

38. 紀伊半島の局地地震 (第5報)

——1957~1962 年における微小地震観測網の
整備と同期間の地震活動——

地震研究所 { 宮村 摂 三
堀 実
松本 英 照

(昭和 40 年 7 月 20 日発表—昭和 41 年 3 月 31 日受理)

摘 要

1952~1956 年 4 回にわたって実施した和歌山附近局地地震群の臨時精密観測につづいて、1957~1962 年にわたって、紀伊半島全体に観測網をひろげ、高感度地震計の依託観測により経常的に微小地震活動調査をおこなうことをこころみた。当然ここではまず観測計器、観測方法の開発が中心となつた。したがって経常的地震活動調査としてはいろいろ不十分の点もおおかつたが、以後の微小地震観測事業のための基礎となる貴重な経験をつむことができた。その結果によつて 1963 年度以降本邦地震活動度調査事業として各機関に計器整備がおこなわれ微小地震観測が各地で実施されるようになった。ここにその前段階としての紀伊半島微小地震観測網の整備進行の実情をのべ、またその間にえられた実際の経験などをまとめた。また不満足ではあるがえられた観測結果からこの期間の紀伊半島の地震活動の概況をのべた。

§ 1. 序 言

1949 年後半よりふたたび活動期にはいつた和歌山市附近の局地地震活動については、さきにわれわれのおこなつた 1952~1956 年の 4 回にわたる臨時精密観測によりほぼその全貌があきらかにされた^{1,2)}。すなわち局地性群発地震の活動は紀の川を北限とし、南は大体有田川流域にいたる長湊変成帯、南北約 20 数 km 東西約 20 km のごくかぎられた地域に集中しており、その震源も地質構造と対比してかんがえうるような極浅発のもので、ほぼ 10 km 以浅であることがわかつた。なお観測網外の湯浅以南の非変成秩父果帯から四万十地帯にゆくと震源はややふかく 10~30 km にまで分布し、極浅発のものはあまり存在しないらしいことも推定された。

さきにのべたように 1952~1956 年におこなつた 4 回の観測はいずれも年に 1~2 カ月程度のかぎられた短期間のもので、この地域の継続的地震活動度をしるには不十分であつ

- 1) S. MIYAMURA, "Local Earthquakes in Kii Peninsula, Central Japan. Part III. Temporary Seismological Network in the Neighbourhood of Wakayama," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **37** (1959), 609~635.
- 2) S. MIYAMURA, "Local Earthquakes in Kii Peninsula, Central Japan. Part IV. Location of Earthquakes by the Temporary Network of Stations near Wakayama," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **38** (1960), 71~112.

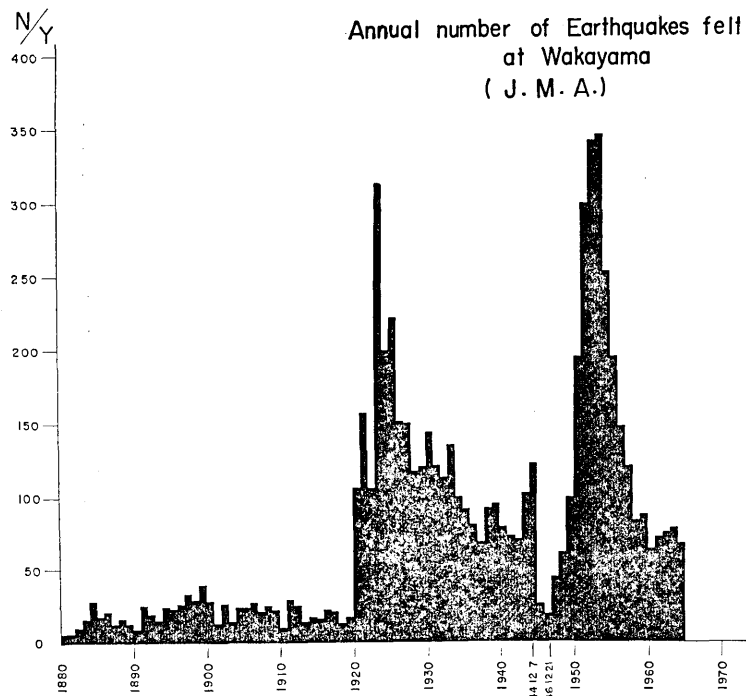


Fig. 1. Number of earthquakes felt at the Meteorological Station of Wakayama for 1880-1964. Between two swarm activities of 1920-30 and 1950-1960, two big earthquakes in the Pacific off the Kii Peninsula occurred on Dec. 7, 1944 and Dec. 21, 1946. (Indicated by arrows)

た。そこでわれわれはこれらの局地地震の活動度の経年的変化およびこの種の活動が紀伊半島の他の地域にも存在するか、あるいはさきに今村明恒ら³⁾の指摘したようなこれらの局発性頻発地震と南海地震 (1946) などの大地震を発生する外側地震帯の地震活動との関連性の有無、あわせて紀伊半島全般の地震活動度特に微小地震について調査をするため、すでに臨時観測調査期間中より加速度計による常時観測を委託していた 2~3 の点にくわえて、1957 年以降前記目的のための経常的観測網の拡大を計画した。Fig. 1 にしめした和歌山での有感地震回数の消長でわかるように 1953 年ごろを頂点に局地地震群活動は次第におとろえる傾向にあり、一方かぎられた観測点で紀伊半島全体の地震活動をしらべる必要からもさらに高感度の観測が必要となつた。そこでわれわれは観測装置の改善、観測方式の研究などをおこない依託常時観測により電子地震計をもちい高感度観測をおこなうことを計画した。以下その観測網の整備の状況、使用計器、観測方法、観測結果の一部についてのべる。

- 3) A. IMAMURA, T. KODAIRA and H. IMAMURA, "The Earthquake Swarms of Nagusa and Vicinity," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 10 (1932), 636~648.

§ 2. 観測網の概要

本期間に観測をおこなったそれぞれの観測点名称, 位置, 観測担当者, 主要計器, 設置年月などを Table 1 にかかげ, Table 2 には各観測点の座標を黒島一等三角点 ($\varphi=34^{\circ}00.8'N$, $\lambda=135^{\circ}05.6'E$, $h=121.6m$) を原点とし, $+x$ を N, $+y$ を E とし, $+z$ はふかさをあらわすよう下方にとり, 右手系直角座標によりその単位は km でしめし, またそれぞれの点の経緯度も併記した.

またこれらの観測点の位置は Fig. 2 にしめし各点の地震計, 観測室の関係位置などは Fig. 3 にしめた.

和歌山 (Wk), 海南 (Kn), 動木 (Td), 有田 (Ar) の紀北の各観測点は中央構造線南側にそう長瀬変成帯の結晶片岩の岩盤上にあり, 湯浅 (Ys) は非変成古生層基盤にうすくのる沖積層上に, 甲斐川 (Kk), 猿谷 (St) は中世代日高川層群 (四万十層群), 七川 (Sk) は白亜紀または古第三紀に属する牟婁層群の頁岩乃至粘板岩の岩盤上にある. 東部の飯南 (In)

Table 1. List of the stations of the Earthquake Research Institute in Kii Peninsula, Central Japan, 1957-1962.

