

# 언론과 일반인이 바라는 미래의 원자력 안전

박 방 주  
중앙일보 과학전문기자



경희대 전자공학과 졸업, 동 대학원 공학박사  
<중앙일보>에서 20여년간 정보통신, 과학 분야  
담당(현 과학데스크)  
저서 : 「세상을 뒤집는 미래 과학 이야기」  
「2020 미래 한국(공저)」 등

## '도전과 극복'의 원자력 안전

원자력은 문명의 이기 중에서도 그 파급 효과가 큰 분야다. 전력 생산, 의료, 산업 등 다양한 분야에서 다양한 용도로 인류의 복지를 위해 기여하고 있다.

원자력 발전은 우리나라 전력의 약 40%를 담당하고 있으며, 병소를 찾는 데 X선 촬영은 필수 과정이 되어 있다. 식품의 멸균과 새로운 품종으로 식물을 개량하거나 기기의 비파괴 검사 등 원자력을 필요로 하는 곳은 갈수록 늘어나고 있다.

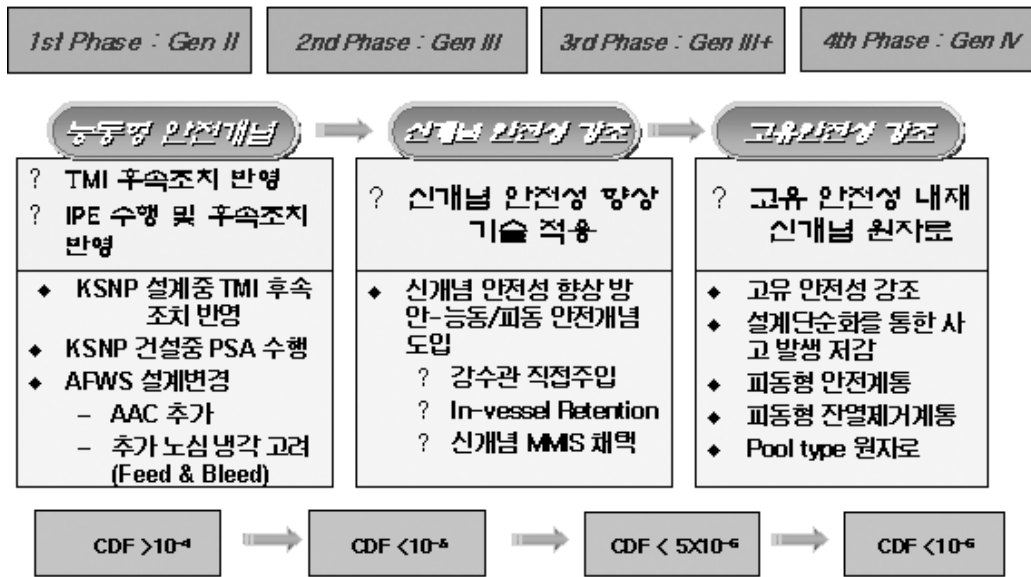
원자력발전소 같이 초대형 플랜트를 필요로 하는 곳에서부터 휴대용 비파괴검사기까지 원자력 기술을 이용하는 설비 또는 기기의 규모도 다양각색이다. 세계적으로 원자력 응용 기술 개발은 더욱 확산되고 있는 추세이기도 하다.

그러나 다른 과학 기술과는 달

리 원자력은 잠재적 위험이 커 거기에 따른 안전 조치가 강조되어 왔다. 물론 기차나 자동차, 비행기와 같은 운송 수단, 화력 발전, 화학 공장, 정유 공장 등 여러 현대 과학의 산물도 위험을 내포하고 있지만 원자력만큼 위험에 대한 인식과 공포감이 크지 않다.

원자력을 이용하는 어느 집단이나 국가에 국한하지 않고 국제적으로 원자력 안전에 각별한 신경을 쓰는 이유다.

인류는 선사 시대 때부터 위험과 싸워왔다. 그 당시에는 문명의 이기가 별로 없는 상태였기 때문에 자연 재해가 그들의 가장 큰 위험 요소였다. 태풍이 불고, 바닷가에 사는 사람들은 해일에 휩쓸려 떠내려가기도 했다. 산비탈 밑에 사는 사람들에게는 산사태가 큰 위험 요소였다. 이탈리아 폼페이시는 화산의 분화에 의해 멸망하기도 했다.



