

概 報

活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究

杉山雄一¹

Yuichi SUGIYAMA (2000) Research on earthquake potential evaluation by active faults. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 51 (9), p. 379-389, 8 figs., 2 tables.

Abstract: Research on earthquake potential evaluation by active faults has focused on the systematic investigation of major active faults in the Kinki Triangle where the 1995 Kobe earthquake occurred. We have studied 25 active faults in the region by the end of FY 1998. These faults were rearranged into 18 seismogenic faults, and each seismogenic fault was then divided into several behavioral segments on the basis of fault parameters obtained by comprehensive investigations. We have assessed earthquake potential of each segment based on the earthquake probability calculated from the average recurrence interval and elapsed time since the last rupture. The 100-year earthquake probability of the 24-km-long Aibano segment on the west coast of Lake Biwa is estimated at 12 to 38%. The 44-km-long Uemachi segment traversing Osaka City has a maximum 5% earthquake probability in the 21st century. On the other hand, at least 14 behavioral segments including the Hokudan segment that produced the Kobe earthquake have relatively low earthquake potential. Their probabilities of producing a characteristic earthquake in the next century are estimated to be less than 0.2%. We have also revealed the age of paleofaulting events and long-term slip rate of several major faults in central Japan, such as Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Kozu-Matsuda Fault and Fujikawa river-mouth Fault zone. These results made a big contribution to the earthquake potential evaluation of the above three faults by the Earthquake Research Committee at the Headquarters of Earthquake Research Promotion.

要 旨

「活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究」では、兵庫県南部地震が発生した近畿三角帯の活断層の調査に重点を置き、本研究終了時の平成10年度末までに、同三角帯に分布する合計25の活断層の調査を実施した。調査結果を松田(1990)の基準に当てはめることにより、25の活断層を18の起震断層に再編し、更に、新たに設定した基準に基づいて、各起震断層を1~5つの活動セグメントに区分した。その上で、活動間隔と最新活動後の経過時間から地震発生確率を求め、各活動セグメントの地震発生ポテンシャルを評価した。この評価結果並びに各起震断層が分布する地域の人口や重要社会施設の集中度等に基づき、今後、更に詳細な調査を行うべき起震断層として、琵琶湖西岸断層、中央構造線と泉-金剛断層、同四国断層並びに大阪府内の上町断層を指摘した。また、中部日本においても、要注意断層とされる国府津-松田断層、富士川河口断層帯等の調査を行い、国の地震調査研究推進本部地震調査委員会による活断層の評価に貢献し

た。このほか、上のような活断層の調査を支える基礎研究として、「活断層のセグメンテーションの研究」、「活断層の地球物理学的研究」、及び「島弧サイスマテクトニクス」の研究」を実施すると共に、調査・研究成果の社会への迅速な還元を目的として、活構造図、活断層ストリップマップ等の編纂、刊行及び数値情報化を進めた。

1. はじめに

「活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究」は、「活断層のセグメンテーションの研究」、「島弧サイスマテクトニクス」及び「活構造情報の整備・活用」の3つのテーマで開始された。その後、平成7年1月に兵庫県南部地震が発生したことをうけて、平成8年度からは「活断層調査事業」が緊急課題としてつけ加えられた。また平成9~10年度には、「活断層の地球物理学的研究」を本研究の一部として実施した。このほか、兵庫県南部地震直後の平成7年度には、本研究と関連して、平

¹ 地質調査所地震地質部 (Earthquake Research Department, GSJ)

Keywords: active fault, earthquake potential, earthquake probability, seismogenic fault, behavioral segment, Kinki Triangle

成7年度補正予算により、「阪神・淡路大震災に係わる活断層等の緊急調査」と「活断層調査のための地質構造等先行調査」を行った。

2. 活断層調査事業並びに平成7年度補正予算による調査

2.1 近畿三角帯における活断層調査

近畿三角帯では、平成7年度補正予算と活断層調査事業により、合計25の活断層/活断層系(第1図)の調査を行った。これらの調査により、各活断層/活断層系について、長さ、深さ数100m程度までの断面形態、平均変位速度、活動履歴等に関する膨大なデータが得られた。各年度の調査結果は、翌年度に順次刊行した研究調査概要報

告書(地質調査所, 1996, 1997, 1998, 1999)において速やかに公表した。更に、地震調査研究推進本部地震調査委員会、地震予知連絡会等の地震予知関連機関に報告すると共に、学会や学術雑誌上での公表にも努めた(例えば Kariya et al., 2000; 小松原ほか, 1999a, 1999b; Nanayama et al., 2000; 佐竹ほか, 1999; 寒川, 1997; 須貝ほか, 1999; 吉岡ほか, 1997, 1998)。

本研究グループでは、これらの調査データを再検討し、松田(1990)が提唱した起震断層(連鎖的に活動して大規模な地震を起こす可能性が考えられる活断層の集合体)の判定基準に当てはめることにより、25の活断層/活断層系を18の起震断層に整理した。次に、これらの各起震断層を新たに設けた基準(杉山ほか, 1999)に従って、1~5つの活動セグメント(一度に破壊して、地震を繰

平成8~10年度の活断層調査事業で調査を行った近畿三角地帯の活断層/活断層系

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. 紀淡海峡-和歌山平野の中央構造線 | 10. 琵琶湖西岸断層系 |
| 2. 紀伊半島の中央構造線 | 11. 三方断層 |
| 3. 金剛断層系 | 12. 野坂断層 |
| 4. 上町断層系 | 13. 敦賀断層 |
| 5. 生駒断層系 | 14. 駄口断層 |
| 6. 奈良盆地東縁断層系 | 15. 柳ヶ瀬断層 |
| 7. 木津川断層系 | 16. 養老断層 |
| 8. 三峠-殿田断層系 | 17. 桑名断層(四日市断層を含む) |
| 9. 花折断層 | 18. 濃尾平野の伏在断層
(大藪-津島線及び大垣-今尾線) |

平成7年度補正予算で調査を行った近畿三角地帯の活断層/活断層系

- | |
|---------------------|
| 1. 有馬-高槻構造線 |
| 2. 北淡断層系(野島断層等) |
| 3. 東浦断層系 |
| 4. 志筑断層 |
| 5. 先山断層 |
| 6. 湊-本庄断層 |
| 7. 鳴門海峡の中央構造線(鳴門断層) |



第1図 兵庫県南部地震以降に地質調査所が調査を実施した近畿三角帯の活断層(杉山ほか, 1999)。

Fig. 1 Active faults studied by the Geological Survey of Japan in the Kinki Triangle after the 1995 Kobe Earthquake (Sugiyama et al., 1999).

Purple faults were surveyed by the supplementary budget of FY 1995, 1: Arima-Takatsuki Tectonic Line, 2: Hokudan Fault System, 3: Higashiura F.S., 4: Shizuki F., 5: Senzan F., 6: Minato-Honjo F., 7: Median Tectonic Line in the Naruto Straits.

