

사용후핵연료 70
이야기

차례

첫째, 사용후핵연료가 뭔가요?

01_	사용후핵연료란 무엇인가요?	8
02_	사용후핵연료와 고준위방사성폐기물은 다른가요?	10
03_	핵연료주기가 무엇인가요?	12
04_	사용후핵연료는 얼마나 발생했나요?	13
05_	사용후핵연료의 종류가 있나요?	14
06_	사용후핵연료 방사선과 자연방사선은 다른가요?	16
07_	습식저장은 무엇인가요?	18
08_	건식저장은 무엇인가요?	20
09_	사용후핵연료 저장시설은 지진에 안전한가요?	22
10_	세계적으로 사용후핵연료는 어떻게 관리하고 있나요?	24
11_	임시저장은 무엇인가요?	26
12_	중간저장은 무엇인가요?	27
13_	영구처분은 무엇인가요?	28
14_	중간저장하지 않고 바로 영구처분하면 안되나요?	30
15_	사용후핵연료는 어떻게 운반하나요?	32
16_	지하연구시설이 무엇인가요?	34
17_	우리나라도 재처리를 할 수 있나요?	38
18_	재활용과 재처리는 어떻게 다른가요?	40
19_	신(新) 한·미원자력협정의 주요내용은 무엇인가요?	42
20_	재처리하면 처분장이 필요없지 않나요?	43
21_	한반도 주변국의 사용후핵연료 관리방법은?	44



둘째, 궁금해요, 사용후핵연료 정책

22_	사용후핵연료 관리에는 무엇이 필요한가요?	50
23_	공론화위원회 권고안과 기본계획은 어떻게 다른가요?	51
24_	원자력안전위원회와 원자력진흥위원회는 다른가요?	54
25_	원전 부지 내에 있는 저장시설을 계속 늘리면 안 되나요?	55
26_	사용후핵연료를 안전하게 관리하는 비용은 어느 정도인가요?	56
27_	2019년에 포함되는 월성원전은 어떻게 하나요?	58
28_	경주도 사용후핵연료 관련 시설을 유지할 수 있나요?	60
29_	월성원전의 건식저장시설은 중저준위 특별법상 관련 시설이 아닌가요?	62
30_	사용후핵연료 관리기술의 수준은 어느 정도인가요?	64
31_	재활용 기술이 확보되면 어떻게 되나요?	66
32_	중간저장한 후에 재활용 기술이 실현되면 어떻게 하나요?	68
33_	해외에 위탁재처리도 가능한가요?	69
34_	관리시설 부지선정은 어떻게 되나요?	70
35_	경주 방폐장이 있는데 사용후핵연료 처분장이 또 필요한가요?	72
36_	중간저장시설과 영구처분시설을 별도로 건설하나요?	74
37_	다른 나라도 부지선정에 어려움이 많았다고 하는데요?	76
38_	무인도에 사용후핵연료 관리시설을 만들면 안 되나요?	78
39_	부지선정 과정에서 지역주민의 의사는 어떻게 반영하나요?	80
40_	유치지역 지원은 왜 필요한가요?	82
41_	원전 부지 내에 저장시설을 확충하면 해당 지역에 지원이 있나요?	84

셋째, 사용후핵연료, 무엇이든 물어보세요

42_ 플루토늄은 조금만 먹어도 죽는다는데?	90
43_ 사용후핵연료도 핵폭탄처럼 폭발하나요?	91
44_ 사용후핵연료를 10만년 이상 안전하게 처분할 수 있나요?	94
45_ 핀란드도 건설허가만 받았지 안전성 문제는 미해결 상태라는데?	96
46_ 아무리 깊은 땅 속이라도 지진에는 못 견딜 것 같은데?	97
47_ 땅 속에 사용후핵연료를 두면 물이 나와 더 위험하지 않나요?	98
48_ 사용후핵연료를 안전하게 운반할 수 있나요?	99
49_ 사용후핵연료를 물 속에 더 촘촘히 저장해도 안전한가요?	100
50_ 건식저장시설에서 방사능 누출이 심각하다는데?	101
51_ 월성원전에서 사용후핵연료를 노상방치 한다는데?	102
52_ 방폐장 특별법이 금지한 시설이 경주에 있다는데?	103
53_ 원전 부지내의 저장시설은 사실상 중간저장시설 아닌가요?	104
54_ 우리나라에 영구처분할 부지가 있을까요?	105
55_ 경주 방폐장 선정 시 정부가 한 약속을 안 지켰다는데?	106
56_ 금전적 혜택으로 지역주민의 마음을 사고자 하는 것은 아닌지?	108
57_ 의견수렴 절차 없이 정부 입장을 관철하려 한다는데?	110
58_ 공론화위원회 권고안의 일정은 실현 불가능한 것은 아닌지?	111
59_ 사용후핵연료 관리기술을 적기에 확보할 수 있는지?	112
60_ 사용후핵연료 관리에 필요한 자금은 충분한지?	113
61_ 사용후핵연료 문제를 강행하는 것은 원전확대를 위해서라는데?	114
62_ 사용후핵연료 관리비용을 감안하면 원전의 경제성이 없다는데?	115
63_ 유럽은 사용후핵연료 때문에 원전을 없앤다는데?	118
64_ 원전을 해체하면 사용후핵연료도 해체하나요?	119
65_ 정부가 발표하는 포화시점은 왜 바뀌나요?	120
66_ 사용후핵연료 국제공동저장·처분시설은 실현가능한가요?	121

67_	경수로에서 나온 사용후핵연료는 저장기술이 없다는데?	122
68_	지하 500m에 처분해도 안전하지 않다는데?	124
69_	사용후핵연료를 줄이려면 탈원전 해야 한다는데?	125
70_	사용후핵연료 운반용기는 아직 없다는데?	126

	경주 컨센서스	132
--	---------	-----





첫째,
사용후핵연료가
뭔가요?



01

01 사용후핵연료란 무엇인가요?



원자력발전은 우라늄을 연료로 사용하는데, 발전에 사용되었던 우라늄 연료를 사용후핵연료(Spent Nuclear Fuel)라고 합니다.

- 원자력발전에 쓰이는 우라늄 핵연료는 우라늄-235(U-235)가 약 3~5% 정도 들어 있습니다.
- 4년 정도 사용하면 우라늄-235가 약 1%로 줄어들어 더 이상 발전에 사용하지 못하기 때문에, 새로운 연료로 바꿔주어야 합니다.
- 이때 교체되어 나온 우라늄 핵연료인 사용후핵연료는 높은 열과 방사능을 가지는 물질로 바뀌기 때문에 안전을 위해서 특별하게 관리해야 합니다.

사용전핵연료



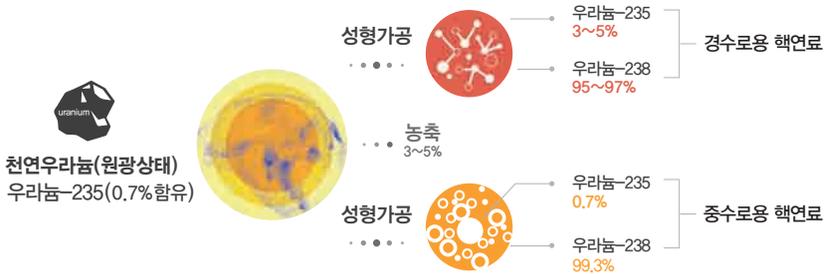
사용후핵연료



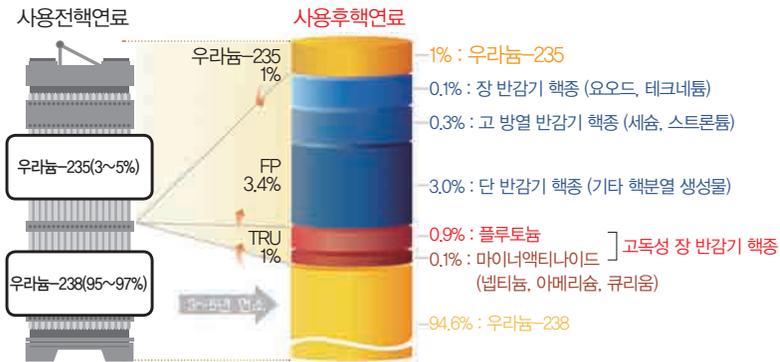


궁금해요

- 원자력발전에는 우라늄-235(U-235)가 사용됩니다. 광산에서 캐낸 천연우라늄에는 우라늄-235가 약 0.7% 포함되어 있고 나머지 99.3%는 우라늄-238입니다.
- 우라늄-235는 핵분열을 하므로 연료가 되지만 우라늄-238은 핵분열을 하지 않습니다.
- 중수로형 원전은 천연우라늄을 연료로 사용하지만, 경수로형 원전은 우라늄-235를 3~5% 정도로 농축하여 사용합니다.



- 우라늄이 핵분열하면 플루토늄, 세슘, 스트론튬 등 방사성물질로 바뀝니다.



* FP(Fission Products : 핵분열생성물) : 핵분열과정에서 생성된 물질

* TRU(Transuranic elements : 초우라늄) : 인공적으로 만들어진 우라늄보다 무거운 원소

〈경수로형 사용후핵연료의 구성비〉

02 사용후핵연료와 고준위 방사성폐기물은 다른가요?

고준위방사성폐기물 (High Level Radioactive Waste)은 열과 방사능 준위가 높은 폐기물을 말합니다. 사용후핵연료는 고준위방사성폐기물의 일종입니다.

- 방사성폐기물은 열과 방사능의 준위에 따라서 고준위(High Level), 중준위(Intermediate Level), 저준위(Low Level), 극저준위(Very Low Level)로 분류합니다.
- 우리나라의 경우 고준위방사성폐기물은 사용후핵연료가 대부분입니다.
 - 경주 중저준위방사성폐기물 처분시설에 처분하는 중저준위방사성폐기물은 원전에서 사용된 장갑, 작업복, 일회용 신발, 덧신 등 방사능 준위가 낮은 것들임.

고준위폐기물의 예



중저준위폐기물의 예





궁금해요

- 원자력안전법에서는 고준위방사성폐기물을 열 발생량이 $2\text{kW}/\text{m}^3$, 반감기 20년 이상인 알파선을 방출하는 핵종으로 방사능농도가 그램당 4,000베크렐* 이상인 것으로 정하고 있습니다.
 - * 1베크렐(Bq)은 방사선 입자가 1초에 1번 방출되는 세기.
 - 발전소내 저장 수조에서 5년가량 냉각한 사용후핵연료는 다발당 $1\text{kW}/\text{m}^3$ 정도의 열을 발생하는데, 이는 가정용 다리미와 비슷한 수준.
- IAEA 권고에 따라 우리나라는 방사성폐기물을 방사능농도 등을 기준으로 고준위폐기물, 중준위폐기물, 저준위폐기물, 극저준위폐기물로 구분합니다.

방사성폐기물 분류 체계

구분	분류 기준	예시	처분 방식
고준위 폐기물	반감기 20년 이상의 알파선을 배출하는 핵종으로, 방사능 농도는 $4000\text{Bq}/\text{g}$ 이상이고, 열발생률은 $2\text{kW}/\text{m}^3$ 이상	사용후핵연료	지하 깊은 곳 (500m 이상)
중준위 폐기물	저준위폐기물농도 기준 이상	핵연료 손상기간 중에 발생된 폐수지, 폐필터 등	지하 깊은 곳 (100m 이상)
저준위 폐기물	방사능농도가 자체처분 허용 농도의 100배 이상이고 저준위 폐기물 농도 기준 미만	중준위에 해당하지 않는 잡고체, 폐수지, 폐필터 등	지하 깊은 곳이나 지상시설 처분
극저준위 폐기물	방사능농도가 자체처분 허용 농도 이상이고 자체처분 허용 농도의 100배 미만	오염도가 낮은 잡고체, 해체 중에 발생된 오염도가 낮은 콘크리트 등	일반 매립도 가능

03 핵연료주기가 무엇인가요?

핵연료주기(Nuclear Fuel Cycle)는 우라늄 채광에서 원자력발전을 거쳐 최종적으로 자연상태로 되돌리기까지 핵연료의 일생을 말합니다.

- 핵연료주기는 사람의 일생처럼 핵연료의 일생을 총칭하는 말입니다.
- 핵연료주기는 원자로에 사용되는 것을 기준으로 선행과 후행으로 구분됩니다.
- 선행핵연료주기는 우라늄을 채광하여 연료로 만들어 원자로에서 사용하기까지의 과정을 말합니다.
- 후행핵연료주기는 원자로에서 나온 사용후핵연료의 열과 방사능을 감소시켜 자연으로 되돌려 보내는 일련의 과정을 말합니다.

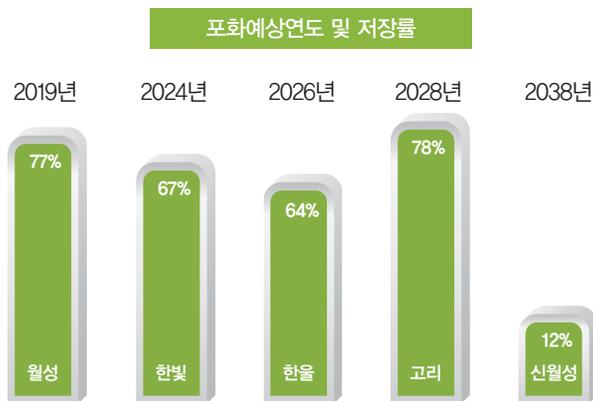


04 사용후핵연료는 얼마나 발생했나요?



사용후핵연료는 매년 750톤 정도 발생하여, 2015년 기준 총 1만 4천 톤이 저장되어 있습니다.

- 우리나라에는 현재 20기의 경수로형 원전에서 매년 약 400톤(약 20톤/기), 4기의 중수로형 원전에서는 약 350톤(약 90톤/기)의 사용후핵연료가 발생합니다.
 - 중수로형 원전은 농축되지 않은 천연우라늄을 사용하기 때문에 경수로형 원전에 비해 사용후핵연료가 월등히 많이 발생함.
- 2015년까지 경수로형 원전에서는 6,735톤이, 중수로형 원전에서는 7,733톤이 발생했습니다.
- 사용후핵연료는 원전내에 있는 저장시설에 보관하고 있는데, 2019년이 지나면 월성 원전부터 시설용량이 가득 차게 됩니다.



* 출처 : 공론화위원회 권고보고서 (2015.6.29)

05 사용후핵연료의 종류가 있나요?



우리나라에는 경수로형과 중수로형 사용후핵연료 두 가지 종류가 있습니다.

- 경수로형 핵연료는 U-235(우라늄-235)의 농축도가 3~5% 정도인 농축 우라늄을 사용하고, 중수로형 핵연료는 U-235 함유량이 0.7%인 천연 우라늄을 사용합니다.
- 경수로형 핵연료는 다발당 우라늄 무게가 450kg 정도이며 4년 정도 사용 됩니다.
- 중수로형 핵연료는 다발당 우라늄 무게가 19kg 정도이며 9개월 정도 사용 됩니다.
- 사용후핵연료에서 발생하는 열과 방사능은 중수로형이 경수로형에 비해 낮습니다.
 - 10년 정도 냉각된 중수로형 사용후핵연료의 경우 동일조건인 경수로 사용후 핵연료 대비 열 발생량은 1/10, 방사능은 1/20 수준임.



궁금해요

- 경수로형과 중수로형 핵연료는 이렇게 다릅니다.

구분	경수로형 핵연료	중수로형 핵연료
국내보유 원전	20기	4기
개발국가	미 국	캐나다
냉각재	경수(H ₂ O)	중수(D ₂ O)
사용연료	저농축우라늄(U-235 : 3~5%)	천연우라늄(U-235 : 0.7%)
연료 교체주기	18개월마다 1/3씩 교체	매일 일정량(16다발) 교체
연평균 사용후핵연료 발생량	약 400톤 (약 20톤/기)	약 350톤 (약 90톤/기)
원자로 형태	수직 (1개의 원통용기)	수평 (380개의 압력관)
핵연료 다발 모양	 <ul style="list-style-type: none"> - 길이 : 약 400cm - 폭 : 20cm - 무게 : 약 450kgU 	 <ul style="list-style-type: none"> - 길이 : 50cm - 직경 : 10cm - 무게 : 약 19kgU

※ 중수(D₂O)는 경수(H₂O)보다 중성자를 덜 흡수하기 때문에 U-235(우라늄-235)의 농축도가 낮아도 됨.

06 사용후핵연료 방사선과 자연방사선은 다른가요?



근본적으로 같습니다. 사용후핵연료 방사선은 인공방사선의 한 종류에 속하는데, 인공방사선이든 자연방사선이든 동일한 방사선량을 받을 경우 위험도는 동일합니다.

- 방사선은 자연방사선과 인공방사선으로 구분되지만, 방사선량은 같습니다.
- 자연방사선은 지구가 탄생한 이후부터 우리 주위에 있어온 방사선으로, 우주에서 날아오는 우주방사선과 땅 속에 자연적으로 존재하는 방사성 물질에서 나오는 방사선 등이며, 우리는 연간 평균 2.4밀리시버트(mSv) 정도의 자연방사선을 받으며 살아갑니다.
- 인공방사선은 의료기기, 원자력발전소 등에서 발생한 동위원소에서 나온 방사선으로 사용후핵연료 방사선도 이에 속합니다.

참고사이트

국가 환경방사선 자동감시망 : <http://iernet.kins.re.kr>



앱 검색

실시간 환경방사능 정보

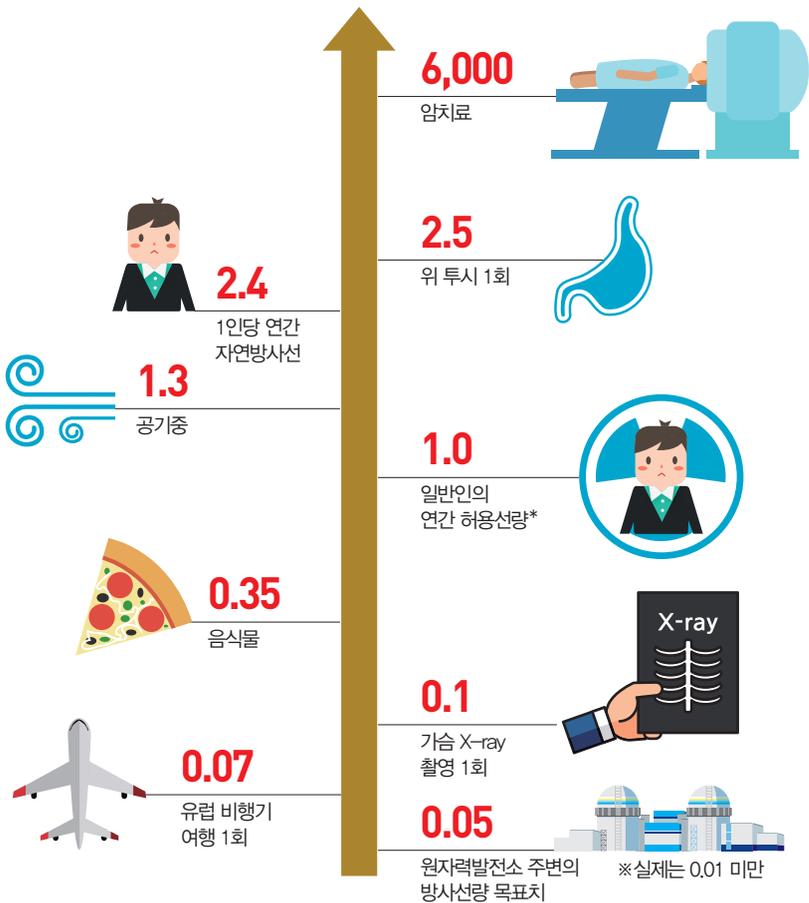




궁금해요

자연방사선 VS 인공방사선

단위 : mSv



* 질병의 진단이나 치료 목적의 의료용 방사선량은 제외

07 습식저장은 무엇인가요?

