스	0.9억 유로	1,210 억원
스페인	7억 SDR	1조 950 억원
네델란드	3.4억 유로	4,500 억원
벨기에	1.5억 SDR	2,350 억원

주: SDR은 국제통화기금의 특별인출권(Special Drawing Rights)의 가치에 상응하는 금액을 의미

[출처] 미래창조과학통신위원회(2013), 원자력손해배상법 일부개정법률안 검토보고서, 원자력 배상법 시행령

### 3.2.2 우리나라의 원전 해체비용이 독일이나 유럽 등 국가와 비교할 때 2~4배 작게 책정, 원전 강국 프랑스와는?

#### 교재내용

“독일에서는 핵발전소 1기당 해체 비용이 우리 돈으로 2조 6천3백억 원 정도로 책정되어 있습니다. 유럽연합(EU)에서는 불가리아와 리투아니아의 핵발전소 해체 비용을 1조 2백억 원 정도로 계산했습니다.”

“우리나라에서 핵발전소 1기당 해체 비용은 6천4백억원 정도입니다. 이는 독일이나 유럽 등 외국과 비교할 때 약 2배에서 4배까지 차이가 나는 액수입니다. 그러므로 핵발전소 해체 비용을 다른나라 수준에 맞춰 좀 더 현실적으로 계산하면 1 kWh당 발전 단가가 더 올라갈 수밖에 없습니다.”

#### 팩트체크

- 같은 EU국인 원자력 강국 프랑스와 스웨덴이 책정하고 있는 해체 비용은 약 4,000 억원<sup>19)</sup>으로 우리나라 보다 40% 정도 적게 책정하고 있기 때문에 위 교재 내용은 올바르지 않으며 편향적임
- ◆ 원전해체비용은 국가별 정책, 부지환경, 규정/기준, 건설환경(노무단가, 장비사용료), 폐로방법 등에 따라 편차가 많음
- 또한, 설사 독일이나 불가리아의 예측 비용을 반영한다고 하더라도 아래와 같이 발전원가 상승률은 크지 않으며 타 발전원 대비 경쟁력은 그대로 유지됨

구 분		기준 폐로비용 (APR-1400 기준)		
		한국기준	독일 기준	불가리아 기준
폐로비용	책정금액	6,400억원/호기	26,300억원/호기	10,200억원/호기
	폐로 원가 (90% 이용률 기준)	0.97원/kWh	3.97원/kWh	1.54원/kWh
발전원가 상승률		2%	7%	3%

폐로 비용기준에 따른 발전원가 영향

Figure 27 Estimated costs of decommissioning NPPs<sup>124</sup>

MS	Estimated Decommissioning costs (EUR billion, note 1)	Units	Total NPPs		Estimated cost of decommissioning (EUR billion per unit)	Estimated cost of decommissioning (EUR billion per GWe)
			Capacity (MWe)	Average capacity		
BE <sup>124</sup>	3,7	8	5 931	741	0,5	0,6
BG <sup>124</sup>	3,0	6	3 558	593	0,5	0,8
CZ	1,5	6	3 904	651	0,3	0,4
DE	38,0 (note 2)	36	26 375	733	1,1	1,4
ES	4,5	10	8 188	819	0,5	0,6
FI <sup>125</sup>	1,0	4	2 752	688	0,3	0,4
FR	22,6	70	66 919	956	0,3	0,3
HR	0,2	0,5 (note 3)	344	344	0,4	0,6
HU	1,2	4	1 889	472	0,3	0,7
IT	Not available	4	1 423	356	NA	NA
LT	2,6	2	2 370	1 185	1,3	1,1
NL	Not available	2	537	269	NA	NA
RO <sup>126</sup>	1,4	2	1 300	650	0,7	1,1
SE	3,4	13	10 861	835	0,3	0,3
SI <sup>127</sup>	0,2	0,5 (note 3)	344	344	0,4	0,6
SK <sup>128</sup>	3,1	9	3 665	407	0,3	0,9

EU 국가별 폐로 비용

### 3.2.3 남아도는 전기는 출력조절이 어려운 원전 때문이고 양수발전소는 이 잉여전기를 사용하므로 원자력 단가에 양수발전소 건설비용을 포함해야 한다?

#### 교재내용

“시간대별로 변하는 전력 수요에 맞추어 발전소의 출력을 조절해야 합니다. 그런데 핵발전소는 그때그때 상황에 따라 출력을 조절하기가 어렵습니다. 양수발전소는 이런 문제를 해결하기 위해 만들어졌습니다.”

“양수발전소는 핵발전소에서 생산한 전기 중 남아도는 전기를 재활용한다는 명분으로 세운 것입니다. 이런 사실을 감안한다면 양수발전을 하기 위해 투입되는 비용도 모두 핵발전 발전 단가에 포함해야 마땅합니다.”

“현재 국내에는 7곳에 16기의 양수발전소가 있는데 수조 원의 비용이 들어갔을 것으로 보입니다.”

#### 팩트체크

- 원전은 부하추종운전(부하에 따라 출력을 조절하는 운전)이 가능하지만 현재는 부하추종이 필요없는 기저부하용으로만 운용하기 때문에 위 교재내용은 사실과 다름
- ◆ 전력시장에서는 발전단가가 저렴한 발전기 부터 비싼 순으로 수요에 맞추어 투입되므로 가장 싼 원전이 시장에 우선적으로 투입됨 (아래그림 참조)

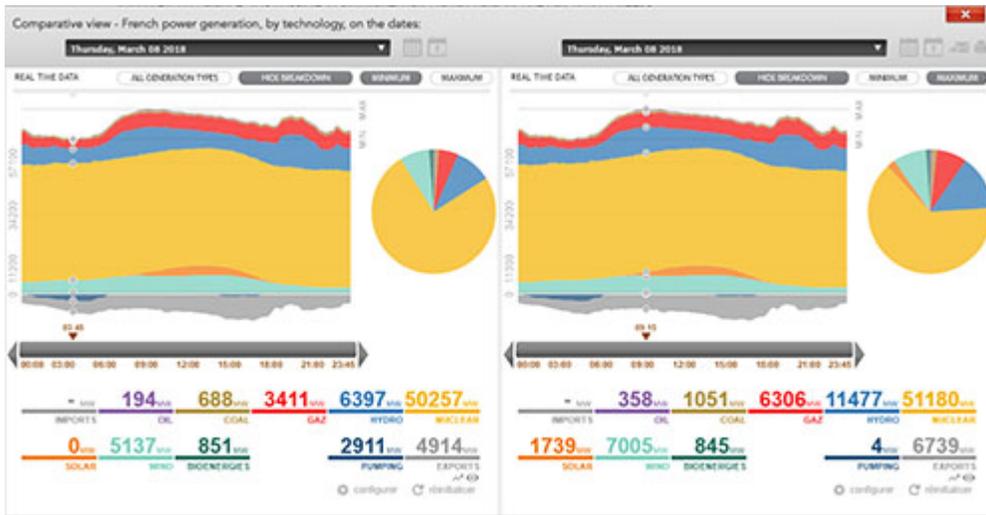
- ◆ 우리나라에서 원전에 의한 전력 공급가능 최대치는 연중 전력수요 최저치를 밑돌기 때문에 원전은 가능한 한 100% 출력을 내는 것이 가장 경제적임
- ◆ 원전발전 비중이 75% 이상을 차지하는 프랑스에서는 원전공급량이 최저수요치를 초과하는 경우가 발생하기 때문에 일찍부터 수력발전과 원전의 부하추종 운전 즉 출력조절을 통한 전력수요의 시간 변동성에 대응해 왔음<sup>20)21)</sup>
- 양수발전소는 최고 수요 시간대에 첨두부하의 일정부분을 담당함으로써 가격 안정과 투자효율 제고를 위한 것이지 남는 원전 전기 재활용이 주목적이 아니므로 위 교재 내용은 옳바르지 않음
- ◆ 태양광, 풍력 등 재생에너지가 갖고 있는 간헐성 문제를 극복하기 위하여는 양수발전소나 대용량 배터리와 같은 에너지저장 시스템을 갖추거나, LNG 화력발전소와 같은 급전용 발전기를 추가로 건설해야 함
- ◆ 양양 양수발전소의 경우 1000MW 용량으로 약 9.5 시간 동안 발전할 수 있는데 반하여 같은 규모의 배터리 에너지저장시스템을 갖추려면 7조 이상의 비용이 소요되고 그 운전수명은 10년에 불과함
- ☞ 이러한 에너지저장장치 설치비용을 재생발전단가에 포함할 경우 발전단가는 훨씬 높아질 것임

