



2020 후쿠시마 방사성 오염의 확산 - 기상 영향과 재오염

2020년 3월 그린피스 일본사무소 현지조사

GREENPEACE

목차

04	1. 요약
06	2. 서론
08	3. 방사선 오염 조사 방법
10	4. 나미에, 오쿠마 귀환곤란구역 조사결과
16	5. 나미에, 이타테 피난지시 해제 구역 조사
22	6. 태풍 하기비스 영향 : 폭우로 인한 방사성 물질의 이동과 재오염
25	7. 2020 도쿄올림픽, 방사성 위험과 인권
31	8. 결론 및 권고사항
34	9. 감사인사 : 2019 후쿠시마 현지조사 후원자 명단
36	참고문헌
37	부록

그린피스 방사선 조사팀

- 코디네이터: 손 버니, 마이클 미어 크로츠 (그린피스 독일), 안 반데푸트 (그린피스 벨기에)
- 방사선 방호 전문가 그룹: 마이 스희키 (그린피스 일본), 레이 레이 (그린피스 동아시아), 하인츠 스키탈 (그린피스 독일), 매튜 소테 (그린피스 벨기에)
- 팀원: 장마라 (그린피스 동아시아), 스희키 카즈에, 머츠히사 카와세, 마야 바콘기즈 (그린피스 일본)
- 무인항공기(UAV) 기술 개발: 스티브 알라스
- 조사 데이터 통합: 마이 스희키, 안 반데푸트
- 자료 분석 및 보고서 작성: 손 버니, 스희키 카즈에
- 사진: © 크리스찬 아슬러드, 손 버니
- 영문 수정 및 윤문: 아니엘로 알리오토, 마야 바콘기즈 (그린피스 일본)
- 국문 번역 및 윤문: 그린피스 동아시아 서울사무소, 허광준

* 후쿠시마현 나미에, 이타테, 오쿠마 지역의 주택 조사를 허락해주신 주택 소유주들에게 깊이 감사드립니다. 특히 조사를 위해 가까이 시간을 내주시고 조언을 해주셨던 후쿠시마 피난 주민 칸노씨와 안자이씨께도 깊은 감사를 드립니다. 또한 이 프로젝트를 가능하게끔 기부해주신 그린피스 후원자 여러분께 진심으로 감사드립니다.



표지: 2020 도쿄올림픽 야구, 소프트볼 게임이 개최될 아즈마 경기장 사진
(2019년 10월)
2-3쪽: 그린피스 방사선 방호 전문가 그룹이 후쿠시마현 아부쿠마 강변에서
방사선 조사를 진행하고 있다 (2019년 10월)
© Christian Aslund / Greenpeace

1

요약

그린피스 일본사무소가 2019년에 실시한 후쿠시마 방사성 오염 조사 결과, 태풍 하기비스의 영향으로 광범위한 지역이 다시 오염됐음을 확인했다. 후쿠시마의 70%에 해당하는 산림지역에서는 여전히 방사성 세슘이 방출되고 있는데, 이곳은 실질적으로 제염이 불가능하다. 올해도 조사팀은 후쿠시마현 전역에서 고농도 방사성 오염을 관찰했다. 심각한 수준의 핫스팟, 전년보다 방사선량이 높아진 지역, 선량이 낮아진 일부 지역, 재오염이 진행된 또다른 지역 등이 모두 포함된다. 이 조사 결과는 사태가 '정상화' 되었다는 일본 정부의 선전과는 달리 한층 복잡해진 후쿠시마의 방사성 오염 현실을 입증한다.

후쿠시마 중심가를 포함한 여러 곳에서 핫스팟(Hot Spot, 방사선 고선량 지점)을 발견했다. 후쿠시마현, 특히 나미에, 이타테, 오쿠마의 귀환곤란구역과 피난지시 해제 구역 모두 쉽게 규정할 수 없는 방사성 오염 상황으로 인해 안전을 보장할 수 없는 상태다. 그린피스는 이들 지역의 방사선 준위가 너무 높아 수천 명의 피난민이 해당 지역으로 귀환하기에 부적합하다는 결론을 내렸다.

이번 조사는 그린피스 방사선 보호 전문가그룹(RPA, Radiation Protection Advisor)이 2019년 10월에서 11월에 걸쳐 3주간 실시한 것으로, 제19호 태풍 하기비스 직후에 진행됐다. 태풍으로 일본 전역에 폭우가 발생한 시기였다. 조사팀은 특정 지점의 방사선량이 과거에 비해 상당히 변한 것을 확인했으며, 기상 상황이 재오염에 영향을 준 것으로 판단한다. 후쿠시마현 일부에서 방사선 위기 상황은 지금도 진행 중이며, 이는 후쿠시마가 정상화되고 있다는 선전 공세를 펴는 일본 정부의 주장에 정면으로 배치된다.

그린피스 조사팀은 후쿠시마 내 도쿄올림픽 기간 동안 경기가 열리는 일부 장소를 조사 지역에 포함했다. 2020년 여름 두 건의 올림픽 행사가 예정된 아즈마 구장 및 후쿠시마시 중심부, 올림픽 성화 봉송이 시작되는 이와키의 J 빌리지에서 방사선량을 측정했다.

조사팀은 후쿠시마시와 J 빌리지에 핫스팟이 광범위하게 존재하는 것을 확인했다. 후쿠시마 중앙역 주변 도로에서 4시간 동안 총 45개의 핫스팟을 발견했다. 핫스팟은 도쿄행

신칸센 탑승구에서 몇십 미터 떨어진 지점을 비롯해 시내 중심부 인도와 도로에 산재해 있었다. 이는 2011년 원전 참사로 비롯된 위험이 지금도 상당한 규모로 지속되고 있으며 제염 작업이 꾸준히 계속될 필요가 있음을 보여준다.

J 빌리지의 경우, 일본 정부의 방사성 오염 관리가 제대로 이루어지지 않는다는 것이 그린피스 일본사무소의 결론이다. 다시 폭우가 내릴 경우 고준위 방사성 물질이 주변으로 확산되고 재오염이 발생할 가능성이 높아 여전히 복잡한 상황이다. 10월 26일 그린피스가 J 빌리지에서 발견한 핫스팟 중 선량이 가장 높은 곳은 지면 근처에서 71 μ Sv/h, 10cm 높이에서는 32 μ Sv/h로 나타났다(2011년 이전 기준치 대비 1,750배 이상). 그린피스 일본사무소는 조사 결과를 도출한 직후, 일본 및 국제 올림픽위원회, 후쿠시마현, 일본 정부에 다음의 사항을 촉구하는 서신을 전달했다.

1. J 빌리지 내부 및 주변, 2020 도쿄올림픽과 패럴림픽 경기장이 개최될 공공장소에서 광범위한 방사성 오염 조사를 즉시 실시한다.
2. 발견된 핫스팟 지역을 중심으로 제염 작업을 실시하고, 공공장소 주변 토양(잔디, 산림 등)으로 방사선 조사를 확대한다.
3. 공공장소의 재오염 가능성을 모니터링하기 위해 J 빌리지의 방사성 오염 상황을 주기적으로 확인한다.

일본 정부는 그린피스의 서신 이후에도 핫스팟의 존재를 인정하지 않는 입장이었으나, 2019년 12월 3일 도쿄전력(TEPCO)에 공문을 보내 [2019년 11월 18일 자 그린피스 일본 사무소의 성명서](#)에 명시된 핫스팟 3곳의 제염작업을 지시했다.

12월 13일 그린피스 조사팀은 J 빌리지로 돌아가 다시 방사선을 측정했으며, 핫스팟을 추가로 발견했다. 놀랍게도 도쿄전력은 '공용 도로에서 20m 이내 오염 물질 제거' 등의 표준제염 절차를 따르지 않았다. 핫스팟 이외 구역에서도 고선량 지점이 관찰되었지만 도쿄전력은 그린피스가 공정한 핫스팟과 주변 1m²(제곱미터)만을 제염한 것으로 확인됐다. 올림픽 성화 출발지처럼 중요한

지역이라면, 핫스팟을 제거하기 위해 최대한의 노력을 기울였어야 하지만 도쿄전력을 비롯한 일본 정부의 조치는 몹시 미흡해 보인다. 수년 동안 진행된 제염 작업 이후, J 빌리지는 현재 공공 여가 시설로 사용되고 있다. 문제는 기존 제염작업 단계에서 도쿄전력이 왜 이러한 핫스팟(지면 $7\mu\text{Sv/h}$)을 발견하지 못했는지는 여전히 설명되지 않았다.

그린피스는 후쿠시마 지역 주민의 도움 덕분에, 나미에, 이타테, 오쿠마 등의 고오염 귀환곤란구역에서 조사를 계속 진행할 수 있었다.

2011년 후쿠시마 제1원전의 3개 원자로 노심 용융으로 인해 후쿠시마가 처한 방사성 위기 상황이, 일본 정부의 “부흥 올림픽” 선전 목적을 위해 무시되어선 안 된다. 현재 후쿠시마 방사성 오염의 다층적 상황은 절대론적이고 단순한 슬로건, 예컨대 모든 것이 잘 통제되고 있다든가 반대로 후쿠시마현 전체가 방사능에 오염되어 위험하다는 등의 주장으로는 설명할 수 없는 문제다. 이러한 접근들은 최대 피해자인 후쿠시마 주민들에게 더 큰 피해를 줄 뿐이다.

후쿠시마 방사성 오염 상황에 대해 일본과 국제 사회가 더 활발히 연구, 설명, 이해하려는 노력을 기울여야 한다. 2020년 도쿄올림픽으로 인해 후쿠시마현을 포함한 일본이 받게 될 관심은 후쿠시마 제1원전 사고의 결과를 더 깊이 이해할 수 있는 기회이기도 하다.

일본 정부 및 후쿠시마현에 대한 권고사항

- 후쿠시마 주민의 안전을 도외시키고 생애 피폭 위험 가능성을 지적하는 과학적 분석을 무시한 현재의 주민 복귀 정책을 중단한다.
- 장기적인 제염 목표를 정부 계산 방식으로 연간 1mSv 에 해당하는 시간당 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 로 명확히 설정하고, 사고 전의 수준으로 복구하기 위한 목표 일정 등 작업 계획을 구체적으로 밝힌다. 연간 최대 피폭 허용치를 상향 조정하는 계획을 모두 중단한다.
- 세슘 고함량 미립자를 포함해 제대로 밝혀지지 않은 고선량 지점으로 인한 피폭 등 국민 건강에 대한 장기 영향 평가를 긴급히 실시한다.
- 후쿠시마현 내 후타바, 오쿠마, 나미에, 도미오카, 이타테, 가쓰라오 등 6개 지자체(쓰시마의 나미에 지역, 무로하라, 수에노모리, 오보리 포함)에 내려진

피난지시령을 해제 계획을 포기한다.

- 노동자 인권 보호를 위해 현재 귀환곤란구역에서 이루어지는 제염 프로그램을 중지한다.
- 피난 정책과 관련한 주민들의 의사를 수렴하기 위해, 모든 피난민이 포함된 시민위원회를 구성하는 등 정책 과정을 전적으로 투명하게 시행한다.
- 피난민에게 100% 보상과 경제 지원을 제공하고, 과학적 자료에 근거하여 방사선 피폭을 줄이는 방안을 마련하며, 공공보건을 위한 예방 조치를 시행해, 주민들이 외부 압력이나 경제적 압박을 받지 않고 스스로 귀환이나 이주를 선택할 수 있도록 허용한다.
- UN 특별보고관의 일본 방문 요청을 수락하는 등 UN 특별보고관의 대화 제안 및 지침에 전적으로 협조한다.

2 서론

방사성 오염 문제의 복잡성

그린피스 일본사무소가 작년 진행한 현지 조사 결과에 따르면, 후쿠시마현의 방사성 오염 상황은 상당히 복잡적이다. 공간 방사선량이 여전히 높고 재오염도 이루어지고 있어 주민들이 특히 이타테, 나미에, 오키마와 같은 지역으로 귀환하기에는 부적합하다는 증거가 발견되었다.

이번 조사는 2019년 10월 17부터 11월 4일까지, 이타테, 나미에, 오키마의 피난 구역과 피난지시 해제 구역 모두에서 진행되었다. 그린피스 조사팀이 후쿠시마에 도착한 것은 공교롭게도 제19호 태풍 하گی비스가 휩쓸고 간 직후였다. 기록적인 태풍으로 후쿠시마현을 비롯한 일본 전역에 엄청난 폭우가 내렸다. 일부 과학자들은 폭우로 인해 산림지대의 방사성 물질이 하천계로 다량 유입될 수 있다는 우려를 제기해왔다. 홍수가 발생하면 방사성 핵종이 포함된 퇴적물이 증가하고 하천 하류가 재오염 된다.

그린피스 일본사무소는 2016년 후쿠시마 원전 사고가 생태계에 끼치는 영향을 분석한 보고서 『[Radiation Reloaded](#)』에서 이 같은 현상을 분석한 바 있으며, 후쿠시마현의 70%에 해당하는 산림지대 전체를 제염하는 일은 불가능하므로 다량의 비가 내릴 경우 심각한 토지 오염과 재오염이 발생하고 방사성 물질이 태평양으로 유출될 가능성을 지적했다.

우리는 제19호 태풍 직후에 조사를 진행해 태풍, 폭우와 같은 기상 현상이 방사성 물질의 이동에 미치는 영향을 구체적으로 파악하고자 했다. 측정된 방사선 조사 결과가 과거에 비해 큰 편차를 보이는 지역에서 기상 현상이 재오염에 상당한 영향을 미친 것으로 확인했다. 방사능을 잃고 안정화된 상태로 돌아가는 방사성 붕괴 현상으로 보기는 설명이 어려운 변화다.