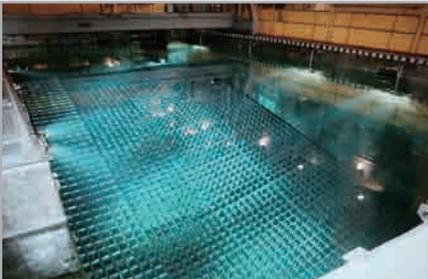


습식저장은 사용후핵연료를 물로 식히는 것을 말합니다. 모든 원전에 설치되어 있는 저장수조가 습식저장시설입니다.

- 습식저장은 사용후핵연료를 저장수조에 넣어서 식히는 것을 말하며, 모든 원자력발전소에 저장수조는 원전시설의 일부로 설치되어 높은 열과 방사능을 효과적으로 낮춥니다.
- 저장수조는 두꺼운 콘크리트 구조물에 내벽이 스테인리스강인 이중구조로 설계하여 운영되고 있습니다.

국내 사용후핵연료 습식저장시설

경수로형 습식저장조



중수로형 습식저장조

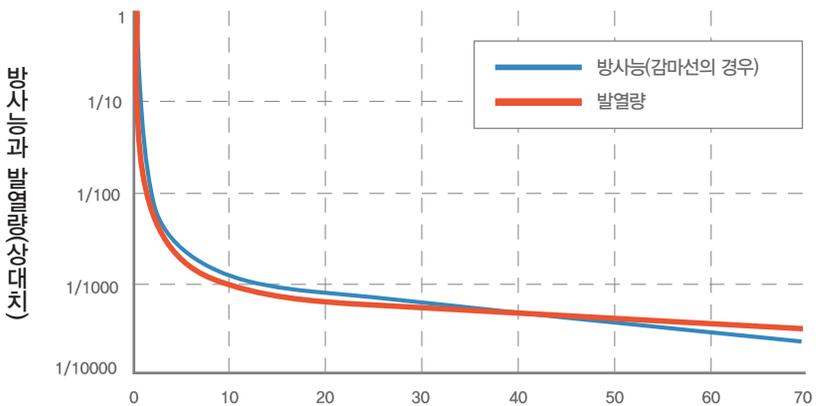




궁금해요

- 사용후핵연료에서는 열과 방사선이 나오는데, 이는 시간이 지나면서 감소합니다.

사용후핵연료의 방사능과 열 발생량 감소 추이



원자로로부터 꺼낸 후의 경과시간(년)

- 방사선, 방사능과 방사성
 - 불빛이 쬐진 전구를 예로 들면, 전구가 비추는 빛은 방사선, 전구의 밝기 또는 세기는 방사능, 전구 자체는 방사성 물질에 해당
 - 방사선(放射線) : 방사성물질이 만드는 에너지 흐름의 종류
 - 방사능(放射能) : 방사선의 세기 즉, 방사선의 양
 - 방사성(放射性) : 방사능을 포함하고 있는 성질, 그런 물질은 방사성물질



08 건식저장은 무엇인가요?



건식저장은 사용후핵연료를 공기로 식히는 것을 말합니다. 이는 세계적으로 상용화되어 운영중입니다.

- 사용후핵연료는 원자로에서 나온 직후에는 물로 식히지만, 5년 정도 지나면 공기로 식혀도 됩니다.
 - 건식저장은 습식에 비해 운영비용이 적고 용량 확장과 장기관리 측면에서 유리함.
- 국내 원전의 경우 월성 원전에서 규제기관의 인허가를 받은 후 콘크리트 사일로와 조밀건식저장시설(Macstor)을 건설하여 운영하고 있습니다.
 - 발전사업자는 건식저장시설의 온도를 실시간으로 감시하고, 주기적인 방사선량 측정과 구조물 건전성 검사 등을 통해 시설의 안전성 확인
 - 원자력안전위원회는 원자력안전법 등에 따라 안전성을 별도로 확인

월성원전 건식저장시설

건식저장시설(Concrete Silo)



조밀건식저장시설(Macstor)





궁금해요

● 일반적인 건식저장 방식



- **콘크리트/금속 용기방식** : 사용후핵연료를 담은 금속 캐니스터를 수직 원통형 콘크리트 또는 금속 용기에 저장하는 방식
- **볼트방식** : 사용후핵연료를 담은 금속저장 튜브 또는 캐니스터를 독립된 콘크리트 구조물 내부의 공간에 저장하는 방식
- **모듈방식** : 사용후핵연료를 담은 금속저장 캐니스터를 콘크리트모듈 내의 공간에 저장하는 방식

● 해외 중수로 건식저장시설 현황

국 가	원전명	건식저장시설(운영년도)
캐나다	Pickering	○ Dry Storage Canister(1996년 ~) - Phase 1 저장용량 : 249,600다발 - Phase 2 저장용량(계획포함) : 384,600다발
	Point Lepreau	○ Silo(1991년 ~) - 저장용량 : 180,000다발
	Douglas Point	○ Silo(1987년 ~) - 저장량 : 22,256다발(폐로 사용후핵연료 저장)
	Gentilly-2	○ MACSTOR-200(1995년 ~) - 저장용량 : 240,000다발
	Darlington	○ Dry Storage Canister(1996년 ~) - 저장용량(계획포함) : 750,000다발
	Bruce	○ Dry Storage Canister(2003년 ~) - 저장용량(계획포함) : 576,000다발
중 국	Qinshan	○ MACSTOR-400(2003년 ~) - 저장용량 : 8,216톤
아르헨티나	Embalse	○ Silo(1993년 ~) - 저장용량(계획포함) : 129,600다발
루마니아	Cernavoda	○ MACSTOR-200(2003년 ~)

09 사용후핵연료 저장시설은 지진에 안전한가요?

사용후핵연료 저장시설은 규모 6.5의 지진에도 안전하도록 내진 설계되어 있습니다.

- 원전과 관계시설은 규모 6.5의 지진에 견딜 수 있도록 설계되어 있으며, 원전내 사용후핵연료 저장시설도 동일하게 설계되어 있습니다.
- 규모 6.5의 지진은 세계적으로 1년에 약 120건 발생합니다. 그러나 우리나라에서는 1978년 홍성에서 발생한 규모 5.0의 지진이 가장 큰 지진으로 기록되어 있습니다.
- 원전의 사용후핵연료 저장시설은 상부에 설치된 크레인 등 관련 부속 설비도 내진설계 되어 안전하게 관리되고 있습니다.

지진 규모별 영향 및 발생빈도

리히터 규모	지진의 피해	발생빈도
2.0 이하	느끼지 못함	하루 약 8,000회
2.0~2.9	느끼지 못하지만 기록됨	하루 약 1,000회
3.0~3.9	가끔 느끼지만 거의 영향 없음	1년 약 4,900회
4.0~4.9	실내 물건들이 흔들림, 덜컹거리는 소리	1년 약 6,200회
5.0~5.9	약한 건물들이 큰 손상을 받을 수 있음, 잘 대비된 건물들은 경미한 손상	1년 약 800회
6.0~6.9	반경 160km 내에서 파괴될 수 있음	1년 약 120회
7.0~7.9	더 큰 영역에 심각한 손상을 초래	1년 약 18회
8.0~8.9	수백km까지 큰 손상을 초래	1년 1회
9.0~9.9	수천km까지 매우 파괴적 손상을 초래	20년 1회

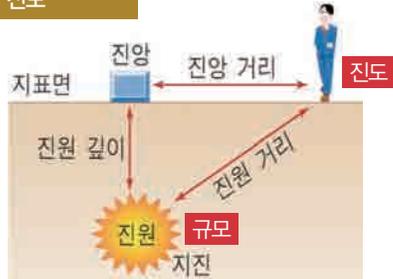
* 출처 : 국립중앙과학관(www.science.go.kr)



궁금해요

지진의 규모와 진도

- 지진의 크기를 나타내는 규모와 진도는 의미가 전혀 다릅니다.



- **규모(Magnitude)** : 진원에서 방출된 지진 에너지의 양을 나타내는 절대적인 척도
 - 1935년 찰스 리히터가 만든 리히터 규모를 사용하고 있으며, 규모가 1단계 올라갈 때 마다 지진에너지는 약 32배, 진폭은 약 10배 증가
- **진도(Intensity)** : 어떤 한 지점에서 지진이 주는 느낌이나 피해를 측정하는 상대적인 척도
 - 진도에는 8등급으로 표현하는 일본 기상청 진도계급(JMA), 12등급인 수정 메르칼리 진도계급(MMI) 등이 있으며, 우리나라는 2000년부터 MMI 진도 사용중

메르칼리진도와 리히터 규모 비교표

메르칼리 진도 등급	강도	효과	리히터 규모
I	기계만 느낌	지진계나 민감한 동물이 느낀다	~3.5
II	아주 약함	가만히 있는 민감한 사람이 느낀다	3.5
III	약함	트럭이 지나가는 것과 같은 진동을 느낀다	4.2
IV	중간 정도	실내에서 진동을 느끼고 정지한 자동차를 흔든다	4.5
V	약간 강함	일반적으로 진동을 느껴 자는 사람을 깨운다	4.8
VI	강함	나무가 흔들리고, 의자가 넘어진다. 일반적인 피해를 초래한다.	5.4
VII	보다 강함	벽에 금이 가고 떨어진다	6.1
VIII	파괴적임	굴뚝, 기둥이나 약한 벽이 무너진다	6.5
IX	보다 파괴적임	집이 무너진다	6.9
X	재난에 가까움	많은 빌딩이 파괴되고 철도가 휘다	7.3
XI	상당한 재난	몇 개의 빌딩만 남고 다 무너진다	8.1
XII	천재지변	완전히 파괴된다	8.1~

10 세계적으로 사용후핵연료는 어떻게 관리하고 있나요?



사용후핵연료는 원전 외부의 별도 시설에서 중간저장을 거쳐 바로 처분하거나 재처리 후 처분을 하게 됩니다.

- 원전 부지 내에 있는 습식과 건식으로 구분된 저장시설에서 안전하게 보관되면서 열과 방사능이 감소된 사용후핵연료는 이후, 원전 부지 밖의 중간저장시설로 옮겨서 관리하는 것이 세계적인 추세입니다.
- 중간저장을 거친 이후 국가 정책에 따라 직접 처분하거나 재처리 후 처분을 하게 되는데, 사용후핵연료 관리 정책은 국가별로 에너지 수급상황, 기술수준, 국민적 수용성 및 대내외 정치외교 측면 등을 종합적으로 고려하여 결정하고 있습니다.
- 원자력발전으로 인해 사용후핵연료를 보유하고 있는 국가는 총 34개 국가*이며, 이 중 7개 국가는 직접처분, 4개 국가는 재처리 후 처분 정책을 채택하였고, 기타 국가는 정책 결정을 유보하고 있는 상태입니다.

* 원전 가동을 모두 정지한 이탈리아, 카자흐스탄, 리투아니아 등 3개 국가 포함 (연구용 원자로만 보유한 국가는 미포함)

세계의 사용후핵연료 관리정책

직접처분(7)	재처리 후 처분(4)	정책유보
독일, 루마니아, 핀란드, 미국, 스웨덴, 스페인, 캐나다,	러시아, 영국, 일본, 프랑스,	한국, 남아공, 리투아니아, 브라질, 벨기에, 스위스, 슬로바키아, 아르헨티나, 아르메니아, 우크라이나, 이탈리아, 체코, 파키스탄, 카자흐스탄, 헝가리 등

?

궁금해요

● 사용후핵연료 관리 절차



● 해외 주요국의 사용후핵연료 관리 현황

국가	처분준비 관리주체	저장시설 위치	저장방식 습/건식	장기관리 정책
미국	DOE	소내	건식	• 중간저장 2025년 이후 • 처분 2048년 이후
프랑스	ANDRA	소외(La Hague, Marcoule)	습식	• 처분 2025년 이후
일본	NUMO	소외(Aomori)	습식+건식	• 처분 2035년 이후
캐나다	NWMO	소내	건식	• 적응형 단계별접근에 의한 심지층 처분방식
벨기에	BIS	소외+소내	건식	• 처분 2031년 이후
핀란드	POSIVA	소내	습식	• 원전사업자 책임하에 40년간 저장 • 처분 2020년대
스웨덴	SKB	소외(Oskarshamn)	습식	• 처분 2030년대 초
영국	NDA	소외+소내	습식+건식	• 지층처분시설 건설시까지의 중간저장 추진

11 임시저장은 무엇인가요?



원전 부지 내에서 사용후핵연료의 열과 방사능을 낮추는 것을 의미하지만, 이는 법적용어는 아닙니다.

- 사용후핵연료는 원전 안에 설치되어 있는 습식저장조에서 5년 이상 열과 방사능이 자연스럽게 줄어들 때까지 보관하는 과정을 필수적으로 거쳐야 합니다.
- 이를 흔히 임시저장이라고 하는데 관행상의 용어입니다.
- 우리나라에서는 원전 내 저장시설을 원자력 시설 운영에 필수적인 “관계시설”로 규정하여 관리합니다.
 - 원자력안전법 제2조 제10호에서 “관계시설”이란 원자로의 안전에 관계되는 시설로서 대통령령으로 정하는 것으로 다음과 같은 시설을 말합니다.

1. 원자로냉각계통 시설
 2. 계측제어계통 시설
 3. 핵연료물질의 취급시설 및 저장시설
 4. 원자력발전소 안에 위치한 방사성폐기물의 처리시설·배출시설 및 저장시설
 5. 방사선관리시설
 6. 원자로격납시설
 7. 원자로안전계통 시설
 8. 그 밖에 원자로의 안전에 관계되는 시설로서 위원회가 정하는 것*
- * 1. 구조물
 2. 용수계통시설
 3. 공기조화 및 환기계통시설
 4. 전력계통시설
 5. 보조계통시설
 6. 동력변환계통시설
 7. 감속재계통시설(가압중수로형에 해당)

12 중간저장은 무엇인가요?

중간저장은 재처리 또는 처분하기 전까지 저장하는 것을 의미합니다.

- 중간저장(Interim Storage)은 원자력발전소에서 생긴 사용후핵연료를 재처리 또는 처분하기 전까지 일정기간 저장하는 것을 말하며, 보다 더 안전하고 효율적인 관리를 위해 방사성폐기물 관리사업자가 인수하여 관리합니다.
- 사용후핵연료는 안전한 관리를 위하여 별도의 장소에 중간저장하는 것이 바람직하며, 우리나라도 중간저장시설을 설치할 계획입니다.
- 사용후핵연료 중간저장 시설 운영기간은 국가에 따라 다르지만, 일반적으로 약 50 ~ 60년 정도 운영합니다.

주요 국가별 중간저장시설 운영기간

국 가	시설명	운영기간	특이사항
일 본	무츠 중간저장시설	50년	
스페인	ATC 중간저장시설	60년	
미 국	소내 독립저장시설	40년	최장 40년 추가연장 가능(인허가갱신)
스웨덴	CLAB 중간저장시설	60년	연료는 40년 저장후 최종처분장으로 이송
독 일	Ahaus 중간저장시설	40년	
캐나다	소내건식저장시설	50년	

- 미국 원자력규제위원회(NRC)는 사용후핵연료를 최소 120여 년간 안전하게 저장할 수 있다고 밝히고 있으며, 300년 정도 장기저장 기술을 개발중임.

13 영구처분은 무엇인가요?



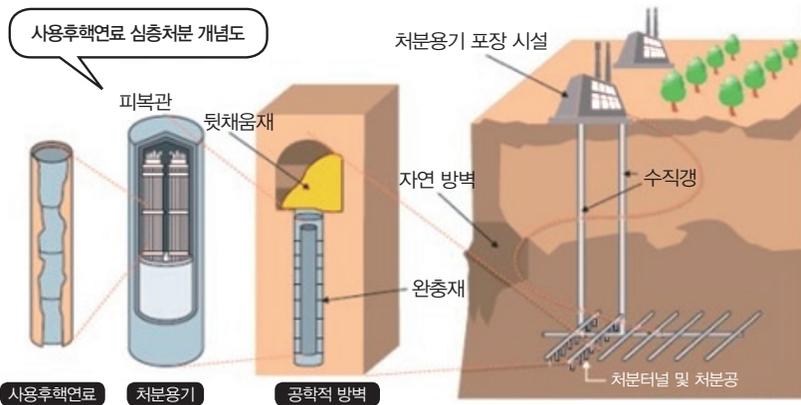
영구처분(Final Disposal)은 사용후핵연료를 인간의 관리 없이 영구적으로 인간 생활권에서 격리하는 것을 말합니다.

- 영구처분은 사용후핵연료에서 나오는 높은 열과 방사선으로부터 인간과 환경이 나쁜 영향을 받지 않도록 하기 위해 필요합니다.
- 영구처분 방식으로는 심층처분, 해양처분, 우주처분, 빙하처분 등이 고려됩니다. 이 중 국제원자력기구(IAEA)는 경제성과 안전성 등 종합적인 관점에서 심층처분이 가장 적절하다고 권고하고 있습니다.
- 핀란드에서는 규제당국의 허가를 받아 2015년 11월부터 심층처분 방식의 처분시설 건설을 시작했습니다.
- 앞으로 기술개발이 지속될 것이므로 영구처분 가능성은 더 높아지고 있습니다.



궁금해요

- 사용후핵연료 심층처분은 부식과 압력에 장기간 견딜수 있는 처분용기에 담아 공학적 방벽을 더하고 지하 500~1,000m 깊이의 자연암반에 묻는 것을 의미합니다.



- 핀란드의 심층처분시설은 지하 500m 암반에 지하연구시설(URL)*을 만들어 11년간 안전성 확인과 검증을 거친 후 4층으로 밀봉하여 처분하도록 설계되었습니다.

(4중밀봉 개념) ① 핵연료집합체 ② 주철-구리 캐니스터 ③ 캐니스터를 암반터널에 넣은 후 입구를 벤토나이트 등으로 채움 ④ 천연암반

* 지하연구시설(Underground Research Laboratory) : 사용후핵연료 영구처분시설을 건설하기 전에 땅속 환경을 조사, 시험 및 검증하고, 안전한 처분 시설을 설계하기 위하여 설치하는 연구시설

14 중간저장 하지 않고 바로 영구처분하면 안되나요?



영구처분 해도됩니다. 그러나 영구처분장을 확보하지 못했거나 사용후핵연료 처리정책이 결정되지 않았다면 중간저장이 필요합니다.

- 영구처분을 하려면, 사용후핵연료 처분을 위한 다양한 기술이 필요하고, 지질이 안정된 부지도 필요합니다.
- 처분기술은 국가별 여건과 상황에 따라 다릅니다.
- 최근 핀란드는 기술적 안전성을 검증하고 규제기관의 인허가를 받아 2015년 11월부터 처분시설 건설을 시작했습니다.
- 지질학적으로 안전한 부지선정에 상당한 시간이 필요합니다.
 - ※ 핀란드 : 1983년 부지선정 착수 → 2001년 부지선정 → 2015년 건설허가 취득 → 2020년 운영허가 신청 예정 → 2020년대 운영개시 예정
 - ※ 스웨덴 : 1992년 부지선정 착수 → 2009년 부지선정 → 2020년대초 건설개시 예정 → 2030년대 운영개시 예정



세상에서 가장 정확한 시계 - 원자시계

타임머신으로 과거와 미래를 넘나드는 영화 속 이야기는 꽤 흥미로운 소재이지만 만약 진짜로 과거로 가서 직접 사건에 관여한다면 세상은 극도로 혼란에 빠져버리고 말겁니다.

그런데 시간이라는 개념은 언제부터 생겨났을까요? 까마득한 원시시대에도 시간의 개념은 있었을 것으로 생각합니다. 생명을 유지하기 위해서는 해가 뜨고 밤이 오는 시간의 흐름을 관찰하고 이용하는 것이 무엇보다 중요했을 테니까요.

그러면 시간을 측정하는 것은 어떻게 하였을까요? 최초의 시계는 해시계로 알려져 있습니다. 세워놓은 막대기의 그림자를 보고 시간을 재는 단순한 방식이지요. 그 후 문명의 진화에 따라 도구를 사용하는 물시계, 모래시계가 생겨나고, 근대에 들어서면서 태엽과 같이 동력을 사용하는 기계식 시계가 발명되었지요.