名 称	観測場所	位 置	観 測 者	主要計器	観測期間
Name	Place	Location	Observer	Instruments	Obs. Period
和歌浦 (Wk)	和歌山観測所	和歌山市和歌浦 685	今 村 久	電子地震計 (上 下 動)	April, 1956 ~Jul., 1958
海 南 (Kn)	和歌山県立 海南高等学校	和歌山県海南市 大 野 中	片 山 伴 蔵 小 坂 光 一	石本式加速度 地震計(3成分)	July, 1953 ~1962
動 木 (Td)	和歌山県立 大成高等学校	和歌山県海草郡 野上町動木	新谷垣内正巳	石本式加速度 地震計(3成分)	March, 1954 ~1962
有 田 (Ar)	和歌山県営有田 工業用水道管理所	和歌山県有田市 下 中 島 28	青 木 安 松	電子地震計 (上 下 動)	Dec., 1958 ~1962
湯 浅 (Ys)	和歌山県立 耐久高等学校	和歌山県有田郡 湯 浅 町	新屋兼次郎	石本式加速度 地震計(3成分)	Jan., 1953 ~1962
甲斐川 (Kk)	関西電力(株) 甲斐川発電所	和歌山県日高郡 竜神村福井	山口竜次郎 井 原 好 三	電子地震計 (上 下 動)	Feb., 1957 ~1962
潮 岬 (Sm)	潮岬測候所	和歌山県西牟婁 郡串本町潮岬	測 候 所 員 地震観測員	電子地震計 (上 下 動)	Dec., 1957 ~Mar., 1958
七 川 (Sk)	和歌山県営七川 えん堤管理事務所	和歌山県東牟婁 郡古座川町佐田	原 敏 勝	電子地震計 (上 下 動)	Apr., 1958 ~1962
猿 谷 (St)	建設省猿谷 ダム出張所	奈良県吉野郡 大塔村猿谷	寺 本 久 嗣	電子地震計 (上 下 動)	May, 1960 ~1962
飯 南 (In)	三重県立 飯南高等学校	三重県飯南郡 飯南町粥見	朝 倉 一 昭* 平 生 田 央 武 田 浩	電子地震計 (上 下 動)	Apr., 1956 ~1962

* 1959....死去

Table 2. Coordinates and location of the stations. Origin of the coordinate system is taken at the 1st class triangulation point of Kuro-sima, 135°05'.6 N, 34°00'.8 E, h=121.6 m.

Station	Coordinates			Location	
	+x (N) km	+y (E) km	+z (Down) m	φ (N)	λ (E)
Wakaura (Wk)	+20.8	+ 7.2	- 20	34°11' 16".5	135°10' 21".4
Kainan (Kn)	+16.57	+ 12.46	- 10	34 09	135 13
Todoroki (Td)	+17.39	+ 19.62	- 50	34 09 35.5	135 18 24.6
Arida (Ar)	+ 9.2	+ 6.13	- 41	34 05 09.2	135 09 42.2
Yuasa (Ys)	+ 3.42	+ 8.23	- 10	34 01 58	135 10 56
Kainokawa (Kk)	-11.65	+ 31.95	-265	33 53 55.5	135 26 30.6
Sionomisaki (Sm)	—	—	- 75	33 27	135 46
Sitikawa (Sk)	-45.86	+ 54.7	-115	33 35 16	135 41 24.8
Sarutani (St)	+19.35	+ 59.75	-439	34 10 34.1	135 44 42.0
Iinan (In)	+49.4	+117.8	-155	34 26 46.6	136 22 29.2

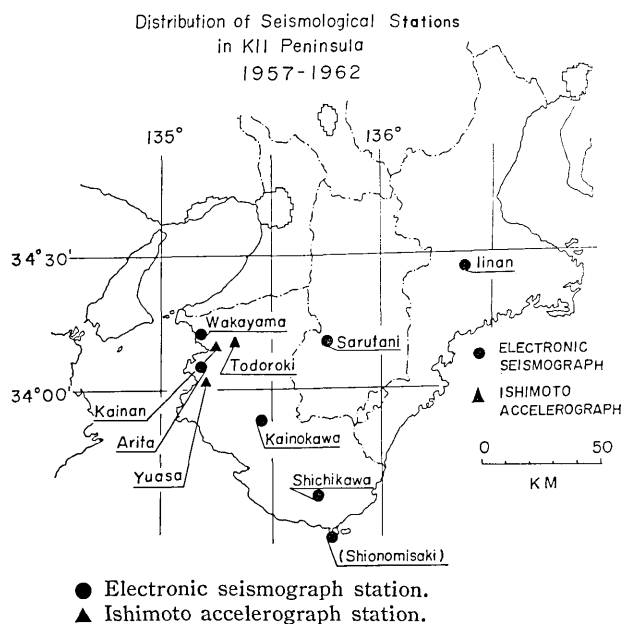


Fig. 2. Distribution of seismograph stations in Kii Peninsula, Central Japan, during the period 1957-1962.

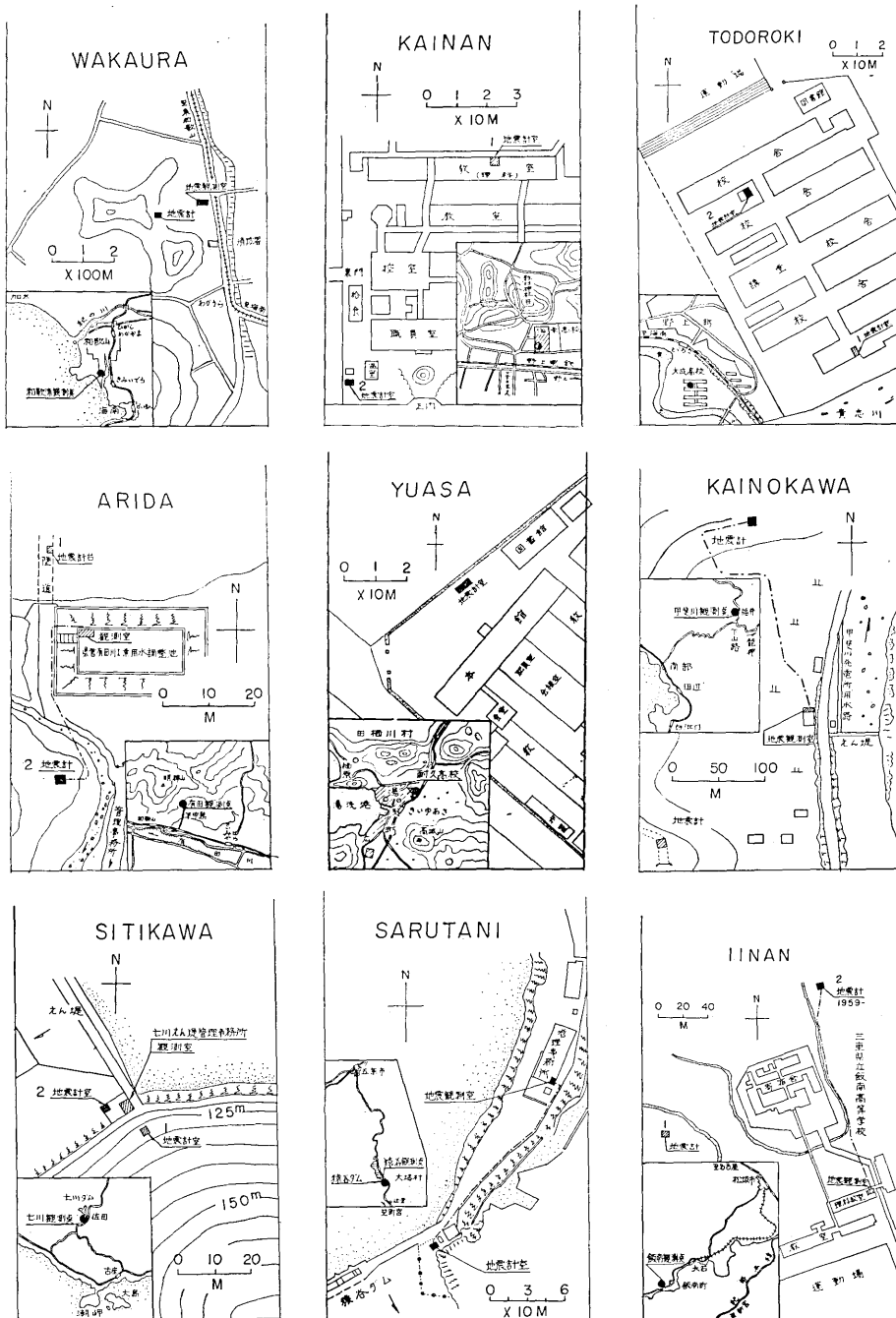


Fig. 3. Detailed location of the stations.

