

兵庫県南部地震を引き起こした野島断層の諸性質

岡田 篤 正¹⁾・竹村 恵 二¹⁾・加藤 茂 弘²⁾

Characteristics of the Nojima Fault, A Major Surface Rupture Associated with the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, in the Northern Part of Awaji Island, Western Japan

Atsumasa OKADA¹⁾, Keiji TAKEMURA¹⁾ and Shigehiro KATO²⁾

Abstract

The Rokko Mts. and Awaji Island have been formed under an east-west compressive stress field accompanied by the right-lateral and vertical components of faulting along the Rokko-Awaji fault system. At the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, the Nojima earthquake fault appeared almost along the pre-existing Nojima fault within this fault system, which was previously known to be active. Many precise surveys have been performed after this earthquake to describe the various features of the earthquake fault, such as the detailed locality and behaviour of faulting, amount of displacement, and other geomorphic and geologic characteristics. In addition, the following subjects are discussed based on these features: the segmentation of the faulting, its total length, mode and amount of displacement at both ends, and the relationship between the Nojima fault and the other faults on the east side of the island.

From the measurement of three dimensional crustal deformation around the earthquake fault using air-photographs, it was revealed that the island in the northwestern side of the fault moved eastward up to 1.7m and dislocated vertically from -1.2m to +1.7m, whereas the southeastern side was displaced southward up to 2.5m and uplifted up to 1.7m. These acute crustal movements are not parallel to the fault trace. The three dimensional crustal deformations were at least in the order of 1m, even in sites more than 1 km apart from the fault trace.

Many kinds of surveys also revealed the characteristics of the Nojima fault including the fault topography, recurrence time of faulting, total displacements, and the subsurface geology. Especially, seismic reflection surveys and three deep-core drillings across the fault clarified the subsurface structure around the fault, and the characteristics and inclination of its shattered zones. The Nojima fault accompanied with a present fault scarp higher than 250m had started remarkable vertical displacement after the deposition of the Osaka Group. It has repeatedly moved at a recurrence interval of ca. 2,000 years during the Late Quaternary. Total right-lateral displacement attains at least 300m, being almost equal to or less than its total vertical dislocation. The studies on the fault planes and shattered zones revealed dips of the planes, mode of faulting, and the relationship between the amount of displacement and the width and structure of the shattered zones. Furthermore, detailed observation and analysis of the drilling cores now in progress indicate the structure and dip of the fault at relatively deeper levels, as well as the

¹⁾ 京都大学大学院理学研究科 地球物理学教室 Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8502 Japan

²⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 地球科学研究部 Division of Earth Sciences, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

characteristics of shattered rocks accompanying the fault.

From the ample evidence mentioned above, the Nojima fault is considered to be different in faulting history between the parts north and south of Hikinoura Village in Hokudan Town. Right-lateral faulting and east-side uplifting have continued until now in the northern part. In contrast, in the southern part of the fault, the bifurcated fault corresponding to the geologic boundary between the granitic rocks and the Osaka group has acted as an active fault, although its activity is weak at present. Along the Nojima earthquake fault, a wide flexure zone had been formed along the Mizukoshi flexure, but it changed into an active fault with a predominantly right-lateral component probably during the Late Quaternary.

Key words: the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, Nojima earthquake fault, Nojima fault, displacement, subsurface structure, faulting history

目 次

1. はじめに
2. 淡路島北部の活断層の概説
 - 2.1 研究史
 - 2.2 野島断層, 楠本断層, 東浦断層, 先山断層の概要
3. 野島地震断層の概説
 - 3.1 兵庫県南部地震に関連する活断層系と野島地震断層
 - 3.2 野島地震断層の活動区(セグメント)区分と長さ
 - 3.3 空中写真測量による野島断層沿いの地殻変動
4. 野島断層の諸性質
 - 4.1 野島断層の活動履歴と活動間隔
 - 4.2 野島断層の累積横ずれ変位量
 - 4.3 野島断層の累積上下変位量
 - 4.4 反射法地震探査による野島断層の地下構造
 - 4.5 ボーリング調査から判明した野島断層の地下形態と累積上下変位量
 - 4.6 野島断層の断層破碎帯
 - 4.7 野島断層や関連する断層の第四紀前半の活動
5. ま と め

1. はじめに

淡路島の北部は北東-南西方向へ細長く延びる山地と、この両側の山麓域に幅狭くみられる丘陵・低地から構成される。この山地は典型的な地塁ないし地背斜状の高まりをなし、西側の野島断層・浅野断層と東側の楠本断層・東浦断層により限られている。

これらの断層群は六甲-淡路(島)断層系とよばれ、六甲山地から淡路島周辺にかけての幅広い地帯内に発達する(図1)。これらの大半は第四紀に動いてきた活断層である。走向は北東-南西方向が卓越し、この断層運動は右横ずれと山側の隆起を伴う。これらと直交する北西-南東方向の左横ずれ活断層(志筑断層や育波断層など)も

淡路島北部にいくつかあり、両者は共役の断層系を構成する。こうした活断層は東西水平方向からの圧縮作用で第四紀に形成されてきたとされるが、兵庫県南部地震の発生前までは一般的な地形・地質調査や地質図幅調査の一環として調べられてきたにとどまり、詳しい活断層調査は行われて来なかった。

しかし、野島断層はまさに兵庫県南部地震を引き起こした主要な地表地震断層であった(図1)ため、この地震以後に、現在想定されるあらゆる種類の精査が野島断層を対象として実施されてきた。こうした調査成果の全てがまだ公表されている訳ではないが、全容はほぼ判明してきたので、この機会に野島断層の諸性質や全体像を把握するよう、以下に試みる。

2. 淡路島北部の活断層の概説

2.1 研究史

淡路島北部の活断層や新期地殻運動については、池辺ほか(1961)・近畿地方土木地質図編纂委員会(1981)・水野ほか(1990)・活断層研究会(1991)・高橋ほか(1992)などの地質図や編集図が刊行され、それらの解説書で概略が記載されていた。また、寒川ほか(1979)や岡・寒川(1981)などの論文では、野島断層沿いにみられる活断層地形が指摘され、大阪層群や段丘堆積物と基盤岩類とが接触する活断層露頭が確認されていた。とくに野島断層は当域の主要な活断層であるので、水野ほか(1990)の5万分の1地質図と説明書でやや詳しく解説されていた(図2)。しかし、この断層の詳細を解明するような特別の調査(トレンチ調査・反射法地震探査・ボーリング調査など)までは行われて来なかった。

兵庫県南部地震の発生後には数多くの多面的な調査・

研究が実施され、地震断層・活断層に関する膨大な資料が刊行され、蓄積されてきた。まず、現地踏査に基づく地震断層の記載については、中田ほか(1995)・栗田ほか(1995, 1996)・原口ほか(1995)・林ほか(1995a, b)・太田ほか(1995)・太田(1996)・池田ほか(1995)・尾高ほか(1996)・皆川ほか(1995)・植村(1996)などが詳しい。各地点の地表変位の諸元が測定され、図・写真・スケッチなどで詳しく記載・記録されている。岡田・鬼木(1995)は、これら数多くの記載地点を整理して断層の諸元を詳細位置図とリスト(表)にまとめ、地震断層の全体像を明らかにする試みを行った。

さらに、栗田・水野(1998)は、野島断層の詳細位置や変位量分布などを1万分の1地質詳細図として示した。これによって今までに行われた成果が総合され、地震断層や活断層と地形・地質の関係が詳しい断層図としてまとめられた。

六甲山地や淡路島北部地域の陸上活断層については、

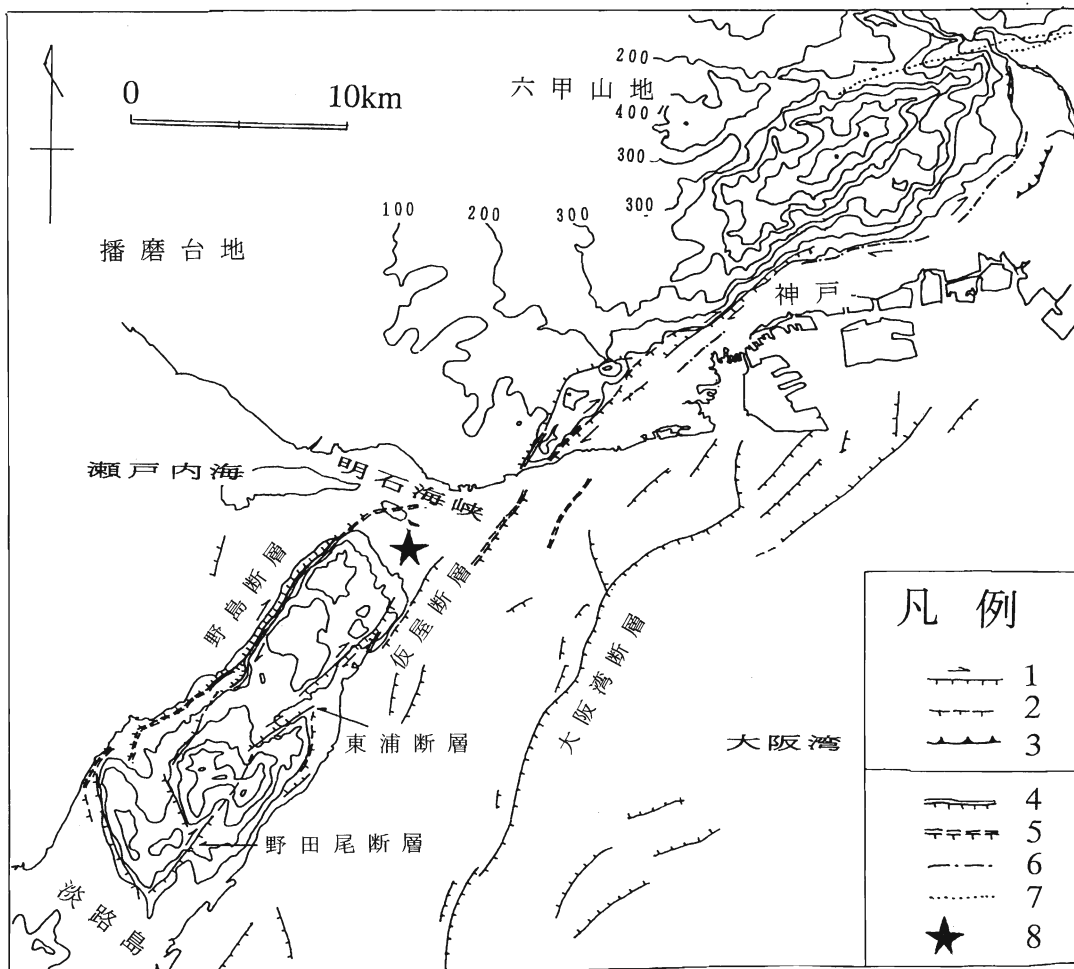


図1 六甲山地—淡路島北部と周辺海底の活断層と地表地震断層の分布図(岡田, 1996を修正)

陸上部は幅500mの谷埋法による接峰面図(等高線間隔100m)であり、海底部には深度100m等深線を記入した。1:活断層(第四紀後期以降に活動したもの;ケバ側は低下), 2:推定および伏在活断層, 3:逆断層, 4:地表地震断層(確実), 5:地表地震断層(不確実), 6:地表地震断層(不確実—推定)の可能性がある活断層, 7:微弱な動きがみられた活断層, 8:兵庫県南部地震の本震の震央

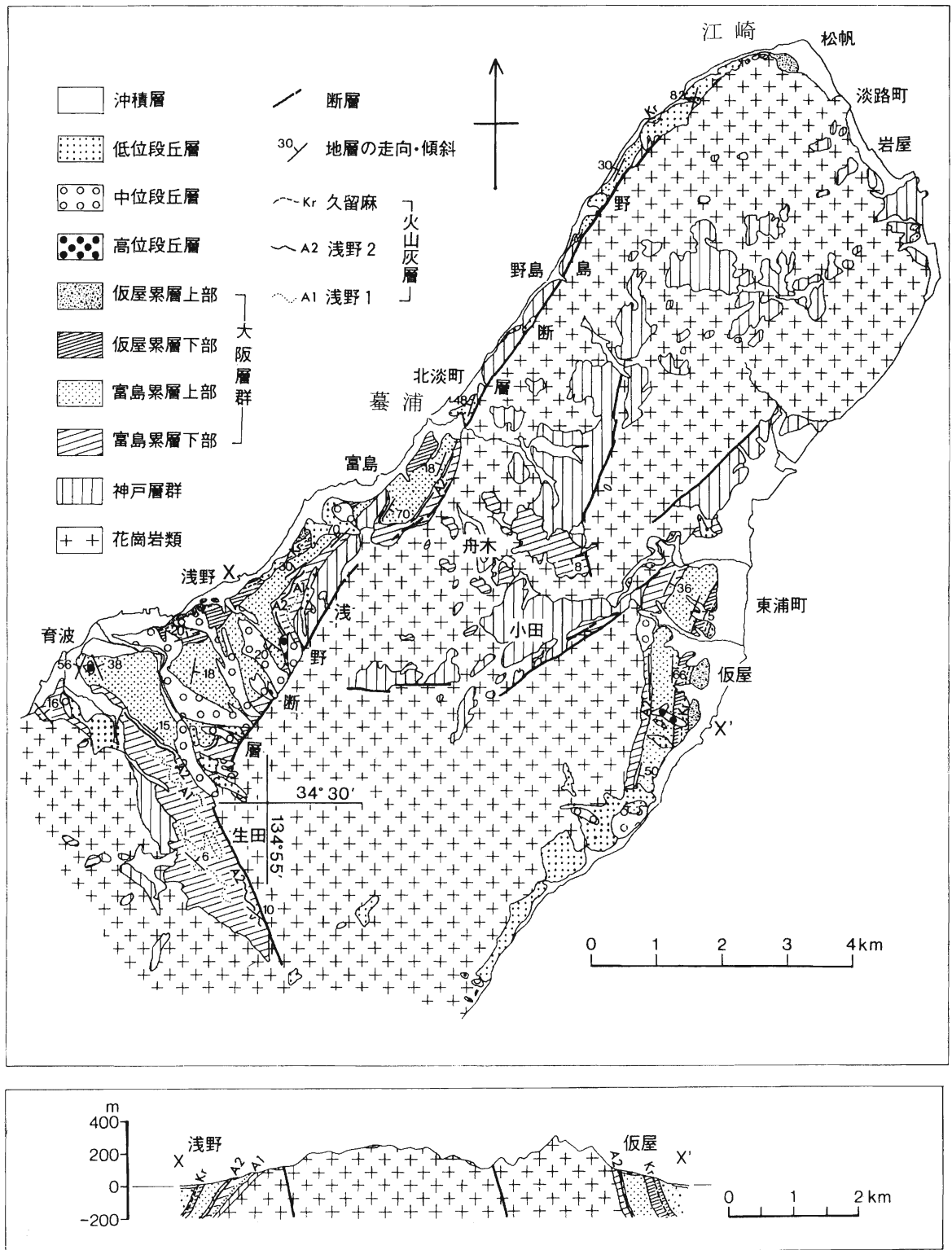


図2 淡路島北部地域の地質図及び地質断面図(市原編, 1993) その後に認められた断層については図3を参照されたい。

その詳細な分布位置や活動様式などが、渡辺ほか(1996)・兵庫県土木地質図編纂委員会(1996)・吾妻(1997)などによりまとめられている。

兵庫県南部地震後に行われた野島断層のトレンチ調査は、梨本地区の沖積低地で最初に実施され、1995年地震

に先行する古地震の発生時期や活動間隔などについて貴重な情報が得られた(鈴木, 1995; 鈴木ほか, 1996; Nakata *et al.*, 1996). 引き続いて、地質調査所が野島断層の5ヶ所でトレンチ調査を実施し、その後には他の淡路島の活断層(東浦・先山・湊一本庄などの断層)だけ

