

일본
핵오염수
해양투기
관련
핸드북

전국비상시국회의

일본 핵오염수 저지 특별위원회

목 차

- ◎ 취지문
- ◎ 일본 핵오염수 해양투기에 대한 한국 시민 선언
- ◎ 선언문 기초 논문
- ◎ 일본 핵오염수 해양투기 중단요구 성명서
- ◎ 후쿠시마 핵오염수 해양투기 및 로카쇼무라 재처리공장
- ◎ 후쿠시마 핵오염수 관련 기술분석 정리
- ◎ 후쿠시마 원전사고 방사능오염냉각수 해양방출 계획의 과학적 현황에 대한 전문가 패널 요약
- ◎ IAEA 방사선 폐기물 관리의 기본원칙
- ◎ 마츠클보 하지메 ALPS처리 오염수에서 로카쇼무라 재처리공장까지
- ◎ 후쿠시마 해양방류에 대한 일본 발표는 진실인가
- ◎ 일본 핵오염수 방류가 대한민국에 미치는 영향과 대책
- ◎ 월성원전 주변 주민건강영향 조사 요약
- ◎ 후쿠시마 핵오염수 해양투기 국제법위반 및 그 대응방안
- ◎ 핵오염수 해양투기에 대한 일문일답
- ◎ 반핵의사회 일문일답

[취지문]

2023년 8월 24일, 일본정부는 그동안 보관 중이던 후쿠시마 사고 원전을 냉각하는데 사용하고 보관 중이던 냉각수(핵오염수)를 해양투기하기 시작하였습니다.

후쿠시마 원전 사고가 발생하고 십수년, 그동안 지속적으로 보관량이 증가하고 있는 냉각수 처리는 초미의 관심사였습니다. 이 냉각수는 정상 가동 중인 원전의 냉각수가 아니라 핵연료 잔해(데브리)를 직접 냉각하는데 사용된 냉각수이므로, 방사능으로 오염된 핵오염수로서 그동안 처리방법이 확정되지 않아 저장해 온 것입니다.

그런데 불행하게도 일본정부는 이 핵오염수를 해양투기하기로 결정하고, 고급액체처리시스템(ALPS)로 처리한 후 8월, 9월, 11월 지금까지 3회 해양투기를 감행하였습니다. 일본정부 발표로 30년간 처리해야 한다고 합시다만, 훨씬 더 시간이 소요될 것으로 추정되고 있습니다.

이 과정에서 한국정부는 이러한 일본정부의 해양투기를 걱정하는 국내 전문가, 시민들의 얘기를 듣기는커녕, 이들의 지적을 괴담으로 치부하면서, 정부 예산을 들여 일본정부의 주장을 홍보하고 있는 실정입니다.

과연 일본정부와 한국정부의 주장은 문제가 없는가? 우리의 주장은 지나친 기우일까? 정말이지 우리의 주장이 기우이기를 바랍니다만, 검토해 볼수록 문제의 심각성이 드러나고 있습니다. 그래서 우리가 정리한 문제의식을 널리 알려 공유해야 하겠다고 생각하게 되었습니다.

이 문서는 본질적으로 핵폐기물의 해양투기를 어떠한 시각에서 바라볼 것인지, 과학자라면 어떠한 입장에서 접근해야 할 것인지 하는 고민 등을 공유하면서 전문가들의 의견을 모아 준비하였습니다.

이 선언에 동참해 주시기를 호소합니다.

함께 하는 시민의 힘으로 핵폐기물의 해양투기를 저지하고, 미래세대에 우리의 안전한 바다를 물려줍니다.

2024년 *월 *일
전국비상시국회의 일본 핵오염수 저지 특별위원회 위원장

[선언문]

일본 핵오염수 해양투기에 대한 한국 시민 선언

1. 후쿠시마 핵오염수 해양투기는 “정치적인 결정이 만들어낸 위험”이다

일본 정부가 정치적 결정으로 후쿠시마 핵오염수를 해양투기하면서 판도라의 항아리를 쏟아버렸다. 이는 인류와 지구에 대한 명백한 범죄이다. 결코 불가항력적인 자연재해가 아니다. 미국 등 일부 핵개발국과 한국정부는 오히려 핵오염수 해양투기를 두둔하고 나섰다. 이들 국가들은 핵오염수 해양투기의 부작용을 우려하는 국민들의 견해에 이른바 ‘과학’을 빙자해서 ‘괴담’이라는 딱지를 붙이고 있다.

후쿠시마 원전사고는 이제 핵오염수의 해양투기를 계기로, 인간이 만들어 낸 위기 즉 “생산된 위험”으로 진화했다. ‘꿈의 원료라던 핵물질이 인간의 악몽이 된 것이다.

일본 정부가 내린, 역사상 전례 없는 이 결정이 장차 어떤 결과를 초래할지 누구도 판단할 수 없다. 앞으로 수십 년에 걸쳐 진행될 후쿠시마 핵오염수 대량 해양투기가 환경 및 인류에 미칠 악영향을 연구한, 경험적이고 과학적 데이터는 없다. 도쿄전력의 검증되지 않은 가정 아래 단순화한 방식으로 도출한, 핵오염수 해양투기에 따른 환경 및 인류에의 악영향이 미미하다는 예측 결과는 전혀 과학적이지 않다.

분명한 것은 “생산된 위험”은 우리의 통제를 벗어난 채 불확실성과 우발성의 영역에서 ‘불안’을 증폭시킬 것이다. 방사능은 인간을 차별하지 않는다. 불안으로부터 자유로운 이는 없을 것이며, 그 대가는 예외 없이 모두가 지불하게 될 것이다.

2. 일본정부는 재앙적인 방사성 물질 해양투기를 합리화하고 있다.

구체적으로 후쿠시마 원자력발전소를 들여다 보자.

후쿠시마 제1원자력발전소 1, 2, 3호기의 원자로에는 2011년 3월 11일 핵발전소 사고에 의해 녹아 굳어진 고준위 방사성 폐기물 덩어리인 이른바 ‘핵연료 데브리(잔해)’가 880톤 정도 남아 있다. 핵연료 데브리는 물을 계속 뿌려 냉각된 상태로 유지되고 있다. 이렇게 냉각수가 핵연료 데브리에 직접 닿으면서 고농도의 방사성 물질을 함유한 핵오염수가 발생한다. 이 오염수에, 흘러든 지하수와

빗물이 섞이면서 그 양도 늘어나 현재 매일 90톤 정도의 핵오염수가 발생하고 있다.

2023년 8월 24일 후쿠시마 핵오염수를 처음으로 공식 해양투기한 일본정부는 현재 저장 중인 134만톤의 오염수를 30년에 걸쳐 계속해서 해양투기할 계획이다. 후쿠시마 오염수의 발생 원인인 핵연료 데브리를 끄집어내어 안전하게 저장하고 처분해야 핵오염수가 더 이상 발생하지 않지만, 핵연료 데브리와 주변의 방사선 피폭량이 너무 높아서 작업자들이 접근할 엄두를 내지 못하고 있다. 전문가들은 이 문제 해결에 50년에서 100년 정도 걸릴 것으로 예상하고 있다. 결국 핵오염수 해양투기는 한 세대를 넘어 22세기까지 계속될 수도 있다.

일본정부는 “후쿠시마 핵오염수는 고급액체처리시스템(ALPS)이라는 다핵종 제거설비를 통해 삼중수소를 제외한 대부분의 방사성 물질을 제거한 후 해양 투기하므로 일본 규제기준과 국제원자력기구(IAEA) 안전기준을 충족하기에 해양투기가 사람과 환경에 미치는 영향은 거의 없다”고 주장하고 있다.

단기적으로 삼중수소 등 방사성 물질의 해양투기로 인해 사람과 환경에 미치는 영향이 거의 없었다고 해서, 중장기적으로도 그럴 것이라고 주장하는 것은 전혀 과학적이지 않다.

아무리 적은 방사선 피폭이라도 장기간 노출은 암 발생에 높은 수준의 영향을 미친다. 방사선 피폭을 가장 낮은 수준으로 유지해야 한다는 방사선 피폭 방안에 관한 알라라(ALARA) 원칙이 있다. 사람들이 어쩔 수 없이 자연환경으로부터 받게 되는 자연방사선 이외에 추가로 방사선 피폭을 받는 것은 피해야 한다. 아무리 미량의 방사선이라도 개인의 의사에 반해서 강제적으로 인공방사선 피폭을 강요하는 것은 인간의 행복추구권을 박탈당하는 인권 침해 행위이다.

일본정부는 핵오염수 해양투기가 ‘육상방류’이므로 방사성 물질의 해양투기를 금지한 런던의정서에 해당하지 않는다고 주장하고 있지만, 이는 어불성설이고 궤변이다.

일본정부는 또한 중국이나 한국 등 각국의 원자력발전소에서도 삼중수소는 대량으로 해양방출 되고 있다고 주장하고 있다. 통상적인 원전 가동에 수반해 방출되는 방사성 물질은 삼중수소와 방사성 요오드 등 소수의 방사성 물질이다. 후쿠시마에서 발생되고 있는 수많은 종류의 방사성 물질이 포함된 핵오염수와는 다르다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기를 일반 원전에서의 삼중수소 방류와 동일한 기준으로 비교하는 것은 오류다.

또한 후쿠시마 핵오염수 해양투기는 향후 전 세계의 핵시설에서 방사성 폐기물을 별 제약 없이 해양과 대기로 방출할 명분을 준다. 당장은 2024년 상반기 중에 가동 예정인 일본 아오모리현의 로카쇼무라 핵재처리공장에서 쏟아지는 방사

성 물질의 해양투기와 대기방출을 정당화하게 된다. 로카쇼무라 재처리공장에서 는 연간 최대 9,700조 베크렐(Bq)의 삼중수소를 해양으로, 1,000조 베크렐의 삼 중수소를 대기로 방출하게 된다. 이는 후쿠시마 핵오염수에 저장된 삼중수소 총 량의 10배가 넘는다. 더욱이 로카쇼무라 재처리공장은 삼중수소 외에도 연간 최 대 16경 베크렐의 크립톤85(Kr-85), 51조 베크렐의 탄소14(C-14), 540억 베크 렐의 요오드129(I-129), 1,100억 베크렐의 요오드131(I-131) 등 다량의 방사성 물질도 방출하게 된다.

방사성 물질 투기는 도덕적 문제이다. 1990년대 러시아의 방사성 물질 해양투기 에 대해 일본이 강력히 반발해 일본의 주도로 런던의정서를 개정해서 방사성 물 질을 해양투기 금지대상에 포함시켰다. 이제 일본은 다른 나라가 방사성 물질을 해양투기해도 비판할 수 없으며, 누구라도 방사성 물질의 해양투기를 일본의 사 례에 빗대어 합리화하게 된다. 지구 곳곳에서 방사능 판도라의 항아리가 쏟아질 것이다.

3. 방사성 물질의 안전기준이라는 것은 과학을 빙자한 무지이다.

판도라의 항아리는 인간의 신체에 해를 가하는 방사성 물질로 가득 차 있다. 19 세기 말부터 엑스레이, 우라늄, 폴로늄 등의 발견이 이어지고 1930년대에는 인 공적인 핵분열 기술이 개발되면서, 방사성 물질은 자연이 아닌 인간이 스스로 만들어 낸 위험으로 등장했다.

이런 물질들이 인체에 미치는 영향이 밝혀지기까지는 오랜 기간이 소요되었다. 그러나 여전히 인간의 과학적 지식은 인간을 포함하여 생태계에 미치는 영향에 대해 그 실체를 온전히 파악하지 못하고 있다. 신체투과 핵에너지는 단순한 물 리적 현상을 넘어, 생물체에 미치는 만성적, 누적적 영향과 세대를 이어가는 영 향, 그리고 생태계 비노출집단에서의 영향으로까지 점차 확대되어 나타나고 있다.

방사선 에너지의 생명체에 대한 영향 평가를 위해 도입한 방사선 피폭선량의 단 위 개념은 마치 물리적 법칙처럼 증명을 거쳐 얻어지는 수치가 아니다. 방사선 선량의 계산은 단지 현상을 이해하기 위해 단순화시킨 모델 기반 추정일 뿐이 며, 현실 상태의 직접적이고 객관적인 측정에 기반한 것이 아니다.

방사능 관련 업계는 방사능의 건강영향을 비발암성 화학물질 독성평가와 마찬가지로 취급하여, 무영향농도, 즉 영향이 없는 역치(Threshold 기준치)가 있는 것

처럼 주장하고 있다. 그러나 방사능은 유전자를 통해 대를 이어 악영향을 전달한다. 기준치 이하에서도 방사능의 영향이 나타난다는 것이 실증되고 있다. 원전 종사자들과 우주방사선 노출이 큰 고산지 출생 어린이, 단층촬영으로 방사선을 조사한 어린이, 저선량 방사선에 노출된 집단에서 mSv(밀리시베트) 단위의 미량 차이에도 암 발생의 차이가 확인되고 있다.

저선량 방사선 노출은 단순히 무시할 수 있는 것이 아니라 실제적 영향이 있으므로 많은 사람을 대상으로 충분히 긴 기간 동안 그 작용을 조사하고 관리해야 한다. 아무리 저선량이더라도 그 노출 수준과 대상을 최대한 줄여야 한다.

더욱이 방사능은 희석으로 없어지는 것이 아니다. 노출 기준을 빌미로 환경에 희석해서 방출하는 것은 오히려 그 노출 대상을 무한하게 확대하는 것이다. 단지 판단할 근거가 아직 없다는 것이 ‘위험이 없다는 것’의 근거가 되지 못한다는 진리를 되새겨야 한다. 물질과 생명 간의 관계에 대한 불확실성을 무시하거나 회피하지 말아야 한다. 인간의 무지를 직시하고 받아들여야 한다.

4. 한국정부는 시민의 핵오염수 우려를 괴담이라고 비난하고 있다.

그럼에도 한국정부는 “핵오염수 투기는 생태계에 문제를 일으키지 않을 것이니 괴담은 더 이상 유포되어서는 안된다”며, 우리 국민의 견해와 발언을 구속하고 있다. 이러한 정부의 논변은 절대적 무오류성을 주장하며 어떤 반증 가능성도 배제하기에 애초부터 ‘과학적’이지 않다. 그것은 ‘진리’를 알려주는 대신 ‘진리’의 기준을 독점하고 자신의 ‘진리’만을 권력 정치적으로 관철하겠다는 선언이다. 다른 주장을 거론할 논의의 장은 막히고 건전한 시민의 사고와 참여는 절멸한다.

권력을 통해 규정된 주장은 미처 예견하지 못한 경로를 통해 도래할 수 있는, 어떤 우발적 위험의 가능성도 부정해버린다. 건강과 안전을 정치적으로 규정해 버리고는 위험의 존재는 부인해버리기에 책임질 일도 없다. 이렇게 되면 정부의 책임정치는 없어지고 가장 조야한 형태의 ‘생명관리정치’ 즉 정부의 무한권력만 남게 된다.

과연 정부의 주장대로 바다로 투기되는 핵오염수가 안전하다는 것은 과학이고, 위험성이 있다는 주장은 비과학적인 것인가?

후쿠시마 핵오염수를 이른바 ALPS로 거르고, 이 장치로도 걸러지지 않는 삼중수소 등의 방사능 물질은 기준치 이하로 희석시켜서 방류하면 안전하다는 주장은 과학적인가? 또한 이러한 내용을 골자로 하는 IAEA의 보고서는 신뢰할 수 있을까?

과학은 보편성과 객관성, 합리성을 지녀야 하며 이를 바탕으로 과학이 신뢰성을 지니려면 비판적 사고가 필수적이다.

일본과 한국정부의 주장과 IAEA의 보고서는 보편성과 객관성, 합리성을 심각하게 결여하고 있다. 보편성과 객관성을 지니려면 가장 먼저 모든 데이터의 과정, 결과를 솔직하고 투명하게 공개해야만 하며, 이를 토대로 다른 이들의 철저한 검정을 받아야만 한다.

도쿄전력은 2011년 3월 후쿠시마 사태 초기부터 은폐와 말바꾸기를 해왔으며, 최근에는 ALPS 장치의 고장 등에 대해 투명하게 공개하지 않았을 뿐만 아니라, 자기들이 임의로 선택 가공해 제공하는 자료만 보고 믿으라고 강요하고 있다.

IAEA 관련보고서 또한 중립적이고 객관적이지 않다. 측정치 등 많은 부분에서 일본이 제공하는 자료를 그대로 사용하여 신뢰성을 상실하였다. 핵오염수 해양투기가 생태계에 미칠 영향은 아예 처음부터 스스로 판단하지 않는다고 한계를 설정하고, 일본의 핵오염수 해양투기 결과에 대해 IAEA가 책임지지 않는다고 명시하고 있다.

5. 핵오염수 해양투기는 인간과 환경에 장기적인 악영향을 미친다.

과거에 과학기술을 만능이라 착각한 이들이 인류에게 위험을 가중시킨 일들이 수없이 반복돼왔다.

인류는 화석연료를 남용하면서 심각한 기후위기를 불러일으켰고, 플라스틱을 대량 생산하면서 지구의 환경과 생태계를 온통 미세플라스틱으로 오염시켰다. 메칠수은과 카드뮴에 대한 과학의 무지로, 수많은 사람들이 미나마타 병과 이타이 이타이 병으로 고통 받고 죽음에 이르는 재앙을 겪었고, 살충제 DDT와 가솔린 엔진의 유연휘발유도 공해병과 정신 질환, 심혈관 질환이라는 재앙을 광범위하게 수십 년간 초래하기도 했다.

그럼에도 이런 물질을 만들어낸 정부와 기업은 처음부터, 그리고 독성이 밝혀진 뒤에도 “위험성과 유해성을 입증할 만한 과학적인 근거가 부족하다”며 오히려 DDT의 위험성과 휘발유 납 성분의 유해성을 밝힌 진정한 과학자들을 오랫동안 매도하고 비난했다. 한국도 예외가 아니다. 최근에 어린이 천여 명이 사망하고 수십만 명이 피해를 당한 가슴기살균제는 과학적 무지의 피해였다.

후쿠시마 핵오염수 투기가 안전하다고 주장하는, ‘과학과 진실로 국민 건강을 지키겠다’는 정부의 홍보자료는 약간의 사실과 많은 거짓을 교묘히 섞어서 문제

의 본질을 흐리는 황당한 궤변과 아전인수격인 변명으로 가득 차 있다.

핵오염수가 향후 인체와 생태계에 미칠 피해와 위험 등에 대해서 현재로서는 안전하다가 아니라 ‘알 수 없다’가 정답이다. 엄청나게 많은 방사성 물질을 지속적으로 해양에 투기한 전례가 없기에, 그에 대해 조사를 제대로 한 적도 없고, 따라서 어떠한 주장도 뒷받침할 만한 객관적이고 보편적인 과학적 데이터 자체가 극히 미미하기 때문이다.

정부는 더이상 과학을 참칭하면서 과학이라는 이름을 더럽히지 말고, 정당하게 인류를 걱정하는 시민을 모욕하지 말아야 한다.

6. 후쿠시마 핵오염수 해양투기는 중단되어야 한다.

후쿠시마 오염수의 해양투기는 일본정부의 기계적이고 단순한 관료주의적 비용-편익 계산에 따라 수행된 목적 합리적 행위다. 일본정부는 현재의 이익을 우선시함으로써 미래 세대에게 불공정한 부담과 책임을 전가하고 있다. 핵오염수 해양투기를 결정하기 전에 미래 세대의 환경에 대한 가능한 부작용을 최소화할 대안을 충분히 모색했어야 한다.

