

흔들리는 열도, 기억하는 사람들

일본의 지진, 쓰나미, 그리고 재해 대비의 모든 것

김경진 변호사

서문

땅이 흔들리기 시작하면 일본 사람들은 먼저 숫자를 셉니다. 하나, 둘, 셋. 흔들림이 길게 이어지면 심상치 않은 지진이라는 뜻이고, 짧게 끊기면 멀리서 온 파동이라는 뜻입니다. 이 나라는 그렇게 오랫동안 땅과 함께 사는 법을 몸에 새겨 왔습니다.

일본 열도는 태평양판, 필리핀해판, 유라시아판, 북미판(혹은 오토츠크판)이라는 네 개의 지각판이 만나는 자리에 놓여 있습니다. 태평양판은 일본 해구를 따라 연간 약 8센티미터의 속도로 북미판 아래로 파고들고, 이 속도는 사람의 손톱이 자라는 속도와 비슷합니다. 필리핀해판은 난카이 해곡을 따라 유라시아판 아래로 밀려 들어갑니다. 두 판이 부딪치고 눌리는 과정에서 응력이 쌓이고, 그 응력이 한계를 넘으면 땅은 소리 없이 버티다가 한순간에 튀어 오릅니다. 그 결과로 일본에서는 해마다 1,500회가 넘는 지진이 일어나고, 전 세계 지진의 10분의 1이 이 좁은 열도 주변에서 발생합니다.

흔들림의 기록은 오래된 지층과 사람들의 말 속에 남아 있습니다. 난카이 트로프에서 반복되어 온 거대 지진, 2011년 3월 11일 도호쿠를 덮친 파도, 땅속의 움직임을 읽으려는 과학자들의 분투, 그리고 언제 깨어날지 알 수 없는 후지산까지. 하지만 여기서 끝까지 따라가야 할 것은 지진 그 자체가 아니라, 그 지진을 겪고 기록하고 다음 세대에 넘겨 온 사람들의 이야기입니다.

일본의 지진 연구는 100년이 넘는 시간 동안 쌓여 왔습니다. 그 축적은 지진계나 위성만으로 이루어지지 않았습니다. 『일본서기』와 『쇼쿠니혼기』 같은 정사에 남은 몇 줄의 기록, 에도 시대 사람들이 지진을 풍자하며 그린 나마즈에(메기 그림), 쓰나미가 휩쓸고 간 자리에 세운 돌비석, 그리고 최근에는 시민들이 자원해서 옛 문서를 한 글자씩 옮겨 적는 작업까지 모두가 이 지식의 재료가 되었습니다. 869년 조간 지진을 기록한 문헌은 당시 사람들의 비명과 무너진 건물, 갈라진 땅, 그리고 천 명이 넘는 죽음을 담담하게 적어 놓았습니다. 그 기록은 천 년도 더 지난 뒤, 2011년 도호쿠 앞바다에서 올라온 거대한 파도의 규모를 가늠하는 잣대가 되었습니다.

역사 지진학이라는 이름으로 불리는 이 작업은 혼자 이루어지지 않습니다. 교토대학교의 역사 지진 연구 그룹은 지진학자와 역사학자, 지리학자와 화학자, 디지털 인문학 연구자가 한 자리에 모여 옛 문서를 해독하고 지질학적 증거와 맞춰 봅니다. 문자로 남지 않은 시대의

지진은 땅속에 남은 흔적이 대신 말해 줍니다. 해안 습지나 호수 바닥에서 발견되는 쓰나미 퇴적물, 즉 조개껍질과 나무 조각이 섞인 낮선 모래층은 기록되지 않은 거대 지진이 실제로 있었다는 증거입니다. 이런 퇴적물 연구를 통해 1498년 메이오 난카이 지진처럼 정사에 실리지 않은 사건의 존재가 확인되기도 했습니다.

이 지식은 전문가들만의 것으로 남지 않았습니다. "모두의 번각"이라는 이름의 프로젝트에서는 일반 시민들이 흘림체로 쓰인 옛 문서를 해독하는 작업에 뛰어들었습니다. 2017년 1월 공개된 이후 천 일 만에 618만 자 넘는 글자가 전사되었고, 5,300명 넘는 등록 사용자가 여기에 참여했습니다. 참여자 가운데는 자신이 사는 동네의 옛 재해 기록을 해독하다가, 지금 자신의 집이 서 있는 바로 그 자리에 몇백 년 전 쓰나미가 닥쳤다는 사실을 알고 놀란 사람도 있었습니다. 과거의 재해는 그렇게 남의 이야기에서 자기 이야기로 바뀝니다.

그렇다고 이 지식이 미래를 정확히 짚어 주는 것은 아닙니다. 2011년 3월 11일 이전, 미야기 앞바다에서는 규모 7.5 정도의 지진이 99퍼센트의 확률로 일어날 것이라는 예측이 있었습니다. 실제로 일어난 지진은 규모 9.0, 예측을 훌쩍 뛰어넘는 크기였습니다. 그날 이후 일본 사회는 "상정 외(想定外)"라는 말을 다시 곱씹어야 했습니다. 예측할 수 없었다는 뜻이 아니라, 예측의 범위를 스스로 좁게 그어 놓았다는 뜻이었습니다. 869년 조간 지진과 그로 인한 쓰나미가 2011년의 재해와 비슷한 규모였다는 사실을 미리 지적인 학자들이 있었지만, 그 경고는 널리 받아들여지지 않았습니다. 과학이 알아낸 사실과 사회가 그것을 받아들이는 속도 사이에는 늘 틈이 있습니다.

가장 최근의 사례는 2024년 1월 1일 노토반도에서 일어난 지진입니다. 일본 기상청은 그해 1월 11일부터 20일까지 현지에서 쓰나미 흔적을 조사했고, 니가타현 조에쓰시 후나미공원에서는 5.8미터에 이르는 소상고가 확인되었습니다. 내각부가 펴낸 2025년 방재백서는 이 지진에서 얻은 교훈을 남카이 트로프 거대지진과 수도직하지진 대응 논의에 반영하고 있다고 밝히고 있습니다. 오래된 재해든 최근의 재해든, 일본은 한 번 겪은 사건을 다음 재해 대비의 재료로 바꾸는 작업을 멈추지 않습니다.

난카이 트로프의 거대 지진, 2011년 도호쿠를 덮친 파도, 땅 밑을 읽는 관측 기술, 후지산의 분화 가능성은 서로 따로 떨어진 사건이 아닙니다. 같은 땅 밑에서 이어지는 긴 움직임이고, 그 움직임을 이해해야 사람의 준비도 제자리를 찾습니다.

일본 기상청은 2026년 7월 7일 열린 제107회 평가검토회에서, 난카이 트로프 주변에 대규모 지진 가능성이 평소보다 더 높아졌다고 볼 만한 변화는 관측되지 않았다고 밝혔습니다. 그러나 같은 기관은 이 지진의 30년 이내 발생 확률이 평상시에도 높은 수준이며, 1946년 쇼와 난카이 지진과 1944년 쇼와 도난카이 지진 이후 이미 80년 가까운 시간이 지났다는 점에서 절박성이 크다고 설명합니다. 정확한 날짜를 알아내는 일과, 확률의 언어로 준비하는 일은 다릅니다. 정확한 날짜보다 중요한 것은 확률의 언어를 이해하고, 그 언어를 생활의 준비로 바꾸는 일입니다.

이 장의 근거 - The Modern History of Managing Seismic Risk in Japan - 2021年地質の日 オンライン一般講演会 - Japans Mega Earthquake | Earthquake and Tsunami - Amazing Documentary TV - 【EARTHQUAKE】 The 62nd TIEC Cross-Cultural Seminar 〈The History of Japan Shaped by Earthquakes〉 - SRC-PDF-045_Evaluasi_Kegagalan_Sistem_Mitigasi_Tsunami_Studi_Kasus_Tohoku_2011.pdf - 災害をもたらしうる地震現象のしくみ 10 - Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes - SRC-PDF-009_Researches_on_the_tsunami_deposits_along_the_Nankai_Trough.pdf -

「「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」加納 靖之 - 第1回 SPARC Japan セミナー2019 - 京都大学 春秋講義「平成の地震災害を振り返る－何を学び何を伝えるのか－」 清野 純史教授（工学研究科）2019年9月29日 - SRC-PDF-054_CONSIDERATION_OF_RELATIONSHIP_BETWEEN_TSUNAMI_MONUMENTS_TSUNAMI_INUNDATION_AREA_AND_HUMAN_.pdf - SRC-PDF-032_Formation_processes_of_tsunami_deposits_following_the_2011_Tohoku_oki_earthquake_in_the_es.pdf - 纈纈一起 「地震の予測はなぜ難しいのか？」－公開講座「予測できる未来と、予測できない未来」2019 - 인용 번호, 출처명 미표시 다수 (U003 자료 내 상당수 인용이 이에 해당함) - 일본 기상청, 난카이 트로프 지진 관련 정보 (2026년 7월 7일 제107회 평가검토회): <https://www.data.jma.go.jp/eew/data/nteq/index.html> - 일본 기상청, 2024년 노토반도 지진 쓰나미 현지조사: https://www.jma.go.jp/jma/press/2401/26a/20240126_tsunamichousakekka.pdf - 내각부, 2025년 방재백서 영어판: https://www.bousai.go.jp/en/documentation/white_paper/pdf/2025/R7_hakusho_english.pdf

목차

서문

흔들리는 땅 위에서 기억과 과학이 만나는 출발점입니다.

제1부 일본 열도를 뒤흔든 지진과 쓰나미

1장 난카이 트로프, 잠든 적 없는 판의 경계
반복되는 판의 움직임과 호에이·안세이·쇼와 지진의 흐름을 봅니다.

2장 2011년 3월 11일, 도호쿠
2011년 3월 11일의 흔들림과 쓰나미, 원전 재해의 교훈을 정리합니다.

3장 땅속을 읽는 기술
지진계, 해저 관측망, 확률 예측이 할 수 있는 일과 못 하는 일을 나눕니다.

4장 후지산, 잠든 거인
후지산 분화 위험과 지진·화산이 이어지는 땅속 구조를 설명합니다.

제2부 재해 대비와 도시의 생존법

5장 개인과 가정의 준비
가정의 비축, 대피 행동, 생활 복구를 몸에 익히는 방법을 다룹니다.

6장 도시와 인프라의 방재
내진 설계, 도시 계획, 사전 복구가 사람의 생존을 어떻게 바꾸는지 봅니다.

7장 고령화 사회의 재해 대응
고령화와 인구 감소가 피난과 복구에 남기는 숙제를 짚습니다.

제3부 기억과 다음 지진

8장 옛 기록이 전하는 지진
고문헌, 비석, 지층 속 흔적으로 오래된 지진을 되살립니다.

9장 두려움과 함께 살아가는 법
나마즈 신앙과 추모의 장소가 두려움을 견디는 방식이 된 과정을 봅니다.

10장 기록을 지키고 나누는 사람들
사진, 영상, 증언, 시민 참여가 재해 기억을 지키는 방식을 다룹니다.

11장 상정 외를 넘어서
상정 외라는 말 뒤에 숨은 좁은 가정과 유연한 대응의 필요를 설명합니다.

12장 다음 세대를 위한 준비
학교, 지역, 행정, 과학이 다음 세대를 준비시키는 길을 정리합니다.

맺음말
기억을 생활의 준비로 바꾸는 오래된 과제를 다시 붙잡습니다.

제 1 부

일본 열도를 뒤흔든 지진과 쓰나미

제1장 난카이 트로프, 잠든 적 없는 판의 경계

난카이 트로프, 잠든 적 없는 판의 경계

일본 열도는 네 개의 지각판 경계에 위치하며, 난카이 트로프는 끊임없이 에너지를 축적합니다.

필리핀해판이 유라시아판 아래로 연간 40~55mm 속도로 파고들며 응력을 쌓고, 이 에너지가 한계를 넘으면 거대한 해구형 지진을 일으킵니다. 역사적으로 105년에서 150년 주기로 대규모 지진이 반복되어 왔습니다.

4개 판

기이 반도 남쪽 바다 밑, 수심 4천 미터 아래에는 사람이 발을 디딜 일 없는 골짜기 하나가 규슈 동쪽 해역에서 시작해 중부 일본의 스루가 만까지 약 700킬로미터에 걸쳐 뻗어 있습니다. 난카이 트로프라 불리는 이 골짜기는 필리핀해판이 유라시아판 아래로 파고드는 경계선입니다. 판은 연간 40~55밀리미터의 속도로 미끄러져 들어갑니다. 사람이 알아챌 수 없는 속도지만, 이 미끄러짐이 판의 경계면에 변형 에너지를 차곡차곡 쌓아 올립니다. 쌓인 에너지가 암석이 버틸 수 있는 한계를 넘으면, 판은 갑작스럽게 튀어 오르며 거대한 지진을 일으킵니다. 이런 지진을 해구형 지진, 또는 메가스러스트 지진이라고 부릅니다.

이 광대한 경계는 편의상 도카이, 도난카이, 난카이라는 이름의 여러 구역으로 나뉘어 연구됩니다. 어느 지진에서는 이 구역들이 한꺼번에 파열되고, 어느 지진에서는 시간차를 두고 순서대로 파열됩니다. 학자들은 이 지역에서 서기 684년부터 1336년 동안 아홉 차례의 주요 지진이 일어나 평균 150년 주기를 보였다고 추정합니다. 다른 계산법으로는 1262년 동안 열세 차례, 평균 105년 주기라는 결과도 나옵니다. 어느 쪽으로 계산해도 결론은 같습니다. 이 바다 밑은 조용히 있는 법이 없습니다.

1707년 10월 28일, 그 가운데서도 가장 큰 지진 하나가 일본 열도를 흔들었습니다. 호에이 지진, 모멘트 규모 8.6 이상으로 추정되는 이 지진은 도카이에서 난카이까지 거의 모든 구역이 동시에 파열된 사건이었습니다. 홋카이도를 제외한 열도 거의 전역에서 강한 흔들림이 관측되었고, 시즈오카부터 규슈 북부까지 넓은 지역이 피해를 입었습니다. 태평양 연안에는 5미터가 넘는 쓰나미가 밀려왔고, 미에현 도바시 오사쓰 지역에서는 6에서 10미터에 이르는 파도가 보고되었습니다. 이 지진의 흔적은 화산에까지 미쳤습니다. 지진 발생 49일 뒤, 후지산이 분화했습니다. 화산재는 바람을 타고 에도, 지금의 도쿄까지 날아가 2에서 4센티미터 두께로 쌓였습니다. 농작물이 뒤덮이고 도시 기능이 멈췄습니다. 대지진과 화산 분화가 같은 뿌리에서 이어질 수 있다는 사실을, 300년 전 사람들은 몸으로 겪었습니다.

호에이 지진으로부터 147년이 지난 1854년 12월, 새로운 재난이 이어졌습니다. 12월 23일, 안세이 도카이 지진(모멘트 규모 8.6)이 일어났고, 그로부터 겨우 32시간 뒤인 12월 24일, 안세이 난카이 지진(모멘트 규모 8.5에서 8.7)이 뒤따랐습니다. 두 지진은 기이 반도부터 규슈까지 넓은 지역에 걸쳐 피해를 남겼고, 훗날 사람들은 이 둘을 묶어 "안세이 지진"이라 불렀습니다. 오사카의 다이쇼바시와 시텐노지에는 이듬해 이 재난을 기리는 비석이 세워졌습니다. 비석에는 지진 뒤 배를 타고 피난하려던 사람 350명이 쓰나미에

휩쓸려 목숨을 잃었다는 사실과, 다시는 그 배로 피하지 말라는 경고가 새겨졌습니다. 글자가 새겨진 돌은 오랜 시간 그 자리에 남아 후대에게 말을 걸었습니다.

다시 92년이 흐른 1946년 12월 21일, 쇼와 난카이 지진(모멘트 규모 8.0)이 발생했습니다. 이 지진은 1944년 12월 7일 일어난 쇼와 도난카이 지진(규모 7.9)의 2년 뒤에 벌어진 사건으로, 두 지진 모두 난카이 트로프 전체가 한 번에 갈라진 것이 아니라 시간차를 두고 나뉘어 파열된 사례입니다. 지진학자 안도는 1944년과 1946년 지진을 두고 같은 판 경계가 서로 다른 시점에 나뉘어 미끄러진 결과라고 분석했습니다. 이 견해는 오랫동안 지배적이었던 "특성 지진" 개념, 곧 같은 단층 구역이 늘 똑같은 방식으로 되풀이해서 갈라진다는 생각에 의문을 던졌습니다. 지진학자 세노는 2012년, 1854년 안세이 도카이 지진과 1944년 쇼와 도난카이 지진의 파열 영역이 서로 겹치지 않고 보완적으로 나뉘어 있었다고 주장했습니다. 난카이 트로프가 다음에 어떤 방식으로 갈라질지, 그 패턴은 매번 다시 그려질 수 있다는 뜻입니다.

이 세 지진, 호에이와 안세이와 쇼와는 각기 다른 시대의 기록으로 남아 있습니다. 호에이 지진의 기록은 에도 시대에 작성되어 그 전 시기보다 훨씬 자세하고 신뢰할 만합니다. 반면 그보다 오래된 지진들은 기록이 파편적이고, 규모와 파열 범위를 추정하는 데 불확실성이 남아 있습니다. 오이타현 류진이케 라군에서 발견된 쓰나미 퇴적물 연구는 684년, 1361년, 1707년의 거대 지진이 450년 주기로 일어났다고 추정했지만, 별도의 쓰나미 시뮬레이션 결과는 이 추정을 그대로 받아들이기 어렵다는 결론을 내놓았습니다. 지질학적 증거와 컴퓨터 모델이 서로 다른 답을 내놓을 때, 그 간극을 메우는 일이 지금도 진행 중인 연구의 몫입니다.

이 반복되는 패턴 앞에서, 지금 일본이 마주한 질문은 단 하나입니다. 다음 지진은 언제 오는가. 지진조사연구추진본부는 난카이 트로프 지진의 장래 규모를 규모 8에서 9급으로 제시하며, 해구형 지진 발생 확률 등급을 가장 높은 III등급으로 분류하고 있습니다. 계산 방식에 따라 30년 이내 발생 확률은 60에서 90퍼센트, 또는 20에서 50퍼센트로 갈리지만, 방재 대책은 그 가운데 높은 쪽의 확률을 염두에 두어야 한다고 설명합니다. "의심스러우면 행동하라"는 원칙입니다. 지진조사연구추진본부가 펴낸 장기평가 개요에 따르면, 규모 8에서 9급 난카이 트로프 지진의 30년 이내 발생 확률은 2013년 1월 시점 60에서 70퍼센트였던 것이 2025년 1월 시점에는 III등급, 곧 80퍼센트 정도로 다시 계산되었습니다. 확률이 오른 것은 새로운 위험이 갑자기 생겼기 때문이 아니라, 시간이

그만큼 더 흘렀기 때문입니다.

