

日本的活动断层和火山

访日考察报告

丁原章 黄日恒 郭钦华 王高盛

(广东省地震局)

提要 本文简述日本的地质构造、火山、地震活动的轮廓和特点;重点报导作者在日本现场考察活动断层和火山的结果;对日本在地质领域研究的特色、经验及趋向进行了概括和评述。

关键词: 日本 活动断裂 火山

应日本东京大学地震研究所松田时彦教授的邀请,广东省地震局的四名科学工作者于1990年3月19日至29日,到日本进行活断层和火山活动等方面的科学考察。考察路线自东京经京都,到达九州(图1)。考察下列内容:

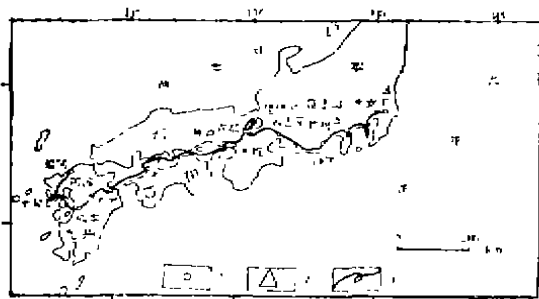


图1 访日考察路线图

Fig. 1 The route of visting Japan

1. 途经主要城市; 2. 途经主要火山; 3. 考察路线。

(1) 在松田时彦(东京大学)、贝冢爽平(东京都立大学)等教授的陪同下,访问了东京大学地震研究所和神奈川县温泉地学研究所,考察了三浦半岛的①夷平面,②更新统中、上部地层,③南下浦断层,和④诸矶隆起遗迹;伊豆半岛的①箱根火山,②大矶丘陵区的第四系地层,③国府津——松田断层,④神绳断层,⑤丹那断层和⑥1930年北伊豆地震造成的破坏遗址。

(2) 在竹内章副教授(富山大学)等陪同下,访问了京都大学防灾研究所,考察了①花折断层和琵琶湖西缘断层等活动断层,②1662年(宽文二年)地震造成的地面破坏,和③琵琶湖地区的新构造运动现象。此外,还和日本著名地貌学家藤田和夫教授(日本断层研究资料中心理事长)探讨了第四纪构造运动问题。

(3) 在千日升(大分大学)、今泉俊文(山梨大学)、长谷义隆(熊本大学)等教授(或副教授)和岩内明子(熊本大学博士研究生)的陪同下,考察了①阿苏活火山和阿苏火山博物馆,②九州地区的温泉,③熊本市三角町附近的海蚀地貌,④九州岛的中央构造线特

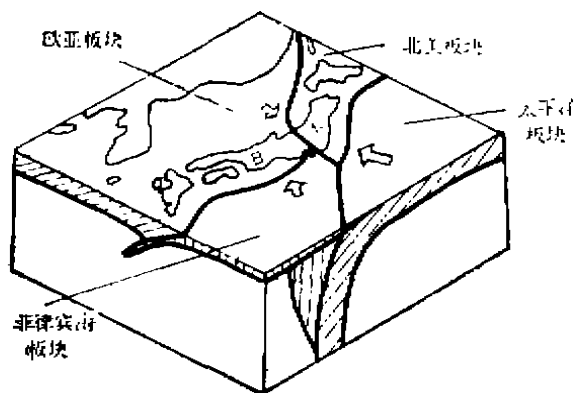


图2 日本列岛所在的板块位置
Fig. 2 The plate location in Japan Islands

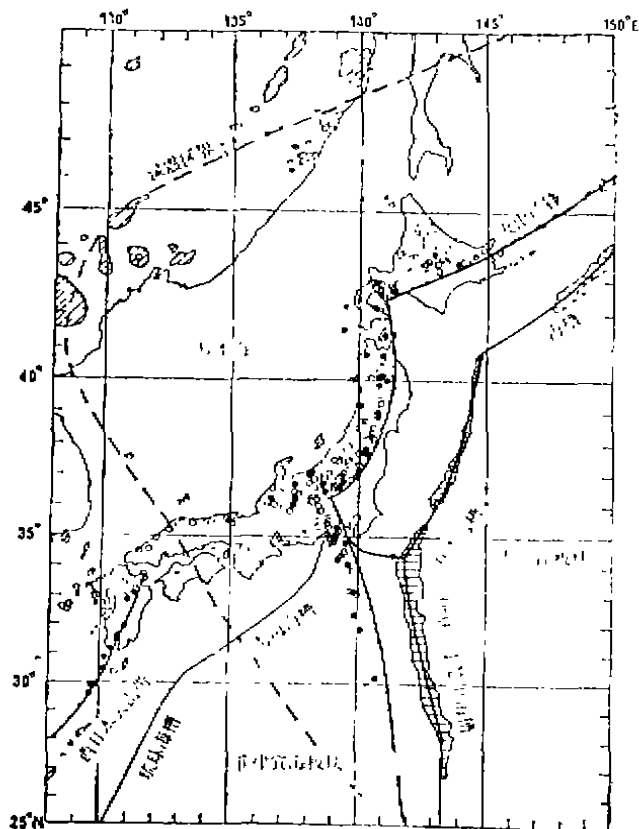


图3 日本列岛附近海沟、火山前缘、火山带和深震区
Fig. 3 The oceanic trenches, volcanic vanguards, volcanic zones and areas of deep focus earthquakes in Japan Islands
黑点为活火山，圆圈为第四纪火山，细点为第三纪火山岩，斜线为上新世—第四纪区域玄武岩

征，⑤岛原半岛的云仙正断层系和地堑构造，和⑥1792年眉山大滑坡的遗址等。

访问期间，松田时彦教授和丁原章教授先后向对方学者介绍了自己的最新研究成果。

一、考察地区的地质构造概况

日本的地质构造比较复杂，处于四大板块——欧亚板块、北美板块、太平洋板块和菲律宾海板块相互碰撞或俯冲的部位（图2）。除三浦半岛属于北美板块（也有人划为日本小板块），伊豆半岛属菲律宾板块以外，主要考察区均位于欧亚板块的东部边缘，这里受到菲律宾海板块和太平洋板块的挤压或俯冲。