환경윤리적, 생태주의적 견지에서 핵오염수 해양투기는 지극히 반인간적이며 자연파괴적인 태도를 보인다. 자연을 인간의 편익을 위하여 변화시키거나 희생시킬 수 있는 도구로 간주하고 자연의 고유한 내재적 가치를 부정한다. 이 낡은 관점이 오늘날 전 지구적 차원에서 대두되고 있는 심각한 환경적, 생태적 위기를 초래한 원인이기도 하다. 환경에 대한 고려를 배제한 채 이뤄진 핵오염수 해양투기는 생태계, 인간을 비롯한 모든 생물종, 그리고 지구환경 자체에 대한 위협이다. 생태계나 생명 공동체에 개입하거나 악영향을 미치는 이같은 시도를 멈추어야 한다. 그럴 때에만 현재와 미래 세대의 필요를 균형 있게 고려하고 환경에 대한 존중과 보전을 중시하는 것이 가능해진다.

핵오염수의 해양투기를 정당화하는 담론은 과학적 합리성의 외피를 두르고서 특정한 정치적 목적을 달성하는 데에 봉사하고 있다. 그것은 정치의 요구에 순응하고 복종하는 합리화이며, 지배를 정당화하는 ‘도구적 이성’일 뿐이다. 그것은 세계의 복잡성과 삶의 의미를 망각하고 인간과 자연에 대한 존중을 결여한 도그마다. 그같은 담론은 장차 야기될 우발적 위험의 가능성을 예측하지도, 통제하지도 못한다. 위험을 완벽하게 통제할 수 있다는 단언은 가장 큰 무지와 오만의

소산이다.

일방적이고 단편적인 판단과 결정은 유보되어야 한다, 핵오염수의 해양투기는 중단되어야 한다.

7. 진정한 해결을 위하여 시민과 정부가 함께 숙의해야 한다.

“생산된 위험”의 영역에 완전히 들어서기 전에 위험을 최소화할 방법에 대해 논의하고 숙고해야 한다. 위험과 불확실성을 완전히 제거할 수는 없더라도 완화할 수는 있다. 성급하게 내려진 정치적 결정을 교정하여 미래를 다른 형상으로 주조해낼 가능성은 아직 소진되지 않았다.

이를 위해서 위험에 대한 인식과 지식을 공유하는 시민들의 소통과 참여가 필요하다. 핵오염수 해양투기의 위험 가능성이 권력의 담론에 의해 독점적으로 진단되고 규정되어서는 안된다. 위험에 대한 대안은 정부와 관련 전문가 그리고 시민이 함께 참여하는 공론장에서 논의되고 형성되어야 한다.

소통과 시민적 숙의를 통한 비판적 참여는 정부와 시민 간의, 그리고 시민들 상호 간의 신뢰와 협력을 가능케 할 것이며, 이는 다시 책임감 있고 구속력 있는 해법을 창출하는 기반이 될 것이다. 이렇게 함으로서 위험에 대한 사회의 통제력이 제고된다. 위험이 크면 클수록 더 많은 성찰과 소통, 더 많은 숙의, 더 강한 신뢰와 협력이 필요하다. 스스로를 지구촌 공동운명체의 구성원으로 여기는 지구촌 사람들과의 소통 또한 도움이 된다.

소통과 학습을 통한 성찰이야말로 “생산된 위험”을 맞이한 세계의 문제를 해결할 유일한 창구다. 정치는 정치적 결정으로부터 소외되고 배제된 시민들의 목소리를 다시 들어야 한다. 다양한 목소리들이 모여 함께 성찰하고 논의하고 학습하며 현재의 상황을 진단하고 미래의 모습을 그려내야 한다. 그럴 때에만 장기적으로 지속가능한 대안을 발굴할 수 있다. 그 대안은 인간을 존중하고 자연 앞에 겸손하며 미래 세대의 환경에 대해 책임지는 것이 될 것이다.

우리는 일본의 핵오염수 해양투기 중단을 촉구하며 다음과 같이 호소한다.

(1) 일본 정부에 요구한다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기를 즉각 중단하고 해양투기 대신 다른 대안을 마련해야 한다. 후쿠시마 핵오염수 관련 모든 데이터를 투명하게 공개하여 공개적인 검증을 받아야 한다. 이를 통해 일본이 미래에 일어날 핵사고에 인류가 대응하는 모범을 만들어 후쿠시마 핵발전소 사고의 대응 경험을 미래에 닥칠 위험을 최소화할 인류의 과학기술적 자산으로 만들어야 한다.

(2) 한국 정부에 요구한다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기에 대해 한일간 정치적 거래를 중단해야 한다. 검증되지 않은 ‘과학’의 주술화를 중단하고 과학기술계의 지혜와 시민들의 합리적인 문제 제기를 수용하여 시민들이 납득할 수 있도록 시민과 함께 대응책을 강구해야 한다. 한국 정부는 인류적, 해양 생태적 관점에서 우선 후쿠시마 핵오염수 해양투기를 중단하도록 일본정부에 강력히 요구하고 일본의 국제법 위법행위를 국제재판소에 제소해야 한다.

(3) 한국 시민들에게 호소한다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기는 해양 생태계를 돌이킬 수 없는 상태로 만드는 것이다. 시민적 양심으로 일본 정부의 반인류적인 행태를 비판하고, 아울러 한국정부의 무책임한 일본정부 편들기를 중단하도록 시민불복종운동을 광범위하게 펼쳐야 할 것이다. 한국 시민들이 세계시민의 양심의 등불 역할을 한다는 마음으로 일본의 핵오염수 해양투기를 중단시키는 운동에 참여해주길 호소한다.

(4) 세계 시민들에게 호소한다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기라는 지구파괴적인 사태를 외면하지 말고 세계시민의 집단지성을 발휘해야 한다. 바다는 현재와 미래세대 인류의 공동의 우물이다. 과거와 현재의 인류가 인류 공동의 우물을 오염시킨 행위를 성찰하고 현 과학의 수준으로는 가늠할 수 없는 인간이 만들어낸 위험성을 직시해주길 바란다. 일본의 핵오염수 해양투기는 인류의 양심을 시험하는 리트머스가 되고 있다. 인류의 양심을 걸고 일본의 핵오염수 해양투기를 중단시키는 세계시민운동에 동참해주길 간곡히 호소한다.

[선언문 기초논문]

- 백도명(전 서울대보건대학장) 기초 논문

(역사적 배경과 서론)

지난 19세기 말 뢰트겐 박사가 엑스레이를 발견한 후 신체를 투과하는 에너지가 있다는 사실이 인식되면서, 베크렐의 우라늄, 퀴리 부부의 라듐과 폴로늄 발견 등이 이어졌다. 당시의 발견을 통해 방사선이라는 새로운 에너지의 존재가 알려졌지만, 그 작동 기전 및 인체에 미치는 영향이 밝혀지기까지는 다시금 많은 시간이 소요되었다. 특히 인간을 포함하여 생태계에 미치는 영향은 아직도 많은 지점에서 새로운 사실이 드러나면서 그 논란이 지속되고 있다. 특히 투과 에너지의 단순한 물리적 이해를 넘어, 생물체에 미치는 만성적 누적적 그리고 세대를 넘어가는 영향과 더불어, 생태계 비노출집단에의 영향(non-target effect) 등을 포함하는 종합적 시각이 요구되고 있다.

(선량은 방사능과 생명체의 상호작용)

방사능 발견 초창기에는 생물체에 대한 방사능의 영향이 단지 피폭된 부위의 피부가 붉어지는 홍반 발생 정도를 나타내는 단위로 평가되었다. 그러나 이렇게 단순화시킨 평가 방식으로는 문제가 관리되지 못하였으며, 결국 퀴리 부부의 죽음을 포함하여, 그 평가의 기간과 양상이 훨씬 더 확대되어야 할 필요가 제기되었다. 이후 입자 혹은 파동 등, 방사능 에너지가 전달되는 방식의 차이가 있으며, 설혹 같은 크기의 에너지라 하더라도 에너지의 밀도와 그 작동 방식에 따라 생물학적 효과가 다른 것이 보고되었다. 또한 이러한 에너지의 성격뿐만 아니라, 피폭되는 조직의 종류, 조직 내 분포 방식, 조직의 성장과 노화 상태 등 에너지와 상관없는 생명체 자체 요인들에 따라 그 영향이 달라지는 것도 보고되었다.

(실용량, operational quantity¹⁾로서의 계산치)

결국 에너지의 생명체에 대한 영향 평가는 이러한 다양한 차원의 변수들이 함께

1) 4.3.6. 실용량 operational quantities: (135) 인체 관련 방호량인 등가선량과 유효선량은 실제로 측정 가능한 양이 아니다. 따라서 조직이나 장기의 유효선량 또는 평균 등가선량의 측정이나 감시에는 실용량을 사용한다. (136) ICRU는 외부피폭에 대한 지역감시 및 개인감시를 위한 실용량을 정의하였다(부록B 참조). 지역감시를 위한 실용량은 주위선량당량 ambient dose equivalent 및 방향성선량당량 directional dose equivalent 이다. 개인감시를 위한 실용량은 몸체 특정 점 아래 ICRU조직 내 적정 깊이 d에서 선량당량인 개인선량당량 personal dose equivalent 이다. (137) 내부피폭에 대한 등가선량이나 유효선량 평가를 제공하는 실용량은 정의되지 않았다. (ICRP Publication 103, 2007)

고려되는 평가이어야 한다. 그동안 에너지가 생물에 미치는 영향을 평가하는데 있어, 성격상 서로 다른 방사선 종류에 따른 가중치, 그리고 서로 다른 조직에 따른 가중치를 추정하고, 전달되는 물리적 에너지에 이러한 가중치를 해당 상황에 따라 적용함으로써 계산되는 선량이 흡수선량, 등가선량, 유효선량 등의 방사능 단위 개념으로 제시되어 적용되어 왔다. 그러나 이렇게 계산된 방사선 선량은 마치 물리적 법칙처럼 증명을 거쳐 얻어지는 수치가 아니다. 그 계산 방식은 방사선 관리가 체계화되는 지난 반세기 동안 계속 바뀌어 왔으며, 최근 2007년도에도 ICRP가 제시하는 조직가중치의 전면적 개편이 있었다. 지금까지 그리고 앞으로도 방사선 선량의 계산은 단지 현상을 이해하려 단순화시킨 모델 기반 추정일 뿐이며, 현실 상황의 직접적이고 객관적인 측정이 아니다.

(저선량에서 무역치(no-threshold)에 대한 재확인)

현재에 이르러서 저선량 및 내부피폭 상황과 관련되어 제기되는 문제가 확대되고 있다. 일부 방사선 업계는 방사능의 건강영향을 비발암성 화학물질 독성평가와 마찬가지로 취급하여, 무영향농도(No Observed Effect Level), 즉 영향이 없는 역치(Threshold)가 있는 것처럼 주장하고 있다. 그러나 방사능은 비발암성 화학물질이 아니라, 발암성 화학물질 중에서도 유전독성을 야기하는 발암성 화학물질이다. 즉 역치가 없는 용량-반응이 이론적으로 그리고 실증적으로 지금까지 확인되고 있는 발암물질이다. 지금까지 방사선 선량이 측정된 집단으로서, 원전 종사자들²⁾, 우주선 노출 수준이 알려진 높은 고도에서 태어나는 아이들³⁾, 단층촬영 등을 통해 방사선 조사 선량이 기록된 아이들⁴⁾ 등, 저선량 방사선에 노출된 집단에서 mSv 단위의 차이에 따른 암발생의 차이가 확인되고 있다. 또한 자연방사능인 라돈이 기존 발암성 화학물질의 암발생을 훨씬 더 높게 증폭시키는 상호작용이 확인되고 있어⁵⁾, 내부피폭을 야기하는 저선량 자연방사능의 위험성이 확인되고 있으며, 방사능으로 인한 암이나 치명적 상해(Detriment) 이외에도, 차세대 영향, 노화 및 만성질환 등, 다른 건강영향과의 연관성 또한 제기되고 있다⁶⁾.

(집단 유효선량⁷⁾의 확대)

2) BMJ 2023;382:e074520 | doi: 10.1136/bmj-2022-074520

3) Environ Health Perspect 123:622-628; <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408548>

4) Lancet Haematol 2018;5: e346-58; [http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026\(18\)30092-9](http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026(18)30092-9)

5)

6)

7) 4.4.7. 집단 유효선량 (159) ICRP는 방사선방호 최적화 목적을 위해 주요 직무피폭 상황에 대해 집단선량 양을 도입했다(ICRP 1977, 1991b). 집단선량은 한 그룹의 모든 개인이 주어진 기간에 받은 피폭, 또는 지정 방사선 구역에서 그룹이 수행한 특정 운영으로 받는 모든 피폭을 고려한다. (160)

이제 저선량 방사능 노출의 영향은 단순히 너무 작기 때문에 확인할 수 없는 증명불가능한 가설이 아니다. 즉 충분히 많은 사람을 대상으로 충분히 긴 기간 동안 조사하고 관리해야 하는 실제적 영향으로서, 저선량이더라도 그 노출 수준과 대상을 최대한 줄여야 하는 영향이다. 결국 방사능은 희석으로 없어지는 것이 아니기 때문에, 노출 수준을 빌미로 환경에 희석 방출하는 것은 그 노출 대상을 무한하게 확대시키는 것일 뿐이다. 같은 관점에서 그 영향의 평가는 일개 개인 대상의 단순 농도평가를 넘어서, 집단과 전체 생태계를 대상으로 한 누적적이고 집단적인 양과 상호작용으로 그 시각이 확대되어야 한다.

(non-target effect의 가시화)

방사능의 생물체와 생태계에 미치는 영향에 대한 이해는 지금까지 계속 확대되어 왔다. 특히 직접 방사능에 피폭된 개체뿐만 아니라 단지 옆에 있는 개체들에게도 염색체 변화 및 염증 등을 포함한 영향이 확인되고 있어, 직접적 에너지의 전달만이 아니라, 에너지를 통한 생명현상의 연쇄적 연결이 확인되고 있다. 먹이사슬, 주거환경 및 이동경로, 그리고 생식의 변화 등은 이러한 연쇄적 연결의 일부일 뿐이다. 그럼에도 불구하고, 아직 우리는 방사능의 생물체와 생태계에 미치는 영향의 많은 부분을 모르고 있다. 단지 근거가 아직 없다는 것이 없다는 것의 근거가 되지 못한다는 경구를 되새기며, 물질과 생명 간의 관계에 대한 불확실성을 무시하거나 회피하지 않고 직시하며 받아들이라는 것이 우리의 요구이다.

집단유효선량 S는 확률론적 영향에 대한 문턱 없는 선형 선량-영향 관계(LNT 모델) 가정에 기초한다. 이러한 조건에서 유효선량은 덧셈성이 있는 것으로 간주된다. (161) 집단유효선량은 방사선 기술이나 방호 절차들을 비교하기 위한 최적화의 한 도구이다. 집단유효선량은 역학연구에 사용하려는 도구가 아니며, 따라서 위험 추정에 사용하는 것은 적합하지 않다. 집단유효선량 계산의 묵시적 가정(예를 들면 LNT 모델을 적용할 경우)이 생물학적 및 통계적으로 큰 불확실성을 숨기고 있기 때문이다. 특히 사소한 피폭을 대규모 집단에 적용한 집단유효선량에 기초한 암 사망 계산은 타당하지 않으며 피해야 한다. (ICRP Publication 103, 2007)

- 강정민(전 원자력안전위원회 위원장) 기초논문

후쿠시마 제1원자력발전소 1~3호기의 원자로에는 2011년 핵 사고에 의해 녹아 굳어진 고준위 방사성 폐기물 덩어리 소위 ‘핵연료 데브리(잔해)’가 약 880톤 남아 있다. 핵연료 데브리는 물을 계속 뿌림으로써 냉각된 상태를 유지하고 있는데, 이 물이 핵연료 데브리에 닿음으로써 고농도의 방사성 물질을 포함한 핵 오염수가 발생한다. 또한 이 오염수에 흘러든 지하수나 빗물이 섞임으로써 그량을 증가시키며, 그 결과 현재 매일 약 90톤 오염수가 발생하고 있다.

지난 8월24일 후쿠시마 오염수 첫 공식 방류를 시작한 일본정부는 현재 저장중인 약 134만톤의 오염수를 30년에 걸쳐 방류할 계획이다. 후쿠시마 오염수의 발생 원인인 핵연료 데브리를 끄집어내어 안전 저장 및 처분을 해야 핵 오염수가 더 이상 발생하지 않을 것인데, 핵연료 데브리 및 주변의 방사선 피폭량이 너무 높아서 접근의 엄두도 못 내고 있는 것이 현재 상황이다. 일부 전문가들은 이 문제 해결에 50-100년 정도 걸릴 것으로 예상하고 있다. 그러니 후쿠시마 오염수 해양방류는 한 세대를 넘어 21세기가 다하도록 끝나지 않을 수 있다.

일본 정부는 후쿠시마 오염수는 고급액체처리시스템(ALPS)라는 다핵종 제거설비를 통해 삼중수소를 제외한 대부분의 방사성 물질을 제거한 후 해양방류하므로 일본 규제기준과 IAEA 안전기준을 모두 만족하고, 방류로 인해 사람과 환경에 미치는 영향은 거의 없다고 주장하고 있다. 또한 중국이나 한국 등의 원자력 발전소에서도 삼중수소는 대량으로 해양방류하고 있다고 주장하고 있다.

그러나 통상적인 원전의 운전 중에 수반해 방출되는 방사성 물질은 삼중수소와 방사성 요오드 등 소수의 핵종으로 후쿠시마에서 발생되고 있는 다양한 종류의 방사성 핵종들은 방출되지 않기 때문에 후쿠시마 오염수 해양방류를 일반 원전에서의 삼중수소 방류와 비교하는 것은 잘못이다.

그리고 단기적으로 삼중수소 등 방사성 물질의 해양방류로 인해 사람과 환경에 미치는 영향이 거의 없었다고 해서, 중장기적으로도 그럴 것이라고 주장하는 것은 과학적인 견지에서 볼 때 무지에 가깝다. 이는 마치 인류가 그 동안 대량의 플라스틱을 강으로 바다로 방류한 결과, 미세플라스틱이 된 버려진 플라스틱이 생물체에 미치는 악영향을 지금에 와서 알게 되는 것과 크게 다르지 않을 것이다.

최근 연구결과에 의하면, 아무리 적은 방사선 피폭이라도 장기간 노출되는 것이 암 발생 위험에 미치는 영향에 높은 수준의 상관성을 보인다. 방사선 피폭을 합리적으로 달성 가능한 가장 낮은 수준으로 유지해야 한다는 방사선 피폭 방어에 관한 알라라(ALARA) 원칙도 있다. 사람들이 어쩔 수 없이 자연환경으로부터 받게 되는 자연방사선 이외에 추가로 방사선 피폭을 받는 것은 피해야 하는 것이다. 더군다나, 아무리 적은 양의 방사선이라도 개인의 의사에 반해서 강제적으로 자연방사선이 아닌 인공방사선 피폭을 당하는 것은 인간의 행복추구권을 박탈당하는 인권침해 행위이다.

한편, 후쿠시마 해양방류는 향후 전 세계의 핵시설에서 방사성 폐기물의 해양방류와 대기방출의 명분을 준다. 당장은 내년 상반기 중에 가동 예정인 일본 로카쇼무라 핵재처리공장에서 쏟아지는 방사성 오염수의 해양방류와 대기방출을 정당화하게 된다. 로카쇼무라 재처리공장에서는 연간 9700조 베크렐(Bq)의 삼중수소를 해양으로, 1000조 베크렐의 삼중수소를 대기로 방출하게 된다. 이는 후쿠시마 핵오염수에 저장된 삼중수소 총량의 10배가 넘는다. 더욱이 로카쇼무라 재처리공장은 삼중수소 외에도 연간 최대 16경 베크렐의 크립톤85(Kr-85), 51조 베크렐의 탄소14(C-14), 540억 베크렐의 요오드129(I-129), 1100억 베크렐의 요오드131(I-131) 등 방사성 물질도 방출하게 된다.