\* 출처 : 한국원자력연구원

<그림 1> 세대별 원전의 특징 및 노심 손상 빈도 변화

근현대에 들어서서는 문명의 이기에 의해 위험 요소는 더욱더 많아졌다. 제방을 쌓아 강물의 범람을 막고, 저수지를 만들면 언제 제방 무너질지 모르는 위험에 빠졌다. 대규모 화학 공장의 건설은 인근 주민으로 하여금 화재와 폭발의 잠재적 위험을 안겨줬다. 비행기는 세계를 하루 생활권으로 묶어줬지만 한번 추락하면 몇 십~몇 백명이 사망하는 위험을 가져왔다.

그러나 인류는 과학 기술과 지혜를 동원해 이러한 위험을 최소화하면서 문명의 이기와 그로 인한 위험을 극복해 오고 있다.

원자력 안전 또한 '도전과 극복'의 연속이다. 전문가가 기술적으로 안전성을 높이고, 일반인이나 언론은 끊임없이 더욱 더 안전한

원자력을 이용하길 바란다.

원자력 안전을 보는 전문가와 일반인·언론의 시각에는 큰 차이가 있다. 전문가는 원자력의 안전을 부품의 규격이나 기술 적용 측면에서 접근한다. 일반인과 언론은 전문가가 말하는 기술은 염두에 두지 않고 총체적 안전이라는 개념으로 원자력 안전을 인식한다.

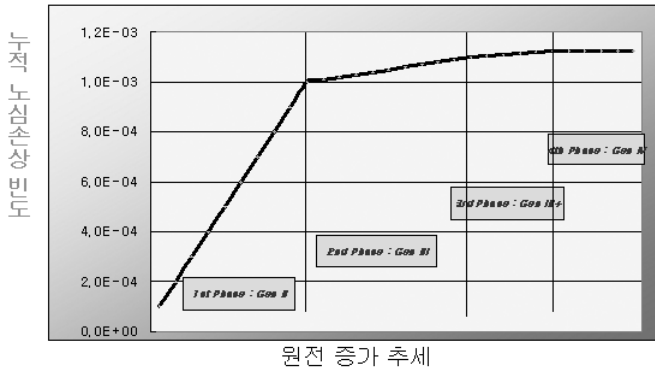
전문가들이 들으면 전혀 억지일 수 밖에 없는 '방사선이 나오지 않는 원자력', '폭발하지 않는 원자력 발전', '방사성 폐기물 없는 원자력' 등을 바란다. 일반인들은 단지 원자력을 자동차처럼, 장난감 인형처럼 가지고, 만지고, 일상에서 늘상 보는 물건들에서 느끼는 안전을 바라는 것이다.

일반인이 바라는 미래의 원자력 안전을 살펴보기 전에 먼저 전문가들이 추진해 온 원자력 안전을 원전을 예를 들어 살펴본다.

### 원자력 발전의 안전

원자력 안전 개념이 강화는 1979 3월 28일 미국 펜실베이니아주에 있는 스리마일 섬(TMI) 원자력발전소 2호기의 사고가 분수령이다. 사고 당시 주변 8km 주민들이 원자로 폭발에 대비해 모두 대피하는 등 세계의 이목은 이 원자로에 집중됐다. 다행히 원자로에 완전히 밀봉돼 방사성 물질이 전혀 밖으로 세어 나오지 않았다.

TMI 원전 사고는 원자력 안에 많은 교훈을 남겼다. 약 2조원짜리



\* 출처 : 한국원자력연구원

〈그림 2〉 세대별 원전 건설시 전체 누적 손상 빈도 변화

원자력발전소가 폐쇄됐지만 그 덕에 원자력 안전은 획기적인 전기가 마련됐다.

사고 발생 뒤 원자로는 5년 뒤에 뚜껑이 열렸다. 노심의 손상은 예상보다 훨씬 심했으며, 노심부의 40% 이상이 흩어져 있었다. 만약 그 당시 원자로가 폭발해 그 주변이 쑥대밭이 됐다면 전 세계 원자력 발전은 심각한 타격을 받았을 것이다. 물론 미국 안에서는 그 이후 신규 원전 건설이 거의 없었다.

TMI 원전은 원전 세대별로 따지면 2세대에 해당한다. 우리나라의 원전으로는 고리과 월성 원자력발전소가, 캐나다의 캔두(CANDU)가 여기에 해당한다.

