

5875 56.258

日本的 地震预报

[日]茂木清夫 著 庄灿涛 等译



地震出版社

日本的地震预报

[日] 茂木清夫 著

庄灿涛 邢颖 周胜奎 译

杨懋源 校

地震出版社

1986

内 容 简 介

本书汇集了作者多年来从事地震预报研究的成果,全面介绍了日本地震预报研究的现状,并阐述了作者关于地震预报理论的基本观点。全书分三部分:第一篇简单回顾了对地震预报问题的各种见解,论述了前兆现象的存在和地震预报的可能性;第二篇概括介绍了日本用于地震预报研究的各种观测和资料分析方法;第三篇具体讲述了日本执行国家地震预报计划以来的工作情况和所取得的成果。

本书资料丰富,内容系统,深入浅出,可供从事地球物理、地震预报和地震学研究的科学工作者、大专院校师生、群测群防人员及管理人员参考,也可供广大关心地震预报的读者阅读。

茂木清夫 著

日本の地震予知

セイエソス社

昭和57年11月10日发行

日本の地震预报

[日]茂木清夫著

庄灿涛 邢颖 周胜奎 译

杨懋源 校

责任编辑:赵小燕

地震出版社出版

北京复兴路63号

测绘印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 10.5 印张 274 千字

1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数 0001—1330

统一书号: 13180·301 定价: 2.95元

中文版序

拙著“日本的地震预报”一书的中文本出版，令人非常高兴。自古以来，日本和中国都遭受过大地震的灾难。在日本，从1900年左右就开始了旨在预报地震并谋求减轻地震灾害的研究。因此，日本是世界上地震研究历史久远、观测资料最丰富的国家之一。本书概述了笔者从事地震预报研究以来直至最近的成果。在地震预报方面，曾出现过海城地震预报等很成功的先例，但是，仍有很多未知的领域，应当研究的问题非常多。最重要的是正确地、全面地整理观测到的资料。

本书中尽量利用大量的图件，以便列举日本地震的资料，这是本书的第一个特点。本书的另一特点是，它不只是罗列地震方面的各种资料，而且还力图阐述笔者一贯对这些资料所做的物理解释。书中基本上不用数学公式，却也概述了一种地震预报的理论。在第一篇中将阐述笔者对这种地震预报理论的基本思想。

笔者认为在日本、中国、美国或别的国家中，地震以及前兆现象的发生方式有很多共同点，或者说能从中找到一定的规律。本书所述的绝大部分内容并非日本地震独有，其结论对于别的地区应有参考意义。也就是说，这些结论具有相当的普遍性，当然这也不否认地区不同而产生的差异。希望今后能与中国的各位同行共同探讨这方面的问题。

茂木清夫

1984年8月于东京

前 言

本书介绍了日本地震预报的现状，并力图联系具体问题深入浅出地阐述我的地震预报观。

1980年5月下旬，在美国的纽约市郊召开了地震预报国际讨论会。此会是为纪念哥伦比亚大学所属拉蒙特-多赫蒂地质研究所第一任所长，已故的M.伊文教授而召开的第三届伊文讨论会。会议接待了约一百名美国及其他各国学者。四天中全体与会者云集在郊外的旅馆里。会议上时常洋溢着热烈的讨论气氛，这是一次内容很丰富的会议。日本约有10名学者出席，主办者支付全体与会者包括旅费在内的全部费用。在日本要想召开这种会议，其困难是极大的，由此可见美国对于基础研究所给予的高度重视。比较一下地震预报对美国和对日本的重要性，恐怕二者远不能相提并论，应该说，对于日本，地震灾害有着关系国家命运的重大意义。

这次会议上，受主持者L.赛克斯教授委托要我综述日本地震预报计划，于是将日本地震预报现状归纳起来作了一个报告，这已全文刊登在去年（1981年）出版的会刊中。后来又有人建议是否在此基础上撰写成书，这便是执著本书的缘由。由于事务繁忙等原因动笔较晚，至去年11月前后才抽暇写成，再经出版阶段就更迟了。

写就本书再回顾自伊文讨论会之后，事态又出现了一些新的变化，如在伊豆大岛发生了新的大地震，我自己的事业也有了进展。地震预报研究也正是这样日新月异地发展着。本书就是在这种进程中写成的。书虽名为“日本的地震预报”，但要对日本地震预报研究的各方面现状作全面介绍却已超过了——