は中央構造線のすぐ南側の長瀨変成帯内にあるが観測点は河岸段丘砂礫層上にありあまり適当な基盤とはいえない。なお各点の今期間中における経過について若干のべる。

和歌浦は換振器の位置が市街電車軌道より約 120 m はなれた黒色片岩上で電車、自動車などによる雑振動のためあまり感度があげられず、また観測上の諸種の事情により 1959 年以降この点が 1963 年和歌山微小地震観測所として再開されるまで一時観測を中止した。

加速度地震計を設置した海南（海南高校）、勳木（大成高校）はともに当初は理科準備室内のコンクリート台にすえつけたが学校がわの都合によりそれぞれ 1959 年、1962 年にもとの位置より南あるいは北にそれぞれ数十 m はなれた独立した地震観測室に移転した。湯浅（耐久高校）は 1953 年同校新屋先生の努力で校内に設立された地動観測所に設置され期間中ひきつづき同一場所で観測がおこなわれた。

有田ははじめ工業用水隧道内入口より約 20 m のところにコンクリート台をつくつて地震計を設置したが湿気と水没のため危険なので、1961 年 10 月隧道外約 25 m のところに地震計台を新設した。

甲斐川では 1957～1961 年に地震計をおいた横坑（Fig. 3 地震計室 1）が湿気おおく豪雨時の水浸などあり、しばしば故障の原因となつたので 1961 年 10 月以降約 200 m 北方の斜面をけづりとり岩盤にコンクリートをうち地震計台（Fig. 3 地震計室 2）をつくつた。

七川は最初設置した潮岬観測点が土地雑微動水準が予想よりたかく観測に不むぎのため数ヵ月後の 1958 年 4 月えらんだ点で換振器は当初えん堤管理事務所わき横孔においたがやはり湿気のため故障がおおく 1960 年 1 月事務所地下室のえん堤基礎部に移動観測を続行した。ダム排水時はほとんど地震記録はえられなかつた。

猿谷では七川とおなじくダム排水の際は短時間ではあるが観測不能におちいつた。飯南観測点は設置当時は粥見高等学校とよばれていたが 1959 年飯南高等学校と改称されるにいたつたところで全観測点のうちもつとも東端に位置し、地震計は観測室より北約 300 m はなれた農場の一部にコンクリートをうち、すえつけたもので途中作業その他により導線の故障が数回あつた。

§ 3. 観測計器

過去の臨時観測の経験からかんがえて今回の観測目的にもつとも適応した地震計として商用交流電源による電子地震計を基準地震計とし、さきの臨時精密観測の基準地震計とし

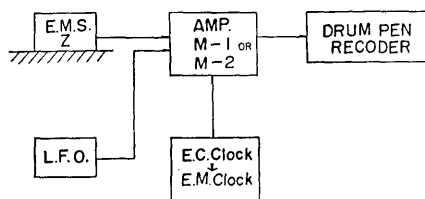


Fig. 4. Schematic diagram of electronic seismograph used in Kii Peninsula during 1957-1962.

E. M. S.: Electro-Magnetic Seismograph.

L. F. O.: Low Frequency Oscillator.

E. C. Clock: Electric Cell Clock.

E. M. Clock: Electro-Magnetic Clock. (RELOY Clock)

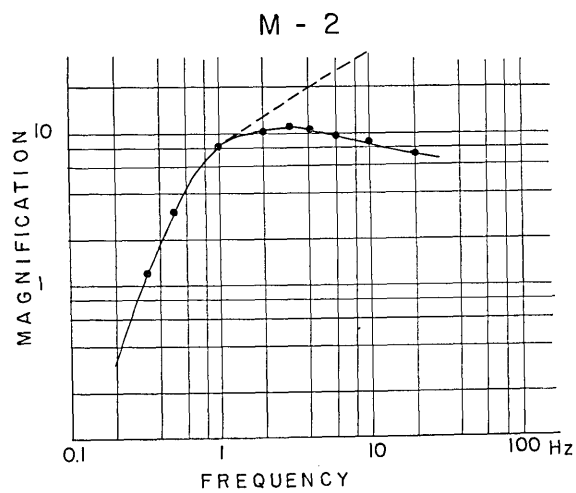
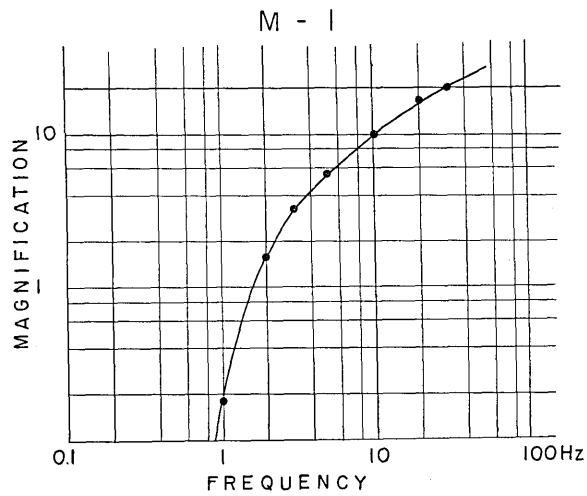


Fig. 5. Relative magnification of the seismograph system used at the stations in Kii Peninsula during 1957-1962.

M-1 has a specific character for observation of very near local earthquakes.

M-2 has a specific character for observation of near earthquakes. Broken line is for Kk and St.

て使用した石本式加速度計は、特に活動的な紀北においてのみ補助的地震計としてもちいることにした。

1) 電子地震計: 従来の出張余震観測などにくらべかなりひろい地域に多数の観測点を配置し、高感度で長期間すべて依託観測に依存せねばならないので、もつともつよく要求されたのは観測装置全体の安定性とその保守のやさしさである。このような点を十分考慮して試作された地震計が筆者のひとり松本英照⁴⁾の開発した全商用交流電源電子地震計である。詳細はすでに発表されたとおりであるが Fig. 4 にこの電子地震計の系統図をしめす。換振器は当所技術部製のもので固有周期 3c/s, 出力 3volts/kine の動線輪動電型のものを採用し、増幅器は特に安定性に重点をおき、電源は一般の商用交流 100 volts をもちいた。Fig. 5 a, b は換振器—増幅器の総合倍率特性をしめし、M-1 は $4 < 20$ km の近距離地震の観測用として、和歌浦、有田に、一方 M-2 は一般の近地震観測用として他の点に配置した。また増幅器の感度を監視するために簡易型 4 c/s 発振器を併置した。

観測開始後 1~2 年して極浅発地震の距離による振幅減衰は非常におおきく、全点で観測されるような地震ではちかい観測点では初動ちかくでふりきれて、S 波のよみとりのできないことがあり、また全点でそうした振幅の飽和するばあいもときどきあることがわかつたので、記録の dynamic range を拡大するために 10:1 の段階的増幅度変化を自動的にあたえることを考案し、逐次実験的に観測に導入した。このことについては別に筆者のひとり (松本英照⁵⁾) によつて報告される予定であるが、成績はきわめて

Table 3. Ishimoto accelerographs used in the 3 stations and their instrumental constants calibrated at the stations. Type: FIA—Fixed Ishimoto accelerograph, 2 horizontals are combined. M=15 kg. PIA-I—Portable Ishimoto accelerograph, M=5 kg ca. PIA-II—Portable Ishimoto accelerograph, M=15 kg.

