

琵琶湖周辺地域における強震動観測

松波 孝治・八里 哲也

SEISMIC OBSERVATIONS FOR STRONG GROUND MOTIONS AROUND LAKE BIWA

By *Koji MATSUNAMI* and *Tetsuya HACHIRI*

Synopsis

We are observing seismic waves from small to large earthquakes using the seismic observation network for strong ground motions deployed around Lake Biwa in Shiga Prefecture, since the March of 1992. The network consists of six stations. Two of them are on rock sites and the remaining 4 stations on soil sites. We can observe seismic motions in a wide range of particle velocity from 0.001 to 40 cm/s over a broad frequency-band from 0.017 to 45 Hz. To transfer observed data to our laboratory, we use a telemetering system by public telephone line. From comparisons of seismograms at rock sites and those at soil sites, we found a large amplification of seismic waves and a long duration of ground motions by a soft sedimentary layer.

1. は じ め に

地震被害を最小限に食い止めるためには、精度の高い被害予測を行い、この予測に基づいた地震防災対策を実施していくことが必要である。この被害予測は、対象とする地域の地震時の地動の予測結果に基づいて行われる。大地震時の地震動の予測のためには、対象とする地域に高密度な強震動観測網を展開し、将来、大地震の発生が予想される震源域付近で生じた小～中規模地震を多数観測する事により、震源特性、波動の伝播経路特性及び表層地質構造の地震動への影響等を精度良く評価する必要がある。しかしながら、西日本の強震動観測点は、地震活動の活発な南関東及び東海地域に比べて極めて少ない。

滋賀県に被害をもたらす地震には、紀伊半島沖から四国沖にかけた南海トラフ沿いの巨大地震と内陸部に発生する直下型の地震の2種類がある。南海トラフ沿いの巨大地震は、歴史的に見て繰り返し生じており、その再来周期は100～150年と言われている¹⁾。最近の地震考古学の知見によれば²⁾この再来周期はさらに短くなると考えられる。1946年に生じた南海地震(M=8.1)からすでに49年が経過しており、近い将来、大地震前の活動期に入るものと考えられる。一方、近畿地方内陸部に発生する地震もまた、歴史的に見て、大きな被害をもたらしてきており、特に京都、奈良、大阪周辺と琵琶湖周辺に大きな地震が頻発した。明治以降に限って見ても、1909年姉川地震(M=6.9)、1927年北丹後地震(M=7.5)、1936年河内大和地震(M=6.4)、1952年吉野地震(M=7.0)及び今回大被害をもたらした1995年兵庫県南部地震(M=7.2)等が挙げられる。このように近畿地方は被害地震を発生させる地震活動の能力が高く、特に滋賀県は琵琶湖周辺地域に多くの活断層(柳ヶ瀬、比良、花折断層等)を抱え、歴史的に見ても内陸直下型の被害地震に見舞われる可能性が高い。

近年、滋賀県においても高層建築物並びに長大構造物が増えており今後も増加することが予想される。

また、都市化の進行に伴う水・電気・ガス等の供給、交通・通信網等の都市システムの高密度化が進行している。これらはまだ大きな地震を経験しておらず、今回の兵庫県南部地震のような震度 7 クラスの地震に対する耐震性評価に基づく防災対策が急務となっている。しかしながら、耐震能力の評価のための地震動データは極めて不足しており、滋賀県下の地震防災対策を地震学、地震工学等の知見に基づき推進するには、県下に高密度の強震動観測網を構築し、大地震の発生が予想される震源域で生じる小～中規模地震の地震動データの取得が必要不可欠である。

上述の観点から、滋賀県消防防災課と防災研究所地震動研究部門では平成 3、4 年度の 2 カ年で琵琶湖周辺地域に広帯域で平坦な周波数特性を持った速度型強震計 3 成分から成る強震動観測点を 6 カ所に設置し、平成 4 年 3 月から本格的な地震動観測を開始した。これまでに 1993 年北海道南西沖地震 ($M=7.8$)、1994 年滋賀県北西部地震 ($M=5.2$)、1994 年京都府中部地震 ($M=4.6$) 及び 1995 年兵庫県南部地震 ($M=7.2$) 等多くの地震を良好に観測している。本報では強震動観測の概要を報告すると共に、観測された地震動記録の比較から推定できる琵琶湖周辺地域、特に湖南平野部の地震動特性について簡単な考察をする。

2. 滋賀県の地形と地質の概観

滋賀県はわが国最大の琵琶湖を中心として、周囲を北は野坂山地、東は伊吹山地、鈴鹿山地が、西は比叡・比良山地、南は田上山地が取り囲み、全体として盆地地形を形成している (Fig. 1 参照)。県境の山地の標高はおよそ 1,000 m から 1,300 m であり、琵琶湖の水面の標高は 83 m 余りとなっている。河川は瀬田川を除きその源流を県境の山地に持ち中央の琵琶湖にそそぐ。流路長は野洲川の 65 km 余り、安曇川の 57 km 余りを除けば何れも 50 km 未満と短い。何れも河床が流域地帯より高い天井川である。これは、山地の風化した花崗岩が長年月かけて押し出され河床に堆積したものである。琵琶湖の東方及び南東側は、丘陵、扇状地及び三角州等の低平地が広く分布している。一方、琵琶湖の北方及び西方は低平地の発達が乏しく、急峻な山地が琵琶湖にせまっている。

琵琶湖の前身となる湖は、数百万年前伊賀盆地のあたりで誕生した。その後、地殻変動の移り変わりを反映しながら少しずつ北へ向かって移動を続け、約 2 百万年前に現在の位置にたどりついた。琵琶湖湖底には深さ千 m 近くまで、粘土・砂・礫などの未固結の堆積物が厚く堆積しており、特に、湖底から約 250 m の深さまでが琵琶湖粘土層という特に柔らかい粘土で構成されており、この粘土は約 50 万年前から堆積を始めたと考えられている。湖底に柔らかい堆積物がこの様に厚く積もっているのは、琵琶湖を含む近江盆地が、かなりの速さで沈降を続けているからであり、この沈降は、現在まで繰り返されてきた琵琶湖周辺の陸上及び湖底の活断層の活動によるものと考えられている。