- 최성우(전 기자) 기초논문

더 이상 과학을 참칭하면서 과학이라는 이름을 더럽히지 말라

최근 정부에서는 일본의 후쿠시마 핵오염수 무단 투기에 대해 과학적으로 안전이 검증되었다고 주장하고 있다. 뿐만 아니라 핵오염수의 잠재적 위험성과 향후의 피해 등을 우려하는 지극히 상식적인 목소리에 대해서는 ‘괴담’ 또는 ‘비과학’으로 매도하면서 정부의 예산까지 투입하면서 대국민홍보에 열을 올리고 있다. 과연 정부의 주장대로 바다로 투기되는 핵오염수가 안전하다는 것은 과학이고, 위험성이 있다는 주장은 비과학적인 것인가? 과연 어느 쪽이 과학에 근거한 주장인지 엄밀히 살펴볼 필요가 있다.

과학이 무엇인지 간단히 정의를 내리기는 어렵지만, 일단 과학이 반드시 갖추어야 할 요소로서 보편성과 객관성, 합리성 등을 꼽을 수 있을 것이다, 또한 이를 바탕으로 과학이 신뢰성을 지니려면 비판적 사고가 필수적이다.

그렇다면 후쿠시마 핵오염수를 이른바 ALPS(다핵종제거설비)로 거르고, 이 장치로도 걸러지지 않는 삼중수소 등의 핵종은 기준치 이하로 희석시켜서 방류하면 안전하다는 주장은 과학적인가? 또한 이러한 내용을 골자로 하는 IAEA의 보고서는 신뢰할 수 있을까?

유감스럽게도 전혀 과학적이지 못하며 IAEA의 보고서 역시 과학의 본질인 보편성과 객관성, 합리성을 심각하게 결여하고 있다. 과학이 보편성과 객관성을 지니려면 가장 먼저 모든 데이터와 과정, 결과를 솔직하고 투명하게 공개해야만 하며, 이를 토대로 다른 이들의 철저한 검증을 받아야만 한다. 과거 황우석 사태에서 잘 알 수 있듯이, 실험결과 등을 조작하는 이는 제 아무리 저명한 과학자라 해도 단숨에 학계에서 퇴출되고 마는 것은, 바로 과학이 서는 근거인 보편성과 객관성을 무너뜨리기 때문이다.

그런데 일본 측은 모든 자료와 과정 등을 투명하게 공개한 적이 없고 그저 자기네들이 제공하는 자료만 보고 믿으라고 강요하고 있다. 더구나 도쿄전력은 과거부터 말을 여러 차례 바꾼 바 있으며, ALPS 장치의 고장 등을 은폐한 적이 있다는 의혹마저 받고 있다. 과학의 근거인 보편성과 객관성, 합리성을 심각하게 결여하고 있는 것이다.

그리고 보고서를 낸 IAEA는 국제기구이기는 하지만 중립적이고 객관적인 과학단체가 아니라, 원전 사업자들과 특수한 이해관계에 있는 일종의 이익집단이다. 따라서 그 자체로서 이미 객관성에 문제가 있으며, 이러한 태생적 한계에 더하여 측정치 등의 상당 부분을 일본의 자료에 의존하였으니 마찬가지로 과학적 보

편성과 합리성을 지녔다고 보기가 극히 힘들다.

이처럼 문제가 많은 IAEA보고서조차도 핵오염수가 생태계에 미칠 영향 등은 아예 처음부터 고려하지 않는다고 밝히면서, 스스로도 불확실성과 한계가 많다고 실토하고 있다.

핵오염수가 향후 인체와 생태계에 미칠 피해와 위험 등에 대해서 현재로서는 ‘아무도 알 수 없다’가 정답이다. 엄청나게 많은 방사성 물질을 지속적으로 해양에 투기한 전례가 없기에, 그에 대해 연구를 제대로 한 적도 없고, 따라서 특정한 주장을 뒷받침할만한 객관적이고 보편적인 과학적 데이터 자체가 극히 미미하기 때문이다.

이처럼 위험과의 연관성이 불확실할 경우에는 판단을 유보해야 하며, 따라서 일단은 위험할지도 모르니 이를 전제하고 대비하는 것 즉잠재적 위험성을 고려하고 이를 최소한으로 낮추고자 노력하자는 것이 바로 과학적인 사고이다. ‘현재까지 입증된 위험성이 그다지 명확하지 않으니 앞으로도 전혀 위험하지 않다’고 주장하는 것이야말로 바로 가장 비과학적 태도이다. 이것이야말로 괴담과 주술이며, 과학이 아닌 사이비 과학인 것이다.

현대에 과학기술이 눈부시게 발전하기는 했지만 과학기술은 결코 모든 문제를 다 해결할 수 있는 만능이 아니며, 그 한계를 똑바로 인식하지 못하면 과학성 자체를 상실할 뿐 아니라 큰 위험을 자초할 수도 있다. 과거에 과학기술을 만능이라 착각한 이들에 의해서 지금 인류는 어떠한 위기에 처해있는가? 각종 문명의 이기를 누리기 위해 화석연료를 남용하기 시작할 때에 현재와 같은 심각한 기후위기를 예측했는가? 편리한 플라스틱이 대량생산되어 누구나 쓰고 버릴 적부터, 미세플라스틱이 지구의 환경과 생태계를 온통 오염시키면서 그 부메랑이 인간에게 돌아올 것이라 미리 알았던 적이 있는가? 이처럼 잠재적 위험성을 전혀 몰랐거나 어느 정도 알고도 대비하지 않은 대가는 너무도 컸으며, 유사한 사례들은 많아서 일일이 열거하기도 어렵다.

미나마타 병, 이타이이타이 병 등 메틸수은과 카드뮴 등의 중금속이 인체에 축적되어 무서운 질병을 일으킨다는 사실을 진작 알았더라면, 수많은 사람들이 고통 받고 죽음에 이르는 재앙은 발생하지 않았을 것이다.

과거에 모기 등의 해충을 퇴치하는 살충제로 널리 쓰였던 DDT는 오래 사용한 후에야 인체와 환경, 생태계에 나쁜 영향을 끼친다는 사실이 밝혀지면서, 우리나라를 비롯한 대부분의 나라에서 현재는 사용이 금지되어 있다. 가솔린 엔진의 노킹 방지를 위해 납 성분이 첨가된 유연휘발유(有鉛揮發油)는, 사용한지 수십 년 이후에야 뇌 발달 장애 및 정신 질환, 심혈관 질환 등을 유발하는 등 인체에

치명적인 피해를 입힌다는 점이 밝혀져 역시 뒤늦게야 되출되었다.

DDT와 유연휘발유의 경우 더욱 중요한 교훈으로 삼아야 할 점이 있다. DDT, 유연휘발유의 제조기업 등은 개연성과 연관 관계가 상당히 밝혀진 이후에도 ‘위험성과 유해성을 입증할만한 과학적인 근거가 부족하다.’는 주장을 앵무새처럼 되풀이 했다는 점이다, 도리어 유명한 저서 ‘침묵의 봄’을 통하여 DDT의 위험성을 설파한 레이첼 카슨, 휘발유 납 성분의 유해성을 밝힌 클레어 패터슨을 지속적으로 매도하고 비난하기에 급급했던 것이다. 바다로 흘러들어간 핵오염수 또한 당장은 아닐지라도 훗날 돌이키기 어려운 피해가 발생하지 않을 것이라 누가 장담할 수 있는가?

외국이 아닌 우리나라에서도 불과 몇 년 전에 천여 명이 사망 하고 수십만 명이 피해를 입은 ‘가습기살균제’ 사건도 있다. 위험 가능성이 있었지만 정부는 안전성 검사와 규제를 제대로 하지 않았고 환경부, 산업자원부, 식약청 등이 서로 책임 떠넘기기에만 급급했던 탓에 사전에 방지할 수도 있었던 재난을 자초했던 것이다.

후쿠시마 핵오염수 투기가 안전하다고 주장하는, ‘과학과 진실로 국민 건강을 지키겠다.’는 정부의 홍보 자료를 살펴보니, 일부의 사실과 수많은 거짓을 교묘히 섞어서 문제의 본질을 흐리면서 황당한 궤변과 아전인수의 변명으로 점철되어 있어 보기가 애처로운 지경이다.

과학의 보편성과 객관성, 합리성이 제대로 서려면 비판적 사고 또한 필수적이다. 핵오염수가 위험할 수 있다는 지극히 상식적이고 과학적인 비판을 괴담과 비과학으로 몰아가는 것이야말로 스스로 과학적 태도를 포기했음을 자처하는 격이다. 제발 더 이상 과학을 참칭하면서 과학이라는 이름을 더럽히지 말라!

나종석(작가) 기초 논문

1. 불가항력적 자연재해에서 비롯된 후쿠시마 원전사고는 이제 오염수의 해양투기를 통하여 “생산된 위험”(울리히 벡)으로 진화했다. 이를 가능케 한 것은 인간에 의해 내려진 정치적 결정이다. 오늘 일본 정부가 내린 이 결정이 장차 어떤 결과를 초래할지 지금 이 순간 누구도 판단할 수 없다. 역사상 전례 없는 사건이기 때문에 판단의 근거가 되어줄 경험적 연구 성과와 데이터는 부재하다. 관계된 요소들을 최소화하고 인과관계를 선형적으로 단순화시켜 미래의 결과를 예측하기에는 세계가 너무나 복잡하다. 다만 한 가지는 분명하다. “생산된 위험”은 “생산된 불확실성”이 되어 우리의 통제를 벗어난 채 불확실성과 우발성의 영역에서 ‘불안’을 증폭시킬 것이다. 그 ‘불안’으로부터 자유로운 이는 있을 수 없다. 방사능은 인간을 차별하지 않는다. 방사능은 민주적이다. ‘불안’은 모두에게 공평히 드리워지고 그 대가는 모두가 지불하게 될 것이다.

2. 정부는 모두에게 영향을 미치는 결정을 내리고서 모두를 구속하려 한다. 오염수 투기는 생태계에 문제를 일으키지 않을 것이니 괴담은 더 이상 유포되어서는 안 된다는 것. 하지만 이 논변은 절대적 무오류성을 주장하며 어떤 반증가능성도 배제하기에 애초부터 ‘과학적’이지 않다. 그것은 ‘진리’를 알려주는 대신 ‘진리’의 기준을 독점하고 자신의 ‘진리’, 하나의 ‘정상성’만을 권력 정치적으로 관철하겠다는 선언이다. 다른 ‘정상성’이 경합할 여지는 소멸되고 시민적 숙의는 사라진다. 권력을 통해 규정된 ‘정상성’은 미처 예견하지 못한 경로를 통해 도래할 수 있는 어떤 우발적 위험의 가능성도 부정한다, 건강과 안전이 정치적으로 규정되지만 위험의 존재는 부인되기에 책임질 일도 없다. 이렇게 해서 가장 조야한 형태의 ‘생명관리정치’(푸코)가 책임정치를 대체한다.

3. 후쿠시마 오염수의 해양 투기는 일본 정부의 편익 계산에 의거하여 수행된 목적 합리적 행위다. 위에서 언급한 문제들 외에도 그 기계적이고 단순한 관료주의적 비용-편익 계산이 시야에서 놓쳐버린 것은 많다. 오염수의 해양 투기로 인해 야기될 우발적 환경 파괴는 장기적으로 해결하기 어려운 생태적 문제들을 낳고 미래의 환경에 어떤 식으로든 영향을 미칠 가능성이 크다. 따라서 투기는 현재의 편익을 우선시함으로써 미래 세대에게 불공정한 부담과 책임을 전가하는 부당 행위다. 투기를 결정하기 전에 미래 세대의 환경에 대한 책임을 무겁게 인식하고 있을지 모를 부작용을 최소화할 대안을 충분히 모색했어야 한다. 환경윤리적, 생태주의적 견지에서 보자면 오염수 투기는 지극히 인간중심적이며

지속가능하지 않은 자연관을 대변한다. 자연을 인간의 편익을 위하여 변화시키거나 희생시킬 수 있는 도구로 간주하고 자연의 고유한 내재적 가치를 부정하는 자세이기 때문이다. 이 낡은 생태적 관점이 오늘날 전 지구적 차원에서 대두되고 있는 심각한 환경적, 생태적 위기를 초래한 원인의 하나다. 환경에 대한 고려를 배제한 채 이뤄진 투기 결정은 생태계, 인간을 비롯한 모든 생물종 그리고 지구 환경 자체에 대한 모독이다. 생태계나 생명 공동체에 개입하거나 영향을 미치는 이 같은 시도를 멈추어야 한다. 그럴 때에만 현재와 미래 세대의 필요를 균형 있게 고려하고 환경에 대한 존중과 보전을 중시하는 지속가능한 발전이 가능해 진다.

4, 오염수의 해양 투기를 정당화하는 담론은 과학적 합리성의 외피를 두르고서 특정한 정치적 목적을 달성하는 데에 봉사하고 있다. 말하자면 그것은 정치의 요구에 순응하고 복종하는 합리성이며 지배를 정당화하는 ‘도구적 이성’(호르크하이머)의 발현이다. 그것은 세계의 복잡성과 삶의 의미를 망각하고 인간과 자연에 대한 존중을 결여한 도그마다. 그 같은 담론은 장차 야기될지 모를 우발적 위험의 가능성을 예측하지도, 통제하지도 못한다. 위험을 완벽하게 통제할 수 있다는 단언은 가장 큰 무지와 오만의 소산이다.

일방적이고 단편적인 판단과 결정은 유보되어야 한다. 오염수의 해양 투기는 일단 중단되어야 한다. “생산된 위험”의 영역에 완전히 들어서기 전에 위험을 최소화할 방법에 대해 논의하고 숙고해야 한다. 위험과 불확실성을 완전히 제거할 수는 없더라도 완화할 수는 있다. 성급하게 내려진 정치적 결정을 교정하여 미래를 다른 형상으로 주조해낼 가능성은 아직 소진되지 않았다.

이를 위해서 위험에 대한 인식과 지식을 공유하는 시민들의 소통과 참여가 필요하다. 오염수 해양 투기와 관계된 위험의 가능성이 권력 정치적으로 유인된 담론에 의해 독점적으로 진단되고 규정되어서는 안 된다. 위험에 대한 대안은 정부와 관련 전문가 그리고 시민이 함께 참여하는 공론장에서 논의되고 형성되어야 한다. 소통과 시민적 숙의를 통한 비판적 참여는 정부와 시민 간의 그리고 시민들 상호 간의 신뢰와 협력을 가능케 할 것이며 이는 다시 책임감 있고 구속력 있는 해법을 창출하는 기반이 될 것이다. 이렇게 함으로써 위험에 대한 사회의 통제력이 제고된다. 위험이 크면 클수록 더 많은 성찰과 소통, 더 많은 숙의, 더 강한 신뢰와 협력이 필요하다. 스스로를 지구촌 공동운명체의 구성원으로 여기는 지구촌민들과의 소통 또한 도움이 된다.

소통과 학습을 통한 성찰이야말로 “생산된 위험”을 맞이한 세계의 문제를 해결할 유일한 창구다. 정치는 정치적 결정으로부터 소외되고 배제된 시민들의 목소

리를 다시 들어야 한다. 다양한 목소리들이 모여 함께 성찰하고 논의하고 학습하며 현재의 상황을 진단하고 미래의 모습을 그려내야 한다. 그럴 때에만 장기적으로 지속가능한 대안을 발굴할 수 있다. 그 대안은 인간을 존중하고 자연 앞에 겸손하며 미래 세대의 환경에 대해 책임지는 것이 될 것이다.

[일본 핵오염수 해양투기 중단요구 성명서]

일본정부는 핵오염수 해양투기를 즉각 중지하라

인류가 인공으로 방사선을 만들어낸지 100년이 지나지 않은 지금, 이를 감당하지 못해 결국 자연에 쏟아붓는 사태가 벌어지고 있다.

윤석열 정부는 ‘과학’이라는 미명아래 방사성물질 해양투기를 정당화하는 해괴한 일을 벌이고 있다.

일본 후쿠시마 원자력발전소가 2011년 지진과 쓰나미로 인해 원자로가 파괴되면서 대량의 핵오염수가 발생했고, 지금도 발생 중이다. 일본 정부는 이를 이른바 핵종 필터링을 거쳐 해양에 희석 방류한다는 방침을 세우고, 국제원자력기구(IAEA)의 용역과 인공방사선을 처음 만들어냈던 미국과 유럽 몇 나라를 들러리로 내세워 이를 정당화하고 있다. 이에 윤석열 정부는 이른바 원전마피아인 관련 학자들을 동원해 일본정부의 해양투기를 정당화하고 면죄부를 주고 있다.

이들은 핵오염수의 핵종을 필터링했으므로 삼중수소를 제외하고는 방사성물질을 거의 배출하지 않으며, 해양방출로 인해 인간과 자연환경에 미치는 영향도 거의 없다고 주장하고 있다. 이같은 주장에는 ‘과학적’이라는 궤변까지 곁들어있다.

인간의 자연파괴 역사에는 항상 ‘과학’이라는 오만과 무지가 있었다. 진정한 과학은 인간이 자연을 알지 못한다는 대전제로부터 출발해 자연을 조금씩 이해해 나가는 과정이며, 언제나 자연을 모두 이해하지 못하고 있다는 겸손한 자세를 지녀야한다.

인류가 산업화를 추진하면서 대량의 화석탄소연료를 태우기 시작했을 때 과학은 오늘날 같은 기후위기가 올 것을 알고 있었던가? 인류가 인공방사선을 만들어낸 지 불과 10여 년만에 핵분열 폭발물을 인간 자신을 향해 터트렸을 때 과학은 대규모의 방사선 재앙에 대해 알고 있었던가?

수많은 과학의 무지와 시행착오를 거치고서도 지금 몇몇 정치집단과 사이비 과학자들은 인공방사선에 관해 모든 것을 알고 있다고 자기기만하고 있다. 그 자기기만이 일본의 핵오염수의 해양투기를 낳고 있는 것이다.

자기기만과 오만으로 무장한 일본정부는 핵오염수 해양방류를 국제기준에 부합

한다고 강변하고 윤석열 정부도 이에 동조해 후쿠시마 오염수 방류로 인해 사람 및 환경에 미치는 방사능 영향은 거의 없다고 주장한다.

그렇지만, 아무리 적은 방사선 피폭이라도 장기간 노출되는 것이 암 발생 위험에 미치는 영향에 높은 수준의 상관성을 보이며, 방사선 피폭을 합리적으로 달성 가능한 가장 낮은 수준(As Low As Reasonably Achievable)으로 유지해야 한다는 방사선피폭 방어에 관한 알라라(ALARA) 원칙이 있다. 사람들이 어쩔 수 없이 자연환경으로부터 받게 되는 자연방사선 이외에 추가로 방사선 피폭을 받는 것은 피해야 한다. 아무리 적은 양이라도 개인의 의사에 반해서 강제적으로 자연방사선이 아닌 인공방사선 피폭을 당하는 것은 개인의 건강권 및 행복권을 박탈하는 인권침해 행위이다.

일본정부는 134만t의 후쿠시마 오염수를 30년에 걸쳐 거의 매일 500t씩 방류할 계획이다. 핵사고 후 방사성 오염수를, 필터링으로 처리했다고 하더라도, 30년간에 걸쳐 매년 대량 방출한 선례도 없을 뿐만 아니라, 그로 인한 환경영향을 확인한 적이 없는데도 후쿠시마 핵오염수 방류로 인해 사람 및 환경에 미치는 방사능 영향이 없다고 주장하는 것이야말로 오만과 무지일 뿐인 비과학적 괴담이다.

일본정부가 후쿠시마 핵 오염수를 해양에 투기하게 되면, 이는 국제사회의 선례가 된다.

일본정부의 핵오염수 해양방출 관련 비용은 400억엔으로 일본 수산물 수출금지에 따른 손실보다 훨씬 적다. 그럼에도 일본 정부가 핵오염수 해양방출을 강행하는 이유는 무엇인가.

