

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

Deep Borehole Drilling Surverys in the Atera Fault System, Central Japan



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

山田隆二*・松田達生*・小村健太朗*・池田隆司**

Deep Borehole Drilling Surveys in the Atera Fault System, Central Japan

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 in the Atera fault system, which lies in Nakatsugawa and Gero areas, Gifu Prefecture, central Japan, conducted by NIED during the period of 1997 – 2000. Drilling was performed in the Hagiwara fault (one borehole) and the Atera fault (five boreholes) that are the members of the Atera fault system. The depth of the boreholes ranges between ca. 400 and 630 m. Rock core samples were collected at different depths along the each borehole, and served for various laboratory tests, such as unconfined compression and splitting test, triaxial compression test, permeability measurement, ultrasonic velocity measurement, rock density and absorption ratio measurement, thermal conductivity measurement, whole rock chemical composition determination of major and trace elements, and X-ray diffraction analysis.

Key words : Atera fault, Hagiwara fault, Borehole drilling, Rock tests

1. はじめに

内陸地震の発生を支配しているメカニズムは、破壊から次の破壊に至るまでの断層破壊面の強度の回復と応力の蓄積の過程であり、それに伴う物理・化学現象の機構解明は、地球科学および防災科学技術における基本的な研究課題である。この課題に対して、断層を貫くようなボアホールを掘削する「活断層ドリリング」が威力を発揮する。防災科学技術研究所では、1997 – 2000 年度に岐阜県中津川市・下呂市地域に分布する阿寺断層系の阿寺断層および萩原断層の 6 地点において、掘削深度約 400 – 630 m の活断層ドリリングを実施した。阿寺断層系は岐阜県中津川市神坂より中津川市・下呂市を経て下呂市萩原町に至り、全長は約 70 km である。1586 年に発生した天正地震の震源が阿寺断層北部であると推測されている(遠田ほか, 1995)。

本資料集では、阿寺断層系ドリリング調査の概要、岩石物性試験の結果について報告する。なお、ドリリング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砕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。

2. 阿寺断層系掘削調査

2.1 掘削地点

阿寺断層系掘削調査地点を図 1 に示す。6 つの掘削点の所在地、緯度、経度、標高は以下の通りである。

- ・萩原孔：掘削深度 400.4 m
岐阜県下呂市萩原町尾崎
緯度経度 北緯 35°56'14.2" 東経 137°11'32.5"
孔口標高：海拔約 510 m
- ・付知孔：掘削深度 402.4 m (傾斜孔)

* 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

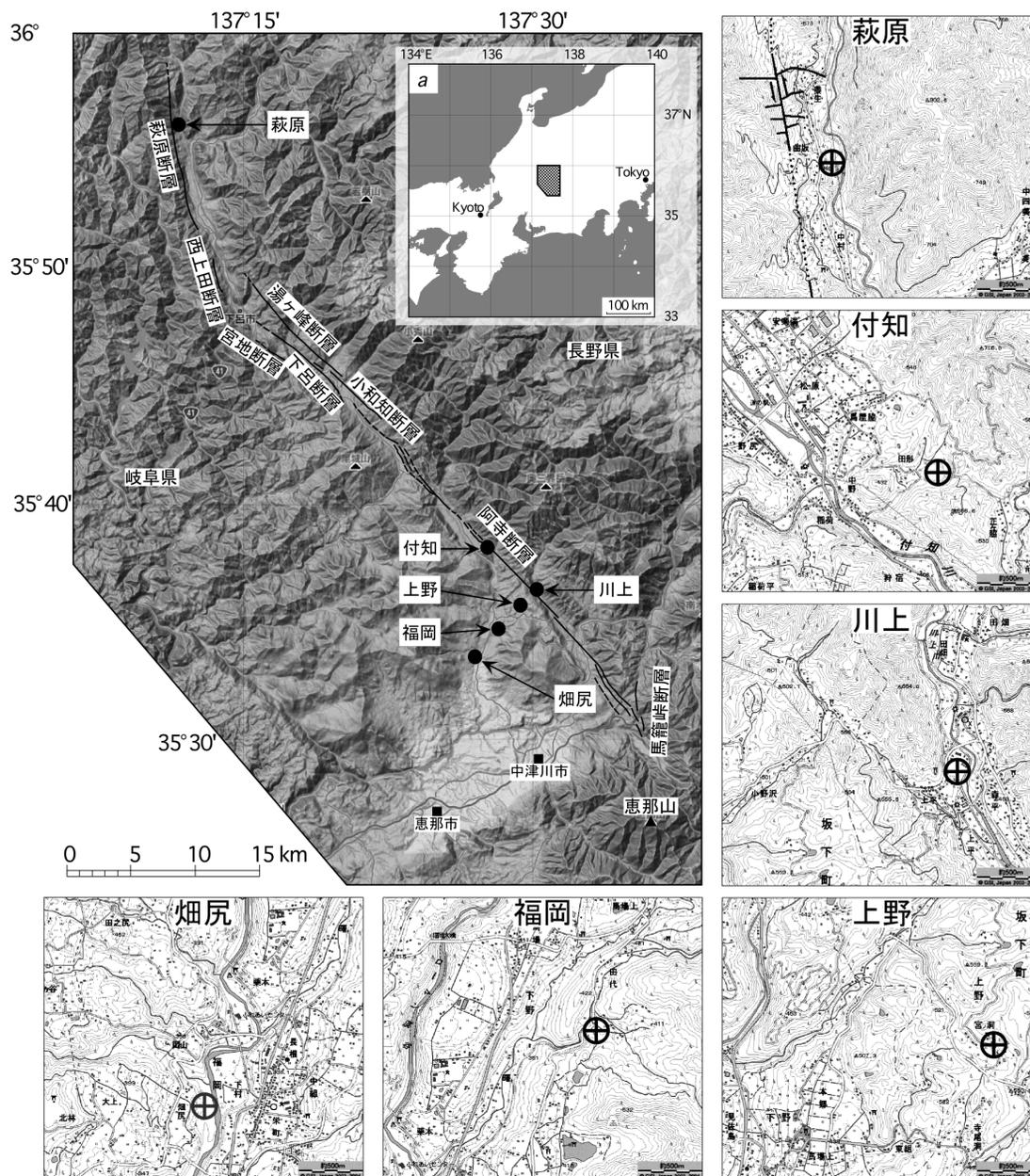


図1 掘削調査地点と阿寺断層系(佃他, 1993)。掘削は萩原断層近傍の1地点(萩原), 阿寺断層近傍の5地点(付知, 川上, 上野, 福岡, 畑尻)で行った。

Fig. 1 Location map of the drilling sites and the trace of the Atera fault system (after Tsukuda *et al.*, 1993). We drilled one borehole in the Hagiwara fault (Hagiwara site), and five boreholes in the Atera fault (Tsukechi, Kawaue, Ueno, Fukuoka, Hatajiri sites).

岐阜県中津川市付知町(正ヶ脇田形山採石場跡地)

緯度経度 北緯 35°38'14.2" 東経 137°27'19.3"

孔口標高: 海拔約 470 m

- 川上孔: 掘削深度 633.0 m

岐阜県中津川市川上(川上運動公園)

緯度経度 北緯 35°36'32.5" 東経 137°29'49.9"

孔口標高: 海拔約 460 m

- 上野孔: 掘削深度 406.7 m

岐阜県中津川市上野

緯度経度 北緯 35°35'47.8" 東経 137°29'1.4"

孔口標高: 海拔約 530 m

- 福岡孔: 掘削深度 405.0 m

岐阜県中津川市福岡

緯度経度 北緯 35°34'35.5" 東経 137°27'57.2"

孔口標高: 海拔約 380 m

- 畑尻孔: 掘削深度 403.0 m

岐阜県中津川市福岡

緯度経度 北緯 35°33'35.7" 東経 137°26'47.0"

孔口標高: 海拔約 310 m

本掘削調査は、阿寺断層系北部の萩原断層と南東部の阿寺断層を対象にしている。萩原断層では、断層のほぼ中央部に位置する尾崎地区において地表トレースからの東方約 300 m の地点で掘削を行った（萩原孔）。阿寺断層では、断層地表トレースからの距離が約 300 m の 2 地点（付知孔、川上孔）と、断層の走向と垂直に約 2 km 間隔で選定した 3 地点（上野孔、福岡孔、畑尻孔）にて掘削を行った。