滋賀県の地質図を Fig. 1 に示す。県下の地質は、日本の地質構造から見ると、西南日本内帯に属し、その中でも丹波帯 (丹波—美濃帯) といわれる地質構造区分に属している。基盤は、湖の周囲に広く分布する秩父古生層及びそれを貫いて各地に露出する花崗岩である。これら基盤上には新生代第 3 紀中新統の鮎河層群 (鈴鹿山地西麓に分布) 及び新生代第 4 紀更新世の古琵琶湖層群 (湖の南東、南及び西側部分の丘陵を形成) が分布している。さらにこれら丘陵周辺部には段丘層が見られ、沖積層から成る平野部へと移行する。構造的には第 4 紀の六甲変動 (鈴鹿・比良山地の上昇) により生成された近畿トライアングルの北端部にあたる³⁾。

古生層は湖西の丹波山地、湖東の伊吹山地及び鈴鹿山地に分布している。丹波山地は石灰岩に乏しく、頁岩、砂岩及びチャート等から、伊吹山地は大部分石灰岩から、また鈴鹿山地は石灰岩を主体とする部分と石灰岩に乏しい部分とからそれぞれ成っている。花崗岩は県下各地の古生層の周辺に分布する。また花崗岩とほぼ同時に併入した (中世代白亜紀) 流紋岩類が鈴鹿山地西麓に分布 (湖東流紋岩) している。古

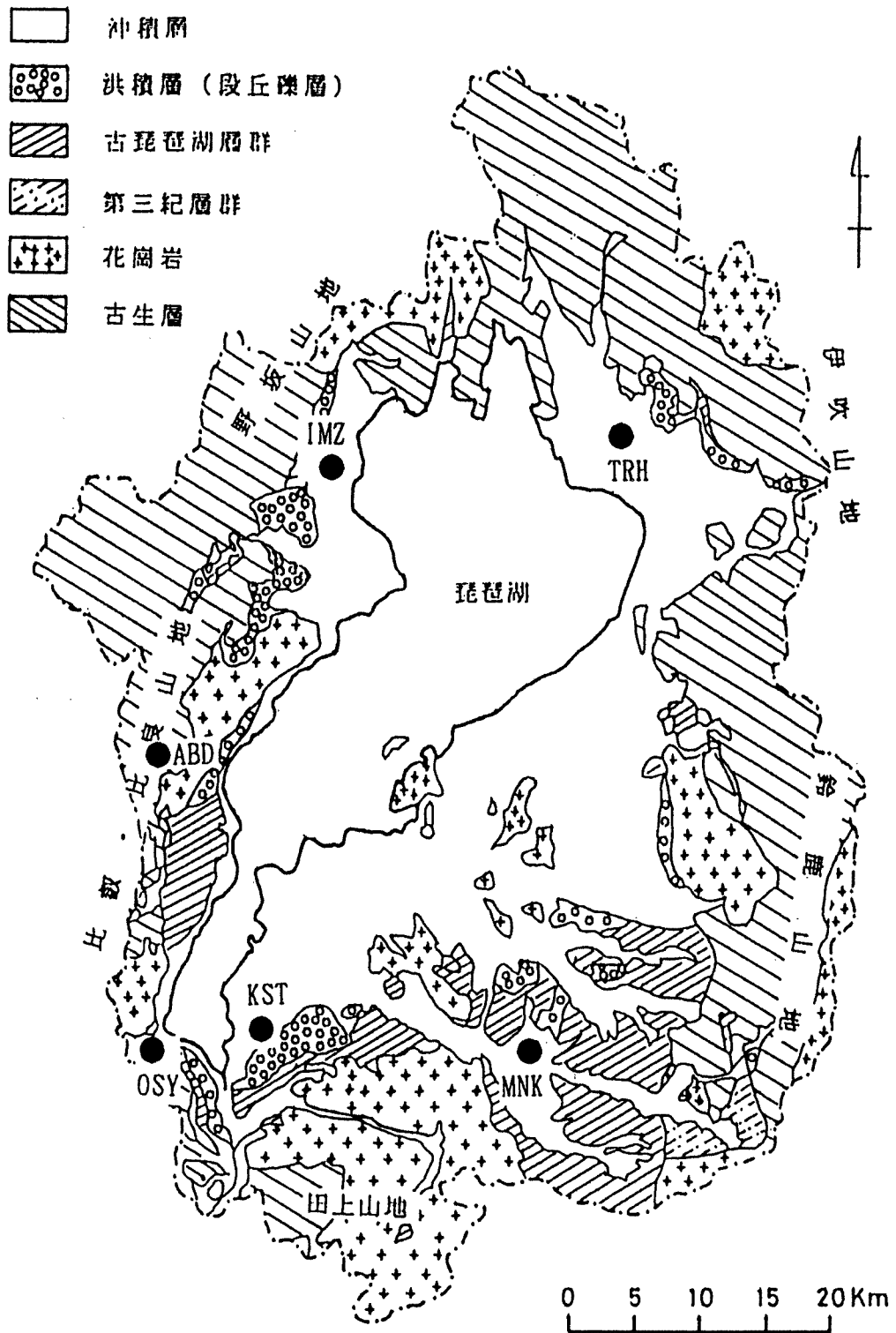
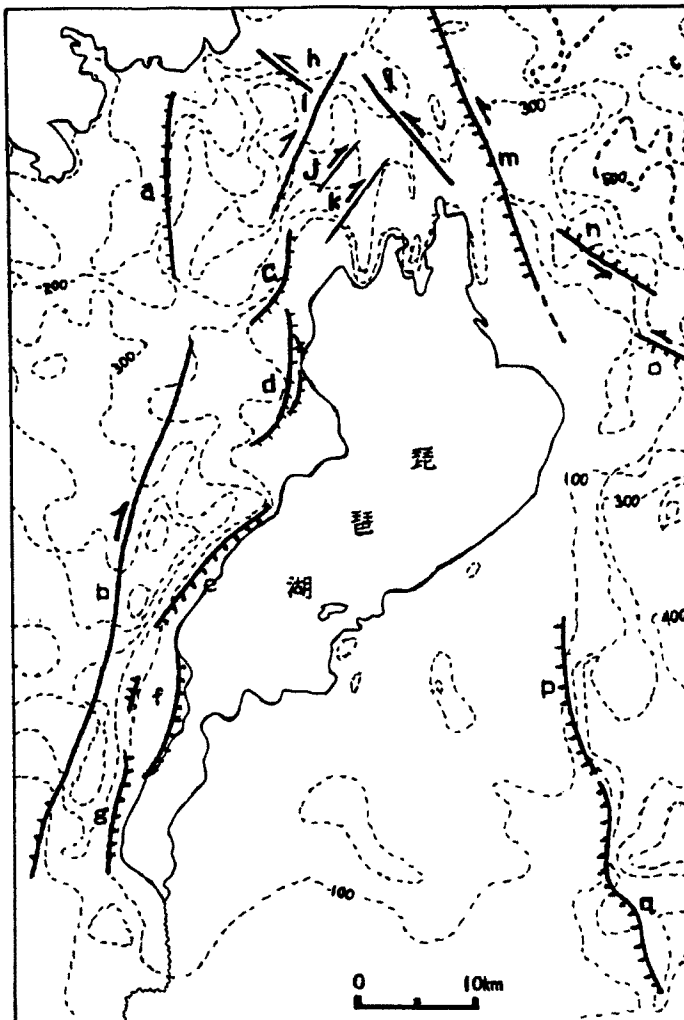


