

2011-2021 후쿠시마 방사성 오염의 현실

제염 신화와 10년 간의 인권 침해

<보고서 목차>

요약	1
1장. 후쿠시마 오염수 현실	5
2장. 제염이라는 신화 - 재오염의 시작, 산림 지대	7
3장. 그린피스 방사선 오염 조사 방법	12
4장. 피난 명령 해제 구역 - 나미에와 이타테	14
5장. 이타테 - 토루 안자이 씨 자택 조사	15
6장. 나미에 - 나미에 유치원과 학교 시설, 타카세 강	22
7장. 나미에 귀환 곤란 통제구역 - 칸노 씨 자택 조사	27
8장. 스트론튬-90 - 삼나무 숲 스트론튬-90 샘플링	31
9장. 10년 간의 피난, 이주, 인권 침해	35
10장. 귀환곤란구역의 미래	42
11장. 일본 정부 및 후쿠시마 현에 대한 권고 사항	45

요약

2011년 3월 11일 발생한 일본 동북부 대지진의 결과로 후쿠시마 제1원전의 원자로 3기의 핵연료가 녹아내렸다. 이로 인해 후쿠시마 현을 비롯한 일본의 수만 km²가 상당량의 방사성 세슘과 기타 방사성 핵종으로 오염되었다.¹ 2011년 3월 26일 후쿠시마에 그린피스 방사선 전문가팀이 처음으로 도착했고, 이후 후쿠시마 재난으로 인한 방사선 영향 조사를 32회 진행했으며 가장 최근의 조사는 2020년 11월이었다.

본 보고서는 가장 최근의 현지 방사선 조사를 포함한 지난 10년 간의 주요 조사 결과를 기록한 것이다. 이 결과는 일본 정부가 후쿠시마 현의 전체적인 방사선 위험과 제염 결과를 국민에게 사실대로 소통하지 않고 기만했음을 보여준다. 그린피스의 최근 조사는 방사선 오염이 인체 및 환경에 장기적으로 실질적인 위협이 되며 널리 확산되어 있음을 보여준다.

오염 지역은 후쿠시마의 논과 밭, 넓은 산림지대다. 해당 지역에 거주했던 주민들은 상당수 농업 또는 임업에 종사했다. 주민들은 숲에서 목재, 버섯, 야생 과일, 채소 등을 채취했으며, 어린이들은 숲과 강에서 자유롭게 뛰어 놀았다. 핵 재난 발생 이후, 수만 명의 주민은 선조들의 땅을 떠나야 했다. 사고로 인한 피해는 인체에 대한 직접적인 위협을 넘어, 생계를 잃게 만들고 삶의 방식을 완전히 파괴해 버렸다.

이러한 정부 조치로 인해 수천 명의 피난민들은 불가능한 선택을 강요받았다. 방사성 물질로 오염된 집으로 돌아가거나, 가옥과 토지를 버리고 충분한 보상도 없이 새로운 지역에서 새로운 삶을 시작하는 것이다. 이것은 정부의 강요에 의해 주민과 그 가족들이 경제적 어려움 속에 자신의 의지와 상관없이 귀환해야 하는 상황이다. 주민들은 아무 잘못도 없이 핵 재난으로 인해 고향이던 삶의 터전과 가족, 지역 사회 그리고 건강이나 재산을 잃었다. 이것은 매우 부당한 일이다.

주요 조사결과

제염 실패

일본 정부는 귀환곤란지역을 제외한 제염특별구역^{Special Decontamination Area(SDA)}은 제염작업이 대부분 완료되었다고 주장한다. 나미에, 이타테 행정구역도 이에 포함된다. 그러나

¹ 일본 본토 24,000-34,000 km²에 10,000 Bq/m² / 40,000 Bq/m²를 초과하는 Cs-137이 침적되었다. see “Fukushima, one year later - Initial analyses of the accident and its consequences” Report IRSN/DG/2012-003 of March 12, 2012 and Modelling the global atmospheric transport and deposition of radionuclides from the Fukushima Dai-ichi nuclear accident T. Christoudias¹ and J. Lelieveld^{1,2} ¹The Cyprus Institute, Nicosia, Cyprus ²Max Planck Institute of Chemistry, Mainz, Germany Atmos. Chem. Phys., 13, 1425–1438, 2013
<https://acp.copernicus.org/articles/13/1425/2013/>

그린피스의 조사 결과에 따르면, 정부가 제염을 책임지고 있는 제염특별구역 대부분이 방사성 세슘으로 여전히 오염되어 있음을 알 수 있다. 사실, 대대적인 제염 작업에도 불구하고, 정부 자체 데이터를 분석해보면 제염특별구역 중 작업 완료된 면적은 15%에 불과하다. 예를 들어, 나미에의 경우, 전체 면적 2만 2,314 헥타르 중 조금이라도 제염작업이 시행된 곳은 전체의 10%인 2,140 헥타르에 불과하다. 가장 큰 이유는 후쿠시마 현의 상당 부분이 제염이 불가능한 산림 지대이기 때문이다.

일본 정부의 장기제염목표는 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ (마이크로시버트)이며, 그들의 추정에 따르면 이는 연간 피폭선량 1 mSv (밀리시버트)에 해당한다. 이는 의료 목적 또는 자연 발생량을 제외하고, 일반인에게 권고되는 연간 피폭한도다. 일본 정부는 극심한 방사선 오염이 거듭 발견되자 2012년 4월 피폭한도를 연간 1 mSv 에서 20 mSv 로 수정했다. 이는 정상 상황에서 일본 원전 작업자에게 허용된 연평균 피폭한도와 동일한 수준이다. 그 이후 일본 정부는 ‘장기’ 목표치인 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 를 언제까지 달성할 것인지 한 번도 기한을 언급한 적이 없다.

그린피스는 지난 10년 간의 현지 방사선 조사에서 일본 정부 제염 목표치를 훨씬 상회하는 방사선 오염을 계속 측정해왔다. 아래는 가장 최근에 진행된 2020년 11월 조사에서 발췌한 데이터이다.

- 이타테의 한 주택(안자이 씨의 집)에서 부지 주변 11개 구역 중 5개에서 정부 목표치($0.23 \mu\text{Sv/h}$)를 초과하는 선량이 검출되었고, 전체 평균선량은 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ 였다.
- 나미에 정 학교 및 유치원이 있었던 부지의 경우, 인근 산림지대에서 측정한 822개 지점 모두 여전히 목표치 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 이상이었고, 측정지점 중 88%는 $1 \mu\text{Sv/h}$ 이상이였다. 학교 바로 외부 구역에서는 측정지점의 93%가 목표치 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 를 초과했다. 그럼에도 불구하고, 이 곳은 2017년 3월부터 일반인 출입이 허용되었다.
- 타카세 강 기슭을 따라 위치한 1구역 측정지점 70%에서, 일본 정부 계산방식 기준으로 연간선량 3 - 5 mSv를 기록했다.
- 나미에 “귀환곤란” 통제구역에 위치한 주택(칸노 씨의 집)은 대대적인 제염 작업이 이루어졌으나, 측정지점 98%가 연간최대선량 1 mSv 를 초과하는 것으로 나타났다. 70%는 정부 계산방식 기준 연간선량 3 - 5 mSv의 피폭을 야기할 수 있는 수준이었다.

스트론튬-90의 위협

후쿠시마 제1원전 사고로 인한 방사성 누출과 2020년 측정한 오염 수치는 주로 세슘으로 인한 것이다. 사고 당시에는 세슘 이외의 방사성 핵종도 방출됐고 스트론튬-90 (Sr-90)도 그 중 하나였다. 스트론튬-90은 골친화성 방사성 핵종으로, 체내로 들어가면 뼈와 골수에 축적되어 암 발생 위험을 높인다. 그린피스가 후쿠시마 현 산림지대에서 삼나무 시료를

채취해 분석한 결과, 스트론튬-90이 확인되었다. 일본 정부는 정확한 측정에 필요한 고가의 대규모 스트론튬-90 실험실 분석을 진행하지 않고, 방사성 세슘과 스트론튬 간의 예상 정수비_{constant ratio}에 따라 계산했다. 2015년 발표된 Merz et al의 연구결과는 이것이 오류일 수 있으며, 스트론튬 위험 과소계상 가능성이 있다고 경고했다. 일본 정부는 후쿠시마 현의 스트론튬-90과 기타 방사성 핵종의 잠재적 유해성을 여전히 대부분 무시하고 있다.

가장 큰 문제는 현재 후쿠시마 제1원전에 엄청난 양의 스트론튬-90이 존재한다는 것이다. 특히 1~3호기 원자로의 용융 노심에 다량 존재하고 있다. 스트론튬-90과 기타 방사성 핵종이 있는 후쿠시마 제1원전 원자로에 대한 현행 폐로 계획에는 특수한 위험이 상존한다. 소내 저장된 탱크 오염수 123만 톤에도 그보다 적지만 상당한 양이 존재하며, 정부는 이를 태평양에 방류하겠다는 계획을 발표하려는 상황이다.²

인권 침해

방사선이 안전기준치 이상 발견되는 곳의 피난 명령도 해제되었기 때문에 주민들의 암 발생 위험이 높아질 수 있다. 특히 어린이와 여성들에게 위험한 부분이다. 2020년, 제한조치 해제 계획이 추가적으로 발표되었으며, 현재 “귀환곤란” 출입통제구역인 이타테 지역을 개방하는 것도 일본 정부의 계획 중 하나다.

2018년까지 1,300만 명의 작업자들이 제염특별구역의 제염 작업에 참여했으며, 대부분 하도급 업체 직원들이다. 그린피스가 작성한 바와 같이,³ 작업자들은 고준위 방사선에 노출되었으며, 경제적 어려움 때문에 위험한 작업 환경을 받아들여야만 하는 상황이다. 훈련 및 방호조치도 부족하다.

지난 10년 간, 바스쿠트 툰캅_{Baskut Tuncak} UN인권이사회 특별보고관을 비롯해 다양한 UN 인권 기구가 이에 대해 문제를 제기해 왔다.⁴ 2018년 UN 총회 보고서에서 툰캅 특별보고관은 “UN

² Greenpeace East Asia and Greenpeace Japan, "Stemming the tide 2020 The reality of the Fukushima radioactive water crisis", October 2020, see https://www.greenpeace.org/static/planet4-japan-stateless/2020/10/5e303093-greenpeace_stemmingthetide2020_fukushima_radioactive_water_crisis_en_final.pdf

³ Greenpeace Japan, "On the Frontline of the Fukushima Nuclear Accident: Workers and Children Radiation risks and human rights violations", March 2019, see https://storage.googleapis.com/planet4-japan-stateless/2019/03/b12d8f83-frontfksm_en.pdf

⁴ The first intervention by the UN Special Rapporteurs was in 2012. UNHRC, "Report of the Special Rapporteur on the right of everyone to the enjoyment of the highest attainable standard of physical and mental health," Anand Grover, A/HRC/23/41/Add.3, Human Rights Council Twenty-third session Agenda item 3 Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development, Addendum Mission to Japan (15 - 26 November 2012), see

https://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session23/A-HRC-23-41-Add3_en.pdf; and UNHRC, "Human Rights Committee Concluding observations on the sixth periodic report of Japan* 1. The Committee considered the sixth periodic report submitted by Japan (CCPR/C/JPN/6) at its 3080th and 3081st meetings (CCPR/C/SR.3080 and CCPR/C/SR.3081), held on 15 and 16 July 2014. At its 3,091st and 3,092nd meetings (CCPR/C/SR.3091 and CCPR/C/SR.3092), held on 23 July 2014, it adopted the following concluding observations, CCPR/C/JPN/CO/6, see

http://tbinternet.ohchr.org/_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=CCPR/C/JPN/CO/6&Lang=En.

인권감시 기구(UPR)는 2017년 일본이 후쿠시마 원전 사고 이전의 허용방사선량 기준을 복구할 것을 권고했으나 일본이 이를 무시한 것은 실망스러운 일이다.”⁵라고 설명했다. 또한, 그는 방사선 피폭에 취약한 아동과 여성, 그리고 피난민의 후쿠시마 강제 귀환을 중단시킬 것을 촉구했다. 현재 일본 정부가 이들을 이주시키는 지역은 2011년 사고 전보다 방사선 준위가 여전히 높다. 그는 또한 일본 정부가 방사선 피폭 허용한도를 20배나 높인 결정을 비난하며, “과도한 방사선이 아동의 건강 및 복지에 미치는 잠재적 영향의 심각성과 관련된, 매우 우려스러운 일”이라고 언급했다.⁶

일본 정부 및 후쿠시마 현에 대한 그린피스의 권고사항

- 잠재적인 생애피폭 위험 등 과학기반 분석을 무시하는, 현행 복귀 정책을 중단한다.
- 장기 제염목표 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ (1 mSv/y)를 즉시 명확히 한다. 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 달성 기한을 정하고, 목표치를 상향하려는 일체의 계획을 중단한다.
- 세습을 다량 함유한 미세입자 등 방사능 핫스팟으로 인한 주민건강 위험 평가를 신속히 진행한다.
- 후타바, 오쿠마, 나미에, 토미오카, 이타테, 카츠라오 6개 행정구역(나미에의 쓰시마, 무로하라, 수에노모리, 오보리 구 포함)의 피난 명령 해제 계획을 중단한다.
- 작업자 방호를 위해 귀환곤란구역의 현행 제염 프로그램을 중단한다.
- 피난 정책에 관해 주민의 의견을 고려하고 반영할 100% 투명한 절차를 수립한다. 피난민을 포함하는 주민위원회를 구성한다.
- 피난민에게 충분한 보상 및 경제적 지원을 제공한다. 주민들이 강제 또는 경제적 압박 없이 과학적 근거를 기반으로 귀환 결정을 내릴 수 있게 한다.
- UN 특별보좌관의 일본 방문 요청 수락 등 특별보좌관의 대화 제안 및 지침에 성실히 응답한다.

⁵ United Nations Human Rights Office of the High Commissioner, “Japan must halt returns to Fukushima, radiation remains a concern, says UN rights expert”, 25 October, 2018, see <https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=23772&LangID=E>

⁶ Ibid.

1장. 후쿠시마 오염의 현실

2011년 3월, 후쿠시마 제1원전 원자로 3기의 노심 용융 사고로 후쿠시마 현과 일본의 수만 km²가 상당량의 방사성 세슘과 기타 방사성 핵종으로 오염되었다.⁷ 후쿠시마 현은 논, 기타 농지 등 해안 범람원에서 고지대 산악 지역 등으로 구성되어 있으며, 그 중 산림이 70%를 차지한다. 일본 정부는 원전 사고 이후 후쿠시마 현 내 11개 행정구역 또는 구에 피난 명령을 내렸다.

2011년 8월 26일, 일본정부는 『방사성 물질 오염에 관한 특별조치법』의 일환으로 『제염기본정책』을 발표했다.⁸ 그들이 명시한 제염 프로그램의 목표는 방사선 준위를 낮춰 수만 명의 주민들을 대상으로 한 피난 명령을 해제하는 것이었다. 2011년 8월 29일, 그린피스는 일본 사무소는 정부에 권고안을 제출했다.⁹ 우리는 임산부와 아동을 위한 충분한 보호 조치 또는 모든 피난민에게 필요한 지원이 제염 계획에 명시되어 있지 않음을 주장했다. 또한, 취약 계층을 일상 생활에서 전반적으로 보호할 수 있는 충분한 장치도 없었다. 일본 정부는 자신의 집을 떠난 채 살아야만 하는 수만 명의 피난민들을 보호하고 삶을 개선하기 위한 아무 노력을 기울이지 않았다.

그린피스 방사선 전문가 팀이 후쿠시마 현에 처음 도착한 것은 2011년 3월 26일이었다. 지난 10년간 그린피스는 원전 사고 재난으로 인한 방사선 영향에 관해 32회의 조사를 실시했고 방사선 조사는 수 일에서 수 주 소요되었다. 가장 최근 조사는 2020년 11월 이틀 동안 진행되었고, 그 결과는 기존 조사 결과와 함께 아래에 상세히 설명되어 있다. 코로나19 감염증 확산으로 인해 조사팀 규모도 훨씬 축소되었고, 현장에서의 조사 시간도 제한될 수밖에 없었다.

2011년 3월 조사 초기, 우리는 지역 주민에 대한 위험을 파악하는 것을 우선순위로 지정하고, 일본 정부가 지정한 피난구역 20km 외부 지역에서 방사선량을 조사하는 데 집중했다. 방사성 낙진의 양상 때문에, 우리는 특히 후쿠시마 제1원전 북서지역에 관심을 가졌다. 방사선 조사를 시작한 지 몇 시간 되지 않아, 사고 원자로에서 40km 떨어진 이타테 지역에서 매우 높은 수준의 방사성 준위(1m 높이에서 약 10 μ Sv/h)가 관찰되었다. 다음 날 3월 27일, 그린피스는 공식적으로 피난을 요청했다.¹⁰

⁷ Op. cit. Christoudias and Lelieveld

⁸ 해당 법은 2012년 1월 1일 발효되었고, 이후 본격적인 제염 작업이 시작되었다. “Decontamination Project in Fukushima Prefecture Conducted by Japanese Government” Masaru Moriya, Chief of Fukushima Decontamination Team, Acting Superintended of Fukushima Office for Environmental Restoration, Ministry of the Environment, February 2012, see

[https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/14%20Moriya\(Ministry_of_Environment\)_English.pdf](https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/14%20Moriya(Ministry_of_Environment)_English.pdf)

⁹ Greenpeace Japan, “Detailed Demands to the Japanese Government”, 29 August 2011, see

https://wayback.archive-it.org/9650/20200409090936/http://p3-raw.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2011/fukushima-data/Detailed%20demands%20to%20Nat%20Gov_FINAL.pdf

¹⁰ Japan Times, “NGO finds high levels in safe area”, 31 March 2011, see

<https://www.japantimes.co.jp/news/2011/03/31/national/ngo-finds-high-levels-in-safe-area/>

IAEA는 몇일 후 높은 수준의 방사선 준위를 확인했다.¹¹ 당시 일본 원자력 규제기관이던 원자력안전보안원(NISA)은 “이타테 주변에서 NGO(그린피스)가 발견한 고준위 방사선은 신뢰할 만한 것으로 볼 수 없다.”고 답변했다. 그러나, 그린피스가 조사 결과에 대한 근거를 이타테 촌장과 일본 정부 측에 제출하자, 정부는 4월 11일 피난구역 확대안을 발표하고 4월 22일에 확대 명령을 내렸다.¹² 그 대상은 이타테 및 카츠라오 촌, 나미에 정, 미나미소마 시와 카와마타 정 일부였다.

