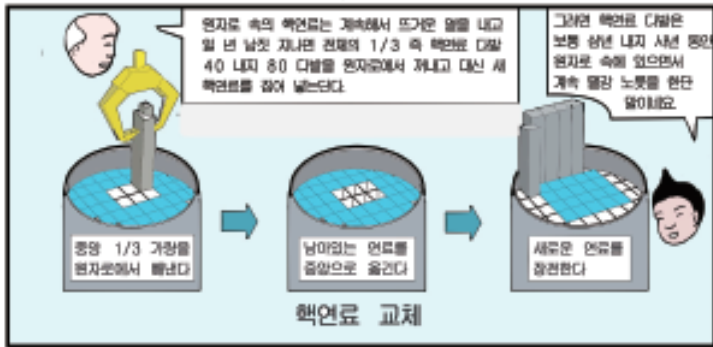


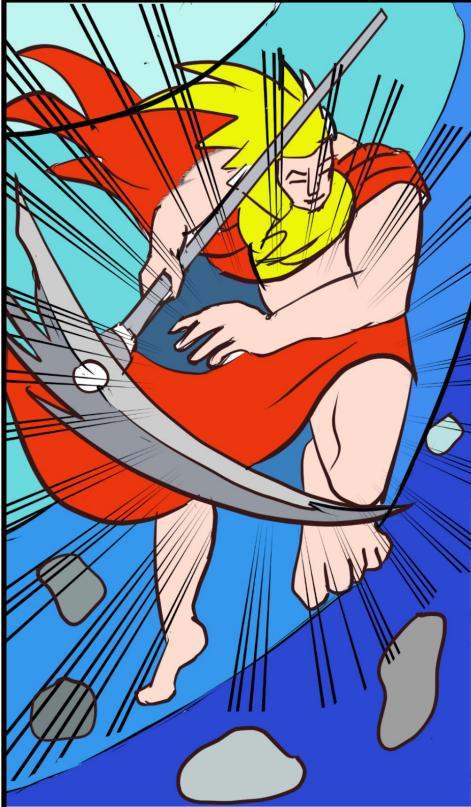
만화로 보는 사용후핵연료 이야기

송명재 · 정명섭

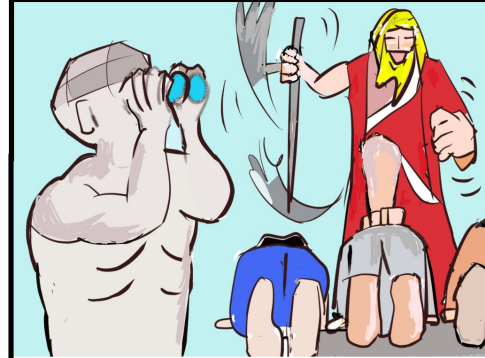


서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

제1화 : 프로메테우스와 제우스의 불



그리스 신화에서 가장 위대한 신인 제우스는 힘이 매우 센 티탄 신들과 이른바 "신들의 전쟁"을 하고 있었다.



그때 티탄족의 한 신인 프로메테우스는 미래를 내다보는 능력이 있어 이 전쟁에서 제우스신이 이길 것을 미리 알았다. 그는 자기 동족을 배반하고 제우스 편에서 싸웠다.

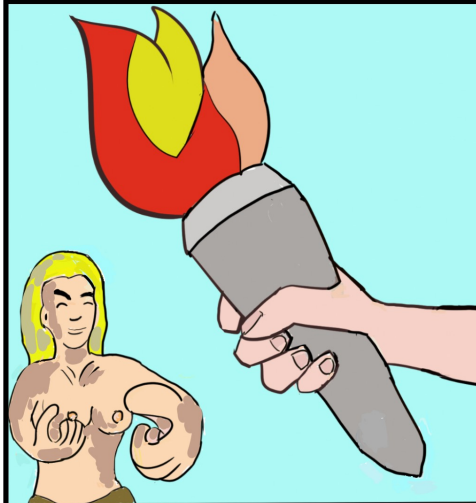


전쟁은 마침내 제우스신의 승리로 막을 내렸고 모든 티탄신들은 지하세계에 갇혔으나 프로메테우스는 제우스신의 신임을 받아 그의 곁에 두게 되었다.

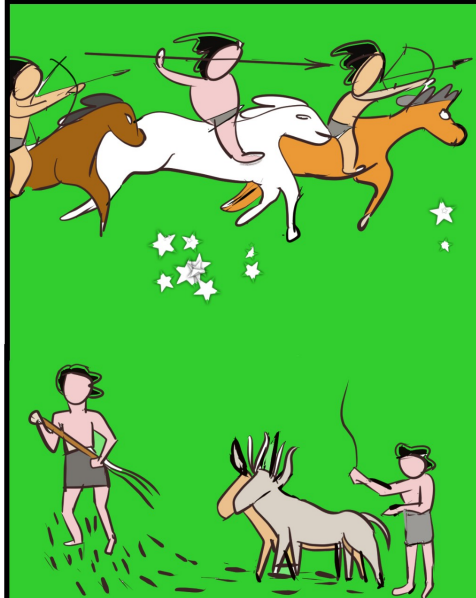


프로메테우스신은 고심 끝에 흙과 물을 반죽하여 신의 형상을 그대로 본떠 인간을 만들었다.





제우스의 계획을 눈치 챈 프로메테우스는 여러가지 선물을 주어 인간들이 더 강해지고 완벽해지도록 하였다. 프로메테우스는 마침내 신들의 전유물인 불을 제우스 몰래 훔쳐서 인간들에게 주었다.



인간들은 불을 이용해서 새로운 무기도 만들고 농사도 지으면서 지상의 동물들을 지배하고 땅 위에서 번성하여 갔다.

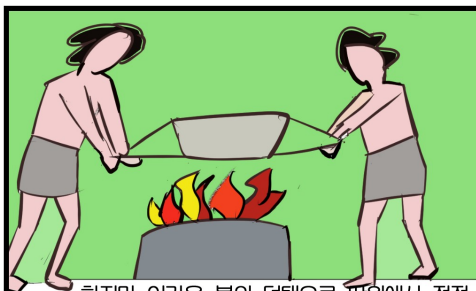


프로메테우스!
어찌하여 너는
인간에게 불을
주었던 말이나!

인간에게 불을 몰래 선물한 죄로 프로메테우스는 제우스의 분노를 사게 된다. 제우스는 프로메테우스를 큰 바위에 쇠사슬로 묶어 놓았다.



매일 독수리가 와서 그의 간을 쪼아 먹었지만 그는 신이었기에 죽지않고 고통이 계속되었다.



하지만 인간은 불의 덕택으로 땅위에서 점점 더 강해져 갔다.

제2화: 제3의 불, 원자력

내가 이 불을 너희 인간에게 내려 주노니 인간들은 그 뜻을 잘 헤아려 무릇 유익하게 사용할 지어다.

예, 감사합니다. 프로메테우스 신님!

프로메테우스의 불이 있었기에 인간은 만물의 영장이 될 수 있었다. 프로메테우스는 제우스의 번갯불을 훔쳐다 인간들에게 내려주었다.

인간이 사용한 최초의 불은 나무 조각과 덩불에서 지펴졌다. 이것이 바로 제1의 불. 이 불은 매우 오랫동안 긴요하게 사용되었다.

사람들이 놀이를 하다가 우연히 호박에다 모피를 문지르자 전기가 생겨났던 것이다. 그리고, 1879년 에디슨이 마침내 백열전구에 불을 밝힌 것이란다.

고맙습니다. 에디슨씨!

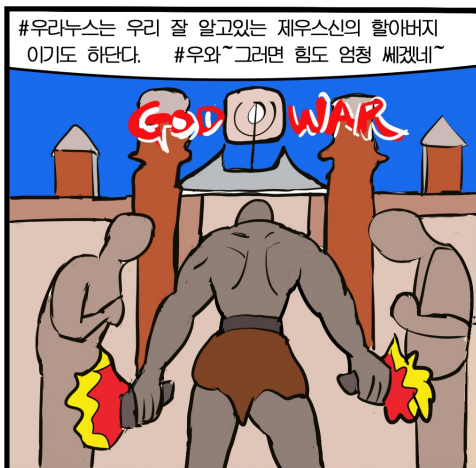
그러던 중에 인간세계가 복잡해지고 그리스 신들이 거의 잊혀갈 무렵 제2의 불인 전기가 나타났다.

1942년12월12일 미국의 한 연구소 드디어 원자로에서 원자력에너지를 찾아냈다. 강력한 열을 발생시키지만 온실가스를 방출하지 않아 푸른 지구를 보존시킬 수 있는 세번째의 불이 등장한 것이다.

사실 이 무렵은 사람들이 너무 많아졌고 여러가지 활동을 하느라 제2의 불을 너무 남용하여 사람이 살고있는 지구를 많이 오염시켜 지구의 미래가 걱정되던 때 였다.

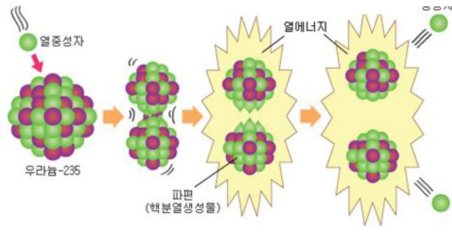
#우라늄 속의 원자력은 제3의 불로서 제우스 신이 아무도 찾을 수 없도록 아주 깊숙이 숨겨 놓았던 불이며 잘못 사용하면 대단히 위험한 불이란단다.
#그 불을 영약한 인간들이 마침내 찾아낸 것이지.
#그러나, 원자력이라는 그 불만 있으면 지구의 온난화를 걱정하지 않으면서 에너지를 넉넉히 사용할 수 있단다.