Station	Seismograph		T_0 sec	V_G	S mm/gal	V_0	v
	Type	Comp.					
Kn	FIA	N	0.12	210	0.56	153	10
		E	0.12	210	0.55	151	6.4*
	PIA-I	Z	0.08	200	0.48	—	11
Td	FIA	N	0.12	210	0.61	168	11
		E	0.12	210	0.60	165	12
	PIA-I	Z	0.11	200	0.50	162	5.5*
Ys	FIA	N	0.12	210	0.59	161	8.2
		E	0.12	210	0.59	161	6.3*
	PIA-II	Z	0.10	247	0.48	173	8.7

* コック不良

- 4) H. MATUMOTO, "Simple Electronic Seismographs supplied only with Commercial A.C. Source," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 37 (1959), 375~380.
- 5) H. MATUMOTO, "Stepwise Automatic Gain Control of An Electronic Seismograph Amplifier," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, (1966). (in preparation)

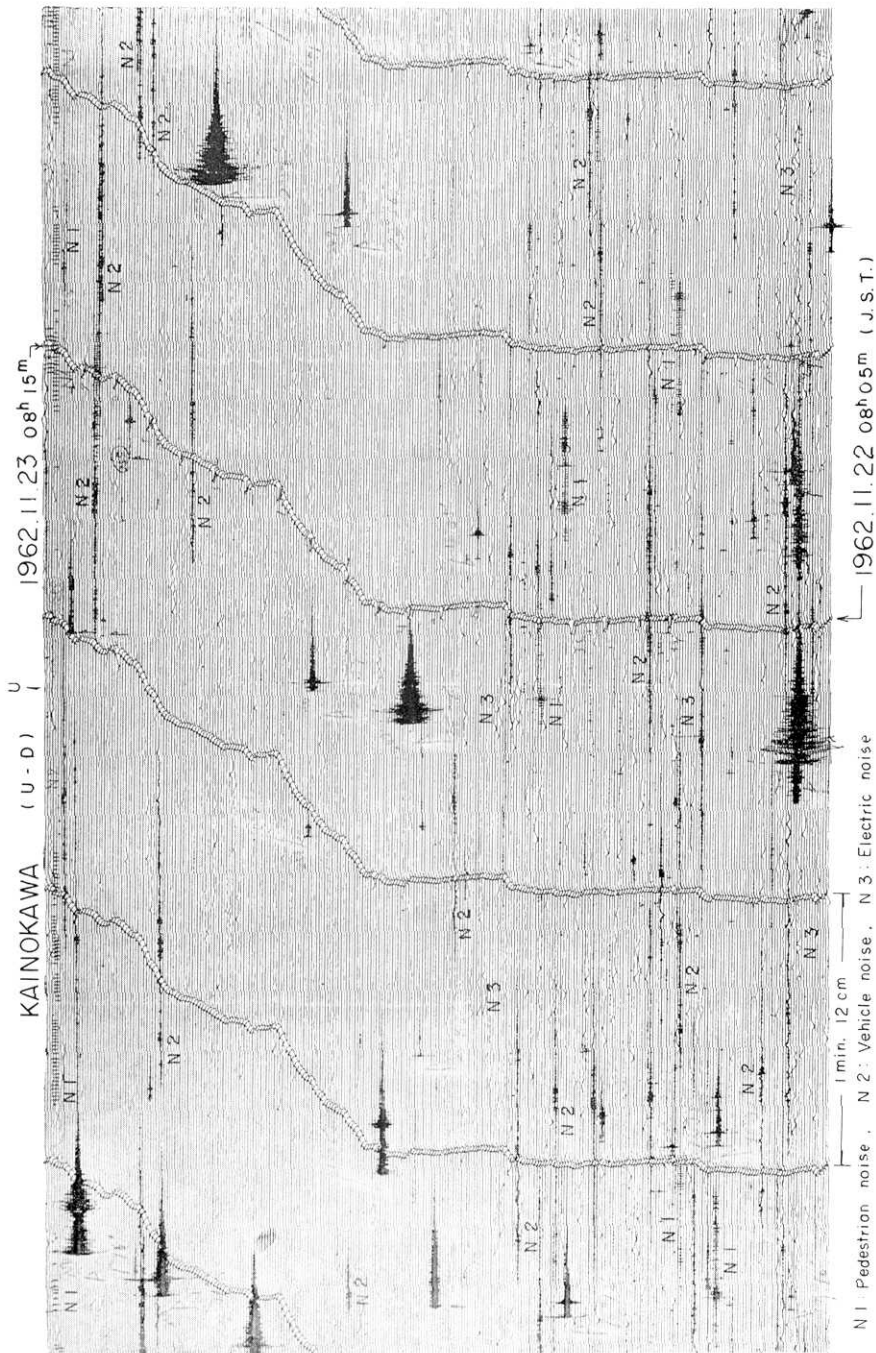


Fig. 6. An example of the drum record for one day at Kainokawa station, Nov. 22-23, 1962.

良好で、現在紀伊半島の観測点以外にも採用されている。

2) 石本式加速度地震計：さきの臨時精密観測に基準地震計としてもちいた加速度計は、基本倍率 200 倍の大型携帯用 (PIA-II) で余震観測用のものであつたので常時観測を依託する際、海南 (Kn)、動木 (Td)、湯浅 (Ys) の 3 点とも水平 2 成分固定型 (FIA) のものにきりかえた。これらはもと鎌倉その他でもちいられていたものをそれらの点の観測が中止されたため移動したものである。これらの常数は Table 3 にしめた。

3) 刻 時：経費の関係から精密観測は一応無理なので秒刻時はあきらめ、時・分刻時のみをおこない、うまくゆけば ± 0.1 秒わるくても地震の対応はまちがえぬ程度ということを目指した。そのために安価な刻時時計として当時発売後まもなくつた日本電気時計株式会社製電池時計“Flux”に時・分接点を附加したものを同社に試作させ、各観測点 (海南、動木、湯浅の 3 点は余震観測用簡易型クロノメータ使用) において実用化をこころみだが、時計本体のトルク不足による故障が短期間に発生し、しばしば交換、改良をくわだてたが結局約 2 年で各観測点で使用不能におちいり、やむなく 1959 年 12 月より気象庁で採用していた光星舎製“ルロア時計”に順次きりかえた。

この時計は比較的安定度がたかく、われわれの観測精度の目標とも一致し、その後すべての観測点が 1963 年微小地震観測事業装置の一部として購入した東洋通信機株式会社の水晶時計を設備するまで使用することができた。

4) 記録装置：電子地震計の記録はすべて増幅器の出力を三栄測器製インクペン検流計にみちびき、従来のすすがき方式をすべてインクがきにあらため有効長 400 mm または 600 mm 円周 600 mm の大型円筒記録器による方法にきりかえ、計器設置場所を清潔化し、依託設置の条件を向上し、あわせて記録紙の交換と郵送を容易にした。インキは従来赤色が普通であつたのを適当な濃度の黒色インキを使用しうるようにして鮮明な記録をうることに成功した。駆動は 100 V、交流 60 c/s 同期電動機“ワーレンモータ”により、記録紙速度は 2 mm/sec とし、行おくりは 1 mm、刻時は時、分マークを記録紙上に同時に記録するようにし、記録紙のとりかえは 1 日 1 回とした。Fig. 6 はその記録例で、地震のほかに、参考のために歩行者 (N1)、交通機関 (自動車など) (N2) による雑地動と電氣的雑振動 (N3) を注意できるようにしてある。

§ 4. 観 測 方 法

高感度地震計による長期間依託観測は本邦では最初のころみであつた。しかし主として出張旅費の不足により遠隔地における観測装置の保守管理はなかなか困難であり観測網運転上諸種の問題があつた。Table 4 は期間中の観測状況をあらわしたもので全期間を通じ全観測点 6 点乃至 8 点にて 1 日中共通に満足に観測された日数は全観測日数のわずかに 4%、1 点のみの欠測が 11% であり、また 1 日 4 点以上の観測点で共通に無故障の日は 71% であつた。欠測の原因としては第 1 に観測者の事情によるもの、第 2 に装置の故障に起因するものと 2 つに大別される。計器故障のうちには計器本体 (地震計、増幅器、時計) の故障と地震計台、配線などの事故があり、本体のうちでは前述のように電池時計に

Table 4. Observation results. A: Days of record by all stations. B: Days of record by 6 or 7 stations. C: Days of record by 4 stations.