でなく、さらに周辺地域についても活断層のトレンチ調査が続けられている。

また、反射法地震探査を主とする各種の物理探査が野島断層や周辺の断層を横切って行われ、地下構造を把握すると共に活断層の性状がとらえられてきた(皆川ほか, 1995; 兵庫県立人と自然の博物館編, 1997)。こうした調査は国の研究機関や大学だけでなく、地質調査関連企業の自主研究としても行われた。

野島断層を対象として、防災科学技術研究所(科学技術庁)・地質調査所(通産省工業技術院)・京大防災研究所一東大地震研究所(文部省)などの研究機関が深層ボーリング調査を実施した。これらは主に断層の上盤側から1000m以深に達する掘削を行い、高角度で東側へ傾斜する野島断層の破碎帯を貫いている。したがって、野島断層の地下での性状や傾斜などが明らかとなった。さらに、これらの掘削孔や採取試料を用いて、各種の観測や実験が進められてきた。

海域では海上保安庁水路部により、音波探査・反射法地震探査・ボーリング調査などが行われ、大阪湾や播磨灘の海底地形・地質・地下構造がより詳しく解明されてきた。とくに、明石海峡や淡路島周辺の海底調査の成果は、海上保安庁水路部(1995)や岩渕ほか(1995)などで公表され、野島断層との関連が判明してきた。

2.2 野島断層・楠本断層・東浦断層・先山断層の概要

淡路島北部山地北西側の地形的な(山地と丘陵・台地との)境界線に沿って、野島断層・浅野断層は、ほぼ北東-南西方向に延長する(図2)。地質的には、花崗岩類(白亜紀)と神戸層群・大阪層群・段丘堆積物とが接する境界面となっている。北東側が野島断層、南西側が浅野断層とよばれる。野島断層は江崎付近から養浦付近にまで、約7kmにわたってのびる。これより南西方向には、神戸層群や大阪層群を撓曲変形させる水越撓曲があり(水野ほか, 1990)、少なくともこの北東部は野島断層とともに兵庫県南部地震時の地震断層として活動したので、延長約10kmの地震断層線が追跡されたことになる。

野島断層に沿う急斜面(=断層崖)の下部には明瞭な傾斜変換線が伴われている。この一部には右横ずれの尾根や河谷の系統的な屈曲がみられる。また、段丘面を変位させる低断層崖の向きから、南東側の山地が一般に隆起してきたことが判る。野島断層の崖麓域では、基盤岩石と大阪層群やそれ以降の堆積物とが断層関係で接する露頭が数カ所観察され、いずれの場所でも逆断層的な見かけを呈している。北淡町平林では、いくつかの段丘面や段丘崖を横切って変位地形が発達している(水野ほか, 1990; 写真9参照)。

淡路島北部山地の南東側にも、地形的な変換線に沿っ

て楠本断層と東浦断層が走る。これらもほぼ北東-南西方向に延長する(図3)。地質的には、花崗岩類の中や、花崗岩類と神戸層群・大阪層群とが接する境界面となっている。

楠本断層は淡路島北部南東縁を北東-南西方向へ約6km延びる活断層である。その北半部は山地中を走り、鞍部列や直線状谷が連続する(水野ほか, 1990; 渡辺ほか, 1996)。南半部は比高150m前後の断層崖地形を伴い、山麓の谷底では花崗岩類と礫層が逆断層状を呈して接する露頭が確認されている(水野ほか, 1990)。全域を通して、河谷・尾根の右ずれ変位が認められ、北西側が隆起している(図3)。これらの変位地形は南西側へは鮮明となるが、北東側の丘陵性山地では不明瞭となる。楠本断層に雁行するように、東浦断層・野田尾断層(図1)が配置しており、これらを合わせた総延長は20km以上に達する(吾妻, 1997)。

また淡路島の東側海底には、地形的な変換線に沿って仮屋断層が、沖合約8kmを大阪湾断層が走り、ほぼ北東-南西方向に延長する(図1, 3)。この海底活断層は音波探査(藤田・前田, 1984)や反射法地震探査(岩崎ほか, 1994)によって解明された。淡路島では大阪層群下部層は陸上部にみられるが、大阪湾断層の東側との間に3000mを越す基盤岩石の高度差があり、こうした高度差は大阪湾断層だけでは説明しにくい。しかし、仮屋断層との間に別の大きな断層はないらしく(海上保安庁水路

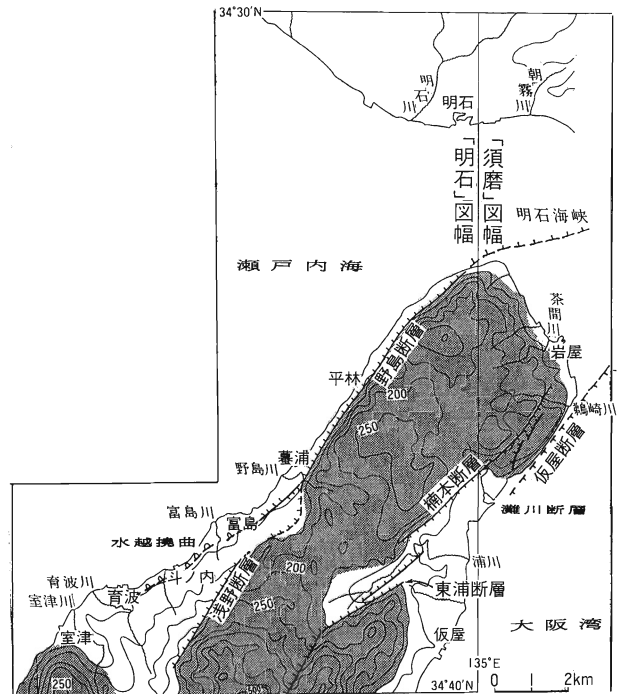


図3 淡路島北部の活断層分布図(岡田, 1995 a) 水野ほか(1990)に活断層・活褶曲を追加。幅500mの谷埋法による接峰面図(等高線間隔は50m), アミ掛け部は山地域を示す。

部, 1995), 淡路島東岸に沿う仮屋断層や東浦町釜口沖一津名町志筑沖にある推定断層などにおける第四紀以降の断層運動の直接的な結果によって, このような高低差が形成されたと推測される。

東浦断層は北東-南西方向へ3 km以上にわたって延び, 南東側山地と北西側の丘陵・台地を分ける(図3)。鞍部列や右ずれ河谷が明瞭であり, さらに南西方は山地の中に入り, 雁行状に配列する野田尾断層へと延長する(図1)。野田尾断層を含めた総延長は13kmにもなり, 楠本断層とともに淡路島北部山地の東側を限る重要な活断層系を構成する。

東浦町馬場で行われたトレンチ調査では, 約400年前(1596年慶長伏見地震, $M=7.6$)の動きが確認された(粟田・角井, 1997)。この地震時に野島断層が活動した確実な証拠は得られておらず, 東側の楠本・東浦断層が動いたことが判明した。淡路島中部にある先山山塊の東麓を先山断層が走る。この断層沿いでは各所で花崗岩類と大阪層群とが接する断層露頭が確認され, 洲本市安坂付近では中段丘面を横切る, 比高約10mの低断層崖がみられる(高橋ほか, 1992)。したがって, 先山断層は第四紀後期にも活動を繰り返している活断層である。この断層についても, 露頭剥ぎやトレンチ調査が行われて約400年前という新しい動きが観察され, これは慶長伏見地震時の活動とみなされている(吉岡ほか, 1996)。

さらに有馬-高槻構造線沿いでは地質調査所によりトレンチ調査が3地区で行われ, いずれも安土桃山時代-江戸時代初期に発生した最新の活動が明らかにされた。この活動は地震史料や遺跡の地震跡の資料と合わせ考えると, 1596年慶長伏見地震に対応することが確認された(活断層・地震予知特別研究室, 1996; 寒川, 1997)。この最新活動に先立つ断層活動は約2800年前の縄文時代晚期であり, 1596年地震との活動間隔は約2400年であることが判った(活断層・地震予知特別研究室, 1996)。

一方, 中央構造線活断層系に属する父尾断層でもトレンチ調査が行われ, 16世紀頃と約2000年前頃の活動が認められた(岡田, 1995b; 岡田・堤, 1997)。前者の活動に対応する歴史地震としては1596年慶長伏見地震しか見あたらず, その可能性が高いことが判明した。

このように, 今までに得られた成果によれば, 慶長伏見地震は徳島地域の中央構造線活断層系・淡路島東側の活断層系・有馬-高槻構造線などが活動したもので, 長大な活断層系が連動して発生したとみなされるようになってきた。しかしながら, より詳細な地震像についてはまだ未解明の部分が多い。

3. 野島地震断層の概説

3.1 兵庫県南部地震に関連する活断層系と野島地震断層

1995年1月17日未明に起きた兵庫県南部地震は, 六甲-淡路(活)断層系の中部で発生した。この活断層系は近畿三角帯の北西縁に位置し, 第四紀における地殻運動が活発な地帯である。この地帯では, 六甲山地や淡路島のような隆起域と, 大阪湾・播磨灘のような沈降域とが接しており, その地形・地質の急変部に沿って活断層が密に発達している。

兵庫県南部地震は明石海峡を震央とする $M7.2$, 深さ約14km(～17km)の直下型地震である(安藤, 1995; 菊池, 1995; 吉川・伊藤, 1995ほか; 図1)。これを引き起こした明瞭な地表地震断層が淡路島北西部の野島断層沿いに現れ, さらに, やや不明瞭な地表地震断層も淡路島北東側の造成地や六甲山地域の一部で出現した。

これら地表地震断層(系)には次のようなものがあつた(岡田, 1996; 岡田・竹村, 1998)。すなわち, 1:野島地震断層系, 2:灘川地震断層系, 3:横尾山断層などである(図1)。これらには, 今回の本震を引き起こした震源断層が地表に現れたものから, 本震の地震動に誘発されて発現したり, その余震で生じたりしたと考えられる微弱な地震断層も含まれている。灘川地震断層系や横尾山断層の動きは変位量が数cm以下であり, 本震に誘導された2次的な活動である(岡田, 1996)ので, ここでは取り扱わない。

兵庫県南部地震の発生源(の一部)となった地震断層系が, 発生直後(1月18日午前中)に淡路島北部北西側の野島断層沿いで発見された(写真1～8)。これは明瞭な地表変位を伴った地震断層であったために, 社会的にも注目されてきた(中田ほか, 1995; 岡田, 1995a)。野島地震断層は北淡町北部の江崎灯台付近から, 江崎桃林寺南方の棚田(写真5), 平林付近の造成地(写真1・3・6), 梨本付近の水田(写真2・7), 小倉付近の造成地(写真4・8)などの明瞭な地震断層の変位地形を経て, 同町中心部である富島の南方にかけて延長約10km続く(図4, a・b)。北東-南西走向の地表地震断層が各所で確認され, 詳しい位置・様式・変位量などが明らかにされてきた(粟田ほか, 1995, 1996; 原口ほか, 1995; 林ほか, 1995a, b; 岡田・鬼木, 1995; 太田ほか, 1995; 太田, 1996; 鈴木ほか, 1995; 尾高ほか, 1996; 植村, 1996)。

この主要部は, 池辺ほか(1961), 水野ほか(1990)や活断層研究会(1991)がすでに記載していた活断層である野島断層(図1・3)に一致しており, その再活動によって今回の地震が発生したことが明らかにされた(中田ほか, 1995など)。この地震断層は北東-南西走向を示し, 右横ずれで, 一般に山(東南)側が相対的に隆起していた

