

55(522.6)(084.32 M50)(083)

地域地質研究報告

5万分の1地質図幅

福岡(14)第75号

## 別 府 地 域 の 地 質

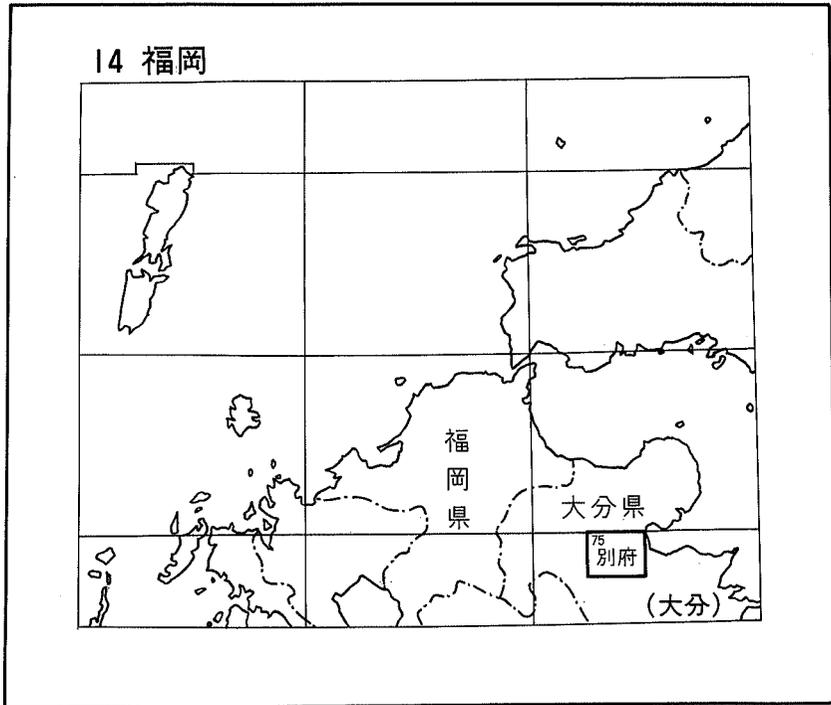
星住英夫・小野晃司

三村弘二・野田徹郎

昭 和 63 年

地 質 調 査 所

位置図



( )は1:200,000 図幅名

## 目 次

I. 地 形	1
II. 地質概説	6
II. 1 地質の概要	6
II. 2 岩石	15
II. 3 研究史	18
III. 新第三系鮮新統	21
III. 1 観海寺安山岩	21
III. 2 鹿倉安山岩	22
III. 3 水分安山岩	23
IV. 第四系下部更新統	23
IV. 1 第一期火山岩類	23
IV. 1. 1 篠原デイサイト	23
IV. 1. 2 酒野凝灰岩	24
IV. 1. 3 川西安山岩	25
IV. 1. 4 寒水火砕流堆積物	26
IV. 1. 5 寒水川層	27
IV. 1. 6 高陣ヶ尾安山岩	27
IV. 1. 7 人見岳安山岩	28
IV. 1. 8 小松台流紋岩類	28
IV. 1. 9 カルト山安山岩	30
IV. 1. 10 横山安山岩	30
IV. 1. 11 平家山安山岩	30
IV. 1. 12 鬼ヶ原火山性碎屑堆積物	31
IV. 2 耶馬溪火砕流堆積物	31
IV. 3 第二期火山岩類	34
IV. 3. 1 倉木山安山岩	34
IV. 3. 2 徳野安山岩	34
IV. 3. 3 今市火砕流堆積物	35
IV. 3. 4 日出生台火砕流堆積物	35
IV. 3. 5 袖ノ木火砕流堆積物	37
IV. 3. 6 時山安山岩	38
V. 第四系中部更新統	40
V. 1 鎌戸山安山岩	40

V. 2	西ノ台流紋岩	40
V. 3	馬渡層	41
V. 4	湯平流紋岩類	41
V. 5	神屋敷火砕流堆積物	45
V. 6	浜脇層	47
V. 7	由布川火砕流堆積物	47
V. 8	小野屋層	50
V. 9	湯布高原安山岩	51
V. 10	石武流紋岩類	52
V. 11	小鹿山 - 雨乞岳火山群	53
V. 11. 1	雨乞岳火山	53
V. 11. 2	城ヶ岳火山	54
V. 11. 3	小鹿山火山	55
V. 11. 4	大津留火砕流堆積物	57
V. 12	野稻岳 - 花傘礼山火山群	58
V. 12. 1	内山デイサイト	59
V. 12. 2	花傘礼山火山	59
V. 12. 3	田代岩屑堆積物	59
V. 12. 4	奥江礫層	60
V. 12. 5	野稻岳火山	60
V. 12. 6	朝日台溶岩	61
V. 12. 7	崩平山火山	61
V. 13	福万山 - 立石山火山群	62
V. 13. 1	秋山安山岩	62
V. 13. 2	八山安山岩	62
V. 13. 3	ジャナガヅル安山岩	63
V. 13. 4	立石山火山	63
V. 13. 5	飛岳火山	64
V. 13. 6	福万山火山	65
V. 14	高平山 - 水口山火山群	66
V. 14. 1	水口山火山	66
V. 14. 2	実相寺山火山	68
V. 14. 3	高平山火山	68
VI.	第四系上部更新統及び完新統	70
VI. 1	未区分段丘堆積物	70
VI. 2	段丘堆積物 - 1	71

VI. 3	阿蘇火山	72
VI. 3. 1	阿蘇-3火砕流堆積物	72
VI. 3. 2	阿蘇-4火砕流堆積物	73
VI. 4	由布-鶴見火山群	79
VI. 4. 1	由布岳火山	79
VI. 4. 2	鶴見岳火山	85
VI. 4. 3	伽藍岳火山	87
VI. 4. 4	鬼箕由火山	87
VI. 5	段丘堆積物-2	88
VI. 6	若杉岩屑なだれ堆積物	89
VI. 7	扇状地堆積物	89
VI. 8	表層火山灰	89
VI. 9	沖積層	90
VI. 10	津江岩屑なだれ堆積物	90
VI. 11	埋立地	90
VII.	活構造	90
VII. 1	地殻水平変動	91
VII. 2	活断層	91
VII. 3	地震	94
VIII.	重力・空中磁気	96
VIII. 1	重力	96
VIII. 2	空中磁気	98
IX.	応用地質	98
IX. 1	温泉及び地熱	98
IX. 1. 1	温泉	99
IX. 1. 2	地熱開発	107
IX. 2	金属	108
IX. 3	珪酸白土	110
IX. 4	砕石・土砂	111
	文献	112
	Abstract	124

### 図・表・付録・図版目次

第1図	別府図幅地域の地形区分	2
第2図	湯布院盆地と福万山	3

第 3 図	大分川南岸の台地上からみた南部山地	4-5
第 4 A 図	九州中部火山岩地域の地質概略図	8
第 4 B 図	九州中部のブーゲー異常図	8
第 5 図	九州中部の空中磁気	9
第 6 図	九州中部火山岩地域東半部の火山岩の年代測定値	10
第 7 図	別府図幅地域の層序関係図	11
第 8 図	時代区分された火山岩類の分布	13
第 9 図	別府図幅地域の火山岩の $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図	18
第 10 図	別府図幅地域の火山岩の $\text{FeO}^*/\text{MgO-SiO}_2$ 図	18
第 11 図	別府市浜脇のボーリング柱状図	22
第 12 図	白岳における酒野凝灰岩の柱状図	25
第 13 図	酒野凝灰岩の露頭面の接写	26
第 14 図	笠置原火砕流堆積物, 鬼ヶ原火山性碎屑堆積物, 耶馬溪火砕流堆積物, 阿蘇-4A 火砕流堆積物の関係	29
第 15 図	耶馬溪火砕流堆積物の強溶結部の露頭	33
第 16 図	耶馬溪火砕流堆積物の基底部	33
第 17 図	耶馬溪火砕流堆積物基底の降下火山灰中の火山豆石	33
第 18 図	耶馬溪火砕流堆積物を覆う日出生台火砕流堆積物	36
第 19 図	日出生台火砕流堆積物の溶結凝灰岩	37
第 20 図	今市・日出生台・柚ノ木各火砕流堆積物の分布高度	38
第 21 図	時山安山岩の厚い溶岩流の断面	39
第 22 図	馬渡層のシルト岩と礫岩	41
第 23 図	湯平流紋岩類の柱状図	42
第 24 図	鮎川火砕流堆積物の露頭	43
第 25 図	鮎川火砕流堆積物の柱状図	44
第 26 図	神屋敷火砕流堆積物のデューン構造	46
第 27 図	神屋敷火砕流堆積物の火山豆石	46
第 28 図	由布川火砕流堆積物の上面高度分布	48
第 29 図	神屋敷火砕流堆積物を覆う由布川火砕流堆積物	49
第 30 図	城島高原のボーリング柱状図	49
第 31 図	由布川峡谷	49
第 32 図	由布川火砕流堆積物の溶結凝灰岩の気相晶出帯の風化面	50
第 33 図	小野屋層の露頭	51
第 34 図	南からみた雨乞岳火山と城ヶ岳火山	53
第 35 図	平石火砕流堆積物の露頭	54
第 36 図	城ヶ岳火山の溶岩流を切る断層	55

第 37 図	東山岩屑なだれ堆積物の露頭	58
第 38 図	飛岳火山の崩壊地形	65
第 39 図	水口山溶岩の平坦面と由布 - 鶴見地溝内にそびえる由布岳及び鶴見岳	67
第 40 図	鉄輪岩屑なだれ堆積物の地形	69
第 41 図	鉄輪岩屑なだれ堆積物中の破碎された岩塊	70
第 42 図	松塚岩屑なだれ堆積物表面の流れ山地形	71
第 43 図	阿蘇 - 3B 火砕流堆積物の本質岩塊	73
第 44 図	阿蘇 - 4A 火砕流堆積物の非溶結部	75
第 45 図	阿蘇 - 3B 火砕流堆積物を覆う阿蘇 - 4A 火砕流堆積物	76
第 46 図	阿蘇 - 4A 火砕流堆積物基底の異質岩片集積部	77
第 47 図	西鶴岩屑堆積物の露頭	78
第 48 図 A	由布岳火山のステレオ写真	79
第 48 図 B	由布岳火山のステレオ写真	81
第 49 図	由布院盆地から見た由布岳	82
第 50 図	由布岳火山主火山体の内部構造	82
第 51 図	塚原岩屑なだれ堆積物の流れ山分布図	83
第 52 図	池代火砕流堆積物の二次噴気孔	84
第 53 図	別府市内から見た鶴見岳火山	85
第 54 図	鬼箕山火山と伽藍岳火山を西から望む	88
第 55 図	津江岩屑なだれ堆積物の流れ山と崩壊壁	91
第 56 図	九州地方の地殻水平歪分布	92
第 57 図	別府図幅地域の活断層	93
第 58 図	アカホヤ火山灰を切る断層	94
第 59 図	別府図幅地域及びその周辺の活断層と地震	95
第 60 図	1975 年大分県中部地震の発震機構解	96
第 61 図	別府図幅地域のブーゲー異常図	97
第 62 図	別府図幅地域及びその周辺の精密空中磁気図	99
第 63 図	別府図幅地域における代表的な温泉のヘキサダイアグラム	100
第 64 図	別府温泉の噴気・沸騰泉と一般温泉の位置図	103
第 65 図	由布院温泉の温泉孔位置図	106
第 66 図	伽藍岳からみた塚原温泉	107
Fig. 67	Topographic division of the Beppu district	125
第 1 表	別府図幅地域の地質総括表	12
第 2 表	別府図幅地域の代表的岩石の化学組成	16
第 3 表	酒野凝灰岩・鮎川火砕流堆積物・由布川火砕流堆積物の特徴	45

第 4 表	別府図幅地域の阿蘇火砕流識別表	75
第 5 表	鶴見岳火山の有史の噴火活動	85
第 6 表	別府図幅地域の温泉地の泉源	101
第 7 表	別府図幅地域の代表的な温泉の成分	102
第 8 表	別府温泉の地獄の熱水の成分	104-105
第 9 表	別府図幅地域の地熱井諸元	109
第 10 表	地熱井から得られた蒸気・熱水の成分	110-111
第 11 表	別府白土分析例	111
Table 12	Summary of the geology of the Beppu district.	126

付 表	別府図幅地域の火山岩の年代測定値	122-123
-----	------------------	---------

図版 火山岩の顕微鏡写真

第 I 図版 溶結凝灰岩

第 II 図版 珪長質火山岩

第 III 図版 安山岩

第 IV 図版 由布 - 鶴見火山群の岩石

## 別府地域の地質

星住英夫\*・小野晃司\*\*・三村弘二\*\*\*・野田徹郎†

別府地域の地質研究は、地震予知のための特定観測地域「伊予灘及び日向灘周辺」の地質調査研究の一環として実施された。現地野外調査は主に星住が、三村・小野とともに、昭和60・61年度に行った。野田は昭和61年度に短期間の現地資料収集調査を行った。研究の過程では、小野による昭和33-35年度5万分の1地質図幅の研究等の野外調査資料も利用した。

報告書の執筆分担は以下のとおりである。

I. 地形, II. 地質概説: 小野。

III - VI. 地質各説: 星住(岩屑なだれ堆積物及び岩屑堆積物は三村, 日出生台・柚ノ木・阿蘇各火砕流堆積物は小野)。

VII. 活構造, VIII. 重力・空中磁気, IX. 応用地質: 小野(IX. 1温泉及び地熱は野田)。

別府市にある京都大学理学部附属地球物理学研究施設には未公表試錐試料の検討を許可していただいた。

金鉱床の記載には合同資源産業株式会社磯部 清氏による未公表資料(地質調査所鉱床部保管)を参考にした。使用を許可して下さった同氏に御礼申し上げます。

陸上自衛隊湯布院駐屯地には、日出生台演習場内での調査を許可していただいた。

通商産業省資源エネルギー庁には豊肥地域の重力及び空中磁気のデータを使わせていただいた。

地質調査所技術部(当時)倉沢 一技官には岩石の主成分化学分析をしていただいた。地殻熱部鎌田浩毅技官は野外調査の一部に協力され、また野外・室内で討論していただいた。

本研究に用いた岩石薄片は、地質調査所技術部(元)大野正一、(故)村上 正、宮本昭正、安部正治、佐藤芳治、野神貴嗣、木村 朗、北海道支所技術課渡辺真治の各技官によって作成された。

### I. 地 形

別府図幅地域は九州中部火山岩地域の東縁付近にある。地域内の最高所は中央部の由布岳(1583.5m)であり、地域の北東隅は別府湾に接する。本地域の大部分は海拔400m以上の山地であり、200m以下の地域は北東隅の海岸近くと南東隅の大分川近傍に限られる。

本図幅地域内最大の河川は大分川である。地域中央部の由布院盆地から出発し、地域南部の水を集めて南縁近くを東に流れ、東方大分市内で別府湾に流入している。本図幅地域南西部、水分峠みずわけより西側はくさ珍珠川上流の野上川の流域であり、珍珠川は更に筑後川やつかんとなつて有明海に注いでいる。地域北縁には北流する数本の小河川があり、それらはやがて合流してすおう駅館川となつて周防灘に入っている。

本図幅地域の地形は主に火山地形・断層地形で特徴づけられる。本地域内の火山は比較的高粘性の溶岩に由来する溶岩火山が多く、それらは、急斜面に囲まれた溶岩円頂丘や平坦な頂部を急崖が取り巻く溶岩台地状のものである、そのほかに数個のかなり大規模な火砕流の堆積物も存在する。最も新期の火

\*九州出張所 \*\*環境地質部 \*\*\*大阪出張所 †新エネルギー総合開発機構(元地殻熱部)

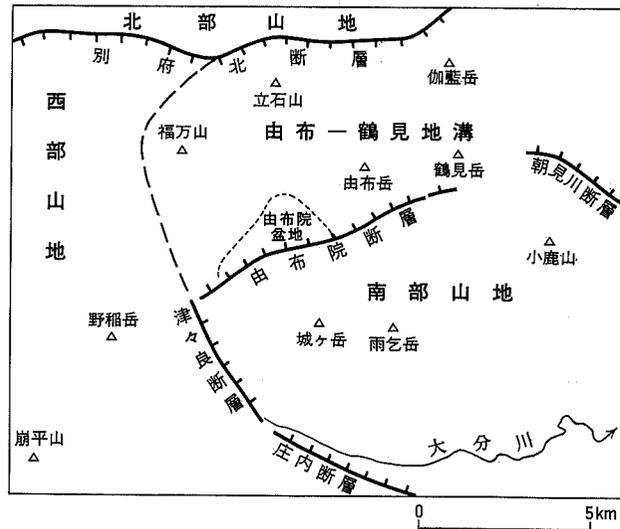
山では新鮮な火山地形が保存されているが、浸食や特に断層運動によって原型を失った火山も多い。

本地域に発達する断層は確認される限りすべて正断層であり、明瞭な断層崖も数多くある。正断層系に関するリニアメントが発達する地域もある。

火山山麓や断層崖付近には扇状地が発達する。また火砕流堆積物や山間凹地の堆積物は凹地形を埋めて平坦面を形成する。大分川沿いには河岸段丘が発達する。

このように本地域内の地形には平坦面（又は緩斜面）と急斜面（又は急崖）との要素があつて、それらの組合せで作られた幼年期型の地形が多く、稜線から谷底まで一様な急斜面によって大規模な起伏を作るような壮年期型地形の部分は少ない。したがって、平均高度が高いにもかかわらず、全体としては穏やかな地形という印象を与える。

以下には第1図に示す地域区分に従って地形の概略を記述する。個々の火山地形は各説の項で、また断層・リニアメントについては各説及び活構造の項で述べる。



第1図 別府圏幅地域の地形区分

Fig. 1 Topographic division of the Beppu District (see Fig. 67).

#### 北部山地

別府北断層より北側の山地であり、本図幅地域の北縁に沿った小地域である。この地域の南縁、すなわち別府北断層（活断層研究会，1980）の断層崖上に海拔 600-800 m の稜線があり、そこから北に緩傾斜の台地状に低くなる。この地域は南の由布-鶴見地溝内に噴出口があつた火山の北斜面が残っているのであろう。

#### 由布-鶴見地溝<sup>1)</sup>

北縁を別府北断層，南縁を由布院<sup>2)</sup>断層・朝見川断層（ともに活断層研究会，1980）に区切られ，南北

1) 池田(1979)の速見地溝にはば当たる。

2) 現在の町名である「湯布院」は1955年由布院町と湯平村とが合併したときに新しく作られた呼び名である。本報告では、以下「湯布院」は町名を示すときに用い、「由布院」は由布院盆地のように旧来の地名として用いる。

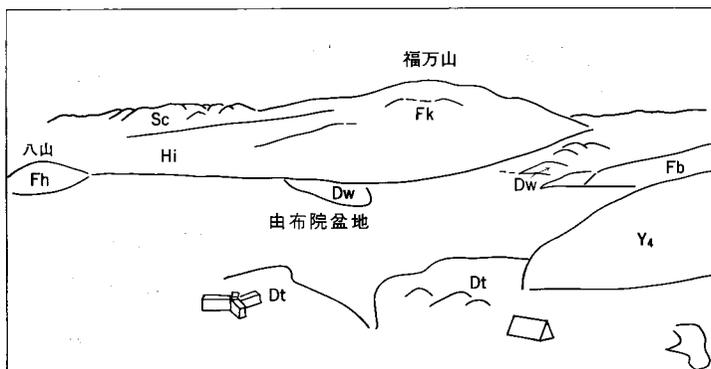
の幅 5-7 km, ほぼ東西方向に延びる地溝である。亜端がどこにあるか明瞭ではないが、本地域西部の福万山-カルト山付近にあるのであろう。東端は本地域東縁より東で別府湾に接する。この地溝内には由布岳・鶴見岳等本地域内で最も新しい火山が分布する。これらの火山は溶岩円頂丘あるいは厚い溶岩流からなる。

由布-鶴見地溝の東部には伽藍岳から鶴見岳に続く南北の稜線があり、これら火山の東側には、東に向かって低下して海岸に達する緩斜面がある。この緩斜面の大部分は海拔 300 m 以下の扇状地であり、そのほかに岩屑なだれ堆積物を作る部分がある。別府温泉群は主にこの緩斜面の上にある。

伽藍岳-鶴見岳の稜線より西側は由布密・福万山等の火山と、それらの間の山間盆地からなり、盆地の低所でも海拔 500m 以上ある(第2図)。由布院盆地は最大の山間盆地で主に沖積層によって埋積されている。その他の山間の低地は扇状地堆積物と岩屑なだれ堆積物とからなる。

### 南部山地

この山地は、北側は由布院断層、北東側は朝見川断層、南西及び南側は津々良断層(通商産業省, 1984)



第2図 由布院盆地と福万山。水口山南西、東石松牧場入り口より望む

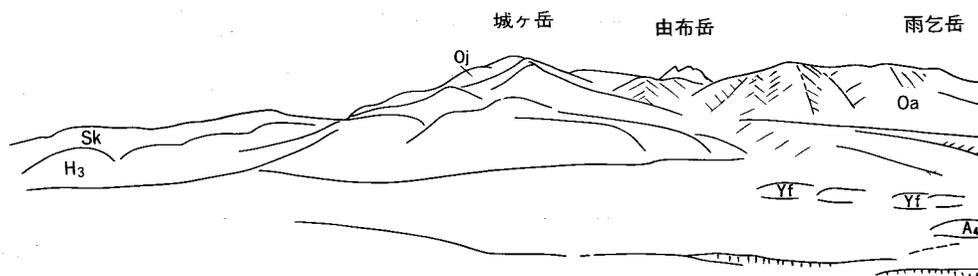
Dt: 津江岩屑なだれ堆積物, Dw: 若杉岩屑なだれ堆積物, Fb: 飛岳火山, Fh: 八山安山岩, Fk: 福万山火山, Hi: 石武流紋岩類, Sc: カルト山安山岩, Y<sub>4</sub>: 由布岳火山側火山 Y<sub>4</sub>溶岩

Fig. 2 Yufuin Basin and Fukuman Zan.

と伏在する庄内断層（新称）とによって囲まれた地域である。本地城南縁の大分川沿いの低地もこの地域に含める。この地域の西半には雨乞岳（1073.7m）、城ヶ岳（1167.8m）などを頂点とする山地があり、その北西縁は曲布院断層によって限られている。雨乞岳・城ヶ岳の山地は開析された中心噴出型の火山である（第3図）。高尾山など海拔800m以下の部分は頂部が平坦であり、雨乞岳・城ヶ岳より古い火山や、より新しい火山の噴出物等からなる。

南部山地の東半は北・北東縁に水口山（896.3m）・小鹿山（727.6m）などの高所があり、その北・北東縁は由布院断層及び朝見川断層が作る急崖である。山地全体は南に傾く広い緩斜面であり、北・北東側の由布-鶴見地溝内に噴出中心があった水口山・小鹿山等の火山や、それらの下に広く分布する由布川火砕流堆積物などによって形成されている。この斜面を流下して大分川に合流する由布川・小挾間川<sup>おぼさま</sup>は、由布川火砕流堆積物を極めて狭くかつ深く刻んだ廊下状の峡谷をなし、由布川峡谷等を代表とする特異な景観を作っている（49ページ第31図）。

本地城南縁の大分川沿いの低地は南隣久住図幅地域内の庄内山地（小野，1963）北縁を限る庄内断層に沿った急崖下にある。この地域は、更新世中期頃から、古大分川谷と呼ぶべき低地が存在したものと推定され、地質の項に述べるように、長い時代にわたってこの低地沿いに主として火砕流及び水流による堆積が繰り返し行われ、次第に現在の地形に近づいたものらしい。阿蘇-4火砕流以後に形成された段丘堆積物-2はこれらのうち最新期の堆積物である。



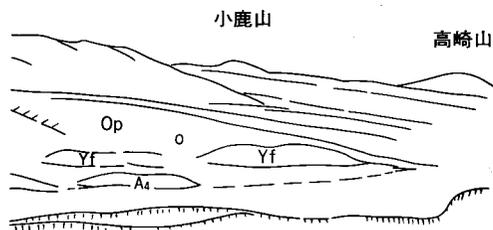
## 西部山地

由布-鶴見地溝と南部山地との西側の地域を西部山地とする。この地域の地形の特徴は海拔700-900m前後に平坦面が広く発達することで、その中に平家山(1023m)、野稲岳(1037.6m)、南西隅にあってこの地域内の最高点である崩平山(1288.4m)などの山が島状に分布している。

北西部の日出生台<sup>ひじゅう</sup>は海拔700m前後の平坦地であり、更に西隣森図幅地域内に広い台地状地形が続く。台地は火砕流堆積物、台地状に広く分布する溶岩流などの累積によって形成されたものである。場所によって台地表層を占めるものは異なるが、本地域内では耶馬溪火砕流と阿蘇-4火砕流の堆積物であることが多い。本地域西縁の平家山・横山は耶馬溪火砕流堆積物よりも古い火山であり、周囲を同火砕流堆積物に覆われ、頂部が島状に残されたものである。

南西部の野稲岳の周辺には海拔700-900mの平坦面が発達する。このうち、野稲岳東方の平坦面は礫及び砂からなる奥江礫層の堆積面である。野稲岳西側のものもほぼ同じ高さにあるが、明らかな堆積物を欠くので、ほぼ同時期の削斜面と考える<sup>3)</sup>。野稲岳東側の平坦面上にある山下池は断層による凹地形を利用した人工湖である。野稲岳等の火山はこの面の形成後に噴出した比高200m程度の溶岩円頂丘である。

本地城南縁中央部は南隣久住図幅地域北縁の庄内山地の北西延長部に当たる。この山地は時山安山岩と鹿倉安山岩等(主に南隣久住図幅地域内)のほぼ平坦な累層からなる。山地北面の急斜面は、大分川低地に伏在する庄内断層による断層崖である。



第3図 大分南岸の台地上からみた南部山地。A<sub>4</sub>:阿蘇-4A火砕流堆積物、H<sub>3</sub>:湯平流紋岩類水地溶岩、o:小野屋層、Oa:雨乞岳火山、Oj:城ヶ岳火山、Op:大津留火砕流堆積物、Sk:倉木山安山岩、Yf:由布川火砕流堆積物

Fig. 3 Southern mountains seen from the south side of Ōita Gawa.

3) この面は更に西方へは西隣森図幅地域内、豊後中村付近の泥岩・珪藻土岩などからなる珍珠層の堆積面に連続するように見える。

## II. 地 質 概 説

### II. 1 地 質 の 概 要

別府湾から島原半島にかけて、九州中部を東北東-西南西に横断する地域には新第三紀以降噴出した火山岩が広く分布する。別府図幅地域はこの九州中部火山岩地域の東端部にある。この火山岩地域は、重力の低異常帯に一致し、別府-島原地溝（松本徂夫, 1979a; 久保寺ほか, 1976）と呼ばれた。第4A・B図に九州中部の地質概略図、重力図、第5図に空中磁気図を示す。この火山岩地域の中でも、由布-鶴見、九重、阿蘇などの新しい火山が並ぶ東半部は特に重力値が低く（ブーゲー異常が0ミリガル以下）、先新第三系基盤岩の露出は極めて少ない。また火山地域に特有な短波長の強い磁気異常の分布地域（第5図）も主に10ミリガル以下の低重力域内にあり、火山岩の地表分布よりも狭い。

この九州中部火山岩地域東半部では、火山岩類は古い年代のものほど外側に、新しい年代のものほど内側に、明瞭な帯状の分布を示す（鎌田, 1985）（第6図）。別府図幅地域はその中軸部にあつて新しい火山岩が分布する地域に当たる。本図幅地域の中央部には由布-鶴見地溝があり、由布岳・鶴見岳・伽藍岳など、本地域内でも最も新しい火山がその中に分布する。

別府図幅地域内に露出する岩石・地層のうちで最も古いものは鮮新世の火山岩である。しかし、地域北縁より北1.5kmの豊岡図幅地域内と、地域南縁より南2kmの久佐図幅地域内とに、それぞれ白亜紀花崗岩が露出しており（笹田, 1987）、本図幅地域内の火山岩類の外來岩片に花崗岩が発見されることと合せて考えると、本地域の地下には白亜紀花崗岩（及びそれに伴う変成岩）が伏在していると推定される。重力値から推定された基盤岩までの深さは1-4kmに達する（駒澤・鎌田, 1985）。

本地域では鮮新世後期以降完新世まで引き続いて多量の火山岩が噴出し、断層運動がそれに伴った。それらの火山岩類は一部の例外を除いて陸上火山の噴出物であり、噴出順序や岩質、産状から多くの単位に区分される。幾つかの大規模な火砕流堆積物を除けば、火山岩の多くは噴出口の周辺に局地的な火山岩体を作るのみで、対比に有効な広域的な降下火砕物を伴わない。それゆえに、地理的に離れた岩体間の層序関係は野外では決定できないことが多い。本報告では岩体間の接触関係のほか、年代測定結果、自然残留磁化方位と、分布や活動の様式などを考慮してこれらの層序関係を第7図のように考えた。岩体の年代区分は近年急速に増加した年代測定の結果に負うところが大きい。しかし、一部の年代測定結果は野外で判定した上下関係と矛盾しており、今後の検討が必要である。この地域に関係する岩石の年代測定結果を付表とし、本文の最後に掲げる。

本地域の地質総括表を第1表に示す。地域に分布する地質単位を新第三紀鮮新世、更新世前期、更新世中期、更新世後期-完新世に時代区分する。区分された火山岩類の分布（第8図）は地形区に対応し、時代の古い岩石は本地域の周縁地域に多く分布し、更新世後期-完新世の火山は由布-鶴見地溝内のみにある。

#### 新第三系鮮新統

新第三紀鮮新世の火山岩は、本地域の周縁に近い地域に分布する3個の岩体があるだけである。観海

寺安山岩は別府市街南西側の朝見川断層に接し、鹿倉安山岩は地域南縁の大分川南岸の急崖に、また、水分安山岩は地域西部の水分峠付近に、それぞれ分布する。鹿倉安山岩は南隣久住図幅地域内で前述した白亜紀花崗岩を直接覆っている。観海寺安山岩及び水分安山岩の下限は露出していないが、それぞれ後述する観海寺高重力帯及び水分峠高重力帯(97ページ, 第61図)の上であり、基盤が浅いことを暗示している。観海寺安山岩及び水分安山岩は熱水変質を受けており、年代は明らかでない。鹿倉安山岩は輝石安山岩の溶岩を主体とする。2 Ma 前後の年代値が得られており、鮮新世後期の噴出物である。

#### 第四系下部更新統

前期更新世の火山岩類のうち耶馬溪火砕流堆積物以前のを第一期火山岩類、同火砕流以後のを第二期火山岩類とする。第一期・第二期の区分はやや便宜的なものであり、両者の性質に著しい違いはない。

前期更新世(約0.7 Ma 以前)の火山岩類は開析及び断層運動によって火山の原形を保存していないものが多い。この時期の火山岩は輝石安山岩及び流紋岩-デイサイトが多く、角閃石安山岩がこれに次ぐ。噴出の順序に規則性は認められない。流紋岩の多くは火砕流堆積物であり、一部は台地状の溶岩流である。この時期にはデイサイト質の大規模な火砕流である耶馬溪火砕流と今市火砕流が噴出した。

