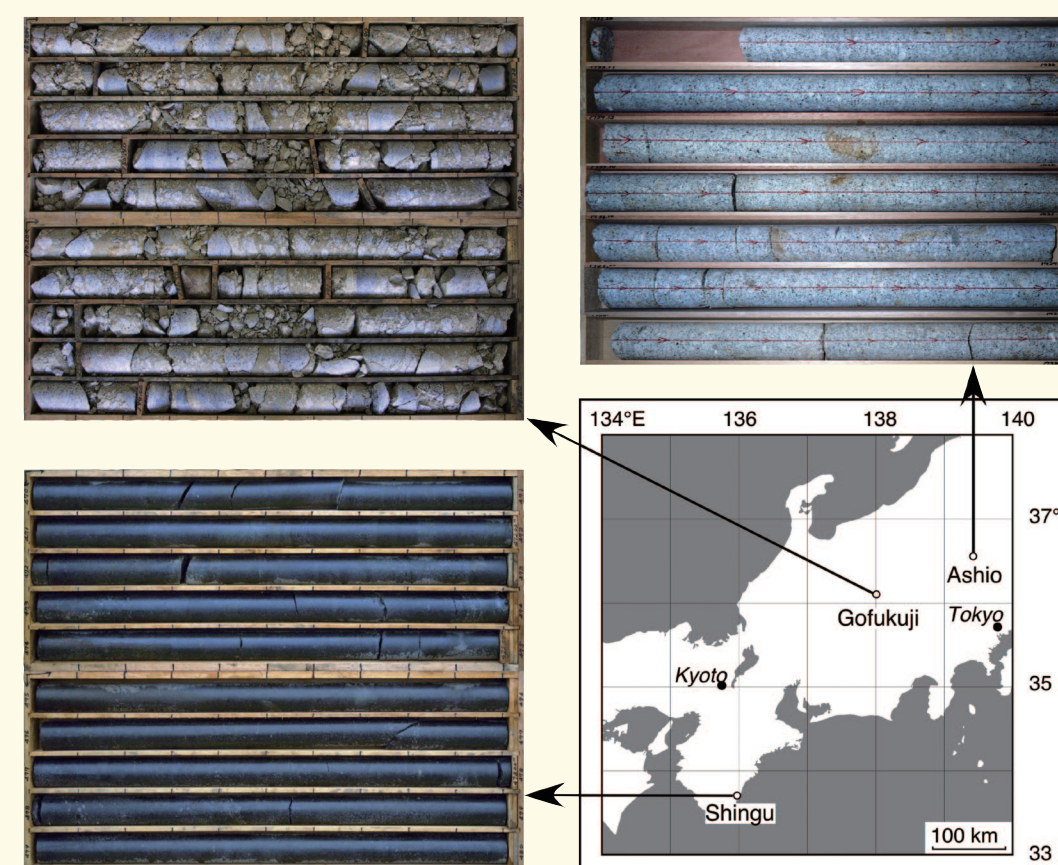


防災科学技術研究所による深層掘削調査の概要と 岩石物性試験結果（足尾・新宮・牛伏寺）

Deep Borehole Drilling Surveys Around the Seismogenic Regions in Japan Island - Ashio, Shingu, Gofukuji Sites



防災科学技術研究所研究資料

- 第 274 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.18 (平成 16 年 No.3) (CD-ROM). 2005 年 3 月発行
- 第 275 号 全国を対象とした確率論的地震動予測地図作成手法の検討 (付録 CD-ROM 1 枚) 393pp. 2005 年 8 月発行
- 第 276 号 シンポジウム「日本の地震観測の現状と将来展望」講演速記録集 90pp. 2005 年 9 月発行
- 第 277 号 地すべり地形分布図 第 24 集「姫路」15 葉 (5 万分の 1). 2005 年 11 月発行
- 第 278 号 地すべり地形分布図 第 25 集「松江・高梁」26 葉 (5 万分の 1). 2005 年 12 月発行
- 第 279 号 三陸沖北部の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2005 年 9 月発行
- 第 280 号 長岡における積雪観測資料 (29) (2004 年 11 月～2005 年 4 月) 39pp. 2005 年 11 月発行
- 第 281 号 琵琶湖西岸断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2005 年 10 月発行
- 第 282 号 高山・大原断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2005 年 11 月発行
- 第 283 号 石狩低地東縁断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2005 年 12 月発行
- 第 284 号 地震ハザードステーション J-SHIS DVD 2005 年版 (DVD). 2005 年 12 月発行
- 第 285 号 地すべり地形分布図 第 26 集「浜田・大社」17 葉 (5 万分の 1). 2006 年 1 月発行
- 第 286 号 地すべり地形分布図 第 27 集「広島」16 葉 (5 万分の 1). 2006 年 2 月発行
- 第 287 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.19 (平成 17 年 No.1) (CD-ROM). 2006 年 3 月発行
- 第 288 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.20 (平成 17 年 No.2) (CD-ROM). 2006 年 3 月発行
- 第 289 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2004 / 05 年冬期) 41pp. 2006 年 3 月発行
- 第 290 号 地すべり地形分布図 第 28 集「山口」21 葉 (5 万分の 1). 2006 年 3 月発行
- 第 291 号 地すべり地形分布図 第 29 集「岡山及丸亀」15 葉 (5 万分の 1). 2006 年 3 月発行
- 第 292 号 日本の火山ハザードマップ集 (付録 DVD 2 枚) 20pp. 2006 年 3 月発行
- 第 293 号 水害に対する住民の防災意識と防災行動等に関するアンケート調査資料集 (CD-ROM). 2006 年 3 月発行
- 第 294 号 山崎断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2006 年 3 月発行
- 第 295 号 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁・和泉山脈南縁) の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2006 年 3 月発行

- 第 296 号 日向灘の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討 (CD-ROM). 2006 年 3 月発行
- 第 297 号 地すべり地形分布図 第 30 集「徳島・剣山」23 葉 (5 万分の 1). 2006 年 9 月発行
- 第 298 号 神奈川県西部山北南高感度地震観測井の掘削および坑内検層 32pp. 2006 年 10 月発行
- 第 299 号 地すべり地形分布図 第 31 集「高知・窪川」17 葉 (5 万分の 1). 2007 年 3 月発行
- 第 300 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 21 (平成 18 年 No.1) (CD-ROM). 2007 年 3 月発行
- 第 301 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 22 (平成 18 年 No.2) (CD-ROM). 2007 年 3 月発行
- 第 302 号 長岡における積雪観測資料 (30) (2005.11～2006.3) 37pp. 2007 年 3 月発行
- 第 303 号 2003 年十勝沖地震の観測記録を用いた強震動予測手法の検証 (CD-ROM 版). 2007 年 3 月発行
- 第 304 号 アジア・太平洋国際地震・火山観測網構築計画に関する事前調査 96pp. 2007 年 3 月発行
- 第 305 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2005/06 年冬期) 45pp. 2007 年 3 月発行
- 第 306 号 地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究報告書 78pp. 2007 年 3 月発行
- 第 307 号 根尾谷断層水鳥地区における深層ボーリング調査と地殻応力測定 (付録 CD-ROM) 33pp. 2007 年 8 月発行
- 第 308 号 地すべり地形分布図 第 32 集「松山・宇和島」26 葉 (5 万分の 1). 2007 年 9 月発行
- 第 309 号 地すべり地形分布図 第 33 集「大分」18 葉 (5 万分の 1). 2007 年 11 月発行
- 第 310 号 Geological and Logging Data of the NIED wells, Japan -Active fault, Seismogenic zone, Hingeline – 29pp. 2008 年 3 月発行

- 第 311 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2006/07 年冬期) 35pp. 2007 年 11 月発行
- 第 312 号 地すべり地形分布図 第 34 集「延岡・宮崎」19 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 313 号 微動探査観測ツールの開発 その 1－常時微動解析ツール－ (付録 CD-ROM) 133pp. 2008 年 3 月発行
- 第 314 号 距離減衰式による地震動予測ツールの開発 (付録 CD-ROM) 66pp. 2008 年 3 月発行
- 第 315 号 地すべり地形分布図 第 35 集「八代」18 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 316 号 地すべり地形分布図 第 36 集「熊本」15 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 317 号 2004 年新潟県中越地震による斜面変動分布図 (付録 CD-ROM) 37pp. 2008 年 3 月発行
- 第 318 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.23 (平成 19 年 No.1) (CD-ROM 版). 2008 年 3 月発行
- 第 319 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.24 (平成 19 年 No.2) (CD-ROM 版). 2008 年 3 月発行