¹¹ Japan Times, "High radiation found outside no-go zone: But Edano says evacuation area won't be expanded for time being", 1 April 2011, see

<https://www.japantimes.co.jp/news/2011/04/01/national/high-radiation-found-outside-no-go-zone/>

¹² Kanako Takahara, "Evacuation zone to be widened: Cumulative radiation levels feared to pose threat to residents: Edano", Japan Times, 23 April 2011, see

<https://www.japantimes.co.jp/news/2011/04/23/national/evacuation-zone-to-be-widened/>

2장. 제염이라는 신화

- 2019년 3월까지 제염 작업에 280억 달러가 소요되었고, 3,000만 명의 작업자가 투입되었으며, 1,700만 톤의 핵폐기물이 발생했다.
- 일본 정부는 여러 곳에서 제염이 완료되었다고 주장하고 있으나, 정부 자체 데이터를 분석해보면 제염된 면적은 제염특별구역 면적의 약 15%에 불과한 것으로 나타났다.
- 후쿠시마 제염특별구역의 대부분은 여전히 방사성 세슘으로 오염된 상태다.
- 숲이 우거진 산림 지대는 방사성 세슘의 장기 저장소와 같은 역할을 하며, 추후 산림 지대를 넘어 환경을 재오염시킬 수 있는 대형 오염원이다.

2012년 일본 정부는 후쿠시마 현 (그리고 일본 기타 지역)에서 전례 없는 대규모 제염 프로그램을 실시했다. 연간 피폭선량한도인 1 mSv 초과 지역은 오염상황중점조사지역 ^{Intensive} Contamination Survey Area (ICSA)으로 지정하고, 지자체 주도 하에 2012~2017 년 사이 대대적인 제염 작업이 진행되었다. 연간 피폭선량한도가 20 mSv 를 초과하는 지역은 제염특별구역 ^{Special} Decontamination Area(SDA)으로 지정하고 일본 정부가 직접 제염 작업을 진행중이다. 11개 지역에 해당하는데, 그 중 7개 지역(나미에, 이타테, 토미오카, 오쿠마, 후타바, 카츠라오, 나라하)은 지역 전체가 제염특별구역에 해당한다.

일본 정부가 장기 제염목표치 0.23 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 를 설정한 이유는 이가 연간 피폭선량한도 1 mSv 수준일 거라는 판단에서였다. 사람들이 통상 실외에서 연간 일평균 8시간, 실내에서 16시간을 보낸다는 것을 가정하고 설정한 수치다. 하지만 이 곳은 농업지대이기 때문에, 많은 주민들은 특히 봄, 여름, 가을에는 훨씬 더 많은 시간을 실외에서 보낸다.

2019년 3월까지 제염 작업에는 280억 달러가 소요되었고, 3,000만 명의 제염 작업자가 참여했으며, 1,700만 톤의 핵폐기물이 발생했다.¹³ 일본 정부는 제염이 완료되었다고 주장하고 있다. 정부는 제염 대상지역(농지, 산림, 도로, 헥타르 면적) 보고에서 이를 백분율로 표시했다. 목표를 달성하면 해당 지역의 제염이 “완료”되었음을 보고한다. 환경부의 정기 업데이트에는 이러한 내용이 포함되어 있다. 예를 들어, 환경부는 2015년 7월 보고서에서 타무라, 카와우치, 나라하, 오쿠마 산림 지대 전체에서 제염 작업이

¹³ 2018년 말, 환경부 보고에 따르면 SDZ에서 발생한 토양 폐기물의 양은 9,100,000 m³였으며, 복원 비용은 약 JPY 1조 5,000억 (EUR ~120억)였다. ICESA의 경우 최신 자료 (2018.3)에 따르면 토양 폐기물 발생량은 7,900,000 m³ 이며 복원 비용은 약 JPY 1조 4,000억 (EUR ~110억)으로 추정된다(Japanese Ministry of the Environment, 2019) – as summarized in Olivier Evrard, J. Patrick Laceby, and Atsushi Nakao, "Effectiveness of landscape decontamination following the Fukushima nuclear accident: a review", SOIL, 5, 333–350, December 2019, see <https://soil.copernicus.org/articles/5/333/2019/> and citing Japanese Ministry of the Environment Environmental Remediation 14 April 2019.

완료되었다고 설명했다.¹⁴ 2016년 5월 보고서에서는 이타테 지역의 산림 86%가 제염처리 되었으며, 제염 작업을 2017년 3월까지 완료하는 것이 목표라고 밝혔다.¹⁵

하지만, 이러한 수치는 행정구역 전체의 산림 또는 농지 면적이 아닌, 제염대상 토지만 기준으로 한 것이다.

2017년 3월, 후쿠시마 제염특별구역에서 계획된 제염 프로그램은 대부분 완료되었다. 나미에, 이타테에서 피난 명령을 해제하기 전, 정부는 해당 지역의 제염이 완료되었으며 주민들이 귀환하기에 안전하다고 발표했다. 환경부 보고서는 다음과 같이 설명하고 있다. “귀환곤란지역을 제외하고, 특별조치법에 의한 전체 구역 제염이 2018년 3월 19일 완료되었다”¹⁶ 일본 정부의 자료는 제염 범위가 포괄적이라는 것을 아주 분명하게 명시하고 있다. 2018년 자료에서 이를 강조한 부분을 발췌하면 다음과 같다. “제염 이행계획에 명시된 전체 구역 중 중앙 정부가 직접 관할권을 갖는 제염특별구역과 관련해, 타무라 시, 나하라 정, 카와우치 촌, 오쿠마 정은 2014년 3월까지, 카츠라오 촌, 카와마타 정은 2015년 12월까지, 후타바 정은 2016년 3월까지, 이타테 촌은 2016년 12월까지, 토미오카 정은 2017년 1월까지, 나미에 정과 미나미소마 시는 2017년 3월 말까지 전체 구역 제염이 완료되었다. 이에 따라 2017년 3월 말까지 11개 행정구역 모두에서 작업이 완료되었다.”

하지만 현실은 이와 매우 다르다, 환경부 자체 제염 데이터를 통해, 행정구역 전체가 제염특별구역로 지정된 7개 지역 중 제염 면적, 제염 미실시 면적을 계산할 수 있다.¹⁷

¹⁴ Ministry of Environment, “Progress on Off-site Cleanup and Interim Storage in Japan”, Teruyoshi Hayamizu Councillor, Minister’s Secretariat, July 2015 see

http://khjosen.org/EN/programme/4th_sympto_slide/MOE_Hayamizu.pdf

¹⁵ Ministry of Environment, “The Current Situation of Off-site Clean-up in Japan”, Kazumi Yoshikawa, Director, 23 May, 2016. see <https://conferences.iaea.org/event/89/contributions/11403/>.

¹⁶ Ministry of Environment, “Environmental Remediation”, as of 1 February 2021, see

<http://josen.env.go.jp/en/decontamination/>

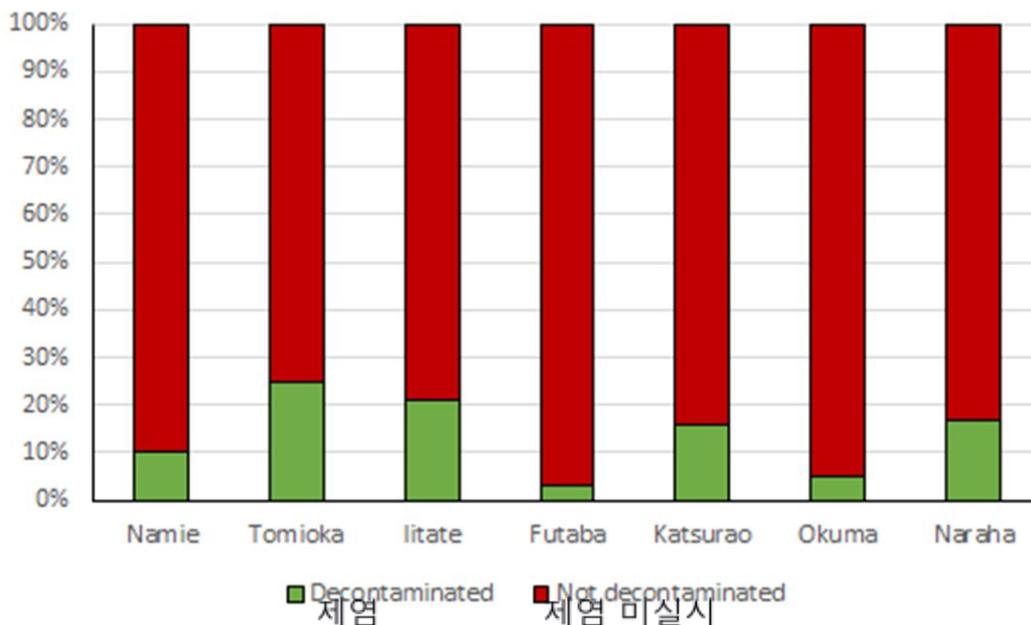
¹⁷ 이는 2017년 데이터이다. 제염 면적(헥타르) 데이터는 환경부가 제공한 것이며, 『도쿄전력 제1원전 사고로 유출된 방사능 오염물질 제염 사업(전체본)』 보고서(2019.2.20) “5장: 제염의 영향, 확인 및 리스크 커뮤니케이션” 중 “5.1 제염작업 진행 현황” 에도 기재되어 있다. 참고:

http://josen.env.go.jp/en/policy_document/. 제염특별구역에는 나라하 정, 토미오카 정, 오쿠마 정, 후타바 정, 나미에 정, 카츠라오 촌, 이타테 촌이 모두 포함된다. 제염특별구역과 오염상황중점조사지역에 모두 해당되는 곳은 타무라 시, 미나미소마 시, 카와마타 정, 카와우치 촌이다. 우리는 상기 데이터에 해당 시/구를 포함하지 않았는데, 오염상황중점조사지역 내 제염 완료된 면적에 대한 비교가능 데이터를 확인할 수 없었기 때문이다. 비율은 위 지역의 오염상황중점조사지역과 유사할 것으로 보인다. 예를 들어, 타무라의 50%는 제염특별구역에 해당하지 않지만, 오염상황중점조사지역에는 해당한다. 타무라의 제염특별구역 중 359 헥타르가 제염되었으며, 이는 시 전체 면적의 1%이다. 정부는 각 시/구의 오염상황중점조사지역에서 제염된 면적을 나타내는, 비교가능 데이터를 공개하지 않고 있다.

표 1: 후쿠시마 내, 행정구역 전체가 SDA로 지정된 7개 지역에서 2017년 9월 기준 제염 완료 (비오염) 지역¹⁸

시/구	총 면적(헥타르)	2017.9.30 현재 제염 완료(헥타르)	제염 미 실시(헥타르)	제염 면적 비율	제염 미 실시 면적 비율	피난명령 해제일
나미에	22,314	2,140	20,174	10	90	2017.3.31. ¹⁹
토모이카	6,839	1,710	5,129	25	75	2017.4.1. ²⁰
이타테	23,013	4,830	18,183	21	79	2017.3.31. ²¹
후타바	5,142	133	5,009	3	97	2020.3.3. 부분 해제
카츠라오	8,437	1,355	7,082	16	84	2016.6.12. ²²
오쿠마	7,871	401	7,470	5	95	2020.3.5. 부분 해제
나라하	10,364	1,740	8,624	17	83	2015.9.5.
합계	83,980	12,309	71,671	15	85	

차트 1: 제염특별구역 행정구역의 제염 vs. 제염 미 실시 면적 비율 (2021년 1월 기준)



¹⁸ 이 표에는 주택 주변 지역은 포함되어 있지 않다. 일반 제염 작업에서 주택 주변은 몇 미터 정도이기 때문에 총면적 계산 시 큰 영향을 주지 않는다.

¹⁹ 나미에에는 여전히 “귀환곤란” 고오염 출입통제 구역이 있다.

²⁰ 토미오카에는 여전히 “귀환곤란” 고오염 출입통제 구역이 있다

²¹ 이타테에는 여전히 “귀환곤란” 고오염 출입통제 구역이 있다

²² 카츠라오에는 여전히 “귀환곤란” 고오염 출입통제 구역이 있다.

표 1 및 차트 1과 같이, 제염특별구역 제염이 완료되었다는 일본 정부의 주장은 데이터와 일치하지 않는다. 대부분이 제염되지 않았음이 분명하다. 총 면적 8만 3,980 헥타르 (840km²) 중 제염이 완료된 면적은 1만 2,309 헥타르 (120km²)로 15%에 불과하다. 나미에의 경우 2011년 인구는 2만 1,000명 이상이었으나, 인구 밀도가 가장 높은 지역에서 피난명령 해제 6개월 후인 2017년 9월에는 불과 10%만 제염이 완료된 상태였다. 이타테는 21%로 제염 면적이 2번째로 넓다. 상기 표에는 제염된 주택 부지면적은 포함하지 않았는데, 정부에서 해당 면적에 대한 데이터를 공개하지 않고 있기 때문이다. 대신, 총 주택 수 데이터를 제공하고 있다. 제염특별구역 내 7개 행정구역의 경우, 2017년 9월 주택 수가 1만 6,937개였다. 이것을 헥타르로 환산하면 어느 정도 될지 확실히 추정할 수는 없으나, 제염특별구역 총 부지 면적 중 큰 비중은 아니다. 2021년 2월 그린피스는 제염특별구역 내 총 주택부지 면적에 대한 세부 자료를 요청했으나, 일본 환경부는 그러한 데이터를 갖고 있지 않다고 답변했다.

하지만, 그린피스 조사 결과와 같이, 나미에 마을과 이타테 마을의 현재 방사성 준위는 사람이 거주하기에 여전히 위험한 수준이다. 우리의 데이터를 보면 제염이 진행된 곳에서도 방사성 준위가 2011년 이전보다 높으며, 정부의 장기 목표치인 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상인 경우가 많다.

산림 지역 - 재오염 원

후쿠시마 제염특별구역 내 7개 행정구역의 오염된 면적 중 85%는 제염작업이 진행되지 않았다. 이 사실은 산림 지역에 인한 방사선 위험과 직접 연관이 있다. 산림 지역은 제염이 불가능하므로 앞으로 계속해서 후쿠시마를 재오염시키는 장기 오염원이 될 것이다.

그린피스의 2016년 보고서 『방사선 재장전^{Radiation Reloaded}』²³에 명시된 바와 같이, 후쿠시마 산림 환경에서의 방사선 생태학 또는 방사성 물질의 양상은 매우 복잡하다. 유기층의 방사선 준위가 여전히 높으며, 이것이 토양으로 유입되어 대부분 5cm 깊이의 산림층에 머물러있다는 확실한 증거가 존재한다. 사고 후 산림에 축적된 방사성 물질은 소형 하천, 산림층으로 씻겨 내려갔으며, 일부는 하류로 흘러 내려가 강과 호수에 유입되었다.²⁴ 산림층 지표 유기토에 있던 방사성 세슘은 시간이 흐르면서 광물질 토양으로 이동했고, 유기 및 광물질 토양층의 방사성 세슘 일부는 식물 뿌리에 흡수되어 지상의 몸통, 줄기, 잎으로

²³ Greenpeace Japan, "Radiation Reloaded: Ecological Impacts of the Fukushima Daiichi Nuclear Accident 5 years later", February 2016, see https://www.greenpeace.org/static/planet4-italy-stateless/2018/11/d46cbc71-d46cbc71-gpj_fukushima_radiation_reload_report.pdf

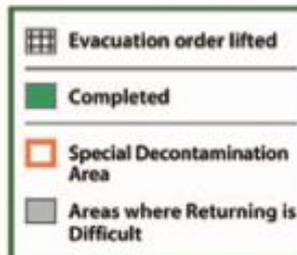
²⁴ Olivier Evrard, Caroline Chartin, Yuichi Onda, Jeremy Patin, Hugo Lepage, Irène Lefèvre, Sophie Ayrault, Catherine Ottlé & Philippe Bonté, "Evolution of radioactive dose rates in fresh sediment deposits along coastal rivers draining Fukushima contamination plume", Scientific Reports 3, 29 October 2013, see <http://www.nature.com/srep/2013/131029/srep03079/full/srep03079.html>, accessed February 11th 2015.

이동한다. 후쿠시마의 다른 지역과 마찬가지로 이타테 산림 지역은 방사성 세슘의 장기 저장소이자, 산림 지역을 넘어 환경을 재오염시킬 수 있는 대형 오염원이다. 이는 제염 작업에 대한 일본 정부의 주장과 배치되는 것이다. 앞서 설명한 바와 같이, 제염이 완료됐다는 일본 정부의 주장은 국민들을 호도하는 것이며 사실과 매우 거리가 멀다.



Map1 : Fukushima Special Decontamination Area - SDA. Whole area decontamination in the SDA was completed at the end of March 2017.

(Source: Environmental Remediation in Affected Areas in Japan December, 2018 Ministry of the Environment, Japan)



지도 1: 후쿠시마 SDA. SDA 전체 구역 제염은 2017년 3월 말에 완료되었다 (출처: 일본 피해 지역의 환경 복원 작업, 2018.12, 일본 환경청)

3장. 그린피스 조사

지난 10년간 그린피스는 피난명령이 해제된 오염상황중점조사지역, 제염특별구역, 그리고 귀환곤란 출입통제구역 모두에서 방사선 조사를 진행했다. 우리의 목표는 다음 질문에 대한 답을 얻는 것이었다.

- * 후쿠시마의 전반적인 방사선 준위에 관한 제염 작업의 효과는?
- * 오염상황중점조사지역 및 제염특별구역에서 주택 주변의 방사선 준위는?
- * 방사성 세슘은 환경에서 매년 거동이 어떻게 달라지는가?
- * 재오염의 증거가 있는가? 원인은 무엇인가?
- * 방사선 준위와 일반인 피폭 및 인체 위험 간의 관계는?
- * 방사선, 제염, 인권(여성, 아동, 작업자 등) 간의 관계는?

방사선 오염 조사 방법

후쿠시마 제1원전 사고 시 방사성 유출로 인해, 방사성 세슘(Cs-137 및 Cs-134)은 누적 피폭의 거의 대부분(98%)을 차지하고 있다. 후쿠시마 원전 사고 당시, Cs-137와 Cs-134 방출량은 동일했다. Cs-134의 반감기(2년)가 Cs-137(30년)보다 짧기 때문에, 최근 후쿠시마에 존재하는 주된 방사성 핵종은 Cs-137이다. 따라서, 반감기가 2년인 Cs-134의 양은 2013년에 2011년의 50% 수준이었다. 그 결과, 전체적인 세슘 농도가 초기에는 비교적 급속히 하락했다. Cs-137는 반감기가 30년이기 때문에, 인간의 개입이나 기상, 자연 현상 등 외부 요인이 없는 상황에서는 Cs-137 농도가 수십년에 걸쳐 서서히 하락하면서 비교적 일정하게 유지될 것이라고 예측 가능하다.