Fig. 1. Geologic map of Shiga and location of seismic station.

琵琶湖層群は、現在琵琶湖に生息する淡水貝などの化石を産し、湖成堆積物と考えられている。層相は、未固結の礫、砂及び粘土の互層で丘陵部では露出し、平野部では沖積層下部に厚く存在する。段丘層は、周辺の山地から琵琶湖に注いだ古い河川に沿って発達した平野、氾濫源及び扇状地等が河川の侵食作用により階段状に取り残され形成されたものである。沖積層は、約1万5千年前から現在までに堆積した層を指し、主として琵琶湖周辺に発達する平野部の表層に分布する。

滋賀県を含む近畿・中部地方は、わが国でも活断層分布密度の最も高い地帯として知られている。Fig. 2に琵琶湖周辺の陸上で認定できる活断層を示す⁴⁾。特に、湖の西岸沿いに多くの活断層が発達している。北から酒波断層・饗庭活断層群・比良断層・堅田断層・比叡断層である。これらはまとめて活動して大地震を引き起こすと考えられるので、一括して琵琶湖西岸活断層系と呼ばれる。この活断層系の西側に花折断層が並行している。花折断層は、北北東～南南西方向に伸び、高島郡水坂峠付近から京都盆地東縁に至る延長数10 kmの断層であり、右横ずれを主体とした活動を行っている。断層北部では東側が下がり、南部では西側が下がる様な垂直方向の変位も伴っている。琵琶湖北岸から若狭湾にかけての地帯は、近畿・中部地方のなかでもさらに活断層密度の高い地帯である。路原断層・駄口断層・敦賀断層・野坂断層・集福寺断層などが発達している。これらの活断層は長さ10 km ないし15 km あるいはそれ以下の比



- a: 三方断層
- b: 花折断層
- c: 酒波断層
- d: 饗庭活断層群
- e: 比良断層
- f: 堅田断層
- g: 比叡断層
- h: 野坂断層
- i: 敦賀断層
- j: 駄口断層
- k: 路原断層
- l: 集福寺断層
- m: 柳ヶ瀬断層
- n: 鍛冶屋断層
- o: 関ヶ原断層
- p: 百済寺断層
- (c～g: 琵琶湖西岸
活断層系)

Fig. 2. Distribution of active faults.

較的短いもので、そのほとんどが横ずれ成分の卓越した活動をしている。湖の北東岸には柳ヶ瀬断層が発達している。福井県坂取付近から伊吹山麓付近まで達する延長 40 km 近い断層で、左ずれ変位をしながら、西側が相対的に沈降するような動きを示している。