防災科学技術研究所研究資料

- 第 320 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 木造建物実験 - 震動台活用による建造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 152pp. 2008 年 3 月発行
- 第 321 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクト 実大 6 層 RC 建物実験報告書 (付録 CD-ROM) 46pp. 2008 年 3 月発行
- 第 322 号 地すべり地形分布図 第 37 集「福岡・中津」24 葉 (5 万分の 1). 2008 年 8 月発行
- 第 323 号 地すべり地形分布図 第 38 集「長崎・唐津」29 葉 (5 万分の 1). 2008 年 9 月発行
- 第 324 号 地すべり地形分布図 第 39 集「鹿児島」24 葉 (5 万分の 1). 2008 年 11 月発行
- 第 325 号 地すべり地形分布図 第 40 集「一関・石巻」19 葉 (5 万分の 1). 2009 年 2 月発行
- 第 326 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2007/08 年冬期) 33pp. 2008 年 12 月発行
- 第 327 号 防災科学技術研究所 45 年のあゆみ (付録 DVD) 224pp. 2009 年 3 月発行
- 第 328 号 地すべり地形分布図 第 41 集「盛岡」18 葉 (5 万分の 1). 2009 年 3 月発行
- 第 329 号 地すべり地形分布図 第 42 集「野辺地・八戸」24 葉 (5 万分の 1). 2009 年 3 月発行
- 第 330 号 地域リスクとローカルガバナンスに関する調査報告 53pp. 2009 年 3 月発行
- 第 331 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-1 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 -1970 年代に建設された基部曲げ破壊タイプの RC 橋脚震動台実験 - (付録 DVD) 107pp. 2009 年 1 月発行
- 第 332 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.25 (平成 20 年 No.1) (CD-ROM 版). 2009 年 3 月発行
- 第 333 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.26 (平成 20 年 No.2) (CD-ROM 版). 2009 年 3 月発行
- 第 334 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 地盤基礎実験 - 震動台活用による建造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 62pp. 2009 年 10 月発行
- 第 335 号 地すべり地形分布図 第 43 集「函館」14 葉 (5 万分の 1). 2009 年 12 月発行
- 第 336 号 全国地震動予測地図作成手法の検討 (7 分冊 + CD-ROM 版). 2009 年 11 月発行
- 第 337 号 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討 (付録 DVD) 2009 年 12 月発行
- 第 338 号 地すべり地形分布図 第 44 集「室蘭・久遠」21 葉 (5 万分の 1). 2010 年 3 月発行
- 第 339 号 地すべり地形分布図 第 45 集「岩内」14 葉 (5 万分の 1). 2010 年 3 月発行
- 第 340 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2008/09 年冬期). 2010 年 3 月発行
- 第 341 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.27 (平成 21 年 No.1) (CD-ROM 版). 2010 年 3 月発行
- 第 342 号 強震ネットワーク 強震データ Vol.28 (平成 21 年 No.2) (CD-ROM 版). 2010 年 3 月発行
- 第 343 号 阿寺断層系における深層ボーリング調査の概要と岩石物性試験結果 (付録 CD-ROM). 2010 年 3 月発行
- 第 344 号 地すべり地形分布図 第 46 集「札幌・苫小牧」19 葉 (5 万分の 1). 2010 年 7 月発行
- 第 345 号 地すべり地形分布図 第 47 集「夕張岳」16 葉 (5 万分の 1). 2010 年 8 月発行
- 第 346 号 長岡における積雪観測資料 (31) (2006/07, 2007/08, 2008/09 冬期). 2010 年 9 月発行予定
- 第 347 号 地すべり地形分布図 第 48 集「羽幌・留萌」17 葉 (5 万分の 1). 2010 年 10 月発行予定
- 第 348 号 平成 18 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクト実大 3 層 RC 建物実験報告書 (付録 DVD) 2010 年 8 月発行

<p>編 集 委 員 会</p> <p>(委員長) 眞木雅之</p> <p>(委 員)</p> <p>武田哲也 小澤 拓</p> <p>佐藤正義 吉村晶子</p> <p>中井専人 中村いずみ</p> <p>関口宏二</p>	<p>防災科学技術研究所研究資料 第 349 号</p> <p>平成 22 年 8 月 31 日 発行</p> <p>編集兼 独立行政法人</p> <p>発行者 防 災 科 学 技 術 研 究 所</p> <p>〒305-0006</p> <p>茨城県つくば市天王台 3 - 1</p> <p>電話 (029)863-7635</p> <p>http://www.bosai.go.jp/</p> <p>印刷所 松 枝 印 刷 株 式 会 社</p> <p>茨城県常総市水海道天満町 2438</p>
--	--

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention 2010

※防災科学技術研究所の刊行物については、ホームページ (http://www.bosai.go.jp/library/publication.htm) をご覧下さい。

[[] 表紙写真・・・各掘削井から採取した代表的なコア試料。足尾：花崗閃緑岩、深度 1732.2 m～1739.0 m。新宮：砂泥互層、深度 470.0 m～480.0 m。牛伏寺：花崗岩質礫岩、深度 185.2 m～195.2 m。

防災科学技術研究所による深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果 (足尾・新宮・牛伏寺)

山田隆二*・松田達生*・小村健太郎*・池田隆司**

Deep Borehole Drilling Surveys Around the Seismogenic Regions in Japan Island - Ashio, Shingu, Gofukuji Sites

Ryuji YAMADA*, Tatsuo MATSUDA*, Kentaro OMURA*, and Ryuji IKEDA**

**Earthquake Research Department, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan*
ryamada@bosai.go.jp, mtatsuo@bosai.go.jp, omura@bosai.go.jp

***Earth and Planetary Dynamics, Natural History Science, Hokkaido University, Japan*
ikeryu@mail.sci.hokudai.ac.jp

Abstract

This report documents the outline of the deep borehole drilling survey conducted by NIED at three locations in the central Japan. 1. Ashio area, Tochigi Pref., depth 2,002.4 m, period FY 1987 – 1992; 2. Shingu area, Wakayama Pref., depth 551.0 m, period FY 1997 – 2000; 3. Gofukuji area, Nagano Pref., depth 403.1 m, period FY 2001 – 2003. Rock core samples were collected at different depths along the each borehole, and served for various laboratory tests, such as rock density and coefficient of water absorption measurement, ultrasonic velocity measurement, unconfined compression and splitting test, triaxial compression test, thermal conductivity measurement, permeability measurement, whole rock chemical composition determination of major and trace elements, and X-ray diffraction analysis.

Key words: Seismic activity in the Kanto region, Nankai Trough, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Borehole drilling, Rock tests

1. はじめに

防災科学技術研究所では、内陸地震の発生を支配しているメカニズムの解明など、災害の軽減につながる地球科学的な課題の解決を目的として、日本各地で深層掘削調査を進めている。特に、活断層の内部・周辺における掘削による原位置試験およびコアリングは、断層岩の構造や物性、活断層や島弧地殻の物理状態をよりよく理解するために必要である。

本稿では、1987 – 1992 年度に実施した栃木県足尾地域における掘削調査、1997 – 2000 年度に実施した和歌山県新宮地域における掘削調査および 2001 – 2003 年度に実施した長野県牛伏寺地域における掘削調査の概要、および岩石物性試験の結果について報告する。なお、掘削調査における物理検層結果 (Matsuda *et al.*, 2008) 及び、同時

に行った水圧破碎法による地殻応力測定と電磁気探査等の結果については別稿にて報告する。

浅部地震活動が活発な地域では、深層掘削によってその震源域に到達することが可能である。関東地方の中で浅部地震活動が最も活発な足尾地域において、その震源域に届くように約 2,000 m の掘削を行い、応力状態、間隙水圧および地殻熱流量を測定した。その結果、震源域周辺では非常に高い差応力が発生するが、このレベルは破碎帯のまわりでははっきりと減少する (Tsukahara *et al.*, 1996) など、震源域における応力状態に関していくつかの特徴が明らかになった。

