

行政院及所屬各機關出國報告書
(出國類別:實習)

活動地形與防災

服務機關：經濟部中央地質調查所

出國人 職稱：科長、科長、技士

姓名：陳華玟、侯進雄、石同生

出國地區：日本

出國期間：91年7月15日至91年8月13日

報告日期：91年10月11日

I3/
CO9104461

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：
活動地形與防災

頁數 21 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

經濟部中央地質調查所 陳政恒 29462793-275

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳華玟 經濟部中央地質調查所 區域地質組 科長 29462793-242
侯進雄 經濟部中央地質調查所 構造與地震地質組 科長 29462793-261
石同生 經濟部中央地質調查所 構造與地震地質組 技士 29462793-244

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：民國 91 年 7 月 15 日 至民國 91 年 8 月 13 日

出國地區：日本

報告日期：民國 91 年 10 月 5 日

分類號/目：I3/地質學 I3/地質學

關鍵詞：活動斷層、活動地形

內容摘要：本次赴日研修內容分為兩個部份。室內研修部分較重要者包含活動斷層資料庫的建置、斷層破裂動態的數值模擬、集集地震震源區的強地動模擬、日本 GPS 與干涉影像發展現況，電子自旋共振定年法及地震前兆研究現況。野外地質調查部分則考察柳瀨斷層、饗庭野斷層、花折斷層、關谷斷層、阿寺斷層、伊那斷層帶、根尾谷斷層、敦賀斷層、三方斷層等活動斷層。由野外觀察結果配合航照判釋可初步分辨斷層崖與河階崖，並增強對微地形判別的經驗。

在如何減少因地形活動所造成的災害方面，地震預測為達成減災的最有效方法之一。但因目前全球有關地震預測的研究，均未提出可做為地震前兆預測的良好方法。因此本所應持續進行地震監測的研究，將來或許可提出有效的預測方法。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：活動地形與防災	
出國計畫主辦機關名稱：中央地質調查所	
出國人姓名/職稱/服務單位：陳華政等/科長/區域地質組	
出國計畫 主辦 機關審 核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考(機關名稱：_____) <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所搜集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告書規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登陸提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見：
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關意見 … <input type="checkbox"/> 全部 / <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關及層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

「活動地形與防災」

赴日出國實習報告

摘要

本次赴日研修內容分為兩個部份，一為室內之研討、航照判釋及參訪其它相關單位，另一為野外地質調查。

室內研修之內容包含活動斷層資料庫的建置、斷層破裂動態的數值模擬、由斷層 3D 地下構造的破裂模型評估大阪地區破裂同時的地動模式、海嘯研究、集集地震震源區的強地動模擬、日本地質調查所活動斷層中心簡介、日本 GPS 與干涉影像發展現況及衛星影像資料應用於日本及世界環境地圖的展現，防災科技技術研究所簡介、電子自旋共振定年法及地震前兆研究現況。

野外地質調查部分則考察柳瀨斷層、饗庭野斷層、花折斷層、關谷斷層、阿寺斷層、伊那斷層帶、根尾谷斷層、敦賀斷層、三方斷層等九條活動斷層。經由野外觀察結果配合航照判釋可初步分辨斷層崖與河階崖，並增強對微地形判別的經驗，如階地的後傾現象、凸坡的判別、閉塞丘、斷層鞍部等的識別。此外，亦觀察了不同年代噴發的火山灰在野外的產狀(野外識別有相當的難度)，並了解不同時期噴發的火山灰其結晶產狀亦不同，且可由顯微鏡辨識其差異，進行階地對比。

在如何減少因地形活動所造成的災害方面，地震預測為達成減災的最有效方法之一。但因目前日本甚至全球有關地震預測的監測工作，均未提出良好的方法，可做為地震前兆預測的有效工具。因此本所應持續進行地震監測的研究，將來或許可提出有效的預測方法。

目次

摘要	I
目次	II
壹、前言	1
貳、目的	3
參、過程	5
一、室內研修	5
二、野外地質調查.....	8
肆、心得	14
伍、建議.....	17
陸、參考文獻.....	19
附錄	
附圖	22

壹、前言

台灣在長僅 400 公里，寬不到 150 公里的島嶼上，有著高聳入雲近 4000 公尺的高山，因此即便在緯度甚南的熱帶及副熱帶的地理位置上，依地處高度的不同仍孕育出多樣的氣候類型與動植物生態，更因地理的隔絕，而發展出台灣獨特的自然及人文景觀。這些特色其實歸功於台灣是個相當年輕的造山帶，由於板塊相互擠壓，碰撞而造山。然而亦正因於此，台灣的地震頻仍，活動斷層廣佈，其中活動斷層有 42 條之多(林啟文等，2000)；此外，颱風所挾之大量雨水，遇中央山脈所成之地形效應、傾盆而下，山高坡陡，溪短水急，加上大量未固結土石或已經物理、化學、生物作用碎裂之岩體，及不當的土地利用，致使土石流等災害頻傳，造成許多人命及財產的損失。

在台灣常必須面臨的自然災害中如地震、颱風、山崩、土石流等，近年來造成災難不斷。尤其一九九九年九月二十一日是集集大地震，重創了全台，讓全國同胞體驗到車籠埔活動斷層活動的威力。一時間致命的大災難，更令政府相關部門認知活動斷層研究的重要性，除加速活動斷層相關的基礎調查研究工作，大型整合性防災計劃亦一一被提出。

本所自一九九七年開始進行系統性的活動斷層普查工作，起步雖晚，人力雖缺，但仍於隔年出版了「五十萬分之一台灣活動斷層概論及說明書」，集集地震後，不但於二個月後完成「九二一地震地質調查報告」，同年並改版台灣活動斷層概論及說明書，今年七月亦已將普查成果上網公佈。此外，在人力有限的情況下，更新增了一個五年期計畫--「地震地質調查與活動斷層資料庫建置」，目標是針對全台的第 一、二類活動斷層及一些重要的存疑性活動斷層的調查，預計每年完成五條，目標是要求得(一)斷層定位(二)斷層性質(三)滑移速率(四)再現周期等資料，以作為重大工程建設的參考及防災之用。蒙上級長官的支持，本所近年來陸續派員至研究活動斷層較為先進的日美等國學習相關課題，旨在取人之長，快速的累積經驗，本次的中日技術合作，就是針對「活動地形與防災」此一要題，於日本實習，除於

研究室內經由航照判釋活動地形外，更於日本實地考察及訪問，所經距離不下兩三千公里，南至太平洋，北至日本海三方斷層，東至伊那谷地，西至大阪。

在日期間，承蒙日本地質調查所活動斷層中心杉山雄一博士在地質專業及生活上非常妥適的安排及大阪大學池谷元伺熱誠的接待，謹致最大謝意。另外，對於經濟部各級長官的支持、駐日代表處謝偉馨先生及國合處張國英專員的協助，亦於此表示衷心感謝。

貳、目的

台灣地區除了中央山脈、雪山山脈與海岸山脈之外，台灣西部大部分的丘陵區與平原區以及東部的縱谷地區均為第四紀地層所覆蓋。而台灣由於板塊運動，造成地表第四紀地層受到抬升變形、褶皺以及斷層等作用，且岩層多數膠結不良或未膠結。因此第四紀地層大部分屬於不穩定岩層，容易因地震、颱風以及洪水的發生，而造成山崩、地殼變形、地盤下陷以及土石流等災害，危害民眾生命安全，造成人民財產損失，嚴重影響民生經濟及人類生活環境的安全。關於這些不穩定岩層的研究，均屬於活動地形的研究範疇。因此，活動地形的研究乃是土地利用與災害防治所必須的先期性工作，也是本次訪日的主要目的。

在計畫申請書中，我們列有四個目的：

- 一、 第四紀定年學的方法論與應用
- 二、 階地構造活動及其變形量的分析研究
- 三、 地貌演化的數值模擬分析
- 四、 國土資訊系統的建置、利用與防災

日本地質調查所杉山雄一先生為了要確切回應我們所提出之目的，在接到申請案時，即以電子郵件表示希望我們能更清楚的說明細項，以便安排適宜的行程，於是我們列出八項細項，日方亦已針對所提之需求，於我們赴日之前，一一回應，並安排相關人員接待。以下是所列出的八項細項：

- (一)、野外地質調查
- (二)、監測活動構造的研究方法及理論
- (三)、應變分析及數值模型
- (四)、活動斷層圖及資料庫的設計及發展
- (五)、地震災害評估
- (六)、構造地形的發展
- (七)、第四紀定年的方法論及應用
- (八)、地形的數值模擬

上述八項中，前六項在日本地質調查所研習，第七項在大阪大學研習，第八項日方較無相關之研究。其中，置重點於野外實查及室內航照判讀部分，亦即活動地形，活動構造的判釋與實察；而其它部分，因時間有限，多以專人利用一至二小時的時間講習或以研討方式作深入淺出的介紹或參訪其他單位。幸運的是，能在杉山雄一先生導引下，進行二次野外調查，一次六日，一次二日，約佔訪日行程的三分之一，習得許多寶貴的野外考察經驗。此外，在大阪大學除由池谷元伺教授簡單的講解電子自旋共振定年的方法論外，亦談論到許多關於地震前兆的研究，獲益匪淺。

參、過程

出差過程可分為兩個部份，第一部份為室內之研討、航照判釋及參訪其它相關單位，第二部份為野外地質調查。

一、 室內之課程：依時間序，分別為活動斷層資料庫的建置(由 GSJ 的 Sugiyama 介紹)、斷層動態破裂的數值模擬(由 GSJ 的 Kase 介紹)、由 Uemachi 斷層的 3D 地下構造的破裂模型評估大阪地區破裂同時的地動(ground motion)模式(由 GSJ 的 Horikawa 介紹)、海嘯研究(由 GSJ 的 Kenji 介紹)、集集地震震源區強地動的模擬(由 GSJ 的 Sekiguchi 介紹)、日本地質調查所活動斷層中心簡介(由 GSJ 的 Shimokawa 介紹)、日本 GPS 及干涉影像發展現況(參訪日本國土地理院(NIED)由 Takeshi & Hiroshi 介紹)、日本及世界的環境地圖(由 NIED 的 Kajukawa 介紹)、防災科研技術研究所簡介(參訪防災科研技術研究所由 Sasa & Tomoko 介紹)、電子自旋共振定年法及地震前兆研究 (由大阪大學 Ikeya 介紹)。此外，亦參加了 ICDP 的研討會。以下介紹與本所施政計畫較迫切或緊密相關的幾項：包括活動斷層資料庫的建置部份、GPS 及干涉影像發展的部份、定年部份及地震前兆研究部份。

一、室內研修

活動斷層資料庫的建立

日本產業技術總合研究所活動斷層中心關於活動斷層資料庫的建立尚在起步階段，但預計於兩年內完成此工作，其於五月成立活動斷層資料庫研究團隊(team)，組員二人，負責資料庫建立研究事項。目前已完成資料庫建檔格式，包含 10 個欄位，由左而右分別為起震斷層(seismogenic fault)名稱、起震斷層長度、起震斷層各活動分段斷層(behavioral segment)的名稱、分段斷層的長度、平均滑移速率、位移量、最新活動年代、再活動間隔、經過時間率(elapsed time ratio)、一百年內地震的發生率(表一)。其中兩條斷層距離在五公里以上，

長度超過十公里則為不同的起震斷層，屬同一起震斷層但兩條斷層距離超過二公里則為不同的分段斷層，但兩條斷層距離雖在兩公

里內或相鄰但位於轉折位置，其活動時間及歷史均不相同，則仍命名為不同的分段斷層。

表一 活動斷層資料庫建檔欄位格式

Seismogenic fault	Length (km)	Behavioral segment	Length (km)	Average slip rate (m/ky)	Displacement (m)	Latest activity (ka)	Recurrence interval (ky)	Elapsed time ratio	Probability for an earthquake in 100y (%)
1 MTL Shikoku	260	1-1 Naruto-kaikyo	25			2.5-3.5			
2 MTL Izumi-Kongo	94	2-1 Kitan-kaikyo	30	0.8-1.0 (V)	2-5.5 (V)	3	5.5-6 ^{#2}	0.5	0.08-0.21
•		2-2 Negoro	26	1.2-5.0 (H) 0.3-0.5 (V)	1 (V)	1.7-3.7	2-3 ^{#1}	0.9-1.9	0.65-30
•		2-3 Gojodani	16						
•		2-4 Kongo	18	0.1-0.6 (V)	1.2 (V)	1.6-2.0	2-12 ^{#1}	0.1-1	0.00-17
3 Rokko	123	3-1 Takatsuki	≥38	≥1.5 (H)	5-6 (H)	0.4 ^{*1}	2.5 ^{#2}	0.2	0.00
•		3-2 Rokkosan	35	≥1.0 (H)	≥1.5 (H)	0.4 ^{*1}	1.2 ^{#2}	0.3	0.01
•		3-3 Hokudan	20	0.5-1.9	1.6	0.01	2-3 ^{#2}	~0	0.00
•		3-4 Higashura	25	0.6-1.0	1.4	0.4 ^{*1}	1.4-2.2 ^{#2}	0.2-0.3	0.00
•		3-5 Senzan	10	0.1-0.2 (V)		0.4 ^{*1}	[2]	[0.2]	[0.00]
4 Shizuku	≥12	4 Shizuku	≥12	≤0.1 (V)		≥20			0.00-3.6
5 Minato-Horjo	≥19	5 Minato-Horjo	≥19	<0.1 (V)		>4			
6 Uemachi	44	6 Uemachi	44	0.4 (V)		≥15	≥15		0.00-4.8
7 Ikoma	34	7 Ikoma	34	0.2-0.4 (V)	≥2.2, 1.5 (V)	1.3-1.6	4-8 ^{#1}	0.2-0.4	≤0.01
8 Nara-bonchi-toen	≥12	8 Tenn	≥12	≥0.2 (V)		1.3-10			
9 Kizugawa	≥15	9 Kizugawa	≥15	0.1-0.6 (V)	2.2-2.6 (V)	0.15 ^{*2}	>2 ^{#2}	<0.1	0.00
10 Mitoke	13	10 Mitoke	13			>1.7			
11 Kyoto-nishiyama	43	11-1 Shiwaga	10			>3			
•		11-2 Segibayashi	30			1.9-2.4	2.9-4.4 ^{#2}	0.4-0.8	0.02-6.8
12 Biwako-segan	65	12-1 Albano	24	2 (V)	3-5 (V)	2.4-2.8	1.5-2.5 ^{#1}	1-1.9	12-38
•		12-2 Hira	41	≥1.5 (V)		(0.3 ^{*3} ?)	(4.8-6.8 ^{#2})	(0.4-0.6)	(0.00-0.47)
13 Hanaore	57	13-1 Tochudani	27		2-5 (H)	0.3 ^{*3}	[2]	[0.2?]	[0.00?]
•		13-2 Kitashirakawa	30			1.3-2.5	≥4.5 ^{#2}	[0.2]	[0.00]
14 Mikata	24	14 Mikata	24	0.2-1.0 (V)	3-5 (V)	0.3 ^{*3}	≥3 ^{#1}	≤0.1	0.00
15 Nosaka	32	15-1 Nosaka	≥6	0.1 (V) ^{#3}	0.5 (V) ^{#3}	<2 (0.3 ^{*3})	5 ^{#1}	<0.4 (0.1)	0.00
16 Tsuruga	16	16-1 Shonogawa	7			≥30	≥30		0.00-2.4
•		16-2 Kurokogawa	8	0.5-0.6 (V)	1.5-2 (V)	0.6-0.8 (0.7 ^{*4})	2.5-4 ^{#1}	0.2-0.3	0.00
•		16-3 Daguchi	9	0.2 (V)	1-1.5 (V)	0.3-0.6	5-8 ^{#1}	≤0.1	0.00
17 Yanagase	72	17-1 Tsubakuzaka-toge	8			7-7.2	≥7		0.00-5.2
•		17-2 Yogogawa	≥14		1 (V)	0.7 ^{*4}	[2]	[0.4]	[0.00]
18 Yoro	63	18-1 Yoro	55	2 (V)	5-6 (V)	0.4 ^{*5}	1-2 ^{#2}	0.2-0.4	0.00-0.13