그린피스 방사선방호전문가그룹은 그동안 다양한 방법을 통해 조사 작업을 진행했다. 체계적 측정을 위해 사용한 방법은 다음과 같다.

- 매우 효율이 높고 교정이 완료된, 나트륨 요오드화물NaI 신틸레이터(Georadis RT30: 2000 cps/ μ Sv.h-1 (Cs-137))를 사용해 1m 높이에서 초당 1회씩 주변선량을 측정했다.
- 핫스팟을 찾아 움직이는 것이 아니라, 가능하면 격자 패턴으로, 체계적으로 움직이며 측정했다.
- 주택 소유주의 허락을 득한 후 각 주택 인근에서 측정했다. 주택 인근 지역은 대략 5~10개 구역으로 나누었다. 강 또는 기타 시설 주변은 측정구역 수가 더 적었다. 측정구역은 밭, 통행로, 산림 지역 등이었다. 구역 별로 각각 측정했으며, 측정지점은

구역 당 최소 100개, 또는 중간값 200~300개였다. 각 주택 및 부지 내 총 측정지점 개수는 보통 3,000~5,000개였다.

- 과학적 기준에 따라, 각 구역의 평균, 중간 및 최대 값을 측정했다. 그 후, 주택 및 부지에 대해 가중 평균을 계산했다. 각 구역에는 동일한 가중치를 주었다. 매년 측정지점 수가 달라지기 때문에, 연도별 비교를 하기 위해서였다. 최대치는 동일 구역에서 최대값이 측정된 한 지점을 의미한다.

보고서에는 잠재적인 연간 인체피폭 값이 mSv/y(밀리시버트)로 표시되어 있으며, 일본 정부 계산 방식에 따른 추정선량에 해당한다. 즉, 주민들이 일평균 8시간을 실외에서 보낸다는 가정 하에, 목조주택 실내에 머무르는 동안의 방사선 차폐를 고려한 것이다. 후쿠시마의 주택 방사선 조사에 관한 지난 보고서에도 모두 언급되어 있듯이, 농촌 지역의 주민 상당수는 일 8시간 이상을 실외에서 보내기 때문에 해당 수치는 과소계상되었을 수 있다. 함께 기재된 그린피스의 연간 인체선량 계산값은 1m 높이에서 방사선 값을 측정해, 특정 위치에서 연간 (총 8,760시간) 성인의 피폭량을 계산한 것이다.

4장. 피난 명령 해제 지역: 이타테 및 나미에

2017년 3월 31일, 일본 정부는 이타테와 나미에에 일부 지역에 대한 피난명령을 해제했다. 이곳은 후쿠시마 제1원전의 북쪽 및 북서쪽에 위치하고 있다. 두 지역의 최고오염 지역은 귀환곤란지역이며, 이 지역은 피난명령 해제 대상에서 제외됐다.

그린피스는 2011년 3월 나미에 및 이타테 지역에서 1차 방사선 조사를 실시했으며, 2012~2020년 이곳과 기타 지역에서 계속 조사를 진행해 왔다. 2015년 이타테를 다시 방문했을 때, 체계적인 주택 방사선 조사를 시작했으며 이후 매년 동일한 지역을 방문하고 있다. 2017년 9월 그린피스는 나미에 정 중심지까지 조사 작업을 확대했다. 과거 주민 대부분이 거주했던 곳이었다. 피난 명령이 해제된 이타테 및 나미에 지역의 많은 곳에서 정부의 장기목표치인 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 을 상회하는 오염지역이 나타난다.

이는 주민들이 이타테 및 나미에로 귀환하는 경우 방사선 피폭량이 연간 최대 권고치인 1 mSv를 훨씬 웃도는 경우가 발생할 수 있음을 의미한다. 일본 정부는 피난명령이 해제된 지역의 경우 20 mSv/y까지 허용가능한 피폭 수준이라고 주장한다. 하지만 1 - 5 mSv/y 수준의 선량 피폭에서도 암 발생 위험이 증가한다는 사실을 과학적 증거를 통해 명백히 알 수 있다.²⁵

²⁵ The Lancet, “Ionizing radiation and risk of death from leukemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study”, Klervi Leuraud, David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, Michael Gillies, Jacqueline A O’Hagan, Ghassan B Hamra, Richard Haylock, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, Ausrele Kesminiene, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Public Health England’s Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards (PHE- CRCE), University of North Carolina (UNC), Center for Research in Environmental Epidemiology (CREAL), Drexel University - School of Public Health, Pompeu Fabra University (UPF), CIBER- BBN, IRSN laboratory Ionizing Radiation Epidemiology Laboratory (LEPID), Lancet Haematol, 22 June, 2015 see [https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(15\)00094-0](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(15)00094-0). Funding for the study was provided by Funding – Centers for Disease Control and Prevention, Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, AREVA, Electricité de France, National Institute for Occupational Safety and Health, US Department of Energy, US Department of Health and Human Services, University of North Carolina, Public Health England, as well as the Centers for Disease Control and Prevention (5R030H010056-02) and the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (GA No 2012-02-21-01)

5장. 이타테

행정구역인 이타테는 이타테 촌이라고도 불리며, 후쿠시마 현의 하마도리 지역에 속하고, 후쿠시마 제1원전에서 28~47km 사이에 위치하고 있다.²⁶ 이타테는 2011년 3월 15~16일 사이 특히 심각한 피해를 입었다. 원전 북서쪽으로 바람이 불어 방사성 물질이 그 방향으로 이동했기 때문이다.²⁷ IAEA의 후쿠시마 요약 보고서에 따르면, 초고농도의 방사성 세슘이 원자로 북서쪽에 침적되어 있으며 그 밀도는 1,000kBq/m²에서 10,000 kBq/m²사이이다. IAEA는 후쿠시마 현 전체 Cs-137의 평균 침적밀도가 100kBq/m²라고 보고하고 있다.²⁸ IAEA의 오염 토지 참고치 40kBq/m²를 훨씬 상회하는 수치다. 요오드-131 및 133 (I-131, I-133), 세슘-134 및 137(Cs-134, Cs-137) 등 후쿠시마 원전에서 발생한 방사성 낙진은 이타테의 산림 지역, 농지, 주택에 침적되었다.

그 중 현재 그리고 앞으로 가장 우려되는 것은 방사성 세슘(특히 Cs-137)으로 반감기가 30년에 달한다. 반감기 10회 (300년) 동안 계속 위험 요인이 된다는 뜻이다.²⁹ 방사성 세슘 외에 인체에 위험한 기타 방사성 핵종도 침적되어 있다. 이타테 등 후쿠시마 현 전체의 도로 및 토양 시료에서 채취한 흑색 먼지를 분석한 결과, 노심 연료와 동일한 특성을 갖는 초우라늄 오염물질 (우라늄보다 원자 번호가 더 큰 방사성 원소³⁰)이 발견되었다.³¹

²⁶ 이타테 촌으로도 불리나, 일본 사회에서는 사실상 하나의 행정구에 해당한다.

²⁷ "Summary of the Fukushima accident's impact on the environment in Japan, one year after the accident", IRSN February 28 2012, see https://www.irsn.fr/en/publications/thematic/fukushima/documents/irsn_fukushima-environment-consequences_280220_12.pdf; 한 보고서에 따르면, "사고 후 4일 째 되는 3월 15일, 이타테 촌 시청 앞에서 측정한 방사선 준위는 44.7μSv/h였다." Masuro Sugai "Consequences of Delayed Evacuation in Iitate-Mura Village", Kokugakuin University, July 2014, Conference: XVIII ISA World Congress of Sociology, see https://www.researchgate.net/publication/268108920_Consequences_of_Delayed_Evacuation_in_Iitate-Mura_Village

²⁸ Fukushima Daiichi Accident, Summary Report by the Director General, Board of Governors May 14 2015, IAEA, 2015, see <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf>

²⁹ 총 Cs-134량은 침적 초기(Year=0) CS-137 양과 동일했으나, 5년 후 초기 양의 10% 이하로 줄어들었다.

CS-134는 반감기가 2.1년이기 때문이다. Cs-137과 Cs-134를 합한 총량은 약 10년 후 초기 낙진의 절반으로 줄어드는데, 이는 주로 Cs-134의 방사성 붕괴 때문이다. 하지만, CS-137이 주요 핵종을 이루게 되는 10년 후부터는 총 방사성 세슘량 감소가 둔화될 것이다. see, Shoji Hashimoto, Toshiya Matsuura, Kazuki Nanko, Igor Linkov, George Shaw & Shinji Kaneko, "Predicted spatio-temporal dynamics of radiocaesium deposited onto forests following the Fukushima nuclear accident", 2 September 2013, see <http://www.nature.com/srep/2013/130902/srep02564/full/srep02564.html>

³⁰ 초우라늄은 우라늄(92)보다 원소번호가 큰 방사성 원소를 말한다. 소위 악티나이드 원소에 해당하며, 총 26개가 있다. 방사성 독성이 가장 강하고 위험한 물질 중 하나인 플루토늄도 그 중 하나다.

³¹ M. Yamamoto, et al, "Isotopic Pu, Am and Cm signatures in environmental samples contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident", Journal of Environmental Radioactivity. 132 (2014) 31- 46.

주민에 대한 영향

2011년 3월 11일 기준 인구는 6,509명이었는데, 2011년 6월 피난명령이 내려진 지 2달 후에도 높은 방사선 준위에도 불구하고 1,000명 이상이 여전히 거주중이었다. 그 결과 이타테 촌 주민들은 일본에서 방사선 피폭이 가장 심하다.³² 후쿠시마 현 다른 지역과 마찬가지로, 이타테는 2012년 제염 구역으로 지정되었다.³³

2017년 3월 31일 이타테 지역 대부분에서 피난 명령이 해제되었고, 2020년 12월 1일 기준 돌아온 인구는 1,255명 (2011년 3월의 19%)였다.³⁴ 수천명의 주민들은 여전히 기존의 거주지에서 떠나 있는 상태다.³⁵ 2012년 12월 선출된 아베 신조 정부는 매우 단호하게 이타테 주민들을 강요했다. 이타테는 후쿠시마 제1원전 반경 20km에서 한참 떨어져 있지만, 이타테의 방사성 오염 문제는 심각한 핵사고의 영향이 원전 주변 지역에만 국한될 수 없음을 일본 국민들에게 계속 상기시켜주고 있다.

토루 안자이 씨 주택 조사

2011년부터 그린피스는 이타테 지역에서 10 차례의 방사선 조사를 진행했으며, 2015년 7월부터는 주민들의 집을 중심으로 조사를 실시했는데, 그 중 하나가 토루 안자이 씨의 집이다.

³² Tetsuji Imanaka 1, Satoru Endo, Masuro Sugai, Shoji Ozawa, Kiyoshi Shizuma, Masayoshi Yamamoto", Early radiation survey of Iitate village, which was heavily contaminated by the Fukushima Daiichi accident, conducted on 28 and 29 March 2011", June 2012, see <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22549322/>

³³ 제염특별구역 및 이타테의 제염작업을 위한 규제정책의 근간은 2011년 8월 제정된 『방사능 오염 취급에 관한 특별조치법(“특별조치법”)』으로, 2012년 1월부터 전면 시행되었다. 환경부는 소외 복구 및 폐기물 관리를 담당하고, 농림수산성이 산림 및 농지 관련 조치에 참여한다. 후생노동성은 복구 작업자에 대한 방사선 방호를 담당한다. 내각부는 피난 구역 설정 및 재정비, NRA는 모니터링 조율과 과학/기술 자문 제공을 통해 모든 활동을 지원하고 있다.

³⁴ Iitate Village, "About the evacuation situation of villagers as of 1 December 2020", see, <https://www.vill.iitate.fukushima.jp/uploaded/attachment/11488.pdf>

³⁵ 33번과 동일

표 2 - 이타테, 안자이 씨의 집: 2015~2020년, 모든 구역의 선량

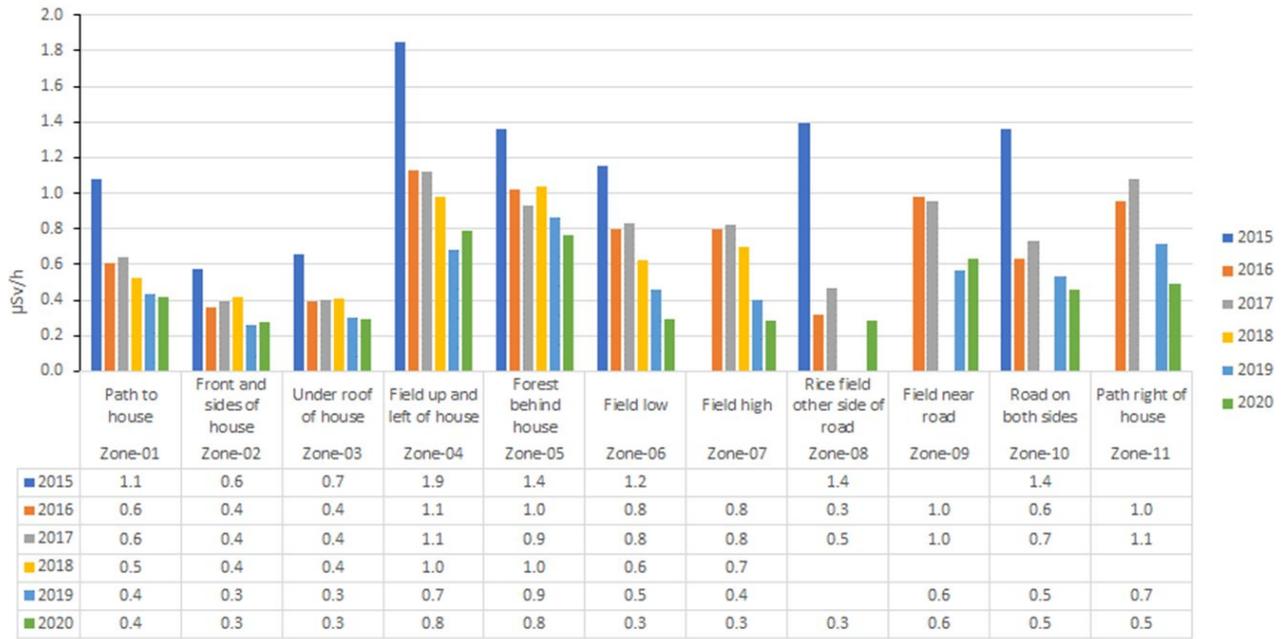
(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Zone name	Max (μSv/h)						Average (μSv/h)						Average % of previous year					
	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Zone-01 Path to house	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	1.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	1.1	96%	83%	82%	105%	56%	n/a
Zone-02 Front and sides of house	0.6	0.5	0.9	0.8	0.7	1.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	108%	62%	107%	108%	63%	n/a
Zone-03 Under roof of house	0.5	0.5	0.9	0.6	0.7	1.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	98%	73%	103%	101%	60%	n/a
Zone-04 Field up and left of house	1.2	1.0	1.3	1.4	1.5	2.3	0.8	0.7	1.0	1.1	1.1	1.9	115%	70%	87%	99%	61%	n/a
Zone-05 Forest behind house	1.4	1.3	1.7	1.6	1.5	2.2	0.8	0.9	1.0	0.9	1.0	1.4	88%	84%	111%	92%	75%	n/a
Zone-06 Field low	0.6	0.7	1.1	1.1	1.1	2.0	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8	1.2	64%	73%	75%	105%	69%	n/a
Zone-07 Field high	0.7	0.7	1.4	1.4	1.6	n/a	0.3	0.4	0.7	0.8	0.8	n/a	70%	57%	85%	103%	n/a	n/a
Zone-08 Rice field other side of road	0.8	n/a	n/a	1.2	0.6	1.7	0.3	n/a	n/a	0.5	0.3	1.4	n/a	n/a	n/a	145%	23%	n/a
Zone-09 Field near road	1.5	1.0	n/a	2.0	1.5	n/a	0.6	0.6	n/a	1.0	1.0	n/a	111%	n/a	n/a	98%	n/a	n/a
Zone-10 Road on both sides	1.1	1.1	n/a	1.4	1.0	2.6	0.5	0.5	n/a	0.7	0.6	1.4	86%	n/a	n/a	116%	47%	n/a
Zone-11 Path right of house	1.1	1.0	n/a	1.6	1.5	n/a	0.5	0.7	n/a	1.1	1.0	n/a	69%	n/a	n/a	113%	n/a	n/a
Zone-12 Inside house	n/a	n/a	n/a	0.7	n/a	0.9	n/a	n/a	n/a	0.3	n/a	0.5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ALL Summary*	1.5	1.3	1.7	2.0	1.6	2.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	1.1	91%	72%	93%	108%	57%	n/a

Zone name	Number of points						Above 0.23 μSv/h						Above 1 μSv/h					
	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Zone-01 Path to house	324	184	447	255	284	481	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	78%
Zone-02 Front and sides of house	439	241	464	372	301	234	70%	70%	98%	98%	87%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Zone-03 Under roof of house	121	170	630	186	169	573	87%	76%	99%	98%	98%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	11%
Zone-04 Field up and left of house	633	405	542	365	283	524	100%	100%	100%	100%	100%	100%	3%	0%	62%	88%	88%	100%
Zone-05 Forest behind house	1256	732	952	644	358	814	100%	100%	100%	100%	100%	100%	23%	21%	65%	48%	53%	71%
Zone-06 Field low	833	285	1018	370	327	1126	65%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	1%	8%	2%	73%
Zone-07 Field high	825	515	695	607	578	n/a	61%	93%	100%	100%	100%	n/a	0%	0%	10%	16%	18%	n/a
Zone-08 Rice field other side of road	791	n/a	n/a	510	239	332	72%	n/a	n/a	100%	98%	100%	0%	n/a	n/a	3%	0%	100%
Zone-09 Field near road	454	178	n/a	183	103	n/a	100%	100%	n/a	100%	100%	n/a	1%	0%	n/a	22%	30%	n/a
Zone-10 Road on both sides	339	694	n/a	857	194	592	100%	100%	n/a	100%	100%	100%	1%	0%	n/a	4%	1%	95%
Zone-11 Path right of house	674	247	n/a	339	292	n/a	96%	100%	n/a	100%	100%	n/a	1%	0%	n/a	65%	42%	n/a
Zone-12 Inside house	n/a	n/a	n/a	217	n/a	817	n/a	n/a	n/a	100%	n/a	100%	n/a	n/a	n/a	0%	n/a	0%
ALL Summary*	6689	3651	4748	4905	3108	5493	86%	94%	100%	100%	98%	100%	3%	2%	20%	21%	21%	59%