笔者的能力。因而，本书仅是一个多年从事地震预报的实际研究者根据体验写就的报告。

地震预报还存在着很多基本的问题，例如地震预报究竟是可能的呢，还是从理论上讲就极困难？若可能性存在，那么现状又到了什么地步？地震预报的依据究竟是什么？如此等等。这些问题是关心地震预报的人很自然要提出的，也是地震预报的实质性问题。事实上，在地震预报研究工作中，这些问题不但早就提出来了，而且还引起了反复的争议，这种状况一直延续至今。在写本书时，笔者想把这些问题尽可能统一起来考虑，最终也许能够回答这些难题中的一小部分。

在第一篇中，首先列举了迄今为止对地震预报的各种见解，从基本观点出发论述地震预报本质上是否可能。从第二篇开始则立足于讨论实际问题以论述笔者的基本观点。

第二篇概括介绍了日本地震预报的现状。在日本，从明治年间开始，地震研究先驱者们就做了全国性的精密大地测量，最早建立了覆盖全日本列岛的高精度地震观测网，至今已积累了百年的资料。如此丰富的基本观测和测量资料是别的国家没有的，这一点也是目前日本的地震预报研究在世界上能居领先地位的根源。第二篇就介绍这种现状。

第三篇将对当今地震预报研究的主要方面作更详细的介绍。将用主要的篇幅讲述在伊豆半岛及其周围可能会发生大地震的东海地区的情况，并进而阐述首都周围的地震预报这个很重要的问题。

当今，地震预报已不单是自然科学某一领域中的专业课题，而成了人人关心的事了，特别是1978年12月“对大地震的特别措施法”制定并实施以来，实际上已向地震预报实用化迈出了第一步。本书中，为尽可能让非本专业的各位读者能正确理解关于地震预报的实际情况，在讲述最新内容时，尽量做到通俗易懂。本书若能使关心地震预报的读者有所裨益，将是笔者的最大荣幸。

在写本书过程中，曾经得到以东京大学名誉教授萩原尊礼为首的各位前辈们的指导，在此表示衷心感谢。另外，对提供研究报告和资料的有关地震预报的单位和个人也深表谢意。

为了有助于读者理解本书，书中使用尽可能多的图件。出版社采纳了这一提议，在出版过程中科学出版社社长森平勇三先生以及桥元淳一郎、弦间和男两位先生给予极大支持，在此深表谢意。

著 者

1982年7月

目 录

中文版序

前言

第一篇 地震预报绪论

第一章 对地震预报的悲观论和乐观论·····	(1)
第二章 地震发生过程·····	(7)
第三章 前兆现象产生的机制·····	(15)

第二篇 日本的地震预报研究现状

引论·····	(26)
第一章 地壳形变·····	(29)
1.1 水平形变·····	(29)
1.2 垂直形变·····	(38)
1.2.1 由水准测量求得的垂直形变·····	(39)
1.2.2 由验潮观测求得的垂直形变·····	(49)
1.3 由连续观测求得的地壳运动·····	(52)
1.4 地壳应力·····	(57)
第二章 地震·····	(59)
2.1 地震带和活动期·····	(61)
2.2 第一类地震空区·····	(73)
2.3 地震活动的迁移·····	(77)
2.4 大地震前后的地震活动·····	(84)
2.5 第二类地震空区和震中环形分布图象·····	(88)
2.6 前震·····	(95)

2.6.1 狭义前震	(97)
2.6.2 深源前震	(108)
2.7 地震波传播速度	(113)
第三章 地电和地磁	(116)
3.1 地磁	(116)
3.2 地电	(118)
3.3 地电阻	(119)
第四章 地下水和地球化学	(123)
4.1 地下水的水位和温度	(123)
4.2 地球化学	(124)
第五章 活断层	(128)
5.1 地壳内的软弱面——活断层	(128)
5.2 断层活动的重复性	(132)
第六章 岩石破裂	(136)

第三篇 近期地震预报工作

引论	(140)
第一章 1973 年根室半岛近海地震	(143)
1.1 地震前的设想	(143)
1.2 地震概要	(145)
1.3 震后的探讨	(147)
第二章 1978 年宫城县近海地震	(151)
2.1 震前的预测	(151)
2.2 前兆现象	(153)
2.3 震后的探讨	(156)
第三章 山崎断层——试验场	(158)
第四章 伊豆	(163)
4.1 前言	(163)
4.1.1 大范围的、长期的地震活动过程	(163)

