

원자력과 탈원전 둘여다보기

한국원자력학회 여성지부 워크숍
원자력 주요 이슈에 대한 진단과 제언

2018년 10월 24일

정용훈

카이스트 원자력 및 양자공학과

㉠ “국민과 함께 한 원자력 반세기,
녹색성장에 앞장서겠습니다”

한국원자력 50년사

<https://www.kns.org/ebook/>

에너지

100kg 역기를 지구에서 2m 들어올리기
= $100 \times 9.8 \times 2$
= 2,000 J
= 2 kJ

이걸 2초에 하면? (속도)
-> $2 \text{ kJ} / 2 \text{ s} = 1 \text{ kW}$

이걸 1시간 동안 하면? (거리)
-> 1 kWh



산업 혁명이 가능했던 이유



3.3kg (건조) = 66,000 kJ
~ 500원



2 kJ X 3,300

다이어트가 어려운 이유



670 kcal = 2,800 kJ



2 kJ

원자력 신세계가 열린 이유

7,000 kWh = 25,000,000 kJ



=



=



**핵연료 펠릿
5.8 g**

**석탄
1 ton
CO₂ 4톤**

**원유
835 L
CO₂ 2.5톤**

원자력 사고 경험

체르노빌 사고



체르노빌 방사능 사망자

진압요원 28명

+

갑상선 암 15 명



후쿠시마 사고



Boiling Water Reactor (MARK-I)

Reactor Building
(10cm panel)

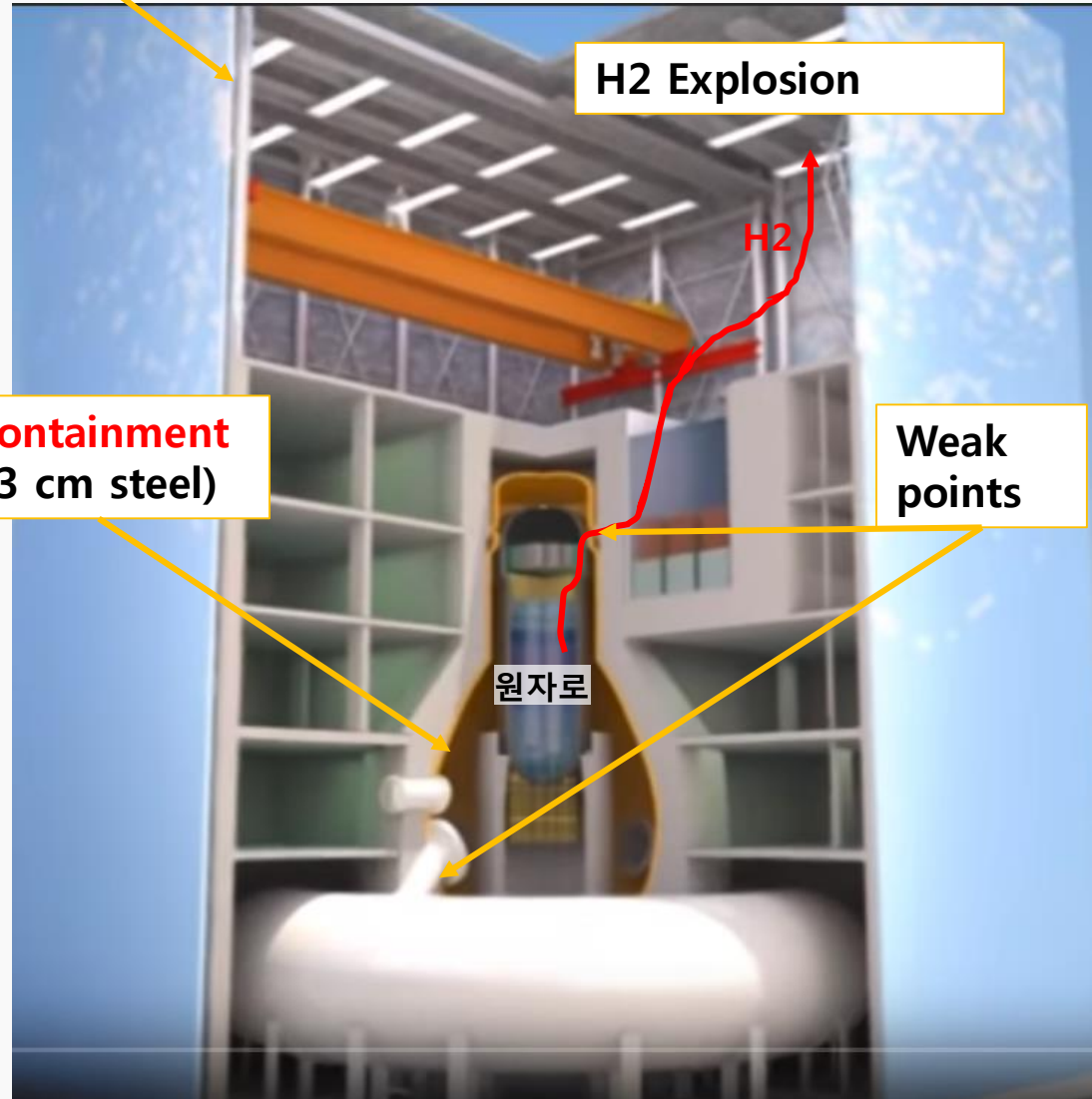
H2 Explosion

H2

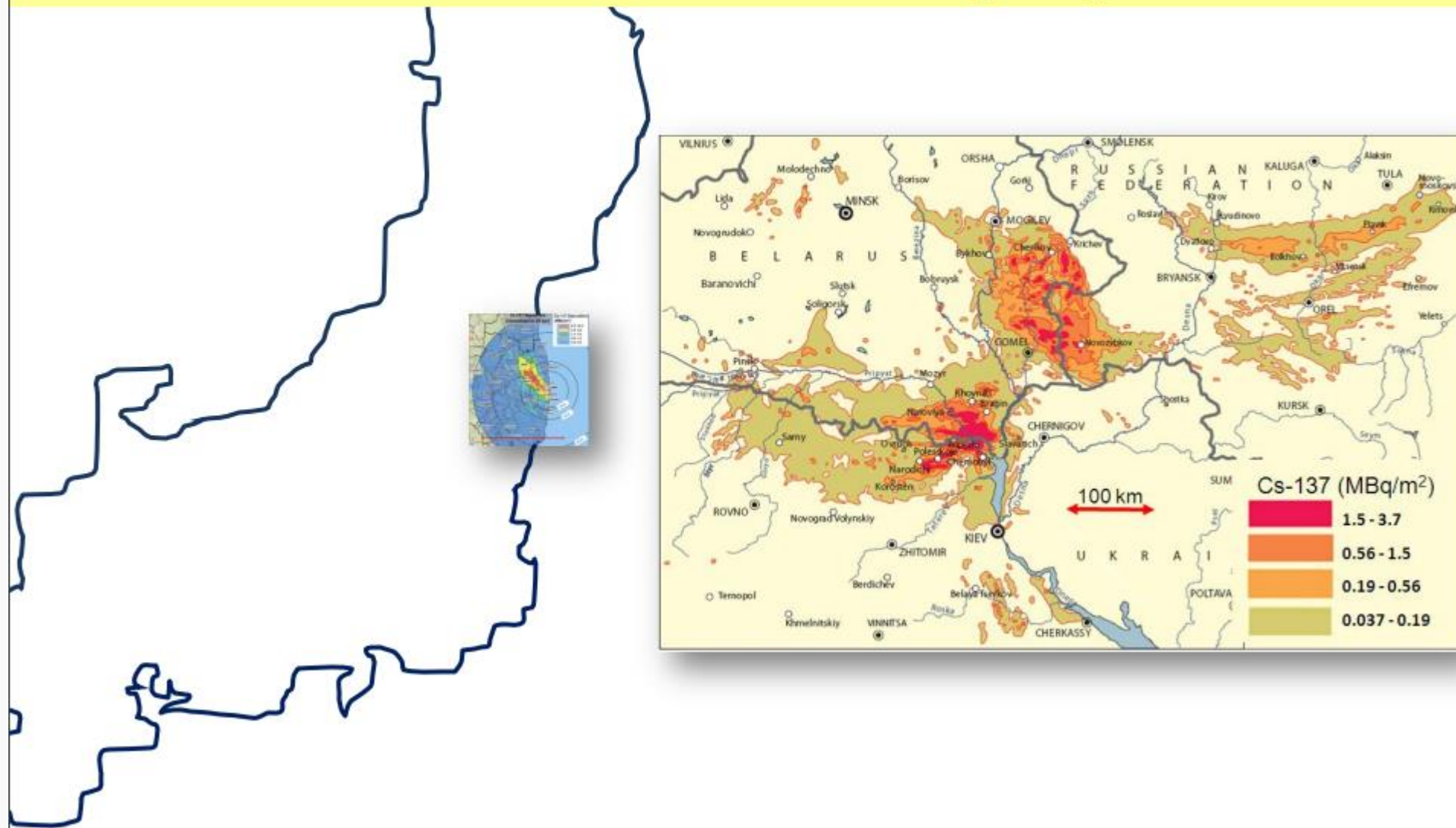
Containment
(3 cm steel)

Weak
points

원자로



Comparison of Size of Regions Contaminated with Cs-137 at Fukushima and in Chernobyl Region



Steven L. Simon, National Council on Radiation Protection and Measurements, March 11, 2013

조사대상: 460,408명

Radiat Prot Dosimetry. 2016 Sep;171(1):7-13.

184,205명 내부피폭 계측
99.986% 1 mSv 이하, 최대 (3 mSv)

2 mSv 이하

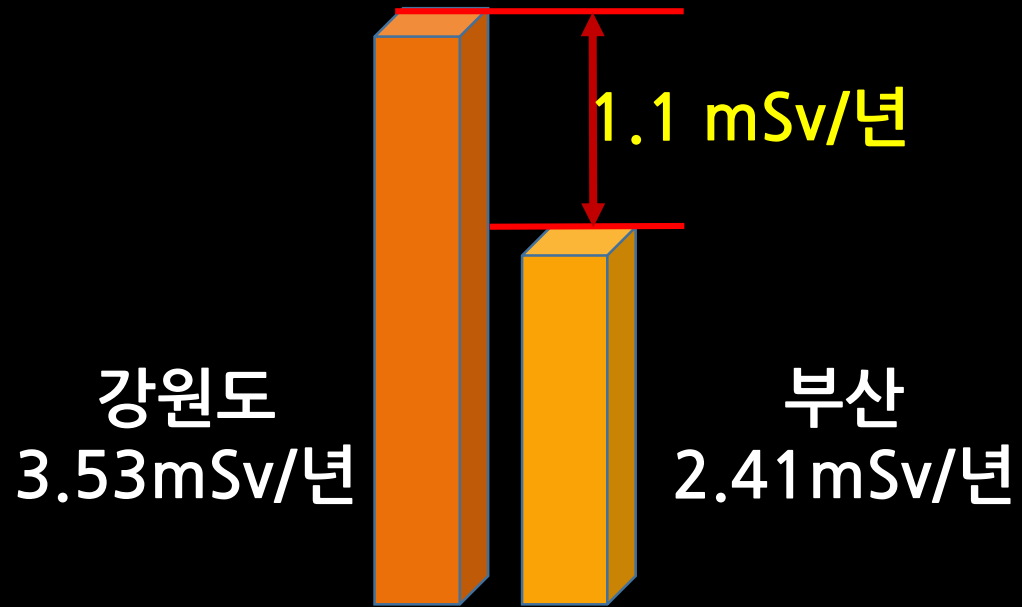
94.9%

2~5 mSv 4.8%

5 mSv이상
0.3%

후쿠시마 방사능 사망자

0

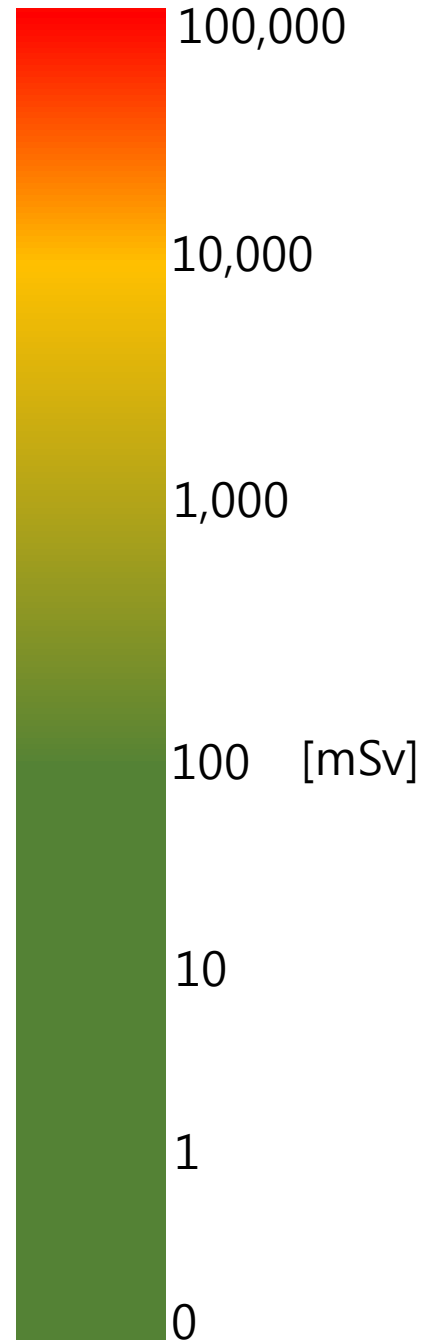
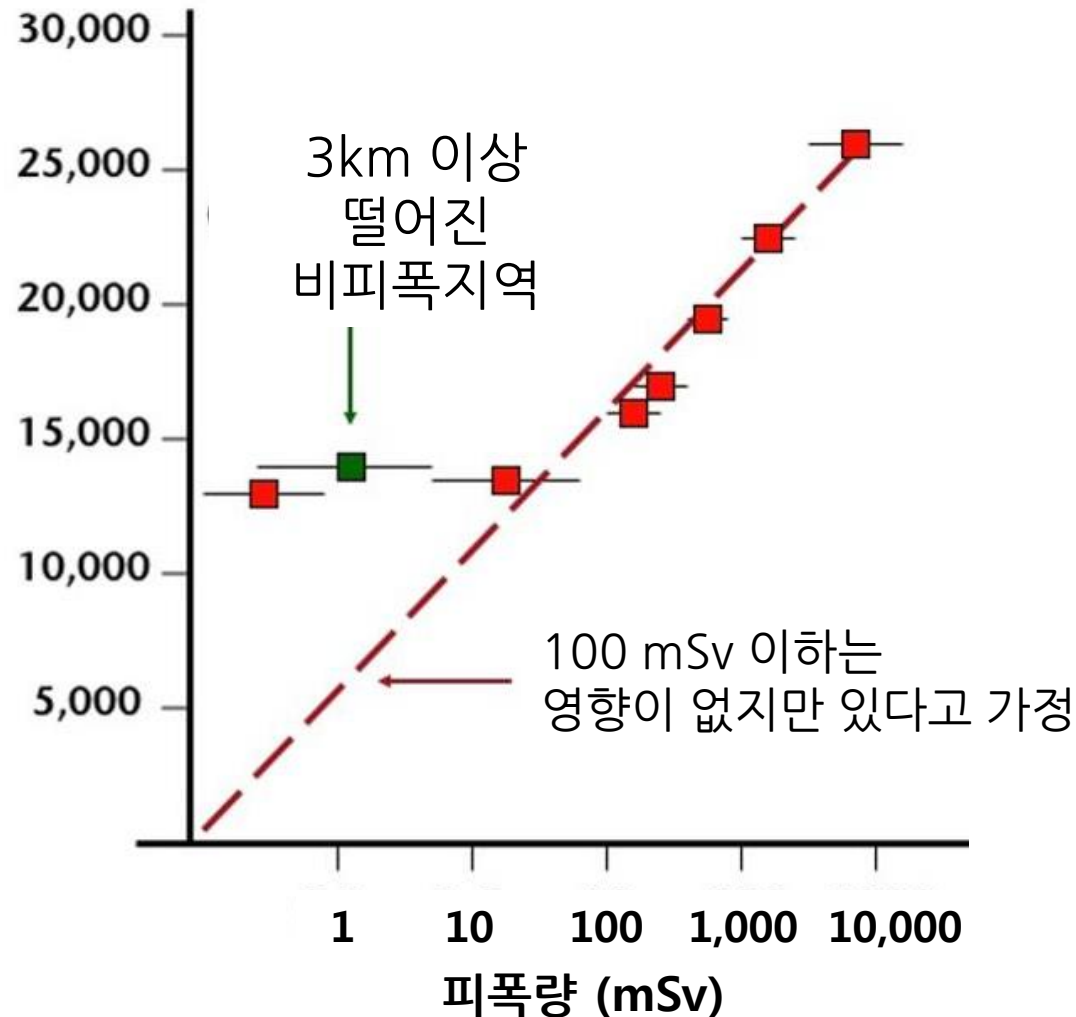


CT 촬영
~10mSv

그래도 방사능은 너무나 무서운 것!?

위험은 100mSv 넘어서야 시작됨.
100mSv 이하는 영향이 관찰되지 않음.

10만명 당
40년간
고형암 발생



나는 누구인가?