올해도 조사팀은 후쿠시마현 전역에서 고농도 방사성 오염 수준을 관찰했다. 심각한 수준의 핫스팟, 전년대보다 방사선량이 높아진 지역, 선량이 낮아진 일부 지역, 재오염이 진행된 또다른 지역 등이 모두 포함된다. 이러한

조사 결과는 사태가 '정상화' 되었다는 일본 정부의 선전과는 달리 한층 복잡해진 후쿠시마의 방사성 오염 현실을 입증하는 증거다.

방사선, 인권 그리고 올림픽

지난 2년 동안 UN 인권이사회 특별보고관(Special Rapporteurs, SRs)을 비롯한 UN 내 인권 조직들은 아동, 여성, 국내실향민(IDP) 등 다양한 관련자의 인권을 침해하는 일본 정부의 후쿠시마 재건 정책 문제점을 여러 차례 폭로, 비판하며 지속 개입해 왔다(부록 참조). UN 인권이사회 특별보고관은 수만 명에 이르는 원전 및 제염 노동자의 인권 문제도 함께 제기했다. 많은 근거 자료를 통해 확인할 수 있듯이, 일본 정부는 인체에 위협이 될만한 수준으로 일반인 피폭 한도를 상향 조정하는 등 인권 보호를 위한 국제 의무를 준수하지 않고 있다. 동시에 일본 정부는 수만 명의 피난민에게 귀환을 강요하는 정책을 고수하고 있다.

주민들이 후쿠시마 귀환 여부를 결정할 때, 그 지역의 방사선 준위를 고려하지만 그게 유일한 선택 기준은 아니다. 현재까지 후쿠시마로 귀환한 주민 총계를 보면, 안전한 상황이라며 피난민을 설득해온 일본 정부의 노력이 실패했다는 점과, 정부 대응에 대한 신뢰도 귀환을 결정하는 주요 기준이었음을 알 수 있다. 중요한 건, 아베 정부가 올해 원전 사고 후 9년이 지난 지금 방사성 오염 상황이 '통제되고' 있으며 안전하다는 확신을 후쿠시마 주민, 그리고 일본 국민에게 주기 위한 노력을 강화할 것이라는 점이다. 2020년 도쿄올림픽 및 패럴림픽은 일본 정부가 후쿠시마의 복잡한 방사성 오염 상황을 더욱 왜곡하는 장(場)이 될 것이다. 일본 정부는 이번 올림픽에 '부흥 올림픽'이라는 이름을 붙였다. 2011년 3월 11일의 끔찍한 사고로 황폐해진 지역에 대한 인식을 바꾸기 위한 브랜딩인 셈이다.

그린피스 일본사무소는 2020 도쿄올림픽 개최의 찬반에 대한 공식 입장을 갖고 있지는 않다. 다만, 후쿠시마시에서 2건의 스포츠 행사를 개최하겠다는 결정은 현지의 방사성 위험을 고려하면 매우 의구심이 가는 판단이다. 특히 우려되는 부분은 올림픽 성화 봉송로인데, 이타테, 나미에,

오쿠마 등, 후쿠시마의 모든 지자체가 경로에 포함되어 있기 때문이다. 수년간 그린피스가 귀환곤란구역과 피난지시 해제 구역 모두에서 높은 방사성 오염 진행을 확인한 곳이다. 여전히 수치가 너무 높기 때문에 피난민의 귀환은 매우 부적합한 상황이다.

주민들이 고향으로 돌아가지 못하는 지역으로 전 세계 운동선수와 그 가족들, 관광객까지 모두 불러들이는 도쿄올림픽 행사 개최는 무엇을 의미하는가? 그린피스 일본사무소는 후쿠시마 사고 9주기를 대비한 이번 후쿠시마 현장 조사를 통해, 이 불명확한 상황을 설명하기 위해 노력했다.



3

방사선 오염 조사 방법

나미에 피난지시 해제구역의 다카세 강에서 무인항공기(UAV) 측정 시스템으로 방사선 조사 중인 모습(2019년 10월)

© Shaun Burnie / Greenpeace

그린피스 현장 조사팀은 나미에 및 이타테 지역에서 두 가지 조사 방법을 사용했다. 후쿠시마 원전 사고로 인해 배출된 방사성 세슘(Cs-137 및 Cs-134)의 양은 거의 비슷하다. 이 둘은 장기 누적 피폭을 유발하는 대부분의 (98%)원인이다.

1. 스캔

체계적 측정:

- 고효율의 보정된 옥화나트륨 신틸레이터(Georadis RT30: 2000 cps / $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (Cs-137)를 사용해 초당 1회씩 지면으로부터 1m 높이의 공간 방사선량률을 측정했다.
- 최대한 격자 패턴으로 체계적으로 걸으며 도보로 스캐닝을 실시했다.
- 소유주의 허가를 받은 개별 주택 주변을 측정했다. 주택 주변은 여러 구역으로 나누어(밭, 통행로, 주변 숲 지대 등) 각각 별도로 측정했다. 주택 주변을 약 5~10 개 구역으로 구분하고, 구역마다 최소 100개, 중간값 200~300개의 측정지점을 정했다. 각 주택과 토지의 총 측정지점 개수는 일반적으로 3,000~5,000개 사이였다.

- 과학적 기준에 따라 설정된 구역별로 측정값에 대한 통계를 집계(구역별 평균, 최소값, 최대값을 산정)한다. 각 주택 및 토지 주변으로 설정된 구역의 평균값은 가장 평균치로 산출했으며, 구역별 가중치는 동일하게 적용했다. 이에 따라 연도별 비교가 가능하다.

2. 핫스팟

핫스팟은 고선량 방사성 오염이 집중된 지점이다. 다음의 방법으로 측정하였다.

- 옥화나트륨 신틸레이터(Radeye PRD- ER)를 사용해 10cm / 50cm / 1m 높이에서 공간 방사선량률을 측정하고, 휴대용 Garmin Montana 650으로 GPS 위치를 파악했다.
- 설정된 구역마다 핫스팟 지점을 취합했다.

3. 차량을 이용한 스캔

보다 넓은 지역을 조사하기 위해 차량 조수석의 외부 도로에서 1m 높이 지점에 Georadis RT30를 설치하여 방사선량을 측정하고 초당 1회씩 측정값을 기록했다.

4. 무인항공기(UAV) 스캔

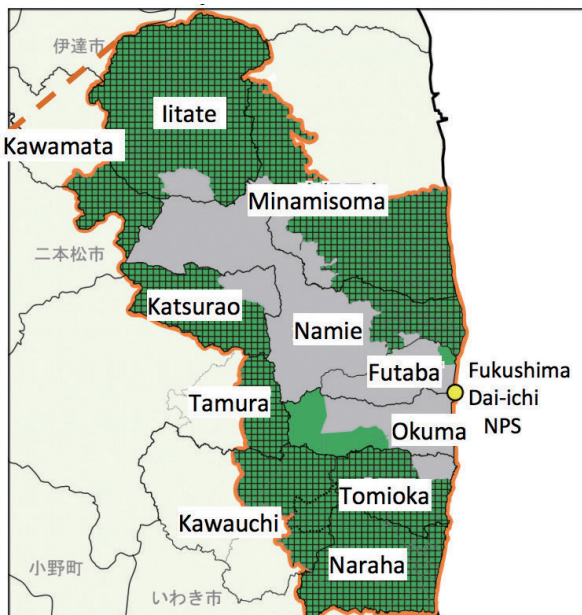
Georadis 및 정밀 GNSS(GPS)를 사용한 체계적 측정은 매우 정확하고 신뢰할 수 있는 것으로 입증된 바 있다. 그린피스 일본사무소가 2015년부터 취합한 측정치를 바탕으로 방사선 추이 비교가 가능하다. 그러나 이 방법에는 몇 가지 한계가 있다. 후쿠시마현의 70%가 산림지역이기 때문에, 일부 지역 초목의 밀도가 매년 높아지는 등 도보 접근에 물리적인 어려움이 있다. 매년 정확히 동일한 조건을 확보하기 어려운 이유다. 나미에 귀환곤란구역 등 피난 지역의 초목 생장 때문에, 주택 주변 및 인근 산림지역 내부는 특히 접근하기 어려웠다.

이러한 한계를 극복하기 위해, 우리는 2018년 민감도가 높은 무인항공기(UAV) 측정 시스템(드론)을 개발했다. 경량이면서 민감도가 높은 기술 덕분에, 2018년 10 월에는 공중 정밀 측정이 가능함을 확인할 수 있었다. 그린피스는 기술적 측면을 고려하여 DJI Matrice 200 UAV를 도입했다. 무엇보다, 초경량이면서도 감도가 높은 CsI(Tl) 탈륨 도핑된 요오드화 세슘 신틸레이터 Kromek(Sigma-50), 고도 측정을 위한 LIDAR 시스템, 측정 위치 파악을 위한 정밀 GPS 시스템, 지상에서 실시간 수치 확인을 위한 무선전송 기술을 사용했다. UAV 하단에 설치된 Raspberry Pi 미니컴퓨터로 데이터를 기록 및 동기화하면서 초당 1회씩 수치를 확인할 수 있다

(GPS 좌표, 고도, 방사선 측정값).

그린피스의 새로운 모니터링 시스템은 매우 우수하게 작동하였다. 다양한 고도에서 UAV 모니터 사용 테스트를 진행했으며, 2m의 낮은 위치에서부터 100m 이상까지 다수의 적용 가능지점을 발견했다. 일본의 규제 한도인 150m보다 낮은 100m 높이에서 거의 모든 장애물을 피해 측정할 수 있다. Kromek Sigma-50의 민감도는 측정 지역(나미에 귀환곤란구역 내 고오염 지대 포함)에서 대부분 500-4000cps의 계수율로 충분한 수준이다.

2018년과 2019년에 기술 시연이 성공적으로 완료되었고, 2020년 그린피스는 UAV 모니터에 대한 추가적인 보정 작업을 진행할 예정이다. 본격적으로 시스템 사용 준비가 되면 해당 방법론에 대한 상세한 설명 및 결과를 공유할 예정이다.



지도 1: 후쿠시마 특수제염지역(SDA)
(출처: 일본 피해지역의 환경복원, 2018.12. 일본 환경청). 후쿠시마 특수제염지역(SDA)의 전체 제염은 2017년 3월 말 완료되었다.

4

나미에, 오쿠마 귀환곤란구역 조사결과

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 한도 선량을 수정했다. 일본 정부는 피난 지시를 해제하기 위한 전략의 일환으로 2012년 4월 연간 한도 선량을 20mSv/y로 상향조정 했다.¹

2011년 3월 후쿠시마 제1원전 사고 전, 후쿠시마현의 평균 방사선량은 시간당 0.04 μ Sv/h였다. 일본 정부는 장기 제염 목표를 시간당 0.23 μ Sv/h로 설정했는데, 정부 추정에 따르면 이를 달성할 경우 연간 한도 선량은 1mSv/y 수준이다. 그러나 수년간의 현지 조사 결과와 다름없이 작년에도 후쿠시마 여러 지역에서 0.23 μ Sv/h보다 훨씬 높은 방사선 준위를 확인했다. 사고 이후 9년이 흘렀고 2.8조엔 이상을 제염 프로그램에 투자했지만, 일본 정부는 국제 방사선 방호 위원회가 권고하는 0.23 μ Sv/h에 도달할 예상 시점조차 제시하지 못하고 있다. 우리의 [2018년 보고서](#)에서 상세히 밝혔듯이, 일부 지역의 선량은 22세기에 접어들고도 한참 지나서야 0.23 μ Sv/h에 도달할 것으로 보인다. 이 목표가 달성된다고 해도 2011년 3월 이전의 기준치인 0.04 μ Sv/h 보다 거의 6배 높은 수준이다.

나미에 지역의 귀환곤란구역 - 칸노 씨의 집

칸노 씨의 집은 후쿠시마 제1원전에서 서북서쪽으로 30km 떨어진, 나미에 구의 시모-쓰시마 지역에 있다. 이 집은 2011년 3월 원전 사고로 인해 심각한 방사성 오염 피해를 입었다. 정부는 칸노 씨의 집을 제염 기술 시범 대상으로 선정했고, 2011년 12월부터 2012년 2월 사이에 집중적인 제염 작업을 진행했다. 그린피스는 칸노 씨 집을 대상으로 2017년 9월에 1차 방사선 조사, 2018년 10월에 후속 조사를 실시했다. 2019년 10월 칸노 씨의 집을 다시 찾아, 집 주변 농지와 산림지대, 인접 도로 중심으로 조사했다.

전체적으로 2019년 10월에 기록된 7개 구역의 가중 평균은 0.9 μ Sv/h였으며, 2018년에 측정한 4개 구역의 수치는 1.3 μ Sv/h였다(표 1). 연도별 최대 선량률은 2019년 10월 2.2 μ Sv/h, 2018년 5.9 μ Sv/h, 2017년 5.8 μ Sv/h였다. 측정값들 사이에 상당한 큰 편차가 관찰되는데, 이는 방사성 붕괴나 정부 차원의 추가적인 제염 작업으로 설명되지 않는 부분이다. 우리가 2018~2019년 데이터를 보유하고 있는 4개 구역의

경우, 1년 사이 평균 선량률이 전반적으로 31% 감소했다. 이는 2017~2018년 사이 감소량이 0이었던 것에 비하면 상당히 큰 변화다. 2017~2018년과 비교해 차이가 나타나는 타당한 이유 중 하나는 2019년 10월 일본을 덮친 제19호 태풍으로 발생한 폭우다. 비에 휩쓸려 방사성 물질들이 이동하는 것이다. 전 구역에서 평균 및 최대치 모두 크게 감소한 이유는 제9 구역에서 확인할 수 있다. 논길인 제9 구역은 평균 방사선량률 측정치가 2018년 1.6 μ Sv/h에서 2019년 1.1 μ Sv/h로 감소했고, 최대치는 5.9 μ Sv/h에서 2.1 μ Sv/h로 줄었다. 이 구역만 수치가 눈에 띄는 큰 폭의 변화를 보이는 이유는 태풍 하기비스로 인한 폭우 때문일 수 있다.