정확한 시간측정에 대한 인간의 열망은 현대에 들어서 음파로 움직이는 시계, 수정의 진동을 이용한 시계, 원자의 고유한 진동수를 이용한 시계 등 다양한 방식의 초정밀 시계를 개발하기까지 이르렀습니다.

현재 국제표준시계로 쓰이는 세슘원자시계는 5천만년에 1초의 오차를 자랑하는데, 이 정도의 정확도를 가진 시계를 개발한 나라는 전 세계적으로 7개 나라밖에 되지 않으며 아시아 지역에서는 우리나라가 유일하다고 합니다.



15 사용후핵연료는 어떻게 운반하나요?



해상운반 또는 육상운반이 있는데, 원자력발전소가 대부분 바닷가에 있는 경우 전용선박으로 운반합니다.

- 사용후핵연료는 원전과 관리시설의 위치를 고려하여 전용선박을 이용한 해상운반*을 하는 것이 보편적입니다.
 - 육상운반은 100톤 이상의 운반용기 무게를 견딜수 있는 전용도로가 필요
 - * 세계 각국이 사용후핵연료를 수백차례 배로 옮겼지만, 단 한번의 사고도 없었음. 여러겹의 금속으로 안전한 용기와 국제적으로 안전이 검증된 특수 선박으로 실어 나름.
- 사용후핵연료를 안전하게 운반하기 위해서는 국제원자력기구(IAEA), 국제해사기구와 국내 법령에서 정한 엄격한 기준을 충족하는 특수선박*, 각종시험**을 거친 운반용기, 크레인과 항만시설 등을 갖추어야 합니다.
 - * 이중으로 된 선체, 방사능차폐, 화물배치, 사고시 복원성, 방화구조 및 소방설비 등 특별한 성능을 갖추고 있음
 - ** 9m 높이에서 낙하, 200m 물에 침수, 800℃ 화재에 30분간 노출 등의 시험



궁금해요

● 안전한 운반을 위한 운반시스템 구성

- 하드웨어 : 운송선박, 운반용기, 차량 및 장비, 항만시설
- 소프트웨어 : 운반시나리오(운반물량, 경로, 운항횟수 등)



<일본의 사용후핵연료 운반 전용선박>

<21다발 운반용기(한국)>

<6축 48륜의 운반차량>

<프랑스의 항만시설>



16 지하연구시설이 무엇인가요?



지하연구시설은 사용후핵연료 영구처분시설을 건설하기 전에 땅 속의 환경을 조사, 시험 및 검증하고, 안전한 처분시설을 설계하기 위하여 설치하는 연구시설입니다.

- 지하연구시설(Underground Research Laboratory, URL)은 땅속에 영구처분 시설을 건설하기 위하여 땅속 환경을 조사하여 안전성 확보기준과 상세설계 등을 마련하기 위한 시설입니다.
- 대개는 영구처분시설이 들어서는 곳에 건설하여 동일한 부지의 지질학적 특성을 반영하여 연구하지만, 그 목적에 따라 연구용과 인허가용으로 구분합니다.
 - 연구용은 기반암 관련 데이터베이스 구축, 안전성평가를 위한 모델 시험 및 검증, 처분개념 연구 및 실증 시험 등이 주목적임.
 - 인허가용은 향후 동 URL 부지에 처분을 고려하여 해당 부지의 부지특성자료 수집이 주목적임.
- 영구처분을 결정한 주요 국가는 지하연구시설을 건설하여 운영하고 있습니다.

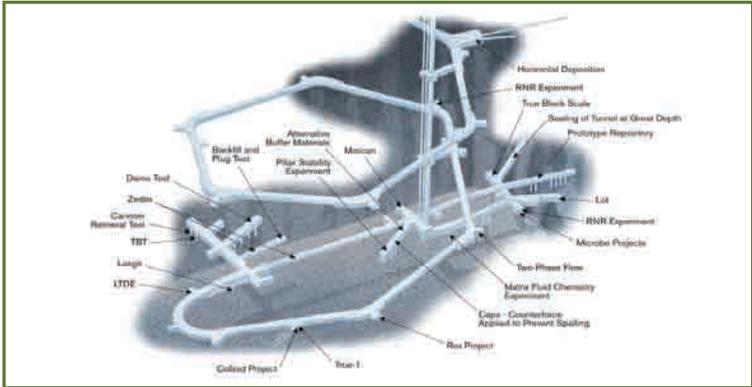


궁금해요

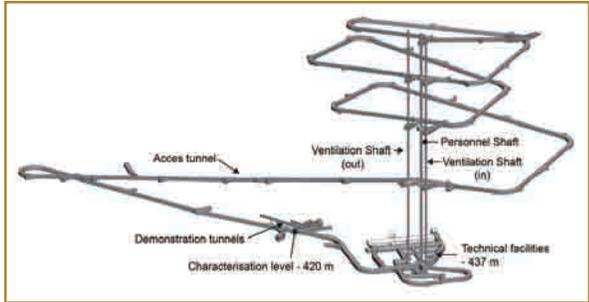
세계의 지하연구시설

구분	국가(시설명)	모양	깊이
연구용	스위스(Mont Terri)	퇴적암	~300m
	스위스(Grimsel)	화강암	450m
	미국(G-Tunnel)	응회암	300m
	캐나다(Whiteshell)	화강암	240~420m
	일본(Mizunami)	화강암	1,000m
	일본(Horonobe)	퇴적암	500m
	스웨덴(Åspo)	화강암	200~460m
인허가용	핀란드(Onkalo)	화강암	500m
	프랑스(Meuse/Haute Marne)	퇴적암	450~500m

스웨덴 지하연구시설



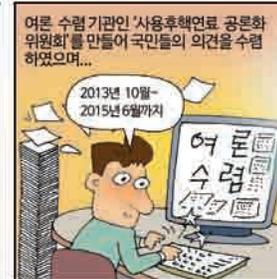
핀란드 지하연구시설

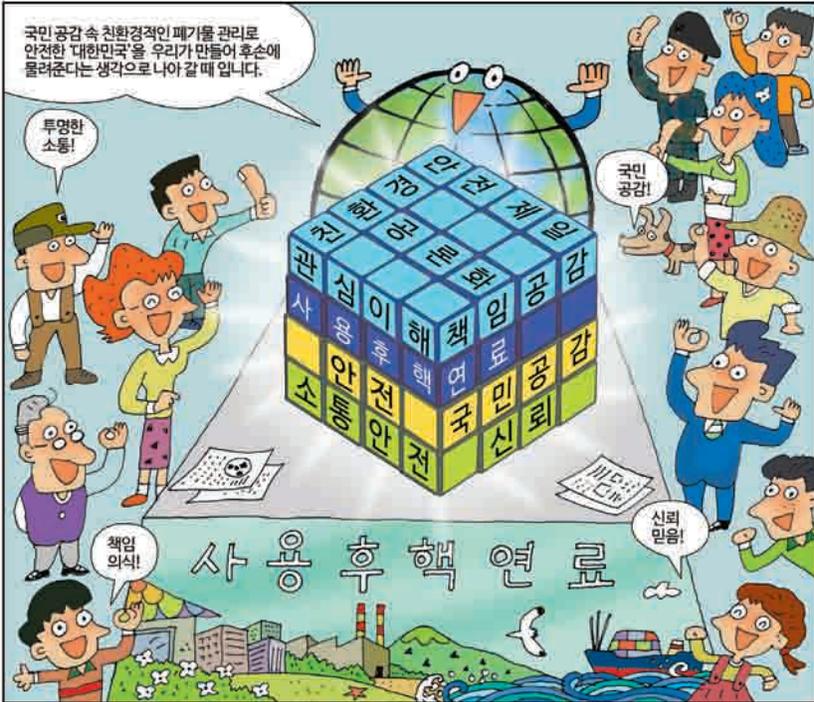


사용후핵연료 더욱 친환경적이고 안전하게



그리고 원자력 발전을 통해 전기를 만들고 난 후 나오는 '사용후핵연료'는...





17 우리나라도 재처리를 할 수 있나요?



우리나라는 국제조약에 따라 재처리를 할 수 없습니다.

- 재처리(Reprocessing)는 사용후핵연료로부터 플루토늄, 우라늄 등을 뽑아내서 전기 생산에 재사용하는 것을 말합니다.
- 재처리를 통해 무기제조가 가능한 플루토늄을 추출할 수 있기 때문에, 국제 조약에 따라 영국, 프랑스, 러시아, 중국 등 일부 국가에만 재처리가 허용되고 있습니다.
- 우리나라는 그동안 재처리가 전혀 허용되지 않았지만, 2015년 발효된 신(新)한·미원자력협력협정에서 해외 위탁재처리는 허용되었습니다.
 - 위탁재처리 정책의 채택 여부는 경제성과 안전성, 국민 수용성, 핵비확산 문제 등을 종합적으로 고려해서 판단할 문제임.
 - 위탁재처리를 한다 해도 재처리 과정에서 발생하는 모든 폐기물은 다시 국내로 가져와야 하기 때문에 영구처분시설은 여전히 필요함.



방사선의 신기한 능력들 I

연세가 어떻게 되세요? - 유물의 나이 알아내기

오래된 미술품이나 유물, 유적, 토양과 각종 물질이 과연 어느 시대의 것인지 우리는 어떻게 이들의 정확한 나이를 알 수 있을까요? 방사선의 도움을 받으면 손쉽게 해결할 수 있습니다.

가장 대표적인 방법은 미국 시카고대학의 윌러드 리비 박사팀이 1949년에 고안한 '방사선 탄소 연대측정법'입니다. 생물이 살아 있을 때는 체내 탄소-14의 비율이 공기중의 비율과 일치하는데 사후에는 시간에 따라 감소하므로 반감기를 계산하면 기간 추정이 가능해지는 원리를 이용한 방법이지요. 과거 6만년 전의 연대까지 측정할 수 있다고 합니다.



누가 이렇게 망쳤어? - 미술품 다시 살려내기



매우 값진 작품이지만 오래되어 훼손이 심각한 유화가 있다면 무척 안타깝겠지요? 겉으로 보서는 어떤 물감을 사용했는지, 어떻게 붓질을 했는지 알 도리가 없으니 복원을 어떻게 해야 할 지도 모르겠지요? 그러나 '비파괴 검사'라는 X선 촬영을 해 보면 자세히 알아낼 수 있습니다.

방사선을 대상 물체에 쬐었을 때 투과 방사선 강도의 변화를 이용하는 것인데 이를 통해 처음에 밑그림을 어떻게 그렸고, 붓 터치는 어떤 방향으로 했는지, 두께는 어느 정도로 칠했는지를 모두 알 수 있습니다. 한마디로 훼손된 그림의 속살을 들여다 볼 수 있는 셈이죠. 이렇게 해서 다시 멋진 예술작품의 감동을 느껴 볼 수 있으니 놀랍기만 합니다.

18 재활용과 재처리는 어떻게 다른가요?



재활용은 핵무기를 제조할 수 있는 순수한 플루토늄 추출이 어렵다는 점에서 재처리와 차이가 있습니다.

- 재활용과 재처리 모두 사용후핵연료로부터 우라늄, 플루토늄 등 유용한 물질을 추출하여 다시 사용한다는 개념은 서로 같습니다.
- 우리나라가 연구하는 재활용기술인 파이로 프로세싱은 플루토늄만 뽑아낼 수 없어 핵확산 우려가 거의 없습니다.
- 그동안 우리나라는 파이로 프로세싱 연구개발에도 일부 제약이 있었지만, 2015년 11월 발효된 신(新) 한·미원자력협정에서 허용되었습니다.



궁금해요

- 한미 양국은 사용후핵연료 처리 기술 가운데 하나인 파이로 프로세싱 (건식재처리) 기술에 관하여 우리나라가 보다 자유롭게 연구할 수 있도록 하는데 합의했습니다.

사용후핵연료 파이로 프로세싱 개념도



19 신(新) 한·미원자력협정의 주요내용은 무엇인가요?



신(新) 한·미원자력협정은 우리나라 사용후핵연료의 평화적 이용 범위를 확대하였습니다.

- 1974년 체결된 한·미원자력협정에 따라 우리나라는 사용후핵연료를 재활용하거나 제3국에 이전하여 재처리 할 수 없었습니다.

2015년 개정된 신(新) 한·미원자력협정의 주요내용

주요 내용	1. 3대 중점 추진분야에서의 선진적·호혜적 협력 확대
	① 사용후핵연료 관리 - 현존하는 조사후 시험, 전해환원 장기동의 확보 - 한미 공동연구를 바탕으로 장래 파이로 연구활동 추진경로 마련 - 저장·수송·처분분야 기술협력 확대 - 해외 위탁재처리 허용 ② 핵연료의 안정적 공급 ③ 원전수출 증진
	2. 우리의 강화된 원자력 역량에 걸맞는 실리 확보와 선도적 역할 확인
	3. 전략적·미래지향적 이행 협력 체제 구축
	4. 주권존중 및 상호적 권한 행사 원칙 확인
5. 협정의 유효기간을 20년으로 단축	

20 재처리하면 처분장이 필요없지 않나요?



재처리를 하더라도 고준위방사성폐기물은 나오기 때문에 영구처분장은 여전히 필요합니다.

- 재처리를 하고 난 후에도 고준위방사성폐기물은 나오게 됩니다. 다만, 방사성폐기물의 양이 줄어듭니다.
- 우리나라가 개발하는 재활용 기술인 파이로 프로세싱도 폐기물의 발생량이 줄어들 뿐, 고준위방사성폐기물은 나오기 때문에 영구처분시설은 필요합니다.
- 프랑스, 일본, 러시아 등 재처리 정책을 채택한 국가도 재처리 후 발생하는 고준위폐기물 처리를 위해 영구처분장 확보를 추진하고 있습니다.

21 한반도 주변국의 사용후핵연료 관리방법은?



일본과 중국은 사용후핵연료 재처리 정책을, 대만은 직접처분 정책을 채택하고 있습니다.

- 일본은 1956년부터 핵 비보유국으로는 유일하게 재처리 정책을 추진하고 있는 국가로서, 고준위방사성폐기물만 심층처분을 계획하고 있습니다.
 - 로카쇼무라 재처리시설은 건설을 완료하고 가동을 준비중이며, 2013년에는 무쯔지역에 집중식 건식중간저장시설을 건설함.
 - 고준위방사성폐기물 처분장은 2030년대 후반 운영을 목표로하여 부지 공모를 하고 있으나 아직까지 미확보 상태임.
- 중국은 재처리 정책을 채택한 국가로서 2020년에 재처리시설 건설에 착수하여 2030년 완공 예정입니다.
- 6기의 원전을 운영중인 대만은 직접처분방식을 채택하여 운영중에 있으나 포화가 임박한 원전에 대한 대책 마련이 시급한 상황입니다.
 - 진산1호기 사용후핵연료 저장시설 포화(2016년)에 대비하여 소내 건식저장 시설을 설치했으나 주민반대 등으로 운영을 못하고 있음.



우편엽서

보내는 사람

성명

주소

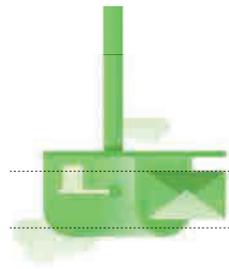
□ □ □ □ □



받는 사람

경상북도 경주시 북성로 89 한국원자력환경공단 홍보실

3 8 1 4 0



KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY
한국원자력환경공단



.....
.....
.....
.....
.....

MEMO





둘째,
궁금해요,
사용후핵연료 정책



02

22 사용후핵연료 관리에는 무엇이 필요한가요?



사용후핵연료를 안전하게 관리할 수 있는 기술과 시설이 필요하며, 국가의 기본정책 수립이 선행되어야 합니다.

- 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위하여 재활용 여부, 처분방식 등을 정한 국가정책을 마련하여야 합니다.
- 국가정책은 고준위방사성폐기물 관리 기본계획으로 확정됩니다.

※ 고준위방사성폐기물 관리 기본계획 포함사항
(방사성폐기물관리법 제6조의 ③)

1. 방사성폐기물관리의 기본정책에 관한 사항
2. 방사성폐기물의 발생 현황과 전망에 관한 사항
3. 방사성폐기물 관리시설의 부지선정 등 시설계획에 관한 사항
4. 방사성폐기물 관리시설에 대한 투자계획에 관한 사항
5. 방사성폐기물 관리를 위하여 필요한 대국민 이해증진 및 기술개발에 관한 사항

- 기본계획을 실행하는데 필요한 법적·기술적 뒷받침이 필요합니다.

23 공론화위원회 권고안과 기본계획은 어떻게 다른가요?



공론화위원회 권고안은 각계각층의 의견을 모은 것이고 기본계획은 정부가 권고안을 반영하여 수립할 국가정책을 말합니다.

- 공론화위원회 권고안은 법적 근거를 가지고 시행한 대한민국 최초의 공론화 결과입니다.
- 때문에 정부는 기본계획 수립에 권고안의 내용을 최대한 존중할 방침입니다.
- 정부는 권고안의 과학적 타당성, 필요한 절차, 일정 등을 면밀하게 살펴서 기본계획에 반영할 예정입니다.
- 기본계획은 사용후핵연료 관리 방법, 소요자원, 부지선정 및 유치지역 지원방안 등에 대한 내용을 포함할 것입니다. 이는 행정절차법에 따라 행정예고, 공청회 등 의견수렴절차를 거친 후 국무총리가 주재하는 원자력진흥위원회에서 확정하여 실행할 것입니다.



궁금해요

● 방사성폐기물관리법 제6조의2(공론화 등)

- 1 산업통상자원부장관은 기본계획 수립과정에서 사용후핵연료 관리 등 사회적 갈등이 예상되는 사항에 대하여 이해관계인·일반시민 또는 전문가 등으로부터 광범위한 의견수렴 절차(이하 이 조에서 "공론화"라 한다)를 거칠 수 있다. <개정 2013.3.23.>
- 2 산업통상자원부장관은 공론화를 위하여 한시적으로 운영되는 공론화위원회(이하 이 조에서 "위원회"라 한다)를 설치할 수 있다. 이 경우 위원회의 기능 및 활동기한은 산업통상자원부장관이 정한다. <개정 2013.3.23.>
- 3 위원회는 위원장 1명을 포함한 15명 이내의 위원으로 구성한다.
- 4 위원회의 위원은 사용후핵연료 관리 및 사회소통에 관한 학식과 경험이 있는 사람 중에서 산업통상자원부장관이 위촉하고, 위원장은 위원 중에서 호선한다. <개정 2013.3.23.>
- 5 위원회는 활동기한이 종료되는 경우 의결을 거쳐 산업통상자원부장관 및 「원자력 진흥법」 제3조의 원자력진흥위원회에 권고안을 제출할 수 있다. 이 경우 산업통상자원부장관 및 원자력위원회는 권고안을 최대한 존중하여야 한다. <개정 2011.7.25., 2013.3.23.>
- 6 산업통상자원부장관은 위원회 활동에 필요한 행정적·재정적 지원을 할 수 있다. <개정 2013.3.23.>
- 7 그 밖에 위원회의 운영 등에 관하여 필요한 사항은 위원회의 의결로 정한다.

[본조신설 2009.12.30.]