주요연료원별 일량단가 및 SMP 결정비용 변동

구분	일량단가(원/Gcal)			SMP 결정비용(%)		
	'17.1월	'18.1월	증감률(%)	'17.1월	'18.1월	증감(%)
LNG	52,392	53,941	+3.0%	73.1	78.8	+5.7
석탄	18,973	22,523	+18.7%	4.9	0.0	△4.9
유류	48,877	51,256	+4.9%	22.0	21.2	△0.8

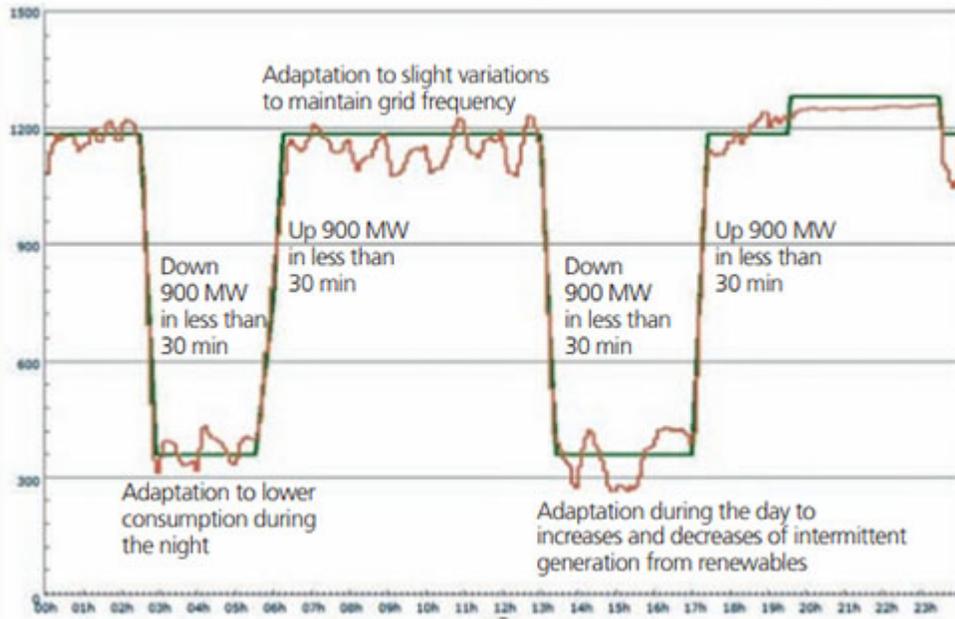
에너지원별 SMP 결정비용(출처: 한국전력거래소 '18년 1월 전력시장운영실적)<sup>22)</sup>

[주] 원자력은 가격이 가장 싸기 때문에 전력시장에서 가격(SMP)을 결정하는 발전기로 선정되지 않으며 대부분 LNG 발전기가 선정됨



프랑스 원전의 일일 부하추종 사례<sup>23)</sup>

[주] 위 그림은 2018년 3월 8일자의 시간대별 에너지 믹스를 나타낸 것으로 노란색이 원자력을 나타냄. 아래 숫자 표는 오전 03시 45분(좌측)과 오전 9시 15분(우측)에 발전원별 출력을 나타낸 것임. 이 기간(약 6시간) 중 저출력 상태에 있던 부하추종 운전 지정 원전의 출력을 증가시켜 9시 15분 경에 약 1000MW 정도를 전력망에 추가함



프랑스 Golfec 원전(1300 MW)의 부하추종 운전<sup>24)</sup>

[주] 2015년 9월 수요변동과 재생에너지의 간헐성에 대응한 Golfec h 원전의 부하추종 사례로 30분이내에 900 MW의 출력 증감발과 전력망의 주파수제어를 보여주고 있음

### 3.2.4 지난 10년동안 원전건설비용이 매년 15%씩 올랐다?

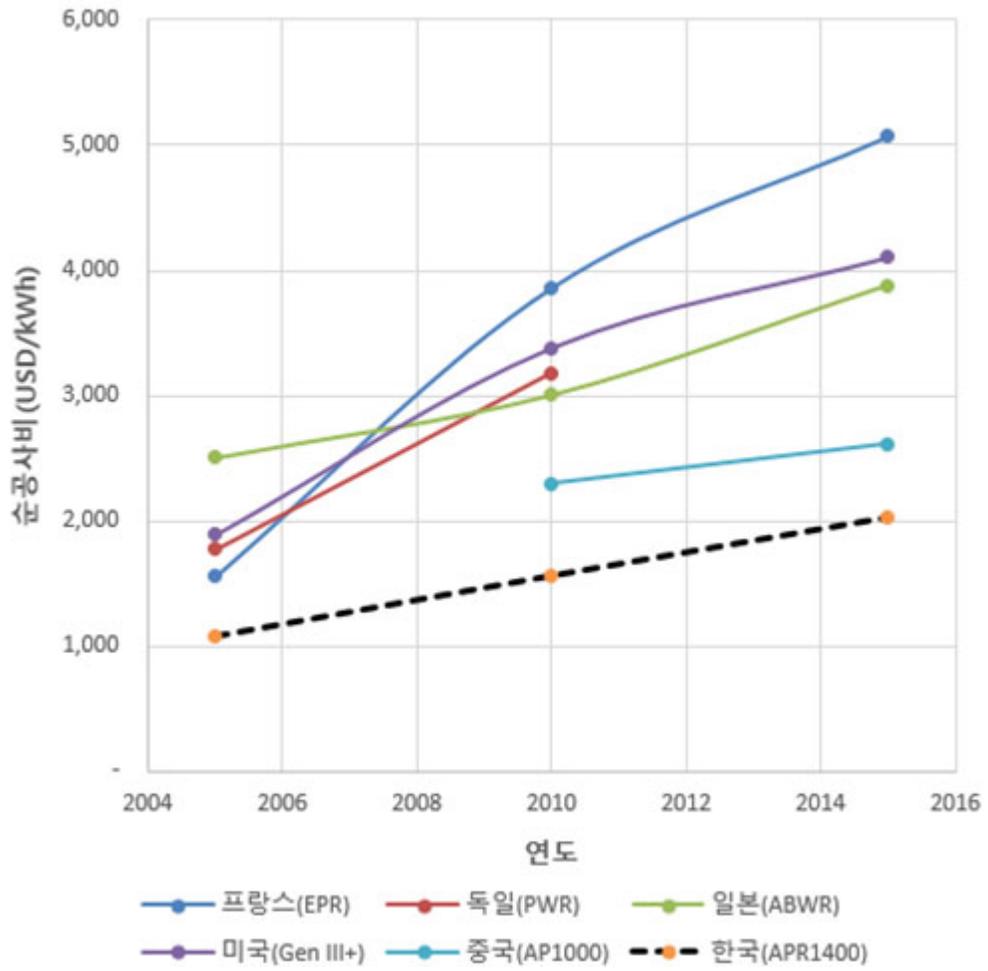
#### 교재내용

“그런데 지난 10년 동안 핵발전소 건설 비용은 해마다 15%씩 올랐습니다. 특히 유럽은 핵발전소 건설 비용이 지난 10년 동안 4배까지 증가했습니다. 이로 말미암아 핵발전소의 건설과 운영 등에 들어가는 전체 비용도 크게 늘어났으리라 예상해 볼 수 있습니다.”