총 방사능: 7,000 Bq (100 Bq/kg)

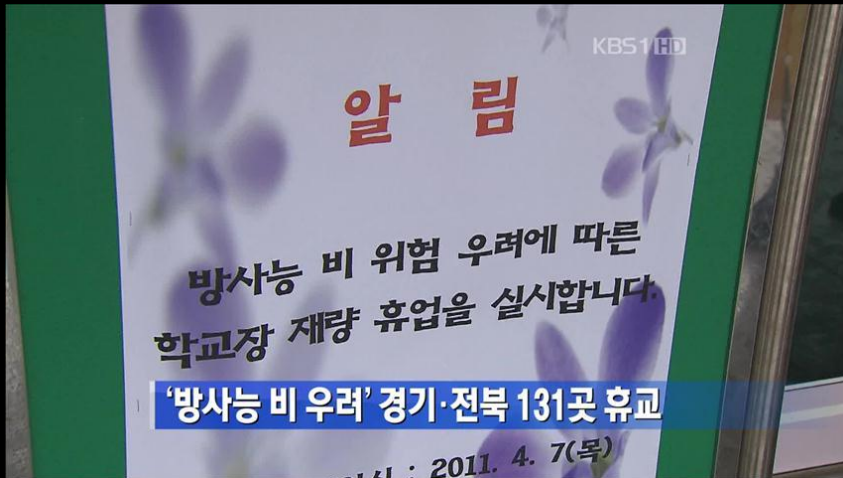
칼륨4,000+탄소2,500 + 루비듐500 + 납/폴로늄20 + 우라늄 1

제품명: 호모사피엔스 사피엔스

모델명: 정용훈/한국인

모델번호: 7*****-1*****

방사능 비를 조심하세요???



초미세먼지

10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(폐암 사망률 0.7% 증가)

=

방사선 피폭

140 mSv/년

(암 사망률 0.7% 증가)

- ※ 우리나라 연평균 초미세먼지농도 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ※ 후쿠시마 사고 시 일반인 피폭 평균 2mSv 이하
- ※ 후쿠시마 원전 근무자 피폭 평균 10mSv

우리나라에서
후쿠시마 같은 사고가 나면?

스리마일 원자력 발전소(미국)



카터 대통령 사고현장 방문(사고 3일 후)





사용후핵연료는 어쩌려구?

우라늄 광석(원광)



핵연료 펠릿



천연우라늄 120 g ➡

핵연료 15g

물에 잘 녹는 세슘 = 설탕
300년이면 사라짐

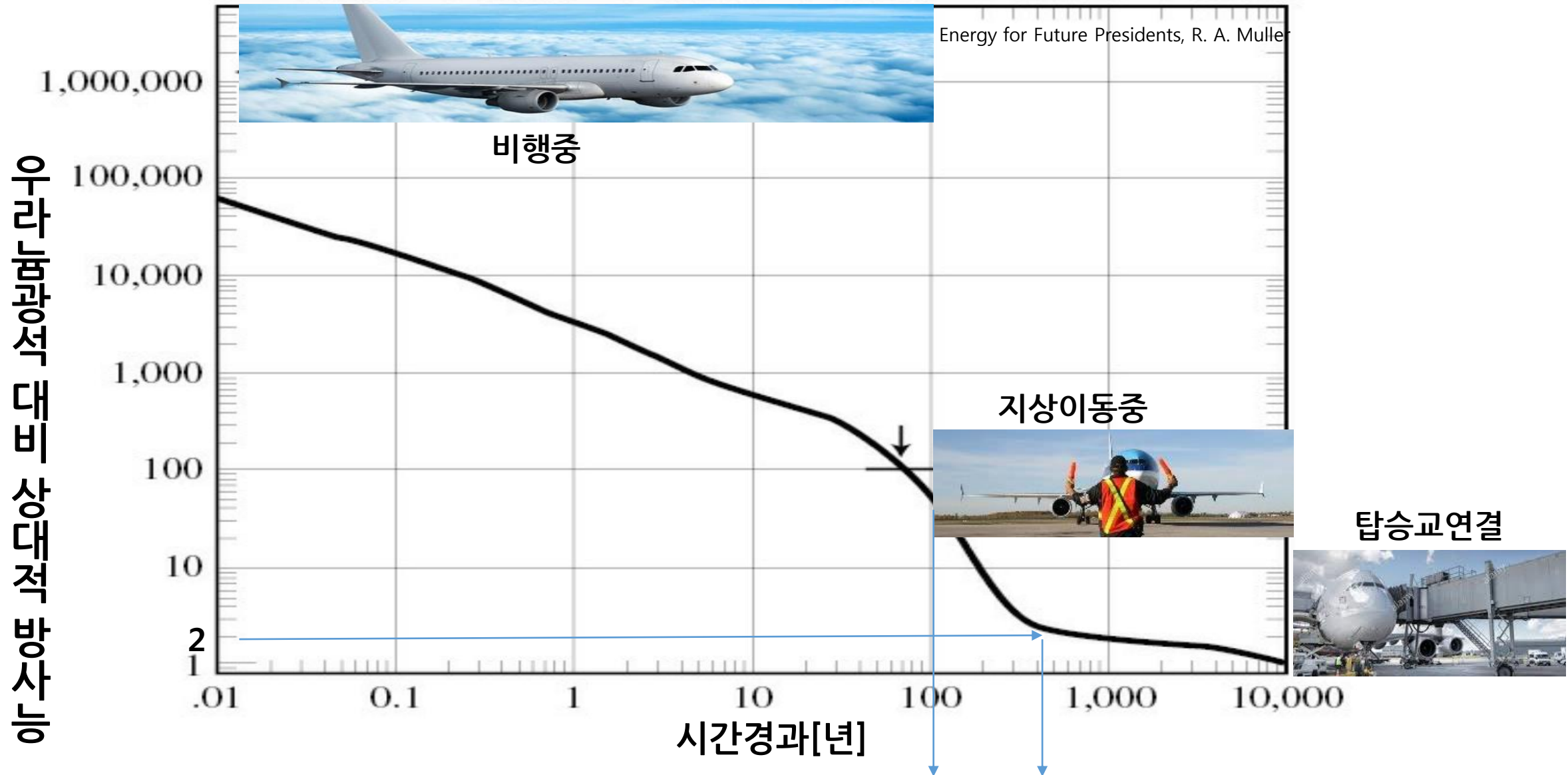
물에 안 녹는 플루토늄 = 돌덩이
수 십만년 후 사라짐

세숨은 물에 녹으나 300년이면 사라짐
따라서 300년은 관리가 필요함

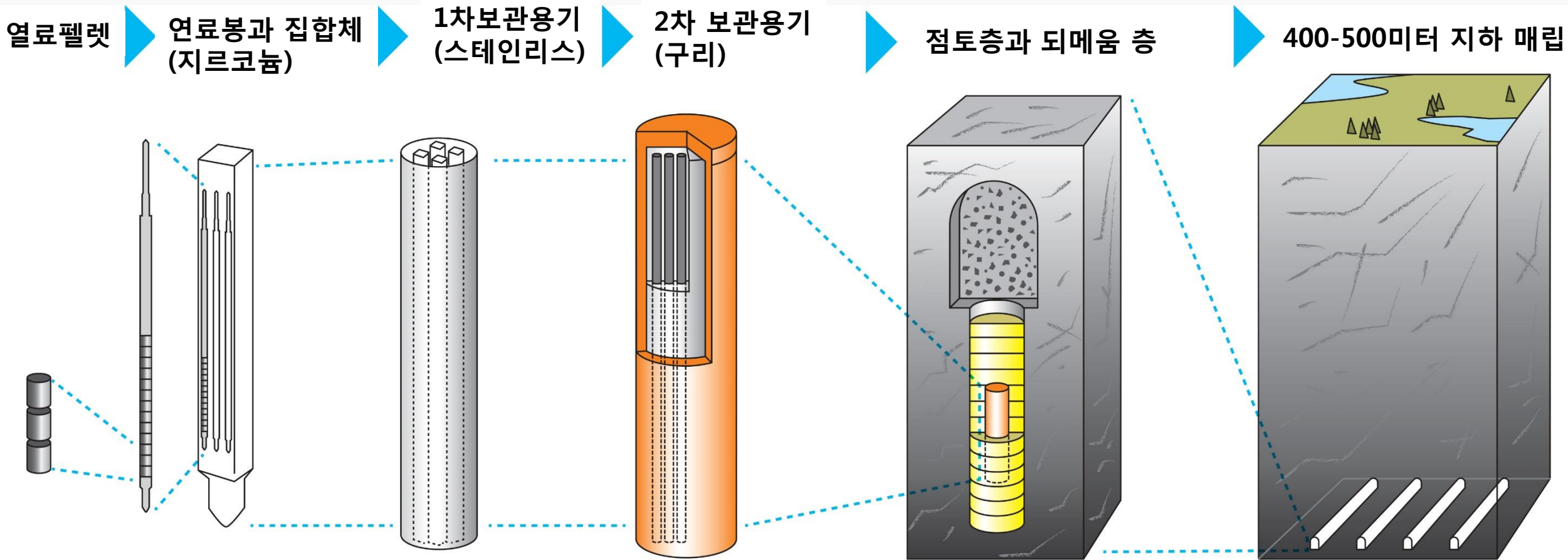
물에 안 녹는 플루토늄은
수 십만년 후 사라지나
물에 녹지 않아 지하에 묻혀 있으면
지상에 영향을 못 줌

설탕과 돌을 밀폐용기에 넣어서
지하에 묻었는데
지표면에서 단맛과 돌맛이 느껴질까요?

사용후핵연료의 방사능을 우라늄광석과 비교하면?



자연상태의 우라늄광석과 비교해서 100년후면 100배, 400년 후면 2배의 방사능만 남음



이동이 빠른 핵종들은 300년 이내에 모두 사라짐
(물에 잘 녹고 이동이 빠른 특성)

스트론튬-90 반감기 29년
세슘-137 반감기 30년

이동이 아주 느린 핵종들은 이동하는 동안 사라짐
(물에 잘 녹지도 않음)

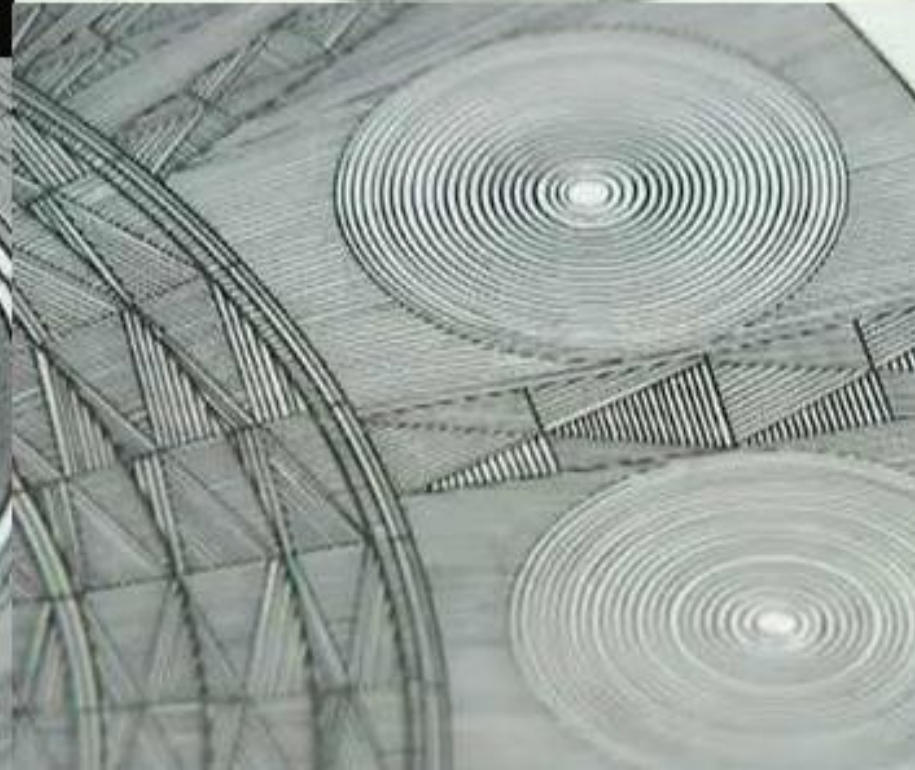
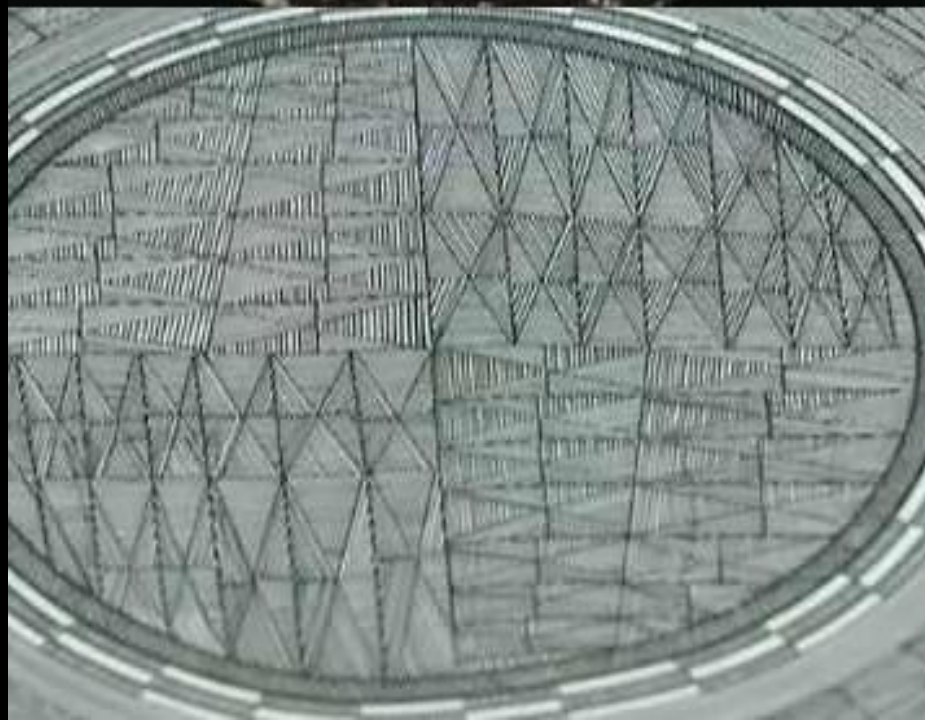
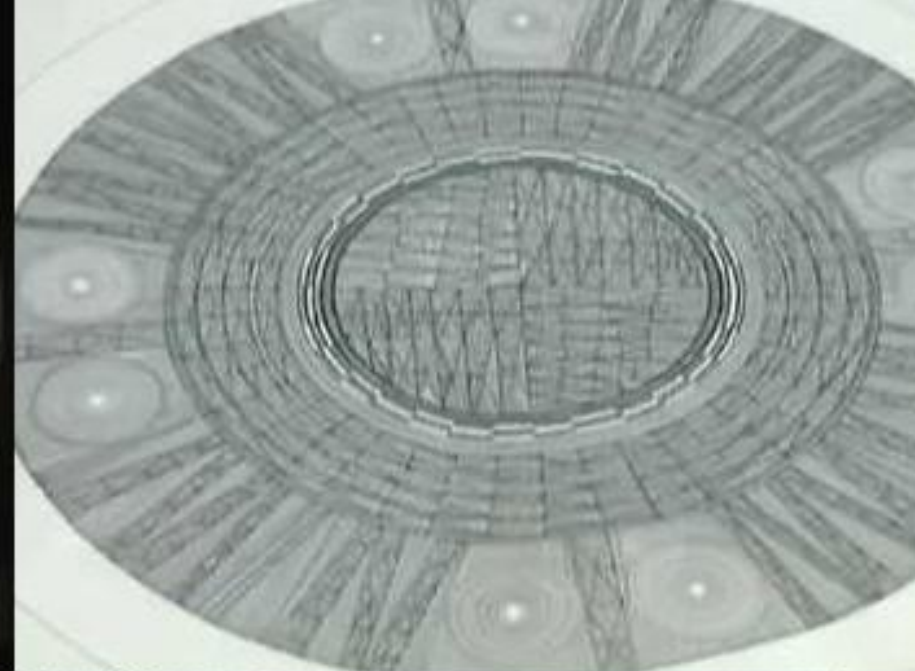
35cm의 점토층 통과에 소요되는 시간
아메리슘-241 19만년 (반감기 430년)
플루토늄 239 31만년 (반감기 24,000년)

에이... 몇 만년을 견디는 것이 세상에 어디 있어?