1세대는 1950~1960년의 초기 원자로로는 미국의 쉬핑포트(Shippingport), 영국의 매그녹스(Magnox), 제3세대는 1980년대 이후 표준화 원전을 말한다.

현재까지 사용되고 있는 것이 모두 3세대를 포함한 그 이전 세대 원자력발전이다. 앞으로 15년 이

내 도입이 될 제 3세대 플러스와 2020~2030년에 상용화 목표인 제 4세대 원자력 시스템이 미래의 원자력 발전이라고 할 수 있다.

원자력 안전은 원자력 시스템 세대 구분과는 약간 차이가 있다. 능동형 안전 개념은 2~3세대에, 신개념 안정성을 강조한 안전 개념은 3~3플러스(+)-세대에, 고유 안전성을 강조한 개념은 3플러스(+)-4세대 원전에 서로 걸쳐 있다.

당초 원자력 발전을 처음 시작할 때는 부품의 품질 보증과 시공 품질 보증에 만전을 기했다. 비행기보다 더 안전하며, 원전에서 고장이란 있을 수 없다고 할 정도로 엄격한 품질 보증 테스트를 거쳤다. 그러나 그 신화는 TMI 사고로 무너졌다.

그렇게 등장한 것이 능동형 안전 개념에 TMI 후속 조치를 반영한 안전 개념이 정착했다.

우리나라는 한국표준형 원전을 설계하던 중 TMI 후속 조치를 받

영했다. 능동형 안전 개념이란 원자로를 냉각시킬 때 전기로 펌프를 돌린다가 보조전원 장치, 보조 급수 장치 등을 설치해 안전 장치를 다중화했다. 어느 하나의 안전 장치가 고장 또는 작동하지 않더라도 보조 장치가 그 역할을 하게 하는 개념이다.

신개념의 안정성을 높인 것의 핵심은 능동형과 피동형의 안전 개념을 도입했다는 것이다.

냉각수를 예를 들어보자. 능동형에는 냉각수를 원자로 쪽에 집어넣기 위해 전기로 펌프를 돌려야 했다. 전기가 끊어지면 당연히 펌프가 돌지 않고, 냉각수도 공급되지 않는다. 그런 상황에서는 보조 펌프가 서너 개가 있어도 소용없다. 전원이 끊겨 있기 때문이다.

피동형은 이런 상태에서 좀 더 다른 접근 방법을 동원한다. 냉각수 통을 원자로보다 훨씬 높은 곳에 설치한 뒤 유사시 중력에 의해 물이 자동으로 원하는 곳으로 들어가게 하는 시스템이다.

중력은 지구가 없어지지 않는 한 존재하는 힘이다. 전기가 끊어지든 연결되어 있든 상관없이 작동할 수 있다. 다중 안전 장치 중에서도 아주 중요한 개념이 도입된 것이다.

신개념의 안정성에는 강수관에 직접 주입하거나 노심이 녹아도 격납 용기 안에서 방사성 물질이 나오지 못하게 원천적으로 차단하는 기술도 포함된다.

또 새로운 개념은 MMIS(Man

-Machine Interface System)도 채택했다. 사람이 실수할 수 있는 여지를 이 개념으로 최소화하겠다는 개념이다.

예를 들면 모니터에 원자로 원전원이 작동하려는 기능만 크게 표시되게 한다. 복잡하게 수많은 기능과 작동 버튼이 한꺼번에 화면에 표시되면 운전원의 눈에는 자신이 어떤 기능을 작동하려고 하는지 잘 안 보일 수 있다.

4세대 원전에 본격적으로 도입되는 고유 안전성을 높인 원자로의 경우 여러가지 기능이 이전 원전 세대에 비해 추가됐다. 설계를 단순화하고 피동형 안전 계통을 늘리게 된다. 또 피동형 잔열 제거 계통도 추가한다. 풀장에 원자로를 집어넣듯 해 원자로의 냉각 문제를 해결하는 것도 포함되어 있다.

설계를 단순화한다는 것은 상당히 중요하다. 시스템이 복잡하면 그만큼 고장 날 확률도 높아진다. 계통을 단순화하면 할수록 그럴 가능성은 줄어들 수밖에 없다.