칸노 씨 집 주변 지역 중 30%의 연간 선량(표 2)은 일본 정부의 방법론 기준 5-10mSv/y, 1년 연속 피폭 기준 8-17mSv/y 피폭으로 이어질 수 있는 수준이다.² 국제 방사선 방호 위원회가 권고하는 일반인 연간 한도 선량은 1mSv/y이다.³ 3,722 개 측정 지점 모두 일본 정부의 현행 장기 제염 목표치 0.23 μ Sv/h를 초과했다. 제1 구역은 주택과 바로 인접해 있으며(5~10m 이내) 이미 제염 작업이 완료된 곳이지만, 2018년 0.6 μ Sv/h와 비교해 2019년 0.5 μ Sv/h로 크게 낮아지지 않았다.

이 주택은 삼면이 숲으로 둘러싸여 있는데 2011년 이후 숲이 상당히 울창해졌다. 제5 구역(표 1)은 주택 뒤편 숲으로, 조사 결과에 따르면 제염 효과는 제한적이었으며, 측정값의 편차가 발생한 이유는 명확하지 않다. 제5 구역에서 측정된 2019년 평균 방사선량률은 1.5 μ Sv/h, 최대치는 2.2 μ Sv/h였다(2018년에는 각각 2.0 μ Sv/h와 2.4 μ Sv/h). 제5 구역의 평균치가 25% 감소한 것은 방사성 붕괴 또는 제염으로 설명되지 않는다. 제19호 태풍으로 발생한 폭우의 영향은 추가적인 분석이 필요한 지점이다.



그림 1: 그린피스 방사선 조사를 위해 지정된 구역을 보여주는 칸노 씨 집 설계도 - 후쿠시마현 나미에 피난 구역, 시모-쓰시마

표 1: 칸노씨 주택 주변 구역 방사선 데이터(1m 높이), 2017-2019년

구역		최대			평균			측정지점 수			0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상			1 $\mu\text{Sv/h}$ 이상		
		2019	2018	2017	2019	2018	2017	2019	2018	2017	2019	2018	2017	2019	2018	2017
1구역	집 주변	0.8	0.9	1.3	0.5	0.6	0.7	248	394	238	100%	100%	100%	0%	0%	9%
2구역	창고 주변 및 통행로	1.1	n/a	2.1	0.7	n/a	1.1	479	n/a	550	100%	n/a	100%	3%	n/a	58%
3구역	마당 및 농지	1.5	n/a	1.8	0.9	n/a	0.8	537	n/a	383	100%	n/a	100%	39%	n/a	13%
4구역	농지	0.9	1.3	1.2	0.6	0.8	0.9	669	597	447	100%	100%	100%	0%	12%	24%
5구역	집 뒤편 숲	2.2	2.4	2.8	1.5	2.0	1.9	504	330	902	100%	100%	100%	85%	100%	95%
6구역	논, 북쪽	n/a	n/a	2.4	n/a	n/a	1.9	n/a	n/a	761	n/a	n/a	100%	n/a	n/a	100%
7구역	논, 남쪽	n/a	n/a	1.9	n/a	n/a	1.5	n/a	n/a	403	n/a	n/a	100%	n/a	n/a	95%
8구역	도로	1.3	n/a	1.6	0.6	n/a	0.7	536	n/a	470	100%	n/a	100%	6%	n/a	100%
9구역	북쪽 논 연결로	2.1	5.9	5.8	1.1	1.6	1.7	749	996	951	100%	100%	100%	54%	81%	91%
전체	구역 전체 가중평균	2.2	5.9	5.8	0.9	1.3	1.3	3,722	2,317	5,105	100%	100%	100%	29%	52%	67%

표 2: 칸노씨 집 주변 방사선 3,722개 측정점(1m 높이), 2019년 10월 24일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/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%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
$< 3.8 \text{ and } \geq 2\mu\text{Sv/h}$	30	1%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
$< 2 \text{ and } \geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	508	14%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
$< 1.5 \text{ and } \geq 1\mu\text{Sv/h}$	551	15%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
$< 1 \text{ and } \geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	2,008	54%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
$< 0.5 \text{ and } \geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	625	17%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	3,722	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

$\mu\text{Sv/y}$	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points < 0.23	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.23	3,722	100%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.5	3,097	83%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1	1,089	29%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1.5	538	14%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 2	30	1%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 3.8	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 5	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	3,722	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

Z 주택

후쿠시마 제1원전에서 북서쪽으로 25km 떨어진 Z 주택은 2017년 조사 때처럼 매우 높은 수준의 오염이 발견됐다. 모든 구역의 전체 평균은 2017년 조사 결과인 3.3 μ Sv/h에서 2019년 2.4 μ Sv/h로 감소했고, 2017년 측정된 최대 수치도 8.2 μ Sv/h에서 6.8 μ Sv/h로 일부 감소한 것을 확인했다. 그러나 여전히 Z 주택 전면에 위치한 제2 구역의 평균 선량은 3.0 μ Sv/h, 최대 선량은 6.1 μ Sv/h였다. 또, 제2 구역 중 6%에서 연간 피폭 선량이 일본 정부 기준으론 20mSv/y를, 1년간 연속 노출 기준으로는 33mSv/y를 상회한다. Z 주택 주변 전체의 70%는 연간 피폭 선량률이 일본 정부 기준으론 10mSv/y, 1년간 연속 노출 기준으로는 17mSv/y를 기록했다.

Z 주택 창고 주변인 제5 구역에서는 2019년 평균이 2.5 μ Sv/h(2017년 3.4 μ Sv/h), 2019년 최댓값은 6.8 μ Sv/h(2017년 8.2 μ Sv/h)로 나타났다. 114번 국도상에 위치한 제6 구역의 경우, 2019년 평균은 2.1 μ Sv/h(2017년 2.71 μ Sv/h), 최댓값은 5.3 μ Sv/h(2017년 7.3 μ Sv/h)였다.

표 3: Z 주택 주변 구역 방사선 데이터(1m 높이), 2017-2019년

구역		최대		평균		측정지점 수		0.23 μ Sv/h 이상		1 μ Sv/h 이상	
		2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2017
1구역	통행로	3.2	4.3	2.3	3.2	140	180	100%	100%	100%	100%
2구역	집 앞	6.1	7.6	3.0	3.8	297	407	100%	100%	100%	100%
3구역	집 주변	n/a	5.1	n/a	3.3	n/a	261	n/a	100%	n/a	100%
4구역	온실-마당	n/a	4.9	n/a	3.3	n/a	794	n/a	100%	n/a	100%
5구역	집 앞 창고	6.8	8.2	2.5	3.4	262	195	100%	100%	100%	100%
6구역	주요 도로	5.3	7.3	2.1	2.7	483	875	100%	100%	100%	100%
7구역	과수원	n/a	5.2	n/a	3.4	n/a	339	n/a	100%	n/a	100%
전체	구역 전체 가중평균	6.8	8.2	2.4	3.3	1,182	3,051	100%	100%	100%	100%

나미에 귀환곤란구역의 도보 조사에서 방사선량률 18.3마이크로시버트 핫스팟을 발견했다. (2019년 11월)



표 4: Z 주택 주변 방사선 1,182개 측정점(1m 높이), 2019년 11월 1일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
>= 5μSv/h	13	1%	>= 26 mSv/y	>= 43 mSv/y
< 5 and >=3.8μSv/h	56	5%	>= 20 mSv/y	>= 33 mSv/y
< 3.8 and >=2μSv/h	759	64%	>= 10 mSv/y	>= 17 mSv/y
< 2 and >=1.5μSv/h	296	25%	>= 8 mSv/y	>= 13 mSv/y
< 1.5 and >=1μSv/h	58	5%	>= 5 mSv/y	>= 8 mSv/y
< 1 and >=0.5μSv/h	0	0%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
< 0.5 and >=0.23μSv/h	0	0%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
< 0.23μSv/h	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
총 측정지점 수	1,182	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

μSv/y	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points <0.23	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
no. points >=0.23	1,182	100%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
no. points >=0.5	1,182	100%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
no. points >=1	1,182	100%	>= 5 mSv/y	>= 8 mSv/y
no. points >=1.5	1,124	95%	>= 8 mSv/y	>= 13 mSv/y
no. points >=2	828	70%	>= 10 mSv/y	>= 17 mSv/y
no. points >=3.8	69	6%	>= 20 mSv/y	>= 33 mSv/y
no. points >=5	13	1%	>= 26 mSv/y	>= 43 mSv/y
총 측정지점 수	1,182	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

오쿠마 귀환곤란구역 - X 주택

일본 정부는 제염 후 오쿠마 지역 일부에 대한 피난지시령을 해제했으나, 해당 지역의 상당 부분은 여전히 귀환곤란구역으로 남아있다.

후쿠시마 제1원전에서 7.5km 떨어진 오쿠마 귀환곤란구역의 지역 주민이 그린피스에 자택 방사성 오염 조사를 요청해, 2019년 해당 지역을 처음으로 조사했고, 2020년 10월 다시 방문할 예정이다. X 주택의 3,263개 지점에 대한 평균은 1.1μSv/h, 최댓값은 4.2μSv/h였다. 측정 지점 중 56%에서 1μSv/h 이상이 관찰됐다.

이곳은 오쿠마 내에서 오염 수준이 높은 편이 아니었지만, 측정 지점 3,263개 전체가 정부 제염 목표치인 0.23μSv/h 이상이였다.

같은 지역, 공사가 한창이던 오노 역으로부터 불과 몇 미터 떨어진 곳에서 측정한 결과, 1m 높이에서 6μSv/h, 10cm 높이에서 41μSv/h의 핫스팟이 발견되었다. 올림픽 성화 봉송 출발지로부터 수백 미터 반경의 오쿠마 피난지시 해제 구역에서는, 작은 수풀지대에서 1m 높이에 1.5μSv/h, 10cm 높이에 2.5μSv/h의 핫스팟이 발견되었다.

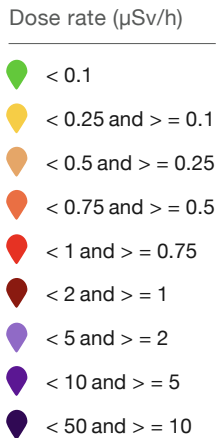


사진 1: 오쿠마 귀환곤란구역, 오노 역 주변의 핫스팟 위치 표시 (구글 지도 활용)

표 5: 오쿠마 X 주택 주변 구역 방사선 데이터, 2019년

구역		2019				
		최대	평균	측정지점 수	0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상	1 $\mu\text{Sv/h}$ 이상
1구역	집 연결로	1.8	0.9	129	100%	39%
2구역	서쪽 밭	1.5	1.1	309	100%	67%
3구역	동쪽 밭	1.8	1.1	291	100%	69%
4구역	집 주변	4.2	1.1	579	100%	58%
5구역	집 뒤쪽 숲	1.9	1.5	683	100%	100%
6구역	마당	3.4	1.4	301	100%	83%
7구역	도로	2.3	0.7	971	100%	11%
전체	구역 전체 가중평균	4.2	1.1	3,263	100%	56%

표 6: 오쿠마 X 주택 주변 방사선 3,263개 측정점(1m 높이), 2019년 11월 2일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
$\geq 5\mu\text{Sv/h}$	0	0%	≥ 26 mSv/y	≥ 43 mSv/y
< 5 and $\geq 3.8\mu\text{Sv/h}$	3	0%	≥ 20 mSv/y	≥ 33 mSv/y
< 3.8 and $\geq 2\mu\text{Sv/h}$	30	1%	≥ 10 mSv/y	≥ 17 mSv/y
< 2 and $\geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	576	18%	≥ 8 mSv/y	≥ 13 mSv/y
< 1.5 and $\geq 1\mu\text{Sv/h}$	1,229	38%	≥ 5 mSv/y	≥ 8 mSv/y
< 1 and $\geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	1,261	39%	≥ 3 mSv/y	≥ 4 mSv/y
< 0.5 and $\geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	164	5%	≥ 1 mSv/y	≥ 2 mSv/y
< 0.23 $\mu\text{Sv/h}$	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
총 측정지점 수	3,263	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

$\mu\text{Sv/y}$	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points <0.23	0	0%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
no. points ≥ 0.23	3,263	100%	≥ 1 mSv/y	≥ 2 mSv/y
no. points ≥ 0.5	3,099	95%	≥ 3 mSv/y	≥ 4 mSv/y
no. points ≥ 1	1,838	56%	≥ 5 mSv/y	≥ 8 mSv/y
no. points ≥ 1.5	609	19%	≥ 8 mSv/y	≥ 13 mSv/y
no. points ≥ 2	33	1%	≥ 10 mSv/y	≥ 17 mSv/y
no. points ≥ 3.8	3	0%	≥ 20 mSv/y	≥ 33 mSv/y
no. points ≥ 5	0	0%	≥ 26 mSv/y	≥ 43 mSv/y
총 측정지점 수	3,263	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

5

나미에, 이타테 피난지시 해제 구역 조사

2017년 3월 31일 일본 정부는 나미에와 이타테 일부 지역의 피난지시 명령을 해제했다. 이 두 곳은 후쿠시마 제1원전 북쪽 및 북서쪽에 있다. 2011년 3월 이타테 및 나미에의 인구는 각각 6,509명, 21,434명이었다.⁴

2020년 1월 31일 기준으로 나미에는 1,189명(2019년 2월 1일 기준 896명), 이타테는 1,392명(2019년 1,003명)이었다. 현재 통계에는 사고 이전의 주민들 귀환률, 그리고 원전 노동을 위해 이주한 수가 합산되어 있다.