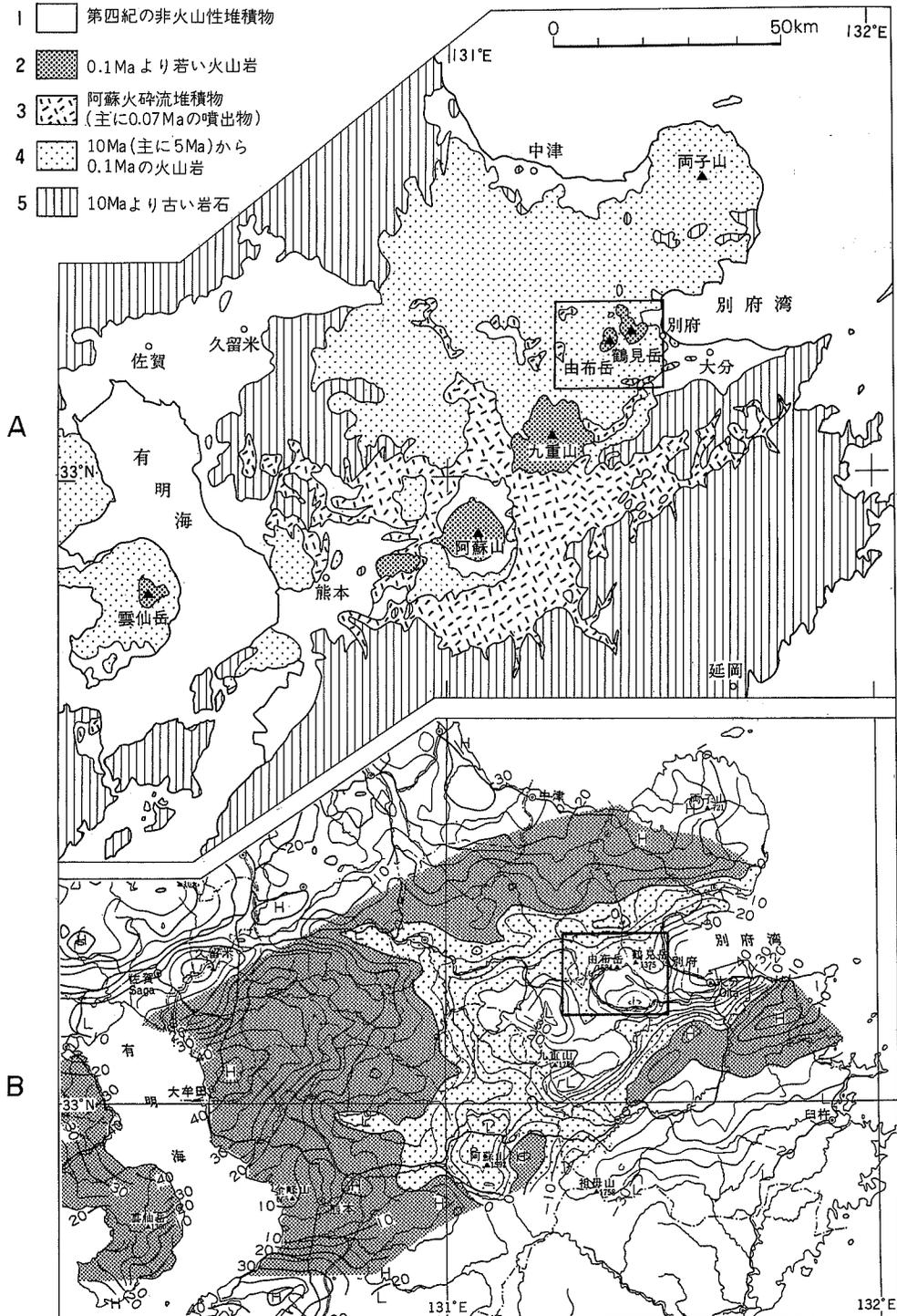
第一期火山岩類も図幅周縁地域に分かれて分布している。篠原デイサイト及び酒野凝灰岩は地域南東隅大分川の南側に分布する。酒野凝灰岩は水底堆積の火砕岩層であり、篠原デイサイトも水底噴出の溶岩流らしい。川西安山岩は由布院盆地南西側に分布する。黒雲母を少量含む角閃石安山岩の溶岩・火砕岩の累層であり、部分的に変質している。

北部山地の寒水川<sup>そうず</sup>の峡谷に沿って流紋岩質の寒水火砕流堆積物とそれを覆う堆積岩類の寒水川層が露出し、それらの上に輝石安山岩溶岩の高陣ヶ尾安山岩及び人見岳安山岩が台地状に分布する、地域の西縁近くには、森図幅地域内に広く分布する台地状流紋岩の小松台流紋岩類の東端部があり、また耶馬溪火砕流堆積物中に島状に輝石安山岩溶岩の平家山安山岩及び角閃石安山岩溶岩のカルト山安山岩及び横山安山岩が露出する。日出生川沿いに小松台流紋岩類を覆う堆積層である鬼ヶ原<sup>はる</sup>火山性碎屑堆積物が分布する。

耶馬溪火砕流堆積物は角閃石デイサイトの大規模な火砕流による堆積物で、ほぼ1 Ma 前に恐らく森図幅地域内から噴出した。本地域内では北西部の日出生台からその南方に700-800 m の高さの平坦面を作っている。

第二期火山岩類は南部・西部山地に分布する。南部山地の倉木山安山岩は輝石角閃石安山岩の厚い溶岩流及び溶岩円頂丘群であり、雨乞岳・城ヶ岳火山に覆われて、その東西両側に分かれて分布する。西部山地の徳野安山岩は由布院盆地の西にあり、角閃石安山岩質の火砕岩及び溶岩からなる。

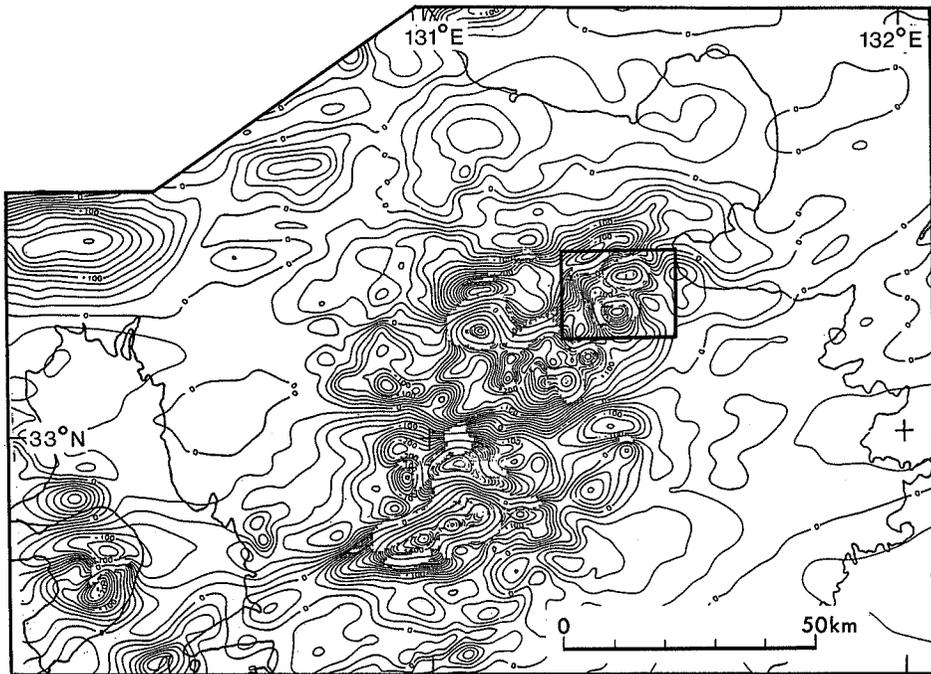
今市火砕流堆積物は南隣久住図幅地域に広く分布する輝石デイサイト質の大規模な火砕流堆積物であり、強く溶結していることが多い。本地域内には南東隅の大分川北岸に強溶結相の小分布がある。今市火砕流堆積物と岩相がよく似ている柚ノ木・日出生台両火砕流堆積物があり、柚ノ木火砕流堆積物は地域中部、雨乞岳東の倉木山安山岩に接し、日出生台火砕流堆積物は北西部日出生台において耶馬溪火砕流堆積物の上のり、ともに分布は狭い。時山安山岩は南隣久住図幅地域から連続する輝石安山岩溶岩と火砕岩の厚い累層である。



第4A図 九州中部火山岩地域の地質概略図。図中の四角形は別府図幅地域

Fig. 4A Simplified geologic map of the central Kyushu volcanic rock area. 1: Quaternary non-volcanic sediments, (2-4 : Neogene volcanic rocks) 2 : < 0.1 Ma, 3: Aso Pyroclastic Flow Deposit, mainly of 0.07Ma, 4: > 0.1 Ma and < 10 (mainly 5) Ma, 5: Rocks older than 10Ma.

第4B図 九州中部のブーゲー異常図(新エネルギー総合開発機構,1987による)。仮定密度 $2.3 \text{ g/cm}^3$ , 等重力異常線間隔は5ミリガル  
Fig. 4B Bouguer anomaly of central Kyushu. supposed density :  $2.3 \text{ g/cm}^3$ , contour interval : 5 milligals.



第5図 九州中部の空中磁気図（ハイパスフィルター図，中国・四国，新エネルギー総合開発機構，1984による）等磁力線間隔は20 nT

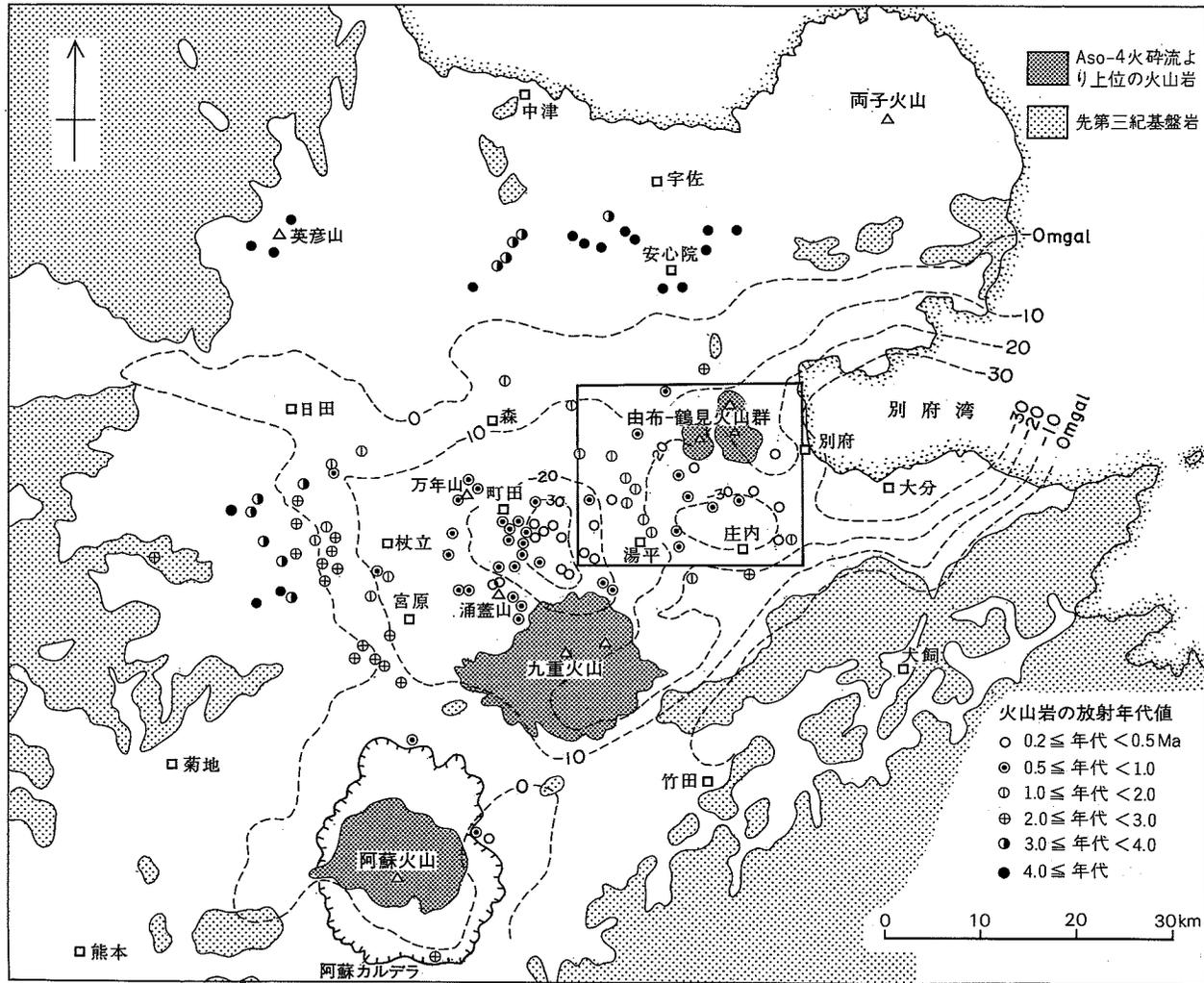
Fig. 5 Aeromagnetic map of central Kyushu. Contour interval : 20 nT.

### 中部更新統

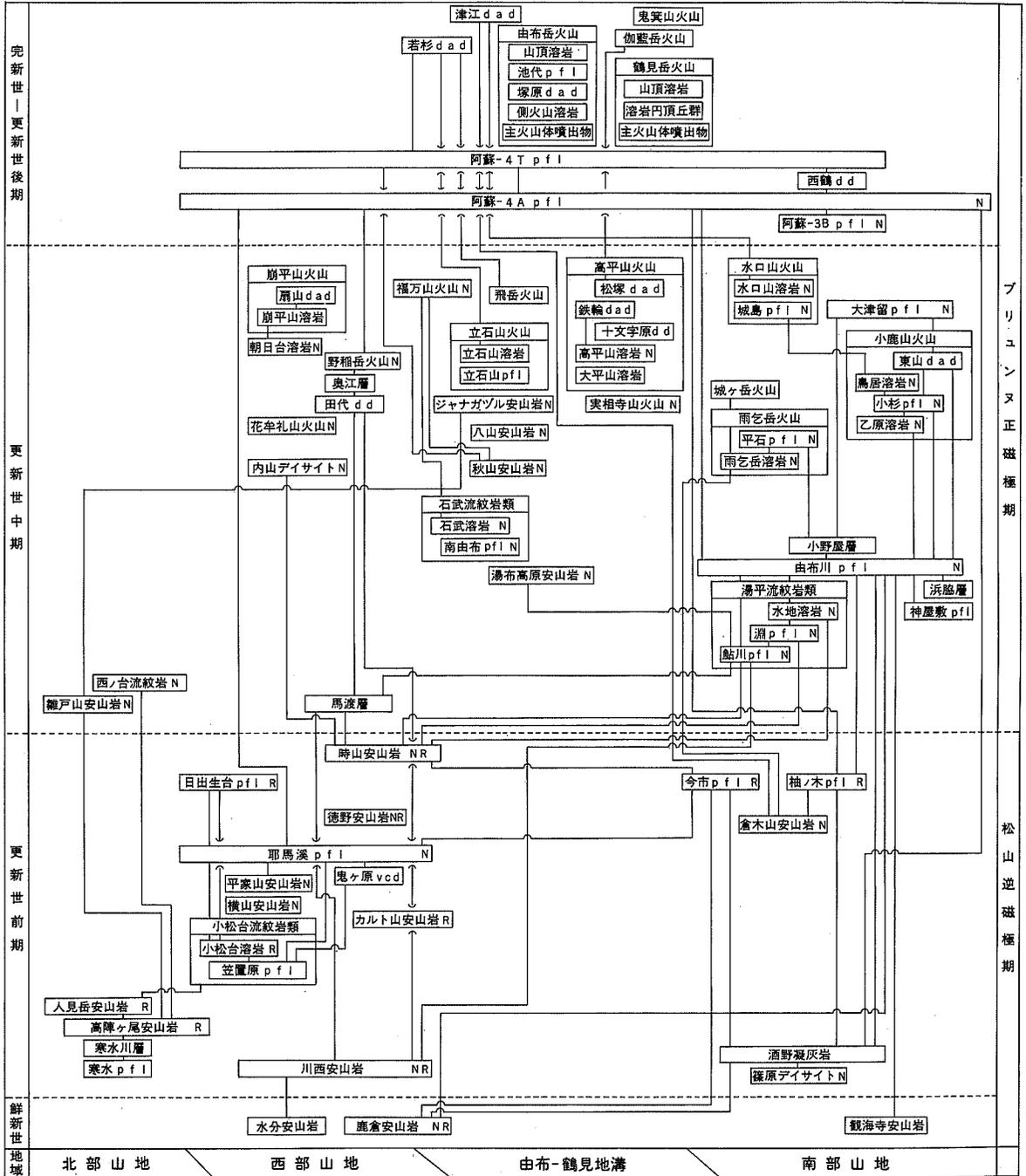
この時期の岩石・地層は北部・西部・南部各山地と由布-鶴見地溝内では、その周縁部に分布する。岩体の分布が別府北断層や津々良断層・庄内断層に規制されていることは、更新世中期にはこれらの断層の断層崖は存在していたことを示している。津々良断層・庄内断層の北東側には馬渡層以後、流紋岩火砕流や小野屋層が堆積しているので、両断層の断層崖下に、現在の大分川よりも広い古大分川谷があったと考える。

更新世中期の初期には流紋岩類が多く噴出した。その後南部山地には主として輝石安山岩が、西部山地と由布-鶴見地溝内には角閃石安山岩（ないしデイサイト）のみが噴出した。これらの火山岩体のうち、初期のものには断層運動のために原形を失っているものがある。他の多くの岩体は独立した山体を形成し、基本的に中心噴出型の火山地形を保存している。これらの噴出中心の明らかな岩体は、雨乞岳火山のように、火山名をつけて呼ぶことにした。

南部山地の南西縁、大分川沿いにシルト岩・礫岩などからなる馬渡層と、それを覆って湯平流紋岩類が分布する。湯平流紋岩類は下位から鮎川火砕流堆積物・淵火砕流堆積物・水地溶岩からなり、いずれも黒雲母流紋岩質である。鮎川火砕流堆積物は軽石流堆積物を主体に火砕サージ堆積物・降下火砕物・水成堆積物等を挟み、淵火砕流堆積物は熱雲の堆積物である。どちらも厚さ10m以下の多数のユニットからなる。このことは、後述の由布川火砕流堆積物が、少数の厚いフローユニットからなることと対照的である。水地流紋岩は大分川・花合野川に隔てられて分布する流紋岩溶岩で台地状の地形を作る。



第6図 九州中部火山岩地域東半部の火山岩の年代測定値 (鎌田, 1985の第8図を簡略化, 一部補筆した)  
 Fig. 6 Age data of the eastern part of the central Kyūshū volcanic rock area.



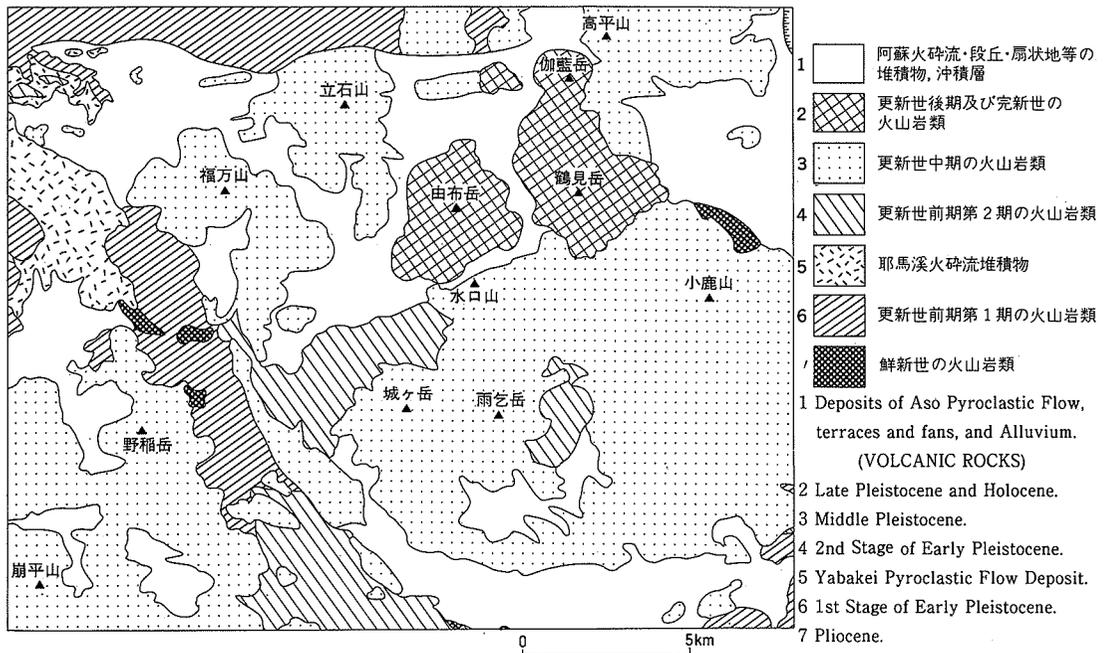
第7図 別府図幅地域の層序関係図。N：正帯磁，R：逆帯磁，pfl：火砕流堆積物，dad：岩屑なだれ堆積物，dd：岩屑堆積物，vcd：火山性碎屑堆積物

Fig. 7 Contact relation of geologic units in the Beppu district.

第1表 別府図幅地域の地質総括表(See Table 12, p. 126)

N:正帯磁, R:逆帯磁, 数字:K-Ar年代(Ma). ただし, 誤差が年代値の30%以内のもののみを採用した. 出典は各論及び付表を参照. 磁気層序は, MANKINEN and DALRYMPLE(1979)による.

時 代		北 部 山 地	西 部 山 地	由 布 - 鶴 見 地 溝	南 部 山 地		
第 四 紀	Ma 完 新 世 0.01	沖積層				津江岩屑なだれ堆積物	
		扇状地堆積物					
						若杉岩屑なだれ堆積物	
						段丘堆積物-2	
	更新世後期	プリ ユ ン ヌ 正 磁 極 期	阿蘇-4 火砕流堆積物(N)				
							阿蘇-3 火砕流堆積物
							段丘堆積物-1
							未区分段丘堆積物
	更新世中期	更新世中期	高平山火山(N)				高平山火山(N)
			実相寺山火山(N)				水口山火山(N)
			野稲岳 花牟礼山火山群	崩平山火山(N) 0.34-0.36 朝日台溶岩(N) 0.38-0.42 野稲岳火山(N) 0.42-0.56 奥江礫層 田代岩屑堆積物 花牟礼山火山(N) 0.55-0.63 内山テイスait(N)	福万山火山(N) 0.46 飛岳火山 立石山火山 0.57 ジャナガツル安山岩(N) 八山安山岩(N) 秋山安山岩(N)	小 鹿 山 雨 乞 岳 火 山 群	大津留火砕流堆積物(N) 小鹿山火山(N) 0.46 城ヶ岳火山 0.86 雨乞岳火山(N) 0.58
			石武流紋岩類(N) 湯布高原安山岩(N)				小野屋層 由布川火砕流堆積物(N)
更新世前期	松山逆磁極期	西ノ台流紋岩(N) 維戸山安山岩(N) 0.72				浜脇層 神屋敷火砕流堆積物 湯平流紋岩類(N) 0.5-1.1 馬渡層	
		第二次期岩類	時山安山岩(N,R) 0.64-0.88 日出生台火砕流堆積物(R) 徳野安山岩(N,R) 耶馬溪火砕流堆積物(N) 0.99-1.4		柚ノ木火砕流堆積物(R) 今市火砕流堆積物(R) 倉木山安山岩(N) 0.91		
鮮新世	鮮新世	第一期火山岩類	人見岳安山岩(R) 高陣ヶ尾安山岩(R) 1.3 寒水川層 寒水火砕流堆積物	鬼ヶ原火山性碎屑堆積物 平家山安山岩(N) 横山安山岩(N) 1.1 カルト山安山岩(R) 1.07 小松台流紋岩類(R) 1.16-1.3 川西安山岩(N,R) 1.3-1.6	酒野凝灰岩 篠原テイスait(N) 1.30		
				水分安山岩 鹿倉安山岩(N,R) 1.86-2.1	観海寺安山岩		



第8図 時代区分された火山岩類の分布

Fig. 8 Distribution of age-grouped volcanic rocks.

本地域東縁近くの大分川南岸には流紋岩質の火砕サージ堆積物を主体とする神屋敷火砕流堆積物がある。

由布川火砕流堆積物は本地域南東部に分布する、約0.6 Ma前に噴出した黒雲母流紋岩質の大規模な火山灰流堆積物である。堆積物の大部分は非-弱溶結であるが、南部では部分的に強く溶結し、更に大分川南岸では脱ガラス化によって硬化した岩相が島状の残丘地形を作っている。この火砕流の噴出源は地域中央部の水口山・由布岳付近と考える。地域東縁部別府市街に接して、朝見川断層崖の下部に由布川火砕流堆積物が露出し、更にその下位に成層軽石凝灰岩、砂岩・礫岩などからなる浜脇層が分布する。大分川北岸の台地上には、由布川火砕流堆積物を覆って小野屋層が分布する。小野屋層は砂・シルト・円礫等からなる陸水性の堆積層である。

由布院盆地西側には湯布高原安山岩と石武流紋岩類とがある。湯布高原安山岩は角閃石安山岩の溶岩流、石武流紋岩類は非溶結の南由布火砕流堆積物と1枚の溶岩(石武溶岩)からなる。

本地域中央南部から東部にかけて、南部山地の主体を作るのは小鹿山-雨乞岳火山群である。雨乞岳火山は輝石安山岩からなる、やや開析された成層火山である。この火山の主な部分は雨乞岳溶岩であり、山頂部から流下する数枚以上の溶岩流からなる。平石火砕流堆積物はその南斜面を覆う輝石安山岩質のスコリア堆積物である。城ヶ岳火山は雨乞岳火山の西斜面を覆い、数枚の輝石安山岩溶岩流からなる。小鹿山火山は輝石安山岩の成層火山である。その北・北東縁は由布院断層と朝見川断層に切られている。この火山の噴出中心は現在の分布域よりも北にあって、断層で失われたものと推定される。この火山を構成するものは下位から次のとおりである。乙原溶岩は数枚以上の安山岩溶岩と火砕岩からなる。

おすぎ  
小杉火砕流堆積物は発泡の悪い安山岩角礫を含む火砕流の堆積物であり、溶岩流や再堆積物を挟む。鳥居溶岩は1枚の厚い安山岩溶岩流である。東山岩屑なだれ堆積物はこの火山の南部の斜面を覆い、山体上部の崩壊による堆積物である。大津留火砕流堆積物は雨乞岳・小鹿山両火山の南側、大分川北岸の台地上に分布し、角閃石デイサイト質の火山灰流-軽石流堆積物である。

本地域南西部には野稲岳-花牟礼山火山群がある。花牟礼山火山は久住図幅、朝日台溶岩は久住・宮原両図幅地域に主な分布がある。田代岩屑堆積物は地域南西隅に広く分布し、それを覆う火山角礫岩-火山円礫岩からなる奥江礫層とともに野稲岳周辺に標高700-900mの平坦面を作っている。野稲岳火山は5個以上の溶岩円頂丘と、その基部に分布する熱雲堆積物を主とする火砕岩類からなる。崩<sup>くえのひら</sup>平山火山は2つの溶岩円頂丘からなる崩平山溶岩と、その崩壊によって生じた扇山岩屑なだれ堆積物からなる。野稲岳・崩平山両火山は多数の東西性正断層群に切られている。

福万山-立石山火山群は由布-鶴見地溝の北-西部に分布する火山群の総称である。秋山安山岩は日出生台周辺に点在する溶岩・火砕岩であり、八山安山岩は由布院盆地西部にあり、独立した山体である。ジャナガヅル安山岩はジャナガヅル山頂付近を薄く覆う溶岩と籬戸山の東部を覆う火砕岩とからなる。立石山・飛岳・福万山はそれぞれやや大型の溶岩火山であり、立石山火山は山体北側の下位に軽石流の堆積物である立石山火砕流堆積物を伴っている。これらの火山は顕著な東西性の正断層群による変位を受けている。

高平山-水口山火山群は由布-鶴見地溝東部の火山群である。水口山火山は由布岳南側の由布-鶴見地溝外側にあり、南側の城島火砕流堆積物と北側の水口山溶岩からなる。北縁を由布院断層に切られており、噴出中心は由布-鶴見地溝内にあったと推定される。実相寺山火山は別府市街地中・北部の扇状地中に突出している溶岩円頂丘である。高平山火山は別府市街地の扇状地の北西側を限る火山である。高平山・鍋山等の溶岩円頂丘とその崩壊によって発生した鉄輪<sup>かんなわ</sup>・松塚両岩屑なだれ堆積物と十文字原岩屑堆積物からなる。

#### 第四系上部更新統及び完新統

阿蘇火山からの火砕流堆積物、由布-鶴見火山群と段丘・扇状地及び岩屑なだれ堆積物と沖積層とからなる。阿蘇火山噴出物はAso-3サイクルの阿蘇-3B火砕流堆積物及び約7万年前のAso-4サイクルの阿蘇-4A火砕流堆積物、それを母材とする西鶴岩屑堆積物、それらを覆う阿蘇-4T火砕流堆積物からなる。阿蘇-3B火砕流堆積物は太田川南岸沿いに、阿蘇-4火砕流堆積物は太田川沿い及び日出生台、野上川沿いなどに分布する。

段丘堆積物は太田川沿いのほか、小規模な分布が別府市街地南西側、津房川沿いにある。阿蘇-4火砕流より古期・新期のものをそれぞれ段丘堆積物-1、-2とし、関係が不明のものを未区分段丘堆積物とした。

由布-鶴見火山群は由布岳・鶴見岳・伽藍岳各火山の角閃石安山岩・デイサイトの溶岩円頂丘群と鬼箕山火山とからなる。これらは7万年前の阿蘇-4火砕流堆積物よりも新しい。

由布岳火山は急峻な主山体とその周辺の8個の側火山溶岩、北山麓の塚原岩屑なだれ堆積物及び池代火砕流堆積物、山頂部の山頂溶岩からなる。山頂部に径400mの主火口とその内側に北北東-南南西方向に配列する3個の小火口がある。鶴見岳火山は別府市街地の西側を限り、ほぼ南北方向に配列する溶岩

火山群である。最も新しい鶴見岳には9世紀の活動記録があり、現在は山頂北西側に噴気活動がある。伽藍岳火山は鶴見岳火山の北に接する溶岩円頂丘であり南側に活発な硫気活動がある。

鬼箕山火山は伽藍岳西麓にある小型の単成火山であり、西に開いた低い火砕丘とそこから流出した1枚の溶岩流からなる。岩石はかんらん石斑晶を多く含む苦鉄質安山岩であり、本地域ではこれに類似した岩石はほかには産出しない。

由布院盆地東部には、それぞれ由布院断層の断層崖及び飛岳火山西面を発生源とする津江・若杉両岩層なだれ堆積物がある。津江岩層なだれ堆積物は1596年の別府湾内の地震の際に発生した。

扇状地堆積物は各所の急斜面の下部にあるが、最も大規模のものは鶴見岳火山の東麓、別府湾までの広大な扇状地である。源泉数約3000に達する別府温泉群は、この扇状地の南北両側と扇状地上とに分布する。沖積層は由布院盆地、別府湾岸沿いの他、小規模な分布が各河川沿いにある。別府湾岸には埋立地がある。

## II. 2 岩 石

別府図幅地域に産出する岩石<sup>4)</sup>は苦鉄質安山岩( $\text{SiO}_2$ : 53.9%以下)から流紋岩( $\text{SiO}_2$ : 68.8%以上)にわたる火山岩である。苦鉄質安山岩は量的に極めて少ない。大部分が中性-珪長質安山岩・デイサイトであるが、流紋岩も比較的多量にあって、日本の岩石区としては珪長質岩が多く産する地域といえる。代表的な岩石の化学組成を第2表に示す。

本地域の岩石はすべて $\text{SiO}_2$ に過飽和であるが、比較的アルカリが多いために過飽和度は小さく、 $\text{SiO}_2$  54.3%の岩石(第2表 No. 14)でもノルム石英は1.2%に過ぎない。岩石の $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$ 図、 $\text{SiO}_2$ - $\text{FeO}^{\text{tot}}$ / $\text{MgO}$ 図を第9・10図に示す。第9図によると、由布-鶴見地溝内の実相寺山火山及び後期更新世以後の由布岳・鶴見岳・鬼箕山各火山の岩石(一般に角閃石斑晶を多く含む)は、それらより古い、由布-鶴見地溝外側に分布する岩石(輝石斑晶を主に含む)よりも、少なくとも $\text{SiO}_2$  65%以下の範囲では、同一 $\text{SiO}_2$ に対して $\text{K}_2\text{O}$ 量が多い。第10図によると本地域の岩石はMIYASHIRO(1974)のカルクアルカリ岩の領域にある。