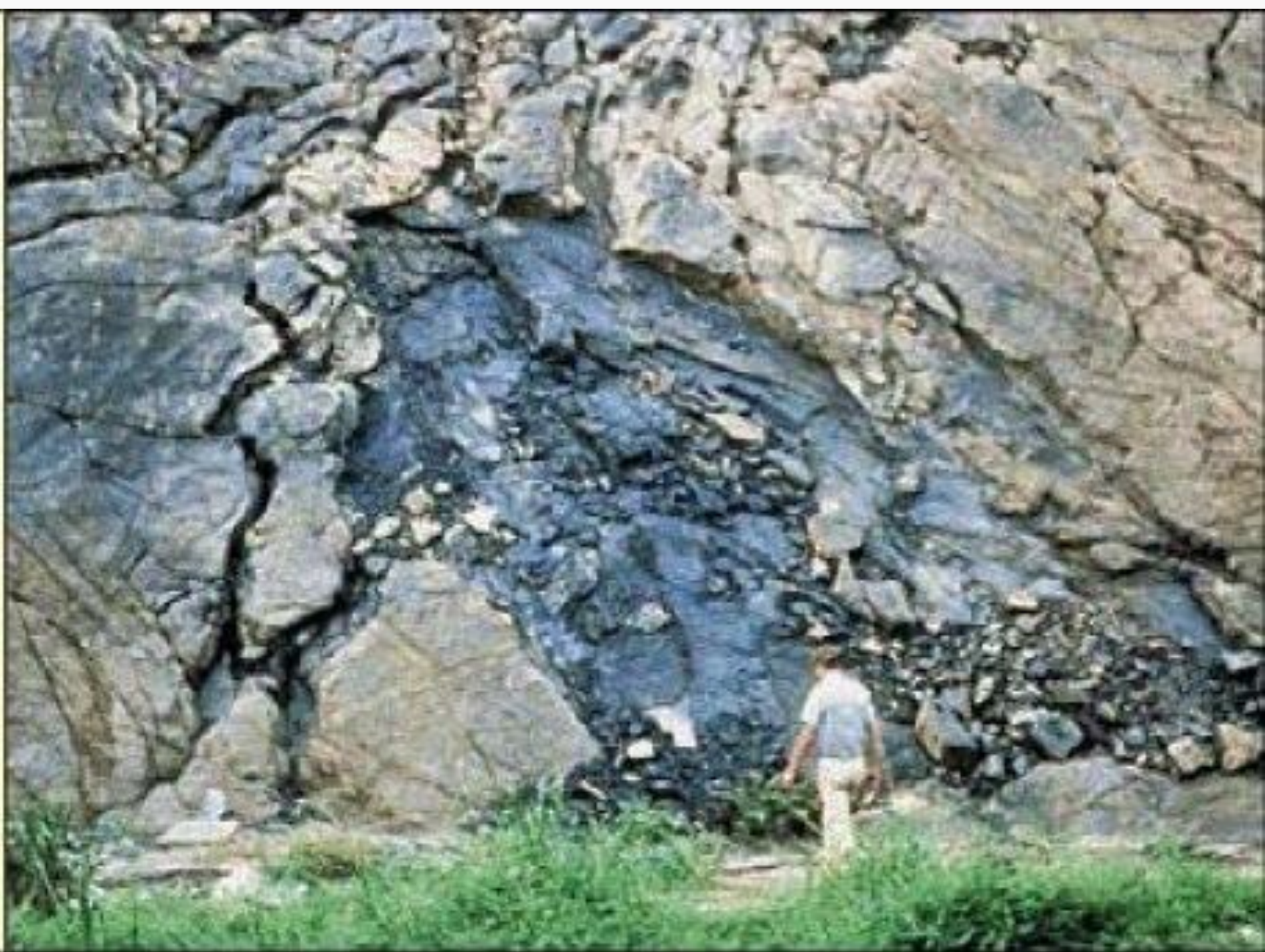




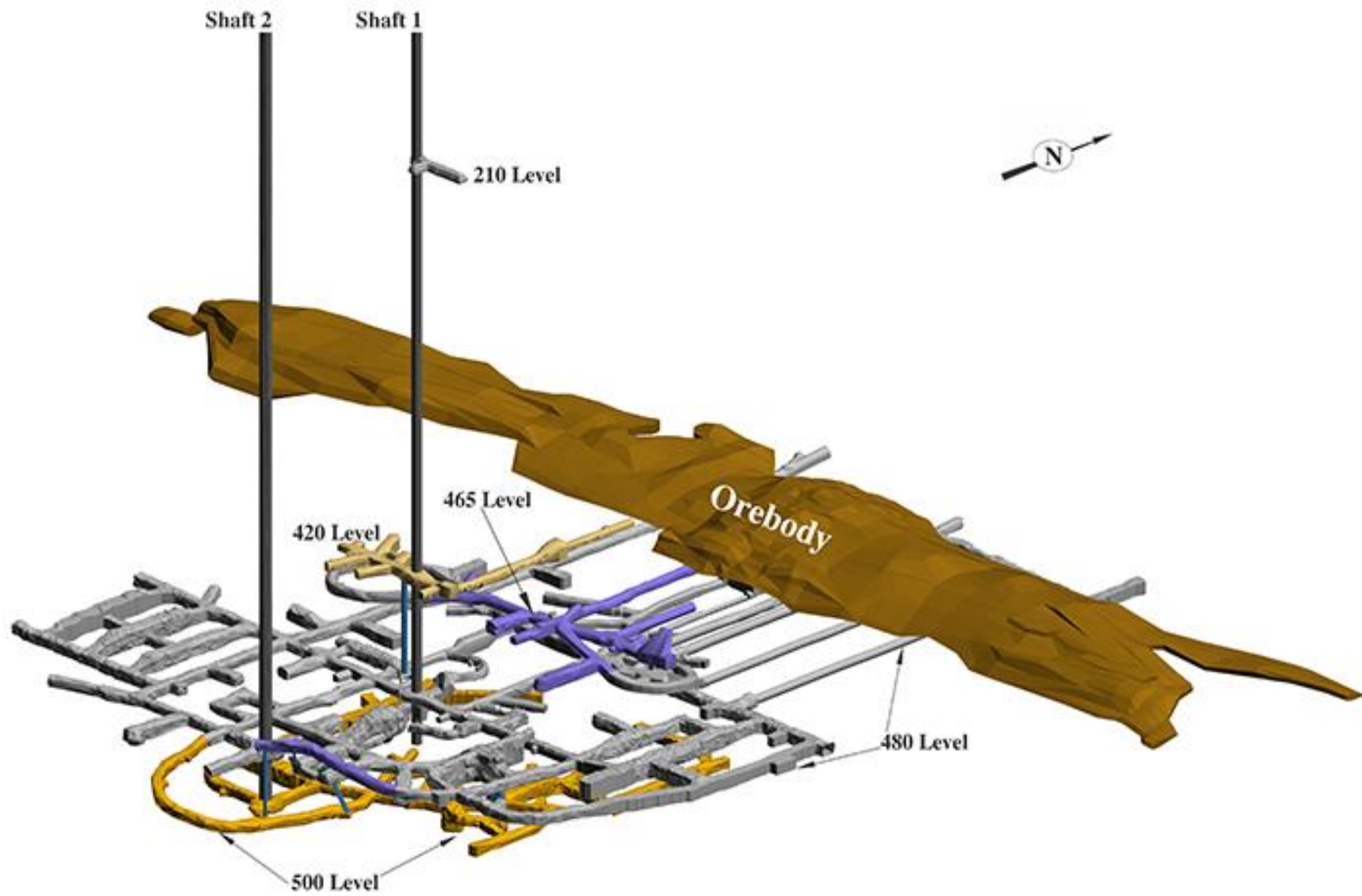
잔줄무늬 거울 (다뉴세문경)
국보 141호



Afrika







Dunarobba Forest





A Dunarobba Forest log being sampled. From Miller et al (2000).



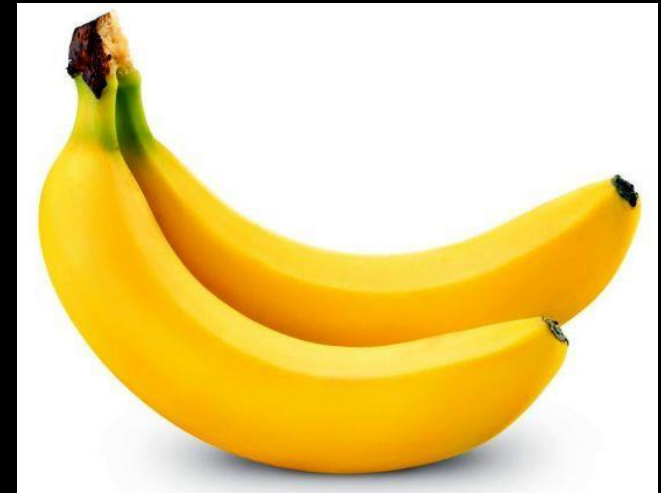
Example of fossil wood, Dunarobba Forest (From Baldanza et al (2009)).

처분용기가 부식되어 누설이 되는 경우에는?

0.00018 mSv ~

2009년 핀란드 연구결과

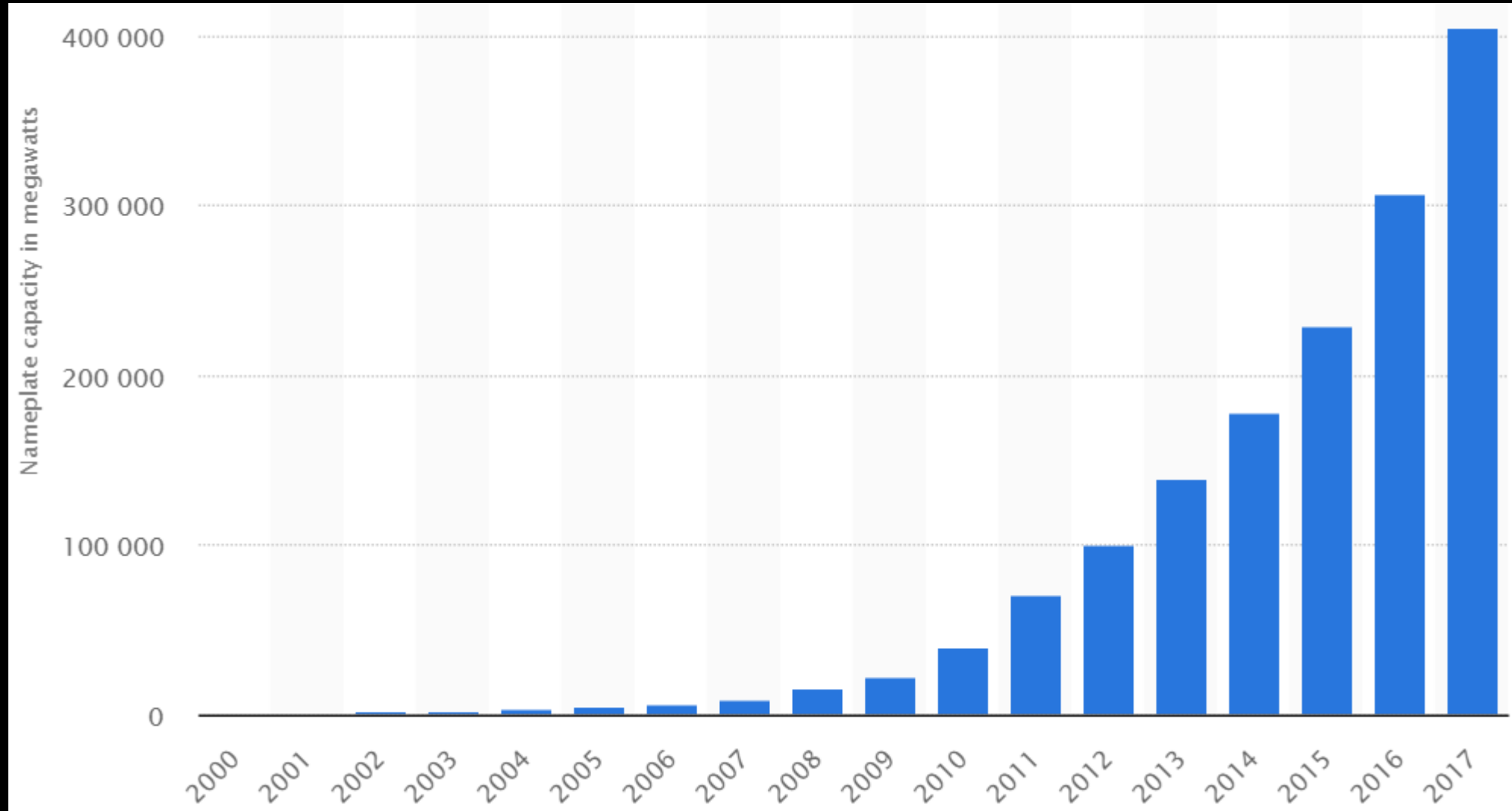
- 처분장 완공 후 1,000년 시점에 용기가 누설됨
 - 처분장 바로 위에 도시가 지어짐
 - 그 지역음식과 물만 마심
 - 가장 오염이 심한 위치에 24시간 머뭄
-
- 서기 12,000년에 사는 사람이 받을 선량이 최대치: 0.00018 mSv/년

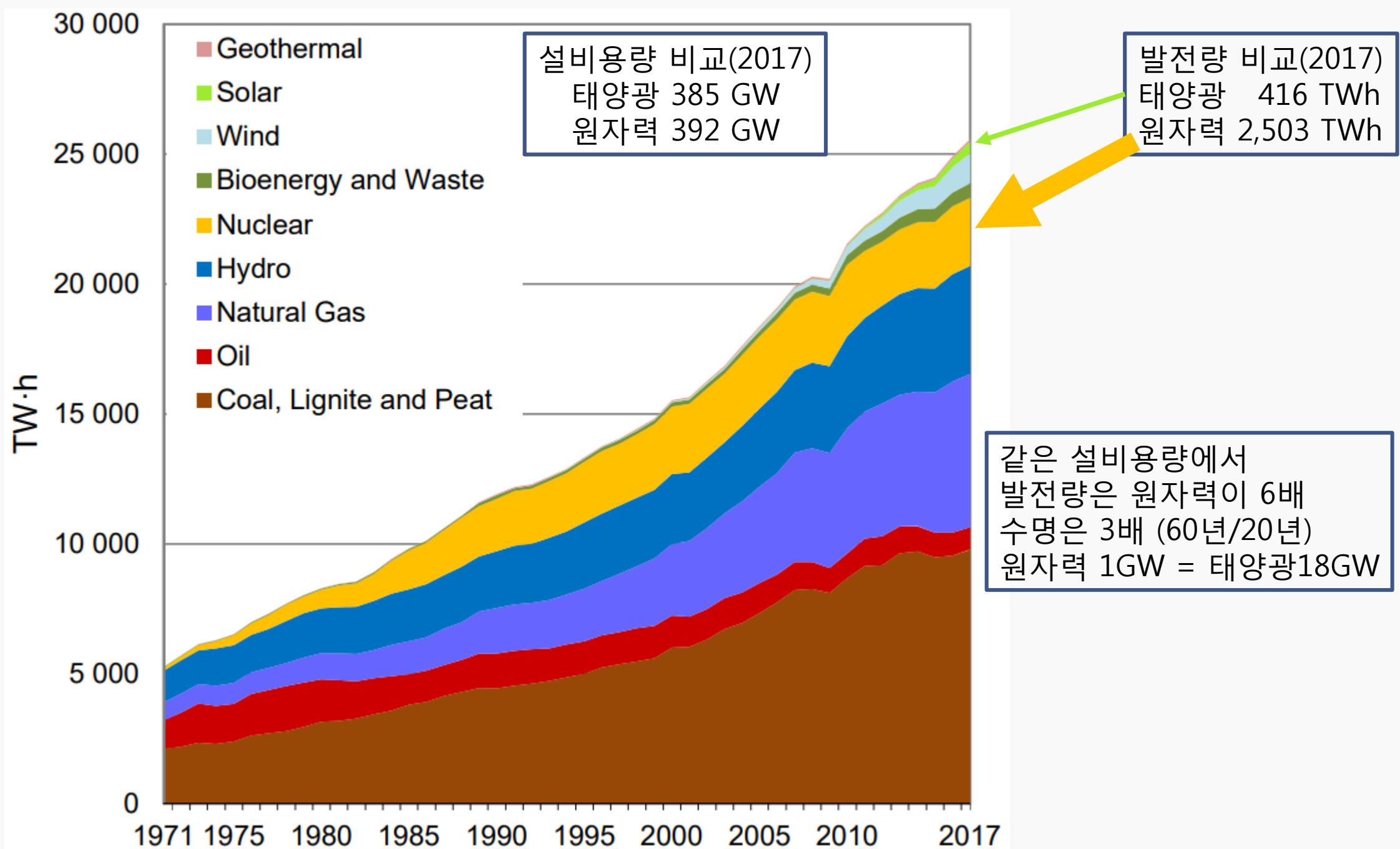


원자력은 그만두고,
태양광 풍력으로 100% 하면 된다?