원전 세대별로 이런 안전 기술을 업그레이드하면서 노심 손상 빈도도 크게 줄인다는 게 전문가들의 설계 방향이다.

2세대 원전의 경우 원자로가 많아지는 것과 정비례해 누적 노심 손상 빈도도 급증한다. 그러나 3세대부터 그 변화 곡선이 가파르지 않다. 4세대의 경우 거의 증가폭이 없다.

4세대에 가서는 원전을 많이 건설해도 누적 노심 손상 빈도는 늘

<표 1> 원자력 시설 위험과 수용성

방사선 노출에 의한 위험의 인식 및 수용성

	인식된 위험(perceived risk)	
	전문가(experts)	일반시민(public)
원자력발전	보통의 위험 · 수용가능	극도의 위험 · 수용불가능
방사성폐기물	보통의 위험 · 수용가능	극도의 위험 · 수용불가능
X-ray	낮은/보통의 위험 · 수용가능	매우 낮은 위험 · 수용가능
라돈(Radon)	보통의 위험 · 행동 필요	매우 낮은 위험 · 무관심
핵무기	보통-극도의 위험 · 용인	극도의 위험 · 용인
음식물 방사선조사	낮은위험 · 수용가능	고통-높은 위험 · 수용성 의문

Paul Slovic(2000) Perception of Risk from Radiation 참조

\* 출처 : 조성경 명지대 교수 논문 재인용

어나지 않는다는 것이다.

노심 손상은 원전 사고 중 치명적이 것으로 그 누적 빈도가 거의 높아지지 않는다는 것은 원전 안전에 획기적인 변화다. 원전 안전의 패러다임이 2세대와 4세대를 비교하면 하늘과 땅 차이라고 할 수 있다.

50여년의 원자력 발전에서 전문가들의 개선 노력에 힘입어 이런 안전 설계가 이뤄지고 있는 것이다.

**일반인과 언론이 바라는 미래의 원자력 안전**

위험을 관리하는 규칙 중에 '0.1% 룰'이라는 것이 있다. 1986년 제정된 Safety Goal Policy Statement에 의해 원자력 위험 관리의 일반 위험의 1000분의 1로 관리해야 한다는 것이 기본 개념이다.

여기서 정량적 건강 목표지는 초기 개인 치사 위험은 연간 1000만분의 5, 개인 발암 치사 위험은 연간 100만분의 2이다.

보조 목표의 경우 노심 손상 빈도는 연간 1만분의 1, 대량 초기 누출 빈도는 연간 10만분의 1로 잡고 있다. 우리나라도 2001년 8월 '0.1%룰'을 적용하기로 했다.

전문가들은 이처럼 0.1%룰을 적용하고 있지만 일반인이나 언론은 원자력 위험을 1000~1만배로 확대해 보려고 한다. 원자력 위험은 작아도 크게 보고, 더 위험하게 느낀다는 의미다.

이런 현상은 원자력 발전을 우리나라보다 더 많이 하는 일본보다 우리나라 국민이 더 심하다.

일본 도카이무라 JCO 핵연료 전환 공장에서 1999년 9월 30일 핵 임계 사고가 난 적이 있다. 그때 1명이 사망하고, 30여만명의 주민이 집안에 대피해 있었다. 대

단히 치명적인 원자력 사고였다.

그러나 일본 주민들은 당국의 지도에 따라 질서정연하게 움직였으며, 어떤 시위도 항의도 없었다. 그만큼 위험에 대처하는 자세가 성숙하고, 훈련되어 졌다는 것을 알 수 있는 방증이다.

그 사고 며칠 뒤 10월 4일 우리나라 월성 원전 3호기 정비 중 중수가 누설된 사고가 발생했다. 이런 사고는 국제원자력기구(IAEA)가 정한 사고 스케일 축에도 끼지 못한다. 아주 경미한 사고라는 의미다. 그러나 그 주변 지역에서는 반핵 단체와 주민이 함께 시위를 벌이고 강력한 항의가 이어졌다.

원자력발전소의 안전 운전과 유지 보수에 대한 경각심을 불러일으키는 데는 우리나라의 안전 의식이 더 유효할지 모르겠다. 작은 사고라도 더 심각하게 보고 인식하며 개선을 촉구하는 문화가 강점도 있을 수 있다는 것이다.