プレート沈み込みに関係する地震を研究する際には、深層掘削調査孔を用いた地殻応力と歪み測定が欠かせない。特に、南海トラフ地震の場合、フィリピン海プレートの

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 地震研究部

** 北海道大学 大学院理学研究院 自然史科学部門

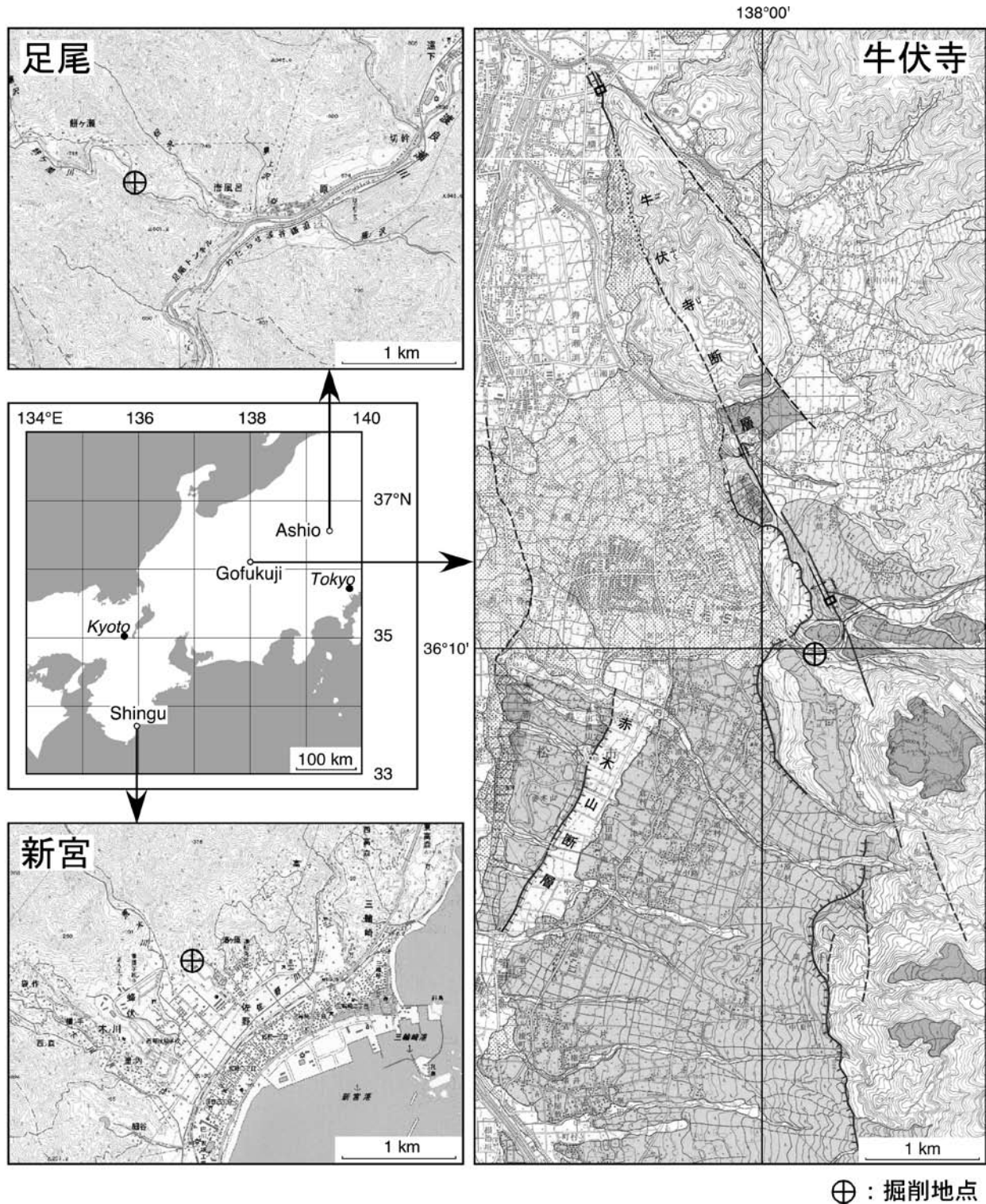


図 1 掘削調査孔地点図. 牛伏寺調査孔図には周辺の活断層も記載した (今泉ほか, 1999; 松多ほか, 1999).
 Fig. 1 Location map of the drilling sites. The trace of the neighboring active faults is also drawn for Gofukuji site (Imaizumi *et al.*, 1999; Matsuda *et al.*, 1999).

沈み込みによる震源域は、陸上近くに分布するため、地震前兆的地殻変動が陸上でも検出できる可能性がある。紀伊半島にある和歌山県新宮市において、地殻の応力状態と岩石物性に関する基礎データを得るために約 550 m の掘削を行い、水圧破碎法による応力測定を含む原位置試験を行った。この先に続く目的は、原位置における応

力と歪みの時系列変化をモニターし、南海トラフ地震に関連して、それらの蓄積過程を明らかにすることである (池田ほか, 2001)。

地震発生機構を理解するためには、地震サイクルおよび地球物理的、地質学的条件の異なるステージにおける活断層を比較することが必要である。しかし、活断層の

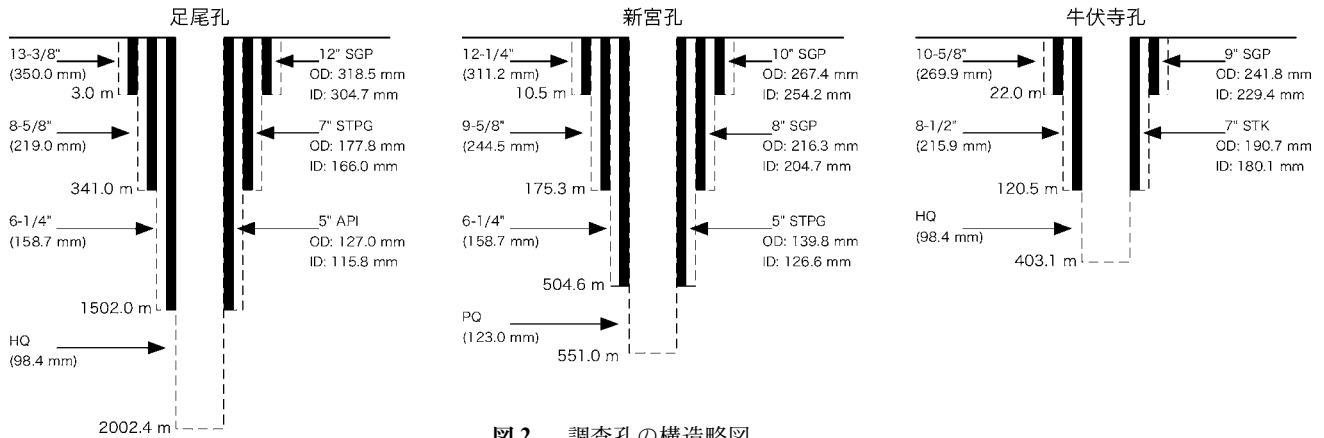


図2 調査孔の構造略図
Fig. 2 Casing plans for boreholes.

深部構造や連続性に関する情報はほとんど得られていない。断層帯の構造や周囲の状態を解明するため、防災科学技術研究所では中部日本における活断層掘削プロジェクトを推進した(池田ほか, 1998)。このプロジェクトの一環として、糸魚川静岡構造線断層帯に属する牛伏寺断層において、約400 mの掘削調査を行った。

2. 深層掘削調査

2.1 掘削地点

深層掘削調査地点を図1に示す。3つの掘削地点の所在地、緯度、経度、標高は以下の通りである。

- ・ 足尾：掘削深度 2002.4 m
栃木県日光市足尾町
緯度経度 北緯 36°37'5.9" 東経 139°23'59.4"
(世界測地系, 以下同じ.)
孔口標高：海拔約 640 m
- ・ 新宮：掘削深度 551.0 m
和歌山県新宮市佐野(市民運動競技場内)
緯度経度 北緯 33°41'19.4" 東経 135°58'6.8"
孔口標高：海拔約 20 m
- ・ 牛伏寺：掘削深度 403.1 m
長野県松本市内田
緯度経度 北緯 36°10'9.1" 東経 138°0'9.0"
孔口標高：海拔約 780 m

足尾調査孔は関東平野の北西外縁の足尾山地にあり、栃木・群馬県境に位置する。周辺の地形は急峻な山岳地形であり、それを浸食して渡良瀬川が北東から南西方向へ流下する。調査地点は、渡良瀬川の北岸支流餅ヶ瀬川に沿った採石場跡地である。

新宮調査孔は紀伊半島南東部に位置し、新宮市街地の南部にて、沖積低地と山地の境界付近に位置する。掘削地点の東側は旧熊野灘の海進で浸食、形成された沖積低地が分布する。西側は急峻な山岳地形を形成する熊野酸性火成岩類の端部にあたる。この調査孔には、2003年に名古屋大学と東濃地震科学研究所によって地殻活動総合