제 3 화 : 우라노스와 우라늄





이 우라늄 속에는 엄청난 비밀이 들어 있는데 그 비밀이 1938년 독일 과학자 슈트라트만과 오토 한의 실험으로 풀리게 되었다. 이 두 과학자는 우라늄 원자를 쪼개서 그 속에 숨어 있던 엄청난 크기의 에너지를 꺼낸 것이다. .



핵분열의 원리

우라늄 235가 중성자를 흡수하면 원자핵이 2개로 쪼개진다.

핵분열이 일어날 때는 많은 에너지와 함께 2-3개의 중성자도 함께 나온다.

그러면 우라늄원자 속에 들어 있던 에너지가 바로 마술 딸랑인 셈이네.

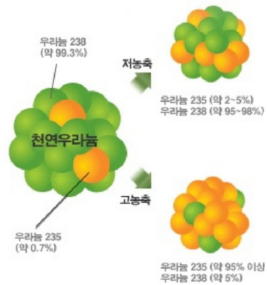


그럼, 그 우라늄 원자 속의 에너지는 무진장하게 많단다. 그런데 우라늄은 조금 특별하게 생겼단다.

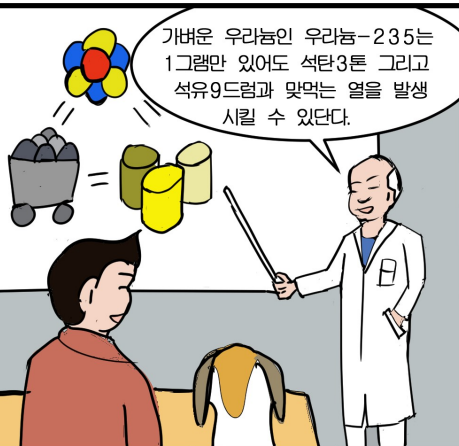


우라늄에도 여러 가지 종류가 있어요?

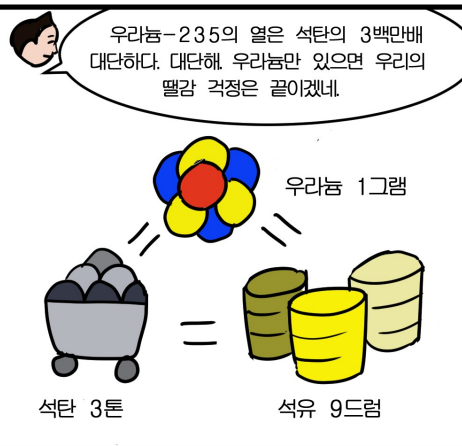
그래, 보통의 우라늄은 우라늄-238 이라는 금속이지 하지만 전체 우라늄 중 0.7%는 우라늄-235 라고 해서 무게가 약간 가벼운 것이야.



그렇다면 보통의 우라늄보다 가벼운 우라늄이 특별한가요?

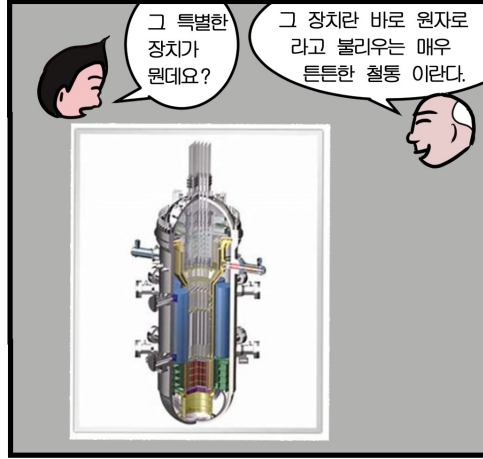


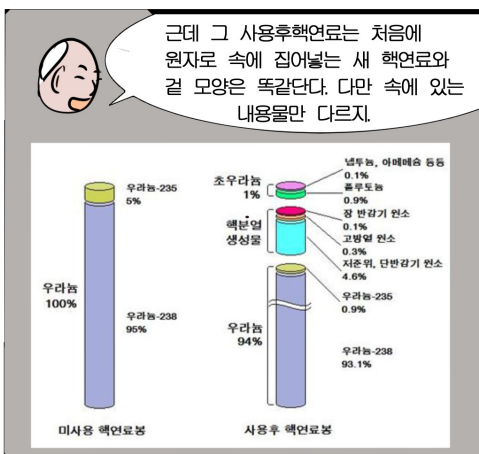
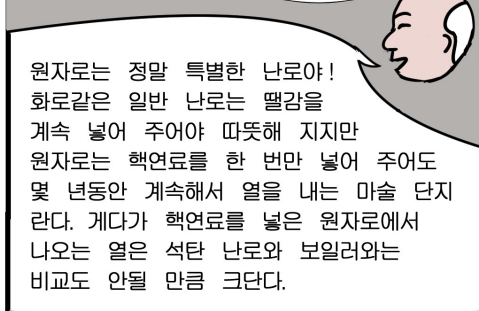
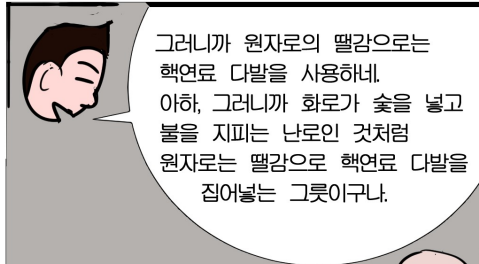
가벼운 우라늄인 우라늄-235는 1그램만 있어도 석탄 3톤 그리고 석유 9드럼과 맞먹는 열을 발생시킬 수 있단다.



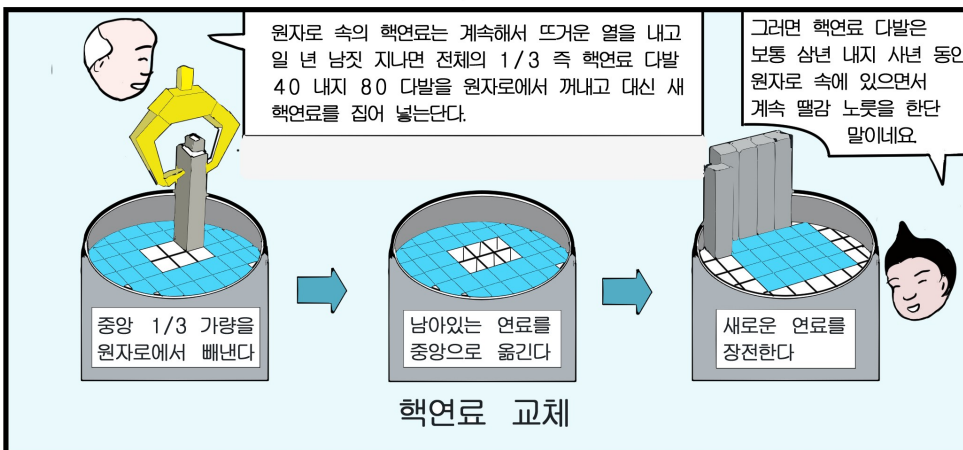
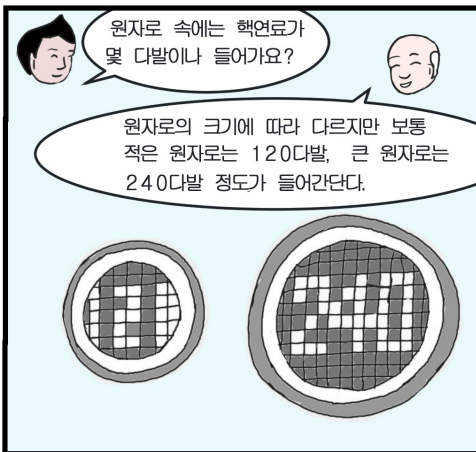
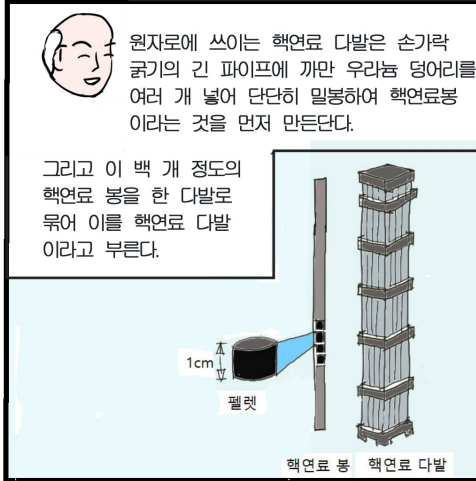
우라늄-235의 열은 석탄의 3백만배 대단하다. 대단해, 우라늄만 있으면 우리의 딸랑 걱정은 끝이겠네.