Red faults were studied by the comprehensive investigation project of major active faults in FY 1996-1998 fiscal years. 1: MTL in the Kitan Straits and Wakayama Plain, 2: MTL in the Kii Peninsula, 3: Kongo F.S., 4: Uemachi F.S., 5: Ikoma F.S., 6: Nara-bonchi-toen F.S., 7: Kizugawa F.S., 8: Mitoke-Tonoda F.S., 9: Hanaore F., 10: Biwako-seigan F.S., 11: Mikata F., 12: Nosaka F., 13: Tsuruga F., 14: Daguchi F., 15: Yanagase F., 16: Yoro F., 17: Kuwana and Yokkaichi Fs., 18: Oyabu-Tsushima and Ogaki-Imao Fs. inferred beneath the Nobi Plain.

第1表 近畿三角帯の主要活断層の調査結果 (主な断層パラメーター) と地震危険度。
杉山ほか (1999) を一部修正。

Table 1 Survey result (main fault parameters) and earthquake potential of major active faults in the Kinki Triangle.
Partly modified from Sugiyama *et al.* (1999).

1) 今後100年以内の地震発生確率は、地震の発生間隔(活断層の活動間隔)の分布が対数正規分布に従い、標準偏差 σ が0.23と仮定した場合の値である。2) 地震発生確率0.00%は、少数第3位を四捨五入したものである。3) この表のデータに基づく。兵庫県南部地震を引き起こす直前の北淡セグメントの地震発生確率(100年以内)は、2~15%であった。4) 先山、比良、途中谷及び余呉川の4セグメントでは活動間隔は得られていないが、周辺の他セグメントのデータから、少なくとも2千年以上と推定されるため、活動間隔、経過時間率及び地震発生確率を [] 付きで示す。5) 最新活動後の経過時間が7千年以上、かつ活動間隔が不明な志筑、上町、笙の川、椿坂峠の4セグメントについては、活動間隔 \geq 経過時間と見なした場合の活動間隔、経過時間率及び地震発生確率を斜字体で示す。6) 平均変位速度と単位変位量の(V)は上下成分、(H)は水平成分を示す。#1: 平均変位速度と単位変位量から推定された活動間隔。#2: トレンチ調査などによって認定された複数の断層活動(古地震イベント)の年代から得られた活動間隔。#3: 表示してある上下変位よりも、横ずれ変位(未確定)が卓越する。*1: 1596年慶長伏見地震、*2: 1854年安政伊賀上野地震、*3: 1662年寛文琵琶湖西岸地震、*4: 1325年正中地震、*5: 1586年天正地震。

1) 100-year earthquake probability is calculated on the assumption that recurrence intervals of characteristic earthquakes on a given behavioral segment are lognormally distributed and the standard deviation is 0.23. 2) 0.00% probabilities are rounded off to the second decimal place. 3) 100-year earthquake probability of the 3-3 Hokudan segment is estimated to have been 2 to 15% immediately before the 1995 Kobe earthquake. 4) Although the recurrence intervals of the 3-5 Senzan, 12-2 Hira, 13-1 Tochudani and 17-2 Yogogawa segments have not been obtained, they are inferred to be 2000 years or longer from the data of nearby segments and neotectonic settings. Thus, recurrence intervals, elapsed time ratios, and 100-year earthquake probabilities of these segments are shown in parentheses. 5) The 4 Shizuki, 6 Uemachi, 16-1 Shonogawa and 17-1 Tsubakizaka-toge segments possess elapsed time longer than 7000 years but lack recurrence interval data. For these segments, recurrence interval and 100-year earthquake probability are shown in italics on the assumption that their recurrence intervals are equal to or longer than their elapsed times. 6) (V) shows a vertical component and (H) shows a strike-slip component. #1: recurrence interval obtained from the average slip rate and displacement per event. #2: recurrence interval obtained from two or more paleoearthquake events recognized by surveys such as trenching and boring. #3: An undefined strike-slip component is larger than the listed vertical component. * 1: 1596 Fushimi earthquake, * 2: 1854 Ansei Iga-Ueno earthquake, * 3: 1662 Biwako-seigan earthquake, * 4: 1325 Shochu earthquake, and * 5: 1586 Tensho earthquake.

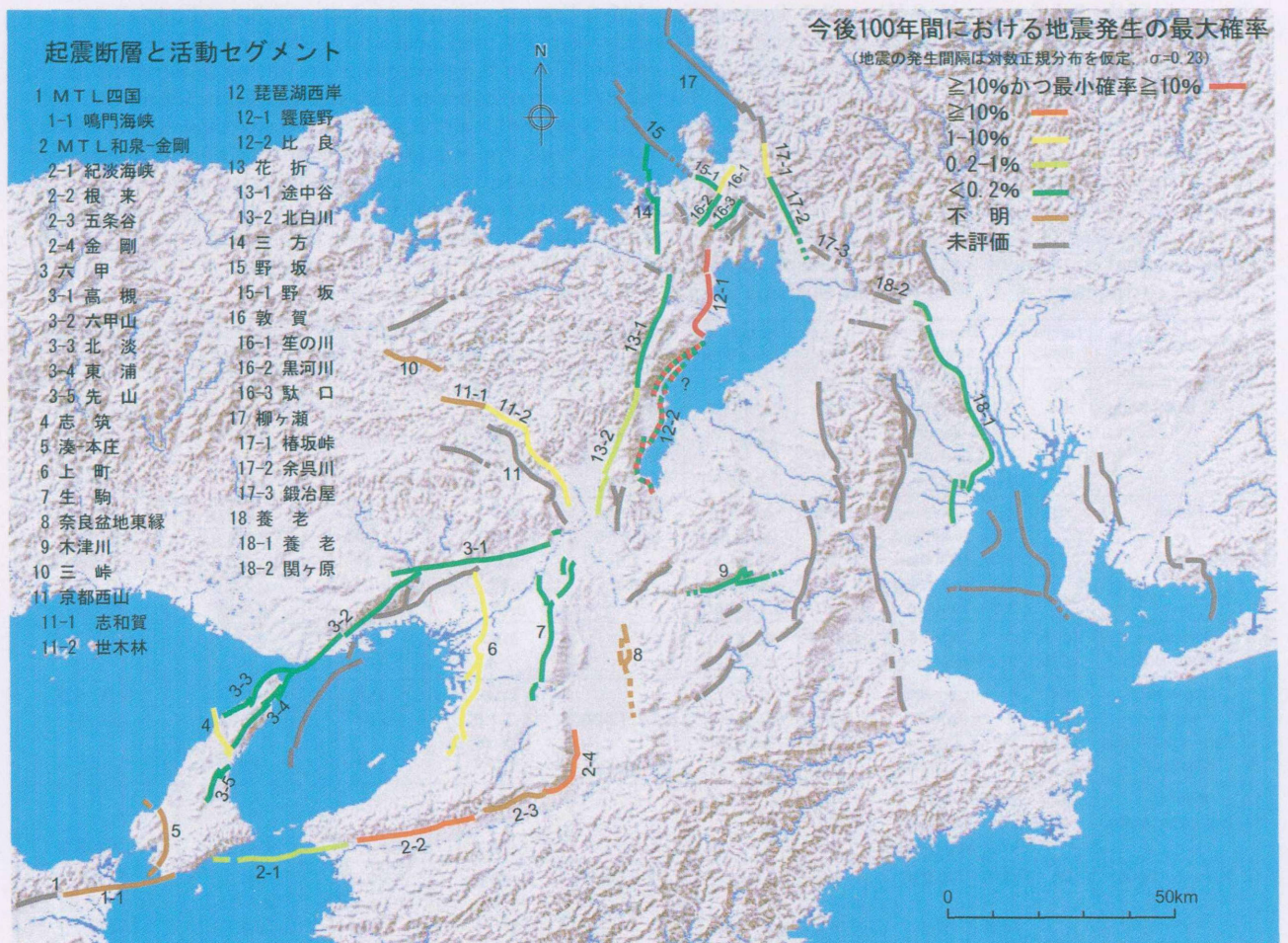
Seismogenic fault	Length (km)	Behavioral segment	Length (km)	Average slip rate (m/ky)	Displacement (m)	Latest activity (ka)	Recurrence interval (ky)	Elapsed time ratio	Probability for an earthquake in 100y (%)
1 MTL Shikoku	260	1-1 Naruto-kaikyo	25			2.5-3.5			(%)
2 MTL Izumi-Kongo	94	2-1 Kitan-kaikyo	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)	1 (V)	1.7-3.7	2-3#1	0.9-1.9	0.65-30
◇		2-3 Gojodani	16	0.3-0.5 (V)					
◇		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 Higashiura	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 Shizuki	≥ 12	4 Shizuki	≥ 12	≤ 0.1 (V)		≥ 20	≥ 20		0.00-3.6
5 Minato-Honjo	≥ 19	5 Minato-Honjo	≥ 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)	$\geq 2.2; 1.5$ (V)	1.3-1.6	4-8#1	0.2-0.4	≤ 0.01
8 Nara-bonchi-toen	≥ 12	8 Tenri	≥ 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-seigan	65	12-1 Aibano	24	2 (V)	3-5 (V)	2.4-2.8	1.5-2.5#1 (4.8-6.8 #2)	1-1.9 (0.4-0.6)	12-38 (0.00-0.47)
◇		12-2 Hira	41	≥ 1.5 (V)		(0.3*3?)	[2]	[0.2?]	[0.00?]
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	≤ 0.6	0.00-0.33
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 Tsubakizaka-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