与板块活动相联系，日本列岛主要有两条大火山带，分别称为东日本火山带（其东侧边缘为火山前峰）和西日本火山带（图3）。此次考察经历的富士火山、箱根火山以及在数十万年前形成的汤河原火山、多贺火山及宇佐美火山等，都属于东日本火山带。而九州岛的九重山火山、阿苏火山和云仙岳火山等则归属于西日本火山带。前者与太平洋板块的边界平行，自北美板块经伊豆半岛延伸至菲律宾海板块之内；后者平行欧亚板块与菲律宾海板块的交界线。这两条大型火山带有些火山曾在第四纪和全新世喷发过，也有些火山至今仍然在活动，并造成了一定程度的灾害（表1）。

日本活火山的分布与中新世火山岩分布基本一致，说明现今的火山活动有一定的继承性，是中新世以来火

表 1 日本近代主要的火山灾害

Table 1 The major disasters of volcanoes in Japan in modern times

| 发生时间 (年) | 火山 | 喷火形态 | 主要灾害 | 前兆 | 备注 |
|-------------|-------|----------------|-----------------------------------|----|---------------|
| 1640 | 北海道驹岳 | 山顶喷火, 浮石流 | 山体崩塌产生海啸 | 不明 | 发生大海啸 |
| 1707 | 富士山 | 喷火, 大量喷出物 | 房屋, 耕地被破坏, 二次洪水 | 有 | 神社佛阁着火, 东京降灰 |
| 1716 | 雾岛山 | 高温喷出物 | 死 2 人, 伤 561 人, 房屋, 山林, 耕地被破坏 | 不明 | 烧毁神社佛阁 |
| 1741 | 渡岛大岛 | 山顶喷火, 山体崩塌 | 诱发海啸, 死 1467 人, 房屋被冲 733 间 | 有 | 发生日本海最大的海啸 |
| 1783 | 浅间山 | 火山熔岩, 火山碎屑岩和浮石 | 死 1151 人, 大量房屋, 耕地被破坏 | 有 | 火山碎屑岩流入江河 |
| 1785 | 伊豆群岛 | 在破火山口中生成喷石丘 | 死 140 人, 房屋被烧毁 | 有 | 其后 50 年岛上无人居住 |
| 1792 | 云仙岳 | 群发地震, 熔岩流 | 死 15000 人左右 | 有 | 发生大海啸 |
| 1822 | 有珠山 | 山顶爆发, 碎屑岩流 | 死 50 人, 伤 53 人, 房屋等遭破坏 | 有 | 生成湖泊 |
| 1888 | 樱井山 | 水蒸气爆发, 山体崩塌 | 死 461 人, 淹没房屋 | 不明 | 死者为喷火调查官 |
| 1893 | 吾妻山 | 水蒸气爆发 | 死 2 人 | 有 | 死者为矿山人员 |
| 1900 | 安太良山 | 爆发 | 死 72 人, 伤 10 人, 矿山设施等遭破坏 | 有 | 岛民全部遇难 |
| 1902 | 伊豆群岛 | 中央火山丘爆炸消失 | 死约 125 人 | 有 | 熔岩堆积成半岛 |
| 1914 | 樱井山 | 喷发, 碎屑岩, 熔岩流出 | 死 58 人, 房屋耕地遭破坏 | 有 | 发生融雪泥石流 |
| 1926 | 七胜岳 | 爆发, 山体崩塌, 泥石流 | 死 144 人, 伤 200 人, 埋没二个村庄 | 有 | 死者为火山口内采硫黄矿人员 |
| 1932 | 草津白根山 | 水蒸气爆发 | 死 2 人, 伤 7 人, 破坏矿山设施 | 有 | 山麓房屋遭破坏 |
| 1950 | 浅间山 | 山顶爆发 | 死 1 人, 伤 1 人, 破坏房屋, 耕地 | 不明 | 第 5 海洋号沉没 |
| 1952 | 明神礁 | 海底喷火 | 死 31 人, 观测船遇难 | 有 | 遇难者为游客 |
| 1953 | 阿苏山 | 火山爆发 | 死 6 人, 伤 90 人 | 有 | 周围大面积受影响 |
| 1955 | 樱井山 | 山顶火山口喷火 | 喷出物落下, 巨响 | 有 | 遇难者为游客 |
| 1957 | 伊豆大岛 | 火山口小爆发 | 死 1 人, 伤 52 人 | 有 | 被迫作业人员遭难(夜间) |
| 1958 | 阿苏山 | 火山口爆发 | 死 12 人, 伤 28 人, 山上设施遭破坏 | 有 | |
| 1974 | 新泻烧山 | 喷火 | 死 3 人 | 有 | 发生二次泥石流 |
| 1977 | 有珠山 | 山顶喷火, 生成新山 | 死 3 人, 由于降下物, 地基变动, 引致房屋、耕地、林木被破坏 | 有 | 山上车站游客遇难 |
| 1979 | 阿苏山 | 火山口喷发 | 死 3 人, 伤 11 人 | 有 | 无死者 |
| 1983 | 三宅岛 | 山中喷火, 熔岩流出 | 降下物, 熔岩流使房屋、耕地、林木被破坏 | 有 | 全岛居民撤离避难 |
| 1986 | 伊豆大岛 | 山顶喷火, 流出熔岩 | 喷出物降下, 房屋等被破坏 | 有 | |