文献⁹⁾や地震史から、県内に被害をもたらした地震の震央分布を Fig. 3 に示した。また、Table 1 に発

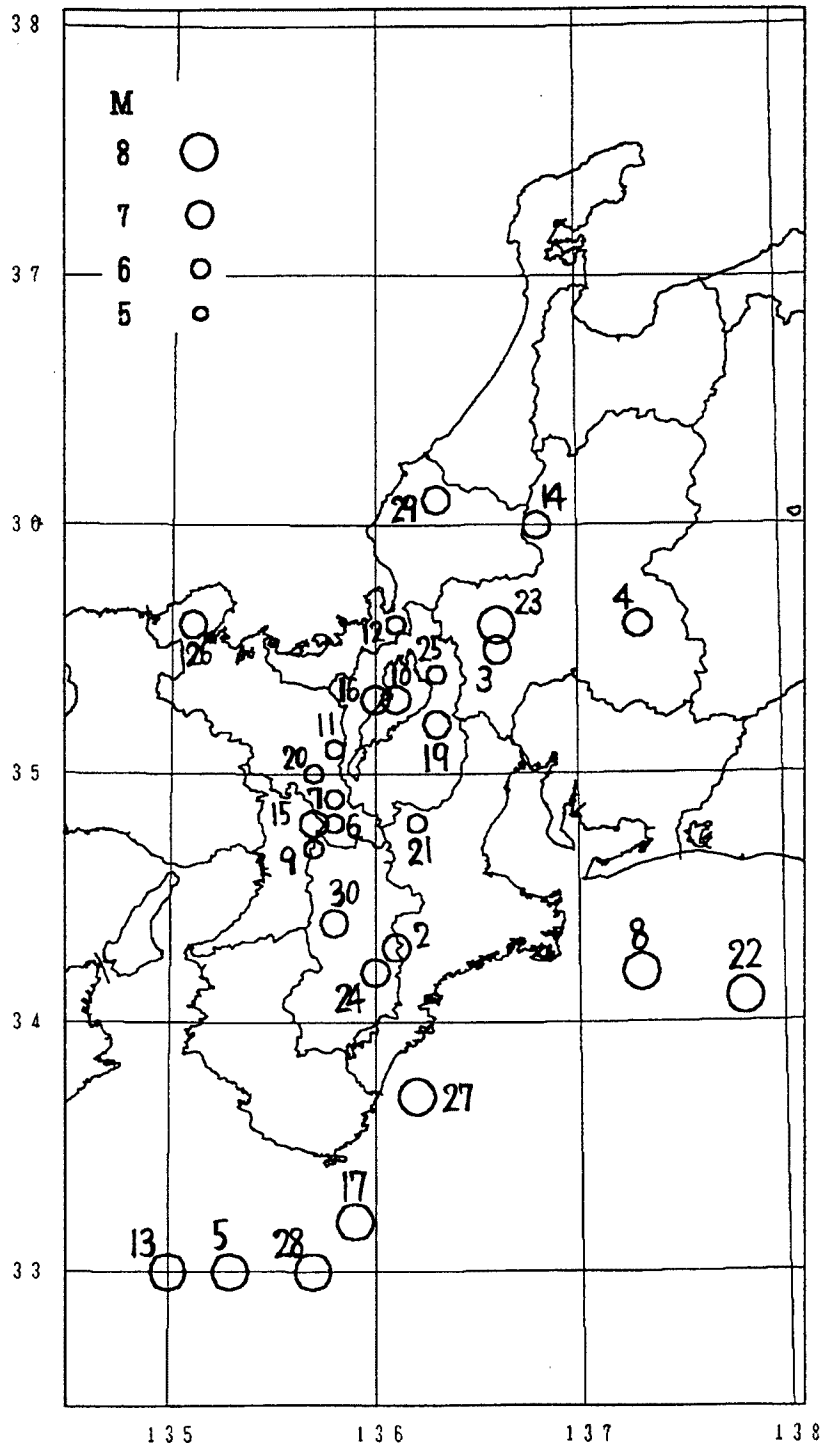


Fig. 3. Epicenter location of damage earthquakes in Shiga.

Table 1. List of damage earthquakes in Shiga

番号	時 代	年 月 日	西 暦	震 域	震 源 北緯° 東経°	M	備 考
1	大 和	推 古 7. 4. 27	599	大和		7.0	
2	奈 良	天 平 6. 4. 7	734	近畿諸国	34.3 136.1	7.0	
3	"	天 平 17. 4. 27	745	美濃	35.5 136.6	7.9	
4	"	天平宝字 6. 5. 9	762	美濃・飛騨・信濃	35.6 37.3	7.4	
5	平 安	任 和 3. 7. 30	887	南海道・東海道	33.0 135.3	8.6	
6	"	天 慶 1. 4. 5	938	山城・大和・紀伊	34.8 135.8	6.9	
7	"	貞 元 1. 6. 18	976	山城・近江	34.9 135.8	6.7	
8	"	永 長 1. 11. 24	1096	畿内・東海・南海	34.2 137.3	8.4	
9	"	康 和 1. 1. 24	1099	京都・畿内	34.7 135.7	6.4	
10	鎌 倉	文 治 1. 7. 9	1185	近江・山城	35.3 136.1	7.4	
11	"	文 保 1. 1. 5	1317	京都(白河辺)	35.1 135.8	6.7	
12	"	正 中 2. 10. 21	1325	近江北部	35.6 136.1	6.7	
13	室 町	正 平 16. 6. 24	1361	畿内・南海道一部	33.0 135.0	8.4	
14	安土桃山	天 正 13. 11. 29	1585	東海・東山・北陸・畿内	36.0 136.8	7.9	
15	"	慶 長 1. 7. 13	1596	京都・畿内	34.8 135.7	7.0	伏見地震
16	江 戸	寛 文 2. 5. 1	1662	畿内・東海・東山道	35.3 136.0	7.6	大溝地震
17	"	宝 永 4. 10. 4	1707	畿内・東海・南海等	33.2 135.9	8.4	
18	"	享 和 1. 10. 22	1801	近江			
19	"	文 政 2. 6. 12	1819	近江・伊勢	35.2 136.3	7.4	
20	"	天 保 1. 7. 2	1830	京都及び隣国	35.0 135.7	6.4	
21	"	安 政 1. 6. 15	1854	伊賀・伊勢・大和・近江	34.8 136.2	6.9	
22	"	" 1. 11. 4	1854	東海・東山・南海	34.1 137.8	8.4	安政大地震
23	明 治	明 治 24. 10. 28	1891	美濃尾張等	35.6 136.6	8.4	濃尾地震
24	"	" 32. 3. 7	1899	紀伊・大和	34.2 136.0	7.6	
25	"	" 42. 8. 14	1909	姉川流域	35.4 136.3	6.9	姉川地震
26	昭 和	昭 和 2. 3. 7	1927	丹後	35.6 135.1	7.4	北丹後地震
27	"	" 19. 12. 7	1944	東南海沖	33.7 136.2	8.0	東南海地震
28	"	" 21. 12. 21	1946	南海道沖	33.0 135.7	8.1	南海道地震
29	"	" 23. 6. 28	1948	福井平野	36.1 136.3	7.2	福井地震
30	"	" 27. 7. 18	1952	奈良県中部	34.4 135.8	7.0	吉野地震