り返し引き起こす単位領域)に区分した。更に、活動履歴、平均変位速度、単位変位量等の平均活動間隔に関連するデータを改めて吟味し、その結果に基づいて、各セグメントに固有な最大規模の地震の発生確率を算出することにより、各活動セグメントの地震発生ポテンシャルを評価した(第1表)。

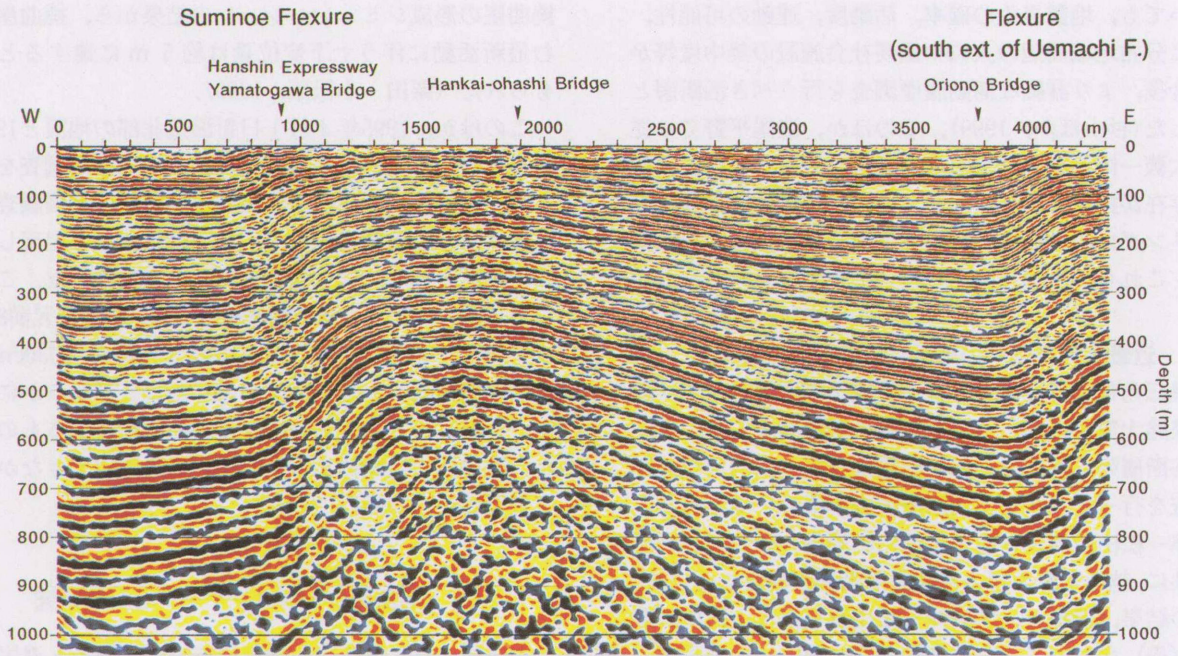
その結果、高槻セグメント(有馬-高槻構造線)等、14の活動セグメントでは、活動間隔の分布が対数正規分布に従い、その標準偏差を0.23と仮定した場合、21世紀に各セグメントに固有な最大規模の地震が発生する確率は0.2%未満と求められた(第2図)。このうち、兵庫県南部地震の際に活動した北淡セグメント(野島断層)と5~7世紀に活動した可能性が高い生駒セグメントを除く12の活動セグメントは、13世紀以降-近世以前に最新活動を行ったものと考えられる。これらの活動セグメント

の最新活動に対応する可能性が高い歴史地震として、1325年の地震、1586年天正地震、1596年伏見地震、1662年琵琶湖西岸地震及び1854年伊賀上野地震が挙げられる(第1表)。

一方、琵琶湖西岸断層北部の^{あいばの}饗庭野セグメントでは、活動間隔の分布が対数正規分布に従い、その標準偏差を0.23と仮定した場合、21世紀中に同セグメントに固有な最大規模の地震を起こす確率は12~38%と算出された(第1表)。また、琵琶湖西岸断層南部の比良セグメントは、従来、1662年琵琶湖西岸地震の起震断層と見なされていたが、これを実証する地質学的データは平成10年度までには得られなかった(水野・小松原, 1999)。このような調査結果から、琵琶湖西岸断層を、今後更に詳しい活動履歴調査を行うべき起震断層と評価した。中央構造線と泉一金剛断層と同四国断層及び上町断層(第3図)