山活动的延续。活火山的分布与海洋板块边缘的深海沟展布密切相关，并且具有岛弧型的特征。

日本活火山喷发类型有多种。一种是玄武岩质的火山喷发，岩浆的粘性小，易流动，熔

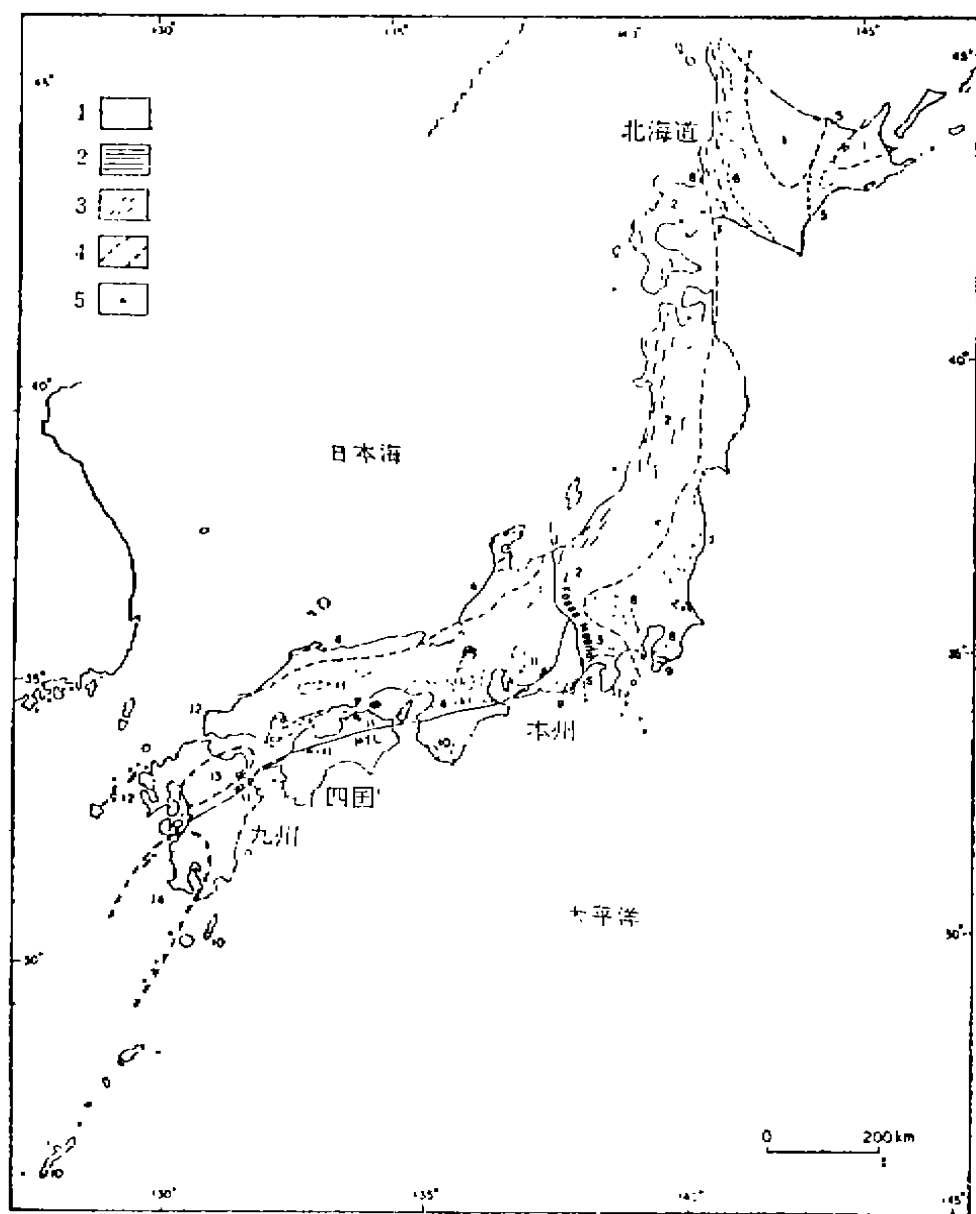


图4 日本新构造分区

Fig. 4 Neotectonic districts of Japan

1. “绿凝灰岩”区；2. 非“绿凝灰岩”区的主要露头；3. 褶皱轴向；4. 非“绿凝灰岩”区的火山带；5. 濑户内区的火山中心；MTL为中央构造线

(据日本地质调查所，1977年)

岩喷发后，向低地流动，如伊豆大岛、三宅岛等地的火山喷发。另一种是流纹岩质火山喷发，岩浆粘性大，喷发时易形成熔岩穹窿，有珠山喷发属于这一类型。介于上述两种类型之间的安山岩质火山喷发，易产生爆发式的喷火现象，如樱岛、浅间山等火山。此外，尚有岩浆水蒸气混合喷发和水蒸气喷发两种类型。前者是岩浆上升与水体接触产生激烈的爆发现象，如1983年三宅岛的火山喷发。后者是火山口的水体受深部上隆岩浆源的烘烤作用而引起水蒸气喷发，如草津白根山和御岳山喷发。日本的活火山大多数是陆地型喷发，但也有过少量的海底喷发，如1952年明神礁和1989年伊东海域的海底火山喷火现象。

从地质构造特征分析，日本列岛的中间有一条与日本列岛基本平行的构造分界线，称中央构造线（图4）。中央构造线本身由一系列走滑断层或走滑正断层组成。该线两侧的地质特征和构造走向有所不同。我们考察了九州岛的中央构造线，即自大分至三角町一带，此带被西日本火山带穿越。

日本的地震活动比较强烈。地震带平行海洋板块（太平洋板块和菲律宾海板块）的外缘分布。距海洋板块愈近，地震活动愈强，而且愈多浅源地震（0—30公里）。日本列岛及其以西地区的地震活动震源较深（30—60公里）。最深的地震分布界限则更偏西（图3），其形状与太平洋板块有一定的联系，是太平洋板块俯冲的产物。考察区范围内，历史上曾发生过多次7级以上地震。例如1662年琵琶湖西侧地震和1930年北伊豆地震等。

二、活动断层的研究

日本的地质工作者非常重视活动断层的研究，在这一领域积累了丰富的资料和经验。由于日本各地对每条活动断层的特征都作了比较深入的研究，所以就我们参观过的活动断层而言，断层的新活动的证据确切，活动方式清楚，活动速率可信。