궁금해요

- **사용후핵연료 공론화위원회의 권고 내용**

- 1 사용후핵연료 관리정책은 국민의 안전을 최우선으로, 사용후핵연료를 국가의 책임하에 관리하고 미래세대에게 부담을 주지 않는 것을 원칙으로 함
- 2 원전 내 저장시설에 보관중인 사용후핵연료는 저장용량이 초과되기 전에 안정적인 저장시설로 이송·저장하는 것을 원칙으로 함
- 3 정부는 2051년까지 처분시설을 건설하여 운영해야 하며, 이를 위해 지하연구소(URL : Underground Research Lab) 부지를 2020년까지 선정 필요
- 4 사용후핵연료 처분시설과 지하연구소(URL)가 들어서는 지역주민의 삶의 질 향상을 위해 안정적 경제기반 구축 지원* 필요
* 주민참여 환경감시센터(가칭) 설치, 유관기관 유치, 처분지원 수수료, 도시개발 계획 등
- 5 2020년에 선정된 지하연구소(URL) 부지에 처분전보관시설을 건설하여 처분 전까지 보관할 수 있고, 불가피한 경우 각 원전안에 단기저장시설을 설치할 수 있으며, '국제공동 사용후핵연료 관리시설'마련을 위한 국가간의 긴밀한 협력 필요
- 6 원전 안에 단기저장시설을 설치하여 사용후핵연료를 보관할 경우, 「사용후핵연료 보관비용」을 지불
- 7 기술개발의 우선순위를 정하고, 단계별 세부계획을 수립·실행하여야 하며, 기술개발을 위한 통합적 시스템을 운영
- 8 정부, 국민 등이 공사의 지분을 공유하고, 기술개발과 단계별 관리를 책임지는 「사용후핵연료 기술·관리공사(가칭)」의 설립이 바람직함
- 9 정책의 신뢰성을 확보하기 위해 「사용후핵연료 특별법(가칭)」을 조속히 제정하고 필요할 경우 기존의 법령을 개정 필요
- 10 사용후핵연료 관리정책의 수립과 실행을 위해 범정부 차원의 의사결정 기구인 「사용후핵연료 관계장관회의(가칭)」와 실무추진단인 「사용후핵연료 관리대책 추진단(가칭)」을 구성·운영

24 원자력안전위원회와 원자력진흥위원회는 다른가요?

국제원자력기구의 권고에 따라 원자력진흥위원회는 원자력의 진흥과 이용을, 원자력안전위원회는 이에 대한 규제를 각각 분리하여 담당하고 있습니다.

- 국제원자력기구(IAEA)는 원자력 안전규제 기능과 이용·진흥에 관한 기능이 분리 운영될 수 있도록 권고하고 있습니다.
 - IAEA 원자력 안전에 관한 협약 제8조 : 각 협약당사국은 원자력안전 규제기관과 원자력에너지의 이용 및 진흥에 관련된 기관의 효과적인 분리를 보장해야 함.
- 원자력진흥위원회는 방사성폐기물 관리에 관한 기본계획 수립 및 이행을 담당하며 원자력안전위원회는 이의 안전관리에 관한 사항을 담당하고 있습니다.

구분	원자력안전위원회	원자력진흥위원회
설치 근거	원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률	원자력진흥법
목적	원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리	원자력의 연구·개발·생산·이용 등을 진흥 및 촉진
성격	국무총리 산하 중앙행정기관으로 독립 (2011년 10월 26일)	국무총리 산하의 심의위원회
구성	- 위원장 포함 9명의 위원으로 구성 - 위원장 및 위원 1명은 상임	- 위원장 포함 9~11명의 위원으로 구성 - (위원장) 국무총리, (간사) 미래부 공무원
주요 임무 (기능)	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 안전관리에 관해 다음과 같은 사항의 심의·의결 - 원자력안전종합계획 수립에 관한 사항 - 방사성폐기물의 안전관리에 관한 사항 - 방사선 재해대책에 관한 사항 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 이용에 관해 다음과 같은 중요사항의 심의·의결 - 방사성폐기물 관리 기본계획에 관한 사항 - 사용후핵연료의 처리 및 처분에 관한 사항 등

25 원전 부지 내에 있는 저장시설을 계속 늘리면 안 되나요?

원전 부지 내에 저장시설을 계속 늘리는 것도 선택할 수 있는 하나의 방안입니다. 하지만 사용후핵연료를 영구적으로 안전하게 관리하기 위해서는 원전 외부에 중간저장시설과 영구처분시설을 설치하여야 합니다.

- 원전 부지내 저장시설을 계속 늘리는 방안은 저장용량의 포화를 일시적으로 지연시킬 수 있는 하나의 대안입니다.
- 사용후핵연료를 인간생활권으로부터 영구히 격리하기 위해서는 외부에 별도의 관리시설이 필요합니다.
- 별도의 관리시설은 중간저장*시설과 영구처분**시설을 말하는데, 이 시설이 마련될 때까지는 불가피하게 한시적 대안을 모색해야 합니다.

* 중간저장 : 원자력발전소에서 생긴 사용후핵연료를 처리 또는 처분하기 전까지 한시적으로 저장하는 방식.

** 영구처분 : 사용후핵연료를 인간의 관리 없이 영구적으로 인간생활권에서 분리하는 방식.

26 사용후핵연료를 안전하게 관리하는 비용은 어느 정도인가요?

사용후핵연료 관리비용은 2년마다 다시 산정하는데, 현재 경수로형 사용후핵연료는 다발당 약 3.2억원, 중수로형 사용후핵연료는 다발당 약 1,320만원입니다.

- 사용후핵연료 관리비용은 「방사성폐기물관리법」에 따라 매 2년마다 전문가들이 소요비용을 재산정하고 있습니다.
- 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위해서는 지하연구시설(URL), 중간저장시설, 영구처분시설을 만들어 운영해야 하며, 이 비용은 제5차 전력수급기본계획을 토대로 총 34기 원전(경수로형 원전 30기, 중수로형 원전 4기)을 기준으로 산정하였습니다.



아이언맨 슈트의 비밀

'테러리스트의 공격에 패한 토니에게 남은 단 한 벌의 아이언맨 슈트. 위기에 처한 세상과 사랑하는 사람을 구하기 위해 토니는 인공지능으로 작동하는 슈트를 만들고 테러리스트와의 일전을 준비'하는 것이 영화 '아이언맨3'의 줄거리입니다.

소형 아크원자로

- 핵융합 이용한 원자로
- 상온 작동 불가. 초기 기술 개발 중

금· 티타늄 합금

- 금과 티타늄 섞은 합금
- 실제 두 금속은 섞이지 않음

레이저 무기

- 손바닥에서 레이저 발사
- 무기로 쓰려면 트럭 크기 장치 필요



아이언맨의 여러 가지 비장의 무기중 단연 중요한 것은 가슴에 장착된 '소형 아크 원자로'입니다. 아크원자로란 두 개의 가벼운 원소가 만나 무거운 원소로 변하면서 에너지를 발생시키는 '핵융합'반응을 이용하는 것입니다. 현재로서는 핵융합은 미래의 에너지원으로 기대하고 연구하는 단계이지만, 핵융합에 사용하는 중수소와 삼중수소 5g만 있으면 석유 5만 l 에 해당하는 에너지를 만들어낼 수 있다니 대단한 기술이지요?

아이언맨과 관련하여 재미있는 이야기가 있는데, 영국에서 누군가가 초강력 무기와 최첨단 소재를 사용한 아이언맨 슈트 구입에 필요한 돈을 계산해 보니 우리나라 돈으로 약 2조원이 필요하다고 하네요. 정말 영웅이 되는 것은 여러모로 힘든 것 같습니다.

27 2019년에 포화되는 월성원전은 어떻게 하나요?



원전부지 외부에 저장시설이 확보되지 않는다면, 원전 부지내 저장시설을 늘려야 합니다.

- 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위해 원전부지 내부 또는 외부에 저장시설이 필요합니다.
- 현재 우리나라에는 원전부지 외부에 별도의 저장시설이 없습니다.
- 월성원전은 2019년에 원전 부지내 저장시설의 포화가 예상되고 그 이전에 소외 저장시설을 건설하기는 어려울 것이기 때문에 원전 부지 내에 건식 저장시설을 추가로 건설해야 합니다.
- 월성원전은 1992년부터 원전 부지 내에 건식저장시설을 안전하게 운영 및 관리하고 있습니다.



궁금해요

- 현재 월성에는 ① 사일로건식저장방식(Concrete Silo), ② 조밀건식저장방식(MACSTOR)의 사용후핵연료 건식저장시설*이 운영 중임
* 건식저장시설 : 사용후핵연료의 붕괴열을 공기를 이용하여 냉각시키고 콘크리트 및 금속을 이용하여 방사선을 차폐하는 저장 방식
- 2015년말 기준 사일로시설의 저장용량은 포화상태이며, 조밀건식저장시설(MACSTOR)에는 65.7%가 채워져 있는 상황이므로 2018년까지 사용이 가능함
- 기본적 설계개념은 사일로와 조밀건식저장시설(MACSTOR)가 같으나 조밀건식저장시설(MACSTOR)의 소요면적이 사일로의 약 1/3 수준임

〈 월성원전내 건식저장시설 현황 〉

구 분	사일로건식저장시설(Concrete Silo)	조밀건식저장시설(MACSTOR)
저장용량	162,000다발	168,000다발
설치수량	300기	7기
기별용량	540다발	24,000다발
운영기간	50년	
냉각방식	공기냉각	
구 조 물	철근콘크리트	
형태	<p>원통형</p>  <p>* 내부에 강철원통 1개</p>	<p>직육면체형</p>  <p>* 내부에 강철원통 40개</p>

* 강철 원통을 둘러싼 콘크리트 두께는 약 1m

28 경주도 사용후핵연료 관련 시설을 유치할 수 있나요?



현행법상 경주시는 사용후핵연료 관련 시설을 유치할 수 없습니다.

- 경주시는 중저준위방사성폐기물 처분시설을 갖고 있습니다.
- 「중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법」 제18조 (사용후핵연료 관련 시설의 건설 제한)에 따르면, 중저준위 방사성폐기물 처분시설이 있는 지역에는 중간저장, 영구처분 등 새로운 부지선정이 필요한 사용후핵연료 관련 시설을 지을 수 없습니다.
- 그러므로 현행법상 경주시에는 사용후핵연료 관련 시설이 들어갈 수 없습니다.



방사선의 신기한 능력들 II

난 억울해 - 나폴레옹의 사인(死因)을 밝혀내다

유럽 곳곳을 정복하면서 명성을 떨치던 나폴레옹은 연속된 패배 끝에 결국은 유배지인 세인트 헬레나섬에서 1821년 위암으로 죽음을 맞이합니다. 그런데 1961년 스웨덴의 치과의사이자 내과의사였던 포르슈훅이 '누가 나폴레옹을 죽였는가?'라는 책을 발표하면서 독살설이 제기되었습니다. 생전에 나폴레옹이 친지들에게 나눠준 머리카락을 분석한 결과 다량의 비소가 검출되었다고 밝혔습니다.

실제로 1995년에는 미연방수사국(FBI)의 법의학 책임자가 방사선조사 방법을 사용해 나폴레옹 임종 시 그의 하인이 채취했던 머리카락을 조사한 결과 정상인의 38배가 넘는 비소를 발견합니다. 이처럼 죽음의 미스터리를 밝혀내는 법의학에서도 방사선은 매우 중요한 역할을 합니다.

누가 가짜래? - 진짜 와인 감별하기

미국에서는 진짜 와인과 가짜 와인을 판별하는 기준이 방사선이 들어 있는지 아닌지 여부라고 합니다.

대기 중의 탄소에는 약 10억분의 1 정도의 비율로 방사선을 내는 '방사성 탄소'가 존재하며, 이들이 포도를 비롯한 여러 생물들의 몸속에도 대기에서와 같은 비율로 들어 있습니다.

즉 포도로 만든 진짜 와인에서는 일정량의 방사선이 나오지만 화학적으로 합성한 알코올에 포도 향을 첨가해서 그럴듯하게 맛만 낸 가짜 와인에서는 방사선이 거의 나오지 않습니다.

이러한 성질을 활용해서 진짜 와인과 가짜 와인을 판별할 수 있습니다.



29 월성원전의 건식저장시설은 중저준위 특별법상 관련 시설이 아닌가요?

중저준위 특별법에 명시된 관련 시설은 사용후핵연료의 중간저장시설이나 영구처분시설을 말합니다. 원전 부지내 건식저장시설은 관련 시설에 해당하지 않습니다.

- 특별법에서 중저준위방사성폐기물 처분시설 유치지역에는 사용후핵연료 관련 시설이 설치되지 않도록 규정되어 있습니다.
- 이 규정의 취지는 사용후핵연료 중간저장시설이나 영구처분시설이 중저준위방사성폐기물 처분시설 유치지역에 들어올 수 있다는 주민들의 우려를 불식시키기 위한 것입니다.
- 특별법 제정 당시, 이미 월성원전에는 건식저장시설이 운영되고 있었으며 건식저장시설은 중간저장이자기 보다 원전의 운영상 보관을 목적으로한 시설입니다.
- 따라서 건식저장시설은 사용후핵연료 관련 시설이 아닙니다.

중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법

제18조(사용후핵연료 관련 시설의 건설 제한) 「원자력안전법」 제2조제5호에 따른 사용후핵연료의 관련 시설은 유치지역에 건설하여서는 아니 된다.



궁금해요

- 원자력안전법 시행령 제9조의 원자로의 안전과 관계되는 시설은 다음과 같습니다.

1. 원자로냉각계통 시설
2. 계측제어계통 시설
3. 핵연료물질의 취급시설 및 저장시설
4. 원자력발전소 안에 위치한 방사성폐기물의 처리시설·배출시설 및 저장시설
5. 방사선관리시설
6. 원자로격납시설
7. 원자로안전계통 시설
8. 그 밖에 원자로의 안전에 관계되는 시설로서 위원회가 정하는 것

- 원자력안전법에서 정의한 “관계시설”과 방폐장특별법에서 정의한 “관련 시설”은 비슷해 보어도 전혀 다른 것입니다.
- 원자력안전법 시행령 제10조의 원자력이용시설은 다음과 같습니다.

1. 원자로 및 관계시설
2. 핵연료주기시설
3. 핵물질의 사용시설
4. 방사성동위원소의 생산시설·사용시설·분배시설·저장시설·보관시설·처리시설 및 배출시설
5. 방사선발생장치 및 그 부대시설
6. 사용후핵연료 중간저장시설
7. 방사성폐기물의 영구처분시설
8. 방사성폐기물의 처리시설 및 저장시설

30 사용후핵연료 관리기술의 수준은 어느 정도인가요?



우리나라의 사용후핵연료 관리기술은 선진국 대비 약 70% 수준입니다. 부족한 기술은 자체개발과 선진국과의 공동연구를 통해 적기에 확보할 계획입니다.

- 사용후핵연료 관리기술은 크게 저장, 운반, 처분기술로 분류되며, 우리나라는 선진국 대비 약 70% 수준입니다.
* 방사성폐기물관리사업 기술수준 조사 보고서(한국에너지기술평가원 2016.2) 2015년말 기준
- 부족한 분야는 앞으로 집중적인 투자를 통한 국내 자체 개발과 선진국과의 공동연구 등으로 적기에 기술을 확보하고자 합니다.
- 우리나라는 2020년까지 원전내 건식저장기술을 우선 확보하고 2030년까지 중간저장을 위한 운반기술을 확보할 계획입니다.
- 처분분야는 2030년까지 지하연구시설을 확보하고 2035년까지 국내 지질에 적합한 사용후핵연료 심층처분시설의 설계기술을 개발할 예정입니다.



공급해요

● 국내 저장기술 현황

중수로 사일로	<ul style="list-style-type: none"> • 캐나다로부터 도입 • 540다발/용기 • 1992년부터 300기 건설/운영 중 	중수로 맥스터
경수로 금속 용기	<ul style="list-style-type: none"> • 2006년부터 자체 개발 • 운반 · 저장 겸용(21다발/용기) • 2016년 운반조건 인허가 신청 예정 	경수로 콘크리트 용기

저장기술

- 2001년부터 캐나다와 공동개발
- 24,000다발/기
- 2010년부터 7기 건설/운영 중
- 금속겸용용기와 동시 개발
- 저장 겸용(21다발/용기)
- 2017년 인허가 신청 예정

● 국내 운반기술 현황

KSC-1	<ul style="list-style-type: none"> • 1987년부터 경수로용 SF 1다발 운반 • 원자력 발전소 ⇒ 원자력연구원 	KSC-4
KN-12	<ul style="list-style-type: none"> • 경수로용 WH SF 12다발 운반용기 • 1999년 착수 2002년 인허가 획득 • 고리, 한울 한빛 원전 • 두산중공업 5기 제작 	KN-18

운반용기

- 경수로용 SF 4다발 소용량 운반용기
- 1987년 착수 1990년 인허가 획득
- 1990년 ~ 2000년까지 고리 원전에서 사용
- 한국중공업과 현대중공업 각 1기 제작
- 경수로용 CE SF 18다발 운반용기
- 2006년 착수 2010년 설계인허가 획득
- 하여 대용량 경수로 운반용기 국산화
- 세네에너텍 4기 제작
- 한울, 한빛 원전 사용 예정

● 국내 처분기술 현황

- (원자력환경공단) 한반도 전 지역에 대한 지표 및 부분적 심부지질환경자료 DB개발 등
- (원자력연구원) 연구용 지하연구터널(KURT)을 건설하여 기초수준의 연구개발 중

● 기술개발분야

- 부지평가기술, 처분시설설계 및 성능평가, 공학적방벽기술, 처분안전성인증, 처분장 건설 · 운영

31 재활용 기술이 확보되면 어떻게 되나요?



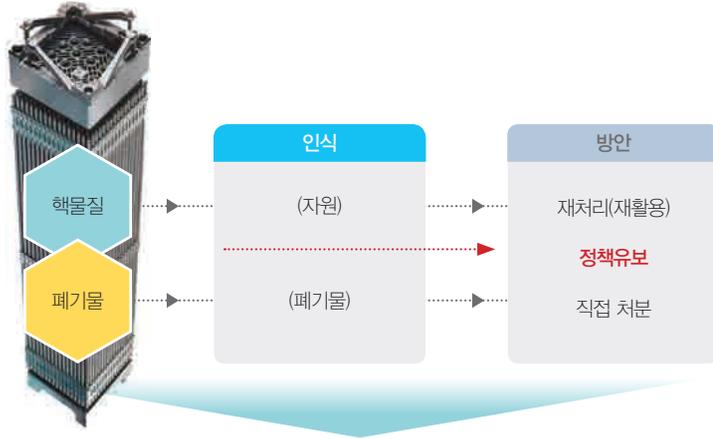
재활용 기술은 사용후핵연료를 폐기물이 아닌 자원으로 보고 활용하는 것입니다. 재활용 기술이 확보되면 기술적 타당성과 경제성 등을 고려하여 채택 여부를 결정할 것입니다.

- 2015년 11월 신(新) 한·미원자력협정은 우리나라가 사용후핵연료 건식처리(Pyro processing) 기술을 개발하는 것을 승인하였습니다.
- 한미 양국은 2020년까지 공동연구를 수행한 후, 추가적인 기술개발에 대해 검토하기로 하였습니다.



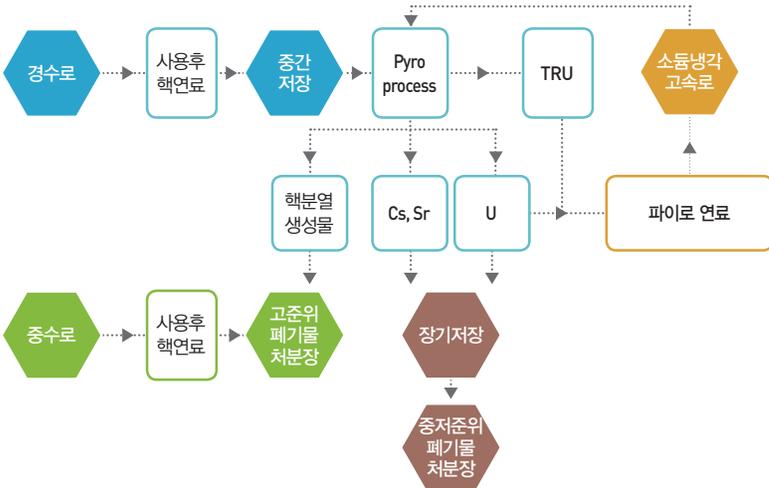
공급해요

● 사용후핵연료 관리정책 개념도



경제적, 사회적, 정치적, 에너지 안보 측면, 기술개발추이 및 국제 정치외교여건 등을 고려하여 사용후핵연료 국가정책 결정

● 재활용기술(Pyro processing) 상용화시 사용후핵연료 관리 흐름도



32 중간저장한 후에 재활용 기술이 실현되면 어떻게 하나요?