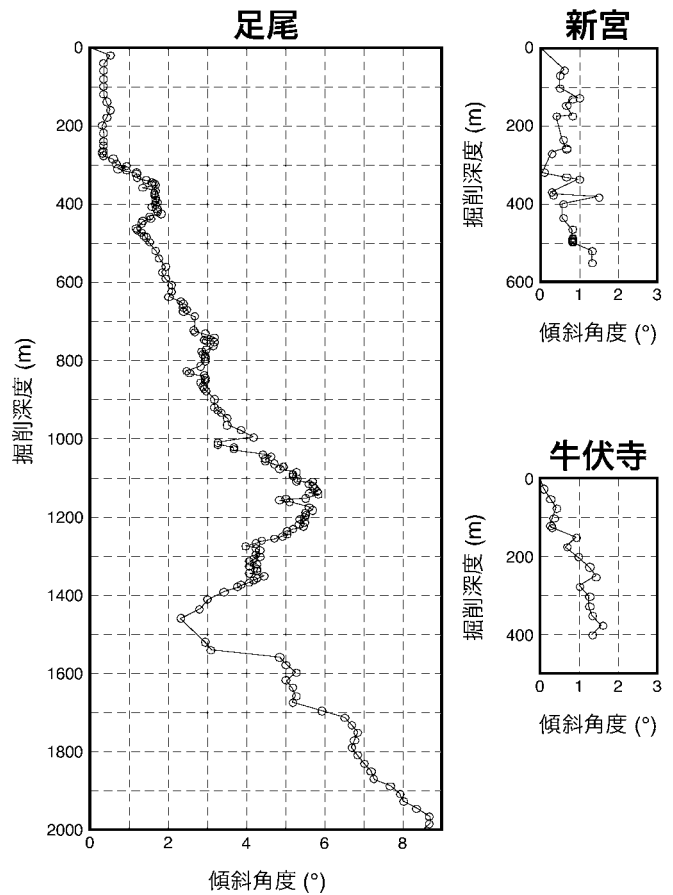


図3 掘削深度と調査孔の傾斜角
Fig. 3 Profiles of deviation angles and depths along the boreholes.

観測装置が設置されて以来、地殻変動(歪み、傾斜、温度)の連続観測が行われている。

牛伏寺調査孔は牛伏寺断層南部地域に位置し、断層近傍に設定された。牛伏寺断層は松本盆地南部の東縁糸魚川ー静岡構造線活断層系のほぼ中央にあり、左横ずれを主とする活断層である(池田ほか 1997)。トレンチ調査の結果から、平均再来間隔が約590-740年、最新活動時期が841年であることが示された(奥村ほか 2000)。

表 1 掘削の概要

Table 1 Outlines of the borehole drilling.

	足尾孔		新宮孔		牛伏寺孔	
掘削 (深度 m, 径)	0.0 - 3.0	13-3/8"	0.0 - 10.5	12-1/4"	0.0 - 22.0	10-5/8"
	3.0 - 341.0	8-5/8"	10.5 - 175.3	9-5/8"	22.0 - 120.5	8-1/2"
	341.0 - 1502.0	6-1/4"	175.3 - 504.6	6-1/4"	120.5 - 403.1	HQ-WL
	1502.0 - 2002.4	5-7/8"	504.6 - 551.0	PQ		
ケーシング (深度 m, 径)	0.0 - 3.0	12" STPG	0.0 - 10.5	10" SGP	0.0 - 22.0	9" SGP
	0.0 - 341.0	7" STPG	0.0 - 175.3	8" SGP	0.0 - 120.5	7" STK
	0.0 - 1502.0	5" API	0.0 - 504.6	5" STPG		
コアリング (深度 m, 径)		スポット	10.0 - 201.0	HQ	142.2 - 403.1	HQ
	20.8 - 23.1	BQ	180.0 - 401.0	PQ		
	167.1 - 169.1	PQ	401.0 - 500.0	HQ		
	241.4 - 243.4	PQ	500.0 - 502.0	BQ		
	306.5 - 307.2	PQ	504.6 - 506.6	PQ		
	342.8 - 344.1	PQ	506.6 - 511.3	HQ		
	414.5 - 415.5	PQ	511.3 - 520.2	PQ		
	502.0 - 504.2	PQ	520.2 - 521.9	BQ		
	601.3 - 603.4	PQ	521.9 - 551.0	PQ		
	721.2 - 723.2	PQ				
	836.3 - 837.5	PQ				
	851.0 - 851.9	PQ				
	865.7 - 866.0	PQ				
	924.0 - 925.8	PQ				
	1026.4 - 1028.4	PQ				
	1113.5 - 1115.5	PQ				
	1267.3 - 1267.9	PQ				
	1326.2 - 1328.2	PQ				
	1438.0 - 1441.1	PQ				
	1501.0 - 1502.3	PQ				
1619.6 - 1622.4	PQ					
1732.2 - 1739.0	PQ					
1805.4 - 1811.4	PQ					
1910.6 - 1916.6	PQ					
2001.5 - 2007.7	PQ					
孔芯傾斜測定 (深度 m)	20 - 2000, 約	188 回	55.8, 57.1, 70.0,	31 回	25.0, 50.0, 75.0,	17 回
	20m 毎		102.3, 128.4, 130.4, 147.6, 170.0, 173.7, 178.4, 196.4, 235.0, 256.0, 259.0, 270.0, 320.0, 331.0, 337.0, 370.0, 376.0, 382.0, 400.0, 436.0, 466.0, 487.0, 490.0, 493.0, 496.0, 499.0, 520.0, 550.0		100.0, 120.5, 125.0, 150.0, 175.0, 200.0, 225.0, 250.0, 275.0, 300.0, 325.0, 350.0, 375.0, 400.0	

※ 13-3/8" = 350.0 mm, 12-1/4" = 311.2 mm, 10-5/8" = 269.9 mm, 9-5/8" = 244.5 mm, 8-5/8" = 219.0 mm, 8-1/2" = 215.9 mm, 6-1/4" = 158.7 mm, 5-7/8" = 142.9 mm, PQ = 123.0 mm, HQ = 98.4 mm, BQ = 60.0 mm

2.2 調査孔の構造

3 地点の調査孔の構造略図を図 2 に示す。また、各地点の掘削、ケーシング、コアリングにより採取したコアの直径と深度および孔芯傾斜測定を行った深度を表 1 に示す。

孔芯の方位と傾斜角を測定する孔芯傾斜測定は、村田

式孔芯傾斜測定器を使用し、数 m から約 25 m 毎に行った。各深度で測定した孔芯傾斜・方位測定に基づく孔芯傾斜図を図 3 に示す。新宮、牛伏寺および、足尾の深度 600 m 程までは鉛直からの傾斜角 2° (平均 0.33°/100 m) 以内で掘削している。足尾ではそれ以深で傾斜角が増大したも

の修正を行うことにより最終的には平均 0.5%/100 m 以下に抑えた。

2.3 物理検層項目および現位置試験

物理検層は、自然電位、比抵抗、音波速度、地層密度、中性子、自然ガンマ線、孔径、温度の 8 項目について行った。これらの検層方法及び結果については Matsuda *et al.* (2008) に報告した。また、調査孔を用いて、岩盤の現場透水試験および水圧破碎法による応力測定を行った。水圧破碎によってできた孔内の亀裂を識別するため、型取りバッカー、BHTV 検層、ポアホールレーダー検層も合わせて行った。この結果については別稿で報告する。

3. 孔井と周辺の地質

3.1 調査地域の地質概略

足尾調査孔がある足尾山地を構成する地質は、広く分布する中生代・古生代の地層とこれに貫入した酸性火成岩類および第三紀、第四紀の火山岩類より成る(猪郷ほか, 1984)。

新宮調査孔の周辺を構成する地質は、新第三紀前期に属する小口累層であり、泥岩、砂岩で構成されている。熊野酸性火成岩に貫かれた泥岩の層厚は北部で 700 - 1,200 m である(村山, 1955ab)。

牛伏寺調査孔がある松本盆地内は、周囲を断層で区切られ、各盆地には砂礫や火山砕屑物、湖成～河成および扇状地堆積物が堆積しており、その上部に数 m ～数十 m の砂、粘土などの軟弱層が堆積する(植村・山田, 1988) している。このような地質は、今回の掘削コアの観察によっても示されている(図 4)。

3.2 調査孔の地質

掘削コアの観察によって得られた地質柱状図の概略を図 4 に示す(Matsuda *et al.*, 2008)。部分的にオールコアリングあるいはスポットコアリングによって岩石を回収した。採取したコア試料の写真を付録に示す。地質柱状図の地質区分は、主としてカッティングス、コアによる岩相記載及び物理検層図に基づいて行った。コアリング部を除いて掘削カッティングスからの推定地質である。

4. ボーリングコア試料を用いた岩石物性試験

掘削した岩石コア試料の力学的特性および化学的特性などを把握するために、各種の室内試験を行った。試料は主として岩種の違いに着目し、掘削コアの各深度から選んだ。試験項目は、比重・吸水率測定、超音波伝搬速度測定、一軸圧縮・圧裂引張試験、三軸圧縮試験、熱伝導率測定、透水係数、全岩化学分析、X 線回析分析である。