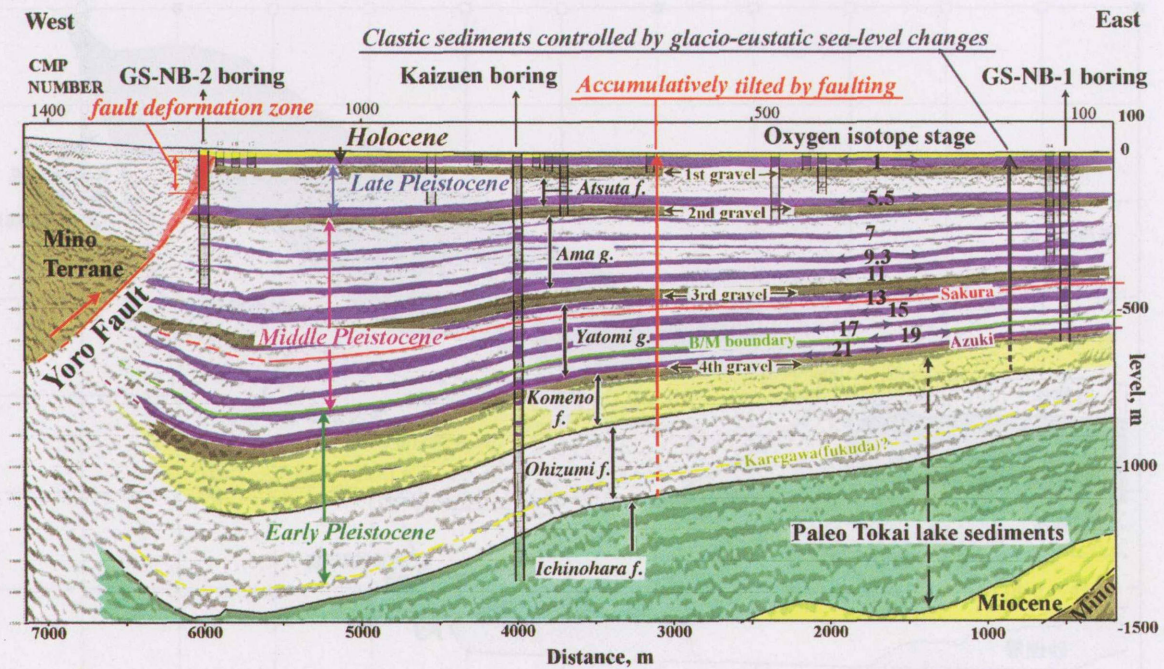
第2図 近畿三角帯の起震断層・活動セグメントと各活動セグメントの今後100年間の最大地震発生確率(杉山ほか, 1999).
Fig. 2 Seismogenic faults and behavioral segments in the Kinki Triangle and maximum 100-year earthquake probability of each segment (Sugiyama *et al.*, 1999).
See Table 1 for the English names of 18 seismogenic faults and each behavioral segment. Red segments have a minimum more than 10% earthquake probability during the next century. Orange, yellow, yellow-green and green segments have a maximum more than 10%, 1-10%, 0.2-1% and less than 0.2% earthquake probabilities during the next century, respectively. Brown segments have an uncertain earthquake probability, and gray segments have not yet assessed.



第3図 大阪府堺市の大和川南岸沿いの反射法地震探査により捉えられた上町断層(杉山, 1997)。鉛直誇張約2倍の深度変換断面。

Fig. 3 Uemachi Fault System revealed by the seismic reflection survey along the Yamato River in Sakai City (Sugiyama, 1997). Vertical magnification: 2×.

大阪市街を南北に縦断する上町断層の南方延長が断面図の右端(東端)付近に認められる。また、同断層から分岐すると推定される住之江撓曲が断面図の左半部(西半部)に見られる。起震断層としての上町断層は、この断面図に示すように、雁行と分岐を繰り返す複数の断層線からなる。



第4図 濃尾平野西部(岐阜県海津郡海津町~南濃町)の反射断面解釈図(須貝・杉山, 1999)。

Fig. 4 An interpretation of the E-W seismic reflection profile of the western Nobi Plain (Sugai and Sugiyama, 1999).

濃尾平野西部には、養老山地と同平野との境界に沿って南北に延びる養老断層を除いて、顕著な活断層は存在しないことが明らかになった。また、大深度のオールコアボーリングと反射法地震探査との複合調査により、濃尾平野に分布する第四系の年代・対比・堆積史や同平野の沈降速度等が明らかになった。

についても、地震発生の確率、活動度、連動の可能性、並びに分布地域周辺の人口や重要社会施設の集中度等から、今後、より詳細な活動履歴調査を行うべき活断層と評価した(杉山ほか, 1999)。このほか、濃尾平野では従来、大藪—津島線及び大垣—今尾線と呼ばれる伏在活断層の存在が推定されていたが、反射法地震探査と大深度ボーリングによる濃尾平野の地下構造調査(第4図)により、これらの断層は実在しないことが確かめられた。

2.2 近畿三角帯以外の地域における活断層調査

近畿三角帯以外の地域では、平成7年度補正予算「阪神・淡路大震災に係わる活断層等の緊急調査」により、伊那谷断層帯、国府津—松田断層及び富士川河口断層帯の調査を行った。また、活断層調査事業の一環として、国府津—松田断層及び富士川河口断層帯の補完調査を行うと共に、越後平野東縁の月岡断層帯等の調査を行った。

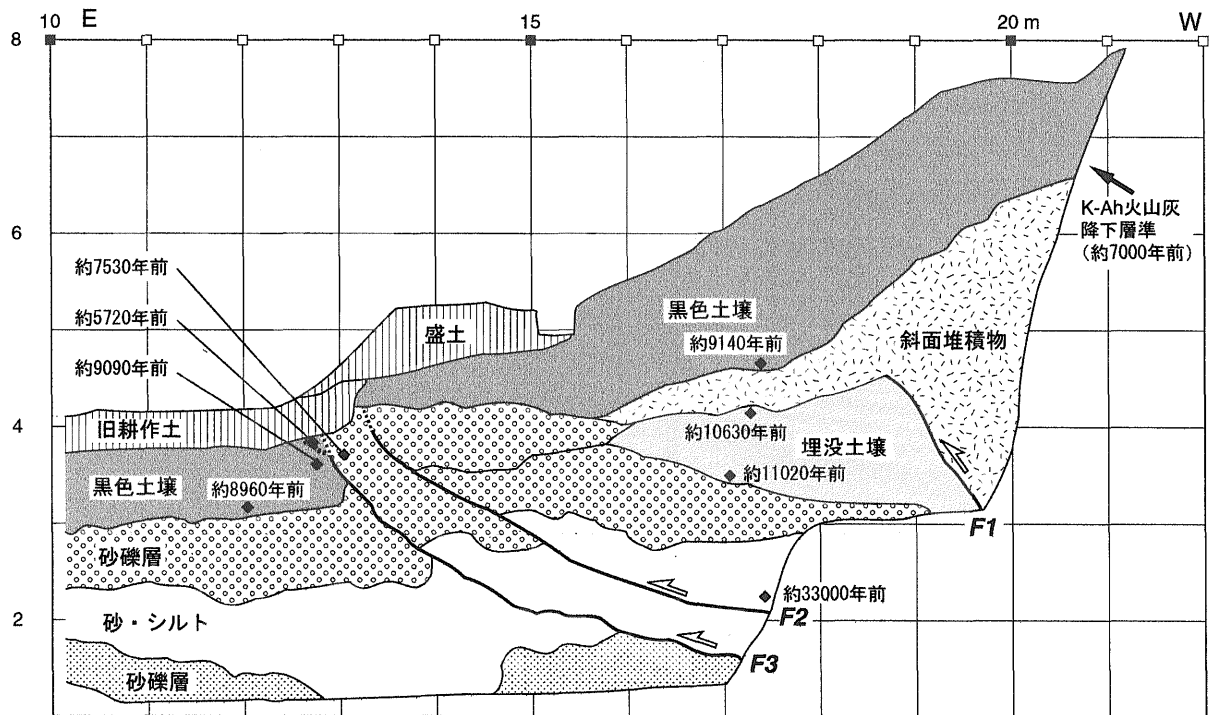
その結果、伊那谷、国府津—松田及び富士川河口の各断層(帯)については、長期的な変位速度、活動履歴、深さ数100mまでの形態等に関する新たなデータが得られた(第5, 6, 7図)。このうち、国府津—松田断層と富士川河口断層帯に関しては、主として本調査の結果に基づいて、地震調査研究推進本部地震調査委員会による国としての評価がなされた(地震調査委員会, 1997, 1998)。月岡断層帯に関しては、食い違い弾性論に基づく