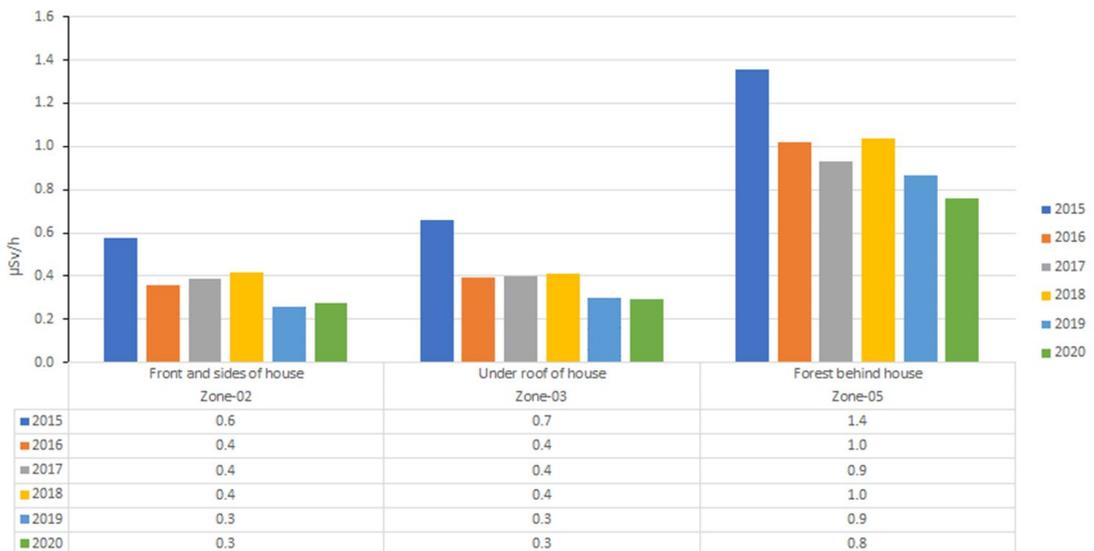
최대측정값은 2018~2019년 사이 감소했다(1.7 μSv/h에서 1.3 μSv/h, 24% 감소). 하지만 2020년에는 최대측정값은 1.5 μSv/h로 증가했다. 2015년 제염작업 완료 후, 안자이 씨 사유지의 방사선 선량은 2016~2018년 사이 대부분 일정 수준으로 유지되었으나, 일부 재오염 흔적이 나타났다. 2019년 측정값이 크게 감소한 것은 방사성 붕괴만으로는 설명되지 않으며, 2019년 10년 일본을 강타한 태풍 하기비스 당시 폭우 때문인 것으로 보인다. 2020년 그린피스 조사팀의 주요 목적 중 하나는 안자이 씨 사유지를 다시 방문해, 폭우가 산림 지역의 방사성 세슘에 미치는 영향을 추가 조사하는 것이었다.

차트 2 - 안자이 씨 주택: 2015~2020년, 구역 1~11, 방사선 조사



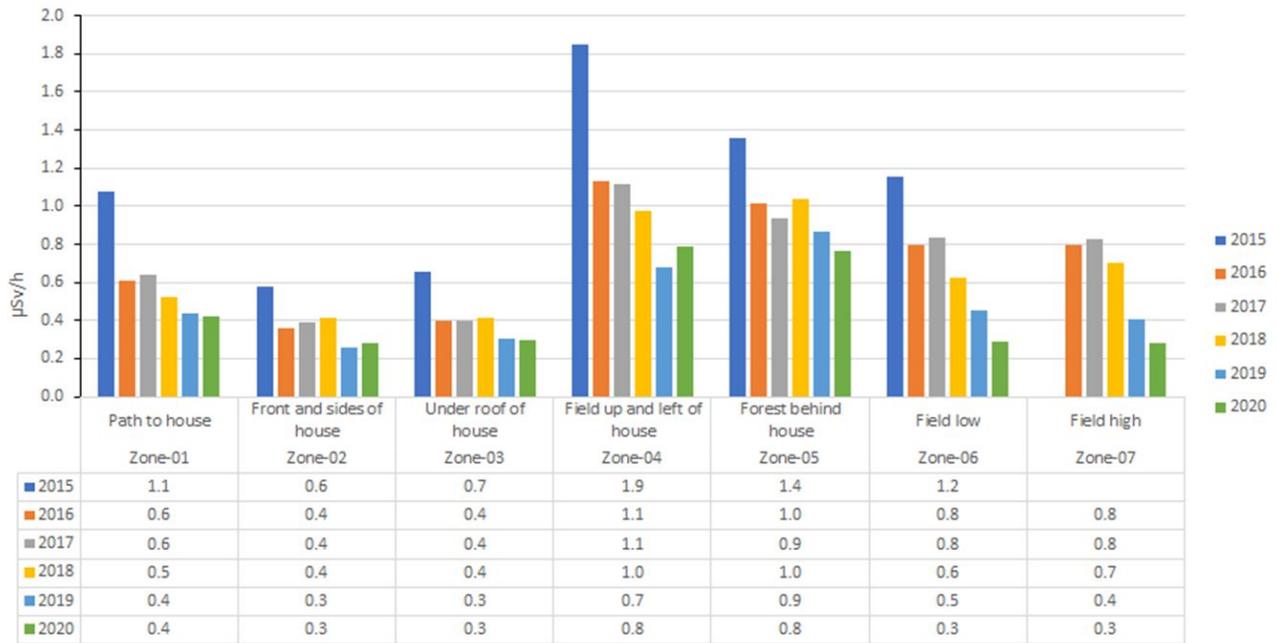
과거 조사에 따르면 안자이 씨 사유지의 5구역 산림 지역은 제염 작업의 효과가 훨씬 떨어졌다. 일반적인 정부 방식대로, 안자이 씨 주택에서 산림 지대 쪽으로 20m 까지 제염 작업이 이루어졌다. 2020년 11월 5구역의 방사선 준위는 평균 0.8 $\mu\text{Sv/h}$, 최대 1.4 $\mu\text{Sv/h}$ 였다. 집 인근 경사지대의 방사선 준위는 집 내부에 직접 영향을 주기 때문에 중요하다. 제염되지 않은 산림 지역에서 방사성 물질이 유입되면 주택 주변과 인근의 제염완료 지역을 재오염시킬 수 있다. 이타테의 많은 주택은 제염이 불가능한 산림 경사지대에 인접해 있으며 이와 비슷한 영향을 받았다.

차트 3 - 안자이 씨 주택: 2015~2020년, 2, 3, 5구역 방사선 조사



2, 3구역의 데이터 (차트 3)에 따르면, 평균 방사선 준위가 2019~2020년 사이 변화가 없었으나, 경사가 가파른 산림 지대인 5구역에서는 감소했다. 경사 지대를 통해 방사선이 계속 침출되면서 이동함에 따라, 저지대 구역의 방사선 준위가 일정하게 유지되는 것일 수 있다. 5구역은 제염 작업이 더욱 제한적이었기 때문에 4구역과 함께 지금까지도 평균 준위가 가장 높다.

차트 4 – 안자이 씨 주택: 2015~2020년, 1~7구역 방사선 조사



모든 구역에서 2018~2019년에 측정된 방사선 준위가 감소한 것은 2019년 조사 직후 발생한 태풍 하기비스의 영향일 수 있다. 5구역에서는 2018~2019년 사이 1 µSv/h를 초과하는 측정지점 수가 크게 감소했다. 비율을 보면 1 µSv/h를 초과하는 측정점은 2018년 65%에서 2019년 21%로 눈에 띄게 감소했다. 2018~2019년 준위가 가장 크게 감소한 곳은 2, 4, 7구역이었다. 4구역에서는 2020년에 방사선 준위가 다시 증가했다. 2020년 11월에는 4구역 평균 준위 15% 증가, 7구역은 30% 감소했다 (표 2). 현재까지의 증거를 보면 측정값 변화의 원인이 기상 현상이라고 100% 확신할 수는 없다. 하지만 이 측정 결과들은 후쿠시마 방사성 오염 실태의 복잡성을 보여주기에 충분하다.

표 3- 안자이 씨 주택: 2020년 11월, 모든 구역의 방사선 측정값

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Intervals	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
$\geq 5\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
$< 5 \text{ and } \geq 3.8\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
$< 3.8 \text{ and } \geq 2\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
$< 2 \text{ and } \geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	1	0%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
$< 1.5 \text{ and } \geq 1\mu\text{Sv/h}$	323	5%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
$< 1 \text{ and } \geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	2,467	37%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
$< 0.5 \text{ and } \geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	2,882	43%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	1,016	15%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
Total number of points	6,689	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

$\mu\text{Sv/h}$	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
no. points < 0.23	1,016	15%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.23	5,673	85%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.5	2,791	42%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1	324	5%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1.5	1	0%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 2	0	0%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 3.8	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 5	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
Total number of points	6,689	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

2020년, 안자이 씨 주택 5개 구역의 측정값이 모두 정부의 장기 제염목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 를 초과하는 것으로 나타났다. 일본 정부 계산방법을 적용해 계산한 경우, 전체 측정지점 중 (표 2 참조) 85%는 선량이 1 mSv/y를 초과했으며, 1년 연속피폭 기준으로 2 mSv/y를 초과했다.³⁶ 안자이 씨 주택에 대한 제염 작업은 2015년 완료되었으나, 거의 6년이 지난 후에도 방사선 준위는 일본 정부의 제염 목표치인 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 를 크게 초과한다. 안자이 씨 사유지 중 42%는 선량이 일본 정부 계산방법 기준 3 mSv/y, 1년 연속피폭 기준 4 mSv/y를 초과하는 상태였다. 2020년 측정 결과와 같이, 안자이 씨 사유지 주변 구역의 5%는 일본 정부 계산방법 기준 5 mSv/y, 1년 연속피폭 기준 8 mSv/y을 초과한다.

토루 안자이 씨는 강제로 집을 떠난지 10년이 지난 지금도, 선조들의 땅이 있는 이타테를 떠나 여전히 피난민 신세다. 안자이 씨의 주택이 있었던 85%의 부지 주변에서 국제방사선방호위원회 International Commission on Radiological Protection (ICRP)가 일반인에게 권고하는 연간 선량한도인 1 mSv를 초과하는 지점이 다수 발견됐다.³⁷

³⁶ 일본 정부의 장기 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 는 주민들이 실외에서 일평균 8시간을 보낸다고 가정하고 실내에 있는 동안은 방사선에서 차폐됨을 고려할 때 연간선량 1 mSv로 추정된다. 일본 당국이 다수의 국민들에게 적용하는 이 방법론은 위험을 과소평가하고 있다. 이 지역은 농업 및 임업에 크게 의존하기 때문에, 주민들은 후쿠시마 핵재난 전 대부분, 특히 봄, 여름, 가을에는 야외에서 일하고 생활했다. 겨울에도 산림 지대 등 실외 작업이 진행되었다. 여기에서의 최대치는 해당 지역에서 1년 내내, 8,760 시간을 보낸다는 것을 가정으로 한다.

³⁷ 방사선량 국제 기준은 국제 방사선 방호 위원회(ICRP)에서 정한다. 위원회가 권고하는 일반인의 연간 피폭 한도 선량은 1mSv/y이며 일본 정부도 2012년까지는 이를 적용했다. 그러나 후쿠시마현 방사능 오염이 심화되자 연간 한도선량을 수정했다. see ICRP 111: Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas

6장. 나미에

나미에는 원전에서 북북서 쪽으로 5-30km 떨어져 있다. 2011년 인구는 2만 1,434명이었다.³⁸ 이 곳에서는 2014년 제염 작업이 시작되어 2017년 3월 피난 명령이 해제될 때 까지 계속되었다. 하지만 2017년부터 그린피스가 조사한 바에 따르면, 제염 작업은 정부의 장기 목표치인 0.23 μSv/h를 달성하는데 분명 실패했다. 나미에 지역은 귀환곤란 출입통제구역으로 지정되어 있으며 사람이 거주하지 못하도록 폐쇄되어 있는 상태다. 2021년 3월 현재, 다른 유사 구역과 마찬가지로 제한적인 제염 작업이 계속 진행중이다.

나미에 유치원 및 학교시설

그린피스 일본 사무소는 2017년부터 매년 나미에의 출입가능구역에 위치한 유치원 및 학교 시설에서 방사선 조사를 실시해왔으며, 가장 최근 조사는 2020년 11월이었다. 특히 학교에 인접한 소규모 산림 지대에서 방사선 준위를 조사했다. 해당 학교 시설 운영이 재개될 가능성은 없지만, 나미에 정 주민들은 여전히 접근가능한 상태다.

표 4 – 나미에 출입가능구역의 유치원 및 학교: 2017~2020년, 모든 구역의 선량

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Zone name		Max (μSv/h)				Average (μSv/h)				Average % of previous year			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Forest in front of school	2.8	2.3	2.9	3.1	1.6	1.6	1.8	1.9	106%	86%	96%	n/a
Zone-02	Road in front of school	1.0	1.5	0.8	1.1	0.4	0.5	0.4	0.5	79%	126%	91%	n/a
ALL	Summary*	2.8	2.3	2.9	3.1	1.0	1.1	1.1	1.2	92%	106%	93%	n/a

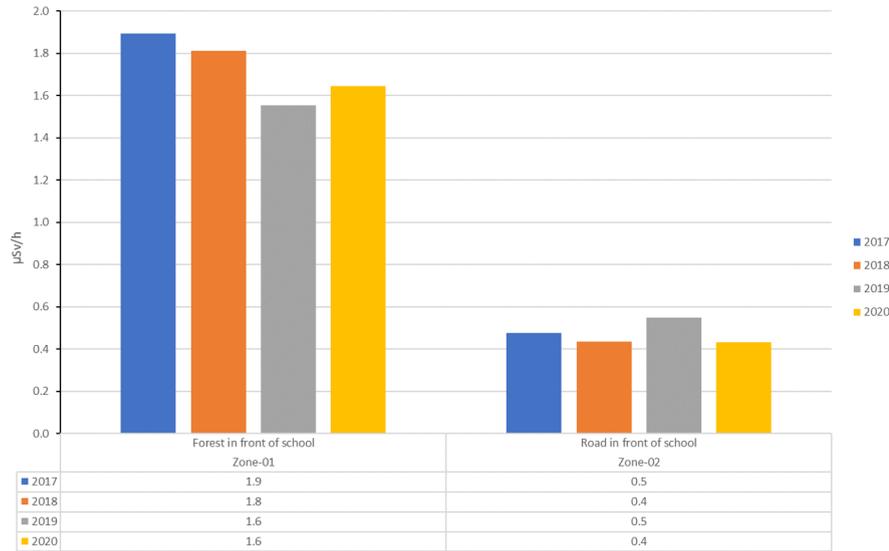
Zone name		Number of points				Above 0.23 μSv/h				Above 1 μSv/h			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Forest in front of school	822	2280	1584	822	100%	100%	100%	100%	88%	97%	99%	90%
Zone-02	Road in front of school	858	1468	698	674	93%	98%	98%	100%	0%	5%	0%	1%
ALL	Summary*	1680	3748	2282	1496	97%	99%	99%	100%	44%	51%	50%	45%

표4, 차트5와 같이, 지난 4년 간 방사선 준위는 비교적 안정적인 상태를 유지해 왔다. 세슘-137(Cs-137)이 방사성 붕괴로 감소하면서 앞으로도 상당히 일정한 상태로 유지될 것임을 알 수 있다.

after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency, available at [http:// www.icrp.org](http://www.icrp.org). See also, OECD, Nuclear Energy Agency: Evolution of ICRP Recommendations 1977, 1990 and 2007. Changes in Underlying Science and Protection Policy and their Impact on European and UK Domestic Regulation, ISBN 978-92-64-99153- 8, 2011, see <https://www.oecd-nea.org/rp/reports/2011/nea6920-ICRP-recommendations.pdf>.

³⁸ Fukushima prefecture, see <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/26-11.html> (in Japanese)

차트 5 – 나미에 출입가능구역의 유치원 및 학교 시설: 2017~2020년, 방사선 조사



1구역의 경우, 산림 지역에서 2020년 조사한 측정지점 822개 모두 계속해서 일본 정부 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상을 기록했으며, 88%는 1 $\mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다. 2구역은 제염이 완료된지 4년 후 2017년 피난 명령이 해제되었으나, 유치원 및 학교 바로 바깥에 있는 구역의 모든 측정값이 정부 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 보다 높았다.

이 구역들 모두 방사선 준위가 계속 변동했으나, 2019년에는 1구역은 감소하고 2구역은 증가했다 (2017년, 2018년 대비). 이는 조사 몇 일 전 발생한 태풍 하기비스로 인해 방사성 물질이 산림 지대에서 도로로 씻겼기 때문일 수도 있다. 2구역은 주로 표면이 단단한 도로와 인도로 구성되어 있기 때문에, 2020년 학교 앞 도로의 방사선량이 감소한 이유는 시간이 지나면서 단단한 표면의 방사능이 물에 씻겨 내려갔을 가능성이 있다. 2020년 산림 지역에서 방사선 준위가 증가한 것은 방사성 물질의 타 이동로를 통해 또는 가파른 언덕 지대에서 방사성 물질이 재부유(resuspension)했기 때문일 것이다.³⁹ 두 구역의 평균 및 최대 방사선 준위 모두 너무 높기 때문에, 어린 학생들이 모이는 것은 물론이고 거주가능 지역으로 개방하기 어려운 상황이다.

³⁹ Op.Cit. Radiation Reloaded, 2016; and IAEA, "Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant", Report of Working Group 4 Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment Subgroup 2 on Fukushima Data IAEA Programme on Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (MODARIA II), Vienna, 2020, see <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1927web.pdf>

표 5 – 나미에 유치원 및 학교 시설 인근 산림 지대: 2020.11, 방사선, 1구역

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Intervals	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
$\geq 5\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
$< 5 \text{ and } \geq 3.8\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
$< 3.8 \text{ and } \geq 2\mu\text{Sv/h}$	238	29%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
$< 2 \text{ and } \geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	271	33%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
$< 1.5 \text{ and } \geq 1\mu\text{Sv/h}$	217	26%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
$< 1 \text{ and } \geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	94	11%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
$< 0.5 \text{ and } \geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	2	0%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
Total number of points	822	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

$\mu\text{Sv/h}$	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
no. points < 0.23	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.23	822	100%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.5	820	100%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1	726	88%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1.5	509	62%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 2	238	29%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 3.8	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 5	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
Total number of points	822	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

학교 인근 산림 지대(1구역) 33%의 연간선량은 정부 계산 방식 기준 8-10 mSv, 1년 연속피폭 기준 13 - 17 mSv였다. 해당 구역의 29%는 이 수치가 각각 10 - 20 mSv/y 및 17 - 33 mSv/y였다. 1구역의 측정지점 822개 중, 방사선 준위가 선량 1 mSv/y 이하에 해당하는 곳은 없었다.