일본 기상청은 2026년 7월 7일 열린 제107회 평가검토회에서, 난카이 트로프 주변에 대규모 지진의 가능성이 평소보다 더 높아졌다고 볼 만한 변화는 관측되지 않았다고 밝혔습니다. 그러면서도 이 지역의 30년 이내 발생 확률은 평상시에도 높은 수준이고, 쇼와 도난카이 지진과 쇼와 난카이 지진 이후 이미 80년 가까운 세월이 흘렀다는 점에서 절박성이 크다고 덧붙였습니다. 2024년 8월 8일에는 일본 기상청이 처음으로 "난카이 트로프 지진 임시정보(거대지진 주의)"를 발표한 일도 있었습니다. 이 제도는 미래를 미리 알아맞히는 장치가 아닙니다. 실제로 일어난 지진 뒤에 위험이 평소보다 높아졌는지를 평가하고, 사회가 그 시간 동안 어떻게 조심해야 하는지를 알려 주는 장치입니다. 정확한 날짜를 예언하는 언어가 아니라, 확률과 준비의 언어로 이 지진을 대하라는 것이 지금 일본의 공식 입장입니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-026_Status_of_historical_seismology_in_Japan.pdf
- SRC-PDF-008_Uncertainty_quantification_of_tsunami_inundation_in_Kuroshio_Kochi_Prefecture_Japan_using_.pdf
- SRC-PDF-002_Traces_of_paleo_earthquakes_and_tsunamis_along_the_eastern_Nankai_Trough_and_Sagami_Trough.pdf
- SRC-PDF-009_Researches_on_the_tsunami_deposits_along_the_Nankai_Trough.pdf
- SRC-PDF-025_Amplification_of_tsunami_heights_by_delayed_rupture_of_great_earthquakes_along_the_Nankai_.pdf
- SRC-PDF-015_Tsunami_Deposits_of_Tokai_Earthquakes_Preserved_in_a_Coastal_Marsh_Sequence_at_Osatsu_Toba.pdf
- SRC-PDF-061_Great_Earthquakes_along_the_Nankai_Trough_A_New_Idea_for_Their_Rupture_Mode_and_Time_Serie.pdf
- SRC-PDF-067_Examination_of_Giant_Nankai_Japan_Earthquakes_Suggested_by_Tsunami_Deposits_in_the_Ryujin_.pdf
- SRC-PDF-079_Time_difference_between_the_1854_CE_Ansei_Tokai_and_Ansei_Nankai_earthquakes_estimated_fro.pdf
- SRC-PDF-097_The_possibility_of_deeper_or_shallower_extent_of_the_source_area_of_Nankai_Trough_earthqua.pdf
- 【最深日本】南海海槽地震後海嘯曾10分鐘後達大阪及捲走人（4K UHD 【明日酷劫】）
- 【Japanese podcast】 Be Prepared! Nankai Trough Earthquake & Mt. Fuji Eruption
- 2021年地質の日 オンライン一般講演会
- 03南海トラフの巨大地震と津波 最新の研究成果と政府の考え方・橋本学：京都大学防災研究所公開講座（第25回）
- 東海地震
- Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes
- 일본 기상청, 난카이 트로프 지진 관련 정보(제107회 평가검토회, 2026년 7월 7일): <https://www.data.jma.go.jp/eew/data/nteq/index.html>
- 일본 기상청, 2024년 8월 8일 난카이 트로프 지진 임시정보: <https://www.jma.go.jp/jma/press/2408/08e/202408081945.html>
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프에서 발생하는 지진: https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_kaiko/k_nankai/
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프 지진활동 장기평가 제2판 일부 개정:
https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/subduction_fault/summary_nankai/
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프 장기평가 개요 PDF: https://www.jishin.go.jp/main/chousa/25sep_nankai/nankai_gaiyou2_3.pdf

난카이 트로프: 확률과 준비의 언어

난카이 트로프 거대 지진은 언젠가 반드시 올 것이며, 예측 대신 준비가 핵심입니다.

30년 이내 발생 확률이 80%에 달하지만, 정확한 날짜는 예측할 수 없기에 확률의 언어를 이해하고 생활 속 준비로 전환하는 것이 중요합니다. 일본 기상청은 2026년 7월 7일, 평소보다 높아진 위험은 없다고 밝혔으나, 80년 가까이 지난 과거 지진들을 언급하며 절박성을 강조했습니다.

80%

제2장 2011년 3월 11일, 도호쿠

제2장 시작

제2장 2011년 3월 11일, 도호쿠

2011년 3월 11일, 도호쿠: 예측을 넘어선 재앙

2011년 동일본대지진은 일본의 방재 시스템이 '상정 외' 상황에 직면했음을 보여주었습니다.

미야기현 앞바다에서 모멘트 규모 9.0의 대지진이 발생하여 남북 400km, 동서 200km에 걸쳐 땅을 움직였고, 10m 넘는 쓰나미가 광범위한 피해를 입혔습니다. 초기 예측을 훨씬 뛰어넘는 규모였습니다.

M9.0

2011년 3월 11일 오후 2시 46분, 일본 표준시로 그 시각. 도호쿠 태평양 연안 해상, 미야기현 앞바다 깊은 곳에서 태평양판과 북미판(혹은 오호츠크판) 사이에 쌓여 있던 응력이 한꺼번에 풀렸습니다. 흔들림은 길었습니다. 사무실에서, 학교에서, 집 안에서 그 순간을 겪은 사람들은 훗날 이 지진을 "길고, 그리고 끝이 보이지 않는 흔들림"이라는 말로 기억했습니다. 파열대는 남북으로 약 400킬로미터, 동서로 약 200킬로미터에 걸쳐 뻗어 있었고, 모멘트 규모는 9.0이었습니다.

지진은 땅 자체를 움직였습니다. 오시카 반도는 지진 발생 뒤 3분 만에 동쪽으로 5.3미터 이동했습니다. 일본 열도 전역에서 4에서 5미터의 수평 변위와 0.4에서 1.2미터의 침강이 관측되었습니다. 눈에 보이지 않던 판의 움직임이 그 순간만큼은 지도 위에 새로 그어졌습니다.

지진 뒤에 바다가 응답했습니다. 이와테현, 미야기현, 후쿠시마현 등 광범위한 지역에서 10미터를 넘는 쓰나미가 관측되었고, 가마이시에서는 21미터에 이르는 쇄파고와 18미터의 침수 깊이가 기록되었습니다. 센다이 평야처럼 평탄한 지형에서는 파도가 해안선에서 내륙으로 몇 킬로미터씩 파고들었습니다. 쓰나미로 인한 사망과 실종은 1만 5천 명을 넘었고, 1,230만 명 이상이 대피했습니다. 잔해는 1,920만 세제곱미터, 무게로는 1,300만 톤 넘게 쌓여 복구 작업을 가로막고 위생 문제를 낳았습니다. 가마이시의 12미터 높이 방조제처럼 앞선 시대의 재해를 기준으로 세운 방재 시설은 도시마다 있었지만, 이번 파도는 그 대부분을 압도했습니다.

일본 기상청은 지진 발생 3분 만에 쓰나미 경보를 발령했습니다. 그러나 초기 발표는 지진 규모를 M7.9로 과소평가한 것이었습니다. 28분이 지나서야 규모는 M9.0으로 수정되었고, 이에 따라 예상 쓰나미 높이도 크게 상향 조정되었습니다. 바다는 이미 그 사이에 해안을 덮치고 있었습니다. 훗날 일본 기상청은 이 교훈을 받아들여, 규모 8을 넘는 지진이 발생하면 초기 단계에서는 구체적인 수치 대신 "거대(巨大)", "높음(高い)"과 같은 정성적인 표현으로 경보를 내고, 20에서 30분 뒤 정밀 분석을 거쳐 다시 수치를 발표하는 방식으로 체계를 바꾸었습니다.

가장 큰 위험은 바닷가가 아니라 원자력발전소에서 현실이 되었습니다. 후쿠시마 제1원자력발전소는 지진의 강한 흔들림으로 원자로가 자동 정지했지만, 그 뒤 밀려온 쓰나미가 비상 전원과 냉각 시스템을 침수시켰습니다. 냉각 기능을 잃은 원자로는

멜트다운과 수소 폭발로 이어졌고, 광범위한 토양과 해양 오염이 뒤따랐습니다. 반경 250킬로미터 이내 주민 대피 시나리오까지 검토될 만큼 심각한 상황이었습니다.

같은 규모의 쓰나미를 맞고도 다른 결말을 맞은 원전이 있었습니다. 진원지에 가장 가까웠던 오나가와 원자력발전소는 큰 사고 없이 정지했습니다. 이 결과의 뒤에는 히라이 야노스케(平井弥之助)라는 기술자가 있었습니다. 도호쿠전력의 부사장과 이사를 지낸 그는 오나가와 원전의 부지 선정과 방재 설계 단계에서 869년 조간 지진과 그때의 대형 쓰나미 기록을 근거로 삼았습니다. 당시에는 지나치게 조심스럽다는 반발도 있었지만, 그는 원전 주요 설비를 낮은 해안가가 아니라 해발 14.8미터의 높은 지반에 두어야 한다고 밀어붙였습니다. 2011년 3월 11일 오나가와에는 약 13미터의 쓰나미가 밀려왔지만, 부지 높이가 그보다 위에 있었기 때문에 주요 설비는 물에 잠기지 않았습니다. 그래서 오나가와 원전은 후쿠시마 제1원전보다 진앙에 더 가까웠는데도 안전하게 정지했고, 집을 잃은 주민들이 체육관으로 피신하는 장소가 되었습니다. 국제원자력기구 조사단도 이곳이 큰 지진동과 쓰나미를 겪고도 손상이 아주 적었다고 기록했습니다.

이 재난이 유독 무겁게 다가온 이유가 있습니다. 869년, 도호쿠 지역은 조간(貞觀) 지진이라는 이름의 거대 지진과 쓰나미를 이미 한 번 겪은 적이 있었습니다.

『일본삼대실록』이라는 고문헌은 미야기현 태평양 연안의 다가성이 무너지고 천 명 넘는 사람이 물에 휩쓸려 죽었다고 기록해 두었습니다. 이 기록은 오랫동안 옛이야기로만 남아 있었지만, 오다카 지구를 비롯한 여러 지역의 강 하구 저지대에서 발견된 쓰나미 퇴적물은 조간 쓰나미가 내륙 깊숙이까지 파고들었다는 사실을 물리적 증거로 확인시켜 주었습니다. 방사성 탄소 연대 측정을 거친 이 퇴적물의 침수 범위는, 2011년 실제로 벌어진 침수 양상과 겹쳤습니다. 2011년 이전에도 이 유사성을 지적하며 경고한 과학자들이 있었지만, 산리쿠 해역에서는 규모 7.5 정도의 지진만 일어날 것이라는 인식이 더 널리 퍼져 있었습니다. 현대 지진학의 예측 모델이 천 년 전의 기록을 충분히 무겁게 받아들이지 못한 셈입니다.

왜 그런 일이 벌어졌는지는 몇 가지로 설명할 수 있습니다. 1,300년에 걸친 문자 기록만으로는 수백 년, 수천 년 주기로 벌어지는 비정상적으로 거대한 지진을 가늠하기에 그 시간이 너무 짧습니다. 근세 이전의 기록은 애초에 부족했고, 남아 있는 기록도 정확도가 들쭉날쭉했습니다. 여기에 더해 사람의 기억은 세대를 건너뛰면 끊어집니다. 재현 주기가 긴 재해일수록 "여기는 안전하다"는 믿음이 자라나기 쉽고, 그 믿음은 방조제 같은 시설에 대한 과도한 의존으로 이어지곤 합니다. 실제로 메이지 시대와 쇼와 시대의 산리쿠

쓰나미를 겪은 뒤에도, 그 경험이 다음 세대에 온전히 전달되지 못해 대규모 인명 피해를 되풀이한 사례가 있었습니다.

2011년 이후 일본은 쓰나미를 두 층위로 나누어 다루기 시작했습니다. L1 쓰나미는 100년 주기로 오는, 방조제 같은 단단한 시설로 막아 낼 수 있는 규모의 파도를 가리킵니다. L2 쓰나미는 2011년 도호쿠 지진처럼 수백 년, 수천 년에 한 번 오는 파도로, 이 앞에서는 시설로 막기보다 신속한 대피 계획과 지역 사회의 재해 의식을 앞세워야 한다는 인식이 자리 잡았습니다. L2 쓰나미가 왔을 때 침수 깊이가 2미터를 넘는 지역은 사실상 거주가 불가능한 구역으로 다뤄지기 시작했습니다. 예측의 한계를 인정하되, 최악의 시나리오까지 열어 두고 대응한다는 원칙이 이 재난 이후 일본 방재 정책의 뼈대가 되었습니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-001_STUDY_ON_PREDICTION_OF_TSUNAMI_INUNDATION_DUE_TO_TOKAI_TONANKAI_AND_NANKAI_MASSIVE_EARTHQUAKE.pdf
- SRC-PDF-058_The_Paper_for_the_2011_Japan_Association_for_Quaternary_Research_Academic_Award_Research_report.pdf
- SRC-PDF-045_Evaluasi_Kegagalan_Sistem_Mitigasi_Tsunami_Studi_Kasus_Tohoku_2011.pdf
- SRC-PDF-004_Distribution_and_physicochemical_properties_of_tsunami_deposits_generated_by_the_2011_GreatEastJapanEarthquake.pdf
- SRC-PDF-012_Inundation_areas_and_deposits_of_the_2011_off_the_Pacific_coast_of_Tohoku_and_the_2011_off_the_Indian_ocean_coast_of_Sri_Lanka.pdf
- SRC-PDF-032_Formation_processes_of_tsunami_deposits_following_the_2011_Tohoku_earthquake_in_the_Sentani_basin.pdf
- SRC-PDF-056_Radiocarbon_Dating_Historical_Tsunami_Deposits_from_the_Sendai_Plain_Northeastern_Japan.pdf
- SRC-PDF-035_Analysis_and_Verification_of_the_2011_Tohoku_Earthquake_Tsunami_at_Nuclear_Power_Plant_Sites.pdf
- SRC-PDF-013_ISSUES_OF_ORGANIZATION_AND_LAW_REGULATION_OF_MASSIVE_EARTHQUAKE_AND_TSUNAMI_DISASTER_management.pdf
- SRC-PDF-054_CONSIDERATION_OF_RELATIONSHIP_BETWEEN_TSUNAMI_MONUMENTS_TSUNAMI_INUNDATION_AREA_AND_HUMAN_SETTLEMENTS.pdf
- Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes
- EGU2011: The 11 March 2011 Tohoku (Sendai) Earthquake and Tsunami
- 巨大津波の衝撃 研究者は想定していたのか？ | ガリレオX 第4回
- 99%の人が知らない【3.11の奇跡】福島では、住民364人を津波から守った「もう一つの原発」の物語
- 二万人を飲み込んだ明治三陸津波 - なぜ人々は逃げなかったのか。「科学の死角」が生んだ怪物【江戸闇語り】
- 2023年度【四国地区③】「必ず来る南海トラフ地震にどう立ち向かうのか～南海トラフ地震被害想定公表から10年、そしてこれから～」
- 인용 번호, 출처명 미표시 다수 (U007 자료 내 상당수 인용이 이에 해당함)
- 일본 기상청, 2024년 노토반도 지진 포털: https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_Noto_Peninsula_Earthquake/index.html
- 일본 기상청, 지진·쓰나미 정보 해설 PDF: https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/jishintsunami/en/jishintsunami_en.pdf

도호쿠의 교훈: L1, L2 쓰나미 개념 도입

2011년 지진 이후 일본은 쓰나미를 두 가지 층위로 나누어 대응하는 새로운 방재 개념을 확립했습니다.

L1 쓰나미(100년 주기)는 방조제로 방어하고, L2 쓰나미(수백~수천 년 주기)는 시설만으로 막기 어려워 신속한 대피와 지역 사회의 재해 의식을 중요시하게 되었습니다. 예측의 한계를 인정하고 최악의 시나리오에 대비하는 원칙이 확립되었습니다.

L1/L2

제3장 땅속을 읽는 기술

땅속을 읽는 기술: 정교해지는 관측망

일본은 육상과 해저에 촘촘한 지진 관측망을 구축하여 지진 활동을 실시간으로 감시합니다.

육상에는 약 2,000개소에 달하는 관측점이 데이터를 전송하며 긴급 지진 속보 시스템을 가능하게 하고, 해저에는 S-net과 DONET 같은 관측망이 쓰나미 발생과 전파를 감지합니다.

2,000개소

일본 기상청의 지진 관제 센터에는 하루도 조용한 날이 없습니다. 육상에는 기상청이 운영하는 약 700개소, 방재과학기술연구소가 운영하는 고감도 지진 관측망(Hi-net) 약 850개소의 지진계가 촘촘히 박혀 있습니다. 2011년 동일본대지진 이후에는 해저 관측망이 200개소 가까이 늘어나, 지금은 육상과 해저를 합쳐 약 2,000개소에 달하는 관측점이 실시간으로 데이터를 실어 나릅니다. 이 조밀한 관측망이 있기에 긴급 지진 속보라는 이름의 경보 체계가 가능해졌습니다.

지진이 발생하면 가장 가까운 지진계가 먼저 도착하는 약한 파동, 곧 P파를 포착합니다. 이 데이터를 바탕으로 진원과 규모를 자동으로 추정하고, 아직 강한 흔들림(S파)이 도달하지 않은 지역에 경고를 내보냅니다. 이 모든 과정은 1초 안에 이루어져, 텔레비전과 라디오, 스마트폰 앱, 공장이나 철도의 제어 시스템으로 동시에 전달됩니다. 사람들에게 남은 시간은 1분에서 1분 30초 남짓이지만, 그 짧은 시간이 몸을 낮추고 문을 열어 두는 데는 충분합니다.

바다 밑을 감시하는 일은 육상보다 훨씬 늦게 시작되었습니다. 2011년 이후 일본은 일본 해구를 따라 S-net이라는 이름의 해저 관측망을 새로 놓았습니다. 2017년 3월 완공된 이 시스템은 150개의 해저 관측소에 지진계와 압력계를 함께 설치하고, 이를 광섬유 해저 케이블로 연결했습니다. 난카이 트로프 지역에는 DONET이라는 또 다른 해저 관측망이 자리를 잡아, 육상 관측만으로는 알기 어려운 바다 밑의 움직임을 읽어 냅니다. 압력계는 해저에서 일어나는 수압 변화를 측정해 쓰나미의 발생과 전파를 실시간으로 감지합니다. 2011년 당시 해저에 설치된 수압계 하나는 지진파와 함께 해수면이 오르는 순간, 곧 쓰나미가 시작되는 순간을 그대로 기록해 냈습니다.

관측 기술이 아무리 정교해져도, 지진이 언제 올지 정확히 알아내는 일은 여전히 다른 문제입니다. 지진학은 단층이 어떻게 움직이는지는 실험실에서 재현할 수 있을 만큼 이해하고 있지만, 실제 지구의 복잡성 앞에서 언제, 어디서, 얼마나 큰 지진이 일어날지 단기적으로 정확히 짚어 내는 일은 지금도 불가능에 가깝습니다. 학자들이 자신 있게 말할 수 있는 것은 100년에서 150년이라는 장기적인 주기뿐, 정확한 시점은 아닙니다. 2011년 도호쿠 지진은 이 한계를 가장 뼈아프게 보여 준 사례입니다. 미야기 앞바다에서는 규모 7.5 정도의 지진이 99퍼센트의 확률로 일어날 것이라는 예측이 있었지만, 실제로는 이를 훌쩍 뛰어넘는 규모 9.0의 지진이 발생했습니다.

최근 몇십 년 사이 새롭게 주목받는 현상이 있습니다. 슬로우 지진, 또는 간헐적 비지진성 미끄러짐이라 불리는 이 현상은 강한 지진파를 내지 않으면서도 단층면이 천천히 미끄러져 에너지를 방출하는 움직임입니다. 사람은 이 흔들림을 느낄 수 없지만, GPS 관측망은 몇 달에서 몇 년에 걸쳐 이어지는 장기 슬로우 슬립을 분고 수도와 도카이 지역에서 포착해 냈습니다. 고감도 지진 관측망은 며칠에 걸쳐 일어나는 단기 슬로우 슬립과 심부 저주파 미동, 천부 초저주파 지진을 난카이 트로프 등지에서 확인했습니다. 이런 현상이 발견된 것 자체가 관측망이 촘촘해진 덕분입니다. 예전에는 존재조차 몰랐던 움직임이 이제야 눈에 보이기 시작한 셈이지만, 이 슬로우 지진이 거대 지진과 어떤 관계를 맺고 있는지는 여전히 연구가 진행 중인 물음입니다.

땅속의 변화는 지하수에도 흔적을 남깁니다. 일본 열도 지하에는 크고 작은 균열이 많고, 그 틈은 지하수로 채워져 있습니다. 지진으로 인한 응력 변화는 이 지하수의 흐름을 바꿔 놓을 수 있습니다. 1923년 간토 대지진 당시 도쿄 혼조구 일부 지역에서는 땅에서 물이 솟아오르는 현상이 관측되었는데, 이는 지진 중 또는 직후 지하수 변화와 관련된 현상으로 풀이됩니다. GPS 네트워크를 이용해 이온층의 전자 함량을 살피는 연구에서는 2011년처럼 규모 6을 넘는 지진이 일어난 뒤 이온층에서 특이한 신호가 관측되기도 했습니다. 다만 이 신호는 지진이 일어난 뒤에 나타나는 것으로, 아직 지진을 미리 알아내는 전조로 쓸 수 있는 단계는 아닙니다.

과거의 도카이 지진은 예측이 지닌 한계를 상징적으로 보여 주는 사례입니다. 특정 관측 장비가 설치되고 슬로우 슬립 현상까지 관측되었지만, 정작 큰 지진으로 이어지지 않아 이 지진은 오랫동안 "환상의 지진"이라는 별명으로 불렸습니다. 활동이 활발해졌다고 해서 반드시 큰 지진으로 이어지는 것은 아니라는 사실을, 이 사례는 몸소 증명했습니다.