生年月日・震域・推定マグニチュード等を示した。なお、Fig. 3の震央の番号とTable 1の地震番号とは一致する。特に、県内が震源地であったのは10, 12, 16, 19及び25番の地震であった。

10番の地震(推定マグニチュード7.4)は、1185年(文治元年、鎌倉幕府の開かれた年)に発生し、震源は琵琶湖湖底と推定されている。京都では皇居等が壊れ、宇治橋も落ち、比叡山根本中堂が北に傾いた。また、湖水が北に流れ、水位が4～5段も減り、湖辺の田は3町ほど地裂け淵となったとも伝えられている。

12番の地震(推定マグニチュード6.7)は、1325年(正中2年、鎌倉時代末)に発生し、震源地が高島郡マキノ町の東北端付近と推定され、琵琶湖北岸の活断層の活動によるものと考えられる。この地震により、琵琶湖北方の山くずれ(国境付近の愛発の中山崩れ)及び竹生島の一部の崩壊があった。

16番の地震(推定マグニチュード7.6)は、1662年(寛文2年、江戸時代)に発生し、大溝地震とも寛文の大地震ともいわれるもので、滋賀県に一番影響を与えた地震と思われる。震源地は湖の西岸で、琵琶湖西岸活断層系の活動によるものと考えられており、この地震は琵琶湖西岸地震と呼ばれている。湖西と京都に大きな被害があり、特に高島郡では、山崩れによって安曇川がせき止められ、朽木で水没が起き大被害をもたらした。また、この地震で琵琶湖沿岸の陸地が広域的に水没した。

19番の地震(推定マグニチュード7.4)は、1819年(文政2年、江戸時代後期)に発生し、震源地は湖東であった。湖東、京都及び奈良で大きな被害があった。金沢でも被害があり、江戸で長くゆれ安芸・因幡でも有感であった。マグニチュード7.4の地震にしては地変被害の記述が少く震源が深かった可能性がある。この地域に生じた最近の地震としては、1994年滋賀県北西部地震(M=5.2、深さ37km)がある。

25番の地震(マグニチュード6.9)は、1909年(明治42年)に発生したいわゆる姉川大地震である。この地震は湖北の虎姫町～東草野村付近を震源として起こり、柳ヶ瀬断層系の活動によるものと考えられ

る。東浅井郡を中心に局地的に大きな被害をもたらした。

上で述べたように、県下には琵琶湖西岸層系、琵琶湖北岸活断層群及び柳ヶ瀬断層等の活断層があるが特に琵琶湖北岸断層群は1325年以来マグニチュード6規模の地震は発生していない。更に琵琶湖西岸では1662年の地震以来マグニチュード7規模の地震は発生していない。今後、これらの活断層については厳重な監視が必要と考えられる。

3. 観測点と観測方法

各観測点の位置及び所在地を Table 2 に示す。また Fig. 1 に県内における観測点の配置状況を示す。

Table 2. Station location

No.	観測所名	施設名	所在地	東経度	北緯度
01	葛川 (ABD)	滋賀県地震観測施設	大津市葛川坂下町アソビ谷 774	135.851 E	35.209 N
02	逢坂山 (OSY)	京都大学逢坂山地殻変動観測所	大津市逢坂山一丁目 114-2	135.861 E	34.998 N
03	草津 (KST)	湖南農業高等学校	草津市草津町上蓮田	135.958 E	35.011 N
04	水口 (MNK)	水口高等学校	甲賀郡水口町梅が丘 3-1	136.170 E	34.968 N
05	虎姫 (TRH)	五村別院及び東浅井郡消防本部	東浅井郡虎姫町大字五村	136.265 E	35.416 N
06	今津 (IMZ)	高島高等学校	高島郡今津町今津 1936	136.035 E	35.403 N

Table 3. Specification of observation instruments

仕様項目	速度型 IC カード式強震計
製造会社	株式会社 東京測振
	換振器：サーボ型速度計 VSE-11, 12 記録器：CV-901 VR
測定成分	水平動 2 成分, 上下動 1 成分
測定地動速度範囲	0.001 ~ 40 cm/S
測定周波数範囲	0.017 ~ 45 Hz
遅延時間	5 ~ 40 秒
A/D 変換	16 bit
標本化周波数	200 Hz (記録時には 100 Hz に変換する)
低域通過型入力 フィルター	しや断周波数 45 Hz 減衰傾度 -12 db/oct (パターワース型)
時刻精度	1 / 200 秒以内 (NHK 放送の時報信号による自動修正)
記録方法	IC カード (1 Mbyte) × 4 枚
1 ファイルの記録時間	109 秒間
最大記録ファイル数	16 (ファイル / 枚) × 4 (枚)
起動レベル	0.01 cm/S から 0.01 cm/S 単位で設定
起動論理	3 成分の AND, OR, 2 AND から選択
テレメタリング機能	RS-232 C インターフェイスを使用して, NTT 公衆電話回線による
通信方法	全二重, 調歩同期式
通信速度	最高 2400 bps
電源	AC-100 V 又は DC-12 V (耐雷トランス付)
消費電力	約 20 VA
停電保証	停電後 3 時間

これら観測点の中で ABD 及び OSY は岩盤上にある。ABD は地震活動の活発な花折断層上付近にあり、OSY は比叡断層南端部分付近の防災研究所地震予知研究センター逢坂山観測所坑道内にある。その他の観測点 (KST, MNK, TRH 及び IMZ) は地盤上に設置されている。