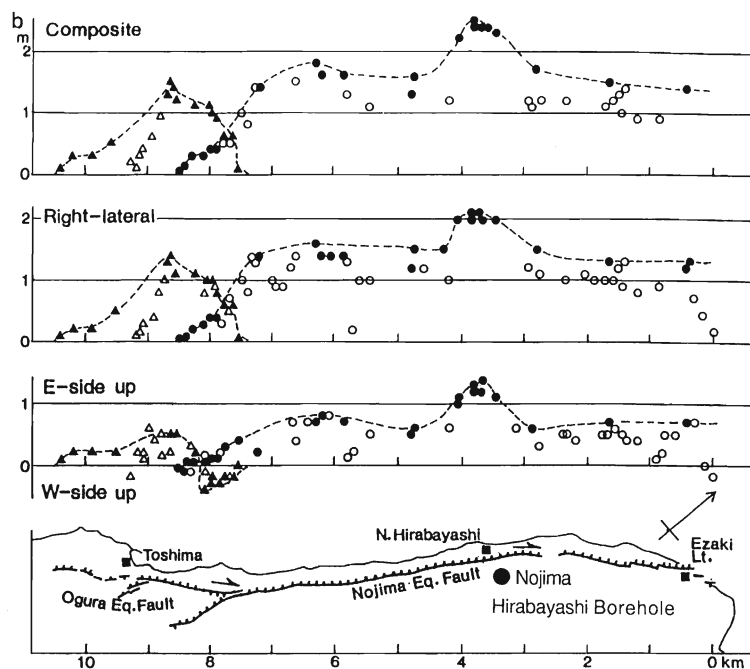
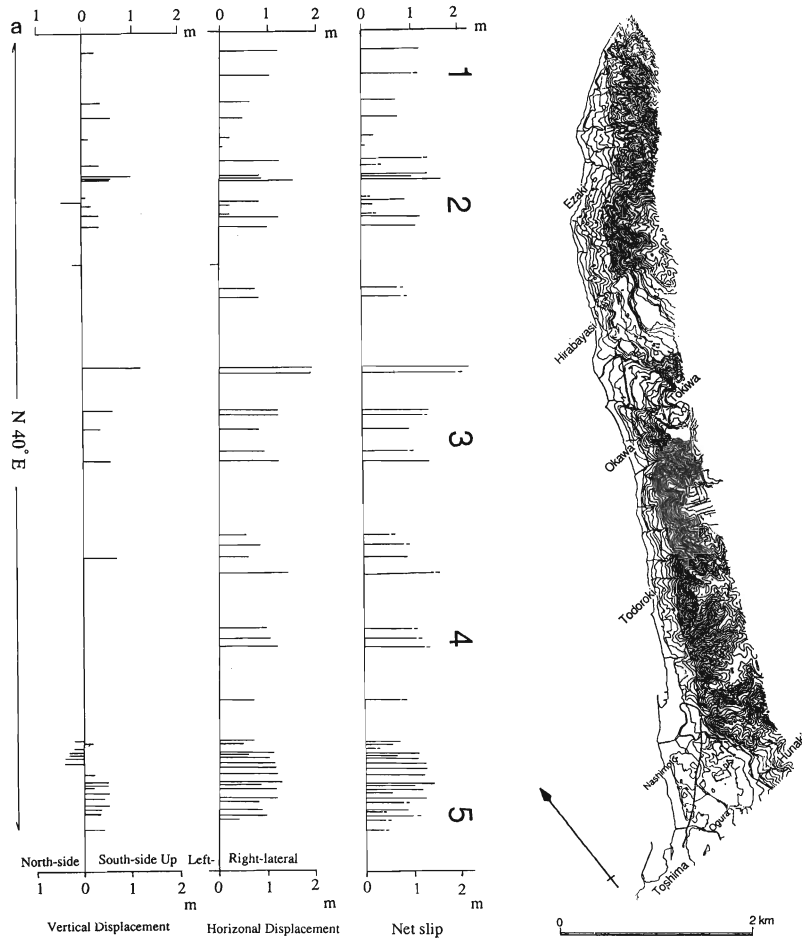


図4 野島地震断層とその変位量分布図

a:地震断層位置(右)と変位量分布(左)(中田ほか, 1995). ネットスリップに付けられた番号は本震の地震波の5つのパルスに対応, b:地震断層位置(下)と変位量分布(上)(粟田ほか, 1995). 野島断層に沿う距離7 km以遠(養浦よりも南西側)では, 2つに分岐した地震断層のうち, 海岸沿い延びる断層の変位量だけを表示.

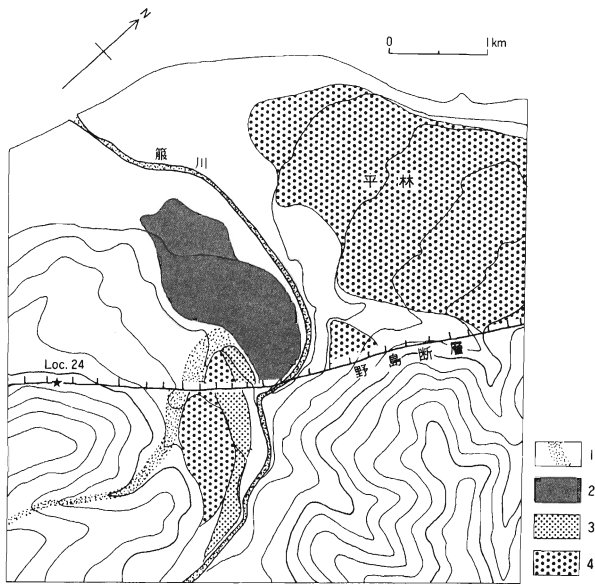


図5 北淡町平林における野島断層による段丘面の変位図(水野ほか、1990)
 1:河川, 2:最低位段丘面, 3:低位段丘下位面(L1面),
 4:低位段丘面(L面).

(図4 a, b). 概して直線状に延びる1本の断層線として現れたが, 明石海峡部から富島まで, 大局的にみるとS字状に大きく弯曲し, 菫浦より南では2本に分かれる.

ほぼ中央部に位置する平林で最大の変位量が現れたが, いくつかのうねりを伴って変位量は両端方向へ減少した.

菫浦から南方へ延びる分岐断層(地質境界断層)の変位量は小さく, 主たる地震断層とは思われない. しかし, 断層破碎帯の幅はおよそ20mあり, 地質断層としての規模・変位量は大きい. 第四紀中期頃まではこの分岐断層が活発に活動し, 地質境界をなす断層となってきたが, 第四紀後期以降では野島断層に連動してわずかな変位を伴って運動してきたものの, 変位地形がほとんど認められないので, 大きな断層運動を伴う活動期はすでに終息しているようである.

地表付近で観察された断層面の傾斜は平林や小倉などで約70°~80° SEであり, 南東(山地)側へ高角度に下がる. 後述のようにボーリングで解明されたやや深部の断層面の傾斜は, 地表面における断層面の傾斜とあまり相違しない.

野島地震断層系としての運動はどこでも右横ずれが卓越していた. しかし, 上下変位は場所によって向きが異なり, 北淡町梨本では部分的に北西側が上がっていたが, 他ではどこでも南東側が隆起していた. その量も概して右ずれ量よりも小さく, 右ずれと上下変位の比率はおおよそ2:1であった.

変位量は大部分の場所で右ずれ1~2mであり, 南東側の隆起は0.5~1mであった. 断層中央部付近の野島平林地区では, 野島断層沿いで最大の変位量が観察され, 変位地形がもっとも明瞭な地点であった(図5; 写真1・3・6・9). ここでは右横ずれが2.1m, 南東側の隆起が1.2mであり, それらを合わせたネットスリップ量は

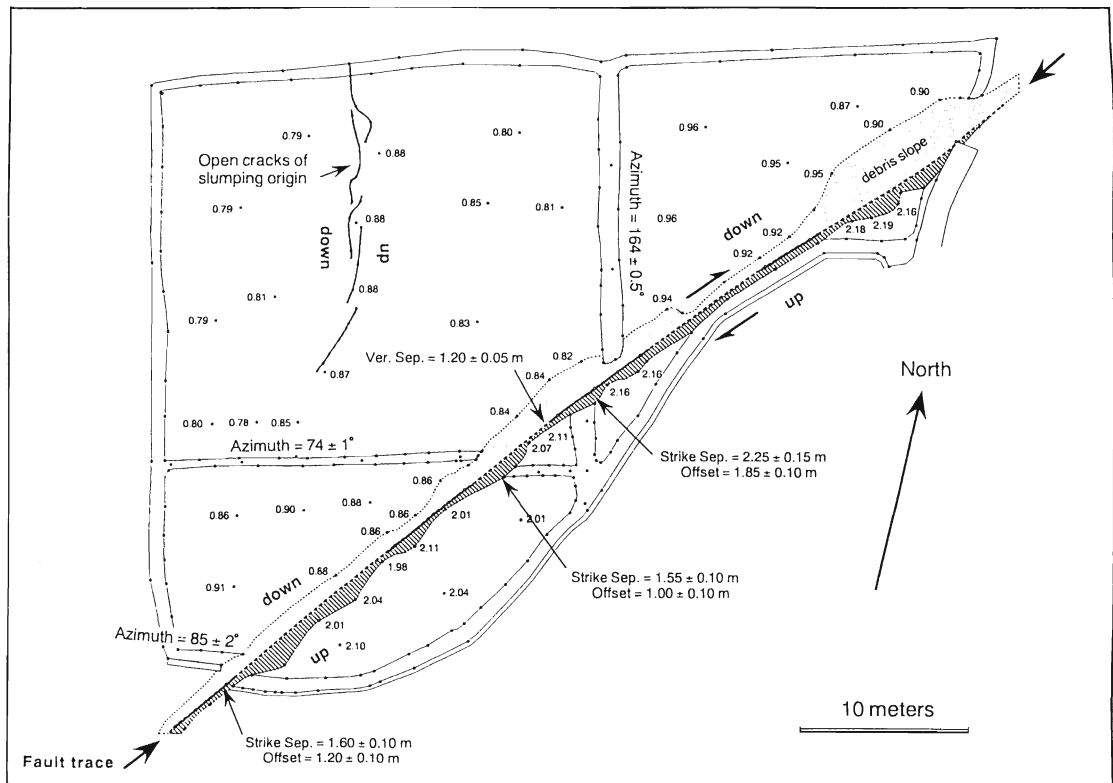


図6 北淡町平林における地震断層の変位(池田ほか、1995)

2.4mに達した(中田ほか, 1995; 池田ほか, 1995; 尾高ほか, 1996; 図6). この貴重な地震断層崖も徐々に崩落・変形し, その経過は吾妻ほか(1996)により詳しく観察・記録された. しかし, 最後には水田の補修のために人為的に削られ, 現在では完全に消失してしまった.

地震断層は野島養浦において2条に分岐するが, 主な地震断層は野島断層の一般走向を保ったまま南西方向へ直線状に延びる(図7; 写真2・7). 富島から南西2~3kmの水越・斗ノ内にかけては, 大阪層群や神戸層群を明瞭に撓曲変形させている水越撓曲が知られていた(水野ほか, 1990)が, 地震前には右ずれを伴うほぼ垂直の断層面をもつ活断層であったり, 野島断層に連結する動きをもったりするとの認識はなかった. しかしこの水越撓曲においても, 富島南方(石田付近)までは明瞭な右ずれと南東上がりの地震断層が認められた. 分岐地点に近い梨本付近の断層は変位量がやや小さく, 北西側の相対的な隆起を示す(図4b・7). 分岐点から約1km南西の小倉(野島断層保存館付近)になると, 右横ずれが約1.4mで, 南東側の相対的な隆起が約0.5mを示すようになる(写真4・8). この付近の地震断層変位に伴う微地形の様子は, 石井ほか(1996)が立体視写真・詳細地形図・断面などで記載している.

梨本の南から折ヶ谷池に向かって南北方向に分岐する副次的な地震断層(図7)は, やがて南西方向に向きを変えていく. この地震断層は, 地表では花崗岩と大阪層群を境する地質境界としての野島断層に沿って出現した(中田ほか, 1995; 皆川ほか, 1995; 栗田ほか, 1995, 1996; 尾高ほか, 1996など). この断層も右横ずれであり, 相対的に南東側の山地が上昇する上下変位成分をもつが, 変位量は水平・上下変位ともせいぜい20cm程度である.

3.2 野島断層の活動区(セグメント)区分と長さ

地震断層は大局的に見ればほぼ直線状に連続しているが, 仔細に見ると断層線が雁行状に配列したり, 変位量に波状のうねりが認められたりする(図4a, b). 野島地震断層も長さ数kmの活動区(セグメント)に分けられるが, この区分は研究者によって異なる. 中田ほか(1995), 中田・蓬田(1995a, b)では5区分, 皆川ほか(1995)では6区分, 林ほか(1995a, b)では2区分としている. またこれらセグメントの配列を, 前2者は左雁行としているが, 後者は右雁行としている.

中田ほか(1995), 中田・蓬田(1995a, b)は, 各セグメントにおいても変位量は中央部で大きく末端部で小さく(図4a), かつこのセグメント区分は地震記録にみられたパルスと対応することから, 断層の破壊過程を表しているとみなした.

栗田ほか(1996)は, 江崎-平林-養浦間の地震断層と,

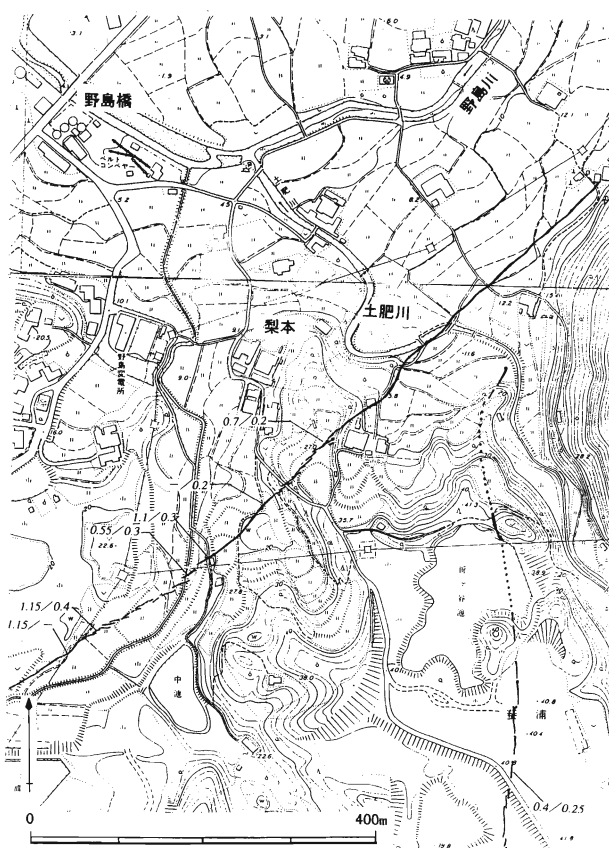


図7 北淡町梨本地区の地震断層
中田ほか(1995)に文字と分岐断層の点線部を追加.

養浦から南方の造成地を走る地震断層(地質境界をなす「分岐」断層)とを併せて「野島地震断層」とし, 梨本-小倉-石田へ延びる断層を「小倉地震断層」として地震断層を2つに分け, 全体を「北淡地震断層系」としている(こうした地震断層の名称は大方の命名と異なるので本稿では採用しない)が, 野島断層相当の細分はしていない. この部分では地表面を土壌や植生が覆っているため, 表層地質条件により変位形態や変位量の分布が異なるが, それらに基づいたセグメントの細区分はできず, 全体を1つのセグメントとしている.

野島地震断層が及んだ南西部の範囲については, 見解が大きく2分される. 多くの研究者は北淡町石田付近までと認めており, この地点までは明瞭な変位地形が各所で観察されている. しかし, 林ほか(1995a, b)や林・宇田(1996)は, 水越撓曲南部や志筑断層に沿っても右ずれを伴う地震断層が現れたとしている. しかしながら, こうした南部での変位量はせいぜい数cm程度で分布も断続的であり, しかも後述の空中写真測量でも系統的な変位は認められていないので, 地すべりや崩壊に伴う二次的な現象である可能性が高い.