電子自旋共振定年

電子自旋共振定年(ESR)為第四紀定法中較新的一種，其與光螢光(OPT)及熱發光(TL)，定年原理幾乎相同，皆是利用離子晶體會隨時間累積不成對電子的性質來定年，只是使用不同的儀器去偵測晶格中的不成對電子個數。電子自旋共振定年的方法主要的優異性在於其為一非破壞性的定年法，可重複測試樣品而不會破壞樣本，再者其定年範圍依定年物品材質之不同而有不同(飽合程度不同，定年範圍不同)，且不受有機質影響。一般而言，珊瑚、貝類可靠年代約在 20 萬年以內；鯊魚牙齒年代可在兩三千萬年。此外尚應用多種不同定年的材質(Ikeya, 1993)。

電子自旋共振儀可以對定年的標本加一個磁場，晶格中不成對電子的能階便會分裂為高低不同的能階，如果此時一束微波射入，其能量恰等於分裂的能階差時，處於低能階的電子便會吸收這束微波而躍升至高能階，這個現象就稱為電子自旋共振。這時會產生一個吸收訊號，此一訊號正比於晶格中的不成對電子數。將晶格中所有累積的不成對電子數除以每年晶格所累積的不成對電子數就得到電子自旋共振的年代。

地震前兆

在地震發生的幾天前、幾小時前，或臨震時震央周圍大範圍內所出現的大氣、大地、動植物行為等異常現象，稱為「地震前兆現象」(池谷元伺，2000)。地震前兆仍處未科學階段，主因是對於地震的時間、位置、規模大小仍無法有效的預測。然而地震前兆現象的研究的確是相當的重要，此因這關乎是否能有機會預報地震，以減少人命財產的傷亡(目前對於地震的研究以及活動斷層的研究，雖可為防災之用，但無法達成此地震預報目的)。

關於地震動植物異常的多種前兆現象(詳於心得一節)，日本大阪大學池谷元伺教授認為是電磁波的作用(池谷元伺，2000)，且皆可由實驗再現之。目前池谷教授實驗室設置自動照像監控設備，同時亦設

有監測電磁波變化的儀器，二十四小時監測鯨魚及自然界電磁波之活動。這些紀錄都由電腦即時連線處理，並置於公開的網站中。池谷教授說日本自神戶地震之後，地震活動趨緩，少了可供的實驗的地震，雖長時間監測，但有效之地震事件有限，而台灣地震頻仍，應是相當好的實驗地，如本所有意成立類似之監測系統，他願意協助，並可同時多地連線比較監測資訊。

二、野外實查

柳瀨斷層 (Yanagase Fault)

柳瀨斷層是屬於柳瀨斷層—養老斷層系 (Yanagase—Yorou Fault system)。柳瀨斷層—養老斷層系，主要位於日本中部滋賀縣、岐阜縣及三重縣境內，為一左移斷層系，走向為北北西—南南東，延伸長度約 140 公里，自北而南是由包括甲樂城斷層 (Kaburagi Fault)、山中斷層 (Yamanaka Fault)、柳瀨斷層 (Yanagase Fault)、鍛冶屋斷層 (Kajiya Fault)、醍醐斷層 (Daigo Fault)、關原斷層 (Sekigahara Fault)、宮代斷層 (Miyashiro Fault)、養老斷層 (Yoro Fault)、桑名斷層 (Kuwana Fault) 及四日市港斷層 (Yokkaichiko Fault) 等斷層所構成的斷層系 (Sugiyama, *et al.*, 1994)。但依據杉山雄一等 (1999) 對於起震斷層的定義，本斷層系已分為柳瀨起震斷層及養老起震斷層，柳瀨斷層則屬於柳瀨起震斷層，單獨長度約 30 公里 (Yoshioka and Sugiyama, 1998)。

本次野外調查主要是觀察柳瀨斷層 (圖一)，由於本區植被茂密，不易經由航照判讀去判釋斷層造成的地形差異，因此野外的詳察是相當重要的。觀察地點位於余吳小學後面 (圖二)，主要有河流側向左移的現象及多個閉塞丘地形 (圖二、三、四)。

本斷層根據 1992 年 B 點 (圖二) 探槽 (圖五) 的分析及定年研究顯示，其最新發生活動的一次事件是在 11 世紀末期至 13 世紀初期，大約 600 年前左右。

饗庭野斷層 (Aibano Fault)

饗庭野斷層是屬於琵琶湖西岸斷層系 (Biwako-Seigan Fault system)，亦即屬琵琶湖西岸起震斷層。琵琶湖西岸斷層系位於位於日本西南方近畿地區滋賀縣境內琵琶湖西岸，為一重要的第四紀逆斷層，延伸長度約 55 公里。本斷層系由北而南包含酒波斷層、饗庭野斷層、上寺斷層 (Hira fault)、拜戶斷層、比良斷層 (Hira fault)、堅田斷層 (Katata fault)、比叡斷層、膳所斷層等 (Kimura *et al*, 1998; Komatsubara *et al*, 1998) (圖六)。

本次野外觀察之饗庭野斷層位於今津附近，斷層走向北邊為北北西—南南東，南邊轉為北北東—南南西 (圖七)，為西側抬起的逆斷層 (Nakae *et al*, 2001) 有一段於航照圖上可明顯辨識出 (圖八)。野外可觀察到沿路的低位河階斷層崖，崖高約 3 公尺，及地形因斷層活動而撓曲的現象 (圖九、十)。

饗庭野斷層全長約 8 公里 (Nakae *et al*, 2001)，根據探槽研究及定年結果，其最後一次活動事件可能是 1662 年發生的寬文地震 (Sangawa and Tsukuda, 1987)，垂直位移量約 3-5 公尺。平均位移量每年約 2mm，最新一次活動年代與前一次活動年代約間隔 5000 ± 1000 年。

花折斷層 (Hanaore Fault)

花折斷層 (Yoshioka *et al*, 2000) 屬於花折起震斷層，花折起震斷層分佈於滋賀縣及京都市境內，為一右移活動斷層，全長約 48 公里 (Yoshioka *et al*, 2001)。包含北部的途中谷斷層 (Tochudani fault) 及南邊的北白川斷層 (Kitashirakawa fault)。

本次野外調查主要觀察兩個地點，一為花折斷層北部岩瀨地區，觀察同一階的低位階地為斷層切過的斷層崖，但由野外觀察結果無法確認其是否為斷層作用或其他原因所造成。另一為花折斷層南部 (圖十一) 斷層通過的野外露頭觀察，斷層通過附近之岩層有錯動現象，岩層主要為基盤岩及堆積於基盤之上的崩積層與噴發之火山灰堆積

層，其中火山灰層（圖十二）可觀察到被錯移的現象。

花折斷層北部，由探槽研究發現河相沉積物及腐植土層有被斷層切過。其中被錯移之最年輕的沉積物經碳十四定年結果為 460 ± 60 年，而覆於斷層之上的沉積物年代為 360 ± 60 年。此斷層活動事件應可對比於 1662 年發生的寬文（Kanbun）地震。但於花折斷層南部的探槽（圖十三、十四）及碳十四定年研究（Yoshioka *et al*, 2001）指示最晚一次斷層活動事件大約是在 2500 至 1500 年，之前一次活動事件是發生於大約 7800 至 7000 年前，最晚兩次事件的間隔大約是 4500 至 6300 年。

關谷斷層（Sekiya fault）

關谷斷層位於木尻木縣北部，靠近那須火山群（Takahiro, 1997），為一南北走向的逆斷層，總長度約 30 公里（圖十五）（Yukari *et al*, 2001）。

本次野外主要觀察位於木尻木縣黑磯市百村地區，本區關谷斷層切過階地沉積物，斷層崖雖經修飾，但仍可辨識，且階地有撓曲變形現象（圖十六、十七）。

依精密地形測量及探槽研究結果，早期全新世的階地垂直總位移量包含撓曲的部分，共計達 9-10 公尺。本斷層最後一次活動事件是發生於 7 世紀，而其倒數第二次活動事件則是發生於 5000 至 6000 年前（Yukari *et al*, 2001）。

阿寺斷層（Atera fault）

阿寺斷層屬於阿寺斷層系（Atera active fault system）（圖十八）。阿寺斷層系是日本中部最活躍的斷層系，呈西北-東南走向，長度 66 公里，在岐阜（Gifu）和長野（Nagano）縣境。阿寺斷層系為一左移走向滑移斷層系，由數個區段所組成，由西南往東北，依次是阿寺斷層（Atera fault）、小禾知斷層（Kowachi fault）、湯峰斷層（Yugamine fault）、宮地斷層（Miyachi fault）、下呂斷層（Gero fault）、西上田斷層（Nishiueda

fault)、萩原斷層(Hagiwara fault) (Tsukuda *et. al.*, 1993)。

在日的野外考察地點位於阿寺斷層南端的坂下町地區(圖十九、圖二十、圖二十一、圖二十二)。此一地區為木曾川(Kiso gawa)流經，有多階的階地發育，阿寺斷層通過此區，並切過多階階地，東側為高區。經由航照比對，階地呈系統性的錯移，同一階中，高階的階地，崖高較高，較低的階地，崖高較低，斷層垂直位移量呈明顯累積的現象，可知本斷層已活動過多次，且為一斜滑移斷層。實際上，其水平位移量，遠較鉛直位移量的為大，然而在量取位移量時，水平位移卻較難得到，原因主要是水平位移之基準點較不易保存，而高程反較易得到，此因有地形面(階地面)作高程的控制。

由河階的研究及探溝的結果顯示，本區水平滑移速率，估計在 2.8m/1000y；再現週期，估計為 2000 年(Tsukuda *et. al.*, 1993)，最近一次的破裂應是發生在 AD1586 年的 Tensho 大地震，規模 M7.8(Toda *et. al.*, 1994)。

伊那斷層帶(Inadani active fault zone)

伊那斷層帶位在狹長的山間盆地，該山間盆地稱伊那山谷(圖二十三)。呈南北走向，長約 70 公里，天潼川流經該區。航照上雖該區明顯可見多階階地，然而因構造運動所成之階地與河流所成之階地，方向是平行的，所以如何區分二者是為重點所在。

在日考察地點位於松山，此處發育多階階地，然由階地成凸坡(convex)以及階地的後傾(back tilt)(圖二十四)，傾向山側非河側，可判別階地是受構造運動所影響。

根尾谷斷層(Neodani fault)

根尾谷斷層屬於濃尾地震斷層系(Nobi earthquake fault system)(圖二十三)。濃尾地震(Nobi earthquake)發生於 1891 年，規模 M8.0，造成濃尾地震斷層系，呈北北西-南南東走向，長度約 80 公里，位在岐阜縣境。此一地震斷層系，由南往北分別是梅原斷層(Umehara

fault)根尾谷斷層(Neodani fault)，溫見斷層(Nukumi fault)以及平行於根尾谷斷層東方的長瀆斷層(Nagataki fault)(Kariya, 1999)與黑津斷層(Kurotsu Fault)(Awata, *et al.*, 1999)。

在日考察地點則位在岐阜縣根尾村水鳥地區。此一地區為根尾谷斷層通過。根尾谷斷層，長約 31 公里，為一左移為主之斜滑移斷層，一般位移量在 4-6 公尺，最大左移量達 8 公尺，於水鳥地區形成高約 6 公尺的斷層崖(圖二十五)。

由根尾谷斷層的探溝研究顯示，其再現週期約 2700 年，然而由梅原斷層的前次活動時間卻老於 11000 年(c14)，顯示此二斷層的可視為獨立的區段(粟田泰夫等，1999)。

本次考察亦至根尾谷之地震斷層觀察館(該館位置直接設計於斷層上以達直接觀察斷層之目的)(圖二十六)，然因該區二星期之前強烈颱風過境，曾積水公尺餘(圖二十七)，該館亦受波擊，正閉館整修中。

敦賀斷層(Tsuruga fault)

敦賀斷層屬於敦賀斷層斷層系。敦賀斷層系，位在福井(Fukui)縣境(Kurimoto, 1999)，計有敦賀斷層(15Km)及平行於其東側的駄口斷層(Daguchi)(9Km)，上二者可歸併為敦賀起震斷層，此因二斷層間距小於 5 公里。二斷層皆呈東北-西南走向，主為右移斷層(圖二十八)。敦賀斷層又可分為北段和南段。北段亦稱為笙川斷層(Shonogawa)(7Km)，南段亦稱為黑河川斷層(Kurokogawa)(8Km)。二段之發震歷史不同，其中黑河川斷層可能於 1325 年活動過(Sugiyama, *et al.*, 1999)。

在日野外考察至黑河(Kuroko)村，此處之階地為斷層錯移，於地形上可見約十公尺的地形崖(圖二十九、圖三十)，並同時可見斷層露頭(圖三十一)。地形上、地質上皆可見斷層證據，甚為難得。

三方斷層(Mikata fault)

三方斷層亦被視為一獨立之起震斷層，呈南北走向，長度約在 15 公里，位在琵琶湖的西北方，福井(Fukui)縣境(圖三十二)。此一斷層

東側為山，西側為三方五湖

由於探槽的研究顯示，一條向西之逆斷層切過含有 Heian Era(A.D. 794-1192)陶瓷碎片的土石流沉積，因此可證實三方斷層最後一次的活動時間必晚於 8 世紀末；然由歷史紀錄顯示 1662 年的 Kambun 地震，於三方斷層西方造成至少 3 公尺的抬升量，因此有一呈雁行排列的深海斷層(Hiruga fault)被解釋為造成此一抬升，並於水月湖(Suga lake)造成撓曲的原因(小松原等(komatsubara *et al*)，1999)。小松原等建議三方斷層可能與 Hiruga 斷層於 1662 年地震時一起活動。

在日野外考察地點，鑑於本斷層探溝已回填，則參觀三方町繩文博物館(圖三十三)，了解該地區的古文明。很明顯活動斷層的研究已與考古學的研究離不開關係，經由古文物的了解，可於探槽時，不會錯棄能提供可能年代的線索(古文物)，有助於斷層活動年代的確定。再者，經由文獻的研讀可知日本有相當詳實的古文獻紀錄，日人對於古文獻的紀保存更不遺餘力，這對於活動斷層近期活動時間的確認，實有莫大的助益。