예측할 수 없다는 사실이 준비할 수 없다는 뜻은 아닙니다. 중앙방재회의는 2012년, 난카이 트로프 거대 지진 모델을 발표하면서 전체 단층면을 5킬로미터 곱하기 5킬로미터 크기의 소단층 5,773개로 나누어 시뮬레이션했습니다. 2011년 도호쿠 지진은 50킬로미터 곱하기 50킬로미터 소단층 40개와 50킬로미터 곱하기 30킬로미터 소단층 8개, 모두 48개의 소단층으로 모델링되었고, 이 계산에 따르면 가장 큰 미끄러짐은 일본 해구 인근 얕은 부분에 집중되어 최대 70에서 80미터에 이르렀습니다. 쓰나미 시뮬레이션은 넓은 바다와 해안 근접 지역을 각기 다른 정밀도로 계산하기 위해 1,350미터, 450미터, 150미터, 50미터 크기의 격자를 겹쳐 사용합니다. 지진 규모가 8.7에서 9.0으로 커지면 지진

에너지는 2.82배 늘어난다는 계산도 이 작업에서 나왔습니다.

이 모든 시뮬레이션이 완벽하게 미래를 그려 내는 것은 아닙니다. 세노가 제시한 파열 구역의 새로운 해석처럼, 오랫동안 정설로 여겨졌던 특성 지진 모델에 도전하는 연구가 계속 나오고 있습니다. 그럼에도 이 작업은 방재의 핵심 도구로 남아 있습니다. 정확한 날짜를 알아낼 수 없다면, 일어날 수 있는 가장 나쁜 상황을 미리 그려 보고 그에 맞춰 내진 보강과 방재 시설, 대피 훈련을 준비하는 것이 지금 일본이 택한 길입니다.

이 장의 근거

- 2021年地質の日 オンライン一般講演会
- 03南海トラフの巨大地震と津波 最新の研究成果と政府の考え方・橋本学：京都大学防災研究所公開講座（第25回）
- 災害をもたらす地震現象のしくみ 10
- 地震調査研究推進本部30周年特別シンポジウム「地震に挑む、30年の歩みとこれから」
- 20230529 UPLAN 石橋克彦「日本を脆弱化し、南海トラフ大震災を激甚化するリニア中央新幹線」（仮題）
- 石橋克彦 神戸大学名誉教授（地震学） 2011.11.29
- SRC-PDF-014_Detailed_Seismic_Intensity_Distribution_due_to_the_1923_Kanto_Earthquake_in_Tokyo_Metropol.pdf
- SRC-PDF-116_The_resonant_response_of_the_ionosphere_imaged_after_the_2011_off_the_Pacific_coast_of_Toh.pdf
- SRC-PDF-035_Analysis_and_Verification_of_the_2011_Tohoku_Earthquake_Tsunami_at_Nuclear_Power_Plant_Sit.pdf
- SRC-PDF-061_Great_Earthquakes_along_the_Nankai_Trough_A_New_Idea_for_Their_Rupture_Mode_and_Time_Serie.pdf
- 2011/07/24(3) 東日本大震災フォーラム
岡村行信講師「貞観津波の再現－活かせなかった研究成果－」 室崎益輝講師「阪神大震災と東日本大震災と都市の防災」
- 「地震の謎に迫る」 - 第11回 京都大学－稲盛財団合同京都賞シンポジウム 加藤 愛太郎 2025年2月8日
- 日本地球惑星科学連合2021年大会 トップセミナー： 佐竹 健治先生「東日本大震災から10年間の地震・津波に関する研究の進展」
- 인용 번호, 출처명 미표시 다수 (U010 자료 내 상당수 인용이 이에 해당함)
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프 지진활동 장기평가 제2판 일부 개정:
https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/subduction_fault/summary_nankai/

관측 기술의 한계와 시뮬레이션의 역할

관측 기술이 발전해도 지진의 정확한 단기 예측은 여전히 어렵지만, 시뮬레이션은 최악의 상황에 대비하는 핵심 도구입니다.

슬로우 지진 같은 새로운 현상이 발견되지만, 이것이 거대 지진으로 이어질지는 연구 중입니다. 중앙방재회의는 난카이 트로프 지진을 5,773개의 소단층으로 나누어 시뮬레이션하며 방재 시설과 대피 훈련 준비에 활용하고 있습니다.

슬로우 지진

제4장 후지산, 잠든 거인

후지산, 잠든 거인의 경고

300년 넘게 침묵한 후지산은 언제든지 분화할 수 있는 활화산이며, 대지진과 연관될 가능성이 있습니다.

지난 3,200년간 약 100번 분화하여 평균 30년 주기를 보였습니다. 1707년 호에이 대분화는 대지진 49일 뒤에 발생했으며, 2011년 동일본대지진 이후에도 후지산의 지진 활동이 증가했습니다.

300년

일본에서 가장 사랑받는 산은 동시에 일본에서 가장 오래 침묵해 온 화산입니다. 후지산은 1707년 호에이 대분화 이후 300년 넘게 잠잠했습니다. 그러나 이 침묵을 안전의 증거로 읽어서는 안 됩니다. 지난 3,200년 동안 후지산은 약 100번 분화했습니다. 평균으로 따지면 30년에 한 번꼴입니다. 다음 분화가 언제일지 정확히 짚어 낼 방법은 없지만, 전문가들이 "언제든 분화할 수 있다"고 경고하는 이유는 바로 이 오래된 반복의 기록에 있습니다.

지진과 마찬가지로 화산 재해도 예측이 쉽지 않습니다. 용암류, 화쇄류, 암설 사태, 화산재, 라하르(화산 이류), 화산 가스까지, 후지산이 낳을 수 있는 재해는 형태도 다르고 도달 시간도 다르고 지속 시간도 다릅니다. 분화의 시기와 규모, 유형을 미리 정확히 짚어 내는 일은 지금도 어려운 과제로 남아 있습니다.

역사는 후지산과 대지진이 남남처럼 떨어져 있지 않았다는 사실을 보여 줍니다. 1707년 호에이 대분화는 같은 해 발생한 대지진, 곧 난카이 트로프 전 구역이 한꺼번에 갈라진 호에이 지진으로부터 49일 뒤에 일어났습니다. 대지진이 화산 밑의 마그마를 자극해 불안정성을 높였을 가능성이 크다고 학자들은 보고 있습니다. 2011년 동일본대지진, 모멘트 규모 9.0의 충격 이후에도 비슷한 일이 있었습니다. 일본의 스무 개 화산 아래에서 지진 활동이 늘었고, 후지산도 그 가운데 하나로 불안정한 상태에 있다고 판단되었습니다. 9세기에도 이런 연쇄가 있었습니다. 869년 조간 지진, 878년 간토 남부 지진, 887년 난카이 트로프 지진이 이어졌던 사례를 근거로, 2011년 이후 2020년대에 간토 남부 지진, 2030년대에 난카이 트로프 지진이 잇따를 수 있다는 시나리오까지 제기되고 있습니다.

후지산이 실제로 분화한다면, 가장 넓은 지역에 가장 오래 영향을 미칠 요소는 용암이 아니라 화산재입니다. 1707년 분화 당시 화산재는 에도, 지금의 도쿄까지 날아가 2에서 4센티미터 두께로 쌓였습니다. 농작물이 뒤덮이고 도시의 기능이 멈췄습니다. 일본에서는 대체로 바람이 서쪽에서 동쪽으로 불기 때문에, 후지산이 분화하면 산에 가까운 시즈오카현보다 오히려 수도권에 더 많은 화산재가 떨어질 가능성이 높습니다. 300년 전에 도쿄가 겪었던 일이, 오늘의 도쿄에도 그대로 되풀이될 수 있다는 뜻입니다.

화산재는 미세한 유리 조각으로 이루어져 있어, 컴퓨터 시스템에 치명적입니다. 모든 산업과 사회 기반 시설이 컴퓨터에 의존하는 오늘날, 이 사실은 쉬운 불편을 넘어섭니다. 교통망은 화산재로 뒤덮인 도로와 철도, 하네다와 나리타를 포함한 공항의 운행 중단으로 마비될 수 있습니다. 전력망은 송전선에 쌓인 화산재가 단락을 일으키거나 발전 시설에

유입되어 고장을 낚으면서 광범위한 정전으로 이어질 수 있습니다. 상수도는 화산재가 수원을 오염시키고 정수 시설의 기능을 떨어뜨려 장기간 단수 사태를 부를 수 있습니다. 통신망과 도시가스까지 함께 흔들리면, 수도권의 기능 정지는 일본 전체의 경제와 사회에 파장을 미치게 됩니다.

화산재로 인한 피해는 그 자리에서 끝나지 않고 다음 재해를 낚기도 합니다. 1707년 분화 당시, 대량의 분출물이 사카와강으로 흘러들어 강바닥을 높였습니다. 이듬해 폭우가 쏟아지자 방수 제방이 무너졌고, 아시가라 평원은 두 번째로 대홍수 피해를 입었습니다. 1792년에는 운젠다케 화산에서 산사태와 쓰나미가 함께 일어나 4,600명이 넘는 목숨을 앗아갔습니다. 화산 분화는 지진이나 쓰나미와 나뉘어 오는 것이 아니라, 서로 얹혀 겹치는 복합 재해로 다가올 수 있습니다.

이 위험 앞에서 일본이 택한 방법은 예측이 아니라 감시입니다. 일본 기상청은 111개의 활화산 가운데 50개를 24시간 상시 관측하고, 마그마가 지표 가까이 올라오면서 만들어 내는 지반 진동, 곧 저주파 지진을 포착하는 데 집중합니다. 특정 지역에서는 기상청 기준보다 10배 더 예민한 감도로 이 저주파 지진을 잡아내는 기술을 개발하고 있습니다. 다만 지진과 분화 사이에 시간차가 있다는 이유로, 이 둘의 연관성을 우연으로 보는 연구자들도 있습니다. 화산 분출물의 성분을 과거의 분화 이력과 비교하는 연구, 트렌치 조사와 화산재 분석을 통한 측면 분화 이력 연구도 함께 진행되어, 후지산의 화산 재해 지도를 그리는 데 쓰이고 있습니다.

여름철 후지산에는 약 30만 명의 등산객이 몰립니다. 대규모 분화가 실제로 일어난다면, 산 위에 있는 이 많은 사람을 어떻게 안전하게 내려보낼 것인가는 그 자체로 무거운 과제입니다. 정부와 지자체는 마스크와 고글로 눈과 호흡기를 보호할 것, 열차와 항공편 중단에 대비해 이동 계획을 미리 세울 것, 장기간 단수에 대비해 식수를 비축할 것을 권합니다. 외국인 여행자를 위해서는 다국어 방재 앱과 NHK월드재팬 같은 다국어 재난 정보 서비스도 마련되어 있습니다. 가고시마의 사쿠라지마처럼 화산과 나란히 사는 지역에서는 화산재 처리와 대피 훈련이 이미 일상의 한 부분으로 자리 잡았습니다. 언제 깨어날지 모르는 산 아래에서, 사람들은 그렇게 하루하루를 준비하며 살아갑니다.

이 장의 근거

- 【Japanese podcast】 Be Prepared! Nankai Trough Earthquake & Mt. Fuji Eruption

- 2020年度 第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」
- 【火山本部地域講演会 in 鹿児島】火山と共に生きる～火山研究と防災の最前線～（令和8年2月1日）
- SRC-PDF-057_History_and_Future_of_Volcanic_Disasters_in_and_around_the_Tokyo_Metropolitan_Area_Central.pdf
- 【防災講演会】京都大学名誉教授 鎌田浩毅 先生「南海トラフ巨大地震に対する知識と心がまえー「地学」を学んで賢く生き延びる」
- 地震予兆研究フォーラム2022 巨大地震への準備
- 【基調講演】京都大学 名誉教授 鎌田浩毅「大地変動の時代」に地震・火山・気象災害のハザードをどう避けるか - 富士山噴火と南海トラフ巨大地震に賢く備える -
- 地震と火山の国 日本 ～歴史地震から学び、災害から身を守る～ 兵庫県いなみ野学園 特任講師 上野匡則氏
- 【最深日本】南海海槽地震後海嘯曾10分後達大阪及捲走人（4K UHD【明日酷劫】）
- SRC-PDF-120_Foreword_Special_Volume_on_accurate_eruptive_history_of_Fuji_Volcano_Japan_using_trench_su.pdf
- SRC-PDF-135_Tephrochronology_of_coastal_terraces_and_their_tectonic_deformation_in_South_Kanto.pdf
- 【睡眠用】大地震の歴史をまとめてみた【ゆっくり解説】
- 石橋克彦 神戸大学名誉教授（地震学） 2011.11.29

후지산 분화: 용암보다 무서운 화산재

후지산 분화 시 가장 광범위하고 오래 지속될 피해는 화산재로 인한 수도권의 기능 마비입니다.

1707년 분화 당시 에도(도쿄)에 2~4cm 두께의 화산재가 쌓여 도시 기능이 멈췄습니다. 화산재는 미세한 유리 조각으로 컴퓨터 시스템, 교통, 전력, 상수도, 통신망에 치명적이며, 심지어 2차 재해를 유발할 수도 있습니다.

화산재

제 2 부

재해 대비와 도시의 생존법

제5장 개인과 가정의 준비

개인和家庭의 준비: 예측 불가능성에 대한 대비

지진의 정확한 예측은 불가능하므로, 개인과 가정의 철저한 준비가 생존의 핵심입니다.

난카이 트로프 지진의 30년 이내 발생 확률은 80%에 달하며, 내일 올지 모르지만 언젠가 반드시 온다는 인식을 바탕으로 준비해야 합니다.

80%

지진이 오기 전

지진은 오늘의 과학으로도 언제, 어디서, 얼마나 큰 규모로 일어날지 정확하게 맞힐 수 없습니다. 학자들이 계산할 수 있는 것은 수십 년 단위의 장기 확률뿐입니다. 난카이 트로프 지진을 예로 들면, 앞으로 30년 안에 규모 8에서 9에 이르는 거대지진이 일어날 확률은 2025년 1월 기준으로 80% 정도까지 올라와 있습니다. 2013년 1월에는 이 수치가 60에서 70% 사이였으니, 시간이 지날수록 확률은 계속 높아지는 방향으로 다시 계산되고 있는 셈입니다. 2026년 7월 7일에 열린 일본 기상청의 제107회 평가검토회에서는 난카이 트로프 주변에서 평소보다 더 위험이 커졌다고 볼 만한 변화는 관측되지 않았다고 밝혔습니다. 하지만 기상청은 동시에, 쇼와 도난카이 지진과 쇼와 난카이 지진이 일어난 지 이미 80년 가까이 지났기 때문에 다음 거대지진이 언제 와도 이상하지 않은 절박한 상태라고 설명합니다. 내일이나 다음 주에 지진이 올지는 아무도 모르지만, 언젠가 반드시 온다는 사실은 이미 정해져 있는 셈입니다. 그래서 지진을 맞이하는 가장 확실한 방법은 예측이 아니라 준비입니다.

집에서 준비해야 할 첫 번째는 물과 식량입니다. 도로와 철도가 끊기면 물자 공급도 함께 끊깁니다. 예전에는 3일 치를 비축하라고 권했지만, 난카이 트로프 지진처럼 피해 범위가 넓은 재해에서는 자위대의 구호조차 늦어질 수 있어서 지금은 최소 7일 치를 준비하라고 말합니다. 비상식량도 예전에는 건빵이나 컵라면을 떠올렸지만, 요즘은 평소에 먹는 음식을 그대로 쌓아 두는 일상 비축품 방식이 자리를 잡고 있습니다. 쌀처럼 늘 먹는 곡식은 유통기한 관리가 쉽고, 익숙한 맛이 사람 마음을 가라앉혀 줍니다. 유통기한이 다가오는 것부터 먼저 먹고 그 자리를 새 제품으로 채우는 롤링 스톱 방식을 쓰면 비축품을 따로 관리하는 수고를 덜 수 있습니다. 물은 한 사람에게 하루 2리터에서 3리터가 필요하므로, 가족 수에 맞춰 최소 3일 치는 갖추어야 합니다. 물이 끊기면 갈증만이 아니라 화장실도 문제가 됩니다. 상하수도가 무너지면 변기를 내릴 물조차 없어지기 때문에, 단수 상황에서 쓸 수 있는 간이 화장실을 미리 마련해 두는 편이 좋습니다.

가구를 고정하는 일은 목숨과 직결됩니다. 1995년 한신·아와지 대지진 때 숨진 사람의 약 90%는 목조 주택이 무너지면서 그 아래 깔려 사망했습니다. 건물이 튼튼해도 방 안의 책장이나 옷장이 쓰러지면 사람을 다치게 하거나 문을 막아 탈출을 어렵게 만듭니다. 교토대학의 한 교수는 내진 보강과 함께 책장을 튼튼하게 짜고, 무거운 책은 되도록 2층에서 1층으로 옮겨 두는 식으로 집 안의 위험을 낮추고 있습니다. 이런 작은 손질이 지진 순간의

부상 위험을 크게 줄여 줍니다.

가족이 서로 연락할 방법도 지진이 오기 전에 정해 두어야 합니다. 지진 직후에는 통신망이 한꺼번에 몰려 마비되기 쉽고, 정전이 되면 스마트폰은 1분에서 3분 안에 꺼질 수 있습니다. 그래서 흔들림이 멈춘 직후 짧은 시간 안에 안부를 확인하는 것이 중요하며, 이후에는 LINE 같은 메시지 앱이나 재해용 전언 서비스를 함께 정해 두는 것이 좋습니다. 서로 안전이 확인되면 3일에서 1주일 정도는 각자 안전한 곳에서 버티며 다시 만날 때를 기다릴 수 있다는 마음의 준비만으로도 불안은 크게 줄어듭니다.

정보를 받는 방법도 미리 익혀 두어야 합니다. 일본에서는 진도 1 이상의 지진이 나면 기상청이 관련 정보를 곧바로 발표합니다. 긴급지진속보는 큰 흔들림이 오기 전에 미리 경고를 주고, 쓰나미 경보와 주의보는 예상 파고를 알려 대피를 재촉합니다. 지진이 나고 3분 안에 첫 쓰나미 경보가 나오지만 이 초기 정보는 오차가 클 수 있어서, 20분에서 30분 뒤에 더 정밀한 정보가 다시 발표됩니다. 해안에 사는 사람에게는 이 20분에서 30분을 기다릴 여유가 없습니다. 쓰나미가 20분 안에 해안에 닿을 수 있으므로, 처음 경보를 듣는 순간 곧바로 고지대나 정해진 대피 장소로 움직여야 합니다. 외국인 여행자를 위한 다국어 방재 앱 Safety tips나 NHK WORLD-JAPAN 같은 서비스도 평소에 미리 깔아 두면 도움이 됩니다.

전기, 수도, 가스 같은 생활 기반 시설이 다시 살아나는 데 걸리는 시간에도 차이가 있습니다. 흔히 전기는 하루, 수도는 3일, 가스는 1주일이면 복구된다고 말하지만, 이는 어디까지나 평균적인 상황을 두고 하는 말입니다. 난카이 트로프 지진처럼 피해가 광범위한 재해에서는 전기 복구에 1주일, 수도에 1개월, 가스에는 3개월까지 걸릴 수 있습니다. 1995년 한신·아와지 대지진과 2011년 동일본대지진에서도 실제로 이런 지진이 나타났습니다. 고층 건물에 사는 사람은 엘리베이터가 3일 넘게 멈출 수 있어 20층까지 계단을 오르내려야 하는 상황도 각오해야 합니다.

준비는 한 번 해 두고 끝나는 일이 아닙니다. 지역 방재 훈련에 참여하고, 가족과 친구들끼리 미리 상의해 두는 과정을 꾸준히 이어 가야 합니다. 이런 준비가 쌓이면 지진이 실제로 닥쳤을 때 공포에 휩쓸리지 않고 침착하게 움직일 수 있는 힘이 됩니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 2011/07/24(3) 東日本大震災フォーラム 岡村行信・室崎益輝 강연(정관 쓰나미와 한신·동일본대지진의 도시 방재), 【Japanese podcast】 Be Prepared! Nankai Trough Earthquake & Mt. Fuji Eruption, 2020年度 第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」, SRC-PDF-031 し尿処理における大規模地震災害対応に関する研究(남해トラ프지진 케이스스터디), 「地震の謎に迫る」 교토대학-이나모리재단 교토상 심포지엄 가토 아이타로(2025년2월8일), 南海トラフ巨大地震講演会 How to Prepare for the Nankai Trough Earthquake, Japan Faces 9.0 Megaquake and Giant Tsunami, 2017/11/23 「地震短期予測と防災体制」 나가오 도시야스(도카이대학), 創立70周年記念講演会『2035年±5年に起きる南海トラフ巨大地震に備える』, 地震と火山の国 日本 우에노 마사노리, 災害に強いまちづくり講座(Ⅱ), 【オンライン自習室】 東日本大震災から9年, How to Save Tokyo from Earthquakes and Floods, 「変動する日本の大地と地震」 니시무라 다쿠야, 【巨大地震注意】 日本列島の活断層, 【最深日本】 地震特輯(1981년 신내진기준과 1995년 한신대지진), 京都大学シンポジウムシリーズ「大震災後を考える」 야마다 마사미, 令和4年度北海道防災気象講演会.