당장은 내년 상반기에 가동에 들어가는 일본 롯카쇼무라의 핵재처리시설에서 쏟아지는 오염수의 해양방류와 대기방출을 정당화하게 된다. 롯카쇼무라 재처리시설에서는 연간 9700조 베크렐(Bq)의 삼중수소를 해양으로, 1000조 베크렐의 삼중수소를 대기로 방출하게 된다. 이는 후쿠시마 핵오염수에 저장된 삼중수소 총량의 10배가 넘는다.

또한 이를 필두로 앞으로 전 세계의 핵시설에서 방사성 폐기물의 해양투기와 대기방출이 정당화되고 만연하게 될 것이다. 인류의 생명인 바다는 돌이킬 수 없도록 황폐화하고 후대의 인류에게 재앙만 남기게 된다.

국제원자력기구(IAEA)는 일본정부의 핵오염수 방류를 정당화해주는 용역보고서

를 내면서 “이 보고서에 의한 실행에 대해 IAEA는 책임을 지지 않는다”고 했다. 일본정부의 핵오염수 방류 이후부터는 각국 정부가 핵오염수를 해양투기할 때, ‘자체적인 도상 환경영향평가를 했고 IAEA의 용역보고서 기준에 맞췄으므로 방류에 관한 책임은 없다’고 주장하면 그만인 것이다.

핵오염수 해양투기는 전대미문의 재앙이 될 것이다. 그 재앙은 고스란히 아직 태어나지도 않은 우리 후손이 감당하게 될 것이다. 우리 현세대가 미래세대에게 재앙을 물려줄 권리는 우리에게 부여된 바가 없다.

1. 일본정부에게 요구한다.

일본정부는 당장 핵오염수 해양방류를 중지하라. 일본의 역량만으로 핵오염수 처리가 힘들면 핵오염수의 해양투기가 아닌 다른 방법을 찾는데 국제사회의 지혜와 힘을 모아달라고 호소하라.

2. 윤석열 정부에게 경고한다.

윤석열 정부는 헌법에 규정된 국민의 생명권과 건강권을 보호하기 위해 지금이라도 국민의 이름으로 핵오염수 해양투기를 중지할 것을 강력히 요구하고 이를 위해 일본을 국제해양법재판소에 제소하는 등 모든 외교적 실질적 노력을 실행하라.

3. 한국시민과 일본시민에게 호소한다.

한국과 일본의 시민이 연대하여 일본정부의 핵오염수 해양투기 저지 투쟁에 나서기를 호소한다. 핵오염수 해양투기를 결정한 일본정부와 이에 면죄부를 부여한 윤석열 정부의 행태를 공동으로 규탄하며, 나아가 세계의 시민과 연대하여 투쟁할 것을 호소한다.

후쿠시마 핵 오염수 해양투기 및 로카쇼무라 재처리공장

강정민, Ph.D.

전 원자력안전위원회 위원장

후쿠시마 방사능 오염수 해양투기 대응 공개강연1
"왜 일본은 후쿠시마 오염수 해양투기를 멈추어야 하는가"
민주사회를 위한 변호사모임 지하 대회의실, 서울
2023. 11. 6

1

후쿠시마 핵 '오염수'

- **정의:** 후쿠시마 제1원자력 발전소 사고로 인해 발생하고 있는 고농도의 방사성 물질을 포함한 물
- 후쿠시마 제1원자력 발전소 1~3호기의 원자로에는, 사고에 의해 녹아 굳어진 고준위 방사성 폐기물 덩어리 소위 '핵연료 데브리(잔해)'가 남아 있음. 핵연료 데브리는 물을 계속 뿌림으로써 냉각된 상태를 유지하고 있는데, 이 물이 핵연료 데브리에 닿음으로써 고농도의 방사성 물질을 포함한 '오염수'가 발생함. 또한 이 고농도의 방사성 물질을 포함한 '오염수'는 원자로 건물 내 등에 체류하고 있기 때문에 건물 내 등으로 흘러 든 지하수나 빗물과 섞여 '오염수'가 발생함. 이 '오염수'는 복수의 설비에서 방사성 물질의 농도를 저감하는 정화처리 후 부지 내 탱크에 'ALPS 처리수 등'으로 보관하고 있음.

(출처: 동경전력 처리수 포털사이트, Q&A, <https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/faq/faq1/>)

2

탱크 내 ALPS 처리수 등 및 스트론튬 처리수 저장량 현황

- 1,330,705 톤 (2023년 10월 26일 기준)
 - ALPS 처리수 등: 1,322,253 톤
 - 스트론튬 처리수: 8,452 톤
- 탱크 저장 오염수의 삼중수소 량
 - 약 860 조 베크렐(Bq) (16g) (2019년10월31일 기준)
 - 오염수 내 삼중수소 평균농도: 730,000 Bq/L
- ALPS 처리수 등에는 ALPS 처리수가 아닌 ‘처리도상수’(삼중수소 이외의 방사성 물질이 국가 규제 기준을 초과하여 남아 있음)가 약 70% 있으며, 향후 방출 시 ALPS에 의해 다시 정화처리를 실시하여 ALPS 처리수가 될 때까지 삼중수소 이외의 핵종 농도를 저감시킬 예정이라 함.

(문헌: 동경전력 처리수 포털사이트, ALPS 처리수 등의 상황, <https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/aiplsstate/>; Agency for Natural Resources and Energy, METI, "The Outline of the Handling of ALPS Treated Water at Fukushima Daiichi NPS (FDNPS)," February 2020.)

3

핵 오염수 발생 현황 및 처리수 해양투기 전망

- 현재 핵 오염수 발생량은 일일 약 90톤. 처리수 량은 오염수와 비슷한 일일 약 90톤. 한편, 일일 460톤의 처리수가 바닷물에 희석되어 바다로 방출됨. 현재 보관된 처리수는 134만 톤, 하루에 370톤씩 처리수가 줄어들기 때문에 단순 계산하면 10년도 안 돼 모든 처리수 방출이 완료되지만 여러 탱크를 하나로 묶어 방출하기 때문에 배관 루트 전환 등이 발생해 매일 쉬지 않고 작업을 계속할 수 없다는 것. 따라서 처리수 방출 완료는 2050년경으로 전망. 연간 방출되는 삼중수소의 양은 22조 베크렐(방출수 농도 1,500 Bq/L 미만)을 상정하고 있음. 2023년도는 5조 베크렐 예정.
- 그러나 후쿠시마 오염수의 발생 원인인 핵연료 데브리를 끄집어내어 안전 저장 및 처분을 해야 핵 오염수가 더 이상 발생하지 않을 것인데, 핵연료 데브리 주변의 방사선 피폭량이 너무 높아서 접근의 엄두도 못 내고 있음. 일부 전문가들은 이 문제 해결에 50-100년 정도 걸릴 것으로 예상.

(문헌: "完了は2050年ごろに 24日に開始される福島第一原発の処理水海洋放出 一日に460トンを放出," 福テレ, 2023年08月23日 18:45, <https://www.fukushima-tv.co.jp/localnews/2023/08/2023082300000011.html>)

4

후쿠시마 원전사고 방사능 오염 냉각수 해양방출 계획의 과학적 현황에 대한 전문가 패널 견해

• 결론 및 과학적 제언

- 후쿠시마 원전사고 방사능 오염 냉각수 해양방출에 대해 일본의 원자력규제기관(NRA)이 추진을 승인하고 IAEA가 이의를 제기하지 않았음에도 불구하고, 전문가 패널의 과학적 견해는 이 결정이 매우 성급하고 과학적 근거가 부족하다고 본다. 샘플링 및 관련 문제의 부적절성에 대한 우려 외에도, 생태학적 고려는 불충분했으며, 상중수소 OBT(유기결합 상중수소)의 경우 제안된 해양방출에 분명히 적용되지 않는 ICRP의 지침을 기반으로 했다.
- 또한, 매우 문제가 많은 텔루륨-127(Te-127) 측정치를 고려할 때, 전문가 패널은 도쿄전력과 IAEA가 측정 및 데이터 품질관리의 문제 그리고 용융된 노심에서 간헐적 핵분열 임계현상이 발생하고 있는지의 문제를 긴급히 제기할 것을 권고한다.
- 전문가 패널은 해양방출 결정을 굳히기 위해 파이프라인 건설과 같은 추가 단계가 취해지기 전에 고려해야 할, 피해가 훨씬 덜할 수 있는 대안이 있다고 믿는다. 상중수소 자연붕괴를 위한 장기저장 등 후쿠시마 시설 내 그리고 주변에 저장을 위한 공간이 존재하기 때문에 이 냉각수를 방출해야 할 긴급성이 없으며, 다른 옵션을 고려할 시간이 충분하다.

(문헌: Prepared by the Expert Panel, "Summary of Information and Data Gathered at Meetings and the Expert Panel's Views of the Scientific Status of the Planned Release of Radioactively Contaminated Cooling Water from the Fukushima Nuclear Power Plant Disaster," 11 August 2022)

5

후쿠시마 원전사고 방사능 오염 냉각수 해양방출 계획의 과학적 현황에 대한 전문가 패널 견해 (연속)

- 전문가 패널은 도쿄전력이 아직 고려하지 않은 것으로 보이는 다음 세 가지 대안에 대해서도 논의했고, 그 영향은 해양방출보다 훨씬 낮을 수 있다.
 - **안전한 저장 및 방사성 자연붕괴:** 도쿄전력은 해양방출이 40년 걸릴 것으로 추정하지만, 이 기간 동안 추가적으로 수집될 오염수를 고려하면 그 기간은 더 연장될 것이다. 상중수소를 포함한 ALPS 처리수를 현장이나 주변 지역의 안전한 내진탱크에 저장한다면, 12.3년의 반감기를 감안할 때 상중수소의 97%는 방사성 자연붕괴로 인해 약 60년 지나면 사라질 것이다.
 - **생물학적 정화:** 특정 동물, 식물 및 균류는 물에서 방사성 핵종을 제거하고 농축할 수 있으므로 더 높은 양의 방사성 고체 폐기물(탱크 침적물 포함)과 함께 관리할 수 있다.
 - **특수용도 콘크리트 제조를 위한 ALPS 처리수의 사용:** 탱크 오염수는 현재 계획된 대로 처리될 수 있으며, 주로 상중수소를 포함한 처리수는 인간의 접촉이 거의 없을 용도(비건축 및 비공공 용도)를 위한 콘크리트를 만드는 데 사용될 수 있다. 처리수는 제안된 해양방출보다 훨씬 짧은 기간인 몇 년 내에 소비될 수 있다. 세월이 흘러 잔해가 되더라도 콘크리트는 상중수소의 방출 베타입자를 차폐할 것이며, 그때면 상중수소의 대부분은 자연붕괴 했을 것이다.

(문헌: Prepared by the Expert Panel, "Summary of Information and Data Gathered at Meetings and the Expert Panel's Views of the Scientific Status of the Planned Release of Radioactively Contaminated Cooling Water from the Fukushima Nuclear Power Plant Disaster," 11 August 2022)

6

IAEA 방사성 폐기물 관리 기본원칙

- 원칙 1: 인간의 건강 보호
 - 방사성 폐기물은 인간의 건강에 대한 수용 가능한 방호 수준을 보증하는 방법으로 관리되어야 한다.
- 원칙 2: 환경 보호
 - 방사성 폐기물은 환경보호를 수용 가능한 수준에서 실시할 수 있는 방법으로 관리되어야 한다.
- 원칙 3: 국경을 초월한 방호
 - 방사성 폐기물은 국경을 넘어 일어날 수 있는 사람의 건강 및 환경에 대한 잠재적인 영향이 확실하게 고려되는 방법으로 관리되어야 한다.
- 원칙 4: 미래 세대의 방호
 - 방사성 폐기물은 미래 세대의 건강에 대해 예상되는 영향이 현재 받아들여지고 있는 영향 수준보다 커지지 않는 방법으로 관리되어야 한다.
- 원칙 5: 미래 세대에 대한 부담
 - 방사성 폐기물은 미래 세대에 대한 과도한 부담을 강요하지 않는 방법으로 관리되어야 한다.

(문헌: International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 111-F, Vienna (1995))

7

IAEA 방사성 폐기물 관리 기본원칙 (연속)

- 원칙 6: 국가의 법적 틀
 - 방사성 폐기물은 책임의 명확한 할당과 독립된 규제 기능의 준비를 포함한 적절한 국가의 법적 틀 하에서 관리되어야 한다.
- 원칙 7: 방사성 폐기물 발생 억제
 - 방사성 폐기물의 발생은 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.
- 원칙 8: 방사성 폐기물 발생과 관리의 상호의존성
 - 방사성 폐기물의 발생과 관리의 모든 단계에서의 상호의존성이 적절하게 고려되어야 한다.
- 원칙 9: 시설의 안전성
 - 방사성 폐기물 관리와 관련된 시설의 안전성은 시설의 사용기간 중 적절하게 확보되어야 한다.
- 후쿠시마 핵 오염수 해양투기가 상기 IAEA 방사성 폐기물 관리 기본원칙에 부합하는가?

8

로카쇼무라 재처리공장

- 아오모리현 로카쇼무라에 위치한 재처리공장은 사용후핵연료에서 플루토늄을 추출하는 시설.
 - 재처리방식: 우라늄금속 핵연료는 질산에 용해시키고, 인산트리부틸(TBP)용매를 첨가하는 등의 과정을 거쳐 플루토늄과 우라늄을 각각 추출하는 퓨렉스(PUREX) 공정
- 내년 상반기 완공 예정인 이 시설은 연간 최대 800톤의 사용후핵연료를 재처리할 수 있으며, 이 과정에서 매년 최대 8톤의 플루토늄을 추출할 수 있음.

9

일본의 플루토늄 재고 현황

플루토늄을どうする?

2022年末

国内 9.3톤

英国 21.8톤

フランス 14.1톤

合計 約45.1톤=約5700発分

英仏への使用済み燃料輸送 (トン):1969-2001

	BNFL	Cogema	合計
軽水炉	2,700	2,900	5,600
ガス冷却炉	1,500		
合計	4,200	2,900	7,100

六ヶ所試験再処理量425トン 分離量3.6トン

IAEA: 8kg의 플루토늄 ⇒ 最初の1発が製造できると想定

	令和3年末時点	令和4年末時点
総量	約45.8톤	約45.1톤
国内で保管中	約9.3톤	約9.3톤
海外で保管中 (計)	約36.5톤	約35.9톤
英国	約21.8톤	約21.8톤
仏国	約14.8톤	約14.1톤

注) 四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

出典 我が国のプルトニウム管理状況 2023年7月18日 http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryu2023/siryu25/2_haifu.pdf

(来源: 田窪雅文, "プルスーマルについて," 原子力技術史研究会, 2022年11月30日 (23年11月2日改定版))

10

로카쇼무라 재처리공장 운전 개시 정당화를 위한 플루서멀 (プルサーマル, Pu-thermal)

- 1993년 로카쇼무라 재처리 공장 건설 개시 97년 완성 예정
- 1995년 몬주 고속로 나트륨 화재
- 1997년 플루서멀 계획 발표
 - 우라늄과 플루토늄 혼합 MOX 핵연료를 경수로에 이용
 - MOX 핵연료는 저농축 우라늄 핵연료의 약 10배 고비용
 - 1997년 목표는 2010년까지 총 16~18기(MOX 이용 원자로) 도입
 - 2009년 목표는 2015년까지 총 16~18기 도입
 - 연간 7~11톤(플루토늄 환산)
- 그런데, 실상은?
 - 현재 일본의 가동중인 12기 원전 중 MOX 핵연료 이용가능 원전은 4기, 연간 플루토늄 사용량은 약 2톤

(문헌: 田窪雅文, "プルサーマルについて," 原子力技術史研究会, 2022년11월30일(23년11월2일改定版))

11

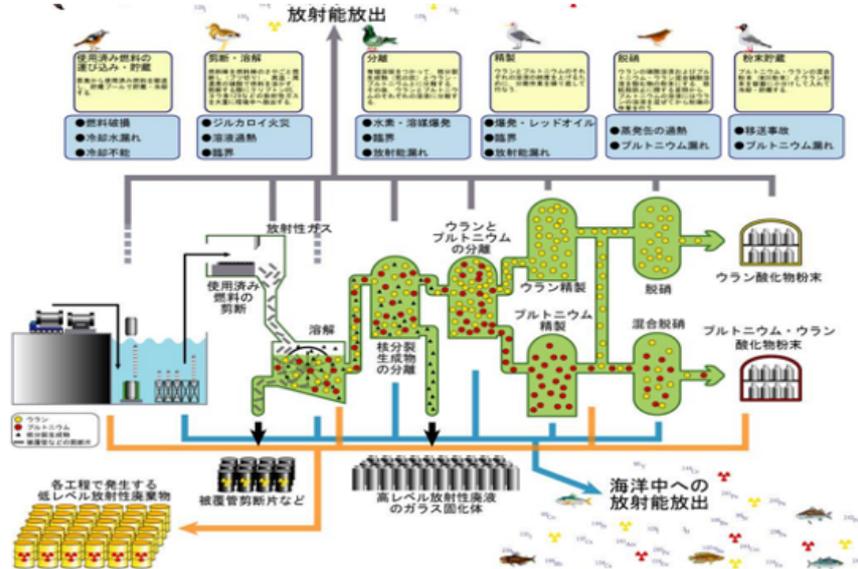
왜 플루서멀 필요?

- 로카쇼무라 재처리공장 운전 개시를 위한 이용 계획이 필요하기 때문
- 일본정부 입장:
 - “재처리에서 나오는 플루토늄의 이용계획이 없으면 이용목적이 없는 플루토늄을 갖지 않겠다는 국제공약을 위반한다. 그래서 재처리공장을 운전할 수 없다. 재처리 공장을 운전할 수 없으면, 각지의 원전으로부터 발생하는 사용후핵연료의 갈 곳이 없어져, 원전은 가동 정지. 일본 경제의 붕괴! 그러니까 플루서멀(=이용계획)을 받아들여라!”
- 재처리 및 플루서멀의 대안은?
 - 원전 이용 각국에서 일상적인 사용후핵연료 건식저장 후 직접처분

(문헌: 田窪雅文, "プルサーマルについて," 原子力技術史研究会, 2022년11월30일(23년11월2일改定版))

12

로카쇼무라 재처리공장 공정 및 방사성 폐기물 발생



(문헌: 伴英幸(原子力資料情報室), "六ヶ所再処理と核燃料サイクル," 2020년5월20일)

13

로카쇼무라 재처리공장

- 로카쇼무라 재처리공장은 연간 최대 9,700 조 베크렐(Bq)의 삼중수소를 해양으로, 1,000 조 베크렐의 삼중수소를 대기로 방출 예정. 이는 후쿠시마 오염수에 저장된 삼중수소 총 양의 10배 이상.
- 로카쇼무라 재처리공장은 삼중수소 외에도 연간 최대 16경 베크렐의 크립톤85(Kr-85), 51조 베크렐의 탄소14(C-14), 540억 베크렐의 요오드129(I-129), 1100억 베크렐의 요오드131(I-131) 등도 방출 예정 (표 참조).