斑晶鉱物として、斜長石はすべての岩石に最も多量に含まれる。石英は一部のデイサイトに斑晶として含まれるほか、苦鉄質安山岩をはじめ多くの岩石に捕獲結晶として含まれている。普通に含まれる斑晶鉄マグネシウム珪酸塩鉱物はかんらん石・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石・黒雲母であり、極めて一般的な傾向としては列記したこれらの鉱物のうち前の方にあるものが苦鉄質岩に多く、後のものが珪長質岩に多い。しかし、これらの鉱物のどれかを単独に含んでいる岩石はなく、3-4種を含むものが多く、これらの5種をすべて含む岩石もある。上記のほか流紋岩には鏡下で無色のカミングトン閃石と推定される角閃石の斑晶を含む岩石がある。

石基鉱物は一般に細粒であり、珪長質岩の石基部ではガラス質のことが多い。石基の輝石が単斜輝石のみの岩石は一部の苦鉄質安山岩に限られ、他の岩石は識別できる限りは単斜・斜方輝石の双方を含む。

4) 岩石名は久野(1954, p. 196, または, 第2版, 1076, p.228)の表に岩石の総化学組成を適用(化学分析がないときは準用)して命名した。同表に石基組成を適用すれば、例えば角閃石安山岩はデイサイトか流紋岩になる。また総化学組成の $\text{SiO}_2$ を基準とする方法(例えば都城・久城, 1975, p.62)では、本地域の流紋岩の多くはデイサイトである。

第2表 別府圏地域の代表的岩石の化学組成

Table 2 Chemical composition of representative rocks in the Beppu district.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	59.70	67.10	68.56	60.72	59.26	61.96	53.88	56.00	58.68	62.20
TiO <sub>2</sub>	0.77	0.39	0.37	0.67	0.82	0.64	0.92	1.17	0.80	0.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.10	17.12	16.58	19.03	18.78	17.62	18.75	18.51	16.00	16.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.28	1.86	1.53	2.42	1.62	1.99	3.11	3.28	3.29	3.20
FeO	2.87	1.20	1.32	2.49	4.06	3.03	4.97	4.27	3.49	2.25
MnO	0.14	0.04	0.02	0.07	0.15	0.11	0.18	0.17	0.18	0.07
MgO	3.02	0.94	0.88	2.62	3.33	2.91	4.87	3.61	5.03	2.60
CaO	6.59	2.95	2.77	4.06	6.56	6.08	8.73	7.95	7.34	5.51
Na <sub>2</sub> O	3.94	4.21	4.33	3.65	3.86	4.04	3.67	3.65	3.73	3.55
K <sub>2</sub> O	1.06	3.15	3.17	1.51	1.22	1.14	0.64	0.74	0.99	1.93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.12	0.16	0.20	0.21	0.21	0.22	0.19	0.15	0.16
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.31	0.28	0.44	1.32	0.16	0.30	0.18	0.22	0.19	0.33
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.42	0.22	0.12	1.12	0.05	0.22	0.06	0.38	0.12	0.34
TOTAL	100.39	99.58	100.25	99.88	100.08	100.25	100.18	100.14	99.99	99.53
水を除いた再計算値	Recalculated without water									
SiO <sub>2</sub>	59.90	67.72	68.77	62.32	59.34	62.13	53.91	56.26	58.87	62.92
TiO <sub>2</sub>	0.77	0.39	0.37	0.69	0.82	0.64	0.92	1.18	0.80	0.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.16	17.28	16.63	19.53	18.80	17.67	18.76	18.60	16.05	16.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.29	1.88	1.54	2.48	1.62	2.00	3.11	3.30	3.30	3.24
FeO	2.88	1.21	1.32	2.56	4.07	3.04	4.97	4.29	3.50	2.28
MnO	0.14	0.04	0.02	0.07	0.15	0.11	0.18	0.17	0.18	0.07
MgO	3.03	0.95	0.88	2.69	3.33	2.92	4.87	3.63	5.05	2.63
CaO	6.61	2.98	2.78	4.17	6.57	6.10	8.74	7.99	7.36	5.57
Na <sub>2</sub> O	3.95	4.25	4.34	3.75	3.87	4.05	3.67	3.67	3.74	3.59
K <sub>2</sub> O	1.06	3.18	3.18	1.55	1.22	1.14	0.64	0.74	0.99	1.95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.12	0.16	0.21	0.21	0.21	0.22	0.19	0.15	0.16
ノルム	Norm									
Q	14.63	23.32	24.28	21.47	11.60	16.46	4.26	9.84	11.69	19.44
C		1.72	1.38	4.60						
or	6.26	18.79	18.79	9.16	7.21	6.74	3.78	4.37	5.85	11.52
ab	33.42	35.96	36.72	31.73	32.75	34.27	31.05	31.05	31.65	30.38
an	28.69	14.00	12.75	19.32	30.32	26.67	32.82	32.09	24.08	24.27
di-wo	1.19				0.38	0.93	3.80	2.63	4.78	0.97
-en	0.89				0.22	0.61	2.46	1.76	3.55	0.79
-fs	0.18				0.14	0.26	1.09	0.68	0.77	0.06
hy-en	6.65	2.37	2.19	6.70	8.07	6.67	9.67	7.29	9.03	5.76
-fs	1.38	0.10	0.58	1.64	4.93	2.82	4.29	2.84	1.95	0.45
mt	4.77	2.73	2.23	3.60	2.35	2.90	4.51	4.78	4.78	4.70
hm										
il	1.46	0.74	0.70	1.31	1.56	1.22	1.75	2.24	1.52	1.29
ap	0.44	0.28	0.37	0.49	0.49	0.49	0.51	0.44	0.35	0.37
FeO <sub>tot</sub>	42.08	25.72	24.36	37.49	39.63	37.37	45.84	47.45	39.81	38.87
MgO	21.83	8.42	7.92	21.05	23.87	22.55	28.73	23.73	31.08	19.68
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	36.09	65.86	67.71	41.47	36.49	40.08	25.43	28.82	29.11	41.45
D.I.	54.32	78.08	79.79	62.37	51.56	57.46	39.10	45.27	49.18	61.34
Col. Ind.	16.96	6.22	6.07	13.74	18.14	15.90	28.08	22.66	26.73	14.39

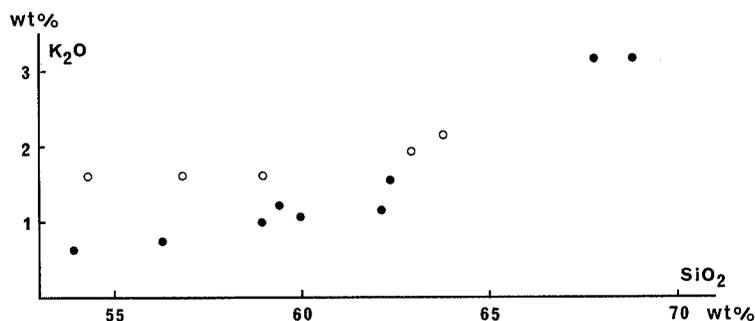
分析者：倉沢 一。 Analyst: H. Kurasawa.

11	12	13	14
58.86	63.42	56.74	54.26
0.77	0.74	0.97	1.09
17.36	16.29	17.59	16.29
3.52	3.54	3.46	2.86
3.05	1.71	4.04	6.21
0.12	0.14	0.12	0.15
3.51	2.45	3.78	6.16
7.10	5.33	7.89	7.28
3.73	3.59	3.40	3.77
1.61	2.13	1.63	1.60
0.15	0.18	0.17	0.22
0.17	0.26	0.24	0.36
0.08	0.18	0.18	0.14
100.03	99.96	100.21	100.39
58.99	63.73	56.86	54.32
0.77	0.74	0.97	1.09
17.40	16.37	17.63	16.31
3.53	3.56	3.47	2.86
3.06	1.72	4.05	6.22
0.12	0.14	0.12	0.15
3.52	2.46	3.79	6.17
7.12	5.36	7.91	7.29
3.74	3.61	3.41	3.77
1.61	2.14	1.63	1.60
0.15	0.18	0.17	0.22
12.06	20.60	9.40	1.20
9.51	12.65	9.63	9.45
31.65	30.55	28.85	31.90
25.93	22.14	27.98	22.86
3.51	1.37	4.24	4.96
2.65	1.18	2.91	3.12
0.50		0.98	1.53
6.11	4.95	6.53	12.25
1.15		2.21	6.01
5.12	3.38	5.03	4.15
	1.23		
1.46	1.41	1.84	2.07
0.35	0.42	0.39	0.51
41.28	37.49	44.82	43.25
23.30	18.73	23.68	30.34
35.42	43.78	31.50	26.41
53.22	63.80	47.89	42.56
20.85	13.94	24.13	34.60

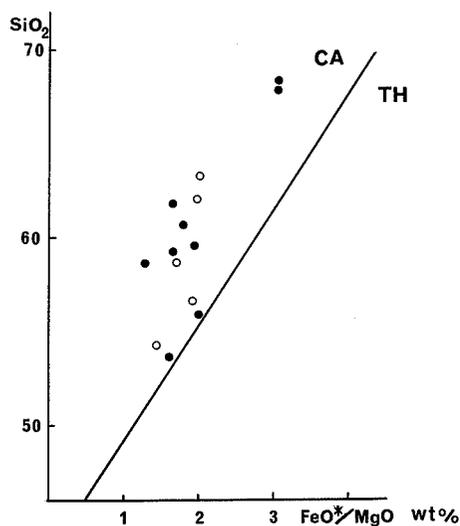
1. 普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩, 倉木山安山岩, 溶岩, <R 41397>, 8b-138, 湯布院町西石松.  
Aug-hyp-hor andesite, Kurakiyama Andesite (Sk).
2. 紫蘇輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩, 湯平流紋岩類, 淵火碎流堆積物, 火砕流堆積物の本質岩片, <R 41398>, 0b-494, 庄内町平石の南西.  
Hyp-bg hor-bi rhyolite, Yunohira Rhyolites (H<sub>2</sub>).
3. 普通輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩, 湯平流紋岩類, 水地溶岩, 溶岩, <R 41399>, 8b-185, 湯布院町湯ノ上.  
Aug-bg hor-bi rhyolite, Yunohira Rhyolites (H<sub>3</sub>).
4. 普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩, 湯布高原安山岩, 溶岩, <R 41400>, 0b-654, 湯布院町湯布高原.  
Aug-hyp-hor andesite, Yufukögen Andesite (Hy).
5. 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 雨乞岳火山, 雨乞岳溶岩, 溶岩, <R 41401>, 8b-211, 庄内町雨乞岳の南.  
Aug-hyp andesite, Amagoidake Volcano (Oa).
6. 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 城ヶ岳火山, 溶岩, <R 41402>, 8b-147, 城ヶ岳山頂.  
Aug-hyp andesite, Jögadake Volcano (Oj).
7. かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩, 城ヶ岳火山, 溶岩, <R 41403>, 8b-167, 庄内町尾子岳の東.  
Ol-bg hyp-aug andesite, Jögadake Volcano (Oj).
8. 普通角閃石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 小鹿山火山, 乙原溶岩, 溶岩, <R 41404>, 8b-61, 別府市乙原の西.  
Hor-bg aug-hyp andesite, Ojikayama Volcano (Ob).
9. かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩, 小鹿山火山, 鳥居溶岩, 溶岩, <R 41405>, 8b-40, 別府市鳥居.  
Ol-hyp-aug andesite, Ojikayama Volcano (Ot).
10. 普通輝石黒雲母含有紫蘇輝石普通角閃石デイサイト, 実相寺山火山, 溶岩, <R 41406>, 8b-25, 別府市野田.  
Aug-bi-bg hyp-hor dacite, Jissöjiyama Volcano (Mj).
11. 紫蘇輝石かんらん石黒雲母石英含有普通輝石普通角閃石安山岩, 由布岳火山, 主火山体噴出物, 火砕岩の岩片, <R 41407>, 0b-904, 湯布院町由布岳大崩.  
Hyp-ol-bi-qz-bg hor andesite, Yufudake Volcano (Y<sub>0</sub>).
12. 石英紫蘇輝石含有黒雲母普通角閃石デイサイト, 鶴見岳火山, T<sub>2</sub> 溶岩, 溶岩, <R 41408>, 8b-43, 内山山頂の南.  
Qz-hyp-bg bi-hor dacite, Tsurumidake Volcano (T<sub>2</sub>).
13. 石英含有紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩, 鶴見岳火山, 山頂溶岩, 溶岩, <R 41409>, 8b-50, 別府市堀田の南西.  
Qz-bg hyp-aug-hor andesite, Tsurumidake Volcano (T<sub>5</sub>).
14. 紫蘇輝石石英含有普通角閃石普通輝石かんらん石安山岩, 鬼箕山火山, 溶岩, <R 41410>, 8b-105 T, 湯布院町中釣の北.  
Hyp-qz-bg hor-aug-ol andesite, Oninomiya Volcano (O).

ol : olivine, aug : augite, hyp : hypersthene, hor : hornblende,  
bi : biotite, qz : quartz, bg : bearing.

< > 内は地質調査所標本登録番号 (GEMS 番号).



第9図 別府図幅地域の火山岩のSiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O図. 白丸は由布-鶴見火山群の岩石, 黒丸はその他の岩石  
 Fig. 9 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O diagram of volcanic rocks of the Beppu district. Open circle : Yufu-Tsurumi Volcano Group, Solid circle : other rocks.



第10図 別府図幅地域の火山岩のFeO\*/MgO-SiO<sub>2</sub>図  
 FeO\*は全鉄, 記号は第9図に同じ  
 Fig. 10 Total FeO/MgO-SiO<sub>2</sub> diagram of volcanic rocks of the Beppu district. Symbols are same as those of Fig. 9.

本地域の流紋岩からは大隅石の産出が報告されている(小松台流紋岩類:青木, 1954; 西ノ台流紋岩:吉川・森山, 1974)。これらの大隅石は斑晶サイズではあるが, 溶岩固結最末期の気相晶出鉱物であるため, 流紋岩中の, 石質でやや多孔質の岩相にのみ産する。

## II. 3 研究史

本地域の最初の系統的な地質記載は山上万次郎による20万分の1地質図幅「大分」(1896)である。山上はこの図幅で, 先第三紀岩類の分布や大分-久住を結ぶ“中央線”以北のほとんど全域が第三紀以後の火山岩に覆われていることなど, 中部九州の地質の大勢を明らかにした。別府図幅地域内の地質はわずか3種に分けられているのみである。しかし, 「角閃安山岩」が由布岳・鶴見岳などを造ること, 他のほとんど全域は「輝石安山岩及びその集塊岩」からなり, しばしば台地状の地形を造ること, 大分川沿いや日

出生台などに「火山噴出物」が分布し、それが阿蘇火山起源の阿蘇溶岩（現在の阿蘇火砕流堆積物）であることなど重要な事実を明らかにしたほか、火山活動、温泉も含め、広範な記載を行った。

松本唯一（1918）は由布鶴見火山群を調査し、はじめてこの地域の地質について詳細に記述した。すなわち、福万山・立石山・由布岳・鶴見岳・硫黄岳（伽藍岳）等からなる由布鶴見火山群は山陰系とよばれる角閃石安山岩からなること、地形的にこれらの新しい火山の分布地域を中央帯、その南北両側に南帯・北帯と3帯に区分できること、南・北両帯はそれぞれ中央帯に向う側は急斜面で外側に緩斜する台地をなし、第三紀後期の輝石安山岩と酸性岩の溶岩・火砕岩からなること等、現在まで基本的に変わっていない結論を述べている。松本による地質図はHONMA（1926）中に印刷されている。この図中で現在の知識と大きく異なることは、本報告の由布川火砕流堆積物が“Aso lava”に含められていることである。この混同は笠間（1953）にも引きつがれているが、松本自身はのちにこの部分を庄内イグニンプライト（MATUMOTO, 1963）として阿蘇火砕流堆積物と区別した。

鈴木政達（1937）の論文（遺稿）は、別府図幅地域付近の地質の記載とともに、この地域には地殻変動を示す地形（断層崖）が発達すること、（本報告の）由布-鶴見地溝がその南北両側に比べ沈降した地溝であること、別府温泉群の温泉・噴気等の分布が地質構造線に支配されていることなどを明確に述べ、（本報告の）由布院・朝見川両断層を地質図上に示すなど先進的な業績であった。

中部九州には本図幅地域内の由布岳・鶴見岳や南西方の九重火山・阿蘇火山のように明瞭な火山地形をもつ火山のほか、噴出中心の不明瞭な台地状の地形をなす火山岩が広く分布していて、これがこの地域の研究者の注目をひいた。前記したように山上（1896）や松本（1918）もこのことを記述した。台地状の地形を作ったものは阿蘇（MATUMOTO, 1943；小野ほか, 1977）、耶馬溪（加藤, 1918；松本唯一, 1933）、今市（小野, 1963）などの広域に分布する火砕流堆積物と安山岩・流紋岩などの水平または緩傾斜の溶岩流である。

火砕流の概念とその堆積物の認識が定着したのは1950年代後半以降である。以下に述べる加藤武夫（1918）、赤木 健（1933, 1934）、松本唯一（1918, 1933, 1943）などの研究は、火砕流堆積物を阿蘇溶岩、耶馬溪溶岩などと呼んでいる。しかし、これらの報告では各岩体を独立の地質単位として識別し、地質図に表現した。1950年代に久野（1954, p. 29, 阿蘇）、石井ほか（1956, 耶馬溪）によってこれらの岩体が火砕流堆積物（あるいは溶結凝灰岩）であることが明記され、その後この認識が一般的になった。

別府図幅地域の周辺におけるこれらの火山岩についての重要な記載・貢献を以下にまとめる。加藤（1918）は本地域の北西方、英彦山及び耶馬溪地域で台地状をなす輝石安山岩を旧期台地溶岩、耶馬溪火砕流堆積物を新期台地溶岩と呼んだ。しかし、彼はこの耶馬溪火砕流堆積物を阿蘇火山起源の火砕流堆積物（阿蘇溶岩）と考えた。なお、谷沿いに分布する（現在の）阿蘇火砕流堆積物は後期阿蘇溶岩あるいは灰石溶岩として、耶馬溪火砕流堆積物である（彼の）阿蘇溶岩と区別した。台地溶岩の用語あるいは概念はこの後長く影響を与えた。

赤木 健は中九州北西部の調査を行い、7万5千分の1地質図幅「山鹿」（赤木, 1933）、同「豆田」（赤木, 1934）を発表した。この中で赤木は広く分布する台地状の輝石安山岩類に対して筑紫溶岩と命名し、また筑紫溶岩に比べ淡色で、斜長石・角閃石斑晶の目立つ角閃石安山岩を日向神溶岩と呼んだ。

松本唯一（1933）は阿蘇火砕流堆積物の研究の過程で耶馬溪溶岩、万年山溶岩を識別、記載した。耶馬

溪溶岩は松本 (1933) だけでなく、赤木 (1933) にも記載され、ともに現在の耶馬溪火砕流堆積物に当たる。しかし、松本 (1933) の万年山溶岩は、黒雲母流紋岩を主とする酸性の溶岩と溶結火砕流堆積物との、中部九州の広い地域にわたる多数の岩体の集合名であった。松本は「万年山溶岩がほとんど常に旧期の輝石安山岩溶岩の上にあるかこれを貫く」ことを重視し、その逆の関係がみられたのは「局部的な一例外」とした上で、「万年山溶岩」について「噴出の中心は一つとはいえないが、活動が概して同時期のものらしく、中部九州火山活動の歴史に重要な役割を演じていると思われるので、これに特別な名称を与えるのが便利と考え、それによって西南日本、少なくとも中部九州における火山活動史上のある時期を代表させようとする」と書いている。これはある岩型の岩石の産出が時代的に意味があると考えることを述べたもので、恐らく、テクニクな意義をもつことも考えていたと察せられる。この考えも後代の研究者に強い影響を与えている。

第2次大戦後再開された研究によって、火山岩類と堆積岩層や構造運動との関係を重視した新しい成果が1950年代から発表されはじめた。笠間 (1953) は主に別府図幅地域東半部を、首藤 (1953) は中九州東部の主として堆積岩からなる地域を研究し、ともに、鮮新世最末期から更新世初期に大規模な造台地性の火山活動があったと述べている。

松本徂夫はその多くの研究報告 (松本, 1963・1979b など) 中で前期更新世 (200万-60万年前) に九州中部の広域に大規模な火山活動があったことを述べ、これを豊肥火山活動と命名した。そして豊肥火山活動は一般に角閃石安山岩から輝石安山岩に移化し、その末期に台地性の輝石安山岩の流出があったとして、これを豊肥溶岩と呼んだ。さらに松本 (1977 など) は豊肥火山活動のあと50万-30万年前に酸性火山活動があり、これを豊後火山活動と呼ぶことを提唱した。この活動の産物とされたものには万年山溶岩、耶馬溪火砕流堆積物、日向神溶岩などが含まれている。松本徂夫の一連の論文では火山活動と構造運動との対応関係が強調され、それはさらに、後述するように、地溝性陥没など火山活動の場の議論に引きつがれる。

このように九州中部火山岩地域では研究の初期から台地溶岩、筑紫溶岩、日向神溶岩、万年山溶岩、豊肥溶岩などの呼称が提唱されて来た。これらの名称は活動像の整理・理解に役立てられてきた一方、一部には層序関係あるいは年代が不明のまま、地理的に離れた岩体まで岩質の類似によって対比されるなど単純化され過ぎて適用された場合もあった。しかし、近年放射年代資料が蓄積されるとともにその活動像にも修正あるいは検討が加えられている (渡辺・林, 1983; 松本, 1984b など)。

松本徂夫 (1979a・1984a など) は中部九州の火山岩地帯は九州島を東西に横断する基盤の沈降部であるとして、これを別府-島原地溝とよび、その中に速見・万年山 (池田, 1979)、雲仙 (松本, 1979a) などの、より小規模の地溝・地壘などの構造があることを述べた。このような構造の形成は中新世に始まり、鮮新世末から更新世初期と更新世中期にも大きな活動があったとしている。

1960年代以降、森山 (1972a)、松本幡郎・松本唯一・恒富 (1972)、松本幡郎・寺井 (1984)、森山ほか (1986) など別府図幅地域内の地域記載的報告が発表された。森山 (1972b) は本図幅地域にあたる5万分の1表層地質図「別府」を公表した。小野 (1963) は南隣「久住」図幅説明書の中で、同地域では輝石安山岩・黒雲母流紋岩など酸性・中性の火山活動が交互することを述べた。より広域的な地質図編纂としては、宮久 (1972) による大分県地質図 (20万分の1) や豊肥地熱地域地質図編集グループ (1982) の同地域地質図

(10 万分の 1) がある。吉川 (1972, 1973) は多量の測定値に基づいて、別府温泉の地下水理と地質との関係を総括した。

九州中部火山岩地域はまた日本有数の地熱資源包蔵地域である。九重火山群を中心とする地域は豊肥地熱地域とよばれ、ナショナルプロジェクトとして昭和 53 年度以降大規模な地熱調査が行われている。地熱資源開発については第 IX 章で述べるが、ここではそれに伴った地質の研究について略記する。

この地域では重力をはじめ各種の地球物理学的調査や多くの試錐などが行われ、駒澤・鎌田 (1985) は、重力値の解析によってこの地域の基盤深度を推定した。笹田 (1984, 1987) は地表地質・試錐・重力などから豊肥地域の基盤地質構造を考察した。また、この地域ではこれまで日本では例のないような多数の火山岩について放射年代や自然残留磁化の測定が行われ (鎌田, 1985 など; 須藤, 1985a, b; 宇都・須藤, 1985), この地域の広域地質構造の理解に飛躍的な進歩をもたらした。鎌田 (1985) は前述したように、中北部九州火山岩地域の火山岩の放射年代値が、全体として、古い岩石ほど外側に、新しい岩石ほど内側に、帯状分布をしていることを明らかにし (10 ページ第 6 図)、この地域が 5Ma 以降現在までの伸張応力場で形成された火山構造的陥没地であるとした。

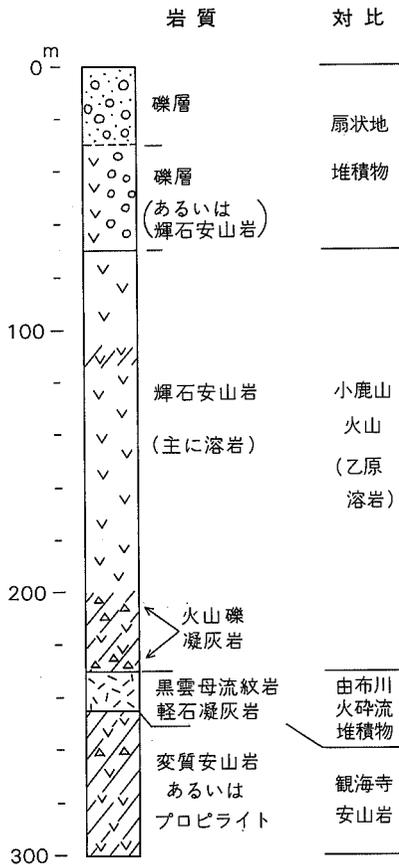
### III. 新第三系鮮新統

本図幅地域の新第三系鮮新統は、東端部の観海寺安山岩、南縁部の鹿倉安山岩及び西部山地の水分安山岩である。いずれも輝石安山岩であり、下限は露出していない。またこれら鮮新統の分布は、ブーゲー重力異常の高異常域に位置している (VIII.1 参照)。

#### III. 1 観海寺安山岩 (K)

鶴見岳南東側の由布 - 鶴見地溝の南側沿いに露出する、変質の進んだ輝石安山岩の溶岩・火砕岩、あるいはプロピライトを観海寺安山岩と呼ぶ。笠間 (1953) の観海寺火山岩を改称した。本岩の分布は、観海寺高重力帯 (VIII. 1 参照) の高中心の一つと一致する。層序関係は、地表では小鹿山火山乙原溶岩に地形的に覆われるのみであるが、別府市浜脇温泉 (本図幅地域の東に近接した大分図幅地域) のボーリング柱状図 (京都大学地球物理研究施設保管のコアから作成, 第 11 図) では、両者の間に、薄く由布川火砕流堆積物と思われる黒雲母流紋岩質軽石凝灰岩を挟む。層厚は最大 200 m 以上である。

笠間 (1953) は本岩を中新統と推定し、首藤 (1953) は中新統宇佐層群に含めた。この考えは宮久 (1972) 及び松本 (1973) に引き継がれている。鎌田 (1985) は従来中新統宇佐層群といわれてきた地域の火山岩の K-Ar 年代測定を行い、これらが鮮新統 - 更新統であると述べた。本地域の観海寺安山岩については放射年代値は得られていない。ここでは以下の理由から、本岩を鮮新統と考える。まず本図幅地域の南北両側に近接する地域で、本図幅の鹿倉安山岩・高陣ヶ尾安山岩などが先新第三系基盤を直接覆い、その間に他の地層を挟んでいないこと、久住図幅地域 (別府地域南縁の約 7 km 南方) の中期中新世の大野火山岩類 (小野, 1963; 柴田・小野, 1974) は主に新鮮な流紋岩溶結凝灰岩からなり、観海寺火山岩とは全く岩相が異なることなどの層序学的理由、次に、本岩が現在の活発な温泉活動地域にあり、変質作用は上位の更新世火山岩類にも及んでいること (第 11 図)、更に、後述するように本岩中には金鉱脈が胚胎し



第11図 別府市浜脇(大分県幅地域)のボーリング柱状図。斜線部は変質部を示す

Fig. 11 Columnar section of a drill hole at Hama-waki in the Beppu City.