1. 活动断层的研究方法

关于活动断层的定义各国学者有不同的认识，藤田和夫教授强调，在第四纪时期有过明确活动迹象的断层才属于活动断层。我们接触到的日本学者都持类似主张。按照这种定义确认的活动断层的地貌形态都比较清晰，具有明显的断层陡坎、断层崖、断层谷、断层三角面等，而且它们往往错断第四纪土层或第四纪的地貌面，并且可以使一系列（注意，不是一条）冲沟按相同方式错位，年青的冲积扇被切割，形成梯状地形……等等。

日本学者研究活动断层的方法是世界各国通常采用的那些方法。不过他们治学严谨，事业心很强。像松田时彦、贝冢爽平等学者都有从事活动断层研究三、四十年的历史，终生致力于地学研究。值得提出的是，他们十分重视航空照片的详细判读。由于野外工作之前对航空照片作过深入的分析，所以野外考察的目标明确，针对性较强，做到事半功倍。陪同我们考察的中国留日学生也再三强调，日本科学家重视航照解译，并且深感我国学者应该学习和借鉴。

由于日本第四纪以来有过频繁的火山爆发，他们对各次火山爆发的规模、物质成分和特征作了细致的研究。利用裂变径迹法及其他测年方法确定了各期火山灰的年龄。有的学者还对火山灰含有的火山玻璃作了专门研究。然后，就以某些火山灰（例如Akohoya火山灰层）作为标志层，并用于划分第四纪土层和鉴定第四纪夷平面的时代。例如，在三浦半岛有三级

夷平面；三崎面（距今6万年）、小原台面（8万年）和引桥面（10万年）的时代分别与三次火山喷发相当。三浦半岛的南下浦断层（Minamiobi Taura F.）切割了三崎面，使之发生一定的位错，他们据此计算出该断层的活动速率。

松田时彦教授总结了日本各条活动断层及历史地震，认为断层的长度与可能发生地震震级有较好的对应关系。可用公式表示他们的关系： $\text{Log } L_{(\text{km})} = 0.6M - 2.9$ （式中L为活动断层长度、单位公里，M为震级）。松田时彦还按照上述公式和他所厘定的活动断层，给出了日本各地区未来可能发生的震级上限。他主张，断层的长度决定未来地震的震级上限，而断层两盘相对活动的速率与地震的复发周期有关。

2. 活动断层实例

（1）三浦半岛

三浦半岛是东京湾与相模湾之间近南北走向的半岛。有一系列北西西走向的断层横切半岛。自北向南跨越半岛时，可以见到南下浦断层形成的断层陡坎和被切断的三崎面（距今6万年）。根据断层两侧的中新世地层判断，断层面近直立，略向北倾，上盘下降，属正断层。

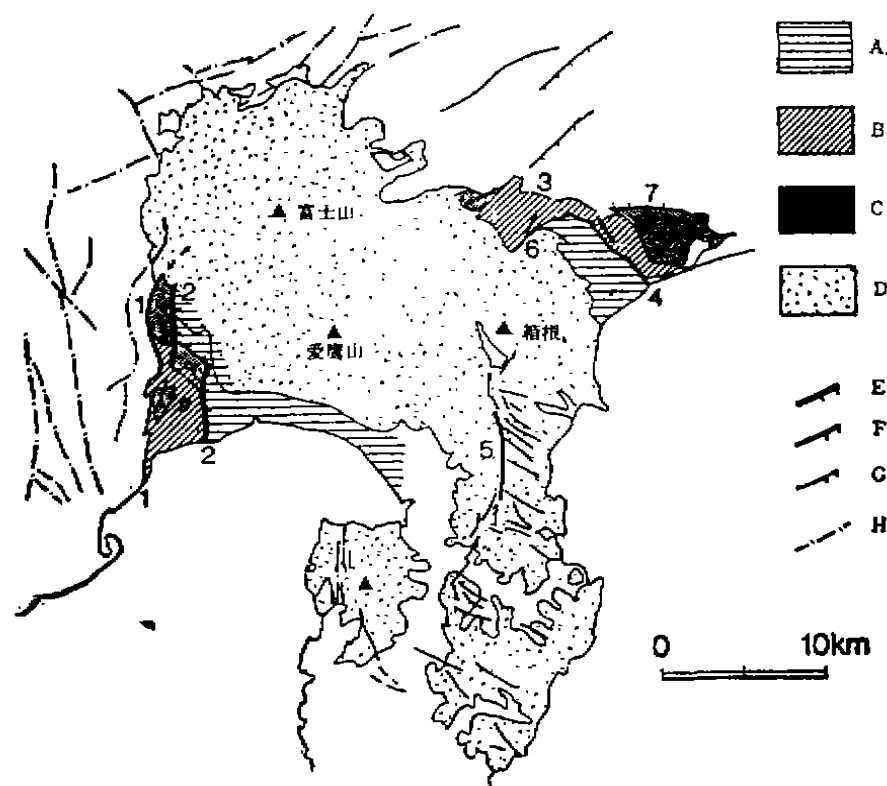


图5 伊豆半岛地质构造略图

Fig. 5 Sketch of geologic structure in Izu-pen

A. 现代沉陷区；B. 沉陷转变为隆起；C. 非火山中新世沉积；D. 第四纪火山岩；E. 速率 > 5m/10³年活断层；F. > 1m/10³年活断层；G. < 1m/10³年活断层；H. 非活动断层。

3. 神奈川断层；4. 国府津—松田断层；5. 丹那断层

可是三崎面和断层陡坎则显示北盘上升。此外，在三浦半岛的东侧海岸还可以见到晚更新世地层受南下浦断层逆冲形成牵引现象，进一步证明南下浦断层的最新活动为逆冲断层性质。

(2) 伊豆半岛

伊豆半岛是相模湾以西的近南北走向的半岛，著名的富士山位于半岛的北端。半岛上火山比较发育，如箱根火山、爱鹰火山、汤河原火山、多贺火山和宇佐美火山等。这些火山大体上呈南北方向排列，属于东日本火山带的一部分。国府津—松田断层和神绳断层等活动断层横亘于半岛北端，而南北走向的丹那断层则贯穿于半岛中部（图5）。