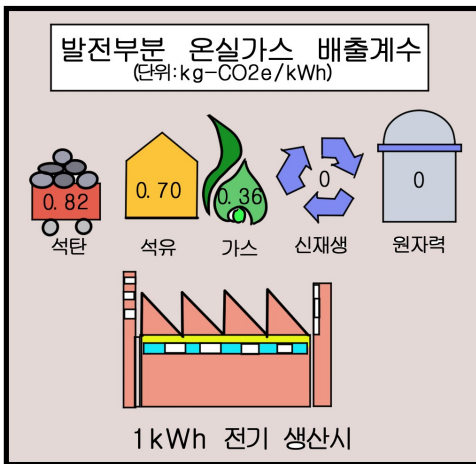
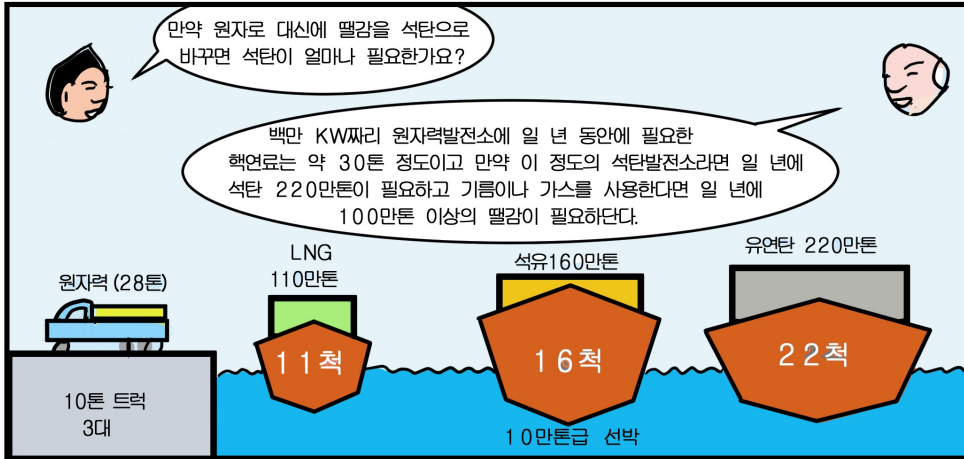
제 4 화 : 원자로와 핵연료



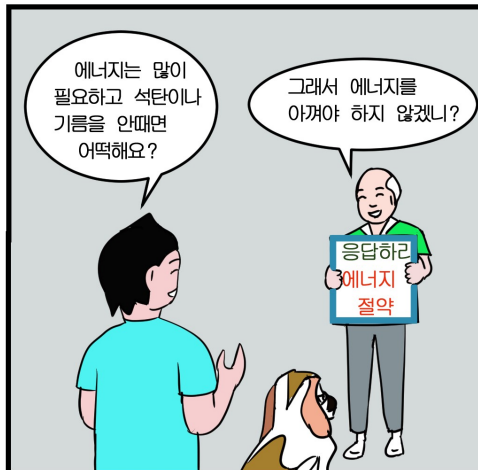


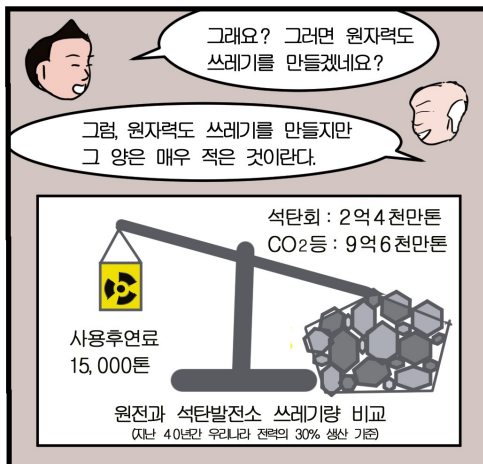
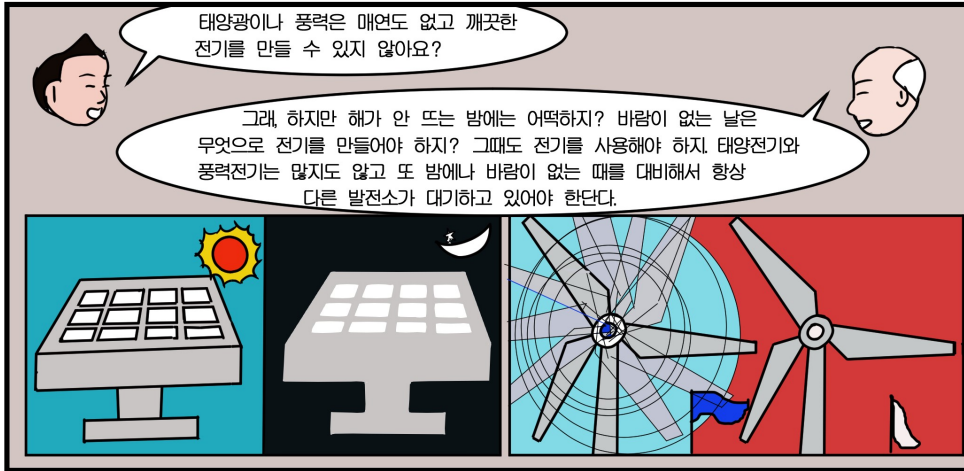
제5화 : 핵연료 얼마나 필요한가?





6. 에너지와 쓰레기





7. 원자력이 남기는 쓰레기

장작이나 석탄이 탈 때 나오는 쓰레기는 알겠는데 원자력이 남기는 쓰레기는 잘 모르겠는 데요?

고준위폐기물의 예

경수로형 사용후핵연료, 중수로형 사용후핵연료

중저준위폐기물의 예

필터, 교체용 부품, 휴지, 시약병, 주사기, 작업복

원자력이 남기는 쓰레기는 크게 두 가지가 있다.

하나는 핵연료가 다 타고나서 생기는 사용후 핵연료라는 것이고 또 하나는 원자력발전소를 청소할 때 생기는 쓰레기인데 여기에서 방사선이 나온단다. 그래서 통상 원자력발전소의 쓰레기를 방사성 폐기물이라고 부르지.

그러면 원자력의 쓰레기는 '사용후핵연료'와 '방사성폐기물'의 두 가지가 있겠네요.

그런데, 사용후핵연료에서 나오는 방사선은 매우 세고 그밖에 방사선은 상대적으로 약해서 이를 '중저준위 방사성폐기물'이라고 부른다.

그럼 우리 먼저 '중저준위 방사성 폐기물'에 대해서 알아볼까?

경주방폐장에 묻는 쓰레기가 바로 중저준위 방사성 폐기물이지 않아요?

그럼 중저준위 방사성폐기물은 방사선이 매우 약해서 관리만 잘 하면 사람에게 큰 해를 입히지 않는단다.

방사성폐기물은 경주방폐장에 보내서 안전하게 묻는다고 하던데요.

그래, 방사성폐기물은 땅속 깊숙이 묻고 최소 삼백년 동안 관리를 하면 방사선이 거의 없어져 일반 쓰레기와 같아진단다.

사용후핵연료도 경주방폐장에 묻어버리면 안 되나요?

성분	사용전 (%)	3주기 연소 후 (%)
우라늄	100%	95.6%
플로토늄	0%	0.9%
넵티늄	0%	0.1%
장반감기핵종	0%	0.1%
고방열핵종	0%	0.3%
단반감기핵종	0%	3.0%

사용후핵연료는 방사선이 매우 세기 때문에 땅속에 삼백년 동안 묻어두어도 방사선이 없어지지 않는단다.

8. 손자병법과 사용후연료

중국의 춘추시대 오나라의 명장이던 손무가 지은 책 '손자병법'은 전쟁에서 이기는 법을 알려주는 매우 좋은 책이라 한다.



지도 들어본 적은 있는데 읽어 보지는 못 했어요.

삼국지는 읽어 보았겠지?

실은 아직...

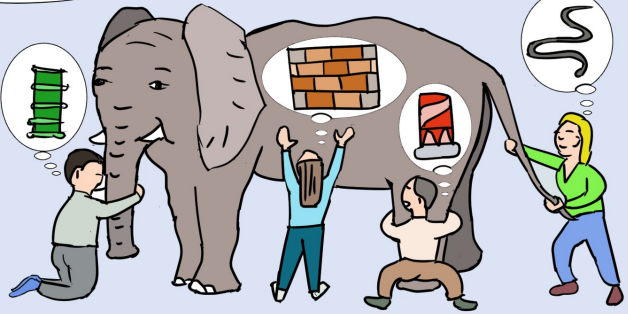
삼국지는 알기는 하지만 읽어 보지는 못했다? 스마트폰으로 검색만 하지 말고 책을 직접 읽어보는 것도 매우 중요 하나!



손자병법에 따르면 '지피지기 (知彼知己) 면 백전불태 (百戰不殆)' 라는 말이 나온다.

지피지기면 백전불태? 그게 무슨 말 인데요?

'적을 알고 나를 알면 백번을 싸워도 위태롭지 않다'는 말로써 먼저 상대를 철저히 파악해서 알도록 하라는 말이야.



왜 갑자기 손자병법을 이야기해요?

손자병법은 옛날에 전쟁할 때의 방법일 뿐만 아니라 요즘에도 배울 점이 많은 책이니까. 중국의 마오쩌둥이 가장 좋아했던 말이기도 하고 빌게이츠도 이 책을 즐겨 읽었다고 한다.

知彼知己...



이 명언을 사용후연료에 적용시킨다면 사용후연료를 제대로 안전하게 다루기 위해서는 먼저 사용후연료에 대해서 잘 파악해야 된다는 말이 된다.

아하! '사용후연료가 무엇인지 잘 알고 나면 사용후연료를 안전하게 다룰 수 있다' 그거지요?

그게 손자병법과 사용후핵연료이지. 자, 이제 사용후핵연료의 정체를 알아볼까?



9. 핵분열과 사용후연료

사용후연료가 새 핵연료와 모양은 똑같다는 사실은 이미 배워서 알고 있지?

그럼요. 제가 기억이 얼마나 좋은데.

세상에 겉다르고 속다르다는 속담 알지?

웬 속담?

바로 그거와 비슷해. 새 연료와 사용후연료는 밧데리처럼 겉은 같지만 속은 전혀 다르단다.

겉은 같고 속이 다르다.' 난 안 그런데. 왜 속이 달라요?

속이 다른 이유는 '핵분열' 때문이란다. 새 연료속에 있는 우라늄이 원자로속에서 핵분열을 일으키면 새로운 물질들이 많이 생기면서 여러 가지 변화가 나타난다.

중성자

핵분열 연쇄반응

냉각수

원자로

핵연료

제어봉

핵분열이 뭔데요?

아까 원자로 속의 마술에 대해서 이야기 했지?

에, 나중에 이야기 해 주겠다고 하셨지요.

그래 지금부터 원자로 속의 마술, 즉 핵연료의 내용물인 우라늄의 마술에 대해서 이야기 해주마. 그 마술이 바로 우라늄의 핵분열이란다.