ているが、近年、南九州などで変質帯を伴う金鉱床の鉱化作用の時期が鮮新世-更新世であることが明らかにされている(阿部ほか, 1986; 浦島・池田, 1987など)ことである。

観海寺安山岩は、緑灰色・褐灰色・赤紫灰色などの安山岩溶岩及び同質火砕岩から構成される。溶岩は塊状、火砕岩は大きさ5 mm-10 cmの岩片と同質の細粒基質からなる。斑晶として大きさ1-4 mmの斜長石・普通輝石・紫蘇輝石を含む。変質が進み、有色鉱物の一部または斑晶の全てが緑泥石などの粘土鉱物や炭酸塩鉱物に置換されている。本岩中には含金石英脈があり、その周囲は珪化されている(IX. 2参照)

普通輝石紫蘇輝石安山岩 (R 41411) 0b-414  
産地・産状: 別府市乙原, 446.2m 三角点東北東400m。溶岩。

斑晶: 斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鉱。  
斜長石・紫蘇輝石・普通輝石の一部が、緑泥石・炭酸塩鉱物などに、虫食い状や割れ目に沿って置換されている。

石基: 斜長石・鉄鉱・変質鉱物。塊間状組織。

### III. 2 鹿倉安山岩 (Pk)

南隣久住図幅地域の中央部から、本図幅地域南縁部にかけて分布する大型の斜長石斑晶を持つことで特徴づけられる輝石安山岩溶岩を鹿倉安山岩(小野, 1963)と呼ぶ。

小野(1963)によると、久住図幅地域で鹿倉安山岩は今市火砕流堆積物及び由布川火砕流堆積物に覆われ、時山安山岩の岩脈の貫入を受けている。また、鹿倉安山岩は厚さ20-50 m以上の数枚以上の溶岩流から構成されている。

久住図幅地域での試料のK-Ar年代値として、 $1.86 \pm 0.23$  Ma(宇都・須藤, 1985),  $2.1 \pm 0.4$  Ma(須藤, 1985a)が得られており、それらの自然残留磁化方位は、それぞれ逆と正である。本地域の試料の自然残留磁化方位は逆である<sup>5)</sup>。

岩石は灰色-帯青灰色の安山岩で、細粒石基中に大きさ4-10 mmの斜長石と2-6 mmの普通輝石・紫蘇輝石を多量に含む。ごくまれに微量の2 mm以下のオパサイト化した普通角閃石を含むことがある。

5) 本報告での自然残留磁化方位は、こぶし大試料をフラックス・ゲート式磁力計により測定した。

紫蘇輝石普通輝石安山岩 〈R 41412〉 9b-324

産地・産状：庄内町野畑南方．溶岩．

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹．

石基：斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鈹・シリカ鉱物．塊状組織．

### III. 3 水分安山岩 (Pm)

西部山地の水分峠西方から槐木にかけてと、上津々良<sup>みづわけ</sup>南西に分布する輝石安山岩溶岩を水分安山岩と呼ぶ（新称）．水分安山岩の分布は水分峠高重力帯（VIII. 1 参照）と一致する．本岩と川西安山岩との直接の関係は不明だが、分布が川西安山岩分布域の谷底付近に限られるので、水分安山岩は川西安山岩の下位とみられる．上津々良の南西では、本岩を貫く構造試錐（54-MW-1）が切削されている（日本地熱資源開発促進センター，1980）．このコアでは、水分安山岩の下位には川西安山岩（角閃石安山岩）は認められず、坑底（深度 801m）まで輝石安山岩が連続している．本岩からは放射年代値は得られていない．しかし後述するように、上位の川西安山岩最下部は、鮮新世末期の可能性があるので、水分安山岩の噴出は鮮新世と考える．

岩石は、暗灰色-緑灰色の輝石安山岩で、斑晶として斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹を含んでいる．斑晶の一部または全部が緑泥石などの変質鉱物に置換されていることが多い．

紫蘇輝石普通輝石安山岩 〈R41413〉 BP1553

産地・産状：九重町水分峠の西 200m，国道 210 号線の北の崖．

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹．輝石の一部は部分的に緑泥石などの変質鉱物に置換されている．

石基：斜長石・ガラス・単斜輝石・鉄鈹・斜方輝石．ハイアロピリティック組織．

## IV. 第四系下部更新統

ここでは、第四系下部更新統のうち、耶馬溪火砕流堆積物より下位の火山岩及び堆積岩を第一期火山岩類、上位のものを第二期火山岩類と呼ぶ．

### IV. 1 第一期火山岩類

#### IV. 1. 1 篠原<sup>しのはら</sup>デイサイト (Bd)

本図幅地域南東部挾間町<sup>おがせ</sup>鬼瀬の大分川南岸に狭く露出する黒雲母デイサイトの溶岩・火砕岩を篠原デイサイトと呼ぶ．笠間（1953）の篠原火山岩を改称した．隣接する酒野凝灰岩との直接の関係を示す露頭を欠くが、その分布状態から酒野凝灰岩に覆われるかあるいは挟まれるらしい．本岩の厚さは最大 60 m 以上である．笠間（1953）は本岩が中新統の野津原層群（碩南層群）谷累層に挟在すると述べている．本岩の K-Ar 年代値として、 $1.30 \pm 0.07 \text{ Ma}$ （星住・鎌田，1987）が得られており前期更新統の可能性が高い．しかし本岩の自然残留磁化方位は正であり、この年代値は検討を要する．

篠原デイサイトは塊状溶岩・自破碎溶岩・凝灰角礫岩などの産状を示す。岩体の中心部に塊状溶岩があり、側方に向かって、自破碎溶岩、凝灰角礫岩が分布する。塊状溶岩は、流理構造が発達する緻密な岩石である。自破碎溶岩は、大きさ2-50 cmの角礫と少量の細粒物からなり、自破碎構造が顕著である。凝灰角礫岩は、大きさ2 cm-1 mの角礫と細粒ガラス質火山灰の基質からなり、自破碎構造は見られない。このような岩相変化は水底噴火の珪長質岩に特徴的(PICHLER, 1965; 星住, 1983)であり、上位の酒野凝灰岩が水成層であることから、水底噴火の可能性が高い。

岩石は、緻密な部分は桃色、発泡した部分は淡黄色のデイサイトで流理構造が顕著である。斑晶として少量の斜長石・黒雲母・石英を含む。

#### 石英黒雲母デイサイト (R41414) BP1438a

産地・産状：挾間町東ノ山、大分川南岸の用水路取水口の東。凝灰角礫岩中の角礫。

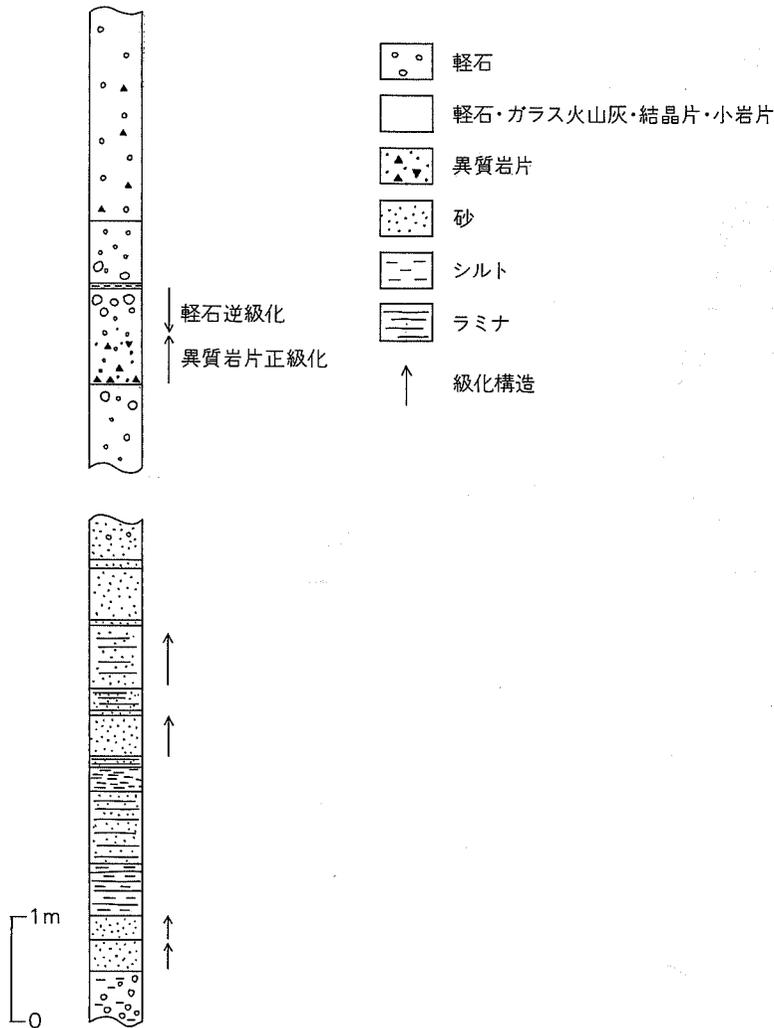
斑晶：斜長石・黒雲母・石英・鉄鉱。黒雲母の多色性は、X=淡橙色-黄色、Y・Z=濃橙色-橙色である。石英の外形は湾入している。

石基：シリカ鉱物・鉄鉱。隠微晶質。大きさ0.05-0.2 mmのスフェルライトが多数生じている。スフェルライトの間は、細かいシリカ鉱物で満たされている。

#### IV. 1. 2 酒野凝灰岩 (Bs)

本図幅地域南東部挾間町片野から東隣大分図幅地域にかけて分布する黒雲母流紋岩質軽石凝灰岩とそれに挟在する凝灰質砂岩・シルト岩などを酒野凝灰岩と呼ぶ。小野(1963)の谷層酒野軽石凝灰岩を改称した。笠間(1953)の野津原層群(碩南層群)谷累層の一部、首藤(1953)の東植田層<sup>むきだ</sup>敷戸部層に相当する。また、松本・寺井(1984)の先庄内火砕流堆積物は、本岩と神屋敷火砕流堆積物を合わせたものに相当する。厚さは本図幅地域で80 m以上である。酒野凝灰岩は篠原デイサイトを覆い、鹿倉安山岩酷似の輝石安山岩片を含む。鬼瀬において今市火砕流堆積物及び由布川火砕流堆積物に覆われる。また久住図幅地域で酒野凝灰岩の上位に重なる上中尾凝灰岩(小野, 1963)が、耶馬溪火砕流堆積物に対比される(水野ほか、未公表資料)ので、本岩は耶馬溪火砕流堆積物より下位となる。首藤(1953)は東植田層を下部鮮新統としている。酒野凝灰岩は、篠原デイサイト(約1.3 Ma)よりも新しく、耶馬溪火砕流堆積物(約0.9-1.0 Ma, 後述)よりも古いのでおよそ1.0-1.3 Ma, 下部更新統と推定される。

酒野凝灰岩は黒雲母流紋岩質の塊状軽石凝灰岩を主とし、砂岩・シルト岩を伴う(第12図)。塊状軽石凝灰岩は白色軽石と同質の火山灰・結晶片からなる非溶結の軽石流堆積物である。1枚の軽石流堆積物の厚さは、50 cm-10 m以上である。軽石は細管状に発泡しており、斑晶として少量の斜長石・黒雲母と微量の普通角閃石・紫蘇輝石・普通輝石を含む。また異質岩片として輝石安山岩・角閃石安山岩、類質岩片として黒色ガラス質流紋岩を含む。しばしば異質岩片の正級化、軽石の逆級化構造を示す。砂岩・シルト岩は明灰色-青灰色で細粒火山灰に富む。平行ラミナ・級化構造が顕著である。軽石流堆積物は由布川火砕流堆積物と類似しているが、軽石及び基質の色、岩片の種類、軽石の特徴などにより区別できる(第4表)。また、由布川火砕流堆積物にはない、地下水による茶褐色の汚染がしばしば見られる。本岩の軽石流堆積物は、基質中の細粒物が、陸上の軽石流堆積物に比べて乏しいこと(第13図)、上下を水成層に挟まれ時間間隙が認められないことから、水中火砕流堆積物と推定される。



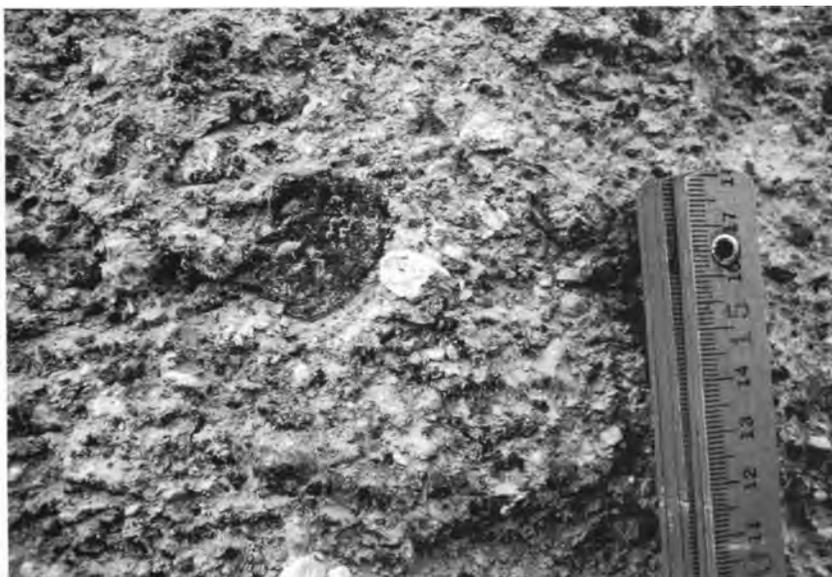
第12図 白岳における酒野凝灰岩の柱状図

Fig. 12 Columnar section of the Sakeno Tuff at Shiratake.

#### IV. 1. 3 川西安山岩 (Bk)

西部山地の、湯布院町倉本から川西を経て水分峠に分布する黒雲母を含む輝石角閃石安山岩の火砕岩及び溶岩を川西安山岩と呼ぶ(新称)。黒雲母を含むことが特徴的である。林ほか(1982)は、本岩のうち水分峠付近のものを“日向神溶岩”の一部とし、野矢火山岩類と仮称している。厚さは、250m以上である。川西安山岩は水分安山岩を覆い、時山安山岩、馬渡層、湯平流紋岩類、野稻岳火山に覆われる。K-Ar年代値として、 $1.6 \pm 0.3 \text{ Ma}$  (須藤, 1985a),  $1.4 \pm 0.2 \text{ Ma}$  (須藤, 1985b),  $1.4 \pm 0.3 \text{ Ma}^6$  (高島, 1980)が得られている。また、林ほか(1982)は、野矢火山岩類が  $1.5 \pm 0.3 \text{ Ma}$ ,  $1.8 \pm 0.3 \text{ Ma}$  の FT 年代を示すとしている。渡辺・林(1983)は、野矢付近でボーリング試料である角閃石安山岩から、 $1.56 \pm 0.41 \text{ Ma}$ ,

6) 原著によれば測定された岩石は輝石安山岩だが、薄片を再鑑定した結果、黒雲母を含む輝石角閃石安山岩なので川西安山岩であると判断した。



第13図 酒野凝灰岩の露頭面の接写。基質は結晶片、軽石片を多量に含み、粗く、微細粒分が少ない。  
狭間町山田南南東1 km (大分県地域内)

Fig. 13 Close up of an outcrop of the Sakeno Tuff.

1.80 ± 0.29 Ma の FT 年代を得ている。この角閃石安山岩は、ボーリングの位置及び試料の岩質からみて川西安山岩の可能性が高い。自然残留磁化方位は、大部分が逆で一部で正である。川西安山岩の年代は、放射年代値の下限がおよそ 1.8 Ma であること、正帯磁の岩石は古地磁気層序<sup>7)</sup> からオールドパイ・イベント (1.67-1.87 Ma) の噴出とみられるので、鮮新世末期から更新世前期となる。

本岩は岩相の側方変化が激しく、塊木・畑倉・倉本<sup>ろくで</sup>・鹿出西方では溶岩、下津々良・鹿出・野矢北東では火砕岩である。火砕岩は、ほとんど発泡しないこぶし大の本質安山岩角礫と同質火山灰・火山砂から構成され、厚さ数 m の多数のフローユニットからなる。熱雲型の火山活動の産物であると推定される。

岩石は灰褐色・赤褐色・淡緑灰色などの安山岩で、斑晶として少量の斜長石・普通角閃石と微量の普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母及びごくまれに石英を含む。一部では黒雲母を欠いている。有色鉱物の一部は、変質を受けて粘土化していることが多い。

石英黒雲母含有紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41415) BP270a

産地・産状：湯布院町鹿出の西 600 m の林道沿い。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石 (褐色)・普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母・鉄鉱・石英。  
普通角閃石と黒雲母は大部分がオバサイト化している。

石基：斜長石・鉄鉱・単斜輝石・斜方輝石・シリカ鉱物・燐灰石。填間状組織。

#### IV. 1. 4 寒水<sup>そうず</sup>火砕流堆積物 (Bz)

7) 本報告では、MANKINEN and DALRYMPLE (1979) に従う。

北部山地の立石山北方から北隣豊岡幅地域の安心院町寒水にかけて分布する黒雲母流紋岩質軽石流堆積物<sup>8)</sup>を寒水火砕流堆積物と呼ぶ(新称)。本火砕流堆積物は、由布川火砕流堆積物の一部とされたことがある(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982)。本火砕流堆積物の分布は上位の寒水川層, 高陣ヶ尾安山岩と同様に別府北断層に区切られ, 由布-鶴見地溝の北側に限られている。本火砕流堆積物は、寒水川の西壁で寒水川層に覆われる。層厚は本図幅地域内では40m以上であり, 下限は露出していない。寒水川谷壁では, 上位の寒水川層・高陣ヶ尾安山岩と合わせて高さ数10mの急峻な崖を形成している。

寒水火砕流堆積物は、黒雲母流紋岩軽石と同質の火山灰から構成される非溶結の軽石流堆積物である。最上部の成層部を除くと、全く塊状である。成層部は、水成再堆積物であろう。軽石は大きさ5mm-10cm, 淡桃色で長孔状に発泡している。斑晶として少量の斜長石・黒雲母・普通角閃石と微量の石英・輝石を含む。異質岩片は輝石安山岩が多い。本火砕流堆積物は、由布川火砕流堆積物と類似するが、軽石の斑晶にごく微量ながら石英を含むことと、層準が異なることから、区別した。

#### IV. 1. 5 寒水川層 (s)

本図幅地域北縁部, 北部山地の寒水川の谷壁に露出する凝灰角礫岩・軽石凝灰岩・砂岩・シルト岩・凝灰角礫岩などからなる地層を寒水川層と呼ぶ(新称)。本層は寒水川谷壁で、寒水火砕流堆積物を覆い、高陣ヶ尾安山岩に覆われる。層厚は40-80mである。寒水川層は凝灰角礫岩・軽石凝灰岩・砂岩・シルト岩などからなる。凝灰角礫岩は大きさ4-50cmの輝石安山岩角礫-壱円礫-泥・砂の基質からなる。大部分のものは淘汰が悪く、無構造でおそらく土石流堆積物であろう。様々な色や斑晶量の安山岩岩片を含む。軽石凝灰岩は、凝灰角礫岩中に挟在する厚さ1-2mの軽石流堆積物で、少なくとも2-3枚は見られる。軽石流堆積物は非溶結でデイサイト軽石と同質火山灰からなる。砂岩・シルト岩は細かく成層し火山灰や小さな軽石に富んでいる。軽石は下位の寒水火砕流堆積物由来の黒雲母流紋岩軽石である。

#### IV. 1. 6 高陣ヶ尾安山岩 (Bt)

北部山地の高陣ヶ尾から、天間にかけて由布-鶴見地溝の北側に分布し、斑晶の大きさ2-4mmの輝石安山岩溶岩を高陣ヶ尾安山岩と呼ぶ(新称)。広く平坦面を形成する。松本ほか(1984)の東椎屋層の一部に相当する。松本ほか(1972)の安心院安山岩類は本岩のうち、高陣ヶ尾-寒水川付近に分布するものに当たる。本岩は寒水川谷壁で、寒水火砕流堆積物及び寒水川層を覆う。また、雛戸山安山岩に覆われる。厚さは最大200m以上である。K-Ar年代値として、 $1.3 \pm 0.2 \text{ Ma}$  (須藤, 1985b),  $0.7 \pm 0.4 \text{ Ma}$  (須藤, 1985a) が得られている。自然残留磁化方位は、高陣ヶ尾付近で逆、天間付近で正である。

岩石は青灰色-灰色緻密な安山岩で、2-4mm程度の斜長石・輝石を少量と2mm以下のかんらん石を微量含んでいる。

かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41416) 0b-843

産地・産状：珍珠町高陣ヶ尾。溶岩。

斑晶・斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹・かんらん石。

8) 本報告では、火砕流堆積物のうち、軽石、スコリアを顕著に含むものをそれぞれ軽石流堆積物、スコリア流堆積物と呼ぶ。またほとんど全量が火山灰から構成されるものを火山灰流堆積物と呼ぶ。

かんらん石は縁部がイディングサイト化している。

石基：斜長石・鉄鉱・シリカ鉱物・斜方輝石・単斜輝石，填間状組織。

#### IV. 1. 7 人見岳安山岩 (Bm)

由布-鶴見地溝北側，北部山地の人見岳 (877m) から車谷にかけて分布する大形の斜長石斑晶を持つかんらん石輝石安山岩溶岩を人見岳安山岩と呼ぶ (新称)。松本ほか (1984) の東椎屋層の一部に当たる。人見岳安山岩の延長部は，近隣の森・耶馬溪・豊岡各図幅地域に及ぶ。厚さは100-200mである。人見岳安山岩は，高陣ヶ尾安山岩を覆い，小松台流紋岩類に覆われる。人見岳安山岩の上面は緩く北に傾き，南端は別府北断層で切断されている。自然残留磁化方位は逆である。

岩石は，帯褐灰色-青灰色の安山岩で，斑晶として大きさ4-10mmの斜長石，2-6mmの普通輝石・紫蘇輝石・かんらん石を含む。外観は鹿倉安山岩に類似するが，かんらん石を顕著に含む点で異なる。

#### かんらん石普通輝石紫蘇輝石安山岩 (R 41417) 0b-814

産地・産状：院内町人見岳山頂の北西100m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・かんらん石・鉄鉱。

かんらん石は縁部がイディングサイト化している。

石基：斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鉱・シリカ鉱物。填間状組織。

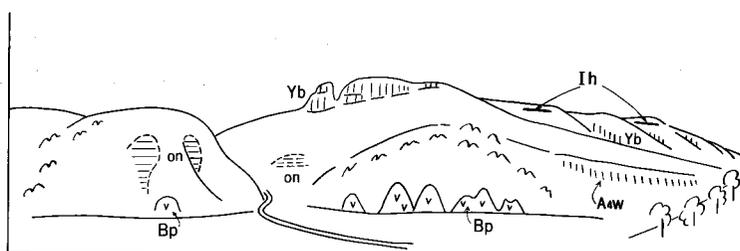
#### IV. 1. 8 小松台流紋岩類 (Bp, Br, Brh)

本図幅地域北西部の日出生川沿いと，西隣森図幅地域の小松台牧場から東方にかけて台地をなす流紋岩の溶岩，及びそれに付随する同質火砕岩を小松台流紋岩類と呼ぶ (新称)。小松台流紋岩類は，日出生川沿いに露出する笠置原火砕流堆積物と，主に森図幅地域で台地を形成する小松台溶岩からなる。

##### 笠置原<sup>かさざぼる</sup>火砕流堆積物 (Bp)

本図幅地域北西部，車谷から笠置原にかけて日出生川沿いに露出する非溶結の黒雲母流紋岩質火砕流堆積物を笠置原火砕流堆積物と呼ぶ (新称)。笠置原火砕流堆積物は鬼ヶ原火山性碎屑堆積物及び耶馬溪火砕流堆積物に覆われる (第14図)。厚さは10m以上で下限は露出していない。大部分が軽石流堆積物で，一部に流紋岩角礫に富む火砕流堆積物が見られる。軽石流堆積物は非溶結で，淡桃色流紋岩軽石と同質の桃灰色基質から構成される。軽石は大きさ4mm-6cmで，細管状の気泡を持ち断面は繊維を束ねたように見える。基質は非溶結で露頭面ではさらさらと崩れやすい。砂粒大の結晶片と1-4cm，最大20cmの異質岩片に富む。異質岩片は，角閃石安山岩・輝石安山岩・黒雲母流紋岩 (まれ) などで，高陣ヶ尾安山岩及び人見岳安山岩に類似した岩片が多い。流紋岩角礫に富む火砕流堆積物は，大きさ4-30cmの白色のやや発泡した本質岩塊と同質火山灰基質から構成される。車谷付近にのみ認められている。斑晶として少量の斜長石・黒雲母と微量の無色角閃石 (カミングトン閃石?)・紫蘇輝石を含む。

松本ほか (1984) は，笠置原火砕流堆積物を豊岡図幅地域に分布する松本層 (松本ほか，1984) に含めたが，松本層中の黒雲母流紋岩火砕流堆積物は普通角閃石を含み本火砕流堆積物とは斑晶組合せが異なる。また，笠置原火砕流堆積物は由布川火砕流堆積物とも類似するが，軽石に普通角閃石の斑晶を含まないこと，軽石の発泡形態がより細管状で異なること，基質がより結晶片に富みざらざらすることなどから



第14図 笠置原火砕流堆積物，鬼ヶ原火山性砕屑堆積物，耶馬溪火砕流堆積物，阿蘇-4A 火砕流堆積物の関係。日出生台，獅子岩の北，日出生川南岸の崖。Bp：笠置原火砕流堆積物（非溶結），on：鬼ヶ原火山性砕屑堆積物，Yb：耶馬溪火砕流堆積物の弱溶結部，Ih：日出生台火砕流堆積物（強溶結），A<sub>4w</sub>：阿蘇-4A火砕流堆積物の強溶結部

Fig. 14 Relation of the Kasagibaru Pyroclastic Flow Deposit (Bp), Onigabaru Volcaniclastic Deposit (on), Yabakei Pyroclastic Flow Deposit (Yb) and Aso-4A Pyroclastic Flow Deposit (A<sub>4w</sub>).

区別できる。

#### 小松台溶岩 (Br, Brh)

車谷に分布する流紋岩溶岩を小松台溶岩と呼ぶ（新称）。本岩は森岡幅地域で広大な台地をなす。須藤（1985b）の松木川流紋岩は、本岩のうち、森岡幅東端の松木川沿いに分布するものに相当する。

小松台溶岩は、高陣ヶ尾安山岩及び人見岳安山岩を覆い、耶馬溪火砕流堆積物及び日出生台火砕流堆積物に覆われる。K-Ar年代値として、森岡幅地域で  $1.16 \pm 0.13\text{Ma}$ （宇都・須藤，1985）， $1.3 \pm 0.3\text{Ma}$ （須藤，1985b）が得られている。自然残留磁化方位は逆である。

溶岩は、流理構造が顕著な灰黒色・青紫色・灰桃色・白色などのカミングトン閃石(?)含有黒雲母流紋岩 (Br) 及び紫蘇輝石含有普通角閃石流紋岩 (Brh) で、真珠岩状割れ目、スフェルライト、リソフィーゼが発達する。

#### 黒雲母流紋岩 〈R 41418〉 MR424a

産地・産状：森岡幅地域玖珠町石飛の南，648m 標高点の南南東 400m。溶岩。

斑晶：斜長石・黒雲母。

石基：ガラス（無色）・斜長石・黒雲母・鉄鉱。

大部分がガラスで真珠岩状割れ目が発達する。径 0.5 mm 前後のスフェルライトが少量みられる。

紫蘇輝石含有普通角閃石流紋岩 (R41419) 0b-834

産地・産状：珍珠町車谷，溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石（褐緑色）・紫蘇輝石・鉄鉱。

石基：大部分をスフェルライトが占め，微小な斜長石・鉄鉱が散在している。

IV. 1. 9 カルト山安山岩 (Bc)

由布院盆地西方のカルト山 (1033.5m) を形成する角閃石安山岩溶岩をカルト山安山岩と呼ぶ。笠間 (1953) のカルト山火山岩類を改称した。渡辺・林 (1983) は本岩を“日向神溶岩”の一部としている。厚さは最大 300m 以上である。自然残留磁化方位は逆である。放射年代値として， $1.07 \pm 0.15 \text{ Ma}$  (K-Ar 法：宇都・須藤，1985)， $2.21 \pm 0.29 \text{ Ma}$  (FT 法：渡辺・林，1983) が得られている。耶馬溪火砕流堆積物との関係を示す露頭を欠くが，ここでは年代値により，本岩を下位とした。

岩石は，青灰色 - 灰白色の安山岩で，1 cm 以下の斜長石，6 mm 以下の角閃石，4 mm 以下の輝石を少量含み，4 mm 以下の黒雲母またはかんらん石を微量含むことがある。変質を受け，有色鉱物の一部が粘土化することが多い。

紫蘇輝石石英黒雲母含有普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41420) BP1552a

産地・産状：湯布院町水分峠の東北東 1.1 km の国道沿い，溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石（帯褐緑色）・普通輝石・黒雲母・石英・紫蘇輝石。

普通角閃石と黒雲母の大部分はオバサイト化している。

石基：斜長石・鉄鉱・シリカ鉱物・普通角閃石・単斜輝石・斜方輝石。填間状組織。

IV. 1. 10 横山安山岩 (By)

西隣森図幅地域の九重町横山 (1036.8m) の山体を形成する角閃石安山岩溶岩と付随する火砕岩を横山安山岩と呼ぶ（新称）。横山南方では標高 900m の小規模な台地をなし，本図幅地域内にはその東端部が分布する。

横山安山岩は横山山頂東南東 0.8km の林道で“珍珠層”の一部とみられるシルト岩を覆っている。放射年代値として， $1.1 \pm 0.2 \text{ Ma}$  (K-Ar 法：鎌田，1986b)， $1.78 \pm 0.32 \text{ Ma}$  (FT 法：渡辺・林，1983) が得られている。自然残留磁化方位は正である。耶馬溪火砕流堆積物との直接の関係は認められていないが，ここでは年代値により耶馬溪火砕流堆積物の下位に位置付ける。

岩石は，赤紫色 - 青灰色の安山岩で 1 cm 以下の斜長石・普通角閃石と 4 mm 以下の普通輝石・紫蘇輝石を含む。

普通輝石かんらん石含有紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41421) MR1772

産地・産状：森図幅地域九重町横山山頂の北西 600m。火砕岩中の岩片。

斑晶：斜長石・普通角閃石（帯緑褐色）・鉄鉱・紫蘇輝石・かんらん石・普通輝石。

石基：斜長石・シリカ鉱物・単斜輝石・鉄鉱・普通角閃石。填間状組織。

IV. 1. 11 <sup>へいけざん</sup>平家山安山岩 (Bh)

本図幅地域西部九重町平家山 (1023.0m) を形成する輝石安山岩溶岩を平家山安山岩と呼ぶ（新称）。山

本図幅地域西部九重町平家山(1023.0m)を形成する輝石安山岩溶岩を平家山安山岩と呼ぶ(新称)。山体は浸食により開析が進み、火山原面はほとんど失われている。本岩は平家山山頂北東1kmの林道で、耶馬溪火砕流堆積物に基底の火山豆石を多量に含む降下火山灰層と共に明瞭に覆われる。K-Ar年代値として、 $1.0 \pm 0.4$  Ma(鎌田, 1986b)が得られている。自然残留磁化方位は正である。

本岩は暗灰色で緻密な輝石安山岩であり、斑晶の大きさにより2つのタイプに区別される。1つは2mm以下の小さな斑晶を含みしばしば流理構造がみられるもの、もう1つは8mm程度の大きな斑晶に富むものである。両者とも板状節理が発達することが多い。

#### 紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41422) BP1567a

産地・産状：九重町平家山山頂南西600mの林道沿い。溶岩。

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈦。集斑状組織。

石基：斜長石・鉄鈦・斜方輝石・単斜輝石。ハイアロオフィティック組織。

#### IV. 1. 12 <sup>おにがぼる</sup> 鬼ヶ原火山性碎屑堆積物<sup>9)</sup> (on)

本図幅地域北西部、日出生川沿いの獅子岩から鬼ヶ原西方にかけて分布する凝灰角礫岩・砂岩などを鬼ヶ原火山性碎屑堆積物と呼ぶ(新称)。本堆積物は笠置原火砕流堆積物を覆い、耶馬溪火砕流堆積物に明瞭に覆われる(29ページ第14図)。厚さは10-30mである。

本堆積物は凝灰角礫岩・軽石凝灰岩・砂岩などが1-4mごとに互層する。凝灰角礫岩は、5-40cmの角礫・亜角礫と砂質の基質からなり、礫種は輝石安山岩及び普通角閃石安山岩である。軽石凝灰岩は4mm-2cmの灰色軽石と細粒基質からなる。軽石はやや角ばっており1mm以下の斜長石・輝石を含む。砂岩は灰色-灰黄色で平行層理が発達し、軽石や火山灰を多量に混在する。

#### IV. 2 耶馬溪火砕流堆積物 (Yb)

**命名**：耶馬溪火砕流堆積物は中部九州に広く分布する大規模火砕流堆積物である。赤木(1933)はこれを“耶馬溪熔岩”と呼び、溶岩流であるとした。松本(1933)・MATUMOTO(1943)・首藤(1953)も溶岩と呼んだ。石井ほか(1956)は、組織及び岩相変化から溶結凝灰岩であることを初めて明らかにした。以後、松本ほか(1972)は耶馬溪火山碎屑岩流、古賀(1981)は耶馬溪火砕流堆積物、松本ほか(1984)は耶馬溪溶結凝灰岩と呼んだ。

**分布**：西部山地の日出生台からカルト山南西にかけて分布する。日出生台の獅子岩付近と平家山東方の林道沿いで最もよく観察できる。全体の分布は、熊本県から大分県にわたる東西60km余り南北40km余りの広大な地域に及ぶ。鎌田(1986b)は耶馬溪火砕流堆積物の現存面積を約480km<sup>2</sup>、現存体積を40km<sup>3</sup>と見積っている。

**噴出源**：有田(1956)は玖珠盆地周辺に“森カルデラ”を耶馬溪火砕流の噴出源として予想したが、鎌田(1986b)は、耶馬溪火砕流堆積物の分布、層厚変化、堆積上面の傾斜及び試錐データから、九重火山北方の猪牟田<sup>ししむた</sup>(森図幅地域)付近の重力の負異常地域に猪牟田カルデラを想定している。

9) 火山性碎屑はvolcaniclasticの訳語(小野ほか, 1982)。

**層序・年代：**耶馬溪火砕流堆積物は森岡幅地域の玖珠町柿ノ木の西 250m の国道沿いで小松台流紋岩類を、同じく森岡幅地域の玖珠町野倉東方の 862m 標高点の北北東 600m の林道沿いで平家山安山岩を覆う。また、本岡幅地域の獅子岩のすぐ東で笠置原火砕流堆積物及び鬼ヶ原火山性碎屑堆積物を覆う (29 ページ第 14 図)。獅子岩のすぐ西では日出生台火砕流堆積物に覆われる (36 ページ第 18 図)。耶馬溪火砕流堆積物の自然残留磁化方位は正である。

耶馬溪火砕流堆積物の従来得られた放射年代値は、FT 法で 0.3-0.4 Ma, K-Ar 法で 0.9-1.7 Ma とばらつきを示す (附表)。宇都・須藤 (1985) は、耶馬溪火砕流堆積物と、上位の自然残留磁化方位が逆である花平溶結凝灰岩の K-Ar 年代測定を行い、それぞれ  $0.99 \pm 0.03$  Ma,  $0.76 \pm 0.17$  Ma の値を得た。年代値と磁気層序から、花平溶結凝灰岩は松山逆磁極期末期の逆磁極期 (0.73-0.93 Ma) となる。よって、耶馬溪火砕流堆積物はハラミヨ・イベント (0.90-0.97Ma) の噴出としている。本岡幅地域においても、耶馬溪火砕流堆積物の上位には自然残留磁化方位が逆である日出生台火砕流堆積物があり、耶馬溪火砕流の噴出年代は 0.90-0.97 Ma と考えてさしつかえない。

**層厚：**本岡幅地域では 10-150m 以上である。平家山の東で最も厚く下限は露出してない。

**岩相：**耶馬溪火砕流堆積物は角閃石デイサイト質火山灰流堆積物で、溶結部では堅固な岩石、非溶結部では少量の軽石と大量の細粒火山灰と結晶片からなる。また、基底部には厚さ 50-60 cm の降下火山灰層が初めて確認された。この降下火山灰層は多量の火山豆石を含むのが特徴的である。

非溶結部では褐灰色火山灰基質中に少量の軽石を含む。軽石は淡褐色で大きさ 5 mm-5 cm, まれに 20 cm に達し、細かい長孔状の気泡を持つ。手で壊すと平滑な破面が出やすい。基質は細粒ガラス火山灰と大きさ 1-4 mm の結晶片からなる。結晶片は主に斜長石・普通角閃石で、短柱状-柱状である。基質は結晶片に富むため、例えば阿蘇-4 火砕流堆積物に比べ、基質の淘汰が悪いという印象を受ける。

弱溶結部では灰色基質中に扁平化した軽石を含む。軽石は長孔状の気泡を残している。溶結が進むと、扁平化した軽石と黒色レンズが共存するようになる。基質は柔らかく容易に壊せる固さである。

強溶結部では、暗灰色基質中に長さ 4 mm-5 cm 時に 10 cm 以上の強度に扁平化した本質レンズを含む。基質は緻密で大きさ 2-5 mm の斜長石・普通角閃石などの結晶片を多量に含む。全体がガラス質の時、本質レンズ・基質とも黒色で、野外でレンズが識別困難なことも多い。脱ガラス化作用により基質が灰色-灰白色となると、黒色のレンズが目立つようになる。また更に脱ガラス化作用が進むと、レンズも灰色-灰白色となり、レンズの識別が困難である。強溶結部では、数 10 cm-2 m ごとの柱状節理や板状節理が発達する (第 15 図)。

降下火山灰層は本地域では笠置原をはじめ数か所で確認されている。本岡幅地域内での層厚は、50-60 cm とほとんど変化しない。新鮮な露頭では大きさ 3-8 mm の火山豆石が大量に認められる。この降下火山灰層と火砕流堆積物の間には風化浸食間隙は認められず、耶馬溪火砕流噴出に先立つものと判断される (第 16・17 図)。

普通輝石含有紫蘇輝石普通角閃石デイサイト溶結凝灰岩 (R 41423) BP244

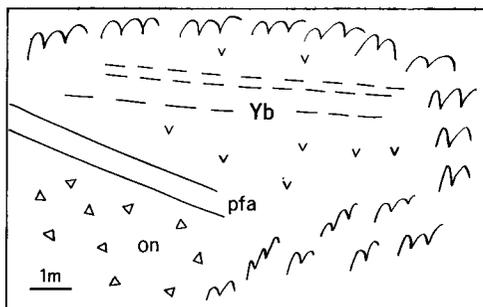
産地・産状：九重町平家山集落の北北東 1.5 km の林道沿い。強溶結の火砕流堆積物。

斑晶：斜長石・普通角閃石 (帯褐緑色)・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鉍・磷灰石 (斑晶量約 40%)。



第15図 耶馬溪火砕流堆積物の強溶結部の露頭。緻密で数10cmごとの垂直に近い平行な節理が発達する。本図幅地域西緑平家山北約2km

Fig. 15 An outcrop in the zone of dense welding of the Yabakei Pyroclastic Flow Deposit.