(기체)

핵종	방출관리 목표치(Bq/y)
크립톤85	1.6×10 ¹⁷
삼중수소	1.0×10 ¹⁵
탄소14	5.1×10 ¹³
아이오딘129	1.1×10 ¹⁰
아이오딘131	1.0×10 ¹⁰
기타 핵종	
α선을 방출하는 핵종	3.1×10 ⁹
α선을 방출하지 않는 핵종	7.5×10 ⁹

(액체)

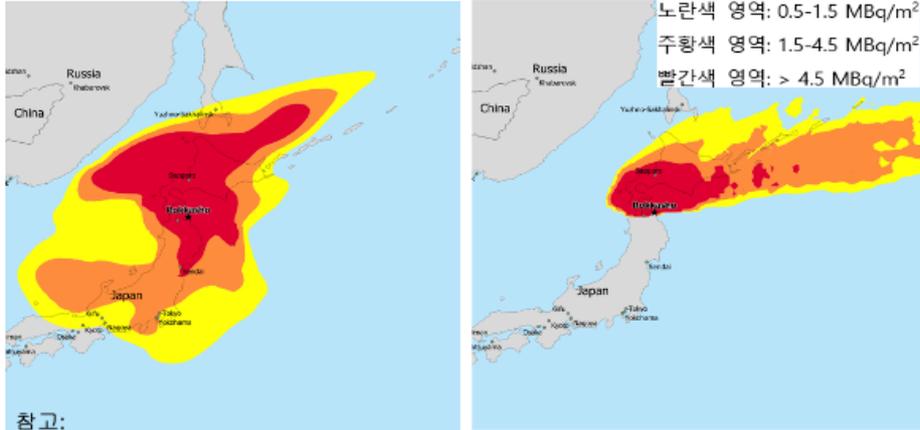
핵종	방출관리 목표치(Bq/y)
삼중수소	9.7×10 ¹⁵
아이오딘129	4.3×10 ¹⁰
아이오딘131	1.0×10 ¹¹
기타 핵종	
α선을 방출하는 핵종	3.6×10 ⁹
α선을 방출하지 않는 핵종	9.5×10 ¹⁰

(문헌: "六ヶ所再処理施設及びMOX燃料加工施設における新規制基準に対する適合性—放出管理目標値の変更," 日本原燃株式会社, 2018.5.9)

14

로카쇼무라 재처리공장 사용후핵연료 저장조 가상 핵사고 시뮬레이션

- 로카쇼무라 재처리공장 사용후핵연료 저장조 가상 핵사고로 인한 방사능 오염 지역 (2019.10.1 및 12.1, 6,470PBq Cs-137 방출 가정)



참고:

체르노빌 사고 당시 방출된 Cs137 양은 약 80PBq

노란색 지역은 자발적 피난지역, 주황색 및 빨간색은 강제 피난지역

(문헌: Jungmin Kang, "Risk of the Missile Attack on Nuclear Facilities," A symposium, Tokyo, 28 April 2022.)

15

로카쇼무라 재처리공장 사용후핵연료 저장조 가상 핵사고 시뮬레이션

- 로카쇼무라 재처리공장 사용후핵연료 저장조 가상 핵사고로 인한 피난인구 및 방사능 오염 지역면적 (2019.10.1 및 12.1, 6,470PBq Cs-137 방출 가정)

국가	강제피난인구		오염지역(km ²)	
	평균	최대	평균	최대
일본	6.4 백만 (8.9 백만)	62.1 백만 (89.2 백만)	51,700 (65,900)	312,700 (391,800)
러시아	5,000 (20,000)	31,000 (0.2 백만)	12,100 (24,300)	70,300 (151,300)

(괄호 안의 숫자는 자발적 피난을 추가한 인구수 및 면적)

(문헌: Jungmin Kang, "Risk of the Missile Attack on Nuclear Facilities," A symposium, Tokyo, 28 April 2022.)

16

후쿠시마 핵 오염수 해양투기에 대한 개인 소감

- 한 세대를 넘어 22세기까지 계속될 수도 있는 후쿠시마 핵오염수 해양투기에 대해, 일본정부는 “후쿠시마 핵오염수는 고급액체처리시스템(ALPS)이라는 다핵종 제거설비를 통해 삼중수소를 제외한 대부분의 방사성 물질을 제거한 후 방출하므로 일본 규제기준과 국제원자력기구(IAEA) 안전기준을 충족하기에 사람과 환경에 미치는 영향은 거의 없다.”고 주장하고 있다.
- 그러나 아무리 적은 방사선 피폭이라도 장기간 노출은 암 발생에 의미 있는 수준의 영향을 미친다는 최근 연구결과가 알려졌다. 방사선 피폭을 가능한 가장 낮은 수준으로 유지해야 한다는 방사선 피폭 방어에 관한 알라라(ALARA) 원칙도 있다. 사람들이 어쩔 수 없이 자연환경으로부터 받게 되는 자연방사선 이외에 추가로 방사선 피폭을 받는 것은 피해야 한다. 아무리 미량의 방사선이라도 개인의 의사에 반해서 강제적으로 인공 방사선 피폭을 강요하는 것은 인간의 행복추구권을 박탈하는 인권침해 행위이다.

17

후쿠시마 핵 오염수 해양투기에 대한 개인 소감 (연속)

- 일본정부는 후쿠시마 핵 오염수 해양투기와 비교 목적으로 중국이나 한국 등 각국의 원자력발전소에서도 삼중수소는 대량으로 해양 방출하고 있다고 주장하고 있다. 통상적인 원전 가동으로 방출되는 방사성 물질은 삼중수소와 방사성 요오드 등 소수의 방사성 물질이다. 후쿠시마에서 발생되고 있는 수많은 종류의 방사성 물질이 포함된 핵 오염수와는 크게 다르다. 후쿠시마 핵오염수 해양투기를 일반 원전에서의 삼중수소 방류와 비교하는 것은 명백한 오류다.
- 후쿠시마 핵 오염수 해양투기는 향후 전 세계 핵시설에서 방사성 폐기물을 큰 제약없이 해양과 대기로 방출할 명분을 준다. 당장은 2024년 상반기 중에 가동 예정인 일본 로카쇼무라 재처리공장에서 쏟아질 대량의 방사성 물질의 해양투기와 대기방출을 정당화하게 된다.
- 후쿠시마 핵 오염수 해양투기를 비용편익(cost-benefit) 관점에서 본다면, 편익은 일본만 챙기고, 비용은 다른 국가의 국민들이 지게 하는 대단히 비도덕적 행위라고 아니할 수 없다.
- 결론적으로 후쿠시마 핵 오염수 해양투기는 지금이라도 중지되어야 하며, 대안을 추구하여야 한다.

18

후쿠시마 핵 오염수 관련 기술 분석 정리

강정민 박사

2023.9.18

후쿠시마 핵 '오염수' 정의⁸⁾

후쿠시마 제1원자력 발전소 사고로 인해 발생하고 있는 고농도의 방사성 물질을 포함한 물.

후쿠시마 제1원자력 발전소 1~3호기의 원자로에는, 사고에 의해 녹아 굳어진 연료(연료 데브리)가 남아 있음. 연료 데브리는 물을 계속 뿌림으로써 냉각된 상태를 유지하고 있는데, 이 물이 연료 데브리에 닿음으로써 고농도의 방사성 물질을 포함한 '오염수'가 발생함. 또한 이 고농도의 방사성 물질을 포함한 '오염수'는 원자로 건물 내 등에 체류하고 있기 때문에 건물 내 등으로 흘러든 지하수나 빗물과 섞임으로써도 '오염수'가 발생함. 이 '오염수'는 복수의 설비에서 방사성 물질의 농도를 저감하는 정화처리를 실시하여 리스크를 저감한 후 부지 내 탱크에 'ALPS 처리수 등'⁹⁾으로 보관하고 있음.

탱크 내 ALPS 처리수 등 및 스트론튬 처리수 저장량 현황¹⁰⁾

1,339,325 톤 (2023년 9월 7일 현재)

ALPS 처리수 등: 1,331,094 톤

스트론튬 처리수: 8,231 톤

ALPS 처리수 등에는 ALPS 처리수가 아닌 '처리도상수'(삼중수소 이외의 방사성 물질이 국가 규제 기준을 초과하여 남아 있음)가 약 70% 있으며,

8) 동경전력 처리수 포털사이트, Q&A,

<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/faq/faq1/>.

9) 후쿠시마 제1원자력발전소에서 발생하는 오염수를 정화 처리해 발전소 내 탱크에 저장하고 있는 물. 세슘과 스트론튬을 제거한 '스트론튬 처리수'와 다핵종 제거 설비 등에 의해 스트론튬 처리수에서 삼중수소 이외의 대부분의 방사성 핵종을 제거한 'ALPS 처리수 등'이 있음. Ibid.

10) 동경전력 처리수 포털사이트, ALPS 처리수 등의 상황,

<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/alpsstate/>.

향후 방출 시 ALPS에 의해 다시 정화처리를 실시하여 ALPS 처리수가 될 때까지 삼중수소 이외의 핵종¹¹⁾ 농도를 저감시킬 예정.

탱크 저장 오염수의 삼중수소 량¹²⁾

약 860 조 베크렐(Bq) (16g) (2019년10월31일 기준)

오염수 내 삼중수소 평균농도: 730,000 Bq/L

오염수 발생 현황 및 처리수 해양투기 전망¹³⁾

현재 오염수 발생량은 일일 90톤. 처리수 량은 오염수와 비슷한 일일 90t. 한편, 일일 460톤의 처리수가 바닷물에 희석되어 바다로 방출됨. 현재 보관된 처리수는 134만 톤, 하루에 370t씩 처리수가 줄어들기 때문에 단순 계산하면 10년도 안 돼 모든 처리수 방출이 완료되지만 여러 탱크를 하나로 묶어 방출하기 때문에 배관 루트 전환 등이 발생해 매일 쉬지 않고 작업을 계속할 수 없다는 것. 따라서 처리수 방출이 완료되는 것은 2050년경이 될 전망. 연간 방출되는 삼중수소의 양은 22조 베크렐(방출수 농도 1,500Bq/L 미만)을 상정하고 있음. 2023년도는 5조 베크렐 예정.

일본 로카쇼무라 재처리공장

아오모리현 로카쇼무라에 위치한 재처리공장은 사용후핵연료에서 플루토늄을 분리하는 시설. 내년 상반기 완공 예정인 이 시설은 연간 800톤의 사용후핵연료를 처리할 수 있으며, 여기에서 매년 8톤의 플루토늄을 추출할 수 있음. 일본 원연주식회사(JNFL) 2018년 자료에 따르면,¹⁴⁾ 로카쇼무라 재처리공장은 연간 최대 9,700 조 베크렐의 삼중수소를 해양으로, 1,000 조 베크렐의 삼중수소를 대기로 방출 예정. 이는 후쿠시마 오염수에 저장된 삼중수소 총 양의 10배 이상.

11) 평가 대상 핵종은 삼중수소(H-3), 탄소14(C-14) 및 ALPS에 의한 제거 대상 62핵종의 합계 64핵종. 東京電力ホールディングス株式会社, "多核種除去設備等処理水(ALPS 処理水)の海洋放出に係る放射線影響評価報告書(設計段階)," 2021年11月.

12) Agency for Natural Resources and Energy, METI, "The Outline of the Handling of ALPS Treated Water at Fukushima Daiichi NPS (FDNPS)," February 2020.

13) "完了は2050年ごろに 24日に開始される福島第一原発の処理水海洋放出 一日に460トン を放出," 福テレ, 2023年08月23日 18:45, <https://www.fukushima-tv.co.jp/localnews/2023/08/2023082300000011.html>.

14) "六ヶ所再処理施設及びMOX燃料加工施設における新規制基準に対する適合性-放出管理目標値の変更," 日本原燃株式会社, 2018.5.9.

로카쇼무라 재처리공장은 삼중수소 외에도 매년 16경 베크렐의 크립톤 85(Kr-85), 51조 베크렐의 탄소14(C-14), 540억 베크렐의 요오드 129(I-129), 1100억 베크렐의 요오드131(I-131) 등도 방출 예정 (표 참조).

(氣體)

核種	放出管理目標値 (Bq/y)
Kr - 85	1.6×10^{17}
H - 3	1.0×10^{16}
C - 14	5.1×10^{13}
I - 129	1.1×10^{10}
I - 131	1.0×10^{10}
その他核種	
アルファ線を放出する核種	3.1×10^8
アルファ線を放出しない核種	7.5×10^9

(液体)

核種	放出管理目標値 (Bq/y)
H - 3	9.7×10^{15}
I - 129	4.3×10^{10}
I - 131	1.0×10^{11}
その他核種	
アルファ線を放出する核種	3.6×10^9
アルファ線を放出しない核種	9.5×10^{10}

후쿠시마 원전사고 방사능 오염 냉각수 해양방출 계획의 과학적 현황에 대한 전문가 패널 견해¹⁵⁾

2022년 8월 11일

결론 및 과학적 제언

일본의 원자력규제기관(NRA)이 추진을 승인하고 IAEA가 이의를 제기하지 않았음에도 불구하고, 우리의 과학적 견해는 이 결정이 매우 성급하고 과학적 근거가 부족하다고 본다. 샘플링 및 관련 문제의 부적절성에 대한 우려 외에도, 생태학적 고려는 불충분했으며, 삼중수소 OBT(유기결합 삼중수소)의 경우 제안된 해양방출에 분명히 적용되지 않는 ICRP의 지침을 기반으로 했다.

또한, 매우 문제가 많은 텔루륨-127(Te-127) 측정치를 고려할 때, 우리는 도쿄 전력(TEPCO)과 IAEA가 측정 및 데이터 품질관리의 문제 그리고 용융된 노심에서 간헐적 핵분열 임계현상이 발생하고 있는지의 문제를 긴급히 제기할 것을 권고한다.

마지막으로, 우리는 해양방출 결정을 굳히기 위해 파이프라인 건설과 같은 추가 단계가 취해지기 전에 고려해야 할, 피해가 훨씬 덜할 수 있는 대안이 있다고 믿는다. 삼중수소 자연붕괴를 위한 장기저장, 삼중수소 제거 또는 ALPS 처리 후 삼중수소 수 증발과 같이, 고려된 대안 중 일부는 생태계 영향에 대한 비교 기준에 따라 보다 더 고려될 필요가 있다. 후쿠시마 시설 내 그리고 주변에 대체 저장을 위한 공간이 존재하기 때문에 이 냉각수를 방출해야 할 긴급성이 없

15) Prepared by the Expert Panel, "Summary of Information and Data Gathered at Meetings and the Expert Panel's Views of the Scientific Status of the Planned Release of Radioactively Contaminated Cooling Water from the Fukushima Nuclear Power Plant Disaster," 11 August 2022.

Expert Panel members:

Dr Ken Buesseler, Senior Scientist and Oceanographer, Woods Hole Oceanographic Institution

Dr Arjun Makhijani, President, Institute for Energy and Environmental Research

Dr Antony Hooker, Associate Professor and Director, Centre for Radiation Research, Education and Innovation, The University of Adelaide

Dr Ferenc (Jacob Rolf) Dalnoki-Veress, Scientist-in-Residence & Adjunct Professor, James Martin Center for Nonproliferation Studies, Middlebury Institute of International Studies at Monterey

Dr Robert H. Richmond, Research Professor and Director, Kewalo Marine Laboratory, University of Hawaii at Manoa.

으며, 다른 옵션을 고려할 시간이 충분하다.

전문가 패널은 도쿄전력이 아직 고려하지 않은 것으로 보이는 다음 세 가지 대안에 대해서도 논의했는데, 그 영향은 제안된 해양방출보다 훨씬 낮을 수 있다.

- **안전한 저장 및 방사성 자연붕괴:** 도쿄전력은 해양방출이 40년 걸릴 것으로 추정하지만, 이 기간 동안 추가적으로 수집될 오염수를 고려하면 그 기간은 수십년으로 연장될 것이다. 삼중수소를 포함한 ALPS 처리수를 현장이나 주변 지역의 안전한 내진탱크에 저장한다면, 12.3년의 반감기를 감안할 때 삼중수소의 97%는 방사성 자연붕괴로 인해 약 60년 지나면 사라질 것이다. 안전한 저장 옵션은 충분히 고려되지 않았다.

- **생물학적 정화:** 특정 동물, 식물 및 균류는 물에서 방사성 핵종을 제거하고 농축할 수 있으므로 더 높은 양의 방사성 고체 폐기물(탱크 침적물 포함)과 함께 관리할 수 있다.

- **특수용도 콘크리트 제조를 위한 ALPS 처리수의 사용:** 탱크 오염수는 현재 계획된 대로 처리될 수 있으며, 주로 삼중수소를 포함한 처리수는 인간의 접촉이 거의 없을 용도(비건축 및 비공공 용도)를 위한 콘크리트를 만드는 데 사용될 수 있다. 처리수는 제안된 해양방출보다 훨씬 짧은 기간인 몇 년 내에 소비될 수 있다. 세월이 흘러 잔해가 되더라도 콘크리트는 삼중수소의 방출 베타입자를 차폐할 것이며, 그때면 삼중수소의 대부분은 자연붕괴 했을 것이다.

우리는 완벽하거나 위험 없는 해결책은 없다는 것을 알고 있다. 폐기물이 여기에 있고 그것은 어려운 문제를 제기한다. 우리는 파이프라인 건설을 크게 지연시키고, 훨씬 덜 피해를 주는 대안을 고려하는 것 외에는 현재로서는 특정 대안의 채택을 옹호하지 않는다. 우리는 해양방출보다 생태계 영향이 훨씬 낮은 예시로 세 가지 대안을 언급했다. 우리는 또한 ALPS 처리 후 보다 안전한 저장 옵션이 나머지 두 대안을 배제하지 않는다는 것에 주목한다. 이 대안들은 해양을 보호하고 (i) 국경을 넘는 환경오염, (ii) 일본의 어업과 태평양 지역의 어업에 영향을 미칠 것이 거의 확실한 평판 손상이라는 심각한 문제를 해결할 수 있는 예다. 이 대안들은 충분히 연구되어야 하고 어촌을 포함한 일본인들, 그리고 태평양 지역의 지역사회와 논의되어야 한다. 그리고 파이프라인 건설이 태평양으로의 해양방출을 선호한다는 가정과 무관하게 연구될 가치가 있다.

마지막으로, 우리는 이러한 분석과 결론을 과학적 방법으로 기술했다는 것을 다시 한번 강조하고자 한다. 우리의 권고는 과학적 숙고를 거쳐 도출된 것이다. 이는 태평양제도포럼이나 포럼 회원국을 포함한 다른 어떤 당사국의 의견을 대변하는 것이 아니다.

방사성 폐기물 관리의 기본 원칙¹⁶⁾

원칙 1: 인간의 건강 보호

방사성 폐기물은 인간의 건강에 대한 수용 가능한 방호 수준을 보증하는 방법으로 관리되어야 한다.

원칙 2: 환경 보호

방사성 폐기물은 환경보호를 수용 가능한 수준에서 실시할 수 있는 방법으로 관리되어야 한다.

원칙 3: 국경을 초월한 방호

방사성 폐기물은 국경을 넘어 일어날 수 있는 사람의 건강 및 환경에 대한 잠재적인 영향이 확실하게 고려되는 방법으로 관리되어야 한다.

원칙 4: 미래 세대의 방호

방사성 폐기물은 미래 세대의 건강에 대해 예상되는 영향이 현재 받아들여지고 있는 영향 수준보다 커지지 않는 방법으로 관리되어야 한다.

원칙 5: 미래 세대에 대한 부담

방사성 폐기물은 미래 세대에 대한 과도한 부담을 강요하지 않는 방법으로 관리되어야 한다.

원칙 6: 국가의 법적 틀

방사성 폐기물은 책임의 명확한 할당과 독립된 규제 기능의 준비를 포함한 적절한 국가의 법적 틀 하에서 관리되어야 한다.

원칙 7: 방사성 폐기물 발생 억제

방사성 폐기물의 발생은 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.

원칙 8: 방사성 폐기물 발생과 관리의 상호의존성

방사성 폐기물의 발생과 관리의 모든 단계에서의 상호의존성이 적절하게 고려되어야 한다.

원칙 9: 시설의 안전성

방사성 폐기물 관리와 관련된 시설의 안전성은 시설의 사용기간 중 적절하게 확보되어야 한다.