최신 공식 자료: 일본 기상청 난카이 트로프 정보(<https://www.data.jma.go.jp/eew/data/nteq/index.html>), 지진조사연구추진본부 난카이 트로프 지진 개요(https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_kaiko/k_nankai/), 지진조사연구추진본부 장기평가 개정(https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/subduction_fault/summary_nankai/), 장기평가 개요 PDF(https://www.jishin.go.jp/main/chousa/25sep_nankai/nankai_gaiyou2_3.pdf).

지진이 나는 순간

흔들림이 시작되는 순간, 가장 먼저 해야 할 일은 자기 몸을 지키는 것입니다. 집 안에 있다면 건물 중심부에 가까운 벽에 붙거나 튼튼한 탁자 아래로 몸을 숨겨야 합니다. 이는 흔히 말하는 드롭, 커버, 홀드 온 원칙과 같으며, 일본에서는 어릴 때부터 흔들리면 곧바로 책상 밑으로 들어가라고 배웁니다. 방석이나 가방으로 머리를 덮어 낙하물로부터 보호하는 것도 중요합니다. 고정되지 않은 책상이나 옷장, 선반 위 물건은 넘어지거나 떨어져 사람을

다치게 하고 탈출로를 막습니다. 1995년 한신·아와지 대지진 사망자의 약 90%가 목조 주택 붕괴로 깔려 숨졌다는 사실은, 건물 자체의 내진 성능만큼이나 실내 가구의 안전이 목숨을 가른다는 점을 보여 줍니다. 흔들림이 멈춘 뒤에도 곧바로 움직이지 말고 낙하물이나 무너진 구조물이 없는지 확인해야 합니다. 부엌에 있었다면 가스레인지 불부터 꺼야 하며, 이 동작은 1분에서 1분 30초 안에 마치는 것이 권장됩니다. 간판이나 유리창처럼 떨어질 위험이 있는 물건에서도 멀리 떨어져 있어야 합니다.

해안에서 지진을 느꼈다면 가장 큰 위협은 쓰나미입니다. 난카이 트로프 지진 같은 거대지진에서는 파도 높이가 10미터를 넘을 수 있고, 해안까지 20분 안에 닿을 수 있습니다. 어떤 지역은 지진 발생 후 2분 만에 쓰나미가 닿는다고 추정되기도 합니다. 기상청은 지진 발생 3분 뒤 첫 쓰나미 경보를 내지만, 이 초기 경보는 지진 규모를 과소평가해 오차가 클 수 있습니다. 2011년 동일본대지진 때도 처음에는 규모 7.9로 발표했지만 실제로는 9.0이었습니다. 더 정밀한 정보는 20분에서 30분 뒤에나 나오므로, 해안 지역 주민은 이 정보를 기다릴 여유가 없습니다. 사이렌이나 방송을 기다리지 말고, 흔들림이 멈추는 즉시 가까운 고지대나 정해진 대피 장소로 뛰어야 합니다. 일본 산리쿠 지역에는 쓰나미 텐덴코라는 말이 전해집니다. 자기 목숨은 자기가 지키라는 뜻으로, 가족을 기다리지 말고 각자 판단해 곧바로 대피하라는 오랜 지혜입니다. 대피할 때는 차를 타지 않는 편이 좋습니다. 방치된 차량은 긴급 차량의 통행을 막고 도로를 더 혼잡하게 만듭니다. 대피 도중 고령자나 어린이를 함께 돕는 공조의 자세도 중요하게 여겨집니다. 평소에 대피 경로를 두세 가지로 나누어 확인해 두어야 하는 이유는, 큰 지진 뒤에는 늘 다니던 길이 무너지거나 막힐 수 있기 때문입니다. 쓰나미는 한 번으로 끝나지 않고 여러 차례 밀려올 수 있으며, 첫 번째 파도가 가장 크다는 보장도 없습니다. 그래서 경보가 완전히 풀릴 때까지는 절대로 집으로 돌아가면 안 됩니다. 흔들림이 약하다고 안심할 수도 없습니다. 아웃터라이즈 지진처럼 흔들림은 크지 않아도 거대한 쓰나미를 일으키는 지진이 있기 때문입니다. 1896년 메이지 산리쿠 지진은 흔들림이 그리 세지 않았는데도 2만 명 넘는 사람이 목숨을 잃었습니다.

스마트폰은 지진 직후 가족의 안부를 확인하고 정보를 얻는 데 요긴한 도구입니다. 일본의 긴급지진속보 시스템은 큰 흔들림이 오기 5초에서 10초 전에 경계 정보를 보냅니다. 유레쿠루 콜이나 야후 방재 속보 같은 앱을 미리 설치하고 통지 진도를 4 이상으로 맞춰 두면 흔들리기 전에 알림을 받을 수 있습니다. 다만 지진 직후에는 통신망이 몰려 마비되기

쉽고, 정전이 되면 스마트폰은 1분에서 3분 안에 꺼질 수 있습니다. 그래서 처음 몇 분 안에 안부를 확인하는 일이 가장 급하며, 재해용 전언 다이얼 171이나 휴대폰 재해용 전언판, LINE 같은 도구를 미리 정해 두어야 합니다. 가족 모두의 안전이 확인되면 3일에서 1주일 정도는 각자 자력으로 버티며 재회를 기다릴 수 있다는 마음의 여유가 생깁니다. 초기 지진 정보와 쓰나미 경보는 오차가 클 수 있다는 점을 항상 염두에 두어야 합니다. 기상청이 20분에서 30분 뒤 내놓는 정밀 정보는 참고하되, 그 전까지는 일단 안전한 행동을 먼저 취하는 편이 현명합니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 2011/07/24(3)

東日本大震災フォーラム(岡村行信・室崎益輝),
「変動する日本の大地と地震」 니시무라 다쿠야, Japan Faces 9.0
Megaquake and Giant Tsunami,
2023年度【四国地区③】南海トラフ地진에 어떻게 맞설 것인가,
南海トラフ巨大地震講演会 How to Prepare for the Nankai Trough
Earthquake, 「地震の謎に迫る」 가토 아이타로,
南海トラフ地震対策啓発ドラマ「その日、その時・・・」(高知県),
【最深日本】地震特輯(1981년 신내진기준과 1995년 한신대지진),
【Japanese podcast】Be Prepared!,
【超衝撃】怖すぎて眠れなくなる地震の話, SRC-PDF-045 Evaluasi
Kegagalan Sistem Mitigasi Tsunami(2011년 도호쿠 사례연구),
令和4年度北海道防災気象講演会,
[東日本大震災]「大切な人に届けこの想い」 다큐멘터리, 創立70周年記念講演
会『2035年±5年に起きる南海トラフ巨大地震に備える』,
【3/11WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ,
【2026年3月下旬】日本を襲う最大級の巨大地震が来る(도시전설 채널),
【日本の震災と地震研究—予測可能性—】 히라타 나오시,
〈未公開映像追加〉南海トラフ地震に備える(JAMSTEC),
03南海トラフの巨大地震と津波 하시모토 마나부(교토대학 방재연구소),
2020年度 第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」,
「地震の日本史—関西を中心に—」 제3회, 京都大学
春秋講義「平成の地震災害を振り返る」 기요노 준지,
日本地球惑星科学連合2021年大会 사타케 겐지, 東海地震.

최신 공식 자료: 일본 기상청 2024년 8월 8일 난카이 트로프 지진 임시정보(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2408/08e/202408081945.html>), 일본 기상청 지진·쓰나미 정보 해설 PDF(https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/jishintsunami/en/jishintsunami_en.pdf).

재해 뒤의 생활

지진이 지나간 뒤에는 곧바로 또 다른 싸움이 시작됩니다. 전기와 수도, 가스 같은 생활 기반 시설이 오랫동안 멈춰 서기 때문입니다. 흔히 전기는 하루, 수도는 3일, 가스는 1주일이면 돌아온다고 말하지만, 1995년 한신·아와지 대지진과 2011년 동일본대지진, 구마모토 지진에서는 실제로 이보다 훨씬 오래 걸렸습니다. 단수는 곧바로 화장실 문제로 이어집니다. 연구에 따르면 단수와 정전을 겪는 인구의 절반 정도가 화장실을 쓸 수 없게 되며, 화장실 시설이 완전히 복구되기까지 약 30일이 걸릴 수 있고 부품을 구하지 못해 더 늦어지기도 합니다. 고층 건물에서는 엘리베이터가 사흘 넘게 멈추는 일도 흔해서, 계단을 오르내리는 불편이 더해집니다.

많은 이재민이 대피소에서 생활을 이어 가지만, 그 환경은 결코 만만치 않습니다. 2011년 동일본대지진 당시 후쿠시마 원전 사고로 피난한 사람들을 살펴본 연구는, 경제적 어려움과 건강, 방사능 노출에 대한 걱정, 자녀 교육, 주거, 고립감, 지역사회와 가족의 상실, 미래에 대한 불안까지 열 가지 항목에서 이들이 높은 스트레스를 겪었다고 전합니다. 3.11 이후 열 달 동안 42개 시정촌에서 요양보호가 필요한 사람의 수는 12,140명, 곧 12.7% 늘었는데, 이는 재해 이전 같은 기간의 증가율보다 3.7배나 높은 수치입니다. 좁고 불편한 대피소에서 오래 앉거나 누워 지내면 다리 혈류가 나빠져 심부정맥 혈전증, 이른바 이코노미 클래스 증후군이 생길 수 있으며, 이는 재해 관련 사망의 중요한 원인으로 꼽힙니다. 재해 관련 사망이란 지진이나 쓰나미로 곧바로 목숨을 잃는 것이 아니라, 피난 생활의 스트레스와 지병 악화, 부상, 열악한 위생, 심리적 고통이 쌓여 나중에 세상을 떠나는 경우를 말합니다.

대피소의 질을 두고는 나라마다 다른 모습을 보입니다. 이탈리아에서는 지진 후 컨테이너 화장실과 샤워실, 세척 시설, 현장에서 조리한 따뜻한 음식을 나눠 주는 이동 주방차, 침대까지 갖춘 대피소를 운영합니다. 이탈리아의 재해 대응 전문가들은 일본의 재해 관련 사망이라는 개념 자체를 두고, 열악한 대피소 환경이 낳은 불필요한 죽음이라고 지적합니다. 2022년 기준 국내총생산이 일본보다 낮은 이탈리아가 오히려 훨씬 나은

대피소 환경을 갖추고 있다는 사실은, 대피소에서는 참는 것이 당연하다는 일본 사회의 오랜 인식을 되돌아보게 만듭니다.

모든 사람이 대피소로 가야 하는 것은 아닙니다. 철근 콘크리트처럼 내진 성능이 뛰어난 집에 산다면, 굳이 대피소로 옮기기보다 집에서 지내는 편이 더 안전할 수 있습니다. 이를 재택 피난이라고 부르며, 이 방식을 택하려면 물과 식량, 비상 의약품, 간이 화장실을 최소 1주일 치는 갖추고 있어야 합니다. 지진 직후 72시간은 생존율이 급격히 떨어지는 골든 타임으로 불립니다. 이 시간 동안에는 소방과 경찰, 자위대 같은 공적 구조가 충분히 닿기 어려운 경우가 많아서, 스스로를 지키는 자조와 이웃끼리 돕는 공조가 무엇보다 중요합니다.

2011년 동일본대지진 때, 재해로 무너진 지역에서 임시 대피소로 문을 연 사업장에서는 지역 주민과 직원, 시설 이용자가 함께 지내면서 예전에는 없던 벽이 허물어지고 서로 돕는 관계가 자연스럽게 생겨났습니다. 물질적인 것에는 의존할 수 없어도 사람에게는 의존할 수 있다는 깨달음은 복지의 뿌리가 되었고, 어린이나 노인처럼 약자로 여겨지던 사람들도 저마다 역할을 찾아갔습니다. 피해자에게 가장 두려운 것은 멈춰 서는 것이라는 경험담은, 조금씩이라도 움직일 수 있는 환경을 만들고 무엇을 잃었는가보다 무엇을 얻을 수 있는가에 마음을 두는 일이 왜 중요한지를 말해 줍니다.

정보를 다루는 능력도 재해 뒤의 생활을 지탱하는 힘입니다. 스마트폰의 재난 앱과 재해용 전언 다이얼을 써서 정확한 정보를 얻고, 지방자치단체가 마련한 방재 행정 무선이나 위성 통신망, 알림 앱을 함께 살펴야 합니다. 고령화와 인구 감소는 이런 회복 과정 전체에 그림자를 드리웁니다. 생산 연령 인구가 40%에 못 미치거나 15세 미만 인구가 20%가 안 되는 지역도 있어서, 이런 곳에서 큰 재해가 나면 복구가 정말로 가능할지에 대한 근본적인 물음이 제기됩니다. 자재를 구하기 어렵고 인프라가 낡았으며 재해 관련 사망률이 높아지는 문제는, 재해 대비 시스템을 끊임없이 다시 살펴보고 고쳐 나가야 할 이유가 됩니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 2020年度

第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」, 【Japanese podcast】 Be Prepared!, SRC-PDF-031

し尿処理における大規模地震災害対応に関する研究,
災害に強いまちづくり講座(Ⅱ), SRC-PDF-028 東日本大震災における原子
力災害後の避難者・帰還者のメンタルヘルスと支援およびメディアの役割,
SRC-PDF-017 高齢者と東日本大震災,

【第1部:講演】日本医師会シンポジウム「関東大震災発災から100年」,
地震と火山の国 日本 우에노 마사노리,

【オンライン自習室】東日本大震災から9年,
日本学術会議主催シンポジウム(第9回)前半, SRC-PDF-081
大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題,

【南海トラフ地震と首都直下地震】(PIVOT公式チャンネル), SRC-PDF-007
Examining Causes of Dwellings in the Lowlands, 京都大学

春秋講義「平成の地震災害を振り返る」기요노 준지,

地震調査研究推進本部30周年特別シンポジウム,

2023年度【四国地区③】남해トラフ지진에 어떻게 맞설 것인가,

名取市東日本大震災映像記録, SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION
AND LAW REGULATION, SRC-PDF-014 Detailed Seismic Intensity

Distribution(1923년 관동대지진), SRC-PDF-040 東日本大震災

現地調査の軌跡(いしノマキシ オブチハマ), SRC-PDF-065 NEWSPAPER

REPORTS ON EAST JAPAN GREAT EARTHQUAKE, 【防災講演会】교토대학
 명예교수 가마타 히로키,

後方カメラ映像・令和8年6月23日講演会「首都直下地震への対応」,

[東日本大震災]「大切な人に届けこの想い」.

최신 공식 자료: 내각부 2025년 방재백서 영어판(https://www.bousai.go.jp/en/documentation/white_paper/pdf/2025/R7_hakusho_english.pdf).

생활 속 안전: 물, 식량, 고정, 정보

비상시 물과 식량 비축, 가구 고정, 가족 연락 방법 및 정보 수신 채널 확보는 생존에 필수적입니다.

최소 7일치의 물(하루 2~3L/인)과 식량(일상 비축품 방식)을 준비하고, 간이 화장실도 필요합니다. 가구 고정은 인명 피해를 막고, 통신망 마비에 대비해 가족 간 연락 방법과 재해용 전언 서비스 이용을 정해두어야 합니다. 쓰나미 지역에서는 초기 경보 즉시 대피가 중요합니다.

7일치

제6장 도시와 인프라의 방재

도시와 인프라의 방재: 내진 설계의 중요성

지진 피해를 줄이기 위해 건축물 내진 설계는 끊임없이 발전하고 적용되어야 하는 과제입니다.

내진, 제진, 면진 구조 등 다양한 방식이 있으며, 특히 면진 구조는 건물과 땅의 흔들림을 분리하여 피해를 최소화합니다. 1981년 내진 기준이 큰 전환점이었으나, 여전히 낡은 건물들의 취약점이 존재합니다.

1981년

지진의 흔들림이 건물이 원래 가진 고유 주기와 맞아떨어지면 공진이라는 현상이 일어나 피해가 크게 불어납니다. 그래서 내진 설계는 그저 건물을 튼튼하게 짓는 일을 넘어, 이런 복합적인 흔들림의 성질까지 함께 고려하는 작업입니다. 일본에서는 2000년 이후 한 해 평균 두 번꼴로 진도 6약 이상의 지진이 일어나고 있어서, 내진 기술은 끊임없이 발전하고 계속 적용되어야 하는 숙제로 남아 있습니다. 건물이 지진에 견디는 방식은 크게 세 가지로 나뉩니다. 내진 구조는 건물 자체를 튼튼하게 지어 흔들림에 맞서는 방식이고, 제진 구조는 건물 안에 댐퍼 같은 장치를 넣어 진동 에너지를 흡수하는 방식입니다. 면진 구조는 건물과 땅 사이에 특수한 장치를 넣어 땅의 흔들림이 건물로 그대로 전달되지 않도록 분리하는 방식으로, 건물 안에 있는 물건까지 크게 흔들리지 않도록 지켜 줍니다. 실제로 면진 구조를 적용한 병원은 큰 지진에서도 피해가 가벼웠던 사례가 여러 차례 확인되었습니다.

1981년에 새로 마련된 내진 기준은 일본 건축 역사에서 커다란 전환점이었습니다. 이 기준은 진도 6 이상의 큰 지진에서도 건물이 무너지지 않고 사람 목숨을 지키는 데 초점을 맞췄습니다. 그런데 1995년 한신·아와지 대지진은 이 새 기준의 빈틈을 드러냈습니다. 지진으로 숨진 사람의 약 90%는 집 안에서 건물에 깔려 사망했는데, 그 상당수는 1981년 이전의 옛 기준으로 지어진 목조 주택이었습니다. 새 기준으로 지은 건물은 대체로 피해가 가벼웠지만, 그전에 지어져 새 기준에 못 미치는 건물이 여전히 많이 남아 있었던 것이 대규모 피해로 이어졌습니다. 법이 아무리 보강되어도 기존 건물을 실제로 고치지 않으면 위험은 그대로 남는다는 사실을 이 지진이 보여 준 셈입니다.

낡은 건물의 취약함은 지금도 일본 도시 방재의 큰 숙제입니다. 1923년 간토 대지진 때 도쿄의 목조 주택들은 지반이 무른 곳에서 진동이 긴 흔들림에 크게 무너졌고, 그 가운데 시타마치라 불리던 저지대 밀집 지역은 화재까지 겹쳐 막대한 피해를 입었습니다. 지금도 전국의 일반 주택 5,250만 채 가운데 250만 채는 새 내진 기준에 못 미칩니다. 학교나 백화점, 병원처럼 많은 사람이 이용하는 시설 44만 개 가운데 2만 개, 내진 점검이 의무인 건축물 1만 5천 개 가운데 4천 개가 여전히 기준에 미달합니다. 2020년 기준으로 다중 이용 건축물의 내진화 목표치는 95%였지만, 2만 채가 이 목표에 이르지 못했습니다.

학교와 병원은 재해가 났을 때 대피와 구호 활동의 중심지가 되는 만큼, 이들 시설의 내진 성능은 무엇보다 중요합니다. 1995년 한신·아와지 대지진 이후 정부는 지방 정부 청사와

경찰서, 병원, 학교를 비상시 쓸 수 있는 거점으로 지정하고 제대로 관리하도록 했습니다. 그러나 여전히 모든 학교와 병원이 최신 기준을 완벽하게 채우고 있지는 않으며, 지방의 작은 시설일수록 내진 보강에 어려움을 겪습니다.

내진 보강에는 돈이 듭니다. 100만 엔 정도를 들이면 건물의 내진 성능을 크게 끌어올릴 수 있지만, 50만 엔 정도의 보강은 효과가 뚜렷하지 않게 느껴질 수 있고, 기둥이 두꺼워지거나 낮은 자리에 가새가 들어가면서 생활이 불편해지는 경우도 있습니다. 긴자처럼 건물이 뻑뻑하게 들어선 번화가에서는 공사할 자리를 확보하기 어렵고, 공사 기간 동안 영업을 멈춰야 하는 데다 임대료 부담까지 겹쳐 내진 보강이 뒤로 밀리는 경우가 보고되고 있습니다. 이런 상황은 지진이 났을 때 그곳에서 일하고 지나다니던 사람들을 위험에 그대로 노출시킵니다.