#### 팩트체크

- 국제에너지기구(IEA) 보고서<sup>25)26)27)</sup>에 따르면 프랑스, 영국, 미국 등에서 연 평균 15% 씩 10년간 4배 정도 건설비 증가가 있었으나 우리나라의 경우는 10년간 약 2배 증가에 그쳤기에 위 교재 내용은 과장임
- ◆ 우리나라의 원전건설비는 미국, 프랑스, 일본 등 해외 경쟁국 대비 약 절반 수준으로 월등한 가격 경쟁력을 유지하고 있음
- ◆ 우리나라는 원전 건설비 상승과 외부비용의 증가가 있었지만 원전발전단가가 여전히 세계에서 가장 싸며 국내에서도 다른 에너지원과 비교하여 가장 저렴

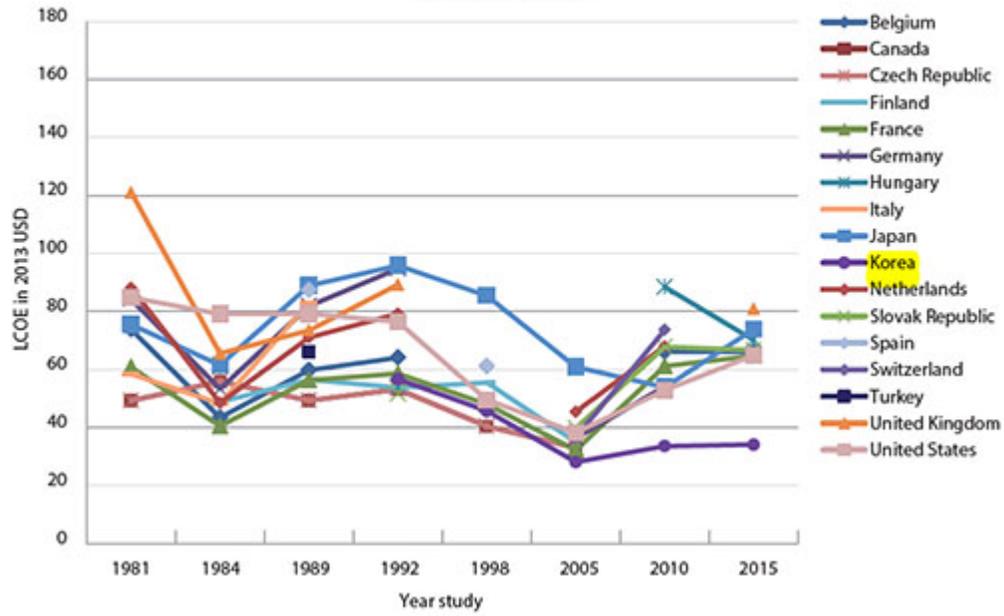
### 원전건설 순공사비(Overnight Cost)



국가별 원전건설 비용 추이[출처:국제에너지기구(IEA) 발전비용 보고서]

Figure 5.3: Historical LCOE results for OECD countries – nuclear

a: at 5% discount rate



국가별 균등화 발전단가 추이[출처: IEA 2015년판 발전비용보고서 108쪽]

### 3.2.5 우리나라도 태양광 발전단가가 원자력 발전 단가 보다 낮아 질 것이다?

#### 교재내용

“블랙번 교수는 미국 노스캐롤라이나 주의 자료를 통해 핵발전과 태양광발전의 발전 단가를 비교했습니다. 처음에는 핵발전이 태양광 발전보다 낮은 발전 단가에서 출발했습니다. 그런데 해가 거듭될수록 핵발전의 발전 비용이 늘어나면서 결국 태양광발전의 발전 단가 보다 높아졌다고 합니다.”

“태양광발전은 자연 상태의 햇빛을 에너지원으로 쓰기 때문에 연료 비용 또한 전혀 들지 않습니다. 이렇게 해서 시간이 지날수록 평균 발전 단가가 자연스럽게 낮아지게 됩니다.” “핵발전소 사고가 발생하면서 안전 규제가 강화되어 건설비와 운영 유지비가 점점 높아지기도 합니다. 결과적으로 핵발전의 평균 발전 단가가 높아지게 되는 것입니다.”

#### 팩트체크

- 국가마다 주어진 여건이 다르기 때문에 발전 단가는 국가마다 다른데 미국의 경우를 예를 들며 마치 우리나라에도 적용 가능한 것처럼 왜곡하고 있음
- ◆ 원전의 경우, 우리나라는 표준화하여 계속 지어 왔기 때문에 건설비용이 저렴한 반면 미국은 30년 이상 원전을 짓지 않아 기반 산업이 무너졌고 표준화도 되어 있지 않아 건설비용이 우리보다 두 배 정도 비쌌

- ◆ 태양광의 경우, 미국 서부 사막지대는 땅값도 싸고 일조량도 많아 발전 단가가 싸지만 우리나라는 땅값이 비싸고 일조량도 좋지 않아 태양광 발전 단가가 비쌌
- ◆ 미국의 발전단가는 풍력이 가장 싸며 다음이 가스화력 그리고 원자력과 태양광 순임
- 우리나라는 원전 건설비 상승과 외부비용의 증가가 있었지만 원전발전단가가 여전히 세계에서 가장 싸며 국내에서도 다른 에너지원과 비교하여 가장 저렴하고 앞으로도 이렇게 유지될 것으로 예상

**Table 4.10: Levelised costs of electricity for generating plants in Korea**

Technology	Capital costs			O&M costs			Fuel, waste and carbon costs	Heat credit	LCOE		
	3%	7%	10%	3%	7%	10%			3%	7%	10%
	USD/MWh			USD/MWh					USD/MWh	USD/MWh	USD/MWh
CCGT	7.03	11.29	15.04	5.55	5.55	5.55	109.24	0.00	121.82	126.08	129.82
CCGT	5.96	9.44	12.54	4.05	4.05	4.05	105.10	0.00	115.11	118.60	121.70
Coal – pulverised (PC 800)	7.54	13.70	19.34	5.31	5.31	5.31	64.81	0.00	77.66	83.83	89.46
Coal – pulverised (PC 1000)	7.47	13.53	19.17	4.80	4.80	4.80	62.03	0.00	74.30	80.36	86.00
Nuclear – ALWR	10.41	22.20	33.15	9.65	9.65	9.65	8.58	0.00	28.63	40.42	51.37
Solar PV – residential rooftop	127.69	189.06	241.31	27.86	27.61	27.45	0.00	0.00	155.56	216.67	268.76
Solar PV – commercial rooftop	100.61	148.96	190.13	21.95	21.75	21.63	0.00	0.00	122.56	170.71	211.75
Solar PV – large, ground-mounted	84.00	124.38	158.75	17.86	17.70	17.59	0.00	0.00	101.86	142.07	176.34
Onshore wind	82.78	118.58	149.77	28.86	28.86	28.86	0.00	0.00	111.64	147.45	178.63
Offshore wind	140.06	200.22	252.47	74.41	74.41	74.41	0.00	0.00	214.47	274.63	326.88

한국의 에너지원별 균등화 발전단가 [출처: IEA 2015년판 발전비용보고서 94쪽]