国府津——松田断层位于伊豆半岛东北部。著名的1923年关东地震与这条断层活动有关。断层走向为 $N45^{\circ}W$ 。陆地上出露长度超过15公里，向东南延入海中。断层东侧上升（图6）。50万年以来该断层垂直位错达200米，平均垂直方向的抬升速率为 $4\text{mm}/\text{年}$ ，比日本中央构造线的形变速率（ $3\text{mm}/\text{年}$ ）还大。如果把水平位移量考虑在内，此断层的活动量可达 $5-10\text{mm}/\text{年}$ 。

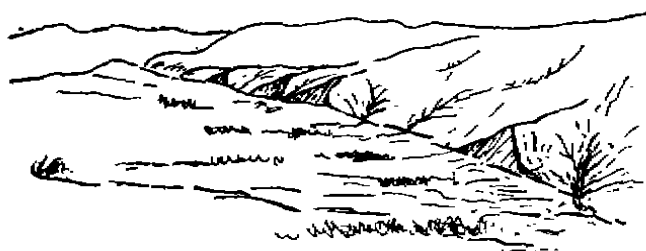


图6 从第一生命保险公司大楼北望国府津—松田断层形成的断层的三角面

Fig. 6 Trigonometric plane formed by the fault of Kozu-Matsuda



图7 神奈川县生土冲沟上游的神绳断层露头剖面图
Fig. 7 The sectional drawing of Kannawa fault

神绳断层在国府津——松田断层的西面。断层走向为近东西方向，但局部走向有所偏转。神奈川县生土冲沟上游可见清晰的断层面，北盘为晚第三纪浅灰白色凝灰岩，南盘为晚更新世黄褐砾岩（图7）。断层产状为 $NW310^{\circ}/\angle80^{\circ}$ ，走向偏北。该断层北盘一般为上升盘，南盘相对下降。根据被断层切割的砾石层推断，年龄为9万年的地层发生垂直断距达90米，断层的平均活动速率为 $1\text{mm}/\text{年}$ ，比国府津——松田断层活动速率要小。

丹那断层位于伊豆半岛中部，是日本研究活动断层最详尽的范例之一。该断层长约35公里，具明显的左旋走滑特征（图8）。丹那断层东侧有一系列北西向枝叉断层呈羽状排列。1930年北伊豆7.0级地震就是丹那断层活动的结果。在北伊豆地震过程中，丹那断层左旋2米左右，使田埂、水渠、铁路隧道和第四系被错开2.3—2.7米。此次地震造成的某些破坏现象至今仍然完好地保存下来。日本学者于

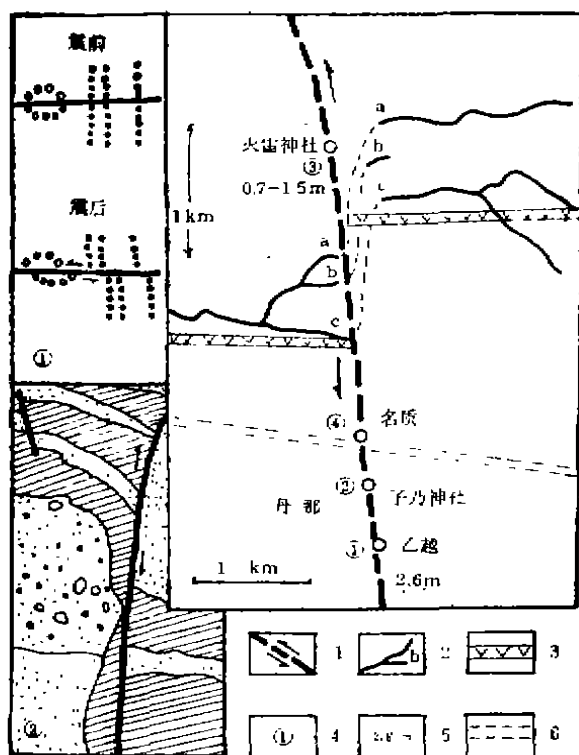


图8 丹那断层活动特征

Fig. 8 The character of fault activity at Tanna

1. 丹那主干断层; 2. 被错断的水系; 3. 火山灰层界线; 4. 断层活动遗迹: ①为北伊豆地震错断的田埂、水渠遗迹平面图, ②为错断第四系地层剖面图;
5. 北伊豆地震水平位错距离; 6. 铁路新干线隧道

燧石层和石灰岩层, 后二者均属于欧亚板块的沉积。侏罗纪混杂岩被一系列走向近东西的低角度逆掩断层所切断, 所以侏罗系多次重叠。侏罗纪混杂岩及近东西向叠瓦式逆掩断层均被花折断层所截。后者为右旋走滑断层。

1662年沿花折断层发生大地震, 在梅木町造成大滑坡和落石, 截断河流。不过, 经过三百余年的河流切割, 目前滑坡体又被水系切开。花折断层亦有多次活动, 使一系列河谷被花折断层右旋错开, 断距达500米。1662年地震还曾经使琵琶湖西岸的部分村庄, 农田和坟墓等沉没于湖水之下。琵琶湖西岸残存有地震喷砂遗迹。

(4) 九州地区

在九州地区考察了别府海湾、阿苏火山、熊本县南部地区及岛原半岛。除去岛原半岛位于日本中央构造线以北, 其它三个地区都处在中央构造线附近。考察区内所见断层与附近的中央构造线的走向基本一致。