4.1 比重・吸水率測定

比重吸水試験は JIS A5003 および日本鉄道建設公団地質調査標準示方書(日本鉄道建設公団, 1991) に従った。見かけ比重(密度)、含水率、吸水率、有効間隙率の各値を次式により計算した。表 2 に測定結果を示す。

$$\rho_n = W_n / (W_1 - W_2) \quad (式 1)$$

$$\rho_d = W_3 / (W_1 - W_2)$$

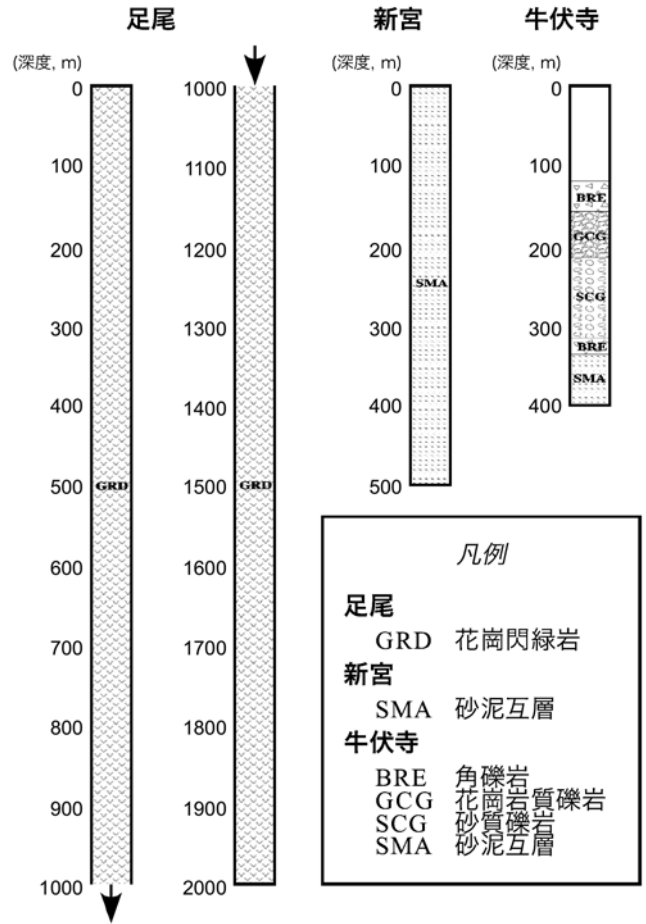


図 4 簡略化した地質柱状図 (Matsuda *et al.*, 2008 を修正)
Fig. 4 Geological columns of the boreholes (modified after Matsuda *et al.*, 2008).

$$\rho_w = W_1 / (W_1 - W_2)$$

$$w = (W_n - W_3) / W_3 \times 100$$

$$Q = (W_1 - W_3) / W_3 \times 100$$

$$n = (W_1 - W_3) / (W_1 - W_2) \times 100$$

ここに、

- ρ_n : 自然含水状態における密度 (g/cm^3)
- ρ_d : 強制乾燥状態における密度 (g/cm^3)
- ρ_w : 強制湿潤(飽和含水)状態における密度 (g/cm^3)
- w : 自然状態における含水率 (%)
- Q : 吸水率(飽和状態における含水率) (%)
- n : 有効間隙率 (%)
- W_n : 自然含水状態における空气中質量 (g)
- W_1 : 強制湿潤状態における空气中質量 (g)
- W_2 : 強制湿潤状態における水中質量 (g)
- W_3 : 強制乾燥状態における空气中質量 (g)

とする。

表 2 岩石物性試験結果. 比重・吸水率, 超音波速度, 一軸圧縮・引張試験, 熱伝導率および透水係数
 Table 2 Results of the rock property test. Rock density and coefficient of water absorption, ultrasonic velocity, unconfined compression and splitting tensile strength tests, thermal conductivity and rock permeability measurements.

コア深度 (m)	岩質名称	自然密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	湿潤密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	吸水率 (%)	有効間隙率 (%)	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	動弾性係数 (kgf/cm ²)	動ポアソン比	圧縮強度 (kgf/cm ²)	変形係数 (kgf/cm ²)	静ポアソン比	引張強度 (kgf/cm ²)	熱伝導率 (10 ⁻³ cal/cm ² ・sec ⁻¹ ・°C)	透水係数 (cm/sec)
【足尾】																	
21.40-21.60	花崗閃緑岩	2.65	2.65	2.65		0.27	0.70	4.83	2.68	4.97.E+05	0.28	1278	4.92.E+05	0.24	87.3		
21.90-22.45	花崗閃緑岩	2.65	2.64	2.65	0.13	0.17	0.45	4.73	2.47	4.35.E+05	0.31	1610	2.30.E+05				8.47E-11
242.50-242.75	花崗閃緑岩	2.65	2.64	2.65		0.43	1.14	5.13	2.82	5.51.E+05	0.28	282	4.80.E+05	0.10	63.4		
503.10-503.30	花崗閃緑岩	2.64	2.53	2.64		0.32	0.84	5.19	2.91	5.81.E+05	0.27	1941	5.51.E+05	0.22	38.0		
601.45-601.85	花崗閃緑岩	2.64	2.63	2.64		0.35	0.91	4.71	2.62	4.72.E+05	0.28	1458	5.17.E+05	0.21	71.6		
721.80-722.10	花崗閃緑岩	2.63	2.63	2.64		0.36	0.95	4.66	2.58	4.58.E+05	0.28	1702	6.08.E+05	0.19	75.9		
722.75-723.10	花崗閃緑岩	2.64	2.63	2.64		0.34	0.88	4.31	2.38	3.89.E+05	0.28	1538	5.14.E+05	0.23	60.4		
1026.95-1027.35	花崗閃緑岩	2.65	2.64	2.65		0.15	0.36	3.97	2.19	3.32.E+05	0.28	1609	3.85.E+05	0.12	76.0		
1267.30-1267.60	花崗閃緑岩	2.64	2.63	2.64		0.14	0.36	3.86	2.12	3.10.E+05	0.28	1709	4.50.E+05	0.24	48.3		
1326.30-1326.85	花崗閃緑岩	2.64	2.64	2.64	0.05	0.14	0.36	3.70	2.15	3.08.E+05	0.24	1278	2.13.E+05				3.49E-11
1327.20-1327.63	花崗閃緑岩	2.64	2.63	2.64		0.13	0.34	3.96	2.16	3.27.E+05	0.28	1736	4.09.E+05	0.20	76.7		
1619.62-1620.05	花崗閃緑岩	2.64	2.64	2.64		0.24	0.62	4.02	2.19	3.33.E+05	0.29	1725	4.26.E+05	0.11	71.5		
1620.60-1621.15	花崗閃緑岩	2.65	2.65	2.65	0.07	0.15	0.40	4.22	2.29	3.60.E+05	0.28	1642	2.74.E+05				1.89E-11
1732.22-1732.60	花崗閃緑岩	2.61	2.66	2.67		0.22	0.58	4.62	2.57	4.57.E+05	0.28	1331	4.08.E+05	0.14	65.1		
1732.60-1735.15	花崗閃緑岩	2.67	2.66	2.67	0.05	0.14	0.36	4.35	2.34	3.82.E+05	0.30	1280	2.56.E+05				2.04E-11
1738.98-1739.40	花崗閃緑岩	2.66	2.66	2.67		0.21	0.57	4.49	2.48	4.28.E+05	0.28	1342	4.19.E+05	0.12	59.3		
【新宮】																	
102.00-105.00	砂泥互層	2.43	2.50	2.36	3.20	5.87	13.85	3.18	1.64	1.76.E+04	0.32	26.77	3.82.E+03	0.36	1.59	5.319 ± 0.188	
106.35-108.00	砂泥互層	2.44	2.49	2.35	3.87	5.69	13.40	3.08	1.58	1.63.E+04	0.32	15.59	3.57.E+03	0.13	1.24	5.417 ± 0.019	
192.00-193.52	砂泥互層	2.49	2.50	2.38	4.53	5.04	11.83	3.49	1.81	2.18.E+04	0.32	45.70	2.62.E+04	0.17	4.35	5.193	
391.55-393.00	砂泥互層	2.51	2.41	2.52	3.95	4.54	10.94	3.76	1.94	2.50.E+04	0.32	89.93	1.85.E+04	0.18	5.05	5.976	1.30E-10
395.00-396.00	砂泥互層	2.53	2.44	2.54	3.65	4.23	10.30	3.87	2.01	2.70.E+04	0.31	39.91	2.74.E+04	0.22	4.18	6.008	1.05E-11
495.40-496.00	砂泥互層	2.53	2.58	2.51	1.08	3.02	7.58	4.03	2.13	3.00.E+04	0.31	56.68	1.15.E+04	0.20	2.84	7.970 ± 0.198	1.08E-11
【牛伏寺】																	
252.40-252.70	砂質礫岩							2.07	1.07	6.93.E+04	0.32						
270.70-271.00	砂質礫岩	2.16	2.30	2.08	4.06	10.82	22.50					0.29	1.25.E+02	0.31	0.13		
353.20-354.20	砂泥互層							2.21	1.43								
354.20-355.20	砂泥互層	2.37	2.40	2.21	7.42	8.57	18.90									4.752 ± 0.033	

4.2 超音波伝搬速度測定

超音波伝搬速度測定試験は, 日本鉄道建設公団地質調査標準示方書 (日本鉄道建設公団, 1991) に従った. 各測定は, 測定試料を直径約 25 - 50 mm, 長さ約 50 - 100 mm のコア状に加工した試験片を用いた. 表 2 に測定結果を示す. 超音波速度試験結果は, 自然乾燥状態でのものである.