Year	Period (days)	A	B	C
1957	15	2	8	14
1958	365	25	56	179
1959	365	0	19	184
1960	366	44	79	295
1961	365	0	6	291
1962	365	2	29	350
Total	1841	73	197	1313
%		4	11	71

Table 5. Effective observation days (1), numbers of recorded earthquakes (2) and their average daily numbers (3).

Station		1957	1958	1959	1960	1961	1962
Wk	1	14.5	133.0				
	2	164	1619	—	—	—	—
	3	11.3	12.1				
Ar	1	**	9.0	116.5	188.0	64.0	241.3
	2		57	478	530	102	2776
	3		6.3	4.1	2.8	1.6	11.5
Kk	1	16.0	193.0	108.5	235.0	259.0	118.8
	2	162	1585	214	1517	749	1523
	3	10.1	8.2	2.0	6.5	2.9	13.3
Sk	1	14.0*	183.5	171.5	238.5	118.5	234.5
	2	5	867	477	1118	475	1605
	3	0.4	4.7	2.8	4.7	4.0	6.8
In	1	24.5	118.5	165.0	279.0	131.0	79.0
	2	19	389	403	913	396	281
	3	0.8	3.3	2.4	3.3	3.0	3.6
St	1	**	**	**	182.0	297.0	148.0
	2				958	1008	506
	3				5.3	3.4	3.4
Kn	1	14.5	254.0	325.5	238.5		
	2	26	357	441	403	—	—
	3	1.8	1.4	1.4	1.7		
Td	1	20.5	273	191.5	123.0		
	2	18	117	106	50	—	—
	3	0.9	0.4	0.6	0.4		
Ys	1	365.0	365.0	365.0	366.0	365.0	365.6
	2	391	268	385	397	420	416
	3	1.1	0.7	1.1	1.1	1.2	1.1

* Observation was done at Sionomisaki (Sm) instead of Sitikawa (Sk).

** The station had not been established.

— Observation was discontinued.

よる事故が非常におおく折角の記録も無駄になることがしばしばあつた。また地震計、増幅器の故障についてはその都度修理にゆくことがのぞましいが、年に数回まとめて巡回修理する方法をとらざるをえなかつたため欠測が予期以上おこなつた。また、すでにのべたように当初設置した地震計はその位置が高湿度、水没など予想以上条件がわるくほとんどの点で移動を余儀なくされ、また配線があやまつて切断されるといつた事故が数回あつた。Table 5 は各点の観測成績であり、海南 (Kn), 動木 (Td), 湯浅 (Ys) の加速度計による 1 日平均地震記録回数は大体同一感度によるものであるから相互に比較できるが、電子地震計によるものは観測点の雑微動水準のため諸種のちがつた感度でおこなつたので、毎日回数 (n/day) の相互の比較をそのままおこなうことはできない。また感度検定も予期どおりに実施されぬことがあり、初期の目的の 1 つであるその地点の真の地震活動度を適確につかむことはできなかつた。つぎに時刻精度についてのべれば、各観測点ごとの時計盤面のしめす時、分が記録紙とりかえのときに記録紙上にそれぞれ記入され、1 日 1 回ラジオの時報によりそのときの時計のおくれすすみをしらべ、それを記録紙上にききいれるように依頼したが、前述のように 1958 年前半までは電池時計による時刻装置故障のため各点とも刻時精度は観測者の努力にもかかわらず十分な結果がえられなかつた。また“ルロア時計”による刻時にあらためても、おおくの点で指示どおりすすみおくれの時間の記入が実行されないこともあり、そのため絶対時刻は全期間を通じ信頼しうるものはほとんどえられなかつた。一方記録中そのときの増幅器—検流計の感度を同一記録紙上に週に 1 回程度 4 c/s のテストオシレータのスイッチをいれて記録するよう依頼したが、一部で実施されたのみで最大振幅による石本—飯田の係数をもとめるような多数の一定感度の資料を必要とする統計的研究にも支障をきたした。各観測点での大体の感度の標準は 10 c/s で 1 万倍乃至数万倍程度であり、 $\Delta < 10 \text{ km}$ で $M > 0$, $\Delta < 20 \text{ km}$ で $M > 1$, $\Delta < 50 \text{ km}$ で $M > 3$ 程度の地震が観測できたと推定される。

§ 5. 観測結果

以上のような観測であつて、観測結果としては不十分のものであるが、一応観測結果の一部についてつぎにのべよう。

1) 初期微動継続時間: 各年各点でえられた初期微動継続時間 t_{s-p} の頻度はほぼただしいものがえられるはずであるから、その総数に対する百分率を和歌浦 (Wk), 海南 (Kn), 動木 (Td), 有田 (Ar), 湯浅 (Ys), 甲斐川 (Kk), 七川 (Sk), 猿谷 (St), 飯南 (In) の 9 点について Fig. 7 にまとめてしめす。これらの図からある点では t_{s-p} の卓越時間が年によつて若干変化していることがわかるが、これは後述の震源域の移動をしめすものである。つぎに和歌浦 (Wk) では t_{s-p} の卓越頻度はもつともみじかく 0.5~1.0 秒であり、観測されたほとんどの地震は $t_{s-p} < 1.5 \text{ sec}$ の至近距離におこっている。これは今村明恒⁶⁾のいわゆる名草地震群であり、1952-56 年の臨時観測でももつともおおく観測された

6) A. IMAMURA et al., *loc. cit.*, 3).

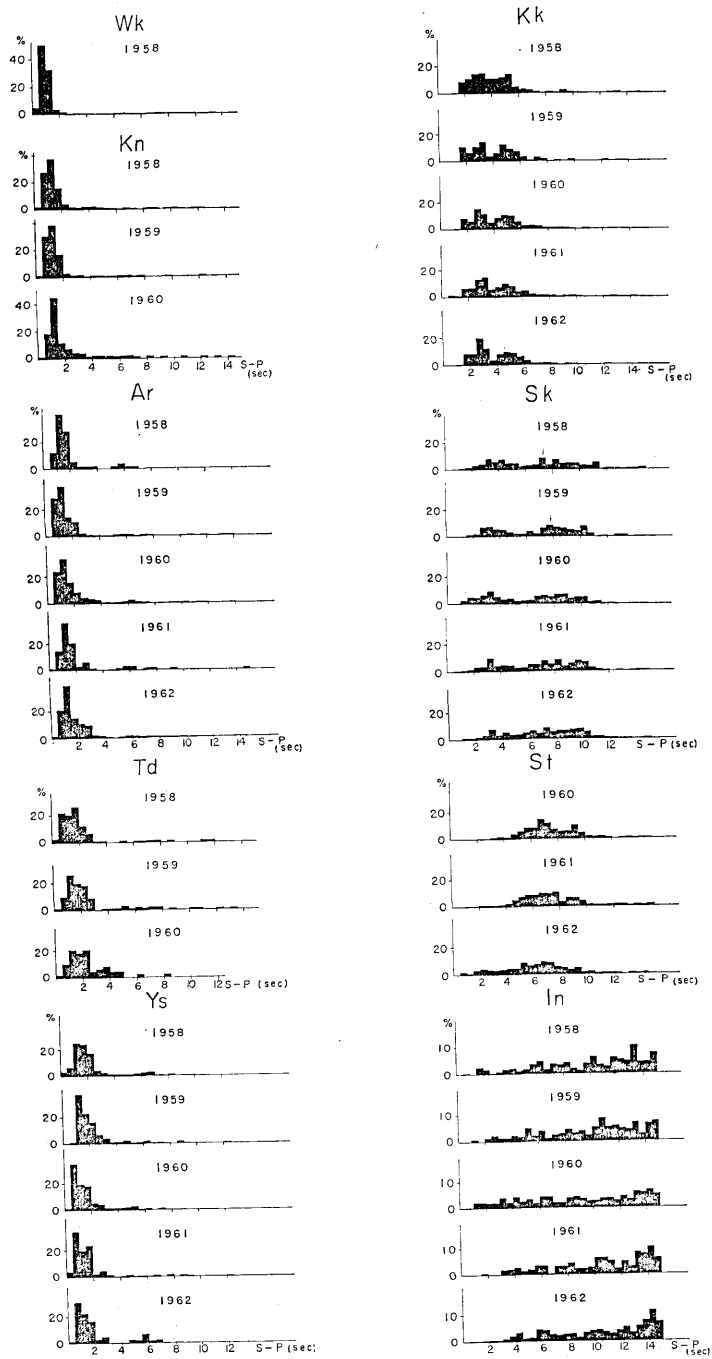


Fig. 7. Frequency distribution of $S-P$ times of the earthquakes observed at 9 stations in Kii Peninsula, 1958-1962.