野島地震断層の北東延長は, 江崎灯台より北東側では明石海峡に入り, 正確な位置や末端の到達地点は判明し

ていない。この海峡底では、開裂した基盤岩石が地震後に発見された。その位置はほぼ野島断層の北東延長部に一致しており、地震断層は海峡部に伸びたとみなされる。

また、明石海峡を横切って明石大橋が建設中であったが、橋台や主ケーブルなどは地震発生時に完成していた。地震後には、陸地部にある橋台の間が全体として約1.1m伸びた。2本の橋脚(主塔)のうち、淡路島側のものは南西へ約0.9m、神戸側のものは東へ約0.2m、それぞれ移動し、わずかの上下変位も生じた。こうした観測結果についても、野島断層が明石海峡部に延長しており、そこで右ずれの変位が起きたとすれば、橋脚の移動や橋台間の距離が伸びた理由をよく説明できる(溝上ほか, 1995)。

海上保安庁水路部が地震後に実施した海峡部の音波探査でも、断層が確認されている。しかし、明石海峡は潮流の激しい場所であり、しかも複雑な海底地形を呈し、基盤岩石が多く個所で露出している。このように、地震断層や活断層の探査に適さない海底条件であるために、野島(地震)断層がどの断層に延長し、どこまで末端が及んだかは、充分には解明されていない(海上保安庁水路部, 1995; 岩淵ほか, 1995)。

したがって、野島地震断層の長さは陸上の北淡町江崎灯台から同町石田までの約10kmが確実であり、明石海峡部に少なくとも数kmは延長した。さらに北東に位置する陸上活断層との直接的な関係や、地震断層末端の正確な位置などについては未解明である。

3.3 空中写真測量による野島断層沿いの地殻変動

星野・水越ほか(1996)は兵庫県南部地震の前後に撮影された空中写真の測量から、野島断層の周辺で設定した880点において、地表面の三次元的な変位量の計測を行った。これに使用された空中写真類は、1983年10月に北淡町が撮影したモノクロ写真(縮尺: 8000分1)と1995年1月18日にパスコ(株)が撮影したカラー写真(縮尺: 5000分1)である。計測の際の位置及び高さの基準は、地震前についてはすでに行われていた空中三角測量のデータを使用し、地震後については標定点測量及び水準測量を行い、位置・高さの基準としている(星野・村上ほか, 1996)。さらに、地震防災GISを利用して、今回の地震による家屋被害データや地表面の変位量・地形などとの関係についても検討された。

星野・水越ほか(1996)、星野・村上ほか(1996)によって、水平変位量・鉛直変位量・三次元的な合成変位量(図8)と、全体的な特徴を以下にまとめてみる。

1) 水平変位量

水平変位量についてみると、野島断層の北西側は東方向へ最大で3.4m、平均1.1m移動していた。断層の南東側では、南から南東方向へ最大3.1m、平均1.1mの変位を示していた。一方、野島断層の南端部では、水平方向

の変位は東南東から南南西方向と一定せず、その量は最大で3.5m、平均は0.8mであった。

2) 鉛直変位量

写真測量によって計測された全てのデータにより鉛直変位量の分布をみると、野島断層の北西側では最大で+1.8m、平均+0.5mである。野島断層沿いでは、隆起域(野島平林北部、野島轟木、梨本)と沈降域(野島江崎とその南西、野島平林から野島大川、野島轟木南部)とが交互に分布している。しかし、野島断層の南東側では全体が隆起しており、最大は+1.8mに及ぶ。一方、富島とその南側の地域では全体的に沈降しており、最大は-2.4m、平均は-0.1mである。

計測された地域においては、最大の鉛直変位量は+2.4mに達したが、沈降した場所では-1.3mに及んだ。野島断層の北西側では、沈降と隆起が交互にみられるが、沈降のみに注目すると、震央に近い北東部(明石海峡沿岸)地域の沈降量がとくに大きく、南西部の地域へと次第に減少している。地震の前後に行われた水準測量による結果からも、同じような傾向が確認されている。

3) 三次元的な合成変位量

三次元的な合成変位量は、水平変位量と鉛直変位量とを合成して作成され、変位ベクトル量として示されている。計測された地域全体において三次元的な合成変位量をみると、その最大値は3.7m(隆起点)、2.4m(沈降点)である。野島断層の北西側は最大で3.7m、平均で1.3m、南東側では最大で3.1m、平均で1.3mを示した。野島断層南部の西区域では、最大で2.4m、平均で0.7m、南部東区域では最大で3.5m、平均で1.2mであった(図8)。

野島断層の北西側と南東側の平均的な三次元合成変位量は共に1.3mであり、ほぼ同じ値であった。野島断層南部の西区域と東区域では、平均的な三次元合成変位量は、東区域の方が西区域より0.5m大きく、野島断層の南東側とほぼ同じ変位量であった。今回の地震断層の変動は、全体には野島断層の南東側がより大きく変位したと言える。また計測された地域の全体として、三次元的な合成変動量は平均で1.1m変動したことが明らかにされた。

4) 全体的な変位の特徴

今回生じた野島地震断層は、地震前後に実施された多くの野外観察の結果からみて、逆断層成分をもった右横ずれ断層である。写真測量による計測結果でみると、水平変位は断層線に対して平行ではなく、断層の北西側では東方向へ、断層線の南東側では南方向へと変位している。鉛直変位は、断層の北西側では全体が沈降しているわけではなく、隆起する区域と、沈降する区域とが交互に見られ、地下での複雑な動きを予想させる(図8)。

水平および鉛直変位量は、断層線から離れるに従って徐々に小さくなると予想されたが、断層線から1~2km

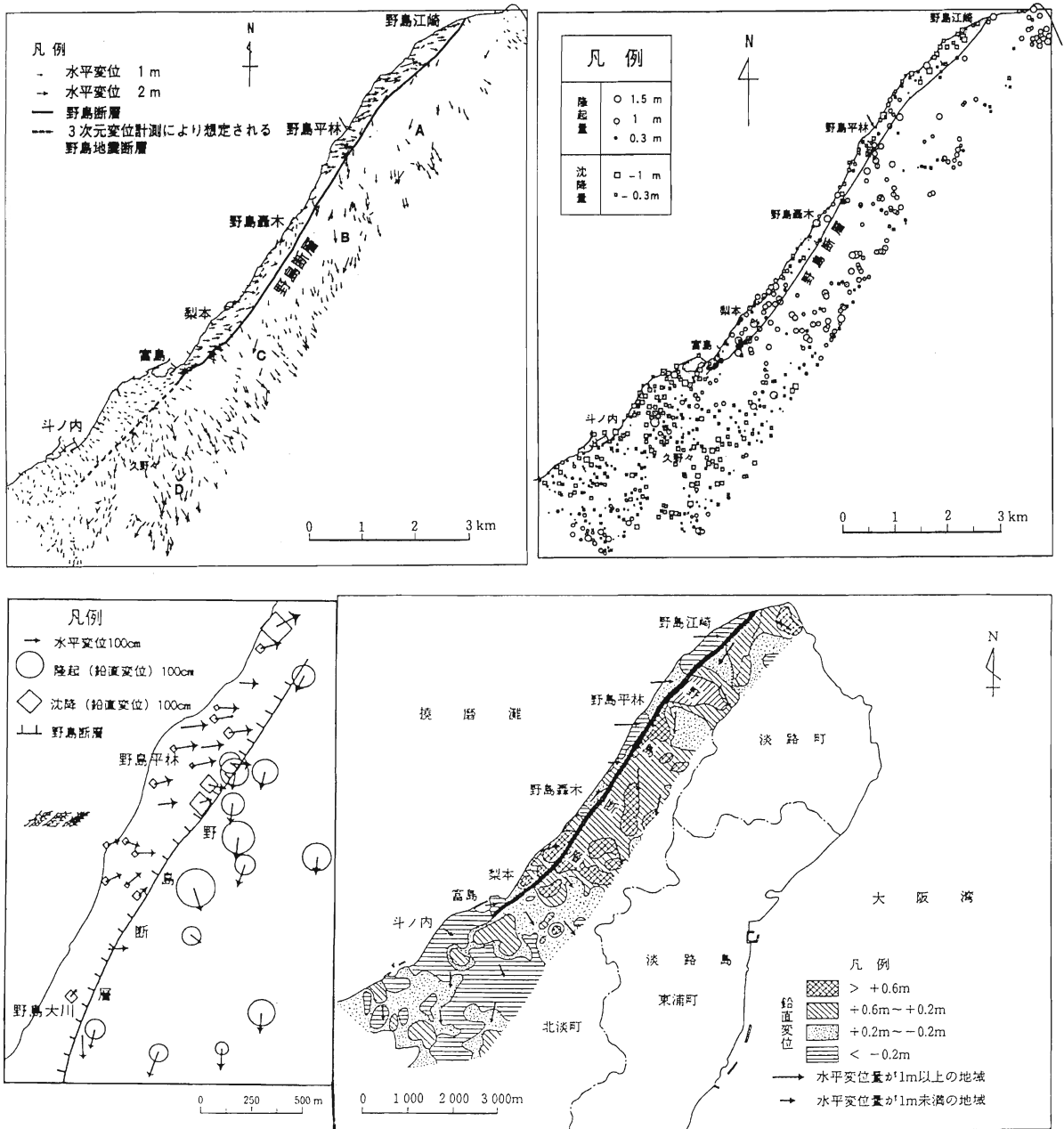


図8 野島断層と南西延長部付近の水平・鉛直変位分布総括図(星野・水越ほか, 1996; 星野・村上ほか, 1996)
 左上: 水平変位量の分布. A・B・C・Dは水平変位量が特に大きい地点, 右上: 鉛直変位量の分布, 左下: 平林付近の地表面3次元変位量分布, 右下: 水平・鉛直変位量分布の総括図.

程度離れてもほとんど変化していない. 野島断層の北西側では, 北部に沈降量が多い地区があり, 水平変位も北方ほど大きい. 断層の南東側では, 鉛直変位および水平変位について全域で比較的均一な値を示している. 富島以南の野島断層南部域については, 全体が沈降した傾向にある. 今回の計測によれば, 野島地震断層の南方への延長は, 北淡町斗ノ内の東方まで達していると推定された(星野・村上ほか, 1996).

4. 野島断層の諸性質

4.1 野島断層の活動履歴と活動間隔

北淡町平林で地形・地質学的に求められた野島断層の平均変位速度は, 右ずれで1,000年に0.9-1m, 南東側隆起で0.4-0.5mである(水野ほか, 1990; 図5; 写真9). しかし, 低位段丘(L)面の段丘崖を指標とした右ずれ量(約20m)は最低位面の形成以後であるので, この変位速度は若干小さめの値である. この最低位面の形成年代は得られていないので, 上記の平林における平均変

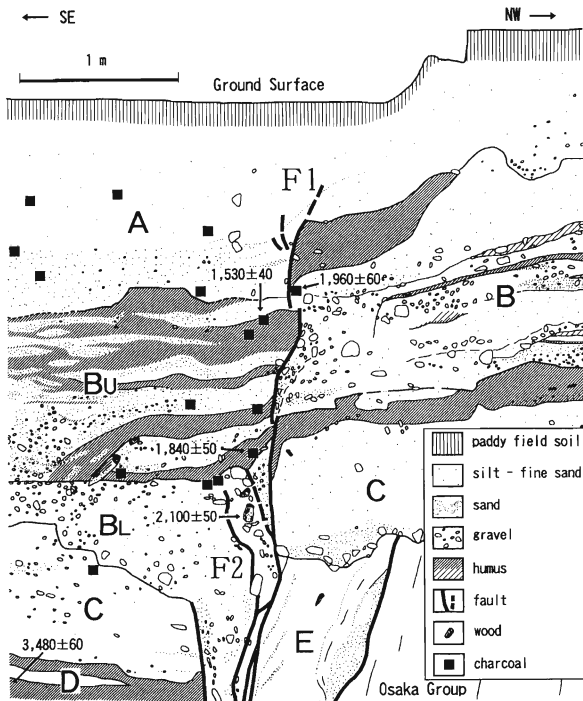


図9 野島地震断層のトレンチのスケッチ(鈴木ほか, 1996)
北淡町梨本における第二次トレンチ北東向き壁面。数値は¹⁴C年代(Beta Analytic社による δ^{13} C補正済)。

位速度は、おおよその値として理解することはできよう。
一方、今回の地震による平林地区の変位量は右ずれ約2 m、上下ずれ約1 mである(中田ほか, 1995; 池田ほか, 1995; 図6)。したがって、後述のように野島断層の活動間隔を約2000年とすれば、これらの値は合理的に説明できる。

北淡町梨本の沖積谷底で行われたトレンチ発掘調査によれば、約400年前頃に亀裂を伴う動きがみられた(Nakata *et al.*, 1996)。しかしながら、当地のみならず他のトレンチでもこの時期の活動は認められないので、この沖積低地では他の活断層を起震断層とする大地震の際に共鳴した微弱な動きがあった可能性が高い。今回の地震に先行する確実な変位は約2000年前に生じており、野島断層は約2000年の活動間隔で起震断層として動くときみなされた(図9; 鈴木, 1995; 鈴木ほか, 1996)。

地質調査所でも多くの箇所で行ったトレンチ調査を行い、A D50年頃とB C1900年～B C3000年頃の断層活動を認めた(活断層・地震予知特別研究室, 1996)。野島断層の南西部では兵庫県南部地震での上下変位が0.4mであったが、A D50年頃の活動の際もほぼ同じ値であり、約2000年の活動間隔で同じような規模の変位を繰り返している(活断層・地震予知特別研究室, 1996)。

4.2 野島断層の累積横ずれ変位量

北淡町梨本一小倉においては、大阪層群相当層よりな

る丘陵がかつてあったが、現在では造成されて自然の地形がわからない。しかし、本来の地形は国土地理院が1963年に撮影した縮尺約1万分の1空中写真(KK-63-5; 写真10)に記録されている。旧版の地形図類としては明治19(1886)年に測図された縮尺2万分の1迅速図や、昭和45(1970)年に発行された縮尺2.5万分の1地形図などがあり、造成前の地形が記録されている。