肆、心得

日本在活動斷層地形的研究上，起步較早，成果已豐，特別是在神戶地震之後，更投注大量人力及物力，加速探槽的調查，目的在了解最後一次的斷層活動時間以及再現周期，藉以推算未來此斷層一百年內之發震機率，故可判定那些是近期較需注意的活動斷層，針對此些斷層予以特別注意，以達到防災之目的。我國自九二一地震之後，政府亦投注相當之經費於防災及活動斷層的研究上，雖然起步較晚，但已成功的跨出，並已有多項初步的成果，而現正進行「地震地質調查及活動斷層資料庫的建置計畫」的研究，也已擬出未來十五年內的「全國活動斷層調查計畫」，此些新近的計畫，所涵蓋的方法以及技術，已臨近世界水準，當然仍有繼續發展及改進之空間。日本一行，目的即在知人之長，取人之長，以下分述各項心得：

- 一、 成員編制：日本活動斷層研究中心為日本地質調查所(GSJ)下之組織，設中心執行長一人，副執行長一人，下分四個團隊，分別是野外地質調查、斷層活動模擬研究、地震災害預測研究、資料庫。在筆者給予日方的演講中，簡介中央地質調查所的組織，日方對於我國地調所編制內並沒有地球物理的研究者，相當吃驚，雖經說明，我國在地球物理方面研究上，是與學界合作，但日方表示應有此方面工作人員。其實在活動斷層的研究上，地球物理方面人才的確不可或缺，雖政府面臨組織再造及人事精簡等問題，然中央地質調查所擴編地球物理的員額，仍是勢在必行，且非常必要的。
- 二、 國際合作：本次以「中日合作技術交流」的名義，出國考察，經費由我國支應，然而地質考察，有別研習，常需至野外進行實地的調查，我國的經費支應，並無法包涵租車一項，雖可報支長程的跨縣市交通費，然實際執行上，仍有其困難之處，此因地質調查之地點，常在高山深谷，偏遠之地，且非定點考察。此次蒙日方活動斷層研究中心副執行長杉山雄一先生的幫忙，使能二次順利至野外進行調查，一次六天，一次兩天。一為租

車，一為日本地質調查所派車協同考察。在日學習考察間，收集到甚多的資料，此外日方亦負擔我方資料的涵寄費用，並贈予本所地質工具，亦贈予提出需求的我國大學教授。由上顯見日方對於國際之合作及交流之重視及用心，顯然國際合作經費之編列除予以寬列外，仍需有一定的自由度，使能適當運用。

- 三、地震前兆研究：地震前兆的研究，一般而言不容易拿到研究經費，這在中日皆然，主因是此類之研究，雖已進行多時，然至今仍缺乏較令人信服之證據，即使在某次地震預測成功，但成果仍難以適用於其他之地震。而地震前兆研究中，關於動植物行為異常之研究，亦常被嗤之以鼻，甚至歸類於神話與傳奇之類，即便稍有識者亦只能將之歸為「未科學」。儘管地震前兆的研究仍處在「未科學」階段，科學界仍宜至少撥出 0.1% 活動斷層研究經費，以科學之方式來驗證及檢視這些動植物行為異常，是否真止於神話，抑或真有其事。此次的日本大阪大學池谷元伺教授，便針對動植物異常作實驗觀察，解開了許多迷思，對於古老的地震傳說，一一予以解剖分析，發現原來許多的現象，諸如鯰魚異常活動(圖三十四、圖三十五)、老鼠異常活動，貓咪異常洗臉、無風樹動、燭火彎折，稻桿上之白紋，快速向上直竄的地震雲，空氣中一氧化氮濃度的增加皆是地震(或颱風、大雨)前電磁波作用的原故，幾皆可由實驗再現之。目前池谷教授設置自動照像監控設備(圖三十六)，二十四小時監測鯰魚活動，同時紀錄於電腦中，並公開上網。此外，亦藉由不同地點之鯰魚活動，來區別局部之颱風效應。基本上此類之研究雖可以用監測電磁波變化的儀器來設置，但考量經濟效益，亦可以用對電磁波敏感的鯰魚來代替。

- 四、活動斷層條帶圖與第四紀地質圖：日本地質調查所出版的活動斷層條帶圖或以第四紀地層為主的平原區或丘陵區的地質圖，在與人類活動密切相關的第四紀地層分層上做非常仔細的分層，使得應用價值大幅提升，此方面亦是本所值得學習及努力

的目標。

- 五、微地形判釋：本次赴日研修，野外實查及室內航照判讀即佔了相當的比例，超過兩千公里的野外行程，由太平洋而日本海，除對日本關東地區的活動斷層有了初步的認識，亦對許多的微地形判別更有把握，如階地的後傾現象、凸坡的判別、閉塞丘、斷層鞍部的識別等，此外，亦比較了不同年代的火山灰野外產狀(野外識別有一定的難度)，而對火山灰有進一步的了解。另日人的敬業研究精神亦值得學習，如位於樹木高聳森林內的活動斷層，是難以由航照判讀辨識，但日人仍由野外地質調查判斷推知，更克服機械運送及林木、土地等賠償問題，進行槽溝開挖、順利完成古地震的研究，這不畏困難與煩雜的信念，令人印象深刻。

伍、建議

- 一、 擴編中央地質調查所員額，或至少補足中央地質調查所員額，開缺給地球物理或兼具地物及地質背景之專業人員。比較中央氣象局的編制可達 600 員，雖隸屬不同單位但為平行單位的本所正式人員竟只有約 70 人，人力真是過少。本建議並非認為氣象局人員過多，而是強調地調所正式編制人員過少。
- 二、 有關國外野外地質調查的部份，確實難以目前跨縣市報支長程交通費(需證明)的方式來申請，因野外地質調查本就需使用車輛，總不能長靠他國的友情支援，如何使租車的方式可以獲得合理的經費支持，尚待相關部門來研究，此因野外地質調查幾乎是地質研究工作者的重心。
- 三、 在有關地震與活動斷層的研究中，地震預測為達成減災最有效的方法之一。但因目前全球有關地震預測的監測工作，均未提出良好的方法，可做為地震前兆預測的有效工具。因此建議本所正在進行的地震監測研究工作仍能持續進行，或許可研發出有效的地震前兆預測方法。此外，對低頻電磁波特別敏感的鮭魚監測，由於所需經費不高，建議相關單位或許可考慮利用鮭魚做監測研究。
- 四、 不論是在地形變動速率的計算或活動斷層再現週期及再現率的計算，都必須要有較精準的定年資料，才能得到較可靠的結果。在日本地質調查所較常用且認為可信度較高的定年方法主要為碳十四定年及利用火山灰做定年，其它目前尚無較可靠的第四紀地層定年方法。因此本所已設置之熱螢光實驗室，應著重於熱螢光定年方法之研發，若能配合 ESR 及碳十四定年的佐證，使其成為第四紀陸相沉積層可信且良好的定年工具，則將為一重要貢獻。
- 五、 由三方町繩文博物館所展示的文物資料(2001)配合先進的解說設備(含中、英、日語錄音帶解說)，令人對於該地區的古文明印象相當深刻並有深入的認識。故建議在古文物或標本的展示

及解說方面，可參考該博物館的模式。日人對於古文明有相當詳實的研究及文獻紀錄，而經由對古文物的了解，事實上於探槽研究時亦能提供可能的年代線索，有助於斷層活動年代的確定。且對古文獻的保存不遺餘力，並與地質研究結合，在第四紀氣候及環境變遷對人類文明的影響方面提供了科學性的解釋。建議本所亦可考慮將古文明研究與第四紀地質結合並應用於活動斷層近期活動時間的確認。

陸、參考文獻

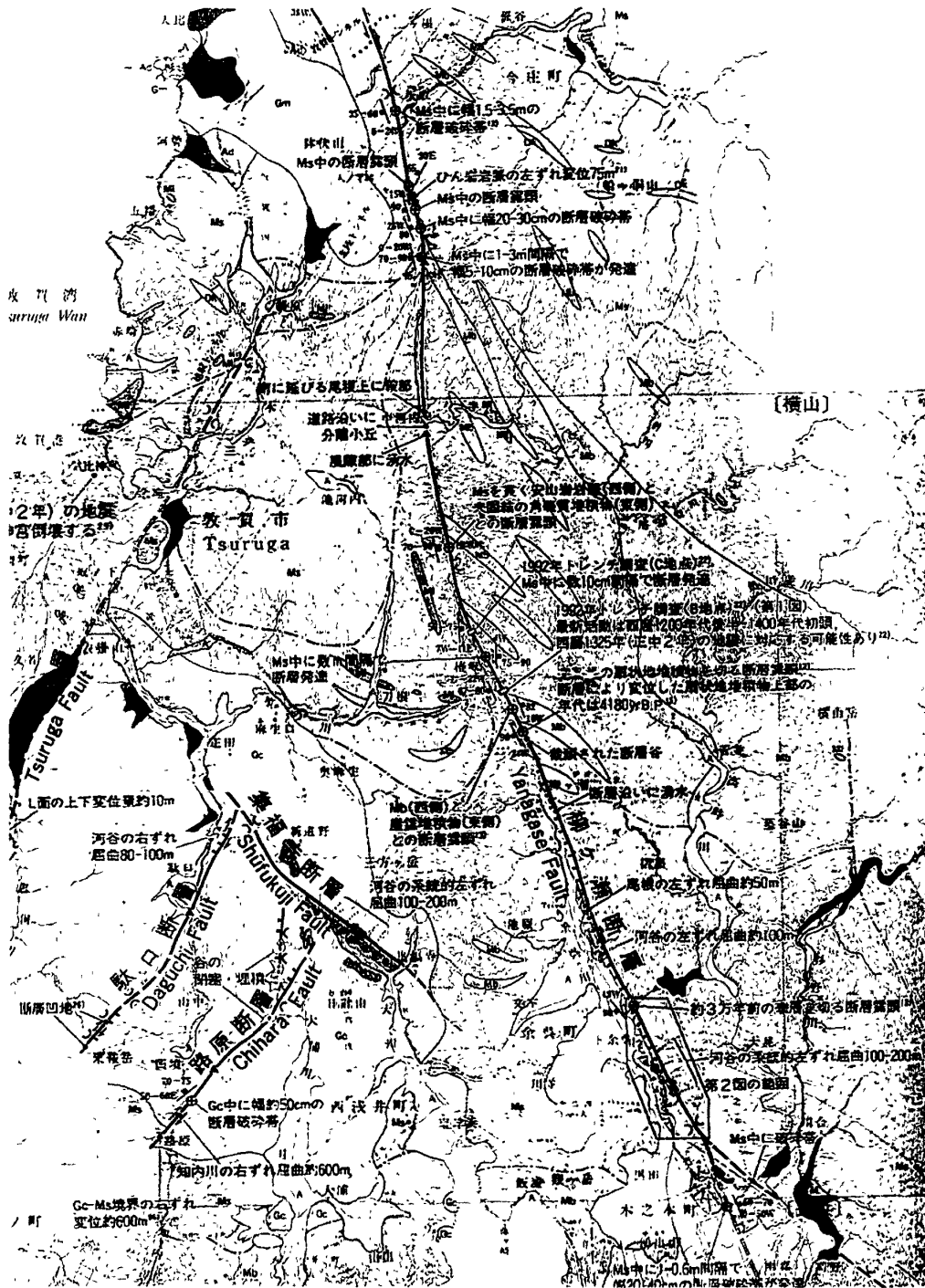
- 三方町繩文博物館 常設展示圖錄(2001) 三方町繩文博物館，共 64 頁。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正 (2000) 臺灣活動斷層概論第二版
五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊第十三號，共 122 頁。
- 池谷元伺(2000) 地震前兆-地震前動物為何起騷動—電磁地震學之誕生，水產出版社，共 319 頁。
- Awata, Y., Kariya, Y. and Okumura, K.(1999) Segmentation of the surface ruptures associated with the 1891 Nobi earthquake, central Honshu, Japan, base on the Paleoseismic investigations: interim report on active fault and paleoearthquake researches in the 1998 fiscal year, pp.115-130. Geological Survey of Japan. (in japanese)
- Ikeya, M.(池谷元伺)(1993) New applications of Electron Spin Resonance Dating, dosimetry and microscopy: World scientific. 500p.
- Kariya, Y.(谷愛彥) (1999) Tectonic microforms and the latest activity of the Nagataki fault, the Nobi active fault system in central Honshu, Japan: interim report on active fault and paleoearthquake researches in the 1998 fiscal year, pp.131-140. Geological Survey of Japan. (in japanese)
- Kimura, K. (木村克己), Yoshioka, T., Imoto, N., Tanaka, S., Musashino, M. and Takahashi, Y. (1998) Geology of the Kyoto-Tohokubu District: Geological Survey of Japan, Quadrangle Series, scale 1:50000, Kyoto (11) no.28, 89p.
- Komatsubara, T.(小松原), Mizuno, K. and Yamazaki, H. (1999).
Trenching study of the Mikata fault and reconstruction of crustal movements during the 1662 Kambun earthquake by historical

records: Interim Report on Active Fault and Paleoearthquake Researches in the 1998 Fiscal Year, pp.197-213. Geological Survey of Japan. (in japanese)