사용후핵연료는 중간저장 기간 중에는 접근이 가능하기 때문에, 재활용 기술이 실현되면 회수해서 자원으로 활용할 수 있습니다.

- 중간저장은 방사성폐기물관리사업자가 원자력발전사업자로부터 사용후 핵연료를 인수하여 영구적으로 처분하기 전까지 한시적으로 관리하는 것입니다.
- 중간저장을 하는 동안 재활용 기술이 확보되면 재활용할 여지가 있습니다.

33 해외에 위탁재처리도 가능한가요?



가능합니다. 단, 비용과 재처리 이후 폐기물 관리 등 기타 여건을 감안하여 결정해야 합니다.

- 우리나라는 자체적으로 재처리를 할 수는 없으나, 신(新) 한·미원자력 협정으로 해외에 위탁재처리가 가능해졌습니다.
- 정책의 채택 여부는 위탁재처리비용, 운반비용, 재처리 후 폐기물에 대한 국내 관리비용*, 파이로프로세싱 등의 재활용 기술 확보 여부 등을 종합적으로 고려하여 결정해야 합니다.

* 재처리가 이루어진 후에도 고준위방사성폐기물이 발생하고, 이 폐기물은 다시 국내로 가져와서 저장하거나 처분해야 하는 것이 일반적임.

재처리시설 운영 국가 현황(운영종료시설 제외)

국가	지역명(시설명)	시설용량(톤/Yr)	운영개시	비고
프랑스	La Hague(UP2)	1,000	최대 1,700	1967
	La Hague(UP3)	1,000		1990
일본	Rokkasho-mura(JNFL RRP)	800	2018	시운전중
러시아	Chelyabinsk(RT1)	400	1977	
	Krasnoyarsk(RT2)	1,500	2025	
	Krasnoyarsk(RT2)	50~100	2013	
영국	Sellafield(Thorp)	900	1994	
인도	Tarapur(PREFRE1)	100	1974	
	Kalpakkam(PREFRE2)	100	1998	
	Kalpakkam(PREFRE3A)	150	2010	
	Tarapur(PREFRE3B)	150	2012	

* 자료 : IAEA, "Spent Fuel Reprocessing Options" (IAEA-TECDOC-1587, 2008)

34 관리시설 부지선정은 어떻게 되나요?

부지선정은 적합한 부지를 과학적으로 조사하고 해당 지역주민의 의사를 수렴해서 진행할 것입니다.

- 부지선정에 소요되는 기간은 12년 정도로 예상하며 외국도 유사한 절차를 거쳤습니다.

부지선정 절차(안)								
단계	① 부적합지역 배제	➔	② 부지 공모	➔	③ 부지 기본조사	➔	④ 주민의사 확인	⑤ 부지 심층조사
소요연도	8년						4년	

※ 부지선정 실행기구는 (가칭) 「고준위방폐물 관리절차에 관한 법률」에 설치근거 마련

- 전문적이고 독립적으로 부지를 선정할 수 있도록 과학 전문가, 공익 대표자 등으로 구성된 부지선정을 위한 위원회를 구성하여 운영할 계획입니다.
- 부지선정은 과학적이고 민주적인 방식으로 계획, 기준, 방법과 절차 등을 마련하여 진행될 것입니다.
- 해외 사용후핵연료 관리시설 부지선정 과정

 스웨덴 Sweden



 핀란드 Finland

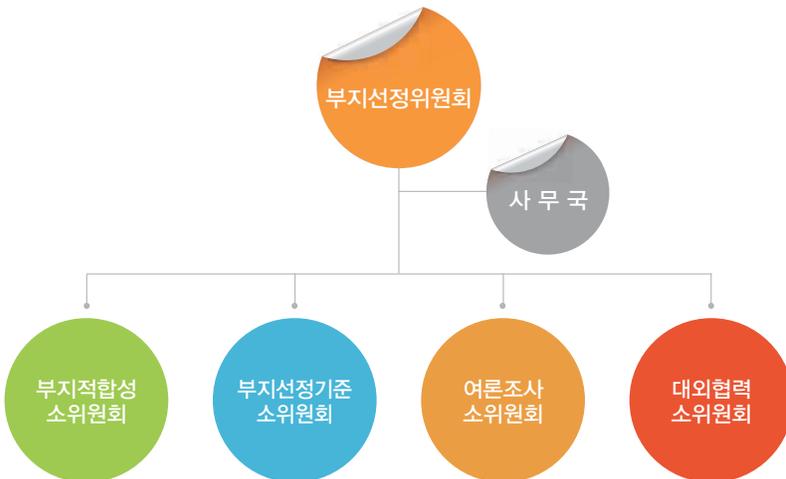




궁금해요

● 중저준위방사성폐기물 처분시설 부지선정위원회 운영사례

- **목적** : 산업부장관 자문기구로 공정하고 객관적인 부지선정기준 및 평가 기준을 수립하여 부지선정절차의 투명성 및 효율성 제고
- **설치 근거** : 특별법* 제7조 제2항 및 동법 시행령 제18조
* (특별법) 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법
- **위원회 역할** : 부지선정절차의 심의, 여론조사 대상지역 선정, 주민투표 권고지역 선정, 부지적합성 조사결과 검증, 기타 위원회 운영 및 부지선정과 관련된 주요사항 등 심의 · 의결
- **활동 기간** : 2005.3.11 ~ 11.30(약 9개월)
* 총 63회의 회의(본회의 22회, 소위원회 41회) 개최
- **위원회 구성** : 17인(위원장 포함)
* 인문 · 사회 4인, 과학기술 4인, 언론 4인, 법조 1인, 시민 · 사회 3인 등
- **조직 및 기능**



35 경주 방폐장이 있는데 사용후 핵연료 처분장이 또 필요한가요?



경주 중저준위방사성폐기물 처분시설은 중저준위방사성폐기물만 처분하는 시설이므로 사용후핵연료를 관리하기 위해서는 별도의 처분장이 필요합니다.

- 경주 중저준위방사성폐기물 처분시설은 원자력발전소에서 사용된 장갑, 작업복, 폐필터 등 방사선 준위가 낮은 중저준위방사성폐기물만을 처분하도록 허가받은 처분시설입니다.
- 높은 열과 방사능을 가진 고준위방사성폐기물인 사용후핵연료는 보다 안정된 지하 500m 이상의 암반에 묻혀야 합니다.
- 미국, 프랑스, 일본 등 국가들도 중저준위방사성폐기물 처분장을 운영하고 있지만, 고준위방사성폐기물 처분장 부지를 별도로 마련하기 위해 노력하고 있습니다.

※ 경주 방폐장의 공식명칭은 「경주 중저준위방사성폐기물 처분시설」입니다.



궁금해요

● 해외 주요 국가의 중저준위방사성폐기물 처분장 운영 현황

국명	처분장(지역명, 운영시기)	처분용량	처분 형태
핀란드	Olkiluoto (1992 ~)	8,700m ³	동굴처분 (100m)
	Loviisa (1998 ~)	7,800m ³	동굴처분 (110m)
프랑스	l'Aube (1992 ~)	100만m ³	공학적방벽 천층처분
일본	Rokkasho (1992 ~)	4만m ³ (1차)	공학적방벽 천층처분(60만m ³ 로 증설 예정)
스웨덴	SFR (1988 ~)	63,000m ³	해저동굴처분 (60m) (20만m ³ 로 증설 예정)
영국	Drigg (1959 ~)	160만m ³	단순천층처분 및 공학적방벽 천층처분
스페인	El Cabril (1992 ~)	5만m ³	공학적방벽 천층처분
미국	Barnwell(South Carolina) (1971 ~)	88만m ³	단순천층처분
	Richland(Washington) (1965 ~)	170만m ³	단순천층처분
	Envirocare(Clive, Utah) (1990 ~)	10만m ³	공학적방벽 천층처분
중국	Northwest(Gansu) (1998 ~)	2만m ³	공학적방벽 천층처분
	Beilong(Guangdong)	8만m ³	공학적방벽 천층처분

* 자료 : 방사성폐기물 안전관리 통합정보시스템(국외현황)

● 중저준위와 고준위방사성폐기물 처분장의 부지요건

분류	부지 요건
중저준위 방사성폐기물 처분장	<ul style="list-style-type: none"> • 인구밀집지역으로부터 떨어진 곳일 것 • 기상·수문조건(수문조건)·지표면 및 지질학적 상태를 고려하여 적합한 곳일 것 • 지표수와 지하수로부터 가능한 한 멀리 떨어진 곳으로서 그 분포상태가 적합한 곳일 것 • 지진, 생태학적 특징, 수자원의 이용 기타 제반 환경여건이 적합한 곳일 것
고준위 방사성폐기물 처분장	<ul style="list-style-type: none"> • 인구밀집지역으로부터 떨어진 곳일 것 • 해안지역에 위치한 경우에는 해수에 의한 심각한 영향을 받지 아니하는 곳일 것 • 처분시설의 안전을 위하여 주변지역이 지질학적으로 안정된 곳일 것 • 기후변화 등이 처분시설의 안전성에 심각한 영향을 미치지 아니하는 심부에 위치할 것 • 지층의 암석은 방사성물질의 이동을 억제할 수 있도록 침투성·다공성 및 확산성이 낮은 것 • 지하매질은 방사성물질의 붕괴열 등이 처분시설의 안전성에 심각한 영향을 미치지 아니하는 것일 것 • 지표수 및 지하수로부터 멀리 떨어진 곳일 것 • 석유·천연가스 등 인화성 광물질의 매장지역으로부터 멀리 떨어진 곳일 것

* 출처 : 원자력안전위원회규칙 제14호(방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙)

36 중간저장시설과 영구처분시설을 별도로 건설하나요?

사용후핵연료의 이동을 최소화하기 위하여 중간저장시설과 영구처분 시설을 동일부지에 건설할 계획입니다.

- 우리나라 공론화위원회는 국토 면적과 국제 전문기관의 의견을 고려하여 중간저장시설과 영구처분시설을 동일부지에 설치하는 것을 권고하였습니다.
- 미국 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission)는 사용후핵연료의 운반·저장 횟수를 최소화하는 것이 좋다고 권고*하고 있습니다.

* USNRC ISG(Interim Staff Guidance)-11 "Cladding Consideration for the Transportation and Storage of Spent Fuel"

사용후핵연료는 꼭



최우선은



37 다른 나라도 부지선정에 어려움이 많았다고 하는데요?



세계적으로 부지선정에 어려움이 많았습니다. 이는 기술적인 어려움보다 주민동의를 구하기 어려웠기 때문입니다.

- 미국은 1982년 제정한 방사성폐기물정책법(Nuclear Waste Policy Act)에 따라 네바다주 유카마운틴을 부지로 결정하였으나 2010년에 철회한 후 부지선정을 다시 추진하고 있습니다.
 - 네바다주에는 이미 핵무기 실험장이 있어서, 고준위방사성폐기물 처분장 건설에 대한 반대가 많아서 결국 2010년 부지 선정을 철회함.
 - 이러한 경험 때문에 2012년에 구성된 미국 블루리본위원회(BRC)는 지역동의를 토대로 처분장을 확보할 것을 권고함.
- 핀란드의 경우, 투명한 정보공개와 규제기관에 대한 높은 신뢰를 바탕으로 과학적인 절차를 마련하여 체계적으로 부지선정을 진행하여 부지를 확보하였으며 현재 처분시설을 건설 중입니다.
- 향후 우리나라는, 해외 사례와 민주적인 과정과 절차를 거쳐 부지를 선정한 경주 중저준위방사성폐기물 처분시설의 사례를 교훈삼아 사용후핵연료 관리시설 부지선정을 추진할 것입니다.



궁금해요

● 스웨덴과 핀란드의 부지선정 절차와 성공 요인

구분	핀란드	스웨덴
개요	단계적 접근법을 활용, 전 세계에서 처음으로 처분시설 부지를 선정하고 정부로부터 건설허가를 취득 (2015.11월)	광역지질조사와 지자체 유치신청을 병행, 2009년 처분부지를 확정
부지 선정 절차	잠재지역 도출(101개 지역) → 예비부지조사(5개 지역) → 상세부지 조사(4개 지역) → 후보지 선정(2개 지역) → 처분부지 선정(Olkiluoto)	문헌조사 → 광역지질조사→타당성 조사(8개 지역) → 지역의회 동의(3개 지역) → 부지조사(2개 지역/Oskarshamn, Östhammar) → 처분부지 선정(Östhammar)
성공 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 주민선택권 부여 • 규제기관에 대한 높은 신뢰 • 안정적 에너지원에 대한 국민적 요구 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 자율적 유치신청과 정부주도 병행 • 지자체 거부권 부여 • 전국규모 지질조사 수행 • 경제적 지원책 제시 등
지역 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체에 고정 자산세 우대조치를 통해 경제적 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 통상적인 세금 요율(0.5~1.0%) 보다 높은 최고 2.85%까지 세금 징수 가능 • 처분사업자(POSIVA) 분사 이전 • 고�령자 대상 주거시설 임대 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 처분시설 유치지원금 20억 SEK(약 2,600억원)을 사업자와 유치지자체 간 협의를 통해 탈락지역에 75%, 유치지역에 25% 지원 • 원자력 폐기물 관리 기금으로 지자체 및 시민단체에서 행하는 정보 제공 관련 활동비용 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 유치지원한 2개 지역에 연 500만 SEK(약 6.5억원) 교부금 지원

38 무인도에 사용후핵연료 관리시설을 만들면 안 되나요?



지질학적으로 안정되고 법에서 규정한 부지요건을 만족한다면 무인도에 사용후핵연료 관리시설을 건설할 수도 있습니다.

- 사용후핵연료 관리시설 부지는 현행법에서 규정한 부지요건을 만족하면 기술적으로는 어떤 지역이든 설치할 수 있습니다.
- 단, 사용후핵연료 관리시설을 운영하는 데에는 근무할 인력이 상주할 수 있어야하고 사용후핵연료 운반의 편의성과 전력, 수도 등의 설비를 감안하면 무인도 건설은 현실적이지 않습니다.



궁금해요

- 원자력안전위원회 규칙 제14호(방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한규칙) 중 사용후핵연료 관리시설 관련 규정

제66조 (심층처분시설의 위치)

- ① 고준위방사성폐기물 심층처분시설의 위치에 관한 기준은 다음 각호와 같다.
 1. 인구밀집지역으로부터 떨어진 곳일 것
 2. 해안지역에 위치한 경우에는 해수에 의한 심각한 영향을 받지 아니하는 곳일 것
 3. 처분시설의 안전을 위하여 주변지역이 지질학적으로 안정된 곳일 것
 4. 기후변화 등이 처분시설의 안전성에 심각한 영향을 미치지 아니하는 심부에 위치할 것
 5. 지층의 암석은 방사성물질의 이동을 억제할 수 있도록 침투성·다공성 및 확산성이 낮은 것
 6. 지하매질(지하매질)은 방사성물질의 붕괴열 등이 처분시설의 안전성에 심각한 영향을 미치지 아니하는 것일 것
 7. 지표수 및 지하수로부터 멀리 떨어진 곳일 것
 8. 석유·천연가스 등 인화성 광물질의 매장지역으로부터 멀리 떨어진 곳일 것
- ② 제1항의 규정에 의한 고준위방사성폐기물 심층처분시설의 위치에 관한 세부기술기준은 원자력안전위원회가 정하여 고시한다.

제67조 (사용후핵연료 중간저장시설의 위치)

- ① 사용후핵연료 중간저장시설의 위치에 관한 기준은 다음 각호와 같다.
 1. 인구밀집지역에서 떨어진 곳일 것
 2. 지진·지질학적 특성을 조사·평가한 결과 장애가 없는 곳일 것
 3. 산업·수송 및 군사시설로 인한 인위적 사건의 영향을 평가한 결과 장애가 없는 곳일 것
 4. 당해 시설로부터 방사성물질이 대기로 방출되는 경우의 확산 및 희석 특성을 조사·평가한 결과 주변의 대기환경에 장애가 없는 곳일 것
 5. 해일·회오리바람·태풍·홍수·폭설 또는 폭우 등의 자연현상을 조사·평가한 결과 그것이 중대한 사고의 원인이 될 수 없는 곳일 것
 6. 저수지·댐의 유실과 빗물 등에 의한 하천범람의 영향이 없는 곳일 것
 7. 지표수 및 지하수의 수문학적 특성을 조사·평가한 결과 주변의 수중환경에 장애가 없는 곳일 것
- ② 제1항의 규정에 의한 사용후핵연료 중간저장시설의 위치에 관한 세부기술기준은 원자력안전위원회가 정하여 고시한다.

39 부지선정 과정에서 지역주민의 의사는 어떻게 반영하나요?



경주 중저준위방사성폐기물 처분시설 선정방식과 같이 지방자치단체와 지역주민의 의사를 반영하는 절차를 거칠 것입니다.

- 정부는 지난 30여년 간 추진해온 방사성폐기물 관리사업의 경험을 통해 주민 수용성이 문제 해결의 열쇠라는 것을 인식하였습니다.
- 2005년 경주 중저준위 방사성폐기물 처분시설은 지방자치단체 자율공모와 주민의사를 반영하는 주민투표를 통해 유치에 성공할 수 있었습니다.
- 사용후핵연료 관리시설 부지선정은 경주 중저준위 방사성폐기물 처분시설 선정의 경험을 살려 주민의 의사를 충분히 반영하는 절차를 거칠 것입니다.
- 과학기술적으로 안전할 수 있도록 철저한 지질조사가 선행되어야 합니다.



파랑 리본과 사용후핵연료

다양한 색깔의 리본들이 많지만 모두 제각각의 상징적 의미를 갖고 있습니다. 그 중 가장 밝은 의미를 갖고면서 의외로 사용후핵연료와 인연이 있는 것이 파랑 리본, 즉 블루 리본(Blue-ribbon)입니다. 사전적으로는 '최상의', '탁월한'과 같은 의미인데, 이 말은 영국에서 영예의 상징인 가터 훈장의 수상자에게 파랑색 리본을 준데서 비롯되었답니다. 그리고 블루리본위원회라고 하면 '학식, 경험이 풍부한 사람들로 구성된 위원회'를 뜻하는 일반적인 용어인데, 미국에서는 사용후핵연료 처리 국가 정책에 대한 권고를 내리기 위해서 만든 위원회의 이름이기도 합니다.



미국은 사용후핵연료를 유카마운틴이라는 사막지역에 처리하는 것을 추진해 왔는데, 오바마 정부 출범 직후인 2009년에 이를 백지화 한 적이 있습니다. 그 후 현대대에 발생한 사용후핵연료를 안전하게 처리하기 위한 방안을 찾기 위해 블루리본위원회를 구성한 것이지요. 각계 인사 15명으로 구성된 블루리본위원회는 2010년부터 24개월 동안 활동하면서 2013년 1월 미국 정부에 사용후핵연료 관리를 위한 몇 가지 권고사항을 제시하였습니다. 미국은 이를 바탕으로 사용후핵연료 중간저장시설을 2025년에 운영하고 영구처분장을 2048년까지 운영할 계획이라고 합니다.

우리나라도 이와 비슷한 목적으로 '사용후핵연료 공론화위원회'를 구성하여 운영하고, 2015년 6월에 사용후핵연료의 안전한 관리를 위한 10개 권고사항을 담은 보고서를 정부에 제출한 바 있습니다.

40 유치지역 지원은 왜 필요한가요?



원자력발전의 혜택은 국민 전체가 누리지만, 사용후핵연료를 관리하는 시설은 특정지역에 설치됩니다. 그러므로 부담을 안게 되는 관리시설 유치지역에 대한 보상이 필요합니다.

- 생활쓰레기 매립장의 경우에도 지역 지원 수수료가 있듯이, 사용후핵연료 관리시설 유치지역에도 부담에 상응하는 혜택과 지원이 필요합니다.
- 2015년 6월, 공론화위원회에서도 사용후핵연료 관리시설 유치지역에 대해서는 지역 주민의 삶의 질을 높이고 안정적 경제기반 구축을 위해 ① 연구소 및 관리기관 등 유관기관을 유치하여 일자리 창출과 지역경제 활성화에 이바지, ② 지원수수료 납부, ③ 도시개발, ④ 특별지원금 지원 등을 권고한 바 있습니다.