그린피스 일본사무소는 2011년 사고 이후부터 나미에와 이타테 지역을 대상으로 방사선 조사를 진행해왔다. 2015년부터 이타테 지역 조사를 재개했고, 그 후로는 매년 방문해 조사했다. 2017년 9월에는 조사를 확대하여, 지역 주민 대부분이 거주했던 나미에 마을 중심부를 포함했다. 매년 진행한 이타테 마을 조사 결과와 마찬가지로, 2019년 10월 나미에 피난 지시 해제 구역의 공간 방사선량률은 정부의 현행 장기목표치인 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 를 크게 웃돌았다.

조사 결과에 따르면, 나미에와 이타테 마을로 귀환하는 주민은 연간 한도 선량 1mSv/y 를 초과하는 피폭에 노출될 위험이 있다. 일본 정부는 피난지시 해제 구역의 한도 선량 20mSv/y 가 허용 가능한 수준이라는 입장을 고수하고 있다. $1\text{--}5\text{mSv/y}$ 범위의 저선량 피폭에서도 암 발생 위험이 있다는 명백한 과학적 근거가 있음에도 일본 정부는 계속해서 이를 무시하고 있다.⁵

나미에 마을

나미에 마을은 후쿠시마 제1원전에서 북북서 방향으로 10km 떨어져 있으며, 2014년부터 2017년까지 대대적인 제염 작업이 진행된 곳이다. 그러나 그린피스 일본사무소가 2019년 조사한 결과에 따르면, 나미에 마을의 선량률을 일본 정부의 장기목표치 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 이하로 낮추는 데는 명백히 실패한 것으로 나타났다.

다카세 강은 나미에 마을을 관통한다. 타와쓰다 마을에 인접하고, 일반인 접근 가능 지역과 나미에 피난구역의 교차점에 위치하고 있다.

다카세 강

타와쓰다 마을에 인접한 다카세 강에서 그린피스는 예년보다 조사 범위를 확대했다. 이곳은 2017년 3월 피난지시가 해제된 나미에 지역에 속한다. 공간 선량률은 일본 정부의 장기목표치 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 를 웃돌고 있다. 이번 조사에서는 강 제방과 도로에서 5,581개 지점을 측정했다. 결과는 평균 $0.8\mu\text{Sv/h}$, 최대 $1.7\mu\text{Sv/h}$ 로 99%가 정부의 장기 제염 목표치를 초과했다. 이는 2011년 이전 기준치인 $0.04\mu\text{Sv/h}$ 의 20배에 해당한다.

다카세 강변 통행로인 제1 구역의 경우 2019년 측정치가 2018년과 유사한 수준으로 평균 $0.7\mu\text{Sv/h}$, 최대 $1.5\mu\text{Sv/h}$ 였다. 제2 구역은 벌목작업으로 2018년과 같은 정확한 측정이 불가능하여, 대신 제방 옆 경사지를 따라 측정하기로 했다. 조사 결과, 상부 도로보다 수치가 높았고, 재오염 가능성으로 인한 핫스팟의 징후도 포착되었다. 태풍 하기비스 영향으로 다카세 강 역시 후쿠시마의 다른 하천과 마찬가지로 대규모 범람이 발생했으며, 이로 인해 후쿠시마현 수계를 통해 상당량의 방사성 물질이 이동한 것으로 보인다. 문제는 이곳의 바로 접한 상류 지역이 오보리 마을이라는 점인데, 나미에 귀환근란구역 중 가장 오염이 심한 곳 중 하나다. 다카세 강은 오보리 마을을 관통한다.

다카세 강 제방 경사지 주변 방사선량 측정 결과는 표 7과 같다. 전체 조사 구역 중 47%에서 연간 피폭 선량이 일본 정부 방법론 기준으로 5-8mSv/y, 1년 연속 피폭 기준을 가정하면 8-13mSv/y로 나타났다.

후쿠시마현 다카세 강
방사선 조사 (2019년 10월)



표 7: 다카세 강 주변 구역 방사선 데이터(1m 높이), 2019년

위치	최대	평균	측정지점 수	0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상	1 $\mu\text{Sv/h}$ 이상
강변 통행로 (1구역)	1.5	0.7	2,263	97%	7%
제방 경사지	1.7	1.0	3,318	100%	47%
전체	1.7	0.8	5,581	99%	31%

표 8: 다카세 강 주변 방사선 5,581개 측정점(1m 높이), 2019년 10월 29일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/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%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
$< 2 \text{ and } \geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	24	1%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
$< 1.5 \text{ and } \geq 1\mu\text{Sv/h}$	1,550	47%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
$< 1 \text{ and } \geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	1,739	52%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
$< 0.5 \text{ and } \geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	5	0%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	3,318	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

$\mu\text{Sv/y}$	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points < 0.23	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.23	3,318	100%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.5	3,313	100%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1	1,574	47%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1.5	24	1%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
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%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	3,318	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

나미에 지역의 유치원과 학교

그린피스 일본사무소는 2017년에 처음으로 나미에 지역의 유치원과 학교를 조사했다. 이곳은 모두 피난지시 해제 구역으로 실제 귀환민들이 재정착하고 있다. 학교에 인접한 작은 수풀지대 등에서 방사선량을 측정했다.

2019년 10월 조사에서 학교 인접 수풀지대의 평균은 $1.6\mu\text{Sv/h}$ (2018년 $1.8\mu\text{Sv/h}$), 최댓값은 $2.3\mu\text{Sv/h}$ (2018년 $2.9\mu\text{Sv/h}$)로 나타났다. 이는 애초에 거주 가능 지역이 되어서도 안됐지만, 특히 학생들이 머물 장소에서 발견되어선 안될 높은 수치다.

학교 인근 지역 중 45%에서 연간 피폭 선량(일본 정부 기준)이 $8\sim 10\text{mSv}$ 로 확인됐고, 1년간 연속 노출됐을 때 $13\sim 17\text{mSv}$ 에 달할 것으로 나타났다. 학교 주변 산림 지역의 8%는 연간 피폭 선량(일본 정부 방법론 기준) $10\sim 20\text{mSv}$ 까지 확인됐고, 1년간 연속 노출됐을 땐 $17\sim 33\text{mSv}$ 에 이를 것으로 보인다. 이번에 측정한 2,190개 지점 모두 일본 정부의 제염 목표치 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 를 초과했다.

표 9: 나미에 마을 학교 주변 구역 방사선 데이터, 2019

위치	최대	평균	측정지점 수	0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 이상	1 $\mu\text{Sv/h}$ 이상
학교 앞 숲	2.3	1.6	2,190	100%	97%

표 10: 나미에 마을 학교 주변 방사선 2,190개 측정점(1m 높이), 2019년 10월 29일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/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%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
$< 3.8 \text{ and } \geq 2\mu\text{Sv/h}$	167	8%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
$< 2 \text{ and } \geq 1.5\mu\text{Sv/h}$	994	45%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
$< 1.5 \text{ and } \geq 1\mu\text{Sv/h}$	965	44%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
$< 1 \text{ and } \geq 0.5\mu\text{Sv/h}$	60	3%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
$< 0.5 \text{ and } \geq 0.23\mu\text{Sv/h}$	4	0%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
$< 0.23\mu\text{Sv/h}$	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	2,190	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

$\mu\text{Sv/y}$	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points < 0.23	0	0%	$< 1 \text{ mSv/y}$	$< 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.23	2,190	100%	$\geq 1 \text{ mSv/y}$	$\geq 2 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 0.5	2,186	100%	$\geq 3 \text{ mSv/y}$	$\geq 4 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1	2,126	97%	$\geq 5 \text{ mSv/y}$	$\geq 8 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 1.5	1,161	53%	$\geq 8 \text{ mSv/y}$	$\geq 13 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 2	167	8%	$\geq 10 \text{ mSv/y}$	$\geq 17 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 3.8	0	0%	$\geq 20 \text{ mSv/y}$	$\geq 33 \text{ mSv/y}$
no. points ≥ 5	0	0%	$\geq 26 \text{ mSv/y}$	$\geq 43 \text{ mSv/y}$
총 측정지점 수	2,190	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

이타테 마을 안자이 씨의 집

그린피스 일본사무소는 2015년부터 토루 안자이 씨 집 부근을 대상으로 방사선 조사를 진행해 왔다. 후쿠시마 제1원전에서 35km 떨어진 곳으로, 이타테 마을 남동쪽에 있다. 안자이 씨는 2011년 6월 24일 집을 떠나 대피했고, 2014~2015년에 걸쳐 당국의 대대적인 제염 작업이 실시됐다. 표토층을 5cm 이상 걷어낸 제염토 봉투들은 임시 저장소로 운반됐다. 오염되지 않은 토양으로 표면을 덮은 곳도 있었다. 2015~2019년 기간 그린피스의 안자이 씨 집 조사 결과는 표 11과 12의 내용과 같다.

2019년 10월 총 3,651개 지점에서 수치를 측정했다. 조사 표본 10개 구역 중 7곳의 모든 측정치가 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 를 넘어섰다. 한편, 대부분의 구역에서 평균 방사선량이 예년보다 눈에 띄게 감소했는데, 조사팀은 2015년 이루어진 추가 제염 작업, 방사성 붕괴 등이 복합적으로 작용한 결과라는 결론을 내렸다.

2018년 평균은 0.7 $\mu\text{Sv/h}$ 이었으나 2019년 수치는 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 로 29% 감소했다. 최댓값들은 편차가 더 컸는데, 평균적으로 2018년 1.7 $\mu\text{Sv/h}$ 에서 2019년에는

1.3 μ Sv/h로 24% 줄었다. 그러나 방사선량이 소폭 감소한 다른 지역과 마찬가지로 이러한 일부 감소는 방사성 붕괴만으로는 설명되지 않으며, 태풍 하기비스의 기상 영향으로 판단된다.

이번 조사에서는, 과거 결과 중 제5 구역의 제염 작업 효과가 특히 낮았다는 점에 주목했다. 안자이 씨 집은 제염이 불가능한 산림 경사지에 인접해 있기 때문이다. 이타테의 많은 가옥도 비슷한 상황이다. 일반적인 제염 작업 방식과 마찬가지로, 안자이 씨 집에서 숲 안쪽으로 20m 지점까지만 제염이 진행되었다. 2019년 제 5 구역의 수치를 측정했을 때, 평균 0.9 μ Sv/h (2018년 1.0 μ Sv/h), 최대 1.3 μ Sv/h (2018년 1.7 μ Sv/h)로 나타났다. 주택과 인접한 경사지의 선량률은 집 내부에도 직접적인 영향을 미치므로 상당히 중요한 요소다. 또, 제염이 되지 않은 산림 지역의 방사능이 저지대나 주택지 인근의 제염 완료 지역을 재오염시킬 수 있다고 보고 있어 매년 방사선량의 변화가 있을 것으로 예상된다. 안자이 씨의 집은 방사성 폐기물로 고려돼 2018년 철거되었고 현재로서는 이곳에 재건축 계획이 없는 상태다.

2018~2019년 사이 가장 눈에 띄는 변화를 보인 곳은 2015년 제염 작업이 진행된 제 4 구역과 제7 구역의 집 부근 발이다. 제염 작업 이후에도 비교적 높은 수치를 보였던 지점에서, 2019년 조사 결과 전년 대비 각각 68%와 58% 감소했다(표 11). 이 역시 방사성 붕괴만으로는 설명되지 않으며, 폭우로 인해 이염했을 가능성을 보여준다. 그린피스 일본사무소가 확보한 5년간의 데이터를 살펴보면 이러한 차이가 더욱 명확히 드러난다. 2020년 10월에 안자이 씨의 집터를 다시 방문하게 되면, 이러한 선량 변화의 원인을 더 구체적으로 확인할 수 있을 것으로 기대한다. 안자이 씨 소유의 토지 중 57%는 연간 피폭 선량(일본 정부 기준) 3mSv/y 초과, 1년 연속 피폭 시 4mSv/y 초과에 달할 것으로 확인된다. 또, 조사 지역 중 4%에선 연간 피폭 선량(일본 정부 기준) 5 μ Sv/y 초과, 1년 연속 피폭 시 8mSv/y 초과 될 것으로 확인했다.