16) International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 111-F, Vienna (1995)

시야를 넓혀 생각하다

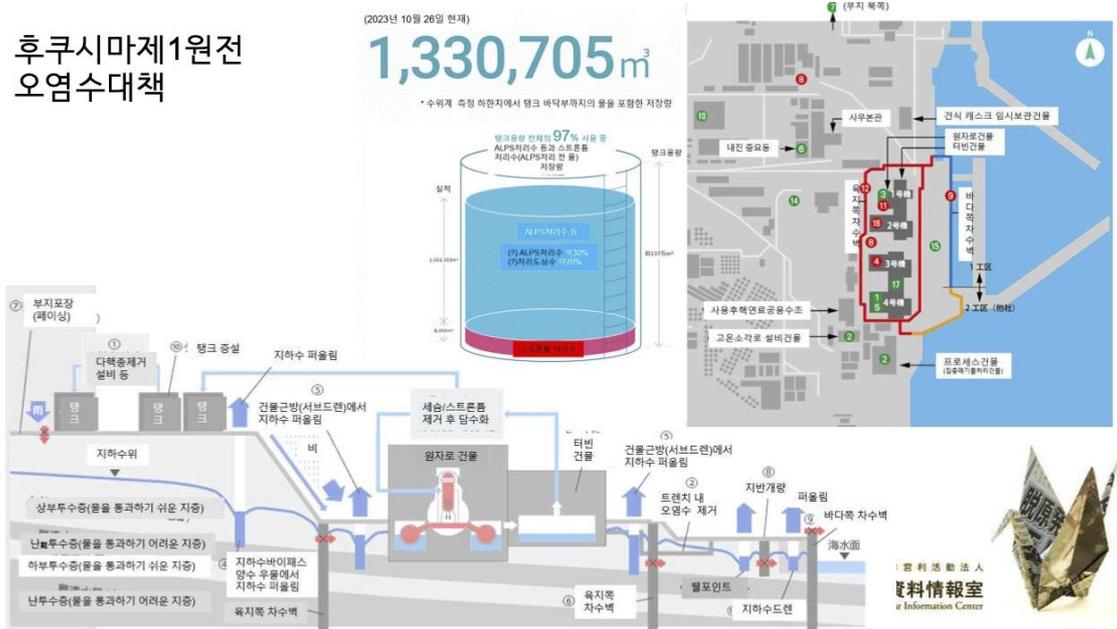
ALPS처리오염수에서 록카쇼 재처리공장까지

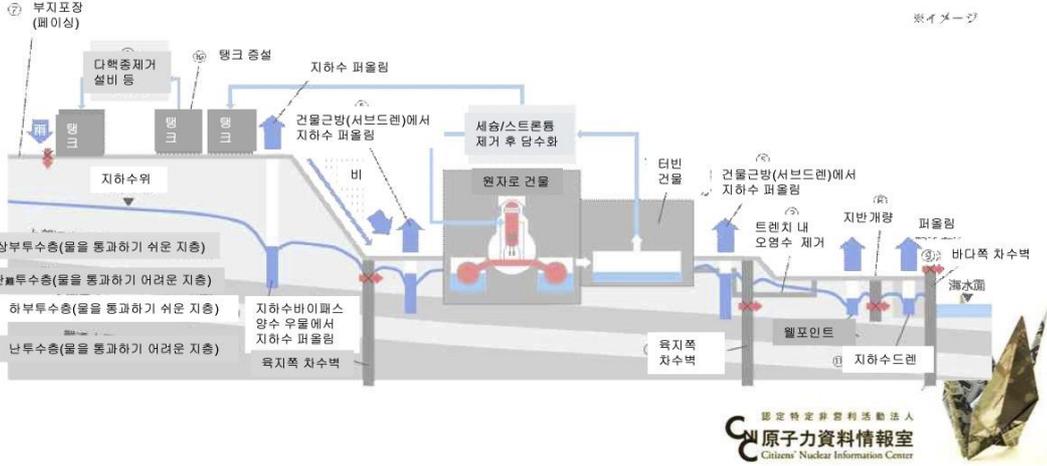
마츠쿠보 하지메松久保 肇 (NPO법인 원자력자료정보실)

2023년 11월 6일



후쿠시마제1원전 오염수대책

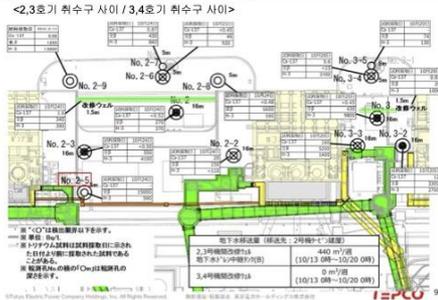




原子力資料情報室
Citizens' Nuclear Information Center

2016년3월18일 자료

[참고]터빈건물 동측 지하수농도



<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000033343/000169783.pdf>

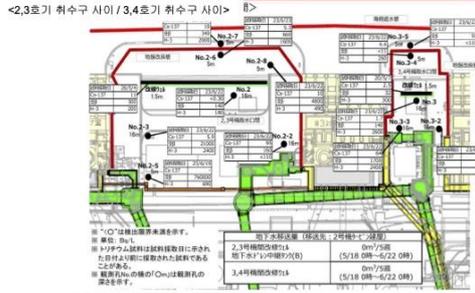
No. 2-3 16m	試料採取日	10月24日
	Cs-137	<0.50
	全β	550
No. 2-5 5m	試料採取日	10月24日
	Cs-137	-
	全β	15000
	H-3	590

β전체가 크게 증폭.
1. 왜 늘었는가?
2. 건물에서 누출은 없는가?

2023년6월29일 자료

터빈건물 동측 지하수 농도(2/2)

TEPCO



<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committees/osensuitaisakuteam/2023/06/06/3-6-2.pdf>

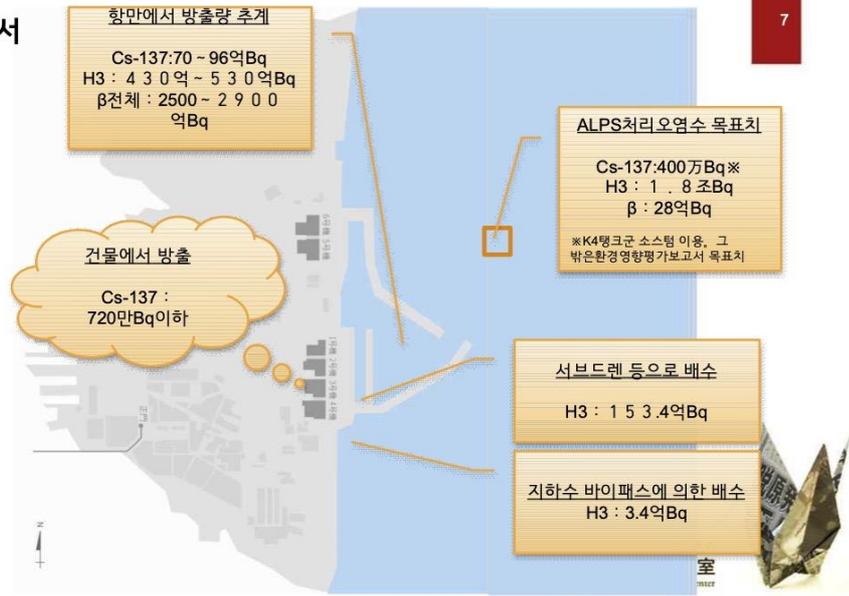
No. 2-3 16m	試料採取日	23/6/22
	Cs-137	5.9
	全β	21000
No. 2-5 5m	試料採取日	23/6/19
	Cs-137	-
	全β	760000
	H-3	690

2호기터빈 채류수 (2023/9/6)

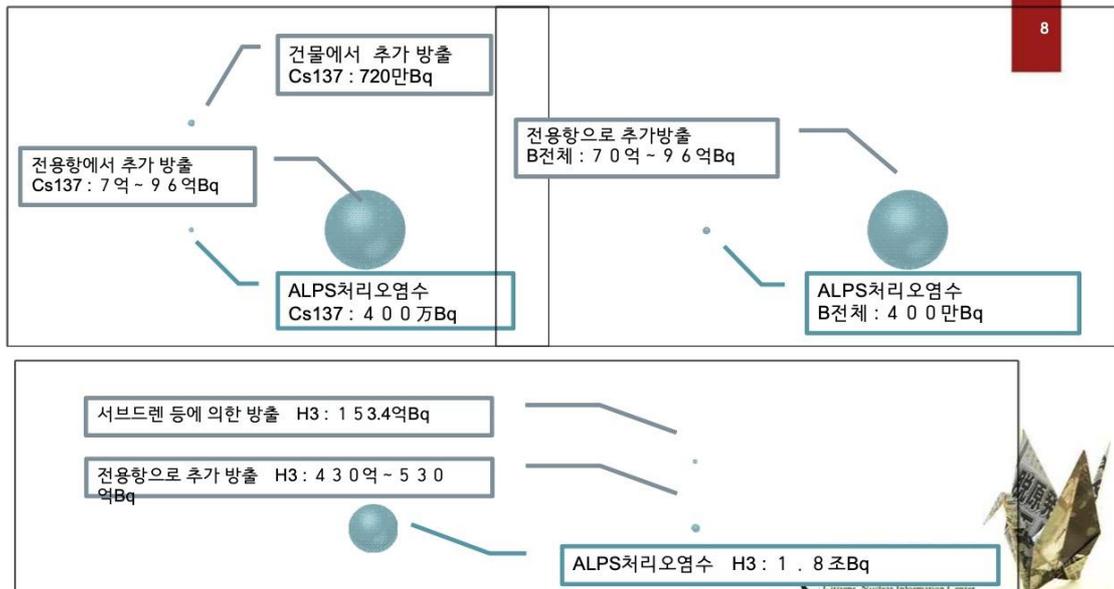
Cs-134	48,940 bq/L
Cs-137	2,312,000 bq/L
배타 전체	2,805,000 bq/L
H-3	14,460 bq/L

原子力資料情報室
Citizens' Nuclear Information Center

후쿠시마제1원전에서
환경에 방출한
방사성물질
양 (월차)



7



8

왜 이것이 허용되는가 ?

- 사고 이후 정한 기준에서 사고 시 방출된 방사성 물질은 제외하고 생각하기로 함(현존 피폭 상황)
 - ⇒오염수를 퍼올려, ALPS로 처리한 경우는 규제 대상
 - 오염수가 그 대로 해양에 누출된 경우는 규제 대상 밖
- 오염수는 해양측 차수벽 존재로 새지 않는 것으로 되어 있음. 또 건물에서도 오염수는 새고 있지 않는 것으로 되어 있음.
 - ⇒자료와 모순



ALPS처리오염수를 방출하는 이유



2023年8月21日 吉田首相 기자회견 발언

부흥 완수 위해 절대 미룰 수 없는 과제가, 후쿠시마제1(원전) 사고 원자로의 착실한 폐로입니다. 세계에서도 예가 없는 사고 원자로 폐로를 수십년 걸쳐 절차 따라 착실히 실시해 가겠다. 리스크를 최소화 하기 위해, 안전성을 극한까지 추구한 신중한

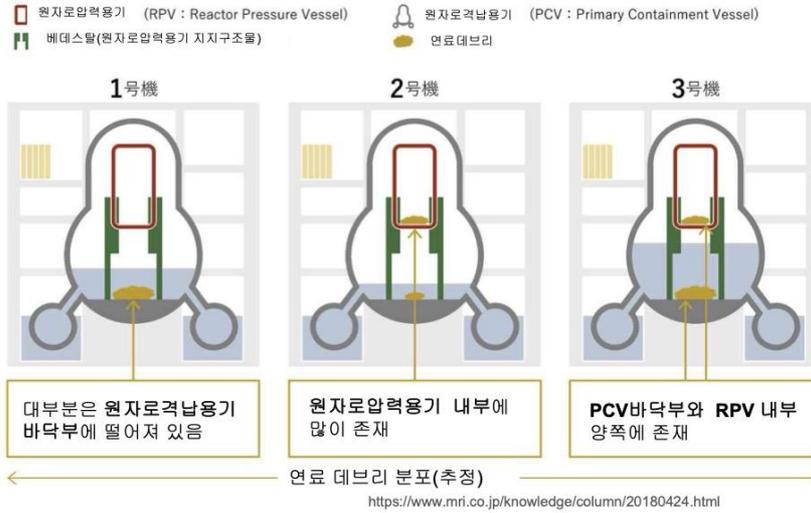
폐기물 처리를 해 갈 것이다. 데브리 추출과 보관을 위해, 다양한 기술개발, 그를 위한 교육훈련, 그러한 긴 호흡의 폐로 프로세스 전제가 되는 불가결한 스텝이, 이번 ALPS처리수의 해양방출입니다. (중략) 후쿠시마제1(원전)의 폐로 프로세스를 더욱 착실히 진행하기 위해, 필요한 공간을 만들 여지가 사라지고 있습니다. 이러한 상황을 타개하기 위해 폐로의 전제가 되는 ALPS 처리수 처분을 피해갈 수는 없습니다.

「수십년」으로 폐로는 가능한가?



녹은 연료는 어디에 ?

11



데브리

12

- 데브리란 : 원자로 내부에 있던 핵연료가 녹아 온갖 구조물과 섞이면서 식어 굳혀진 것.
- 데브리량 : 약 8 8 0 톤(1호기 279톤, 2호기 237톤, 3호기 364톤)
 →쓰리마일원전 사고 데브리는 약 150톤. 더구나 원자로 압력용기 내부

다양한 데브리 상태



認定特定非営利活動法人
原子力資料情報室
 Citizens' Nuclear Information Center



중장기 로드맵 목표 일정(이정표)



- 2041 ~ 2051년까지 폐지조치 완료는 현실적으로는 불가능
- 보이지 않는 폐지조치 종료 모습



록카쇼 재처리공장

- **록카쇼 재처리공장**
- 총사업비 : 17.1조엔(MOX연료가공공장 분 포함)
- 착공 : 1993년
- 운전개시 목표 : 2024년도 (당초, 1997년 완공 예정이 트러블 속출로 26번 준공연기 거듭)
- 목적 : 사용후핵연료에서 플루토늄 등을 분리, 아울러 공정 중 발생하는 방사성물질을 굳힌 유리고화체를 제조하는 공장. 계획은 연간 사용후핵연료를 800톤 처리하여 7 - 8톤의 플루토늄 분리.

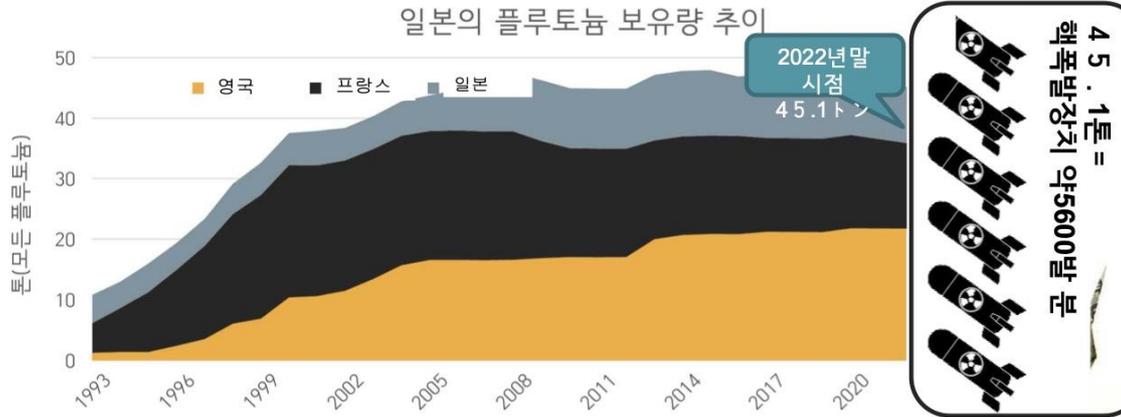


플루토늄을 줄이는 국제공약

15

「우리나라는 (중략) 플루토늄 보유량을 감소시킨다. 플루토늄 보유량(중략) 현재 수준을 넘을 일은 없다.」

2018년 7월 31일 원자력위원회 결정



로카쇼 재처리공장에서 방출하는 방사성물질

16

기체폐기물

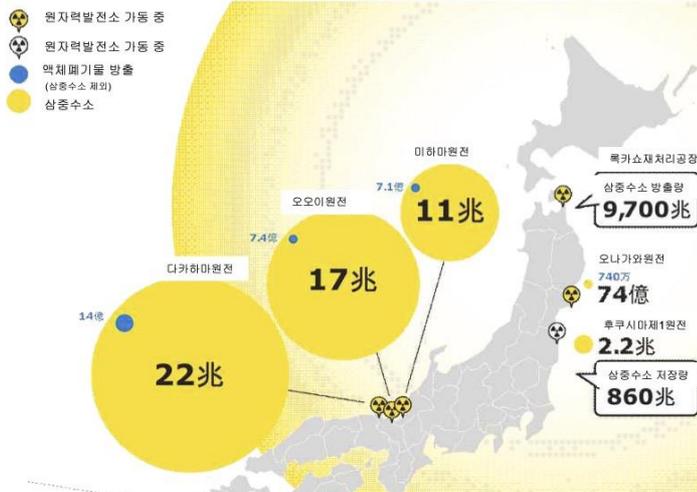
액체폐기물

핵종	방출관리목표치 (Bq/y)
Kr-85	1.6×10^{17}
H-3	1.0×10^{15}
C-14	5.1×10^{13}
I-129	1.1×10^{10}
I-131	1.0×10^{10}
그 밖의 핵종 α선 방출 핵종	3.1×10^8
α선 방출 않는 핵종	7.5×10^9

핵종	방출관리 목표치(Bq/y)
H-3	9.7×10^{15}
I-129	4.3×10^{10}
I-131	1.0×10^{11}
그 밖의 핵종 α선 방출 핵종	3.6×10^9
α선 방출 않는 핵종	9.5×10^{10}

認定特定非営利活動法人
原子力資料情報室
Citizens' Nuclear Information Center





재처리공장에서는 차원이 다른 방사성물질이 방출됨



정리

- 후쿠시마제1원전에서는 ALPS처리오염수 이외에도 다양한 형태로 방사성물질이 방출. 세슘 1 3 7 추계로 ALPS처리오염수 2 0 0 0 배의 방사성물질이 나오고 있음.
- 후쿠시마제1원전 폐로 최대 난관은 데브리 추출. 2051년 폐로 완료 전망 전혀 없음.
- 2024년도 완성 예정인 록카쇼 재처리공장 운전 개시하면, 막대한 양의 방사성물질 방출. 후쿠시마제1원전에서 방출되는 방사성물질 크게 상회.
- 바다 오염 걱정하는 시민은, 후쿠시마제1원전 방사성물질 방출 뿐만 아니라 록카쇼재처리공장, 더 나아가서는 한국정부가 검토하고 있는 재처리공장 건설에도 반대할 필요가 있음.



후쿠시마 해양방류에 대한 일본 발표는 진실인가 [파일첨부]

일본 핵오염수 방류가 대한민국에 미치는 영향과 대책 [파일첨부]

월성원전 주변 주민건강영향 조사 요약

1절 조사동향 및 방법론 검토

(1) 문헌검토

- 문헌검토의 목적은 기존 문헌에서 제시되는 문제점의 현황들과 그 결과들의 차이점을 파악하고, 이를 설명할 수 있는 가설과 기전을 정리하기 위한 목적으로 수행되어야 함
- 그러나 현재 원전 주변주민들의 암발생과 관련하여 기존의 문헌에서 제시되는 가설과 기전에 대한 검토가 없으며, 새로이 어떠한 가설과 기전을 바탕으로 문제를 바라보고자 하는지에 대한 정리가 없음
- 현재 검토된 문헌은 제한적인 범위로서 다음과 같은 월성원전과 관련된 문헌들이 빠져 있음

채정석. 3H과 7Be을 이용한 대기 수증기 및 입자 추적. 2019년 박사학위논문, 서울대학교 지구환경과학.

Table 4.1. Concentrations of tritium in the water vapor around the Wolsong NPP.