観測システムのブロックダイアグラムを Fig. 4 に示す。また、各機器の仕様を Table 3 に示す。これら

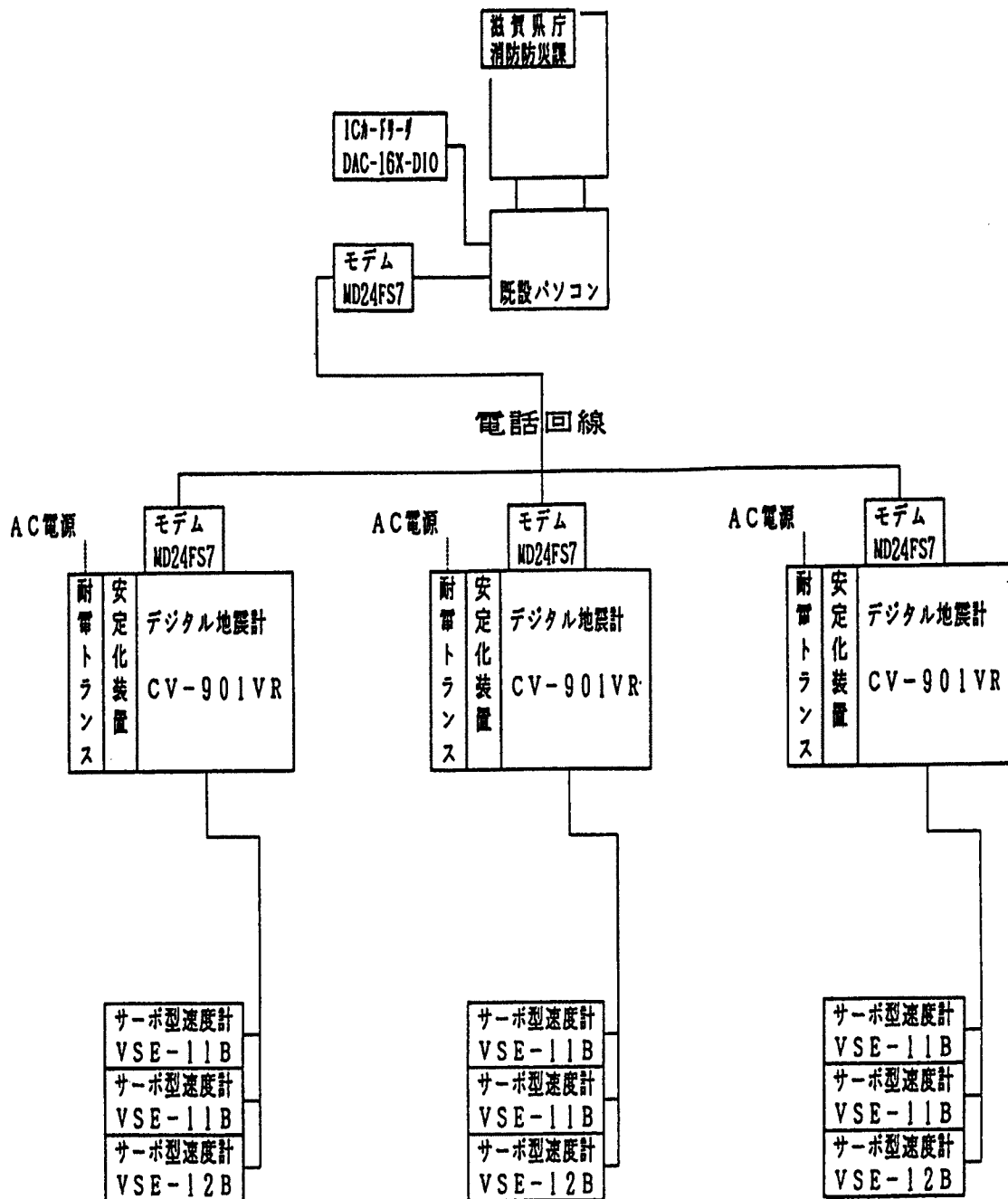


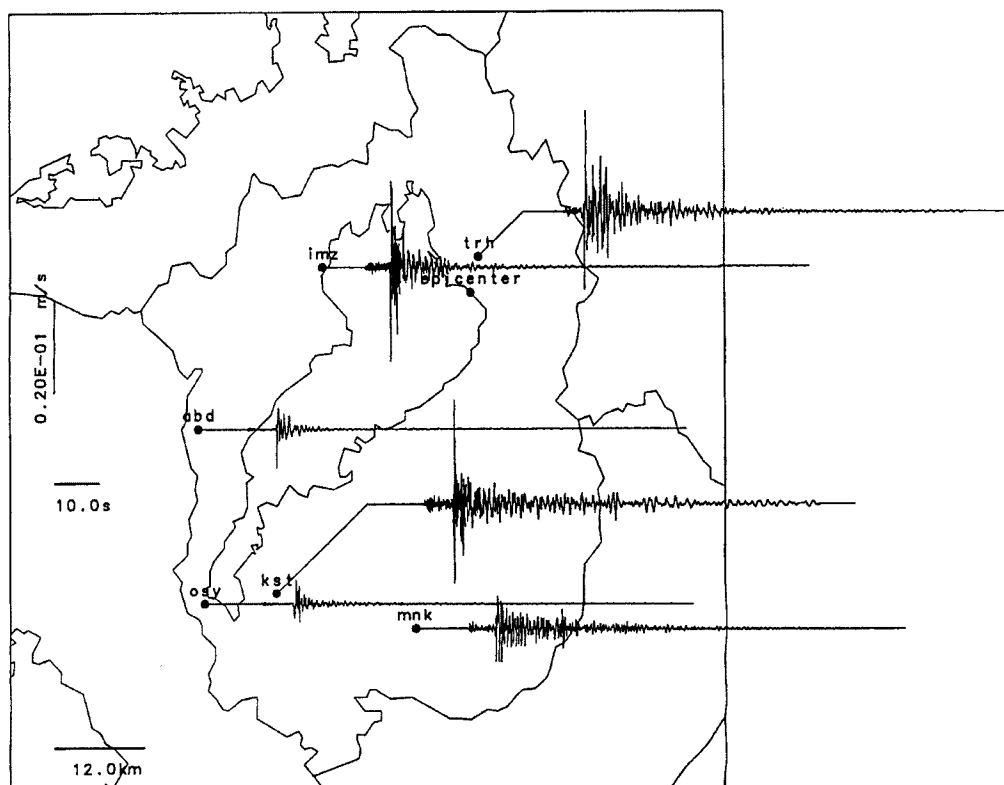
Fig. 4. Block diagram of observation system.