撓曲崖の形成シミュレーションの結果から、撓曲崖を挟む最新活動に伴う上下変位量は約5 mに達すると見積もられた(粟田・小松原, 1999)。

このほか、1995年4月1日新潟県北部の地震と1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に関する緊急調査を実施した。岩手県内陸北部の地震については、地震調査研究推進本部の緊急調査として、同地震に伴って出現した篠崎地震断層のトレンチ調査をあわせて実施した。このトレンチ調査により、篠崎地震断層では、西暦紀元前800年～紀元後1300年の間に、1998年の上下変位(約30cm)の2～3倍に達する上下変位が生じたことが明らかになった。しかし、この上下変位が1回の活動によるものなのか、複数回の活動によるものなのかは確定できなかった(吾妻ほか, 1999)。

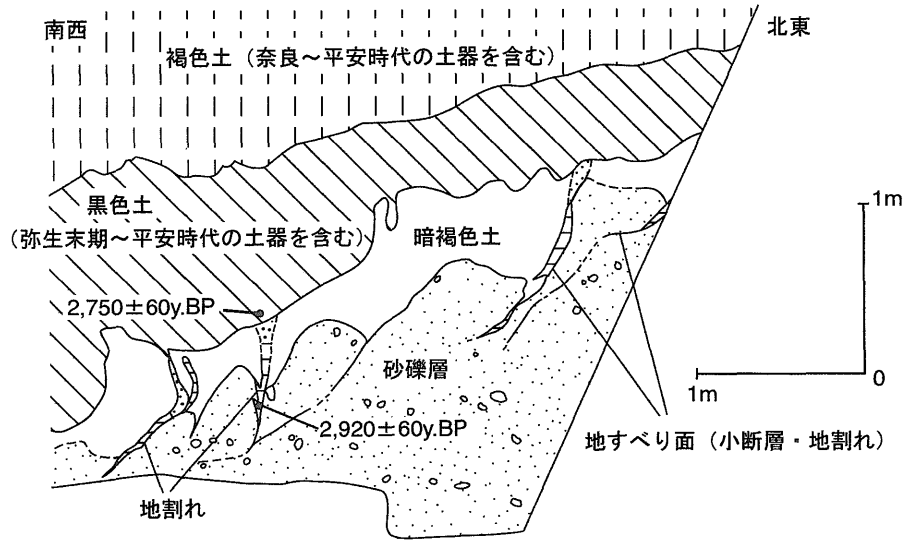
3. 活断層のセグメンテーションの研究

本研究では、糸魚川—静岡構造線活断層系と濃尾断層系の根尾谷、梅原両断層の調査を行った。その結果、白馬から小淵沢にかけての糸静線活断層系中～北部はおよそ1200年前頃に最新の活動を行っており、この活動は西暦762年または841年の歴史地震に対応する可能性があることが明らかになった(第8図; 奥村ほか, 1996a)。地震調査研究推進本部地震調査委員会は、主としてこの研



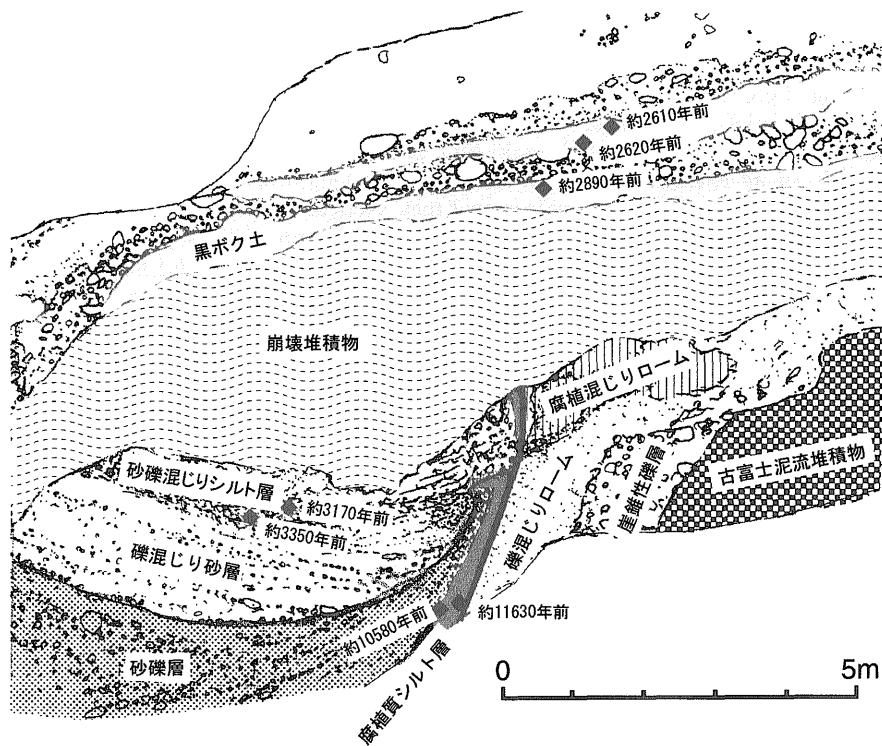
第5図 伊那谷断層帯岩間断層・北村トレンチ(長野県上伊那郡飯島町北村地区)の壁面スケッチ(奥村ほか, 1996)。
Fig. 5 Sketch of the Kitamura trench excavated on the Iwama Fault of the Inadani Fault Zone (Okumura et al., 1996).