别府湾是近东西走向的海湾, 中央构造线在湾内通过。该地区的活动断层以别府湾本身

1980、1982和1985年多次进行大规模开挖, 对丹那断层做了十分详细的素描。研究表明, 断层走向为 $N8^{\circ}W$, 倾向 NEE , 倾角约 80° 左右, 属于具有正断层分量的左旋走滑断层。断层两侧的第四纪地层不仅被错开, 而且两盘的相同层位地层的厚度有变化。穿越山地和丹那盆地时, 断层地貌有清晰的反映, 沿线形成明显的负地形。丹那断层具有多次变动的特点。由于断层的长期活动, 使火山岩区的河谷被错开达1000米, 火山灰的分界线也以相同方式被错开。据测定火山灰的年龄为距今50万年, 故50万年以来的丹那断层位错总和为1000米。日本学者根据1930年北伊豆7级地震的位错量为2米左右, 推测50万年以来, 本区有过500次7级左右地震, 平均每一千年有一次7级地震。

(3) 京都地区

出京都向东北行, 立即进入窄长的谷地, 此即为花折断层所形成的负地形。断层两侧为侏罗纪板块俯冲带的混杂岩和白垩纪花岗岩。前者为中薄层及厚层燧石层(日本称为Book Chert)。燧石层属于太平洋板块的成分, 其中混杂有大小不等的二迭纪

最集中。在别府湾的南北两侧有一系列正断层呈近东西走向延伸。别府附近有一条正断层明显切割第四纪冲积扇，形成断层陡坎。

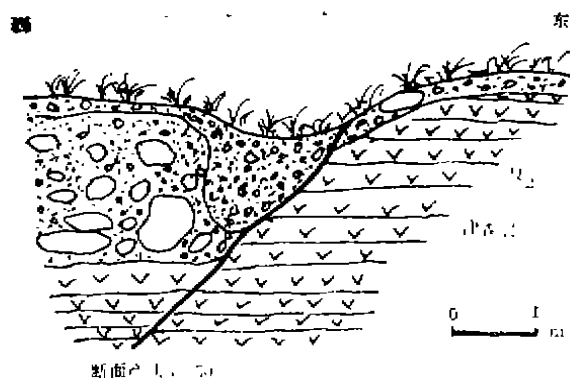


图9 下陈村附近的布田川——日奈久断层
Fig. 9 Fault of Futagawa-Hinagu

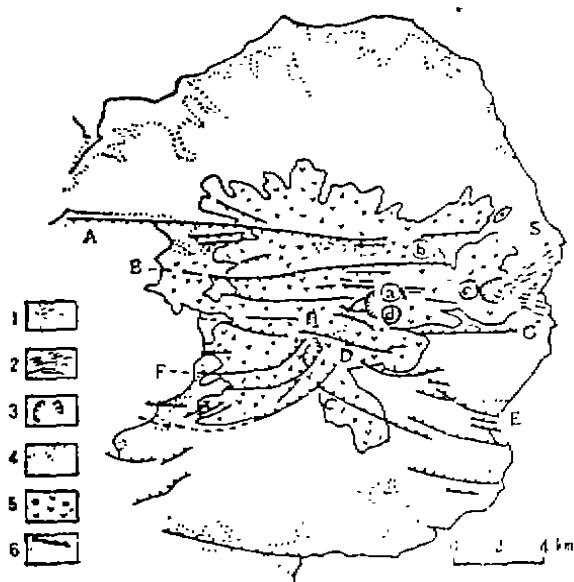


图10 云仙岳地堑构造图

Fig. 10 Graben structure at Unzen

1. 断陷盆地内的全新世沉积；2. 岛原山崩堆积；
3. 火山口；4. 云仙火山喷出物；5. 云仙火山熔岩流；6. 断层

岛。大地构造上位于欧亚板块与菲律宾海板块交界线附近。

箱根火山是由新、老两个外轮山和中央火口丘群组成的三重式大型层状火山。最高山峰是神山，海拔1438米。老外轮山为高度900至1200米的环状山峰。新老外轮山分布于老火山口

熊本市以南，断层系的走向转向SW—NE向。在下陈村见到布田川——日奈久断层切断中更新世津森层凝灰岩（年龄为30万年）（图9）。

岛原半岛为近东西向地堑（图10），由一系列倾向地堑中部的正断层系组成。即地堑的南部的正断层倾向北，北盘下落；地堑的北部恰相反。这组正断层系的地貌形象十分突出，断层陡坎自山区切断火山岩，一直顺走向延长，切割冲积阶地，使阶地错位。地堑的中部为岛原半岛的最高峰——云仙岳（海拔1359米）。故此地堑系又称云仙地堑。1792年岛原东部曾发生大规模山体崩塌现象，并引起大海啸，死亡15000余人。

据水准测量资料，云仙地堑自1894年至1958年沉降了14厘米，年速率为2.06毫米；1923年至1958年下降8厘米，年速率为2.28毫米，速率变化不大，似有轻微增加趋势。

三、火山活动

在日本科学家陪同下，考察了东日本火山带的箱根火山，和西日本火山带的阿苏火山。它们都是现今的活火山。

1. 箱根火山

箱根火山位于日本中部的神奈川县境内，东距东京约60公里，北距著名的富士山（日本的最高山峰，海拔3776米）约20公里，南部即为伊豆半

内的东侧，为高度800米至940米的平顶山体。老外轮山内侧西部是芦湖。这个湖的底部发现许多被称为“逆生杉”的大型树木。据 ^{14}C 年代测定，这些树木可划分出1050年、1600年和2100年前的三个群组，可能是当时多次地震滑坡，使山坡上的树木连同岩土滑落到湖底中。

箱根火山的形成始于40万年前，可划分三个发展阶段。第一阶段从40万年前开始至20万年前，安山岩质熔岩和火山碎屑物交替喷出，形成高约2700米的巨大的层状火山。之后，金时山、幕山等十八个寄生火山喷发，导致火山体中央部分大范围陷落，形成了直径达8公里的大型破火山口。第二阶段从20万年前开始，至5万年前。初期火山活动相对平静。约在8