第16図 耶馬溪火砕流堆積物の基底部。鬼ヶ原火山性碎屑堆積物の凝灰角礫岩 (on) を覆い、耶馬溪火砕流堆積物基底の、火山豆石を含む降下火山灰層 (pfa) と、成層部を含む非溶結の火砕流堆積物 (Yb) がのる

Fig. 16 Basal part of the Yabakei Pyroclastic Flow Deposit (Yb) and underlying air-fall ash (pfa) and Onigabarur Volcaniclastic Deposit (on).



第17図 耶馬溪火砕流堆積物基底の降下火山灰中の火山豆石

Fig. 17 Accretionary lapilli in an air-fall ash bed at the base of the Yabakei Pyroclastic Flow Deposit.

基質: ガラス片, 本質レンズ及び細かい結晶片から構成される. ガラス破片は扁平化し互いに密着するが, カスプ状・板状・粒状などの外形は残っている. 本質レンズは著しく扁平化しているが, かすかに軽石構造を残す. ガラス破片及び本質レンズは大部分が脱ガラス化し, 外形に垂直に繊維状や羽毛状の晶子が生じている.

#### IV. 3 第二期火山岩類

##### IV. 3. 1 倉木山安山岩 (Sk)

南部山地の高尾山 (787m) から倉木山 (1154.9m) にかけてと高場山 (724.3m) 付近に分布する輝石角閃石安山岩を倉木山安山岩と呼ぶ (新称). 松本・寺井 (1984) の竹ノ中・平原・山ノ口・宗寿寺ドーム群 (先雨乞岳火山岩類) は, 本岩のうち, 高場山付近に分布するものに相当する. 厚さは最大 300m 以上である. 火山地形として, 高尾山北では平坦面が, 高場山付近では径数 100m の溶岩円頂丘が数個認められる. 分布の北端及び西端はそれぞれ由布院断層, 津々良断層に区切られ, その外には分布しない.

倉木山安山岩は, 高場山北 600m の林道で雨乞岳火山由来の輝石安山岩質降下スコリア層と溶岩に覆われている. また, 高場山の北で柚ノ木火砕流に覆われる. K-Ar 年代値として,  $0.91 \pm 0.08 \text{ Ma}$ ,  $0.7 \pm 0.3 \text{ Ma}$  (星住・鎌田, 1987) が得られている. 耶馬溪火砕流堆積物との直接の関係は不明だが, ここでは年代値により耶馬溪火砕流堆積物の上位としておく. 自然残留磁化方位は正である. 上位の柚ノ木火砕流堆積物が逆帯磁であることと, 年代値及び磁気層序から, 倉木山安山岩はハラミヨ・イベントに噴出した可能性が大きい. 溶岩は, 青灰色-暗灰色の安山岩であり, 4mm 以下の斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石のほか, 2cm 以下の長柱状大型の普通角閃石斑晶を少量含むことを特徴とする. 普通角閃石斑晶の量及び大きさは所により変化する.

普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41397) 8b-138

産地・産状: 湯布院町西石松の南. 溶岩.

化学組成:  $\text{SiO}_2$ : 59.7% (第 2 表 1).

斑晶: 斜長石・普通角閃石 (帯褐緑色)・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鈦.

普通角閃石は大部分がオパサイト化している.

石基: 斜長石・鉄鈦・単斜輝石・斜方輝石・シリカ鈦物. 塊間状組織.

##### IV. 3. 2 徳野安山岩 (Sa)

由布-鶴見地溝西縁部の福万山南方から湯布院町内徳野にかけて分布する, かんらん石を含む角閃石安山岩火砕岩及び溶岩を徳野安山岩と呼ぶ (新称). 徳野安山岩は, 石武流紋岩類に覆われる. 層厚は最大 100m 以上である. 自然残留磁化方位は, 正と逆の両方がある. 耶馬溪火砕流堆積物との直接の関係は不明である. ここでは, 徳野安山岩が耶馬溪火砕流堆積物の分布しない, 地溝のより内側にあることから, 徳野安山岩を耶馬溪火砕流堆積物の上位と考える.

火砕岩は, 大きさ 4-50cm の青灰色岩片と同質の細粒物からなる. 岩石は, 斜長石・普通角閃石・かんらん石・紫蘇輝石・普通輝石を斑晶として含む. 大きさ 1mm 程度のかんらん石を多量に含むのが特徴的である. 全体に弱く変質しており, 一部では粘土鈦物を生じている.

普通輝石含有かんらん石紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41424) BP1520

産地・産状：湯布院町内徳野北北西 0.8 km. 溶岩.

斑晶：斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石・かんらん石・鉄鈹. 普通角閃石は全体がオパサイト化している.  
かんらん石は斜方輝石反応縁を持ち、割れ目に沿って一部が蛇紋石 (?) 化している.

石基：斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鈹・シリカ鈹物・燐灰石. 塊間状組織.

#### IV. 3. 3 今市火砕流堆積物 (I)

命名は小野 (1963) の今市火山碎屑流による.

小野 (1963) によれば、今市火砕流堆積物は主に久住図幅地域に分布し (第 20 図). 大部分が強溶結のスコリア流堆積物で台地地形を作る. また、鹿倉安山岩を覆い、時山安山岩に覆われる. 厚さは 5-40 m で、自然残留磁化方位は逆である.

本地域の今市火砕流堆積物は、南東部の鬼瀬<sup>おにがせ</sup>の国道沿いのみに分布し、酒野凝灰岩を覆っているらしい. 厚さは 5 m 以上である. ここでも自然残留磁化方位は逆である.

今市火砕流堆積物の K-Ar 年代値としては、 $0.4 \pm 0.7$  Ma (須藤, 1985a) があるのみである. 下川ほか (1986) は、大分層群中の火砕流堆積物を調べ、今市火砕流に対比される火砕流が、大阪層群中のアズキ火山灰 (0.87 Ma; 西村・笹嶋, 1970) に対比される火砕流の上位であることを明らかにした. また、今市火砕流堆積物の上位の時山安山岩は、およそ 0.7-0.8 Ma (後述) である. これらのことと今市火砕流堆積物が逆帯磁であることから、今市火砕流の噴出は、松山逆磁極期中最後の逆磁極期 (0.73-0.90 Ma) に、すなわち約 0.8 Ma に起こったことになる.

本地域の今市火砕流堆積物は、強溶結した堅固な溶結凝灰岩である. 灰色基質中に、長さ 2-6 cm、厚さ 2 mm-1 cm の著しく扁平化した本質レンズが多数あり、顕著なユータキシティック組織を示す. 本質レンズは、黒色のガラスで、真珠岩状割れ目が発達する. 斑晶として、大きさ 1-4 mm の斜長石・普通輝石・紫蘇輝石などを含む.

普通角閃石含有紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶結凝灰岩 (R 41425) BP1512

産地・産状：挾間町鬼瀬、高長谷山の東 800 m の国道沿い. 強溶結の火砕流堆積物.

結晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹・燐灰石・普通角閃石 (緑色, まれ).

基質：ガラス破片, ガラスレンズ, 微小な結晶片及び岩片.

ガラス破片は扁平化し、互いの境界は不明瞭である. 脱ガラス化作用により、微小な塵状の晶子が生成し不透明になっている. 軽石は全くつぶれてガラスレンズとなりもとの空隙を残さず、線状の構造だけが残されている. レンズは脱ガラス化していない. 大きなレンズには真珠岩状割れ目が発達する. しばしばレンズ中には径 0.02-0.1 mm の球状の気孔が見られる. 微小な岩片として、ガラス質デイサイトを含む.

#### IV. 3. 4 日出生台火砕流堆積物 (Id)

本図幅地域北西隅、日出生台西部地域で台地最上部の小区域に分布する強溶結の火砕流堆積物を日出生台火砕流堆積物とよぶ (新称). この岩体が分布するのは日出生台西部の獅子岩西方の稜線上と、その

南西、神山の台地表面とであり、耶馬溪火砕流堆積物からなる台地の上面に平坦にのっている。更に西方、森岡幅地域の台地面上に同様の産状で連続して分布している。これらの産状から、本火砕流堆積物の分布は、現在は台地の開析によって分断されているが、元来は主に耶馬溪火砕流堆積物の作る台地の表面を広く覆っていたものとみられる。

本堆積物の厚さは薄く、おそらく 10m 以下であるが、溶結凝灰岩が硬いために、台地表面近くの草原に露岩が連なり、遠望でもその分布を認めることができる (第 18 図)。溶結凝灰岩の普通の岩相は、赤味を帯びた暗灰色 - 黒色で、強く溶結し、脱ガラス化して硬い。本質レンズは薄く扁平であり、厚さ 2cm に対し、長さ 20cm 以上のももある (第 19 図)。本質レンズに生じた 2 次的気孔のため、風化面にレンズ形の凹凸がみられることがある。基質には、しばしば、かなり多量に石質岩片を含む。自然残留磁化方位は逆である。

以上述べた本堆積物の岩相上の特徴は、次節に記述する柚ノ木火砕流堆積物のそれとともに、前節の今市火砕流堆積物の特徴と極めてよく似ている。また 3 者とも逆帯磁であって、かつ、今市・日出生台両火砕流堆積物は耶馬溪火砕流堆積物に層的に近く、その上位にあるという共通点がある。これらの理由から日出生台・柚ノ木両火砕流堆積物は、今市火砕流堆積物の孤立した分布である可能性がある。しかし、第 20 図にみられるように、両火砕流堆積物の分布地の標高は今市火砕流堆積物のそれよりも高いので、本報ではそれぞれ独立した単位として扱ってある。これら 2 火砕流堆積物<sup>10)</sup>と今市火砕流堆積物の異同の問題を明らかにするためには、今後、未発見の分布地、とくに耶馬溪火砕流堆積物の上位、の発見及びこれら堆積物中の本質物、異質岩片などの詳細な岩石記載や地理的分布の調査が必要であろう。

普通角閃石紫蘇輝石普通輝石デイサイト溶結凝灰岩 (R 41426) BP1189 (第 I 図版 3)

産地・産状：玖珠町笠置原の西の 690m 標高点、強溶結の火砕流堆積物。



第18図 耶馬溪火砕流堆積物を覆う日出生台火砕流堆積物。写真右よりの矢印付近から左端まで、尾根の上にごく薄く日出生台火砕流堆積物の溶結凝灰岩がのっている。日出生台、獅子岩(写真右端近く)を南から望む

Fig. 18 Hijūdai Pyroclastic Flow Deposit covering on the Yabakei Pyroclastic Flow Deposit.

10) この他、森岡幅の西隣日田岡幅地域の日田市花平付近にも耶馬溪火砕流堆積物からなる台地上に、上記各火砕流と岩相が似ていて、かつ逆帯磁している火砕流堆積物(花平溶結凝灰岩：須藤, 1985a)が存在している。



第19図 日出生台火砕流堆積物の溶結凝灰岩。本質レンズは大きく、厚さに比べて横に長い。西隣森図幅地域、玖珠町鼻半礼峠の南東、768m標高点の南南西200m

Fig. 19 Welded tuff of the Hijū dai Pyroclastic Flow Deposit. Note the low aspect ratio of the collapsed pumices.

結晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鉱・普通角閃石（淡緑色）。

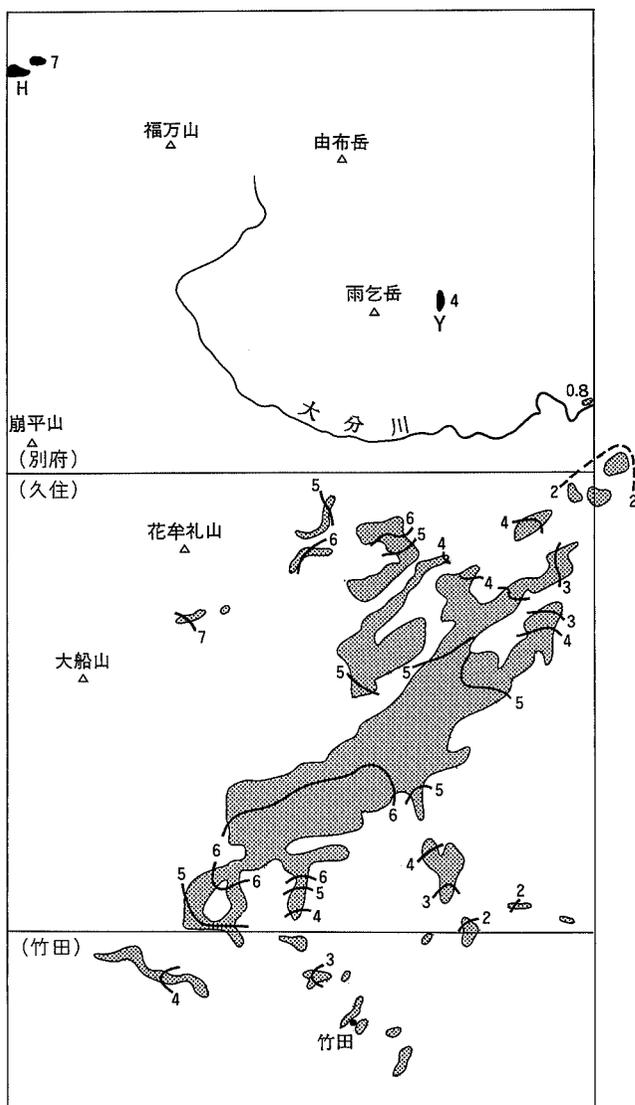
基質：ガラス破片，ガラスレンズ，微小な結晶片及び岩片。

#### IV. 3. 5 柚ノ木火砕流堆積物 (Iy)

南部山地の雨乞岳山塊東麓の小地域に分布する溶結した火砕流堆積物を柚ノ木火砕流堆積物と呼ぶ（新称）。この堆積物の分布は、高場山北東、555m峰の東側で、倉木山安山岩の作る東向きの急崖に接し、南北方向に細長く伸びている。東西方向の幅は100m以下である。

柚ノ木から西に上る林道沿いの観察では倉木山安山岩の崖下に、東向きに傾斜する崖錐状堆積物があり、その東側上位に本火砕流堆積物がのる。本堆積物の基底には厚さ1-2mの灰黒色、非溶結のガラス火山灰があり、上方へ溶結凝灰岩に移化する。この地点での溶結凝灰岩は灰黒色でガラス質の基質に、断面での縦横比の大きい大形の黒色のガラスレンズを含む。葉理面は東に急斜する。溶結凝灰岩の自然残留磁化方位は逆である。上記の林道沿いの露頭の東方（上位）には、非溶結ないしきわめて溶結度の低い由布川火砕流堆積物がある。この林道の南側の沢沿いでも、本火砕流堆積物、由布川火砕流堆積物及び小野屋層とも、NE-SW方向の小断層群に切られ、それらの葉理面、層理面は著しく急斜している。おそらく倉木山安山岩東側の急斜面を両火砕流が不整合におおった後に、N-SないしNE-SW方向の断層運動によって山側（西側）が隆起し（あるいは東側が沈降し）、当初の東傾斜の構造がさらに強調されたのであろう。

本火砕流堆積物と今市火砕流堆積物との関係は前節に述べた。



第20図 今市(灰色部分)・日出生台(H)・袖ノ木(Y)各火砕流堆積物の分布高度。  
数字は100m単位で堆積物の上面海拔高度を示す

Fig. 20 Height of the area of the distribution of the Imaichi (grey part), Hijūdai (H) and Yunoki (Y) Pyroclastic Flow Deposits.

普通角閃石紫蘇輝石含有普通輝石デイサイト溶結凝灰岩 (R 41427) BP479b

産地・産状：庄内町袖ノ木北西の林道沿い。強溶結の火砕流堆積物。

結晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鉱・普通角閃石(緑色, まれ)。

基質：ガラス破片, ガラスレンズ, 微小な結晶片及び岩片。

#### IV. 3. 6 時山安山岩 (St)

西部山地南部の湯平温泉から, 南隣久住図幅地域の時山 (958.3m) にかけてと, 久住図幅地域の阿蘇

野盆地南方に分布する輝石安山岩溶岩と付随する火砕岩を時山安山岩（小野，1963）と呼ぶ。厚さは、湯平付近及び時山付近で最大 300 m 以上である。時山安山岩は今市火砕流堆積物を覆う（小野，1963）。湯布院町小平の大分川河床で馬渡層及び鮎川火砕流堆積物に、湯布院町扇山東南東 1.5 km で内山ゲイサイトに覆われる。K-Ar 年代値として、 $0.88 \pm 0.11 \text{ Ma}$ 、 $0.64 \pm 0.10 \text{ Ma}$ （星住・鎌田，1987）、 $1.0 \pm 0.4 \text{ Ma}$ （大四ほか，1981）、 $1.0 \pm 0.4 \text{ Ma}$ （高島，1980）が得られている。自然残留磁化方位は、時山付近で逆、大分川・花合野川流域で正である。時山安山岩の噴出は、年代値及び磁気層序からみて、前期更新世から中期更新世にまたがる時期、およそ  $0.7\text{--}0.8 \text{ Ma}$  となる。

時山安山岩は、少なくとも 5 枚以上の溶岩とその間の火砕岩からなる。内山大池東方の崖では 5 枚の溶岩流が露出する。湯布院町渡司の採石場では、厚さ 20 m の溶岩流の断面が観察される（第 21 図）。火砕岩は、溶岩と同質の火砕流堆積物である。例えば小袋南方では、層厚 10 m 以上で、大きさ 4–60 cm のほとんど発泡していない安山岩角礫と、同質の細粒物からなる。角礫は灰黒色、基質は灰黒色–赤紫灰色を呈する。

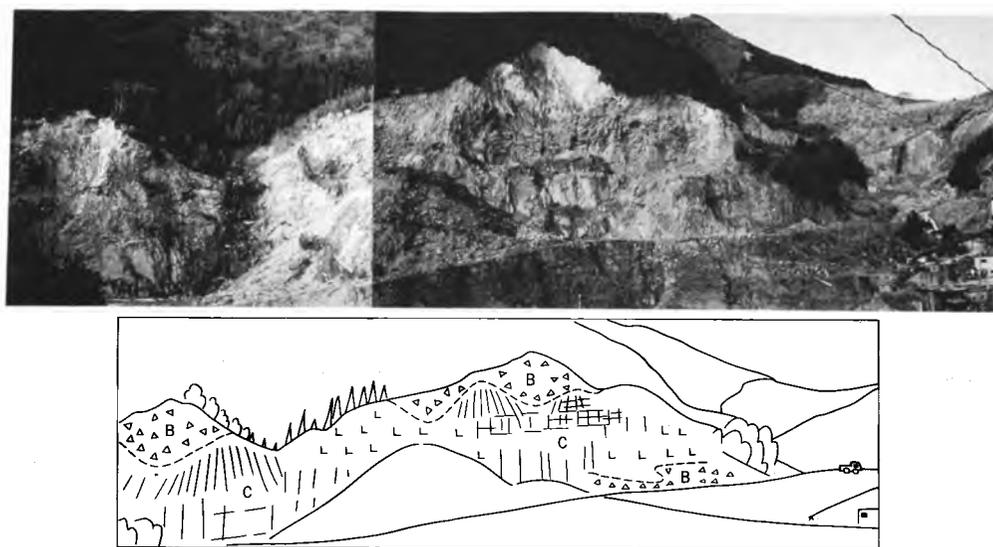
岩石は、青灰色緻密な安山岩で、1–4 mm の斜長石・普通輝石・紫蘇輝石の斑晶を含む。

#### 紫蘇輝石普通輝石安山岩 〈R 41428〉 BP997c

産地・産状：湯布院町小平，大分川河床。溶岩。

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈦・燐灰石。集斑状組織が顕著である。

石基：斜長石・シリカ鈦物など。極細粒フェルト状組織。



第21図 時山安山岩の厚い溶岩流の断面。上下に角礫部(B)があり、中央に節理の発達した緻密部(C)がある。中心緻密部の上面が波うっているのは波長数10mに及ぶ巨大な縄状表面の断面である。湯布院町渡司，大分川西岸の採石場

Fig. 21 A thick section of the Tokiyama Andesite. Note the wavy interface between the upper brecciated part and the central compact part.

## V. 第四系中部更新統

### V. 1 雛戸山安山岩 (Hh)

北部山地の雛戸山 (890.8m) と由布 - 鶴見地溝内に地壘状に突出するジャナガヅルを構成する普通角閃石を含む輝石安山岩溶岩を雛戸山安山岩と呼ぶ (新称)。雛戸山安山岩は緩く北へ傾いた数枚の溶岩流から構成されている。南端部は別府北断層及びジャナガヅルの南側の断層により切られている。本岩の南方延長部は由布 - 鶴見地溝内に伏在しているのであろう。厚さは雛戸山で 250 m 以上である。

本岩は高陣ヶ尾安山岩を覆い、ジャナガヅル安山岩に覆われる。西ノ台流紋岩類との直接の関係は不明である。K-Ar 年代値として、 $0.72 \pm 0.09$  Ma (鎌田, 1986a) が得られている。自然残留磁化方位は正である。年代値及び磁化方位から、本岩の噴出はブリュンス正磁極期初期、すなわち、更新世中期の初期と推定される。

岩石は青灰色緻密な安山岩で、斑晶として 3 mm 以下の斜長石・輝石を少量と、4 mm 以下の角閃石を微量含んでいる。

普通角閃石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41429) 8b-99

産地・産状：安心院町雛戸山山頂東 1.3 km. 溶岩。

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石 (帯緑褐色)・鉄鉱。

石基：斜長石・鉄鉱・単斜輝石・斜方輝石・シリカ鉱物。塊間状組織。

### V. 2 西ノ台流紋岩 (Hn)

鶴見岳北方、北部山地の別府市天間付近と北隣豊岡幅地域南部の西ノ台<sup>11)</sup>の台地を形成する流紋岩溶岩とその基底に付随する同質火砕岩を西ノ台流紋岩と呼ぶ。笠間 (1953) の西台火山岩類、笠間 (1958) の西ノ台火山岩類の一部に相当する。松本ほか (1984) の西ノ台火山岩類を改称した。笠間 (1953, 1958) は、岩質の類似から本岩と由布院盆地の石武流紋岩類を一括して呼んでいた。本岩は高陣ヶ尾安山岩を覆う。厚さは、天間南方で 120 m 以上である。自然残留磁化方位は正である。

溶岩は流理構造が顕著な灰桃色 - 灰黒色の流紋岩で、真珠岩状割れ目やスフェルライトが見られ、柱状節理が発達する。斑晶として少量の斜長石・普通角閃石と微量の紫蘇輝石・普通輝石を含む。天間南方 0.8 km では基底部に同質火砕岩がみられる。火砕岩は、細管状に発泡した白色軽石と急冷割れ目を持った流紋岩角礫を含む火砕流堆積物を主とし、間に淘汰の良い成層した再堆積物を挟んでいる。

普通輝石含有紫蘇輝石普通角閃石流紋岩 (R 41430) 8b-83

産地・産状：別府市天間の南南西 800 m. 溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石 (酸化角閃石、濃橙色)・紫蘇輝石・鉄鉱・普通輝石。

11) 別府市南畑・安心院町南畑・日出町高平西方にまたがる標高 500-600 m の台地。

石基：斜長石・鉄鉱・シリカ鉱物。隠微晶質。

### V. 3 馬渡層 (m)

大分川沿いの湯布院町鮎川から馬渡を経て渡司にかけて分布する、主にシルト岩・礫岩からなる堆積物を馬渡層と呼ぶ(新称)。馬渡層は、川西安山岩を覆う。湯布院町渡司の採石場では、時山安山岩の上位に本層の一部とみられるシルト岩が重なる。また、湯布院町小平の大分川河壁では、時山安山岩の溶岩の上に、厚さ10m以下の馬渡層を挟んで鮎川火砕流堆積物が重なっている。層厚は50m以上である。倉本西方にも類似の堆積物が田代岩屑なだれ堆積物の下位に露出しており、ここでは、馬渡層に含めた。

馬渡層は、シルト岩・礫岩・火砕岩などの20cm-2mごとの不規則な互層からなる(第22図)。シルト岩は暗灰褐色-暗灰色で塊状が弱い成層構造を持ち、大きさ数mm大のさいころ状に壊れやすい。しばしば1-2cmの小岩片や軽石をごく少量含んでいる。礫岩は径4-30cmの歪円礫-歪角礫と、砂-シルトの基質からなる。構成礫種はほとんどが黒雲母を含む普通角閃石安山岩であり、川西安山岩由来とみられる。礫のインプリケーションの示す流向は、馬渡ではN60°Eである。火砕岩は、淡黄色の軽石凝灰岩、青灰色の石質安山岩火山礫凝灰岩、安山岩凝灰角礫岩などで、厚さ10cm-1m以上である。

安山岩凝灰角礫岩は、基底近くに多く、川西安山岩由来の黒雲母を含む角閃石安山岩歪角礫に富んでいる。

### V. 4 湯平流紋岩類 (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>)

湯平流紋岩類は、庄内町から湯布院町にかけての大分川沿いに分布する黒雲母流紋岩質の火砕岩及び溶岩で、下位から鮎川火砕流堆積物、淵火砕流堆積物、水地溶岩の3部層に区分される(星住・小野, 1987)



第22図 馬渡層のシルト岩と礫岩。礫の大部分は川西安山岩に由来する黒雲母を少量含む角閃石安山岩である。ここでの礫のインプリケーションは南西から北東への古流向を示している。湯布院町馬渡

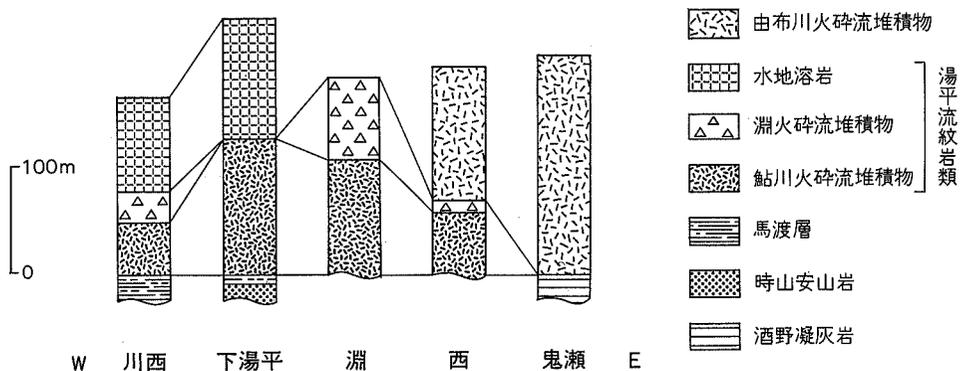
Fig. 22 Siltstone and conglomerate of the Mawatashi Formation.

(第23図)。森山(1972a), 松本・寺井(1984)は, 水地溶岩を“万年山溶岩”と呼んでいる。湯平流紋岩類は, 川西安山岩・時山安山岩・馬渡層を覆い, 由布川火砕流堆積物に薄い風化土壌を挟んで覆われる。自然残留磁化方位は3部層とも正である。K-Ar年代値として淵火砕流堆積物の本質岩片から,  $0.5 \pm 0.1$  Maが得られている(星住・鎌田, 1987)。また, 水地溶岩から  $1.1 \pm 0.1$  Ma(須藤, 1985a)が得られているが, 下位の時山安山岩が  $0.7-0.8$  Ma前後(前述)なので, 湯平流紋岩類の噴出年代は  $0.6-0.7$  Maと考える。

#### 鮎川火砕流堆積物(Hi)。

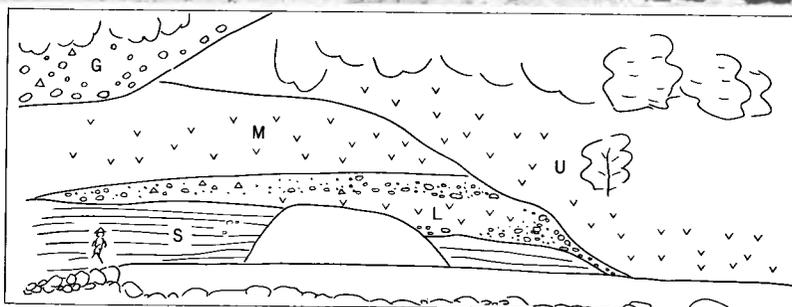
鮎川火砕流堆積物(星住・小野, 1987)は, 黒雲母流紋岩質の火山灰流ないし軽石流堆積物を主としている。大分川沿いの下武宮から内徳野にかけて分布し, 現存面積は  $8 \text{ km}^2$ , 現存体積は  $1 \text{ km}^3$  である。かつては由布川火砕流堆積物の一部にされていた(豊肥地熱地域地質図編集グループ, 1982; 松本・寺井, 1984; 森山ほか, 1986など)。鮎川火砕流堆積物は時山安山岩を湯病院町小平の大分川河壁で覆う。また, 淵火砕流堆積物に整合で覆われ, 由布川火砕流堆積物に風化浸食間隙を挟んで覆われる。自然残留磁化方位は正である。厚さは  $50-150 \text{ m}$  である。

鮎川火砕流堆積物は厚さ  $1-10 \text{ m}$  の多数の火山灰流-軽石流のフローユニットからなり, 間に火砕サーージ堆積物・降下火砕物・水成再堆積物・礫層を挟む(第24・25図)。本火砕流堆積物内部には, 風化間隙は認められない。軽石流は, 灰桃色-棟瓦色の基質に少量の  $5 \text{ mm}-5 \text{ cm}$  の軽石を含む。軽石は灰桃色-橙色で, 少量の斜長石・黒雲母・紫蘇輝石と微量の普通角閃石・普通輝石を含む。類質(?)岩片として黒色ガラス質の溶結凝灰岩の角礫を特徴的に含む。軽石流の一部は弱溶結し, 柱状節理が発達する。鮎川火砕流堆積物の特徴と, 由布川火砕流堆積物及び酒野凝灰岩との識別表を第3表に示す。火砕サーージ堆積物は, 厚さ  $10-70 \text{ cm}$  の細粒ガラス火山灰層で細かく成層しデューン構造を示す。降下火砕物は, 鮎川火砕流堆積物の基底近くに多数のユニットが認められ, 降下軽石・降下火山灰・黒色ガラス質岩片を主とする降下物が互層している。水成再堆積物は細かく成層した軽石砂層で, 緩い斜交層理が発達し粒子の密度差による分級を受けている。礫層は厚さ  $1-5 \text{ m}$  で, 塊状または弱い成層構造が発達する。大きさ  $5-40 \text{ cm}$  の円礫-亜角礫と, 火山灰と砂の基質からなる。礫の大部分は輝石安山岩である。この礫層は周囲の山地から供給された土石流堆積物と考える。



第23図 湯平流紋岩類の柱状図

Fig. 23 Columnar sections of the Yunohira Rhyolites.