**Table 4.19: Levelised costs of electricity for generating plants in the United States**

Technology	Capital costs			O&M costs			Fuel, waste and carbon costs	Heat credit	LCOE		
	3%	7%	10%	3%	7%	10%			3%	7%	10%
	USD/MWh			USD/MWh					USD/MWh	USD/MWh	USD/MWh
CCGT	8.20	13.30	17.97	4.65	4.65	4.65	48.00	0.00	60.84	65.95	70.62
Coal – supercritical pulverised	17.90	29.05	39.26	11.12	11.12	11.12	53.62	0.00	82.64	93.79	104.00
Nuclear – ALWR	32.01	55.38	79.43	11.00	11.00	11.00	11.33	0.00	54.34	77.71	101.76
Solar PV – residential rooftop	93.15	143.51	186.94	12.77	12.61	12.51	0.00	0.00	105.92	156.12	199.45
Solar PV – commercial rooftop	72.00	110.93	144.51	6.38	6.30	6.26	0.00	0.00	78.39	117.24	150.76
Solar PV – large, ground-mounted	48.81	75.20	97.96	4.70	4.64	4.60	0.00	0.00	53.50	79.84	102.56
Solar thermal (CSP) – 6 hrs storage	61.59	96.10	126.16	16.96	16.96	16.96	0.00	0.00	78.54	113.06	143.12
Solar thermal (CSP) – 12 hrs storage	52.45	81.84	107.44	13.52	13.52	13.52	0.00	0.00	65.97	95.36	120.96
Onshore wind	21.34	31.48	40.27	11.37	11.37	11.37	0.00	0.00	32.71	42.85	51.64
Onshore wind	26.61	39.25	50.22	12.98	12.98	12.98	0.00	0.00	39.60	52.23	63.20
Onshore wind	33.39	49.24	63.00	16.08	16.08	16.08	0.00	0.00	49.46	65.32	79.08
Offshore wind – shallow depth	71.80	106.04	135.72	31.15	31.15	31.15	0.00	0.00	102.95	137.19	166.87

미국의 에너지원별 균등화 발전단가 [출처: IEA 2015년판 발전비용보고서 97쪽]

### 3.3절 팩트체크

#### 교재내용

“핵발전은 윤리적이지도 정의롭지도 않다.”

#### ☞ 팩트체크

당 교재의 문제가 나타나고 있음. 윤리, 도덕 혹은 규범을 논하는 자리가 아님. 원전은 윤리적이고 정의롭다는 표현도 얼마든지 가능함. 의도적 思考로 인한 사고의 편향성을 단적으로 보여주고 있음

---

## 교재내용

### “거대 송전탑에 희생당하는 사람들”

#### ☞ 팩트체크

- 발전을 하고 소비지역인 도시, 산업단지에 전기를 보내야 한다면 어떻게 해야 하는가? 각자도생하여 소규모 발전시설을 전국 방방곡곡에 만들어야 했는가? 설사 가능하다 하더라도 그렇게 해서는 안 된다. 우리의 공간이 너무 작다.
  - 우리나라는 50년 만에 서구의 200년 시간에 비할 만큼의 눈부신 발전을 했다. 이제 우리가 해야 할 일은 조정과 협력이다. 부작용이 없을 수 없다는 것은 누구도 안다. 심리적 불안감을 지나치게 확대 생산하는 것보다 함께 문제해결의 방법을 찾아야 한다. 과학과 공학은 문제를 해결하는 방법을 제공한다.
-

## 교재내용

### “핵발전산업의 어두운 그늘”

#### ☞ 팩트체크

- 이제라도 사회적 약자 계층의 희생과 피해를, 지역적 불평등 문제를 풀어야 한다. 없애는 것으로 해결된다고 하면 곤란하다. 수준 높은 기술기반의 원자력산업이 가져오는 혜택이 매우 많다. 이미 우리나라는 우수한 기술의 나라이다. 작은 문제가 있다고 감성적으로 “자연으로 돌아가자” 라는 식으로 말할 수는 없는 것이다. 그렇게 살 수는 없을 것이다. 더구나 우리의 현실이 그렇게 간단하지 않다.
-

## 교재내용

“똑같은 사람인데 왜 피폭 허용치를 50배까지 차이가 나게 정해 놓고 있을까요? 핵발전소에서 일하는 노동자들은 피폭 허용치가 높지 않으면 아예 일을 할 수 없기 때문입니다. 달리 말해 핵발전소에서 일한다는 것은 그만큼 일상적으로 방사능에 노출될 수밖에 없다는 것을 뜻합니다.”

## 팩트체크

- 일반인도 종사자와 같이 해도 문제없다. 일반인과 종사자의 차이는 종사자는 방사선과 관련된 작업을 하면서 직접적인 이익을 얻는다는 것이다.
  - 그렇다고 해서 위험을 감수하지는 않는다. 위험하지 않으며, 충분히 안전하다. 비유하자면 우리가 병원에 가서 진단과 치료를 위하여 엑스선 촬영하고 CT 검사를 하는 것과 같다. 설사 피폭이 있다하더라도 그로 인한 이익이 훨씬 크기에 방사선 피폭을 마다하지 않는다. 그렇다고 피폭을 권장하거나 강요해선 안 된다.
  - 방사선방호 원칙은 합리적으로 달성 가능한 한 피폭을 최소화 하는 것이다. 이익은 얻더라도 피폭을 최소화해야 한다는 것이다.
-

### 3.3.1 비정규직 근로자의 방사선 피폭 관리가 제대로 되고 있지 않다?

#### 교재내용

“더욱 심각한 문제는 이들의 방사선 피폭 실태가 제대로 관리되고 있지 않다는 점입니다. 이 때문에 이들이 얼마나 많은 방사선에 피폭되는지, 이로 인해 받게 되는 나쁜 영향이나 건강상의 문제는 없는지 정확하게 알기 힘듭니다. 당연히 방사선 피폭으로 인한 문제에 미리 대처하는 일도 힘들 수밖에 없습니다.”

#### 팩트체크

- 모든 종사자는 정규직이건 비정규직이건 원자력관계법령 및 관련 산하 규정에 의해서 등록되고 엄격히 관리됨
  - ◆ 신규 등록할 때뿐만 아니라, 매년 방사선방호 교육을 이수하고 특수 건강검진을 받아야 함
  - ◆ 사업자는 방사선작업종사자의 건강문제를 책임지도록 법에서 명시
  - ◆ 본인의 피폭이력(피폭선량, 교육, 건강검진 등)은 아래에서 확인 할 수 있음
    - ⇒ 원자력안전법 적용자 : 한국원자력안전재단 방사선작업종사자 종합정보시스템
    - ⇒ 의료법 적용자 : 질병관리본부 의료방사선과에 문의

구 분		방사선작업종사자	수시출입자 및 운반종사자	일반인
1. 유효선량 한도		연간 50 mSv를 넘지 아니하는 범위에서 5년간 100 mSv	연간 12 mSv	연간 1 mSv
2. 등가 선량 한도	수정체	연간 150 mSv	연간 15 mSv	연간 15 mSv
	손·발 및 피부	연간 500 mSv	연간 50 mSv	연간 50 mSv

선량한도 (원자력안전법 시행령 제2조 제4호 관련 별표1)

---

## 교재내용

### “약자들의 눈물로 만들어지는 전기”

#### ☞ 팩트체크

- 송전문제는 다른 발전 방식도 마찬가지이다. 우리나라는 경제발전을 이루면서 많은 양의 고밀도 전력이 필요했다. 앞으로 4차 산업 시대에서는 더욱 많은 전기가 필요할 것이다.
  - 소규모 전력생산 방식으로 분산하더라도 일정량은 대규모 고밀도 전원공급체계를 이루어 놓아야 가능한 것이다. 우리나라는 에너지 공급면에서 고립되어 있는 섬과 같다.
  - 한 두 가지에만 치중하면, 전체 에너지 공급체계가 무너질 수도 있다. 전기 생산지역과 송전설비 지역의 피해를 보상할 수 있을 것이다. 소비자가 부담해야 한다. 도시지역과 산업단지가 부담을 늘려야 한다.
-

## 교재내용

### “미래 세대에게 고통을 떠넘기는 핵발전”

#### ☞ 팩트체크

- 오히려 에너지 부족과 지구환경 문제를 해결하여 미래 세대에게 행복을 넘길 수 있다.
  - 다른 과학기술과 마찬가지로 폐기물 관리, 처리기술은 더욱 발전한다. 지금도 잘 관리할 수 있지만, 더 좋은 기술이 개발된다. 체르노빌과 후쿠시마 사고와 같은 사고는 없다. 원전은 모두 사고가 난다고 생각하면 안 된다. 환경과 경우가 다르면 그렇지 않다. 만약 이라는 말은 하지 말자. 대비는 충분히 하고 사고는 막는 것이다.
-