공급해요

● 해외 고준위폐기물 처분사업 관련 지역지원 현황

국가	처분장 및 특성	지역지원 내용	
		법제화 내용	기타 지원시스템
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> 포스마크 처분장 <ul style="list-style-type: none"> - 주변에 원전 및 중저준위 처분장 운영중 	<ul style="list-style-type: none"> 지자체가 행하는 정보제공 활동 관련비용 지원 * 처분장 유지경쟁을 벌였던 오스카삼에도 동일 금액 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 부지선정 전에 사업자인 SKB와 2개 지자체, 4개 원전사업자 간에 「2개 지자체에 대한 지역개발 협력 협정」 체결 * 포스마크 25%, 오스카삼 75%
핀란드	<ul style="list-style-type: none"> 올킬루오토 처분장 <ul style="list-style-type: none"> - 주변에 원전 및 중저준위 처분장 운영중 	<ul style="list-style-type: none"> 일반시설에 부과하는 세금 요율인 0.5~1.0% 보다 높은 최고 2.85% 세금 징수 	<ul style="list-style-type: none"> 처분사업자인 Posiva사 이전 지역 고령자 대상 주거시설 임대 지원
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> 부지선정 중 <ul style="list-style-type: none"> - 예정지 : 뷰레(Bure) 지하시험시설 인근 	<ul style="list-style-type: none"> 처분장 건설지역에 '공익사업 공동체(GIP)'를 설치하여 지역 주도 지원사업 추진 농업, 관광사업 활성화를 위한 자금지원 <ul style="list-style-type: none"> - 2000~2006년 연 915만유로(약 130억원) - 2007~2009년 연 2,000만유로(약 280억원) - 2010년 이후 연 3,000만유로(약 430억원) 	<ul style="list-style-type: none"> 고용창출을 위한 신에너지 기술 프로젝트 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 뷰레(Bure) 지역을 미래 에너지 기간 도시로 조성 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> 부지공모 중 	<ul style="list-style-type: none"> 전원3법 교부금 제도 <ul style="list-style-type: none"> - 문헌조사에 응모하는 시·정·촌 및 주변지역에 대하여 연간 10억엔(약 120억엔)지원(총 20억엔 한도 내) - 개요조사 실시지역에 대해서는 연간 20억엔(약 240억엔) 지원(총 70억엔 한도 내) - 정밀조사 실시지역에 대한 지원은 추후 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 처분사업자인 NUMO 본사 이전 고용촉진 및 지역산업 진흥 촉진

* 출처: 「외국의 고준위방사성폐기물 처분현황(원제:諸外國における高レベル放射性廃棄物の處分について)」

41 원전 부지 내에 저장시설을 확충하면 해당 지역에 지원이 있나요?

공론화위원회의 권고에 따라 보관비용 지원을 신중히 검토 중입니다.

- 공론화위원회는 원전 부지 내에 단기저장시설을 설치할 경우, 한시적인 사용후핵연료 보관에 대하여 보관비용을 지불하고, 투명하고 효과적인 비용 적립과 관리를 위해 가칭 주민재단을 지역에 설립하여 운영할 것을 권고하였습니다.
- 주민재단 제안의 취지는 주민의 소득증대, 생활환경 개선, 정보 제공 등 주민의 복지를 주민들 스스로 투명하고 공정하게 기획하고 실행하게 하자는 것입니다.
- 정부와 발전사업자도 권고 내용 등을 감안하여 보관비용 등의 지역지원에 대해 전문가와 함께 검토 중입니다. 향후 해당지역 주민과 지자체가 동의한다면 주민재단의 설립도 가능할 것입니다.



{ 퀴즈로 알아보는 }
{ 사용후핵연료 }

정답자 중에서 추첨을 통해 소정의 상품을 드립니다
 엽서 보내는 기간 | 2016년 8월 31일까지(도착기준)



날말퍼즐로 알아보는
‘사용후핵연료’

				2					5
1							4		
				3					
		7							
6									10
							9		
				8					

가로

1. 사용후핵연료의 이동을 최소화하기 위하여 중간저장시설과 ○○○○○을 동일부지에 설치할 계획이다. p.74
3. 사용후핵연료 관리시설 부지는 과학 전문가, 공익 대표자 등이 참여하여 전문적이고 중립적으로 최적의 부지를 선정할 수 있도록 할 ○○○○○○○을 구성하여 운영할 계획이다. p.70
6. ○○○○은 방사성폐기물관리사업자가 원자력발전사업자로부터 사용후핵연료를 인수하여 영구적으로 처분하기 전까지 한시적으로 관리하는 것이다. p.68
8. 월성원전은 1992년부터 원전 부지 내에 ○○○○○을 안전하게 운영 및 관리하고 있습니다. p.58
9. 사용후핵연료 관리기술은 크게 저장, 운반, ○○○○로 분류되며, 우리나라는 선진국 대비 약 70% 수준입니다 p.64

세로

2. 중저준위 특별법에 명시된 ○○○○은 사용후핵연료의 중간 저장시설이나 영구처분시설을 말합니다. 원전 부지내 간식 저장시설은 ○○○○에 해당하지 않는다. p.62
4. 정부는 방사성폐기물관리법 제6조의 2에 따라 사용후핵연료 관리 기본계획 수립과정에서 ○○○○○을 설치하여 20개 월간 (2013.10~2015.6) 국민과 다양한 이해관계자 등으로부터 광범위한 의견수렴 과정을 거친 바 있다. p.110
5. 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 ○○○○○에 관한 특별법, 제18조 (사용후핵연료 관련 시설의 건설 제한)에 따르면, 중저준위 방사성폐기물 처분시설이 있는 지역에는 사용후핵연료의 관련 시설을 건설하여서는 안된다. p.60
7. 사용후핵연료 관리시설 부지선정은 경주 ○○○○ 방사성폐기물 처분시설 선정의 경험을 살려 주민의 의사를 충분히 반영하는 절차를 거칠 것이다. p.80
10. 핀란드의 심층○○○○은 지하 500m 암반에 지하연구시설 (URL)을 만들어 11년간 안전성 확인과 검증은 거친 후 4층으로 밀봉하여 처분하도록 설계되었습니다. p.29

본 책자의 내용이 귀하께서 사용후핵연료를 이해하는데 얼마나 도움이 되었나요?

① 전혀 안되었다 ② 보통 ③ 광장히 많이 되었다



우편엽서

보내는 사람

성명

주소

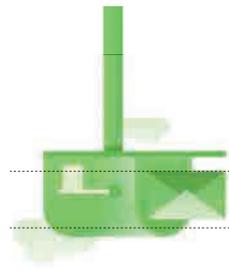
□ □ □ □ □



받는 사람

경상북도 경주시 북성로 89 한국원자력환경공단 홍보실

3 8 1 4 0



KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY
한국원자력환경공단



.....
.....
.....
.....
.....

MEMO





셋째,
사용후핵연료,
무엇이든 물어보세요



* 셋째편은 일반인이 실제로 궁금해하는 질문에 대한 답변이며,
질문은 가능한 인터넷이나 언론매체 등에서
수집한 원문을 그대로 인용하였습니다.

03

42 플루토늄은 조금만 먹어도 죽는다는데?



플루토늄은 맹독물질입니다. 그러나 인체에 흡수되지 않으며, 일반인이 접촉할 가능성이 없습니다.

- 플루토늄은 핵무기의 재료가 되기 때문에 매우 민감한 물질로 국제적으로 엄격하게 관리하고 있습니다.
- 플루토늄은 사용후핵연료에 1%정도 포함되어 있으나 재처리가 금지된 우리나라는 플루토늄을 뽑아낼 수 없습니다.
- 또, 사용후핵연료의 운반과정에서도 누설을 방지하기 위하여 특별히 관리됩니다.
- 따라서 일반인이 플루토늄에 노출될 가능성은 없습니다.

플루토늄 (Pu-239)

사용후핵연료에 포함된 플루토늄은 원자로를 가동하거나, 원자폭탄, 수소폭탄을 만드는데 쓰이며, 방사선 세기가 반으로 줄어드는 반감기가 24,110년입니다.

43 사용후핵연료도 핵폭탄처럼 폭발하나요?



사용후핵연료는 폭발하지 않습니다. 우라늄(U-235) 농축도가 1% 정도에 불과하기 때문입니다.

- 핵폭탄은 우라늄(U-235) 농축도가 90%를 넘지만, 사용후핵연료의 우라늄 농축도는 1% 수준이기 때문에 폭발하지 않습니다.
- 연탄에 불이 붙으려면 충분한 양의 석탄함량과 공기, 그리고 불씨가 있어야 하는 것과 마찬가지로입니다.
- 사용후핵연료는 우라늄의 양(석탄)이 부족하고, 핵분열을 시키는 중성자(불씨)의 흡수물질이 포함된 안전용기에 보관하기 때문에 폭발할 위험이 없습니다.

원자폭탄의 종류 및 폭발조건

농축도 90%이상의 우라늄-235가 임계질량인 52kg을 넘으면 폭발할 수 있는 반면, 플루토늄은 10kg만 되어도 폭발이 가능합니다.

구분	폭발조건	사례
우라늄 폭탄	농축도 90% 이상의 우라늄-235 (52kg 이상)	히로시마 투하
플루토늄 폭탄	순수한 플루토늄-239 (10kg 이상)	나가사키 투하

우리 모두 함께 해결해요





가장 잘 폭발하는 것은 우리 엄마죠.



그런데 이게 무슨 문제예요?

사용후핵연료는 현재 안전하게 보관하고 있지만

점점 저장 공간이 줄어들고 있어서 사용후핵연료를 안전하게 보관하는 방안이 전 세계의 문제로 대두되고 있다.

저장 공간



사용후핵연료를 보관하는 원전의 저장시설이 포화 상태라



포화 상태

저장시설 확보가 발등에 떨어진 불이란다.



삼촌은 노총각 딱지 빨리 떼는 것이 발등에 불이죠.

쓸데 없는 소리!



사용후핵연료란 말이 국민들에게는 매우 낯선 말이지만

사용후핵연료



우리 국민 모두가 머리를 맞대고 풀어야 할 숙제란다.



저도 꼭 머리를 맞대겠습니다!

44 사용후핵연료를 10만년 이상 안전하게 처분할 수 있나요?



인간이 관리하는 제도적 관리에는 한계가 있습니다. 그래서 지하 500~1,000m의 시설을 건설하여 처분함으로써 완전히 잊어버려도 인간 생활권에 영향을 미치지 않도록 하는 것입니다.

- 사용후핵연료가 안전하게 되려면 10만년 정도가 지나야 한다고 알려져 있습니다.
- 사용후핵연료를 안전하게 처분하려면 암석의 종류와 지질이 튼튼하고, 화산이나 지진으로부터 안전한 곳을 찾아야 합니다.
- 지구상에는 사용후핵연료를 안전하게 처분할 수 있는 곳이 많이 분포되어 있습니다. 이러한 곳을 찾아 사용후핵연료를 처분하는 기술이 이미 상용화되고 있습니다.
- 핀란드는 1994년부터 연구를 시작해서 올킬루오토라는 사용후핵연료 처분에 적합한 지역을 찾았으며, 사용후핵연료 전담기관인 POSIVA사에서는 10만년 이상 처분할 수 있는 기술을 개발해서 규제기관으로부터 검증을 받은 후 시설을 건설하고 있습니다.

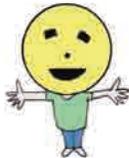
나를 너무 무섭게만
보이지 마세요...



관리를 잘하면



착하고 좋은



친구가 됩니다



END

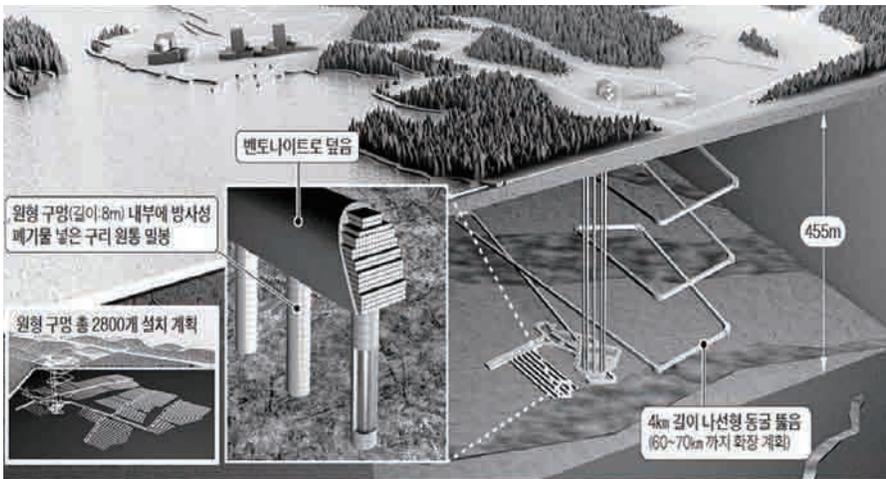
아이아리

45 핀란드도 건설허가만 받았지 안전성 문제는 미해결 상태라는데?

그렇지 않습니다. 핀란드의 규제기관은 3년간 안전성 확인 후 2015년 11월 세계 최초로 건설허가를 발급했습니다.

- 핀란드는 사용후핵연료 영구처분 기술에 대해 3년간 규제기관의 안전성 확인을 거쳐 2015년 11월부터 시설 건설을 시작했습니다.
- 핀란드의 사용후핵연료 관리 전담기관인 POSIVA社は 2004년부터 지하연구시설을 가동하고 필요한 기술을 확보하여 2012년에 시설 건설허가를 규제기관인 스투크(STUK)에 신청했습니다.
- 규제기관인 스투크(STUK)은 3년간 안전성을 검토하고, 2015년 11월 시설 건설을 허가했습니다.

핀란드 고준위 방사성폐기물 처분장 개념도



46 아무리 깊은 땅 속이라도 지진에는 못 견딜 것 같은데?



그렇지 않습니다. 땅 속으로 들어갈수록 지진의 영향이 적어지고, 지표면으로 갈수록 영향이 커집니다.

- 국제원자력기구(IAEA)에서도 지하 500m 이상의 깊은 곳에 사용후 핵연료를 처분하도록 권고하고 있습니다.

〈 방사성폐기물 등급별 처분방식(IAEA GSG-1, 2009) 〉

구분	처분방식	처분개념	비고
저준위 폐기물	표층처분	- 지표 위 또는 지하 10m 이내 깊이에 인공방벽처분 - 지하 100m 이내에 동굴처분	
중준위 폐기물	중간깊이처분	지하 100m 내외	
고준위 폐기물	심지층처분	지하 100m 이상 (통상 500~1,000m)	사용후핵연료

연관질문

9. 사용후핵연료 저장시설은 지진에 안전한가요?

p.22

47 땅 속에 사용후핵연료를 두면 물이 나와 더 위험하지 않나요?



그렇지 않습니다. 땅 속으로 깊이 들어갈수록 압력이 높아져 물이 적어 집니다.

- 국제원자력기구는 지하 500m 이상의 깊은 곳에 처분하는 것을 권고하고 있습니다.
- 「IAEA General Safety Guide No-1(2009)」는 고준위폐기물은 지하 수백m(통상 500~1,000m) 깊이에 지층처분 하도록 권고함.
- 땅 속으로 들어갈수록 지질도 안정적이며, 압력이 높아져 물과 산소도 적어지기 때문에 화학적으로 안전합니다.
- 설령 물이 있다 하더라도 금속재질의 두꺼운 용기와 콘크리트와 같은 여러 겹의 차단장치가 있기 때문에 사용후핵연료가 물과 접촉되지 않습니다.

연관질문

13. 영구처분은 무엇인가요? p.28

48 사용후핵연료를 안전하게 운반할 수 있나요?



충분히 안전하게 운반할 수 있습니다.

- 사용후핵연료의 운반은 국제원자력기구(IAEA)의 엄격한 규정*과 국내법령**의 적용을 받습니다.

* IAEA SSR-6 「Regulation for the safe transport of radioactive material」

** ① 원자력안전위원회 고시 제2014-50호(방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정)

② 해양수산부 고시 제2015-93호(방사성물질 운송선박의 안전기준)

- 세계적으로 스웨덴 40회, 영국과 프랑스가 각각 200여 회 등을 해상으로 운반했지만, 단 한차례의 사고도 없었습니다.
- 우리나라의 경우 중저준위방사성폐기물은 해상운반 경험이 있습니다. 사용후핵연료는 1990년부터 동일 부지 내에서 인근 호기간 육상운반을 해오고 있으며, 소량이지만 연구 목적으로 고리와 한울 원전에서 원자력 연구원으로 안전하게 육상운반을 한 경험도 있습니다.

연관질문

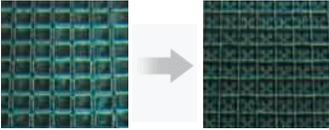
15. 사용후핵연료는 어떻게 운반하나요?

p.32

49 사용후핵연료를 물 속에 더 촘촘히 저장해도 안전한가요?

안전합니다. 저장수조의 온도를 최대 60°C이하로 관리하며, 특수한 재질의 금속으로 만든 조밀랙을 사용하기 때문입니다.

- 안전성이 충분히 유지되는 범위내에서 사용후핵연료의 보관 간격을 줄여 당초보다 많은 사용후핵연료를 보관 가능하도록 하는 기술을 적용하여 개발한 것이 조밀랙(조밀저장대)입니다.
- 조밀랙(조밀저장대)으로 교체 설치하면, 안전성을 유지하면서 저장 용량은 2배 가까이 늘어납니다.

개 념 도	특기사항
 <p data-bbox="221 1048 305 1069">기존 저장랙</p> <p data-bbox="423 1048 508 1069">조밀저장랙</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 재질 : 붕소가 함유된 스테인레스 강 (Borated Stainless Steel) * 붕소 : 핵분열을 일으키는 중성자를 흡수하여 제거 - 교체효과 : 저장용량 약 2배 증가

- 조밀랙은 우리나라뿐만 아니라 미국, 독일 등 전 세계적으로 약 120개 이상의 원전에서 사용 중이며 안전성이 입증된 기술입니다.
- 저장수조는 중성자를 흡수하는 물질의 함량을 높이고 냉각수의 순환을 통해 안전하게 관리되며, 냉각수의 누설, 순환장치의 고장에도 대비되어 있습니다

50 건식저장시설에서 방사능 누출이 심각하다는데?



그렇지 않습니다. 월성원전에 있는 건식저장시설의 방사선은 국제기준에 맞게 매우 낮은 수준으로 관리됩니다.

- 월성 건식저장시설의 방사선 차폐 기준은 다음과 같습니다.

구 분	방사선량률
저장시설 울타리 내부	시간당 0.025 mSv
저장시설 울타리 외부	시간당 0.0025 mSv

- 건식저장시설의 방사선량은 가장 가까운 표면에서도 시간당 0.009~0.018mSv로, 시설 울타리 내부의 설계 기준치인 시간당 0.025mSv 이내에서 충분히 낮게 관리하고 있습니다.

51

월성원전에서 사용후핵연료를 노상방치 한다는데?



아닙니다. 월성원전 건식저장시설은 공기의 자연대류에 의해 열을 식히는 방식이기 때문에 외부에 노출시키는 것입니다.

- 사용후핵연료 건식저장방식은 해외 주요 원전 운영국들이 상용화해 안전하게 운영 중인 보편적인 기술입니다.
- 월성원전의 건식저장시설은 공기로 사용후핵연료의 열을 식히는 방식이기 때문에 지상에 건설해야 하며, 1992년 규제기관의 안전성 확인을 받은 이후 20년 동안 안전하게 운영되고 있습니다.
- 건식저장시설의 외부노출로 인한 방사능의 누설이나 용기의 손상은 발생하지 않으며, 주기적인 점검을 통해 안전하게 관리하고 있습니다.

연관질문

8. 건식저장은 무엇인가요?

p.20

52 방폐장 특별법이 금지한 시설이 경주에 있다는데?