超音波伝搬速度測定において, 音波の透過時間は測定装置の送受信素子を試験片の両端面に圧着してオシロスコープ上で 0.1 μs まで測定した. 超音波速度等の各値を次式により計算した.

$$V_p = (L / T_p) \times 10 \quad (式 2)$$

$$V_s = (L / T_s) \times 10$$

$$v_d = 0.5 \{ (V_p / V_s)^2 - 2 \} / \{ (V_p / V_s)^2 - 1 \}$$

$$E_d = 2 \{ (1 + v_d) \rho V_s^2 / g \} 10^7$$

ここに,

- V_p : P 波超音波速度 (km/s)
- V_s : S 波超音波速度 (km/s)
- v_d : 動ポアソン比
- E_d : 動弾性係数 (kgf/cm²)
- L : 試験片の長さ (cm)
- T_p : P 波が透過に要した時間 (μs)
- T_s : S 波が透過に要した時間 (ms)
- ρ : 試験片の密度 (g/cm³)
- g : 重力加速度 (= 980 cm/s²)

とする.

4.3 一軸圧縮・圧裂引張強度試験

試験片の作製方法は JIS M0301 に, 試験方法は JIS M0302, JIS M0303 にそれぞれ準拠した. 静弾性係数および静ポアソン比の測定方法は, 地質調査標準示方書 (日本鉄道建設公団, 1991) に従った. 図 5 に主応力差 - 軸歪曲線図と供試体の破壊状況図を (新宮の一部の試料をのぞく), 表 2 に試験結果を示す.

岩石コア試料から直径約 50 - 80 mm, 長さ約 50 - 90 mm の円柱状試料を切り出し, 円柱の両端面が互いに平行かつ側面に垂直になるよう研磨・整形した. 試験は全て強制湿潤状態で実施した. 一軸圧縮試験では, 試験機を用いて試験片に荷重をかけ, 試験片の側面 2 か所にひずみゲージを貼り付け, 自動歪み測定器に接続する. 加重とひずみの値を読み取り, 加重 - ひずみ曲線を作製し, 一軸圧縮強度, 静弾性係数, 静ポアソン比の各値を次式により計算した.

$$\sigma_c = 4 F / \pi D^2, E_s = \sigma / \varepsilon_v, v_s = \varepsilon_H / \varepsilon_v \quad (式 3)$$

ここに,

- σ_c : 圧縮強さ (kgf/cm²)
- F : 試験片が破壊するまでに示した最大荷重 (kgf)
- D : 円柱試験片の直径 (cm)
- E_s : 静弾性係数 (kgf/cm²)
- σ : 応力 - ひずみ曲線上での直線部分の応力差 (kgf/cm²)
- ε_v : 応力 - ひずみ曲線上での σ に対する縦ひずみ
- ε_H : 応力 - ひずみ曲線上での σ に対する横ひずみ

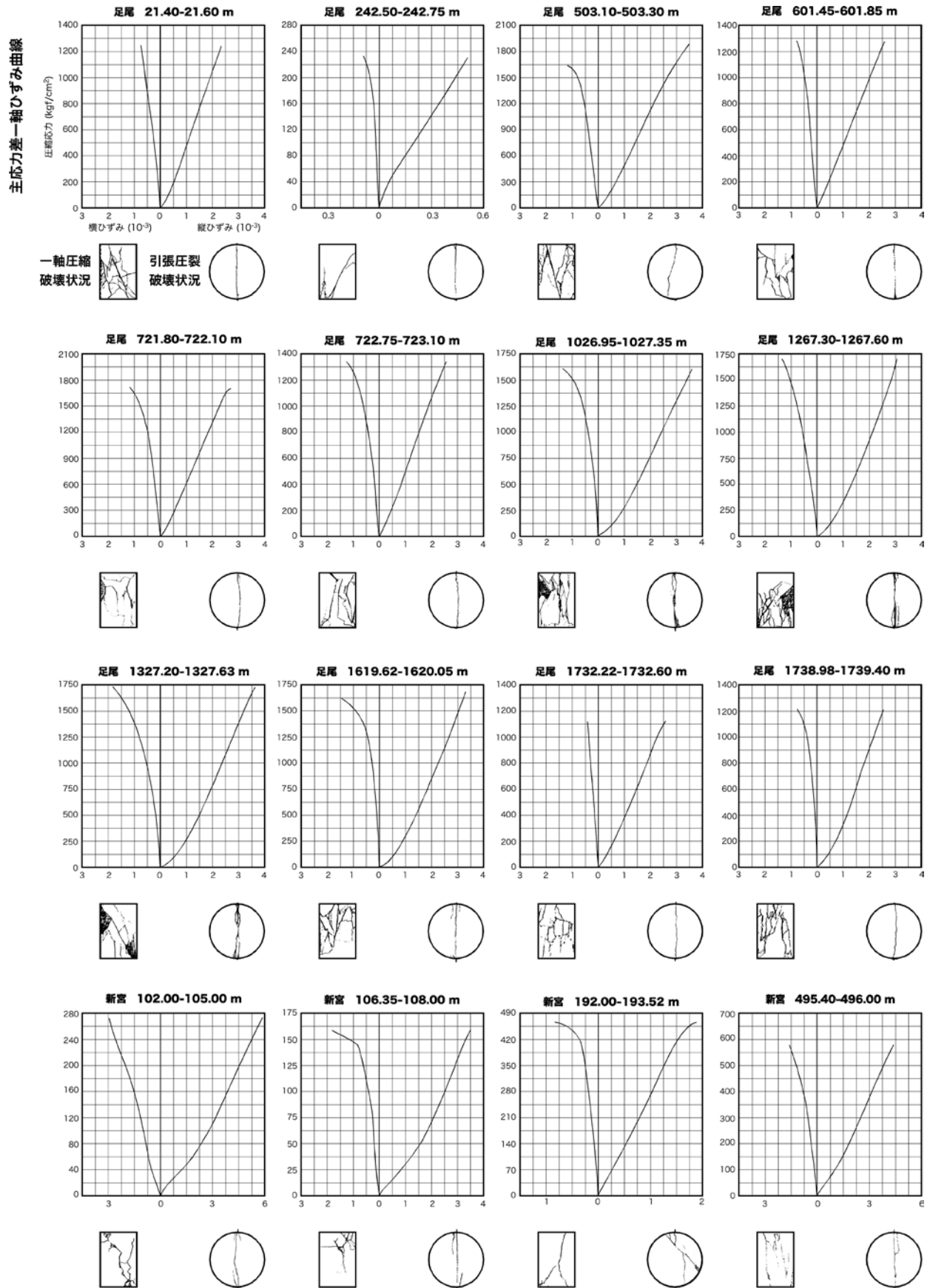


図5 一軸圧縮・引張試験結果を示す主応力差軸ひずみ曲線と供試体の破壊状況図

Fig. 5 Stress-strain curves and rock sketches after breakdown showing the results of the unconfined compression test and splitting tensile strength test.