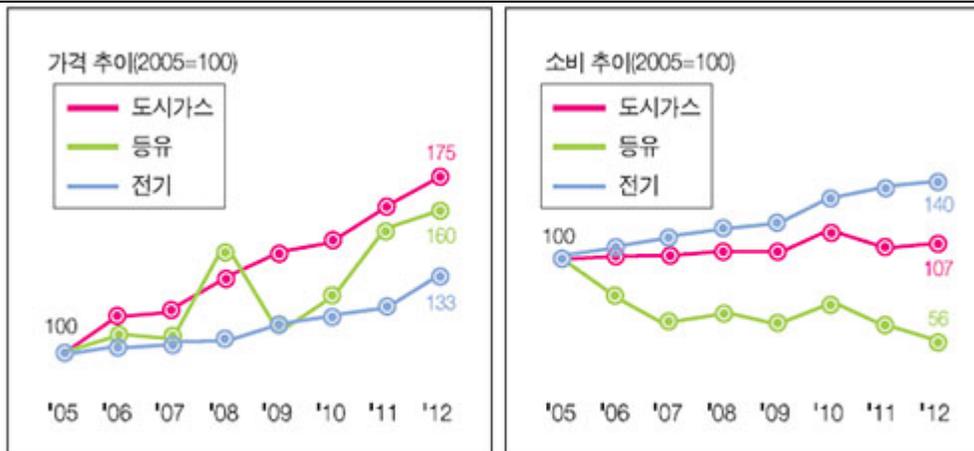
대한민국 희망에너지, 원자력

## 4 제4장 팩트체크

### 4.1절 팩트체크

#### 4.1.1 전기선호 현상을 야기시킨 우리나라의 싼 전기요금이 문제?

##### 교재내용



우리나라의 에너지별 가격과 소비 추이(산업통상자원부)

“최근 우리나라에는 전기 선호 현상이 나타나고 있습니다. 전기 선호 현상이란 기존 에너지를 전기에너지로 바꿔 사용하려는 경향을 말합니다.”

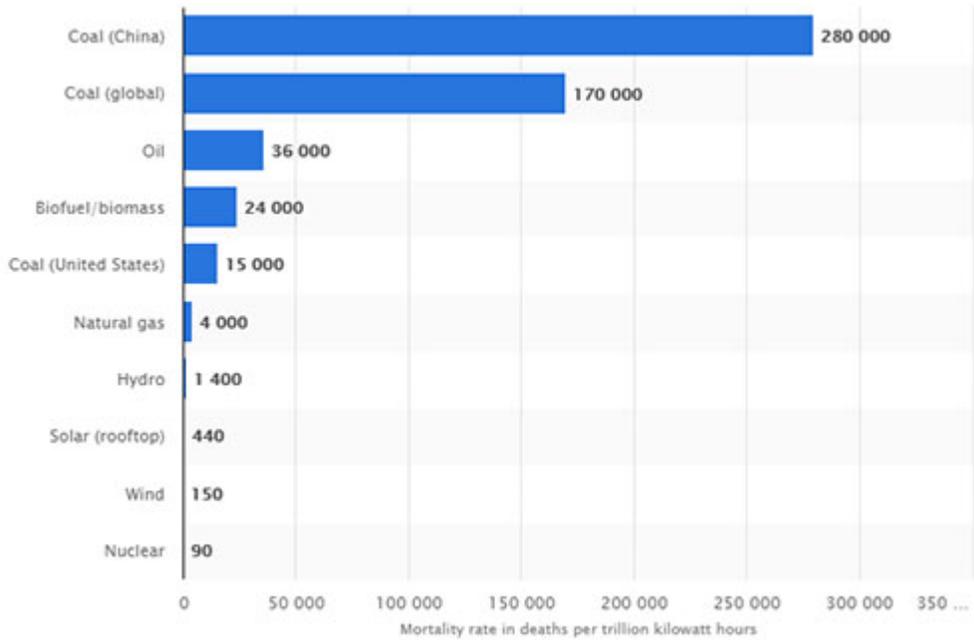
“2013년 9월 기준으로 등유 1 TOE의 가격은 약 155만 원, 경유는 약 193만 원이었습니다. 그러나 산업용 전기 요금은 1 TOE 기준으로 약 30만 원에 불과합니다. 똑같은 열량의 에너지를 갖고 있지만 가격 차이가 5~6배입니다.”

“이런 사정 때문에 가정이나 기업에서는 전기를 선호하게 된 것입니다. 2005년 이후 7년간 도시가스 가격은 75%, 등유 가격은 60%나

인상되었지만, 전기 요금은 33%밖에 인상되지 않았습니다. 그 결과 등유와 도시가스 소비는 급감하거나 소폭 상승하는 수준에 머물렀으나 전기 소비는 40%나 늘어나게 되었습니다.”

#### 팩트체크

- 전기선호 현상은 국민 소득 증가와 삶의 질 향상을 추구하는데 따른 지구 보편적인 현상으로서 이의 원동력인 싼 전기 요금을 긍정 평가할 일이지 마치 문제가 있는 것처럼 하는 것은 사실을 호도 왜곡하는 것임
- ◆ 난방 취사 등을 목재→연탄→석유→가스→전기로 고급화 함에 따라 주거 환경 및 안전과 주민 건강이 향상됨 (아래의 에너지원별 사망률 비교 그림 참조)
- ◆ 우리나라 가정용 전기의 일인당 소비는 아직 OECD 국가중 최하위 그룹에 속하며 OECD 평균의 절반에 불과
- ◆ 우리나라에서 값 싼 전기 공급이 가능했던 것은 타 에너지원 발전대비 월등한 가격경쟁력을 갖춘 원전의 발전비중을 약 30% 정도 유지 하였기 때문임



에너지원별 사망률 비교 (2012년도 기준) [출처: The Statistics Portal]

---

#### 4.1.2 산업용 전기요금은 원가보다 싸게, 가정용 전기요금은 원가보다 비싸게 책정되었다?

##### 교재내용

“그동안 우리나라는 산업 지원과 경제 활성화를 목적으로 산업용 요금을 원가보다 싸게 책정하고 가정용 요금은 원가 이상으로 정하는 정책을 추진해 왔습니다. 산업 발달 초기인 1970년대에는 이러한 정책이 산업 육성 차원에서 필요하기도 했습니다. 하지만 그때로부터 수십년이 지난 지금까지도 이런 정책을 유지해야 하는지에 대해서는 깊이 생각해 보아야 합니다.”

##### 팩트체크

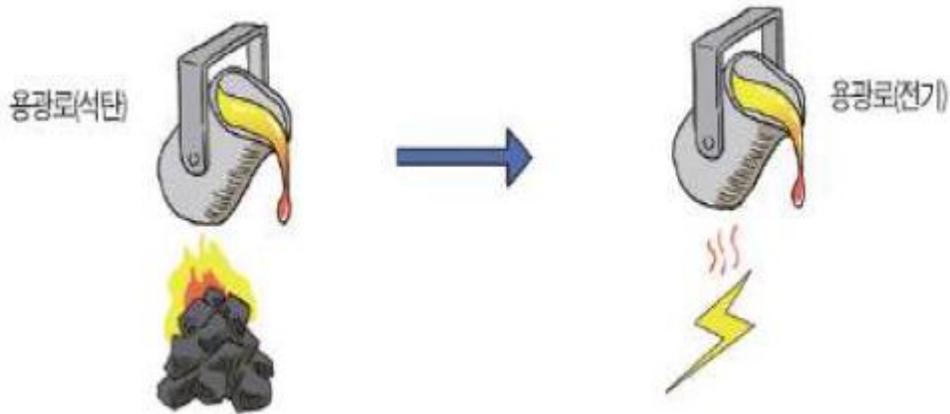
- 송배전비용을 포함하는 발전 판매원가 대비 원가회수율에서 산업용이 가정용보다 크기 때문에 위 교재 내용은 사실과 다름
  - ◆ 2014년 기준 kWh 당 가정용은 116원, 산업용은 92원으로 산업용이 싼. 그러나 전력판매원가는 발전원가뿐만 아니라 송배전 원가까지 포함하는 것으로 산업용 전기는 고전압으로 대량 소비하기 때문에 배전 비용이 절감되어 원가 자체가 낮음
  - ◆ 원가회수율(=전기판매수익÷원가)을 비교하면 산업용이 110%, 가정용이 95% 정도임. 오히려 가정용 전기에서 발생한 적자를 산업용 전기가 보전해주는 구조임.