도시 계획과 재건축도 내진 건축과 떼어놓을 수 없습니다. 1923년 간토 대지진 이후 도쿄는 도시 계획법을 새로 만들고 재건 계획을 세워 7년 만에 복구되었습니다. 그러나 예산이 부족해 목조 주택이 밀집한 지역은 그대로 방치되었고, 이는 훗날 2차 대전 공습 때 불길이 크게 번지는 원인이 되었습니다. 2011년 동일본대지진 이후에도, 쓰나미가 침수했던 지역에서 주거를 금지하거나 토지 이용을 제한하는 조치가 복구 계획 수립을 늦추고 이재민의 생활 안정과 생업 복귀를 어렵게 만든 사례가 있었습니다. 이시노마키 시립 병원은 처음에는 원래 자리에 다시 짓기로 했지만, 시민들의 반대로 다른 곳으로 옮기기로 방침이 바뀌면서 복구가 늦어졌습니다. 지진동은 강도만이 아니라 지속 시간과 주기에 따라서도 건물에 주는 피해가 달라집니다. 주기가 긴 지진동은 고층 빌딩과 공진해 오랫동안 크게 흔들리게 만들 수 있습니다. 그래서 정부는 브레이스와 댐퍼, 띠 철근 보강, 사면 보강, 땅속에 묻힌 배관 보강 같은 다양한 방법을 통해 내진화를 밀고 나가고 있습니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 京都大学 春秋講義「平成の地震災害を振り返る」 기요노 준지, 「地震の謎に迫る」 가토 아이타로, SRC-PDF-139
 激甚化する自然災害に備える介護施設付き高齢者住宅(면진화 추진의 과제와 해결책), 【最深日本】地震特輯(1981년 신내진기준과 1995년 한신대지진), SRC-PDF-069 DAMAGE RATES OF VARIOUS KINDS OF STRUCTURES(1923년 관동대지진), SRC-PDF-122 OVERVIEW OF THE 1995 HYOGO-KEN NANBU EARTHQUAKE, SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION AND LAW REGULATION, 2020年度 第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」, 【防災講演会】 교토대학 명예교수 가마타 히로키, 20230529 UPLAN 이시바시 가쓰히코, 【超衝撃】怖すぎて眠れなくなる地震の話, 2011/07/24(3) 東日本大震災フォーラム, 【Japanese podcast】 Be Prepared!, 地震と火山の国 日本 우에노 마사노리, 必ず起きる南海トラフ巨大地震.

도시 계획

2011년 동일본대지진은 기존의 방재 시스템과 예측 모델이 가진 한계를 명확히 드러냈습니다. 일본어로 상정외라 부르는, 미리 그려 둔 시나리오를 넘어서는 규모와 양상으로 재해가 닥칠 수 있다는 사실이 그때 드러난 것입니다. 그래서 도시 계획은 평소의 토지 이용과 시설 배치, 주민 교육에서부터 재해 순간의 대응, 그리고 그 뒤의 복구까지 모두 아우르는 길고 유연한 전략이 되어야 합니다.

해안 지역에서는 대피로를 얼마나 빨리 이용하느냐가 생사를 가릅니다. 한 시뮬레이션에서는 지진 발생 5분 뒤 대피를 시작하면 쓰나미가 닿기 전 모두가 대피할 수 있었지만, 10분 뒤에는 한 명이 희생되고, 15분 뒤에는 상당수가, 20분 뒤에는 거의 전원이 쓰나미에 휩쓸리는 것으로 나타났습니다. 이 결과는 사이렌이나 방송을 기다리지 말고 곧바로 고지대로 움직여야 한다는 사실을 다시 한번 확인해 줍니다. 도쿠시마현 미나미정 같은 지역에서는 주민이 스스로 대피로를 정비하고, 언제 어디로 어떻게 대피할지 적어 둔 개인용 카드를 만들어 나눠 주는 등 지역 사정에 맞춘 계획을 세우고 있습니다.

큰 지진이 도심에 덮치면 교통이 순식간에 마비됩니다. 수도권에서 지진이 나면 버려진 차량과 손상된 도로 시설로 주요 도로가 막히고 극심한 정체가 빚어질 수 있습니다. 경찰은 긴급 차량이 다닐 길을 확보하기 위해 도심으로 들어오는 차량을 막고 비상 수송로에서 일반 차량 통행을 금지하는 방안을 준비하고 있습니다. 여덟 방향 작전이라 불리는 계획은

피해가 상대적으로 적을 것으로 예상되는 노선을 중심으로 48시간 안에 도심의 긴급 통행로를 확보하려는 구상입니다. 그러나 주택가의 좁은 이면도로는 여전히 장애물에 막히기 쉬워, 구조대가 늦게 도착하고 물자 보급이 어려워지고 휠체어를 쓰는 사람이 아예 다닐 수 없게 되는 문제가 생길 수 있습니다.

고지대로 마을을 옮기는 일은 오래전부터 일본이 써 온 대표적인 쓰나미 대책입니다. 1933년 쇼와 산리쿠 쓰나미 이후 이와테현과 미야기현에서는 100개가 넘는 마을이 고지대로 옮겨 갔습니다. 그런데 2011년 동일본대지진 때는 이렇게 옮겨 간 마을 가운데 여럿에서도 집이 떠내려가는 심각한 피해가 다시 일어났습니다. 2011년 쓰나미가 쇼와 시대 쓰나미보다 훨씬 컸던 데다, 고지대로 옮긴 지 80년이 지나는 사이 예전 침수 지역에 다시 사람이 살기 시작했기 때문입니다. 재해의 기억이 멀어지고 방조제 같은 시설이 오히려 안심감을 주면서 위험한 저지대로 사람들을 다시 불러들인 셈입니다. 그래서 요즘 도시 계획은 마을 전체를 옮기는 것을 넘어, 병원이나 어린이집 같은 핵심 시설만이라도 먼저 고지대로 옮기는 방향으로 나아가고 있습니다. 미나미정에서는 병원과 어린이집을 고지대로 옮겼는데, 아이들이 안전한 곳에 있으면 부모가 위험한 곳까지 아이를 데리러 가는 대신 스스로 대피할 것이라는 판단에 따른 것입니다. 해저드 맵을 써서 각 지역에 어떤 피해가 예상되는지, 어디로 피해야 하는지를 미리 확인해 두는 일도 함께 강조됩니다.

항만과 해안 지역은 쓰나미와 액상화에 취약합니다. 2011년 이전까지 산리쿠 해안에는 메이지와 쇼와 시대의 대형 쓰나미를 기준으로 10미터 높이의 방조제가 있었지만, 센다이만이나 조반 해안의 방조제는 태풍 해일을 기준으로 6미터 정도로만 지어져 있었습니다. 2011년 쓰나미는 이 모든 예측을 뛰어넘어 광범위한 피해를 냈습니다. 이 경험 이후 일본은 L1과 L2라는 두 단계의 쓰나미 개념을 도입했습니다. L1 쓰나미는 수십 년에서 100년에 한 번 정도 오는 비교적 잦은 쓰나미로, 방조제 같은 하드 시설로 막아 내는 것을 목표로 삼습니다. L2 쓰나미는 2011년처럼 1,000년에 한 번 올까 말까 한 초대형 쓰나미로, 시설만으로 완전히 막을 수 없다고 보고 종합적인 도시 계획과 신속한 대피 같은 소프트 대책으로 인명 피해를 최소화하는 데 목표를 둡니다.

도쿄처럼 인구가 밀집한 대도시는 여러 위험이 겹쳐 있습니다. 1923년 간토 대지진 때 도쿄의 목조 주택들은 지반이 무른 지역에서 진동 주기가 긴 흔들림에 크게 무너졌고, 시타마치 같은 저지대 밀집 지역은 화재와 액상화로 인한 침수까지 겹쳐 큰 피해를 입었습니다. 지금도 도쿄의 이른바 0미터 지대는 강 제방이 무너지면 대규모 침수 위험을

안고 있습니다. 겉으로 드러나지 않은 복재 단층이 두꺼운 퇴적층 아래 숨어 있다는 사실도 인구가 밀집한 지역에는 잠재적인 위험 요인으로 남아 있습니다.

재해 뒤 도시를 다시 세우는 일에는 행정과 재정, 사회적 어려움이 뒤엉킵니다. 1923년 간토 대지진 이후 도쿄는 7년 만에 복구되었지만 예산 문제로 일부 목조 밀집 지역이 방치되어 훗날 화재 확산의 원인이 되었습니다. 2011년 동일본대지진 이후에는 부처별로 따로 움직이는 수직적 행정과 부분 최적화 때문에 복구 계획이 지연되는 경우가 많았습니다. 대규모 재해는 인구 감소와 고령화 같은 사회 구조 문제를 더 깊게 만들며, 규모가 작은 지자체일수록 복구에 필요한 인력과 자원이 부족해 큰 어려움을 겪습니다. 이런 문제에 대응하려면 재해가 나기 전부터 주민이 함께 참여해 재해 이후 도시의 모습을 미리 그려 보는 사전 복구 계획이 필요합니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION AND LAW REGULATION, 東日本大震災と南海トラフ地震の接続点(土木学会note), 令和4年度北海道防災気象講演会, 【3/11WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ, 後方カメラ映像・令和8年6月23日講演会「首都直下地震への対応」, SRC-PDF-007 Examining Causes of Dwellings in the Lowlands, [東日本大震災]「大切な人に届けこの想い」, <未公開映像追加>南海トラフ地震に備える(JAMSTEC), 京都大学 春秋講義「平成の地震災害を振り返る」 기요노 준지, SRC-PDF-012 Inundation areas and deposits of the 2011 and 869 Jogan tsunamis, SRC-PDF-065 NEWSPAPER REPORTS ON EAST JAPAN GREAT EARTHQUAKE, SRC-PDF-014 Detailed Seismic Intensity Distribution(1923년 관동대지진), 【超衝撃】怖すぎて眠れなくなる地震の話, 【巨大地震注意】日本列島の活断層, 【最深日本】地震特輯, SRC-PDF-091 巨大災害と地震保険, SRC-PDF-138 復興の二重構造を超克し(한신·아와지대지진 30년검증과 남해トラ프지진), 20230529 UPLAN 이시바시 가쓰히코.

사전 복구 계획

대규모 재해는 예측할 수 없다는 특성과 여러 피해가 뒤엉키는 복합성 때문에 사회 전체에 큰 충격을 안깁니다. 지진과 쓰나미가 언제, 얼마나 큰 규모로 일어날지 정확히 단기 예측하는 일은 지금의 과학 기술로도 불가능하며, 이 한계는 재해가 지나간 뒤의 혼란을 줄이고 회복을 앞당길 사전 복구 계획의 중요성을 더욱 뚜렷하게 만듭니다. 2011년 동일본대지진 이후 일본은 기존 방재 시스템의 한계를 절감하며, 재해 이전부터 복구까지 전 과정을 아우르는 재해 관리 체계가 필요하다는 사실을 뼈저리게 느꼈습니다.

재해가 나면 가장 먼저 부딪히는 문제는 전기와 수도, 가스 같은 생활 기반 시설이 멈추는 일입니다. 전기 하루, 수도 3일, 가스 1주일이라는 말이 있지만, 1995년 한신·아와지 대지진 때는 전기가 1주일, 수도가 3주, 가스가 2개월까지 걸렸고, 2011년 동일본대지진에서도 비슷한 지연이 나타났습니다. 단수는 화장실 문제로 이어져, 단수와 정전을 겪는 인구의 절반가량이 화장실을 쓸 수 없게 되며 화장실 시설이 완전히 돌아오기까지 약 30일이 걸리기도 합니다.

재해 복구는 무너진 것을 다시 세우는 일만으로 끝나지 않습니다. 동일본대지진 당시 발생한 쓰나미 퇴적물은 516만에서 826만 세제곱미터에 이르렀습니다. 이런 엄청난 양의 폐기물을 처리하는 일은 복구 속도에 직접 영향을 미쳤고, 초기에는 임시로 쌓아 둘 공간을 마련하는 일부터 늦어졌습니다. 일본 환경성과 국토교통성은 이 폐기물과 퇴적물을 그냥 버리지 않고 복구 사업에 쓸 기반 재료로 다시 사용하는 지침과 기준을 마련했습니다. 공공시설을 복구할 때는 원래 모습 그대로 되살리는 원형 복구와, 미래의 위험을 줄이는 방향으로 시설의 목적과 기능을 다시 생각하는 재해 회피형 개선 복구 사이에서 논쟁이 벌어지기도 합니다. 이시노마키 시립 병원은 처음에는 원래 자리에 다시 짓기로 했다가 시민들의 반대로 다른 곳으로 옮기기로 방침이 바뀌면서 복구가 늦어진 대표적인 사례로 남아 있습니다.

복구 과정에서 가장 큰 걸림돌 가운데 하나는 수직적 행정이라 불리는 문제입니다. 중앙 정부의 여러 부처가 저마다 다른 법과 규정을 적용해 사업을 진행하다 보니, 같은 지역 안에서도 사업끼리 서로 어긋나고 조율이 늦어지는 일이 벌어졌습니다. 예를 들어 고지대 이전 사업 하나만 놓고도 국토교통성이 맡은 방재 집단 이전 사업과 농림수산성이 맡은 어업 마을 방재 기능 보강 사업이 따로 진행되면서 현장에 혼란을 더했습니다. 이런 부분 최적화는 복구 속도를 늦추고 주민들의 신뢰를 깎아 먹는 원인이 되었습니다. 이를 해결하기 위해 중앙 정부와 지방 자치단체의 복구 업무를 하나로 모으고 권한과 자금,

인력을 통합한 복구 지원 조직을 만들자는 제안도 나왔습니다.

지방 자치단체의 힘만으로는 큰 재해를 감당하기 어려운 경우가 많습니다. 인구 20만 명이 안 되는 중소 규모 시정촌은 평균 직원 수가 시는 1,030명, 정촌은 260명 정도로 적어서, 큰 재해가 나면 조직 전체가 한꺼번에 마비될 위험이 있습니다. 동일본대지진 때 많은 시정촌이 행정 기능 마비와 인력 손실로 초기 대응과 복구 업무에 큰 차질을 겪었습니다. 이런 상황에서는 국가와 광역 지자체가 처음부터 적극적으로 개입해 시정촌의 업무를 대신 맡고 전문가와 자원을 보내는 광역 협력 체계가 반드시 필요합니다.

주민이 직접 참여해 재해 전부터 복구 계획을 세우는 사전 복구 계획은 복구 속도와 주민 신뢰를 함께 지키는 열쇠가 됩니다. 고치현과 도쿠시마현 같은 지역에서는 난카이 트로프 지진에 대비해 어떤 마을을 만들고 싶은지를 주민들과 함께 그려 보는 작업을 진행하고 있습니다. 미나미정에서는 재해가 나기 전부터 병원과 어린이집을 고지대로 옮기고, 아이들의 안전을 먼저 확보해 부모가 안심하고 대피할 수 있도록 준비했습니다.

일본의 재해 복구는 오랫동안 인프라 재건과 도시 계획, 경제 회복 같은 제도적 복구를 앞세우고, 주민의 생활 재건과 공동체 회복, 심리적 지원 같은 인간 중심 복구는 뒤로 미루는 이중 구조를 보여 왔습니다. 도로와 건물은 빠르게 다시 세워지는데 주민의 삶과 공동체는 오랫동안 어려움을 겪는 이런 불균형을 복구 재해라 부르기도 합니다. 2024년 노토반도 지진에서도 이런 익숙한 이중 구조가 되풀이되었다는 지적이 나왔습니다. 일본 정부는 2025년 방재백서에서 노토반도 지진의 교훈을 난카이 트로프 거대지진과 수도권 직하지진 대응 논의에 반영하고 있다고 밝히고 있으며, 2024년 노토반도 지진 검증팀은 비상 대응의 장점과 개선점을 확인하기 위해 운영되었습니다. 이는 일본이 지나간 재해를 다음 재해에 대비하는 재료로 삼아 온 오랜 흐름과 맞닿아 있습니다.

인구 감소와 고령화는 복구에 새로운 난관을 더합니다. 생산 연령 인구가 40%가 안 되거나 15세 미만 인구가 20%가 안 되는 지역에서는, 큰 재해가 나면 복구에 필요한 사람 자체가 턱없이 부족해 복구가 정말 가능할지 의문이 제기됩니다. 미래에 수십만에서 100만 명 규모의 장기 이재민이 생길 가능성에 대비해, 임시 주택에서 복구 주택을 거쳐 영구 주택으로 이어지는 기존의 일직선 모델은 더 이상 맞지 않는다는 지적도 나옵니다. 그 대안으로 나온 가설 시가지 구상은 임시 주택을 그냥 나눠 주는 것을 넘어, 학교와 병원, 상점, 공원 같은 도시 기능을 함께 갖춘 임시 도시 공간을 만들어 주민이 오랜 피난 생활

속에서도 안정된 도시 생활을 이어 갈 수 있도록 지원하는 개념입니다. 다만 이를 법과 제도로 뒷받침하는 작업은 아직 완성되지 않았습니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION AND LAW REGULATION, 2017/11/23 「地震短期予測と防災体制」 나가오 도시야스, SRC-PDF-031 し尿処理における大規模地震災害対応に関する研究, <未公開映像追加>南海トラフ地震に備える(JAMSTEC), SRC-PDF-004 Distribution and physicochemical properties of tsunami deposits(2011), SRC-PDF-007 Examining Causes of Dwellings in the Lowlands, 2023年度【四国地区③】南海トラフ지진에 어떻게 맞설 것인가, SRC-PDF-138 復興の二重構造を超克し, 東日本大震災と南海トラフ地震の接続点, 【3/11WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ, 【第1部：講演】대지진의 증언과 기록(이와키시 공식)／일본의사회 심포지엄, 마키 노리오 「南海トラフ地震災害からの復興を考える」 교토대학 방재연구소 공개강좌.

최신 공식 자료: 내각부 2025년 방재백서 영어판(https://www.bousai.go.jp/en/documentation/white_paper/pdf/2025/R7_hakusho_english.pdf), 방재백서 제2장(https://www.bousai.go.jp/en/documentation/white_paper/pdf/2025/01_chap_02.pdf), 일본 기상청 2024년 노토반도 지진 포털(https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_Noto_Peninsula_Earthquake/index.html), 노토반도 지진 쓰나미 현지조사 PDF(https://www.jma.go.jp/jma/press/2401/26a/20240126_tsunamichousakekka.pdf).

도시 계획: '상정 외'를 넘어서는 유연한 전략

2011년 동일본대지진 이후 도시 계획은 '상정 외' 상황을 포함하여 유연하고 종합적인 재해 대비 전략으로 변화하고 있습니다.

해안 지역에서는 5분 대피 원칙이 생사를 가르며, 도심에서는 긴급 수송로 확보가 중요합니다. L1(방조제)과 L2(대피) 쓰나미 개념을 도입하여 인명 피해 최소화를 목표로 합니다.

L1/L2

제7장 고령화 사회의 재해 대응

고령화 사회의 재해 대응: 요배려자의 생존 위협

노인과 장애인 등 요배려자는 재해 시 물리적, 건강적 취약성으로 인해 생존에 심각한 위협을 받습니다.

쓰나미 대피 시 일반인보다 이동 속도가 느려 짧은 대피 시간 내에 안전한 곳으로 이동하기 어렵고, 정전 시 의료 기기 의존 환자는 생명이 위태로울 수 있습니다.

요배려자

노인과 장애인의 피난

대규모 재해는 누구에게나 힘든 일이지만, 노인과 장애인처럼 요배려자로 불리는 사람들에게는 생존 자체를 위협하는 문제가 됩니다. 쓰나미가 20분 안에 해안에 닿을 수 있다는 사실은 이미 앞에서 살펴보았지만, 노인과 장애인은 이 짧은 시간 안에 몸을 피하는 일이 물리적으로 훨씬 어렵습니다. 대피 속도를 측정한 조사에 따르면 편마비를 가진 사람은 일반인의 절반 속도인 초속 0.63미터로, 임산부는 20% 느린 초속 0.95미터로 움직입니다. 이 차이는 요배려자가 쓰나미로부터 벗어나는 데 훨씬 많은 시간이 필요하다는 뜻이고, 결과적으로 살아남을 가능성이 뚜렷하게 낮아진다는 뜻이기도 합니다.

동일본대지진 때 많은 고령자 시설이 해안에 가깝게 자리 잡고 있어 쓰나미에 그대로 노출되었습니다. 이와테현 오후나토시의 한 노인 시설은 해발 14미터의 고지대에 있었는데도, 쓰나미 정보를 제때 받지 못해 대응이 늦어지면서 거동이 불편한 입소자 67명 가운데 54명이 목숨을 잃었습니다. 미야기현 게센누마시의 한 요양 시설에서는 쓰나미가 2층까지 덮쳐 입소자 47명이 희생되었고, 직원들은 휠체어에 앉은 이용자들을 1층으로 옮긴 뒤 무너진 제방과 도로를 지나 대피소까지 옮기는 데 큰 어려움을 겪었습니다. 후쿠시마 원전 사고 당시 한 노인 요양 시설에서는 141명의 입소자를 옮길 관광버스나 트럭 같은 교통수단이 마땅치 않아 피난이 늦어졌고, 그사이 방사선 노출 위험 속에서 많은 이들이 고통받거나 세상을 떠났습니다. 겨울철에는 대피로가 얼어붙거나 눈에 덮여 대피 속도가 더 떨어질 수 있어 방한 대책도 함께 세워야 합니다. 수도권 직하지진이 나면 방치된 차량과 손상된 도로로 주요 도로가 막히고, 좁은 이면도로는 그보다 더 쉽게 장애물로 막혀 구호대가 접근하기 어렵고 휠체어를 쓰는 사람은 아예 움직일 수 없게 될 수도 있습니다.