阿寺断層系は、旧岐阜県益田郡萩原町、下呂町、恵那郡加子母村、付知町、福岡町、川上町、坂下町、中津川市および長野県木曾郡山口村に分布する、北西—南東方向に発達する全長約 70 km の活断層系である。阿寺断層系による変位は左横ずれが卓越している（岡田, 1981; 活断層研究会, 1991）。断層系北東側（阿寺山地）は、南西側（美濃高原）よりも 600–1,200 m 標高が高く、基盤岩である濃飛流紋岩類も、断層系の南東側より、北東側が 700 m 高い。佃他（1993）は、阿寺断層系を南東から阿寺断層、小和知断層、湯ヶ峰断層、下呂断層、宮地断層、西上田断層、萩原断層の各セグメントからなる活断層系と定義している。阿寺断層系の南端では、馬籠峠断層、屏風山断層、清内路峠断層が複雑に交差し、著しい破碎帯となっているのと対照的に、北端では漸移的に断層地形が消滅する。阿寺断層は、中津川市東部から旧加子母村（舞台峠）までの、断層系南東半部に約 35 km にわたって直線的に延びる。小和知断層は、阿寺断層北西部旧加子母村番田から舞台峠付近まで延びる長さ約 5 km の断層で、阿寺断層とは、右雁行関係にある（佃他, 1993）。阿寺断層、小和知断層は、北西方向、湯ヶ峰断層（長さ 10 km）、下呂断層（長さ 7 km）、及び宮地断層（長さ 2 km）に分岐し、下呂町北部の飛騨川右岸に達する。ここから阿寺断層系は、その走向をやや北よりの北北西—南南東方向に転じ、西上田断層（長さ 4 km）、萩原断層（長さ 13 km）につながる。遠田他（1996a）は、阿寺断層、小和知断層のトレンチ調査から得られた最新活動時期から、天正地震（1586）と阿寺断層系との関連性を議論し、天正地震時には、阿寺断層から湯ヶ峰断層までの約 50 km の区間が活動したと結論した。また、遠田他（1996b）は、阿寺断層系北部の萩原断層と西上田断層のトレンチ調査と既存の中南部の古地震データから、阿寺断層系は、北から、萩原断層セグメント、湯ヶ峰—小和知断層セグメント、阿寺断層セグメントの 3 つの断層セグメントに分割されることを示した。また、各セグメントの挙動特性と最新活動時期を考慮して、萩原断層セグメントは、地震を発生させるポテンシャルを有し、一方湯ヶ峰—小和知断層セグメント、阿寺断層セグメントは、静穏期に入っていると結論した（遠田他, 1996b）。

2.2 調査孔の構造

6 地点の掘削井の構造略図を図 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（SR-3500）を使用し、約 50–100 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。このうち、付知では推定断層線を貫通するように、地表から断層におおむね直交する方位で鉛直から約 30° のほぼ一定の傾斜角で掘削したが、地質の状態が悪いため掘削孔は貫通しなかった。

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、掘削孔を用いて、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、型取りパッカー、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

調査地域には、下位からジュラ紀—白亜紀前期の美濃帯中生層、白亜紀後期の濃飛流紋岩類、白亜紀後期から古第三紀に貫入した花崗岩類（伊奈川花崗岩、苗木—上松花崗岩）、斑岩類、新第三紀の流紋岩、瀬戸層群、さらに上位には、第四紀の上野玄武岩類、湯ヶ峰流紋岩、段丘・開析扇状地堆積物、崖錐堆積物、沖積層が分布し、北部は主として美濃帯の中古生層および濃飛流紋岩類よりなる（遠田他, 1996a）。美濃帯は、西南日本内帯に属する地質帯で、海洋性堆積物と海溝充填堆積物である陸源碎屑岩が大陸縁部で混合した堆積岩体であり、調査地域西方に分布している。濃飛流紋岩類は、白亜紀後期の珪長質火山岩類であり、美濃帯中古生層を基盤として広く分布している。苗木—上松花崗岩は、白亜紀末期のバソリス状の花崗岩であり、濃飛流紋岩類の東縁部から南縁部に分布している。各地で美濃帯堆積岩類、濃飛流紋岩類、伊奈川花崗岩を貫き、これらに広い範囲で熱変成作用を与えている。上野玄武岩類は、鮮新世から更新世前期の単成火山群から噴出した玄武岩あるいは玄武岩質安山岩類（シリカ 48–56 重量%）であり、長野県、岐阜県にまたがって分布している。阿寺断層西側に当たる旧坂下町上野を模式地とし、阿寺断層南端部では瀬戸層群上部の土岐砂礫層を整合的に覆う。湯ヶ峰流紋岩は、中期更新世から完新世に噴出したもので、湯ヶ峰断層の直上に分布する。

阿寺断層と萩原断層はそれぞれ、苗木—上松花崗岩と濃飛流紋岩との岩相境界、濃飛流紋岩類と美濃帯中生層との岩相境界となっている。

3.2. 測定井の地質

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。

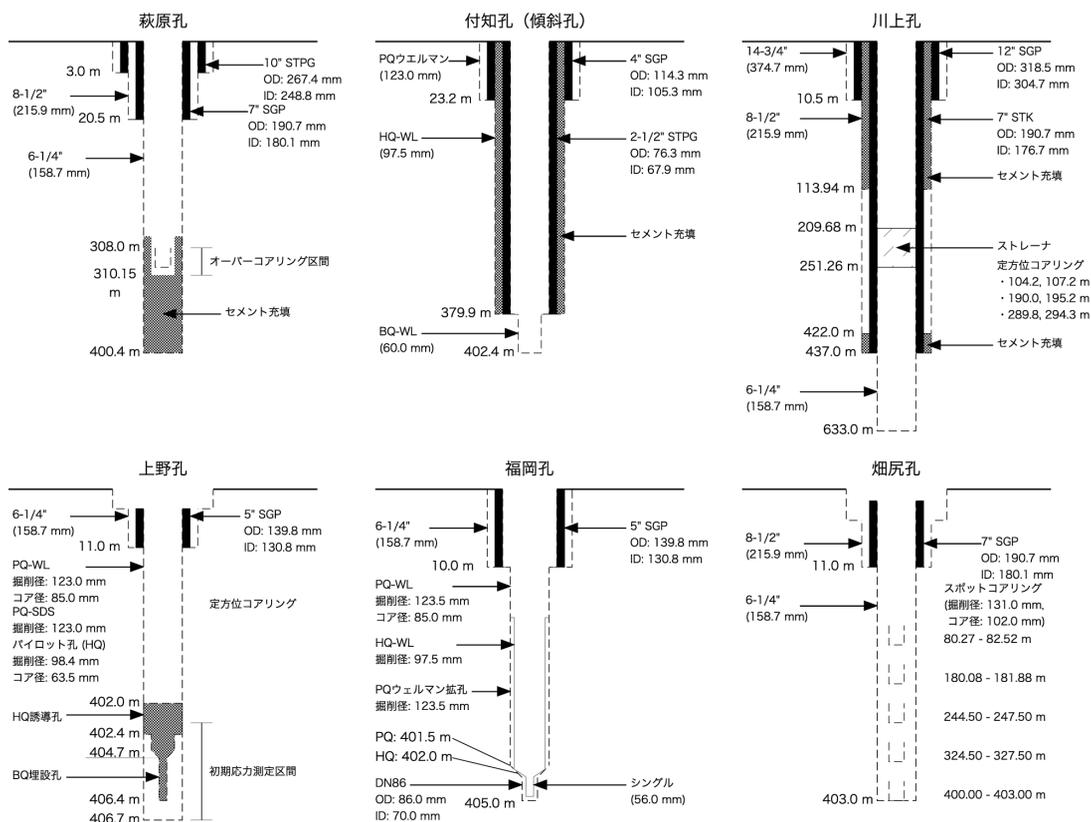


図2 掘削井の構造略図
Fig. 2 Casing plans for boreholes.

表1 掘削の概要
Table 1 Outlines of the borehole drilling.