구분(°)	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
금융부채 증감액(억원)	74,964	64,314	78,377	16,446	- 57,234	- 44,526
전기요금 원가회수율(%)	87.4	88.4	95.1	100.1	106.4	108.0
전기요금 인상률(%)	9.6	4.9	9.4	0.0	0.0	-1.7
유가(\$/bbt, 두바이유)	105.98	109.03	105.25	96.56	50.69	41.41
투자비(억원)	124,111	137,203	163,992	171,143	160,024	146,801

연도별 전기요금 원가회수율[출처: 한국전력공사]

### 4.1.3 용광로에서 쇠를 녹이는 열원을 석탄에서 전기로 바꾸는 것이 전기선호 현상이다??

교재내용



전기선호 현상 사례

“산업체에서는 철강 등 제조업에서 이와 같은 경향이 두드러집니다. 용광로에서 쇠물을 녹이는 열원을 석탄에서 전기로 바꾸는 것도 전기 선호 현상입니다.”

☞ 팩트체크

	고로	전기로
원료	철광석( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	고철( $\text{Fe}$ )
원리	화학반응 (산화-환원)	가열
환원제, 열원	코크스 (C)	전기
철의 순도	높음(순철)	낮음(Cu, Sn, Cr)
최종 제품	고급철강 (판재)	저급철강 (H형강, 철근)

건축구조기술사회지 2002년 3월 제9권 1호

- 용광로와 전기로 방식은 작동 원리와 생산 제품의 용도가 서로 다름
    - ◆ 고로는 철광석을 화학반응 시켜 고급 강재를 생산
    - ◆ 전기로는 고철을 전기가열로 녹여 저급 강재를 생산
  - 고로와 전기로는 각각의 독립적 영역을 맡고 있기 때문에 전기선호 현상으로 옮겨지는 대상이 아님
  - 고로와 전기로의 특성과 차이를 이해하지 못하여서 생긴 오류이거나 의도적인 사실 왜곡임
-

## 4.2절 팩트체크

### 4.2.1 대표적 탈원전국 독일이 우리나라의 롤모델?

#### 교재내용

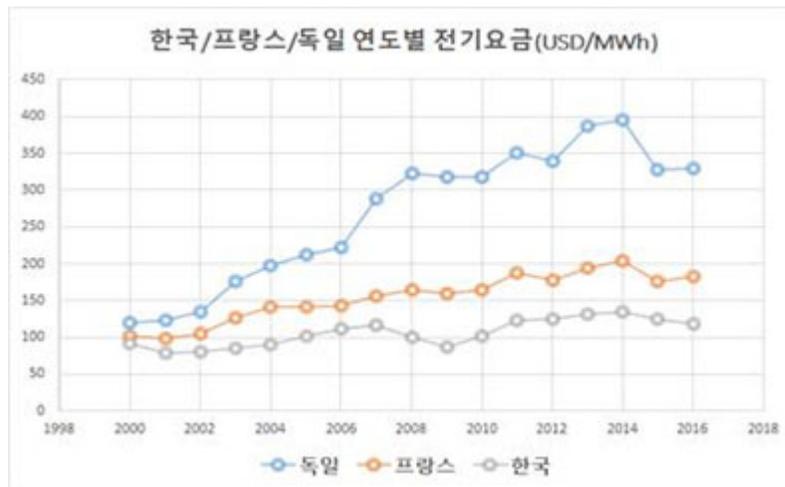
“대표적인 탈핵 국가는 독일입니다. 1960년대부터 핵발전을 시작한 독일은 1986년 체르노빌 핵발전소 사고 이후 단 한 기의 핵발전소도 추가로 짓지 않았습니다. 특히 2000년대 초 탈핵 선언을 통해 신규 핵발전소 건설을 포기하고, 재생가능에너지 비중을 높이는 방향으로 에너지 전환 정책을 추진해 왔습니다.”

독일은 현재 전체 전력 중 약 25%를 재생가능에너지로 충당하고 있습니다. 또한 향후 2050년까지 자국의 모든 에너지를 재생가능에너지로 생산한다는 계획을 발표하였습니다. 실제로 지난 2014년 6월, 독일에서 하루동안 생산된 태양광 발전량의 총량이 전체 전력 소비의 50%를 넘는 기록을 세우기도 했습니다.”

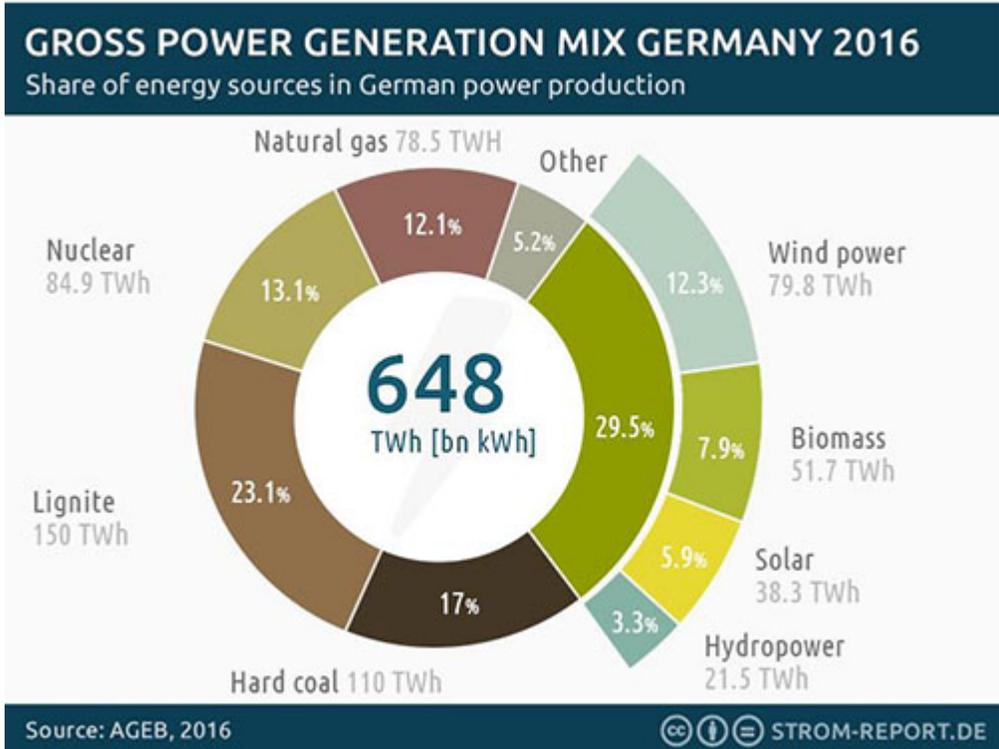
#### 팩트체크

- 국가마다 재생에너지를 포함한 부존자원과 지정학적 여건이 다르기 때문에 에너지 정책은 나라마다 고유할 수 밖에 없음
  - ◆ 우리나라는 재생에너지 자원이 좋지 않으며 인구밀도가 높고 국토가 좁아 토지소요가 큰 재생에너지 추진 여건이 좋지 않음
  - ◆ 1차 에너지의 거의 대부분을 해외에서 수입하고 있으며 유럽이나 미주 국가들 처럼 전력망이 통합되어 있지도 않아 에너지 공급 안정성 측면에서 구조적 취약점을 갖고 있음