재해 뒤 건강을 지키는 일도 노인과 장애인에게 훨씬 무겁게 다가옵니다. 인공호흡기나 혈액 투석기, 수면 무호흡증 치료기처럼 전기에 의존하는 의료 기기를 쓰는 환자에게는 정전이 곧 생명의 문제입니다. 비상 전원과 산소 공급 장치는 지금도 약 3일 정도만 버틸 수 있습니다. 좁고 불편한 대피소에서 오래 앉거나 누워 지내면 심부정맥 혈전증이 생길 수 있고, 이는 재해 관련 사망의 중요한 원인이 됩니다. 일반 대피소, 흔히 학교 체육관은 난방이 충분하지 않고 사생활을 지키기 어려우며 화장실이 부족하고, 하루 두 끼에 1,340킬로칼로리 정도로 국가 권장량인 2,000킬로칼로리에 못 미치는 식사가 나오는 경우도 있어 노인의 건강을 빠르게 악화시킵니다. 센다이시의 한 대피소에서는 한 달 뒤 고령자의 60%가 걷거나 일어서는 데 어려움을 겪었고, 미나미산리쿠에서는 요양 인정을

받지 않았던 고령자의 41.8%가 재해 전보다 일상생활 동작에 어려움을 느끼게 되었습니다. 치매를 앓는 환자는 낯선 환경과 가족과의 헤어짐, 정보 부족 때문에 혼란과 불안이 커져 배회하거나 길을 잃는 사고로 이어지기도 했습니다. 한 환자는 피난은 곧 죽음을 의미한다고 표현하기도 했습니다. 이런 문제를 보완하기 위해 노인과 장애인에게 알맞은 의료와 돌봄을 제공하는 복지 피난소의 역할이 강조됩니다. 이곳에서는 욕창이나 피부 질환을 치료하고, 영양사가 조리한 따뜻한 식사를 내놓으며, 의료 사회복지사가 개입하고 재활 치료까지 제공해 요배려자의 건강을 지켜 줍니다.

고령화와 인구 감소는 재해가 났을 때 돌봄 인력을 확보하는 일에도 무거운 부담을 지웁니다. 동일본대지진 이후 후쿠시마현의 35개 시설에서 104명의 요양보호사와 간호 직원이 피난 등의 이유로 그만두거나 자리를 떠나면서 인력 부족이 깊어졌고, 이는 재해 관련 사망 증가와도 이어졌습니다. 재해가 나기 전에는 복지 시설과 지역 주민 사이에 보이지 않는 벽이 있는 경우도 있었지만, 동일본대지진 당시 시설이 피난 장소로 문을 열면서 직원과 이용자, 지역 주민이 함께 지내는 동안 이 벽이 허물어지고 새로운 유대가 생겨났습니다. 노인과 어린이처럼 약자로 여겨지는 이들도 사회적 역할을 찾을 수 있다는 것이 확인되었습니다. 오후나토시에서는 은퇴한 고령 남성들이 아이들에게 목공 기술과 지역의 옛이야기, 방언, 전통 요리를 가르치며 사회적 연결감을 되찾고 활력을 얻는 활동을 이어 갔습니다. 동일본대지진 이후에는 복지 서비스의 지속성을 지키는 일이 중요한 과제로 떠올랐습니다. 이를 위해 임시 주택 지역에 종합 상담과 방문 간호, 식사 배달, 지역 교류 공간을 함께 제공하는 지원 거점을 설치하고 복지 임시 주택을 짓는 노력이 이어졌으며, 이는 니가타현 주에쓰 지진 당시 임시 주택에 간병 거점을 함께 지어 고독사와 요양 등급 악화를 막았던 경험에서 얻은 교훈입니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 2020年度

第3期講座「静岡で知っておきたい地震と火山と防災」,
令和4年度北海道防災気象講演会, SRC-PDF-017 高齢者と東日本大震災,
後方カメラ映像・令和8年6月23日講演会「首都直下地震への対応」,
南海トラフ巨大地震講演会 How to Prepare for the Nankai Trough
Earthquake, 【オンライン自習室】東日本大震災から9年,
2023年度【四国地区③】南海トラフ地震に 어떻게 맞설 것인가,
SRC-PDF-081

大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題,
SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION AND LAW REGULATION,
SRC-PDF-007 Examining Causes of Dwellings in the Lowlands,
SRC-PDF-028 東日本大震災における原子力災害後の避難者, SRC-PDF-031
し尿処理における大規模地震災害対応, SRC-PDF-065 NEWSPAPER
REPORTS ON EAST JAPAN GREAT EARTHQUAKE, SRC-PDF-139
激甚化する自然災害に備える介護施設付き高齢者住宅,
[東日本大震災]「大切な人に届けこの想い」, 「なぜ多くの人が逃げ遅れて
しまったのか」東日本大震災13年(ANNnewsCH テレメンタリー),
【3/11WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ,
【南海トラフ地震と首都直下地震】(PIVOT公式チャンネル),
東日本大震災と南海トラフ地震の接続点.

인구 감소 지역의 복구

지진과 쓰나미 같은 대규모 재해는 예측할 수 없고 여러 피해가 겹쳐서 나타나며, 인구 감소와 고령화가 이미 진행된 지역에서는 복구 과정에서 더 큰 어려움에 부딪힙니다. 이런 지역에서는 과연 복구가 정말로 가능한지에 대한 근본적인 물음이 던져집니다. 이와테현과 고치현의 인구 변화를 살펴보면 큰 재해 이후 인구 감소가 뚜렷하게 나타나며, 고치현의 일부 마을에서는 30년 만의 인구 감소율이 이와테현의 감소율을 훨씬 뛰어넘는 경우도 있습니다. 생산 연령 인구가 40%가 안 되거나 15세 미만 인구가 20%가 안 되는 지역도 있어서, 이런 사회 구조의 변화는 재해 복구 역량에 심각한 영향을 줄 수 있습니다.

쓰나미 피해를 겪은 마을을 고지대로 옮기는 일은 대표적인 쓰나미 대책이었지만, 시간이 지나 재해의 기억이 멀어지면서 주민들이 다시 위험한 저지대로 돌아와 사는 일이 되풀이되었습니다. 1933년 쇼와 산리쿠 쓰나미 이후 고지대로 옮겨 간 100개 넘는 마을에서도 2011년 동일본대지진 때 집이 떠내려가는 심각한 피해가 다시 일어났는데,

이는 이전 후 80년이 지나는 사이 예전의 침수 지역에 다시 사람들이 모여 살았기 때문입니다. 저지대로 돌아가 다시 자리 잡은 이유는 여러 가지가 겹쳐 있습니다. 방조제나 방조림 같은 방재 시설이 주는 안심감, 재해에 대한 기억과 경각심이 열리는 현상, 재해를 겪지 않은 새 이주민의 유입, 경제적 여유가 없어 고지대에 새로 집을 짓지 못하고 원래 살던 옛터에 임시로 거처를 마련한 사정, 그리고 혈연이나 씨족 신앙 같은 사회적 유대까지 함께 작용했습니다. 인구가 줄면서 빈집이 늘어나는 문제도 재해 후 복구 계획을 세울 때 반드시 고려해야 할 사항으로 떠오르고 있습니다.

재해를 겪은 사람들이 그 지역에서 계속 살아가고 생업을 이어 가려는 마음은 지역의 미래를 좌우합니다. 기업이 재해 뒤 그 지역에서 다시 일어서지 못하고 다른 곳으로 옮겨 가면 일자리가 사라지고 지역 사회 자체가 무너질 수 있습니다. 난카이 트로프 지진처럼 큰 재해가 나면 자위대 같은 외부 지원이 곧바로 닿지 못할 수 있으므로, 이런 지역은 최소 7일 동안 스스로 버틸 수 있는 준비를 갖추어야 한다는 인식이 강조됩니다. 이와테현과 미야기현의 해안 지역에서는 재해 전부터 어업 종사자가 줄어드는 추세였는데, 지진 뒤에는 다른 곳으로 옮기거나 일을 그만두는 사람이 늘면서 공동체를 유지하기가 더 어려워졌습니다.

지방 자치단체의 재정과 행정력도 인구 감소 지역에서는 훨씬 취약합니다. 인구 20만 명이 안 되는 시정촌은 평균 직원 수가 시는 1,030명, 정촌은 260명 정도로 적어서 큰 재해가 나면 조직 전체가 마비될 위험이 크고, 재정과 조직력이 약해 중앙 정부의 보조금과 지원에 기댈 수밖에 없습니다. 여기에 부처별로 따로 움직이는 수직적 행정까지 겹치면, 고지대 이전 사업 하나를 놓고도 국토교통성과 농림수산성이 서로 다른 법과 규정으로 사업을 진행하면서 현장의 혼란이 커집니다. 복구 사업에 드는 재정 부담이 커서 예산이 깎이면 계획 규모가 줄어들기도 하고, 노후한 인프라에 대한 투자가 부족한 데다 지방 건설업계의 어려운 사정까지 겹쳐 복구에 필요한 자재와 인력을 확보하기가 쉽지 않습니다. 후쿠시마 원전 재해 이후에는 의료비와 간병비 지원이 끝날 가능성이 제기되면서, 생활이 이미 어려운 주민들의 부담이 더 커질 수 있다는 우려도 나왔습니다.

공동체를 지키는 일은 인구 감소 지역의 복구에서 가장 오래 걸리는 과제입니다. 재해 피해자가 임시 주택에서 영구 주택으로 옮긴 뒤에도 마음 붙일 곳이나 공동체를 찾지 못해 고립되거나 고독사하는 경우가 있습니다. 임시 주택이 해체되면서 이웃 간의 연결이 끊어지면 고립감은 더욱 깊어집니다. 이런 어려움 속에서도 주민이 스스로 나서서 공동체를

다시 세우려는 움직임이 있습니다. 이와테현 오후나토시에서는 재해 전에는 서먹했던 주민들이 함께 밥을 짓고 자원봉사에 나서는 공간을 만들어, 서로에게 안식처가 되어 주는 관계를 이어 가고 있습니다. 노인과 어린이처럼 약자로 여겨지는 이들도 저마다 사회적 역할을 찾을 수 있다는 인식은 복지의 뿌리가 됩니다. 미나미정에서는 병원과 어린이집을 고지대로 옮겨 아이들의 안전을 먼저 확보하고, 부모가 안심하고 대피할 수 있도록 했습니다. 지역 간의 수직적 행정을 넘어 지역이라는 더 큰 단위에서 서로 협력하는 광역적 접근도 중요하게 다루어지고 있으며, 민간 부문이 재해 시 자율적으로 지원 활동에 나설 수 있도록 돕는 제도도 함께 마련되고 있습니다.

이 장의 근거

추출 자료 근거: 2023年度【四国地区③】南海トラフ지진에 어떻게 맞설 것인가, SRC-PDF-007 Examining Causes of Dwellings in the Lowlands, 東日本大震災と南海トラフ地震の接続点, 南海トラフ巨大地震講演会 How to Prepare for the Nankai Trough Earthquake, 後方カメラ映像・令和8年6月23日講演会「首都直下地震への対応」, SRC-PDF-013 ISSUES OF ORGANIZATION AND LAW REGULATION, SRC-PDF-081

大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題, SRC-PDF-138 復興の二重構造を超克し, SRC-PDF-017 高齢者と東日本大震災, SRC-PDF-014 Detailed Seismic Intensity Distribution(1923년 관동대지진), SRC-PDF-028 東日本大震災における原子力災害後の避難者, SRC-PDF-031 し尿処理における大規模地震災害対応, SRC-PDF-040 東日本大震災現地調査の軌跡(이시노마키시 오부치하마), SRC-PDF-065 NEWSPAPER REPORTS ON EAST JAPAN GREAT EARTHQUAKE, SRC-PDF-125 Detailed Seismic Intensity Distribution(1923년 관동대지진 별도자료), SRC-PDF-139 激甚化する自然災害に備える介護施設付き高齢者住宅, 「関東大震災100年」(3) 생존자와 사망자 조사 기타하라 이토코, 【3/11WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ, 【ゆっくり解説】関東大震災の建築的解説, 【南海トラフ地震と首都直下地震】(PIVOT公式チャンネル), シンポジウム「清水港の歴史から見る日本とアジア」, 京都大学春秋講義「平成の地震災害を振り返る」기요노 준지, 令和4年度北海道防災気象講演会, 南海トラフ、富士山噴火…最悪のシナリオ 가마타 히로키, 地震考古学から見た大阪地層探検1「南海トラフ巨大地震の歴史」사무카와 아키라, 日本学術会議主催シンポジウム(第9回), <未公開映像追加>南海トラフ地震に備える(JAMSTEC).

복지 피난소와 공동체 재건의 중요성

요배려자의 안전과 건강을 위해 복지 피난소 역할이 강조되며, 공동체 재건은 인구 감소 지역 복구의 핵심 과제입니다.

일반 피난소의 열악한 환경은 노인의 건강을 악화시키고 재해 관련 사망을 유발할 수 있습니다. 인구 감소와 고령화는 돌봄 인력 확보를 어렵게 하지만, 재해 전부터 주민이 참여하는 복구 계획과 광역 협력 체계 구축이 중요합니다.

복지 피난소

제 3 부

기억과 다음 지진

제8장 옛 기록이 전하는 지진

옛 기록이 전하는 지진: 역사지진학의 단서

지진계가 없던 시절에도 옛 문헌과 민간 기록은 지진과 쓰나미의 중요한 역사적 증거를 제공합니다.

『일본삼대실록』의 869년 조간 지진 기록은 2011년 동일본대지진 피해 양상과 유사하며, '미나미정 쓰나미 기념비' 같은 비석은 1380년의 난카이 트로프 지진 피해를 새겨 후대에 전합니다.

역사지진학

고문헌과 재해 기록

지진계가 없던 시절에도 일본 사람들은 땅이 흔들린 순간을 기록으로 남겼습니다. 귀족의 일기, 관청의 문서, 절과 마을에 전해 온 고문서가 이 일을 함께 맡았습니다. 869년 조간 지진을 기록한 일본삼대실록에는 "사람들이 일어설 수 없었고, 건물이 붕괴되었으며, 땅에 금이 가고, 모래가 분출하는 큰 소리가 났고, 바다가 되어 1,000명 이상이 사망했다"는 문장이 남아 있습니다. 이 묘사는 2011년 동일본대지진의 피해 양상과 겹치는 점이 많아, 옛 기록이 현대의 지진 연구에 실제 단서를 내놓는 사례로 꼽힙니다.

1361년 쇼헤이 난카이 지진은 호류지에 전하는 반기와 태평기에 남아 있습니다. 태평기는 아와의 유키 항구에 큰 쓰나미가 닥쳐 수많은 집이 바다에 잠겼고, 난바 앞바다가 잠시 마른 뒤 다시 쓰나미가 몰려와 수백 명의 어부가 목숨을 잃었다고 적었습니다. 도쿠시마현 미나미정에는 1380년에 세운 쓰나미 사망자 이름 비석이 지금도 남아 있는데, 난카이 트로프 지진 쓰나미 피해를 새긴 것 가운데 가장 오래된 기록으로 꼽힙니다. 1596년 게이초 후시미 지진, 1854년 안세이 대지진 무렵에는 귀족과 서민의 일기, 편지에까지 피해 상황이 상세히 적혔습니다. 안세이 난카이 지진 때는 고치현에서 스모 경기가 열리던 중 땅이 흔들려 큰 혼란이 일었다는 기록도 남아 있습니다. 1923년 간토 대지진 때는 경시청 보안부 건축과가 도쿄 시내 목조 주택의 붕괴율을 정리했고, 묘석이 넘어진 비율까지 조사해 진도 분포를 재구성하는 자료로 삼았습니다.

이런 자료를 모아 지진의 시기와 규모, 피해 양상을 되짚는 학문을 역사지진학이라 부릅니다. 옛 기록만으로는 부족한 시대의 흔적은 땅속에서 찾습니다. 액상화로 생긴 모래 줄이나 지반 균열을 발굴해 지진의 존재를 확인하는 지진 고고학은 1988년에 이름을 얻어 독자적인 연구 부문으로 뿌리내렸습니다. 다만 오래된 시대일수록 기록이 부족하고, 다이묘 가문의 번정 문서처럼 목적에 따라 지진 기사가 빠진 경우도 많습니다. 정치 중심지의 기록에 자료가 몰리는 쏠림도 풀어야 할 숙제로 남아 있습니다. 이 빈틈을 메우려 교토대학 지진연구회는 みんなで翻刻(모두 함께 번역)이라는 시민 참여 프로젝트를 열었습니다. 시민이 흘려 쓴 옛 글씨를 한 자씩 현대어로 옮기는 작업인데, 실제 작업은 소수의 헌신적인 참여자에게 크게 기대는 형편입니다.

이 장의 근거

- 일본삼대실록, 869년 조간 지진 기록 [EARTHQUAKE, The 62nd TIEC Cross-Cultural Seminar]

- 태평기, 반기, 1361년 쇼헤이 난카이 지진 기록 [地震講座第2回, 寒川旭]
- 1380년 미나미정 쓰나미 기념비 [Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes]
- SRC-PDF-019, 15세기 사가미 트로프 지진 사료 연구
- SRC-PDF-026, Status of historical seismology in Japan
- SRC-PDF-014·125, 1923년 간토 지진 진도 분포 연구
- 「「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」加納靖之, 2019
- 安政南海地震, 宇宙のすべての知識 プリンシピア

가와라반과 정보 전달

2011년 3월 11일 지진이 일어나자 일본 기상청은 3분 만에 쓰나미 경보를 냈습니다. 그런데 처음 발표한 지진 규모는 M7.9로, 실제 M9.0에는 크게 못 미치는 수치였습니다. 쓰나미 높이 예측이 상향 조정된 것은 28분이 지난 뒤였습니다. 언론은 발생 직후 재해 보도에 집중했고, 3월 12일자 신문 1면에는 나토리시의 쓰나미 피해 사진이 크게 실렸습니다. 시간이 지나며 보도의 중심은 지진과 쓰나미에서 후쿠시마 원전 사고로 옮겨갔고, 2주에서 3주가 지나자 원전 관련 기사 수가 지진·쓰나미 기사 수를 넘어섰습니다. 프랑스 르몽드는 일본의 직접 피해보다 원전 사고의 간접 영향에 초점을 맞췄고, 중국 원화보는 비상 발전기 고장과 수소 폭발 같은 구체적인 상황을 전했습니다. 나라마다 같은 재해를 다른 각도에서 읽었던 셈입니다.

정보가 흐트러질 때 사람이 다치는 일도 있었습니다. 1923년 간토 대지진 직후 "조선인이 우물에 독을 풀고 방화하고 있다"는 유언비어가 빠르게 퍼졌습니다. 이 소문을 믿은 자경단을 중심으로 일본인들이 6천여 명에 이르는 조선인을 학살하고 매장했습니다. 당시 정부 기록은 군경이 유언비어 진압에 힘썼다고 적었지만, 훗날 발견된 문서는 군이 오히려 학살을 방조하고 집행한 정황을 드러냈습니다. 정부는 구호를 위한 칙령을 내리면서도 "조선인 문제"에 군대와 경찰을 동원하고 임시 구호 사무국을 두었습니다.

에도 시대 사람들도 나름의 방식으로 소식을 전했습니다. 목판으로 찍어낸 가와라반은 지진과 관련한 그림과 소문을 실어 나른 매체였고, 다음 장에서 살펴볼 나마즈에도 이 가와라반을 타고 널리 퍼졌습니다. 나고야대학 도서관은 지금 이 가와라반의 색이 살아 있는 판본을 디지털로 공개하고 있습니다. 정보를 다루는 힘은 오늘날에도 같은 무게로 남아 있습니다. 피난소에서 만난 이재민들은 미디어가 "항상 100퍼센트 올바른 것을 보도하지는 않는다"는 사실을 깨닫고 스스로 정보를 가려 판단하는 법을 익혔다고 말합니다. 스마트폰 앱 유레쿠루 콜 같은 긴급 지진 속보도 초기 오차가 클 수 있어, 뒤이어 들어오는 정보를 계속 확인하는 습관이 필요합니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-065, NEWSPAPER REPORTS ON EAST JAPAN GREAT EARTHQUAKE IN FOUR COUNTRIES
- 京都大学シンポジウムシリーズ, 実用地震学：揺れる前に地震を知らせる, 山田真澄
- 日本地球惑星科学連合2021年大会, 佐竹健治「東日本大震災から10年間の地震・津波に関する研究の進展」
- Japan's Crimes: Kanto Earthquake Massacre, Documentary English Subtitles(1997)
- 「関東大震災100年」(3) 生存者と死亡者の調査について, 北原糸子, 2023
- 「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」加納靖之, 2019
- 歴史に学ぶ地震対策～安政大地震を中心に～
- SRC-PDF-028, 東日本大震災における原子力災害後の避難者・帰還者のメンタルヘルスと支援およびメディアの果たした役割

정보 전달과 유언비어: 역사의 경고

재해 시 정보의 정확한 전달은 중요하며, 유언비어는 심각한 사회적 재앙으로 이어질 수 있습니다.