4.1.2	近期伊豆地区地震活动的过程	(170)
4.2	1974年伊豆半岛近海地震	(174)
4.2.1	主震和余震活动	(175)
4.2.2	震前的变化	(176)
4.3	伊豆半岛东部地壳形变异常的开始	(180)
4.4	1978年伊豆大岛近海地震	(186)
4.4.1	地震的梗概	(186)
4.4.2	前兆现象	(190)
4.4.3	预报出伊豆大岛近海地震了吗?	(198)
4.4.4	伊东近海震群	(201)
4.5	1980年伊豆半岛东部近海地震	(203)
4.5.1	震源正上方的高频地震动观测	(204)
4.5.2	前兆现象	(216)
4.6	近期地壳活动的特征与今后发展趋势	(219)
4.6.1	地震活动	(219)
4.6.2	大地震与地壳异常隆起的关系	(223)
4.7	结束语	(230)
第五章	东海	(231)
5.1	开始与经过	(231)
5.2	预报东海地震的可能性	(237)
5.3	东海地震会发生吗?	(248)
5.4	所假定的地震	(255)
5.5	观测体制	(262)
5.5.1	预报的战略	(262)
5.5.2	观测系统与判定	(264)
第六章	首都圈	(270)
6.1	首都圈地震预报的重要性及存在问题	(270)
6.2	首都圈地震活动的历史	(278)
6.3	地震预报观测的现状与今后的问题	(290)

第七章 地震预报的推进方法——长期预报与

短期预报	(307)
7.1 前兆现象的时-空分布与发生机制.....	(307)
7.1.1 临震前的变化	(308)
7.1.2 长期的变化	(308)
7.2 地震预报的推进方法	(310)
参考文献	(315)

第一篇 地震预报绪论

第一章 对地震预报的 悲观论和乐观论

对于地震预报的可能性，不同的学者有不同的看法，而且随着时间的变化，一方面存在着极端的悲观论，另一方面又风靡过极端的乐观论。本章介绍地震预报的悲观论和乐观论，并分别加以评论。

首先，从断裂物理学的观点出发存在着这样一种意见，即预报地震发生的时间是非常困难的，下面我们来论述这种意见。地震是地壳的急速破裂，也就是从脆性破裂的观点来看，十分强调从本质上破裂的发生具有偶然性，因而，以我们所期望的精确度预报地震发生的时间是非常困难的。在破裂发生过程中，的确常常会包含着不确定的因素，但是问题在于，在实现实用的预报方面，这种不确定性因素是致命的呢，还是在某种程度上可以容许的呢？由于存在这种不确定性，因此一种观点认为，预报地震发生的时间在实质上是困难的。1977年在一本关于防灾的杂志上，一位断裂物理学家发表了如下的论述可作为这种见解的一个例子，这里引用原文来介绍。文中首先列举了用玻璃作为典型的脆性破裂的例子，以论述破裂的产生。根据实验，同种材料制成的试样其破裂强度有15—30%的离散性。金属和高分子等塑性变形材料的破裂强度也有百分之几的离散性。该文作了这些论述后，言及地震预报问题时讲了下面的一段话“如使应力和应变随着时间成比例地增

加，经过一段时间后，必然会发生破裂。但是，到产生破裂为止的这段时间是离散的，这种离散性比起普通的破裂强度的离散性要大得多，一般认为对玻璃而言这种变化为100—200%。这与地壳中应变逐渐增加，致使局部地区产生破裂造成地震的预报问题可以类比。这种离散的幅度无论是几十年还是几百年，与我们人类生活中以天或小时的精度来预报地震的发生这一要求相比，都相差太大了。单是宏观的形变观测，要达到这样的精度，几乎是不可能的困难事情”。粗略地看，即使完全相同的材料，其破裂强度和引起破裂前的时间的离散性也是非常大的，所以对是否能以强度或临界应变值为依据，高精度进行实用化的预报更有争议。但是由此简单地得到“只根据宏观形变等观测，地震预报是极其困难的”这种结论，也是有问题的。引起这场争论的原因是，上述观点的持有者列举了玻璃等均匀脆性材料的破裂。如果地壳确是由象玻璃那样的均匀脆性材料构成的，破裂（即地震）的预报肯定是极其困难的。但是地壳不是象玻璃那样均匀的，而是具有非均匀性的构造，其中包含着许多大小断层等软弱面。结构均匀和非均匀的介质中产生破裂的过程是很不一样的。在均匀介质中破裂的产生是突然的、是没有任何前兆的，而在非均匀介质中，在主破裂之前可以观测到各种现象。六十年代初，笔者开始认识到要了解地震发生的过程，重要的是要了解具有非均匀构造的材料如岩石和水泥等破裂的发生方式。测定在这样的非均匀材料上加力后的形变曲线及微小破裂导致的振动（声发射）过程，实验表明测定和监视这些前兆现象，常常能预测主破裂的发生。这些将在第三章中进一步加以论述。由此可见，从断裂物理学的角度来看，“地震预报从本质上讲是极困难的”这种观点是不合适的。