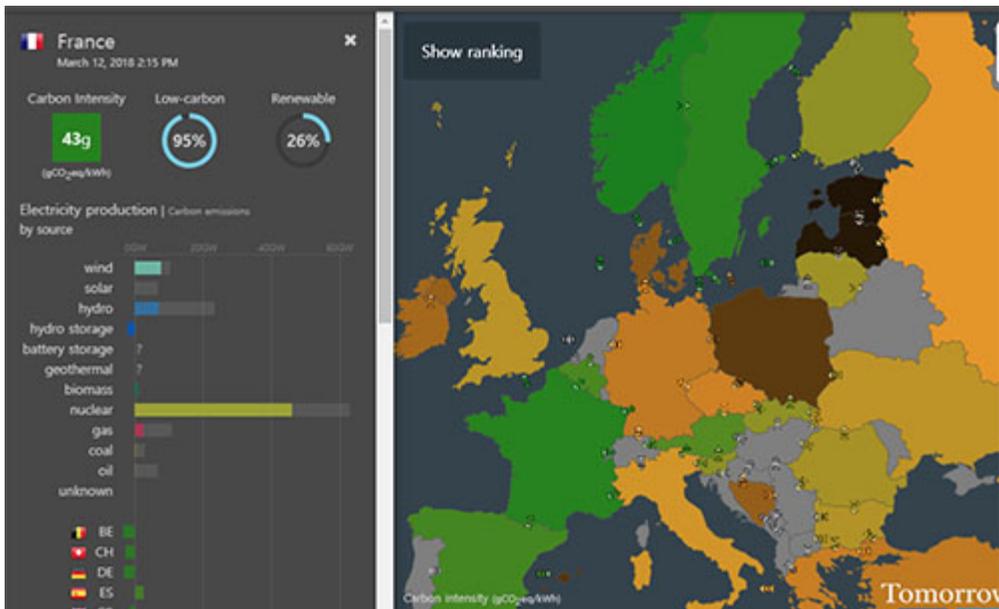
- 독일은 탈원전/재생에너지 전환으로 전기요금 4배 증가, 전력망 불안 등 문제점 대두
  - ◆ 2000년대 초 탈원전을 선언할 당시 독일의 전기료는 한국이나 미국과 큰 차이가 없었으나 신재생에 투자하면서 보조금 등의 비용이 증가하여 전력요금이 2000년 대비 거의 4배에 육박
  - ◆ 2017년 1월 흐리고 바람이 불지 않는 날씨로 인해 거의 블랙아웃 직전까지 갔지만 외국과 전력망이 연결된 덕에 급히 전력을 수입해 올 수 있어 블랙아웃을 면함. 이 사건 후 독일 정부는 풍력발전을 2019년까지 6 GW 퇴출시키기로 결정<sup>28)</sup>
  - ◆ 탈원전과 재생에너지의 간헐성으로 갈탄(Lignite)과 석탄발전 비중이 여전히 높아 단위 전기출력당 CO<sub>2</sub> 배출이 이웃 프랑스에 비해 약10배 정도 높음<sup>29)</sup>



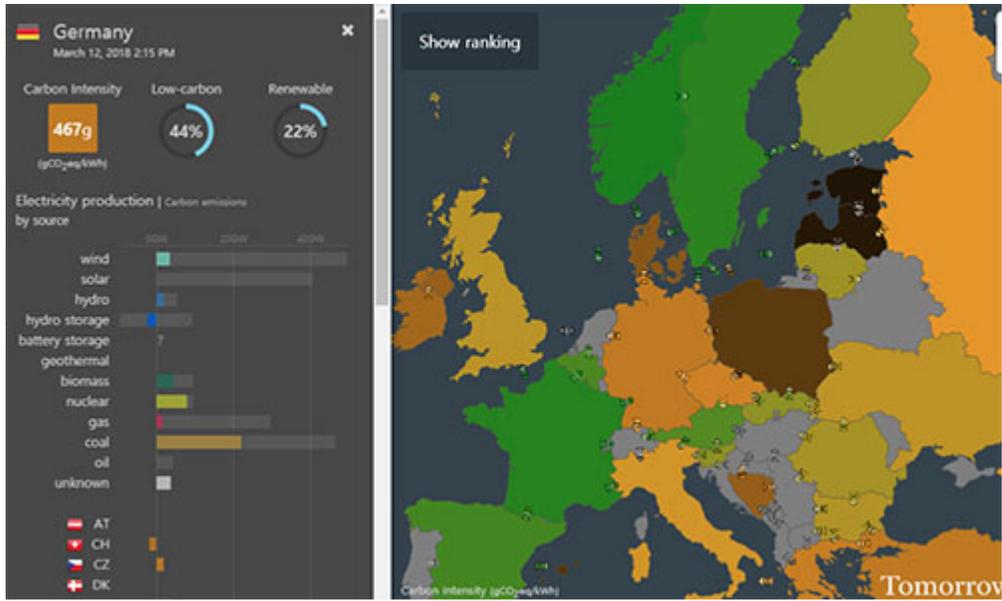
국가별 가정용 전기요금 추이(자료 IEA 2018.3)



독일의 발전 에너지믹스 현황(2016년)



프랑스의 단위발전량 대비 CO<sub>2</sub> 배출량(gCO<sub>2</sub>eq/kWh(2018년 3월 12일))



독일의 단위발전량 대비 CO<sub>2</sub> 배출량(gCO<sub>2</sub>eq/kWh(2018년 3월 12일)



대한민국 희망에너지, 원자력

## 5 제5장 팩트체크

### 5.1절 팩트체크

#### 교재내용

“전기를 아껴 쓰자 : 수요 관리를 통한 에너지 절약

그러나 우리나라의 에너지 수요 증가율은 다른 나라들에 비해 지나치게 높습니다. 우리나라보다 경제수준이 높은 나라들과 비교해 보더라도 1인당 전기 소비량이 월등히 많습니다. 이런 추세대로라면 현재 세계 최고 수준인 미국을 추월하는 데 15년도 채 걸리지 않을 것입니다.”

#### 팩트체크

- 시대변화 상황을 함께 보아야 한다. 우리나라의 경우, 세계사에서 유례가 없을 정도로 빠른 시일 안에 역사 이래 최대 위기였다는 1997년의 IMF 위기를 극복하고 단기간에 다시 급격한 경제성장을 이루었다. 2010년 이후엔 금방 3만불 시대에 진입할 것 같았지만, 그러지 못하고 2007년 세계금융위기 이후 정체된 경제성장이 지금도 계속되고 있다.
- 우리의 에너지 수요 증가율도 이를 잘 보여주고 있다. 1인당 전기 소비량은 줄여야 한다. 삶의 형태가 바뀐 것이 문제이다. 에너지 효율이 높은 가전제품이 계속 나오긴 하지만, 한편으로는 우리

삶이 인덕션 등과 같은 전기에너지를 사용하는 도구를 선호한다.  
자원 부국인 미국의 전기 소비량을 추월할 가능성은 거의 없다.

---

## 5.2절 팩트체크

### 교재내용

“햇빛과 바람은 힘이 세다 : 재생가능에너지 확대”

### ☞ 팩트체크

- 그러나 안정적이지 못하다. 근본적으로 간헐성 문제가 있기에 효율이 낮아 백업시스템, 저장시스템이 없으면 적시에 에너지수요를 충족할 수 없다. 고밀도 전력생산이 불가능하다.
  - 결국 태양력과 풍력은 이를 해결해야 하기 때문에 3~5배의 추가 비용으로 필요한 설비나 대체 전력공급원을 만들어야 한다. LNG 발전소 건설도 그 예이다.
-

## 5.3절 팩트체크

### 교재내용

“이와 같은 지역간 차별 문제를 극복하기 위해서는 전력 체계를 지역 분산형으로 바꾸어야 합니다. 에어컨 소비가 많은 지역에 발전소를 지어 생산지와 소비지를 일치시키는 것입니다. 이렇게 해서 지역별로 에너지 자립을 이룰 수 있다면 거대한 발전소는 필요 없게 됩니다.”