	萩原孔		付知孔		川上孔		上野孔		福岡孔		畑尻孔	
掘削 (径、深度)	0.0-20.2 20.0-400.8	8-1/2" 6-1/4"	0.0-23.2 23.2-379.9 379.9-402.4	PQ-SDS HQ-WL BQ-WL	0.0-10.5 10.5-437.0 437.0-633.0	14-3/4" 8-1/2" 6-1/4"	0.0-10.0 11.0-319.3 319.3-400.5 319.3-402.0	6-1/4" PQ-WL HQ-WL PQ-SDS	0.0-10.0 10.0-401.5	6-1/4" PQ	0.0-11.0 11.0-403.3	8-1/2" 6-1/4"
ケーシング (径、深度)	0.0-3.0 0.0-20.5	10" 7" SGP	0.0-23.2 0.0-379.9	4" SGP 2-1/2" STPG	0.0-10.0 0.0-412.2	12" SGP 7" STK	0.0-10.0	5" SGP	0.0-10.0	5" SGP	0.0-11.0	7" SGP
コアリング (径、深度)	78.3-80.3 150.9-152.9 218.2-220.7 278.7-280.7 300.0-400.4 336.1-337.6 369.7-170.6 391.3-394.3	スポット (PQ) HQ 定方位	23.2-379.9 379.9-402.4	HQ BQ	10.5-100.0 100.0-436.4 449.2-450.8 474.9-476.5 499.2 505.2-505.9 528.0-534.5 565.2-568.2 630.0-633.0 104.2-107.2 190.0-195.2 289.8-294.3	HQ PQ スポット (PQ) 定方位	11.0-319.3 319.3-400.5 319.3-402.0 27.6 36.6 88.3 183.5 243.5 339.1 399.5	PQ HQ 定方位	10.0-85.0 85.0-401.5	PQ HQ	80.3-82.5 180.1-181.9 244.5-247.5 324.5-327.5 400.0-403.0	スポット (PQ)
孔芯傾斜測定	33.0, 52.2 100.6, 150.0 200.0, 257.0 300.0, 350.0 400.0		50.0, 100.0 150.0, 200.0 250.0, 300.0 350.0, 400.0		50.0, 100.0 150.0, 200.0 250.0, 300.0 350.0, 400.0 450.0, 500.0 550.0, 600.0		20.0, 40.0 60.0, 80.0 100.0, 120.0 140.0, 160.0 180.0, 200.0 220.0, 240.0 260.0, 280.0 300.0, 320.0 340.0, 360.0 380.0, 400.0		45.0, 50.0 100.0, 150.0 200.0, 250.0 300.0, 350.0 400.0		50.0, 100.0 150.0, 200.0 250.0, 300.0 320.0, 340.0 360.0, 380.0 400.0	

※ 14-3/4" = 374.7 mm, 8-1/2" = 215.9 mm, 6-1/4" = 158.7 mm, PQ = 123.0 mm, HQ = 98.4 mm, BQ = 60.0 mm

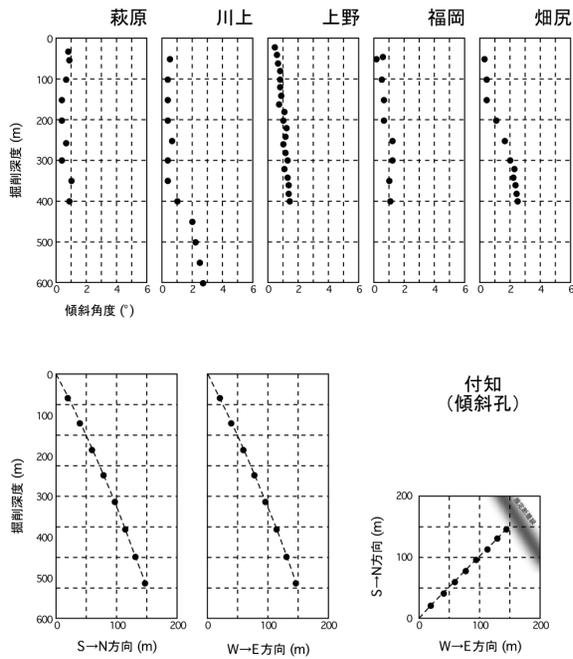


図3 掘削深度と掘削孔の傾斜角. 傾斜掘削を行った付知孔については, 南北, 東西および平面図に孔跡を投影して下段に示した. 推定断層線の傾斜は鉛直と仮定. 付知をのぞく5地点では孔跡がほぼ鉛直であるため, 掘削深度の方位および傾斜の補正は行っていない.

Fig. 3 Profiles of deviation angles and depths along the boreholes. For a slant hole at Tsukechi site, cross sections (S-N and W-E projection) and top view of the borehole trace is shown where a vertical fault plane is assumed in the bottom of the figure. For other five sites, depth correction due to the inclination of the holes is not necessary because the holes are substantially vertical.

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, 一軸圧縮・圧裂引張試験, 三軸圧縮試験, 透水係数, 超音波伝搬速度測定, 比重・吸水率測定, 熱伝導率測定, 全岩化学分析, X線回析分析である.

4.1 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年) に従った. 図5に主応力差一軸歪曲線図と供試体の破壊状況図を (川上孔の試料をのぞく), 表2に試験結果を示す.

岩石コア試料から直径約 50 mm, 長さ約 100 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. 試験片の直径及び長さはノギスで 0.05 mm まで測定し, 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 (マルイ

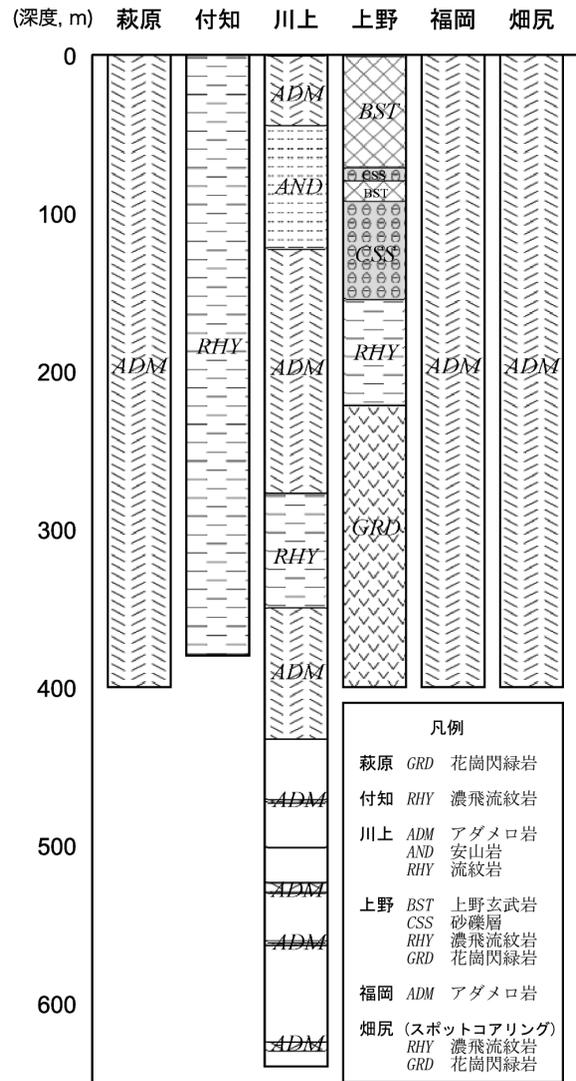


図4 簡略化した地質柱状図 (Matsuda et al., 2008 による)

Fig. 4 Geological columns of the boreholes (after Matsuda et al., 2008).

製作機製万能三軸圧縮試験機) 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 (リープサイエンス製自動デジタル歪み測定器) 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.

$$\sigma_c = 4F / \pi D^2, E_R = \sigma / \varepsilon_v, \nu_s = \varepsilon_H / \varepsilon_v \quad (1)$$

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)