に基づいて観測システムの概要を以下に述べる。まず、 $0.001 \sim 40 \text{ cm/s}$ の地動速度を観測できる速度サーボ型地震計 (VSE) 3 成分で地震波形をとらえ、それを遮断周波数 (fc) 45 Hz 、減衰傾度 -12 dB/oct の低域通過型フィルター (LPF) に通した後、 200 Hz のサンプリング周波数で 16 bit の分解能を持つ AD 変換器 (ADC) によりデジタル化する。このデジタル波形は不揮発性の IC カードに記録される。この IC カード型デジタルレコーダは、公衆電話回線によるテレメタリング機能を持っている。このため、記録データは県消防防災課及び防災研究所に設置されているパーソナルコンピュータを用いて随時観測点から転送され、ハードディスクに収録される。いずれの観測点においても、1 時間ごとにラジオの時報を用いて時刻校正を行っているため、時刻精度は誤差 $\pm 0.005 \text{ 秒}$ 以内である。

4. 観測記録例とその比較

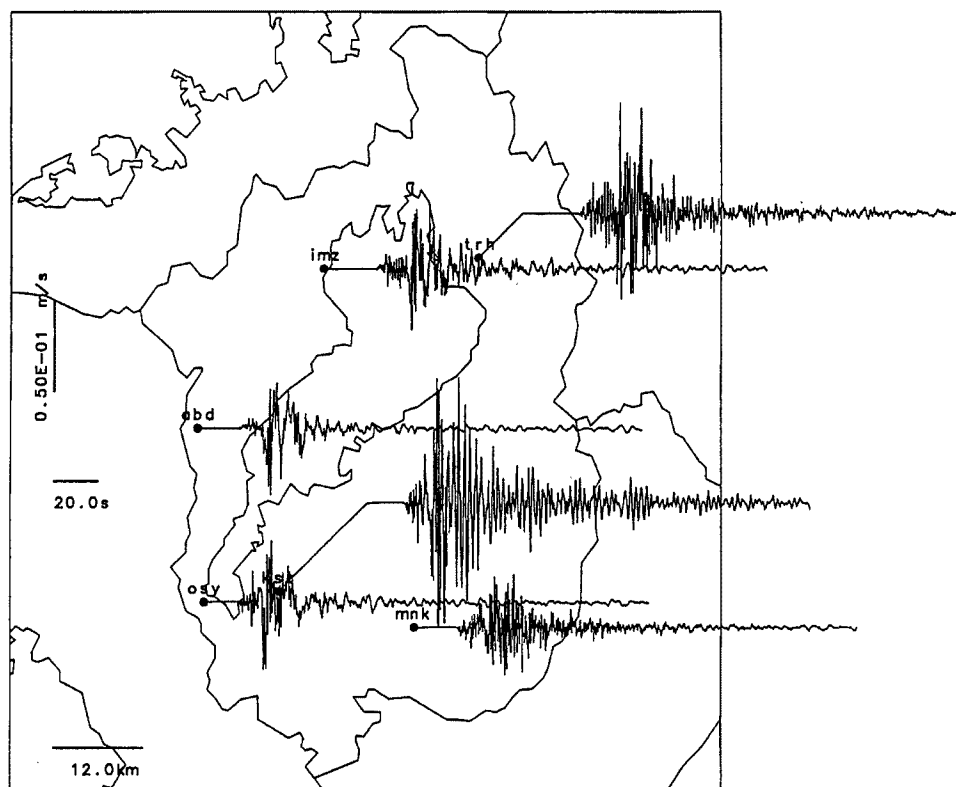
本強震観測網により観測された記録は滋賀県生活環境部消防防災課発行の「地震観測記録報告書」に詳しく報告されている^{6),7)}ここでは、県内に震源を持つものとして 1994 年滋賀県北西部地震 ($M = 5.2$) の記録を、また今回淡路・神戸に大被害をもたらした 1995 年兵庫県南部地震 ($M = 7.2$) の記録をそれぞれ Fig. 5 と Fig. 6 に示す。滋賀県北西部地震の震央は彦根付近で震源の深さは 38 km であった。彦根地方気象台における震度は 4 であり、県内における震度 4 の揺れは 1963 年 3 月に発生した越前岬沖地震以来であった。兵庫県南部地震は明石海峡付近を震央とし、彦根地方気象台の震度は 5 と報告されている。

Fig. 5 の滋賀県北西部地震の記録を岩盤上の観測点 (OSY, ABD) を基準に比較すると、水平 2 成分に



1994年5月28日17時04分滋賀県北西部の地震の東西動速度記録。

Fig. 5. Seismograms of the 1994 Shigaken-hokuseibu earthquake.⁷⁾



1995年1月17日5時46分兵庫県南部地震の東西動速度記録.