表2 箱根火山地质概况综合表

Table 2 Table of geologic survey at Hakone volcano

| 火山 | 地形 | 代 号 | 岩 性 | 年 令 (B. P) |
|------|--------|---|---|-----------------------|
| 第三期 | 中央火口丘群 | L F | 湖沼、山麓、河床堆积物 富士山喷出物 冠岳火山碎屑流和熔岩栓 | 2900年前 |
| | | CC ₀ CC ₁₋₄ | 神山山崩堆积物(芦湖形成) 中央火口丘熔岩类(10km ²)(仙石原湖形成) 新的破火山口形成 | 3100年前 3万年前 |
| 第二期 | 新外轮山 | P YS | 浮石流(14km ²) 新外轮山熔岩类(盾状火山, 14km ²) (古芦湖形成) 老的破火山口形成 | 5—7万年 8万加前 20万年 |
| 第一期 | 老外轮山 | OS ₀ OS ₄ OS ₃ OS ₂ OS ₁ | 卫星火山 金时山熔岩 幕山熔岩 安山岩质熔岩类 玄武岩质熔岩类 不整合 | 40万年前 |
| | | YV | 汤河原火山 不整合 | |
| | | T | 多贺火山 不整合 | |
| | | B Q ₄ | 上新世玄武岩和安山岩类 石英闪长岩岩颈 不整合 | (上新世晚期) (上新世) |
| 基底岩类 | | T ₂ Al T ₂ | 足柄层群 须云川安山岩类 早川凝灰角砾岩层 不整合 | 400—500万年前 |
| | | M ₂ | 汤岛层群(中新世早期) | 2500万年前 |

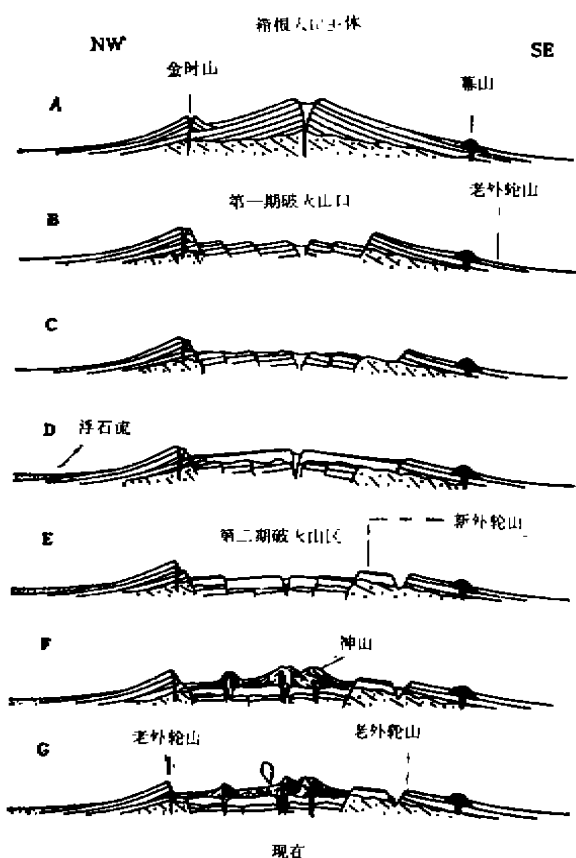


图11 箱根火山的构造和地形发展模式
(据久野, 1952年)

Fig. 11 Structure of Hakone volcano
and the development of its landform

万年前, 老火山口内又流出安山岩质为主的熔岩, 形成盾状火山。在7至5万年前喷出大量浮岩流, 形成新火山口。第三阶段从3万年前开始, 至3千年前, 由于粘性较大的安山质熔岩的喷发, 形成了神山等7个中央火山口群。这些中央火山口是由北而南依次排列。南部的二子山约在5千年前生成。在3千年前左右, 神山附近有大规模的水蒸气喷发。同时, 山体西北部大崩塌(图11), 泥石流使老火山口西侧的河流被堰塞, 形成了现今广阔的芦湖。目前, 神山仍在不断喷气, 是日本著名的观光旅游地。

日本学者对箱根火山研究十分详尽。有些学者根据外轮山的形态反演当时老火山口的高度。有些学者不仅详细地填绘出大比例尺箱根火山地质图, 而且还编绘出地表温度分布图和各类温泉分布图。另外, 他们还在箱根山附近安装大量监测地震和火山活动的精密仪器。

2. 阿苏火山

阿苏火山位于九州中部的熊本境内, 南北长约25公里, 东西宽18公里, 周长128公里, 主峰高1592米, 是世界上最大的复式活火山(图12)。

在地质构造上, 阿苏火山位于日本著名的中央构造线西段, 其南部主要出露白垩系和古生界沉积岩, 北部主要是变质岩系。

阿苏山由多个火山组成。从第四纪早更新世(约80—100万年前)已开始火山活动, 形成今日的外轮山的一部分(图13)。

约40至60万年前, 大多数火山处于平静状态, 唯有东部地区少量火山活动, 形成了东外轮山。约在30万年至5万年前, 本地区又转入大规模喷发阶段, 中央部位发生陷落, 形成了大型的火山口。后来火山口积水成湖。各类调查结果显示, 2万年前这里仍然存在火山湖。由于经历长时间的流水侵蚀作用, 以及断层的活动, 湖水从老火山口西端的立野火口峡谷流出, 火山口内变成了宽阔的火山口平原。至今, 这块肥沃的火山口平原已有五万余居民。目前阿苏山并没有完全宁静下来, 中央火山口群的中岳仍然浓烟滚滚, 有时还喷出熊熊的火焰和大量火山碎屑物, 喷发范围达一公里远。日本史书上最早记载中岳喷火现象是公元796年。书中写道: “阿苏山其石无故火起接天”。