그러나 일본이 시위가 없다고 해서 그런 경각심을 덜 갖는다고 볼 수는 없다. 어디까지나 위험을 인식하고 확대해 보는 것은 양국 국민이 차이가 있다는 점을 찾기는 어렵지만 행동에 있어서는 확연한 차이가 드러났다.

전문가와 일반인이 원자력 위험에 대한 인식과 수용성을 통해 일반인이 바라는 미래의 원자력 안전의 밑그림을 도출해낼 수 있다.

Paul Slovic(2000, 조성경 연구 재인용)에 따르면 원자력 발전의 경우 전문가들은 보통의 위험

과 수용 가능하다고 봤다. 일반인들은 극도로 위험해 수용하기 어렵다고 했다.

방사성폐기물의 경우 역시 전문가들은 보통 정도로 위험하며 수용 가능하다고 하는 반면, 일반인들은 원자력 발전 같은 같은 선상의 위험군으로 분류했다.

X선의 경우 전문가들은 낮거나 보통 정도의 위험을 동반하며 수용 가능하다고 했으며, 일반인은 매우 위험이 낮으며 수용가능하다는 입장이다.

핵무기는 극도로 위험하지만 용인할 수 있다는 것이 두 집단의 견해다.

음식물에 방사선을 조사하는 것은 전문가의 경우 위험이 낮으며, 수용 가능하다고 본 반면, 일반인은 위험이 높고 수용할지 말지 모르겠다는 반응이 나왔다.

이 연구 결과에서 보듯이 일반인은 그 위험을 맞보지 않은 상태에서 간접적인 경험에 대단히 의존하고 있다는 것을 알 수 있다.

원자력 발전은 20세기 최악의 참사였던 체르노빌 원전 사고를 일반인들은 떠올린다. 체르노빌 사고가 어떤 과정에 의해 일어났지는 상관하지 않는다.

그 사고로 30여명이 현장에서 죽었으며, 장기적으로 7,000여명이 사망했고, 70여만명이 치료를 받았다. 일반인들은 그 결과만을 본다. 이것이 일반인들의 위험도 인식에 그대로 반영된다.

전문가들은 체르노빌 사고가 운

전자의 실수도 실수지만 결코 행동해서는 안되는 선을 넘어 상용 원자로로 연구를 하려고 했다는 것을 안다. 즉, 수류탄에서 안전핀을 뽑아 놓고 그 옆에서 얼마나 잘 터지는지를 관찰한 꼴이라는 것을 안다.

그러나 일반인은 그걸 듣거나 신문에서 봤다고 해도 그런 지식이 계속 이어지지도 않으며, 그걸 기억하기보다는 수많은 사람이 죽은 사실만을 기억한다.

X선을 놓고 보자. 전문가들은 X선이 보통 정도의 위험을 가진 것으로 봤으나 일반인은 그 위험을 아주 낮게 보고 있다. 병원에 가서 매번 진단이나 치료 때 찍는 것이 X선이기 때문에 친숙하다는 의미일 것이다.

물론 그렇게 촬영을 해도 자신은 지금까지 아무런 위험도 당하지 않았기 때문에 그 위험도 더욱 더 낮게 본다 할 수 있다.

식품에 방사선을 쬐이는 것도 일반인들은 ‘방사선’이라는 단어가 곧 위험이라는 인식과 직결되는 것으로 받아들인다. 이 때문에 식품에 방사선 조사를 꺼리고, 위험하다고 본다.

만약 방사선 중에서도 일반인과 친숙한 X선으로 식품을 소독 또는 멸균한다고 하면 일반인들은 훨씬 쉽게 받아들일 수 있을 것이다. 방사선은 여러 종류가 있지만 그런 식으로 접근하면 어떠했겠느냐라는 가정을 해봤다.

앞서 일반인들은 원자력 안전의

경우 총체적 안전을 원한다고 했다. 필자는 9.11 사태가 터졌을 때 비행기가 미국 세계무역센터 쌍둥이 빌딩으로 돌진해 부딪치는 것을 봤다. 나는 거기서 테러단이 우리나라 원전에 저렇게 돌진을 한다면 과연 안전할 것인가를 자문해왔다. 중앙일보의 독자나 일반인 모두 원전으로 시각을 돌려보면 필자처럼 생각할 것이다.