타카세 강

타카세 강은 나미에 구를 가로지르며, 출입가능구역과 “귀환곤란” 출입통제구역을 나누는 경계선이다. 그린피스 방사선방호전문가들은 2017년 3월 피난 명령이 해제된 이 지역에서 2018, 2019, 2020년 타와츠다 마을 인근의 방사선을 측정했다. 후쿠시마의 모든 강과 마찬가지로 타카세 강에는 2019년 10월 대규모 홍수가 발생했다. 태풍 하기비스의 영향이다.

홍수 발생 수일 후, 그린피스 조사가 진행되었다. 홍수로 인해 후쿠시마 현 하천을 통해 대량의 방사성 물질이 이동했을 것을 쉽게 예측할 수 있다. 중요한 점은 타카세 강은 오보리 촌을 통과한다는 사실이다. 오보리 촌은 나미에 출입통제구역 중 가장 오염이 심한 곳 중 하나다. 다시 말해 빗물을 따라 오보리 촌의 고농도 세슘이 강으로 이동했을 거란 예측이다. 표 6과 같이, 이 지역의 방사선 준위는 일본 정부의 장기 목표치 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 를 꾸준히 상회하고 있다. 2018년 이후 2구역에서 벌채 및 복구 작업이 진행됨에 따라 정확한 측정이 불가능했다. 대신, 2019, 2020년에는 강 기슭을 따라 측정을 실시했다.

표 6 – 나미에 출입허용구역 내 타카세 강: 2018~2020년, 모든 구역의 선량

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Zone name		Max (μSv/h)			Average (μSv/h)			Average % of previous year		
		2020	2019	2018	2020	2019	2018	2020	2019	2018
Zone-01	Path along river	1.5	3.0	1.5	0.6	1.1	0.7	60%	144%	n/a
Zone-02	Forest along river	n/a	n/a	4.8	n/a	n/a	1.9	n/a	n/a	n/a
Zone-03	Bank along river	2.0	1.7	n/a	1.0	1.0	n/a	106%	n/a	n/a
ALL	Summary*	2.0	3.0	4.8	0.8	1.0	1.3	83%	144%	n/a

Zone name		Number of points			Above 0.23 μSv/h			Above 1 μSv/h		
		2020	2019	2018	2020	2019	2018	2020	2019	2018
Zone-01	Path along river	1803	382	1354	97%	100%	100%	4%	54%	15%
Zone-02	Forest along river	n/a	n/a	2016	n/a	n/a	98%	n/a	n/a	59%
Zone-03	Bank along river	1334	3348	n/a	100%	100%	n/a	53%	47%	n/a
ALL	Summary*	3137	3730	3370	98%	100%	99%	29%	51%	37%

타카세 강 1구역 (강변 통행로) 조사에서 평균 방사선 준위는 2020년 (0.6 μSv/h) 및 2018년 (0.7 μSv/h) 대비 2019년(1.1 μSv/h)에 더 높았다. 이는 태풍으로 인한 홍수의 영향일 수 있다. 2019년 최대 측정치 3 μSv/h는 2020년 1.5 μSv/h로 다시 낮아졌으며, 이는 외부 요인의 영향을 다시 한번 시사하는 것이다.

표 7 – 나미에, 타카세 강: 2020.11, 1구역, 강변 통행로의 방사선

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Intervals	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
>= 5μSv/h	0	0%	>= 26 mSv/y	>= 43 mSv/y
< 5 and >= 3.8μSv/h	0	0%	>= 20 mSv/y	>= 33 mSv/y
< 3.8 and >= 2μSv/h	0	0%	>= 10 mSv/y	>= 17 mSv/y
< 2 and >= 1.5μSv/h	0	0%	>= 8 mSv/y	>= 13 mSv/y
< 1.5 and >= 1μSv/h	78	4%	>= 5 mSv/y	>= 8 mSv/y
< 1 and >= 0.5μSv/h	1,257	70%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
< 0.5 and >= 0.23μSv/h	407	23%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
< 0.23μSv/h	61	3%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
Total number of points	1,803	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

μSv/h	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
no. points <0.23	61	3%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
no. points >=0.23	1,742	97%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
no. points >=0.5	1,335	74%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
no. points >=1	78	4%	>= 5 mSv/y	>= 8 mSv/y
no. points >=1.5	0	0%	>= 8 mSv/y	>= 13 mSv/y
no. points >=2	0	0%	>= 10 mSv/y	>= 17 mSv/y
no. points >=3.8	0	0%	>= 20 mSv/y	>= 33 mSv/y
no. points >=5	0	0%	>= 26 mSv/y	>= 43 mSv/y
Total number of points	1,803	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

1구역 측정지역 중 70%의 방사선 준위는 일본 정부 계산 방식 기준 3 - 5 mSv/y, 1년 연속피폭 기준 4 - 8 mSv에 해당했다. 3구역 강 기슭에서는 2020년 1,334개 지점을 측정했는데, 평균 준위는 1 μ Sv/h로 2019년과 동일했고, 최대치는 2019년(1.7 μ Sv/h)보다 상승한 2 μ Sv/h였다. 모든 측정지점의 평균값이 정부의 장기 제염목표치를 초과했으며, 평균 방사선 준위는 2011년 이전 수치인 0.04 μ Sv/h보다 20배 이상 높았다.

표 8 – 나미에, 타카세 강: 2020.11, 3구역, 강 기슭의 방사선

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

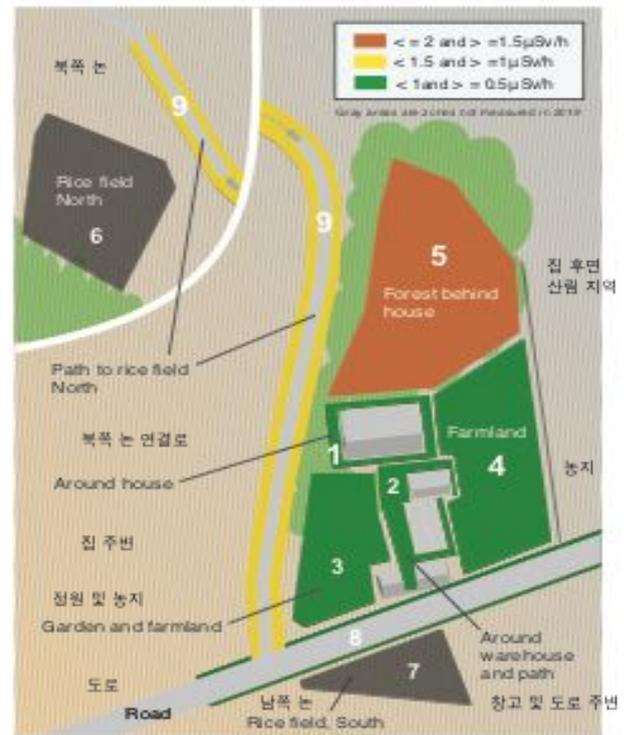
Intervals	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
$\geq 5\mu\text{Sv/h}$	0	0%	≥ 26 mSv/y	≥ 43 mSv/y
< 5 and $\geq 3.8\mu\text{Sv/h}$	0	0%	≥ 20 mSv/y	≥ 33 mSv/y
< 3.8 and $\geq 2\mu\text{Sv/h}$	0	0%	≥ 10 mSv/y	≥ 17 mSv/y
< 2 and $\geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	45	3%	≥ 8 mSv/y	≥ 13 mSv/y
< 1.5 and $\geq 1\mu\text{Sv/h}$	664	50%	≥ 5 mSv/y	≥ 8 mSv/y
< 1 and $\geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	625	47%	≥ 3 mSv/y	≥ 4 mSv/y
< 0.5 and $\geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	≥ 1 mSv/y	≥ 2 mSv/y
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
Total number of points	1,334	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	
$\mu\text{Sv/h}$	No. of points	% of points	mSv/y (Japan govt)(*)	mSv/y if 8760h/y (*)
no. points < 0.23	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
no. points ≥ 0.23	1,334	100%	≥ 1 mSv/y	≥ 2 mSv/y
no. points ≥ 0.5	1,334	100%	≥ 3 mSv/y	≥ 4 mSv/y
no. points ≥ 1	709	53%	≥ 5 mSv/y	≥ 8 mSv/y
no. points ≥ 1.5	45	3%	≥ 8 mSv/y	≥ 13 mSv/y
no. points ≥ 2	0	0%	≥ 10 mSv/y	≥ 17 mSv/y
no. points ≥ 3.8	0	0%	≥ 20 mSv/y	≥ 33 mSv/y
no. points ≥ 5	0	0%	≥ 26 mSv/y	≥ 43 mSv/y
Total number of points	1,334	100%	(*) avg. dose rate of 40nSv/h before March 2011 subtracted	

2020년 조사에 따르면, 나미에 촌 출입가능구역에서 타카세 강 기슭 경사지대 50%는 정부 계산 방식 기준 5 - 8 mSv/y, 1년 연속피폭 기준 8 - 13 mSv의 연간선량을 야기할 수 있는 수준이었다.

7장. 나미에 “귀환곤란” 출입통제구역

그림 1: 후쿠시마 현 나미에 출입통제지역 시모-쓰시마에 위치한 칸노 씨 집 도식도. 그린피스 팀의 방사선 조사를 위해 구역 구분 표시.

Diagram 1: Schematic of Ms. Kanino's house in Shimo-Tsushima, Namie exclusion zone, Fukushima prefecture, showing the designated Zones for the Greenpeace radiation survey team.



칸노 씨 주택 조사

칸노 씨의 집은 원전에서 서북서 쪽으로 30km 떨어진, 나미에 구 시모-쓰시마에 위치하고 있다. 2011년 3월 사고로 인해 심각한 방사성 오염이 발생했으며, 나미에 “귀환곤란” 출입통제구역 안에 위치하고 있다. 삼면이 숲으로 둘러 쌓여 있으며, 2011년 3월 이후 수목이 무성하게 자랐다. 일본 정부는 제염 기술의 우수성을 보여줄 사례로 칸노 씨의 집을 선택했고, 이 곳에서 2011년 12월부터 2012년 2월까지 대대적인 작업이 집중적으로 이루어졌다.

표9 - 칸노 씨의 집 주변 방사선량 조사 결과, 2019 - 2020

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Zone name		Max (μSv/h)				Average (μSv/h)				Average % of previous year			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Around house	0.9	0.8	0.9	1.3	0.5	0.5	0.6	0.7	99%	91%	79%	n/a
Zone-02	Path to house & around warehouse	1.3	1.1	n/a	2.1	0.7	0.7	n/a	1.1	110%	n/a	n/a	n/a
Zone-03	Garden left of path	1.4	1.5	n/a	1.8	0.7	0.9	n/a	0.8	78%	n/a	n/a	n/a
Zone-04	Farmland right of house	1.0	0.9	1.3	1.2	0.7	0.6	0.8	0.9	121%	70%	91%	n/a
Zone-05	Forest behind house	2.5	2.2	2.4	2.8	1.9	1.5	1.4	1.9	120%	112%	71%	n/a
Zone-06	Rice field behind house	n/a	n/a	n/a	2.4	n/a	n/a	n/a	1.9	n/a	n/a	n/a	n/a
Zone-07	Rice field	0.6	n/a	n/a	1.9	0.3	n/a	n/a	1.5	n/a	n/a	n/a	n/a
Zone-08	Road	2.0	1.3	n/a	1.6	0.6	0.6	n/a	0.7	99%	n/a	n/a	n/a
Zone-09	Path	2.7	2.1	5.9	5.8	1.3	1.1	1.7	1.7	113%	68%	96%	n/a
ALL	Summary*	2.7	2.2	5.9	5.8	0.8	0.8	1.1	1.3	106%	85%	84%	n/a

Zone name		Number of points				Above 0.23 μSv/h				Above 1 μSv/h			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Around house	283	248	394	238	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	9%
Zone-02	Path to house & around warehouse	363	479	n/a	550	100%	100%	n/a	100%	14%	2%	n/a	58%
Zone-03	Garden left of path	665	537	n/a	383	100%	100%	n/a	100%	11%	39%	n/a	13%
Zone-04	Farmland right of house	320	669	597	447	100%	100%	100%	100%	0%	0%	12%	24%
Zone-05	Forest behind house	325	504	803	902	100%	100%	100%	100%	100%	85%	60%	95%
Zone-06	Rice field behind house	n/a	n/a	n/a	761	n/a	n/a	n/a	100%	n/a	n/a	n/a	100%
Zone-07	Rice field	494	n/a	n/a	403	84%	n/a	n/a	100%	0%	n/a	n/a	95%
Zone-08	Road	645	536	n/a	470	99%	100%	n/a	100%	11%	6%	n/a	14%
Zone-09	Path	733	749	996	951	100%	100%	100%	100%	63%	54%	81%	91%
ALL	Summary*	3828	3722	2790	5105	98%	100%	100%	100%	25%	27%	38%	55%

그린피스는 2017년 9월 칸노 씨 집에서 첫번째 방사선 조사를 실시했고, 이후 2018년 10월, 2020년 11월에 후속 조사를 했다. 가족 농지 및 산림 지대 뿐만 아니라, 집과 인접한 지역을 중심으로 조사를 진행했다. 2019년, 7개의 측정구역에서 기록된 가중평균치는 0.8 μSv/h였다 (표9). 2018년 대비 가중평균이 15% 감소한 것에 대해, 그린피스는 이렇게 큰 편차는 방사성 붕괴나 공식 제염 작업으로 설명되기 어렵다고 판단했다. 2020년 조사에 따르면, 4개 측정구역의 방사선 준위가 증가했고, 2개 구역은 변동 없음, 3구역 (통행로 옆 정원)에서만 2019년 대비 수치가 감소했다.

4개 구역 (차트 6)에 대해서는 2017~2020년의 데이터를 모두 가지고 있다. 2018~2019년에는 평균 준위가 감소한 반면, 2017~2018년에는 전혀 감소하지 않았다. 그 이유 중 하나는 2019년에는 태풍 하기비스가 발생했던 것과 달리, 강우량이 적었기 때문인 것으로 보인다.

차트 6 – 칸노 씨의 집: 2020.11, 4개 구역에서 측정한 평균선량

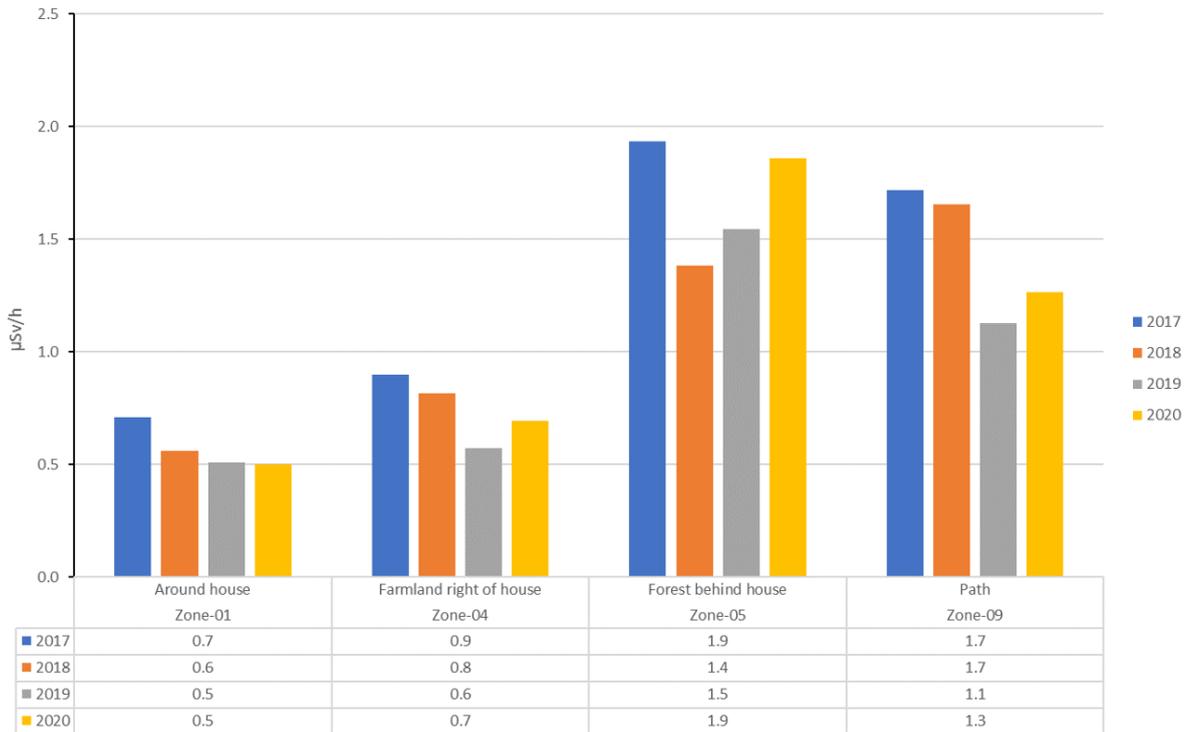
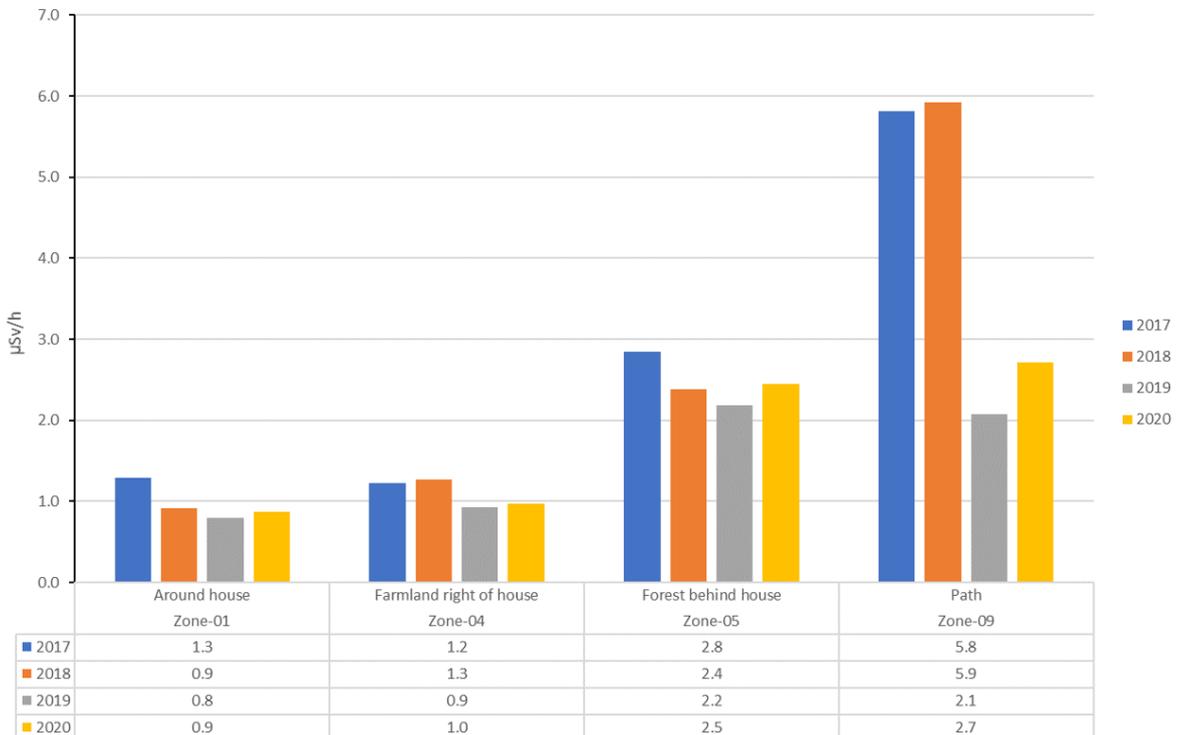


차트 7 – 칸노 씨의 집: 2020.11, 4개 구역에서 측정한 최대 선량



1, 4, 5, 9 구역(차트 6, 7)에서는 2019~2020년 방사선량이 증가했다. 9구역의 평균 준위는 2019년 1.1 $\mu\text{Sv/h}$ 에서 2020년 1.3 $\mu\text{Sv/h}$ 로 증가했으며, 최대 준위는 2.1 $\mu\text{Sv/h}$ 에서 2.7 $\mu\text{Sv/h}$ 로

증가했다. 1, 4, 9 구역은 2018년 대비 2019년에 감소한 반면, 5구역 (집 후면 산림 지대)에서는 평균 준위가 증가했다.