旧耕作土に覆われる約1万年前～6千年前の¹⁴C年代を示す黒色土壌の堆積後に最新の活動(F2及びF3の活動)が生じたと考えられる。また、約1万年前にも断層活動(F1の活動)があったと推定される。



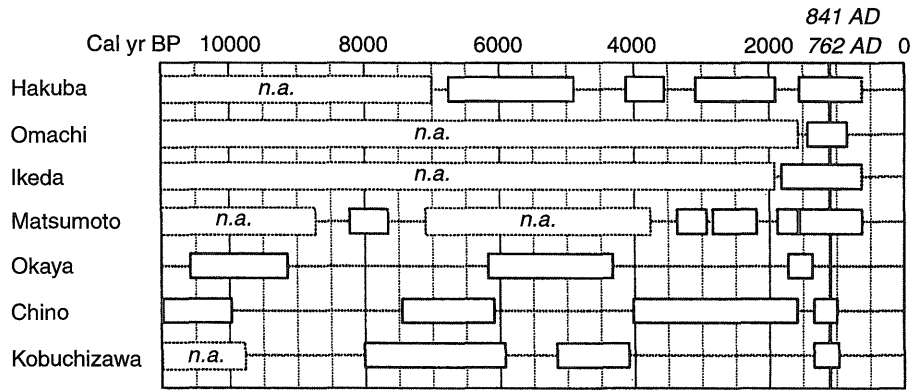
第6図 国府津-松田断層・国府津トレンチ (小田原市国府津地区) の壁面スケッチ (水野ほか, 1996).
 Fig. 6 Sketch of the Kozu trench excavated on the Kozu-Matsuda Fault (Mizuno *et al.*, 1996).

地割れに落ち込んだ土壌と地割れを覆う黒色土の¹⁴C年代から、約2800~2900年前に地割れとその北東側の地すべりが生じたと考えられる。他地点での調査結果と合わせて、このトレンチで確認された地割れや地すべりは、国府津-松田断層の活動に伴って形成されたものと判断された。



第7図 富士川河口断層帯大宮断層・山本トレンチ (富士宮市山本地区) の壁面スケッチ (下川ほか, 1996).
 Fig. 7 Sketch of the Yamamoto trench excavated on the Omiya Fault of the Fujikawa Fault Zone (Shimokawa *et al.*, 1996).

断層に切られる砂礫混じりシルト層と断層を覆う黒ボク土の¹⁴C年代から、約3千年前に大宮断層の活動が生じたと考えられる。また、約1万年前の¹⁴C年代を示す腐植質シルト層と3千数百年前の¹⁴C年代を示す砂礫混じりシルト層との変形程度の違いと両層間の不整合から、約1万年前~3千数百年前間にも断層活動があったと推定される。



第8図 糸魚川-静岡構造線活断層系北~中部の過去約1万年間の活動史(奥村ほか, 1998)。太い実線で囲んだ四角が各地点における断層活動の時期を示す。n.a. は地層の欠如等により、データがないことを示す。

Fig. 8 Rupture history of the northern and central parts of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system (Okumura *et al.*, 1998). Solid rectangulars indicate the timing of rupture events at each point. n.a. shows lack of information.

第2表 日本の地震断層のセグメント区分とそのパラメーター (粟田, 1999b).

Table 2 Earthquake segments and behavioral segments of the Japanese inland surface ruptures (Awata, 1999b).

5) カスケード比は、地震セグメントの長さをそれを構成する最も長い活動セグメントの長さで除した値。10) 変位のセンス; RL: 右横ずれ断層, LL: 左横ずれ断層, R: 逆断層, V: 縦ずれ断層。12) 平均変位速度; B: 0.9~0.1m/ky, C: 0.1 m/ky 未満。

1) Earthquake names and 6) Behavioral segment names: 1891 Nobi Earthquake (Nukumi, Neodani and Umehara Segments), 1896 Rikuu Eq. (Senya and Kawafune Sgs.), 1918 Omachi Eq. (Terakaido Sg.), 1925 Tajima Eq. (Tai Sg.), 1927 Kita-Tango Eq. (Gomura and Yamada Sgs.), 1930 Kita-Izu Eq. (Tanna and Himenoyu Sgs.), 1938 Kussharo Eq. (Kussharo Sg.), 1943 Tottori Eq. (Shikano-Yoshioka Sg.), 1945 Mikawa Eq. (Fukoju and Yokosuka Sgs.), 1959 Teshikaga Eq. (Teshikaga Sg.), 1965 Matsushiro Eq. Swarm (Matsushiro Sg.), 1974 Izu-hanto Oki Eq. (Irozaki Sg.), 1978 Izu-Oshima Kinkai Eq. (Inatori-Omineyama and Neginota Sgs.), 1995 Hyogo-ken Nanbu Eq. (Hokudan and Nadagawa Sgs.), 1998 Iwate-ken Nairiku Hokubu Eq. (Shinozaki Sg.), 2) Magnitude, 3) Length, 4) Maximum displacement, 5) Cascade ratio: the ratio of an earthquake segment length to the length of the longest behavioral segment in the earthquake segment, 7) Length, 8) Maximum displacement (net, vertical and horizontal slips from the left), 9) Modal net slip, 10) Fault type, RL: right-lateral strike-slip fault, LL: left-lateral strike-slip fault, R: reverse fault, V: dip-slip fault, 11) Recurrence interval, 12) Slip rate, B: 0.9 to 0.1 m/ky, C: less than 0.1 m/ky.

地震セグメント(Earthquake Segment)					活動セグメント(Behavioral Segment)								
地震名 ¹⁾	地震規模 ²⁾ M	長さ ³⁾ (km)	最大変位量 ⁴⁾ (m)	カスケード比 ⁵⁾	セグメント名 ⁶⁾	長さ ⁷⁾ (km)	最大変位量 ⁸⁾			最頻変位量 ⁹⁾ (m)	変位のセンス ¹⁰⁾	再来間隔 ¹¹⁾ (ky)	平均変位速度 ¹²⁾ (m/ky)
							ネット	鉛直	水平 (m)				
1891 濃尾	8.0	80	7.4	2.6	温見	16	3.5	1.8	3	4-6	LL	2.7	≥2
					根尾谷	31	7.4	0	7.4				
					梅原	26	5.3	1.7	5				
1896 陸羽	7.2	50	7.2	1.4	千屋	36	7.2	3.6	2.8-4.2	R	3.5	1.6	
					川舟	14	2.8	2.0	2.8				
1918 大町	6.1	1.1	0.2	1.0	寺海戸	1.1	0.2			R	≥5.7	B	
1925 但馬	6.8	1.6	1	1.0	田結	1.6	1	1		V			
1927 北丹後	7.3	26.5 +	3.8	1.5?	郷村	18 +	3.8	1	3.7	1.8-2.2	LL	≥6.1	B-C
					山田	8.5	1.2	0.9	1				
1930 北伊豆	7.3	35	3.8	1.9	丹那	15	3.8	1.5	3.5	LL	0.7-1.0	2	
					姫之湯	19	3		3				
1938 屈斜路	6.8	12	2.6	1.0	屈斜路	10	2.6		2.6	LL			
1943 鳥取	7.2	13	1.7	1.0	鹿野-吉岡	13	1.7	0.8	1.5	RL	4-8	C	
1945 三河	6.8	26	2.4	2.0	深溝	13	2.7	2.0		2.7	R	20-30	C
					横須賀	13	2.9	2.0	1.3				
1959 弟子屈	6.1	2	0.1	1.0	弟子屈	2	0.1	0.1		V			
1965 松代群発	群発	4	0.3	1.0	松代	4	0.3	0.2	0.3	LL			
1974 伊豆半島沖	6.9	6 +	0.5	1.0?	伊廊崎	6 +	0.5	0.2	0.4	0.5	RL		B
1978 伊豆大島近海	7.1	4.5 +	1.2	1.1?	稲取-大峰山	4 +	1.2	0.2	1.2	RL	2-2.5	B	
					根木ノ田	0.5	0.2	0.1	0.2				
1995 兵庫県南部	7.2	16.6	2.5	1.1	北淡	15	2.5	1.4	2.0	1.6	RL	2-2.5	B
					灘川	1.6	0.2	0.2	0.1				
1998 岩手県内陸北部	6.1	0.9	0.4	1.0	篠崎	0.9	0.4	0.3	0.3	0.4	R		B