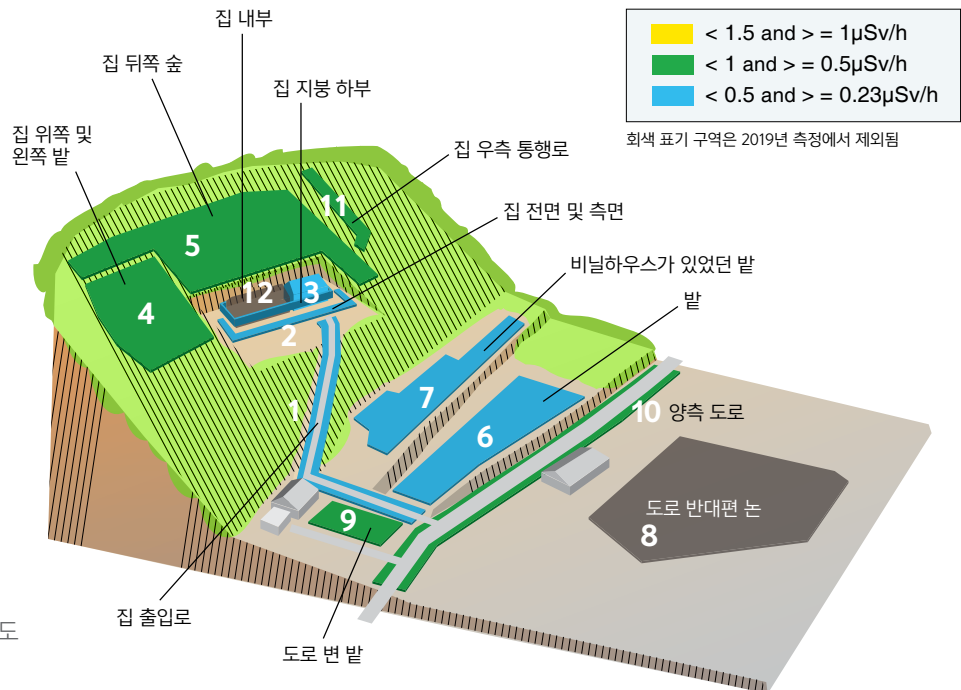


그림 2: 그린피스 방사선 조사를 위해 지정된 구역을 보여주는 안자이 씨 집 설계도

표 11: 안자이씨 집 주변 구역 방사선 데이터(1m 높이), 2015년-2019년

구역		최대					평균					전년대비%				
		2019	2018	2017	2016	2015	2019	2018	2017	2016	2015	2019	2018	2017	2016	2015
1구역	집 출입로	0.6	1.0	0.9	0.8	1.4	0.4	0.5	0.6	0.6	1.1	87%	83%	105%	58%	n/a
2구역	집 전면 및 측면	0.5	0.9	0.8	0.7	1.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.6	64%	102%	116%	60%	n/a
3구역	집 지붕 하부	0.5	0.9	0.6	0.7	1.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	75%	105%	101%	57%	n/a
4구역	집 위쪽 및 왼쪽 발	1.0	1.3	1.4	1.5	2.3	0.7	1.0	1.1	1.1	1.9	68%	88%	99%	61%	n/a
5구역	집 뒤쪽 숲	1.3	1.7	1.6	1.5	2.2	0.9	1.0	0.9	1.0	1.4	87%	113%	90%	75%	n/a
6구역	발	0.7	1.1	1.1	1.1	2.0	0.5	0.6	0.8	0.8	1.2	76%	75%	105%	69%	n/a
7구역	비닐하우스가 있었던 발	0.7	1.4	1.4	1.6	n/a	0.4	0.7	0.8	0.8	n/a	58%	84%	105%	n/a	n/a
8구역	도로 반대편 논	n/a	n/a	1.2	0.6	1.7	n/a	n/a	0.5	0.3	1.4	n/a	n/a	145%	23%	n/a
9구역	도로 변 발	1.0	n/a	2.0	1.5	n/a	0.6	n/a	0.9	1.0	n/a	n/a	n/a	96%	n/a	n/a
10구역	양측 도로	1.1	n/a	1.4	1.0	2.6	0.5	n/a	0.7	0.6	1.3	n/a	n/a	115%	48%	n/a
11구역	집 우측 통행로	1.0	n/a	1.6	1.5	n/a	0.7	n/a	1.1	1.0	n/a	n/a	n/a	111%	n/a	n/a
12구역	집 내부	n/a	n/a	0.7	n/a	0.9	n/a	n/a	0.3	n/a	0.5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
전체 구역 전체 가중평균		1.3	1.7	2	1.6	2.6	0.5	0.7	0.8	0.7	1.1	73%	89%	101%	68%	n/a

구역		측정지점 수					0.23 μSv/h 이상					1 μSv/h 이상				
		2019	2018	2017	2016	2015	2019	2018	2017	2016	2015	2019	2018	2017	2016	2015
1구역	집 출입로	184	447	255	264	481	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	78%
2구역	집 전면 및 측면	241	464	372	301	234	70%	98%	98%	87%	100%	0%	0%	0%	0%	4%
3구역	집 지붕 하부	170	629	186	169	573	76%	99%	98%	98%	100%	0%	0%	0%	0%	11%
4구역	집 위쪽 및 왼쪽 발	405	542	365	283	524	100%	100%	100%	100%	100%	0%	62%	88%	88%	100%
5구역	집 뒤쪽 숲	732	952	644	358	814	100%	100%	100%	100%	100%	21%	65%	48%	53%	71%
6구역	발	285	1,018	370	327	1,126	100%	100%	100%	100%	100%	0%	1%	8%	2%	73%
7구역	비닐하우스가 있었던 발	515	695	607	578	n/a	93%	100%	100%	100%	n/a	0%	10%	16%	18%	n/a
8구역	도로 반대편 논	n/a	n/a	510	239	332	n/a	n/a	100%	98%	100%	n/a	n/a	3%	0%	100%
9구역	도로 변 발	178	n/a	183	103	n/a	100%	n/a	100%	100%	n/a	0%	n/a	22%	30%	n/a
10구역	양측 도로	694	n/a	857	194	592	100%	n/a	100%	100%	100%	0%	n/a	4%	1%	95%
11구역	집 우측 통행로	247	n/a	339	245	n/a	100%	n/a	100%	100%	n/a	0%	n/a	65%	50%	n/a
12구역	집 내부	n/a	n/a	215	n/a	817	n/a	n/a	100%	100%	n/a	n/a	n/a	0%	n/a	0%
전체 구역 전체 가중평균		3,651	4,747	4,903	3,061	5,493	96%	100%	100%	98%	100%	4%	22%	22%	23%	58%

표 12: 안자이씨 집 주변 방사선 3,651개 측정점(1m 높이), 2019년 10월 28일

간격	측정지점 수	측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/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	160	4%	>= 5 mSv/y	>= 8 mSv/y
< 1 and >=0.5μSv/h	1,924	53%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
< 0.5 and >=0.23μSv/h	1,418	39%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
< 0.23μSv/h	149	4%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
총 측정지점 수	3,651	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

μSv/y	측정지점 수	해당 측정지점 비율	mSv/y (일본정부)(*)	8,760h/y인 경우 mSv/y (*)
no. points <0.23	149	4%	< 1 mSv/y	< 2 mSv/y
no. points >=0.23	3,502	96%	>= 1 mSv/y	>= 2 mSv/y
no. points >=0.5	2,084	57%	>= 3 mSv/y	>= 4 mSv/y
no. points >=1	160	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
총 측정지점 수	3,651	100%	2011년 3월 이전 선량 40nSv 제외 평균값	

6

태풍 하기비스의 영향:

폭우로 인한 방사성 물질의
이동과 재오염



후쿠시마현 미나미소마시 중심가 도로가
태풍 부알로이 영향으로 물에 잠겼다.
(2019년 10월)

그린피스 일본사무소가 조사를 한 시점은 지난 100년간 최악의 태풍 중 하나로 꼽힌 하기비스로 일본 전역이 피해를 본 상태였다. 폭우로 인해 홍수, 산사태, 그리고 안타까운 인명 피해도 발생했다. 홍수는 방사성 물질의 하류 이동을 증가시키는 주요 요인 중 하나다.

폭우는 후쿠시마 산림 지역의 세슘 방출률을 1~2단계 정도 높일 수 있다. 2011년 3월 사고로 후쿠시마 산림 지역에 쌓인 방사성 물질(주로 세슘)은 하류 오염의 장기적인 원인이 된다. 그린피스 일본사무소는 산림, 경사지, 범람원에 축적된 방사성 세슘이 대규모 폭우, 태풍 등으로 이동해 하류 지역에 퇴적되고, 그곳에 머물며 장기 오염을 유발할 수 있다는 분석 내용을 2016년 [“Radiation Reloaded”](#)⁶ 보고서에서 밝힌 바 있다. 상대적으로 방사성 오염이 적은 지역, 제염이 이미 완료된 지역도 다시 피해를 입을 수 있다는 뜻이다. 태풍으로 인해 오염된 퇴적물과 유기물이 재부유하거나 이동할 수 있기 때문이다. 세슘이 새로운 퇴적층 아래에 그대로 묻혀 있는 것이 아니라, 흙이나 부유물에 재혼합되어 2차 오염을 발생시킬 수 있다. 또, 폭우와 태풍으로 숲과 밭에서 오염 미립자와 유기물이 유입되어, 향후 수십 년에 걸쳐 방사성 세슘이 호수와 해안 생태계로 계속 흘러 들어갈 것이다. 방사성 세슘이 미립자를 통해(미네랄 결합) 운반되는지 또는 물에 용해되는지가 이동 특성과 생물학적 가용성 모두를 파악하는 데 중요한 요인이다. 이를 “흡착분배계수(Kd Factor)”라고 하는데, 오염 물질의 이동 추정에 사용되는 가장 중요한 변수 중 하나다. 후쿠시마 방출 물질의 흡착분배계수는 체르노빌에서 사고 초기에 하천 상류에서 파악된 것보다 1~2단계 높다고 알려져 있다. 이는 자연적으로 존재하는 수용성 세슘에 비교해 볼 때, 후쿠시마 하천 집수구역 내 세슘이 미립자와 결합하는 정도가 체르노빌의 경우보다 1~2단계 높았다는 뜻이다.

여기에는 여러 가지 이유가 있다. 체르노빌보다 후쿠시마의 강수량이 많은 것, 후쿠시마 토양의 점토 함유량이 높은 것, 세슘이 특히 친화도를 보이는 세점토 입자가 토양 입자 중에 먼저 침식된다는 것 등이다. 또한 세슘이 가장 잘 부착되는 미립자는 빗물을 통해 하천으로 유입되고 긴 강을 따라 이동할 가능성도 가장 높은 물질이다. 하천 내 일부 세슘 미립자는 심각한 방사성 물질 방출 단계에서 쏟아져 나오는 고온의 입자 형태를 그대로 유지하고 있다는 연구 보고가 있다.

폭우가 후쿠시마 하천계의 방사능 농도에 주는 영향이나 태평양 세슘 유입에 미치는 가능성에 대해서는 후쿠시마 제1원전 사고 초기에 연구가 진행된 바 있다. 한 연구에

따르면⁷, 2011년 8월 10일과 2012년 5월 11일 사이에 아부쿠마 수계에서 이동한 방사성 세슘의 약 84~92%는 부유형 고체 형태로 떠다니는 것으로 조사되었다.

논문 작성자들에 따르면, “태평양으로 유입된 방사성 세슘의 총량을 배출구(유역 면적 5,172km²)에서 추정된 결과, 137Cs은 5.34TBq, 134Cs은 4.74TBq로, 집수 구역의 방사성 세슘 낙진 총 추정량(890 TBq)의 1.13%에 해당했다. 이는 2011년 6월에서 2012년 9월까지 후쿠시마 제1원전에서 해양으로 직접 누출된 17TBq이나 2013년 8월 21일 발생한 3등급 규모 오염수 누출 추정치(24 TBq)와 동등한 수준이었다⁸.

특히 태풍은 세슘의 태평양 방출을 증가시키는 원인이 된다. 위 연구에서는 기상 상황으로 인한 세슘 방출이 6.18TBq이며 관찰 기간 중 해안 지역으로 방출된 전체 세슘량의 61.4%라고 추정했다. 2011년 또 다른 연구가⁹ 나츠이 강과 사메 강에서 진행됐는데, 1년간 강의 해안 어귀로 유입된 방사성 세슘량의 30~50%가 폭우와 태풍 로키로 인한 것으로 분석했다. 또한 일상적인 경우 총 방사성 세슘 중 미립자는 21~56%였으나, 2011년 9월 태풍 로키가 일본을 강타한 후에는 100% 가까이로 증가했다고 밝혔다. 태풍 로키는 3개 원자로가 녹아내리고 방사성 세슘이 해당 지역 전체에 광범위하게 축적되기 시작한 지 6개월 후에 발생했다.

태풍 로키가 발생한 지 8년 후인 2019년 10월 12일 제 19호 태풍 하기비스가 일본을 관통했다. 중동부 혼슈(本州) 지방의 경우 400~500mm를 넘는 폭우가 쏟아졌고, 200mm 이상 비가 내린 지역도 많았다. 도쿄 남서쪽에서는 24시간 동안 900mm의 강수량이 보고됐다. 몇 주 후인 10월 25일에는 제21호 태풍 부알로이가 후쿠시마현 나미에 등 일본 일부를 강타해 12시간 동안 245mm의 강수량을 기록했다.

2019년 10월 태풍 전후 하천의 세슘 농도에 대한 종합 데이터가 없는 상황에서, 후쿠시마의 산림 지역으로부터 방사성 물질이 유출이 크게 증가한 이유가 강우 때문이라고 단정할 수는 없다. 그러나 이전에 발생한 태풍 관련 데이터를 근거로 하여, 2019년 10월부터 하류 오염이 크게 증가했음을 쉽게 추정할 수 있다. 그린피스 일본사무소는 지난 몇 년간 기상의 영향으로 방사선량이 크게 변화한 건들도 확인할 수 있다. 칸노 씨 집의 경우 3년 동안 (2017~2019) 데이터를 확보해두었는데, 2017~2018년 사이에는 최대 및 평균 방사선량이 상대적으로 일정했으나, 2019년 10월에는 최대 측정치가

63%(평균값은 31%) 감소했다. 폭우로 콘크리트 표면에서 방사성 세슘이 씻겨 이동한 것으로 보인다.

칸노 씨 집의 제9 구역인 논 연결로에서 가장 높은 핫스팟을 처음 측정한 것이 2017년이었다. 2019년 측정치는 2017년에 비해 거의 변화가 없었다. 지형적으로 특수한 점은 방사성 물질이 검출된 연결로 맞은편 숲에서 작은 시냇물이 흘러나오고 있다는 것이다. 가장 높은 핫스팟이 관찰된 곳은 콘크리트 길에서 물이 수풀로 흘러 들어가는 지점이었다. 그 물줄기는 배수로로 흐른다. 우리는 이것이 구체적인 재오염 사례라고 본다. 고준위 방사성 물질이 폭우와 범람으로 이동한 것이다. 이타테 지역 안자이 씨 집에서 이루어진 2019년 조사에서도 태풍의 영향을 보여주는 증거가 발견되었다. 2019년 제4 구역과 제7 구역의 방사선량이 전년 대비 각각 68%, 58% 감소한 것은 방사성 붕괴만으로는 설명되지 않으며, 폭우로 인한 영향과 재부유 가능성을 시사한다. 그린피스 일본사무소가 데이터를 확보한 2015~2019년 기간을 살펴보면 측정값의 변화가 더욱 분명하다.