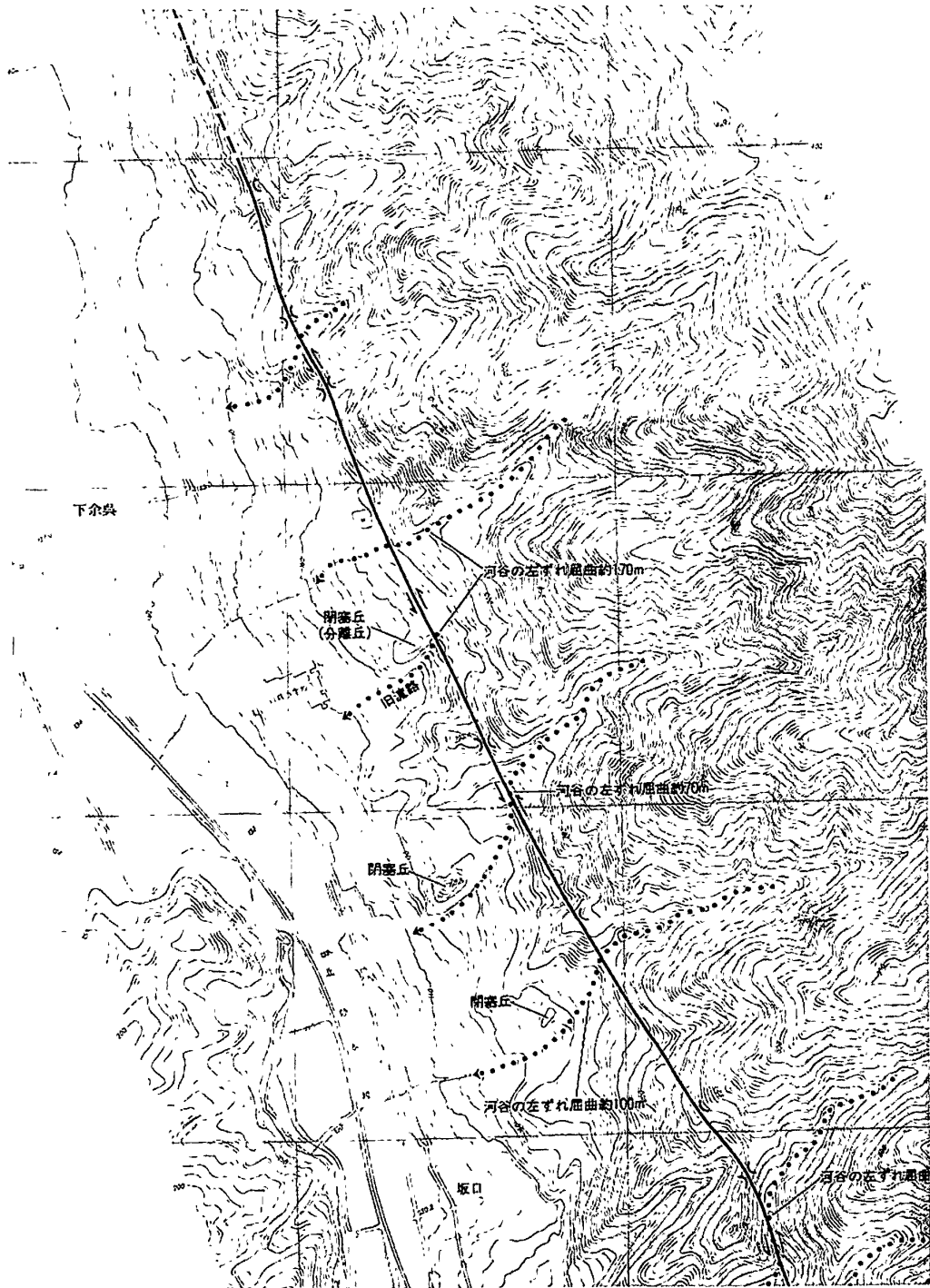
- Komatsubara T.(小松原), Mizuno K., Sanagawa A. and Nanayama F. (1998) Trenching study of the Aibano fault, a northern segment of the Biwako-seigan active fault system (supplementary research): interim report on active fault and paleoearthquake researches in the 1997 fiscal year, Geological Survey of Japan, pp.125-136. (in japanese)
- Kurimoto, C.(栗本史雄), Naito, K., Sugiyama, Y. and Nakae, S. (1999) Geology of the Tsuruga District: Geological Survey of Japan, Quadrangle Series, scale 1:50000, Kanazawa (10) no.79, 73p.
- Nakae, S.(中江訓), Yoshioka, T. and Naito, K. (2001) Geology of the Chikubu Shima District: Geological Survey of Japan, Quadrangle Series, scale 1:50000, Kyoto (11) no.5, 70p.
- Sangawa, A.(寒川旭) and Tsukuda, E. (1987) Active faults in the west coast of Lake Biwa and submergence of the coastal area due to the 1662 Kambun earthquake: *Chishitsu News*, No. 390, pp.6-12.
- Sugiyama, Y. (杉山雄一), Awata, Y., and Yoshioka, T., (1994). Strip map of the Yanagase Yoro Fault system: *Tectonic map series-10*, Geological Survey of Japan.
- Sugiyama, Y. (杉山雄一) and Yoshioka, T. (1999). Paleoseismological study of the daguchi fault in Fukui Prefecture: Interim Report on Active Fault and Paleoearthquake Researches in the 1998 Fiscal Year , pp.173-186. Geological Survey of Japan. (in japanese)
- Sugiyama, Y.(杉山雄一), Shimokawa, K., Awata, Y., Satake, K., Mizuno, K., Yoshioka, T., Komatsubara, T., Nanayama, F., Kariya, Y., Azuma, T., Fusejima, Y., Tsukuda, E., Sangawa, A. and Sugai, T. (1999).

- Summarized survey result and earthquake potential of major active faults in the Kinki Triangle, central Japan: Interim Report on Active Fault and Paleoequake Researches in the 1998 Fiscal Year , pp.285-309. Geological Survey of Japan. (in japanese)
- Tsukuda, E.(佃榮吉), Awata, Y., Yamazaki, H., Sugiyama, Y., Shimokawa, K. and Mizuno, K. (1993) Strip map of the Atera Fault system: Tectonic map series-7, Geological Survey of Japan. (in japanese)
- Yamamoto, T. and Ban, M. (1997) Geological map of Nasu volcano: Geological map of volcanoes-9, Geological Survey of Japan.
- Yoshioka, T. (吉岡敏和) and Sugiyama Y. (2000) Paleoseismological study of the Yanagase fault in Yogo Town, Shiga Prefecture: Strip Map of the YANAGASE-YORO fault system, Geological Survey of Japan, pp.91-99. (in japanese)
- Yoshioka, T. (吉岡敏和), Cho, A., Kimura, K and Nakae, S. (2000). Explanatory text of strip map of the Hanaore Fault Central Japan: *Tectonic Map Series-13*, Geological Survey of Japan.
- Yoshioka, T. (吉岡敏和), Shishikura M., Hosoya T., Tokuda H. and Yamaguchi H. (2001) Paleoseismological study of the southern part of the Hanaore fault at Shugakuin in Kyoto City, central Japan: Geological Survey of Japan, pp.133-142. (in japanese)
- Yukari, M.(宮下由香理), Sugiyama Y., Yamamoto T., Yoshioka T., Sangawa A., Shishikura M., Maruyama N., Oishi A., and Hosoya T. (2001) Paleoseismological study of the Sekiya fault in Tochigi Prefecture: Annual report on active fault and paleoequake researches, no.1, pp.53-76. (in japanese)