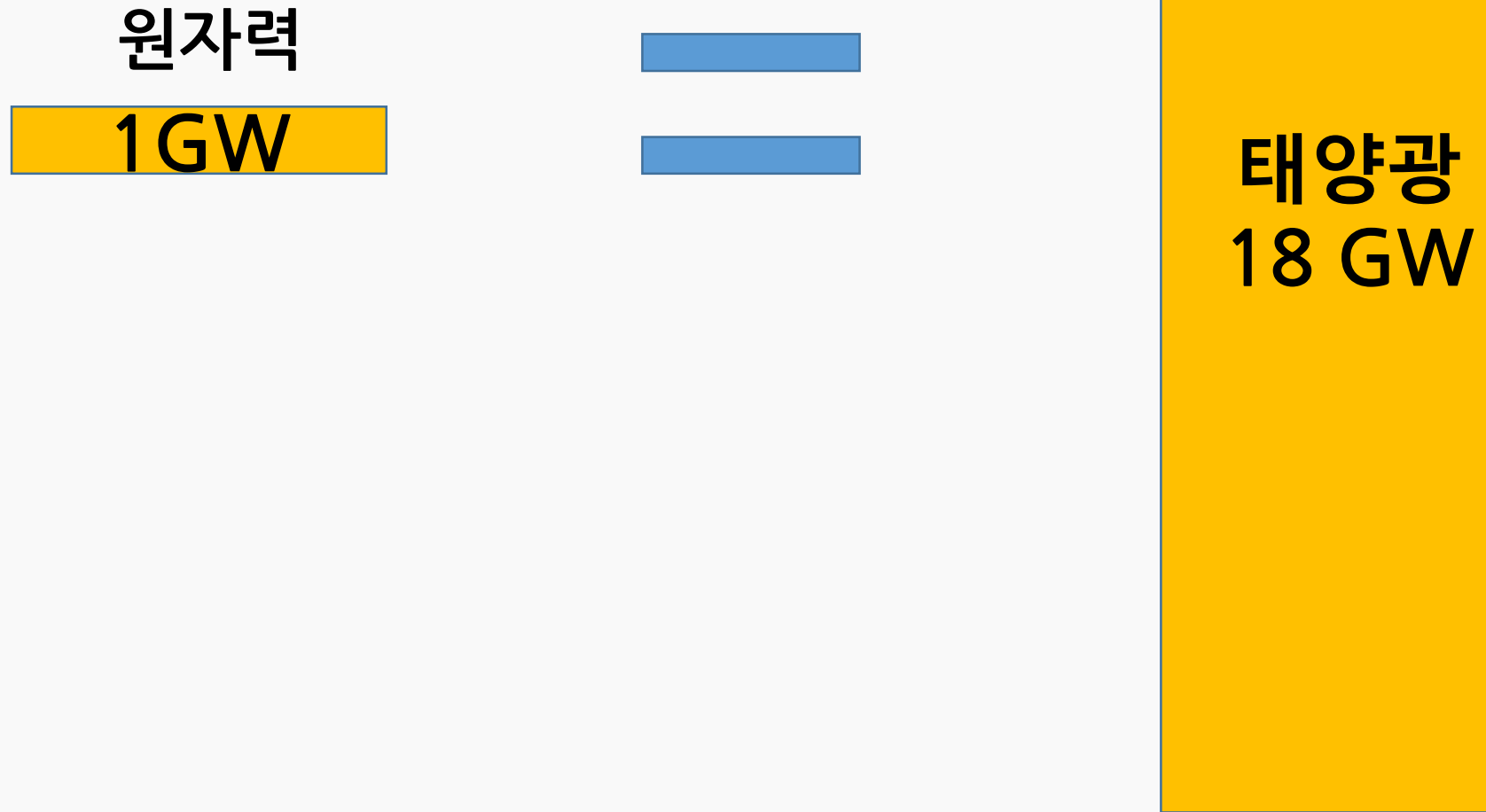
태양광의 빛나는 성장?
풍력의 폭풍 같은 성장?

태양광의 빛나는 성장?





원자력-태양광 생애 전력량 동등비교



그래도 앞으로는 태양광이 대세?



289 GW



신규 태양광
5,200 GW

IAEA Low 케이스의
신규 원자력 설비(2050)

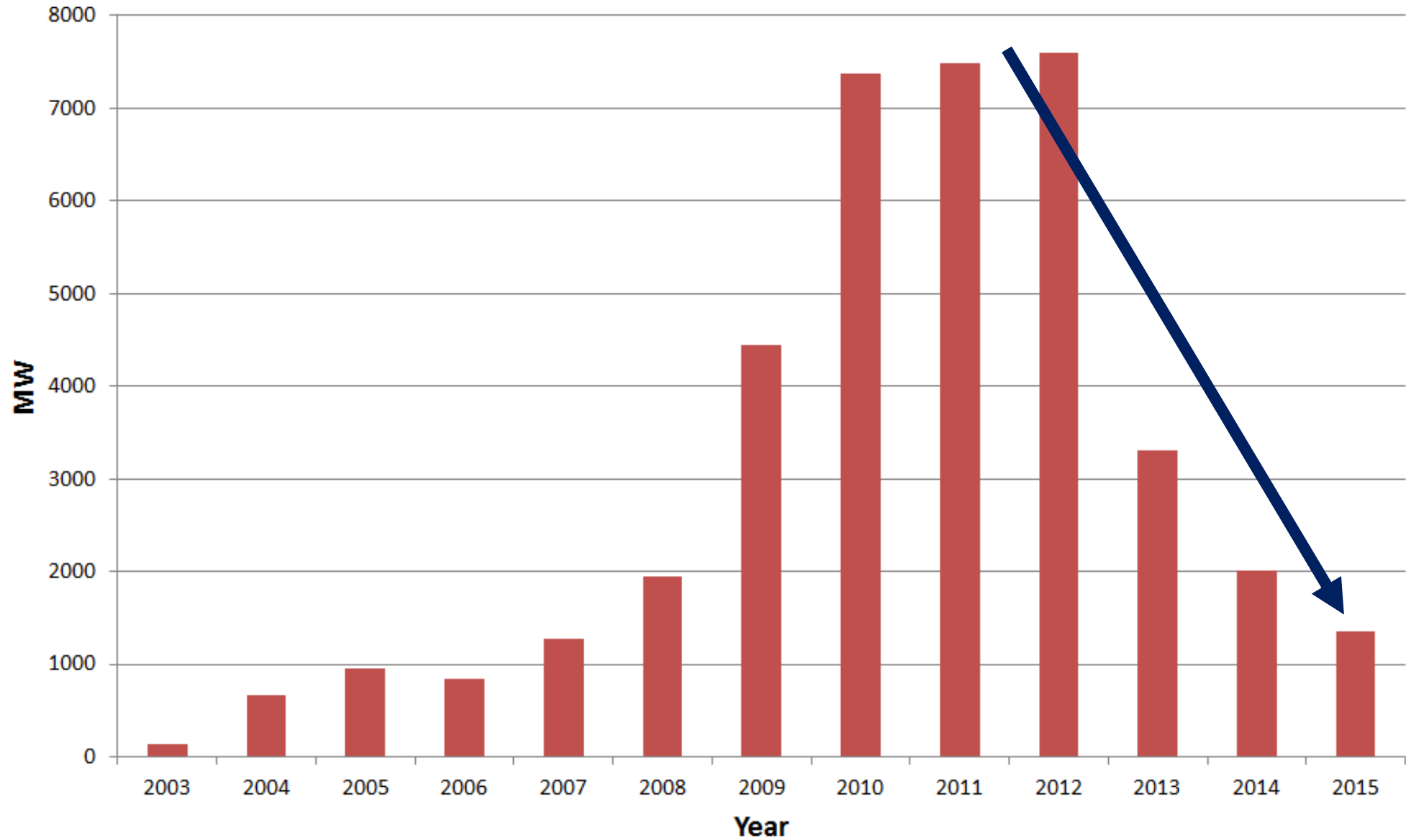
2017년 태양광 증설량 95 GW의 55년치에 해당

벌써 내리막에 들어선 태양광

신재생 보조금 주는 것도 한계에 봉착

독일

연도별 독일 태양광 신규 설치용량 (MW)



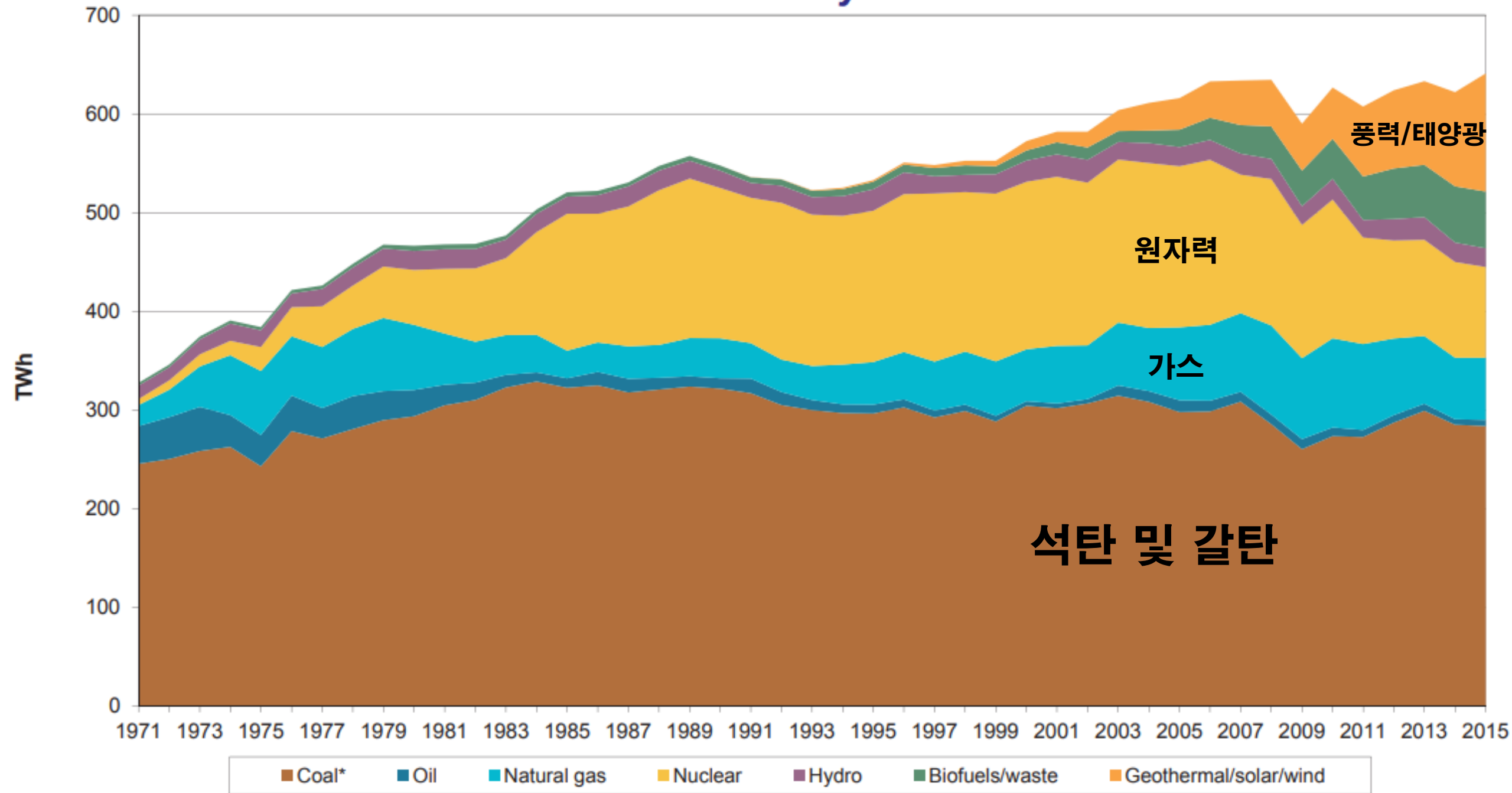
독일은 2000년부터 2017년까지 태양광,풍력에
250조원을 지원했음

2017년만 30조원을 지원 했음

앞으로는...

Germany

Secure • Sustainable • Together



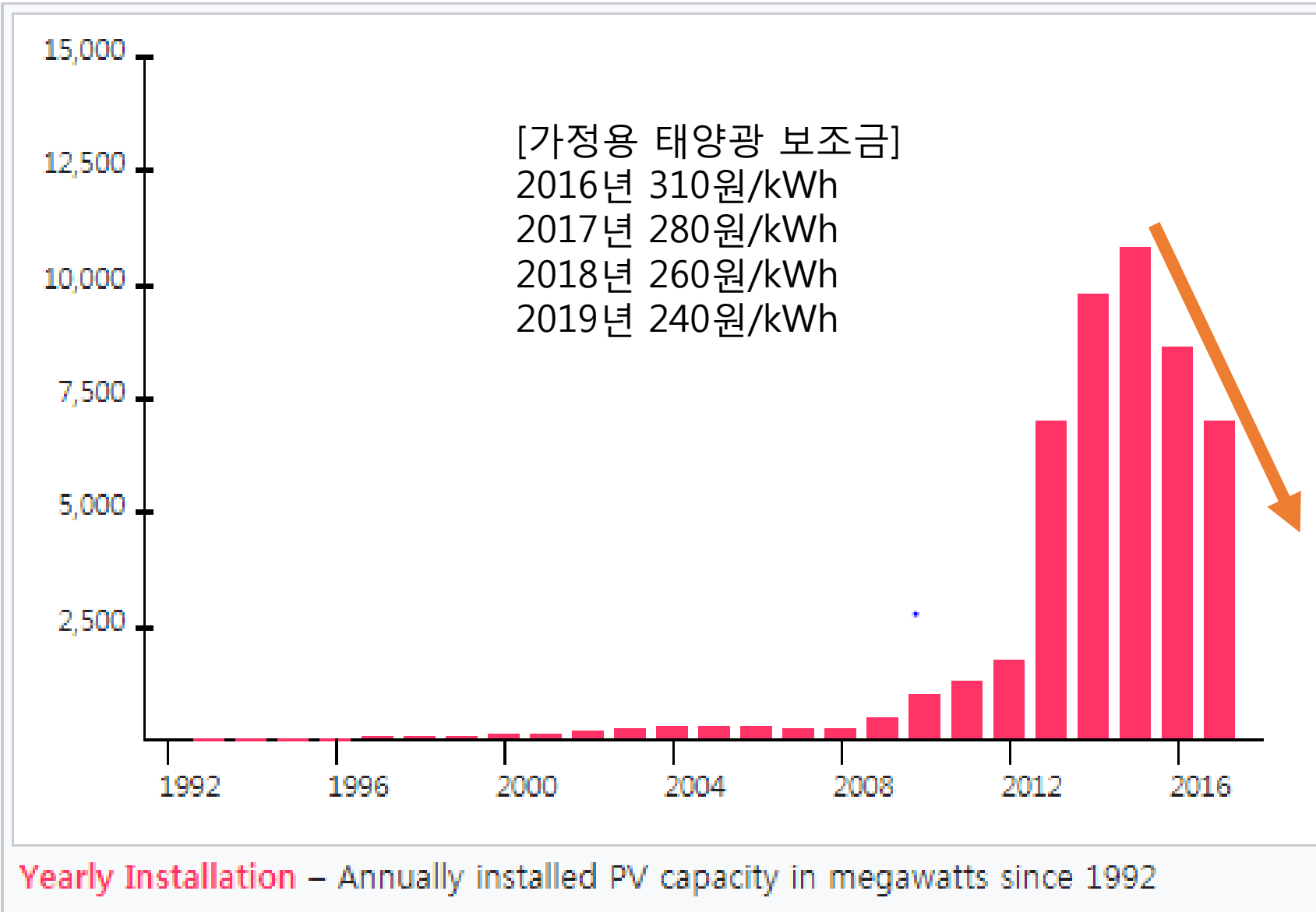


요금은 프랑스에 비해 2배 비쌘

이산화탄소는 프랑스의 10배 배출

일본

보조금을 줄이니 보급도 뚝 떨어짐 (일본)



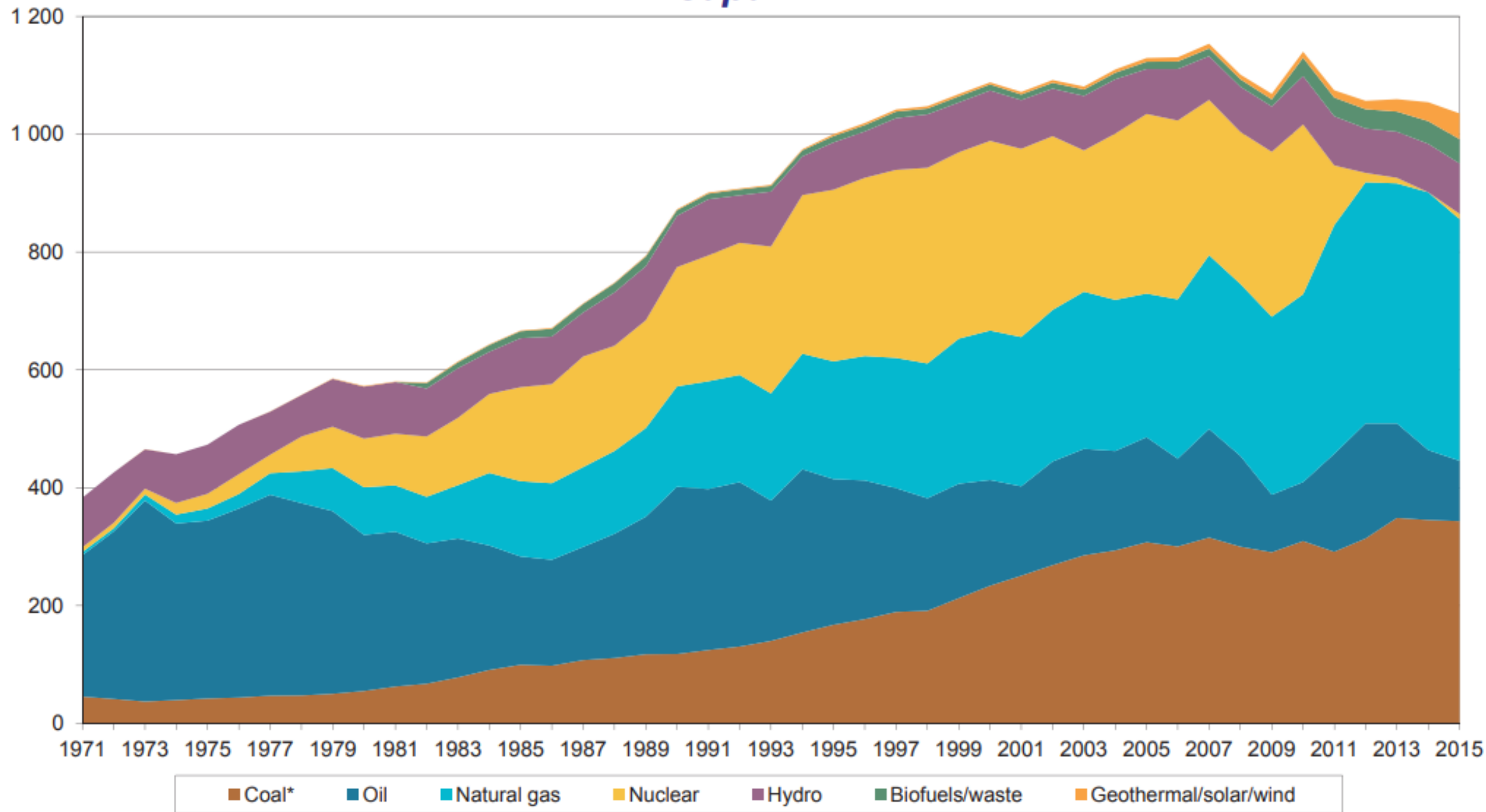
**일본은 88GW 태양광,풍력 설비의
20년간 보조금으로 550조원을 지원해야 함**