如上所述，若我们假设了地壳的强度和应变的极限值后，仍不能以实用的精度预报地震，而根据临震前某些前兆现象的观测，则可能预报地震发生的时间。能否观测到明确的前兆现象，便决

定了地震预报的可能性。迄今为止，作为地震前兆，已报道了不少现象，围绕这些现象，对地震预报的看法一时过于乐观，一时又陷入悲观论而左右摇摆。让我们来叙述一个最富有戏剧性的例子，即地震波速变化的情况。

1971年在莫斯科召开了国际大地测量和地球物理协会大会(IUGG)，各国的很多地震学家参加了会议。作为这次会议的一个继续是去中亚的塔什干共和国加尔姆地区参观。苏联自六十年代初起就开始了地震预报的研究，特别在加尔姆地区设立了苏联科学院直属的一个大型观测所，有组织地进行各种观测。加尔姆地区北邻天山山脉，南接帕米尔高原，是经常发生地震的地区。曾有报道，作为那里的观测结果之一，在一定规模的大地震前，通过震源区的地震波传播速度有较大变化。即地震纵波的传播速度 V_p 和横波的传播速度 V_s 之比 V_p/V_s 相对于正常值1.75减少了10—15%，当每一次恢复到正常值时，就会发生大地震。而且， V_p/V_s 开始减少至恢复正常值直至大地震发生前这一“前兆持续时间”的长短与地震大小之间有一定的关系。如果确实如此，由 V_p/V_s 异常地区可知地震的地点，同时由异常持续时间可知地震的大小。因 V_p/V_s 的异常值渐渐恢复到正常值时就发生地震，故又可以预报地震发生的时间，地震预报就理应能成功。这篇论文在1960年发表了。但从迄今的认识来看这种速度变化似乎大了一点，而且西方各国的研究者几乎没有直接目击到苏联研究的实践，都是半信半疑，但对此非常关注。美国、日本等国都有不少地震学家参加了这次去加尔姆的专业旅行并有很深的感受。笔者也出席了IUGG，在那里接受了加尔姆观测所所长涅耳赛索夫博士要我一定参加加尔姆现场旅行的邀请，但大会后我必须立即回国处理要事，所以没有去成。次年，1972年再次接受他的邀请，单独到加尔姆观测所访问。这一次受到以涅耳赛索夫博士为首的观测所各位同行的热情欢迎，终生难忘。在那里，笔者提出了这样的问题：“你们是否认为可由 V_p/V_s 的变化来预报在加

尔姆地区的地震呢？”我还记得当时博士很自信地回答：“是的”。加尔姆地区有组织的、积极的研究热情虽使笔者深受感动，但是在如此短时间的访问中对他们取得的成果作出判断却感到非常困难。曾有人要我在杂志上发表对加尔姆观测所访问的印象，但是由于一贯笔拙，文章和讲话都很少。不料，这期间在美国对此却引起了极大的反响。

首先由加尔姆回国的拉蒙特地质研究所赛克斯等人很快就在纽约州的兰山湖附近对震群作 V_p/V_s 变化的观测，报告确认已发现与加尔姆的结果基本相同的前兆变化（阿加维尔等，1973）。另外，麻省理工学院的努尔（Nur，1972）作了岩石力学的研究后提出，这种明显的速度变化可以解释为受力岩石中微裂纹的产生是由于注入地下水而引起的。以后这便成为解释 V_p/V_s 变化的“扩容-水扩散模型”，在一段时期中曾引起了很大的注意（1960年初），松岛（1960）、茂木（1962）、布雷斯等（Brace等，1966）就已经指出，应重视主破裂前微破裂的增加。由于这种微破裂的增长而引起的体积膨胀叫作扩容。