これらの空中写真や地形図を使用して土地造成前の地形が検討された(岡田, 1996)。この地域には、野島断層や分岐断層などの地震断層が現れたが、これら両地震断層の位置に沿って、断層鞍部や河谷・尾根の屈曲が認められる(図10)。とくに、野島断層に沿って2本の尾根とそれらの間の河谷が右屈曲しており、小さめにみると200m、やや大きめにみると300m、の屈曲量が求められる(図10左上)。大阪層群堆積後に削剝が始まり、尾根や河谷の位置が決定してから、300mに及ぶ右ずれが累積してきたとみなされる。

これに対して、分岐断層では数本の尾根や河谷に沿って系統的な屈曲がみられるが、それらの地形表現は微弱である。第四紀後期の動きは継続しているものの、野島断層に比べてその動きは相対的に弱いとみなされる。

4.3 野島断層の累積上下変位量

野島断層は藁浦を境にして、その南北で地形・地質の様子が異なる。北側では、断層崖の地形が明瞭であり、その比高は最大250m程度である(図3)。南側では、地震断層は主断層と分岐断層の2本に枝別れし、主断層の両側では地形的に高度差はほとんどない。分岐断層は花

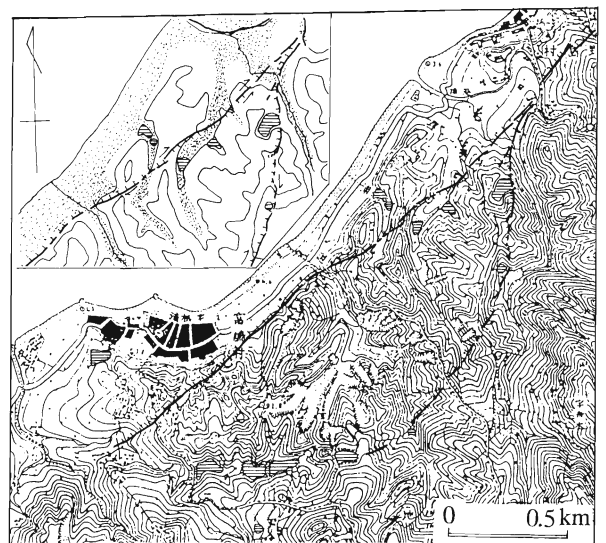


図10 北淡町梨本一小倉一富島付近の旧地形(岡田, 1996)
大日本帝国陸地測量部明治19年測図の2万分の1複製地形図「富島村」に野島地震断層と分岐断層を実線で記入した。左上の挿入図は断層線と河谷変位の関係を示す。

崗岩と大阪層群とが接する地質境界であるが、地形改変以前の地形図や空中写真をみても、わずかに南東側が高い程度である(図10)。

しかし、大学連合が実施した垂直及び斜めボーリングの調査では、とくに3本の深層ボーリングの関係によって、基盤岩石の上面が野島断層で約230m、分岐断層で約180m、上下(東上がり)方向に変位していることが判明した。さらに、野島地震断層や分岐断層の構造・上下変位量・断層破砕帯・断層面の傾斜(83° E)などの重要な情報も解明されてきた(後述)。

4.4 反射法地震探査による野島断層の地下構造

反射法地震探査は解析結果が地盤の連続的な断面図として入手されるので、地下情報の理解を得やすく、また比較的容易に地下深部の探査が可能であり、断層や褶曲などの地質構造の把握ができるなどの利点がある。この調査は主に石油探査の関連で用いられて、有効に利用されてきた。

淡路島北淡町の野島断層においても、反射法地震探査が実施された(皆川ほか, 1995; 高橋ほか, 1996; 河村ほか, 1998など; 図11)。北淡町梨本から南方に延びる

道路においては、いくつかの調査機関によりS波極浅層やP波中深度の反射法地震探査が行われている。こうした探査によれば、花崗岩と堆積層との不整合面は野島断層や分岐断層の位置で東上がりに変位している(皆川ほか, 1995; 図12)。

分岐断層では、花崗岩と堆積層とが接する断層面が現地の露頭で観察される。堆積層側には数本の断層を伴い、その下の不整合面は-50m付近にあるが、徐々に西方に深さを増し、野島断層付近では-200mとなる。野島断層以西では、急に-400m付近まで堆積層となる(皆川ほか, 1995)。この堆積層は反射面の性状から、下位からI層・II層・III層に分けられ、I層とII層はやや斜交するので、下位のI層は神戸層群に、上位のII・III層は大阪層群に対比され、両者は不整合関係で接していると推定されている(皆川ほか, 1995)。このような対比を認めれば、野島断層を挟む大阪層群および神戸層群基底の上下変位量は、それぞれ東上がり約100mおよび200mと見積られる。この付近では、後述のように大学連合によってボーリング調査も実施され、上述の反射断面と実際の地質との対応が明らかにされている。

さらに深部の活断層の地殻構造を解明するために、大

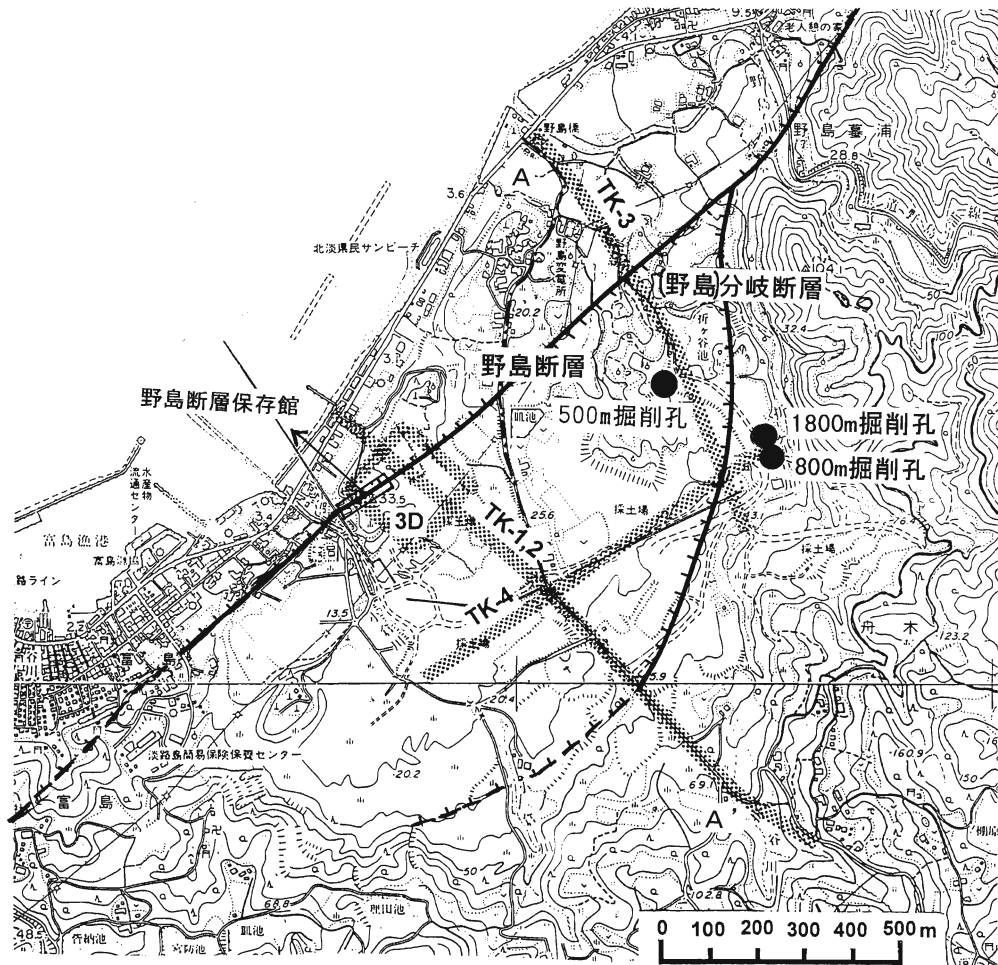


図11 養浦-梨本-富島付近のボーリング地点及び反射法地震探査の測線図

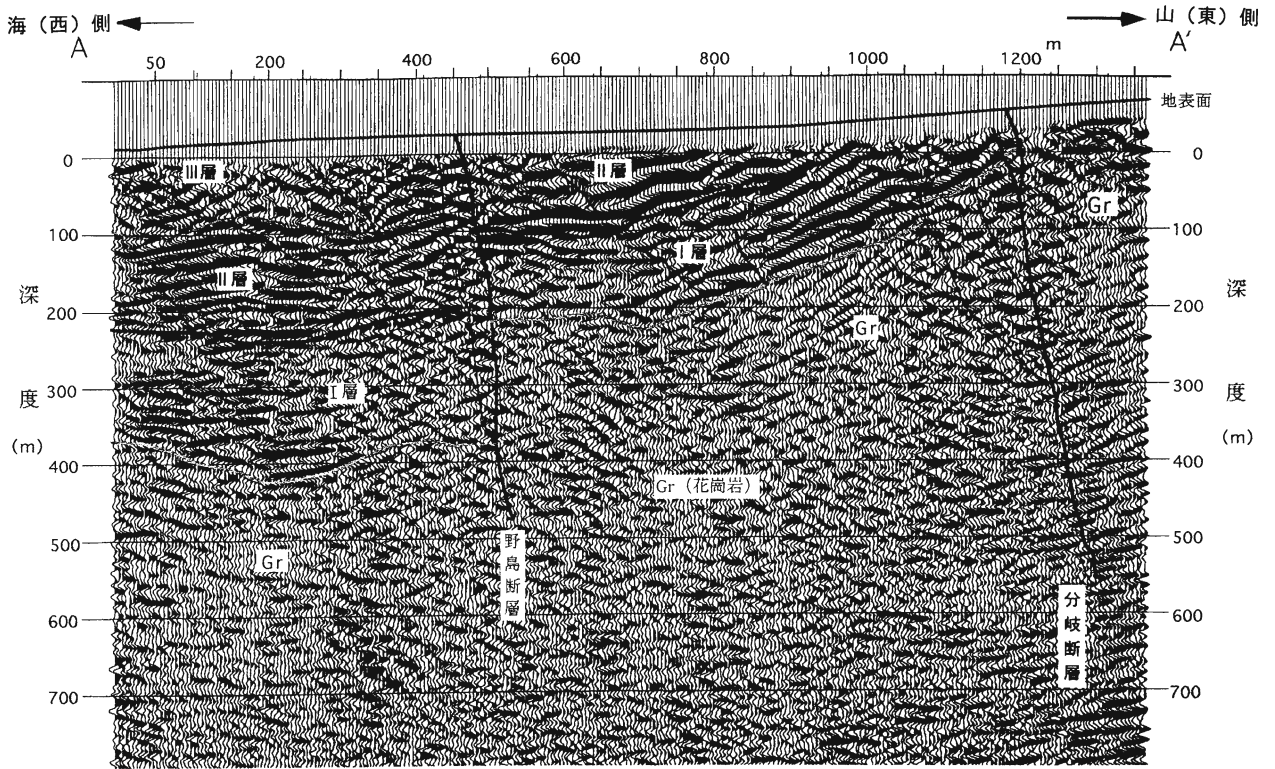


図12 梨本地点を通るP波反射法地震探査の深度断面(皆川ほか, 1995) 測線の位置は図11に示す.

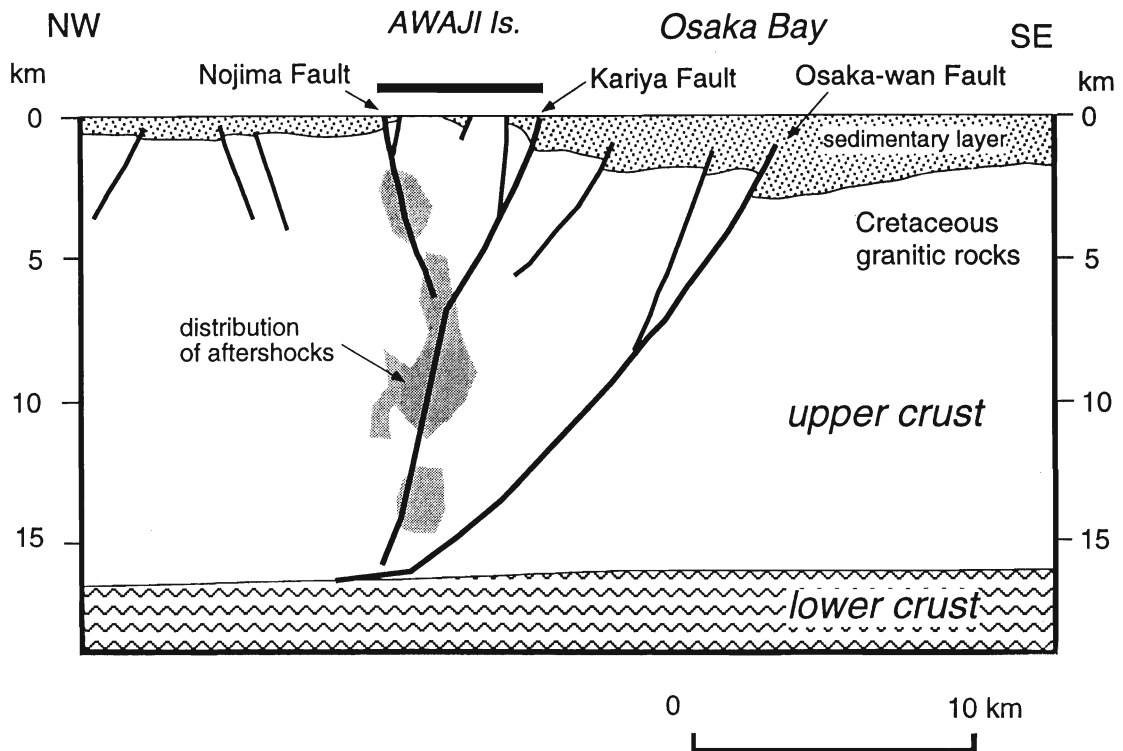


図13 反射法地震探査からみた播磨灘・淡路島北部・大阪湾の深部地下構造断面(岩崎ほか, 1998)

規模な人工地震探査が行われた(岩崎ほか, 1998). この探査は, 1) 震源域及びその周辺における屈折法地震探査(全長136km), 2) 淡路島北部地域における高密度人工地震探査, 3) 周辺海域での反射法地震探査の3つ

らなり, 播磨灘・淡路島北部・大阪湾を横切る地殻構造が究明され, 野島断層・仮屋断層・大阪湾断層の地下深部までの断面が推定された(図13).