그렇지 않습니다. 월성원전 부지내의 사용후핵연료 건식저장시설은 원자력안전법에서 정의한 '관계시설'로 특별법이 금지하는 중간저장 시설이나 영구처분시설이 아닙니다.

- 방폐장 특별법*은 2005년 경주시가 중저준위 방사성폐기물 처분시설 지역으로 선정되기 전에 제정되었으며 중저준위 방사성폐기물 처분시설 유치지역에는 사용후핵연료 관련 시설이 설치될 수 없도록 규정하고 있습니다.

* 「중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법」

- 이는 중저준위 방폐장 주변에는 사용후핵연료 중간저장시설이나 영구처분시설을 설치하지 않겠다는 의미입니다.
- 따라서, 「관련 시설」은 별도의 부지선정 절차를 거쳐 사용후핵연료를 저장하거나 처분하는 시설을 말하는 것입니다. 기존 원전부지 안의 사용후핵연료 건식저장시설은 방폐장 특별법에 저촉되지 않습니다.
- 원전 부지 내에 있는 사용후핵연료 건식저장시설은 원전 운영에 필수적인 시설로서 합법적인 시설이며, 원전과 별개로 분리할 수도 없습니다.

연관질문

29. 월성원전에 건식저장시설 확충은 중저준위 특별법상 관련 시설이 아닌가요?

p.62

53 원전 부지내의 저장시설은 사실상 중간저장시설 아닌가요?



아닙니다. 방사성폐기물 관리자가 관리하는 중간저장시설과 원전사업자가 관리 및 운영하는 원전내 저장시설은 다릅니다.

- 원자력발전사업자는 사용후핵연료에서 나오는 많은 열과 방사선을 줄이기 위해 원자로에서 나온 직후에 원전 부지내의 습식저장시설에 보관합니다.
- 방사성폐기물 관리자는 충분히 열과 방사능이 감소된 사용후핵연료를 원자력발전 사업자로부터 인수하여 저장·관리하는데 그 시설이 중간저장시설입니다.

원자력안전법 시행령 제2조의 '사용후핵연료 중간저장'이란 원자로의 연료로 사용된 핵연료물질이나 그 밖의 방법으로 핵분열시킨 핵연료물질을 발생자로부터 인수하여 처리 또는 영구처분하기 전까지 일정기간 안전하게 저장하는 것을 말합니다.

54 우리나라에 영구처분할 부지가 있을까요?



우리나라는 영구처분을 할 수 있는 화강암 암반이 널리 분포하고 있으므로 과학적인 조사를 거쳐 이러한 암반지역을 찾을 수 있습니다.

- 영구처분을 위한 부지는 지진, 단층, 지열 등의 지질학적 특성이 안정된 지역이어야 하고, 처분장 건설에 충분한 공간이 동일 암종으로 이루어져야 합니다.
- 영구처분 할 수 있는 암반은 화강암이 적합하며, 우리나라에는 이러한 지질이 널리 분포합니다.
- 과학적이고 면밀한 조사가 이루어지면, 영구처분에 적합한 지역을 찾을 수 있습니다.

55 경주 방폐장 선정 시 정부가 한 약속을 안 지켰다는데?



그렇지 않습니다. 정부가 약속한 사업은 2015년 말 현재 56%가 집행되었습니다. 한수원 본사이전, 특별지원금 지원, 양성자 가속기 설치 등은 100% 완료되었습니다.

- 경주 중저준위 방사성폐기물 처분시설 부지선정 시 정부는 3조 2천억원 규모의 55개 지원사업, 3,000억원의 특별지원금, 한수원 본사이전 등을 약속하였습니다.
- 2015년 말 현재 현재 55개 지원사업 중 28개 사업이 완료되었고, 1조 8천억원 정도가 집행되어 56%의 진척률을 보이고 있습니다.
- 한수원 본사이전은 2016년 4월에 완료되었고, 특별지원금 3,000억원과 양성자 가속기 설치 사업도 100% 집행하였습니다.
- 앞으로 남은 과제도 당초 약속한 대로 지역발전에 도움이 되도록 조속하게 진행할 것입니다.



궁금해요

- 「중·저준위방사성폐기물 처분시설 유치지역지원 특별법」에 따라 2015년 11월 일반지원사업(55개)와 특별지원사업(4개) 확정 추진(2015년말 기준)

(일반지원사업) 총사업비 3조 2,253억원 중 1조 8,094억원(56%) 지원

- 총 55개 사업 중 28개 사업 완료되었으며, 1조 1,645억원 지원 완료
- 총 55개 사업 중 27개 사업이 진행 중이며, 6,448억원 지원(계획 대비 81%)

〈 총 사업 기준 〉

〈 진행사업 기준 〉



(특별지원사업) 특별지원금 3,000억원 등 3개 사업 지원 완료

(일반지원사업) 28개 사업에 국비 8,952억원(한수원 3,059억원), 지방비 920억원, 공공기관 1,773억원 등 총 1조 1,645억원 지원 완료

- 27개 진행사업에 6,448억원 지원(국비 5,888억원, 지방비 560억원)

〈 28개 완료사업 지원액 〉

(단위: 개, 억원)

부처명	사업수		지원액		부처명	사업수		지원액	
	전체	완료	국비	지방비		전체	완료	국비	지방비
문화재청	12	0	0	0	복지부	3	3	206	299
문체부	11	5	224	282	안행·노동 등	3	3	33	29
환경부	8	6	1,594	240	미래부	1	0	0	0
국토부	6	4	3,746	0	산업부(한수원)	4	3	3,059	0
농식품부	4	2	32	5	합계	55	28	8,952	920
해양수산부	3	2	58	65	* 공공기관 : 1,773억원 지원				

(특별지원사업) 지원수수료는 약 56억원(2010~2015년, 총 8,832드럼)을 지원 하였으며, 한수원 본사이전은 2016년 4월 완료

56 금전적 혜택으로 지역주민의 마음을 사고자 하는 것은 아닌지?



사실과 다릅니다. 특별한 부담을 감당하는 사용후핵연료 관리시설 유치 지역에 그 부담에 상응하는 지역지원 프로그램은 당연히 마련되어야 합니다.

- 사용후핵연료는 저렴한 전기를 공급하는 원자력발전에서 나오는 것이고, 온 국민과 국내 산업계는 원자력의 혜택을 누리고 있습니다.
- 반면에 사용후핵연료 관리시설은 특정지역에 설치되기 때문에, 해당 지역에 부담이 될 수 밖에 없습니다.
- 생활쓰레기 매립장의 경우에도 지역 지원 수수료가 있듯이, 부담에 상응하는 혜택과 지역발전을 위한 지원이 필요합니다.



천마총의 기술이 경주 중저준위 방사성폐기물 처분장에

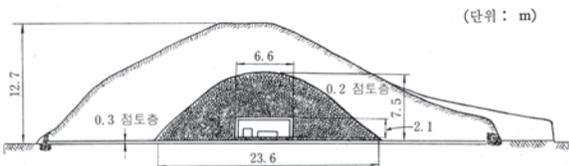
경주의 대표적 유적지로는 불국사, 석굴암, 첨성대 그리고 천마총 등을 들 수 있습니다. 천마총은 다수의 국보급 유물을 포함하여 1만여 점의 유물이 출토되었고, 무엇보다 순백의 천마 한 마리가 하늘로 날아 올라가는 그림이 그려진 자작나무 껍질로 만든 천마도장니(天馬圖障泥)가 유명합니다. 그리고 우여곡절 끝에 경주에 자리를 잡게 된 중저준위방사성폐기물 처분장과와의 인연도 특별합니다.

경주 방폐장은 2005년에 부지를 정한 후 1단계는 동굴방식으로 처분장을 건설하여 운영하고 있습니다. 지금은 2단계 처분장을 준비하고 있는데 표층방식으로서 천마총 축조 방식과 아주 유사합니다.

천마총은 먼저 땅을 잘 고른 다음 진흙을 깔고 진흙층 위에 다시 냇돌을 깔고 냇돌층 위에 목곽을 설치하였습니다. 목곽 위를 다시 냇돌로 쌓아 덮고 그 냇돌층을 진흙으로 발라 다졌으며 마지막으로 흙을 쌓아 봉분을 만들었습니다. 이렇게 만들어진 천마총은 수명이 없는 자연물질을 사용해서 물이 들어가지 않고 안의 내용물을 잘 보존할 수 있었습니다.

1,500년 이상 튼튼하고 한결같은 모습을 지켜온 천마총을 축조한 선조들의 지혜와 세계 최정상급 대한민국의 토목과 과학기술이 잘 조화되는 경주 방폐장. 더욱 믿음직스럽습니다.

천마총 VS 방폐장



57 의견수렴 절차 없이 정부 입장을 관철하려 한다는데?



그렇지 않습니다. 정부는 사용후핵연료 관리방안 마련을 위해 이미 공론화 과정을 마쳤으며 기본계획(안)에 대해서도 공청회 등을 통해 국민의견을 충실히 수렴할 예정입니다.

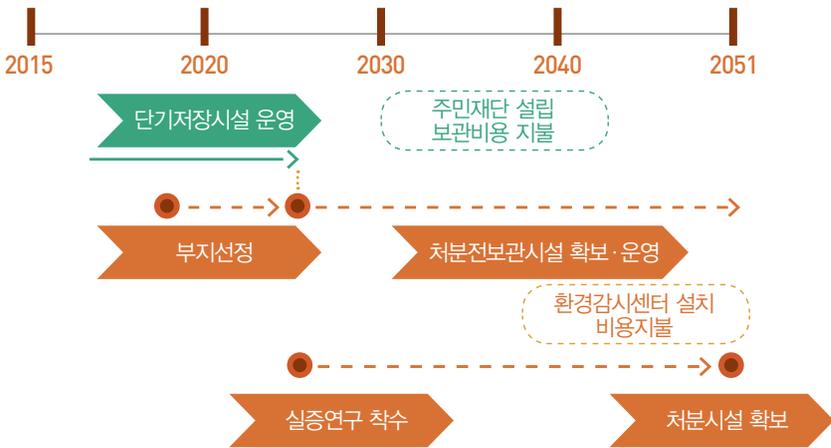
- 정부는 방사성폐기물관리법 제6조의 2에 따라 사용후핵연료 관리 기본계획 수립과정에서 공론화위원회를 설치하여 20개월간 (2013.10~2015.6) 국민과 다양한 이해관계자 등으로부터 광범위한 의견수렴 과정을 거친 바 있습니다.
- 공론화위원회는 2015년 6월 권고안을 정부에 제출하였으며, 정부는 이를 존중하여 고준위방사성폐기물 관리 기본계획을 마련 중입니다.
- 기본계획은 공청회, 행정예고 등 행정절차법이 규정한 의견수렴 절차를 다시 한번 거친 후 원자력진흥위원회에 상정하여 심의 의결을 거쳐 수립될 예정입니다.

58 공론화위원회 권고안의 일정은 실현 불가능한 것은 아닌지?

정부는 공론화위원회가 제시한 일정의 타당성을 검토하여, 사용후핵연료 관리 기본계획을 마련할 것입니다. 일정상 수정이 필요한 부분은 보완할 예정입니다.

- 공론화위원회는 2051년 영구처분장 운영을 목표로 필요한 부지 선정을 2020년까지 하도록 권고하였습니다.

〈 공론화 권고안에 따른 사용후핵연료 관리일정 〉



- 정부는 부지선정에 필요한 시간과 과학조사, 시설건설 일정 등을 종합적으로 검토할 것입니다.

59 사용후핵연료 관리기술을 적기에 확보할 수 있는지?



사용후핵연료 운반 및 저장 등의 기술은 이미 상용화된 기술로 자체 개발하거나 일부 공동연구를 통해 확보할 수 있으며, 처분기술에 대해서도 적기에 기술 확보를 추진할 것입니다.

- 사용후핵연료 관리기술은 크게 안전하게 운반 및 저장하는 기술과 지하 깊이 처분하는 기술로 구분합니다.
- 운반과 저장기술은 세계적으로 수십년 전 이미 개발되어 현재까지 안전하게 활용되고 있습니다.
- 좀더 복잡한 처분기술도 핀란드가 관련기술을 확보하고 2015년 11월부터 영구처분시설 건설을 진행하고 있습니다.
- 우리나라는 아직 기술이 충분하지 않지만 자체 기술개발과 선진국과의 공동 기술개발 및 협력을 통해 적기에 관련기술을 확보하도록 할 것입니다.

연관질문

30. 사용후핵연료 관리기술의 수준은 어느 정도인가요?

p.64

60 사용후핵연료 관리에 필요한 지금은 충분한지?



사용후핵연료 관리에 소요되는 비용이 부족하지 않도록 방사성폐기물 관리법 제28조에 따라 방사성폐기물관리기금을 설치하여 적립합니다.

- 기금에 적립하는 금액은 한국수력원자력(주)가 사용후핵연료의 종류*에 따라 납부합니다.

*경수로형 사용후핵연료 : 다발당 약 3억2천만원

중수로형 사용후핵연료 : 다발당 약 1,320만원

- 2015년까지 적립한 금액은 7조원 정도이며, 적립하는 금액은 매 2년마다 전문가들이 상황 변화를 반영하여 재산정합니다.

해외 주요국가별 처분비용

구분	2012년 기준 처분비용	
	총사업비(억원)	kgU당처분비(원/kgU)
미국	1,326,038	1,086,026
프랑스	287,436	638,747
일본	411,159	1,027,898
캐나다(중수로)	216,711	316,829
한국 (중간저장 포함)	경수로	451,669
	중수로	81,140
		1,285,000
		690,000

* 출처 : 2012년도 사용후핵연료 관리부담금 재산출을 위한 사업비 산출보고서

61

사용후핵연료 문제를 제기하는 것은 원전확대를 위해서라는데?



아닙니다. 사용후핵연료 관리와 원전확대 정책은 별개의 사안입니다. 사용후핵연료는 현재 가동중인 원전에서 계속 발생하고 있으므로 안전 관리가 필요한 사안입니다.

- 사용후핵연료는 2015년 말 현재 24개의 원전에서 약 1만 4천톤이 발생되었습니다. 현재 원전내 저장시설에 보관되어 있으며 저장시설 부족에 대비하여 보다 안정적인 중간저장시설이나 최종 처분시설을 준비해야 합니다.
- 준비가 늦어질수록 감당할 비용이 더 커지며, 이는 미래세대에 큰 부담으로 작용하게 됩니다.
- 원전정책은 우리나라의 에너지 수급상황, 경제성, 다른 대체에너지의 실현 여부, 글로벌 기후변화 대응을 위한 저탄소 저감정책 등에 따라 판단할 문제이며, 사용후핵연료와는 다른 방법으로 접근해야 합니다.

62 사용후핵연료 관리비용을 감안 하면 원전의 경제성이 없다는데?

그렇지 않습니다. 현재의 원자력발전 단가에는 사용후핵연료 관리비용이 이미 포함되어 있습니다.

- 사용후핵연료 관리비용은 중간저장시설과 영구처분시설의 건설 및 운영 비용, 기술개발 소요비용 등이 모두 포함됩니다.
 - 비용은 한국수력원자력(주)이 「방사성폐기물관리기금」에 납부토록 되어있으며, 발전단가에 반영됨.
 - 아울러 원전해체에 소요되는 비용, 원전지역에 대한 지원비용, 사고시 보험비용 등도 발전단가에 모두 포함됨.

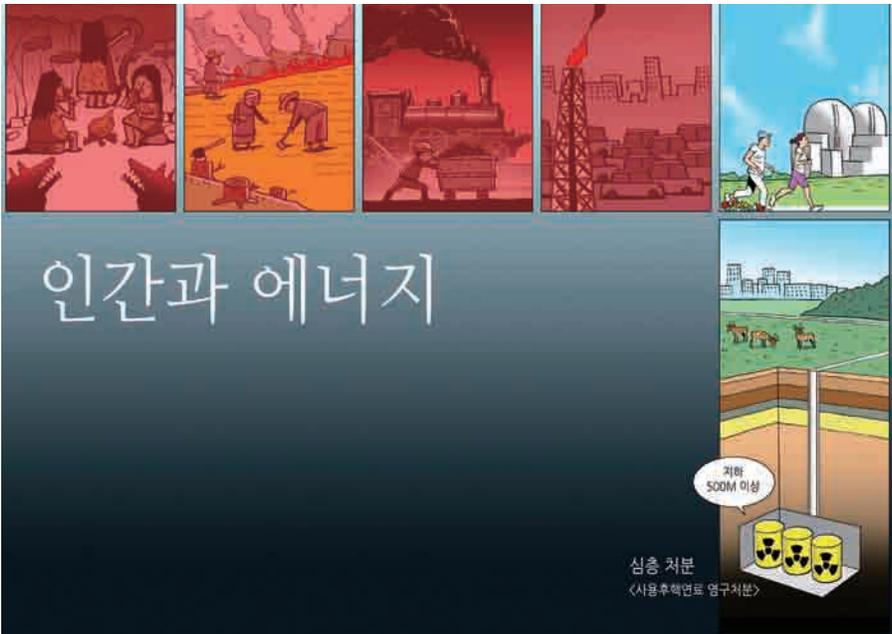
2015년 발전원별 단가

구분	원자력	유연탄	중유	수력	LNG	태양에너지	풍력
정산가격 (평균, 원/kWh)	62.69	70.99	150.29	118.41	126.34	169.19	109.34

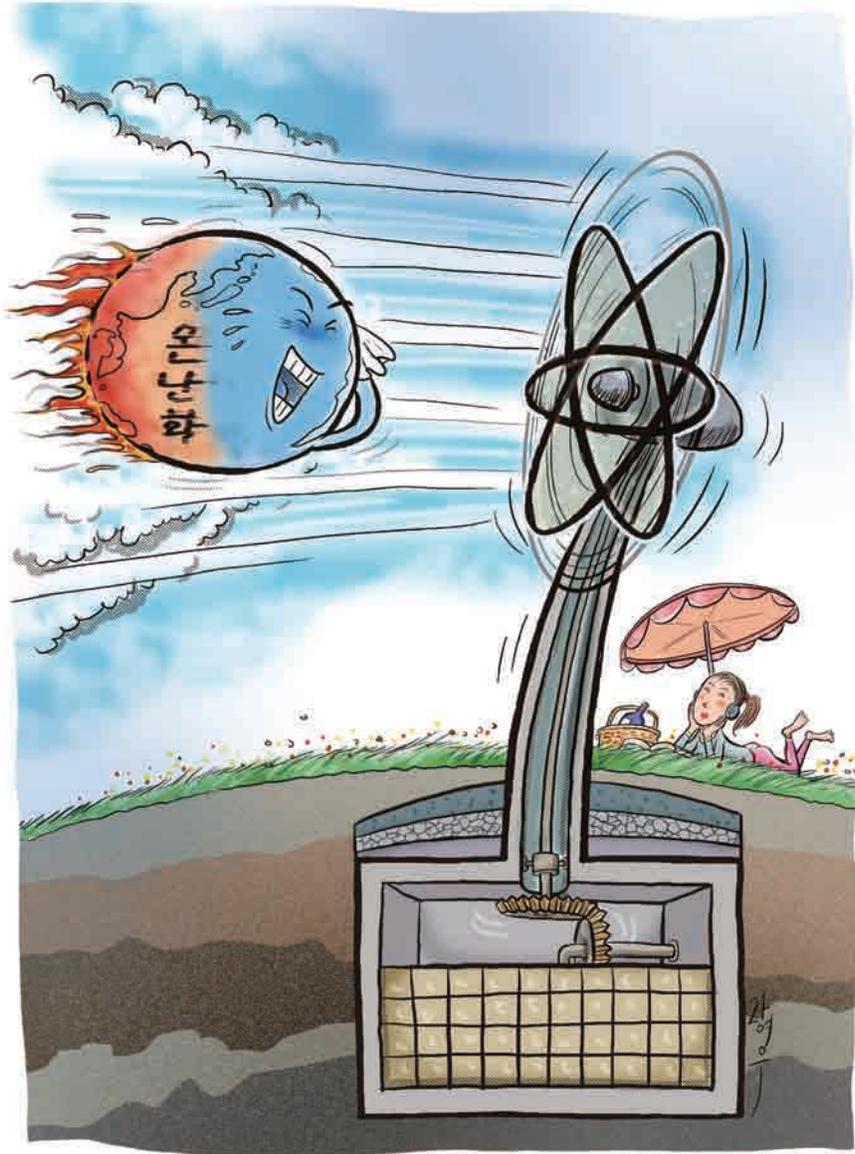
※ 현재, 화석연료를 사용하는 발전의 경우 이산화탄소의 처리비용은 발전단가에 포함되어 있지 않습니다.