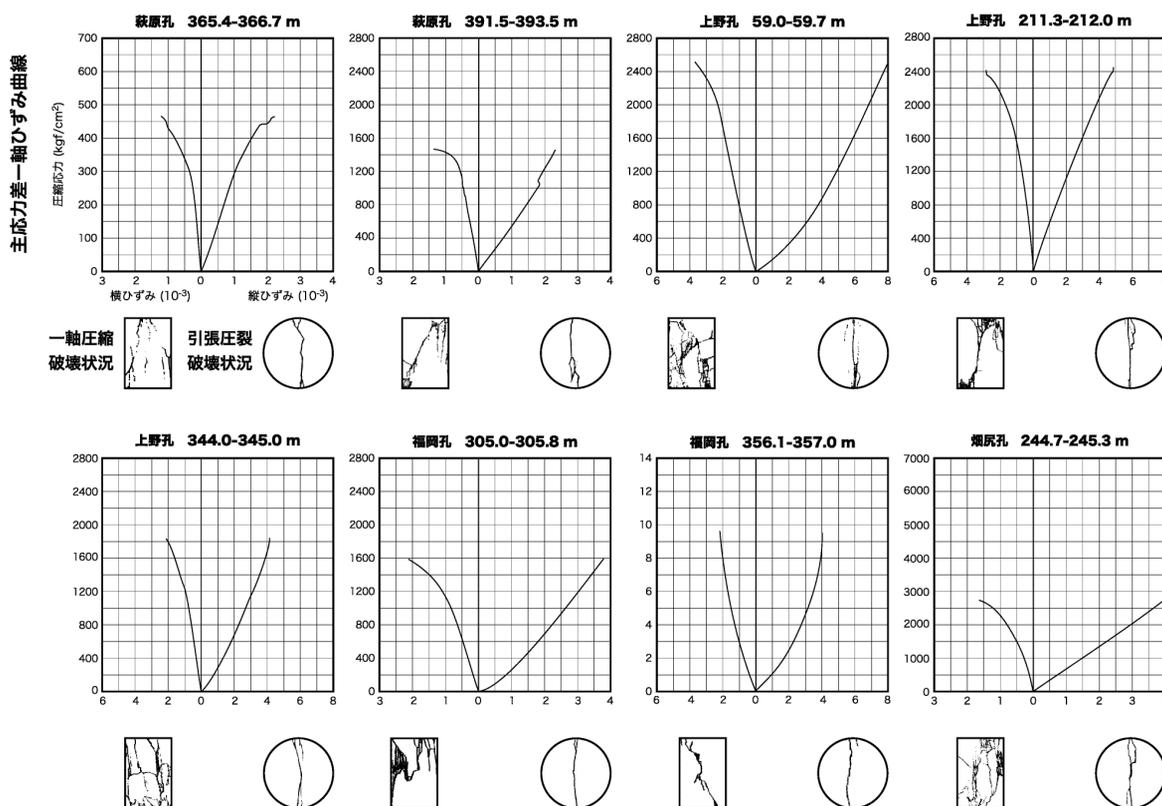


図5 一軸圧縮・引張試験結果を示す主応力差軸ひずみ曲線と供試体の破壊状況図（川上孔の試料をのぞく）。
 Fig. 5 Stress-strain curves and rock sketches after breakdown showing the results of the unconfined compression test and splitting tensile strength test. Rocks from Kawaue site are excluded.

表2 岩石物性試験結果. 一軸圧縮・引張試験および三軸圧縮試験

Table 2 Results of the rock property test. Unconfined compression test, splitting tensile strength test, and triaxial compression test.

コア深度 (m)・ 岩質名称	一軸圧縮・引張試験				三軸圧縮試験				
	圧縮強度 (kgf/cm ²)	変形係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	引張強度 (kgf/cm ²)	側方向応力 (kgf/cm ²)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	最大主応力軸歪 (%)	縦軸切片 (kgf/cm ²)	剪断抵抗角 φ (deg)
【萩原孔】									
365.40-366.70 花崗閃緑斑岩	464	2.96E+05	0.29	72.00	61.2 122.4 183.5	673 1519 1948	0.56 0.98 0.95	17.3	56.9
391.50-393.50 花崗閃緑斑岩	1448	5.32E+05	0.24	88.00	61.2 122.4 183.5	1927 2488 3334	0.72 1.12 1.28	163.2	58.4
【川上孔】									
205.70-206.95 アダム口岩・破碎部				7.48 (206.65 m) 10.10 (206.95 m)	0.0 50.0 100.0 200.0	180 281 740 1170	0.88 0.77 0.68 0.89	26.5	46.3
412.00-414.15 アダム口岩				110.00 (412.23 m) 94.70 (412.24 m)	0.0 50.0 100.0 200.0	1520 2160 2470 3020	0.33 0.44 0.70 0.81	285.5	51.32
【上野孔】									
59.00-59.70 玄武岩	2509	2.49E+05	0.29	110.00	61.2 122.4 183.5	3080 4191 4861	1.62 1.87 2.07	285.5	61.6
211.30-212.00 流紋岩質溶結凝灰岩	2427	5.52E+05	0.30	72.00	61.2 122.4 183.5	3498 4436 4538	1.22 1.44 1.45	499.7	54.1
344.00-345.00 中粒花崗岩	1825	3.60E+05	0.27	68.00	61.2 122.4 183.5	3202 3977 4813	1.16 1.40 1.66	316.1	60.2
【福岡孔】									
305.00-305.80 中粒花崗岩	1605	3.62E+05	0.29	82.00	50.0 100.0 150.0	3036 3773 4299	1.14 1.48 1.63	330.0	59.7
356.05-357.00 中粒花崗岩・ 破碎変質部	10	1.54E+03	0.46	0.43	2.0 5.0 10.0	16 27 40	1.92 1.99 2.36	2.70	36.7
【瀬尻孔】									
244.70-245.30 花崗閃緑斑岩	2723	6.71E+05	0.22	94.00	61.2 122.4 183.5	3589 4752 5037	1.14 1.48 1.57	418.1	58.8

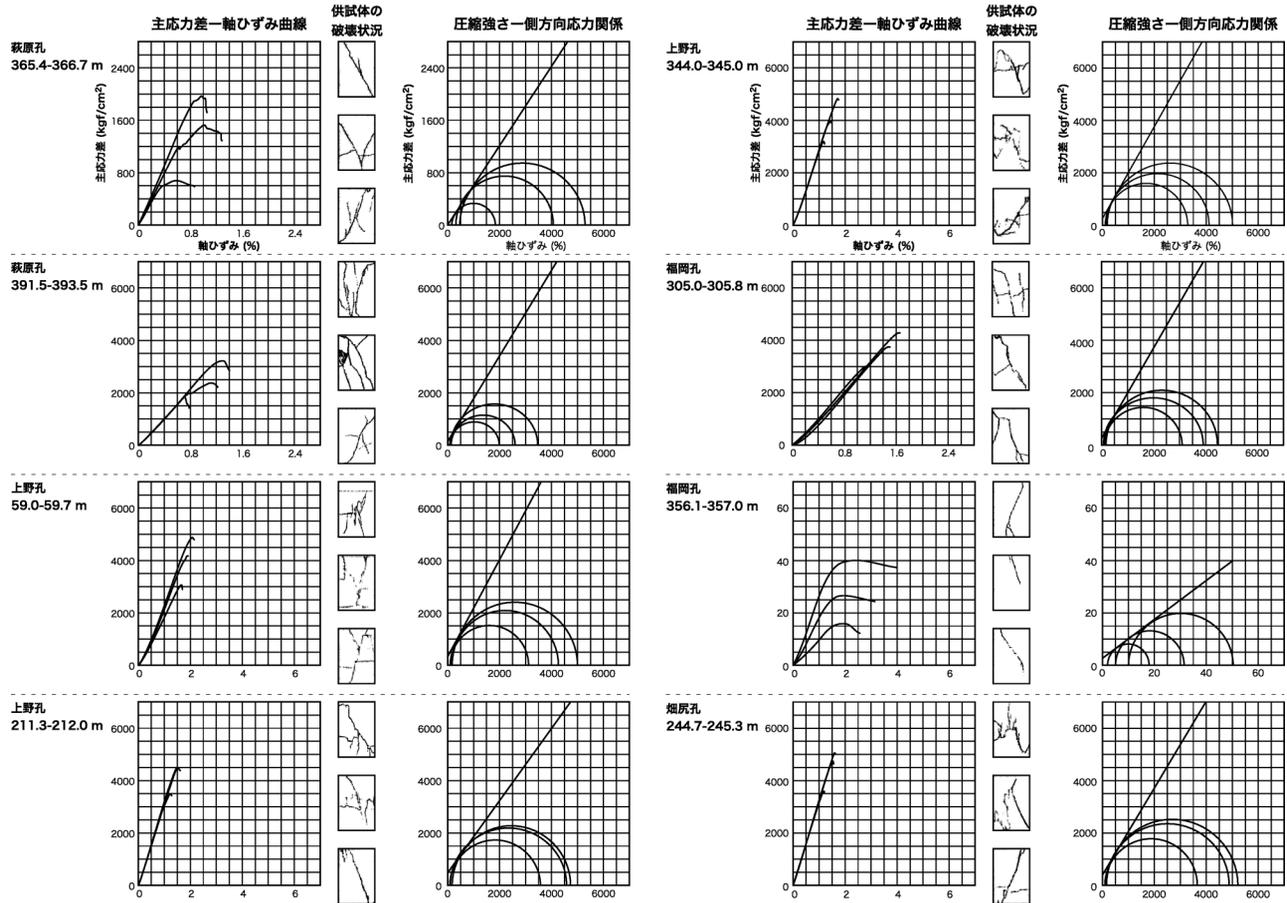


図6 三軸圧縮強度試験結果を示す軸差応力-軸ひずみ線図，供試体の破壊状況図およびモール円図（川上孔の試料をのぞく）。

Fig. 6 Stress-strain curves, rock sketches after breakdown, and Mohr's stress circles showing the results of the triaxial compression test. Rocks from Kawaue site are excluded.