나는 우리 민족이 분열하는 것 보다 통치는 것이 더 좋은데...

옆으로 새지 말고 똑 바로 들어 중요한 이야기야.

옴.

우주를 이루고 있는 모든 물질은 여러 가지 핵으로 이루어져 있는 것은 아는가?

좋아. 그 여러 가지 핵들을 쪼갤 수 있는가?

원자핵

$10^{-15}m$

원자

$10^{-10}m$

예. 물리 시간에 배웠어요. 수소, 산소, 철 등 모든 원자는 각기 고유한 원자핵을 가지고 그 주변을 전자가 돌고 있지요.

아니요. 핵은 절대 쪼갤 수 없는데요. 핵이 쪼개지면 다른 물질이 되는 거 잦아요?

가미 (원자핵)

2mm

야구장 (원자)

200m

그래, 네 말이 맞다. 하지만 아주 큰 핵은 특별한 장치를 이용하면 핵을 쪼갤 수 있단다.

아니 아니. 물리 선생님 말씀이 맞아. 하지만 앞에서 말한 우라늄-235의 원자핵은 아주 특별하단다.

엑! 그럼 우리 물리 선생님이 틀렸게요.

제우스신 이름을 따서 지은 우라늄이란 물질 이지요?

화학분석

그래, 그 우라늄 중의 극히 일부인 우라늄-235는 중성자라는 아주 조그만 알맹이로 잘 맞추면 우라늄의 핵이 깨진다.

그렇지. 그렇게 해서 생기는 새로운 핵이 수 백 가지가 넘는단다. 그리고 중요한 것은 이때 많은 에너지와 함께 방사능이 생겨나지.

그러면 우라늄이 다른 핵으로 변하겠네요?

중성자

중성자 생성

열에너지

우라늄-235

우라늄-236

핵분열 연쇄반응

이게 바로 원자로속의 우라늄의 마술이고 새로 생겨난 핵들은 방사능과 함께 사용후 핵연료 속에 저장되어 있단다.

에너지는 좋은데 방사능은 싫어.

그럼 새 핵연료와 사용후 연료의 외관상 모양은 똑 같고 다만 사용후연료 속에는 방사능과 함께 여러 가지 핵들이 있는 점이 다르겠네요.

넌 누구냐?

바로 그래서 겉은 같고 속은 다르다는 것이야.

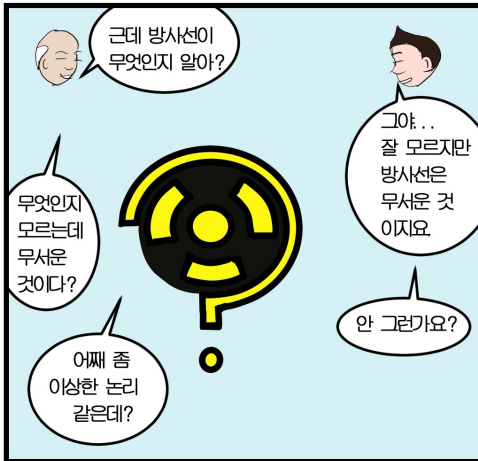
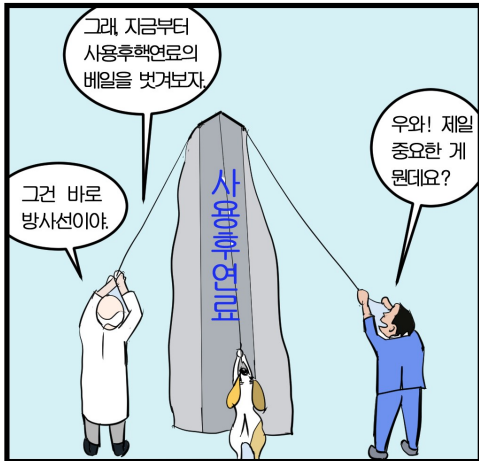
난 너의 미래야!

사용전연료

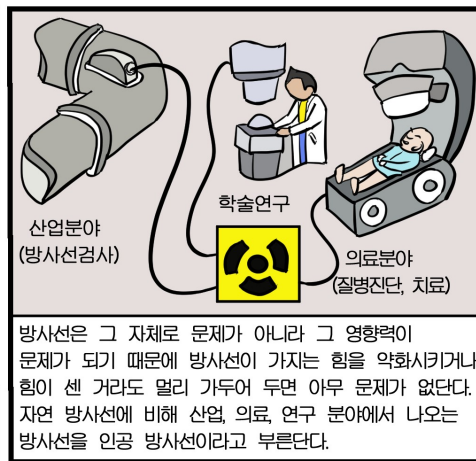
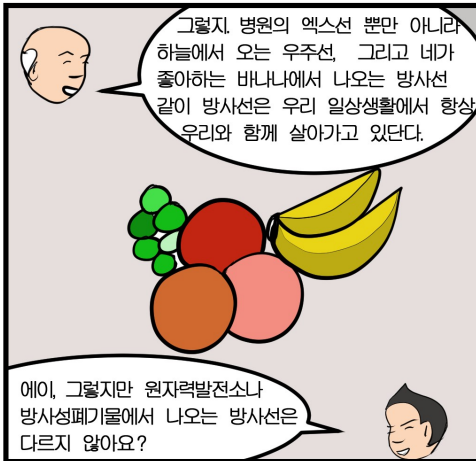
사용후연료

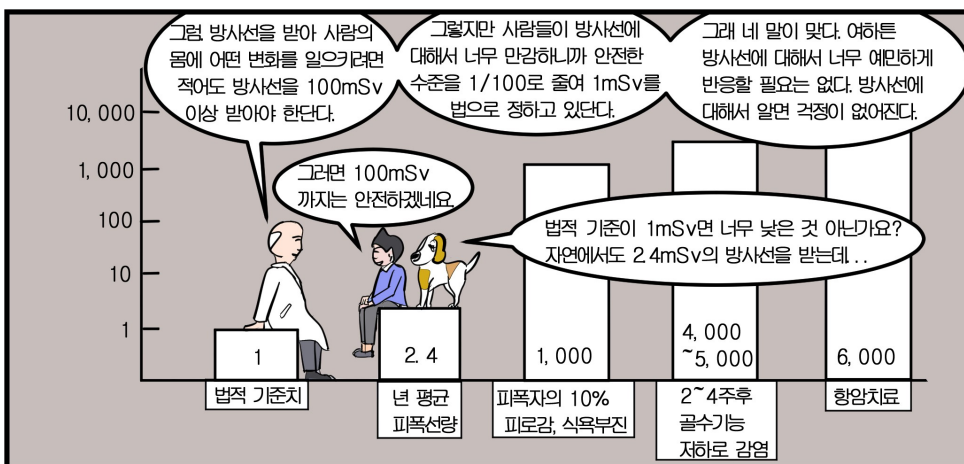
플로토늄
중반감기
고방열

제10화: 사용후핵연료의 정체-하나, 무서운 방사선?



제11화: 사용후핵연료의 정체-둘, 방사선

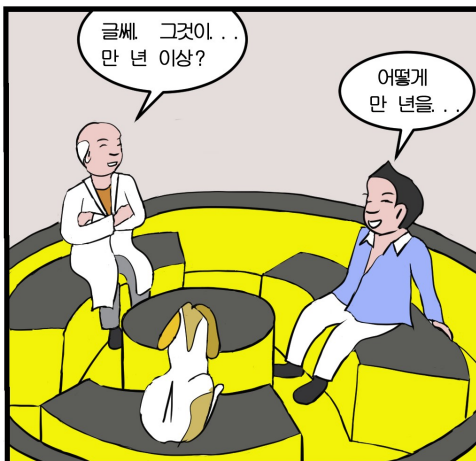
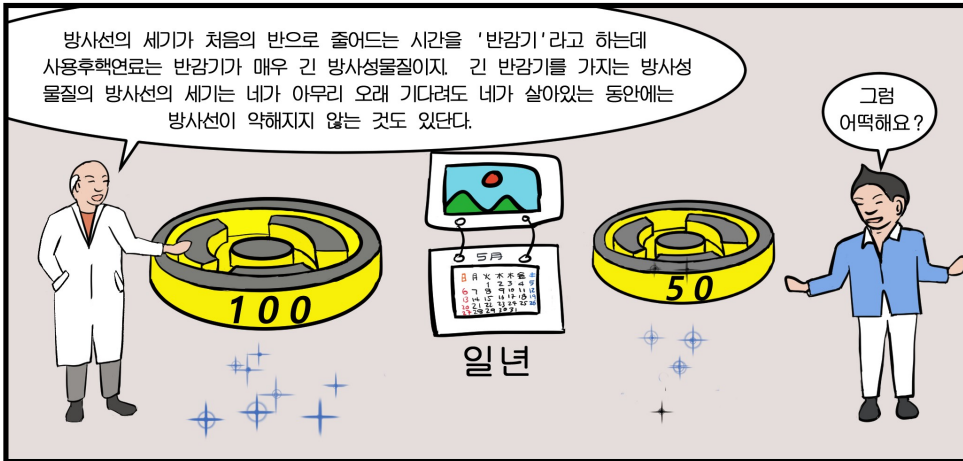
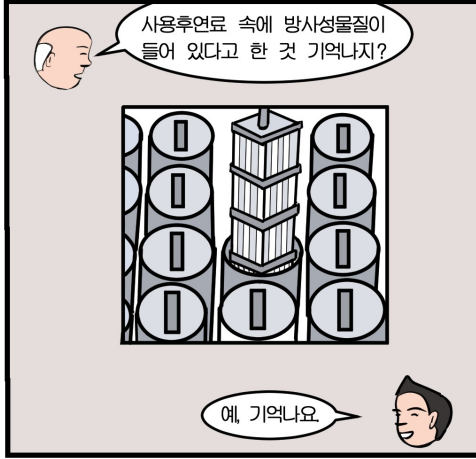




제12화:사용후핵연료의 정체 - 셋, 밀리시버트



제13화: 사용후핵연료의 정제-넷 긴 반감기



뭣할 것도 없지. 땅 속 수 백 미터 깊이에서 아주 단단한 암반을 찾아 거기에 구멍을 뚫고 사용후핵연료를 두꺼운 특수 철제 용기에 꼭꼭 밀봉하여 두면 가능하단다. 그러한 방법을 '심지층 처분'이라고 하며 여러가지 실험을 통해 그 안전성이 증명되고 있다.