附錄



圖一 柳ヶ瀬断層(Yanagase fault)十萬分之一條帶地質圖



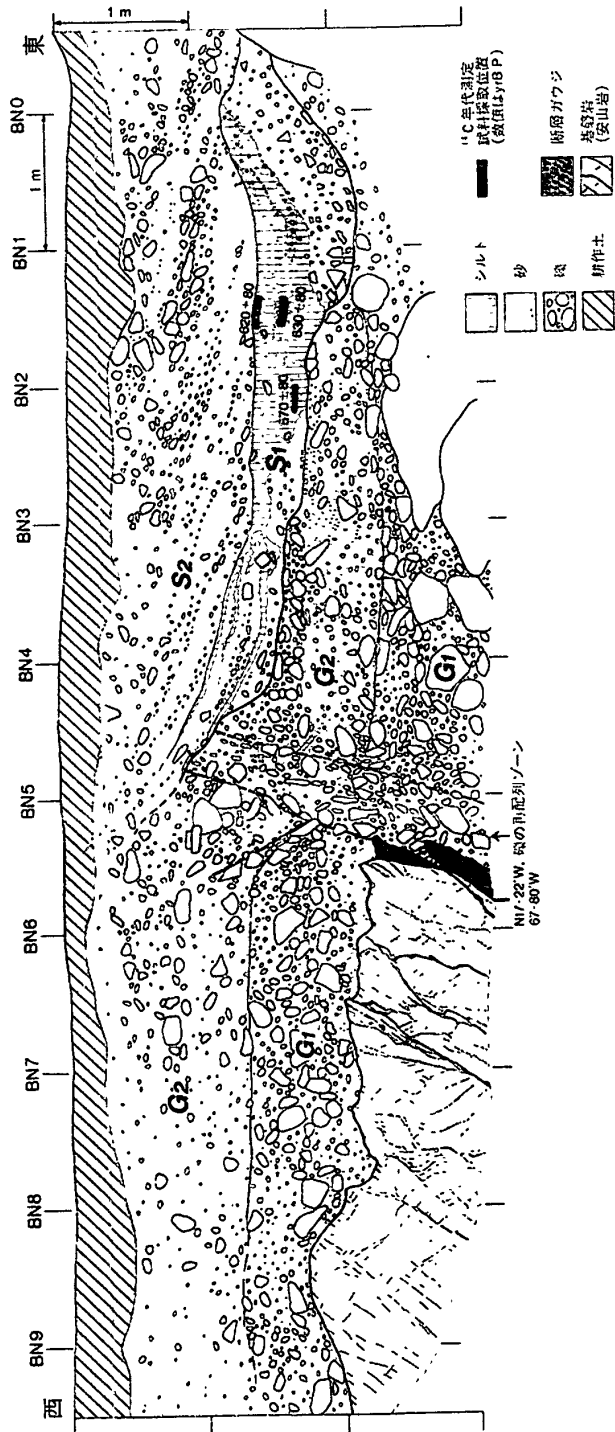
圖二 余吳小學附近沿柳ヶ瀬斷層產生地形變位的斷層露頭



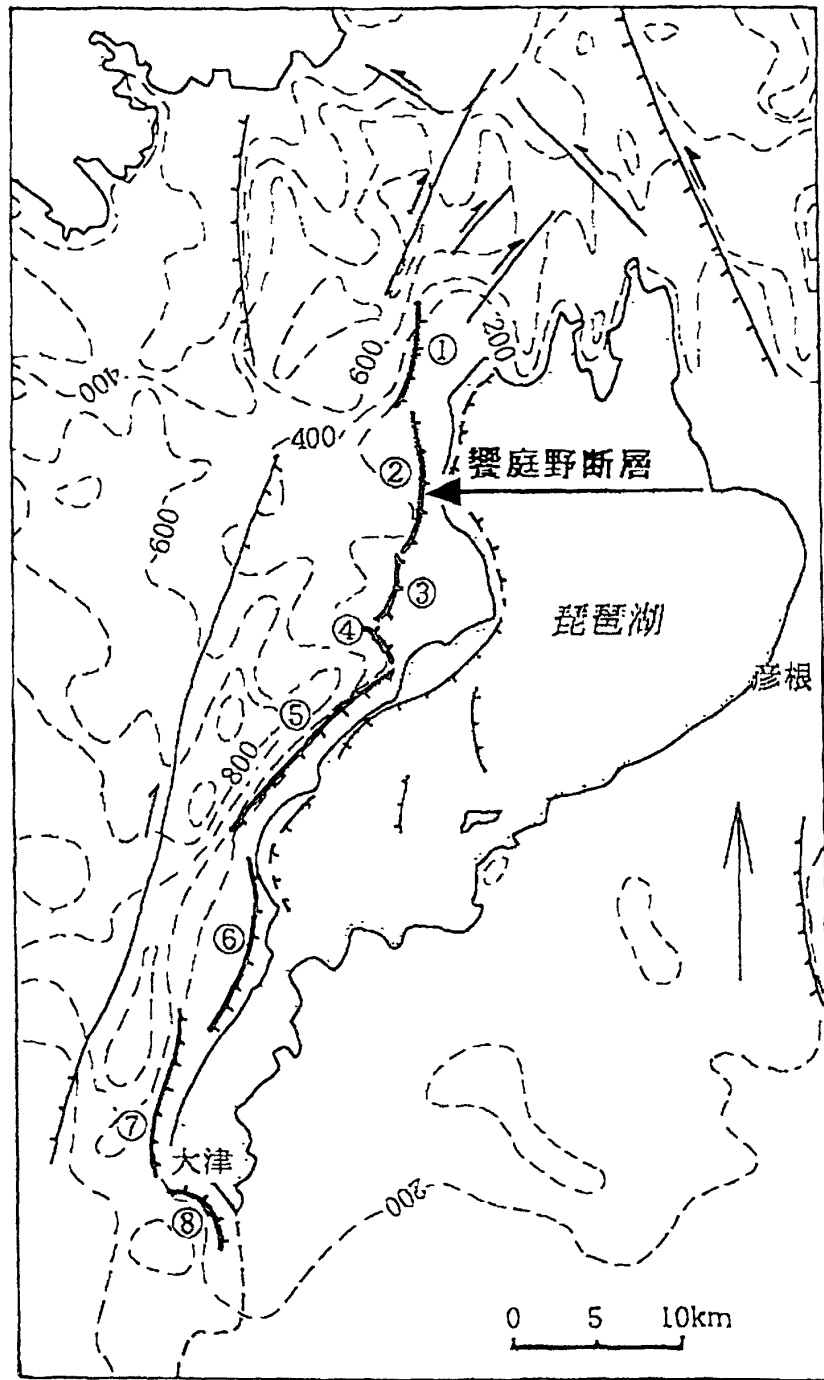
圖三 柳瀨斷層通過余吳小學後面所造成的閉塞丘地形。



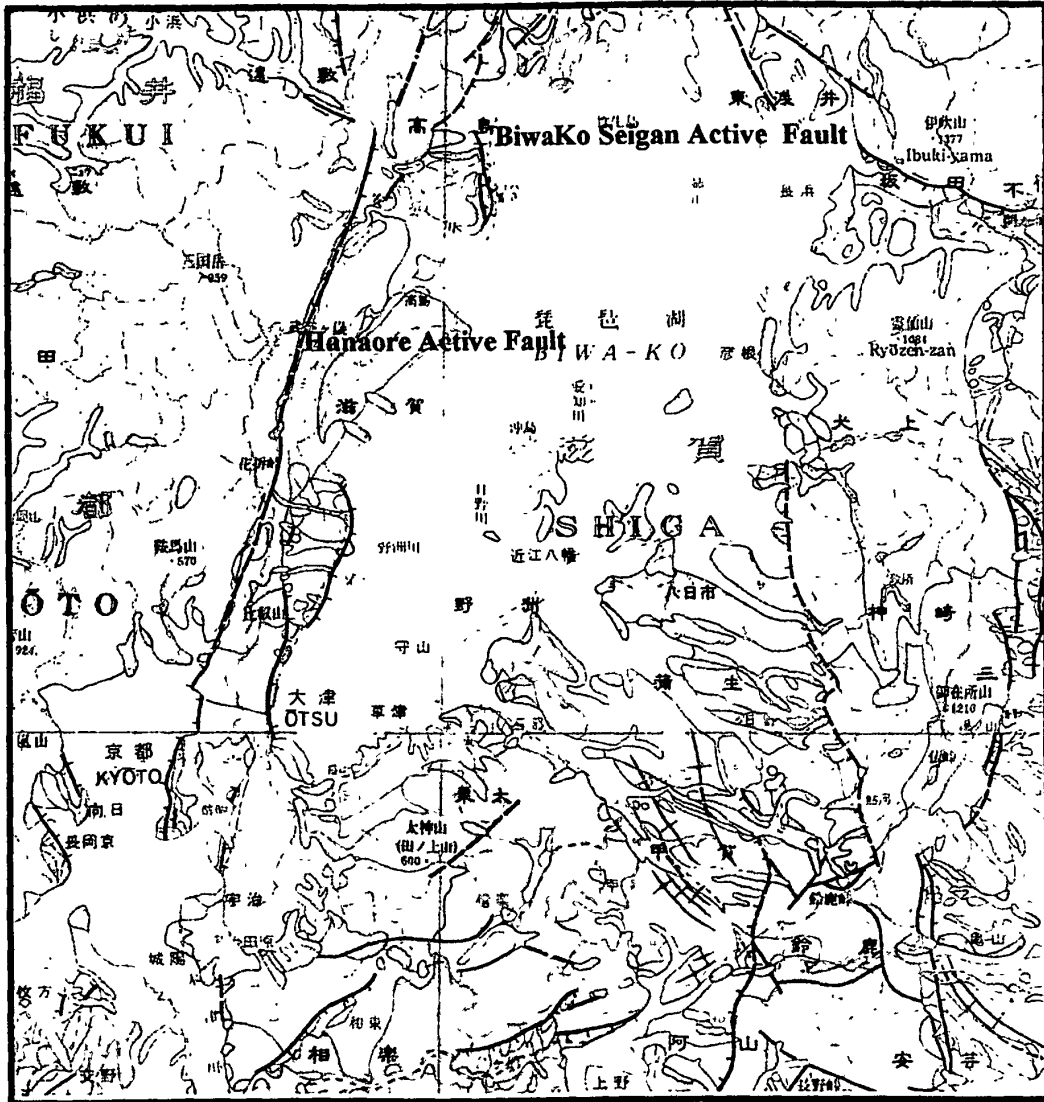
圖四 柳瀨斷層切過地區造成閉塞丘地形。



圖五 柳ヶ瀬斷層1992年於B地點（位置見圖一）開挖之槽溝剖面



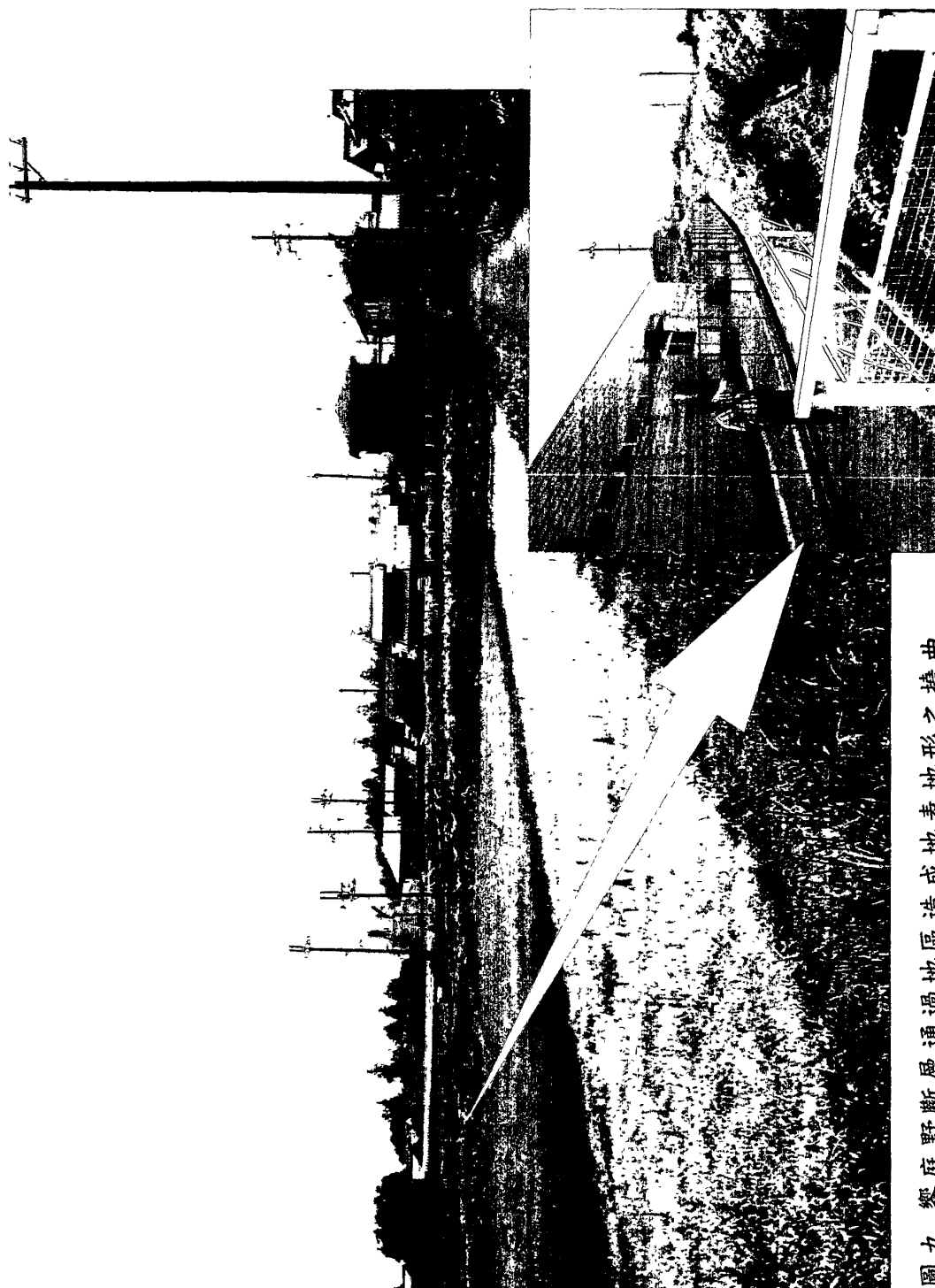
圖六 琵琶湖周邊的活斷層分布與饗庭野斷層的位置
 (1)：酒波斷層，(2)：饗庭野斷層，(3)：上寺斷層
 ，(4)：拜戶斷層，(5)：比良斷層，(6)：堅田斷層
 ，(7)：比叡斷層，(8)：膳所斷層



圖七 饗庭野斷層 (Biwako-Segan active fault) 與花折斷層 (Hanaore active fault) 分佈位置圖 (引自日本地質調查所, 2001)



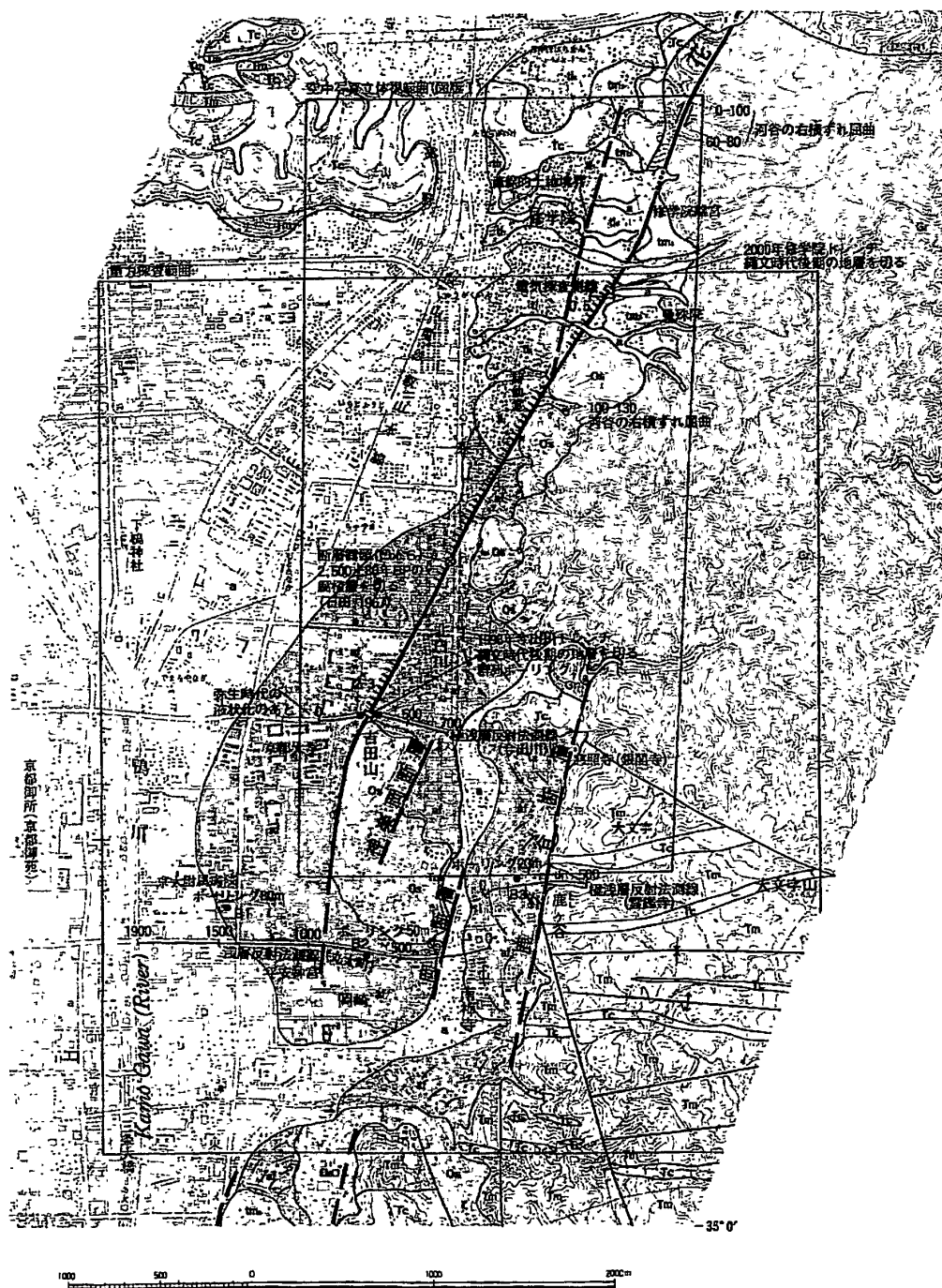
圖八 饗庭野斷層於航照圖上所顯示的地表特徵。箭頭為斷層走向



圖九 饜庭野斷通過地區造成地形之撓曲



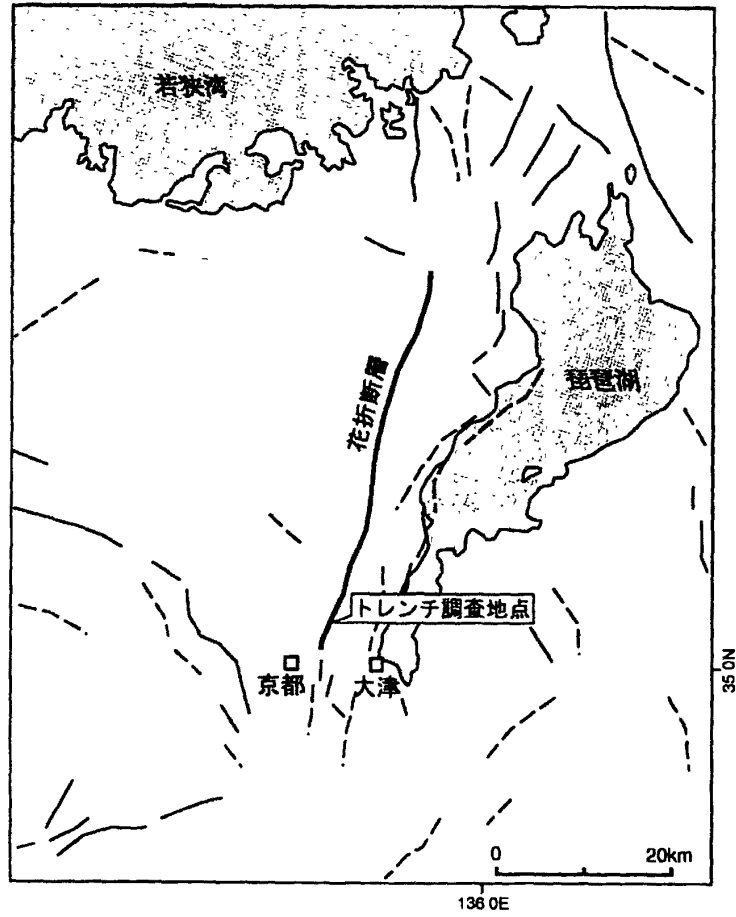
圖十 饗庭野斷層作用造成地形的撓曲變形。



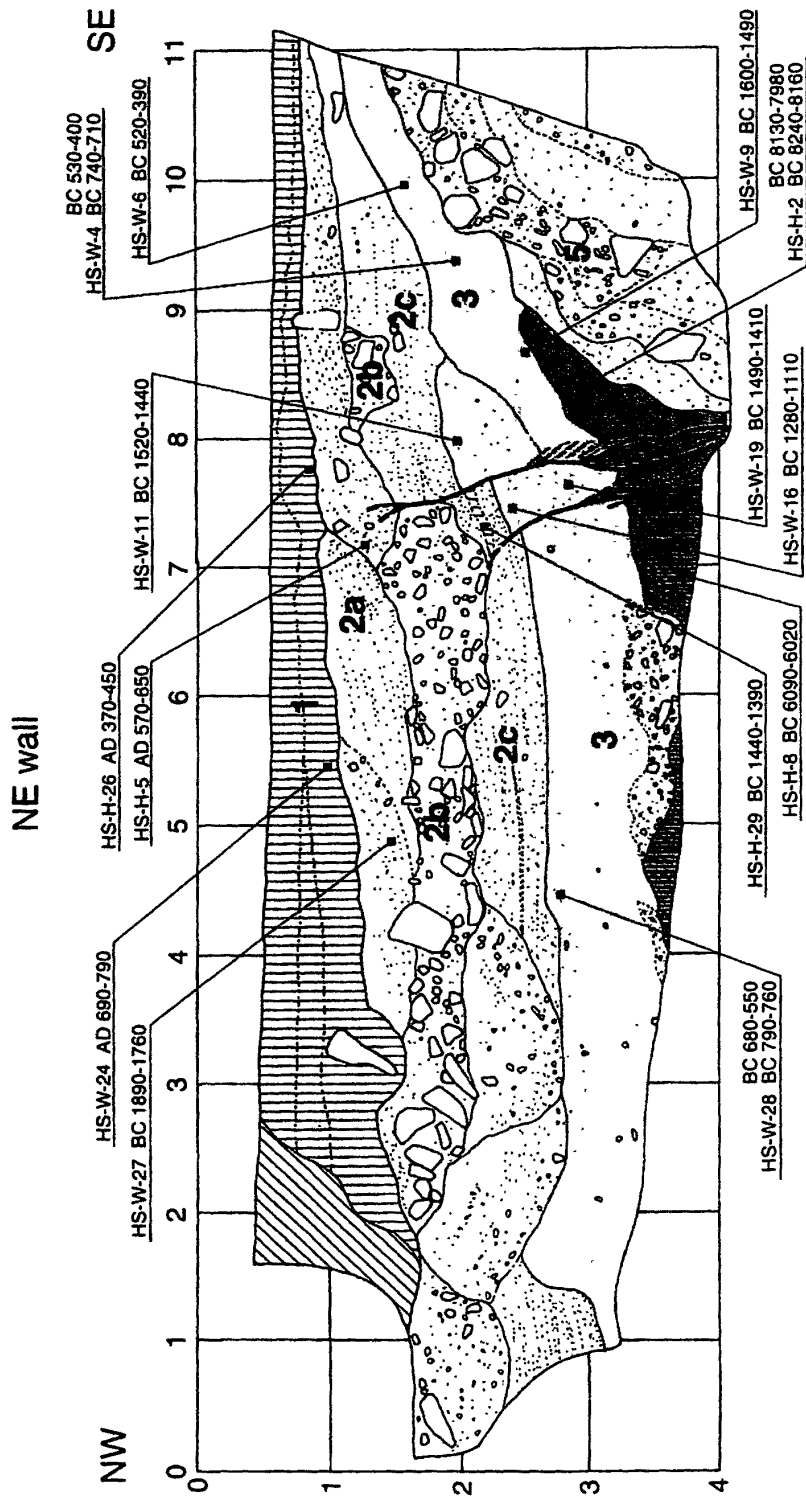
圖十一 花折斷層最南邊部分的條帶圖 (吉岡敏和, 2000)