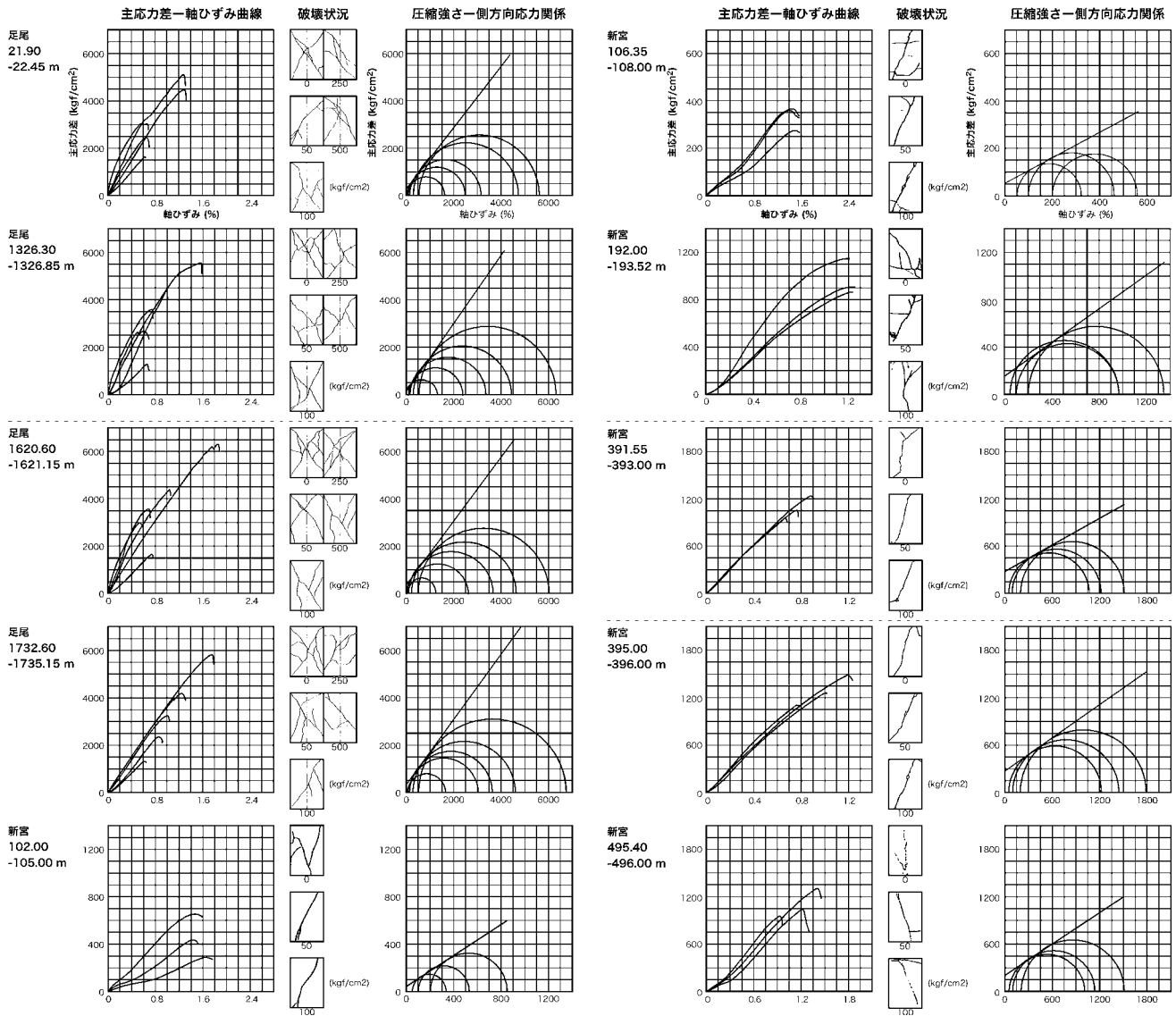


図 6 三軸圧縮強度試験結果を示す軸差応力-軸ひずみ線図, 供試体の破壊状況図およびモール円図
 Fig. 6 Stress-strain curves, rock sketches after breakdown, and Mohr's stress circles showing the results of the triaxial compression test.

ν_s : 静ポアソン比

とする。

圧裂引張試験では、試験機を用いて試験片が破壊するまで徐々に荷重をかけ、試験器が示した最大荷重を読み取る。圧裂引張強度を次式により計算した。

$$\sigma_t = 2 S_t / \pi D L \quad (式 4)$$

ここに、

- σ_t : 引張強さ (kgf/cm²)
- S_t : 試験片が破壊するまでに示した最大荷重 (kgf)
- D : 円柱試験片の直径 (cm)
- L : 試験片の長さ (cm²)

とする。

4.4 三軸圧縮試験

三軸圧縮強度試験を非圧密非排水条件 (UU 法) で行った。図 6 に軸差応力-軸ひずみ線図, 供試体の破壊状況図およびモール円図を, 表 3 に試験結果を示す。

岩石コア試料から、直径約 30-50 mm, 長さ約 70-100 mm の円柱状試験片を切り出した。残留強度を測定するために、試験片の側面にシリコンラバーを塗布・乾燥し、上下端面にエンドピースを取り付けた。三軸圧縮試験機における軸載荷では、破壊後の制御が不安定にならぬよう、軸ひずみ速度一定の制御を行い、0.1-0.2%/min (最大軸差応力の 50% 付近における応力速度が 0.5-1.0 MPa/s を目安) とした。1 試料につき 3 あるいは 5 レベルの封圧を設定して実施した試験の結果からモール円図を作成し、最大軸差応力と封圧の関係を最小二乗法で線形近似することにより、最大軸差応力における粘着力および内部摩擦角の各値を次式により計算した。これらの値は、モールの破壊包絡線を直線近似した結果となる。

表3 岩石物性試験結果. 三軸圧縮試験
Table 3 Results of the rock property test. Triaxial compression test.

コア深度 (m)	岩質名称	側方向応力 (kgf/cm ²)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	最大主応力歪 (%)	粘着力 (kgf/cm ²)	剪断抵抗角 (deg)
【足尾】						
21.90-22.45	花崗閃緑岩	0.0	1610	0.75	344.2	52.0
		50.0	2410	0.60		
		100.0	3039	0.75		
		250.0	4480	1.50		
500.0	5111	1.45				
1326.30-1326.85	花崗閃緑岩	0.0	1278	0.65	285.2	54.5
		50.0	2458	0.60		
		100.0	3560	0.75		
		250.0	4380	0.90		
500.0	5548	1.55				
1620.60-1621.15	花崗閃緑岩	0.0	1642	0.70	314.3	54.0
		50.0	2959	0.55		
		100.0	3519	0.65		
		250.0	4350	1.05		
500.0	6240	1.85				
1732.60-1735.15	花崗閃緑岩	0.0	1280	0.50	352.8	54.3
		50.0	2318	0.85		
		100.0	3242	1.00		
		250.0	4162	1.20		
500.0	5813	1.75				
【新宮】						
102.00-105.00	砂泥互層	50.0	286	1.64	47.9	33.0
		100.0	431	1.43		
		200.0	650	1.48		
106.35-108.00	砂泥互層	50.0	272	1.50	54.5	28.3
		100.0	362	1.44		
		200.0	356	1.41		
192.00-193.52	砂泥互層	50.0	910	1.23	148.0	35.8
		100.0	862	1.24		
		200.0	1144	1.18		
391.55-393.00	砂泥互層	50.0	1179	0.77	274.0	35.2
		100.0	1344	1.02		
		200.0	1592	1.21		
395.00-396.00	砂泥互層	50.0	286	1.64	48.0	33.0
		100.0	431	1.43		
		200.0	650	1.48		
495.40-496.00	砂泥互層	50.0	948	0.93	220.0	33.2
		100.0	1032	1.22		
		200.0	1303	1.41		

$$C = f_0 / \{2(1 + m_0)^{1/2}\} \quad (式5)$$

$$\sin \phi = m_0 / (2 + m_0)$$

ただし

- C : 粘着力
- φ : 内部摩擦角
- m₀ : 最小二乗線形近似式の勾配
- f₀ : 最小二乗線形近似式の縦軸切片

4.5 熱伝導率測定

熱伝導率測定は、JIS R2618 に準拠し、非定常熱線法によって行った。熱伝導率は、熱伝導率計（昭和電工（株）製 Shotherm QTM-D2）によって測定した。測定結果を表2に示す。本測定装置は、ヒーター線を組み込んだプローブを試験体表面に押し当て、温度上昇値から熱伝導率を

表4.1 岩石物性試験結果. 全岩化学分析: 主要元素 (wt%). 岩質名称は表4.2 微量元素に記載.

Table 4.1 Results of the rock property test. Whole rock chemical composition analysis: major elements (wt%). Rock types are noted in Table 4.2 (trace elements).