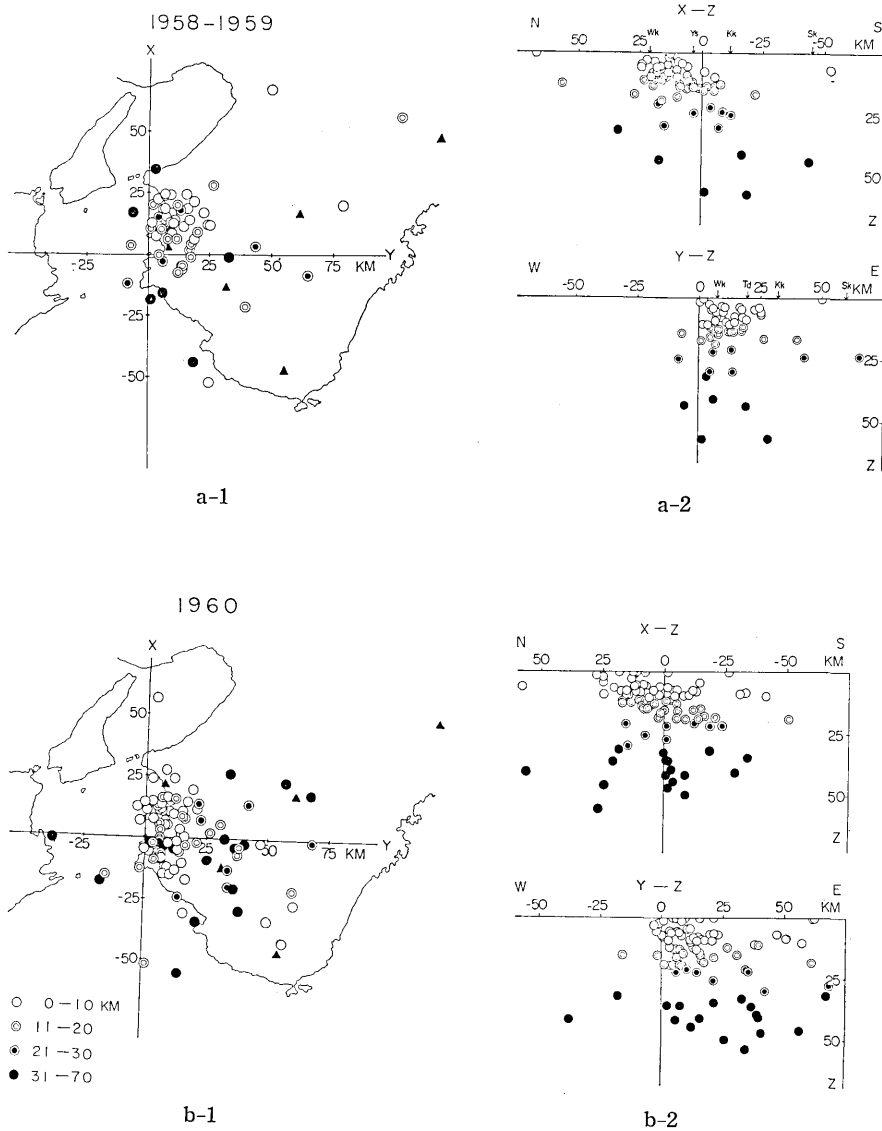
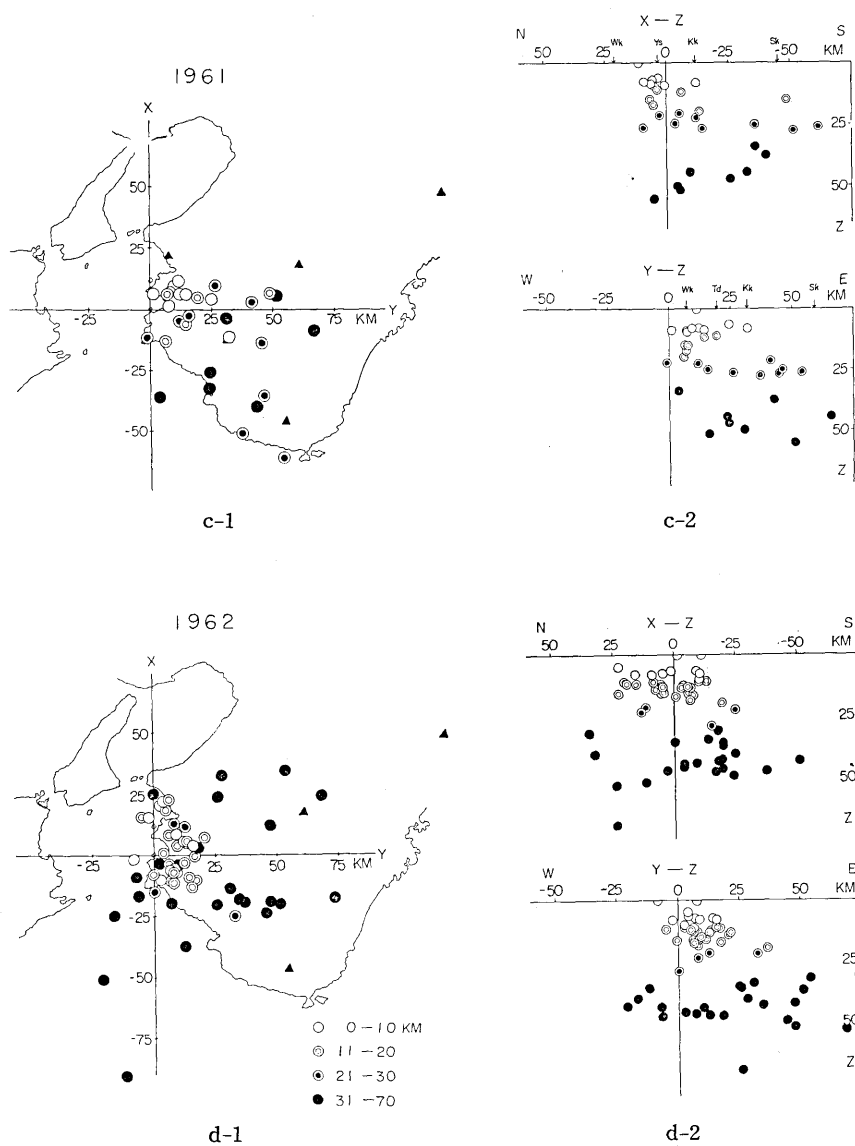


Fig. 8. Distribution of hypocentres determined by the Takahasi's
 (Stations are indicated)



graphical method using $S-P$ at 4 stations.
by triangles)