1923년 간토 대지진 직후 '조선인이 우물에 독을 풀고 방화하고 있다'는 유언비어는 6천여 명의 희생자를 낳았습니다. 에도 시대의 '가와라반'과 '나마즈에'처럼 옛 사람들도 정보를 나누었지만, 현대에도 초기 지진 정보의 오차 가능성을 인지하고 추가 정보를 확인하는 습관이 필요합니다.

유언비어

제9장 두려움과 함께 살아가는 법

두려움과 함께 살아가는 법: 나마즈 신앙

일본인들은 지진에 대한 두려움을 '나마즈'라는 문화적 상징을 통해 해석하고 다루어 왔습니다.

가마쿠라 시대의 거대 용에서 에도 시대의 메기(나마즈)로 지진의 원인이 바뀌었고, 1855년 안세이 에도 지진 뒤에는 메기를 억누르는 가시마 신을 그린 '나마즈에'가 크게 유행하며 마음의 안정을 주었습니다.

나마즈에

나마즈 신앙

지진의 원인을 무엇으로 여겼는지는 시대마다 달랐습니다. 가마쿠라 시대에는 일본 열도를 휘감은 거대한 용이 몸을 뒤척여 땅이 흔들린다고 믿었습니다. 에도 시대에 들어서며 이 역할을 메기, 곧 нама즈가 대신했습니다. 1596년 게이초 후시미 지진 때 후시미 성 천수각이 무너지자 사람들은 "나마즈와 지진이 관계가 있는 것이 아닐까" 하고 생각하기 시작했습니다. нама즈는 평소 밤에 움직이는 물고기인데, 지진이 일어나기 직전에는 낮에도 물속에서 거세게 날뛰는 모습을 보였기 때문입니다. нама즈는 실제로 전기 자극에 민감한 물고기이지만, 상어나 장어가 더 예민하다는 사실을 생각하면 지진과 메기를 묶은 상상력은 일본만의 독특한 문화라 할 만합니다.

이 상상력은 1855년 안세이 에도 지진 뒤 нама즈에라는 그림으로 크게 유행했습니다. 그림 한가운데에는 커다란 메기가 있고, 그 위에서 메기를 억누르는 인물이 그려집니다. 이 인물은 가시마 다이묘진, 곧 지진의 신으로 불리는 가시마 신입니다. 이바라키현 가시마시의 가시마 신궁에는 요석이라는 돌이 있는데, 이 돌이 땅속 메기를 눌러 지진을 막는다고 믿었습니다. 가시마시가 태평양판이 섭입하는 해안에 있어 지진이 잦았다는 지리 조건도 이 믿음이 뿌리내린 배경으로 보입니다. нама즈에는 지진의 원인만 담지 않았습니다. 지진과 천둥이 스모를 겨루고 가시마 신이 심판을 보는 그림처럼, 재해를 그 시대의 문화 코드로 옮겨 그리는 미타테 기법을 즐겨 썼습니다. 집이 무너진 곳에서 쌀자루를 가득 싣고 다니는 상인을 풍자한 그림도 있어, 재해 속에서도 이익을 쫓는 사람들을 날카롭게 비추었습니다.

나마즈에는 부적처럼 팔리며 사람들에게 마음의 안정을 주었고, 함께 재건할 수 있다는 용기를 북돋는 역할도 했습니다. 지진과 더불어 살아간다는 인식이 뿌리 깊었던 땅에서, 가시마 신과 요석 같은 상징은 두려움을 다루고 일상을 이어 가는 문화적 장치였던 셈입니다. 오늘날 사람들이 스마트폰으로 지진 속보를 확인하며 정보를 판단하는 태도 역시, 형태는 다르지만 불확실한 자연 앞에서 스스로를 지키려는 마음이라는 점에서 нама즈에를 만들던 사람들과 다르지 않습니다.

이 장의 근거

- 【EARTHQUAKE】 The 62nd TIEC Cross-Cultural Seminar 〈The History of Japan Shaped by Earthquakes〉
- 【地震】第62回東京国際交流館国際塾 〈地震がつくる日本の歴史〉
- 2017/11/23 「地震短期予測と防災体制」長尾年恭, 東海大学海洋研究所

추모와 기억의 장소

오사카의 다이쇼바시와 시텐노지에는 1855년에 세운 쓰나미 기념비가 있습니다. 비문 "대지진 양강구 쓰나미기"는 1854년 안세이 난카이 지진 때 해일로 350명이 목숨을 잃은 사실을 새겼습니다. 1707년에도 같은 곳에서 쓰나미가 났을 때 배로 피난하다 많은 사람이 희생되었는데, 그 교훈을 잊었다는 뉘우침을 담아 "천만 번 배로 피난하지 말라"고 후세에 경고합니다. 이 비문은 해마다 글씨를 다시 칠해 지워지지 않게 지키고 있습니다. 도쿠시마현 미나미정의 1380년 비석과 함께, 이런 기념비는 일본 곳곳에서 쓰나미의 기억을 돌에 새겨 다음 세대에 건네는 방식이었습니다.

이와테현 연안에서는 176개의 쓰나미 비를 조사한 연구가 있습니다. 1896년 메이지 산리쿠 지진 뒤 세운 비는 80퍼센트가 희생자를 기리는 위령형이었던 반면, 1933년 쇼와 산리쿠 지진 뒤 세운 비는 70퍼센트가 "여기보다 아래에 집을 짓지 마라", "쓰나미라고 들으면 욕심 버리고 도망쳐라"처럼 구체적인 지침을 담은 교훈형으로 바뀌었습니다. 이들 비석 가운데 73.9퍼센트는 2011년 동일본대지진 쓰나미가 미치지 못한 곳에 세워져 있어, 피난 목표 지점으로서 실제 기능을 했을 가능성이 큼니다. 다만 일부 교훈형 비석은 과거 침수 지역을 피난 지점으로 잘못 가리켜 오히려 위험을 키울 수 있다는 지적도 있어, 하나의 쓰나미가 아니라 여러 차례의 이력을 함께 살피 세워야 한다는 목소리가 나옵니다.

돌비석만이 기억을 지키는 것은 아닙니다. 아지바 산장 기념관은 지진 당시 생긴 단층면을 4미터 깊이로 파내려 그대로 보존해, 지반이 어긋난 흔적을 눈으로 볼 수 있게 했습니다. 이와테현 오오후나토시의 이바쇼 하우스는 동일본대지진 이후 주민과 시설 이용자가 함께 생활하며 "무엇을 잃었는가"가 아니라 "무엇을 얻을 수 있는가"에 마음을 모으는 거점이 되었습니다. 미나미산리쿠초 시즈가와 초등학교와 중학교는 쓰나미가 옥상까지 덮쳤던 그날의 모습을 그대로 남겨 참혹함을 전하고, 1995년 고베 대지진 현장 인근은 30년이 흐른 지금도 방문객에게 대도시 어디나 재해에 취약할 수 있다는 사실을 일깨웁니다. 이와테현 오오쓰치초에서는 쓰나미 희생자를 기리는 진혼의 숲 조성이 주민들 사이에서 논의되고 있습니다. 동일본대지진은 메이지와 쇼와 산리쿠 지진 뒤 세대가 바뀐 시점에 닥쳤다는 점에서, 기억이 다음 세대로 얼마나 온전히 건너가는지를 되묻는 사례가 되었습니다.

이 장의 근거

- 【最深日本】南海海槽地震後海嘯曾10分鐘後達大阪及捲走人
- SRC-PDF-054, CONSIDERATION OF RELATIONSHIP BETWEEN TSUNAMI MONUMENTS TSUNAMI INUNDATION AREA AND HUMAN
- 京都大学防災研究所第32回公開講座, 飯尾能久「地元の皆さんに支えられた地震観測」2021
- SRC-PDF-081, 大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題
- 【3/11(木)WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ
- 【最深日本】地震特輯 神戸成重災區死者中9成在家中遭壓死
- SRC-PDF-113, Characteristics on Damages of 2011 Tohoku Tsunami in Iwate Coast
- 被災地・福島と歴史文化継承の取り組み

기억의 장소: 비석과 기념관의 역할

쓰나미 기념비와 기념관은 재해의 기억을 보존하고 후대에 교훈을 전달하며, 피난 목표 지점으로 기능합니다.

오사카의 1854년 쓰나미 기념비는 "천만 번 배로 피난하지 말라"는 경고를 새겼고, 이와테현에서는 1933년 쇼와 산리쿠 지진 후 "여기보다 아래에 집을 짓지 마라"는 교훈형 비석이 다수 세워져 실제 피난 목표로 기능했을 가능성이 큼니다.

기념비

제10장 기록을 지키고 나누는 사람들

기록을 지키고 나누는 사람들: 보존과 아카이빙

지진 관련 기록은 고문서, 사진, 증언, 지층 데이터 등 다양한 형태로 보존되고 디지털화되어 공유됩니다.

'모두 함께 번역(みんなで翻刻)' 프로젝트를 통해 옛 문서를 현대어로 옮기고, 재해 지역 주민들의 생생한 인터뷰와 아이들의 그림까지 아카이브됩니다.

디지털 아카이브

사진 영상 증언의 보존

10년 전만 해도 옮길 엄두조차 내지 못했던 300기가바이트의 지진 데이터가 지금은 1페타바이트 규모의 아카이브에 자유롭게 드나들 수 있는 자료로 바뀌었습니다. 역사 지진 기록을 지리정보시스템으로 옮기는 작업도 이어져, 21개의 문헌에서 1,500건의 지진 피해 보고서를 모으고 그 가운데 100개 지점의 위치를 특정해 데이터 표로 만든 연구도 있습니다. みんなで翻刻 프로젝트는 2017년부터 1,000일 넘게 이어지며 9,000장에 이르는 이미지에서 618만 자 넘는 글자를 입력했고, 그 가운데 8,200장가량이 번역을 마쳤습니다. 다만 번역된 내용의 많은 부분이 로그인해야 볼 수 있어, 연구자들은 이를 '옛 재해에 대한 읽기 자료'처럼 누구나 쉽게 접할 방법을 찾고 있습니다.

기록을 남기는 손길은 문서에만 머물지 않습니다. 이시노마키시 오부치하마에서는 80대 노인에게 지역과 어업의 역사를 듣고, 젊은 어부에게는 재해 이후의 삶을 듣는 인터뷰가 여러 해에 걸쳐 이어졌습니다. 재해를 겪은 사람은 잃어버린 이들을 잊지 않으려 아이들에게 이야기를 들려주고 그림을 그리게 했는데, 아이들은 동일본대지진의 쓰나미를 실제 바다색이 아니라 짙은 먹구름 같은 검정이나 진한 파랑으로 그렸습니다. 재해가 마음에 남긴 무게를 그대로 보여주는 그림이었습니다. 후쿠시마 우케도 초등학교에서는 쓰나미로 거의 모든 자료가 쓸려 나갔지만, 교장실 금고만은 물이 스미지 않아 메이지 시대부터 헤이세이 시대까지의 학교와 지역 문서를 고스란히 지켜 냈습니다. 이와테현 오오후나토시의 아카사키 핫토 하우스는 노후한 공민관을 대신하는 복지 피난소이자 지역 활동의 거점으로, 설계 단계부터 주민이 참여해 만든 공간입니다.

지역에 흩어진 개인 소장 자료도 소홀히 할 수 없습니다. 시미즈항의 역사를 조사하는 과정에서 상당수 자료가 시미즈시에 모였지만,사와노가타 문헌처럼 개인 집에 그대로 남아 있는 자료도 적지 않습니다. 후계자 문제로 이런 자료를 처분하려는 움직임도 있어, 발굴하고 지키는 손길이 계속 필요합니다. 후쿠시마에서는 원전 사고 직전의 지역 정보지나 신문 광고처럼 비교적 새로운 자료도 귀중한 역사 자료로 대접받으며 보존되고 있습니다.

이 장의 근거

- 2017/11/23 「地震短期予測と防災体制」長尾年恭, 東海大学海洋研究所
- Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes
- シンポジウム「清水港の歴史から見る日本とアジア」
- 「「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」加納靖之, 2019

- SRC-PDF-040, 東日本大震災現地調査の軌跡, 石巻市小湊浜との出会い
- 【ライブ配信】震災の生々しい体験談を聞いた子ども達
- 【映像記録】東日本大震災から15年, 岩手・宮城・福島の祈り
- SRC-PDF-081, 大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題
- 被災地・福島と歴史文化継承の取り組み

전문가와 시민의 협력

지진을 연구하는 일은 연구자만의 몫이 아닙니다. 오시마 지역의 대화재 복구를 연구할 때도, 후쿠시마 원전 재해 지역의 부족한 자료를 메울 때도, 연구자들은 주민을 연구 대상이 아니라 함께 일하는 동료로 대했습니다. 이와테현 가마이시시 唐丹 지역에서는 '가마이시 역사를 말하는 모임'이라는 자원봉사 단체가 앙케이트와 청취 조사를 벌여, 주민들이 과거 쓰나미 피해를 어떻게 인식했고 왜 그곳에 집을 지었는지, 복구 사업 뒤 생활은 어떻게 바뀌었는지를 스스로 기록했습니다. 시민이 직접 지진 관측 장비를 설치해 15년 가까이 이어 온 관측 사업도 있어, 시민 과학이 학문의 언저리가 아니라 한 축을 이루고 있음을 보여줍니다.

みんなで翻刻 프로젝트에는 5,322명이 등록했지만, 실제 해독 작업은 소수의 헌신적인 참여자에게 크게 기대고 있습니다. 그럼에도 참여자 가운데는 이 활동을 계기로 자신이 사는 지역의 재해 역사에 관심을 갖게 되었다는 사람도 있어, 해독 작업 자체가 학습의 통로가 되고 있습니다. 지식을 정확히 건네는 일도 협력의 다른 얼굴입니다. 난카이 트로프 지진은 "반드시 일어난다"는 사실을 분명히 하고, 발생 시점을 알 수 없으니 늘 대비해야 한다는 점을 강조해야 합니다. 쓰나미는 보통의 파도와 발생 원리도 에너지량도 다르며, 짧은 대피 시간 안에 모두가 안전한 곳으로 옮겨 가기 어려울 수 있다는 사실도 솔직히 알려야 합니다. 미야기현의 한 자원봉사자는 "어디에 있든 재해가 발생할 경우 어떻게 대처할지 늘 인식하는 것이 정말 중요하다"고 말했고, "준비가 되어 있으면 걱정이 없다"는 말이 실제로 목숨을 지키는 힘이 된다고 강조했습니다.

미나미정에서는 주민들이 '나의 카드'를 만들어 피난 경로와 시점을 적어 넣고, 해저드 맵을 지역 안에서 함께 나누며 재해가 오기 전부터 복구 계획까지 논의하고 있습니다. 경찰도 "경찰력만으로는 모든 것을 할 수 없으며, 민간과의 협력이 있어야 더 큰 힘을 낼 수 있다"고 말합니다. 전문가의 지식과 시민의 손발이 만날 때마다, 재해 대비는 한 뼘씩 두터워지고 있습니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-040, 東日本大震災現地調査の軌跡, 石巻市小湊浜との出会い
- 被災地・福島と歴史文化継承の取り組み
- SRC-PDF-007, Examining Causes of Dwellings in the Lowlands
- SRC-PDF-081, 大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題
- 京都大学防災研究所第32回公開講座, 飯尾能久, 満点計画の15年
- 「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」加納靖之, 2019
- 必ず起きる南海トラフ巨大地震
- 【3/11(木)WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ
- 後方カメラ映像, 首都直下地震への対応を巡る課題, 官民連携を中心に

전문가와 시민의 협력: 함께 만드는 방재

재해 대비는 연구자, 행정, 시민이 협력하여 지식을 공유하고
실천으로 옮길 때 비로소 강화됩니다.

주민들은 '나의 카드'를 만들고 해저드 맵을 공유하며 피난 계획을 논의하고, 시민 과학
프로젝트는 학문의 한 축을 담당합니다. '준비가 되어 있으면 걱정이 없다'는 인식이
생명을 지키는 힘이 됩니다.

시민 참여

제11장 상정 외를 넘어서

상정 외를 넘어서: 실패한 가정들의 교훈

2011년 동일본대지진은 기존 방재 시스템의 '상정 외' 한계를 드러내며, 전제와 가정을 재검토하게 했습니다.

초기 쓰나미 경보의 지진 규모 과소평가와, 10m 방조제조차 무력화된 사례는 예측 모델과 시설의 한계를 보여주었습니다. 수직적 행정의 비효율성 및 낡은 건물의 취약성도 문제로 지적되었습니다.

상정 외

실패한 가정들

2011년 동일본대지진은 일본이 오랫동안 쌓아 온 방재 시스템의 전제를 무너뜨렸습니다. 일본 기상청은 지진 발생 3분 만에 쓰나미 경보를 냈지만, 처음 발표한 규모는 M7.9로 실제 M9.0에 크게 못 미쳤습니다. 이 예측을 바탕으로 이와테현 3미터, 미야기현 6미터, 후쿠시마현 3미터의 쓰나미를 예상했지만, 실제 쓰나미는 10미터를 넘어섰습니다. 지진 규모가 M9.0으로 최종 확정된 것은 이틀이 지난 뒤였습니다. 산리쿠 해안에는 1896년과 1933년의 대규모 쓰나미를 기준으로 10미터 높이의 방조제가 서 있었지만, 센다이만과 조반 해안의 방조제는 해일을 기준으로 삼아 6미터 정도로 낮게 지어져 있었습니다. 두 방조제 모두 M9.0급 쓰나미 앞에서는 힘을 쓰지 못했습니다. 쓰나미는 보통의 파도와 근본부터 다른 힘을 지녀, 높이가 2미터에 이르면 목조 가옥이 통째로 부서지고 수십 센티미터의 물살에도 사람이 휩쓸릴 수 있습니다.

행정의 손발이 맞지 않은 지점도 있었습니다. 고지대 이전 사업 하나를 두고도 국토교통성과 농림수산성이 각기 다른 법률과 규제로 사업을 이끌어, 현장에 혼란을 더했습니다. 국가나 현 같은 상위 기관이 정보를 신속히 모으고 지역에 필요한 조정을 대신해 주어야 할 상황에서, 절차와 규정을 앞세우다 대응이 늦어진 셈입니다. 건물의 안전도 예외가 아니었습니다. 1995년 한신·아와지 대지진 때 사망자의 약 90퍼센트가 집 안에서 건물에 깔려 목숨을 잃었습니다. 1981년에 새로 마련한 내진 기준을 따르지 않은 낡은 목조 주택이 그 중심에 있었습니다. 겉으로 드러난 내진화율의 숫자가 낮아 보여도 그 뒤에 숨은 실제 위험은 훨씬 크다는 착시도 지적됩니다. 도쿄 긴자 같은 변화가에도 현재 기준의 절반 수준밖에 안 되는 내진 성능을 지닌 건물이 남아 있습니다. 후쿠시마 원전에서는 지진과 쓰나미로 비상 디젤 발전기가 기능을 잃어 수소 폭발로 이어졌고, 와카사만 원전 주변에서는 지진동이 설계 기준 800갈을 훨씬 넘는 2,000갈에 이른 사례도 있었습니다. 활동층이 밀집한 곳에 원전이 늘어서 있다는 사실은 그 자체로 무거운 숙제입니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-045, Evaluasi Kegagalan Sistem Mitigasi Tsunami Studi Kasus Tohoku 2011
- 京都大学春秋講義, 清野純史 「平成の地震災害を振り返る」 2019
- 日本地球惑星科学連合2021年大会, 佐竹健治 「東日本大震災から10年間の地震・津波に関する研究の進展」
- SRC-PDF-012, Inundation areas and deposits of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku and the 869 Jogan
- SRC-PDF-063, Fundamental Characteristics of Tsunami and Tsunami Disaster due to The 2011

유연한 대응 체계

가까운 미래에도 비슷한 지진이 다시 오리라 짐작하던 시절이 있었습니다. 2011년 동일본대지진은 그 짐작을 훌쩍 넘어서는 규모로 닥쳐, 이제는 과학이 그려 낼 수 있는 모든 시나리오와 최대 규모까지 함께 살펴야 한다는 인식을 남겼습니다. 난카이 트로프 지진은 M8에서 M9.1까지 규모로 70에서 80퍼센트의 확률로 다가올 것이라 여겨집니다. 지진은 혼자 오지 않습니다. 1707년 호에이 대분화는 대지진 49일 뒤에 일어났는데, 난카이 트로프 지진이 후지산 마그마를 흔들어 분화를 이끌었을 가능성이 있습니다. 동일본대지진 직후에는 일본 화산의 20퍼센트가 분화 활동에 들어설 조짐을 보이기도 했습니다. 동일본대지진 이후 일본은 L1과 L2라는 두 층의 쓰나미 개념을 마련했습니다. 수십 년에서 100년에 한 번 오는 L1 쓰나미는 방조제 같은 단단한 시설로 막고, 1,000년에 한 번 정도의 L2 쓰나미는 시설만으로 다 막을 수 없다고 보고 토지 이용 규제와 신속한 피난 같은 부드러운 대책으로 인명 피해를 줄이는 데 힘을 모읍니다. M9.0급 지진으로 2미터 이상 침수되는 지역은 아예 거주를 금지하는 방안도 검토되고 있습니다.