사용후핵연료를 그렇게 관리하는 나라가 있어요?

아직까지 그런 시설은 없지만 지금 유럽의 핀란드라는 나라에서 그런 시설을 만들고 있고 또 프랑스도 비슷한 시설을 추진하고 있단다. 그래서 머지않아 실제로 그런 시설들이 완성될 거야.

그러면 사용후핵연료를 심지층 처분하면 방사선 걱정을 하지 않아도 되겠네요?

빙고~

그러면 사용후핵연료를 심지층 처분하면 방사선이 얼마나 나와요?

1년에 0.01 밀리시버트도 안된단다.

Category	Value (mSv)
심지층 처분	0.01
연간평균	2.4
법적기준치	1

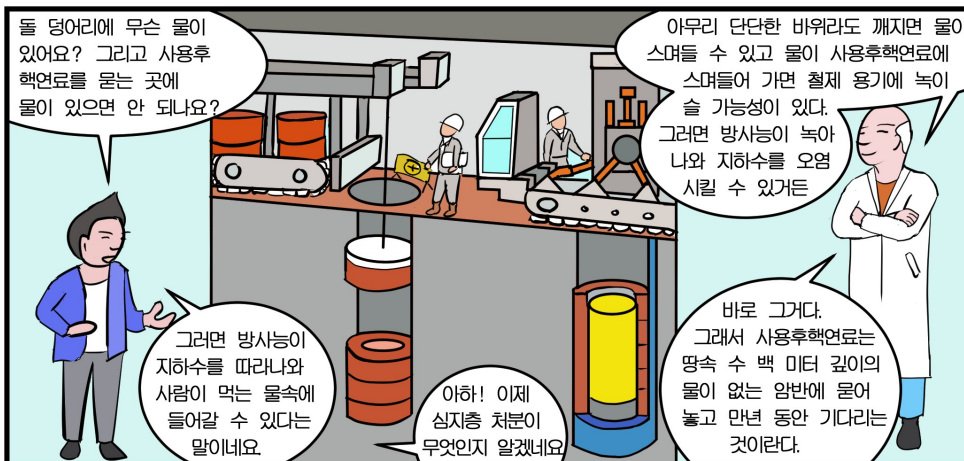
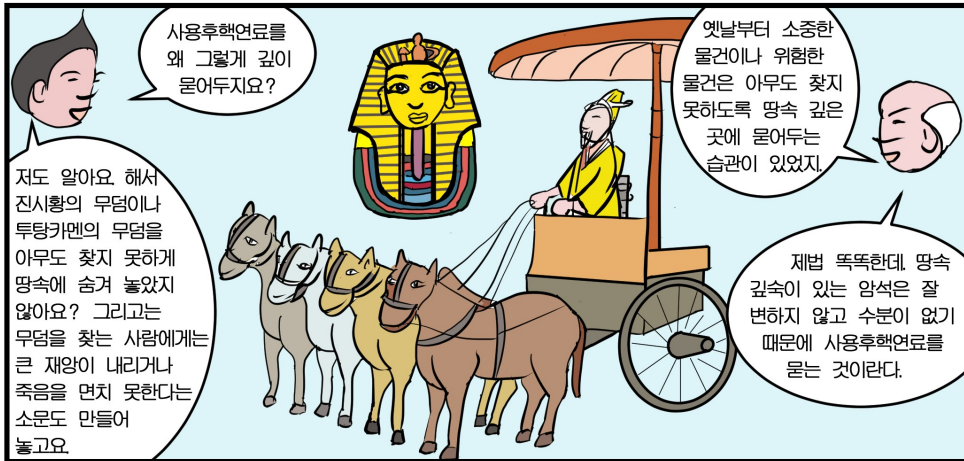
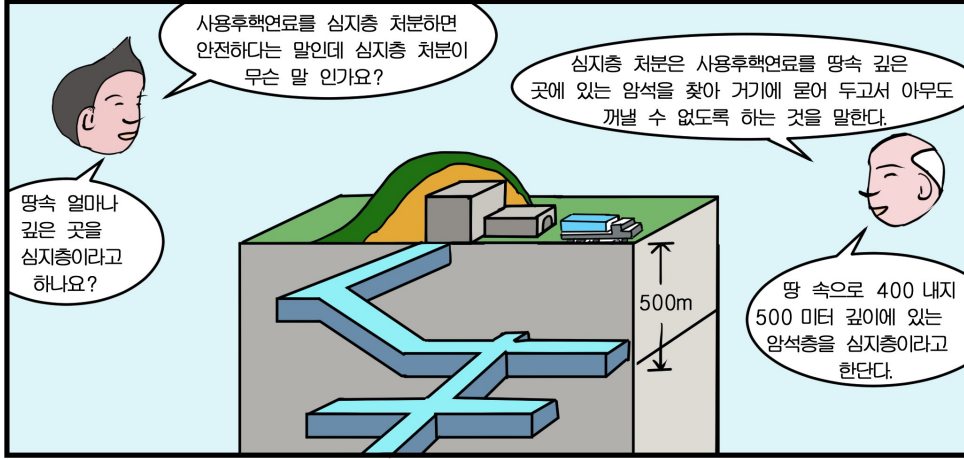
아까 우리가 지구에 살면 누구든지 1년에 2.4 밀리시버트의 방사선을 받는다고 말씀하신게 기억이 나는데 그 정도면 아무 것도 아니지 않아요?

그렇지. 전혀 걱정할 것이 없지.

사용후핵연료의 방사선에 대해서 알게 되니까 이제 걱정이 사라지네요.

그래. 아는 것이 힘이지.

14. 사용후핵연료의 심지층 처분



15. 사용후핵연료의 열과 후쿠시마원전 사고

리안, 혹시 몇 년 전에 일본의 '후쿠시마원전 사고'를 기억하고 있니?

그럼요 방사능 때문에 생선도 못먹고 방사능 비 때문에 학교도 안 간데가 있었지요

사실은 후쿠시마 원전사고의 근본 원인은 바로 사용후핵연료에서 나오는 뜨거운 열 때문이었다.

원자력 발전소의 핵폭발이 아니지요?

왜 열을 식히지 못하면 폭발이 일어나요?

열을 식히지 못하면 뜨거운 열이 물을 증발시키고 나가서 증발된 수증기를 분해시킬 수도 있단다. 리안, 수증기를 분해시키면 어떻게 되는지 알아?

수증기의 분해는 물 분해와 똑 같고 물을 분해하면 수소와 산소가 생기지요.

그래, 그렇게 해서 생긴 수소가 한 곳에 모이면 매우 위험하단다.

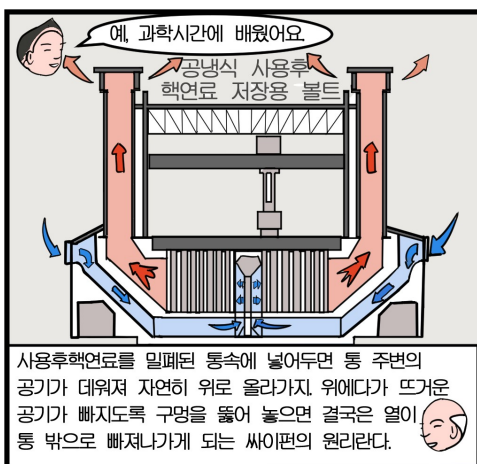
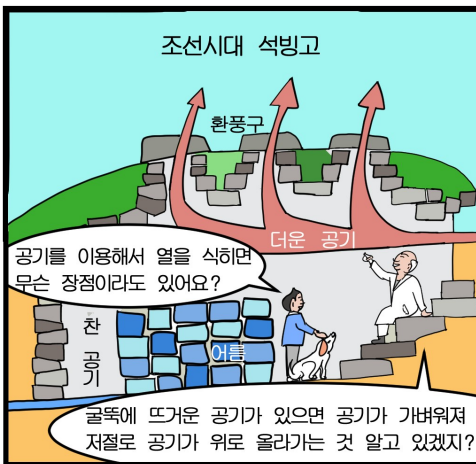
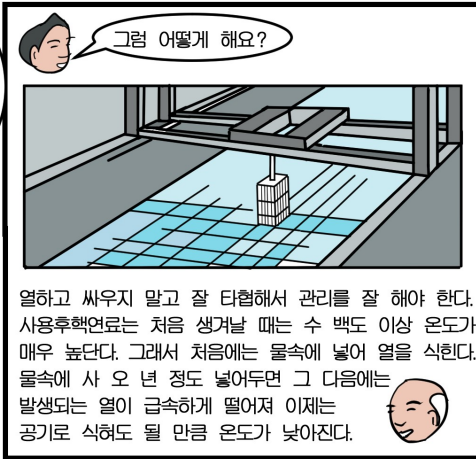
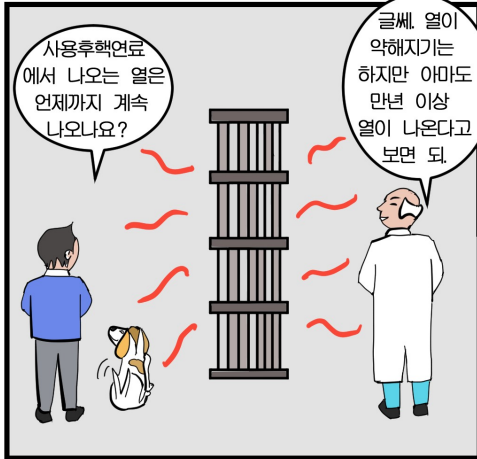
수소가 많이 있으면 폭발할 수도 있네요.