Station	Location		Range (Bq/L)	GM ^a (Bq/L)	SD ^a (Bq/L)	Period
	Cardinal direction	Distance (km)				
N2	N	0.9	68 - 2200	431	517	2003.4 - 2008.12
N4	NNE	1.8	37 - 1810	262	358	1998.1 - 2003.3
N5	NNE	2.2	14 - 798	120	142	1998.1 - 2015.12
N7	NNW	8.8	2.2 - 67	12	12	2008.5 - 2015.12
S2	SSW	1.7	18 - 645	75	77	1998.1 - 2015-12

^a Geometric mean (GM), standard deviation (SD).

채정석의 박사논문에서 제시되는 가장 높은 측정치로서, 빗물 중에서 측정된 가장 높은 삼중수소의 수치는 1090 Bq/L 이며, 수증기에서 측정된 가장 높은 삼중수소의 농도는 2200 Bq/L로 제시되고 있음

김창규 등. 국내 환경시료(쌀, 채소, 솔잎) 중 삼중수소의 분포. 방사선방어학회지 1992:17(2):25~35

방사선방어학회지
제17권 제2호 1992

■ 論 文 ■

국내 환경시료(쌀, 채소, 솔잎) 중 삼중수소의 분포

김창규 · 조용우 · 한만중 · 박찬걸

한국원자력안전기술원

요 약

환경시료중의 삼중수소준위를 조사하기 위하여, 국내 12개 지역에서 채취한 생물시료(쌀, 채소, 솔잎)중의 삼중수소를 분석하였다. 생물시료중의 삼중수소는 동결건조법과 건조시료의 연소법에 의해 조직자유수 삼중수소 (TFWT: Tissue-Free Water Tritium)와 조직결합수 삼중수소 (TBT: Tissue-bound tritium)로 분류 추출하였으며, 액체섬광계수기(Liquid Scintillation Counter)를 이용하여 각 시료중의 삼중수소를 측정하였다. TFWT 농도는 쌀의 경우 0.96~3.96 Bq/l, 배추는 0.83~3.40 Bq/l, 솔잎의 경우는 1.02~3.01 Bq/l 범위의 값을 나타내었으며, TBT/TFWT의 평균 농도비는 쌀의 경우 0.94, 배추는 1.71, 솔잎은 1.39의 결과를 나타내었다. TBT/TFWT 농도비가 1보다 높은 이유는 TBT가 TFWT보다 식물체내에서의 체류기간이 길기 때문인것으로 추측되며, TBT/TFWT의 농도비는 식물의 종류, 삼중수소에 대한 식물체의 피폭시간, 기온, 습도 및 대기확산 인자에 의해 크게 좌우된다.

Table 4

Concentration ratios between OBT and TFWT in the Chinese cabbage and radish plants at harvest

Exposure code ^a	Time of exposure		Ratio of OBT to TFWT ^b	
	Date	DTH	Top	Root
C1	Sep. 23	51	230.3 ± 30.8	–
C2	Oct. 2	42	235.8 ± 19.8	–
C3	Oct. 15	29	77.1 ± 8.6	–
C4	Oct. 27	17	19.2 ± 2.6	–
R1	Sep. 28	45	1682.5 ± 291.8	323.8 ± 40.5
R2	Oct. 8	35	451.4 ± 150.3	309.6 ± 37.1
R3	Oct. 16	27	117.6 ± 37.0	182.3 ± 12.4
R4	Oct. 28	15	79.2 ± 9.0	49.9 ± 7.4
R5	Nov. 5	7	14.4 ± 0.9	16.4 ± 2.7

DTH, days to harvest. The data represent the means and standard deviations for three sub-samples in Chinese cabbage and two sub-samples in radish.

^a 'C' symbolizes Chinese cabbage and 'R' symbolizes radish.

^b Bq per g-dry matter/Bq per g-tissue water.

김도성 등. 월성 원자력발전소 주변 해양생물중의 조직결합 삼중수소 농도. 방사선방어학회지 28(1):2003

요약 - 월성 원자력발전소 주변의 해양생물(해조류와 패류) 시료를 채취하여 조직결합 삼중수소(OBT) 방사능농도를 측정·분석하였다. 해조류의 OBT 방사능농도는 0.372~2.72 Bq/kg-fresh의 범위였으며, 패류의 OBT 방사능농도는 0.239~2.02 Bq/kg-fresh의 범위였다. 그리고 해조류의 OBT에 의한 내부피폭선량은 3.4×10^{-7} mSv/year로 평가되었다.

중심어 : 삼중수소, 조직결합 삼중수소, 해양생물, 월성 원자력발전소

- 월성원전 주변 지역의 방사선/능 환경측정 보고서 검토는 실제 지역 방사능의 환경측정 방식의 변화와 함께 검토되어야 함, 즉 시기에 따라 환경측정 방식이 변화하였기 때문에, 이러한 변화에 기초하여 그 이전의 환경측정 결과는 어떻게 재해석되어야 하는지가 검토되어야 함
- 특히 방사능 주민선량 평가에서 평가대상 핵종이 변화하였으며, 평가 방식 또한 1978년 고리 원전 평가에서 미국 자료를 사용하였다가, 1987년 고리지역 조사를 통해 섭취 음식물 자료의 변화가 있었으며, 이는 다시 1998년과 2009년 INDAC 체계개선방향 연구를 통해 변화하였기 때문에, 이러한 변화들에 대한 체계적인 검토를 하지 않으면, 과거 주민피폭선량에 대한 문제를 파악할 수가 없음

한국의 선량환산 추정 코드 프로그램

- 1977~1979, US NRC GASPAR model
- 1980~1983, 선량추정 없음
- 1988~1998, GADOS, LIQDOS
- 1998~2009, INDAC(integrated dose assessment code) 1.0
- 2009~, INDAC 1.1
- 모든 핵종이 고려되지 못함
 - ^{14}C 2011년 모니터 시작 이후 피폭선량 10배 증가하는 것으로 계산됨 (선량의 90% 차지)
- 모든 노출경로가 고려되지 못함
 - 곡물 잎 침적오염 무시(GADOS)
 - Tritium - 농작물, 지하수 등 노출 무시
- 당시 ICRP에서 주어진 기계적 선량환산에 머물고 있음

- 주민피폭선량평가(INDAC) 체계 개선 방향 연구 (KINS/RR-808) 2011.2.. 한국원자력기술원
- 특히 측정되고 있지 않던 방사선 핵종으로서 C-14이 2011년 평가에 추가되면서 피폭선량에서 큰 변화가 일어나는 것을 감안할 수 있어야 함 (2012년 이후 주민선량평가만을 비교하는 것은 잘못된 것임)

2절 환경방사선/능 측정 및 평가

- 환경매체 평가의 목적: 환경매체에 대한 평가는 오염원으로부터 환경 매체로의 이동을 고려하여, 크게 보아 매체 내 오염물질 수준의 공간적 분포와 시간적 변화를 암발생의 잠복기 등을 고려하여 다시 재구성하는 것
- 이와 같이 재구성하기 위해서는 환경오염원에 대한 자료가 같이 검토되어야 함, 즉 월성원전에서 방출되는 방사선 폐기물의 종류, 양, 시기 등이 함께 제시되고 검토되어야 하나, 현재 제시된 환경매체 평가의 목적으로 현재 시점의 환경 상황을 확인하고, 과거 일부 측정된 농도와 비교한다는 것은 암발생이 과거 시점의 노출 때문이라는 점에서 매우 제한적인 목적임
- 다시 언급해, 환경방사능 평가에서 가장 중요한 점은 환경매체에서의 측정은

환경오염원으로부터의 방출을 고려하여 이루어져야 한다는 점으로서, 월성원전으로부터 방출되는 방사선 폐기물의 자료에 대한 검토가 전혀 없기 때문에, 환경방사능의 측정이 얼마나 적절하고 유효한지에 대한 평가를 할 수 없음

- 월성원전이 가동을 시작한 이후 지금까지의 시점 동안 방출한 모든 폐기물 자료를 검토하여, 과거 어떠한 환경노출이 있을 수 있었는지에 대한 검토가 수행되어야 함
- 특히 원전가동 초기(1980년대 초반), 원전이 비정상적으로 가동중단된 적이 얼마나 자주 있었으며, 이러한 시점에 어떠한 폐기물 방출이 있었는지가 검토되어야 함

(1) 시간적 변화 지난 5년이 아니라 원전가동이후 변화를 모두 고려하여야 함

1. 삼중수소

대기 1 Bq/m³

솔잎 20 Bq/L

해수 10 Bq/L

빗물 50~200 Bq/L

지하수 5 Bq/L

배추 TFWT 24 Bq/L, OBT 12.9 Bq/L

소변 기하평균 3.97 Bq/L 산술평균 7.90 Bq/L 최대 342.3 Bq/L

배출량 2007 472.5 TBq/y → 123.7 TBq/y

기준 측정결과와 비교 - 비슷한 수준(?)

과거 측정결과와 비교 - 지속적 감소 추이 - 얼마나 감소하였는지?

월성 원전 주변지역 대기 수증기 삼중수소

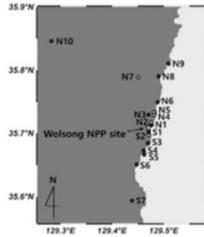


Table 4.1. Concentrations of tritium in the water vapor around the Wolsong NPP.

Station	Location		Range (Bq/L)	GM* (Bq/L)	SD* (Bq/L)	Period
	Cardinal direction	Distance (km)				
N2	N	0.9	68 - 2200	431	517	2003.4 - 2008.12
N4	NNE	1.8	37 - 1810	262	358	1998.1 - 2003.3
N5	NNE	2.2	14 - 798	120	142	1998.1 - 2015.12
N7	NNW	8.8	2.2 - 67	12	12	2008.5 - 2015.12
S2	SSW	1.7	18 - 645	75	77	1998.1 - 2015.12

* Geometric mean (GM), standard deviation (SD).

Figure 4.1. Map of the sampling stations around the Wolsong NPP site. The star, open circles, and closed circles represent the Wolsong NPP site and sampling stations for both water vapor and precipitation, and precipitation, respectively.

재정석, 서울대학교 박사학위 논문, 2019

2003~2008년 0.9 Km 떨어진 지역의 대기중 삼중수소 농도 68~2200 Bq/L, 기하평균 431

삼중 수소의 방출량이 약 1/4로 줄어들었다고 하는데, 실제 방출된 삼중수소의 양을 모두 파악하고 있는지, 아니면 방출 전에 측정되는 폐기물 농도를 바탕으로 계산하는 것인지?

시설 설비에서 새어 나오는 삼중수소 fugitive emission의 양은 얼마나 되는지? 실제 삼중수소 방출량은 그 동안 얼마나 줄어들었는지 이와 같은 실제 방출량 변화를 감안할 때, 예전의 삼중수소 노출 수준은 어떻게 평가되는지?

2. 삼중 수소 이외의 다른 핵종의 방출은 그 동안 어떻게 변화하였는지?

과거 삼중 수소 이외의 다른 핵종의 방출에 따른 노출은 어떻게 평가되는지? 현재 측정된 핵종 중에서 반감기가 비교적 짧은 Iodine 131은 언제 방출된 것인지?

Iodine 131

읍천, 0.17 Bq/Kg-fresh, 봉길 0.3 Bq/Kg-fresh

방출 시점과 측정 시점의 시간 간격을 고려할 때, 측정된 Iodine 131의 방출 당시 환경 중 농도 수준은 어떠하였을지?

만일 반감기 7일을 감안하여 방출된지 28일만에 측정을 하였다고 한다면, 1/16

수준이 되었을 것이며, 이를 역으로 환산한다면 약 20배였었던 것으로 추정하여야 함

(2) 공간적 분포 주변 어디까지

현재 측정되는 핵종의 환경 중 수준을 바탕으로 노출지역이 어떻게 구분되는지?

빗물, 대기, 토양 등

빗물 100 Bq/L

지하수 봉길 10 Bq/L

- 거리와 방향에 따라 빗물, 대기, 토양 중의 삼중수소 농도를 다시 정리할 필요가 있으며, 토양의 유기결합 삼중수소를 측정한 외국(캐나다, 중국)의 논문들에 의거하면, 토양 중 유기결합 삼중수소의 농도에 거리도 영향을 미치지 만, 바람의 방향에 따라 토양 중의 유기결합 삼중수소 농도가 달라진다고 보고되고 있어, 한국에서도 실제 환경 중에 계속 잔류하는 삼중수소의 분포를 다시 파악하도록 할 필요성이 있음

소위 배경농도 지역이 어디에서부터 시작하는지?

이러한 배경농도 지역을 잘못 분류하는 것은 없을지?

노출되었는데 노출되지 않은 지역으로, 그리고 노출이 높지 않은데, 노출이 높은 지역으로 잘못 분류되는 지역은 없을지? 그에 따른 바닷가의 의미 역학에서 분류 오류의 방향이 어디일지

(3) 농산물과 인체 소변

농산물 측정에 따른 추적 여부에 대한 검토가 있어야 함

양배추의 3H 농도 - 30 Bq/kg-fresh

TFWT 최대 24.0 Bq/L 대중천

OBT 최대 12.9 bq/L 읍천

- 해당 지점의 대기, 빗물 중의 삼중수소 수준과 해당 지점에서 채취된 농산물, 솔잎의 삼중수소 수준을 비교하도록 할 것
- 기존에 문헌에서 보고된 배추와 무에서의 유기결합 삼중수소 (OBT)의 수준

과 TFWT의 수준 비율이 현재 조사에서 보고되는 수준의 비율보다 훨씬 높음 - 본 조사에서는 농산물에서 측정된 결과가 제시되고 있지 않음

- 기왕 측정된 수준에서 최고치를 바탕으로 평가하고자 한다면, 차라리 문헌에서 보고되는 측정치를 바탕으로 추정하도록 하는 것이 과거 노출을 추정하는데 있어, 더 대표적인 수준을 파악할 수 있을 것임

소변 평균 10.3 Bq/L, 출입자, 동거인 제외 평균 8.8 Bq/L

- 소변 중 삼중수소의 수준과 해당 지역에서의 대기, 빗물에서 측정된 삼중수소의 농도를 비교하도록 할 것 - 대기 혹은 수증기에서 흡수하는 것인지, 아니면 지하수에서 흡수하는 것인지를 구분하도록

(4) 환경노출로 인한 주민피폭선량의 계산

- 아래 제시된 자료는 중국에서 계산된 원전 주변주민들의 삼중수소 관련 환경노출 방사선 선량 자료를 2015년 월성원전 주변주민들의 선량과 비교하고 있는 자료임

Exposure pathways		Dose ($\mu\text{Sv/a}$)	Percent (%)	Percent (%) ^a	Dose ($\mu\text{Sv/a}$) ^b
Inhalation & skin-absorption	Evaporation (liquid)	1.16	1.9	No consider	No consider
	Gaseous discharge	7.68	12.5	29	26.08
Ingestion	Terrestrial products	45.29	73.6	71	
	Aquatic products	Much lower	-	No consider	0.042
Water drinking	Underground water	7.37	12	No consider	No consider
Total		61.5	100	100	26.12

^a The percent of inhalation and ingestion originates from the results given by DCART code developed by the LLNL in the USA. Just as the description in the previous part, the DCART code also gave a HT release having a 1%–10% dose impact compared with HTO. And the exposure of a HT release mainly comes from HTO converted in soil [98].

^b The data originates from individual dose assessment for gaseous and liquid tritium discharged from Wolsong NPP in Korea in the year of 2015 [6].

Nie et al., Anthropogenic tritium, RSEV, 135 (2021) 110188

- 제시된 자료에 의거하면, 중국의 경우 환경노출선량 중 음식물의 섭취에 의한 선량이 45.29 uSv/year, 즉 0.04529 mSv/year의 수준으로서, 이는 전체 선량의 73.6%에 해당하고 있으나, 비교된 월성원전 주변주민들의 선량 계산에서는 음식물에 해당하는 항목이 통째로 빠져 있으며, 또한 수증기, 지하수

등에의 노출이 빠져 있는 것을 볼 수 있음

- 본 조사에서 제시된 아래와 같은 환경노출선량의 계산에서 농산물로서 양배추, 배추, 쌀이 제시되었지만, 실제 섭취하는 음식물의 종류와 양을 고려할 때, 그 항목이 매우 제한되어 있다는 점, 그리고 실제 문제가 되는 것은 조직 중의 삼중수소수가 아니라 조직과 결합되어 있는 즉 유기결합 삼중수소라는 점에서, 해당 피폭방사선량 평가는 매우 제한적인 결과만을 보여주고 있다고 판단됨

환경매체 피폭방사선량 유효선량 결과

환경매체	대상핵종	최대농도	연간호흡(섭취)량	선량환산계수(mSv/Bq)	유효선량(mSv/yr)	월성원전 부지 내 기상관측소 지점
대기	H-3	1.4 Bq/m ³	7,400 m ³ /yr	1.80E-08	1.86E-04	
	C-14	0.129 Bq/m ³	7,400 m ³ /yr	6.20E-09	5.92E-06	
빗물	H-3	234.0 Bq/L	730 L/yr	1.80E-08	3.07E-03	= 0.00307
지하수	H-3	10.8 Bq/L	730 L/yr	1.80E-08	1.42E-04	
	H-3(TFWT)	31.5 Bq/L	161.80 kg/yr	1.80E-08	9.17E-05	
농산물(양배추)*	H-3(TFWT)	29.7 Bq/kg-fresh	161.80 kg/yr	1.80E-08	6.99E-05	연간 유효선량의 0.3% 수준 연간 유효선량 1 mSv
	H-3(TFWT)	24.0 Bq/L	161.80 kg/yr	1.80E-08	6.99E-05	
배추	H-3(OBT)	12.9 Bq/L	161.80 kg/yr	4.20E-08	8.77E-05	
	C-14	0.315 Bq/kg-fresh	161.80 kg/yr	5.80E-07	2.74E-05	
쌀	H-3(OBT)	4.18 Bq/L	160.26 kg/yr	4.20E-08	2.81E-05	
	C-14	1.65 Bq/kg-fresh	160.26 kg/yr	5.80E-07	2.84E-05	
어류	Cs-137	0.306 Bq/g-C	32.41 kg/yr	1.40E-05	4.24E-05	
	I-131	0.0935 Bq/kg-fresh	6.57 kg/yr	2.20E-05	2.49E-05	
해조류	I-131	0.172 Bq/kg-fresh	6.57 kg/yr	2.20E-05	2.49E-05	
	Cs-137	0.0538 Bq/kg-fresh	6.57 kg/yr	1.40E-05	4.95E-06	

17

소변을 바탕으로 한 선량 계산

몸의 물을 계산하고, 이에 따른 물로 있는 삼중수소의 선량계산

몸에서 유기물질화 되어 있는 양을 계산하고, 이러한 삼중수소의 선량
선량환산계수 2×10^{-08} 을 사용하였는데, 유기결합된 것을 생각하여 더

높은 계수를 사용할 수 있음

4절 지역사회 건강영향조사

(1) 체내 삼중수소의 농도와 생체 장기 기능의 비교

삼중수소와 콩팥 기능, 그리고 갑상선 기능 간의 연관성이 제시되고 있음
소변 크레아티닌, 사구체여과율 저하
TSH 증가, 소변 요오드 증가

- 음식물 중 요오드 섭취량을 파악하였는지? 파악하였다면, 소변 요오드의 증가가 무엇 때문으로 생각하는지? 이러한 결과를 어떻게 해석하는지가 있어야 함
- 삼중 수소가 그 자체로서 방사능 물질이지만, 환경 중에서 다른 방사능 핵종의 노출을 대표하는 물질로 간주될 수 있으며, 이러한 점에서 삼중 수소가 높은 사람에게서 파악되는 요중 요오드의 농도, 그리고 갑상선자극호르몬의 농도를 해석할 수도 있음