### 팩트체크

- 40~50년의 단기간에 이루어 낸 세계 10 위권의 경제규모가 가져온 풍요로움은 이제 우리가 지역 분배, 분산이라는 화두를 던지는 시대 상황을 맞이했다. 그러나 다시 거꾸로 돌아가, 더 이상 에너지위기로 고통 받는 나라의 국민이 될 수는 없다.
  - 우리의 삶의 규모와 질이 변화했고, 또 그러할 진대, 에너지 독립 국가가 그 희망이다. 소규모 전력, 지역 분산형으로 전력공급체계를 만들더라도 안정적인 기저 전원이 있지 않으면 곤란하다. 우리나라에선 원자력이 그 축을 담당해야 한다.
-

## 교재내용

“서울시의 ‘원전하나줄이기’ 정책은 지자체의 에너지 자립을 위한 노력의 대표적인 사례입니다.”

### 팩트체크

- 전기 소비를 줄이는 것이 ‘원전하나줄이기’는 아니다. 석탄발전소도, LNG발전소도 재생에너지발전소도 줄일 수 있는 것이다. 에너지망은 지자체만 강조해서 구성할 수 없다. 지자체가 도움은 줄 수 있으나, 국가 차원에서 추진되지 않으면 의미가 없다.
  - 불필요한 소비는 줄여야 하고 필요한 전력공급은 경제적이고, 안전하고, 안정적이어야 한다.
-

## 5.4절 팩트체크

### 교재내용

“더글러스 리미스는 ‘핵발전의 대안이 무엇이나’는 사람들의 물음에 이렇게 대답합니다.

‘핵발전의 대안은 탈핵입니다. 시한폭탄이 달린 안락의자에서 사람이 앉아 있다고 생각해 봅시다. 단신은 그 사람에게 당장 그 의자에서 벗어나라고 말할 것입니다. 그 상황에서 만약 안락의자에 앉아 있는 사람이 대안을 묻는다면? 그러면 누구나 이렇게 대답할 것입니다. 대안은 그 의자에 앉지 않는 것이라고.’

### 팩트체크

- 대안이란 현재의 방법이 문제가 있어서 해결하고자 할 때 혹은 그 해결이 불가능하다고 할 때 만드는 것이다. 그러기 위해선 ‘먼저 해결할 수 있는가?’를 고민해야 할 것이다.
  - 세상에 100% 안전한 것은 없다. 시한폭탄이라고 가정하는 것 자체가 문제이다. 폭탄으로 기능하지 않게 하거나 이를 제거하면 그 안락의자에 앉을 수 있을 것이다. 핵무기를 제거하는 것이 탈핵이고 원자력을 이용하는 것은 탈핵이 아니다.
-

## 교재내용

“에너지 수요를 줄여 나가야 합니다. 재생가능에너지와 지역 분산형 에너지를 확대해야 합니다. 이런 일들을 통해 우리도 탈핵을 이룰 수 있습니다. 탈핵은 우리뿐만 아니라 우리 후손들과 인류 전체가 안전하고 평화로운 세상에 살기 위해 반드시 이루어야 할 일입니다.”

## 팩트체크

- 에너지수요를 줄이는 데에 경제, 안보, 심리 현실을 무시할 수 없다. 우리나라의 현실을 진지하게 바라보고, 우리 나름의 최선의 선택을 해야 한다. 원자력발전 등 원자력이용이 우리에게 왜 필요한가? 원자력발전만 하자는 것이 아니다.
  - 지역 분산형 전원공급을 할 때, 더욱 필요한 것이 더욱 안정적인 기저 전력공급체계이다. 에너지믹스를 제대로 하고, 지구환경을 보호하기 위하여 CO<sub>2</sub>배출도 줄이자는 것이다.
-

## 교재내용

“핵발전은 안전할 때 멈추어야 한다. 사고가 난 뒤에는 늦습니다.”

### ☞ 팩트체크

- 도로에 나온 자동차를 세우고 하늘에 띄운 비행기를 땅에 내려야 하는가? 충분히 안전을 확보하고 관리를 잘 하면 된다. 에너지믹스를 제대로 하고, 지구환경을 보호하기 위하여 CO<sub>2</sub>배출도 줄이는 것이다.
-

## 1 머리말 팩트체크

- 1) [http://josen.env.go.jp/en/pdf/progresseet\\_progress\\_on\\_cleanup\\_efforts.pdf](http://josen.env.go.jp/en/pdf/progresseet_progress_on_cleanup_efforts.pdf)
- 2) <https://www.japantimes.co.jp/news/2015/01/18/national/all-2014-fukushima-rice-cleared-radiation-tests-thanks-to-fertilizer/#.Wt50B4huZPY>
- 3) <http://www.foodsafetynews.com/2015/01/fukushima-rice-finally-passes-radiation-checks/#.Wt50VYhuZPY>
- 4) <http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/247998.pdf>

## 2 제1장 팩트체크

- 5) [http://www.unscear.org/docs/publications/2016/factsheet\\_en\\_2016\\_web.pdf](http://www.unscear.org/docs/publications/2016/factsheet_en_2016_web.pdf)
- 6) [http://fmu-global.jp/download/report-of-the-fukushima-health-management-survey-in-english\\_new-3/?wpdmdl=1856](http://fmu-global.jp/download/report-of-the-fukushima-health-management-survey-in-english_new-3/?wpdmdl=1856)
- 7) <http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/247998.pdf>
- 8) [http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(16\)30112-7/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(16)30112-7/fulltext)
- 9) <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h170901.pdf>
- 10) <http://www.foodsafetynews.com/2015/01/fukushima-rice-finally-passes-radiation-checks/#.Wt52XIhuZPY>
- 11) <https://www.japantimes.co.jp/news/2015/01/18/national/all-2014-fukushima-rice-cleared-radiation-tests-thanks-to-fertilizer/#.Wt52W4huZPY>
- 12) <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.pdf>

## 4 제3장 팩트체크

- 13) <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp1409841New>
- 14) <http://www.monews.co.kr/news/articleView.html?idxno=88279>
- 15) <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/11/21/0200000000AKR20161121174500017.HTML>
- 16) <http://www.law.go.kr/법령/원자력손해배상법>
- 17) <http://www.law.go.kr/lsEfInfoP.do?lsiSeq=167435#>
- 18) <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/10/12/0200000000AKR20171012139100003.HTML>
- 19) [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_EN\\_autre\\_document\\_travail\\_service\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v10.pdf)
- 20) <https://www.oecd-neo.org/nea-news/2011/29-2/nea-news-29-2-load-following-e.pdf>
- 21) <https://www.oecd-neo.org/ndd/reports/2011/load-following-npp.pdf>
- 22) <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf>
- 23) [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_EN\\_autre\\_document\\_travail\\_service\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v10.pdf)
- 24) [https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/premier-electricien-mondial/cop21/solutions/pdf/cop21-solutions\\_flexibilite-nucleaire\\_va.pdf](https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/premier-electricien-mondial/cop21/solutions/pdf/cop21-solutions_flexibilite-nucleaire_va.pdf)
- 25) <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf>
- 26) <https://webstore.iea.org/projected-costs-of-generating-electricity-2010>
- 27) <https://webstore.iea.org/projected-costs-of-generating-electricity-2015>
- 28) <http://dailycaller.com/2017/02/28/germany-facing-mass-blackouts-because-the-wind-and-sun-wont-cooperate>
- 29) <https://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2017/10/10/why-arent-renewables-decreasing-germanys-carbon-emissions/&refURL=&referrer=#1f261b3f68e1>