ものである。海南 (Kn) では t_{S-P} の範囲はややひろがり 0.5~1.5 秒が卓越しピークは 1.0~1.5 秒にうつっている。また 1.5~2.0 秒のものもふえている。有田 (Ar) も海南とにたような頻度分布であるが、1.5 秒以上のものがさらにふえ、4 秒くらいまですそをひいている。名草地震群よりひろい範囲で地震活動のあることがわかる。また東方の動木 (Td) の頻度分布はピークがつぶれて、0.5~2.5 秒にひろがつており、1 秒以下の至近距離のものもあるが、それ以外の海岸方面のものも記録されていることをしめしている。

湯浅 (Ys) は 1958-59 では 1.0~2.5 秒に集中していた t_{S-P} が 1960-62 で 0.5~1.0 秒のものがくわわつてきたことがはつきりしている。この変化はのちにふれる震源分布や有感回数などから推定された地震活動の南下の傾向の一部をしめすものである。紀北の頻発地震地域をはなれ、日高川中流の甲斐川 (Kk)、古座川中流の七川 (Sk)、十津川流域の猿谷 (St) にいたれば頻度分布はいくつかのやまをもつ、ひろがつた分布となり $t_{S-P} < 1$ 秒の至近距離にはほとんど活動がなく、紀北方面その他の活動のあらわれがいろいろの t_{S-P} のグループとしてあらわれてきていることがみられる。

もつとも東方の飯南 (In) ではさらに t_{S-P} は 10 秒以上にまで分布しているが、おなじく至近距離の地震はほとんどみられないことがわかる。

2) 震源分布: まえにものべたように各観測点とも時刻補正が不十分のため着震時をもちいて震源を決定することはできなかった。しかし同一地震について 4 点以上の観測点の t_{S-P} の測定のできたものはかなりえられたので、それらをもちい、地震は一応半無限均一媒質内に発生したものをその表面で観測したと仮定し、高橋竜太郎の作図法⁷⁾によって震源位置と大森係数 K (仮想 $S-P$ 波の速度) とをもとめた。この方法による結果の精度については著者のひとり (宮村撰三⁸⁾) がさきの臨時観測の結果についてしらべた方法で見当がつくが、実際の個々の精度の計算はまだおこなっていない。

Fig. 8 a~d に各年度別に深度を区別した震央分布図とそれらを南北 (X 軸)、東西 (Y 軸) の鉛直面に投影した震源分布図をしめす。

この期間を通じて和歌山県北部の極浅発 (深度 $h \leq 10$ km) の地震活動はひきつづき活発で、やはり和歌浦湾および周辺に特に集中しているが、有田川流域より湯浅附近までひろがつていることもほぼ 1952-56 年におこなった臨時観測の結果と同様である。ただ t_{S-P} の頻度分布のところでみたように、湯浅において特に 1960 年以降 $t_{S-P} < 1.0$ sec のものがふえ、ごくちかくの地震がおおくなつてきた傾向があつたが、これは Fig. 8 において 1960 年以降湯浅附近にあさい (10~20 km) 震源の分布がみられることからあきらかである。また Fig. 8 では 1960 以降湯浅のさらに南方日高町附近に多数の震源がみられ、これらは前記の紀北の局地震群よりややふかい (10~30 km) ようであるが、やはりかなり地域的に集中した局地的活動である。

7) R. TAKAHASHI, "Graphical Determination of the Position of the Hypocentre of an Earthquake and the Velocity of the Propagation of the Seismic Waves," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 6 (1929) 231-244.

8) S. MIYAMURA, *loc. cit.*, 2).

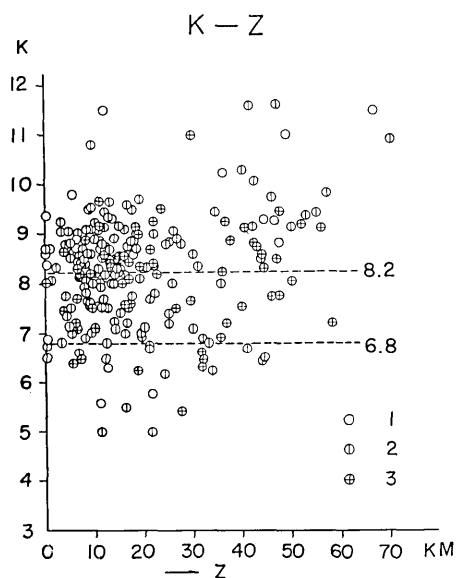
Table 6. Number of earthquake foci determined by the network (N) according to their depth (h).

Year	N	A ($h < 30$ km)	B ($h > 30$ km)	B/A
1958	44	40	4	0.10
1959	26	24	2	0.08
1960	102	85	17	0.20
1961	33	25	8	0.32
1962	59	36	23	0.64

Table 7. Annual number of earthquakes felt at different places in the northern and central Wakayama Prefecture.

Year	Wakayama	Yuasa	Hidaka	Sirahama
1957	119	53	8	14
1958	82	30	5	13
1959	86	42	13	6
1960	63	57	11	7
1961	71	50	17	11
1962	74	58*	—	25

* Included one of intensity IV, JMA scale.

Fig. 9. Relation between Omori's K (km/s) and epicentral depth, in Kii Peninsula, 1957-1962.
1~3 correspond with increasing accuracy.

一方さらにふかい (30~70 km) 震源が和歌山県中部に多数分布し、そのひろがりには紀伊水道から奈良県中部におよんでいる。この活動が、特に 1960 年以降に顕著であることは、Table 6 の年度別地震数、特に深度 30 km 以浅の地震数 A と 30 km 以深の地震数 B からだした比率 B/A の変化からもわかる。また Table 7 にしめされた和歌山県各地の有感地震回数の消長も、1960 年以降における湯浅および日高附近の極浅発乃至浅発局地震と和歌山県中部のややふかい地震の活発化を反映しているといえよう。

3) 大森係数 K ($S-P$ 仮想波の速度 V_{S-P}): 作図法でえられたすべての K と深度 Z との関係をしめした図が Fig. 9 である。 Z の増大にともなう K の増加の傾向は若干うかがわれ、特に $Z = 30$ km を境界として地殻内と地殻下とでかなりちがっているようにもみえるが、非常にはつきりしたものではない。 K の分散が大変おおきことは均一媒質の仮定がかなり無理なことをしめしているのかもしれない。

さきにおこなった紀北地域の局地震観測の結果⁹⁾による平均値は $K = 6.80 \pm 0.11$ km/sec で、三雲健¹⁰⁾のもとめたこの附近の地殻成層構造の第 1~2 層の平均にちかいものであつた。

さらに広域の紀伊半島全域の観測による今回の結果の平均値 $K = 8.25 \pm 0.05$ km/sec は三雲の構造の第 3 層 (玄武岩質層) によるあたひ $K = 8.2$ (ただし $\sigma = 1/4$ と仮定) と一致する。三雲の構造は第一近似として紀伊半島全域すくなくとも西部のややひろい範囲に適用してよいようである。

§ 6. 結 論

1957 年以降 1962 年にいたる約 5 年間、紀伊半島における地震活動調査のため、東西約 120 km 南北約 90 km の半島全域に 9 点の観測点を逐次設置して高感度地震計による依頼観測を実施してきた。種々の事情によつてその結果は地震活動度調査のためにはかならずしも満足すべきものでなかつたが、観測計器、観測方法などについて、おおくの貴重な経験をえて、あたらしい微小地震観測網の準備のため非常に有益であつた。

観測結果は前節にのべたとおりであるが、これをまとめると、1957-1962 年の紀伊半島の地震活動は大体つぎのとおりである。

- 1) 深度 10 km 以浅の極浅発局地震活動は今期間中も 1952-56 年同様和歌浦附近を中心として有田川附近までに集中しているが、ややその勢力はおとろえた。
- 2) 1960 年以降湯浅附近にも極浅発乃至浅発 (10~20 km) の局地活動がみられた。
- 3) 1960 年以降日高方面に浅発 (10~30 km) の局地震活動が顕著となつた。
- 4) 和歌山県中部一帯、紀伊水道より奈良県方面にまでひろがつて、ややふかい (30~70 km) 地震が発生した。

9) S. MIYAMURA, *loc. cit.*, 2).