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
 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。

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

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。

4.2 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（川上孔の試料をのぞく），表2に試験結果を示す。

岩石コア試料から，直径約30-50mm，長さ約50-100mmの円柱状試験片を切り出した。試験片の直径及び長さはデジタルノギスで0.01mmまで測定した。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セットした上でさらにテフロン系熱収縮チューブで被覆し，軸ひずみ計（MTS_632.90）および周変位計（MTS_632.92）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，最大軸差応力の50%付近における応力速度が0.5-1.0MPa/sを目安とした。1試料につき3，4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。

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

$$\sin \phi = m_0 / (2 + m_0) \quad (3)$$

ただし

- C : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角
- m_0 : 最小二乗線形近似式の勾配
- f_0 : 最小二乗線形近似式の縦軸切片

4.3 透水係数測定

透水係数測定は、トランジェントパルス法 (Brace *et al.*, 1968) で行った。測定結果を表3に示す。

岩石コア試料から、直径約30 mm、長さ約60 mmの円柱状試験片を切り出した。試験片の直径及び長さはデジタルノギスで0.01 mmまで測定した。川上孔の試料では同一条件で2度測定し、それ以外の試料では静水圧を増加させた時の透水係数の変化を見た。試験片を圧力容器に入れ所定の間隙水圧で試験片を飽和させたのち、岩石供試体の両端間にパルス状に一定水圧を与えると発生する両端間の圧力差を測定し、その時間変化を用いて計算した。静水圧の負荷の増加に伴って、透水係数が減少する原因は間隙水の通路となる岩石試料中のクラックが静水圧によって閉鎖されるためと考えられる。

表3 岩石物性試験結果。透水係数
Table 3 Results of the rock property test.
Rock permeability measurement.

コア深度 (上端, m)	静水圧 (kgf/cm ²)	間隙水圧 (kgf/cm ²)	傾き α	透水係数 (darcy)	平均値 (darcy)
【川上孔】					
205.70	51.5	20.6		7.63E-05	7.88E-05
	51.5	20.6		8.12E-05	
413.85	102.9	41.2		1.18E-07	1.48E-07
	102.9	41.2		1.79E-07	
【上野孔】					
60.00	40	30	7.97E-02	1.54E-06	1.50E-06
	60	30	7.71E-05	1.49E-06	
	80	30	7.72E-05	1.49E-06	
210.60	40	30	1.61E-04	3.24E-06	4.69E-06
	60	30	3.05E-04	6.14E-06	
343.40	40	30	3.67E-05	8.40E-07	6.34E-07
	60	30	2.31E-05	5.28E-07	
	80	30	2.33E-05	5.33E-07	
【福岡孔】					
305.80	46	30	2.05E-05	4.09E-07	2.52E-07
	60	30	1.04E-05	2.08E-07	
	80	30	7.04E-06	1.40E-07	
355.85	40	30	1.76E-03	7.43E-06	5.02E-06
	60	30	6.20E-04	2.61E-06	
【畑尻孔】					
244.50	40	30	1.83E-05	3.68E-07	2.79E-07
	60	30	1.68E-05	3.38E-07	
	80	30	6.57E-05	1.32E-07	

4.4 超音波伝搬速度測定、比重・吸水率測定、熱伝導率測定

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に従った。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に従った。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。各測定は、測定試料を直径約25 - 30 mm、長さ約24 - 64 mmのコア状に加工した試験片を用いた。試験片の長さはノギスで0.05 mmまで測定した。表4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 μ s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。

$$V_p = (L/T_p) \times 10$$

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

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

$$E_d = 2 \{ (1 + v_d) \rho V_s^2 / g \} 10^7 \quad (4)$$

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 (μ s)
- 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。

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。

$$\rho_n = W_n / (W_1 - W_2)$$

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

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

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

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

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

ここに、

- ρ_n : 自然含水状態における密度 (g/cm³)
- ρ_d : 強制乾燥状態における密度 (g/cm³)
- ρ_w : 強制湿潤(飽和含水)状態における密度 (g/cm³)
- 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 (%)

表4 岩石物性試験結果, 超音波速度, 比重・吸水率, 熱伝導度測定
Table 4 Results of the rock property test. Ultrasonic velocity, density and absorption ratio, and the thermal conductivity measurements.

コア深度 (上端, m)	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	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 (%)	熱伝導率 (10 ⁻³ cal/cm・sec・°C)
【萩原孔】											
365.00	4.55	1.88	2.67E+05	0.410	2.62	2.62	2.63	0.48	0.67	1.72	7.12±0.10
365.40	5.11	2.84	5.57E+05	0.277	2.66	2.64	2.66	0.49	0.65	1.72	
388.60	4.74	1.92	2.76E+05	0.402	2.63	2.61	2.63	0.55	0.67	1.82	7.56±0.14
391.50	5.35	2.93	5.96E+05	0.286	2.65	2.63	2.65	0.50	0.65	1.70	
【川上孔】											
205.70	2.04	1.16	9.20E+04	0.260	2.65	2.65	2.68		1.29	3.42	
206.00	2.21	1.14	8.70E+04	0.319	2.50	2.50	2.55		1.75	4.38	
206.43	1.35	0.74	3.50E+04	0.287	2.44	2.44	2.51		2.89	7.07	
206.45	2.35	1.50	1.35E+05	0.158	2.55	2.55	2.59		1.80	4.58	
206.65	1.44	0.83	4.30E+04	0.250	2.46	2.46	2.49		1.52	3.73	
206.77	1.34	0.84	4.10E+04	0.176	2.42	2.42	2.45		1.33	3.22	
251.90	4.08	0.92	6.58E+04	0.473	2.58	2.57	2.59	0.19	0.60	1.40	
252.33					2.58	2.57	2.61	0.54	1.30	3.40	6.47±0.04
252.45	2.50	0.79	4.83E+04	0.444	2.62	2.61	2.62	0.40	0.60	1.60	
256.75	2.73	0.80	4.74E+04	0.454	2.52	2.45	2.55	2.80	3.50	8.70	
257.00	3.09	0.84	5.18E+04	0.461	2.49	2.41	2.51	3.21	4.10	9.90	
261.25					2.51	2.50	2.56			20.45	7.04±0.08
268.00	3.03	0.79	4.64E+04	0.464	2.51	2.45	2.53	2.32	3.40	8.30	
391.70	4.12	1.62	1.98E+05	0.409	2.63	2.62	2.63	0.39	0.50	1.40	
392.20	4.00	1.07	9.03E+04	0.462	2.65	2.64	2.65	0.33	0.50	1.30	
399.60	3.80	1.13	1.00E+05	0.452	2.65	2.63	2.65	0.48	0.60	1.70	7.11±0.08
412.12	5.35	2.83	5.65E+05	0.307	2.65	2.65	2.65		0.19	0.50	
412.23	5.34	2.88	5.79E+05	0.296	2.65	2.65	2.65		0.25	0.66	
412.24	5.34	2.87	5.75E+05	0.296	2.64	2.64	2.65		0.29	0.75	
412.32	5.55	2.94	6.06E+05	0.305	2.64	2.63	2.64		0.22	0.59	
412.35	5.17	2.73	5.22E+05	0.307	2.64	2.64	2.64		0.30	0.78	
413.85	5.35	2.83	5.64E+05	0.306	2.69	2.69	2.69		0.19	0.52	
414.00	5.35	2.83	5.71E+05	0.307	2.68	2.68	2.69		0.21	0.57	
【上野孔】											
59.00	3.97	2.14	3.30E+04	0.295	2.79	2.78	2.80	0.41	0.87	2.41	
59.80	3.47	1.47	1.72E+05	0.389	2.78	2.77	2.79	0.20	0.87	2.43	4.79±0.05
210.80	5.51	2.08	3.31E+05	0.416	2.64	2.64	2.64	0.21	0.27	0.73	7.85±0.07
211.30	5.61	3.11	6.56E+04	0.278	2.66	2.65	2.66	0.20	0.25	0.66	
343.60	3.81	1.67	2.05E+05	0.382	2.60	2.59	2.64	0.32	0.43	1.10	9.45±0.07
344.00	4.33	2.33	3.66E+04	0.296	2.60	2.60	2.61	0.32	0.44	1.15	
【福岡孔】											
233.37	3.32	1.66	1.93E+05	0.334	2.59	2.59	2.59	0.26	0.60	1.50	
234.40					2.58	2.57	2.59	0.09	0.60	1.40	8.19±0.04
305.00	3.60	1.92	2.53E+05	0.301	2.59	2.85	2.60	0.36	0.55	1.42	
306.00	3.17	1.64	1.88E+05	0.316	2.59	2.59	2.59	0.23	0.47	1.23	8.79±0.08
356.05	0.95	0.27	4.56E+05	0.456							
357.70	3.65	1.80	2.14E+05	0.339							10.25±0.07
【畑尻孔】											
244.70	5.43	2.99	6.04E+04	0.282							
246.20	4.98	2.07	3.23E+05	0.395							6.98±0.06