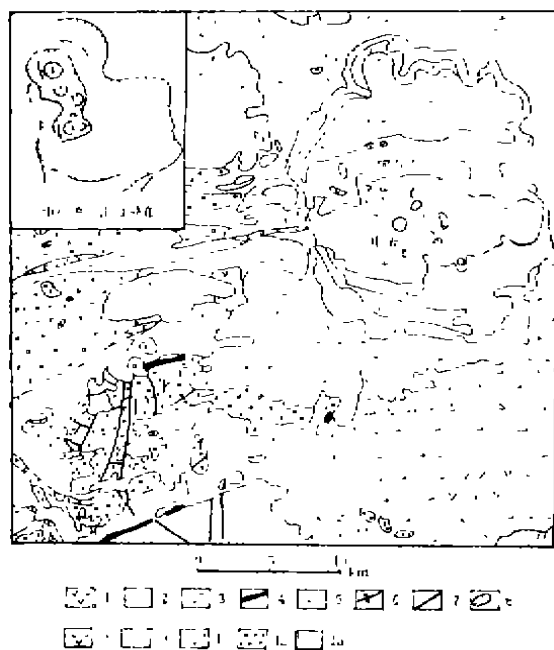


图12 阿苏火山地质构造和中岳火口分布
Fig. 12 Geologic structure at Aso volcano and distribution of the volcanic orifice at Kaka Lake

1. 中央火山口熔岩； 2. 火山碎屑堆积物； 3. 外轮山熔岩； 4. 白垩纪蛇纹岩； 5. 向斜； 6. 背斜； 7. 断层； 8. 火山口； 9. 火山碎屑熔岩； 10. 第四纪冲积层； 11. 第四纪洪积砾岩； 12. 白垩系； 13. 古生界

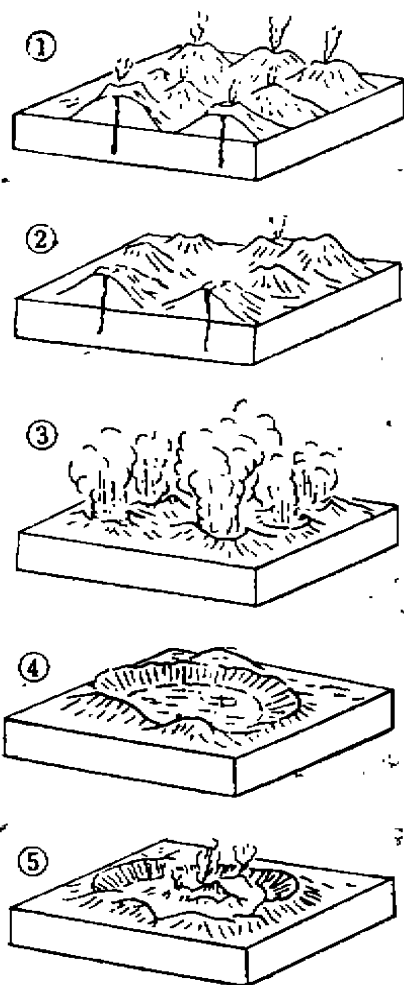


图13 阿苏火山生成过程示意图
Fig. 13 The sketch of the forming process of Aso volcano

阿苏山中岳的内部构造比较复杂。从地形图上看，也是三重构造，在中央部位有7个喷火口。目前仍然在喷气的是第一火口。其它火口在本世纪也曾活动过，如1929年第4火口，1933年第2火口都曾喷过火焰和蒸气。近代中岳最大一次喷发是1933年，第1火口和第2火口同时喷火，火焰高达数百米。圆形的喷石最大直径达4米。喷石成分主要为柑榄石安山岩， SiO_2 含量高达55%。

四. 体 会

这次考察，主要体会有下述几方面：

(1) 日本地震地质学家十分重视基础资料的收集和研究。他们往往用很长时间在室内

进行航空照片的详细解译工作，有时占整个课题研究时间的三分之一，甚至更多。由于室内研究比较深入，野外工作时可以做到有的放矢地考察，达到事半功倍的效果。对于重要的地震断层，经常进行大规模的山地工程，然后对开挖面各个壁进行认真细致的素描。一个断面素描，有时需要几天甚至十几天时间。重要的剖面还用贴胶布将剖面完整地保存下来，运回室内再作深入研究及供后人使用。

(2) 日本学者治学严谨和实事求是的态度给我们留下了深刻印象。例如，著名的地学前辈今村明桓教授提出三浦半岛的诸矶海岸隆起遗址经历4次上升的观点，曾获得了人们的赞同，甚至在自然文物保护碑上也刻下了今村教授的观点。但地学工作者并不迷信权威的观点，八十年代发现疑点，对现场进行深入细致的研究，动用大量山地工程和样品分析，根据新的事实修正了前人的错误观点。又如著名的丹那活断层研究，1930年北伊豆地震时地震左旋错动现象虽然已十分明显，但东京大学地震研究所和地质调查所等单位，在震后进行了多次山地工程调查，挖了十余个大型探槽。每一次工程开挖，他们还尽量吸收不同单位的人员共同深入研究，逐步加深对丹那活断层的认识。

(3) 日本活动构造研究正朝着半定量和定量方向推进。对于活断层，他们往往给出活动速率，并分成不同级别。如一千年活动速率大于5米，大于1米，小于1米和不活动的几种断层类型。有些学者还建议根据活断层的长度，预测未来地震的最大震级。

(4) 日本人重视保存和利用地学资源。除了一些著名的活火山外，就是一些地震遗址、活断层、海岸升降现象等，他们都细心地保护起来，划定为不同等级的自然保护文物，供旅游观光和科研教学使用。

THE ACTIVE FAULTS AND VOLCANOES IN JAPAN

—Investigation Report of Visiting Japan

Ding Yuanzhang, Huang Riheng, Guo Qihua, Wang Gaocheng

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] In this paper, the outlines and characters about the geologic structure, volcanoes and seismic activity in Japan are briefly introduced and the results of active faults and volcanoes of field investigation gained by the authores are specially reported and the characters, experience and tendency in studying the domain of geonomy are also summarized and discussed.

Key words: Japan; Active rift; Volcanno