10) T. MIKUMO, "Crustal Structure in Wakayama District as Deduced from Local and Near Earthquake Observations," *Bull. Disaster Prevention Res. Inst.*, 39 (1960).

1) および 2) は一応本州中央地震帯^{11, 12)}として総括される本州地向斜の造山末期火成活動(たとえば鮮新世更新世の熊野酸性岩活動のようなものが現在も地殻内のあちこちになお存在するとかんがえる)による局地的地殻上層地震(supra-crustal earthquake)とみることができる。3) もやはり同様の性質のややふかいものかもしれない。そしてこの時期において紀北の地殻上層活動は和歌山附近がやや活動度がひくくなり、南方に勢力が移動したような傾向にある。

4) はあきらかに地殻下地震(sub-crustal or upper mantle earthquake)であり、南海地震などの大地震を発生した南紀沿岸の中村地向斜帯の造山最盛期活動とみられる本州外側地震帯の活動とおもわれる。しかしこの時期において外側地震帯のさらにふかい部分の活動とみられる紀伊半島中央部の中深度地震(深度 60~100 km, 1952 年の吉野地震, 1961 年の大台ヶ原地震などは代表的な例である)も、熊野灘などの外側地震帯の地殻下部乃至マントル上部の地震自体もわれわれの観測ではごくわずかみられるだけである。一般に外側地震帯の南紀沿岸の活動は大地震のあと数年をのぞいて、中間時期は大体静穏であり、この静穏期にもときどきあちこちに群発的活動があるといった活動様式をもつようであるので、今後紀南の観測網の充実をはかつて研究をつづけなくては詳細はわからない。

また 1~3) のような局地地震が紀伊半島の他の部分に存在する可能性も否定できないが、これも将来の問題である。

§ 7. 謝 辞

本研究の観測資料はすべて Table 2 にしめたように 1952-1956 年におこなった臨時観測にひきつづき観測をひきうけられた和歌山県耐久高等学校、海南高等学校、大成高等学校の各当局および直接観測を担当された新屋兼次郎(耐久)、片山伴蔵(海南)、小坂光一(海南)、新谷垣内正巳(大成)先生をはじめこれらの学校地学部の有志生徒諸君、またあらたに観測をゆるされた三重県飯南(旧菟見)高等学校、気象庁潮岬測候所、和歌山県営有田川工業用水道管理事務所、おなじく県営七川えん堤管理事務所、関西電力株式会社甲斐川発電所えん堤管理所、建設省猿谷ダム出張所の各位の熱心な協力と大阪管区气象台、和歌山県企業局、関西電力株式会社和歌山支店、建設省近畿地方建設局などの関係諸機関の全面的援助によりえられた。これらの厚意ある御援助に対しところから感謝の辞をのべたい。なお和歌浦観測所の観測については戦前より和歌浦における今村明恒先生の南海地動研究所をまもつてこられた今村久氏の協力をえた、あわせて謝意を表したい。一方本研究に使用された観測計器特に換振器、記録器などの試作については本所技術部のもと部長実川顯氏以下の各位の絶大なる支援によりおこなわれた、ふかく感謝する。また終始協力をえた同僚辻浦賢氏および森章子嬢にあつく感謝したい。最後にも地震研究所長那須信治名誉教授がわれわれの研究を終始激励援助され種々御指導をあたえられたことを記してあつく感謝する次第である。

11) S. MIYAMURA, "Seismicity and Geotectonics", *Zisin*, [ii], 15 (1962), 23-52.

12) S. MIYAMURA, "Types of crustal movements accompanied with earthquakes," *I. Intern. Symp. über Erdkrustenbewegungen, 1962, Leipzig, DAW Berlin*, 235-251.

38. *Local Earthquakes in Kii Peninsula (Part 5).*

—*Development of Micro-earthquake Observation Network in Kii Peninsula during 1957-1962 and Observed Seismicity.*—

By Setumi MIYAMURA, Minoru HORI and Hideteru MATUMOTO,
Earthquake Research Institute.

Summary

Succeeding our temporary precise observations of the local earthquake swarms near Wakayama, Central Japan, executed four times in 1952-1956¹⁾, we extended the observation network over the whole Kii Peninsula during 1957-1962, in order to investigate the secular micro-earthquake activity of the district. As a matter of course, our main effort was first condensed into the instrumental and methodical development, and we were able to gain valuable experiences for the future development of the micro-earthquake observation work, though the seismological result obtained was not very satisfactory for the study of secular seismicity of the district.

In this report the actual circumstances of the network development are described in detail, the practical experiences obtained also being added.

The station descriptions of the network are given in Tables 1-2 and Figs. 1-2.

Seismographs equipped at the stations are 3 component Ishimoto accelerographs (at Kainan, Todoroki and Yuasa, cf. Table 3) and a vertical component electronic seismograph (at Wakaura, Arida, Kainokawa, Sitikawa, Sarutani and Inan, cf. Fig. 3), the latter of which was developed by one of the authors and described in separate papers. (H. Matumoto^{4,5)})

A few of the results of the observation are tabulated in Tables 4-6 and Figs. 7-9. In addition, some seismological conclusions are deduced from the $S-P$ frequency curves at each station (Fig. 7), geographical distribution of the foci determined by Takahasi's graphical method⁷⁾ (Fig. 8), and the obtained Omori's constant or the velocity of fictitious $S-P$ wave, V_{s-p} (Fig. 9).

A swarm activity of extremely shallow earthquakes (depth < 10 km) was observed at Wakaura (Wk), Kainan (Kn), Todoroki (Td) and Arida (Ar) during the period concerned as in the previous periods. (cf. A. Imamura et al.³⁾ and S. Miyamura^{4,2)}) The center of the activity is very near to Wakaura ($S-P < 1$ sec) as previously. Frequency histograms of $S-P$ times at Yuasa (Fig. 7) indicates the increase of similar very shallow shocks near Yuasa ($t_{s-p} < 1.0$ sec) since 1960, the epicenter maps in Fig. 8 also confirming this fact. At the same time Fig. 8 shows another local shock concentration around Hidaka, a little south of Yuasa. This activity is also supra-crustal but somewhat deeper (10-20 km) than that near Wakaura. In short, the supra-crustal local shocks in the northern part of Wakayama Prefecture were still active during 1957-62 but with decreasing intensity, the distribution of foci diverging southerly and to a little deeper part of the crust.

On the other hand it is also noticed (as in Fig. 8), especially since 1960, that a lot of scattered foci of earthquakes with depths 30-70 km appeared in a wide area of the central part of Kii Peninsula. These earthquakes seem to belong to the Outer Honshu

Seismic Zone^{11,12)} in which the big earthquakes of 1944 (The Tokaido Earthquake, Dec. 7) and 1946 (The Nankaido Earthquake, Dec. 21) occurred off south-east and the south coast of the Peninsula. Geologically the Outer Honshu Seismic Zone represents the climax orogenic activity of the so-called Nakamura Geosynclinal Zone as the recent outermost Honshu Arc tectonic activity.

This seismic zone slopes down to the north into the mantle as deep as 60-100 km in the center of Kii Peninsula, as represented by the intermediate earthquakes such as the Yoshino Earthquake (1952) and the Odaigahara Earthquake (1961) like other arc tectonic seismic zones. However, during the period 1957-62 our network could locate only a few earthquakes deeper than 60 km in the center of the Peninsula. Moreover, the crustal or near Moho sub-crustal earthquakes off-shore, which may represent the activity of the main part of the Outer Honshu Seismic Zone, were also very few. Generally speaking this Zone was rather calm in the period between the big earthquakes and even in the calm period showed rather sporadic activities within certain limited places and time intervals. Although our network was insufficient in the southern and eastern part of Kii Peninsula, the above results might suggest such a tendency of the nature of seismicity of the Zone.