1973年肖尔茨、赛克斯和阿加维尔（Scholz, Sykes 和 Aggarwal）发表了题为“地震预报：它的物理基础”的论文，用努尔所说的“微裂隙的张开以及沿这些部位地下水的注入”来完满地解释地震前 V_p/V_s 的变化。与此同时还讲到，新泻地震的地形变异常、大地震前地震活动性的变化、塔什干地震前地下水中氡浓度的变化等迄今报道的各种主要地震前兆现象的发生过程都能统一地用这种模型来解释。文中还提出各种变化的持续时间与行将发生的大地震的大小之间会有一定的关系，这一点若考虑地下水的扩散速度就能解释。这些都是把苏联研究人员提供的 V_p/V_s 变化的数据看作为重要依据而得出的结论。肖尔茨的论文在日本介绍以后，舆论界推崇为“肖尔茨理论”，这种理论的发表甚至引起了认为地震已经可以预报的一股潮流。但这仅仅是理论上的预测，并没有得到实际观测的检验，而且这些观测事实（即使是

观测事实也还存在问题，这在后面要讲到) 用一个模型来解释，在理论上也是不合适的。可是在这一理论的激励下，在日本相继出现了不少地震前 V_p/V_s 变化的报告，据大竹和胜又 (1977) 的报告，这类论文在 3—4 年中达几十篇。恰好在这以后，中国东北地区成功地预报了海城 7.3 级地震，尽管这次预报是以前震为决定性依据的，但是在这样的时间背景下，“肖尔茨理论”的出现，对地震预报来说造成了一个很乐观的潮流。肖尔茨本人于 1973 年 5 月给力武常次教授 (当时他在东京大学地震研究所) 的信中写道：“南关东地区似乎已进入了地震之前的膨胀期，在房总和三浦半岛 1969 年开始的地面隆起已成事实，根据我的理论可能在数年以内将发生 7 级以上的地震。在那儿您将继续加强地震预报的工作，地震波速比 V_p/V_s 的变化对此项工作是很有用的，若可能，我想到日本进行合作观测” (力武, 1979)。当时，这一消息在舆论界流传并引起了混乱。但是房总半岛的变化是复杂的，在这以后又转为下沉，直到现在还没有发生过大的地震 (参见第三篇 6.2)。此后又在各地用人工地震对地震波的传播速度作了高精度的反复测量，逐渐明确这些测量结果与至今为止从自然地震所得到的速度没有多大的变化。近来，除了极少部分研究组的报告以外，没有发现地震前存在明显的速度变化。否定在震前有明显速度变化的决定性结果是在 1978 年伊豆大岛近海地震 ($M=7.0$) 时得到的，这将在第三篇中讲述。提出这一模式的另一个主要证据是新潟地震的“前兆性异常隆起”，其中也存在着问题，这将在第二篇 1.2.1 中予以陈述。这样一来，作为创建扩容模型的“观测事实”便都存在很大的问题，后来的若干地震的发生机制与用此模型所预测的发生机制未必一致 (例如最近伊豆半岛地震) 等等。事实使人们认识到有必要重新研究这一模型。由于这些原因，盛极一时的地震预报乐观论便渐渐衰落了。

最近，在美国存在着非常悲观的论调。原因之一是 1979 年

8月6日在中加利福尼亚凯奥蒂 (Coyote) 湖附近的 $M5.9$ 级地震发生之前基本上没有观测到明显的前兆现象。圣安德烈斯断层纵跨中加利福尼亚, 该地区是美国地质调查所集中进行地震预报观测的地方, 在那里高密度布设了地震仪和倾斜仪等。但是, 除了震源区邻接处沿断层的一个观测点上的蠕变仪在很早以前就停止了正常变化外, 其它任何前兆现象都没有观测到, 从而使得观测前兆现象预报地震是一件极其困难的事这一悲观论见解变得更加强烈。确实由于在这种情况下任何前兆现象都观测不到的事实, 促成了地震不可能预报的悲观论。但是由此要推断一般说来地震预报是不可能的, 则尚存问题。因为日本和中国都已观测到好些被明确认为是前兆现象的各种现象。事实是在有些情况下能观测到明显的前兆现象, 而在另一些情况下又很难观测到前兆现象。对前兆现象作观测, 并作有效的利用, 显然就存在地震预报的可能性, 这一点尚不知其所以然。若能这样来理解的话, 任何情况下肯定都不会走向极端悲观论和乐观论。下一章将开始对此问题的论述。