(2) 염색체 손상에 대한 평가

- 현재 제시된 염색체 손상을 바탕으로 한 선량계산에서 선량에 유의한 영향을 미치는 요인으로서는, 하루 중 지역내 15시간 이상 거주 여부가 양의 방향으로 염색체 손상을 증가시키고, 반면 본인 원전 출입력은 음의 방향으로 염색체 손상을 감소시키는 요인으로 작용하고 있어, 이에 대한 해석이 필요함
- 특히 연령에 따른 차이를 보이고 있다고 하나, 실제 누적적인 연령변화가 아니라 70대 이상과 이하의 비교에서 차이를 보이고 있어, 연령변화 대신 거주 기간 혹은 거주 시기에 따른 분석이 요구됨
- 결과에 따라서는 누적 피폭방서선량이 원전 가동 초기, 즉 1980년대 거주 여부와 관련이 있을 수도 있음
- 종합적으로 현재 생물학적 선량평가에서 0.25 Gy 혹은 250 mSv의 선량을

누적 피폭방사선량 관련 요인

	0.25 Gy 미만 (N=18)	0.25 Gy 이상 (N=16)	p-value ¹
	Mean (SD) 60	Mean (SD) 71	
연령 (세)			0.003
암 표지자 검사			
대장암/위암 표지자 (CEA), 평균	1.92 (0.93)	2.86 (2.12)	0.12
두경부암/식도암 표지자 (SCC), 평균	1.51 (1.75)	1.13 (1.06)	0.46
난소암 표지자 (CA-125), 평균	8.17 (2.56)	9.83 (2.63)	0.12
폐암 표지자 (SCC), 평균	1.16 (0.56)	1.13 (1.06)	0.90
간암 표지자 (AFP), 평균	2.87 (1.89)	2.42 (1.10)	0.39
여성	78	75	0.85
지역: 나야/나산	44	44	0.63
본인 원전 출입	44	12.5	0.04
지역 주변 경작 (섭취)	83.3	81.3	0.87
에어컨/제습기 사용	94.4	81.3	0.44
담배 흡연 (과거 및 현재)	28	25	0.79
술 음주	22	25	0.85
핵의학 검사	0	6	0.28
CT 검사	39	44	0.77
평균 지역내 거주시간 15시간 이상/일	67	94	0.05

1. Student t-test와 Pearson chi-square test 를 이용하여 두 집단 간 평균 및 분율 차이를 검정함

46 46

받은 사람들이 상당한 규모인데, 이들의 노출선량이 어떠한 이유에서 비롯되는지를 제시하기 바라며, 고려되는 이유들이 생물학적 선량을 설명하지 못하면, 결국 환경노출로 인한 선량을 고려하여야 함

(3) 지역에서의 암발생 분석 결과를 종합적으로 제시하도록 함

특히 다른 지역과의 비교 (읍면동 단위), 지역 내에서 리 단위의 비교를 서로 연계시켜 암발생을 정리하도록 함

암발생에 대한 여러 가지 자료분석을 종합하기 바람

암발생률	읍면동 수준에서 표준화발생비	리 수준에서 인접지역 차이
전체암	암등록상 증가	인접지역 증가
폐암	증가	인접지역 증가
갑상선암	증가특히 남자2005~10	인접지역 증가
유방암	감소	

- 본 조사에서는 조사지역이 농어촌지역의 특색을 보이는 지역으로서, 전국자료와 비교하는 경우, 현재 대부분의 인구가 도시, 특히 대도시에서 거주하고 있다는 점에서, 적절한 비교가 될 수 없으며, 주변 지역을 고려하는 경우, 경주, 포항, 울산 중에서 경주시가 가장 가깝고 비슷한 비교대상이 될 수 있을

것으로 판단되며, 비교지역을 전국자료가 아닌 지역자료로 하는 경우, 분석에 사용되는 자료의 규모 때문에 통계학적 유의성이 자연스레 줄어들게 된다는 점을 감안하여, 통계학적 의미를 해석하도록 하여야 함

- 이러한 점에서 비교지역의 선정이 매우 중요하며, 경주시와 비교하는 경우 조사지역에서 전체적으로 암발생이 증가하였으며, 특히 갑상선암과 폐암이 다른 지역과 비교하거나 내지 지역 내에서 원전과 거리가 다른 지역들 간에 비교하는 경우, 원전과 가까이 있는 조사지역에서 먼 지역에 비하여 상대적으로 증가하는 양상을 보임 - 그 이유를 제시해 주기 바람

5절 종합평가

- 과거 주민선량평가를 바탕으로 한 초과암발생자 규모의 계산은 주민선량평가의 부정확성, 초과암발생 규모 계산의 불확실성 등에 비추어 그 의미가 없는 계산으로서 전체 보고서에서 제외하는 것이 바람직함 - 모형에 의거한 추정에 불과하여, 모형에 대한 검토가 선행되어야 함
- 과거 주민선량평가가 실제 어떠한 점에서 문제를 가지고 있는지, 그에 비추어 과거 노출이 어떠한지 등이 먼저 검토되어야 함
- 다음으로 지역건강정보 DB 분석의 결과가 제시되는데 있어, 비교지역으로서 전국, 경주시, 그 외 지역 등이 모두 언급되는 것과 함께, 그 비교대상들 간의 차이를 고려할 때, 어떠한 비교집단과의 비교에 의미를 둘 수 있는지가 언급되어야 함
- 갑상선암의 증가가 관찰되었다는 결과와 함께, 지역 간 검진율의 차이에 대한 언급을 하였지만, 실제 갑상선암과 유방암이 서로 다른 양상을 보인다는 점, 그리고 참고문헌에서 검토된 논문 이외에 검진율의 증가에 따른 detection bias의 가능성을 검토하여, 그 가능성이 낮다는 것을 보고하는 다른 문헌이 있다는 점, 그리고 본 조사에서 검진율 조사를 하지 않았지만, 실제 한수원이 지역에서 현재 건강검진 사업을 하지 않고 있다는 점 등이 함께 고려되어 종합적으로 언급되는 것이 바람직함
- 결과적으로 생태학적 연구라고 하지만, 제시되는 거주 지역과 암발생 및 유

병과의 연관성은 그 연관성 자체로서 보고하는 것이 바람직함

보고서 결과 요약

월성원전 주변 양남면 주민들의 갑상선암 발병을 건강보험자료에 기반하여 경주시 발병과 비교하였을 때, 표준화발생비가 남자 1.41배, 여자 1.53배로 유의하게 높았음

반면 유방암의 발병율은 경주시와 비교하여 낮은 상태이며, 건강검진율이 다른 지역보다 더 높다는 근거가 없다는 점에서, 월성원전 주변 주민들의 갑상선암 발생이 높음

염색체 변이 측정을 통한 생물학적 선량평가에서 하루 중 지역에 15시간 이상 거주하는 사람일수록 유의하게 더 높은 것으로 확인되며, 70대 이상에서 더 높은 것으로 확인되고 있어, 거주기간과의 연관성이 의심되고 있음

원전에 가까이 있을수록 소변 중 삼중수소의 농도가 유의하게 높게 나오고 있음

후쿠시마 핵오염수 해양투기 국제법위반 및 그 대응방안
[파일첨부]

핵오염수 해양투기에 대한 일문일답

1. 광우병 사태 당시와의 비교

Q: 일부 언론이나 보수 정치인 등은 이번 핵오염수에 대한 범국민적 반대를 과거 이명박 정부 당시의 미국산 광우병 쇠고기 수입 반대 시위에 비유하면서, 터무니 없는 괴담과 선동에 속아 불필요한 혼란을 겪은 것처럼 말하는데, 정말 그러한가?

A: 이번 핵오염수 문제와 직접적 관련은 없지만 그렇게 주장하는 이들이 적지 않고 현 사태와 유사한 측면도 있으니 위험 커뮤니케이션의 측면에서 한번 짚고 넘어갈 필요가 있겠다.

당시에도 설령 광우병 우려가 있는 미국산 쇠고기를 먹는다 해도 실제 광우병에 걸릴 확률은 매우 낮으니 위험성과 공포와 지나치게 과장되었다는 주장이 있었다. 그런데 설령 확률적으로 크게 낮다고 해도, (길을 걷다가 맑은 하늘에서 벼락을 맞아 죽을 가능성보다 적다는 비유 등...) 그 피해자가 바로 나 자신 또는 가족이 되었을 경우에도 그저 지극히 운이 없었을 뿐 정부 정책에는 아무 문제가 없었다고 넘길 수 있을까?

따라서 광우병 괴담 운운은 ‘위험 커뮤니케이션’의 개념과 중요성을 전혀 모르는 무지의 소치이며, 매우 사소한 잠재적 위험이라도 최대한 그것을 제거하는 것이 바로 정부가 해야 할 일인 것이다. 결국 범국민적 반대 시위의 결과 일정 연령 이하의 미국산 쇠고기만을 수입하는 것으로 정책이 바뀌지 않았던가?

광우병 사태의 본질은 이명박 정부의 광우병 관련 정책 및 위험 커뮤니케이션의 총체적 실패의 결과이며, 이를 괴담과 무분별한 선동의 결과로 몰아가는 것은 책임을 다른 데에 전가하려는 후안무치한 태도이다.

2. IAEA 보고서 검토

Q: 일본과 우리 정부는 국제원자력기구(IAEA)에서 보고서를 통하여 핵오염수에 관하여 검증하였으니 문제가 없을 것이라는데, 정말 그러한가?

A: 국제원자력기구(IAEA)란 국제기구이기는 하지만 중립적이고 객관적인 과학 단체가 아니라 원전 사업자들과 특수한 이해관계에 있는 일종의 이익집단이라 할 수 있다. 그러한 태생적 한계에 더하여 보고서 측정치의 상당부분을 일본 측의 자료에 의존하였고 핵오염수가 생태계에 미칠 영향 등은 아예 처음부터 고려하지 않는 등 IAEA 스스로도 불확실성과 한계가 많다고 시인하고 있다.

보다 공신력 있는 전문가들이 모인 한 국제포럼에서는 “IAEA는 검증을 전혀 하지 않았다. 제대로 된 측정 방식을 얘기하지도 않았고 그래서 굉장히 놀랍고 실망스럽다”라고 평가하였다. 보고서의 맨 처음이 ‘IAEA는 어떠한 책임도 지지 않는다.’로 시작되는데, 이런 보고서가 무슨 가치가 있겠는가?

3. 바다에 방류하는 문제

Q: 바다에 방류하면 방사성 물질이 크게 희석되어 기준치 이하로 내려가므로 인체나 생태계에 별 문제가 없을 것이라 하는데 사실인가?

A: 한가지 비유를 해 보자면, 수영장이나 워터파크에 어린이가 소변을 보고 그 희석된 물을 조금 마신다고 해서 당장 중병에 걸리거나 건강에 큰 위협을 받는 것은 아닐 수도 있다.

그러나 수영장 물에 소변을 봐도 된다고 허용하는 경우를 본 적이 있는가? 희석되니 문제가 없다고 생각하여 너나 할 거 없이 다들 몰래 소변을 본다면 그 수영장 물이 결국 어찌되겠는가?

하물며 핵오염수는 사람의 소변과는 비교할 수조차 없이 해롭고 위험한 것 아니겠는가? 아무리 바다가 광활하다 해도 이번이 나쁜 선례가 되어 나라마다 핵오염수나 방사성 폐기물 또는 다른 악성 폐기물들을 투기한다면, 돌이키기 어려운 위협에 직면하게 될 것이다.

4. 자연방사능과의 비교

Q: 정부 측의 홍보 자료를 보니 핵오염수로 인한 방사능의 수치가 자연 방사능보다도 훨씬 낮다고 하는데, 따라서 안전하다고 할 수 있는가?

A: 물론 인공적인 방사능 이외에도 자연에서 발생하는 방사선들을 사람들이 일

상적으로 받고 있는 것 자체는 사실이다. 그러나 자연방사능은 어쩔 수 없다 해도, 피폭될 필요가 없는 인공적 방사능은 아무리 적은 양이라 해도 최대한 피해야 한다는 것이 원자력업계에서도 강조하는 기본 원칙이다. 많은 사람들이 건강 진단 등에 꼭 필요한 X선 사진 하나 찍는 것도 망설이는 이유가 무엇인가?

정부 측 홍보 자료에서 커피나 바나나에서 발생하는 자연방사선보다 훨씬 적은 양이라고 강변하는 것이야말로 문제의 본질을 호도하는 궤변에 불과하다.

5. 삼중수소 문제

Q: 정부 측에서는 핵오염수의 방사성 물질 중에서도 특히 위험한 종류로 지적되는 삼중수소가 생태계에 농축되지 않는다고 주장하는데 사실인가?

A: 여러 방사성 물질 가운데에서도 삼중수소가 특히 문제가 되는 이유는, 일본 측에서도 인정했듯이 이른바 ALPS라 불리는 다핵종제거설비로도 제대로 걸러지지 않기 때문이다. 삼중수소는 일단 대부분 물의 형태로 존재하며, 인체의 70% 정도가 물로 구성된다. 설령 극히 적은 삼중수소라 해도 피폭이 되면 인체의 세포나 유전자에 심각한 손상을 줄 우려가 있다는 전문가의 주장도 있다.

정부 측의 홍보 자료를 보니 “물 형태로 존재하는 삼중수소는 사람과 물고기 등 생태계에 농축되지 않는다.”고 되어 있는데, 그야말로 말장난에 불과하다. 반드시 농축이 되어야만 피해가 생기는 것도 아니고, 또한 삼중수소가 영원히 ‘물의 형태’로만 존재하는 것이 아니라 나중에는 유기물의 일부가 되어서 물고기나 사람 몸에 오래 머무를 가능성도 배제할 수 없다.

또한 삼중수소 이외에도 탄소14(C14) 등 일본과 우리 정부 측에서 위험성을 간과해 온 핵종들은 무척 다양하다.

6. 해류의 흐름과 우리 해역에 도달하는 시간

Q: 일본이 핵오염수를 방류해도 해류 덕분에 우리 해역에 도달하는 데에는 오랜 시간이 걸릴 것이니 너무 염려할 필요가 없다고 하는데 정말 그런가?

A: 정부 측의 홍보 자료를 보니 우리나라는 해류 상으로 후쿠시마와 가장 멀어서, 쿠로시오 해류를 타고 태평양을 가로질러 갔다가 시계방향으로 돌아오니 최

소 4-5년, 또는 10년 이상 걸릴 것이고 그 사이에 더 희석이 되어 영향이 미미할 것이라 한다.

그러나 쿠로시오 해류가 주된 해류가 맞다고 해도 바닷물의 흐름을 모두 설명할 수 있는 것은 아니다. 해류가 국지적으로 바뀔 가능성도 얼마든지 있고, 확산 등 다른 현상의 영향을 받을 수 있는 등, 매우 복잡한 변수가 많기 때문이다.

더구나 해외의 다른 연구 결과에 의하면, 우리 생각보다 훨씬 더 빠르게 퍼져나가서, 제주도 연안부터 오염돼서 불과 몇 달 만에 동해와 서해 등의 해역도 다 오염되는 것을 보여 준다고도 한다.

바닷물의 흐름과 확산 같은 경우 전문적 용어로는 비선형성과 복잡성을 지닌다고 하는데, 복잡계의 현상을 정확히 예측한다는 것은 현대 과학에서도 불가능에 가깝다. 대표적인 예로서 기상현상을 다루는 일기예보가 바로 그런 경우인데, 불과 며칠 또는 하루 뒤의 일기예보도 자주 틀려서 기상청이 비난을 받는 이유가 무엇인가?

7. 괴담과 과학 사이

Q: 핵오염수를 우려하는 것은 ‘괴담’에 불과하고 ‘과학’의 분석에 따르면 별 문제가 없다고 강변하는데, 정말 무엇이 괴담이고 무엇이 과학인가?

A: 사실 핵오염수가 향후 생태계에 미칠 영향 등에 대해서는 전문가들마저도 서로 의견이 다른 경우가 많다. 그러나 저명 대학 교수 등 이른바 전문가로 자처하는 이들 중에서도 객관적 권위를 지닌다고 보다는 사실은 ‘이해관계인’인 경우도 많으므로 주의해야 할 것이다.

“핵오염수가 향후 인체와 생태계에 미칠 영향은 어떠할까?”라는 질문에 답한다면, 정답은 “아무도 알 수 없다.”이다. 제 아무리 탁월한 핵공학자이든 방사선의 학자이든 생태학자이든 나름의 추정만 할 뿐, 자신있게 확신할 수 있는 이는 아무도 없다. (만약 자신 있게 얘기하는 자가 있다면 그는 과학자가 아닌 사기꾼에 가까울 것이다.) 엄청나게 많은 방사성 물질을 지속적으로 해양에 투기한 전례가 없기 때문에, 그에 대해 연구한 경험도 거의 없고 주장을 뒷받침할만한 과학적 데이터 자체가 사실상 존재하지 않기 때문이다.

인류 사상 초유의 사건이기 때문에, 운 좋게 별 문제가 없이 넘어갈 수도 있겠지만, 당장은 아닐지라도 나중에 돌이킬 수 없는 피해가 발생할 위험성도 있는

것이다.

이처럼 불확실성을 지닐 때에는 판단을 유보해야 할 것이며, 따라서 일단은 위험할지도 모르니 이를 전제하고 대비하는 것이 바로 ‘과학적’ 태도이다.

‘현재까지 입증된 위험성이 그다지 명확하지 않으니 앞으로도 전혀 위험하지 않다.’고 주장하는 것이야말로 바로 가장 비과학적 태도이다. 상식을 지닌 과학자들도 우려하는 잠재적 위험성을 괴담으로 치부하면서 멋대로 부인하는 것이야말로 과학이 아닌 사이비과학이며, 괴담인 것이다.

8. 과거 사례의 교훈들

Q: 과거에도 당시의 ‘과학’을 지나치게 맹신하거나 사전 위험 가능성을 무시하다가 끔찍한 재난을 겪은 사례들이 있는가?

A: 현대에 과학기술이 눈부시게 발전하기는 했지만, 첨단과학으로도 설명하거나 해결하지 못하는 문제들도 여전히 많다. 또한 과학 이론 자체가 영원히 영구불변하는 것이 아니라, 세월에 따라 바뀌기도 하고 예전에는 알지 못했던 새로운 사실들이 밝혀지는 경우도 대단히 많다.

옛날에 모기 등의 해충을 퇴치하는 살충제로 널리 쓰였던 DDT는 오랜 사용 결과 인체 및 환경, 생태계에 나쁜 영향을 끼친다는 사실이 밝혀지면서, 우리나라를 비롯한 대부분의 나라에서 현재는 사용이 금지되어 있다.

미나마타 병, 이따이이따이 병 등 수은, 카드뮴 등의 중금속이 인체에 축적되어 무서운 질병을 일으킨다는 사실을 진작에 알았다더라면, 수많은 사람들이 고통 받고 죽음에 이른 재난은 발생하지 않았을 것이다.

1950년대 동물 실험 결과 아무런 부작용이 없어서 독일에서 출시되었던 탈리도마이드는 임산부들의 입덧방지제, 수면제로 각광을 받았으나, 이후 팔다리 등이 없는 기형아가 세계적으로 1만명 이상 출생하는 사상 최악의 약물부작용 사태를 낳은 바있다.

외국이 아닌 우리나라에서도 불과 몇 년 전에 유사한 끔찍한 사건이 일어났는데, 바로 천여 명 이상이 사망하고 수십만 명이 피해를 입은 ‘가습기살균제’ 사건이다. 사전 위험성이 있었지만 정부에서 안전성 검사와 규제 등을 제대로 하지 않았고 환경부, 산업자원부, 식약청 등이 서로 책임 떠넘기기에만 급급했던 탓에 사전에 방지할 수도 있었던 재난을 자초했던 것이다.

후쿠시마 핵오염수와 한국정부의 괴담 일문일답 -반핵의사회
[파일첨부]