2017년 보조금은 20조원이었음

Japan

Secure • Sustainable • Together

TWh



중화인민공화국

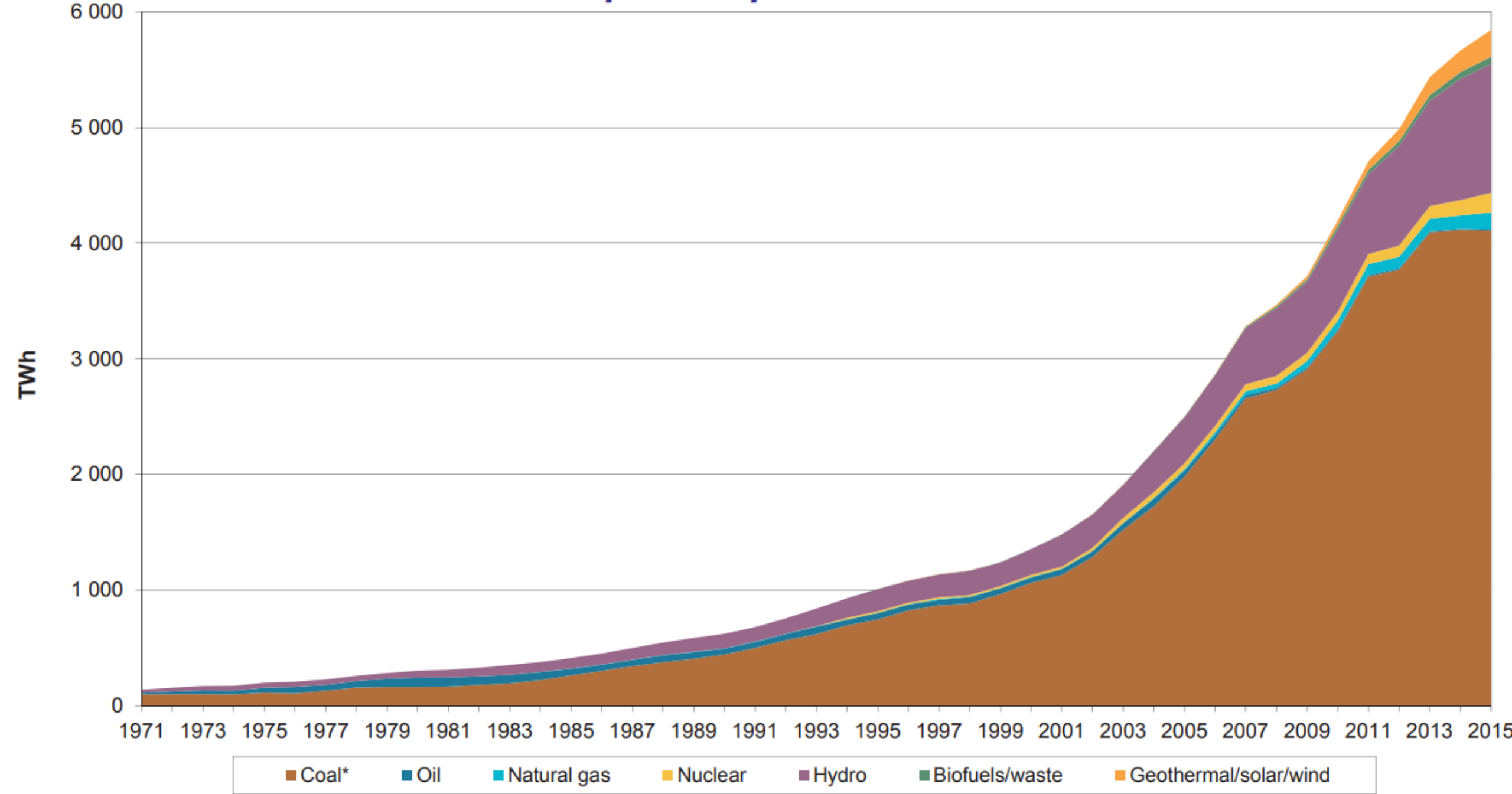
중국도 늘어나는 부담을 견딜 수 없어서

2018년 6월 보조금을 축소하고
대규모 설비에 대한 보조금을 폐지하기로 함

2017년 보조금은 20조원 이었음

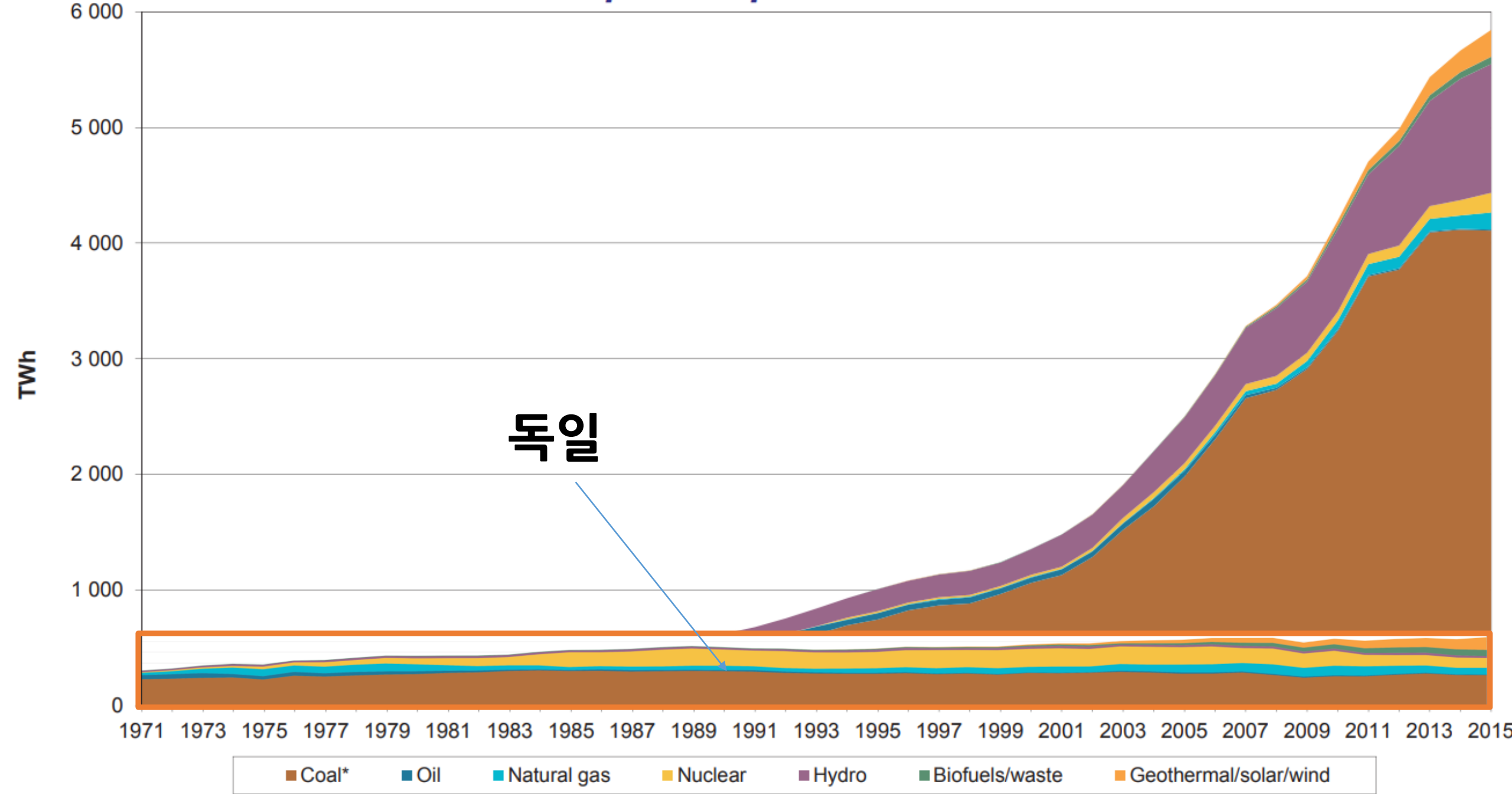
People's Republic of China

Secure • Sustainable • Together



People's Republic of China

Secure • Sustainable • Together

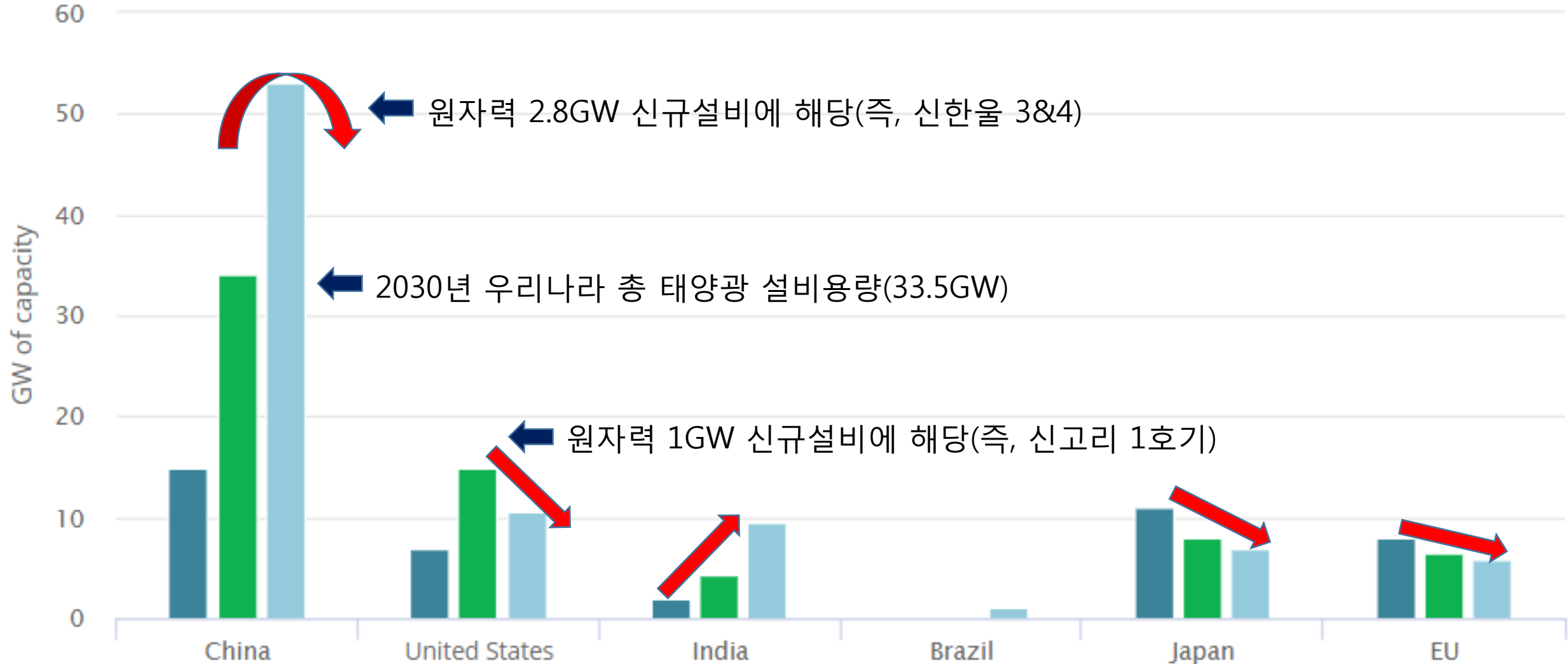




보조금

해가 생각보다
일찍 지네...

세계 태양광 설비 증설 추이(국제에너지기구)

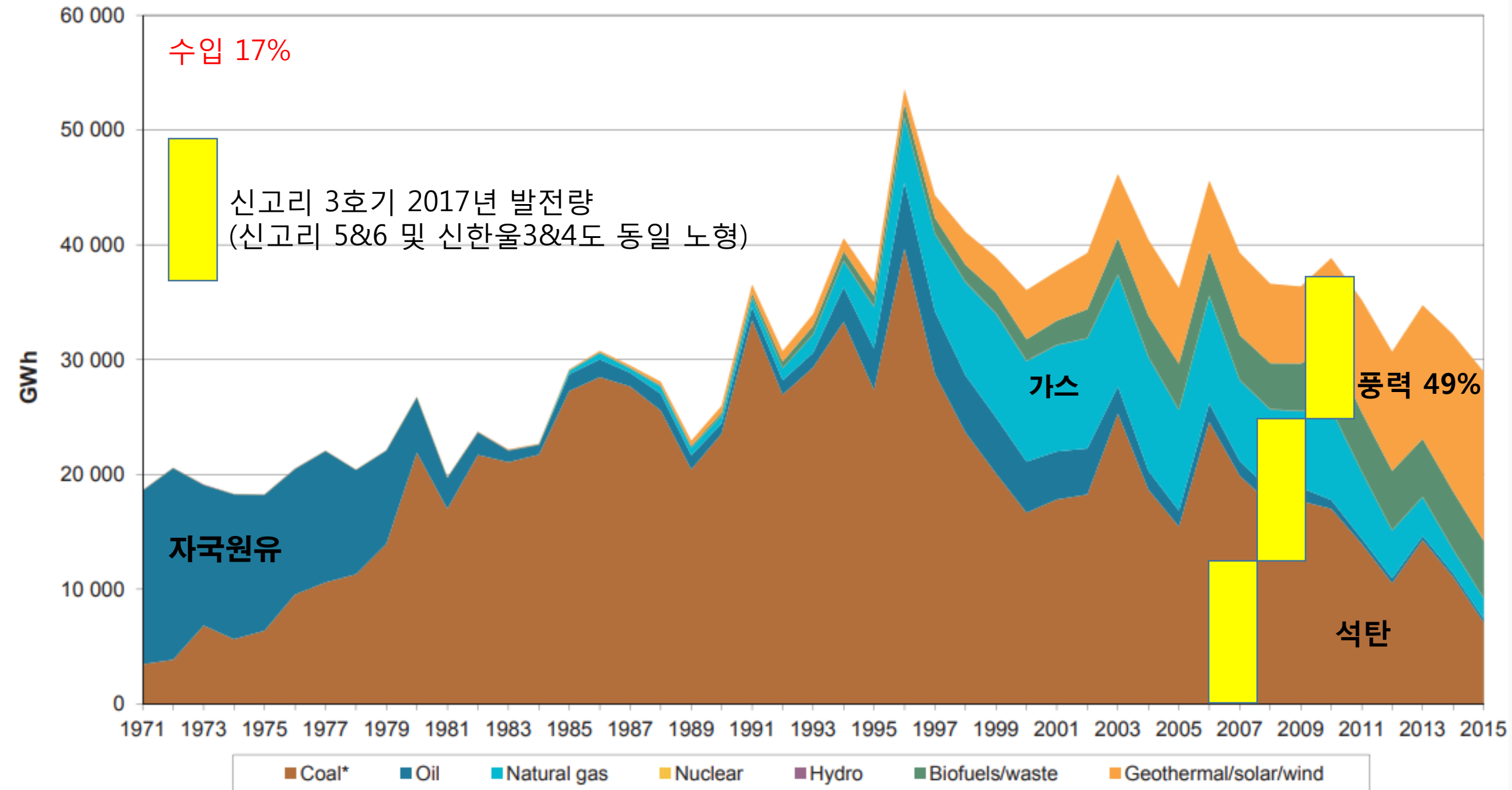


중국은 2018년 6월
대규모 태양광보조금 폐지
(2018년은 정체 혹은 감소 예상)

일본과 독일 보조금 감축으로
신규설비 감소추세

Denmark

Secure • Sustainable • Together



탈원전 실행국 혹은 완료국:

필리핀 1억, 독일 0.8억, 오스트리아 0.09억,
이태리 0.6억 (도합 2.5억)

탈원전 선언 후 아직 미실행국:

스위스 0.08억, 벨기에 0.12억 (도합 0.2억)

원전 확대 혹은 지속이용국:

중국 14억, 미국 3.3억, 캐나다 0.35억,
프랑스 0.7억, 영국 0.6억, 일본 1.3억,
인도 13억, 러시아 1.4억, UAE 0.1억,
핀란드 0.05억, 스웨덴 0.1억...

브라질, 아르헨티나, 멕시코, ... 그만 알아봅시다.

지구인 절반

태양광 풍력으로 100% 하면 된다?

실제 한계는 20% 수준

왜 그럴까요?

태양광은 하루 4시간 전력공급 가능

보조발전은 하루 20시간 전력공급 해야 함

누가 누구의 보조인가?

보조발전인 LNG 발전은
온실가스 배출에 있어서


메탄누설을 고려하면 석탄과 동일
갓다갓다 반복하면 석탄보다 못함

태양광은 원자력보다 싸진다?