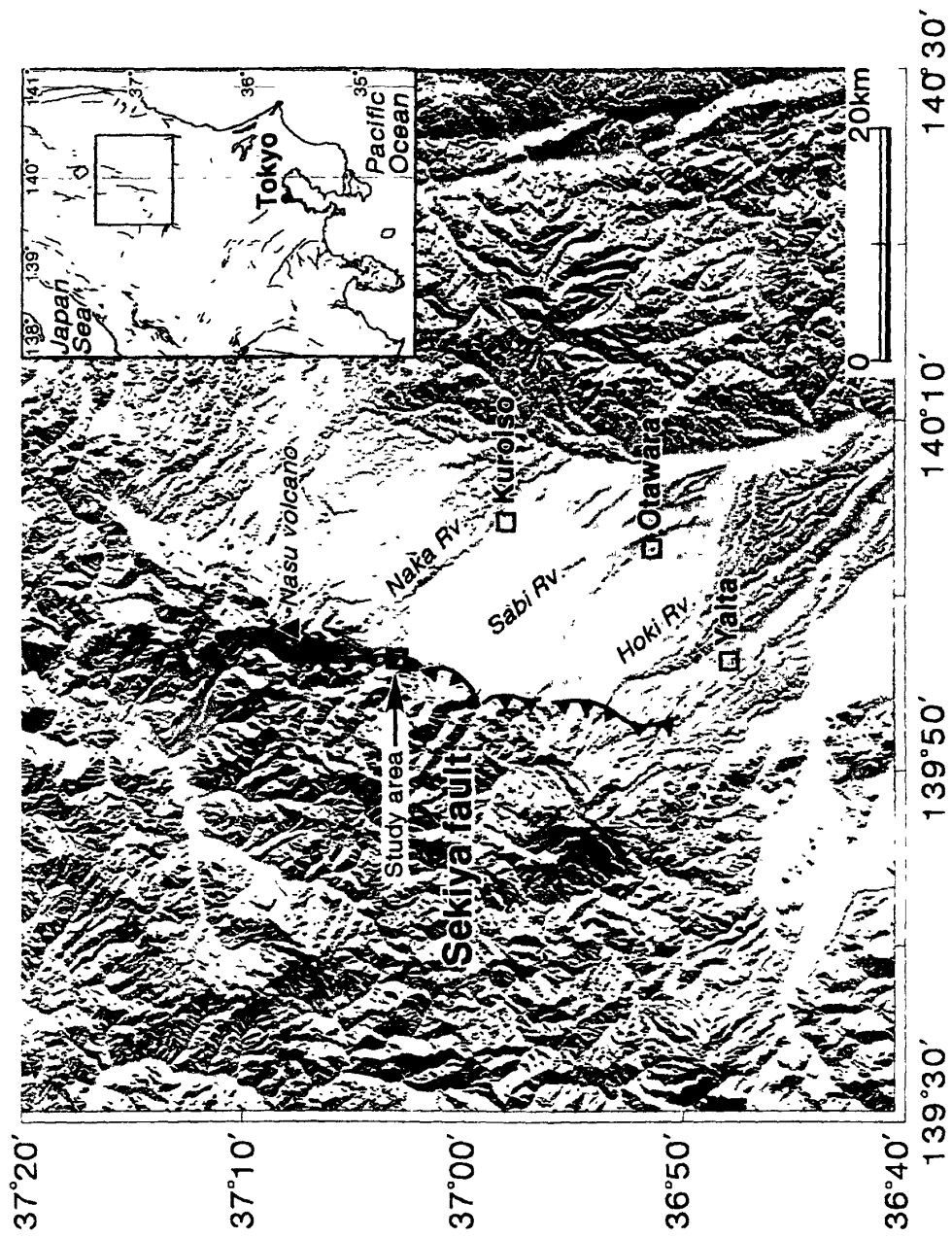
圖十二 花折斷層南段通過區域的野外露頭沈積物所來之火山灰層。



圖十三 花折断層南段探槽位置圖



圖十四 花折斷層南段探槽開挖東北側壁面



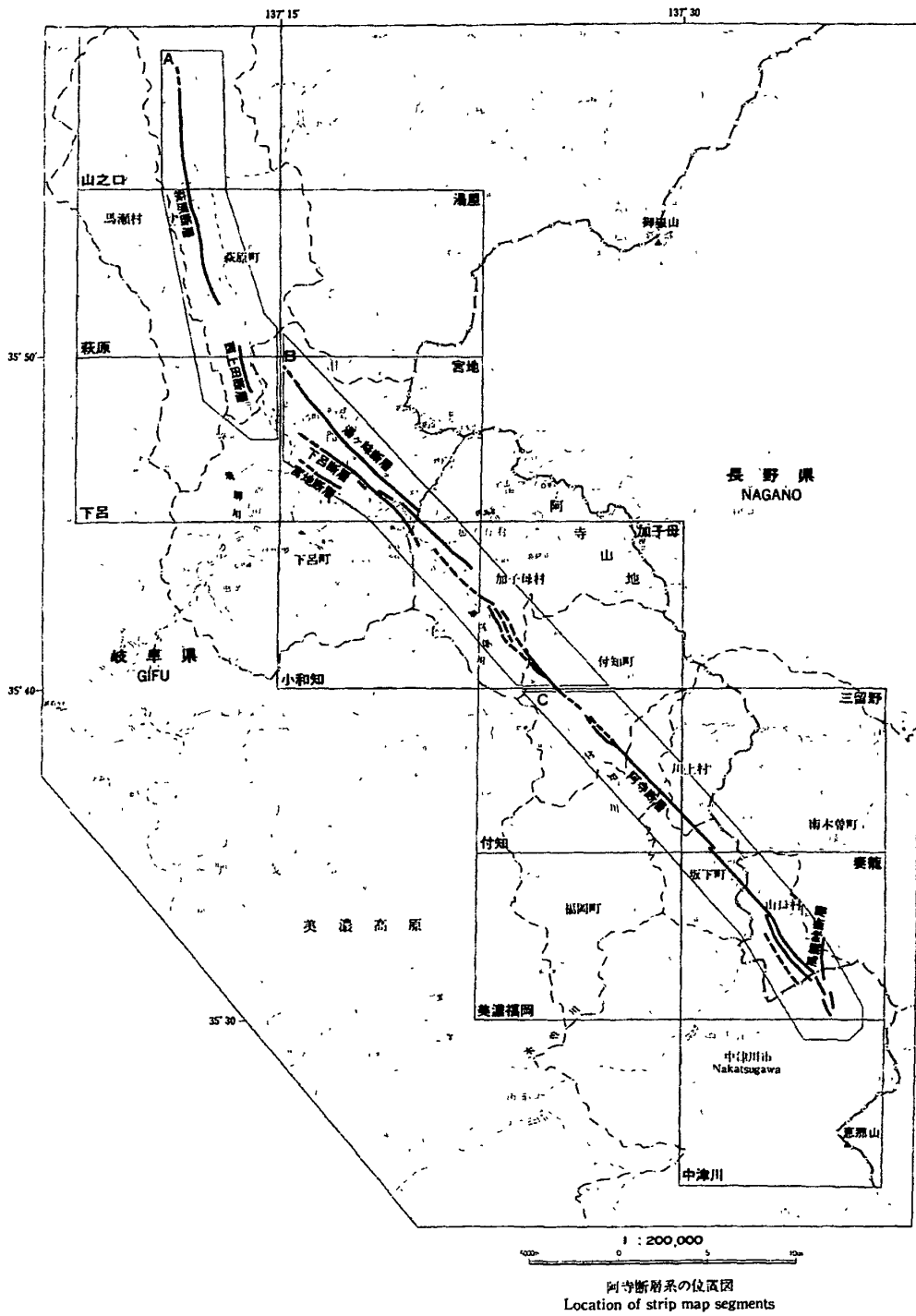
圖十五 關谷斷層位置圖



圖十六 關谷斷層切過階地沉積物，造成階地撓曲變形。



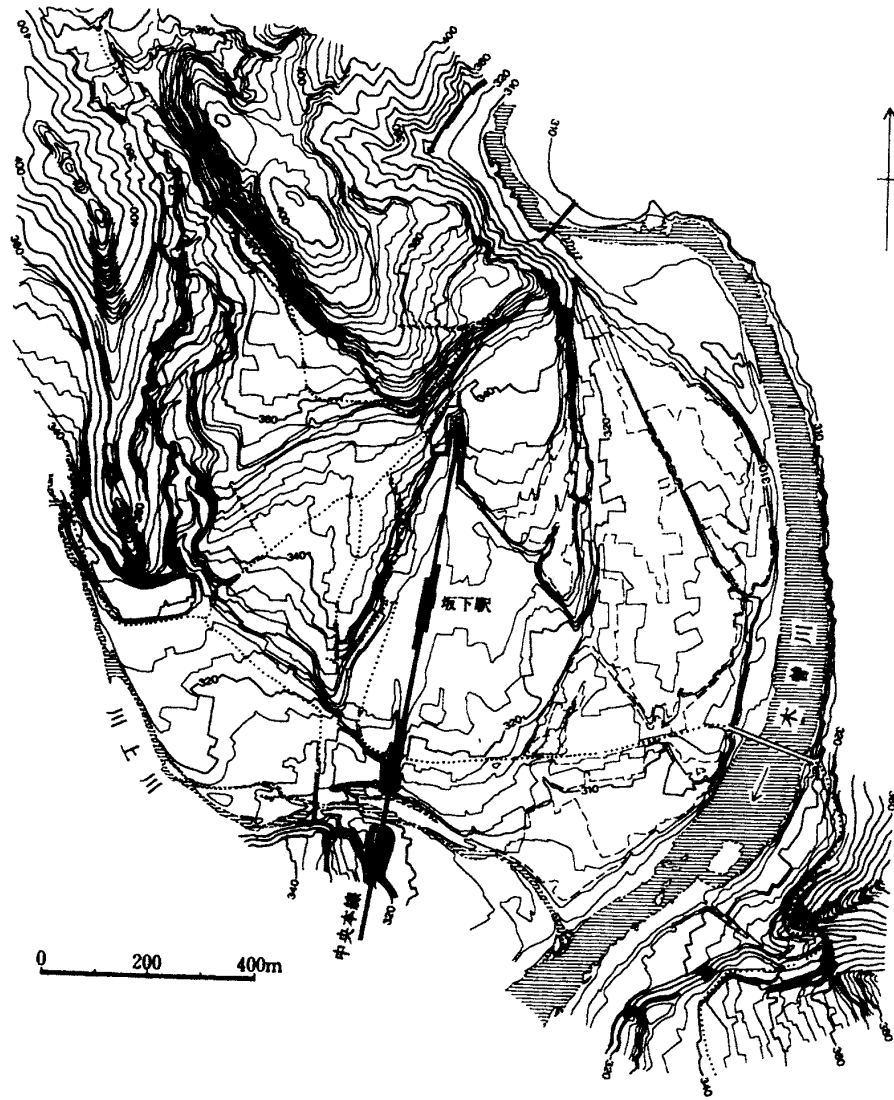
圖十七 關谷斷層（上圖北邊）切過階地沉積物，造成階地撓曲變形。



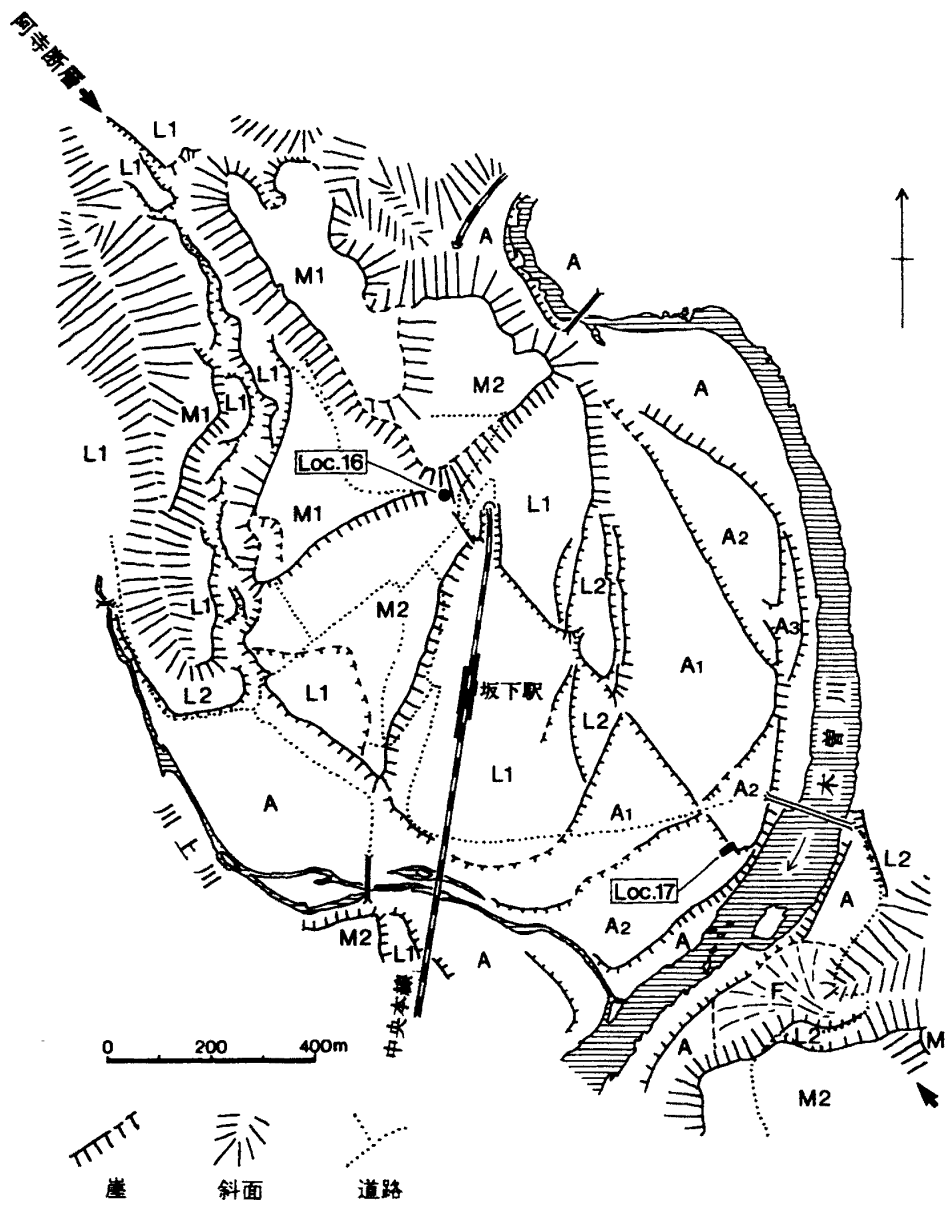
圖十八 阿寺斷層系位置圖 (Tsukuda, *et.al.* 1993)