第24図 鮎川火砕流堆積物の露頭。水成再堆積物(S)の上に3枚の火砕流堆積物(U, M, L)が見える。Gは段丘堆積物(t<sub>2</sub>)。湯布院町小平の東，九州電力下川発電所の前

Fig. 24 Deposits of three pyroclastic flows (U, M, L) and water-laid sediment (S) of the Ayukawa Pyroclastic Flow Deposit. G is the terrace deposit (t<sub>2</sub>).

普通輝石普通角閃石含有紫蘇輝石黒雲母流紋岩軽石 (R 41431) BP711b

産地・産状：湯布院町小平。非溶結の軽石流堆積物中の軽石。

斑晶：斜長石・黒雲母・紫蘇輝石・普通角閃石・普通輝石・鉄鈹・燐灰石。

石基：ガラス(淡褐色-無色)・斜長石・ジルコン。

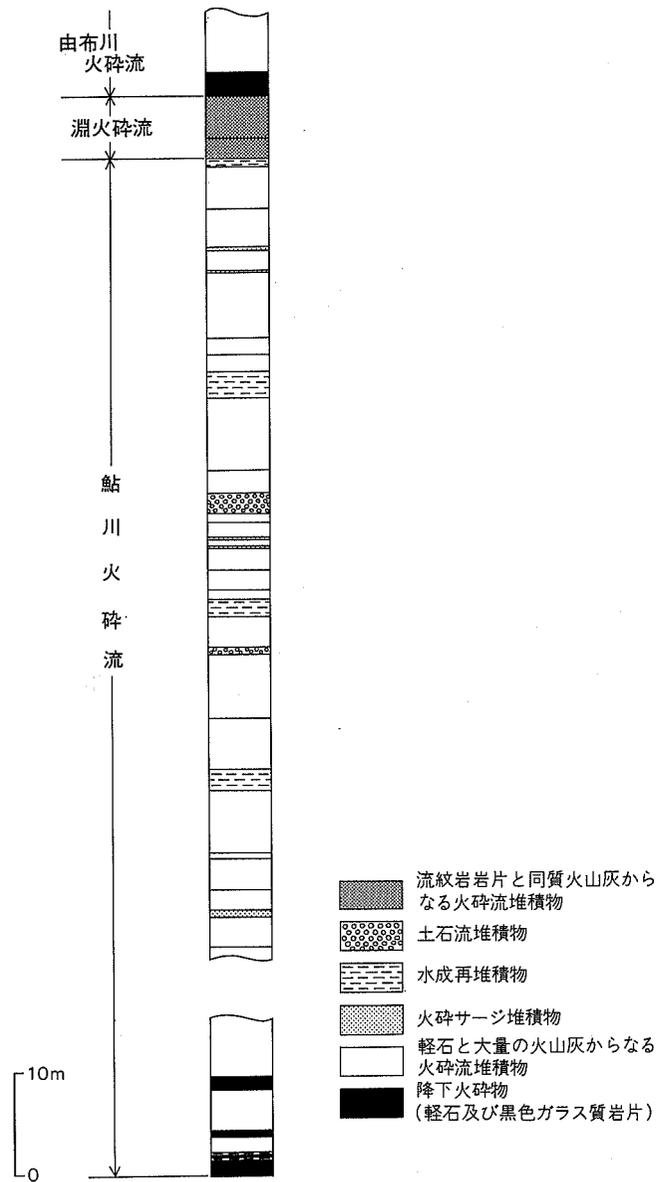
#### 淵火砕流堆積物 (H<sub>2</sub>)

淵火砕流堆積物(星住・小野, 1987)は黒雲母流紋岩質の発泡度の低い本質岩塊と同質の火山灰からなる火砕流堆積物である。大分川沿いの下武宮から鮎川にかけて分布する。鮎川火砕流堆積物を湯布院町小平の南の谷で整合に覆う。自然残留磁化方向は正である。厚さは5-100mである。本火砕流堆積物は厚さ2-10mの多数のフローユニットからなり、間に薄い再堆積物を挟むことがある。構成物は、大きさ4cm-1mのやや発泡した流紋岩角礫と、同質のガラス火山灰からなる基質である。基質は、鮎川火砕流堆積物に比べて粗く、ざらざらしている。岩石は灰白色のガラス質流紋岩で、大きさ1-5mmの斜長石・黒雲母・普通角閃石を少量と微量の普通輝石・紫蘇輝石を含む。

普通輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩 (R 41432) BP999d

産地・産状：庄内町小袋, 568.1m三角点の北700mの谷壁。非溶結火砕流堆積物中の本質岩片。

斑晶：斜長石・黒雲母・普通角閃石・鉄鈹・普通輝石。



第25図 鮎川火砕流堆積物の柱状図

Fig. 25 A columnar section of the Ayukawa Pyroclastic Flow Deposit.

石基：大部分がガラス（無色）で，微量の斜長石，普通角閃石，ジルコン，塵状物を含む．真珠岩状割れ目が発達する．

### 水地溶岩 (H<sub>3</sub>)

水地溶岩 (星住・小野, 1987) は水地南方，鹿出南方などに分布し台地地形をなす．淵火砕流堆積物を覆う．自然残留磁化方位は正である．厚さは50-150mである．幅1-2m間隔の柱状節理が発達する．

第3表 酒野凝灰岩・鮎川火砕流堆積物・由布川火砕流堆積物の特徴

	酒野凝灰岩 (Bs)	鮎川火砕流 (H <sub>3</sub> )	由布川火砕流 (Yf)
岩 相	軽石流堆積物 水成再堆積物 砂岩・シルト岩	軽石流堆積物 降下火砕物(軽石・岩片) 火砕サージ・水成再堆積物	軽石流堆積物 降下軽石
1枚のフローユ ニットの厚さ	1-10m以上	1-10m	数10m以上
溶 結 度	非	非>弱	弱>非>強
脱ガラス化作用	なし	なし	局所的に強い
気相晶出作用	なし	なし	局所的に強い
軽石のサイズ	1-5 cm	1-5 cm	0.5-20cm
軽石の色	白色-淡黄色	灰桃色-橙色	白色-淡桃色
軽石の光沢	ガラス質光沢	ガラス質光沢-絹糸状光沢	絹糸状光沢
軽石の発泡形態	細管状, 均質	長孔状-細管状, 均質	短孔状-細管状, やや不均質
軽石の斑晶量比	pl>bi>hor≥hyp, aug	pl>bi≥hyp>aug, hor	pl>bi>hor≥hyp>aug
基 質	ざらざらする(結晶片に富む)	ざらざらする(非溶結の時)	ざらざらする(非溶結の時)
基 質 の 色	白色-灰白色	灰桃色-レンガ色	灰色-灰桃色
類 質 岩 片	黒色ガラス質流紋岩	黒色ガラス質溶結凝灰岩	灰色ガラス質流紋岩
そ の 他 の 特 徴	しばしば地下水による 茶褐色の沈着がある	ごくまれに縞状スコリア が認められる	気相晶出作用を受けた ところは固い

岩石は青灰色緻密な流紋岩で、大きさ2-8mmの斜長石・黒雲母・普通角閃石と微量の普通輝石・紫蘇輝石を含む。しばしば径1-3mmのスフェルライトを含む。

普通輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩 (R 41399) 8b-185 (第II図版2)

産地・産状：湯布院町湯ノ上の北800m。溶岩。

化学組成：SiO<sub>2</sub>：68.6% (第2表3)。

斑晶：斜長石・黒雲母・普通角閃石・鉄鈹・普通輝石。

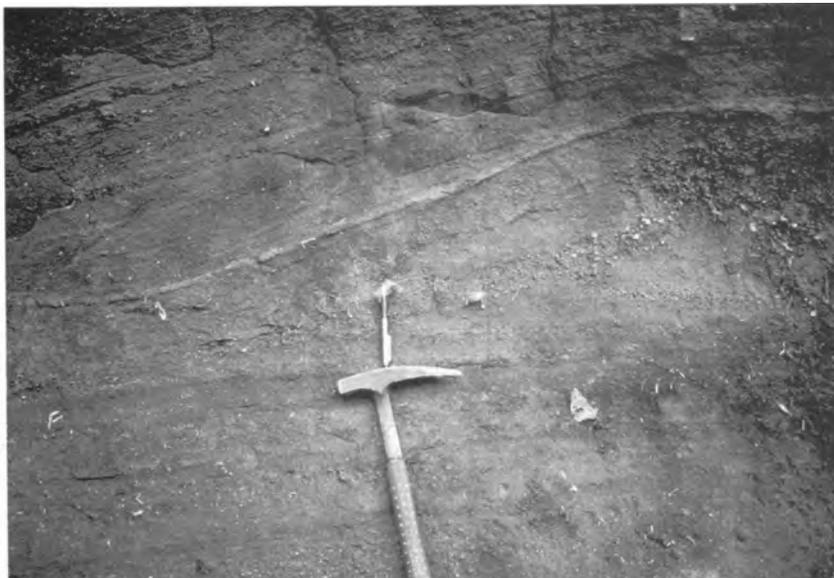
石基：径2mm前後のスフェルライトが大部分を占めている。ごく少量の斜長石と鉄鈹が含まれる。

## V. 5 神屋敷火砕流堆積物 (Hk)

本図幅地域南東部大分川沿いの神屋敷から春ノ段西方の狭い地域にのみ露出する黒雲母流紋岩質火砕流堆積物と挟在する水成再堆積物を神屋敷火砕流堆積物と呼ぶ(新称)。松本・寺井(1984)の先庄内火砕流堆積物は、本火砕流堆積物と酒野凝灰岩を合わせたものにあたる。

神屋敷火砕流堆積物は、由布川火砕流堆積物に風化浸食間隙を挟んで覆われる(49ページ第29図)。下限が露出せず、下位層との関係は不明である。しかし、水成再堆積物中に淵火砕流堆積物の流紋岩片と良く似た礫を含むので、湯平流紋岩類の上位とした。厚さは10m以上である。神屋敷火砕流堆積物は、火砕サージ堆積物・軽石流堆積物を主とし水成再堆積物を伴い、これらが互層している。火砕サージ堆積物は細かく成層した細粒ガラス火山灰層でデューン構造がみられ、径3-8mmの火山豆石を多量に含む(第26・27図)。軽石流は一枚の厚さが2-3mで、大きさ1-3mmの軽石とガラス火山灰からなる。軽石は大きさ4mm-4cm、淡桃色で細かく発泡しており、少量の斜長石・黒雲母が肉眼で認められ、

由布川火砕流堆積物の軽石と似ている。水成再堆積物は結晶粒とガラス火山灰が細かく互層している。本火砕流堆積物は、火山豆石を含む火砕サージ堆積物があること、水成の堆積物を伴うことから、浅水底あるいは水際に近い陸上での火山活動の産物と推定される。



第26図 神屋敷火砕流堆積物のデューン構造(斜交層理)。狭間町春ノ段、大分川南壁

Fig. 26 Dune structure of pyroclastic surge deposit of the Kamiyashiki Pyroclastic Flow Deposit.



第27図 神屋敷火砕流堆積物の火山豆石。径2 - 6 mmの火山豆石を多量に含む(第26図の拡大写真)

Fig. 27 Accretionary lapilli in the Kamiyashiki Pyroclastic Flow Deposit.

## V. 6 浜 脇 層 (h)

南部山地北東部、朝見川断層のすぐ南の由布川火砕流堆積物直下に成層した砂礫層・シルト層・軽石砂層などからなる地層がある。これを浜脇層(森山, 1972a)と呼ぶ。笠間(1953)は本層を大分層群石城川累層の一部としている。分布は、朝見川断層の断層崖に沿って、本図幅東端の朝見から、大分図幅地域の浜脇を経て、高崎山北西に至る東西およそ3kmの細長い地域である。層厚は、最大100m以上で下限は露出していない。

浜脇層は、砂礫層・シルト層・軽石砂層の互層から構成される。礫は大きさ2-50cmの円礫-亜角礫で、輝石安山岩が多い。シルトは褐色塊状でさいころ状に壊れやすい。軽石砂層は、桃灰色の黒雲母流紋岩軽石を含む。

## V. 7 由布川火砕流堆積物 (Yf)

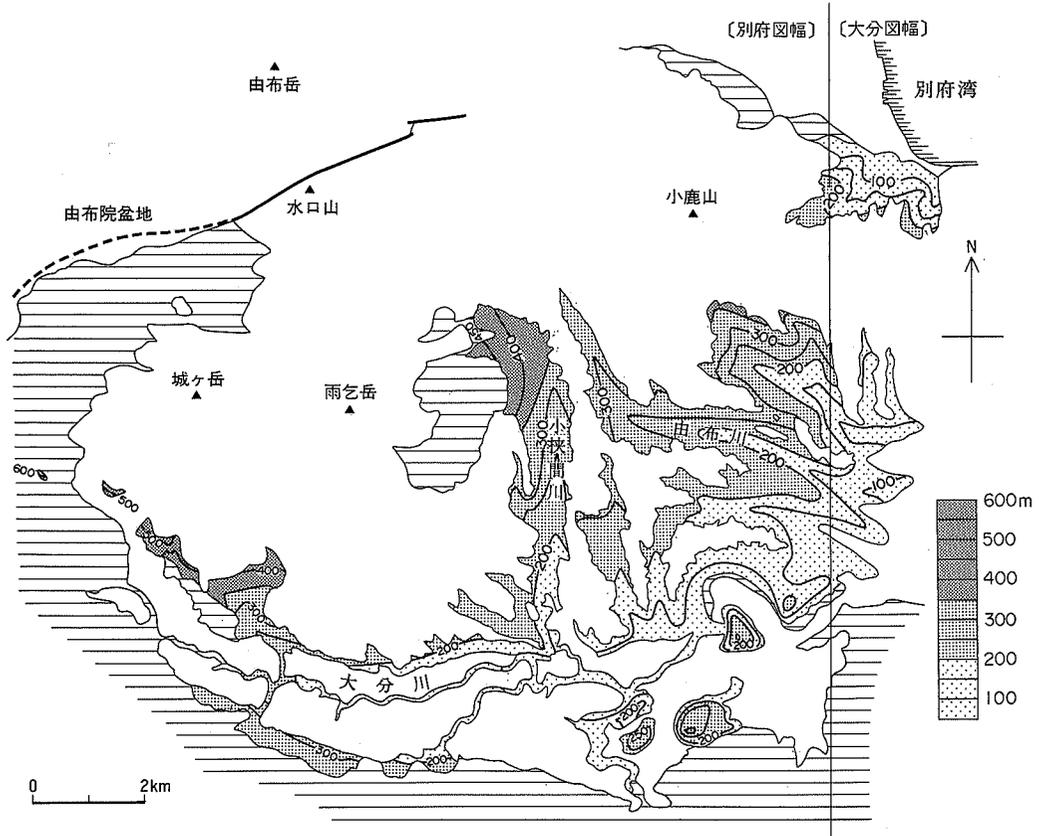
**命名:** 小野(1963)の由布川軽石流による。首藤(1953)は本火砕流堆積物を大分層群滝尾層羽田部層に對比している。MATUMOTO(1963)は、本火砕流と久住図幅地域の中峠火砕流(小野, 1963)を合わせたものをSyonai ignibriteと呼んだ。松本・寺井(1984)の庄内火砕流堆積物は本火砕流堆積物に鮎川火砕流堆積物を合わせたものに相当する。

**分布:** 城ヶ岳南西から本地域東端部にかけての大分川とその支流の地域と、小鹿山東方の隠山付近に分布する。東方延長は大分図幅地域の大分駅南西付近に及ぶ。分布域北方の城島高原の地下にもボーリングで存在が確認されている(第30図)。

**噴出源:** 由布川火砕流の給源とされる火口またはカルデラは地表では見つからない。松本・寺井(1984)は軽石のインプリケーションと長柱状鉱物の配列から、由布岳・鶴見岳付近か別府湾を出口と考えた。鎌田(1985)は火砕流の分布と重力負異常の分布から水口山付近に推定した。火砕流堆積物の上面高度は城ヶ岳の南西及び雨乞岳東で高く、東方及び南方へ低くなる(第28図)。このことは雨乞岳北部から水口山、由布岳、由布院盆地付近に出口があったことを示唆する。

**層序・年代:** 由布川火砕流堆積物は、鹿倉安山岩、酒野凝灰岩、柚ノ木火砕流堆積物、鮎川火砕流堆積物、水地溶岩、神屋敷火砕流堆積物(第29図)、浜脇層を覆う。橋爪北西の道路沿いで小野屋層に覆われ、<sup>おぼさま</sup>小挾間川上流で小杉火砕流堆積物、東山岩屑なだれ堆積物に覆われる。自然残留磁化方位は正である。噴出年代について、岡口(1976)は大分図幅地域の羽田火砕岩層(首藤の羽田部層)から $1.44 \pm 0.28$  MaのFT年代を得ている。宇都・須藤(1985)は由布川火砕流堆積物の上下の火山岩のK-Ar年代値から1.6-1.9Ma前後と推定した。一方、森山ほか(1986)は $0.46 \pm 0.08$  MaのFT年代値を得ている。星住・鎌田(1987)は、周辺地域の層序を見直し、上下の火山岩のK-Ar年代値から噴出年代を約0.6Maと考えた。

**層厚:** 大分川沿いの小倉山で最大で200m、大部分の地点では数10m以上で下限は露出しない。城島高原でのボーリングでは90m(森山, 1972a)、あるいは190m以下(第30図)である。



第28図 由布川火砕流堆積物の上面高度分布。

横線部は由布川火砕流よりも下位、白抜きは由布川火砕流よりも上位の地層

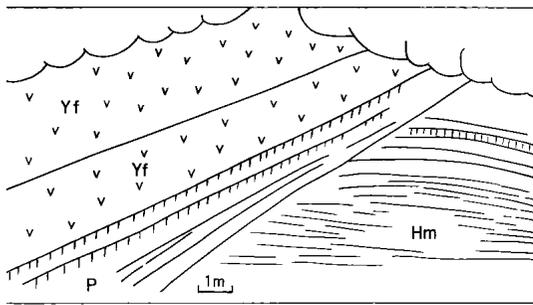
Fig. 28 Height of the upper surface of the Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit.

**岩相：**由布川火砕流堆積物は、少量の紫蘇輝石・普通輝石を含む普通角閃石黒雲母流紋岩質軽石流堆積物である。基底部には降下軽石層を伴う。火砕流堆積物は大部分が弱溶結部-非溶結部で、強溶結部はごく一部に見られる。弱溶結部-非溶結部では河川が深く削り込み、由布川峡谷（第31図）で代表されるように切り立った崖をなす。また堆積物の厚い部分では、脱ガラス化作用や気相晶出作用が顕著である。外来岩片として、多量の輝石安山岩・角閃石安山岩、少量の黒雲母流紋岩を含む。そしてまれに黒雲母片麻岩（森山・種子田，1966）、黒雲母花崗岩（森山，1971）の岩片を含む。由布川火砕流堆積物の特徴と、酒野凝灰岩、鮎川火砕流堆積物との差異を45ページ第3表に示す。

非溶結部では、灰色-灰白色の基質中に少量の白色-淡桃色の軽石を含む。軽石は大きさ4mm-10cmで細かい長孔状の気泡を持つ。軽石のガラスは絹糸光沢を持つ。基質は大量の細粒ガラス火山灰と少量の斜長石・黒雲母などの結晶片からなる。

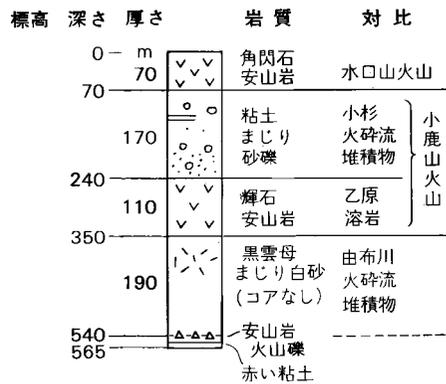
弱溶結部では、基質の火山灰がやや固結し数m間隔の柱状節理や板状節理が発達する。軽石は変形しないかまたは、やや扁平化するが空隙を残し緻密なガラスレンズにはなっていない。

強溶結部では、軽石が完全に黒色ガラスレンズとなりユータキシティック組織を示す。基質の色調は



第29図 神屋敷火砕流堆積物を覆う由布川火砕流堆積物。神屋敷火砕流堆積物の火砕サージ堆積物(Hm)の水平な層理を切って、数層の降下軽石層(p)が覆い、さらにその上に由布川火砕流堆積物(Yf)がのっている。降下軽石層中には風化帯がある

Fig. 29 Non welded lowest part of the Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit (Yf) covers underlying air-fall pumice bed (p) and flatlying pyroclastic surge deposit of the Kamiyashiki Pyroclastic Flow Deposit (Hm).



第30図 城島高原のボーリング柱状図。350m以下の部分はコアが上がらずスライムを吹き上げたときされており、非溶結の由布川火砕流堆積物と推定されるが、正確な厚さは不明である(京大地球物理学研究施設の資料による)

Fig. 30 A columnar section of a drill hole at Kijima Kōgen.



第31図 由布川峡谷。由布川火砕流堆積物の弱溶結部を切る。峡谷は、幅が狭く、かつ、深く切りこんでおり、幅2m、深さ80mに達する部分があるという記録がある。挾間町猿渡橋南(挾間町企画商工課の提供による)

Fig. 31 Yufugawa gorge cutting in the Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit.

細かなガラスレンズのため灰黒色となる。

脱ガラス化作用及び気相晶出作用は大分川沿いの高長谷山から猿渡にかけて顕著である。基質は硬化

する一方、軽石は極めて脆く容易に抜け落ちるため、表面に無数の凹みのある特徴的な風化面を作る(第32図)、現地ではこの様な岩石を“スガメ石”と呼んでいる。また、このような岩石は固いため、表面高度が高く、島状の地形をなす(第28図)。

降下軽石層は下武宮、丸田南西などで見られる。丸田南西では、厚さ80cmで、内部に6枚の降下ユニットが認められる。各ユニットは淘汰が良く級化構造を示す。軽石は大きさ4mm-2cmで、火砕流堆積物中のものと同質である。

紫蘇輝石普通輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩溶結凝灰岩 (R 41433) BP1472 (第I図版1,2)

産地・産状：挾間町春ノ段、108目標高点の西100m。強溶結の火砕流堆積物。

斑晶：斜長石・黒雲母・普通角閃石(緑色)・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鉱。

基質：ガラス破片、扁平化した軽石、微小な結晶片及び岩片。

軽石はガラスレンズとなるが、軽石構造を残す。岩片は角ばっている。岩石種は、輝石安山岩が大部分で他に角閃石安山岩・ガラス質流紋岩などがある。

## V. 8 小野屋層(o)

小野屋層(松本・寺井, 1984)は、雨乞岳南方の平石から本図幅地域東端にかけての大分川流域に分布する、砂礫層を主とする地層である。分布高度は、柚ノ木北方の430mが最も高く南へ低下し小野屋付近で180mとなり、大分川南岸の片野では230mと少し高くなる。由布川火砕流堆積物を池ノ上北方のほか、各所で覆う。雨乞岳火山平石火砕流堆積物、小鹿山火山東山岩屑なだれ堆積物、大津留火砕流堆積



第32図 由布川火砕流堆積物の溶結凝灰岩の気相晶出帯の風化面。軽石が脱落して凹みを作る。挾間町小倉山

Fig. 32 Weathered surface in the zone of vapor-phase crystallization of welded tuff of the Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit.

物に覆われる。層厚は10-30mである。本層は砂-シルト層、円礫層及び軽石砂層の互層からなる。単層の連続性は悪く、しばしば斜交層理が発達する。砂-シルト層は凝灰質で、しばしば厚さ10-30cmの炭質物に富む黒っぽい層を挟有している(第33図)。円礫層は大きさ4-50cmの円礫と砂質の基質からなる。軽石砂層は、淡黄色の角閃石デイスাইト軽石を多量に含む。基底近くでは由布川火砕流堆積物由来の軽石に富むことがある。松本・寺井(1984)は本層を“高位段丘堆積物”と考え、小鹿山火山と同時異相としている。

## V. 9 湯布高原安山岩 (Hy)

由布-鶴見地溝西端、福万山南麓に分布する輝石角閃石安山岩溶岩及び火砕岩を湯布高原安山岩と呼ぶ(新称)。層序関係は鮎川火砕流堆積物を覆う以外は不明だが、分布からみて、石武流紋岩類及び、福万山火山に覆われるらしい。自然残留磁化方位は正である。由布川火砕流堆積物との関係は不明だが、ここでは、由布院盆地内に由布川火砕流堆積物が認められないのは盆地内の火山岩類が由布川火砕流堆積物より新しいためと考え、湯布高原安山岩を由布川火砕流堆積物の上位とした。溶岩の上面は北から南へ低下している。表面近くはやや発泡し赤色酸化しているが、内部は青灰色緻密な安山岩である。火砕岩はやや発泡した赤紫灰色安山岩岩片と同質の火山灰からなる。

岩石は、大きさ2-4mmの斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石・普通輝石の斑晶を含む。斑晶は、カルト山安山岩や福万山火山に比べて、より小さく少ない。

普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41400) 0b-654

産地・産状：湯布院町湯布高原。溶岩。

化学組成：SiO<sub>2</sub>：60.7% (第2表4)。

斑晶：斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鈹。

石基：斜長石・斜方輝石・単斜輝石・シリカ鈹物・鉄鈹。塊間状組織。



第33図 小野屋層の露頭。成層したシルト層と、凝灰質砂層の互層からなる。黒っぽい層は炭質物に富む。庄内町橋爪

Fig. 33 Alternation of silt bed and tuffaceous sand bed of the Onoya Formation.

## V. 10 石武流紋岩類 (Hp, Hi)

由布 - 鶴見地溝西端, 由布院盆地の石武付近に分布する角閃石流紋岩溶岩及び火砕岩を石武流紋岩類と呼ぶ(新称). 笠間(1953)の西台火山岩, 笠間(1958)の西ノ台火山岩の一部に相当する. 本岩は徳野安山岩・湯布高原安山岩を覆い, 分布からみて福万山火山に覆われる.

石武流紋岩類と由布川火砕流堆積物との直接の関係は不明だが, 湯布高原安山岩と同様の理由で, 本岩を由布川火砕流堆積物の上位とした.

石武流紋岩類は, 非溶結軽石流堆積物からなる南由布火砕流堆積物と, 溶岩を主体とし, 火砕岩を伴っている石武溶岩から構成される. 自然残留磁化方位は両者とも正である.

### 南由布火砕流堆積物 (Hp)

由布院盆地, 久大本線南由布駅北西に分布する角閃石流紋岩質火砕流堆積物を南由布火砕流堆積物と呼ぶ(新称). 露頭面で確認される厚さは10m以上である.

南由布火砕流堆積物は, 非溶結の流紋岩質軽石流堆積物であり, 多量のガラス火山灰からなる灰白色 - 帯紫灰色の基質中に径1-10cmの軽石を含む. 軽石は白色 - 灰白色で細かい長孔状の気泡を持つ. 少量の斜長石・普通角閃石の斑晶が肉眼で認められる. 大型(4-10cm)の軽石は角ばっており, しばしば表面が赤色酸化している.

#### 紫蘇輝石含有普通角閃石流紋岩軽石 (R 41435) BP436

産地・産状: 湯布院町前徳野. 非溶結火砕流堆積物中の軽石.

斑晶: 斜長石・普通角閃石(褐緑色)・鉄鉱・紫蘇輝石.

石基: ガラス(無色)・細かい塵状物.

### 石武溶岩 (Hi)

由布院盆地の石武付近に広がる角閃石流紋岩溶岩を石武溶岩と呼ぶ(新称). 厚さは最大50m以上である.

岩石は淡青灰色 - 淡黄色の流紋岩で, 石基の結晶度及び色調の違いによる流理構造が顕著である. ガラス質の部分は真珠岩状割れ目が発達し, 脆く砂状に壊れやすい. 発泡した部分は軽石状となっている. また, 径2mm程度のスフェルライトに富む部分もある. 斑晶として4mm以下の斜長石・角閃石を少量と4mm以下の紫蘇輝石・黒雲母を微量含んでいる.

#### 黒雲母含有紫蘇輝石普通角閃石流紋岩 (R 41434) BP267a

産地・産状: 湯布院町石武の564.0m三角点のすぐ東. 溶岩.

斑晶: 斜長石・普通角閃石(帯褐緑色)・紫蘇輝石・鉄鉱・黒雲母.

石基: ガラス(無色)が大部分で, 真珠岩状割れ目が顕著である. ごく少量の斜長石, 普通角閃石と塵状物が含まれている. スフェルライトがわずかにみられる.

## V. 11 小鹿山-雨乞岳火山群

南部山地の主体を占める雨乞岳火山・城ヶ岳火山・小鹿山火山・大津留火砕流堆積物を小鹿山-雨乞岳火山群と呼ぶ(新称)。岩質は、大津留火砕流堆積物が角閃石デイサイト、他の3火山は輝石安山岩からなる。

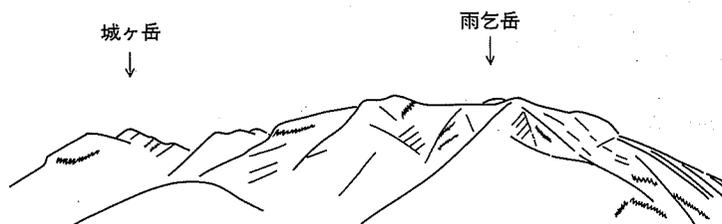
### V. 11. 1 雨乞岳火山 (Oa, Oh)

図幅中央部南東寄りの雨乞岳(1073.7m)付近を中心として分布する輝石安山岩火山を雨乞岳火山と呼ぶ。松本・寺井(1984)の雨乞岳火山岩類を改称した。笠間(1953)の小鹿山火山岩類乙原火山岩の一部に相当する。雨乞岳火山は溶岩を主体とする径6kmの成層火山で、南麓に小規模な火砕流堆積物を伴っている(第34図)。溶岩を雨乞岳溶岩、火砕流堆積物を平石火砕流堆積物と呼ぶ。溶岩は雨乞岳西方付近を中心として流下している。また、高場山の北600mで、本火山起源とみられる輝石安山岩質の降下スコリア層が認められる。この降下スコリア層は倉木山安山岩を覆っている。雨乞岳火山と由布川火砕流堆積物との直接の関係を示す露頭はないが、平石火砕流堆積物が小野屋層を平石の343m標高点の東500mで覆うので、雨乞岳火山を由布川火砕流堆積物の上位に位置付けた。

#### 雨乞岳溶岩 (Oa)

雨乞岳溶岩は、数枚以上の溶岩流からなる。溶岩流は厚さ10-50m程度で柱状節理や板状節理が発達する。自然残留磁化方位は正である。K-Ar年代値として、 $0.58 \pm 0.06$  Ma(星住・鎌田, 1987)が得られている。岩石は黒灰色-青灰色の緻密な安山岩で、部分的に酸化して赤褐色を呈する。斑晶として、大きさ1-4mmの斜長石・普通輝石・紫蘇輝石と、一部でかんらん石を含む。斑晶の量比及び大きさは溶岩流ごとに多少変化する。例えば、雨乞岳山頂の西南西1kmの谷では、少なくとも4枚の溶岩流が累重しており、岩質は下の2枚がかんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩、上の2枚が紫蘇輝石普通輝石安山岩である。

普通輝石紫蘇輝石安山岩 (R 41401) 8b-211



第34図 南からみた雨乞岳火山と城ヶ岳火山。共に頂上部から流下する数枚の溶岩流が崖線として見える。庄内町雲取の東から望む(1958年のスケッチ、1986年には樹林に覆われて崖は見えなくなっていた)

Fig. 34 Amagoidake Volcano (right) and Jōgadake Volcano (left) seen from the south. A few lava flows are flowing down from both summits.