그러면 후쿠시마원전 사고는 수소 폭발이 진짜 원인이에요.

1. 지진발생
2. 외부전력 차단
3. 비상발전기 침수
4. 원자로냉각능력 상실
5. 수소폭발

바로 그거야. 후쿠시마원전에서 지진으로 사용후핵연료를 담아둔 커다란 물통이 깨져 물이 빠져 나가자 사용후핵연료가 점점 뜨거워져 주변에 남아있던 수분을 분해시켜 수소를 아주 많이 만들어 냈단다. 그 수소가 건물내에 모여 있다가 지진으로 인한 전기스파이크로 수소가 폭발한 거지.

제16화: 사용후핵연료에서 열이 언제까지 나오나?



사용후핵연료를 심지층 처분하더라도 거기에서 열이 조금씩이나마 계속 나오거든. 그 열은 매우 약하기 때문에 지하암석이 모두 흡수하도록 심지층 처분장이 건설된단다.

제17화: 사용후핵연료의 습식저장

리안, 현대 다람쥐가 얼마나 부지런한지 아니?



다람쥐는 하루에 37번이나 집과 도토리나무 사이를 왔다 갔다 한단다.

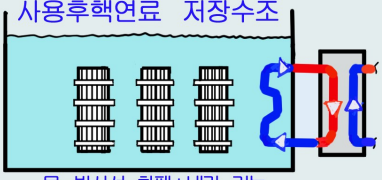
두 볼에 도토리를 가득 물고 다니면서 겨울 식량을 땅에 묻어 놓곤 하지.

????

다람쥐는 추운 겨울에 아주 편하게 잘 지내겠네요.

사용후핵연료도 나중에 땅속에 묻기 전까지는 어디 안전한 곳에 저장해 놓아야 하는데... 현대 사용후핵연료는 열과 방사선이 나온다고 했잖아.

아! 그렇지. 그러면 사용후핵연료를 저장하려면 열을 식히고 방사선을 막아 주어야 하겠네요.



사용후핵연료 저장수조

물=방사선 차폐+냉각 기능

바로 그거야! 뭐가 열도 식히고 방사선도 막아줄까? 우리 주변에 있는 물이 바로 열도 잘 식히고 방사선도 아주 잘 막아준단다.

그럼 물속에 사용후핵연료를 넣어두면 되겠네요.



그래서 원자력발전소 마다 큰 수영장이 있어 거기에 사용후핵연료를 저장한단다.

그럼 사용후핵연료를 그 수영장에 넣어 두었다가 나중에 땅 속 처분장이 생기면 거기다 버리면 되겠네요.



처분시설 결사반대

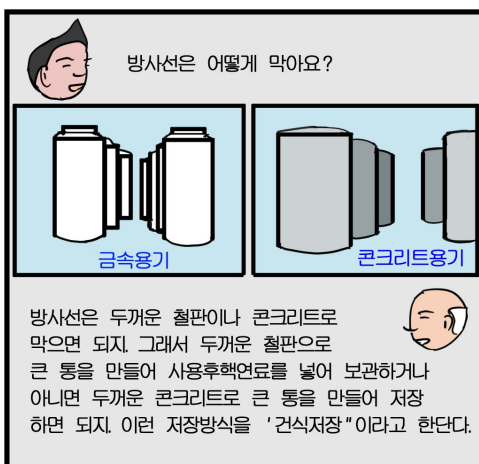
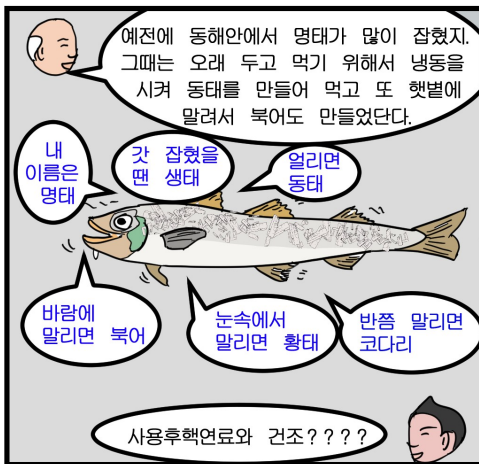
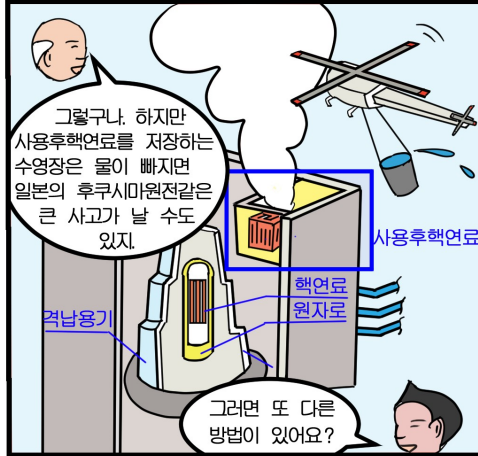
우리 땅엔 절대 안돼!
Not In My Backyard

그렇지. 근데 말이야 처분장을 만들 땅을 내놓는 사람들이 거의 없어서 처분장을 만드는데 아주 오랜 시간이 걸린단다.

그럼 수영장에 오래 두면 되지 않아요?

그렇지. 수영장 안에 오래 저장하면 되지. 그런 방법을 '습식저장' 이라고 한다. 하지만 물을 잘 관리해야 한단다.

제18화: 사용후핵연료의 건식저장



제19화: 중간저장? 임시저장?

신문에서 보니까 사용후핵연료의 중간저장과 임시저장에 대해서 어느 것이 맞는지 말이 많던데요

그래, 임시저장이 맞다 아니다 그것은 중간저장이다. 하는 등 서로 다른 의견이 있는 것 같구나.

그런데 영구처분장이 아직 없잖아요

그래서 하는 수 없이 우선 사용후핵연료를 저장해두는 방법 밖에 없단다. 영구처분할 때까지 사용후핵연료를 원자력발전소안에 저장할 수도 있고 발전소 밖에 모두 한 곳에 모아 저장하는 경우가 많다. 그리고 사용후핵연료의 안전한 관리를 위하여 세계적인 전문가들이 모인 국제원자력기구가 있어 여기에서는 사용후핵연료를 영구처분 전까지 저장하는 모든 저장을 '중간저장'이라고 부르고 있다.

그래 어느 것이 맞아요?

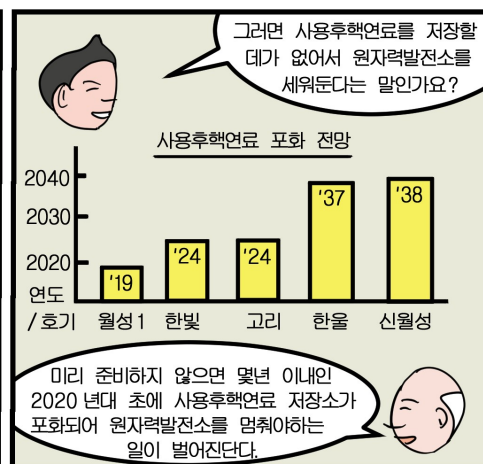
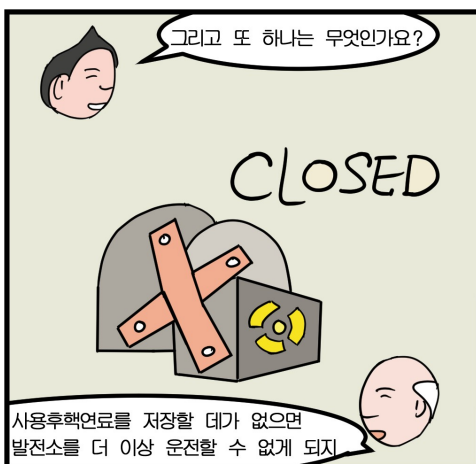
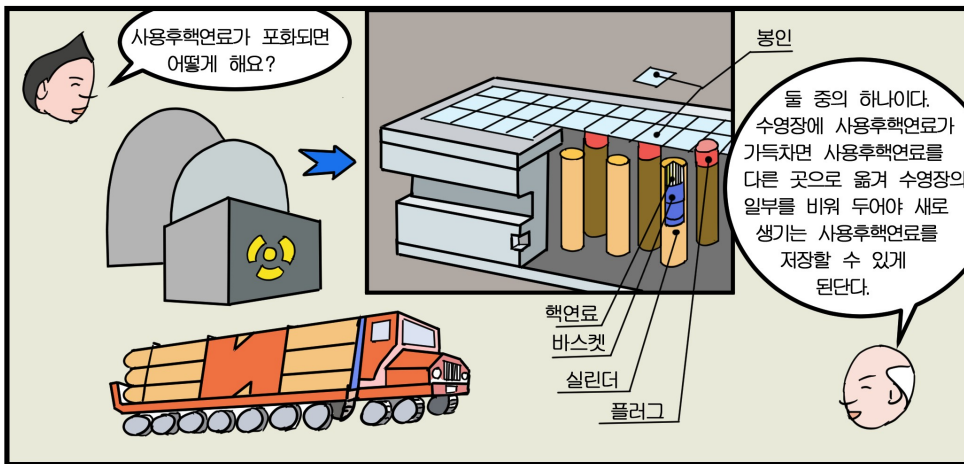
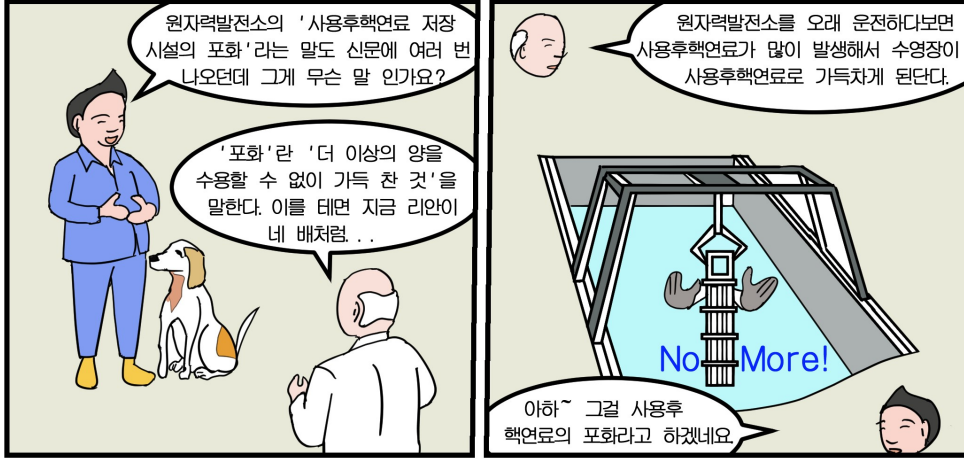
아마 사용후핵연료를 원자력발전소내에 저장하면 임시저장이라고 주장하고 또 원자력 발전소 밖에다 저장하면 중간저장인 것처럼 이야기 하는데... 사용후핵연료는 본래 발생시 원전에 저장하다가 영구 처분장으로 옮겨야 하는 것이다.