究成果に基づいて、糸静線活断層系の国としての評価を行った(地震調査委員会, 1996)。

濃尾断層系については、根尾谷断層の平均活動間隔が約2700年であるのに対して、梅原断層は最近の1万年間にただ1回、濃尾地震の際に活動したことが判明した。この調査結果から、両断層はそれぞれ、異なる活動セグメントをなすと判断された(栗田ほか, 1999)。更に、濃尾断層系に関する研究成果を始めとして、日本の地震断層の活動セグメント区分を行った(第2表; 栗田, 1999b)。その結果、地震断層の多くは複数の活動セグメントに区分され、活動セグメントの最頻変位量 D_{mode} (m) と長さ L (km) との間には、 $L \approx 7.5D_{mode} \sim 10D_{mode}$ の関係があることが明らかになった。

4. 活断層の地球物理学的研究

本研究では、伏在活断層の広域探査手法の開発を目的として、高分解能の空中磁気探査と重力探査を濃尾平野、福井平野及び近江盆地で実施した。その結果、養老断層に対応するブーゲー異常の急変、福井地震断層に沿う磁気異常とブーゲー異常の急変、柳ヶ瀬断層の南方延長に対応すると判断されるブーゲー異常の急変等が認められた(牧野ほか, 1999; 大熊ほか, 1998等)。これらの調査結果から、重力探査の伏在断層探査手法としての有効性が改めて確認され、空中磁気探査も高帯磁岩層分布域における伏在断層の広域探査に適用可能であると判断された。

5. 島弧サイモテクトニクスの研究

本研究では、活断層、地殻変動、歴史地震等のデータに基づいて、東北日本弧及び千島弧のサイモテクトニクスについて研究を行った。その結果、東北日本弧では、日本海側に向かって、長期的な歪み速度が増大することと調和的に、活断層の活動間隔が短くなることを明らかにした(栗田, 1999a)。また平成9年度からは、科学技術振興調整費重点基礎研究「津波堆積物の分布状況から見た津波の遡行形態に関する基礎的研究」の開始とあわせて、千島弧における海溝型地震の履歴の解明を目的とする津波堆積物の研究を始めた。平成10年度までの調査により、霧多布湿原において7枚の津波堆積物の可能性がある海成砂層が検出され、9世紀以降、100~400年に1回の割合で霧多布湿原への津波の遡上が繰り返されたことが明らかにされた(七山ほか, 2000)。

6. 活構造情報の整備・活用

本研究テーマでは、10万分の1柳ヶ瀬-養老断層系ストリップマップ(杉山ほか, 1994)、10万分の1糸魚川-静

岡構造線活断層系ストリップマップ(下川ほか, 1995)、50万分の1活構造図東京(第2版)(杉山ほか, 1997)及び1万分の1兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップ(栗田・水野, 1998)を刊行した。また、50万分の1活構造図京都(第2版)、2.5万分の1伊那谷断層帯ストリップマップ、2.5万分の1長野盆地西縁断層帯ストリップマップの編纂作業を開始した。更に、活断層情報の数値化・データベース化として、糸静線活断層系ストリップマップの数値化と活断層の反射法地震探査データのCD-ROM化を行った。このほか、活断層の調査成果を速やかに公表するため、2.1で述べた研究調査概要報告書を各年度に刊行し、関係機関等に配布したほか、活断層研究室のホームページ(<http://www.gsj.go.jp/dER/active/hptop1.html>)において、逐次最新の研究成果を公開した。

7. おわりに

本特別研究の初年度には、内陸活断層の活動に起因する1995年兵庫県南部地震が発生し、活断層の評価の重要性を改めて痛感させられた。この地震を契機に始められた活断層調査事業では、多くの課題を残しながらも、近畿三角帯の主な活断層について、地震発生ポテンシャルの定量的な評価にまで到達できた。また、糸魚川-静岡構造線活断層帯、国府津-松田断層及び富士川河口断層帯については、本特別研究による調査結果が地震調査研究推進本部地震調査委員会による国としての評価に大きく貢献した。これらの成果と実績から、本特別研究の所期の目的は十分に達成できたと考える。同時に、今後の課題として、以下の点が明確になった。それらは、1) 活動セグメントの活断間隔、1回の変位量、活動範囲等のばらつきに関する基礎研究の推進、2) 個々の活断層・活動セグメントの評価精度の向上、3) 活動セグメントや起震断層の連鎖的な活動(連動)の定量的評価、4) 活断層そのもの以外(off-fault)の地層や遺跡等に保存された古地震情報の分析・評価手法の確立、5) 活断層・古地震データの地震防災へのより実際的な応用等である。これらの課題については、平成11年度からの新規特別研究において、その解決・推進を目指したい。

なお、本特別研究には、筆者を含めて31名の地質調査所職員(後に他機関への出向者を含む)と12名の大学等他機関の研究者が参画した。平成7年度補正予算による調査の成果を含めて、本特別研究による成果の公表は、平成11年度末時点で誌上発表230件、口頭発表160件である。