4.5 ボーリング調査から判明した野島断層の地下形態と累積上下変位量

深層ボーリングは、地下に埋もれている堆積物の層序や物性に関する情報をもたらしてくれる。また断層の掘削は、地震断層の地下での性状についての情報を知る重要な情報源である。

地震断層として現れた野島断層を対象とする深層ボーリング調査は、3機関(断層解剖計画と名付けられた大学連合組織、地質調査所、防災科学技術研究所)によって実施され、現在もコア解析や掘削孔を用いた観測が継続している(安藤ほか, 1998; 竹村・伊藤ほか, 1998)。

大学グループによる掘削は、北淡町富島の3地点で深度500m, 800m, 1800mの掘削が実施された(安藤, 1997)。500m掘削は約60°の傾斜掘りであり、野島断層に向けて礫層を主とする大阪層群の丘陵上から、断層の認定、岩相変化把握のためにオールコア掘削が実施された(図14)。455.3mまで行われた段階で掘削困難になり、サイドキックして550.7mまで掘削が行われた。断層破砕帯が約390m掘削深度で見られ、花崗岩(上盤)と大阪層群(下盤)が接する83°東傾斜の逆断層が観察された(図14; 竹村ほか, 1997; 村田ほか, 1998)。この掘削によって重要な断層破砕帯部分が2本分採取され、破砕帯の研究に資することになり、これらの試料を用いた種々の分析が実施されている。

800m掘削は鉛直掘削で、観測機械の設置を目的として実施され、ごく短い層準でのコアが採取された。1800

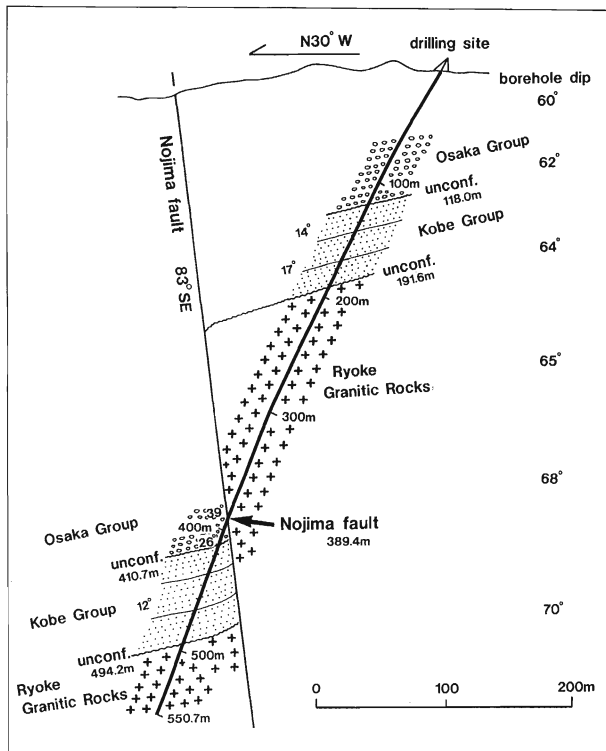


図14 500mボーリングから得られた地質構造(村田ほか, 1998) 孔の位置は図11に示す。

m掘削では深さ1250mからオールコア採取が実施され、それ以後は100mごとに10m程度の定方位試料を含むコアが採取された。なお、1800m掘削は花崗岩類と神戸層群・大阪層群とが接する地質境界の断層(分岐断層)の花崗岩側から行われ、掘削地点の地表には花崗岩類が露出している(図15)。

500mコアの掘削結果(竹村ほか, 1997; 村田ほか, 1998)によれば、野島断層の傾斜は、地表における断層の位置とボーリングコア中の断層の位置を結ぶと、83°南東傾

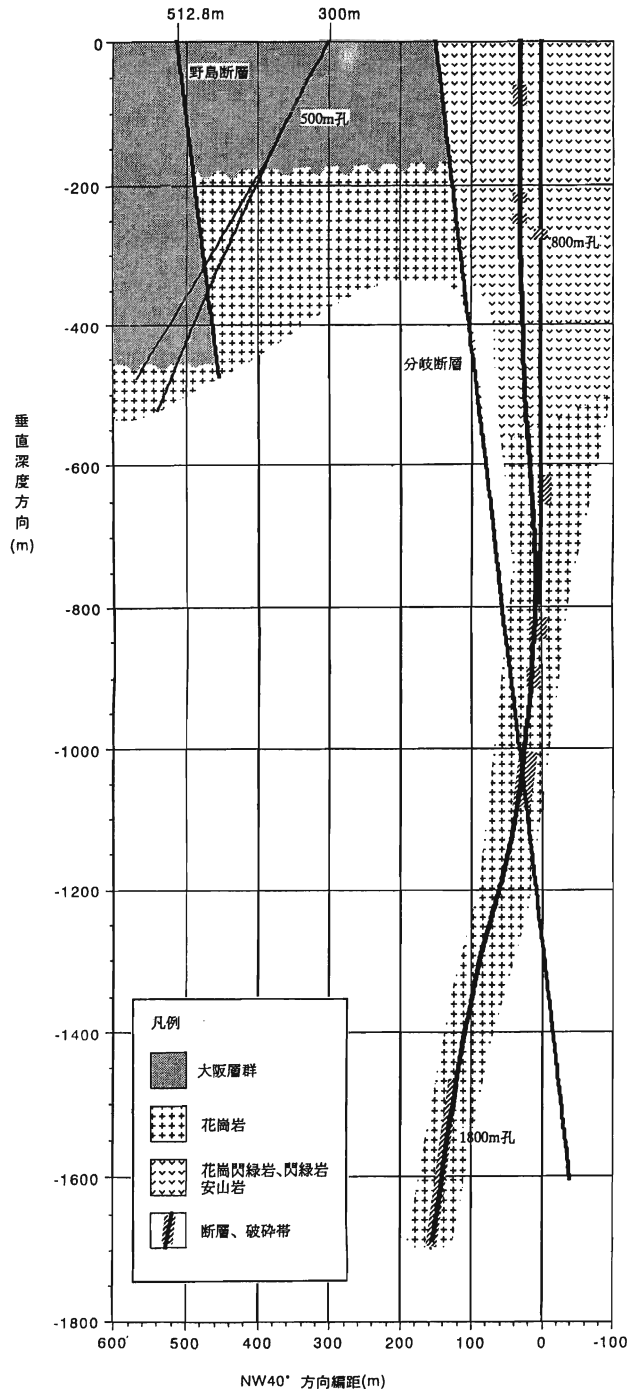


図15 富島地区のボーリング孔の投影断面からみた地質構造(島崎編, 1997)

斜となる。これは小倉付近の地表で観察された 84° 南東傾斜と同じ程度であり、少なくともこの深度までは断層面は等傾斜であるといえる。ボーリングコアでは、大阪層群や神戸層群の層理面が明瞭に認められる部分があり、コアから求めた地層の傾斜を図14に示した。野島断層の上盤では、神戸層群・大阪層群の傾斜はいずれも $14\sim 17^\circ$ であるが、野島断層の下盤では、断層から離れると 12° 程度である。しかし、下盤の大阪層群は断層近傍では断層に近づくにつれて $26^\circ\cdot 39^\circ$ と傾斜が急になる。野島断層が南東側隆起の逆断層であることから、この大阪層群の急傾斜は、少なくともこの付近では、断層の引きずり(ドラッグ)の影響であると判断された(村田ほか, 1998)。

500m孔では、断層の上盤(南東側)、下盤(北西側)の両方で、花崗岩類と神戸層群の境界の不整合面を貫いている(図14)。この不整合面をマーカーとして、野島断層に沿う傾斜成分の変位量を求めると、235mとなる。ただし、これは断層の引きずりによる変位量も含んだ値となっている。野島断層の断層面は 83° 南東方へ傾斜しているため、この値を垂直変位量に換算すると、230mの南東側隆起となる(村田ほか, 1998)。

4.6 野島断層の断層破砕帯

野島断層沿いの地質調査時には、断層破砕帯や断層粘土・条線が各地の露頭で観察されてきた。また、トレンチ調査やボーリング調査によって、比較的新鮮な断層破砕帯・粘土帯・断層岩などが採取・観察された。ある特定の活断層について、こうした断層物質がこれほど高密度・高精度に調べられた例は少ないであろう。

トレンチ調査法面に現れた完新統では、断層破砕帯や断層粘土が見られたことはなかったが、大阪層群相当層では断層面に沿って幅狭い粘土帯が観察され、その面上に断層条線が明瞭に認められた。この典型的な事例として、北淡町小倉の野島断層保存館内のトレンチ法面やそのすぐ南側における露頭があり、別稿で詳しく報告されている(竹村・岡田ほか, 1998)。また、基盤岩石と大阪層群との接触面、あるいは基盤岩石内では、軟弱な断層破砕帯や、その中軸をなす断層粘土帯～断層ガウジ帯(いわゆるネオテク粘土)が必ず伴われている。

小倉地区の斜め500mボーリングでは、野島断層沿いの上盤をなす花崗岩側に幅11cmの断層ガウジ帯が認められ、この外側に断層角礫帯(幅約10m)・弱変質帯(約20m)・弱～未変形～未変質帯(15m以上)が順に配列している(田中・樋口ほか, 1998)。一方、下盤側の大阪層群側では幅約1.5cmに断層ガウジ帯が伴われているのみで、その外側は未変質・未変形となり、断層面を挟んで上盤側と下盤側で著しく非対称である。こうした断層岩の状況や鉱物分析などから、地下水による酸化(変質)や物質移動の過程が推定されている(田中・樋口ほか,

1998)。なお、深層ボーリングで採取された他のコア試料についても解析が行われ、断層岩の分類や成因が考究されている(田中・池田ほか, 1998)。

主として野外調査で観察された断層破砕帯・断層岩・条線などについては、皆川ほか(1995)、皆川・大槻(1998)、大槻ほか(1997)、大槻(1998)などが詳しく記載している。野島断層は比較的長い時間を要して成長してきたもので、1回の地震断層で生成される断層ガウジの幅は数mm～cmのオーダーであるとみなされた(皆川ほか, 1995)。さらに、花崗岩・大阪層群などの中での断層破砕帯の破砕状況(組織)、粘土鉱物、変形-変質過程などが詳しく調べられ、その成因が考察されている。これらの野外調査の結果とボーリングで得られた試料との関係も貴重であるが、本稿の主題と離れるのでここでは省略する。

以上に述べたように、野島断層の破砕帯やガウジ帯が詳しくとらえられてきたが、それらの幅や破砕程度はA級の活断層のものに比べて狭小である。今後は変位量・形成年代・形成過程などとの相関関係が興味あるテーマとなるであろう。

4.7 野島断層や関連する断層の第四紀前半の活動

既述のように、野島断層の南西方には大阪層群や神戸層群を撓曲変形させる水越撓曲があり(水野ほか, 1990)、兵庫県南部地震では少なくともこの北東部に右ずれ・南東上がりの地震断層が現れた。明瞭な剪断変形が見られたが、撓曲を増すような地殻運動は現地調査や写真測量結果でも認められていない。鮮明な断層面もほぼ垂直であり、横ずれ型の運動が見られた。したがって、水越撓曲を形成するような変形は大阪層群堆積中から以後に伴われていたが、第四紀後半の横ずれ断層に至るまでの間に断層運動の変化が生じたとみなされる。

これに対して、梨本の南から折ヶ谷池に向かう副次的な地震断層(分岐断層)では、今回の地震時の変位量は軽微であったが、地表では花崗岩と大阪層群とを境する地質境界線であり、累積上下変位量は500mに達するほど大きい(皆川ほか, 1995; 皆川・大槻, 1998)。この断層は南西方向に向きを変え、さらに南方で浅野断層に連続するが、この全線で活断層地形は不明瞭である。このことは、分岐断層(～浅野断層)は第四紀前半には上下変位を伴う活発な活動をしていたが、第四紀後半には断層運動が不活発となったことを意味する。さらに、皆川・大槻(1998)は、梨本のトレンチで観察された断層条線の調査から、この部分の野島断層が高角逆断層から横ずれ断層へと転換したとしている。

これらの事例から判るように、第四紀前半では野島断層や浅野断層は撓曲を伴い、上下変位の卓越した逆断層的な動きをしていたが、第四紀後半では横ずれ断層へと

変化していったとみなされる。こうした断層運動の変化は、一般には北西-南東方向の広域圧縮応力場から東西方向の応力場へと変化したためとされる(藤田・太田, 1977)。しかし、淡路島北部のように断層で囲まれた地塊内では、各々の地塊が回転や傾動などの変位・変形を受けているので、上述の断層運動の変化を単純に広域応力場の転換と結びつけることは難しい。応力場の変化・変遷の問題については、今後の検討がなお必要である。

5. ま と め

六甲山-淡路島は活断層に挟まれて隆起・傾動してきた地塁である。これら地塁山地は東西圧縮場のもとで、六甲-淡路(島)活断層系に沿う右横ずれ運動と上下運動の双方の動きによって形成された圧縮隆起部である。野島地震断層は、六甲-淡路(島)活断層系に属する野島断層にほぼ沿って発生し、この再活動が兵庫県南部地震を引き起こした。

野島地震断層が発現した詳細位置・変位様式・変位量分布・地震断層の諸相などから、この全体像がほぼ解明された。さらに、この活動区の細分、長さと変位量との関係、東側の東浦・楠本断層との関係も究明された。

野島地震断層沿いでは、空中写真測量により3次元的な変位量の計測が面的に行われ、地震断層に伴う地表面の動きがこの周辺の数多くの地点で立体的に計測された。断層線に対して見かけ上、右横ずれと上下変位が観察されていたが、こうした動きは断層線に平行ではなく、北西側では概ね東向きに最大1.7m、鉛直方向に-1.2~+1.7m変位し、南東側では南向きに最大2.5m、鉛直方向へ最大1.7m隆起していた。地表面の動きは断層線から1km以上離れた所でも、1m以上と大きく変位している。このように、地震断層線と周辺の3次元的な地殻変動の詳細が解明された。

野島断層の変位地形・活動間隔・累積変位量・地下構造などが、地震後に実施された各種の調査によって明らかにされてきた。とくに反射法地震探査や断層掘削調査によって、野島断層の地下構造・地質分布・断層破碎帯・破碎状態などが明らかとなった。すなわち、比高250mを越す断層崖を伴う野島断層においては、大阪層群の堆積以後に急激な上下運動が生じ、第四紀(後期)では約2000年の間隔をもって活動を繰り返してきた。野島断層の累積右ずれ量は少なくとも300mに達し、累積上下変位量もこれとほぼ同等以上に及ぶ。