コア深度 (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	LOI*
【足尾】											
20.80	73.50	14.30	3.45	4.20	3.51	2.15	0.79	0.25	0.10	0.07	
23.10	69.40	15.00	3.04	7.80	3.68	2.46	1.51	0.48	0.16	0.12	
167.30	73.30	14.00	4.30	3.94	3.20	1.85	0.79	0.24	0.11	0.06	
242.00	71.70	14.60	3.93	4.40	3.50	2.03	0.93	0.28	0.10	0.07	
243.00	71.50	15.10	3.99	4.08	3.68	2.16	0.89	0.26	0.10	0.07	
306.50	72.20	14.40	4.36	4.42	3.25	2.07	0.97	0.27	0.12	0.08	
415.00	72.00	14.00	4.40	3.34	3.34	2.59	0.63	0.21	0.09	0.06	
503.00	72.40	14.40	5.10	3.78	3.16	1.54	0.76	0.24	0.11	0.06	
601.40	73.53	13.37	3.92	2.10	3.03	1.58	0.70	0.21	0.08	0.07	
602.20	71.80	14.70	4.33	3.52	3.57	1.81	0.62	0.24	0.10	0.05	
732.20	72.70	14.20	4.21	4.08	3.36	1.83	0.78	0.25	0.11	0.07	
837.00	74.60	13.60	4.40	2.74	0.09	2.08	0.66	0.13	0.06	0.07	
837.00	74.50	13.60	4.40	2.69	0.09	2.09	0.66	0.14	0.06	0.07	
865.70	71.70	15.00	3.60	3.74	3.74	2.15	0.72	0.23	0.11	0.06	
924.40	72.2	14.32	3.95	2.04	3.30	1.87	0.70	0.22	0.13	0.07	
925.80	71.80	13.50	4.37	3.52	3.35	1.98	0.70	0.22	0.09	0.07	
925.80	72.10	13.60	4.39	3.58	3.35	1.97	0.69	0.22	0.09	0.07	
1028.60	72.90	14.00	4.30	4.24	3.29	1.31	0.78	0.26	0.12	0.06	
1114.90	73.40	14.00	4.40	3.62	3.40	1.21	0.68	0.23	0.10	0.05	
1267.30	74.10	13.90	5.04	3.52	3.03	1.53	0.67	0.22	0.09	0.06	
1326.20	73.10	13.80	4.51	3.47	3.16	2.17	0.65	0.21	0.10	0.06	
1441.00	73.50	14.60	4.04	3.24	3.56	2.10	0.63	0.21	0.09	0.06	
1441.00	72.09	14.51	4.06	1.71	3.30	2.07	0.67	0.21	0.08	0.06	
1501.10	74.10	14.00	4.22	3.04	3.66	1.23	0.46	0.17	0.09	0.06	
1501.10	73.38	14.39	4.02	1.63	3.55	1.28	0.50	0.17	0.07	0.06	
1620.00	70.22	15.21	4.22	2.04	3.33	2.26	0.82	0.25	0.10	0.06	
1620.00	71.17	14.55	3.86	2.01	3.48	2.29	0.76	0.24	0.09	0.06	
1735.30	67.91	16.25	4.46	2.48	3.40	2.69	1.06	0.32	0.11	0.06	
1808.80	71.04	14.90	4.04	1.86	3.14	2.48	0.84	0.24	0.08	0.05	
1913.20	70.97	14.43	3.44	2.91	3.40	2.52	1.00	0.29	0.07	0.07	
1913.30	72.86	13.68	4.25	2.08	2.77	1.94	0.92	0.27	0.10	0.06	
2001.60	73.06	14.44	3.90	1.57	3.42	1.67	0.52	0.18	0.08	0.06	
【新宮】											
391.78	61.96	14.61	2.72	6.00	2.78	3.29	2.17	0.71	0.12	0.07	5.82
395.50	65.57	15.12	2.79	4.78	3.59	1.66	1.64	0.68	0.09	0.04	4.71
495.05	69.78	12.23	2.63	4.17	2.04	2.64	1.71	0.46	0.09	0.04	1.59

*LOI: 強熱減量 (loss on ignition)

算出するものである。コアカッターを用いて掘進方向に試料を半裁し、測定面（コア中心縦断面）を研磨して平滑になるようにする。試験片の含水状態は必ず室温乾燥状態で、1試料につき5回繰り返し測定を行った。

4.6 透水係数測定

透水係数測定は、三軸圧縮試験機を用いた定水位法で行った。測定結果を表2に示す。

岩石コア試料から、直径約 50 mm、長さ約 50 mm の円柱状試験片を切り出した。岩石供試体の両端間に一定の差圧を与え、定常状態に達した後の一定時間当たりの流量を測定することにより透水係数を評価した。

4.7 全岩化学分析

分析は、主要成分については蛍光 X 線分析法、微量元素は誘導結合プラズマ発光分析法によって行った。分析結果を、表4.1（主要元素）と表4.2（微量元素）に示す。

4.8 X線回折分析

断層コア試料中で確認された粘土中に含まれる鉱物を同定した。バルク（不定方位試料）分析の結果確認された鉱物と存在量を表5に示す。分析に際して、エチレングリコール処理、塩酸処理の各処理を行った。調査孔ごとの分析条件は以下の通りである。

表5 岩石物性試験結果. X線回折分析
Table 5 Results of the rock property test. Xray diffusiion analysis.

コア深度 (m)	石英	斜長石	曹長石	方解石	ドロマイト	シテライト	雲母	緑泥石	スメクタイト	カオリナイト	セリサイト	緑泥石/セリサイト	輝石	黄鉄鉱
【新宮】														
392.28	◎		○	△				+			△			
395.50	◎		◎	+				+			△	+		+
495.70	◎		○	△			△	△	+				△	△
【牛伏寺】														
352.90	◎	◎		△			+	+	-					
361.20	◎	○			+	+	+	+	-					
368.40	◎	○			△	+	+			-				
379.70	◎	○			+	+	+							
401.90	◎	○			+	+	+	+	+					

相対的存在量 ◎：多量, ○：中量, △：少量, +：微量, -：極微量

X線管球	新宮	牛伏寺
フィルター	Cu	Cu
電圧	モノクロメータ	モノクロメータ
電流	40 kv	40 kv
スリット系	30 mA	20 mA
時定数	1°, -1°, -0.3 mm	1°, -1°, -0.3 mm
走査速度	1 sec	1.5 sec
フルスケール	4°/min	2°/min
走査範囲	800 cps	2000 cps
	2° - 70°	2° - 65°

参考文献

- 1) 猪郷久義・菅野三郎・新藤静夫・渡部景隆編 (1984): 日本地方地質誌 関東地方, pp. 493, 朝倉書店.
- 2) 池田隆司・飯尾能久・小村健太郎 (1998): 活断層の応力測定について. 月刊地球号外 21, 91-96.
- 3) 池田隆司・小村健太郎・飯尾能久・石井紘・小林洋二・西上欽也・山内常生 (2001): 南海トラフ地震に向けた陸域での地殻応力・歪測定. 地学雑誌, 110-4, 544-556.
- 4) 池田安隆・松多信尚・東郷正美・今泉俊文・佐藤比呂志 (1997): 糸魚川静岡構造線活断層系・松本盆地南部地域の詳細断層地形判読. 活断層研究, 16, 28-34.
- 5) 今泉俊文, 東郷正美, 澤祥, 池田安隆, 松多信尚 (1999): 1:25,000 都市圏活断層図「諏訪」. 国土地理院技術資

料 D.1 - No.368.

- 6) 松多信尚・池田安隆・東郷正美・今泉俊文・澤祥 (1999): 1:25,000 都市圏活断層図「松本」. 国土地理院技術資料 D.1 - No.368.
- 7) Matsuda, T., Omura, K., Ikeda, R. (2008): Geological and logging data of the NIED wells, Japan - active fault, seismogenic zone, hingeline -. Technical Note of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 310, 29 pp.
- 8) 村山正郎 (1955a): 5 万分の 1 地質図幅「阿田和」及び説明書 (地域地質研究報告), 地質調査所.
- 9) 村山正郎 (1955b): 5 万分の 1 地質図幅「新宮」及び説明書 (地域地質研究報告), 地質調査所.
- 10) 日本鉄道建設公団 (1991): 地質調査標準示方書.
- 11) 奥村晃史・斎藤耕志・福澤仁之・水野清秀・苅谷愛彦・藤原 治 (2000): 糸魚川 - 静岡構造線活断層系活動史の再検討 - 牛伏寺断層中山トレンチと諏訪湖湖底ボーリングの詳細解析 -. 地球号外 28, 92-100.
- 12) Tsukahara, H., Ikeda, R., Omura, K. (1996): In-situ stress measurement in an earthquake focal area. Tectonophysics, 262, 281-290.
- 13) 植村武・山田哲雄編 (1988): 日本の地質 4「中部地方 I」. 共立出版, 332p.

(原稿受理: 2010 年 6 月 4 日)

要 旨

本稿では、防災科学技術研究所が 1987 - 1992 年度に実施した栃木県足尾地域における掘削調査（深度 2,002.4 m）、1997 - 2000 年度に実施した和歌山県新宮地域における掘削調査（深度 551.0 m）および 2001 - 2003 年度に実施した長野県牛伏寺地域における掘削調査（深度 403.1 m）の概要を報告する。各調査孔の様々な深度においてコアサンプルを採取し、それを用いて比重・吸水率測定、超音波伝搬速度測定、一軸圧縮・圧裂引張試験、三軸圧縮試験、熱伝導率測定、透水係数、全岩化学分析、X 線回析分析といった各種の室内物性試験を行った。

キーワード：関東地方浅部地震活動，南海トラフ，糸魚川静岡構造線，掘削，岩石試験