국산 샤인머스켓(청포도/망고포도)
2kg(정품 3~5송이)

^{31,900원}
7% 29,660원

 10/17(수) 출발예정 - CJ택배 

무료배송

스마일캐시 최대 1.5% 적립

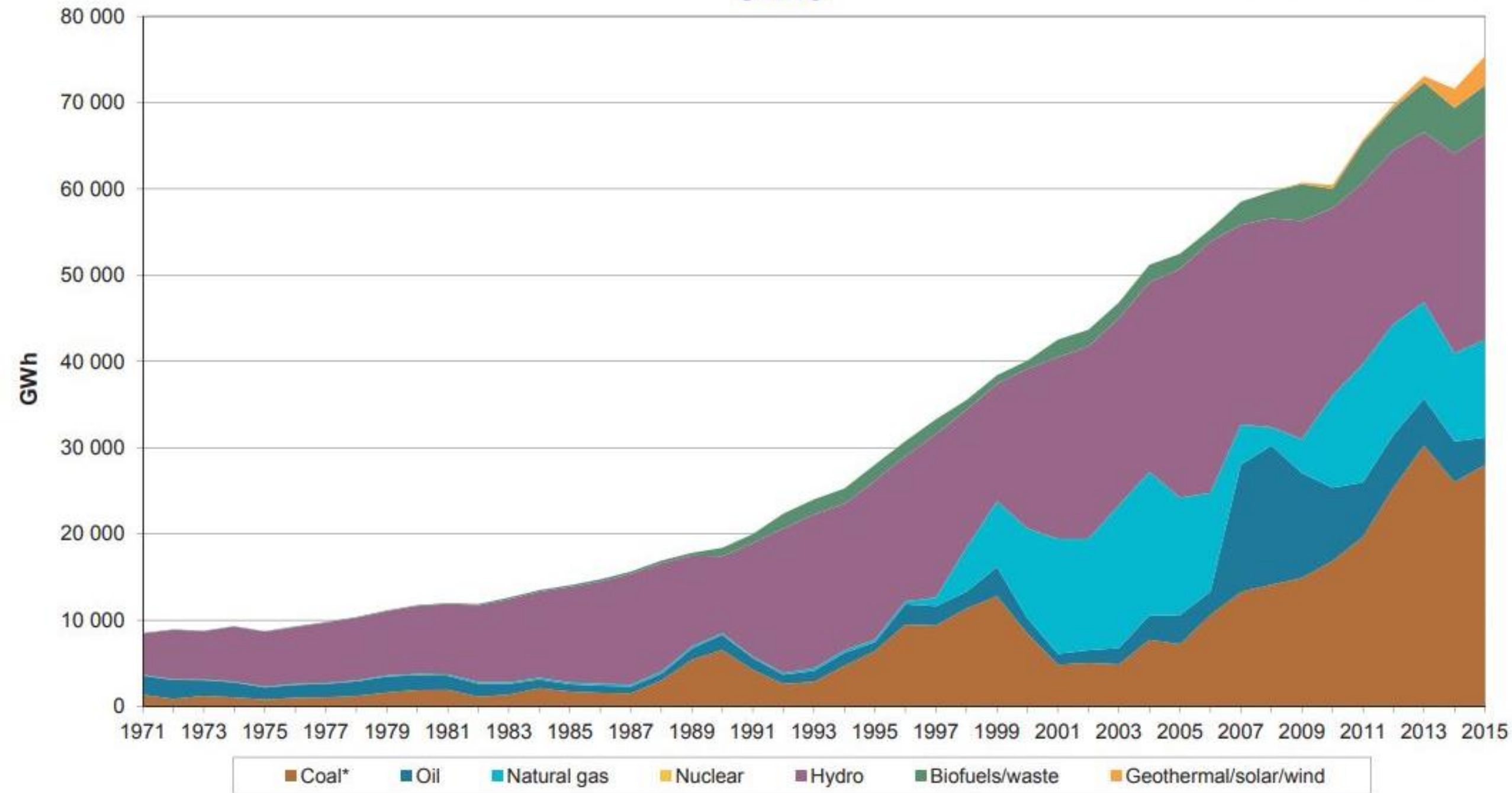
 무이자할부 |  카드추가혜택

원산지-상세설명참고

본 상품은 국내배송만 가능합니다

Chile

Secure • Sustainable • Together



나라마다의 사정

France

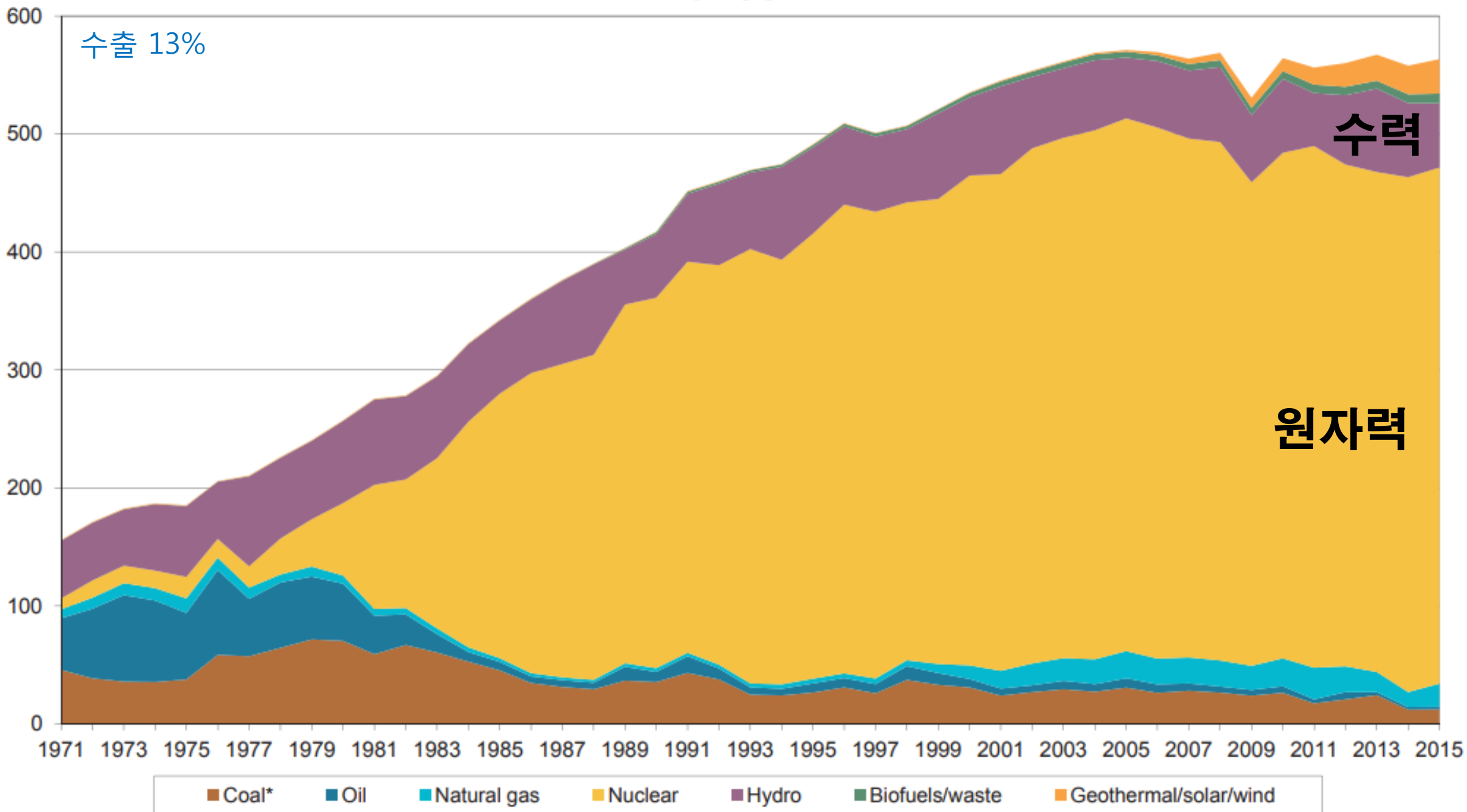
Secure • Sustainable • Together

수출 13%

수력

원자력

TWh

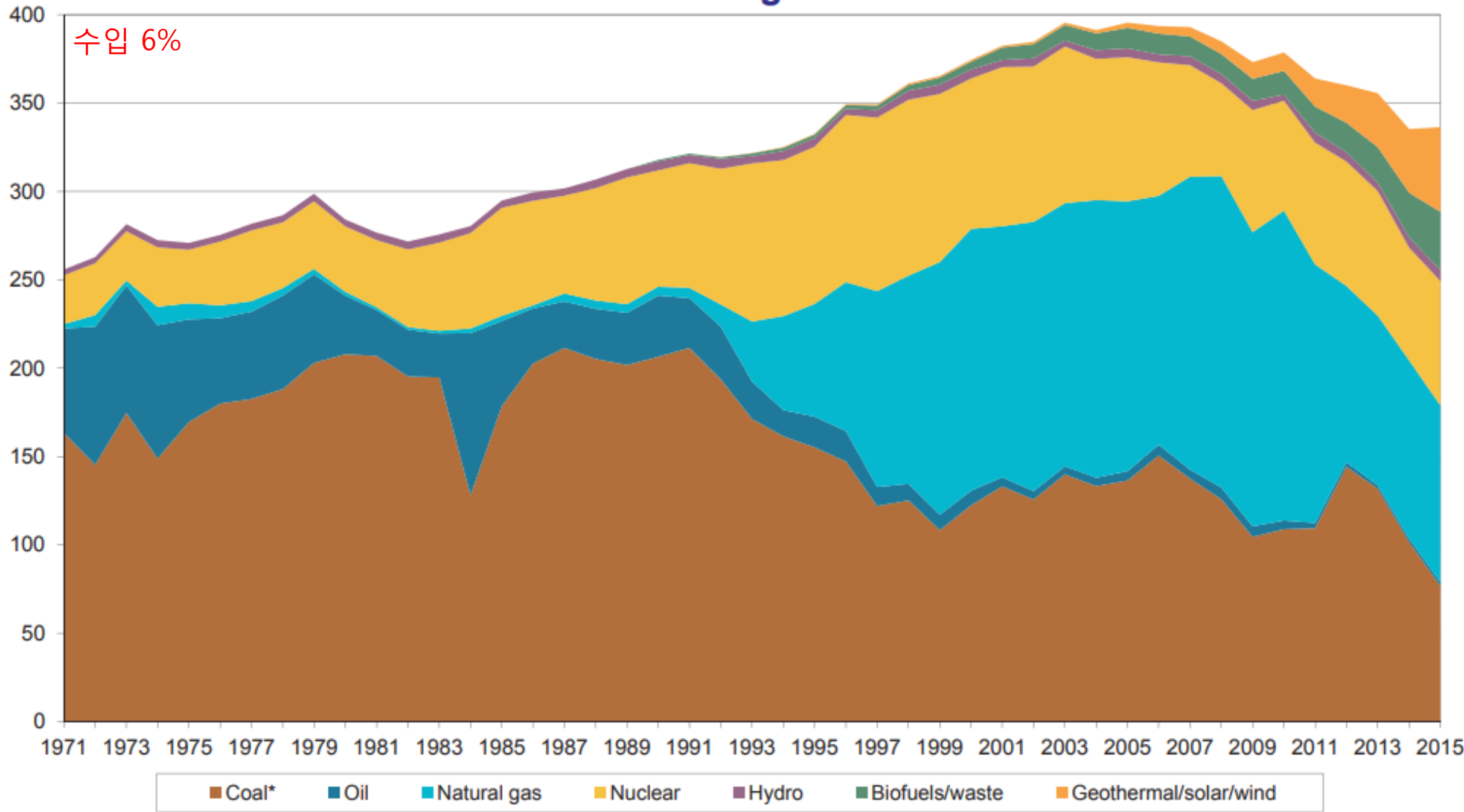


United Kingdom

Secure • Sustainable • Together

수입 6%

TWh



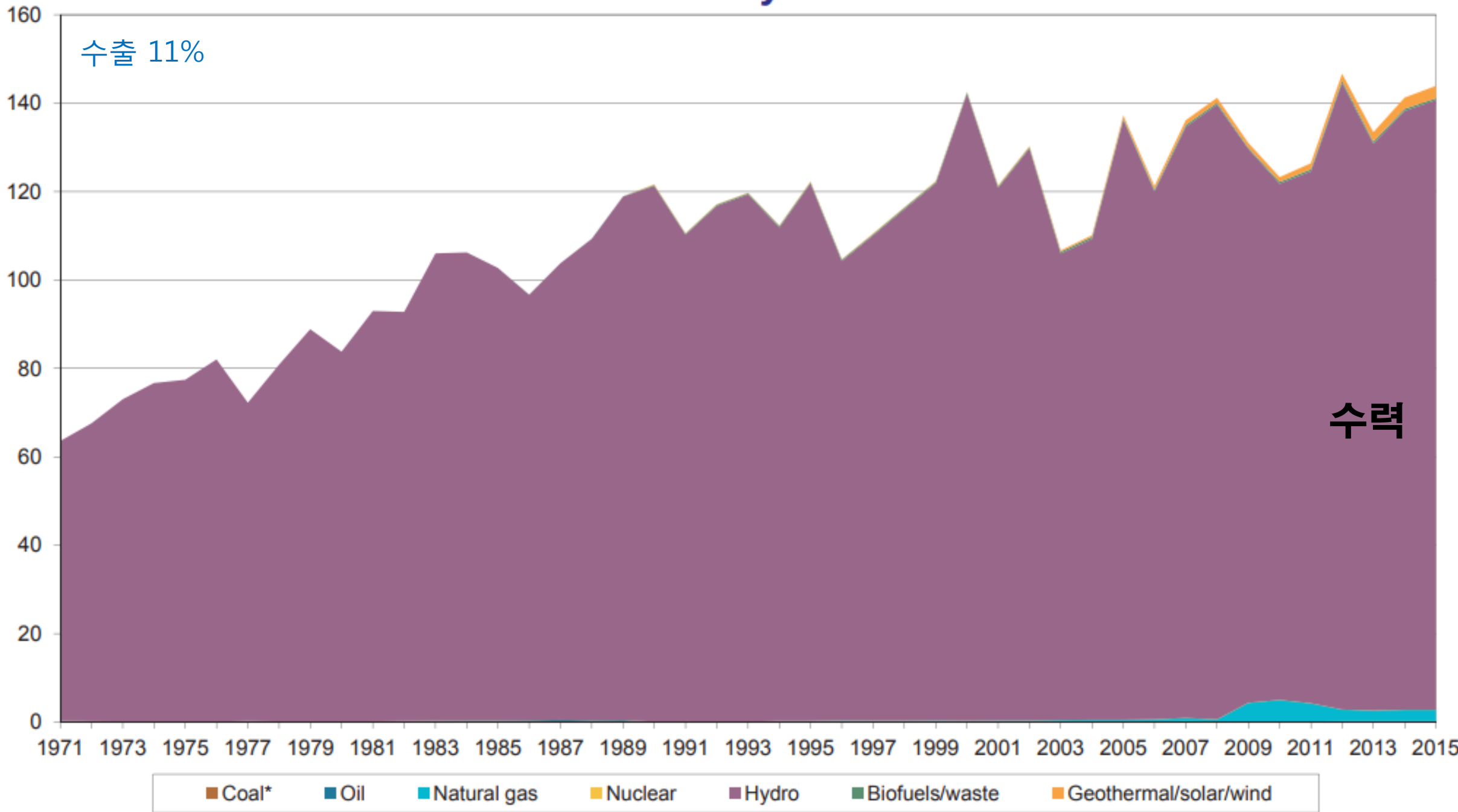
Norway

Secure • Sustainable • Together

수출 11%

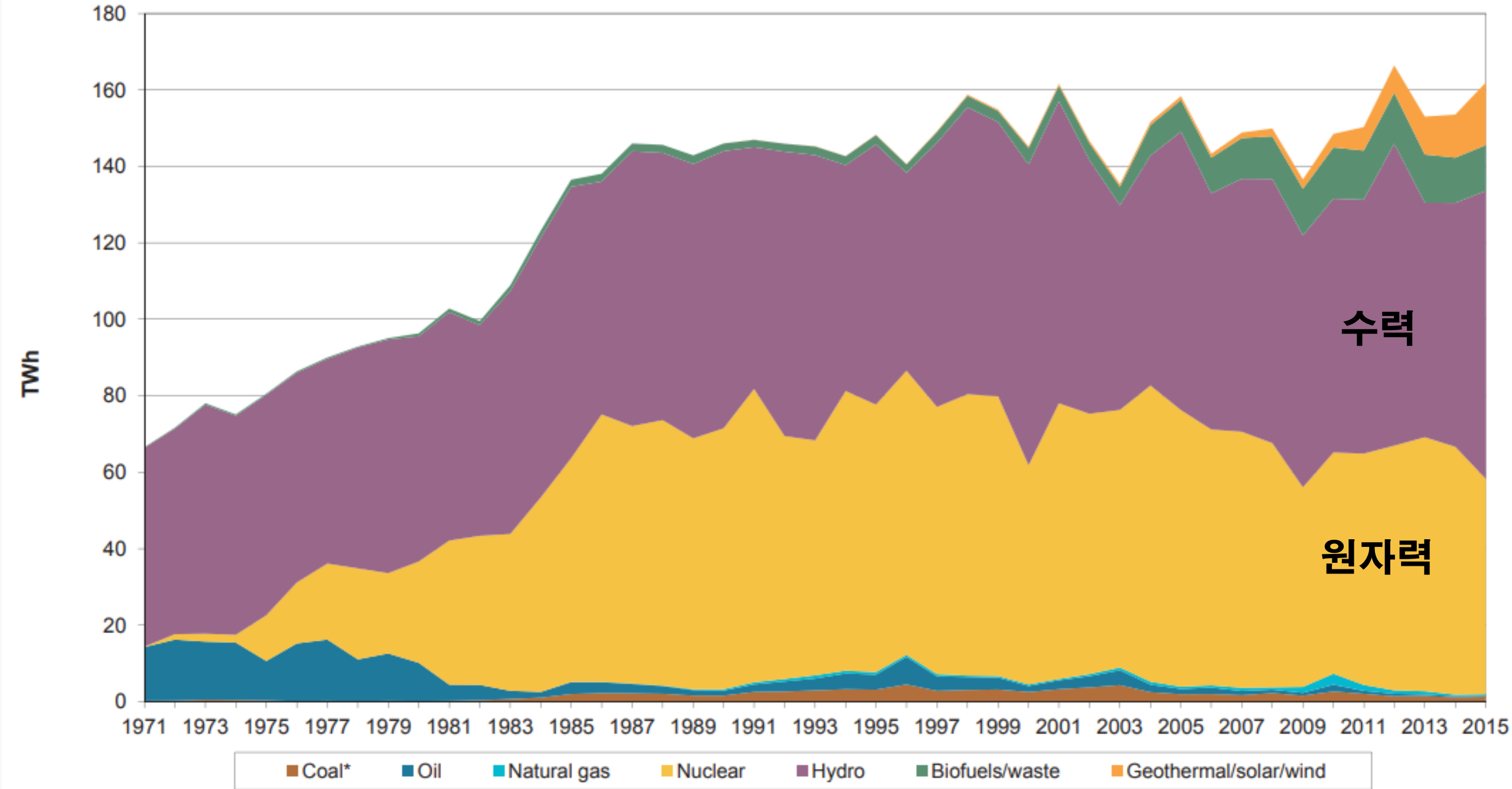
수력

TWh



Sweden

Secure Sustainable Together

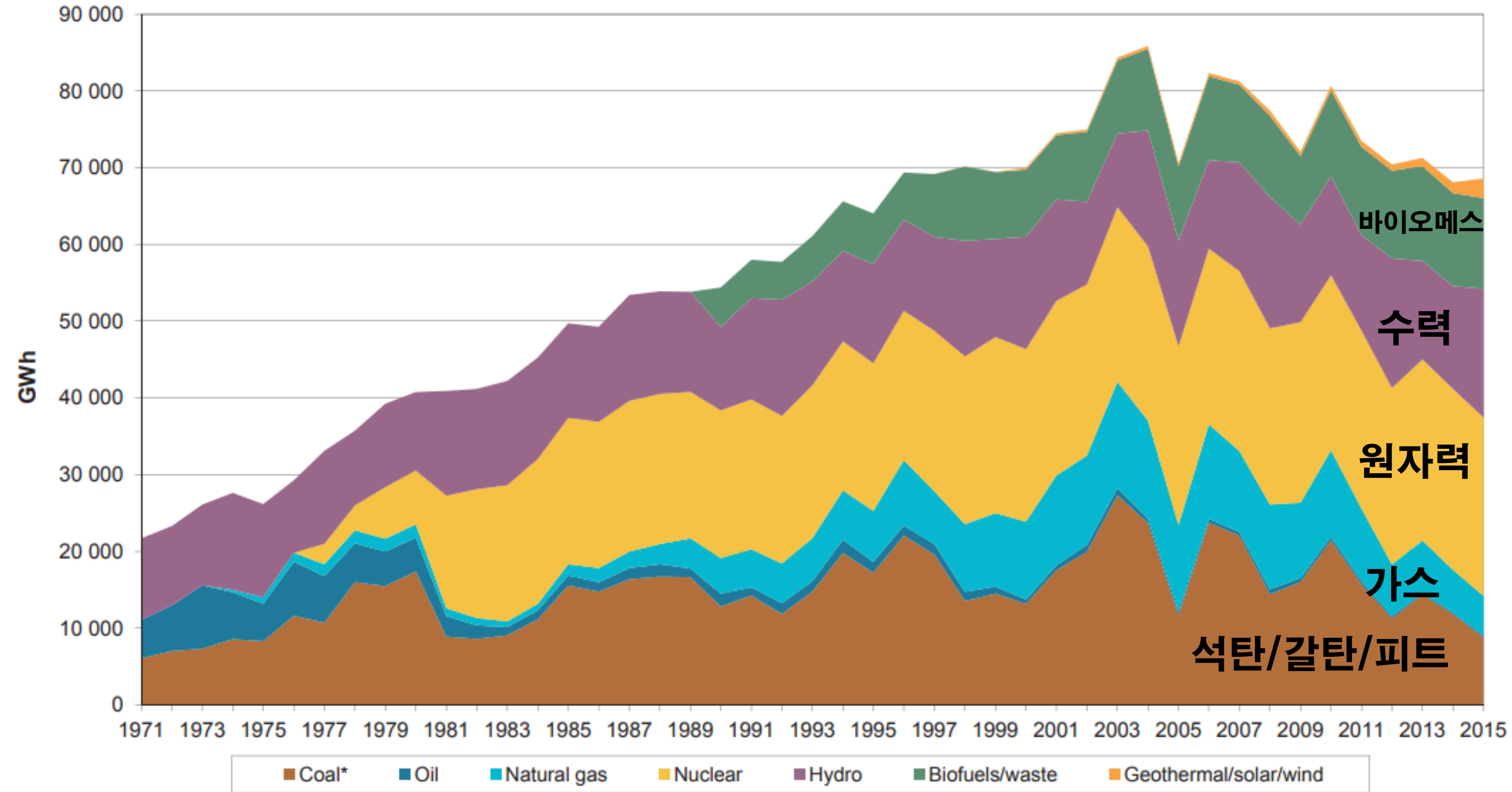


수력

원자력

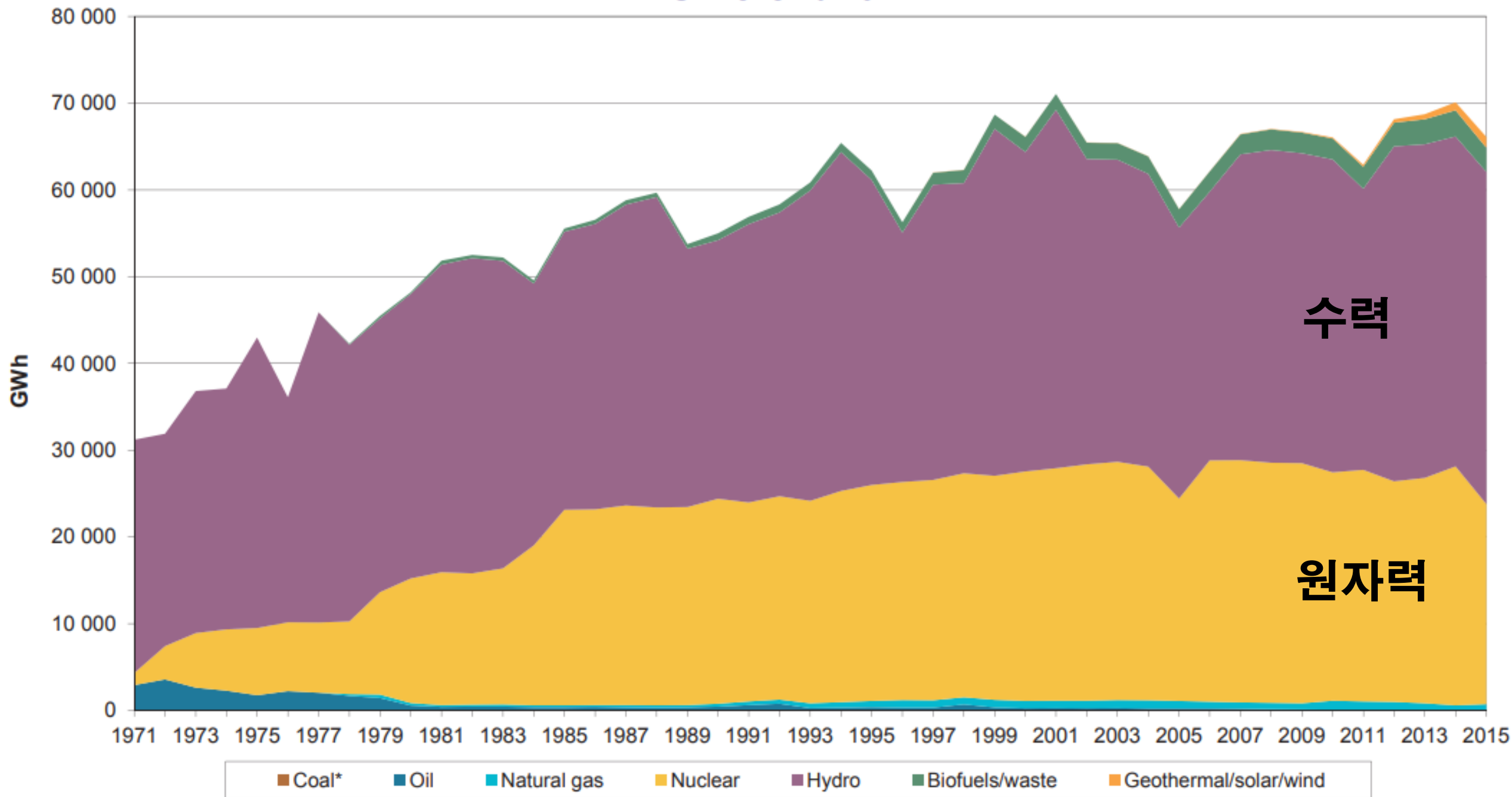
Finland

Secure • Sustainable • Together