産地・産状：庄内町雨乞岳の南方700m. 溶岩.

化学組成：SiO<sub>2</sub>：59.3% (第2表5).

斑晶：斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鈹. 斜長石は集斑状組織を示す.

石基：斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鈹・アルカリ長石・シリカ鈹物・黒雲母. 填間状組織.

#### 平石火砕流堆積物 (Oh)

雨乞岳南麓の平石北方から東方にかけて局所的に分布する安山岩質の非溶結スコリア流堆積物を平石火砕流堆積物と呼ぶ(新称). 雨乞岳溶岩の上面を覆う. 厚さは少なくとも3m以上で, 2枚のフローユニットが認められる. スコリア流堆積物は, 灰黒色のガラス火山灰からなる基質中に, 大きさ2-5cm, 時に30cmのスコリア及び岩片を含む(第35図). スコリアは, 灰黒色-赤灰黒色でスポンジ状に発泡しパン皮状構造を示す. 岩片は, スコリアと同質の灰黒色ガラス質角礫である. スコリア・岩片とも1-3mmの斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石の斑晶を含む.

普通角閃石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩スコリア (R 41436) BP934a

産地・産状：庄内町星岳東方400m. 非溶結スコリア流堆積物中のスコリア.

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹・普通角閃石(褐緑色).

石基：褐色ガラス中にごく少量の斜長石・鉄鈹を含む.

#### V. 11. 2 城ヶ岳火山 (Oj)

南部山地雨乞岳西方の城ヶ岳(1157.4m)を現在の山頂とする輝石安山岩火山を城ヶ岳火山と呼ぶ(新



第35図 平石火砕流堆積物の露頭. 径2-20cmのパン皮状黒色スコリアと黒色砂状の基質からなる. 全く非溶結である. 庄内町星岳の東400mの林道沿い

Fig. 35 Outcrop of the Hiraisi Pyroclastic Flow Deposit.

称). 城ヶ岳火山は山頂から扇型に、北西から南へ広がっている。雨乞岳溶岩を尾子岳南東の谷で覆っている。K-Ar年代値として、 $0.86 \pm 0.06 \text{ Ma}$  (鎌日, 1986a) が得られているが、下位の雨乞岳火山等よりも古い値となっており、検討を要する。

城ヶ岳火山は、輝石安山岩溶岩流が累重した成層火山である。一枚の溶岩流は厚さ5-10mで柱状節理及び板状節理が発達する。例えば、尾子岳東の急崖では、雨乞岳溶岩の上に厚さ5m前後の城ヶ岳の溶岩流が3枚重なり、柱状節理が顕著に見られる(第36図)。

岩石は青灰色緻密な安山岩である。斑晶として2mm以下、大部分は1mm以下、の斜長石・紫蘇輝石・普通輝石、時にかんらん石・普通角閃石を含む。肉眼では斑晶が小さいため、一見無斑晶質に見え、雨乞岳溶岩とは容易に判別できる。

かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41403) 8b-167 (第III図版1)

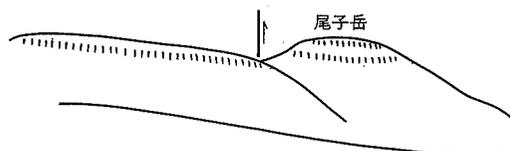
産地・産状: 庄内町尾子岳の東。溶岩。

化学組成:  $\text{SiO}_2$ : 53.9% (第2表7)。

斑晶: 斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・かんらん石・鉄鈹。

斑晶は大きさ1mm以下。かんらん石は周囲がイデイングサイト化している。

石基: 斜長石・斜方輝石・鉄鈹・単斜輝石・シリカ鈹物。填間状組織。



第36図 城ヶ岳火山の溶岩流を切る断層。断層の右の丸い山が尾子岳。湯布院町水地から東南を見る  
Fig. 36 A fault cutting lava flows of the Jōgadake Volcano viewed from the northwest.

### V. 11. 3 おじかやま 小鹿山火山 (Ob, Os, Ot, Od)

鶴見岳南東方の小鹿山(727.6m)付近に分布する輝石安山岩の溶岩及び火砕岩を小鹿山火山と呼ぶ。笠間(1953)の小鹿山火山岩及び乙原火山岩の一部に、松本・寺井(1984)の小鹿山火山岩類に相当する。小鹿山火山は、観海寺安山岩・由布川火砕流堆積物・小野屋層を覆い、大津留火砕流堆積物・水口山火山・鶴見岳火山に覆われる。由布川火砕流堆積物を覆うことは、大分川と別府市朝見を結び小鹿山の下を切削した用水トンネル工事で確認された(森山, 1971)。小鹿山火山の上面は緩く南に傾き、北端は朝見川断層に切られている。厚さは船原山-小鹿山付近で最も厚く500-600mで、南方へ薄くなる。また北東部では溶岩が卓越し、南西部では火砕岩が卓越する。以上によって小鹿山火山は中心噴出型の火山で、その噴出中心は現在の分布域よりも北方の鶴見岳付近あるいは別府湾にあったと推定される。

小鹿山火山は下位から乙原溶岩、小杉火砕流堆積物、鳥居溶岩、東山岩屑なだれ堆積物に分けられる。

#### おとぼる 乙原溶岩 (Ob)

小鹿山火山の北東側、別府市街地に面した急崖に露出する輝石安山岩溶岩を乙原溶岩と呼ぶ(新称)。笠間(1953)の乙原火山岩の一部に相当する。厚さは船原山付近で最大400mで南へ薄くなる。K-Ar年

代値として、 $0.46 \pm 0.11 \text{ Ma}$  (星住・鎌田, 1987) が得られている。自然残留磁化方位は正である。

小鹿山北北東の谷では少なくとも 6 枚の溶岩流が露出している。一枚の溶岩流の厚さは 10-20 m である。岩質は下位より普通輝石紫蘇輝石安山岩、かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩、普通角閃石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩、普通角閃石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩、かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩、普通輝石紫蘇輝石安山岩である。

岩石は青灰色 - 灰色緻密な安山岩で、大きさ 1-4 mm の斜長石・普通輝石・紫蘇輝石を含み、時にごく少量のかんらん石及び普通角閃石を伴う。

普通角閃石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩 (R 41404) 8b-61

産地・産状：別府市乙原西方, 乙原滝北の崖. 溶岩.

化学組成： $\text{SiO}_2$  : 56.0% (第 2 表 8).

斑晶：斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鈦・普通角閃石 (ごくまれ).

石基：斜長石・鉄鈦・シリカ鉱物・単斜輝石・斜方輝石. 間粒状組織.

#### おすぎ 小杉火砕流堆積物 (Os)

小鹿山火山の南西部に分布する、普通角閃石を含む輝石安山岩質火砕流堆積物を小杉火砕流堆積物と呼ぶ (新称)。小杉火砕流堆積物は小杉から古賀原を経て大分県幅地域にかけて分布する。南に離れて、時松と天神山に小分布がある。時松のほか各所で由布川火砕流堆積物を覆う。また、鳥居溶岩及び水口山火山城島火砕流堆積物に覆われる。自然残留磁化方位は正である。

火砕流堆積物は、大きさ 4-40 cm のやや発泡した安山岩角礫と同質の細粒物から構成される。角礫は灰色 - 灰黒色でまれに赤色酸化している。火砕流堆積物は、厚さ数 m の多数のフローユニットからなり、しばしば同質の溶岩流や再堆積物を挟在している。この火砕流堆積物は熱雲型の火山活動の産物と思われる。

普通角閃石紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41437) BP1203

産地・産状：挾間町小平の東, 451 m 標高点の東 300 m. 非溶結火砕流堆積物中の本質岩片.

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石 (帯褐緑色)・鉄鈦.

石基：斜長石・ガラス・鉄鈦・斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石. ハイアロオフィティック組織.

#### 鳥居溶岩 (Ot)

小鹿山火山の北部、鳥居から合ごうの原はらにかけて分布するかんらん石を顕著に含む輝石安山岩溶岩を鳥居溶岩と呼ぶ (新称)。鳥居溶岩は小杉火砕流堆積物を鳥居の東方で覆う。また、水口山火山城島火砕流堆積物に城島の西の由布川沿いで覆われる。厚さは約 50 m で、柱状節理が発達する。岩石は青灰色緻密な安山岩で、大きさ 2-6 mm の斜長石・普通輝石・かんらん石を含む。

かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩 (R 41405) 8b-40

産地・産状：別府市鳥居の交叉点の東 250 m. 溶岩.

化学組成：SiO<sub>2</sub>：58.7%（表2表9）

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・かんらん石・鉄鈹。

石基：斜長石・鉄鈹・シリカ鉱物・単斜輝石・斜方輝石。填間状組織。

#### 東山岩屑なだれ堆積物 (Od)

小鹿山西方の小杉の南から、東山を経て時松付近までと、南西方に離れて天神山付近に小分布を示す岩屑なだれ堆積物がある。これを東山岩屑なだれ堆積物と呼ぶ（新称）。本堆積物は、分布高度が北から南へ向かって低くなることと、構成岩塊の大部分が小杉火砕流堆積物由来であることから、小鹿山火山の一部とした。鳥居溶岩との関係は不明である。堆積物表面は開析されているが、なお流れ山地形がわずかに残存する。由布川火砕流堆積物や小杉火砕流堆積物を平坦に覆い、大津留火砕流堆積物に覆われる。

本堆積物は、層厚30m以上の無層理・無淘汰の火山岩塊とその細片で構成され、若干風化が進んでいる。岩塊の大部分は、少量の普通角閃石を含む紫蘇輝石普通輝石安山岩で、下位の小杉火砕流堆積物に由来する。このほか、小杉火砕流堆積物の再堆積物や硫気変質をうけた凝灰角礫岩、礫まじりの褐色風化火山灰などの壊れやすい大小の岩塊が含まれる（第37図）。本堆積物は、東山南方の椿西側尾根の林道沿いに良い露出が見られる。

#### V. 11. 4 大津留火砕流堆積物 (Op)

大津留火砕流堆積物（松本・寺井，1984）は、南部山地の標高200-400mの部分に庄内町雲取から本図幅地域東縁の西辺にかけて分布する、角閃石デイサイト質火砕流堆積物である。小野屋層及び小鹿山火山東山岩屑なだれ堆積物を覆う。自然残留磁化方位は正である。厚さは、葛原で最も厚く30m、時松東方の尾根で最も薄く1mである。分布高度は雨乞岳南方で北から南へ低くなり、雨乞岳南東方で北西から南東へ低くなる。

大津留火砕流堆積物は非溶結のデイサイト質軽石流堆積物で、細粒ガラス火山灰基質の中に大きさ1-20cmの軽石を含む。フローユニットの厚さは様々で、10-20cmごとの多数のフローユニットが累重する所と、5-10mの厚いフローユニットからなる所がある。葛原及び茅場南方では直下に同質の成層した軽石砂層を伴う。

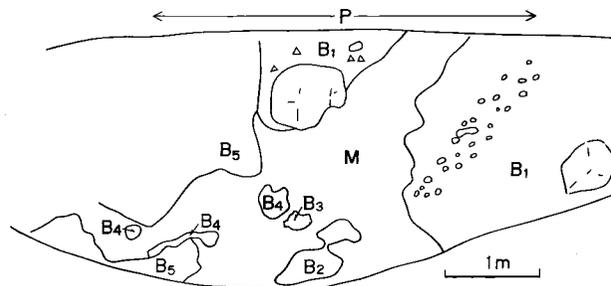
軽石は白色-淡黄色で長孔状の気泡を持つ。軽石の発泡度は様々で、発泡度の低い軽石はやや角ばっていることがある。軽石中に少量の斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石の斑晶が肉眼で認められる。斑晶の大きさは、大部分の軽石では0.5-2mmだが、2-8mmの大きな斑晶を含む軽石も少量混在する。

大津留火砕流堆積物のうち西辺付近のものは、白黒縞状軽石を含むことや軽石に少量の普通輝石を含むことなど、やや異なった特徴を示す。西辺付近のものは別の火砕流堆積物の可能性があるが、ここでは大津留火砕流堆積物に一括した。

黒雲母紫蘇輝石含有普通角閃石デイサイト軽石 (R 41438) BP614

産地・産状：庄内町影戸の331m標高点の北300m。非溶結軽石流堆積物中の軽石。

斑晶：斜長石・普通角閃石（緑色）・鉄鈹・紫蘇輝石・黒雲母。



第37図 東山岩屑なだれ堆積物の露頭。別府市椿の西300mの林道沿い。

M：雑多な岩片と細粒物からなる基質，B<sub>1</sub>：弱く成層した凝灰角礫岩（小杉火砕流堆積物の再堆積物のブロック<sup>12)</sup>），B<sub>2</sub>：黄灰色の噴気変質物のブロック，B<sub>3</sub>：破砕した青灰色輝石安山岩のブロック，B<sub>4</sub>：赤紫色の輝石安山岩凝灰岩のブロック，B<sub>5</sub>：暗灰色のスコリアを含む火砕流堆積物（小杉火砕流）のブロック．P：写真の範囲

Fig. 37 Outcrop of the Higashiyama Debris Avalanche Deposit.

石基：ガラス（無色）・塵状物。

## V. 12 野稲岳-花牟礼山火山群

西部山地に位置する内山デイサイト・花牟礼山火山・野稲岳火山・朝日台溶岩・崩平山火山とこれらに挟在する田代岩屑堆積物・奥江礫層を野稲岳-花牟礼山火山群と呼ぶ（新称）。岩質は、角閃石安山岩（-デイサイト）であり、花牟礼山火山のみ久住図幅地域で輝石安山岩を伴っている。西隣森図幅地域内の鹿伏岳火山も本火山群の一員とされるべきものである。

12) 三村ほか（1982）の巨大岩塊（ブロック），宇井（1984）のメガブロックとほぼ同じ内容。ただし，ここでは大きさにかわりなく（小さい塊であっても），用いることにする。

### V. 12. 1 内山デイサイト (Nu)

西部山地の湯布院町湯平から、南隣久住図幅地域の庄内町内山にかけて点在する角閃石デイサイト溶岩を内山デイサイトと呼ぶ。小野(1963)の内山角閃石安山岩を改称した。本岩は、内山大池西方1.5kmで時山安山岩を覆っている。長谷・岩内(1985)によれば、本岩は久住図幅地域で、阿蘇野層に挟まれ、花牟礼山火山に覆われる。FT年代値として、 $0.34 \pm 0.17 \text{ Ma}$  (長谷・岩内, 1985) が得られている。自然残留磁化方位は正である。

本岩は灰色-赤紫灰色の安山岩ないしデイサイトで、8mm以下の斜長石・角閃石と、4mm以下の黒雲母・輝石を少量含む。ところにより黒雲母を欠くことがある。

#### 黒雲母石英普通輝石紫蘇輝石普通角閃石デイサイト (R 41439) BP988

産地・産状：庄内町内山大池の西、927m標高点の南南西200m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石(帯褐緑色)・鉄鉱・紫蘇輝石・普通輝石・石英・黒雲母。

石基：ガラス・斜長石・鉄鉱。ハイアロビリティック組織。真珠岩状割れ目が顕著である。径0.2-0.5mmのスフェルライトが散在する。

### V. 12. 2 花牟礼山火山 (Nh)

南隣久住図幅地域北西部の花牟礼山(1174m)、1310.1m峰、1309.4m峰などを形成する角閃石安山岩及び輝石安山岩質火山を花牟礼山火山と呼ぶ。本図幅地域にはその北方延長が湯布院町扇山付近に狭く分布するのみである。小野(1963)の花牟礼山岩類を改称した。小野(1963)は花牟礼山岩類を十合野熔岩、花牟礼山熔岩、ナベ谷熔岩、頂上熔岩、岩頸に区分した。本図幅地域の角閃石安山岩溶岩及び同質火砕岩は、小野(1963)のナベ谷熔岩の延長部にあたる。扇山西の林道では柱状節理の発達する溶岩が、扇山南の林道では発泡度の低い本質岩片を持つ火砕流堆積物が見られる。自然残留磁化方位は正である。久住図幅地域でのK-Ar年代値として、 $0.63 \pm 0.02 \text{ Ma}$ 、 $0.55 \pm 0.03 \text{ Ma}$  (鎌田, 1985) が得られている。

岩石は青灰色-灰色のやや脆い安山岩で、大きさ2-8mmの斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石を含む。

#### 紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41440) 0b-583

産地・産状：湯布院町扇山の南西、855m標高点の北北西の林道沿い。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石・普通輝石・鉄鉱・紫蘇輝石。普通角閃石はすべてオパサイト化している。

石基：斜長石・鉄鉱・シリカ鉱物・単斜輝石・斜方輝石。填間状組織。

### V. 12. 3 田代岩屑堆積物 (Nd)

本図幅地域南西部の野稲岳火山に覆われて、その周辺に岩屑堆積物が南北9km、東西7kmにわたって分布している。これを田代岩屑堆積物と呼ぶ(新称)。この分布はさらに本図幅地域西方と南方にも広がっている。堆積物は、その分布から川西安山岩及び馬渡層を覆い、本図幅地域南西端の扇山南西で下位の花牟礼山火山を覆っているらしい。

堆積物表面には、流れ山地形が部分的に認められるものの、開析が著しい。全体として堆積面は南方

へ向かって標高 600 m 前後から 900 m 余りと高くなっており、本地域南西端かそれよりさらに南に供給源が推定される。

堆積物は、厚層 150 m 余りの無層理・無淘汰の火山岩塊とその細片で構成される。岩塊の大部分は、角閃石安山岩であり、このほか、軽石凝灰岩や、やや変質したシルト岩の不定形の岩塊が含まれている。

#### V. 12. 4 奥江礫層 (ok)

野稲岳火山の東の標高 700-900 m の平坦面を形成する堆積物を奥江礫層と呼ぶ (新称)。奥江礫層は田代岩屑堆積物を覆う。空中写真判読によれば野稲岳火山に覆われる。本層の露出は地形が平坦なことから、降下火山灰層に厚く覆われることから良くない。本層の大部分は火山円礫層-火山角礫層である。構成礫は柔らかでいわゆる“くさり礫”である。奥江北西及び小田の池付近では、大きさ 4-30 cm の亜円礫-亜角礫と細粒基質からなる。礫はほとんどが角閃石安山岩であるが、斑晶の大きさ・斑晶量・石基の色は様々である。湯布院町扇山の北では淘汰の悪い軽石凝灰岩である。軽石凝灰岩は、全体に灰白色-灰黄色で細かく成層し、ごく緩い斜交層理がみられる。層理面は緩く西に傾く。構成物は、大きさ 4-10 mm の淡黄色軽石と砂状の基質である。軽石は、デイサイト質で 1 mm 以下の斜長石と普通角閃石を含む。

森岡幅地域の九重町中村・野上付近には泥岩・珪藻土などからなる珍珠層が分布する (首藤, 1953)。奥江礫層の堆積面は、その分布高度及び時代から、珍珠層の堆積面に続いていた可能性がある。

#### V. 12. 5 野稲岳火山 (No)

野稲岳火山は、野稲岳 (1037.6m) とその周辺に広がる角閃石安山岩質火山である。5 個以上の溶岩円頂丘と火砕流堆積物などの火砕岩から構成されている。火山体は崩平山火山と同様に、東西性の断層系による変位が著しい。立石池は火口ではなく、断層運動によって生じた凹地である。噴出物の自然残留磁化方位は正である。分布からみて、田代岩屑堆積物・奥江礫層を覆っているらしい。野稲岳火山噴出物の年代値として、 $0.42 \pm 0.09$  Ma,  $0.56 \pm 0.19$  Ma (K-Ar 法: 宇都・須藤, 1985),  $0.5 \pm 0.3$  Ma (K-Ar 法: 須藤, 1985b),  $0.7 \pm 0.3$  Ma (K-Ar 法: 須藤, 1985a),  $0.4 \pm 0.05$  Ma (FT 法: 高島ほか, 1981),  $0.48$  Ma,  $0.43$  Ma (熱ルミネセンス法: TAKASHIMA, 1985) が得られており、野稲岳火山の活動時期はおよそ 0.4-0.5 Ma と考えてよい。

溶岩は青灰色-赤紫灰色の緻密な安山岩で、板状節理が顕著に発達している。火砕岩は火山体の低い部分を占め、野上川沿い及びやまなみハイウェイ沿いに好露出がある。火砕岩は大部分が火砕流堆積物で、一部に再堆積物からなる弱く成層した凝灰角礫岩がある。火砕流堆積物は 4 cm-1 m 大のほとんど発泡しない安山岩岩片と、同質の細粒物からなる。多くの場合 2-5 m ごとに成層している。岩石は暗灰色-青灰色-赤紫灰色の緻密な安山岩で、大きさ 4-8 mm の斜長石・普通角閃石と大きさ 2-4 mm の普通輝石・紫蘇輝石を含む。一部では、1 mm 以下のかんらん石及び黒雲母をごく少量含んでいる。

#### 紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41441) BP946b

産地・産状: 九重町寺床のすぐ北の道路沿い。溶結した火砕流堆積物中の本質岩塊。

斑晶: 斜長石・普通角閃石 (酸化角閃石, 濃橙色-黄色)・普通輝石・鉄鈦。

石基: 斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鈦・シリカ鉱物。填間状組織。

### V. 12. 6 朝日台溶岩 (Na)

朝日台溶岩 (松本, 1983) は, 本図幅地域南西端の朝日台から南西に広がる角閃石デイサイト溶岩である。分布域の大部分は, 森・宮原両図幅地域にある。空中写真判読によると, 朝日台溶岩は崩平山火山に覆われる。自然残留磁化方位は正である。宮原図幅地域での K-Ar 年代値として,  $0.38 \pm 0.02 \text{ Ma}$ ,  $0.42 \pm 0.04 \text{ Ma}$  (鎌田, 1985) が得られている。

岩石は灰色-灰白色のデイサイトで柱状節理が発達している。斑晶として, 斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石を含む。

黒雲母含有普通輝石紫蘇輝石普通角閃石デイサイト (R 41442) MY1776

産地・産状: 宮原図幅地域, 九重町年ノ神の西北西 900 m. 溶岩。

斑晶: 斜長石・普通角閃石 (帯褐緑色)・鉄鉱・紫蘇輝石・普通輝石・黒雲母。

石基: ガラス・斜長石・鉄鉱・普通角閃石。ハイアロピリティック組織。真珠岩状割れ目が発達する。スフェルライトが多量に生じている。

### V. 12. 7 <sup>くまのひらやま</sup>崩平山火山 (Nk, Ng)

崩平山火山は本図幅地域南西部に位置する角閃石安山岩の火山で, 崩平山 (1288.4m) と 1206 m 峰の 2 つの溶岩円頂丘を構成する崩平山溶岩と東麓の扇山岩屑なだれ堆積物からなる。他の火山との直接の関係は不明だが, 火山体の開析度から花牟礼山火山より新しいと推定される。空中写真判読では朝日台溶岩を覆う。崩平山溶岩の自然残留磁化方位は正である。K-Ar 年代値として  $0.34 \pm 0.08 \text{ Ma}$ ,  $0.36 \pm 0.04 \text{ Ma}$  (鎌田, 1985) が得られている。

崩平山火山は, 東西性の断層系により火山原面が切断され著しく変形している。断層は正断層で山体中央部が地溝状に落ち込んでいる (村井・松田, 1975; 千田, 1979; 池田, 1979)。また, 1206 m 峰の西側・東側と 1073 m 峰の西側に馬蹄形崩壊地形が認められる。このうち 1206 m 峰東側の崩壊地形に, 扇山岩屑なだれ堆積物が対応する。

#### 崩平山溶岩 (Nk)

岩石は灰色-赤褐色の安山岩 (-デイサイト) で一部では流理構造が発達する。斑晶として斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石を含み, かんらん石・黒雲母を少量伴うことがある。

黒雲母石英紫蘇輝石かんらん石普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41443) 0b-763

産地・産状: 九重町崩平山山頂の西南西 600 m. 溶岩。

斑晶: 斜長石・普通角閃石 (酸化角閃石, 橙色)・普通輝石・かんらん石・鉄鉱・紫蘇輝石・石英・黒雲母。  
かんらん石は縁部がイデイングサイト化している。

石基: ガラス・斜長石・鉄鉱・普通角閃石・斜方輝石・巢斜輝石。ハイアロピリティック組織。

#### 扇山岩屑なだれ堆積物 (Ng)

本図幅地域南西部扇山西方に, 崩平山火山の一部をなす 1206 m 峰の東斜面の崩壊によると思われる岩屑なだれ堆積物が小規模に分布する。これを扇山岩屑なだれ堆積物と呼ぶ (新称)。堆積物は花合野川沿

いに花傘礼山火山 (Nh) と崩平山溶岩 (Nk) の間の谷を埋め、西側ほど分布高度が高い。分布地域の約 1 km 西方に径 500 m 程の馬蹄型崩壊跡が 1206 m 峰の東側に認められる。堆積物表面は、崩壊跡と同様に開析を受けてはいるが、若干の流れ山地形が残存する。

堆積物の厚さは 40 m 余りで、成層した火砕岩の巨大岩塊が多数含まれている。火砕岩は発泡の悪い輝石角閃岩安山岩の凝灰角礫岩で、大部分は再堆積物らしい。個々の火砕岩片には、明瞭な方向の割れ目が顕著である。巨大岩塊を取り巻く基質部は、無層理・無淘汰の火山岩塊とその細片からなり、温泉変質を受けた柔らかい岩塊や、組成変形の著しい凝灰岩などが含まれる。巨大岩塊と基質部の構成岩塊は、いずれも崩平山火山と同じ輝石角閃石安山岩である。

## V. 13 福万山 - 立石山火山群

由布 - 鶴見地溝の西半部に位置する。秋山安山岩・八山安山岩・ジャナガヅル安山岩・立石山火山・飛岳火山・福万山火山を福万山 - 立石山火山群と呼ぶ(新称)。岩質は、角閃石安山岩(=デイサイト)及び角閃石輝石安山岩である。

### V. 13. 1 秋山安山岩 (Fa)

由布 - 鶴見地溝北西部の日出生台三角辻から秋山 (802 m)、日向山 (859 m) にかけて点在する角閃石輝石安山岩 (= 輝石角閃石安山岩) 溶岩と、それに伴う火砕岩を秋山安山岩と呼ぶ(新称)。秋山安山岩は、幾つかの小さな溶岩円頂丘のほかは阿蘇 - 4 火砕流堆積物及び福万山北麓の扇状地堆積物に覆われ断片的にしか露出してはいるが、日出生台地域に広く伏在していると推察される。秋山付近では、東西性の断層系に顕著に切られている。自然残留磁化方位は正である。福万山及び立石山との直接の関係は不明だが、ここでは断層による変位が福万山火山や立石山火山よりも著しいことから、秋山安山岩を下位にしておく。

溶岩の緻密な部分は青灰色、発泡した部分は赤褐色で、斑晶として斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石・普通輝石を含む。火砕岩は百間塚及び幽霊山 (704.3 m) で観察される。百間塚では溶岩と同質の火砕流堆積物が、阿蘇 - 4T 火砕流堆積物の下位に褐色風化火山灰層を挟んで露出している。この火砕流堆積物は 4 m 以下の比較的緻密な青灰色安山岩角礫と、同質のシルト - 砂サイズの火山灰から構成される。長さ 5 - 20 cm の炭化木片を多量に含む。

普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41444) 0b-739 (第Ⅲ図版 3)

産地・産状：湯布院町秋山南方 300 m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石(緑褐色)・鉄鉱・紫蘇輝石・普通輝石。普通角閃石はオパサイト縁を持つ。

石基：斜長石・斜方輝石・鉄鉱・単斜輝石・アルカリ長石・ガラス。填間状組織。

### V. 13. 2 八山安山岩 (Fh)

由布 - 鶴見地溝の南西端の八山 (557.0 m) を形成する安山岩を八山安山岩と呼ぶ(新称)。沖積層に囲ま

れ、他の火山岩との直接の上下関係は不明である。開析の進んだ独立の火山体と考え、福万山-立石山火山群の初期に位置づけた。

岩石は、青灰色-赤紫色の安山岩で、4mm以下の斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石を少量と、2mm以下の黒雲母・かんらん石を微量含む。

かんらん石含有黒雲母紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41445) BP1002

産地：湯布院町八山山頂の西 300m 地点。

斑晶：斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母・鉄鉱・かんらん石。

斜長石は大きさ0.2-2mmで、しばしば虫食い状にガラスを包有する。普通角閃石は長さ0.1-2mmの長柱状で、オパサイト化している。黒雲母は大きさ0.2-1mmで淡橙色-橙色の多色性を示しオパサイト縁を持つ。かんらん石は大きさ0.4mmでごく稀である。

石基：斜長石・単斜輝石・鉄鉱・斜方輝石・ガラス・珪酸鉱物。ハイアロオフィティック組織。

### V. 13. 3 ジャナガヅル安山岩 (Fj)

由布岳北方のジャナガヅル (733.0m) 及び雛戸山付近に分布する角閃石安山岩溶岩・火砕岩をジャナガヅル安山岩と呼ぶ (新称)。本岩は雛戸山安山岩を覆うほかは、他の火山との関係は不明である。ここでは岩質の類似により福万山-立石山火山群に含めた。本岩はジャナガヅルでは溶岩、雛戸山付近ではほとんど発泡していない本質岩片と同質火山灰からなる火砕流堆積物である。厚さは10m以下である。自然残留磁化方位は正である。

岩石は青灰色-明灰色の安山岩で、大きさ2-8mmの斜長石・普通角閃石を顕著に含む。

黒雲母紫蘇輝石含有普通角閃石安山岩 (R 41446) 8b-109

産地・産状：湯布院町塚原の北、ジャナガヅル山頂。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石 (緑褐色)・紫蘇輝石・黒雲母・石英。普通角閃石はオパサイト縁を持つか、完全にオパサイト化している。石英は単斜輝石反応縁を持つ。

石基：斜長石・単斜輝石・斜方輝石・鉄鉱・普通角閃石・シリカ鉱物。ハイアロオフィティック組織。

### V. 13. 4 立石山火山 (Fp, Ft)

本図幅中央部北寄りの立石山 (1058.9m) を山頂とする角閃石安山岩-デイサイトの火山を立石山火山と呼ぶ。立石山火山は火山体を形成する角閃石安山岩溶岩と北麓の角閃石デイサイト質軽石流堆積物からなる。前者を立石山溶岩 (松本ほか, 1972), 後者を立石山火砕流堆積物と呼ぶ。後者は、松本ほか (1972) の立石山火山碎屑岩を改称した。立石山溶岩は立石山火砕流堆積物を覆う。