그러면 우리도 '중간저장'이라는 말로 통일하면 되겠네요

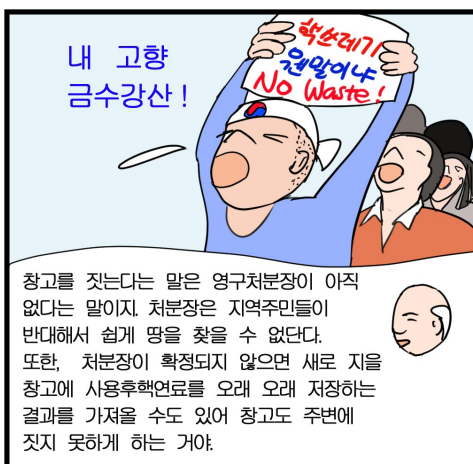
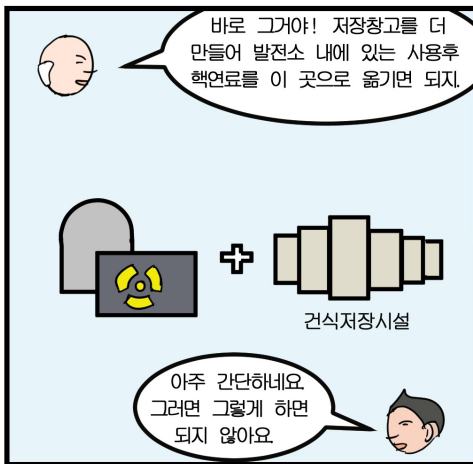
그렇지, 그렇게 하면 되는데 저장을 원자력발전소 안에다 할지 밖에다 할지를 놓고 서로 줄다리기를 하느라 '임시저장'이라는 말을 쉽게 버리지 못하고 있단다.

에이, 그냥 국제적으로 사용 하는 말을 쓰면 될텐데...

제20화: 저장시설의 포화가 무엇인가요?




제21화: 사용후핵연료의 포화를 막을 방법이 있나요?



제22화: 사용후핵연료도 원자폭탄처럼 폭발할 수 있나요?

사용후핵연료를 오래 놓아두고 잘못하면 원자폭탄처럼 폭발할까봐 겁이나요. 사용후핵연료속에는 우라늄과 플루토늄도 있다면서요.



하지만 우라늄과 플루토늄이 있다고 해서 원자폭탄이 되는 것은 아니란다. 북한이 우라늄과 플루토늄을 가지고서도 폭탄만드는 연습을 몰래 하는 것도 여러가지 어려운 조건들이 만들어져야 비로소 원자폭탄처럼 폭발이 가능하기 때문이지.

리안, 어렸을 적에 불장난 한 적이 있지?


성냥개비 집



예, 엄마 몰래 성냥을 가지고 친구들과 장난을 친 적도 있는데 한 번은 정말 큰 일 날 뻔 했어요.

부모님 몰래 술도 마셔 보았겠구나.

오늘 엄마, 아빠 만들어 오셔!




아우렴요. 몰래 마셔보지 않은 애들이 어디 있어요?

그래 그런데 말이다. 알코올 도수가 낮은 막걸리하고 도수가 매우 높은 러시아의 보드카를 가지고 와서 불을 붙여보면 어떻게 되는지 알아?


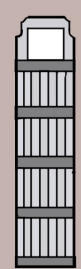
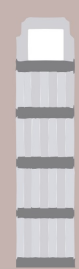

VS

막걸리 6% 보드카 40%이상

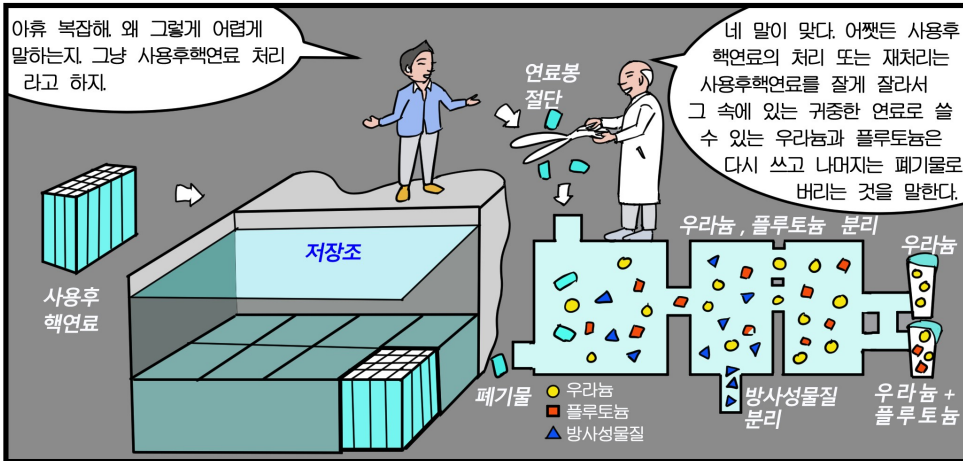
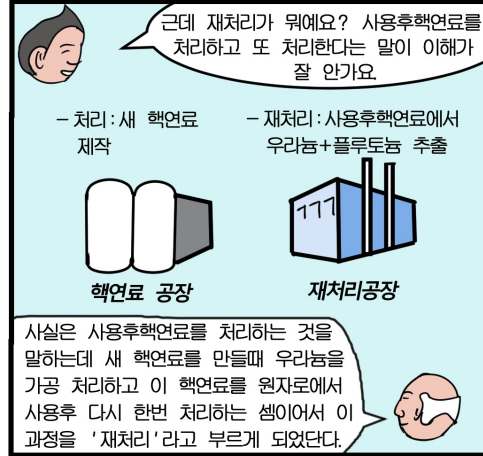


에이~ 그거야 뻘하지 않아요? 보드카는 불이 확 붙고 막걸리는 불이 안 붙지요.

그래. 그렇구나. 사용후핵연료도 그와 똑 같단다. 사용후핵연료는 막걸리여서 폭발하지 않고 순도가 높은 우라늄이나 플루토늄은 보드카 처럼 불이 잘 붙어 폭발한단다.

 <p>천연 우라늄 U-235, 0.7%</p>	 <p>새 핵연료 U-235, 4%</p>	 <p>사용후핵연료 U-235, 1% 플루토늄, 0.9%</p>	 <p>원자폭탄 U-235, 90% 플루토늄</p>
---	--	--	---

제23화: 사용후핵연료를 재처리하면 저장할 필요가 없다는 말도 있던데요.



제24화: 우리놈의 일생

리안, 모파상의 '여자의 일생'이라는 책 읽어 보았어?

女子의 一生
기드 모파상 지음

아니요 저는 여자에겐 관심이 없어서요...

리안, 그 책은 톨스토이가 극찬한 소설로 죽기 전에 꼭 읽어야 할 책의 목록에도 들어있었다.

톨스토이 추천 필독서 '여자의 일생'

이 책은 프랑스 귀족의 딸인 장느의 소녀 시절부터 결혼하여 아이를 낳고 또 그의 딸인 손녀를 키우게 되는 한 평생을 묘사한 소설로 19세기 중 프랑스 사회의 한 모습을 그린 유명한 책 이란다.

왜 갑자기 여자의 일생 이야기를 하세요?

우리 지금 사용후 핵연료에 대해서 이야기하고 있지? 갑자기 우리놈의 일생이 연상되는구나.

그거 재미있겠네요 그럼 우리놈의 일생은 어떤 거예요?

우리놈 광산
농축공장
정광
정련공장
변환공장
회수
고준위 폐기물
고준위 처분장
천연
우라늄
정광
농축
우라늄
가공공장
연료
가공공장
핵연료
원자력 발전소
중저준위 처분장
중간 저장시설
재처리시설
사용후 핵연료
중저준위 처분장

우리놈의 일생이란 땅 속에서 우리놈 광산을 찾아내어 우리놈을 뽑아낸 다음, 가공하여 핵연료를 만들고 발전소에서 전기를 생산하고 나서 원자로에서 꺼낸 다음 저장고에 저장하거나 재처리하여 연료물질 재사용하고 고준위 방사성 폐기물은 처분장에 묻는 모든 과정을 말한다.