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。

熱伝導率測定は, JIS R2618 に準拠し, 非正常熱線法に

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。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いつも室温乾燥状態で, 1 試料につき

5回繰り返し測定を行った。

4.5 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、微量成分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5.1（主要元素）と表5.2（微量元素）に示す。

4.6 X線回折分析

断層コア試料中で確認された粘土に含まれる鉱物を同定した。分析の結果確認された鉱物と存在量を表6に示す。分析に際して、バルク（不定方位試料）、水ひ（定方位試料）、エチレングリコール処理、塩酸処理の各処理を行った。分析条件は以下の通りである。

X線管球：Cu

フィルター：モノクロメータ使用

電圧：30 kv

電流：20 mA

スリット系：DS = 1°, SS = 1°, RS = 0.3 mm

時定数：3.0 sec

走査速度：2 deg/min

チャート速度：40 mm/min

フルスケール：2000 cps

走査範囲：2° - 65°

参考文献

- 1) Brace W. F., Walsh J. B. & Frangos W. T. (1968) : Permeability of granite under high pressure. J. Geophys. Res., 73, 2225-2236.
- 2) 活断層研究会 (1991) : [新編] 日本の活断層. 東京大学出版会, 437 pp.
- 3) 国土地理院 (2005) : 阿寺断層とその周辺 - 2万5千分1都市圏活断層図.
- 4) Matsuda, T., Omura, K. and, 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, No.310, 29 pp.
- 5) 日本鉄道建設公団 (1991) : 地質調査標準示方書.
- 6) 岡田篤正 (1981) : 活断層としての阿寺断層. 月刊地球, 3, 372-382.
- 7) 遠田晋次・井上大栄・久保内明彦・高瀬信一・二階堂学 (1995) : 阿寺断層系の活動と1586年天正地震 - 小郷地区・青野原地区・伝田原地区トレンチ掘削調査. 地震第2輯, 48, 401-421.
- 8) 遠田晋次・井上大栄・宮腰勝義 (1996a) : 阿寺断層系の完新世における断層活動 (その1) - 中南部の活動と最新活動時期について -. 電力中央研究所報告, U95059.
- 9) 遠田晋次・井上大栄・宮腰勝義 (1996b) : 阿寺断層系の完新世における断層活動 (その2) - 北部の活動およびセグメンテーション -. 電力中央研究所報告, U95060.
- 10) 佃栄吉・栗田泰夫・山崎晴雄・杉山雄一・下川浩一・水野清秀 (1993) : 2.5万分の1阿寺断層系ストリップマップ説明書. 地質調査所.
(原稿受理：2009年12月15日)

表 5.1 岩石物性試験結果. 全岩化学分析：主要元素 (wt%)

Table 5.1 Results of the rock property test. Whole rock chemical composition analysis: major elements (wt%).