산림 지대에서 이동하는 방사성 물질에 대한 또 다른 예는 나미에 피난구역 내 114번 국도에서도 확인할 수 있었다. 114번 국도는 2017년 9월부터 일반인 출입이 가능해졌으나, 도로 양쪽의 부지는 여전히 피난구역으로 방문 및 거주가 금지된 상태다. 그린피스 조사팀은 도쿄전력의 가쿠라 검문소 맞은 편 교차로에서 114번 국도를 따라 2,511개 지점을 도보 스캐닝으로 측정했는데, 결과는 평균 0.4 μ Sv/h, 최대 3.7 μ Sv/h였다. 핫스팟이 측정된 지점은 산 쪽에서 물이 흘러나오는 샛길의 맞은편, 그리고 114번 국도 맞은편 검문소 북쪽의 유입 지점이었다. 즉, 방사성 세슘 이동 경로라는 뜻이다.

그린피스 일본사무소는 2020년 10월에 이 전체를 바탕으로 더 심층적인 조사를 진행할 것이다. 특히, 폭우로 인한 방사성 물질의 이동과 유입에 대해서 관찰할 예정이다.

2019년 현지 조사 결과는, 후쿠시마현의 방사성 오염이 다양한 방식으로 지속되는 복합적인 상황임을 보여준다. 칸노 씨와 안자이 씨 집 주변에서 측정한 것처럼 특정 구역은 방사선량이 감소했지만, 이는 이염의 결과일 뿐이며, 방사성 물질이 하류 오염을 일으키고 궁극적으로는 태평양으로 이동하는 것을 보여준다. 방사성 오염은 사라지는 것이 아니라 그 장소를 바꿔 이동할 뿐이다. 일부 지역의 방사성 붕괴, 토양층과 임관층에서 세슘의 이동 등 후쿠시마 산림 지역의 방사성 세슘에 변화가

관측되는데, 이는 태풍 하기비스의 영향으로 2019년 10월 후쿠시마 하천의 방사성 세슘 농도가 크게 증가했다고 볼 수 있다. 하천에서 방사성 세슘이 증가하면, 주변 범람원 지대의 세슘도 축적되며, 이는 결국 태평양으로 유입되는 방사성 퇴적물도 증가함을 뜻한다.



7 2020 도쿄올림픽, 방사성 위험과 인권

2020 도쿄올림픽 야구, 소프트볼 경기가 열린 아즈마 경기장 내 방사선 조사 (2019년 10월)

일본 정부는 후쿠시마현에서 2020 도쿄올림픽과 패럴림픽을 개최하고, J 빌리지 (후쿠시마 제1원전 남쪽으로 20km 지점)를 올림픽 성화 출발지로 결정했다. 이는 후쿠시마현 전체 지역에서 일어나는 방사성 오염 실태를 보여준다. 일본 정부는 원자로 폭발과 낙진의 충격적 이미지를 부흥 올림픽으로 전환하려는 거짓 선전에 집중하고 있다. 후쿠시마 방사성 오염은 흑백논리처럼 단정할 수 없어 복잡하고 미묘하다. 후쿠시마의 여러 지역이 어느 정도 정상화된 것도 사실이나, 나미에, 이타테의 일부 피난지시 해제 구역에서는 여전히 상당한 방사성 오염이 확인된다. 또, 후쿠시마현의 70%를 차지하는 산림이 장기적이고 지속적인 오염원의 역할을 하고 있다. 방사성 오염의 대부분을 차지하는 세슘 137의 반감기는 30년이다. 따라서 반감기가 10번 지나는 동안, 즉 최소 300년간 그 위험이 지속된다. 산림 지역은 제염이 불가능하며, 비가 내리면 저지대를 재오염시키는 위험 요소로 작용하는 것이다.

그린피스 일본사무소는 이번 조사에서 후쿠시마시 서쪽에 위치한 아즈마 경기장 주변의 방사선량도 측정했다. 2020년 7월 야구와 소프트볼 경기가 열리는 곳이다. 아즈마 경기장은 후쿠시마 제1원전에서 북서쪽으로 80km 떨어져 있으며, 일본 정부가 설정한 피난지역이나 출입금지구역에 속하지 않는다. 아즈마 경기장 주변 산림은 2011년 원전 사고로 방사성 물질이 이동한 범위에 속하기 때문에 지금도 당시 수준의 방사성 세슘이 발견될 가능성이 높을 것으로 예상된다. 그린피스 일본사무소는 경기장 주변 강변의 2,965개 지점만 측정했고, 평균 방사선량은 0.1 μ Sv/h로 일본 정부의 장기 제염 목표인 0.23 μ Sv/h보다 낮은 수준이었다. 그러나

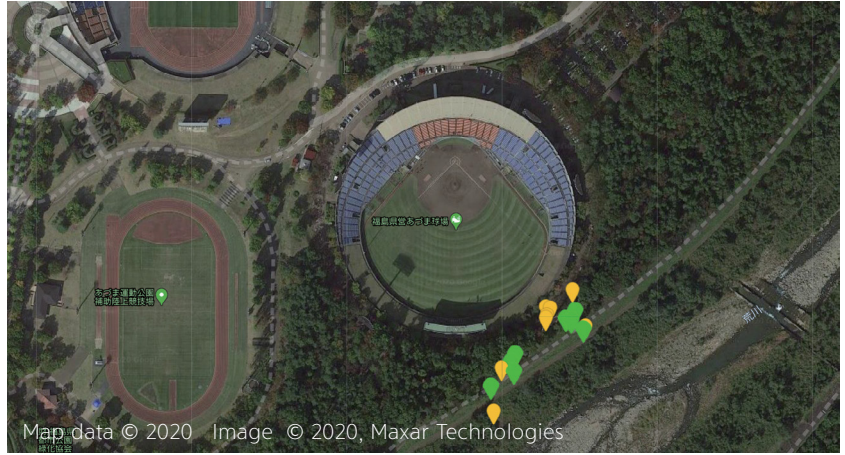


사진 2: 아즈마 경기장 주변 핫스팟 핫스팟 위치 표시 (구글 지도 활용)

이 수치는 2011년 3월 사고 이전의 평균 수치($0.04\mu\text{Sv/h}$)와 비교했을 때, 여전히 2.5배를 웃도는 수준이다.

후쿠시마시는 올림픽을 보기위해 많은 관광객들이 방문하게 될 곳으로 아즈마 경기장보다 상황이 더 복잡하다.

후쿠시마시(하단 설명 참조)와 J 빌리지에서도 상당한 수치의 핫스팟을 발견했다. 이 결과는 결코 정상이 아니며, 방사선 피폭으로 인한 공공 건강의 위협 가능성이 우려된다.



방사선 고선량 지점 (핫스팟) J 빌리지

2019년 11월 18일, [그린피스 일본사무소는 J 빌리지 방사선 조사 결과를 일본 환경청, 일본 올림픽 위원회와 국제 올림픽 위원회, 후쿠시마현 지사에게 전달했다.](#) J 빌리지에서 매우 높은 핫스팟이 발견되었다. 당시 그린피스는 한 달의 기간을 정해 당국에 긴급 개입을 촉구하고 J 빌리지를 대상으로 제염 프로그램을 수행할 것을 요청했다. 이후 몇 주 동안 환경청 및 J 빌리지 관리단과 대화를 나누었으나, 이행 계획을 수립했다는 언급은 없었다. [12월 12일, 일본 환경청은 그린피스 일본사무소가 10월에 발견한 핫스팟의 존재를 확인하고, 그 외 새로운 핫스팟도 발견한 것을 일본내 언론사를 통해 발표했다.](#) 정부 지시에 따라 도쿄전력은 핫스팟을 제거했다. 12월 13~14일 양일간 그린피스 조사팀은 J 빌리지를 다시 방문했다. 구장 내부와 주차장 등 주변의 공공장소, 고선량 지점이 계속 검출된 구역, 공식 제염 절차를 따르지 않고 제염 작업을 실시한 흔적이 발견된 지역 등에서 선량을 측정했다.

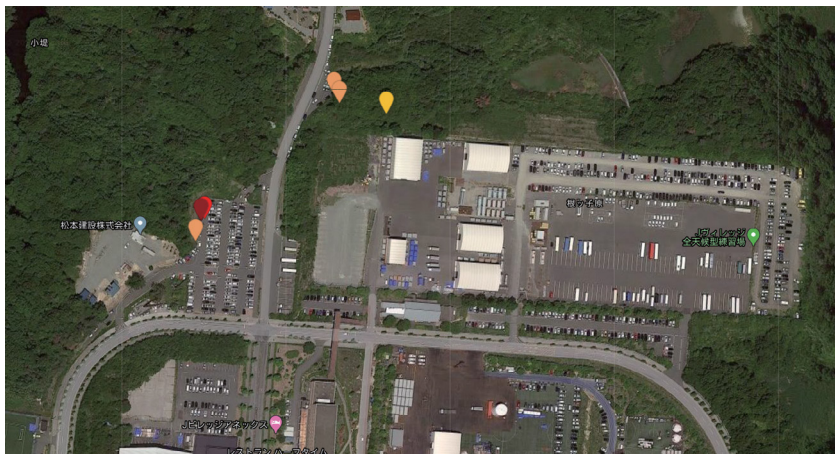
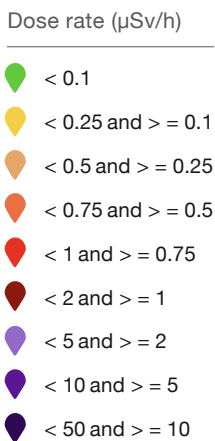


사진 3: 후쿠시마시 중심가에 위치한 중앙역 주변 핫스팟 위치 표시 (구글 지도 활용)

놀랍게도 12월 3일 도쿄전력은 그린피스 일본사무소가 확인한 핫스팟만 제거했는데, 이때 제염 작업 표준 절차를 준수하지 않았다. 후쿠시마의 제염 작업 기준은 공공도로에서 20m 범위까지 수목과 토양을 모두 제거하는 것이다. 그러나 핫스팟 주변 넓은 지역에서 비슷한 수준의 고선량 지점이 발견됐는데도, 이들은 약 1m²(제곱미터) 넓이의 핫스팟 부분만 제거했다.

당시 그린피스는 J 빌리지의 방사성 오염이 통제되지 않는 것으로 결론 내렸다. 2019년 10월 26일, 그린피스 일본사무소가 발견한 가장 높은 핫스팟은 지면 근처 71 $\mu\text{Sv/h}$, 10cm에서 32 $\mu\text{Sv/h}$ 였다. 이 결과는 12월 13일, 그린피스 조사팀의 재조사 현장에서 확인했다. 그러나 조사팀은 인접한 북쪽 주차장 부근에서 지면 10cm에서 2.2 $\mu\text{Sv/h}$ 의 고선량 지점을 새로 확인했다. 해당 주차장 입구 근처에서는 10cm 높이에서 2.6 $\mu\text{Sv/h}$, 1m 높이에서 1 $\mu\text{Sv/h}$ 을 확인했다. 주차장 북쪽 숲 끝에서도

10cm 높이의 측정값 2.6 μ Sv/h인 핫스팟을 발견했다. 북쪽으로 300m 떨어진 또 다른 숲에서는 10cm에서 0.6 μ Sv/h, 1m에서 0.4 μ Sv/h로, 이는 정부 제염 목표의 거의 2배에 해당하는 수치다.

J 빌리지는 올림픽 성화 출발지다. 따라서, 일본 정부가 모든 수단을 동원해 이 지역의 안전을 확보해야 했다. 그린피스 조사팀은 J 빌리지를 두 차례 조사하며 제대로 된 제염 조치가 이행된 바 없다는 사실을 확인했다. 도쿄전력이 수년 간의 집중적으로 작업을 벌였음에도 불구하고, 왜 그린피스 조사팀이 2시간 조사로 확인한 핫스팟(지면 71 μ Sv/h)을 발견하지 못했는지, 또 유독 높은 수치의 이 핫스팟은 어디에서 왔는지 누구도 명쾌하게 답하지 못한다. 표준 제염 절차도 지키지 않고, 그린피스가 지적한 핫스팟만 제거한 이유는 무엇인가? 이는 명백한 방사성 오염 관리의 실패다. 일본 정부가 방사성 오염 지역을 정확히 파악하고 지속적으로 관리할 능력이 있는지 심각하게 우려된다.



후쿠시마시

2019년 10월 그린피스 조사팀은 후쿠시마시에서도 핫스팟을 발견했다. 4시간 동안 진행된 조사에서 조사팀은 중앙역 인근 후쿠시마시 도로에서 핫스팟 45개를 찾아냈다. 그 중 11개는 1m 높이 측정값이 일본 정부의 장기 제염 목표치 0.23 μ Sv/h와 같거나 이를 초과했다. 10cm 높이에서는 측정 지점 모두 0.23 기준을 넘었다. 4개 지점에서는 10cm에서 3 μ Sv/h를 초과하기도 했다. 선량이 가장 높은 핫스팟은 1m에서 0.7 μ Sv/h, 50cm에서 1.6 μ Sv/h, 10cm에서 5.5 μ Sv/h였다. 이는 2011년 원전 사고 전 후쿠시마에서 측정한 방사선량 보다 137배 높은 것이다. 이러한 핫스팟이 도쿄행 신칸센 탑승구에서 몇십 미터 떨어진 곳을 비롯해 후쿠시마시 중심부 공공장소에서 발견되었다는 사실은 2011년 원전 재난의 규모를 실감나게 한다. 이 경우도 마찬가지로 방사선 피해를 입는 대상은 주로 핫스팟에 노출될 가능성이 높은 후쿠시마시 주민이다. 단기 방문자 역시 위험으로부터 안전하다고는 할 수 없다.