집 후면 산림 지대인 5구역은 방사선 준위가 2019~2020년 사이 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ 에서 1.9 $\mu\text{Sv/h}$ 로 증가했다. 이 지역은 약간의 경사가 있는 비탈 아래에 위치하고 있다. 9구역은 비탈을 올라가 옛 논 지대까지 이어지는 통행로인데, 2018~2019년 사이 방사선 준위가 감소했다 (1.7 $\mu\text{Sv/h}$ 에서 1.1 $\mu\text{Sv/h}$). 2020년에는 1.3 $\mu\text{Sv/h}$ 로 상승했다. 이러한 결과는 2019년 10월 태풍 하기비스로 세습 오염이 확산됐다는 점과 2020년 일부 지역을 재오염시켰을 가능성을 보여준다. 방사성 준위는 폭우 후 감소하는 듯 했으나, 이후 잠시 안정화되다가 완만한 이동을 통해 기존 수치로 돌아왔다. 이는 환경 내 방사성 세습의 거동이 매우 복잡함을 보여준다.

표10 – 칸노 씨의 집: 2017~2020년, 모든 구역 내 선량

(도로 안/밖에서 도보 조사. 1m 높이에서 측정)

Zone name		Max ($\mu\text{Sv/h}$)				Average ($\mu\text{Sv/h}$)				Average % of previous year			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Around house	0.9	0.8	0.9	1.3	0.5	0.5	0.6	0.7	99%	91%	79%	n/a
Zone-02	Path to house & around warehouse	1.3	1.1	n/a	2.1	0.7	0.7	n/a	1.1	110%	n/a	n/a	n/a
Zone-03	Garden left of path	1.4	1.5	n/a	1.8	0.7	0.9	n/a	0.8	78%	n/a	n/a	n/a
Zone-04	Farmland right of house	1.0	0.9	1.3	1.2	0.7	0.6	0.8	0.9	121%	70%	91%	n/a
Zone-05	Forest behind house	2.5	2.2	2.4	2.8	1.9	1.5	1.4	1.9	120%	112%	71%	n/a
Zone-06	Rice field behind house	n/a	n/a	n/a	2.4	n/a	n/a	n/a	1.9	n/a	n/a	n/a	n/a
Zone-07	Rice field	0.6	n/a	n/a	1.9	0.3	n/a	n/a	1.5	n/a	n/a	n/a	n/a
Zone-08	Road	2.0	1.3	n/a	1.6	0.6	0.6	n/a	0.7	99%	n/a	n/a	n/a
Zone-09	Path	2.7	2.1	5.9	5.8	1.3	1.1	1.7	1.7	113%	68%	96%	n/a
ALL	Summary*	2.7	2.2	5.9	5.8	0.8	0.8	1.1	1.3	106%	85%	84%	n/a

Zone name		Number of points				Above 0.23 $\mu\text{Sv/h}$				Above 1 $\mu\text{Sv/h}$			
		2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017	2020	2019	2018	2017
Zone-01	Around house	283	248	394	238	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	9%
Zone-02	Path to house & around warehouse	363	479	n/a	550	100%	100%	n/a	100%	14%	2%	n/a	58%
Zone-03	Garden left of path	665	537	n/a	383	100%	100%	n/a	100%	11%	39%	n/a	13%
Zone-04	Farmland right of house	320	669	597	447	100%	100%	100%	100%	0%	0%	12%	24%
Zone-05	Forest behind house	325	504	803	902	100%	100%	100%	100%	100%	85%	60%	95%
Zone-06	Rice field behind house	n/a	n/a	n/a	761	n/a	n/a	n/a	100%	n/a	n/a	n/a	100%
Zone-07	Rice field	494	n/a	n/a	403	84%	n/a	n/a	100%	0%	n/a	n/a	95%
Zone-08	Road	645	536	n/a	470	99%	100%	n/a	100%	11%	6%	n/a	14%
Zone-09	Path	733	749	996	951	100%	100%	100%	100%	63%	54%	81%	91%
ALL	Summary*	3828	3722	2790	5105	98%	100%	100%	100%	25%	27%	38%	55%

칸노 씨의 집 측정지역 중 98%의 연간선량(표 10)은 ICRP가 권고하는 연간피폭한도 1 mSv를 초과한다.⁴⁰ 측정 지역중 70%의 선량은 정부 계산 방식 기준 3 - 5 mSv/y로, 1년 연속피폭 기준 4 - 8 mSv/y을 야기할 수 있는 수준이다. 98%의 측정지점이 정부의 현행 장기 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상이었다.

⁴⁰ Op. cit. ICRP

8장. 스트론튬-90, 또 다른 위협

방사성 스트론튬-90 (Sr-90)은 핵무기 폭발과 상업 원전 모두에서 핵분열 과정 중 발생하는 가장 위험한 방사성 핵종 중 하나다. 후쿠시마 제1원전의 경우, 용융 노심과 오염수 모두에 엄청난 양의 스트론튬-90이 남아있다. 이 방사성 물질이 환경에 추가 유입되지 않도록 막는 것은 가장 중요한 과제 중 하나다.

스트론튬-90은 환경에서 칼슘과 비슷한 거동을 보인다. 오염된 음식 또는 식수를 통해, 그리고 훨씬 소량이지만 호흡을 통해서도 식물, 동물, 인체에 흡수된다. 스트론튬-90의 70~80%는 배설되고, 나머지는 뼈와 골수에, 그리고 극소량 (1%)이 혈액과 연조직에 축적된다.⁴¹ 스트론튬-90의 반감기는 29년이며, 체내 생물학적 반감기(원래 질량의 절반으로 줄어드는데 소요되는 시간)는 18년이다.⁴² 뼈, 골수, 주위 조직의 암을 유발할 수 있다.⁴³ 시료에서 스트론튬-90 오염을 확인하기 위해서는 상당한 시간과 투자를 통해 방사성 세슘과 비교하는 연구실 분석이 필요하다. 그 결과, 스트론튬-90은 후쿠시마 제1원전에서 가장 연구가 미비한 방사성 핵종에 속한다.

2011년 일본 문부과학성은 후쿠시마 현 55개 시료 채취 구역에서 방사선 모니터링 조사를 실시했다.⁴⁴ 2012년 문부과학성이 보고한 스트론튬-90 토양 시료 채취 결과를 보면, 사고 전 측정값 대비 통계학적으로 유의미한 차이가 나타났다. 과거 핵무기 실험 시 발생한 스트론튬-90 외에, 후쿠시마 제1원전에서 방출된 스트론튬-90도 검출되었다. 일본 당국은 많은 비용이 소요되는 대규모의 스트론튬-90 연구실 분석 대신, 세슘Cs-137과 스트론튬-90의 정수비를 가정하고 세슘Cs-137분석만 진행했다. 일본 정부는 이를 바탕으로 후쿠시마 제1원전에서 방출된 스트론튬-90의 위험도(인체에 대한 선량 포함)를 추정했다. 하지만 이들이 추정한 비율은 실제와 다를 수 있으며, 장기 인체 위험에 중요한 시사점을 가질 수 있다.

Merz et al.은 2015년 스트론튬-90의 위험 및 식품 안전 영향에 관한 매우 중요한 연구내용을 발표했다.⁴⁵ 그들이 제기한 주요 쟁점 중 하나는 환경 내에서 세슘Cs-137 대비 스트론튬-90의

⁴¹ U.S. Environmental Protection Agency, "Radionuclide Basics: Strontium-90", see <https://www.epa.gov/radiation/radionuclide-basics-strontium-90>

⁴² Nature Scientific Reports, "Strontium-90 activity concentration in soil samples from the exclusion zone of the Fukushima daiichi nuclear power plant" Sarata Kumar Sahoo, Norbert Kavasi, Atsuyuki Sorimachi, Hideki Arae, Shinji Tokonami, Jerzy Wojciech Mietelski, Edyta Łokas & Satoshi Yoshida, Volume 6, Article number: 23925 (2016), see <https://www.nature.com/articles/srep23925>

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan. Results of the Radiation Monitoring of Soil in Fukushima Prefecture (2012), see http://radioactivity.nsr.go.jp/en/contents/6000/5025/24/232_e_0409.pdf.

⁴⁵ Environ. Sci. Technol. "Analysis of Japanese Radionuclide Monitoring Data of Food Before and After the Fukushima Nuclear Accident", Stefan Merz,† Katsumi Shozugawa,* ,‡ and Georg Steinhauser* ,§, ⊥ †Atominstiut, Vienna University of Technology, Stadionallee 2, 1020 Vienna, Austria;‡Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, Meguro-ku, Tokyo 153-8902, Japan;§Environmental and Radiological Health Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523, United States ⊥ Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Fukushima 960-1296, Japan, 2015, 49, 2875–2885, see <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es5057648>

거동 차이에 관한 것이었다. 특히 스트론튬-90은 세슘Cs-137보다 생물체에 쉽게 흡수(즉, 동식물에 대한 생물유효도가 더 높음)된다는 것에 주목했다. 2012년 일본 당국은 스트론튬-90과 세슘Cs-137의 정수비를 기준으로 규제한도를 설정했다. 하지만, 위 논문의 저자들은 이러한 정수비가 시간에 따라 변하며, 식품 중 스트론튬-90 농도는 증가할 가능성이 있다고 결론을 내렸다. 또한, 일본 당국이 “세슘Cs-137과 스트론튬-90 모두 지속적으로 모니터링할 것”을 권고했으며, 그렇지 않으면 식품 내 스트론튬-90 농도가 과소계상될 수 있다”고 경고했다.⁴⁶

스트론튬-90에 관한 Merz et al의 중요한 연구는 일본 내에서 널리 보도되지 않았다. 일본 당국이 일반인 방사선 피폭과 관련해 이 부분을 고려하고 있다는 증거도 없다. 용융 노심, 오염수, 관련 핵 폐기물 등 후쿠시마 제1원전 내에 상당히 많은 양의 스트론튬-90이 존재함을 감안하면, 조치가 시급한 상황이다.

그린피스의 스트론튬 시료 채취

2018년 10월 그린피스 방사선팀은 후쿠시마 현 내 4개 지역(야나이즈, 오쿠마, 이타테, 나미에)의 일본 삼나무 (*Cryptomeria japonica*) 시료를 채취했다. 그 후 프랑스의 독립 연구소인 프랑스 서부방사능관리협회(ACRO)로 보내 분석을 의뢰했다. 분석 결과는 후쿠시마 제1원전 1-3호기의 대기 중에 스트론튬-90이 방출되었고, 이후 식물에 흡수되었음을 분명히 보여주었다.

⁴⁶ Ibidem. Merz et al concluded: “본 분석내용은 90Sr이 방사성 세슘보다 더 높은 이동성과 생물유효도를 보이는 반면, 137Cs는 점토 광물에 더 쉽게 흡수 및 고정되어, 식품 내 초기활성비를 왜곡할 수 있음을 보여준다... 90Sr/137Cs 활성비 증가, 이로 인한 규제한도의 영향은 후쿠시마 원전 사고에서 반드시 고려해야 하며, 식품 안전 및 모니터링과 관련해 향후 방사선 생태학적 차원에서 고려해야 한다. 식품 중 90Sr/137Cs 최대활성비에 대한 현행 가정은 몇 년 내에 더 이상 유효하지 않게 된다. 2012년 4월 기준 규제한도 축소(90Sr/137Cs = 0.003)는 잘못된 조치이다. 일본 당국은 “기존” 한도(90Sr/137Cs = 0.1)를 복구해야 하며, 향후 이를 추가적으로 상향해야 할 것이다. 이는 137Cs 및 90Sr 모두 지속적으로 모니터링해야 할 필요가 있음을 알려준다. 그렇지 않으면 식품 내 90Sr 함량이 곧 과소계상될 수 있다.”

표 11 – 2019, ACRO 연구소의 삼나무 시료 측정 결과

SAMPLE IDENTIFICATION				
ACRO Sample registration number	181129-GPI-01	181129-GPI-02	181129-GPI-03	181129-GPI-04
Type	Pine needles	Pine needles	Pine needles	Pine needles
Species				
Greenpeace sample registration number	20181014-YNI-1	20181016-OKM-1	20181019-NME-1	20181019-NME-4
SAMPLING				
date	10/14/2018	10/16/2018	10/19/2018	10/19/2018
place	Yanaizu	Okuma	Namie	Namie
GAMMA COUNTING				
Geometry (ml)	61	61	61	61
Sample mass analysed (g)	27.8	21.4	22.4	21.9
Analysis state	dry	dry	dry	dry
Counting date	12/10/2018	12/12/2018	12/21/2018	03/01/2019
RESULTS				
Reference date	10/14/2018	10/16/2018	19/10/2018	19/10/2018
Unit	Bq/kg dry weight	Bq/kg dry weight	Bq/kg dry weight	Bq/kg dry weight
*ARTIFICIALS RADIONUCLIDES				
Cs-134 2 years	< 8	455 ± 39	65 ± 5	40.0 ± 3.7
Cs-137 30 years	4.9 ± 1.3	5410 ± 460	850 ± 60	506 ± 40
BETA COUNTING				
Counting date	03/04/2019	03/04/2019	03/04/2019	03/04/2019
Sr-90 29 years	0.76 ± 0.48	7.6 ± 1.9	21 ± 4	19 ± 4

SAMPLE IDENTIFICATION				
ACRO Sample registration number	181129-GPI-05	181129-GPI-06	181129-GPI-07	
Type	Pine needles	Pine needles	Pine needles	
Greenpeace sample registration number	20181023-OBR-1	20181024-ITT-2	20181026-OBR-2	
SAMPLING				
date	10/23/2018	10/24/2018	10/26/2018	
place	Namie	Iitate	Namie	
GAMMA COUNTING				
Geometry (ml)	61	61	61	
Sample mass analysed (g)	17.4	18.8	20.2	
Analysis state	dry	dry	dry	
Counting date	01/07/2019	01/08/2019	12/13/2018	
RESULTS				
Reference date	10/23/2018	10/24/2018	10/26/2018	
Unit	Bq/kg dry weight	Bq/kg dry weight	Bq/kg dry weight	
ARTIFICIALS RADIONUCLIDES*				
Cs-134 2 years	64 ± 6	24.0 ± 2.6	1140 ± 100	
Cs-137 30 years	800 ± 60	284 ± 22	13700 ± 1200	
BETA COUNTING				
Counting date	03/04/2019	03/04/2019	03/04/2019	
Sr-90 29 years	11 ± 2	6.5 ± 1.4	65 ± 13	

원전에서 서쪽으로 100km 이상 떨어진 야나이즈에서는 스트론튬-90 농도가 낮았다 (0.76Bq per kg dry weight +/- 0.48). 대기 중 핵무기 실험으로 인한 스트론튬-90 기저 농도를 보면, 야나이즈에서 측정된 스트론튬-90은 2011년 사고 이전 실험으로 인한 것일 가능성이 높다. 해당 시료에서는 세슘 Cs-134가 검출되지 않았다는 사실도 출처가 핵무기 실험임을

시사한다. 후쿠시마 원전 사고 초기 방출된 방사성 물질 중 상당량의 세슘Cs-134가 포함되어 있고, 2018년에도 측정가능한 정도였다. 대기 중 핵무기 실험은 60년대에 마지막으로 진행되었으므로, 당시 방출된 세슘Cs-134(반감기 2년)는 더 이상 존재하지 않는다.

그러나 원전에서 10km 이내에 위치한 오키마 산림 지대에서 채취한 삼나무 시료의 스트론튬 농도는 10배 이상 더 높았다(7.6Bq/kg +/-1.9). 원전 북서쪽으로 10km 떨어진 오보리 귀환곤란 출입통제구역에서 채취한 시료가 스트론튬 농도가 가장 높았다(65Bq/kg +/-13). 발전소 북쪽의 나미에 정에서 채취한 시료는 스트론튬 농도가 11Bq/kg +/- 2Bq/kg에서 19Bq/kg +/- 4였다. 반면, 원전 북서쪽 35km 거리에 있는 이타테에서 채취한 시료의 스트론튬 농도는 6.5Bq/kg +/- 4Bq/kg였다. 이타테, 나미에, 오키마에서 채취한 시료는 모두 세슘Cs-134 누출이 후쿠시마 원전 사고에서 기인한 것일 수 있다는 것을 보여준다.⁴⁷ 스트론튬-90이 삼나무 시료에서 발견된 것은 사고 후 10년이 지난 후에도 조사를 계속할 필요가 있음을 다시 한번 보여주는 것이다.