地表面に露出している断層露頭と破碎帯の研究からは、傾斜・断層の活動様式・時代による変化・変位量と破碎帯の幅や組織との関係などが議論されてきた。さらに、ポーリング試料の詳しい観察・分析により、地震断層・活断層のやや深い場所での組織・傾斜・岩質などが詳細

に解明された。

野島断層は北淡町藁浦を挟む南北両側で異なる性質をもつ。北側では東上がり右ずれを伴う断層運動が継続してきた。南側では、第四紀の前半には大阪層群と花崗岩類の地質境界をなす分岐断層が活発に活動し、現在の野島断層部では水越撓曲で見られるように幅広い撓曲帯が形成されていた。この撓曲も第四紀後半には、今回の地震時の動きに見られるような右ずれが卓越した横ずれ活断層へと変化した。このように日本列島全体としてみれば中規模の活断層にすぎない野島断層においても、第四紀における活動様式が変化していることが明らかにされた。こうした変化をもたらした原因の解明も、今後の重要な研究課題となろう。

謝 辞

本稿は多くの研究者の成果に基づくものであり、限られた紙数で一部を簡単に紹介したにすぎない。苦勞して成果をあげられた関係諸氏に厚く謝意を表する。

文 献

- 安藤雅孝(1995)1995年兵庫県南部地震の前震・本震・余震・誘発地震。月刊地球, 号外13, 18-22。
- 安藤雅孝(1997)断層解剖計画で何がわかったか? 島崎邦彦編「野島断層解剖計画シンポジウム」, 平成8年度京大防災研究所共同利用研究成果報告書, 75-80。
- 安藤雅孝・島崎邦彦・竹村恵二(1998)総論: 断層解剖計画。月刊地球, 号外21, 5-12。
- 粟田泰夫・水野清秀・杉山雄一・下川浩一・井村隆介・木村克己(1995)1995年兵庫県南部地震に伴って出現した地震断層。地質ニュース, 486, 16-20。
- 粟田泰夫・水野清秀・杉山雄一・井村隆介・下川浩一・奥村晃史・佃 栄吉(1996)兵庫県南部地震に伴って淡路島北西岸に出現した地震断層。地震II, 49, 113-124。
- 粟田泰夫・角井朝昭(1997)淡路島北部, 楠本・東浦・野田尾断層の活動履歴及び活動性評価。地質調査所研究資料集, No.259(平成7年度活断層研究調査概要報告書), 7-13。
- 粟田泰夫・水野清秀(1998)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・構造図12(1万分の1), 地質調査所。
- 吾妻 崇(1997)淡路島北部における活断層の活動度の再評価。第四紀研究, 36, 29-42。
- 吾妻 崇・太田陽子・小林真弓・金 幸隆(1996)野島地震断層崖の断面形の変化過程。地理学評論, 69A, 365-379。
- 原口 強・岡村 眞・露口耕治(1995)1995年兵庫県南部地震に伴う野島地震断層調査。応用地質, 36, 51-61。
- 星野 実・水越博子・海野芳聖・村上広史・山後公二(1996)野島地震断層周辺の地殻変動および被害・地形との関係-写真測量による変位量計測データおよびGISによる分析-。国土地理院時報, 86, 20-36。
- 星野 実・村上広史・水越博子・山後公二(1996)兵庫県南部地震による野島断層周辺の地表面変動。地理学評論, 69A, 483-492。

- 藤田和夫・太田陽子(1977)第四紀地殻変動. 日本第四紀学会編, 東京大学出版会, 127-152.
- 藤田和夫・前田保夫(1984)須磨地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 101p.
- 兵庫県土木地質図編纂委員会(1996)兵庫の地質—兵庫県地質図(1:100,000), 兵庫県地質図解説書・地質編, 236p. 及び兵庫県地質図解説書・土木地質編—兵庫県, 361p.
- 兵庫県立人と自然の博物館編(1997)阪神・淡路大震災と六甲変動—兵庫県南部地震域の活構造調査報告—. 兵庫県神戸土木事務所, 106p.
- 市原 実編(1993)大阪層群. 創元社, 340p.
- 池辺展生編(1961)17万分の1兵庫県地質鉱産図及び説明書. 兵庫県(地質図作成委員会), 171p.
- 池田安隆・澤 祥・東郷正美(1995)1995年兵庫県南部地震に伴う野島地震断層の最大変位ベクトル. 地震II, 48, 531-537.
- 石井孝行・平野昌繁・藤田 崇(1996)兵庫県南部地震によって淡路島北淡町に現れた断層変位に伴う微地形. 地理学評論, 69A, 184-196.
- 岩渕 洋・春日 茂・穀田昇一・沖野郷子・志村栄一・長田 智(1995)大阪湾西部の活断層. 海洋調査技術, 7, 11-19.
- 岩崎貴哉・朴 成実・平田 直・佐藤比呂志(1998)1995年兵庫県南部地震震源域及びその周辺地域における大規模地殻構造探査. 月刊地球, 号外21, 119-125.
- 岩崎好規・香川敬生・澤田純男・松山紀香・大志万和也・井川 猛・大西正純(1994)エアガン反射法地震探査による大阪湾の基盤構造. 地震II, 46, 395-403.
- 海上保安庁水路部(1995)明石海峡および大阪湾西部(海底地質構造図).
- 活断層研究会(1991)新編 日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会, 437p.
- 活断層・地震予知特別研究室(1996)平成7年度に実施した活断層調査の成果概要. 地質ニュース, 506, 15-23.
- 河村知徳・荒井良祐・小先章三・中田友之・津村紀子・伊藤谷生(1998)反射法地震探査による淡路島小倉地域の詳細な地下構造調査. 月刊地球, 号外21, 144-148.
- 近畿土木地質図編纂委員会編(1981)20万分の1「近畿土木地質図」及び解説書. 国土開発技術研究センター, 376p.
- 菊地正幸(1995)兵庫県南部地震の震源断層. 科学, 65, 569-572.
- 林 愛明・井宮 裕・宇田進一・飯沼 清・三沢隆治・吉田智治・靖松保貴・和田卓也・川合功一(1995a)兵庫県南部地震により淡路島に生じた野島地震断層の調査. 地学雑誌, 104, 113-126.
- 林 愛明・井宮 裕・宇田進一・三沢隆治(1995b)野島地震断層の性状. 応用地質, 36, 41-46.
- 林 愛明・宇田進一(1996)野島地震断層の南北末端部の性状. 活断層研究, 14, 70-79.
- 皆川 潤・大槻憲四郎・青野正夫・大友淳一・中村教博(1995)野島地震断層の性状. 応用地質, 36, 50-62.
- 皆川 潤・大槻憲四郎(1998)淡路島のトレンチの断層条線が示す野島断層の活動史. 月刊地球, 号外21, 219-224.
- 溝上 恵・中村正夫・瀬戸憲彦(1995)1995年兵庫県南部地震の震源域周辺における連動性地震活動を伴う断層系. 月刊地球, 号外13, 38-46.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩(1990)明石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅). 地質調査所, 90p.
- 村田明広・竹村恵二・宮田隆夫・林 愛明(1998)野島断層500mボーリングコアの層序と累積変位. 月刊地球, 号外21, 137-143.
- 中田 高・蓬田 清・尾高潤一郎・坂本晃章・朝日克彦・千田 昇(1995)1995年兵庫県南部地震の地震断層. 地学雑誌, 104, 127-142.
- 中田 高・蓬田 清(1995a)地震断層からみた兵庫県南部地震. 科学, 65, 202-204.
- 中田 高・蓬田 清(1995b)地震断層からみた1995年兵庫県南部地震の震源過程. 月刊地球, 号外13, 107-116.
- Nakata, T., Odaka, J., Goto, H., Asahi, K., Chida, N., Suzuki, Y., Watanabe, M. and Nakamura, T. (1996) A trench study on the surface fault rupture in Awaji Island associated with the 1995 Hyogoken-nanbu earthquake. *Active Fault Research*, 14, 23-27.
- 尾高潤一郎・中田 高・後藤秀昭・朝日克彦・千田 昇・坂本晃章・蓬田 清(1996)1995年兵庫県南部地震で現れた地震断層の詳細図. 活断層研究, 14, 80-106.
- 岡田篤正(1995a)六甲—淡路島活断層系と兵庫県南部地震. 地理, 40(4), 86-97.
- 岡田篤正(1995b)六甲—淡路島活断層系と中央構造線活断層系. 月刊地球, 号外13, 99-107.
- 岡田篤正(1996)兵庫県南部地震の地震断層と六甲—淡路島活断層帯. 日本地形学連合編, 「兵庫県南部地震と地形災害」, 古今書院, 28-63.
- 岡田篤正・鬼木史子(1995)兵庫県南部地震の地震断層. 藤田和夫・岡田篤正編著「1995年(平成7)年兵庫県南部地震の地震断層と六甲—淡路島活断層系」, 断層研究資料センター, 1-49.
- 岡田篤正・堤 浩之(1997)中央構造線活断層系父尾断層の完新世断層活動—徳島県市場町でのトレンチ調査—. 地学雑誌, 106, 644-659及び図写真1.
- 岡田篤正・竹村恵二(1998)兵庫県南部地震に関連する活断層帯. 「大震災に学ぶ—阪神淡路大震災調査研究委員会報告書(創立70周年記念出版)」第1巻, 土木学会関西支部, 43-91.
- 岡 義記・寒川 旭(1981)東部瀬戸内堆積区の形成と淡路島の隆起. 地学雑誌, 90, 393-409.
- 太田陽子(1996)兵庫県南部地震(1995, 1, 17)で現れた野島地震断層による地表変位と災害の概要. 地理学評論, 69A, 277-289.
- 太田陽子・堀野正勝・国土地理院災害地理調査班(1995)1995年兵庫県南部地震の際に出現した野島地震断層と被害状況. 地学雑誌, 104, 143-155.
- 大槻憲四郎(1998)断層岩が示す地震性摩擦すべりの物理過程. 月刊地球, 号外21, 213-218.
- 大槻憲四郎・皆川 潤・青野正夫・大竹政和(1997)兵庫県南部地震時に刻まれた野島断層の湾曲した断層条線について. 地震II, 49, 451-460.
- 寒川 旭(1997)揺れる大地—日本列島の地震史. 同朋舎出版, 272p.
- 寒川 旭・岡 義記・八木浩司(1979)淡路島の活断層. 日本地理学会子稿集, no.17, 64-65.
- 島崎邦彦編(1997)断層解剖計画シンポジウム. 京都大学防災研究所共同利用研究成果報告書, 151p.
- 鈴木勝義・海野芳聖・堀野正勝・木佐貫順一・星野 実・岩橋純子・水越博子・根本寿男・中野 修・飯田剛輔(1995)兵庫県南部地震に伴う淡路島北部地域の地形変化. 国土地理院時報, no.83, 34-51.
- 鈴木康弘(1995)古・兵庫県南部地震を探る—野島断層のトレンチ調査. 太田陽子・島崎邦彦編, 「古地震を探る」, 古今書院, 210-215.

- 鈴木康弘・渡辺満久・吾妻 崇・岡田篤正(1996)六甲-淡路島活断層系と1995年兵庫県南部地震-変動地形学的・古地震学研究と課題一. 地理学評論, **69A**, 469-482.
- 高橋 浩・寒川 旭・水野清秀・服部 仁(1992)洲本地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 107p.
- 高橋 亨・野崎京三・島 裕雅・山根 誠・五十嵐 亨(1996)野島断層における各種物理探査法の適用実験. 物理探査, **49**, 498-510.
- 竹村恵二・伊藤久男・池田隆司・田中秀実(1998)野島断層掘削の意義・課題と現状-コア解析に関連して. 月刊地球, 号外21, 132-136.
- 竹村恵二・村田明広・宮田隆夫・林 愛明・外田智千(1997)断層解剖計画における掘削コアの記載(層序と構造, 年代). 島崎邦彦編「断層解剖計画シンポジウム」, 平成8年度京大防災研究所共同利用研究成果報告書, 115-126.
- 竹村恵二・岡田篤正・堤 浩之・加藤茂弘・小林文夫・川畑大作・金田平太郎・後藤秀昭・熊原康博・横田勝一郎・大井信夫(1998)野島断層保存館(兵庫県津名郡北淡町)の地震断層トレンチ調査. 人と自然, No.9, 51-71.
- 田中秀実・樋口孝幸・桧 晋一郎・小坂和夫・林 愛明・竹村恵二・村田明広・宮田隆夫(1998)野島断層掘削コア(小倉500mコア)の断層岩分布様式および変形-変質過程. 月刊地球, 号外21, 160-164.
- 田中秀実・池田隆司・伊藤久男・新井宗史・大谷具幸・小村健太郎・小林健太・佐野広征・富田倫明・富田直人・樋口孝幸・平野聡・藤本光一郎・松田達生・山崎暁子(1998)野島地震断層掘削コア(GSJ and NIED)に見られる断層岩の産状. 地質学雑誌, (印刷中).
- 植村善博(1996)1995年兵庫県南部地震による野島地震断層の地表変位. 佛敎大学文学部論集, **80**, 53-70.
- 渡辺満久・鈴木康弘・中田 高(1996)1:25,000都市圏活断層図「須磨」および「明石」. 国土地理院.
- 吉岡敏和・水野清秀・栗田泰夫(1996)淡路島中部, 志筑断層及び先山断層の活動性調査. 地質調査所研究資料集, No.259(平成7年度活断層研究調査概要報告書), 15-17.
- 吉川澄夫・伊藤秀美(1995)1995年兵庫県南部地震の概要. 月刊地球, 号外13, 30-38.