일본 정부는 이 같은 수준의 방사능이 국민 건강을 위협하는 요인이라는 점을 인정하지 않는다. 그린피스 일본사무소가 2019년 10월과 11월에 후쿠시마 시에서 측정한 수치는 나미에, 이타테, 오쿠마의 수치보다 전반적으로 낮았다. 상대적으로 낮을뿐이지 위험하지 않다는 뜻은 아니다. IAEA에 따르면 10cm에서 선량 0.3~0.5 μ Sv/h를 초과하는 핫스팟에는 방사성 세슘이 포함되어 있을 수 있으며, 이 경우, 위험물질 또는 7등급 방사성 물질로 지정되어야 한다. 이곳의 토양을 운반하는 경우 IAEA 안전 기준에 따른 분류가 필요하다는 뜻이다. 어떤 경우에는 0.14 μ Sv/h의 선량에서도 IAEA 분류기준에서 위험물질로 분류될 만큼의 방사성 세슘이 이미 포함되어 있을 수 있다. 그린피스가 후쿠시마시 한가운데서 벌인 4시간도 채 안 되는 조사에서 발견된 45개 핫스팟은 모두 10cm에서 한도선량 0.3 μ Sv/h를 초과하여, 위험물질로 분류되어야 한다. 하지만 일본 정부는 후쿠시마시에서 이러한 오염이 쉽게 발견된다는 사실을 언급하고 싶어하지 않는다.

Dose rate (μ Sv/h)

- < 0.1
- < 0.25 and \geq 0.1
- < 0.5 and \geq 0.25
- < 0.75 and \geq 0.5
- < 1 and \geq 0.75
- < 2 and \geq 1
- < 5 and \geq 2
- < 10 and \geq 5
- < 50 and \geq 10

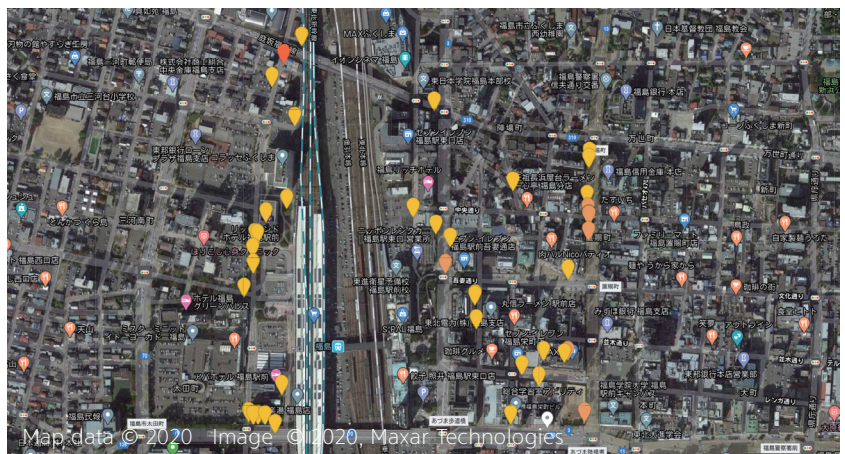


사진 4: 후쿠시마시 중심부 도로 핫스팟 위치 표시 (구글 지도 활용)

핫스팟 그리고 세슘 고함량 미립자

그린피스가 수년 동안 우려하는 문제는 후쿠시마 일부 지역에서 고선량 방사능을 뿜는 소입자가 발견된 것이다. 이를 세슘 고함량 미립자(CsMPs)라고 하는데, 평균 직경이 몇 밀리미터 수준으로, 이것은 후쿠시마 제1 원전에서 수백 킬로미터 떨어진 곳에서 발견되었다. 세슘 고함량 미립자의 화학 및 동위원소 구성에 대한 과학적 연구 결과가 보고되었는데, 세슘 고함량 미립자의 예상발생원, 원전 사고 때 손상된 후쿠시마 제1원전 P 원자로 내부에서 발생한 반응 등에 대한 내용을 담고 있다. 그동안 발표된 과학 논문에 보고된 바와 같이, “세슘 고함량 미립자는 세슘 고유활성도가 높고 입자 크기가 작아, 인체 호흡기에 깊이 침투하여 수십 년간 머무를 수 있고, 이로 인해 국지적 피폭 선량이 높게 나타날 수 있다. 그러나 현재까지 이러한 소입자가 인체에 미치는 영향에 대해 역학적 연구가 진행된 바 없다. 일상 환경 속에서 세슘 고함량 미립자 양과 분포 현황도 정확히 알려지지 않은 상태다. 거주지역 내 세슘 고함량 미립자는 현재 수목, 콘크리트, 건물 등으로 둘러싸인 지역 등 다양한 환경 속에 존재하고 있다. 따라서 이들 지역의 표면에서 씻겨 내려가게 되면 물질의 이동성이 크게 증가할 수 있다.”¹⁰

와타리는 후쿠시마시 동쪽 교외에 있다. 이곳에서 채취한 토양 표본을 분석해보니 1g당 24개의 세슘 고함량 미립자가 관찰되었고, 방사능은 3.10Bq/g이었다.¹¹ 이러한 미립자의 존재, 그리고 후쿠시마시를 포함한 후쿠시마현 곳곳에서 발견된 방사선 핫스팟이 세슘 고함량 미립자의 축적지일수도 있다는 점은 지역 주민의 안전이 우려되는 부분이다. 2019년 진행된 연구 논문에는, “세슘 고함량 미립자 분포 현황은 종합적으로 파악되지 않았으므로, 인체에 미치는 영향을 제대로 평가할 수 없다.”¹² 라고 했다. 아베 정부는 후쿠시마에는 방사능 위험이 없고 주민 생활이 정상화되었다는 단순한 메시지를 내놓고 있지만, 이는 복잡한 현실과 전혀 부합하지 않는다.



8

결론 및 권고사항



다카세 강 방사선 조사 결과 기록 모습
(2019년 10월)

© Christian Aslund / Greenpeace

2019년 그린피스 일본사무소 방사선 조사 결과는 후쿠시마현의 방사성 오염 상황이 매우 복잡하다는 것을 증명한다. 제19호 태풍 하기비스와 제21호 태풍 부알로이로 인한 폭우가 방사성 세슘의 이동에 큰 영향을 끼쳤다는 명확한 징후가 있다. 후쿠시마현 산림 지역에는 방사성 물질이 대량으로 축적되어 있으며, 최근 조사에 따르면 태풍 하기비스의 기상 영향으로 방사성 물질이 다량 강 하류 등으로 이동한 것으로 보인다.

수년간 축적된 측정치를 비교해보면, 일부 지역의 방사선 준위는 큰 변동이 없었으나, 전년도에 비해 감소하는 등 상당한 차이를 보인 곳도 있다. 이러한 차이는 방사성 붕괴만으로는 설명되지 않는다. 이와 동시에 그린피스는 이번 조사에서도 핫스팟 등 고선량 지역을 발견했다. 강우로 인해 오염된 산림 지역에서 방사능이 이동해 재오염이 발생한 것을 확인할 수 있는 명백한 시각적 증거도 있었다. 이러한 현상은 나미에 귀환곤란구역 내 폐쇄지역과 나미에 마을의 해제 구역 모두에서 발견되었다. 2018년과 마찬가지로 나미에 및 이타테 피난지시령 해제 지역(일본 정부가 주민의 귀환에 문제가 없다고 공표)의 평균 및 최대 방사선 준위는 주민들이 돌아와 정상적으로 생활하기에는 너무 높은 수준이다.

UN 인권 전문가들은 일본 정부가 피난지시령을 해제하여 특히 여성, 아동, 작업자를 위험한 방사선량에 노출시키는 정책을 지속하는 실태를 비판해 왔다. 그러나 일본 정부는 이를 대응하지 않는다. 그린피스 일본사무소의 최근 조사 결과를 보면 후쿠시마 내 최대 오염지역에서는 상당한 규모의 방사능 위기가 계속되고 있다. UN 인권 전문가들이 내놓은 우려는 모두 타당하다.

그린피스는 후쿠시마시와 J 빌리지 종합경기장 두 곳 모두에서 고선량 핫스팟을 다수 발견했다. 이는 2020년 하계 올림픽을 앞두고 일본 정부가 내놓고 있는 메시지에 정면으로 배치된다. 복잡한 방사능 상황은 후쿠시마시 측정 결과를 보면 더욱 명확하다.

이들 고준위 방사선 지점의 위험 정도는 여전히 명확히 파악되지 않았으며, 특히 장기 거주자들에게 영향을 준다. 동시에 후쿠시마 곳곳에 세슘 고함량 미립자(CsMP)가 분포되어 있다는 점도 심각한 문제다. CsMP는 호흡기를 통해 인체로 들어올 수 있어 고농도 방사성 물질이 흡입될 가능성이 있다. 방사선 위험이 없다는 일본 정부의 공언이 선전 문구에 지나지 않음을 보여주는

또 한 사례다. 그린피스가 후쿠시마에서 측정한 모든 핫스팟이 IAEA 규정에 따르면 7등급 방사능 물질 또는 위험물질에 해당한다. 이 사실은 후쿠시마의 방사선 상황이 정상적이지 않음을 의미한다.

일본 정부의 선전 목적을 충족하기 위해 2011년 후쿠시마 제1원전의 3개 원자로 용융으로 시작된 복잡한 문제를 무시해서는 안된다. 모든 것이 “통제 하에 있다”거나 “후쿠시마 전역이 방사능에 오염되어 위험하다”는 등의 단순한 문구로 해결할 수 없는 문제다. 이러한 접근은 후쿠시마 주민들에게 막대한 피해를 줄 뿐이다. 후쿠시마 방사성 오염의 복잡한 상황에 대해 일본 및 국제 사회의 연구와 설명 그리고 이해가 계속해서 폭넓게 이루어져야 한다. 2020년 올림픽으로 인해 후쿠시마현을 포함한 일본이 관심을 받게 되는 상황은, 후쿠시마 제1원전 참사의 결과를 더 깊이 이해할 수 있는 기회로 받아들여져야 한다.

방안을 마련하며, 공공의 건강을 지킬 예방적 조치를 시행하며, 주민들이 외부 압력이나 경제적 압박을 받지 않고 스스로 귀환이나 이주를 선택할 수 있도록 허용한다.

- UN 특별보고관의 일본 방문 요청을 수락하는 등 UN 특별보고관의 대화 제안 및 지침에 전적으로 협조한다.

일본 정부 및 후쿠시마현에 대한 권고사항

- 후쿠시마 주민의 안전을 도외시키고 생애 피폭 위험 가능성을 지적하는 과학적 분석을 무시한 현재의 주민 복귀 정책을 중단한다.
- 장기적인 제염 목표를 정부 계산 방식으로 연간 1mSv에 해당하는 0.23 μ Sv/h로 명확히 설정하고, 사고 전의 수준으로 복구하기 위한 목표 일정 등 작업 계획을 구체적으로 밝힌다. 연간 최대 피폭 허용치를 상향 조정하는 계획을 모두 중단한다.
- 세슘 고함량 미립자를 포함해 제대로 밝혀지지 않은 고선량 지점으로 인한 피폭 등 국민 건강에 대한 장기 영향 평가를 긴급히 실시한다.
- 후타바, 오쿠마, 나미에, 도미오카, 이타테, 가쓰라오 등 6개 지역(쓰시마의 나미에 지역, 무로하라, 수에노모리, 오보리 포함)에 내려진 피난 지시 명령을 해제하려는 계획을 포기한다.
- 노동자 인권 보호를 위해 현재 ‘귀환근란구역’에서 이루어지는 제염 프로그램을 중지한다.
- 피난 정책과 관련한 주민들의 의사를 수렴하기 위해, 모든 피난민이 포함된 시민위원회를 구성하는 등 정책 과정을 전적으로 투명하게 시행한다.
- 피난민에게 100% 보상과 경제 지원을 제공하고, 과학적 자료에 근거하여 방사선 피폭을 줄이는

나미에 귀환곤란구역, 쓰시마에 위치한 칸노씨의 집
부근이 제염도 임시저장소를 쓰이고 있다.
(2019년 12월)

© Shaun Burnie / Greenpeace



나미에 귀환곤란구역, 오보리 마을은 후쿠시마현에서
가장 방사성 오염이 심한 곳이다.
(2019년 12월)





9

감사인사:

2019 후쿠시마 현지조사 후원자 명단

이번 9주기 후쿠시마 현지 조사는 지난 10월부터-12월까지 특별 일시 후원을 통해 이루어졌으며, 5만원 이상 후원해 주신 모든 후원자분들 중 38명의 성함을 보고서에 기재합니다.

강 이 수	노 인 희	송 명 국	임 정 욱
고 경 아	민 경 미	신 주 현	임 형 숙
공 재 현	민 지 성	심 경 미	정 다 현
김 겸	박 지 민	안 소 랑	조 성 봉
김 경 숙	박 경 빈	양 미 숙	주 보 영
김 상 훈	박 우 리	오 승 미	최 원 경
김 연 숙	박 준	이 의 철	한 혜 진
김 정 화	박 형 석	이 진 선	홍 은 정
김 제 이	박 형 석	이 청	황 정 숙
김 창 언	서 기 원		

위 성명은 1월 21일부터 28일까지 이루어진 문자, 이메일 등의 확인 방법을 통해 개인 정보 공개에 허가해 주신 분들에 한해 기입하였습니다.