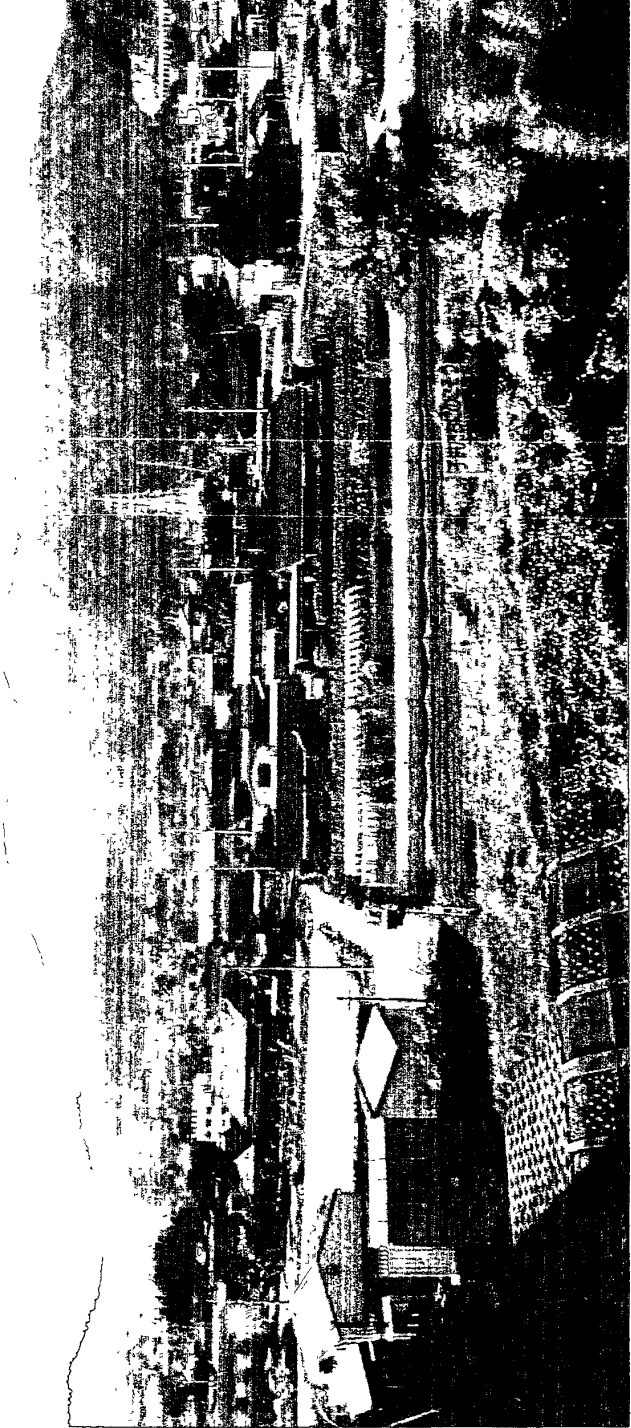
圖十九 坂下町地區的航空照片圖。箭頭所指為阿寺斷層沿伸方向。



圖二十 坂下町地區等高線圖 (Tsukuda, *et.al.* 1993)



圖二十一 坂下町地區木曾川河階分布圖。圖中可見阿寺斷層系統性錯移M1、M2、L1、L2、A1、A2等河階(Tsukuda, *et.al.* 1993)。



圖二十二 阿寺斷層通過鄉村人口稍稠密的坂下町地區。箭頭所指為阿寺斷層沿伸方向。



圖二十三 阿寺斷層系、濃尾斷層系、伊那谷斷層系位置圖 (日本地質調查所, 1985)



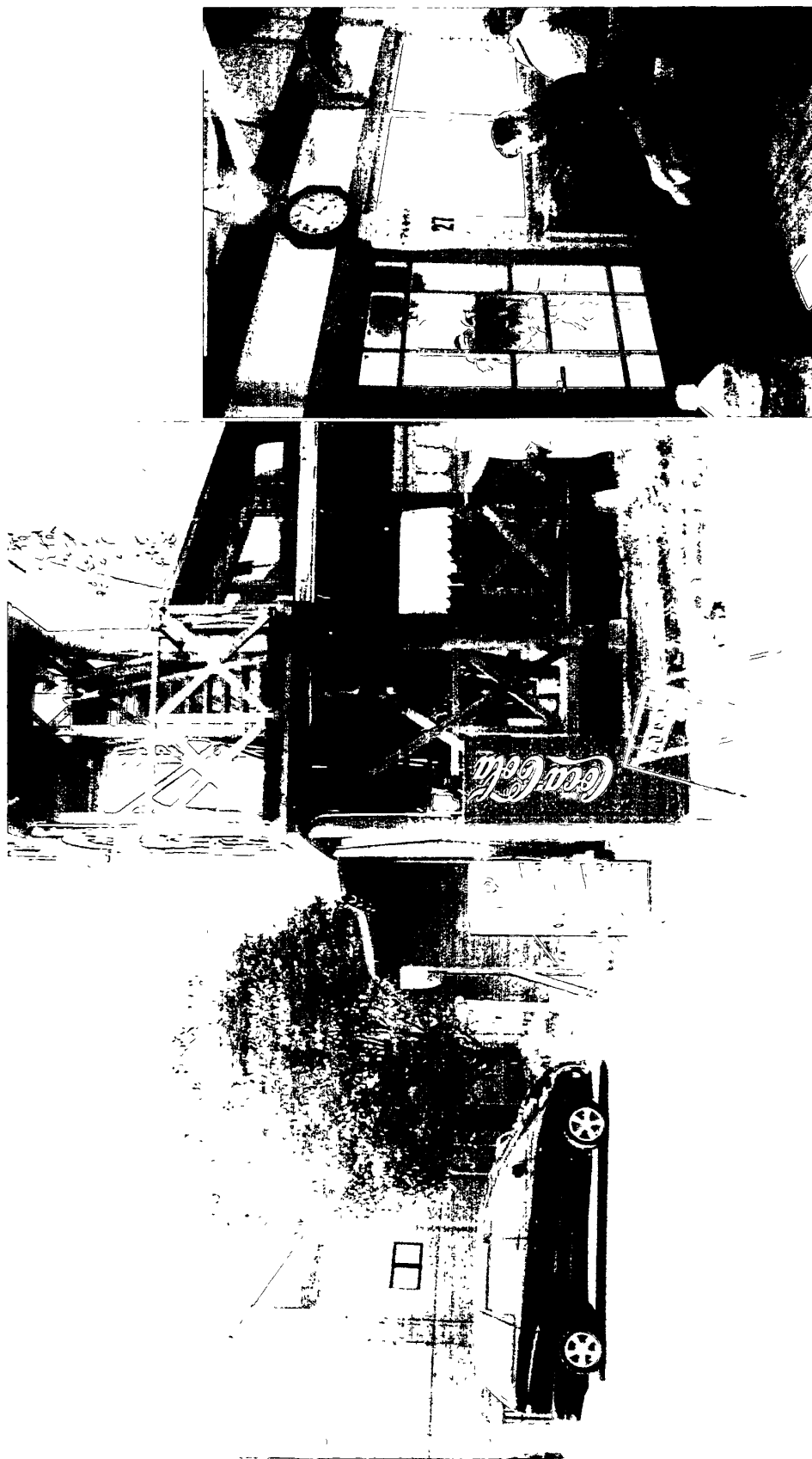
圖二十四 伊那谷松川町地區後傾(backtilt)之階地。階地開墾為果園，但仍可看出些微的傾斜，遠離河流，高程愈低。利用後傾性質加上凸崖可以確定階面受構造運動影響。



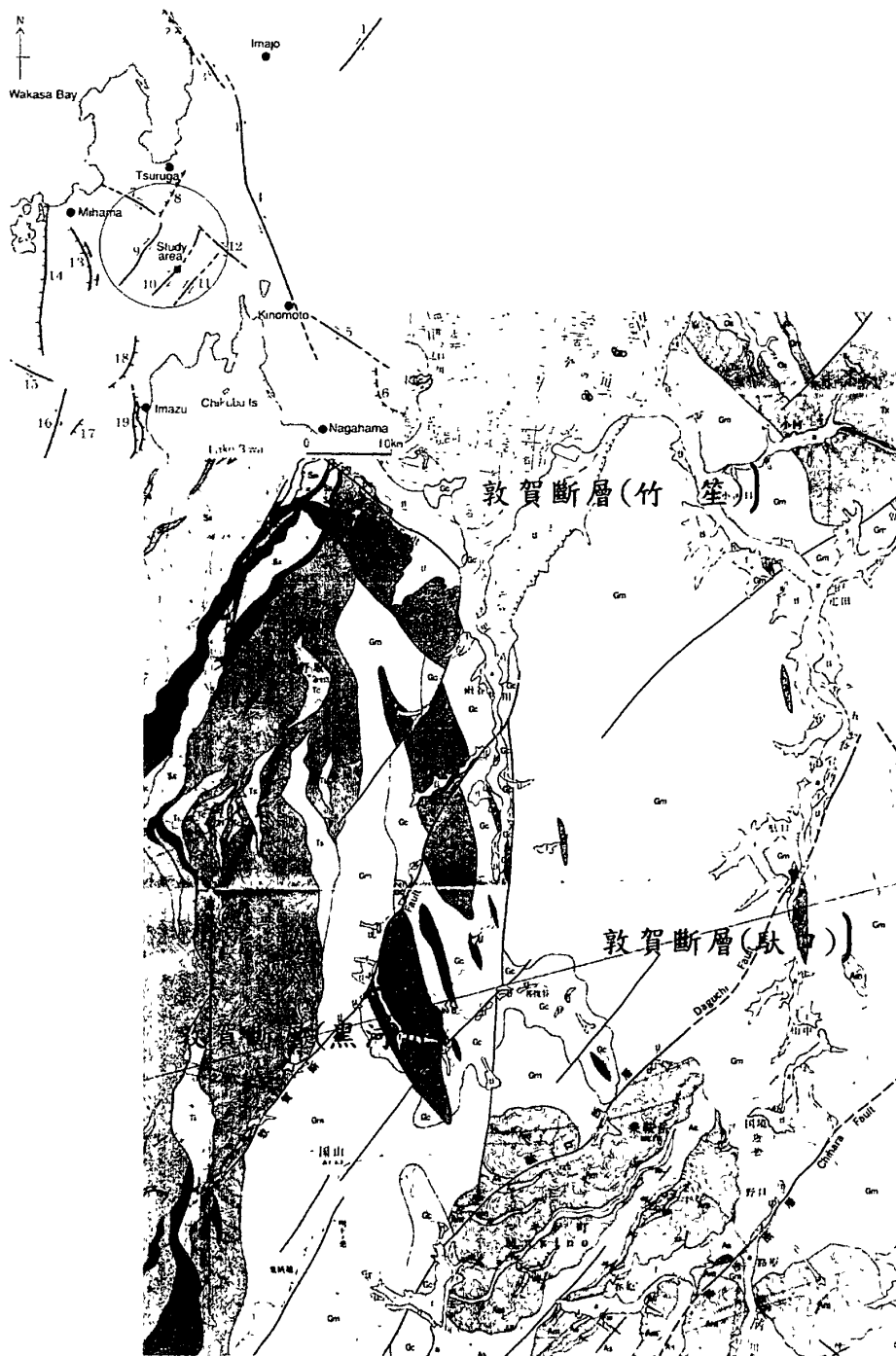
圖二十五 濃尾地震於水尾地區造成六公尺高的斷層崖。



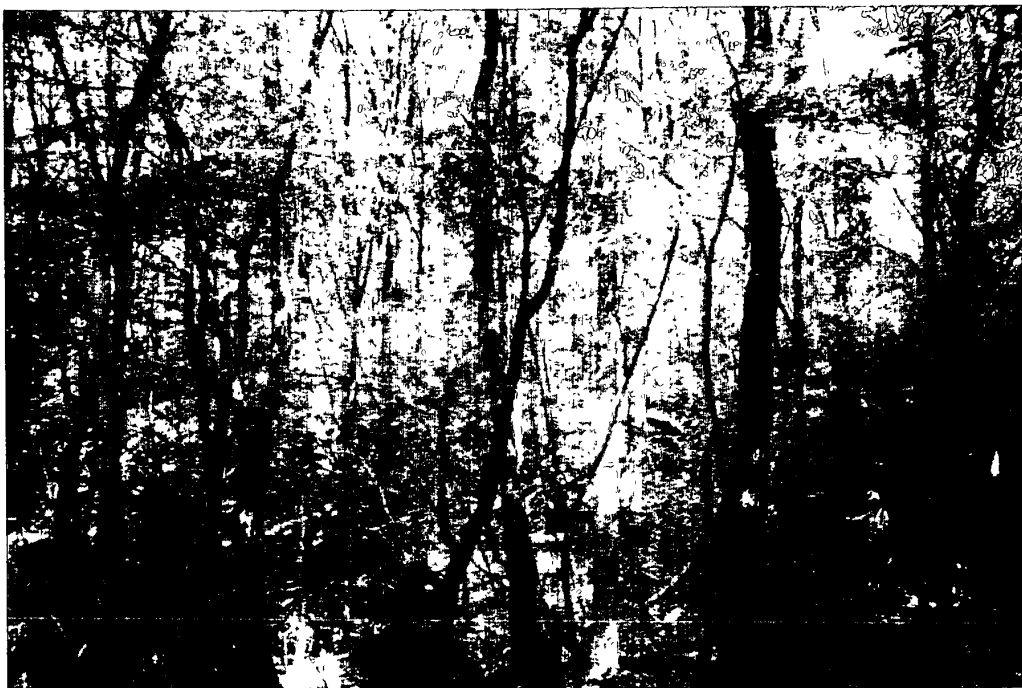
圖二十六 根尾谷地震斷層觀察館。注意左側斷層崖位置沿伸入該館，該建築之原意是為保存濃尾地震斷層挖溝的場址，讓國人能了解該斷層的形貌及曾經造成的危害。



圖二十七 根尾谷地震觀察館旁小餐館，手指位置處為颱風淹水所達的高度，地震館即因此淹水而封館整修。



圖二十八 敦賀斷層系位置圖。(Sugiyama, *et. al.*, 1999 & 日本地質調所, 1999)。



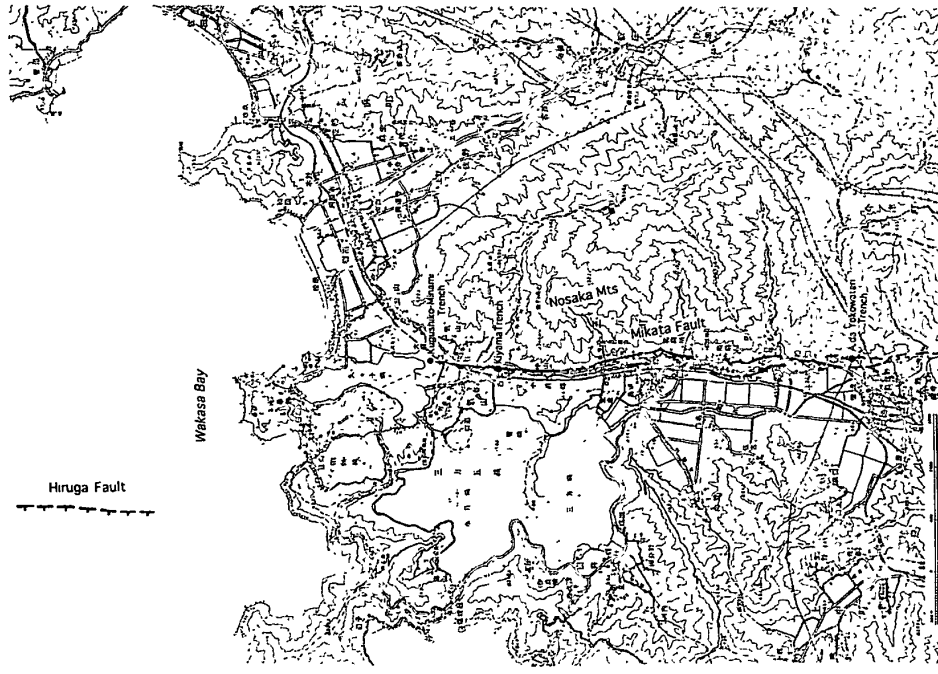
圖二十九 敦賀斷層於敦賀市黑河川地區的一個斷層地形露頭。敦賀斷層錯移階地。圖中人大致站在斷層線上，隱約背空的輪廓為升側的階面邊緣，垂直落差近10公尺。