Switzerland

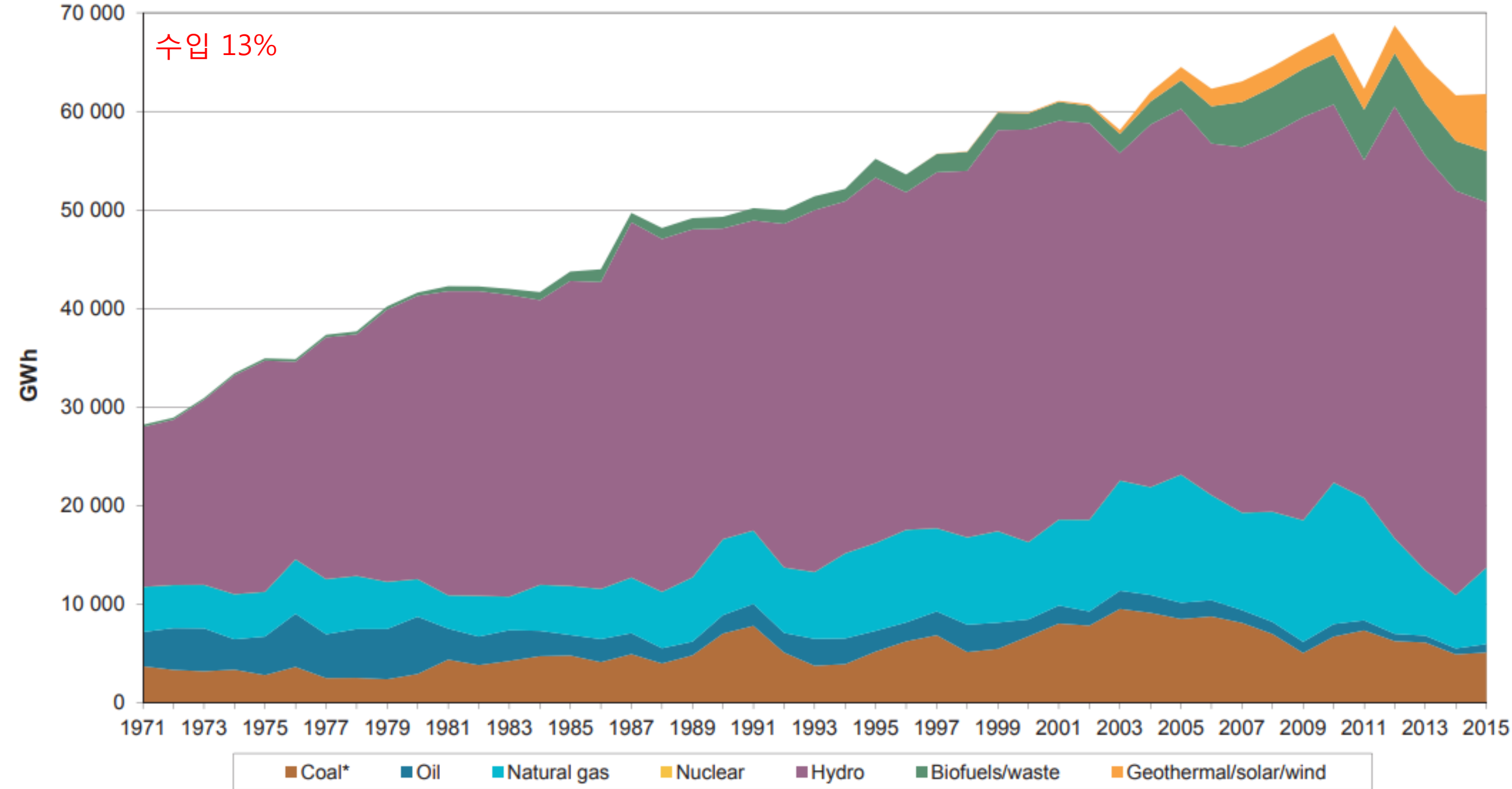
Secure • Sustainable • Together



Austria

Secure • Sustainable • Together

수입 13%





에든버러
Edinburgh

영국

맨체스터

Manchester

리버풀
Liverpool

런던
London

북해

덴마크

코펜하겐
København

함부르크
Hamburg

베를린
Berlin

폴란드

바르샤바
Warszawa

리투아니아

빌니우스
Vilnius

민스크
Мінск

벨로루시

모스크바
Москва

보로네시
Воронеж

키예프
Київ

카리프
Харків

우크라이나

오데사
Одеса

로스토포브
Ростов-на-Дону

크라스노다르
Краснодар

흑해

이스탄불

루마니아

부쿠레슈티
București

불가리아

소피아
София

마케도니아

코소보

베오그라드
Београд

세르비아

보스니아
헤르체고비나

슬로베니아
자그레브
Zagreb

크로아티아

체코

프라하
Praha

비엔나
Wien

슬로바키아
부다페스트
Budapest

헝가리

뮌헨
München

오스트리아

스위스

밀라노
Milano

모나코

프랑스

파리
Paris

프랑크푸르트
am Main

튀링겐

벨기에

브뤼셀
Bruxelles
Brussel

네덜란드

암스테르담
Amsterdam

독일

이탈리아

로마