참고문헌

1. IAEA, "Annex I of Technical Volume 5 Evolution Of Reference Levels For Remediation And Development Of A Framework For Post-Accident Recovery", see <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/P1710/TV5/AnnexI.pdf>
2. This higher estimate is on the basis that someone was in that area for 8,760 hours in one year; the Japanese his higher estimate is on the basis that someone was in that area for 8,760 hours in one year; the Japanese government 0.23 $\mu\text{Sv/y}$ long-term target would give a dose of 1 mSv/y based on citizens spending an average of 8 hours per day outside and taking account of shielding from radiation while inside a house. The methodology used by the Japanese authorities for many people is an underestimation. Residents in this agriculture and forestry- dependent region mostly worked and lived outside prior to the Fukushima nuclear disaster, particularly during the spring, summer, and autumn seasons. Even during the winter period, work is conducted outside, for example in the forest. The maximum figure here is based on if a person was to spend the entire year of 8,760 hours at this location.
3. The ICRP sets a recommended public dose limit of 1 mSv in a year, with a higher value being allowed in special circumstances as in the case of the Fukushima Daiichi nuclear accident, provided the average over five years does not exceed 1 mSv per year, see ICRP 111: Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency, available at <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>.
4. Fukushima Prefecture Government, see <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/26-11.html>
5. 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 [http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026\(15\)00094-0](http://dx.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)
6. 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>
7. Yamashiki, Y., et al. (2014). "Initial flux of sediment-associated radiocesium to the ocean from the largest river impacted by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant." Scientific Reports 4, Article: 3714. <http://www.nature.com/articles/srep03714>
8. Ibid.
9. Nagao, S., et al. (2013). "Export of 134Cs and 137Cs in the Fukushima river systems at heavy rains by Typhoon Roke in September 2011." Biogeosciences. 10: 6215–6223. https://www.researchgate.net/publication/258758074_Export_of_134Cs_and_137Cs_in_the_Fukushima_river_systems_at_heavy_rains_by_Typhoon_Roke_in_September_2011
10. Chemosphere, "Abundance and distribution of radioactive cesium-rich microparticles released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the environment", Ryohei Ikehara a, 1, Kazuya Moroooka a, 1, Mizuki Suetake a, Tatsuki Komiya a, Eitaro Kurihara a, Masato Takehara a, Ryu Takami a, Chiaki Kino b, Kenji Horie c, d, Mami Takehara c, Shinya Yamasaki e, Toshihiko Ohnuki f, Gareth T.W. Law g, William Bower g, Bernd Grambow h, Rodney C. Ewing i, Satoshi Utsunomiya a, *a Department of Chemistry, Kyushu University, 744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0395, Japan b The Institute of Applied Energy, 1-14-2 Nishi-shimbashi, Minato-ku, Tokyo, 105-0003, Japan c National Institute of Polar Research, 10-3 Midori-cho, Tachikawa-shi, Tokyo, 190-8518, Japan d Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Shonan Village, Hayama, Kanagawa, 240-0193, Japan e Faculty of Pure and Applied Sciences and Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577, Japan f Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan g Radiochemistry Unit, Department of Chemistry, The University of Helsinki, Helsinki, 00014, Finland h SUBATECH, IMT Atlantique, CNRS-IN2P3, the University of Nantes, Nantes, 44307, France i Department of Geological Sciences and Center for International Security and Cooperation, Stanford University, October 2019, see <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125019>
11. Ibid.
12. Ibid.
13. GRS, "Update of the examination and assessment of the activity-related radiation exposure in plants AtG, on-site interim storage facilities for radioactive waste and non-nuclear facilities", Final technical report, GES, October 2018, see https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3615_s_22301_strahlenexposition_anlagen_bf.pdf
14. Ministry of Foreign Affairs, Japan, 16 August 2018, see <https://www.mofa.go.jp/files/000390942.pdf>

부록

United Nations Human Rights and Fukushima Evacuees, Workers and Children 2018 – 2019

Ever since the start of the Fukushima Daiichi nuclear disaster in March 2011, many of the issues concerning the rights of evacuees (particularly women and children), citizens, and workers have been raised by United Nations human rights bodies and experts. The most significant of these was the 2012 Mission [Report of Special Rapporteur Anand Grover](#).

During the past 12-18 months there has been an escalation of interventions by United Nations human rights bodies and Special Rapporteurs on the rights of Japanese citizens most impacted by the ongoing nuclear disaster. This document provides links to the key documents, both United Nations statements, communications, and reports, as well as the response of the Japanese government.

26 February to 23 March 2018 – Universal Periodic Review of Japan, Human Rights Council, [Decision of Working Group](#). Following intervention of the Governments of Germany, Portugal, Mexico and Austria the four recommendations were made to Japan.

Extracts: “161.215 Apply the Guiding Principles on Internal Displacement to all those impacted by the Fukushima Daiichi nuclear disaster in order to ensure full and equal participation for both women and men in decision-making processes regarding their resettlement (Portugal);

161.216 Respect the rights of persons living in the area of Fukushima, in particular of pregnant women and children, to the highest level of physical and mental health, notably by restoring the allowable dose of radiation to the 1 mSv/year limit, and by a continuing support to the evacuees and residents (Germany);”

Fukushima nuclear workers 26 June 2018 – [Joint Communication From Special Procedures](#), to Taro Kono Minister for Foreign Affairs, Japan - Baskut Tuncak, Special Rapporteur on the implications for human rights of the environmentally sound management and disposal of hazardous substances and wastes and Dainius Pūras, Special Rapporteur on the right of everyone to the enjoyment of the highest attainable standard of physical and mental health, Urmila Bhoola Special Rapporteur on contemporary forms of slavery, including its causes and consequences.

Extract: “we would like to bring to the attention of your Excellency's Government information we have received concerning issues faced by workers employed in the ongoing decontamination and resettlement program in the Fukushima Prefecture of Japan, more particularly, the existing and potential risks to which they are exposed to, inconsistencies in the monitoring and implementation of guidelines aimed at protecting their security and required working conditions, reported consistent violations of their labour rights and their right to physical and mental health, including unsatisfactory levels of health and security safeguards in place.”

16 August 2018, [Response](#) to the Joint Communication from Special Procedures from the Government of Japan, 16 August 2018.

Extract: “the claim that “decontamination workers working in this area will be subject to unjustifiable radiation risks” is not appropriate.”

16 August 2018, [Press statement](#) United Nations Office of the Human Rights Commissioner, Special Rapporteurs, “Japan: Fukushima clean-up workers, including homeless, at grave risk of exploitation, say UN experts”

Extract: “Japan must act urgently to protect tens of thousands of workers who are reportedly being exploited and exposed to toxic nuclear radiation in efforts to clean up the damaged Fukushima Daichi Nuclear Power Station, say three UN human rights experts.

Overall Fukushima Human Rights, 5 September, 2018 – 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.

Extracts: “we have to note that the concerns we had expressed previously continue to persist, in light of information and witness accounts which are conveyed to our mandates by various information sources...”

"The impact of the decontamination programme places a great number of persons, including persons belonging to vulnerable groups, under considerable constraints and could result in violations of their basic human rights...We take this opportunity to recall that those persons evacuated or self-evacuated from their homes by the Fukushima disaster constitute internally displaced persons (IDPs) and to remind your Excellency's Government of its obligations relating to the human rights of IDPs, including those contained in the provisions of the 1998 Guiding Principles on Internal Displacement..."

"Particular concern is expressed over the impact of the terms and modalities of ongoing resettlement programmes on the enjoyment of human rights, in particular the right to life, health, physical integrity, housing, and food. The decision to not reflect the actual number of evacuees and recognizing these as internally displaced persons in the official records of the prefectural government, undermines the ability of local authorities to provide vital services and financial assistance to a number of self-evacuees..."

"...we are deeply concerned that the decision to lift evacuation orders in areas where radiation levels remain high, and withdrawing housing support previously provided to a large number of households, create significant pressures for internally displaced persons to return to their previous homes, where their life, safety or health would be at risk from exposure to hazardous levels of radiation..."

"Returning evacuees, as well as those already living in municipalities of Fukushima, face additional health risks posed by large scale, heavy transportation and storage of nuclear waste as well as the radiation that could be released by waste facilities. We remain concerned by the fact that this practice is expected to increase during the coming years, along with the long-term psychological effects associated with living in a nuclear waste industrial zone." and "In connection with the above alleged facts and concerns, please refer to the Annex on Reference to international human rights law attached to this letter which cites international human rights instruments and standards relevant to these allegations."

"In view of the urgency of the matter, we would appreciate a response on the steps and measures taken by your Excellency's Government to safeguard the rights of the nuclear evacuees in compliance with international instruments."

Evacuees, including children, 25 October 2018 - Opening [remarks](#) by the United Nations Special Rapporteur on human rights and hazardous substances and wastes, Baskut Tuncak at the 73rd session of the U.N. General Assembly.

25 October 2018, United Nations Office of the Human Rights Commissioner, [Press statement](#), Japan must halt returns to Fukushima, radiation remains a concern, says UN rights expert.

Extracts: "The recommendation to lower acceptable levels of exposure to back to 1 mSv/yr was proposed by the Government of Germany and the Government of Japan 'accepted to follow up' on it, according to the UN database. However, in the expert's view, the recommendation is not being implemented. Japan has a duty to prevent and minimise childhood exposure to radiation, added the UN expert referring to his [2016 report on childhood exposure to toxics](#). The UN Convention on the Rights of the Child, to which Japan is a Party, contains a clear obligation on States to respect, protect and fulfil the right of the child to life, to maximum development and to the highest attainable standard of health, taking their best interests into account. This, the expert said, requires State parties such as Japan to prevent and minimise avoidable exposure to radiation and other hazardous substances..."

The Special Rapporteur said Japan should provide full details as to how its policy decisions in relation to the Fukushima Daiichi nuclear accident, including the lifting of evacuation orders and the setting of radiation limits at 20mSv/y, are not in contravention of the guiding principles of the Convention, including the best interests of the child."

"The combination of the Government's decision to lift evacuation orders and the prefectural authorities' decision to cease the provision of housing subsidies, places a large number of self-evacuees under immense pressure to return," Tuncak said.

"The gradual lifting of evacuation orders has created enormous strains on people whose lives have already been affected by the worst nuclear disaster of this century. Many feel they are being forced to return to areas that are unsafe, including those with radiation levels above what the Government previously considered safe."

5 November 2018, Ministry of Foreign Affairs, Government of Japan [Response](#) to the 5 September 2018 Joint Communication from Special Procedures.

Extracts: "Lifting of the evacuation order is a measure to make return possible for those who prefer to return, and not a measure to force evacuees to return...the decision of the evacuees as to whether to return to their original places to live or not is entirely up to them. The GoJ does not force them to return nor put any pressure on them to do so..."

“..the GoJ has no clear idea of what is meant by “living in a nuclear waste industrial zone”, the GoJ had already explained to the local residents about the results of the monitoring before the waste disposal facility started its operation...

“With regard to the judicial decision in the Fukushima District Court on 10 October 2017, the GoJ lodged an appeal on 23 October 2017 as a result of consideration within the government, because some of the findings of the facts and judgement by the court were at odds with the opinions of the GoJ. Therefore, this judicial decision is not final. In addition, the GoJ is of the view that there is no indication that “the district court in Fukushima Prefecture recognised self-evacuees as equal victims of the Fukushima Daiichi accident, affirming their right to compensation” in the judicial decision.”

“...the Special Rapporteur on the implications for human rights of the environmentally sound management and disposal of hazardous substances and wastes released a press release that contains erroneous contents based on a one-sided claim. The GoJ is seriously concerned about such claim, as it could unnecessarily inflame public anxiety, cause confusion, and further trouble people suffering from harmful rumors in disaster-hit areas.”

Fukushima children – 1 February 2019, United Nations Committee on the Rights of the Child, Concluding observations on the combined fourth and fifth periodic reports of Japan.

Extracts: 1 “(a) Reaffirm that radiation exposure in evacuation zones is consistent with internationally accepted knowledge on risk factors for children”

“Implement the recommendations made by the Special Rapporteur on the right of everyone to the enjoyment of the highest attainable standard of physical and mental health, (A/HRC/23/41/Add.3).”

“52. The Committee recommends that the State party take all appropriate measures to ensure that the recommendations contained in the present concluding observations are fully implemented...”

그린피스는 전 지구적인 환경문제의 원인을 밝혀내고 해결하기 위해 비폭력적이고 창의적인 방식으로 대응하는 독립적인 글로벌 캠페인 단체입니다. 그린피스는 환경 보호와 평화를 증진하기 위해 행동을 통한 사회의 긍정적인 변화를 꾀합니다.

GREENPEACE

Greenpeace East Asia Seoul Office

서울시 용산구 한강대로 257 청룡빌딩 6층 (04322)

문의:

안 반데푸트(Jan Vande Putte), 그린피스 벨기에

jan.vande.putte@greenpeace.org

하인츠 스미탈(Heinz Smital), 그린피스 독일

heinz.smital@greenpeace.org

숀 버니(Shaun Burnie), 그린피스 독일

shaun.burnie@greenpeace.org

스즈키 카즈에(Kazue Suzuki), 그린피스 일본

energy.jp@greenpeace.org

장마리(Mari Chang), 그린피스 동아시아 서울사무소

mari.chang@greenpeace.org

<https://www.greenpeace.org/korea>

후쿠시마현의 아부쿠마강, 강 상류 산림 지역에서 방출된 세슘이 아부쿠마강을 따라 흘러 태평양으로 방출된다.