* 출처 : 전력통계 정보시스템(<http://epsis.kpx.or.kr>)

인간과 에너지



김종섭 화백



장영우 화백

63 유럽은 사용후핵연료 때문에 원전을 없앤다는데?



아닙니다. 탈원전 국가로 독일을 들 수 있으나 정치적인 이유가 큼니다.

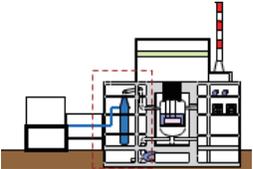
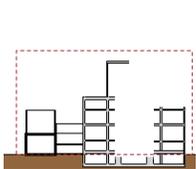
- 후쿠시마 사고 이후에 각 국가별로 원전 정책에 대해 많은 고민을 하고 있지만, CO₂ 저감 문제 등 기후변화 대응과 원전의 경제성 때문에 원전을 더 건설하려는 국가도 많습니다.
- 독일은 2022년까지 8기의 원전을 정지하기로 하였지만, 영국, 핀란드 등 유럽국가와 중국, 인도 등이 많은 에너지 수급 안정화, 기후변화 대응 등을 위해 원전을 확대할 계획입니다.
- 원전의 중단이나 확대의 결정에는 국가의 에너지 정책과 사회적 수용성 등이 가장 큰 요인입니다.
- 참고로, 탈원전을 결정한 독일 등의 나라도 원전에서 발생하는 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위한 필요 시설은 확보하려고 합니다.

64 원전을 해체하면 사용후핵연료도 해체하나요?

사용후핵연료는 해체하지 않습니다. 원전을 해체할 경우 사용후핵연료는 별도 저장시설로 옮겨 보관해야만 합니다.

- 원전해체는 원전에 있는 모든 시설과 장비들을 안전하게 해체하여 자연상태로 되돌리는 모든 활동을 말합니다.
- 원전 해체는 보통 15년 정도가 소요되는데, 이때 사용후핵연료를 보관하는 시설도 해체하기 때문에 사용후핵연료를 다른 장소로 옮기게 됩니다.

원전 해체 예상도

해체준비(2년 이상)	사용후핵연료 냉각 인출(5년이상)	제염·철거(5~6년 이상)	부지복원(2~3년)
 <ul style="list-style-type: none"> · 운영변경허가 · 해체조직 발족 	 <ul style="list-style-type: none"> · 해체공정설계 · 핵연료 반출 및 안전관리 등 	 <ul style="list-style-type: none"> · 원자로 원격절단·제염 · 건물·시설 철거 등 	 <ul style="list-style-type: none"> · 방폐물 처분 · 부지복원 처리 등

65 정부가 발표하는 포화시점은 왜 바뀌나요?



사용후핵연료 저장시설의 포화시점이 정부발표와 달라지는 경우가 있으나, 정부가 의도적으로 다르게 발표하는 것은 아닙니다.

- 사용후핵연료 저장시설 포화시점은 기술의 발전과 원자력발전소 가동일수의 변화 등에 따른 저장용량 및 발생량 감소로 충분히 바뀔 수 있습니다.
- 그간의 기술 진보에 따라, 기존의 저장 시설에서도 사용후핵연료 저장 용량을 안전하게 늘릴 수 있게 되었고, 한편 사용후핵연료를 발생시키는 원전의 가동 일수도 계획과는 다르게 증감이 생길 수 있습니다.
- 이러한 이유로 저장시설의 포화시점도 변화하게 되었으며, 제253차 원자력위원회(2004년 12월)에서도 관련 사항을 포함하여 의결하였습니다.

253차 원자력위원회 저장시설 관련 내용

다음과 같은 방법을 적용하여 원전 내 저장시설 용량을 확충키로 의결

- **조밀랙 설치** : 선진국과 같이 습식저장시설 내에 사용후핵연료간의 저장간격을 줄여 좀 더 촘촘하게 저장하는 기술(조밀랙 설치)의 적용
- **호기 간 이송** : 같은 부지 내 원전 중 저장공간이 여유있는 원전으로 사용후 핵연료를 옮겨 저장
- **건식저장시설 설치** : 사용후핵연료 형태가 다른 월성원전의 경우, 건식저장시설을 추가 설치

66 사용후핵연료 국제공동저장·처분시설은 실현가능한가요?



사용후핵연료는 원전 보유 국가 모두의 현안이고 공통 관심사이며, 현재 국제적인 논의가 진행되고 있어 실현가능성이 있습니다.

- 사용후핵연료 문제는 사용후핵연료를 보유한 전세계 모든 국가의 공통 관심사입니다.
- 현재 IFNEC(국제원자력협력체제) * 에서 국제공동저장시설이나 처분시설 확보를 목표로 논의를 진행 중입니다.

*International Framework For Nuclear Energy Cooperation

IFNEC 핵연료서비스 워킹그룹의 활동영역

- **목적**: 민감 핵연료주기기술 획득에 대한 대안으로 국제적인 핵연료 공급체계 수립을 지원
- **활동영역**: 핵연료 공급 관련 고려 요소 분석, 후행핵연료주기 옵션 선택에 대한 접근방안 모색, 포괄적 핵연료 서비스(CFS) 개념 구체화, 회원국 간 정보공유 등

- 호주에서도 왕립위원회(Royal Commission)를 구성하여 사용후핵연료 국제공동저장·처분시설의 타당성을 검토하고, 그 결과를 2016년 5월 발표*하였습니다.

*Nuclear Fuel Cycle Royal Commission Report (2016.5)

67 경수로에서 나온 사용후핵연료는 저장기술이 없다는데?

경수로에서 나온 사용후핵연료에 대한 저장기술 중 습식저장기술은 이미 확보되어 있으며, 건식저장기술의 경우 국제기준에 부합하도록 개발하여 2020년까지 확보할 예정입니다.

- 경수로 건식저장기술은 해외에서는 이미 상용화되어 수십년 동안 안전하게 운영되고 있습니다.
- 우리나라는 1990년에 중수로 건식저장기술을 상용화하여 1992년부터 안전하게 운영하고 있습니다.
- 경수로 건식저장기술은 2016년에 설계기술을 확보하고 2020년에 상용화하는 것을 목표로 하고 있습니다.
- 특히, 이러한 건식저장기술은 국제적 기준에 맞는 안전기준을 준수하는 것을 원칙으로 하고 있습니다.



상상과 현실



2차 세계대전을 기화로 원자력에 대한 관심은 여러 가지 탈 것들에도 옮겨갔습니다.

영화에 원자력자동차가 등장한 것은 1980년대 들어서이지만, 원자력 자동차에 대한 기술적 구현은 이미 1950년부터 시작되었습니다. 구 소련이 구상한 'TES-3'와 미국 포드의 '누클레온'이 대표적인

사례입니다. 현존하는 원자력자동차로는 화성에 착륙해 탐사임무를 수행하고 있는 '큐리오시티'가 유일하지요.

선박에 원자력을 이용한 것은 1954년에 미국이 개발한 핵잠수함 노틸러스호가 처음입니다. 그리고 1960년에 역시 미국이 핵항공모함 엔터프라이즈호를 개발하였습니다. 이 두 사례는 모두 군사적 이용이 목적이었습니다만 북극항로를 자주 이용하는 러시아는 1959년에 원자력쇄빙선 레닌호를 개발하고 미국은 1962년에 원자력 추진 상선 사바나호를 진수하여 평화적인 이용 사례를 보여주었습니다.

비행기에 원자력을 이용하려는 시도는 미국에서 1955년에 있었으나 수년 간에 걸친 시험비행 끝에 결국 실패로 마무리 되고 말았습니다.

영화 '백 투 더 퓨처'에 등장하는 '드로리언'은 원자력 배터리로 움직이는 타임머신인데, 이러한 시간을 움직이는 꿈의 자동차가 나온다면 단연 최고의 탈 것이 되겠지요?



68 지하 500m에 처분해도 안전하지 않다는데?



그렇지 않습니다. 국제적으로 지하 500m의 땅속에 사용후핵연료를 보관하는 것이 물과 지진 등의 영향으로부터 안전합니다.

- 지하 500m 이상을 내려가면 산소와 물이 없어 처분용기나 사용후핵연료가 부식될 가능성이 크게 낮아집니다.
- 지진에 의한 영향도 지상에 비해 낮기 때문에 사용후핵연료의 안전성이 높아집니다.
- 2011년에 국제원자력기구(IAEA)도 이러한 지질학적 조건을 고려하여 고준위 폐기물을 깊은 땅 속에 처분할 것을 권고*한 바 있습니다.
* IAEA Specific Safety Guide No.SSG-14
- 최근 핀란드는 지하 500m 암반에 사용후핵연료를 처분하는 기술에 대해 규제기관으로부터 안전성 검증을 받고 처분장 건설에 착수하였습니다.

연관질문

13. 영구처분은 무엇인가요?

p.28

69 사용후핵연료를 줄이려면 탈원전 해야 한다는데?



비현실적 주장입니다. 에너지자원이 턱없이 부족한 우리나라의 실정으로는 원자력발전은 포기할 수 없는 에너지원이기 때문입니다. 한편 현재 개발 중인 재활용 기술 확보를 통해 사용후핵연료 발생량을 줄이는 일도 가능합니다.

- 2015년도 기준으로 원자력발전은 전체 전기생산량의 30% 정도를 담당하는 가장 현실적인 에너지원입니다.

* 2015년도 기준 에너지원별 전기생산비중

- ① 석탄 39%, ② 원자력 30%, ③ 가스(LNG) 22% ④ 유류 4.6%,
⑤ 기타(수력, 신재생에너지 등) 4.4%

- 사용후핵연료를 줄여야 함은 매우 당연한 일이나 현재의 기술로는 어려운 일입니다. 다만 현재 국내에서 사용후핵연료의 재활용 기술을 통해 줄이는 방식을 개발 중에 있으므로 곧 그 기술의 확보가 가능해 질 것입니다.
- 따라서, 사용후핵연료관리를 위한 기술개발과 처분을 통해 사용후핵연료를 안전하게 관리하는 것이 현실적인 방안입니다.
- 한편 핀란드는 사용후핵연료 최종 처분에 대한 안전성을 이미 확보하여 2015년부터 영구처분장 건설에 들어갔습니다.

70 사용후핵연료 운반용기는 아직 없다는데?



그렇지 않습니다. 우리나라뿐만 아니라 프랑스, 미국 등 해외 여러국가에서 운반용기를 개발하여 사용후핵연료 운반에 사용하고 있습니다.

- 우리나라는 경수로형 사용후핵연료 운반용기를 1992년 4다발용, 2002년 12다발용, 2008년 18다발용을 개발하여 원전내 호기간 운반에 사용하였고, 2015년말까지 2,584다발을 운반하였습니다.
- 또한, 중수로형 사용후핵연료는 해외에서 개발한 운반용기를 사용하여 2015년말까지 272,400다발을 운반하였습니다.
- 한국원자력환경공단은 2009년부터 사용후핵연료 운반저장 겸용 금속용기를 개발 중에 있으며, 2020년에 상용화할 계획입니다.
- 미국, 프랑스, 독일, 캐나다 등도 다양한 운반용기를 개발하여 사용후핵연료 재처리나 중간저장시설로 사용후핵연료를 운반하는데 사용하고 있습니다.

연관질문

15. 사용후핵연료는 어떻게 운반하나요?

p.32

MEMO



우편엽서

보내는 사람

성명

주소

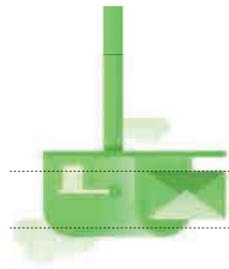
□ □ □ □ □



받는 사람

경상북도 경주시 북성로 89 한국원자력환경공단 홍보실

3 8 1 4 0



KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY
한국원자력환경공단



.....
.....
.....
.....
.....

정부 유관기관 사이트

- | | |
|-------------|---|
| 1. 산업통상자원부 | http://www.motie.go.kr |
| 한국전력공사 | http://www.kepco.co.kr |
| 한국수력원자력(주) | http://www.khnp.co.kr |
| 한국원자력환경공단 | http://www.korad.or.kr |
| 한국전력기술(주) | http://www.kepco-enc.com |
| 한전KPS(주) | http://www.kps.co.kr |
| 한전원자력연료(주) | http://www.knfc.co.kr |
| 원자력문화재단 | http://www.knea.or.kr/ |
| 아톰스토리 | http://atomstory.or.kr/ |
| 2. 미래창조과학부 | http://www.msip.go.kr |
| 국가핵융합연구소 | http://www.nfri.re.kr |
| 한국원자력연구원 | http://www.kaeri.re.kr |
| 한국원자력의학원 | http://www.kirams.re.kr |
| 한국원자력산업회의 | http://www.kaif.or.kr |
| 한국원자력협력재단 | http://www.konicof.or.kr |
| 3. 원자력안전위원회 | http://www.nssc.go.kr |
| 한국원자력안전기술원 | http://www.kins.re.kr |
| 한국원자력통제기술원 | http://www.kinac.re.kr |
| 한국원자력안전아카데미 | http://www.kans.re.kr |
| 4. 한국원자력학회 | http://www.kns.org |
| 한국방사성폐기물학회 | http://www.krws.or.kr/ |
| 한국방사선진흥협회 | http://www.ri.or.kr |



사용후핵연료 관리에 관한 경주 컨센서스(Gyeongju Consensus)

- IAEA와 9개 전문기관 대표자들이 2015년 11월 경주에 모여 「경주 컨센서스」를 선언했습니다.
- 국제사회의 공통현안인 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위해, 공동기술 개발노력, 저장 시설의 안전성 확인, 국제적 정보교환과 인력 양성에 협력키로 하였습니다.

We, experts from spent nuclear fuel (SNF) and radioactive waste (RW) management institutions around the world, gathered in Gyeongju, Korea, from 16 to 18 November 2015, have resolved to stress our commitment to address the challenges of safe management of SNF and RW around the world and improve stakeholder confidence.

Despite the challenges, noting that solutions for back-end fuel cycle issues, particularly for safe SNF and RW management will be indispensable for the public welfare and protection of environment today and in the future, we commonly recognize as follows:

2015년 11월 16일부터 18일까지, 세계 각국 사용후핵연료와 방사성폐기물 관리기관의 전문가들로 구성된 우리는 대한민국 경주에 모여, 전 세계적인 이슈인 사용후핵연료와 방사성폐기물의 안전관리 현안 해결방안을 논의하였다. 이는 각국의 사용후핵연료 및 방사성폐기물 안전 관리 실행과 이해관계자 신뢰도 향상을 위함이다. 우리는 후행핵연료주기, 특히 사용후핵연료와 방사성폐기물의 안전한 관리는 현재와 미래의 환경보호와 공공 복지를 위해 필수적이며 아래의 사항에 대하여 공동으로 인식한다.

1. We understand the importance of the IAEA's resolution regarding SNF and RW on 5 September 1997, "Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and Radioactive Waste Management" as fundamental principles that we should abide by. Accordingly, each country has primary responsibility for its own management of SNF and RW.

준수해야 할 기본원칙으로 1997년 9월 5일 체결된 IAEA “방사성폐기물과 사용후핵연료의 안전 관리를 위한 공동협약”의 중요성을 깊이 인식하고 받아들인다. 따라서, 각국은 자국의 방사성폐기물과 사용후핵연료 관리에 일차적인 책임을 가진다.

2015 SaRaM
2015 International Symposium on
Safety Improvement & Stakeholder Confidence in Radioactive Waste Management
방사성폐기물 안전 관리 국제 심포지엄
November 16-18, 2015, Gyeongju, Korea



2. Recognizing that safe management of SNF and RW is an ever-demanding issue that every country with nuclear reactors has in common, we emphasize that comprehensive, in-depth and multilateral cooperation including joint R&D is a key contributor to address the issues in a timely and appropriate manner.

사용후핵연료 안전 관리는 모든 원자력발전소 운영국가에서 공통적으로 시급한 현안임을 인식하여, 사용후핵연료 안전 관리에 대처하기 위해 공동 연구개발을 포함하는 포괄적이며 면밀한 다자간 국제협력의 필요성을 강조한다.

3. Interim SNF storage, wet or dry, on- or off-site, is already in operation in over 30 countries worldwide, safely with prudent monitoring and strict regulations based on the "IAEA Safety Fundamentals: The Principles of Radioactive Waste Management". It needs to be continued in the same way.

우리는 원자력발전소 부지내 혹은 부지외에 위치한 습식 혹은 건식 사용후핵연료 중간저장시설은 전 세계 30개국 이상에서 IAEA의 안전 원칙인 "방사성폐기물 관리 원칙"에 따라 빈틈없는 감시와 엄격한 규제로 안전하게 운영되고 있음을 확인한다. 향후에도 이러한 안전 관리는 지속되어야 한다.



4. Recognizing that safe storage and final disposal of SNF and RW should be secured by scientifically sound and proven technologies and practices, we emphasize that technology, knowledge, information and experience should be shared internationally through proper dialogue and actions. We understand that this will contribute also to innovative achievements to enhance the safety of SNF and RW management.

사용후핵연료와 방사성폐기물의 안전한 저장과 영구 처분은 과학적으로 입증된 기술과 이의 실행을 통해서 획득됨을 인식하여 우리는 적절한 소통과 활동을 통하여 기술, 지식, 정보 및 경험이 국제적으로 공유되어야 한다는 것을 강조한다. 우리는 이러한 노력이 사용후핵연료 관리 목적달성에 기여하고 많은 국가들에게 공통의 이익이 될 것이라는 것을 확인한다.

5. To address the challenges regarding SNF and RW management, competent human resources are essential. Thus, we need to improve quality of education and training, and maintain ethical and responsible performance. This could be achieved by implementing international cooperation and/or training programs.

사용후핵연료 관리와 관련하여 직면한 현안 해결을 위해서는 유능한 인적 자원의 확보가 필수 핵심요소로서, 윤리의식과 책임감을 가진 기술자와 과학자들을 육성하는 것이 요구된다. 이는 활발한 국제 협력 및 교육 프로그램 개발을 통해서 실현가능하다.

6. Public confidence cannot be overemphasized. Transparent processes and stakeholder involvement are essential.

대국민 신뢰구축은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 따라서 투명한 절차와 이해관계자 참여가 절실히 요구된다.

7. A holistic approach addressing safe, scientific, ethical and economic factors is essential. It opens opportunities ensuring that information and knowledge resources are created and used effectively.

안전, 과학, 윤리의식 및 경제적인 요인들을 고려한 포괄적 해결 접근법이 핵심요소이며, 관련 정보와 지식이 효율적으로 이용되도록 모두에게 공히 기회를 제공해야 한다.

편집후기

이 책은 사용후핵연료 업무 담당자들이 일선에서 많이 들었던 질문을 중심으로 하였고, 사용후핵연료에 대해 전혀 모르는 분들을 위한 기초적인 내용도 담았습니다. 그리고 셋째편에서는 인터넷에 올라와 있는 궁금증에 대한 질문과 답변을 별도로 모아서 구성하였습니다.

감수위원

- 목진휴 국민대 행정정책학부 교수
- 박세문 한국여성과학기술단체총연합회 회장
- 박수정 행정개혁시민연합 사무총장
- 송중순 조선대학교 원자력공학과 교수
- 정범진 경희대 원자력공학과 교수

[비매품]

- 발행처  산업통상자원부  한국원자력환경공단
KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY
- 발행일 2016년 5월 25일
- 연락처 054-750-4114
- 홈페이지 www.korad.or.kr
- 표지 이미지 정태섭 (연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 영상의학과 교수)
- 표지 디자인 PATEO
- 내지 디자인 한국애드