그러면 우리놈이 땅 속에서 나왔다가 나중에 다시 땅 속으로 들어갈 때까지의 일생이 우리놈의 일생이 되겠네요.

그렇지. 여자의 일생처럼 우리놈이 원자력발전소에서 전기를 만든 다음 다시 땅 속으로 들어가는 모든 과정이 하나의 일생으로 볼 수 있지. 우리놈의 일생을 '핵주기'라고 부른다.

제25화: 핵 주기

핵주기라고 불리는 우리나라의 일생 중에서 서로 다를 점은 무엇인가요?

중간저장시설

사용후 핵연료

원자력발전소

재처리시설

영구처분장

좋은 질문이다. 원자로에서 꺼낸 사용후핵연료를 그냥 보관했다가 사용후핵연료를 재처리하고 나서 뽑아낸 연료를 다시 사용하고 폐기물만 명숙에 묻는 방법이 눈에 띄게 다른 점이지.

사용후핵연료 속에 우라늄과 플루토늄 등 귀중한 자원이 들어 있는데 그것을 그냥 버리면 되나요?

그렇지. 하지만 문제는 그렇게 간단한 것이 아니란다.

무슨 골치 아픈 문제라도 있어요?

불순한 생각을 가지면 재처리 하는 과정에서 플루토늄만 뽑아내어 폭탄으로 만들 수도 있단다.

연료봉

재처리설비

방사성 물질분리

우라늄

플루토늄

우라늄 + 플루토늄

그렇구나. 그러면 불순한 생각을 갖지 못하도록 철저히 감시를 하면 되겠네요.

그게 바로 국제원자력기구인 IAEA가 하는 일이고 특히 핵무기 확산을 금지하고 있는 미국의 관심사이기도 하단다.

재처리를 하고자 할 때 가장 큰 걸림돌이 되겠네요.

우리나라도 그래서 재처리 핵주기를 하고 싶어도 못 하단다.

한미원자력협정

재처리

그래. 바로 경제성이지. 만약에 사용후 핵연료에서 우라늄과 플루토늄을 뽑아내는 비용이 새 우라늄을 사는 비용보다 크면 굳이 재처리를 할 필요가 있겠니?

다른 이유도 있어요?

재처리

에너지 경제학

제26화: 핵주기 정책

한 나라를 움직이는 데는 국가 정책이 필요하듯이 원자력발전소를 운영하려면 효과적인 핵주기 정책이 필요하단다.

핵주기 정책이 뭔데요?

연료가공 중간저장 재처리 영구처분

핵주기 정책이란 우라늄을 확보해서 핵연료를 만들고 사용후핵연료의 재처리 여부, 처분장이 만들어지기 전까지 사용후핵연료를 어디에 어떻게 보관할 건지 등을 정하는 원칙이란단다.

그런데 핵연료는 어떻게 만들어요?

천연우라늄 농축우라늄

U-235 0.7% U-235 3~5%

땅 속에서 캐낸 우라늄을 '천연우라늄'이라고 한다. 이 천연우라늄을 이용해서 우라늄235의 농도를 3내지5 퍼센트까지 높이는 일을 별도로 해야한다. 이를 '우라늄의 농축'이라고 부르지.

천연우라늄을 농축해서 원자력발전소의 핵연료를 만든다는 말씀이지요?

우라늄235 3~5%로 증가 (원전연료)

우라늄235 90%이상 (핵폭탄)

천연우라늄 (우라늄235 0.7%)

그럼 그런데 이 농축이라는 과정이 매우 돈이 많이 들고 또 농축을 계속해서 우라늄235의 농도를 90% 이상 올리게 되면 이것이 바로 핵폭탄의 원료가 된단 말이야.

헉! 핵폭탄?

히로시마에 투하된 핵폭탄

그래. 2차세계대전 때 일본의 히로시마에 떨어진 핵폭탄이 바로 우라늄235를 농축해서 만든 폭탄이란단다.

근데 그거하고 원자력발전소의 핵주기하고 무슨 상관 있어요?

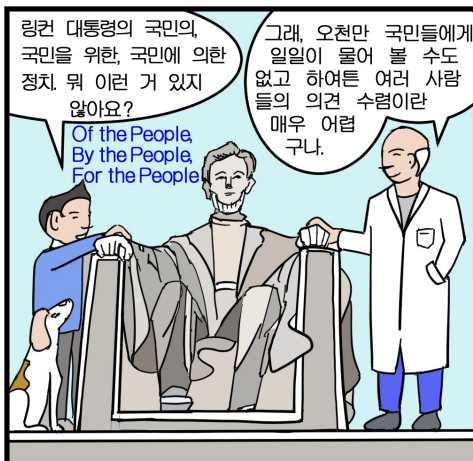
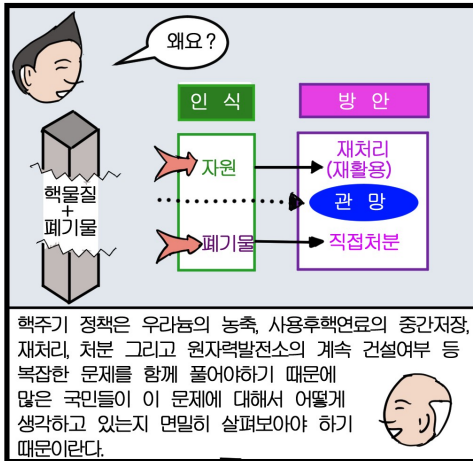
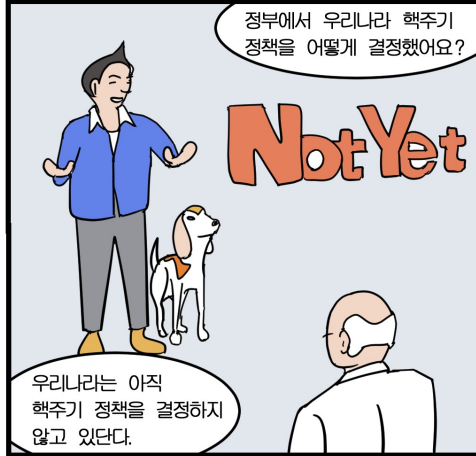
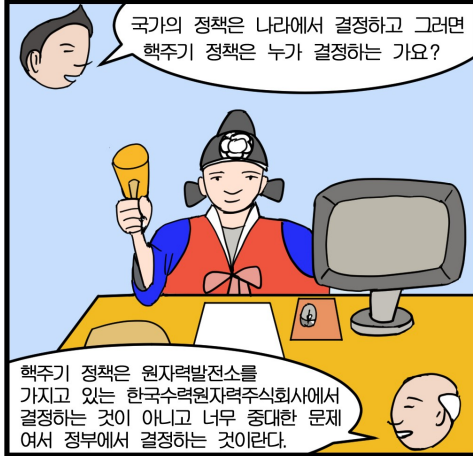
리안, 몰라서 묻는거니? 원자력발전소의 핵연료를 만든다고 해놓고 우라늄235를 계속 농축하여 순도 90%가 넘는 우라늄 235를 만들어 내면 어떻게 되지?

그러면 우라늄 농축도 아무나 하지 못 하겠네요.

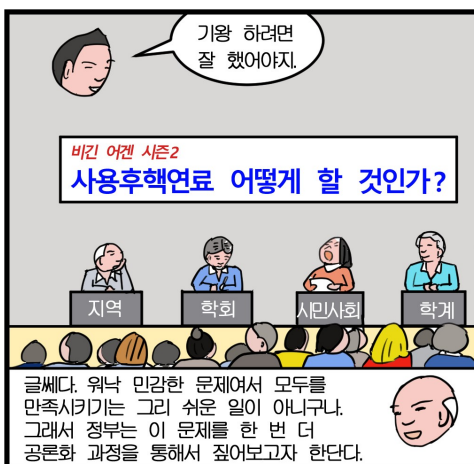
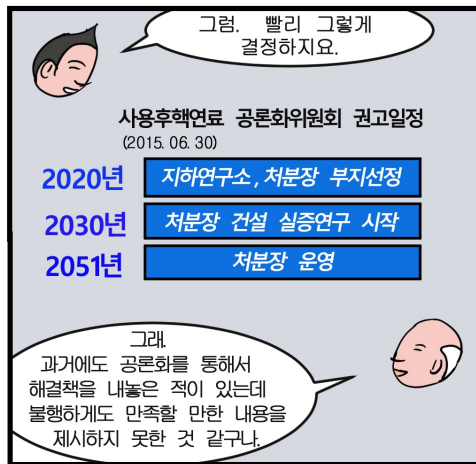
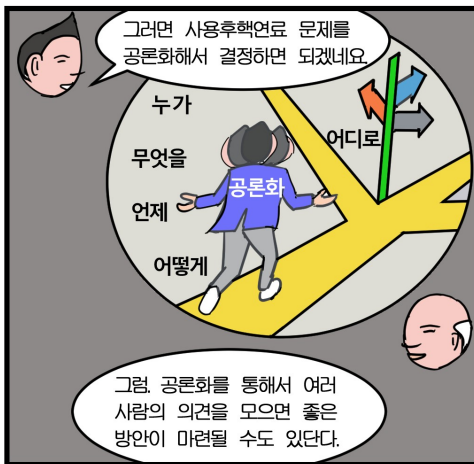
농축시설 재처리시설

바로 그거야. 핵주기 정책에서 정해야 하는 것이 재처리 뿐만 아니라 우라늄의 농축문제도 정해야 하는 것이다. 우라늄의 농축을 못하면 이미 농축시설을 가진 미국이나 프랑스에서 농축된 우라늄을 사와야 한단다.

제27화: 핵주기 정책의 결정



제28화: 사용후핵연료의 공론화



제29화: 사용후핵연료는 안전한가



제30화: 사용후핵연료는 안전하게 관리되고 있는가?