또 다른 요인은 원자로에서 생성된 대부분의 스트론튬-90이 후쿠시마 제1원전 내부에 대부분 남아있다는 사실이다. 그 중 일부는 오염수 탱크에 저장되어 있으며 일본 정부는 이를 태평양으로 방출한다는 계획을 가지고 있다.⁴⁸ 용융 노심 연료 600~1,100톤 이내로 추정되며 이 안에 500 PBq이상의 스트론튬-90이 남아있는 것으로 보인다.⁴⁹ 그 유해성을 감안할 때, 스트론튬-90이 조금이라도 환경에 유입되는 것을 막기 위해 가능한 모든 노력을 기울여야 한다. 그렇기 때문에 도쿄전력의 후쿠시마 제1원전 원자로 폐로 계획(용융 노심 연료 제거 포함)의 신뢰도가 매우 중요하다. 후쿠시마 현에 확산된 기존의 오염 외에도, 본 보고서에서 일부 다른 바와 같이, 더 큰 잠재적 위협이 원전 내부에 존재하고 있으며 이는 향후 수세대에 걸쳐 계속해서 위협이 될 것이다.

⁴⁷ The levels measured by Greenpeace are comparable with those in other surveys. For example, Mitsuyuki Konno and Yoshitaka Takagai, "Determination and Comparison of the Strontium-90 Concentrations in Topsoil of Fukushima Prefecture before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Accident", ACS Omega, December 2018, see <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsomega.8b02640>

⁴⁸ Greenpeace East Asia and Greenpeace Japan, "Stemming the tide 2020 The reality of the Fukushima radioactive water crisis", October 2020, see https://www.greenpeace.org/static/planet4-japan-stateless/2020/10/5e303093-greenpeace_stemmingthetide2020_fukushima_radioactive_water_crisis_en_final.pdf

⁴⁹ Kenji Nishihara, Isao Yamagishi, Kenichiro Yasuda, Kenichiro Ishimori, Kiwamu Tanaka, Takehiko Kuno, Satoshi Inada & Yuichi Gotoh (2015) Radionuclide release to stagnant water in the Fukushima-1 nuclear power plant1, Journal of Nuclear Science and Technology, 52:3, 301-307, DOI:10.1080/00223131.2014.946455; and Estimation of In-plant Source Term Release Behaviors from Fukushima Daiichi Reactor Cores by Forward Method and Comparison with Reverse Method Tae-Woon Kim1,*, Bo-Wook Rhee2, Jin-Ho Song2, Sung-Il Kim2, Kwang-Soon Ha21 Risk and Environmental Safety Research Division, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea; 2 Thermal Hydraulics and Severe Accident Research Division, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea, Journal of Radiation Protection and Research 2017;42(2):114-129 <https://doi.org/10.14407/jrpr.2017.42.2.114>

9장. 10년 간의 피난, 이주, 인권 침해

- 2011년 3월 11일 핵 재난으로 인해 16만 4,000명의 시민이 피난민이 되었다.
- 2021년 1월 기준, 후쿠시마 현 내/외에 여전히 3만 6,192명의 피난민이 존재한다. 해당 공식 통계에는 자발적으로 거주지를 떠난 사람은 포함되지 않는다.
- 일본 정부는 주민들이 계속해서 오염 지역에 살게 하는 정책을 추진하고 있다. 일반인 피폭한도 권고 기준보다 20배 높은 선량인 20 mSv/y에 피폭될 수 있는 상황이다. 일본 국민들은 여성, 아동 등 후쿠시마 주민에 대한 선량한도를 이처럼 높이 설정한 것에 대해 강력히 반발하고 있으며, UN 인권기구도 이를 규탄하고 있다.
- 2018년까지 3,000만명의 작업자가 제염 작업에 참여했으며, 다수의 인권 침해 사례가 접수되었다.

“이 지역은 사람이 살 수 없는 곳이 된다고 해도 우리는 그에 대한 보상을 하고자 한다.”
 이시바 시게루, 자민당 간사장, 2013⁵⁰

위 인용문은 2013년 자민당이 드물게 솔직한 입장을 표명한 사례이다. 하지만 아베 신조 총리 또는 그 후임인 스가 요시히데 총리는 그 반대였다. 후쿠시마 제1원전 사고로 후쿠시마 및 그 외 일본 지역의 주민과 작업자들은 10년간 인권 침해에 시달렸다. 정부는 2011년 피난 조치가 시행된 여러 구역의 방사능 오염 현실을 무시하는 정책을 펴고 있으며, 피난민들의 귀환을 강요하기 위해 모든 수단을 동원하고 있다. 2015년 6월 아베 내각이 승인한 신규 계획으로 인해, 일본 국민 수 만 명의 미래가 정해졌다.⁵¹ 권고 최대치인 연간 1 mSv 이상으로 피폭될 수 있는 방사선 준위가 확인되자, 일본 정부는 단순하게 권고 최대치를 연간 20 mSv 변경했다. 이를 통해 피난 명령을 해제할 수 있었다. 1 mSv/y라는 장기 목표를 설정했지만

⁵⁰ Justin McCurry, “Fukushima residents may never go home, say Japanese officials”, The Guardian, November 12th 2013,

<http://www.theguardian.com/environment/2013/nov/12/fukushima-daiichu-residents-radiation-japan-nuclear-power>.

⁵¹ The Prime Minister in Action: Nuclear Emergency Response Headquarters June 12, 2015. http://japan.kantei.go.jp/97_abe/actions/201506/12article1.html.

사고 발생 초기, 피난민 귀환 허가를 위한 방사능 준위에 대해 많은 연구가 이루어졌다. 2012년 2월, AESJ 후쿠시마 제염 소위원회는 피난민 조기 귀환을 위한 현실적인 수치는 5-10mSv/y이 되어야 한다고 언급하며, 5mSv/y를 강조했다. 중기 목표로는 1mSv/y를 권고했다. 또한, AESJ는 주민들과의 협의를 통해 기준치를 설정해야 한다고 언급했다. see AESJ, “In Hopes of Early Decontamination”, Tadashi Inoue, Atomic Energy Society of Japan (AESJ) Fukushima Clean Up SubCommittee, 4 February 2012, see [https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/19%20Inoue\(AESJ\)_English.pdf](https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/19%20Inoue(AESJ)_English.pdf)

목표 달성 기한은 수립한 적이 없다. 마찬가지로 장기 제염 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 달성 일정을 구체적으로 정한 것도 없다.⁵²

충분한 보상 없는 이주

우리는 나미에 지역 칸노 씨 집과 이타테 지역 안자이 씨의 집을 조사했다. 이들은 2011년 3월 11일 원전 사고 후 피난민이 된 16만 4,000 명 중 2명에 불과하다. 후쿠시마 현 정부에 따르면, 2021년 1월 기준 후쿠시마 내/외에는 여전히 3만 6,192명의 피난민이 존재한다.⁵³ 여기에는 공식적으로 피난지역 지정이 되지 않은 곳을 떠난 “자발적 피난민”은 포함되지 않는다. 2011년 12월 당시 행정부는 자문단의 권고안을 결국 받아들여, 의무피난구역에 해당되지 않으나 방사선 준위가 높은 23개 행정구역 주민들에게 제한적인 경제적 지원을 하기로 결정했다.⁵⁴ 지원금액은 오염 지역에서 멀리 떨어진 곳으로 이주하는 비용의 일부에 불과했다.

2017년 3월 아베 정부는 이주 지원마저 중단했고, 그 이후 피난민의 공식집계가 크게 줄었다. 당시 아사히 신문은 다음과 같이 보도했다.

“중앙 정부는 2011년 핵 재난 이후 후쿠시마 지역을 자발적으로 떠난 수많은 국민들을 피난민 공식 명단에서 삭제함으로써 사라지게 만들었다.”⁵⁵

2017년, 후쿠시마가 명단을 집계한, 무료 주거 지원을 받은 자발적 피난민 수는 1만 524가구, 2만 6,601명이었다. 5,230가구 중 1만 3,844명은 후쿠시마 현 외부에 거주하고 있었다. 주거 지원은 그들이 받았던 유일한 정부 지원이었다.⁵⁶

정부 조치로 인해, 수 천 명의 피난민들은 불가능한 선택을 강요받았다. 방사성 물질로 오염된 집으로 돌아오거나, 가옥과 토지를 버리고 충분한 보상도 없이 다른 곳에서 새로운 삶을 시작하는 것이다. 이것은 일본 정부의 강요로 주민과 그 가족들은 경제적 어려움과

⁵² Japan Times: Cabinet OKs plan to lift Fukushima evacuation orders by end of fiscal 2016 Kyodo June 12, 2015, see <https://www.japantimes.co.jp/news/2015/06/12/national/cabinet-oks-plan-lift-fukushima-evacuation-orders-end-fiscal-2016/>. 정부가 연간피폭 추정량 1mSv/y를 계산하는데 사용한 것이 바로 이 목표치이다. 정부 계산은 실외에서 일평균 8시간을 보내는 주민을 기준으로 하고, 목재 가옥 내부에 있는 동안은 방사선 차폐가 뭉을 고려한 것이다.

⁵³ Fukushima prefecture government, "Report on the damage caused by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (no. 1773)", (in Japanese), 6 February 2021, see https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/534449_1441647_misc.pdf

⁵⁴ Tessa Morris-Suzuki, "Fukushima and Human Rights", Lessons from Fukushima, February 2012, see <https://issuu.com/greenpeaceinternational/docs/lessons-from-fukushima/52>

⁵⁵ Asahi Shimbun, "Elimination of Fukushima evacuees from list slammed", Shigeo Hirai, 28 August 2017, see <http://www.asahi.com/ajw/articles/AJ201708280053.html>

⁵⁶ Mainichi Shimbun, "Voluntary nuclear evacuees to face housing assistance gap" 6 January 2017, see <https://mainichi.jp/english/articles/20170106/p2a/00m/0na/007000c>

현실적인 대안의 부재로 인해 본인의 의지와 상관없이 귀환해야 하는 상황이다. 주민들은 아무 잘못도 없이 원전 사고로 인해 삶의 터전, 지역사회, 재산을 잃었다.

피난 명령이 내려진 11개 행정구역의 주민 귀환비율은 각각 달랐다. 비율이 가장 높았던 나미에의 경우, 2021년 1월1 기준, 현재 등록인구는 1만 6천681명이지만 실제 이 도시에 거주하는 인구는 1,579명에 불과하며 이는 2011년 3월 인구의 9.5%에 해당한다.⁵⁷ 이타테의 경우, 2011년 3월 기준 등록 인구는 6,509명이었으나, 2020년 12월 1일 기준으로 실제 거주하는 인구는 10년 전 인구의 24%에 해당하는 1,255명이다.⁵⁸

정부 통계에 대한 불신

일본 정부가 피난민들을 후쿠시마로 돌아가도록 강제하는 데 실패한 이유는 여러 가지가 있다. 가장 중요한 것은 방사성 위험이 안전한 수준이라는 설명과 정부 통계에 대한 불신이다. 10년 전, 후쿠시마 제1원전이 위치한 후타바 구 피난민을 조사한 결과, 83%가 방사성 오염에 대해 언급하며 완전히 제거될 가능성이 없을 것 같다고 응답했다. 또한, 귀환하지 않는 이유로 방사능이 줄어들 것 같지 않아서 라고 밝혔다. 65.8%는 정부가 발표한 안전 관련 수치를 신뢰할 수 없다고 응답했다.⁵⁹

간세이 가쿠인 대학이 2020년 진행한 조사를 보면 후쿠시마 피난민의 현재 심정을 확인할 수 있다.⁶⁰ 질문에 응답한 522명 중, 65%는 복귀 의사가 없었다. 이 중 46.1%는 여전히 방사성 오염이 우려된다고 밝혔다.

2020년 12월 후쿠시마 고오염 지역에서 2011년 3월 이전 수준으로 주민들을 귀환시키는데 실패하자, 일본 정부는 2011년 피난 명령 등이 내려졌던 12개 행정구역 인구를 늘리고자, 지원금 계획을 발표했다.⁶¹ 가족들에게는 200만 엔, 개인에게는 120만 엔을 지원하는 정책이다. 현재 이 정책이 적용되는 12개 지역은 인구가 2011년 대비 20% 수준이다. 대상자는 2011년 당시 12개 행정구역 거주자가 아니었던 일본인에 해당한다.

⁵⁷ Namie Town, "Evacuation status of townspeople", 31 December 2020, see <https://www.town.namie.fukushima.jp/soshiki/3/26729.html>

⁵⁸ Iitate Village, "About the evacuation situation of villagers as of 1 December 2020", see, <https://www.vill.iitate.fukushima.jp/uploaded/attachment/11488.pdf>

⁵⁹ Kyoka Ohba, "Report on the Basic Survey on Disaster Recovery on Eight towns and villages in Futaba-gun", 2011, Fukushima University Disaster Recovery Research Institute Edition, 4 February 2012, see [https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/13%20K_Oba\(Japan\)_English.pdf](https://www.oecd-nea.org/rp/meetings/ISTC-STCU/docs/5-feb-fukushima/13%20K_Oba(Japan)_English.pdf)

⁶⁰ Japan Times, "65% of Fukushima evacuees have no intention of returning home: survey", 28 November 2020, see <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/11/28/national/fukushima-evacuees-survey/>

⁶¹ Yomiuri Shimbun, "2 million yen will be provided if you move to Fukushima with your family ... Support money for 12 municipalities around the nuclear power plant", 13 December 2020 (in Japanese) <https://www.yomiuri.co.jp/politics/20201212-OYT1T50304/>

일본의 인구 문제(고령화, 농촌 인구 감소, 고용 기회 감소 등) 중 상당수는 후쿠시마 현에서 2011년 3월 재난 이후 가속화되었다.⁶² 피난민이 귀환하지 못하는 것은 방사성 오염으로 인해 장기간 집에서 떠나 있었던 것, 해당 구역들이 2011년부터 수 년간 거주 불가능한 폐쇄지역이었기 때문이다.

인권 침해

후쿠시마 원전 사고에 대한 일본 정부의 대응은 여성, 아동 등 국민의 인권을 보호하겠다는 국제사회와의 약속을 지키는데 완전히 실패였다. 2018년 고노 타로 외무대신과의 서신에서, UN 특별 보좌관은 “제염 작업의 영향으로 취약 계층 등 수많은 사람들이 상당한 제약을 받고 있으며 그들의 인권도 침해될 수 있다.....이 기회를 통해 후쿠시마 재난으로 인한 자발 또는 비자발적 피난민에게 국내실향민^{IDP} 자격을 부여할 것을 촉구하며 1998 국내실향민에 관한 지침 Guiding Principles on Internal Displacement 조항 등 국내실향민의 인권에 대한 일본 정부의 의무를 상기시키고자 한다...”⁶³ 고 요구했으나 2021년 현재까지 일본 정부는 이 요구 사항에 대해 회신하지 않았다.

또한, 정부는 UN인권이사회 회원국들의 권고사항을 계속해서 무시하고 있으며 저선량 방사선 피폭으로 인한 위험을 묵살하고 있다. 심지어 요시노 마사요시 부총상이 2018년 언급한 바와 같이, 100 mSv 피폭 시 암 발생 위험이 없다고 주장한다.⁶⁴ 이러한 사실 왜곡은 조직적이고 고의적이다. 지난 10년 간, 바스쿠트 툰각 Baskut Tuncak UN인권이사회 특별보고관 뿐만 아니라, 다양한 UN 인권 기관에서 문제를 제기해 왔다.⁶⁵ 2018년 UN 총회 보고서에서, 툰각 특별보고관은 “UN 인권감시 기구(UPR)는 2017년 일본이 원전 사고 이전의 허용방사선량 기준을 복구할 것을 권고했으나, 일본이 이를 무시하다시피 한 것은 실망스러운 일이다”이라고 언급했다.⁶⁶ 그는 보고서에서, 아동 및 가임기 여성을 포함한 피난민 이주를 중단시킬 것을 촉구했다. 현재 일본 정부가 이들을 이주시키는 지역은, 방사선 준위가 2011년 사고 전 안전 또는 건강에 무해하다고 여겨졌던 수준보다 여전히 높은 상태다. 그는 또한 일본 정부가 방사선 피폭 허용한도를 20배나 높은 결정을 비난하며,

⁶² Tokyo Shimbun, “Residents' return as seen from shrinking local government data - 10 years from the day of the Fukushima nuclear accident”, 18 January 2021, (in Japanese), see <https://www.tokyo-np.co.jp/article/79669>

⁶³ United Nations Office of the Human Rights Commissioner, “Joint Communication from Special Procedures” from Cecilia Jimenez-Damary, Special Rapporteur on the human rights of internally displaced persons and Baskut Tuncak Special Rapporteur on the implications for human rights of the environmentally sound management and disposal of hazardous substances and wastes to Taro Kono Minister for Foreign Affairs, Japan, 8 September 2018, see <https://www.mofa.go.jp/files/000416301.pdf>

⁶⁴ Foreign Press Center Japan, “Minister for Reconstruction: Reconstruction from the Great East Japan Earthquake after 7 Years”, 7 March 2018, see <http://fpcj.jp/en/useful-en/earthquake-en/p=63020/>

⁶⁵ Op. Cit. Grover, November 2012.

⁶⁶ United Nations Human Rights Office of the High Commissioner, “Japan must halt returns to Fukushima, radiation remains a concern, says UN rights expert”, 25 October, 2018, see <https://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=23772&LangID=E>

“과도한 방사선이 아동의 건강 및 웰빙에 미치는 심각한 잠재적 영향을 드러내는, 매우 우려스러운 일”이라고 언급했다.⁶⁷

일본이 가입한 아동권리협약 Convention of the Rights of the Child (CRC)은 article 3 에 미래 세대를 포함한 아동의 권익이 “모든 조치의 주요 고려사항”이 되어야 한다고 명시하고 있다.⁶⁸ 이는 아동이 독성 화학물질 및 오염에 노출되지 않도록 함으로서, 최상의 건강수준을 유지할 수 있어야 한다는 요건을 포함한다. 2019년 2월 1일 보고서에서 UN 아동권리위원회는 주요 우려사항 및 권고사항이라는 제목으로, 후쿠시마 핵재난과 관련해 일본 정부에 7가지 중요한 사항을 권고했다.⁶⁹ 여기에는 다음 내용이 포함되어 있다.