Roma

비스케이 만

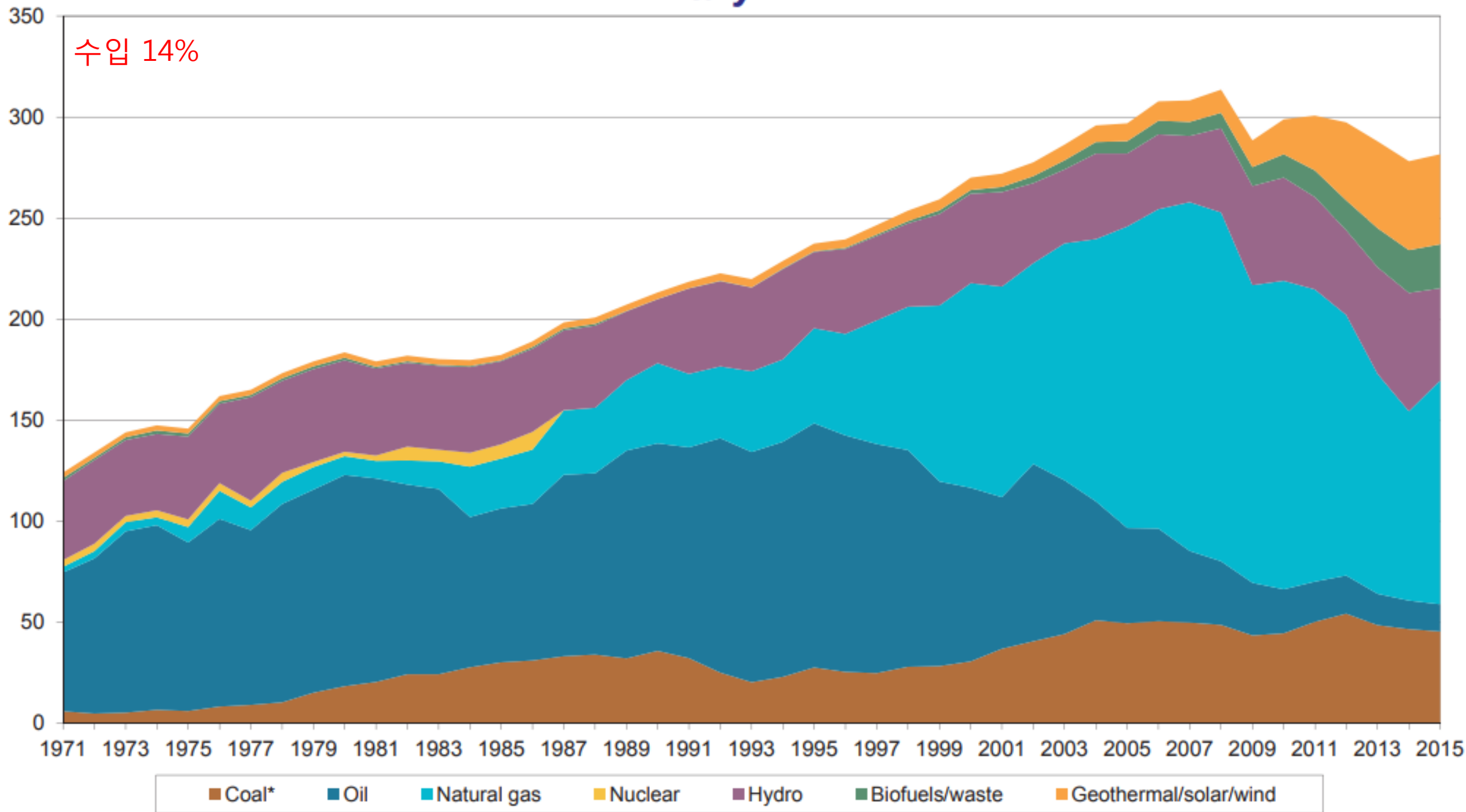
안도라

Italy

Secure Sustainable Together

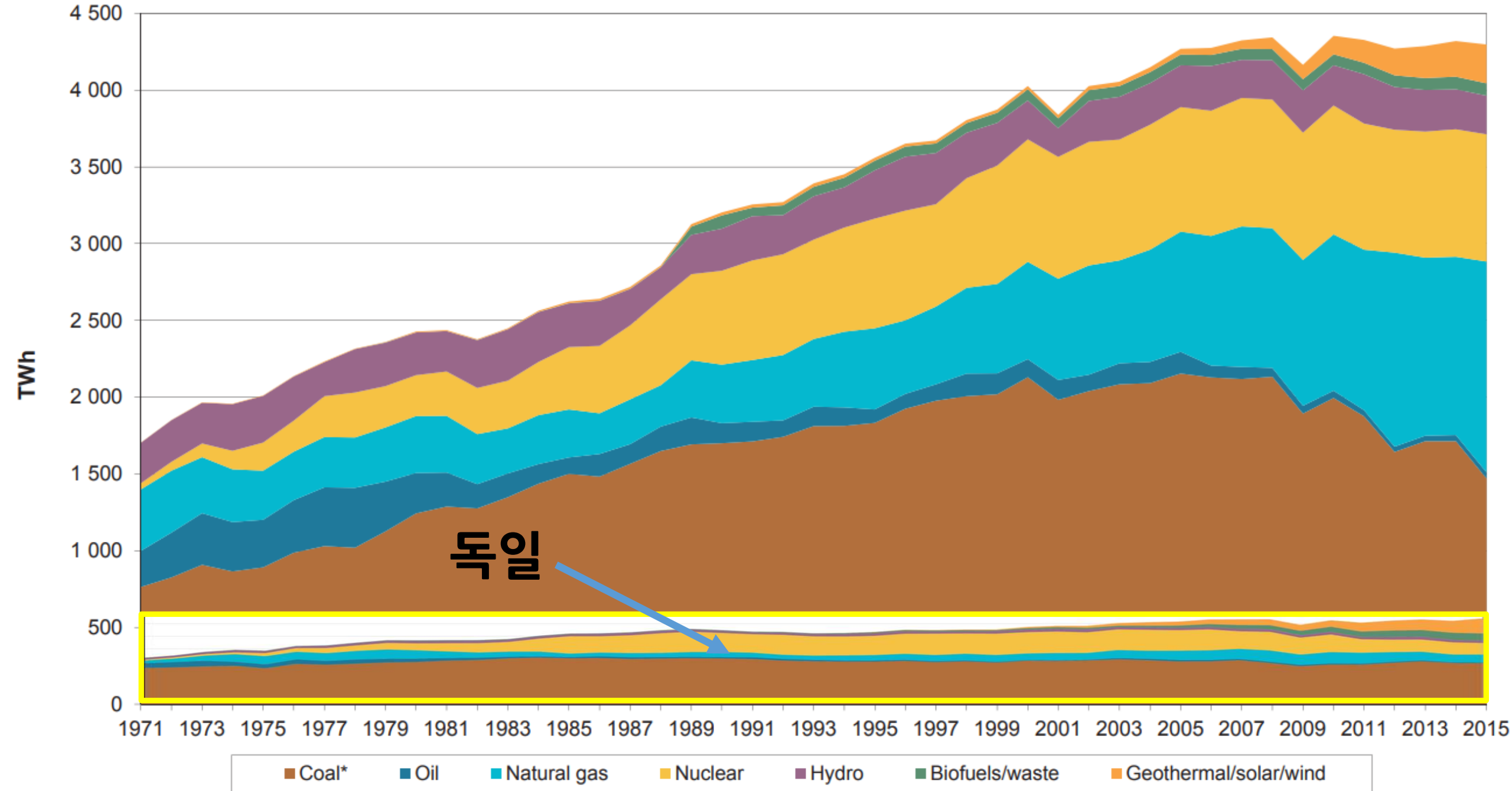
수입 14%

TWh



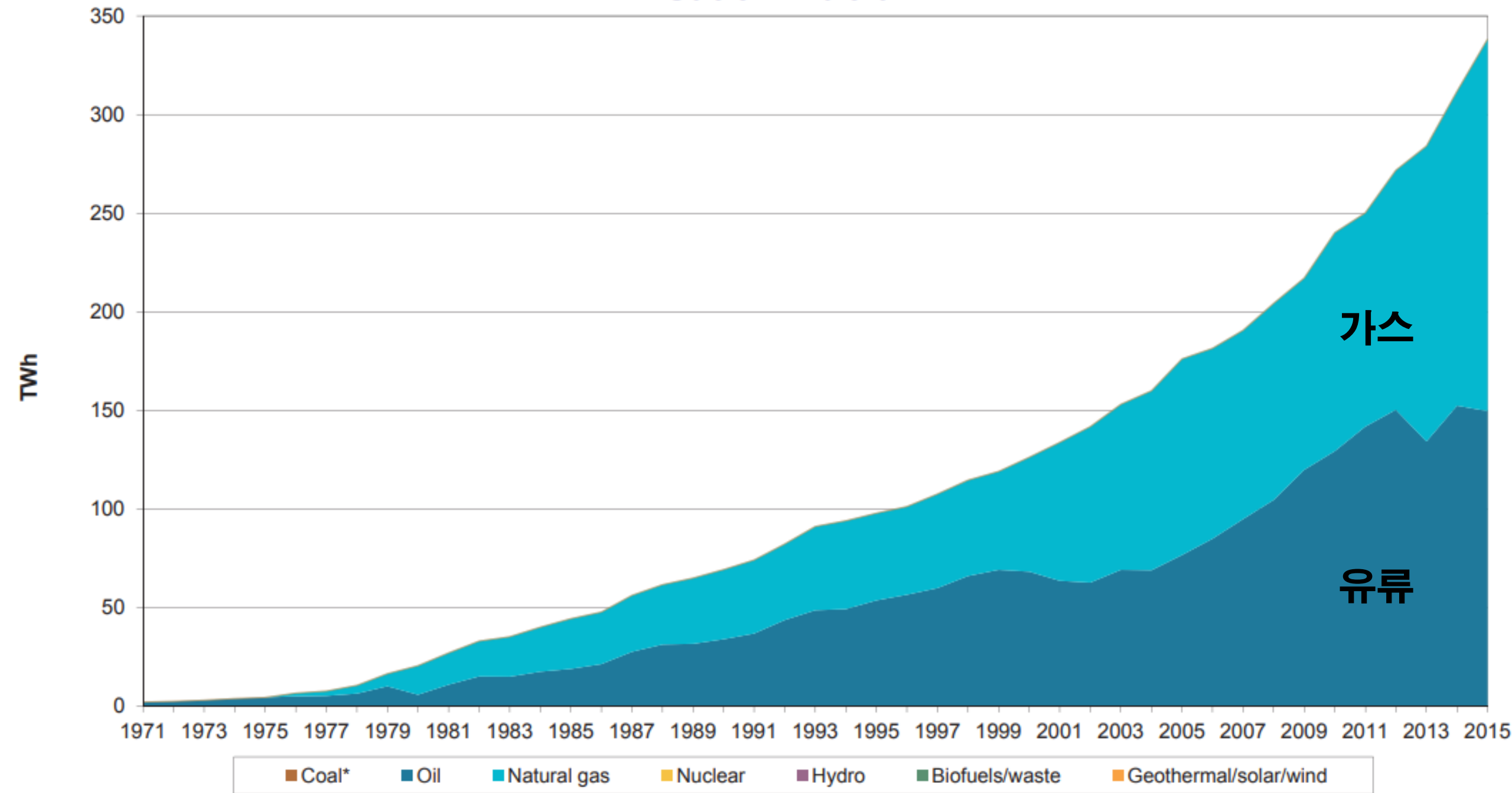
United States

Secure • Sustainable • Together



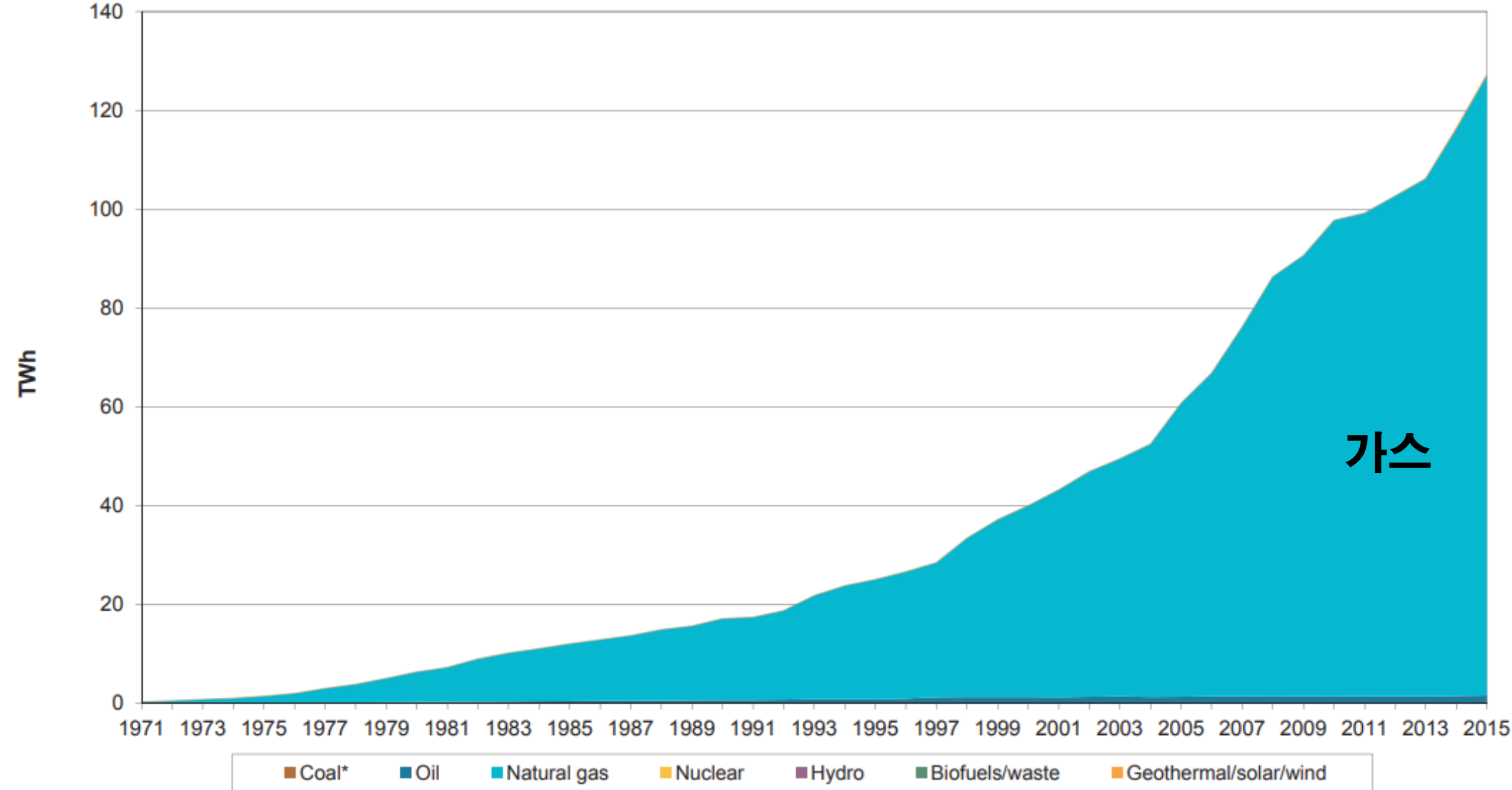
Saudi Arabia

Secure Sustainable Together



United Arab Emirates

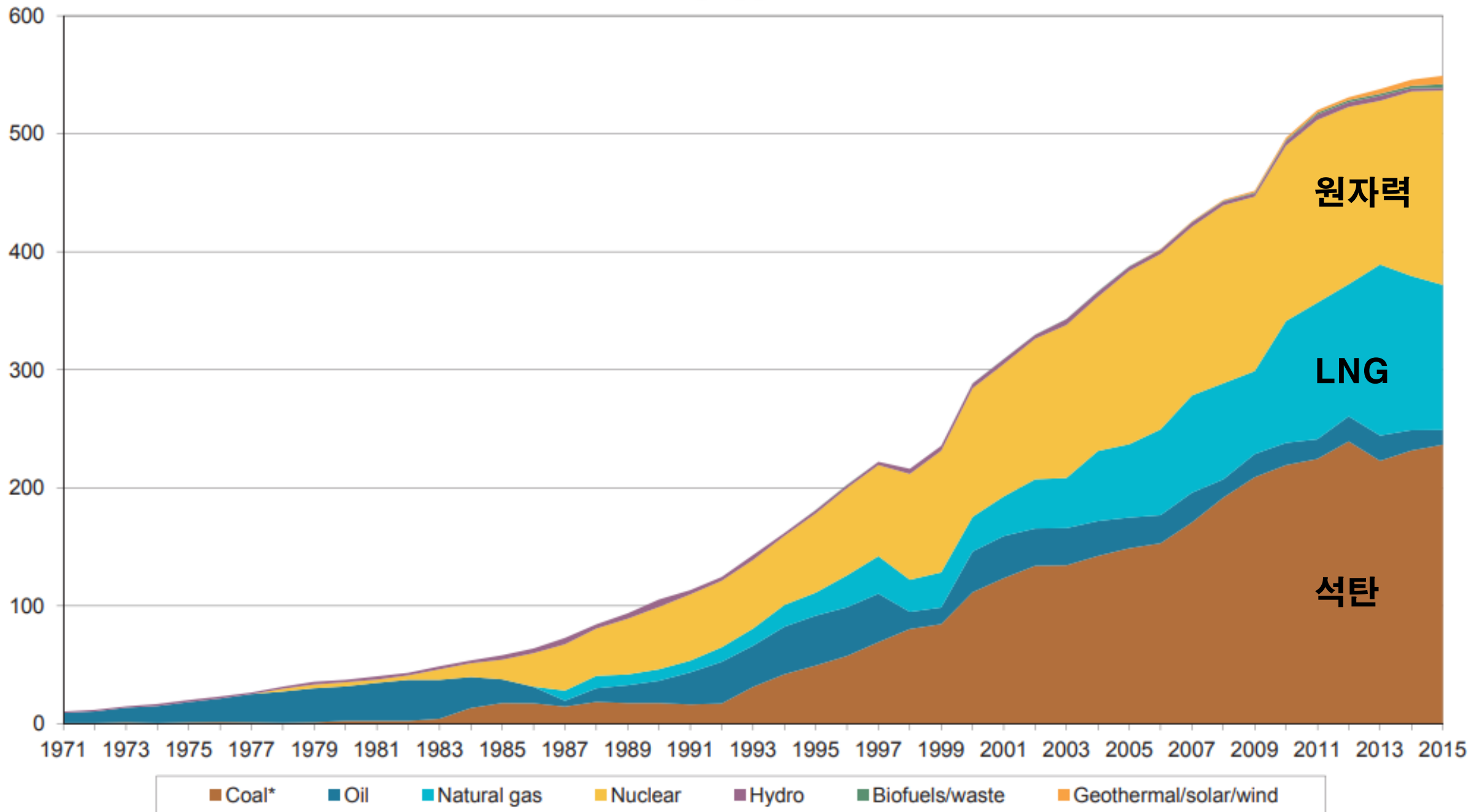
Secure • Sustainable • Together



Korea

Secure • Sustainable • Together

TWh



- ❖ 원자력 사고의 위험은 지극히 과장되어 있음
- ❖ 사용후핵연료 관리의 기술적 문제는 해결 가능한 문제
- ❖ 100% 태양광풍력은 불가능. 20% 수준이 일차적 한계 (일부 국가를 제외하고 20%도 보조금 없이 가기는 불가능)
- ❖ 태양광이 우리나라 땅에서 원자력 대비 경제성을 가질 수는 없음 (원자력을 비싸게 만들어서?)
- ❖ 우리 문제 해결에 남의 해결책은 적용불가
- ❖ 지구의 문제를 푸는데 구석동네 몇 사람의 해결책은 적용불가
- ❖ 무탄소 전원을 대규모로 확보하기 위해서는 원자력이 필수