コア深度 (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	コア深度 (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅
【萩原孔】											【川上孔】										
59.90	68.72	14.60	3.34	2.89	3.34	3.04	0.50	0.34	<0.01	0.10	292.60	71.87	15.44	3.04	3.06	1.65	0.86	0.15	0.13	<0.01	0.07
210.90	68.12	15.11	3.92	3.32	3.18	3.02	0.50	0.34	<0.01	0.09	315.60	71.11	15.30	3.31	2.10	1.63	0.46	0.19	0.15	<0.01	0.08
【付知孔】											【川上孔】										
150.67	74.78	13.48	0.04	3.98	0.25	3.70	1.30	0.16	0.14	<0.01	351.10	71.32	15.14	3.50	2.03	1.39	0.73	0.17	0.14	<0.01	0.06
221.42	76.87	12.41	0.01	4.25	0.49	3.61	0.73	0.07	0.26	<0.01	362.20	73.77	13.13	4.50	2.65	1.81	1.05	0.11	0.18	<0.01	0.04
【川上孔】											【川上孔】										
14.40	71.17	14.06	3.92	0.78	2.28	0.38	0.38	0.20	<0.01	0.05	367.60	71.22	13.70	4.06	3.27	2.48	1.93	0.22	0.23	<0.01	0.03
19.60	73.92	13.13	4.22	2.45	2.24	0.72	0.14	0.24	<0.01	0.04	370.00	72.74	14.76	3.44	2.48	2.09	1.10	0.20	0.26	<0.01	0.06
33.70	72.19	13.34	4.47	2.75	2.15	1.06	0.16	0.25	<0.01	0.04	372.50	66.06	14.17	4.33	3.20	5.69	2.31	0.82	0.68	<0.01	0.12
41.80	72.41	14.22	3.92	2.79	1.92	1.26	0.14	0.18	<0.01	0.03	379.90	73.11	13.81	3.99	2.97	1.93	1.40	0.12	0.21	<0.01	0.06
56.50	67.24	14.76	3.61	3.14	2.70	2.56	0.56	0.35	<0.01	0.10	384.80	72.47	12.58	5.14	1.17	3.31	0.60	0.18	0.22	<0.01	0.04
96.00	66.59	14.92	3.26	2.86	2.80	2.70	0.68	0.37	<0.01	0.09	389.00	71.91	13.82	4.31	3.16	2.37	1.71	0.24	0.24	<0.01	0.04
103.30	68.27	15.23	3.05	3.00	2.52	1.90	0.52	0.36	<0.01	0.10	390.30	71.83	13.98	3.81	3.17	2.69	1.22	0.20	0.28	<0.01	0.05
131.10	68.55	13.98	6.15	<0.01	2.70	0.14	0.19	0.21	<0.01	0.03	392.00	71.39	13.71	4.72	2.86	2.68	1.61	0.27	0.31	<0.01	0.06
140.40	73.24	13.55	6.12	0.91	2.30	0.18	0.16	0.17	<0.01	0.03	395.00	72.00	14.20	3.94	2.58	2.54	0.67	0.24	0.27	<0.01	0.06
147.30	75.82	13.99	4.43	1.74	1.13	0.34	0.05	0.08	<0.01	0.02	399.90	72.18	14.32	4.45	3.39	2.56	1.84	0.36	0.26	0.03	<0.01
148.10	73.49	14.56	6.27	0.12	1.67	0.08	0.13	0.15	<0.01	0.05	400.30	71.32	13.85	4.21	3.01	2.14	1.69	0.13	0.25	<0.01	0.05
150.20	73.45	14.05	6.20	<0.01	2.04	0.08	0.17	0.18	<0.01	<0.01	401.60	72.65	14.03	3.71	3.05	1.96	1.34	0.14	0.22	<0.01	0.05
159.70	74.79	14.08	5.00	<0.01	2.30	0.08	0.15	0.18	<0.01	0.03	403.60	72.86	12.62	3.12	2.29	2.02	1.94	0.25	0.20	<0.01	0.04
164.20	66.17	13.65	5.38	<0.01	4.53	0.12	0.23	0.26	<0.01	0.04	405.00	69.53	14.77	4.18	3.59	2.67	2.04	0.28	0.29	<0.01	0.05
170.40	72.66	13.29	4.89	2.92	2.09	1.14	0.12	0.18	<0.01	0.04	408.80	75.03	11.93	5.68	2.63	1.18	0.66	<0.01	0.07	<0.01	0.02
175.10	75.08	13.52	4.74	0.91	2.08	0.13	0.10	0.18	<0.01	0.03	410.00	72.21	12.72	4.46	2.04	4.01	0.23	0.16	0.14	<0.01	0.03
185.00	76.04	13.42	3.76	2.18	1.36	0.81	0.05	0.14	<0.01	0.03	413.10	72.57	13.11	3.49	3.15	3.04	1.78	0.27	0.27	<0.01	0.04
190.00	73.74	13.52	6.19	<0.01	2.21	0.08	0.17	0.21	<0.01	0.03	421.40	74.19	13.11	3.87	2.64	2.04	1.29	0.08	0.20	<0.01	0.04
198.50	69.20	15.62	3.76	3.76	2.30	1.90	0.12	0.23	<0.01	0.03	429.80	74.19	12.72	4.18	2.89	2.08	1.29	0.09	0.17	<0.01	0.02
202.30	71.93	13.61	5.67	1.09	2.82	0.23	0.17	0.18	<0.01	0.04	433.10	73.60	13.29	4.77	2.83	2.06	1.09	0.13	0.18	<0.01	0.04
206.00	73.45	14.21	6.73	<0.01	1.76	0.09	0.15	0.16	<0.01	0.05	【上野孔】										
209.20	85.13	8.40	2.38	<0.01	1.80	0.03	0.15	0.07	<0.01	0.02	34.95	48.04	15.42	4.33	2.53	11.08	10.49	7.47	1.29	0.02	<0.01
215.10	71.92	13.90	4.79	2.97	1.78	1.31	0.10	0.21	<0.01	0.03	59.90	53.07	16.54	1.11	3.01	9.10	8.42	5.87	1.21	<0.01	0.52
220.00	74.08	13.80	3.56	2.82	1.76	1.44	0.12	0.17	<0.01	0.01	180.98	70.23	15.39	4.54	2.52	3.01	2.66	0.44	0.31	<0.01	0.02
227.90	72.24	13.27	5.02	2.76	1.78	1.09	0.08	0.22	<0.01	0.03	210.90	69.64	13.54	3.99	3.31	2.28	2.32	0.29	0.23	<0.01	0.06
234.90	75.08	12.25	4.22	2.71	1.48	1.25	0.05	0.14	<0.01	0.03	343.80	76.39	12.00	4.89	3.20	1.21	0.70	<0.01	0.06	<0.01	0.02
241.70	73.80	13.36	4.62	2.83	1.50	1.35	0.09	0.16	<0.01	0.02	352.05	77.77	12.31	3.30	2.41	0.82	0.42	<0.01	0.06	<0.01	0.18
247.80	72.20	14.29	7.19	<0.01	1.98	0.10	0.16	0.17	<0.01	0.03	387.98	76.75	12.10	1.62	3.26	1.09	0.73	<0.01	0.06	<0.01	0.22
250.10	69.64	14.26	6.05	2.17	2.86	0.37	0.11	0.18	<0.01	0.03	【福岡孔】										
251.95	74.15	13.16	4.83	2.66	2.07	0.82	0.16	0.17	0.03	<0.01	222.25	76.08	12.49	4.53	3.42	0.93	0.38	<0.01	0.05	<0.01	0.01
260.10	73.94	13.05	4.16	2.29	1.82	0.91	0.20	0.24	<0.01	0.06	234.50	72.97	11.82	4.68	3.37	1.41	0.64	0.04	0.09	<0.01	0.01
261.35	73.33	14.65	7.22	0.12	1.74	0.16	0.25	0.16	0.04	<0.01	306.20	70.88	11.73	4.97	3.47	1.07	0.63	<0.01	0.07	<0.01	0.01
261.90	77.81	12.16	4.76	0.10	1.54	0.08	0.14	0.18	<0.01	0.04	356.45	61.33	20.92	3.32	6.65	1.66	0.24	0.03	0.11	<0.01	0.02
265.00	74.68	12.78	3.84	2.78	1.81	1.45	0.10	0.19	<0.01	0.03	358.13	77.48	11.75	6.12	0.37	0.90	0.30	0.04	0.06	<0.01	0.02
268.18	72.04	14.50	6.93	0.23	2.73	0.23	0.31	0.20	0.03	<0.01	【畑尻孔】										
268.30	73.31	13.79	6.07	0.07	2.17	0.26	0.18	0.22	<0.01	0.04	80.72	75.71	12.01	4.87	2.52	1.40	0.79	0.08	0.08	<0.01	0.02
270.00	75.03	12.83	4.78	1.99	1.94	0.64	0.10	0.21	<0.01	0.01	180.53	70.28	14.10	4.27	2.95	3.05	2.32	0.51	0.35	<0.01	0.10
272.50	76.70	12.69	3.90	2.33	1.31	0.86	0.07	0.12	<0.01	0.01	246.35	68.71	14.72	3.73	3.27	3.47	2.96	0.56	0.43	<0.01	0.10
278.40	73.32	14.30	5.48	2.04	0.86	0.31	0.01	0.10	<0.01	<0.01	325.08	69.19	14.86	3.52	3.02	3.35	2.94	0.53	0.37	<0.01	0.07
											402.03	69.10	14.11	4.50	3.00	2.86	2.60	0.45	0.33	<0.01	0.09

表 5.2 岩石物性試験結果. 全岩化学分析：微量元素 (ppm) (つづき)

Table 5.2 Results of the rock property test. Whole rock chemical composition analysis: trace elements (ppm). (continued)