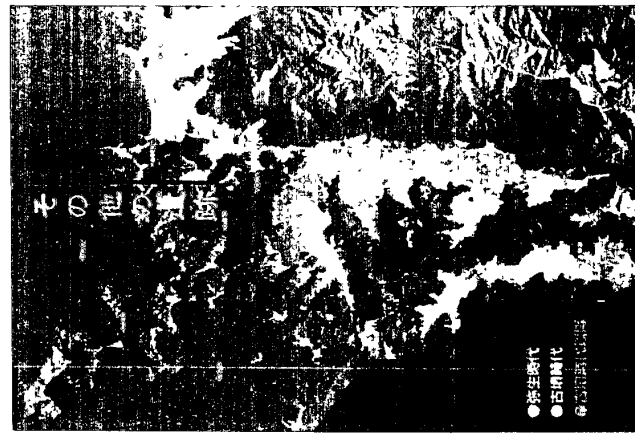
圖三十 沿斷層崖步行調查，發現此崖彎折，可能受後來地表逕流侵蝕，崖之部份應為斷層線崖。



圖三十一 本圖為圖二十九的右側剖面，同一地點可見敦賀斷層的地形及地質證據(左側為降側)。

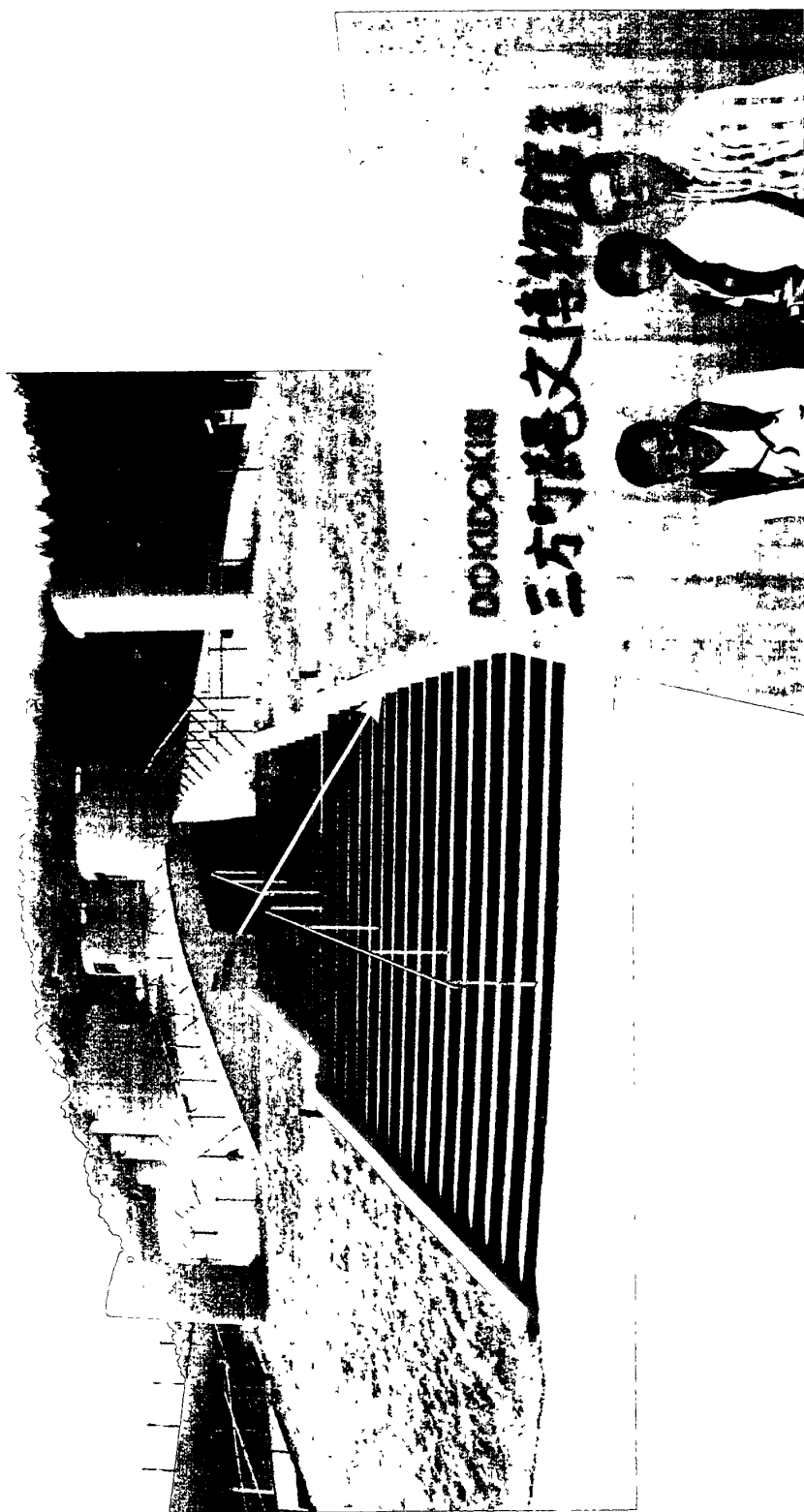


三方町遺跡ガイド その2



- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 井筒遺跡 ② 大谷遺跡 ③ 風神遺跡 ④ 山崎遺跡 ⑤ 田名遺跡 ⑥ 井井遺跡 ⑦ 江西遺跡 | <ul style="list-style-type: none"> ⑧ 田名遺跡 ⑨ 松高谷古墳群 ⑩ きよしの古墳群 ⑪ 女新古墳群 ⑫ 白旗北山古墳群 ⑬ 森島遺跡 ⑭ 小川遺跡 | <ul style="list-style-type: none"> ⑮ 三方御衝推定地 (横手遺跡) ⑯ 田名遺跡 ⑰ 角谷遺跡 ⑱ 田名遺跡 ⑲ 大島貝塚 ⑳ 白南北山古墳群 ㉑ 松高谷古墳群 |
|--|---|---|

圖三十二 三方斷層位置圖(小松原等，1999)及其附近古蹟分布圖(三方町縄文博物館，2001)



圖三十三 三方町縄文博物館。作者三人留影於該館入口處，由左至右為侯進雄、陳華玫、石同生
(日本地質調查所活動斷層中心執行長杉山雄一攝)

身近で見られる地震前兆現象

次のような現象が地震前に起きたと報告されている。これらの現象は電磁現象として説明できることが多く、検証実験も行った。

動物

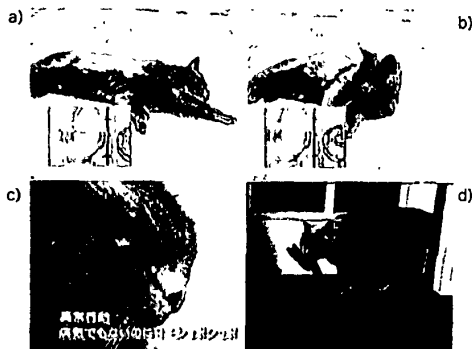
イヌ 悲しげに吠える、狂ったように暴れる
 ネコ 落ち着かない、裏声で鳴く
 ハムスター 暴れて仲間同士でかみ合う、必死で毛づくろいする
 インコ 高い声で鳴き騒ぐ、夜間でも飛び騒ぐ
 ミミズ 多数が土から出る、団塊になる

植物

オジギソウが葉を閉じる
 イネの葉に縮斑がつく
 季節はずれの狂い咲き



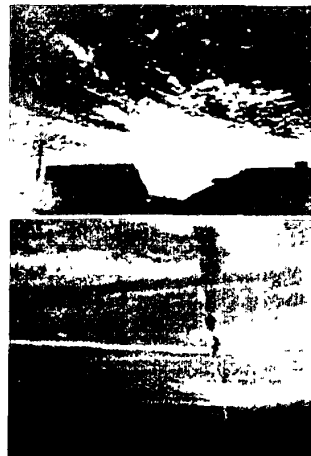
短時間の電磁波によって再現されたイネの縮斑



眠っているネコに電磁波を与えると、(b)気づいて、(c)目をショボショボさせ、(d)飼い主の靴下をくわえて部屋を出てきた。(TBS どうぶつ奇想天外より)

大気

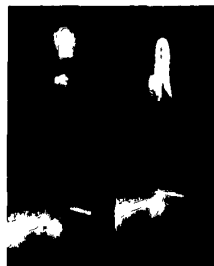
発光 空が明るくなる。空全体の稲光り
 地震雲 電巻雲やヘビ状の雲



(上) 1995年兵庫県南部地震とほぼ同時刻に撮影された地震発光(横田昇氏提供)
 (下) 1995年兵庫県南部地震前日の地震雲(杉江輝英氏提供)

生活

ろうそく 炎が弓なりに曲がる
 蛍光灯 光らなくなる
 蛍光灯 自然に点灯する。
 赤く発光する。
 ラジオ 雑音が入る。
 勝手にスイッチが入る。
 テレビ 画面が乱れる。
 チャンネルが自然に替わる。



静電気で曲がったろうそくの炎

地震の前兆かと思ったら、日時を記録し、念のために防災用品を準備しておきましょう。地震の1週間ほど前に前兆現象が観測されたという報告がよくあります。

圖三十四 幾種地震前兆現象。動物行為異常、稻桿白紋、燭火彎折、地震雲等。圖片係由大阪大學池谷元伺教授提供。

ナマズと地震

1. ナマズと地震

「地震前にナマズが大騒ぎをする」と古くから言われている。ナマズが地震を起こすわけではないが地震との関連は未だ決着がつかない。

2. 鋭い電気感受性

ナマズには他の淡水魚の約100万倍という鋭い電気感受性がある。これが地震とナマズを結びつける鍵である。捕食のために身につけた能力だと言われている。



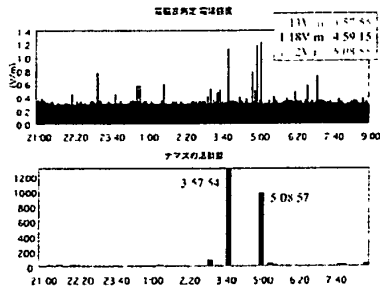
ナマズの電気受容器

3. 観測実績

2000年鳥取県西部地震の8日前、大阪でナマズの大暴れと強い電磁パルスが同時観測された。この時のナマズの活動量は年に一回あるかないかくらいの大きさだった。

写真は2001年3月23日に撮られたナマズの大暴れの様子。その翌日、安芸灘を震源とするM6.7の芸予地震が起こった。

ナマズの運動と電磁波の同時検出2000/9/28



芸予地震前日のナマズの大暴れ

ナマズの大暴れと強い電磁パルスの同時検出

4. ホームページ

ナマズの行動をデジタルカメラで常時観察し、活動量をグラフにしてホームページで公開している。http://catfish.ess.sci.osaka-u.ac.jp

圖三十五 鯰魚和地震。2000年日本鳥取縣西部地震的前八日，鯰魚的活動量及電磁波同時檢出變化。圖片係池谷元伺教授提供。

ナマズの活動量観測 ホームページ公開

なまじの部屋

<http://catfish.ess.sci.osaka-u.ac.jp>

なまじの部屋とは

写真はわたし（なまじ）の棲んでいる水槽です。わたしは一日のほとんどをすみかである塩ビパイプの中で過ごしています。わたしはCCDカメラで一日中見守られています。わたしが動けば、写真が撮られます。その動いた時の写真と写真の枚数を調べてわたしの活動量を定量化しようとするものです。



地震との関連が言われるナマズですが、研究のためには長期間の観測が必要です。このシステムではデータ処理までほとんど自動でできるため、負担が小さくてすみます。

注意して頂きたいのは、「ナマズが暴れる＝地震」ではないことです。雷によっても暴れたりします。またエサを食べる時も大きく動きます。そのためデータの解釈については注意が必要です。ただ、少なくともナマズの活動量が急激に増えた場合は念のため、注意をするというのはよいことだと思います。

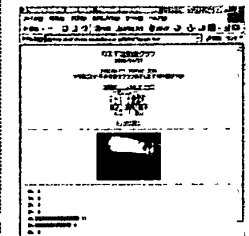
池谷研究室ではナマズ活動量観測の他にも電磁波観測も行っています。将来的にはこれらのデータもホームページ公開できるでしょうが、参考の一つ程度に考えて頂ければ幸いです。

なまじの自己紹介

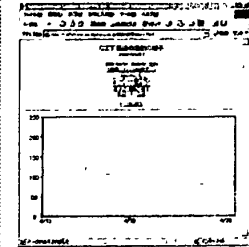
名前 池谷 なまじ
 年齢 もうすぐ2歳（平成12年5-6月生まれ）
 性別 不明（外見からは分かりません）
 体長 約30cm
 出身地 埼玉県（養殖場）
 現住所 大阪府豊中市 大阪大学大学院理学研究科池谷教授研究室
 職業 教授観察
 好きなもの シシャモ（週一度、一匹丸飲みします）
 友達 なまちゃん、なまぞう、なまやん（実験室在住）、なまきち（池田市在住）

ホームページ構成

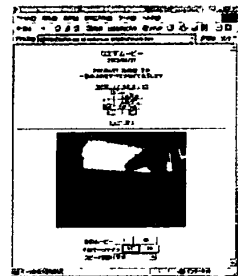
トップ
 このページから見たい日に行きます。



1日のムービー
 撮影された写真を一日分まとめて表示します。

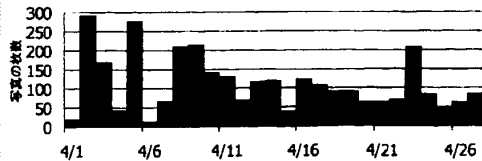


1時間ごとの活動度グラフ
 1日の活動量が棒グラフで表示されます。15分ごとに新しいデータに更新されます。



最近の活動の様子
 最近2週間の撮影枚数がグラフで表示されます。

最近のなまじ



圖三十六 鯰魚的活動量観測，該資訊二十四小時即時 (real time) 公布在網站上，此外也可以透過行動電話連線，收到最新訊息。圖片由池谷教授提供。