(1998年7月20日受付)

(1998年9月22日受理)



写真1 北淡町平林に現れた野島地震断層
北東方を望む(1995年1月18日午後4時頃朝日新聞社撮影)



写真2 北淡町梨本に現れた野島地震断層
北東方を望む(1995年1月18日午後4時頃朝日新聞社撮影)



写真3 北淡町平林に現れた野島地震断層の近接写真(1995年1月20日頃朝日新聞社撮影)



写真4 北淡町小倉に現れた野島地震断層の近接写真 南方を望む(1995年1月29日岡田篤正撮影)

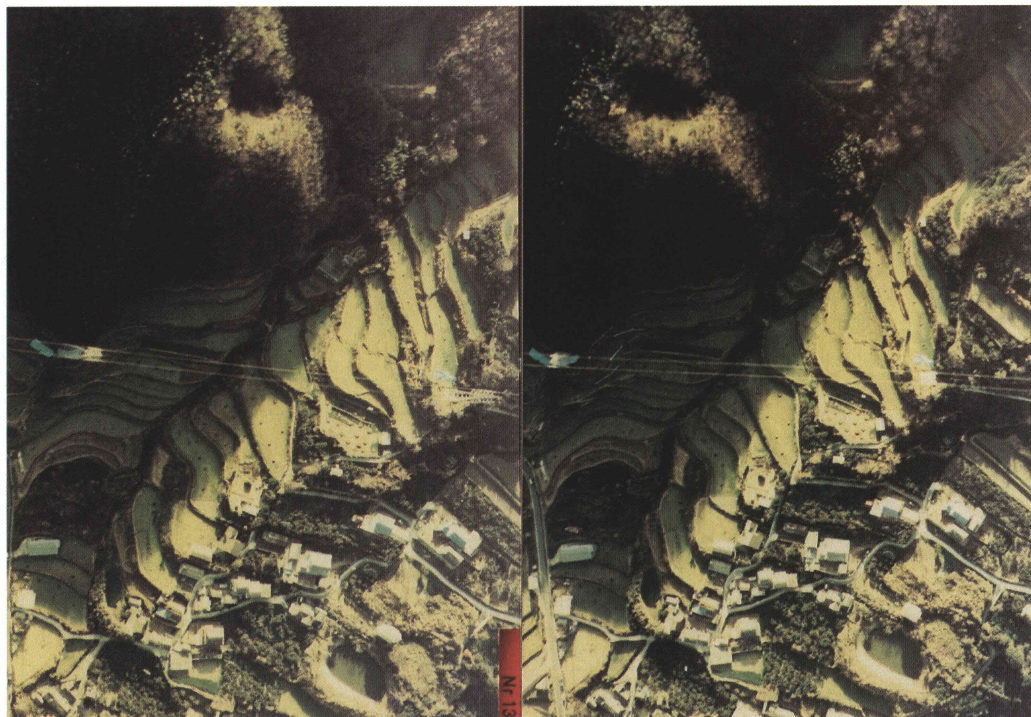


写真5 江崎桃林寺南方の棚田の空中写真(国際航業撮影の立体視ペア)

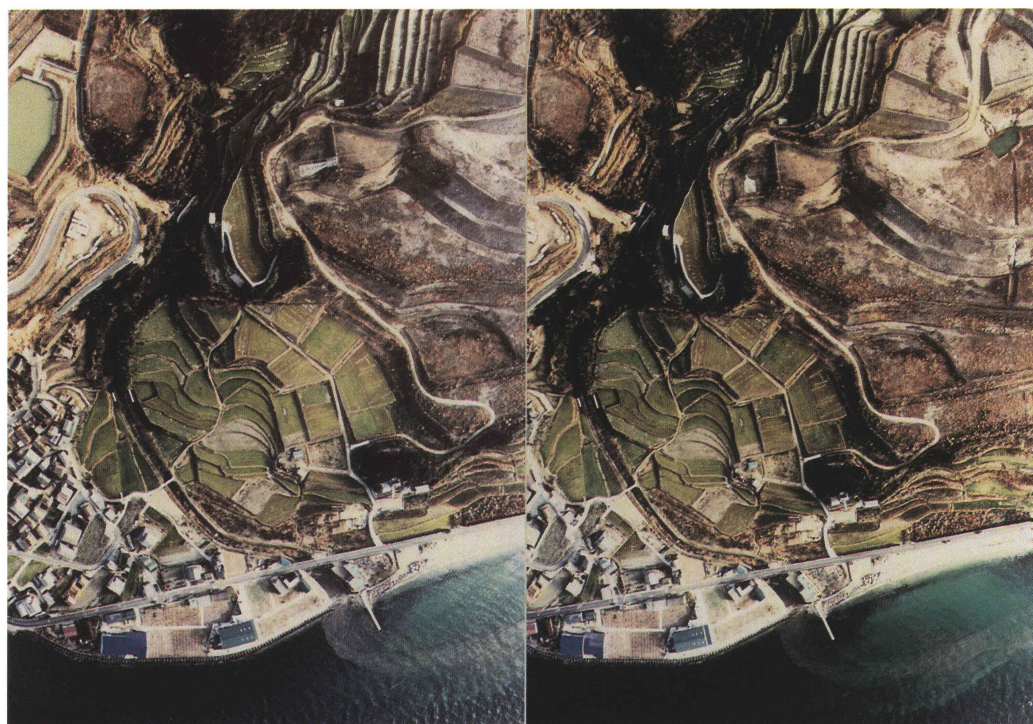


写真6 平林の棚田と造成地の空中写真(国際航業撮影の立体視ペア)

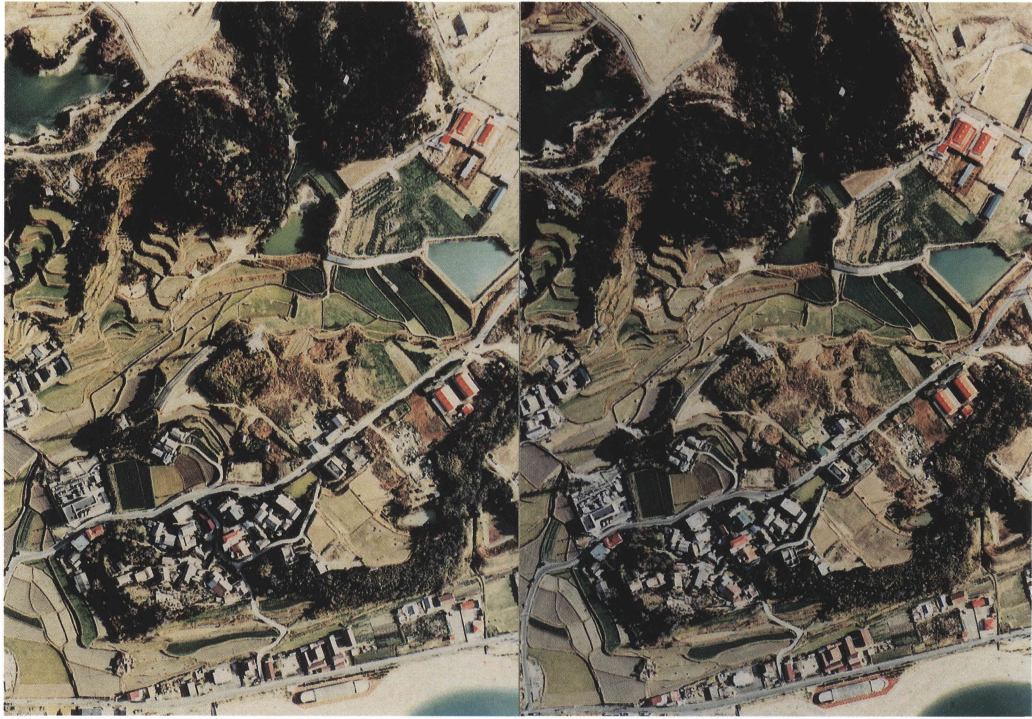


写真7 梨本の水田付近の空中写真(国際航業撮影の立体視ペア)

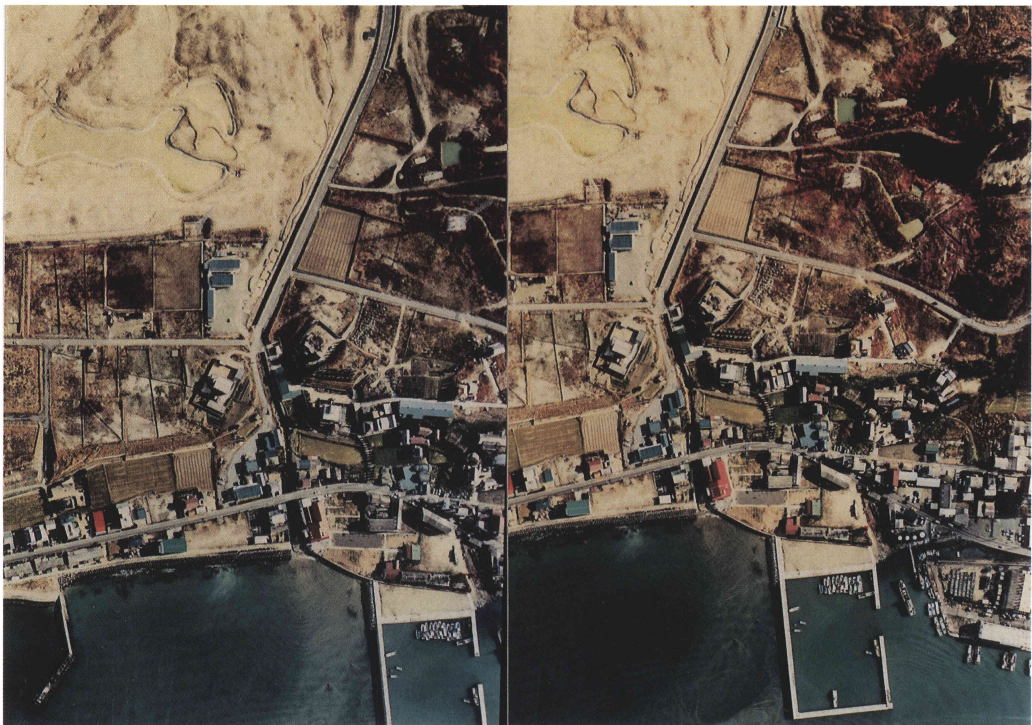


写真8 小倉の造成地付近の空中写真(国際航業撮影の立体視ペア)

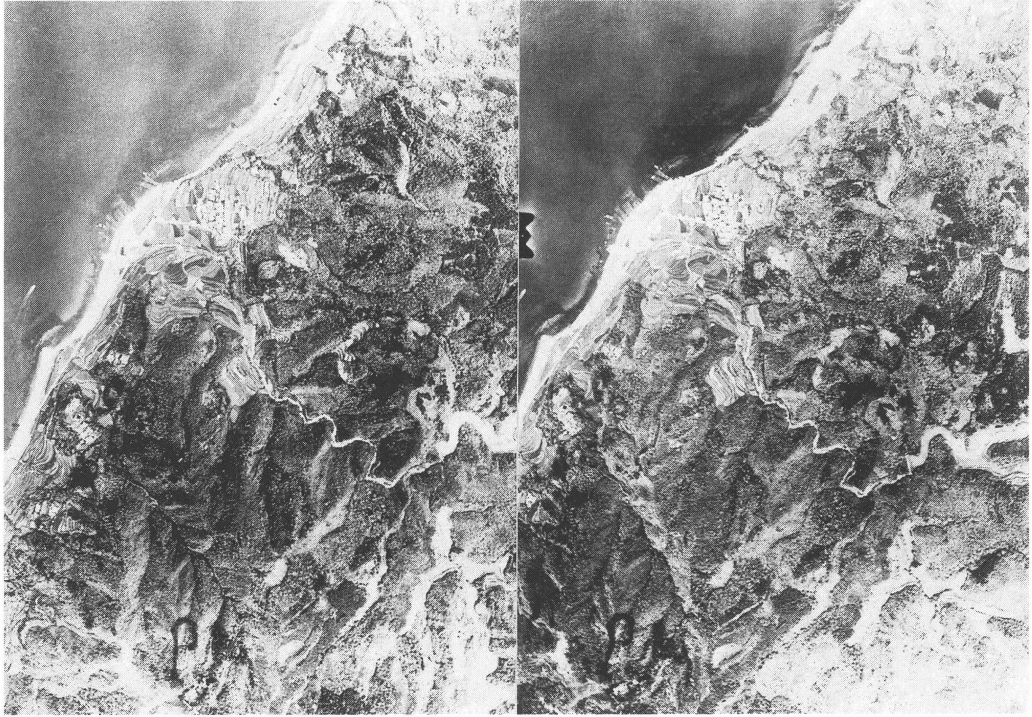


写真9 平林付近(造成前)の空中写真(国土地理院撮影KK-63-5, C2-2,3の立体視ペア)

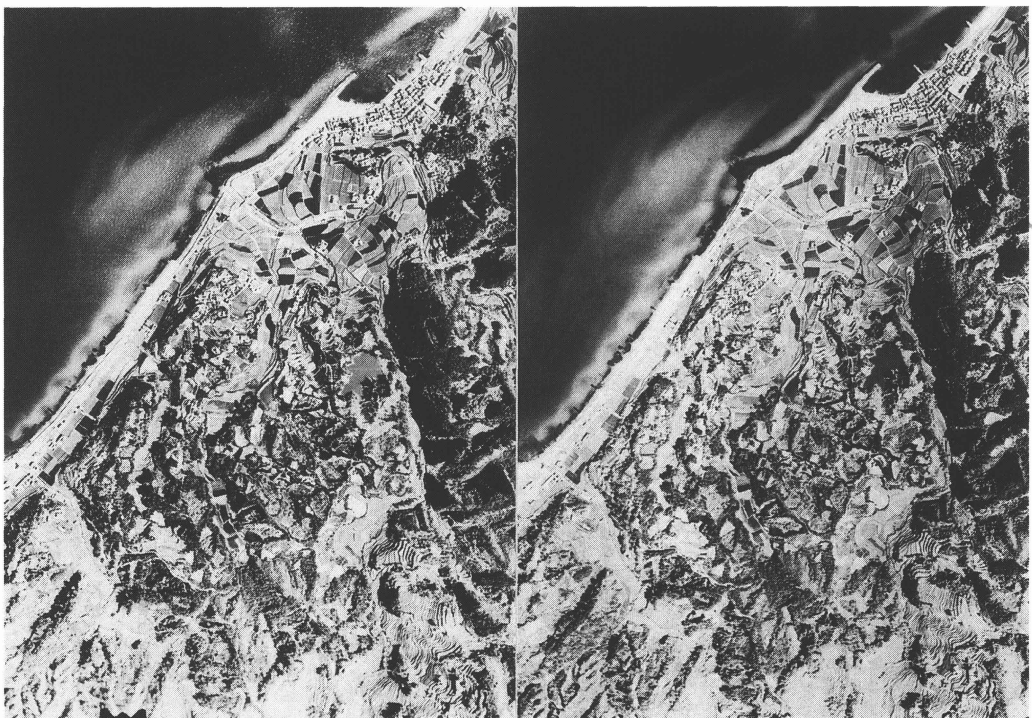


写真10 小倉付近(造成前)の空中写真(国土地理院撮影 KK-63-5, C4-2,3の立体視ペア)