정부는

- (a) 피난구역 내 방사선 피폭이 아동의 위험요인에 대한 국제적으로 용인되는 지식과 일치하는지 재확인한다.
- 비지정 구역non-designated areas의 아동 등 피난민에게 계속해서 경제적, 거주 관련, 의학적 및 기타 지원을 계속 제공한다.
- (d) 선량이 연간 1 mSv를 초과하는 지역의 아동에게 종합적이고 장기적인 건강검진을 실시한다.⁷⁰

혹시라도 일본 정부가 CRC 지침과 권고사항을 준수하고 후쿠시마 정책에 적용하기로 한다면, 나중에 변경한 20mSv/y 한도 대신 최대피폭 국제권고치 1mSv/y를 도입해야 할

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ United Nations Human Rights Council “Report of the Special Rapporteur on the implications for human rights of the environmentally sound management and disposal of hazardous substances and wastes”, Note by the Secretariat, Human Rights Council, General Assembly, Thirty-third session Agenda item 3 Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development, 2 August 2016, A/HRC/33/41.

⁶⁹ Committee on the Rights of the Child Concluding observations on the combined fourth and fifth periodic reports of Japan”, CRC/C/JPN/CO/4-5, 1 February 2019, see <http://docstore.ohchr.org/SelfServices/FilesHandler.ashx?enc=6OkG1d%2FPPrICAqhKb7yhs12MoFLIM3DzAuTWv9p%2FYcaIkpJYSnPF9K6du6ofBfZpg9U97ZEOHZsNzxPgFWPamg4ss7A%2BNOSnARYSglHASqNNMRBhs4HI AvTQxujnrM>

⁷⁰ Article 3

1. In all actions concerning children, whether undertaken by public or private social welfare institutions, courts of law, administrative authorities or legislative bodies, the best interests of the child shall be a primary consideration. <https://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/CRC.aspx>;

2019년 2월 1일 CRC 권고사항 전체는 다음과 같다. “국가는 (a) 피난구역 내 방사선 피폭이 아동의 위험요인에 대한 국제적으로 용인되는 지식과 일치하는지 재확인한다. (b) 비지정 구역의 아동 등 피난민에게 계속해서 경제적, 거주 관련, 의학적 및 기타 지원을 계속 제공한다. (c) 방사선 피해를 입은 후쿠시마 현 내 아동들에게 의학 및 기타 서비스 지원을 강화한다. (d) 선량이 연간 1mSv를 초과하는 지역의 아동에게 종합적이고 장기적인 건강검진을 실시한다. (e) 아동과 같은 취약 계층과 모든 피난민 및 주민들이 정신건강 시설, 상품 및 서비스를 사용할 수 있게 한다. (f) 방사선 피폭의 위험성, 방사선 피폭에 대한 아동의 위험성 증가 등에 대한 정확한 정보를 교과서 및 자료에 기재한다. (g) 최상 수준의 신체 및 정신 건강을 누릴 수 있도록 모든 사람의 권리에 관한 특별 보좌관 권고사항을 이행한다. (A/HRC/23/41/Add.3), see https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CRC/Shared%20Documents/JPN/CRC_C_JPN_CO_4-5_33812_E.pdf

것이다. 또한, 나미에, 이타테에 발령한 명령을 철회하고, 피난명령 해제 계획을 중단해야 한다. 일본 정부가 이를 이행하지 않는다면, 아동 권리 보호에 관한 국제협약을 준수하지 못하는 것이다.

작업자 권리 침해

환경부는 2018년까지 제염작업에 3,000만 명의 작업자가 참여했다고 보고하고 있다.⁷¹ 제염 작업이 한창 진행되었던 2016년에는 50만 명의 작업자가 참여했다. 이타테의 경우 제염작업은 2014년 10~11월에 가장 대규모로 진행되었는데, 당시 18만 명의 작업자가 참여했으며 2017년 말까지 총 280만 명 이상이 제염 작업에 참여했다.⁷² 나미에의 경우 2016년 초 제염 작업이 한창 진행되었을 당시 작업자 수는 10만 명에 조금 못 미쳤고, 총 170만 명이 참여했다. 이러한 대규모 인력 중 대다수는 하도급 업체 직원이며, 그 규모 만큼이나 대대적인 착취 위험에 놓여 있다.

2019년 보고서에서 자세히 설명한 바와 같이⁷³, 원전 작업자의 인권 침해는 만연해 있으며, 기업들을 대상으로 여러 건의 소송이 진행중이다.⁷⁴ UN 인권 특별 보좌관이 2018년 8월 이 문제를 제기했을 때, 3명의 보좌관은 일본 정부를 대상으로 다음과 같은 성명서를 발표했다. “우리는 방사선 피폭 위험에 관한 기만 가능성, 경제적 어려움으로 인해 위험한 작업 환경을 강요할 가능성, 충분한 훈련 및 보호 조치 여부 등에 대해 깊이 우려하고 있다.”⁷⁵ 그린피스 방사선방호전문가그룹이 기록한 바와 같이, 나미에의 작업자들은 고준위 방사선에 피폭되었고, 방사선 준위가 더 높은 지역으로 제염 작업이 확대됨에 따라 추가적인 위험이 존재한다. 제염 범위는 전체 구역 중 매우 일부에 해당함을 고려할 때, 앞으로 더 많은 작업자들이 부당한 방사선 위험에 놓이게 된다는 의미다.⁷⁶

당시에도 그리고 지금도 우리는 나미에 및 기타 귀환곤란 출입통제구역에 대한 제염 계획이 방사선 방호 관점에서 타당하지 않다고 본다. 향후 수십년 간 주민들은 안전하게 귀환할 수 없을 것이다. 이케다 미노루 Minoru Ikeda 씨는 후쿠시마 원전 작업자이자 도쿄에 위치한 방사능 피폭노동자 연대 네트워크의 대표이다. 그는 2018년 그린피스에 자신의 경험을 공유하면서,

⁷¹ Ministry of Environment, "Decontamination Projects for Radioactive Contamination Discharged by Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident(Full Version) - Chapter 5", 20 February 2019, see http://josen.env.go.jp/en/policy_document/

⁷² Ibid.

⁷³ Greenpeace Japan, "On the Frontline of the Fukushima Nuclear Accident: Workers and Children Radiation risks and human rights violations", March 2019, see https://www.greenpeace.org/static/planet4-japan-stateless/2019/03/b12d8f83-frontfksm_en.pdf

⁷⁴ Radiation-exposed Workers' Solidarity Network, see <http://www.hibakurodo.net/>

⁷⁵ UN News, "UN experts cite 'possible exploitation' of workers hired to clean up toxic Japanese nuclear plant" 16 August 2018, see <https://news.un.org/en/story/2018/08/1017232>

⁷⁶ Greenpeace Germany, "Nuclear Waste Crisis In Fukushima Decontamination Programme" December 2017, and Greenpeace Japan, "Radiation Reloaded: Ecological Impacts of the Fukushima Daiichi Nuclear Accident 5 years later", February 2016, see <https://www.greenpeace.org/archive-japan/Global/japan/pdf/GPJ-Fukushima-Radiation-Reloaded-Report.pdf>

하도급 업체에 의한 인권 침해, 조직 범죄단의 역할, 낮은 임금, 노숙자 채용, 건강 증명서 위조, 효과적인 방사선 훈련 부족 등에 대해 상세히 설명했다. “나는 작업자로서 인간적인 대우를 받지 못한다고 느꼈다. 노예 생활에 비유한 사람도 있었다.”⁷⁷

10장. 귀환곤란 출입통제구역

⁷⁷ Greenpeace interview with Minoru Ikeda, 29 October 2018, Tokyo.

주민들이 생활할 수 없는 귀환곤란구역은 후쿠시마 현 7개 구에 위치하고 있으며 면적은 약 340km²이다. 정부는 2023년까지 해당 구역 일부에 대한 피난 명령을 해제하는 것을 목표로 하고 있다. 이는 “지정 구역 복원 및 재건 계획”으로, 미나미소마 시를 제외한 6개 구의 30km²를 대상으로 한다.

후타바, 오쿠마, 토미오카의 피난명령 해제

2020년 1월 17일, 후타바 촌, 오쿠마 촌, 토미오카 촌 등 소규모 지역에서의 피난 명령 해제가 허가되었다.⁷⁸ 2020년 3월 초 해당 지역에서 명령이 해제되면서 총 0.5km²의 부지가 출입허용되었다. 이 지역은 조반_{Joban} 자동차도로와 인접해 있으며, 지금은 연기된 2020년 하계 올림픽 계획과 연계되어 있다. 고오염 귀환곤란 구역에서 최초로 해제된 피난 명령이었다.

고오염 지역 재지정

일본 정부의 계획은 후쿠시마 모든 행정구역에서 피난명령을 해제하는 것이다. 귀환곤란구역에서는, 행정구역 내 소규모 지역인 소위 “복원 기지[recovery bases]”가 전체 면적의 8.8%에 해당한다. 향후 피난 명령이 해제되면, 나미에의 쓰시마 등은 고방사선 오염 구역에 둘러싸인 섬이 될 것이다. 제염 작업 효과가 제한적이며 많은 비용이 소요되는 것으로 입증되자 2020년 새로운 방법이 등장했다.⁷⁹ 이타테의 경우 귀환곤란구역은 지정이 해제되어, 일반인이 일부 지역에는 아무런 제한 없이 출입할 수 있게 된다. 하지만, 주민들은 기존 주택으로 귀환해 살 수 없다. 해당 정책은 2020년 8월 26일 NRA에 제출되었다.⁸⁰

NRA 제출 시, 정부는 해당 방법의 적용과 관련해 다음의 요건을 제시했다.

- a/ 연간 방사선 피폭선량이 20 mSv 이내가 되도록 한다.
- b/ 주민의 방사선 피폭선량을 개인선량계로 통제한다.
- c/ 방사선 피폭을 막기 위한 정보를 제공한다.⁸¹

새로운 방법론은 2020년 2월 이타테 지방 정부가 현재 귀환곤란구역으로 지정된 이타테 촌 나가도로 구에 “복구 단지” 설치를 중앙 정부에 요구하면서 시작된 것으로 보인다.⁸² 2020년

⁷⁸ Prime Ministers Office, "Meeting of the Nuclear Emergency Response Headquarters", 17 January, 2020, see https://japan.kantei.go.jp/98_abe/actions/202001/_00017.html

⁷⁹ Mainichi, "Editorial: Lifting Fukushima evacuation orders without decontamination should be limited", 16 September 2020, see <https://mainichi.jp/english/articles/20200916/p2a/00m/0na/013000c>

⁸⁰ Mainichi, "Evacuation orders for Fukushima radioactive areas to be lifted without decontamination", 27 August 2020, <https://mainichi.jp/english/articles/20200827/p2a/00m/0na/005000c>

⁸¹ Ibid.

⁸² CNIC, "With no decontamination, evacuation orders in radioactive areas of Fukushima should not be lifted", 20 June 2020, see <https://cnic.jp/english/?p=4987>

12월 25일, 스가 총리가 주최한 “원자력 비상대응 본부” 회의에서, 이타테 귀환곤란구역 해제 결정이 공식 승인되었다.⁸³ 이러한 정책에는 몇 가지 문제점이 있다. 아동을 포함해 일본 국민들은 이제 해당 지역에 출입할 수 있게 되었으며, 이는 인체에 위험이 될 수 있다. Citizen’s Nuclear Information Center(CNIC)가 지적한 바와 같이, 일본의 여러 규정에서는 일반인 피폭한도를 연간 1 mSv로 정하고 있다.⁸⁴ 방사성 핵종의 자연 붕괴로 연간 공중선량이 20 mSv이하로 낮아진다 하더라도, 현실적으로 현행 귀환곤란 구역은 모두 선량이 연간1 mSv이상이기 때문에 출입제한을 해제해서는 안 된다. 이는 또한 제염이 국가의 책임이라고 규정하고 있는 방사성 물질 오염에 관한 특별조치법 위반이기도 하다. 이러한 정책적 변경은 방사선 위험 평가가 아닌, 정치적 결정에 따른 것이다. 나머지 5개 행정구역은 현재 이타테의 모델을 따를 의향이 없음에도, 동일한 방법을 수용하도록 강요하는 상황이 발생할 수 있음에 대해 최근 우려를 표명했다.⁸⁵

결론

후쿠시마 제1원전 사고 발생 10년이 지난 지금, 후쿠시마 현의 방사선 환경은 여전히 심각하고 복잡하다. 그린피스 는 지난 10년간 조사 작업을 통해 후쿠시마 현의 행정구역 여러 곳에서 방사선 준위를 조사 및 측정했다. 2020년 11월 이타테 및 나미에의 피난명령 해제구역(일본 정부가 귀환해도 안전하다고 판단한 지역)에 대한 조사 결과를 보면, 과거 조사에서와 마찬가지로 수치가 너무 높아, 귀환하는 주민들이 인체 위험 증가 없이 일상적인 생활을 누리기 어려운 상황이다. 후쿠시마의 산림 지역은 계속해서 장기 오염원 역할을 하고 있다. 가장 최근 조사에서 이타테 및 나미에 주택 주변의 방사선 준위값이 다양하게 측정되었는데 이는 Cs-137 방사성 붕괴로 설명하기 어렵다. 그린피스는 이것이 2019년 10년 태풍 하기비스의 여파, 그리고 홍수로 인해 Cs-137이 재부유한 것을 확실히 보여주는 증거라고 결론을 내렸다. 후쿠시마의 복잡한 방사성 오염 환경에 대한 추가적인 조사는 분명히 필요하며, 여전히 중요하다.

2011년 3월 이후 10년이 지난 지금, 우리는 아직 원전 사고 방사성 피해의 초기 단계에 있다. 하지만 일본 정부의 입장은 다르다. 지난 10년의 대부분을 집권했던 아베 신조 정부, 그리고 그 이후의 스가 요시히데 정부는 제염이 효과적으로 완료 되었으며, 방사선 준위가 안전한 수준이라고 일본 국민 및 국제사회에 주장하고 있다. 이는 명백한 거짓이다.

일본 정부의 자체 통계를 보면 제염특별구역 중 7개 행정구역 716km²는 아무런 제염 작업도 진행되지 않았다. 2017년 3월 정부가 피난명령 해제 예정구역에서 제염 완료 발표를 했을

⁸³ Nuclear Emergency Response Headquarters, “About cancellation of evacuation order for land utilization outside the specified reconstruction and regeneration base area (Draft)”, 25 December 2020, (in Japanese) see <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/dai52/siryoul.pdf>

⁸⁴ Op.Cit. CNIC, 20 June 2020.

⁸⁵ Op.Cit. Mainichi, 16 September 2020.

당시, 조금이라도 제염이 진행된 면적은 제염특별구역의 15%에 해당하는 123km²에 불과했다.⁸⁶ 일본 정부는 의도적으로 계속해서 제염특별구역에 위치한 이타테, 나미에, 나하라, 토모이카, 오쿠마, 후타바, 카츠라오 주민들을 기만하고 있는 것이다. 제염이 진행된 후쿠시마 제염특별구역 일부 지역에서 방사선 준위가 낮아진 것은 사실이나, 감소세가 꾸준한 것도 아니며 상당한 편차가 나타나고 있다. 일본 정부는 일반인 출입 허용구역 여러 곳에서 장기 제염 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 를 달성하지 못했으며, 향후 이를 달성할 가능성이 없어 보인다.

원전 사고의 방사성 누출로 인한 인체 피해는 단순한 수치로만 측정할 수 없다. 일본 정부는 여러 차례에 걸쳐 계속해서 국민, 특히 수만명의 피난민의 권리를 보호하지 못하고 있으며, 2011년부터 거의 계속해서 일본 시민사회와 UN 인권단체가 이에 대해 문제를 제기해 왔다. 인권 특별보좌관은 특히 여성, 아동, 작업자를 유해한 방사선으로부터 보호하지 못한 것에 대해 정부에 문제를 제기하는데 중요한 역할을 해 왔다. 일반인 피폭을 국제 기준보다 20배 높은 20 mSv/y까지 허용하는 정책은 여전히 많은 비난을 받고 있다. 일본은 국내실향민 인정 시 부여되는 권리를 포함해, 자국 국민들의 법적 권리를 충분히 인정하지 않고 있으며, 이는 전적으로 용납하기 어렵다.

일본 정부는 3개 원자로 용융 및 광범위한 방사성 오염 사고를 국민들의 기억에서 지우려 하고 있다. 하지만, 일본 국민들을 핵에 관한 기억상실에 걸리게 하는데 실패했다. 주된 이유는 국민과 법조계 관계자들이 정부와 도쿄전력에 책임을 요구하며 용기있는 행동을 보이고 있기 때문이다. 비정부 기구, 과학자, UN 인권단체 및 특별 보좌관들의 노력과 더불어 그린피스의 꾸준한 현지 방사선 조사 수행을 통해 후쿠시마 원전 사고로 인한 영향과 결과를 앞으로 수십년에 걸쳐 더욱 명확히 이해하고 설명할 수 있게 해 줄 것이다.

11장. 일본 정부 및 후쿠시마 현에 대한 권고사항

일본 정부는 일반인 평생피폭 위험 가능성 등에 대해 과학 기반의 분석을 무시하는 현행 복귀 정책을 중단한다.

⁸⁶ The percentage is based on calculations based on the data contained in "Ministry of Environment, "Chapter 5: Effects, Verification, and Risk Communication of Decontamination", Decontamination Projects for Radioactive Contamination Discharged by Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident(Full Version)", 20 February 2019, see http://josen.env.go.jp/en/policy_document/

- 장기 제염 목표치 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ (또는 연간1 mSv)를 즉시 명확히 해명한다. 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 달성 기한을 정하고, 목표치를 상향하려는 일체의 계획을 중단한다.
- 세습을 다량 함유한 미세입자의 존재 등 방사성 핫스팟으로 인한 주민건강 위험 평가를 신속히 진행한다.
- 후타바, 오쿠마, 나미에, 토미오카, 이타테, 카츠라오 6개 행정구역(쓰시마, 무로하라, 수에노모리, 오보리 등 나미에 구 포함)의 피난 명령 해제 계획을 중단한다.
- 작업자 방호를 위해 귀환곤란구역의 현행 제염 프로그램을 중단한다.
- 피난정책에 관해 주민의 의견을 고려하고 반영할 100% 투명한 절차를 수립한다. 피난민을 포함하는 주민위원회를 구성한다.
- 피난민에게 충분한 보상 및 경제적 지원을 제공한다. 주민들이 강제 또는 경제적 압박 없이 과학적 근거를 기반으로 귀환 결정을 내릴 수 있게 한다.
- 특별보좌관의 일본 방문 요청 수락 등 특별보좌관의 대화 제안 및 지침에 성실히 회신한다.

/끝/