文 献

- 栗田泰夫(1999a) 東北本州弧内陸における断層の活動セグメント. 月刊地球, 21, 564-568.
- 栗田泰夫(1999b) 日本の地震断層におけるセグメント構造とカスケード地震モデル(試案). 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 275-284.
- 栗田泰夫・苅谷愛彦・奥村晃史(1999) 古地震調査にもとづく1891年濃尾地震断層系のセグメント区分. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 115-130.
- 栗田泰夫・小松原 琢(1999) 月岡断層帯の浅部断層形態にもとづく単位変位量の再検討. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 37-45.
- 栗田泰夫・水野清秀(1998) 1万分の1兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップ—野島・小倉及び灘川地震断層—. 地質調査所.
- 吾妻 崇・栗田泰夫・吉岡敏和・伏島祐一郎(1999): 1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に伴う地震断層(篠崎地震断層)のトレンチ掘削調査. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 19-27.
- 地質調査所(1996) 平成7年度活断層研究調査概要報告書. 地質調査所研究資料集, no. 259, 98p.
- 地質調査所(1997) 平成8年度活断層研究調査概要報告書. 地質調査所研究資料集, no. 303, 140p.
- 地質調査所(1998) 平成9年度活断層・古地震研究調査概要報告書. 地質調査所速報, no. EQ/98/1, 188p.
- 地質調査所(1999) 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 309p.
- 地震調査委員会(1996) 糸魚川—静岡構造線活断層系の調査結果と評価について. 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 10p.
- 地震調査委員会(1997) 神繩・国府津—松田断層帯の調査結果と評価について. 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 20p.
- 地震調査委員会(1998) 富士川河口断層帯の調査結果と評価について. 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 30p.
- Kariya, Y., Fusejima, Y., Miyauchi Y., Mizuno, K., Satake, K., Sangawa, A., Imura, R., Okumura, K., Yanagida, M. and Sato, M. (2000) Paleoseismological study of the Kizugawa fault system in the eastern Kinki district, Japan. *Proceedings of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*, 155-159.
- 小松原 琢・水野清秀・金田平太郎・須藤宗孝・山根 博(1999a) 史料による1662年寛文地震時の三方五湖周辺における地殻変動の復元. 歴史地震, no. 15, 81-100.
- 小松原 琢・水野清秀・寒川 旭・七山 太・木下博久・新見 健・間野道子・吉村辰朗・井上 基・葛原秀雄・岡司高志・中村美重・横井川博之(1999b) 琵琶湖西岸活断層系北部・饗庭野断層の活動履歴. 地震2, 51, 379-394.
- 牧野雅彦・村田泰章・駒澤正夫・大熊茂雄(1999) 琵琶湖北東岸における柳ヶ瀬断層南方延長部の高密度重力探査. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 163-171.
- 松田時彦(1990) 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研彙報, 65, 289(5) 319.
- 水野清秀・小松原 琢(1999) 琵琶湖西岸断層系松田断層及び今津—高島沖湖底断層の補備調査. 地質調査所速報, no. EQ/99/3, 215-224.
- 水野清秀・山崎晴雄・下川浩一・佐竹健治・井村隆介・吉岡敏和(1996) 国府津—松田断層の活動履歴及び活動性調査. 地質調査所研究資料集, no. 259, 81-88.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・古川竜太・廣田 勲・牧野彰人・野島順二・小板橋重一・石井正之(2000) 千島海溝沿岸域, 霧多布湿原において確認された巨大地震津波イベント. 月刊地球, 号外 28, 139-146.
- Nanayama, F., Kinoshita, H., Tsukuda, E., Mizuno, K., Niimi, K., Ishii, H., Kitada, N., Saito, R., Inoue, N. and Takemura, K. (2000) Paleoseismological study of the Tomogashima-suido fault, Median Tectonic Line active fault system (MTL) during Holocene, at the eastern side of Kitan straits, central Japan. *Proceedings of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*, 325-328.
- 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・澤 祥・東郷正美(1996a) 糸魚川—静岡構造線活断層系の活動履歴調査. 地質調査所研究資料集, no. 259, 89-94.
- 奥村晃史・井村隆介・杉山雄一・松島信幸・寺平 宏・池田安隆・佐藤比呂志・東郷正美(1996b) 伊那谷断層帯の活動履歴及び活動性調査. 地質調査所研究資料集, no. 259, 63-71.
- 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・東郷正美・澤 祥・水野清秀・苅谷愛彦・斎藤英二(1998) 糸魚川—静岡構造線活断層系北部の最近の断層活動—神城断層松本盆地東縁断層トレンチ発掘調査—. 地震2, 50別冊, 35-51.
- 大熊茂雄・村田泰章・牧野雅彦・中塚 正・広島俊

- 男・駒澤正夫・森尻理恵 (1998) 養老断層地域における高分解能重・磁力探査。地質調査所速報, no. EQ/98/1, 43-53.
- 寒川 旭 (1997) 活断層の履歴調査と考古学。考古学研究, 43, 1-6.
- 佐竹健治・須貝俊彦・寒川 旭・柳田 誠・横田 裕・岩崎孝明・小俣雅志・石川 玲 (1999) 奈良県金剛断層系の構造と最新活動時期。地震 2, 52, 65-79.
- 下川浩一・水野清秀・井村隆介・奥村晃史・杉山雄一・山崎晴雄 (1995) 10万分の1糸魚川-静岡構造線活断層系ストリップマップ。地質調査所下川浩一・山崎晴雄・水野清秀・井村隆介 (1996) 富士川断層系の活動履歴及び活動性調査。地質調査所研究資料集, no. 259, 73-80.
- 須貝俊彦・伏島祐一郎・栗田泰夫・吾妻 崇・苅谷愛彦・岩崎孝明・小俣雅志・中井信之・松山澄久・鈴木康弘・中井正幸 (1999) 完新世における養老断層系の活動履歴—1586年天正地震・745年天平地震震源断層の可能性。日本第四紀学会講演要旨集, no. 29, 84-86.
- 須貝俊彦・杉山雄一 (1999) 深層ボーリング (GS-NB-1) と大深度地震探査に基づく濃尾傾動盆地の沈降・傾動速度の総合評価。地質調査所速報, no. EQ/99/3, 77-87.
- 杉山雄一 (1997) 上町断層系の反射法弾性波探査。地質調査所研究資料集, no. 303, 105-113.
- 杉山雄一・栗田泰夫・吉岡敏和 (1994) 10万分の1柳ヶ瀬-養老断層系ストリップマップ。地質調査所。
- 杉山雄一・佐竹健治・駒澤正夫・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄・石田瑞穂・広島俊男・長谷川功・村田泰章 (1997) 50万分の1活構造図「東京」(第2版)及び同説明書。地質調査所, 34p.
- 杉山雄一・下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・水野清秀・吉岡敏和・小松原 琢・七山 太・苅谷愛彦・吾妻 崇・伏島祐一郎・佃 栄吉・寒川 旭・須貝俊彦 (1999) 近畿三角地帯における主要活断層の調査結果と地震危険度。地質調査所速報, no. EQ/99/3, 285-309.
- 吉岡敏和・苅谷愛彦・七山 太・岡田篤正・竹村恵二 (1998) トレンチ発掘調査に基づく花折断層の最新活動と1662年寛文地震。地震 2, 51, 83-97.
- 吉岡敏和・水野清秀・榊原信夫 (1997) 淡路島中部、先山断層の最新活動とその意義。活断層研究, no. 16, 87-94.

(受付: 2000年4月17日; 受理: 2000年7月26日)