일반인들은 지금이나 미래에 원자력발전소가 비행기 테러에도 안전하길 바란다. 전문가들이 말하는 피동형이나 능동형 안전 개념 등은 전혀 모른다. 그렇게 머리 아픈 것을 일부러 기억하려고도 하지 않는다는 것을 전문가들은 알아야 한다.

일반인들은 원자력발전소의 경우 자신의 직접 이익과는 거리가 멀다. 원전 주변 주민의 경우도 당장 추수할 농기구가 고장 나든지, 송아지가 잘 태어날지에 관심을 두고 있지 원전의 안전 장치가 어떻게 구성되어 있는지는 관심을 두기 어렵다.

서울에 있는 사람이나 원전 주변 주민이나 모두 총체적으로 원전이 고장 없이, 설사 고장이 난다고 해도 주변에 아무런 해를 끼치지 않을지에 관심을 갖는 것이다.

원전 테러는 아직 없었지만 원전을 공격한 사례는 있다. 이스라엘은 1981년 6월 이라크가 프랑스에 맡겨 바그다드 인근에 짓고 있던 원전 시설을 공격했다. 다행히 원전은 가동 전이었다. 그러나

가동중인 원전에 그런 공격이 있다면 그 결과는 짐작하기 어렵다.

우리나라는 북한과 대치하고 있다. 이런 일이 언제 일어날지 알 수 없는 노릇이다. 우리나라처럼 적국과 대치하고 있지 않는, 평화 시대를 구가하고 있는 다른 나라 국민과는 우리나라 국민이 바라는 미래의 원전 안전은 그래서 더 다르다.

일반인들은 사이버 테러가 횡행하는 현실과 영화 등에서도 원자력 안전을 연상한다. 즉, 사이버 테러에도 안심하고 원전을 가동할 수 있겠느냐는 것이다.

원자로 제어용 컴퓨터 시스템은 외부에 인터넷 등 외부 컴퓨터 망과 연결되어서는 곤란하다. 이런 사이버 해킹이 언제 원자력발전소를 공격할지 알 수 없다.

은행에 해커가 침입하면 돈만 빼 나가면 그만이지만 원자력발전소는 치명적인 결과를 가져온다. 원자로 온도를 크게 높인다는가 냉각 장치 밸브를 해킹으로 잠귀 버린다면 원자로는 치명타를 입을 게 뻔하다. 또 내부 침입자가 있을 경우 멋대로 원자로 운전 시스템을 작동한다면 그 역시 큰일이다.

일반인들은 이런 원전 안전까지 걱정을 한다는 점이다. 원자로 부품이나 시공 품질이 높아야 한다는 것은 당연하다고 일반인들은 생각한다.

일반인들은 이상과 같은 원자로의 안전이 확보되지 않는다면 핵융합 발전이 대안이 되지 않을까 생각한다. 물론 핵융합 발전이 상

용화될지 말지 모르며, 설사 된다고 해도 넘어야 할 산이 너무나 많은 것을 안다.

그렇지만 원자력 발전에서 느끼는 부정적인 인식을 해소할 수 있는 이점이 많기 때문에 핵융합을 미래의 원자력의 한 대안으로 인식하고 있는지 모른다.

맹독성 독극물 정도로 인식하고 있는 사용후핵연료, 방사성폐기물 등도 거의 배출하지 않으며, 핵융합로 폭발 위험도 없는 것이 핵융합 발전으로 일반인에게 인식되고 있는 점을 전문가들은 새겨들어야 한다.

휴대용이나 의료용 기기에 사용하는 방사선원에 대한 미래의 안전 의식도 일반인과 언론은 다르게 생각한다.

방사선원을 완벽하게 밀봉해 마치 장난감을 다루듯 편안하고 쉽게 접하게 하길 원한다. 그렇지 않기 때문에 방사선원이 들어가 있는 비파괴검사기 등을 잃어버리면 폭탄을 분실한 것보다 더 언론이 대서특필한다.

이 때문에 원자력 전문가들은 일반인들이 바라는 미래의 원자력 안전을 구현하는 데 노력해야 한다.

실제적 안전도 중요하지만 심리적, 정서적 안전도 대단히 중요하다. 아직까지 일반인들의 원자력 위험 인식은 체르노빌 사태에 머물러 있다는 점도 시사하는 바가 크다. 이런 안전 인식을 개선하는 노력도 더욱 더 많이 해야 한다. ☯