Fig. 6. Seismograms of the 1995 Hyogoken-nambu earthquake.⁷⁾

において地盤上観測点の震動が大きい。特に KST では近傍岩盤上観測点 OSY と比較して明瞭である。Fig. 6 の兵庫県南部地震の記録についても同様の比較をすると、特に KST 及び TRH での震動が大きくしかも震動継続時間が他の観測点に比して長い。琵琶湖岸で軟弱地盤地域と考えられる KST (草津) では特にこの傾向が強い。

ここでは特に KST の地盤の震動特性を考察するために、近傍岩盤観測点である OSY を基準点として KST と OSY の S 波主要動部分 (S 波の立ち上がりから約 5 秒間) のスペクトル比 (KST/OSY) を検討する。解析された地震は滋賀県北西部地震 (940528)、京都府中部の地震 (940628) 及び兵庫県南部地震 (950117) である。水平 2 成分のスペクトルをそれぞれ求め各周波数成分毎にベクトルの的に合成したものをを用いて 2 点間の比を計算した。水平 2 成分の合成スペクトルはバンド幅 1 Hz の Parzen 型のウィンドウにより平滑化された。Fig. 7 にスペクトル比を示す。まず 4～9 Hz に共通してスペクトルの山が見られ、これはおよそ 4～5 Hz、8 Hz のピークから成っているように見える。また 2～3 Hz にも共通してピークが見られる。増幅率は地震によりばらつきを示している。2～3 Hz 付近の増幅率は約 1～7 倍であるが、特に 4～5 Hz と 8 Hz 付近ではそれぞれ 3～10 数倍及び 5～20 数倍と非常に大きい。

5. お わ り に

滋賀県消防防災課と防災研究所地震動部門では平成 3、4 年度の 2 カ年で琵琶湖周辺地域に広帯域で平

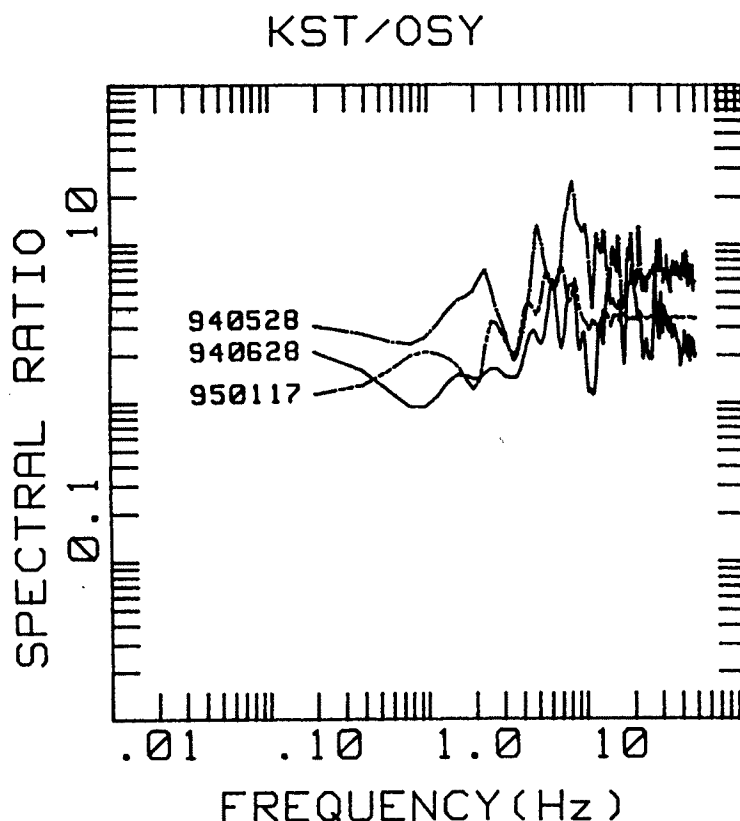


Fig. 7. S-wave spectral ratio of KST on soil site to OSY on rock site.

坦な周波数特性を持った速度型強震計 3 成分から成る強震動観測点を 6 カ所に設置し、平成 4 年 3 月から本格的な地震動観測を開始した。これまでに 1993 年北海道南西沖地震 ($M=7.8$)、1994 年滋賀県北西部地震 ($M=5.2$)、1994 年京都府中部地震 ($M=4.6$) 及び 1995 年兵庫県南部地震 ($M=7.2$) 等多くの地震を良好に観測している。兵庫県南部地震の際に湖南の琵琶湖岸地域の KST (草津) では最大 11 cm/s で長い震動継続時間の揺れが観測された。マグニチュード 7 規模の直下型地震ではこの数倍の強い揺れがあると予想される。KST 近傍の岩盤上観測点の OSY (逢坂山) の記録との比較からは、震動継続時間が伸びると共に S 波主要動部分の 2～3 Hz、4～5 Hz 及び 8 Hz 成分の増幅率は観測された最大値の場合で 7～20 数倍と非常に大きい。県下には琵琶湖西岸断層系、花折断層、琵琶湖北岸活断層群及び柳ヶ瀬断層等の活断層があるが特に琵琶湖北岸活断層群では 1325 年以来マグニチュード 6 規模の地震は発生していない。琵琶湖西岸では 1662 年の地震 ($M=7.6$) 以来、マグニチュード 7 規模の地震は発生していない。今後、これらの活断層については厳重な監視が必要である。近年湖南地域は開発が進み、工場、住宅、ホテル等が急速に増えている。また新幹線及び名神高速道路等が走る交通の要衝でもある。今後本観測網の記録をもとに、想定される直下型地震による強震動予測を進める必要がある。

謝 辞

本観測を推進するにあたり、京都大学防災研究所地震予知研究センターの重富国広氏をはじめ、湖南農業高校、水口高校、高島高校、東浅井郡消防本部及び虎姫町五村別院の方々に多大な便宜をはかって頂き、また、色々な面でご協力頂いた。ここに心から感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) Mogi, K. : Sequential occurrences of recent great earthquakes, J. Phys. Earth, 16, 1968, pp. 30-36.
- 2) 寒川旭：遺跡から得られた過去の地震情報，地学雑誌，99，1990.
- 3) 藤田和夫：日本の山地形成論，蒼樹書房，1983.
- 4) 活断層研究会：新編日本の活断層.
- 5) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，東京大学出版会，1987.
- 6) 地震観測記録報告書：滋賀県生活環境部消防防災課，No. 1，1994.
- 7) 地震観測記録報告書：滋賀県生活環境部消防防災課，No. 2，1995.