コア深度 (m)	Li	Be	Al	P	Sc	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U	
【川上孔】																																																						
315.60					2	5	50		2	5	20	50	21			180	76	5	65	10	4				3			20	566	10	21	3	9	2	0.4	1	0.2	0.8	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	2	1.5	<1		0.5	45		4	3.5
340.10					2	<5	70		3	5	20	50	20			178	142	4	61	9	2				3			20	593	11	22	3	9	2	0.6	1	0.2	0.8	0.1	0.5	0.1	0.4	<0.1	2	1.5	<1		0.5	45		4	3.5		
351.10					2	5	40		2	5	20	55	20			192	70	4	67	9	4				3			20	569	10	22	1	9	2	0.5	2	0.2	0.8	0.1	0.4	0.1	0.4	<0.1	2	1.0	<1		0.5	45		4	3.5		
362.20					3	5	220		2	5	15	35	17			214	92	33	114	8	4				1			9	570	33	67	9	29	6	0.6	6	0.9	5.2	1.1	3.4	0.6	3.1	0.5	3	1.0	<1		0.5	30		12	4.0		
367.60					5	15	270		3	10	20	45	19			175	139	40	166	10	52				2			6	735	43	84	11	36	8	0.7	7	1.1	6.5	1.4	4.0	0.7	3.6	0.6	5	1.5	<1		0.5	30		12	4.0		
370.00					4	15	190		3	5	15	40	19			169	130	36	183	11	6				2			6	727	42	85	11	37	8	0.7	7	1.1	6.5	1.3	3.9	0.6	3.3	0.5	5	1.0	<1		0.5	25		13	3.5		
372.50					15	45	160		8	5	20	85	23			219	143	57	360	21	6				3			11	372	98	194	24	80	16	0.9	13	1.9	10.7	2.1	6.1	0.9	4.7	0.8	9	1.5	<1		0.5	25		18	3.5		
379.90					5	10	220		3	10	15	30	18			161	141	28	174	9	4				1			6	755	40	78	10	32	7	0.7	6	0.9	5.2	1.0	3.1	0.5	2.5	0.4	5	1.0	<1		0.5	25		11	3.5		
384.80					2	5	230		3	5	15	35	17			242	53	33	143	10	4				1			23	420	51	104	13	40	8	0.5	7	1.0	5.4	1.1	3.3	0.6	3.1	0.5	4	1.0	<1		0.5	30		16	3.5		
389.00					5	20	210		3	10	15	35	18			154	148	28	157	9	4			<1				7	921	45	87	11	35	7	0.9	6	0.9	5.1	1.0	3.0	0.5	2.5	0.4	4	0.5	<1		<0.5	25		11	2.5		
390.30					3	15	290		3	5	15	45	20			168	129	35	183	11	4				1			7	691	41	82	10	34	7	0.7	7	1.0	5.8	1.3	3.7	0.6	3.1	0.5	5	1.5	<1		0.5	20		13	3.5		
392.00					6	15	190		4	5	15	40	19			197	154	41	220	12	4				1			11	979	42	84	11	36	8	0.8	8	1.2	7.1	1.4	4.2	0.7	3.6	0.6	6	1.5	<1		0.5	20		11	3.0		
395.00					5	15	210		4	5	15	40	19			197	107	34	192	11	4				1			8	726	43	85	11	35	7	0.7	6	1.0	5.9	1.2	3.5	0.6	3.2	0.5	5	1.0	<1		0.5	20		11	2.5		
399.90		<0.5			7	10	178		4	<5	5	60	20		4	169	153	32	154	9	<1	<0.2	<0.5		<2			740	41														5.0	<5		<5	<2		15	2.5				
400.30					6	15	200		3	5	15	35	18			157	153	31	164	10	4				1			5	900	35	69	9	30	7	0.8	6	0.9	5.5	1.1	3.3	0.5	2.7	0.4	4	0.5	<1		0.5	20		9	2.5		
401.60					4	10	220		3	5	15	30	19			149	143	30	170	9	4			<1				6	760	32	64	8	27	6	0.8	6	0.9	5.1	1.1	3.3	0.5	2.7	0.4	5	1.0	<1		0.5	20		9	3.0		
403.60					4	10	200		3	5	20	40	18			179	103	64	167	13	4				1			50	586	32	66	9	30	7	0.7	8	1.4	8.8	2.1	6.5	1.2	6.3	1.0	5	2.5	<1		0.5	20		13	5.5		
405.00					6	20	230		4	5	15	40	20			175	168	32	175	11	4			<1				8	908	43	84	11	35	7	0.9	7	1.0	5.9	1.2	3.3	0.5	2.8	0.4	5	1.0	<1		0.5	25		11	3.0		
408.80					1	<5	300		2	5	20	15	15			251	47	32	60	6	8				1			5	223	19	40	6	19	5	0.3	4	0.7	4.4	1.0	3.2	0.6	3.0	0.5	2	1.0		0.5	30		12	4.0			
410.00					4	5	260		2	5	15	25	16			246	39	49	115	9	4				1			10	318	31	62	8	28	6	0.5	6	1.1	6.7	1.5	5.2	0.9	5.4	0.9	4	1.5		0.5	25		16	5.0			
413.10					7	20	200		3	5	15	45	19			211	103	48	170	12	6				3			10	233	46	94	12	41	9	0.6	8	1.4	7.8	1.6	5.0	0.8	4.3	0.7	5	1.5		0.5	20		16	4.0			
421.40					4	10	250		3	5	15	40	18			195	98	35	131	11	10				1			5	563	32	65	9	28	6	0.6	6	0.9	5.4	1.2	3.6	0.6	3.2	0.5	4	1.5		0.5	25		12	4.0			
429.80					4	5	230		2	5	15	35	18			226	94	42	135	10	14				1			8	444	32	64	9	28	6	0.5	6	1.0	6.5	1.4	4.3	0.7	4.0	0.6	4	1.5		0.5	25		14	4.0			
433.10					4	10	240		2	5	15	35	17			222	88	45	109	12	4				1			7	526	28	57	8	25	6	0.5	6	1.1	6.2	1.5	4.5	0.8	4.2	0.7	4	1.5		0.5	25		14	5.0			
【上野孔】																																																						
34.95					30	235	270		34	60	50	160	18			22	436	24	157	8	4	<1		<1			0.6	227	18	44	5	24	5	1.6	5	0.8	4.7	0.9	2.8	0.4	2.5	0.3	4	<0.5	<1		<0.5	10		2	<0.5			
59.90	1				174	188		29	57	36	96	22		1	28	472	24		13	2	0.55	0.1		0.5			270	24													0.3	<5			37	<0.01	2	0.4						
180.98					6	20	100		4	5	25	45	19			109	237	26	156	7	2	<1		1			4	1045	37	75	8	32	6	1.1	5	0.8	4.9	0.9	2.7	0.4	2.6	0.4	5	<0.5	1.0		<0.5	30		10	1.5			
210.90	2				14	56		3	2	1	44	19		3	149	186	29		9	3	0.35	<0.1		0.3			910	39														0.4	<5			19	0.07	16	2.0					
343.80	3				4	168		1	2	2	20	20		3	330	23	69		14	1	0.45	<0.1		0.1			80	24													0.6	<5			30	0.16	34	6.2						
352.05					2	<5	140		1	<5	15	15	17			304	13	70	88	11	2	<1		1			4	65	20	48	6	25	7	0.2	8	1.6	10.4	2.4	7.2	1.1	7.0	1.0	4	2.0	1.0		1.5	30		25	10.0			

表 6 岩石物性試験結果. X 線回折分析

Table6 Results of the rock property test. X-ray diffraction analysis.

コア深度 (m)	Qz	Pl	Kf	Cal	Mc	Chl	Sm	Kao	C/S	M/S	Am	Sti	Cps	Opx	Hm	Hal	Ol	Py	Gy
【萩原孔】																			
365.20	◎	◎	◎		○	△	+				○								
388.80	◎	◎	◎		◎	+	-				○	△							
【川上孔】																			
14.40	◎	△	△				-	+		+									
19.60	◎	○	○		+		-	-											
33.70	◎	◎	◎	-	-			+											
36.90	◎	◎	◎					-											
45.40	◎	○	◎		-		+	-		+									
56.50	◎	◎	+	△	○			-											
69.10	◎	○	△	+					+										
71.70	◎	△	+				+	△		+									
96.00	◎	○	+	+	○			-											
103.30	◎	○	+		+			-	+										
140.40	◎	△	△		△														
150.20	◎		+		△														
159.70	◎		△		○														
164.20	◎		△		△														-
170.40	◎	◎	◎		+			-											
170.90	◎	◎	◎		△			+											
175.10	◎	△	○		△														
185.00	◎	◎	◎		-		-	-											
190.00	◎		△		○														
193.20	◎	△	○		+														
198.50	◎	◎	◎		-	-	-	-		-									
202.30	◎	△	○		+														
204.30	◎		△		+														-
206.00	◎		○		○														
209.20	◎				△														
215.10	◎	◎	◎		+			-		-									
220.00	◎	◎	○		+			-		-									
227.90	◎	◎	◎		-		-	-		-									
234.90	◎	◎	◎		-		-												
240.10	◎	○	◎																
241.70	◎	○	○		+	-													
250.10	◎	△	△		+			-		+									
252.33	◎	◎	◎		+	-	-												
261.25	◎		○		○														
268.00	◎		○		△														
272.50	◎	○	○							-									
292.60	◎	△	+		+		-	+											
315.60	◎	△	△		-		-	-	-										
323.10	◎	○	+	+	+			+											
340.10	◎	○	△	+	-		-	-	-										
351.10	◎	△	+		+		-	+											
362.20	◎	◎	◎		-		-	-		-									
367.60	◎	◎	◎		△	+		-											
370.00	◎	◎	◎		+		-	-		-									
372.50	◎	◎	○		◎	+					-								
379.90	◎	◎	◎		△	-		-											
384.80	◎	△	○		+		-	-											
385.20	◎	+	○					-		+									
385.30	◎				+														
389.00	◎	◎	○		△	-													
390.30	◎	◎	○		+			-											
392.00	◎	◎	◎		△	-													
394.90	◎	◎	○		△		-	+											
395.00	◎	◎	○		+			-											
399.60	◎	◎	◎		△	+													
400.30	◎	◎	◎		+			-											
401.60	◎	◎	◎		+		-	-											
403.60	◎	○	○	+	+		-	-		-									
405.00	◎	◎	○		△	-													
408.80	◎	◎	◎		-	-		-											
413.10	◎	○	△		△	-													
421.40	◎	○	○		-		-	-											
429.80	◎	○	△		+	-													
433.90	◎	◎	◎		-														
【上野孔】																			
59.80		◎											○	◎	△		+	○	◎
83.20	+												△		△		+		
92.50	△																○		
210.80	◎	◎	○		○	-				+									
343.60	◎	◎	◎		△	△													
【福岡孔】																			
222.20	◎	◎	○		△		+												
234.40	◎	◎	◎		+	△													
306.15	◎	◎	◎		+	△	-												
356.25	○	◎			○		△												
358.00	◎		○		○														
【畑尻孔】																			
246.20	◎	◎	◎		◎	△					+								

要 旨

本稿では、防災科学技術研究所が1997 - 2000年度に岐阜県中津川市・下呂市地域に分布する阿寺断層系の阿寺断層および萩原断層を対象に実施した活断層ドリリングの概要を報告する。同断層系に属する萩原断層の1地点、阿寺断層の5地点で孔を掘削した。掘削深度は約400 - 630 mである。各掘削孔の様々な深度においてコアサンプルを採取し、それを用いて一軸圧縮・圧裂引張試験、三軸圧縮試験、透水係数、超音波伝搬速度測定、比重・吸水率測定、熱伝導率測定、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：阿寺断層，萩原断層，ドリリング，岩石試験