준비는 반복해서 몸에 새겨야 힘을 냅니다. 난카이 트로프 지진이 오면 자위대 같은 외부 지원이 곧바로 닿지 못할 수 있어, 최소 7일분의 비축품을 개인이 갖추어야 한다고 권합니다. 나카시마 글라스 공업에서는 '디지털 нама즈' 시스템으로 지진 경보가 울리면 20에서 30초 안에 실외로 나가는 훈련을 되풀이합니다. 도쿄도의 대응 매뉴얼도 시간이 지나며 바뀌었습니다. 예전에는 직원의 10퍼센트가 1시간 안에 현장에 나와야 한다고 정했지만, 이제는 진도 6에서 7 이상의 지진이 나면 바로 그곳에 있는 사람이 곧바로 대응하도록 했습니다. "선생님이 교육 위원회에 물어보고 난 다음에 피난하겠다"는 식의 태도는 쓰나미 앞에서 가장 피해야 할 자세로 꼽힙니다. 현장에 있는 사람이 매뉴얼보다 앞서 판단할 수 있어야 한다는 뜻입니다. 재난 대책 본부가 법률로 촘촘히 규정되어 있어 오히려 유연성이 떨어질 수 있다는 지적도 있어, 정보 대책 본부처럼 규칙을 가볍게 둔 조직이 더 잘 움직일 수 있다는 논의도 나옵니다.

이 장의 근거

- 【基調講演】鎌田浩毅「大地変動の時代」に地震・火山・気象災害のハザードをどう避けるか
- 日本学術会議主催シンポジウム(第9回)前半
- 牧紀男「南海トラフ地震災害からの復興を考える」京都大学防災研究所公開講座20201005
- 南海トラフ巨大地震講演会, How to Prepare for the Nankai Trough Earthquake
- 2017/11/23 「地震短期予測と防災体制」長尾年恭, 東海大学海洋研究所
- 東日本大震災と南海トラフ地震の接続点, 2020年9月9日

유연한 대응 체계: 최대 시나리오와 감재

'상정 외' 재해 경험을 통해 일본은 최대 규모의 시나리오를 상정하고 '감재'를 목표로 하는 유연한 대응 체계를 구축하고 있습니다.

L1/L2 쓰나미 개념 도입, 후지산 분화 가능성 등 복합 재해 고려, 최소 7일분의 비축품
권장 등 다각적인 준비가 진행됩니다. 현장 판단의 중요성이 강조되며, 매뉴얼에 갇히지
않는 유연한 대응이 필요합니다.

감재

제12장 다음 세대를 위한 준비

다음 세대를 위한 준비: 교육과 현장 판단

재난 대비는 다음 세대를 위한 교육과 매뉴얼을 넘어서는 현장 판단 능력 함양에 달려 있습니다.

가마이시 동중학교 학생들은 스스로 피난하여 전원 무사했던 반면, 오카와 초등학교는 매뉴얼에 얽매어 희생이 컸습니다. 이제는 학생 개개인이 상황을 판단하고 행동하도록 훈련합니다.

가마이시의 기적

학교와 지역 교육

2011년 3월 11일, 이와테현 가마이시시의 가마이시 동중학교 학생들은 교사의 지시를 기다리지 않았습니다. 스스로 피난을 시작했고, 곁에 있던 초등학생들의 손을 잡고 더 높은 곳으로 함께 뛰었습니다. 그 결과 학생 전원이 무사했습니다. 반면 오카와 초등학교는 쓰나미가 닥칠 때 광역 피난 장소로 지정되어 지역 주민이 몰려들었고, 교직원들은 주민 대응과 아이들의 귀가 조치에 매달리다 정작 대피가 늦어져 교직원과 학생들이 함께 희생되는 아픈 결과를 남겼습니다. 두 학교의 갈림길은 매뉴얼에 갇히지 않는 현장 판단이 얼마나 큰 무게를 지니는지를 보여 줍니다. 이 교훈을 받아들여 학교 훈련도 달라지고 있습니다. 예전에는 건물 밖으로 나가는 훈련에 무게를 두었다면, 이제는 여진과 정전, 실내 대기 같은 다양한 상황을 넣어 "학생 개개인이 무엇을 해야 할지, 주변에 도움이 필요한 사람은 없는지" 스스로 생각하게 하는 훈련으로 옮겨 가고 있습니다.

홋카이도에서는 GPS 측정기를 채운 채 쓰나미 대피 훈련을 벌인 적이 있습니다. 지진 뒤 5분 안에 대피한 경우 참가자 전원이 무사했지만, 10분과 15분, 20분으로 늦어질수록 쓰나미에 휩쓸리는 인원이 크게 늘었습니다. 몸이 불편한 사람은 대피 속도가 일반인의 절반으로, 임산부는 20퍼센트가량 줄어드는 것으로 나타나, 이들을 곁에서 돕는 훈련도 함께 마련해야 합니다. 지정된 피난 장소라 해도 화재나 도로 봉쇄로 위험해질 수 있어, 여러 곳을 미리 정해 두는 것이 안전합니다. 미나미정 주민들은 '나의 카드'에 피난 경로와 시점을 적어 가족 구성원 각자가 무엇을 해야 할지 분명히 알도록 했습니다. 소방과 경찰, 자위대의 전문 구조가 곧바로 닿기 어려운 재해 발생 뒤 72시간 동안은, 스스로를 지키는 자조와 이웃과 함께하는 공조가 생존을 가르는 힘이 됩니다.

이 장의 근거

- SRC-PDF-052, School education for disaster risk reduction in Japan after the 2011 Great East Japan Earthquake
- 【緊急警告】2011年3月11日と同じ地震パターンが再来, 都市伝説999
- 【3/11(木)WEB防災セミナー】南海トラフ巨大地震を迎え撃つ
- 令和4年度北海道防災気象講演会, 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震と防災対策
- 南海トラフ巨大地震講演会, How to Prepare for the Nankai Trough Earthquake
- SRC-PDF-081, 大規模地震被災地域におけるコミュニティ形成の現状と課題
- 地震と火山の国 日本, 上野匡則, 兵庫県いなみ野学園

과학과 행정의 연결

지진계는 지진이 일어나기 전에는 움직이지 않습니다. 지금의 과학 기술로는 언제, 어디서, 얼마의 규모로 지진이 올지 정확히 단기 예측할 수 없습니다. 대신 지진학자들은 수십 년 단위의 장기 예측에 힘을 쏟습니다. 이 장기 예측이야말로 내진 보강이나 방조제 건설처럼 오랜 시간이 걸리는 대책을 준비할 근거가 되기 때문입니다. 대중에게 위험을 전할 때는 또 다른 어려움이 따릅니다. "30년 이내 80퍼센트 확률"이라는 학문적으로 정확한 표현은 정작 사람을 움직이지 못할 때가 있습니다. 이 때문에 어떤 학자는 "학문적으로는 부정확할 수 있어도, 사람들이 알아듣고 몸을 움직일 수 있는 말"로 위험을 전해야 한다고 말합니다. 일본 지진공학회가 연구 성과를 논문에 그치지 않고 사회 속에 실제로 심으려는 아웃리치 활동에 힘을 쏟는 이유도 여기에 있습니다.

2011년의 경험은 일본의 재해 관리 방향 자체를 바꾸었습니다. 피해를 아예 막는 '방재'에서, 인명 손실은 반드시 막되 재산 손실은 감수할 수도 있다는 현실을 받아들이는 '감재'로 무게 중심이 옮겨 갔습니다. L1과 L2 쓰나미 개념이 정책 속에 뿌리내린 것도 이 흐름 안에 있습니다. 1995년 한신·아와지 대지진 뒤에는 지진조사연구추진본부가 세워져, 순수 과학과 사회 과학을 함께 묶어 지진 피해를 줄이는 프로그램을 이끌었습니다. 문부과학성이 이끄는 난카이 트로프 지진 프로젝트에는 여러 대학과 연구 기관이 참여해 다양한 피해 시나리오를 분석하고, 기업의 사업 연속성 계획 수립까지 지원합니다. 연구와 행정, 시민이 나눠 갖던 역할이 하나의 흐름으로 이어질 때, 지식은 비로소 실제 대비로 옮겨 갑니다.

일본 기상청은 2026년 7월 7일 열린 제107회 평가검토회에서, 난카이 트로프 주변에 지금 당장 큰 지진이 임박했다고 볼 만한 뚜렷한 변화는 관측되지 않는다고 밝혔습니다. 그러나 쇼와 도난카이 지진과 쇼와 난카이 지진으로부터 이미 80년 가까이 지났다는 사실을 함께 짚으며, 평소에도 절박한 마음으로 대비해야 한다고 설명합니다. 지진조사연구추진본부는 난카이 트로프 지진의 30년 이내 발생 확률을 2013년 1월 60에서 70퍼센트로 보던 데서, 2025년 1월 기준 III등급 80퍼센트 정도로 높여 잡고 있습니다. 2024년 8월 8일에는 처음으로 "난카이 트로프 지진 임시정보(거대지진 주의)"가 발표되기도 했는데, 이는 미래를 미리 알아맞히는 것이 아니라 실제 관측된 지진 뒤에 위험이 얼마나 높아졌는지를 가늠해 사회에 조심을 당부하는 제도입니다.

이 장의 근거

- 2011/07/24(3) 東日本大震災フォーラム, 岡村行信「貞観津波の再現」, 室崎益輝「阪神大震災と東日本大震災と都市の防災」

- 「変動する日本の大地と地震」, 京都大学一稲盛財団合同京都賞シンポジウム, 西村卓也, 2025
- 【2030年代に必ず来る】34m津波で30万人が死ぬ南海トラフ最悪シナリオ, 鎌田浩毅
- Japanese Earthquake Researches for Seismic and Tsunami Disaster Resilience
- 東海圏減災研究コンソーシアム第13回シンポジウム, 平山修久, 名古屋大学
- 日本学術会議主催シンポジウム(第9回)前半
- 일본 기상청, 난카이 트로프 지진 관련 정보, <https://www.data.jma.go.jp/eew/data/nteq/index.html>
- 일본 기상청, 2024년 8월 8일 난카이 트로프 지진 임시정보, <https://www.jma.go.jp/jma/press/2408/08e/202408081945.html>
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프에서 발생하는 지진, https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_kaiko/k_nankai/
- 지진조사연구추진본부, 난카이 트로프 장기평가 개요, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/25sep_nankai/nankai_gaiyou2_3.pdf

기억을 지식으로 바꾸는 일

기록은 세 겹으로 쌓입니다. 고문서와 편지 같은 옛 문헌, 지층 속 쓰나미 퇴적물과 액상화 흔적 같은 땅의 흔적, 그리고 GPS 관측점 1,300개 남짓과 해저 관측망이 실시간으로 보내는 현대의 데이터입니다. 신뢰할 만한 역사 기록은 대략 400년 전까지 거슬러 오르고, 교토와 나라처럼 오래된 도읍은 1,200년에서 1,300년 전 기록까지 남아 있지만, 홋카이도는 에도 시대 이후 기록이 대부분입니다. 지역마다 기억의 두께가 다른 셈이니, 어느 한 곳의 기록만으로 미래를 그리면 놓치는 부분이 생길 수밖에 없습니다. 문부과학성의 난카이 트로프 프로젝트는 전력 사용량 같은 빅데이터를 지진 피해와 겹쳐 보며 실시간으로 사회를 예측하는 모델까지 그려 보고 있고, NHK와 오이타대학은 오이타현 재해 데이터 아카이브를 통해 옛 재해 기록을 오늘의 언어로 이어 붙이고 있습니다.

이렇게 쌓은 기록은 교육을 거쳐야 힘을 얻습니다. 초등학생과 중학생을 위한 방재 교육이 중요하고, 중고등학생도 알아들을 수 있도록 애니메이션 같은 매체로 풀어 설명하려는 노력이 이어지고 있습니다. 쓰나미 비문에 새긴 "여기보다 아래에 집을 짓지 마라"는 경고는 큰 쓰나미를 겪어 본 적 없는 세대에게 위기의식을 길러 주는 통로가 됩니다. 미디어가 늘 100퍼센트 올바른 것만 보도하지는 않는다는 사실을 받아들이고 스스로 정보를 가리는 힘, 곧 정보 리터러시도 교육의 한 축입니다. 아이들에게 재해 이야기를 들려주고 그림을 그리게 하는 활동은 "죽음을 생각하는 것이 오히려 더 강하게 살게 한다"는 메시지를 마음 깊이 새기는 방법이기도 합니다. 가족이 밥상머리에서 재해를 화제로 삼고 가구를 고정하는 일을 아이에게 가르치는 것도, 지식을 일상의 습관으로 바꾸는 작은 실천입니다.

기록과 교육이 향하는 마지막 단계는 실천입니다. "준비가 되어 있으면 걱정이 없다"는 마음가짐, 최소 7일분의 비축품, 미리 상의해 둔 가족의 피난 계획이 그 첫걸음입니다. 학교의 대피 훈련과 직장의 반복 훈련, 겨울철처럼 계절에 따라 달라지는 위험까지 챙기는

준비가 그 다음입니다. 정책과 인프라 쪽에서는 감재라는 방향, L1과 L2로 나눈 쓰나미 대책, 기업의 사업 연속성 계획, 정부와 학계와 민간이 함께 움직이는 산학연관 협력이 그 실천을 뒷받침합니다. 3.11이 지나고 10년이 넘는 세월이 흘렀어도 여진 활동은 100년 넘게 이어질 수 있다는 사실은, 사람의 시간과 자연의 시간이 서로 다른 눈금으로 흐른다는 사실을 새삼 일깨웁니다. 기억을 지식으로 바꾸고, 그 지식을 다시 몸에 익은 준비로 바꾸는 일은 어느 한 세대에서 끝나는 일이 아니라, 다음 지진이 오기 전까지 계속 이어 가야 할 일입니다.

이 장의 근거

- 2011/07/24(3) 東日本大震災フォーラム, 岡村行信 「貞観津波の再現」
- SRC-PDF-009, Researches on the tsunami deposits along the Nankai Trough
- SRC-PDF-039, The Japanese tsunami deposit researches
- Digital Scholarship in the Study of Historical Japanese Earthquakes
- 日本地球惑星科学連合2021年大会, 佐竹健治 「東日本大震災から10年間の地震・津波に関する研究の進展」
- 京都大学防災研究所第32回公開講座, 飯尾能久, 満点計画の15年
- 東海圏減災研究コンソーシアム第13回シンポジウム, 平山修久, 名古屋大学
- 必ず起きる南海トラフ巨大地震
- 「「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加」 加納靖之, 2019
- 【Japanese podcast】 Be Prepared! Nankai Trough Earthquake & Mt. Fuji Eruption

기억을 지식으로, 지식을 실천으로

과거의 기록을 지식으로 전환하고, 그 지식을 다음 세대의 일상적인 준비와 실천으로 이어가는 것이 가장 중요한 과제입니다.

고문서, 지층, 현대 데이터로 쌓인 기록을 교육을 통해 힘을 얻게 하고, '준비가 되어 있으면 걱정이 없다'는 마음가짐으로 최소 7일분 비축품과 피난 계획을 실천해야 합니다.

7일분

맺음말

일본 열도는 네 개의 판이 서로 밀고 당기는 땅 위에 놓여 있습니다. 그 땅 위에서 사람들은 869년 조간 지진부터 1361년 난카이 지진, 1854년 안세이 대지진, 1923년 간토 대지진, 1995년 한신·아와지 대지진, 그리고 2011년 동일본대지진에 이르기까지 크고 작은 흔들림을 몸으로 겪어 왔습니다. 지진계도 없던 시절에는 일기와 관청 문서, 절과 마을의 고문서가 그 순간을 붙잡았고, 시간이 흘러서는 지층 속 모래 줄기와 쓰나미 퇴적물이 문자 없는 시대의 기억을 대신 증언했습니다. 메기가 땅을 흔든다고 믿던 사람들의 상상력도, 돌에 새겨 해마다 다시 칠하는 비문의 정성도, 결국은 같은 마음에서 나왔습니다. 다시 올 재해 앞에서 사람과 마을을 지키려는 마음입니다.

과학은 이 마음에 정확한 언어를 보태 왔습니다. 지진의 발생 시각과 장소, 규모를 며칠 앞서 알아맞히는 일은 지금도 할 수 없습니다. 일본 기상청은 2026년 7월 제107회 평가검토회에서 난카이 트로프 주변에 뚜렷한 변화가 관측되지 않는다고 밝히면서도, 쇼와 시대의 마지막 거대 지진으로부터 80년 가까이 지났다는 사실을 함께 짚었습니다. 지진조사연구추진본부는 앞으로 30년 안에 M8에서 M9급 지진이 일어날 확률을 III등급, 80퍼센트 정도로 잡고 있습니다. 2024년 8월에는 난카이 트로프 지진 임시정보가 처음 발표되었고, 같은 해 1월 노토반도에서 일어난 지진은 내각부의 검증팀을 다시 움직여 2025년 방재백서에 새로운 교훈을 새겨 넣었습니다. 정확한 날짜를 점치는 일과 확률과 준비의 언어로 위험을 설명하는 일은 전혀 다른 일입니다. 정확한 날짜를 맞히는 일보다 중요한 것은 위험을 이해하고, 그 위험을 생활의 준비로 바꾸는 일입니다.

그 준비는 결코 정부나 학계만의 몫으로 남지 않았습니다. 가마이시 동중학교 학생들이 교사의 지시를 기다리지 않고 스스로 뛰었던 순간, 미나미정 주민들이 '나의 카드'에 피난 경로를 적어 넣던 저녁, みんなで翻刻 프로젝트의 자원봉사자가 밤늦도록 옛 글씨를 옮기던 시간은 모두 같은 방향을 가리킵니다. 기록을 남기고, 그 기록을 가르치고, 가르친 것을 몸에 익은 실천으로 옮기는 흐름입니다. 감재라는 이름으로 재산의 손실은 받아들이더라도 사람의 목숨만은 지키겠다는 다짐, L1과 L2로 나눈 쓰나미 대책, 사업 연속성 계획과 산학연관 협력은 모두 이 흐름 위에 놓여 있습니다.

여진은 3.11이 지나고 10년이 넘도록 이어졌고, 앞으로도 100년 넘게 이어질 수 있습니다. 사람의 시간은 짧고 자연의 시간은 깁니다. 그 어긋남 속에서 기억이 풍화되지 않도록 지키는 일, 지식을 다음 세대의 몸에 새기는 일, 그리고 그 지식을 오늘의 준비로 옮기는 일이야말로 이 땅에서 살아가는 사람들에게 남은 가장 오래된, 그리고 가장 새로운

과제입니다.

흔들리는 열도, 기억하는 사람들

ISBN |

저 자 | 김경진 변호사

펴낸이 | 김경진 변호사

펴낸곳 | 김경진 변호사 출판사

출판사등록 | 2025. 3. 10. (제2025-000015호)

주 소 | 서울특별시 동대문구 전농로 91, 백일빌딩 304호

전 화 | 02-6338-1905

이메일 | kimkj008@gmail.com

가격 | 20,000원

© 김경진 변호사 2026

본 책은 저작자의 지적 재산으로서 무단 전재와 복제를 금합니다.

참고) 이 책 속의 사진 이미지 그래프는 인공지능으로 생성되었습니다. 글의 내용 중 일부도 인공지능의 도움을 받아 작성되었습니다.