#### 立石山火砕流堆積物 (Fp)

立石山北麓の寒水川上流部から深見ダム東方にかけて角閃石デイサイト軽石流堆積物が分布する。厚さは寒水川上流部で約50mである。由布-鶴見地溝北縁の断層崖にアバットしている。全体として非溶結だが一部は弱溶結している。非溶結の軽石流堆積物はガラス火山灰と結晶片からなる灰白色-淡桃灰色の基質の中に径1-20cmの軽石を含む。軽石は白色-淡赤紫色で長孔状の気泡を持つ。大きさ1-3mmの斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石が肉眼で少量認められる。溶結凝灰岩は寒水川上流部に見られる。

灰色の基質中に灰白色-暗灰色の軽石を含む。軽石は扁平化しているが気泡を残しており弱溶結である。

軽石流堆積物は深見ダム東方では厚さ数 m ほどのフローユニットからなる。軽石のインプリケーションによれば、軽石流の給源は山頂方向である。軽石流堆積物の間には、数 mm- 数 cm ごとに成層した軽石砂層からなる火砕サージ堆積物がある。

#### 普通輝石含有紫蘇輝石普通角閃石デイサイト軽石 (R 41447) BP313

産地・産状：安心院町深見ダム東 600 m の県道沿い。非溶結軽石流堆積物中の軽石。

斑晶：斜長石・普通角閃石(褐緑色)・紫蘇輝石・鉄鈹・普通輝石。

石基：ガラス(無色-淡褐色)・斜長石・塵状物。

#### 立石山溶岩 (Ft)

立石山溶岩は緻密な安山岩で、山頂南の急崖などでは柱状節理が顕著である。立石山溶岩は東西性の断層群により切断され変位している。もっとも顕著な断層には、70-100 m の落差が認められる。K-Ar 年代値として、 $0.57 \pm 0.04 \text{ Ma}$  (鎌田, 1986a) が得られている。岩石は緻密な部分は青灰色、発泡した岩塊状部分は赤紫色を示し、大きさ 2-8 mm の斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石の斑晶を含む。

#### 石英普通輝石含有紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41448) 0b-718T

産地・産状：立石山山頂北 600 m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石(褐色)・鉄鈹・紫蘇輝石・普通輝石・石英(まれ)。

普通角閃石はオバサイト縁を持ち、斜長石・鉄鈹・斜方輝石・燐灰石の小片を包有する。

石基：斜長石・単斜輝石・斜方輝石・鉄鈹・普通角閃石・アルカリ長石・シリカ鈹物・燐灰石。填間状組織。

#### V. 13. 5 飛岳火山 (Fb)

由布岳西方の飛岳 (924.5m) を構成する角閃石安山岩-デイサイトの溶岩・火砕岩を飛岳火山と呼ぶ。立石山火山及び福万山火山との直接の関係は不明である。飛岳火山は溶岩を主体とし、山頂北方 0.6 km の断層崖など一部で火砕岩が認められる。溶岩は灰白色の角閃石デイサイト及び青灰色-赤紫色の角閃石安山岩で、大きさ 2-8 mm の斜長石・普通角閃石・黒雲母・紫蘇輝石の斑晶を含む。

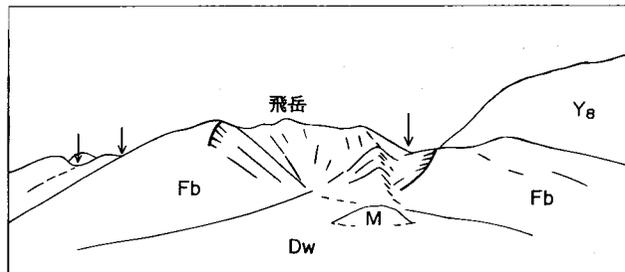
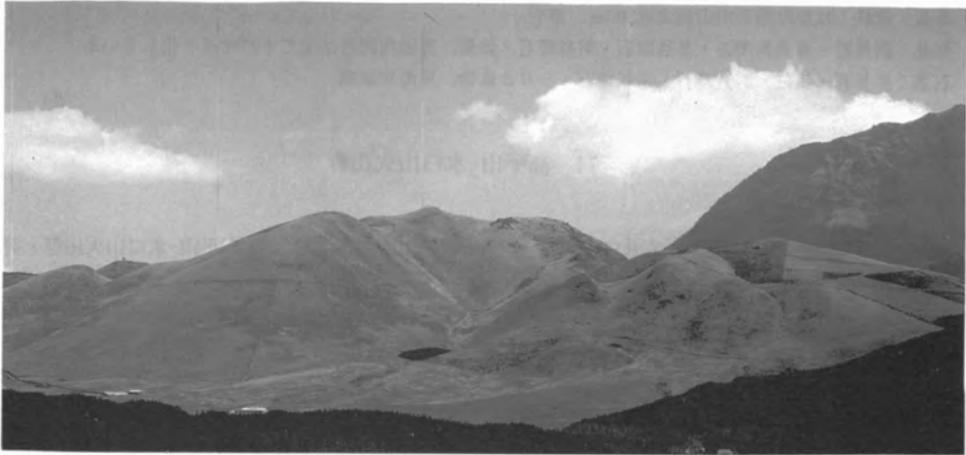
山体には、西に開いた直径 600 m の馬蹄形崩壊地形が認められる(第 38 図)。この地形に対応する若杉岩層なだれ堆積物は、その中に阿蘇-4T 火砕流堆積物をブロックとして取り込み、阿蘇-4 火砕流よりは新しい。若杉岩層なだれ堆積物については、後期更新世及び完新世の項(第 VI 章)で述べる。

#### 紫蘇輝石黒雲母普通輝石含有普通角閃石デイサイト (R 41449) 0b-727

産地・産状：湯布院町飛岳山頂北北東 500 m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石(緑色)・石英・普通輝石・黒雲母・紫蘇輝石・鉄鈹。石英の外形は湾入している。

石基：ガラス・斜長石・単斜輝石・斜方輝石・鉄鈹。ハイアロピリティック組織。真珠岩状割れ目が発達する。



第38図 飛岳火山の崩壊地形。飛岳火山(Fb)西面の崩壊壁及びそこから発生した若杉岩層なだれ堆積物(Dw)とそれが作る流れ山(M)。飛岳の南(右)側に1本と北(左)側に2本の地形的に明瞭な断層(矢印)がある。後方右は由布岳火山北側(Y<sub>8</sub>)

Fig. 38 Wall westside of the Tobidake Volcano (Fb) left after the Wakasugi Debris Avalanche Deposit (Dw) with its mound (M) Arrows show traces of faults.

#### V. 13. 6 福万山火山 (Fk)

由布-鶴見地溝西端部の福万山(1235.9m)を山頂とする角閃石安山岩の火山を福万山火山と呼ぶ。火山地形から、福万山火山は福万山のほか、兜山(1016m)、丸山(1046m)、池ノ台(942.4m)などの複数のピークを持つ溶岩円頂丘群と推定される。兜山・丸山・池ノ台では、浸食は山頂部に及んでおらず、火山原面を残しているが、福万山では、浸食が山頂部に及び山稜が鋸歯状となっている。本火山にも立石山火山や飛岳火山と同様に、山体を横切る東西系の断層が発達する。池ノ台の小さな池は、断層運動による谷の堰止めによって生じたものである。立石山火山・飛岳火山との直接の関係は不明だが、両火山に比べて火山地形を残していることと、断層運動による山体の変形が比較的小さいことから両火山よりも上位に位置づけた。自然残留磁化方位は正である。本岩のK-Ar年代値として、 $0.46 \pm 0.05\text{Ma}$  (鎌田, 1986a) が、熱ルミネセンス年代値として、 $0.78\text{Ma}$  (TAKASHIMA, 1985) が得られている。

岩石は、青灰色-赤紫灰色の安山岩で、斑晶として8mm以下の斜長石・普通角閃石と4mm以下の普通輝石・紫蘇輝石を少量含む。

産地・産状：珍珠町福万山山頂北東 300m. 溶岩.

斑晶：斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鉱. 普通角閃石は全てオパサイト化している.

石基：斜長石・鉄鉱・斜方輝石・単斜輝石・シリカ鉱物. 塊間状組織.

## V. 14 高平山-水口山火山群

由布-鶴見地溝東半部に位置する水口山火山・実相寺山火山・高平山火山を高平山-水口山火山群と呼ぶ(新称). 水口山火山は南部山地に位置するが, 後述するように, 由布-鶴見地溝内から隘流したものである. 岩石は角閃石安山岩及び角閃石デイサイトである.

### V. 14. 1 水口山火山 (Mp, M<sub>2</sub>)

本図幅地域中央部, 由布-鶴見地溝南側の水口山 (896.3m) を現在の最高点とする火山を水口山火山と呼ぶ. 小林 (1984) の水口山火山岩を改称した. 笠間 (1953) の高平山火山岩の一部, 松本・寺井 (1984) の城島火山岩類に相当する. 水口山火山は角閃石デイサイト溶岩と同質の火砕流堆積物から構成される. 前者を水口山溶岩, 後者を城島火砕流堆積物と呼ぶ. 水口山火山は, 北縁を由布院断層で切断され, 南へ薄くなっており, 噴出中心は現在の由布-鶴見地溝内, おそらく由布岳付近にあったと推定される.

#### 城島火砕流堆積物 (Mp)

水口山東方の城島高原から山の口北方にかけて分布する角閃石デイサイト質火砕流堆積物を城島火砕流堆積物と呼ぶ(新称). 厚さは, 合<sup>ごう</sup>の原<sup>はら</sup>南方の谷で 50m 以上, 山の口北方で 10m 以上ある. 小鹿山火山の鳥居溶岩を城島の北西で覆う. 自然残留磁化方位は正である.

城島火砕流堆積物は, 角閃石デイサイト質の軽石流堆積物及び本質デイサイト岩片と火山灰とからなる非溶結火砕流堆積物である. 最上部に再堆積物を伴うことがある. 軽石流堆積物は合の原や山の口北方で見られる. 合の原西方の谷では, 全く非溶結で多量のガラス火山灰基質中に, 大きさ 2-4cm 時に 20cm に達する軽石を含む. 軽石は白色-淡黄色でよく発泡し, 細かい長孔状の気泡を持つ. 大きさ 2-4mm の斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石の斑晶が肉眼で認められる. 軽石流堆積物の中にポケット状に角閃石デイサイト類質角礫の濃集部がある. 類質角礫は, ガラス質デイサイトで径 1m に達するものもある. また長さ 10cm の炭化木片と炭化木片から上に伸びるパイプ状の黒色部がみられる. これは三村ほか (1975) の“煙の化石”にあたる. 本質岩片と火山灰からなる火砕流堆積物は, 城島, 城島高原, 合の原, 山の口北方などに見られる. 合の原西方では厚さ 3m 以上で, 厚さ 1.5m の褐色風化火山灰層に覆われる. ここでは, 径 2-20cm の角閃石デイサイト本質角礫と, 同質の砂-シルトサイズの基質から構成される. デイサイト角礫はガラス質で, 大きさ 2-8mm の斜長石・普通角閃石・紫蘇輝石の斑晶を含む. デイサイト角礫の表面には, ガラス急冷縁やパン皮状構造が認められることがある.

普通輝石黒雲母含有紫蘇輝石普通角閃石デイサイト軽石 (R 41450) BP254b

産地・産状：別府市合の原北西 500m. 非溶結軽石質火山灰流堆積物中の軽石.

斑晶：斜長石・普通角閃石 (淡緑色)・鉄鉱・黒雲母・普通輝石.

石基：ガラス（無色）・斜長石・普通角閃石・ジルコン・燐灰石．ほとんどガラスであり微結晶をごく少量含む．

#### 水口山溶岩 (Mz)

水口山溶岩は角閃石デイサイト溶岩で、岩体の現在の形は、北縁は由布院断層に切られて直線的であり、南縁は円弧状に南にはり出して南へ流下した溶岩流の前縁の形を示している（第39図）．自然残留磁化方位は正である．

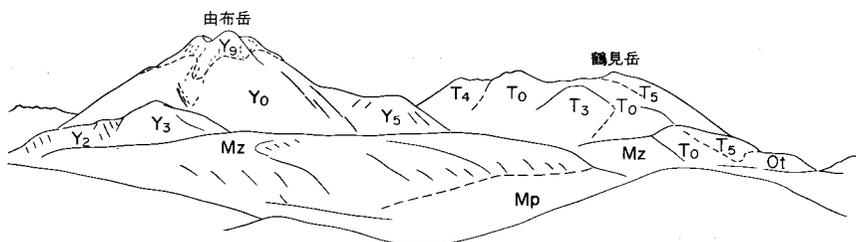
岩石は灰白色－白色で大きさ4-8mmの斜長石・普通角閃石と1-4mmの紫蘇輝石・普通輝石・かんらん石が肉眼で認められる．岩石はガラス質で真珠岩状割れ目が発達し、一部で径1mm以下のスフェルライトを含んでいる．

かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石普通角閃石デイサイト (R 41452) 8b-79H (第II図版3)

産地・産状：湯布院町津江, 594m標高点南東200m. 溶岩.

斑晶：斜長石・普通角閃石（褐緑色）・紫蘇輝石・普通輝石・かんらん石.

石基：ガラス（無色）・斜長石・鉄鉱・普通角閃石．ハイアロピリティック組織．流理構造を示す．スフェルライト（径0.1-0.5mm）と真珠岩状割れ目が発達する．



第39図 水口山溶岩の平坦面と由布-鶴見地溝内にそびえる由布岳及び鶴見岳。溶岩の平坦面は緩く南(右手前)に傾いている。北端(向こう側)は由布院断層に限られ、由布-鶴見地溝となる。雨乞岳西方から北を見る。

Mp：城島火砕流堆積物, Mz：水口山溶岩, Ot：小鹿山火山島居溶岩, T<sub>0</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>：鶴見岳火山, Y<sub>0</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>, Y<sub>5</sub>, Y<sub>9</sub>：由布岳火山

Fig. 39 Flat surface of the Mizukuchiyama Lava (Mz). Yufudake (left) and Tsurumidake (right) Volcanoes in the background.

### V. 14. 2 実相寺山火山 (Mj)

由布-鶴見地溝東部の実相寺山 (170.5 m) とその北方の大観山 (172 m) を構成する角閃石デイサイト溶岩頂頂丘を実相寺山火山と呼ぶ。笠間 (1953) の実相寺山火山岩を改称した。自然残留磁化方位は正である。大観山東方のボーリングでは地表から 70 m 下に実相寺山火山の溶岩が見つかっている (森山, 1969)。

岩石は白色のやや発泡したデイサイトで、大きさ 2-8 mm の斜長石・普通角閃石を顕著に含む。部分的に有色鉱物の量の差による流理構造が見える。

普通輝石黒雲母含有紫蘇輝石普通角閃石デイサイト (R 41406) 8b-25

産地・産状：別府市野田, 127.8m 三角点の北方 500 m. 溶岩.

化学組成：SiO<sub>2</sub> : 62.2% (第 2 表 10).

斑晶：斜長石・普通角閃石 (帯褐緑色)・鉄鉱・紫蘇輝石・黒雲母・普通輝石.

石基：ガラス (無色)・斜長石・鉄鉱・普通角閃石・ハイアロピリティック組織.

### V. 14. 3 高平山火山 (Mo, Mt, Md, Mk, Mm)

鶴見岳東方の大平山から高平山を経て豊岡図幅地域南縁部に分布する角閃石安山岩質の火山を高平山火山と呼ぶ。笠間 (1953) の高平山火山岩及び御越山火山岩の一部に相当する。森山 (1972a) の高平山火山岩と御越山火山岩に、小林 (1984) の高平山火山に相当する。高平山火山は溶岩と岩屑なだれ堆積物、岩屑堆積物から構成される。溶岩は高平山溶岩と大平山溶岩がある。高平山の山頂部には、東に開いた径 1.2 km の馬蹄形崩壊地形があり、これに対応する鉄輪岩屑なだれ堆積物が東方に分布する。また、高平山西側には松塚岩屑なだれ堆積物が、北東側には十文字原岩屑堆積物がある。

#### 大平山溶岩 (Mo)

実相寺山火山と鶴見岳火山との間に位置する大平山 (792.0 m) をなす角閃石安山岩溶岩と付随する火砕岩を大平山溶岩と呼ぶ (新称)。山体の東側は緩やかな斜面をなしているが、西側は急崖により切断されている。別府市街地から望むと山体が扇のように見えるので別名扇山と呼ばれる。岩石は灰白色の安山岩で斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母・石英を含む。

石英黒雲母紫蘇輝石普通輝石含有普通角閃石安山岩 (R 41453) 8b-57

産地・産状：別府市大平山の北北西 450 m. 溶岩.

斑晶：斜長石・普通角閃石 (帯褐緑色)・普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母・石英・鉄鉱.

石基：ガラス・斜長石・単斜輝石・斜方輝石・鉄鉱.

ハイアロピリティック組織。真珠岩状割れ目が発達する。

#### 高平山溶岩 (Mt)

高平山溶岩は、高平山・鍋山から柴石付近に分布し、その延長は豊岡図幅地域に及ぶ。高平山北方及び柴石北方では緩斜面を形成する。岩石は青灰色 - 赤紫灰色 - 明灰色の安山岩で、大きさ 2-8 mm の斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石を含む。斑晶の量・大きさ及び石基の色は変化に富む。また、

多量のオートリスを含むことが特徴的である。

石英含有普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩 (R 41454) 8b-28 (第IV図版 1)

産地・産状：別府市高平山 810m 標高点の東北東 500m. 溶岩.

斑晶：斜長石・普通角閃石 (帯緑褐色)・紫蘇輝石・鉄鈦・普通輝石・石英.

石基：斜長石・シリカ鈦物・鉄鈦・斜方輝石・単斜輝石・燐灰石. 塊間状組織.

オートリス：斜長石・普通角閃石・単斜輝石・鉄鈦・斜方輝石.

じゅうもんじぼる

#### 十文字原岩屑堆積物 (Md)

高平山北東の麓の十文字原演習場から、北隣豊岡図幅地域の猫ヶ岩山北東にかけて分布する岩屑堆積物を十文字原岩屑堆積物と呼ぶ (新称). 厚さは 20m 程度である. 猫ヶ岩山北東では緩やかな流れ山地形が認められるが、本図幅地域内では平坦である. 道路工事に際して現れた露頭では、角閃石安山岩凝灰角礫岩や褐色風化火山灰層からなる大きさ 2-10m 以上の岩塊が認められた. 凝灰角礫岩は淘汰が悪く、弱い成層構造を示しており、火山体斜面の二次堆積物らしい.

かんなわ

#### 鉄輪岩屑なだれ堆積物 (Mk)

高平山東側の明瞭な馬蹄形崩壊地 (径 1.2km) を給源として、崩壊地直下の湯山から東方の野田にかけて、幅 1km 余り、到達距離約 3.5km の岩屑なだれ堆積物が分布する. これを鉄輪岩屑なだれ堆積物と呼ぶ (新称). 堆積物表面の標高差は西から東へ低く約 350m あり、表面には顕著な流れ山と凹地 (hummocky surface) が認められる (第 40 図).



第40図 鉄輪岩屑なだれ堆積物の地形. 海側に緩く下る平坦な表面上の小丘は流れ山. 背景は右が鶴見岳, 中央が小鹿山, 左, 別府湾の上が高崎山 (東隣大分図幅地域内). 別府市湯山の北から南を見る.

Fig. 40 Topography of the Kannawa Debris Avalanche Deposit with a small mound on its surface.

堆積物の層厚は 100m 余りで、高平山を構成する輝石角閃石安山岩の岩屑からなる. 崩壊地直下の湯山では、径 30m を越える溶岩の巨大岩塊が含まれる. 巨大岩塊には、著しい破砕が全体にわたって認められる (第 41 図). また、明礬東方のヘアピンカーブ沿いの露頭では、角閃石安山岩火砕岩や降下火砕物層の岩塊が含まれているのが観察される. 角閃石安山岩火砕岩の岩塊は、発泡の悪い本質岩塊を含む赤紫色や青灰色の様々な色調の火砕流堆積物である. 降下火砕物層の岩塊は褐色風化火山灰とオレンジ色の降下軽石との成層堆積物である.



第41図 鉄輪岩屑なだれ堆積物中の破碎された岩塊。割れ目は開き、岩塊の端はほぐれかかっている。写真の上下は16cm。  
別府市湯山、574m標高点の南方の県道沿い

Fig. 41 A block with open fractures and disintegrated margins in the Kannawa Debris Avalanche Deposit.

#### 松塚岩屑なだれ堆積物 (Mm)

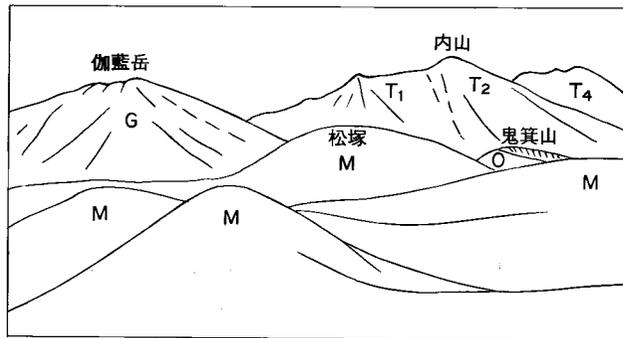
伽藍岳の北西側の松塚一帯の、明瞭な流れ山地形をもった岩屑なだれ堆積物を松塚岩屑なだれ堆積物と呼ぶ(新称)(第42図)。堆積面は東南東の伽藍岳に向かって高くなっており、この東南東方向に給源が推定される。しかし、現在の伽藍岳には、西北西に開いた崩落崖は全く見られない。また、本堆積物の構成岩石の、黒雲母を含む角閃石安山岩は、斑晶組み合わせが、伽藍岳火山とは異なり、高平山溶岩と同じである。以上のことから本堆積物は伽藍岳以前に高平山火山からもたらされたものと推定できる。

堆積物は、成層した火砕岩を巨大岩塊に持つ、無層理・無淘汰の角閃石安山岩の岩屑からなる。巨大岩塊として含まれる火砕岩は成層した再堆積性の凝灰角礫岩で、破碎を受けている。層厚は数10mを越えると思われるが、基底は明らかでない。巨大岩塊をとりまく基質部には大小の火山岩塊とその細片からなり、砂礫層や土壌が塑性変形の著しい岩塊としてとりこまれている。

## VI. 第四系上部更新統及び完新統

### VI. 1 未区分段丘堆積物 ( $t_0$ )

本地域の段丘堆積物は、大分川流系に広く分布するほかは別府市街地に面した観海寺北側と津房川流系の塚原及び天間付付近にあるに過ぎない。大分川流系の段丘の大部分は阿蘇-4火砕流より古期のものと新期のものに区分でき、それぞれを段丘堆積物-1、-2とする。それ以外の区分できないものをここ



第42図 松塚岩屑なだれ堆積物表面の流れ山地形。

M：流れ山，G：伽藍岳火山，O：鬼箕山火山，T<sub>1</sub>，T<sub>2</sub>，T<sub>4</sub>：鶴見岳火山

Fig. 42 Mounds (M) at the surface of the Matsuzuka Debris Avalanche Deposit.

では未区分段丘堆積物と呼ぶ。未区分段丘堆積物は、観海寺・塚原・天間と、大分川流系の由布川・黒川・小挾間川・花合野川などの支流上流部に分布する。堆積物は厚さ1-5mの砂礫層である。

## VI. 2 段丘堆積物-1 (t<sub>1</sub>)

段丘堆積物のうち阿蘇-4火砕流堆積物よりも古期のものをここでは段丘堆積物-1と呼ぶ。分布は庄内町から挾間町にかけての大分川沿いに限定される。この段丘堆積物には阿蘇火砕流堆積物の原面よりも高いところに位置するものと、阿蘇-4火砕流堆積物に覆われて直下に位置するものがある。前者は、大分川北岸の池の上及び間田付近にあって高度は120-180mである。後者は大分川南岸の梅ノ木から山井にかけて阿蘇-4火砕流堆積物に覆われて分布する。これは阿蘇-4火砕流堆積前の河床である。堆積物は厚さ2-10mの砂礫層である。段丘堆積物-1と阿蘇-3火砕流堆積物との直接の関係は不明だが、大分川北岸のものは分布高度から阿蘇-3火砕流より古いと考えられる。

## VI. 3 阿 蘇 火 山

阿蘇火山は大型のカルデラをもつ複成火山で、その中心部は本図幅地域の南西隅から南南西約 35 km の距離にある。阿蘇カルデラ地域を給源とし、大規模な火砕流の流出を含む噴火サイクルが 4 回あり、これを古い方から Aso-1, Aso-2, Aso-3, Aso-4 と呼ぶ。各サイクルの間にはそれぞれ数万年程度の時間間隔があった。現在みられる阿蘇カルデラの輪郭は Aso-4 サイクルの活動に伴って形成された。各噴火サイクルの噴出物は産状・構成物などから数サブユニットに区分される（小野ほか, 1977 ; WATANABE, 1978）。本図幅地域に分布するのは Aso-3, Aso-4 サイクルの幾つかのサブユニットである。本報では Aso-3 サイクルの火砕流や、その堆積物を阿蘇-3 火砕流, 同火砕流堆積物のように書く。

### VI. 3. 1 阿蘇-3 火砕流堆積物

阿蘇-3 火砕流堆積物は噴出の順に阿蘇-3A, 阿蘇-3B, 阿蘇-3C の 3 サブユニットがあり、噴出量は阿蘇-3B が最も大きい（小野ほか, 1977）。別府図幅地域には阿蘇-3B 火砕流堆積物のみが小区域に分布する。

#### 阿蘇-3B 火砕流堆積物 (A<sub>3</sub>)

**分布：**阿蘇-3B 火砕流堆積物は、本図幅地域南縁の東半、庄内町野畑及び龍原付近の大分川南側の台地上に、阿蘇-4 火砕流堆積物に囲まれて、または接して分布する（76 ページ第 45 図）。本堆積物の分布高度は相接して産する阿蘇-4 火砕流堆積物のそれとほとんど同じである。したがって、阿蘇-3B 火砕流堆積物はこの地域にはもっと広く分布していたが、阿蘇-4 火砕流の流出以前に浸食によって大部分が失われ、その浸食を免がれて残存したものを現在見ているのであろう。現在本堆積物の分布は大分川沿いの小区域に限られているので、この堆積物をもたらした火砕流が大分川の上流側（西方）から流下したのか、あるいは阿蘇野川、芹川などの南から大分川に合流する支谷に沿って南方からこの地域に達したのかは明らかでない。

**岩相：**本堆積物は非溶結のスコリア流堆積物である。ガラス火山灰からなる灰褐色の基質に本質岩塊として 10% 以上のスコリアと少量の軽石を含む（第 43 図）。スコリアは安山岩質、軽石は流紋岩質であるが、どちらも斑晶は極めて少なく、ごく微量の斜長石・普通輝石・紫蘇輝石を含むのみで、無斑晶に近い。

スコリアは不定形であるが円味を帯び、一般に径 5 cm 以下であるが、径 10 cm のものも少量含まれる。小型のスコリアは暗褐色であるが、大型のスコリアの内部は漆黒色でガラス光沢があり、虹色の干涉色を示すものもある。白色の条線をもつ縞状スコリアも少量含まれる。スコリアは発泡よく、見かけ比重は 1 以下であり、小型で径の揃った球形の気泡が密に分布する。気泡のならばやガラスの色などで示される流状構造を切ってスコリア岩塊の心部に大型の気泡が成長していることがあり、外縁沿いの細かい気泡のならばとともに、噴火時のマグマの破碎後も発泡が続いたことを示している。軽石は径数 cm 以下であり、淡褐色で、よく発泡し、細管状の気泡により、絹糸光沢を示す。本質あるいは類質岩片として、緻密な、あるいは少量の球形の気泡をもつ黒色のガラス質岩片を少量含む。異質岩片は少量であり、安山岩など火山岩を主とする。

本堆積物と次項の阿蘇-4 火砕流堆積物との識別表を第 4 表に示す。



第43図 阿蘇-3 B 火砕流堆積物の本質岩塊. スコリア塊(暗色)と軽石塊(中央右, 白く光る)下のスケールは25cm.  
庄内町瓜生田の南, 255.7m標高点のすぐ南の農道沿い

Fig. 43 Essential scoria and pumice blocks of the Aso-3B Pyroclastic Flow Deposit.

時代：阿蘇-3B 火砕流中の本質レンズ(黒曜石)のFT年代として  $10 \pm 4 \times 10^4$  年(岡口, 1978)の報告がある。また阿蘇-3及び阿蘇4両火砕流堆積物の間に挟まれる大峰火山溶岩の年代として  $9-12 \times 10^4$  年, 阿蘇-3火砕流堆積物に一部を覆われている根子岳火山の岩石から  $14-15 \times 10^4$  年の年代値(ITAYA *et al.*, 1984)が得られている。町田(1987)は中部日本地域のテフラ層序から Aso-3 サイクルの年代を約  $10 \times 10^4$  年としている。本火砕流の噴出年代は  $10-12 \times 10^4$  年程度であろう。

紫蘇輝石普通輝石安山岩スコリア (R 41464) BP802b

産地・産状：庄内町竜原。非溶結のスコリア流堆積物中のスコリア塊。

斑晶：斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈹。

石基：ガラス・斜長石・鉄鈹。

ガラスは多量の細かい塵状物によって黒褐色不透明である。

### VI. 3. 2 阿蘇-4 火砕流堆積物

Aso-4 サイクルの火砕流堆積物は中部九州を広く覆い、一部は海を隔てた天草下島や本州島西部の山口県下にも分布している(WATANABE, 1978; 小野・渡辺, 1983)。小野ほか(1977)は阿蘇カルデラ東側の竹田図幅地域で Aso-4 サイクルの火砕流堆積物を Aso-4A, Aso-4B の2サブユニットに分けた。WATANABE (1978) は阿蘇カルデラ西側で Aso-4 サイクルの火砕流堆積物を8サブユニットに区分した。小野ほか(1977)の Aso-4A (の大部分) は WATANABE (1978) の Yame pumice-flow (八女軽石流) に当たるらしい。八女軽石流以外の WATANABE (1978) の7サブユニットに直接対比されるサブユニットは竹田図幅地域にはない。別府図幅地域に分布する Aso-4 サイクルの火砕流堆積物は竹田地域の Aso-4A と

WATANABE (1978) の Tosu orange pumice-flow (鳥栖オレンジ軽石流) の堆積物に当たる岩相であるので、それぞれを阿蘇-4A 火砕流堆積物, 阿蘇-4T 火砕流堆積物とする。阿蘇-4A 火砕流堆積物には非溶結の部分から強溶結の溶結凝灰岩まで種々の岩相があるが、堀質図には非溶結相と溶結凝灰岩とに二分して示した。

主として阿蘇-4A 火砕流堆積物の岩塊からなる岩層堆積物が大分川南岸地域に分布する。この堆積物は阿蘇-4T 火砕流堆積物に覆われる。したがって、この岩層の堆積も Aso-4 サイクルの間に起こった事件なので、本堆積物を西鶴岩屑堆積物として本項で記述する。

**時代:** 阿蘇-4A 火砕流堆積物中の本質レンズ(黒曜石)の FT 年代として  $8.4 \times 10^4$  年が報告されている(玉生, 1978)。町田ほか(1985)は日本周辺海域を含む広域テフラ層序から、Aso-4 サイクルの活動を7万年前とした。本火砕流の噴出年代は7万年前後であろう。

#### 阿蘇-4A 火砕流堆積物 (A<sub>4</sub>, A<sub>4w</sub>)

**分布・地形:** 本堆積物は図幅地域北西部の日出生台, 西部の水分峠西方, 及び由布院盆地南西端から下流の大分川沿い, の3地域に分布する。前2者の地域は平坦地であるが、本堆積物はそのなかで主として日出生川・野上川その他の河川に沿って分布しており、表面高度は周辺の台地面より低く、その基底面高度もそれらの河川に向かって低くなる(29 ページ第14 図)。したがって、本火砕流は現在とほとんど同様であった水系に沿って流下したものである。

本堆積物は河谷を流下して堆積したので、これより下位の多くの岩層を覆う。大分川沿いの一部の地域では古い河岸段丘礫層 t<sub>1</sub> (狭いので地質図には示されていない) の上の上っている。久大本線湯平駅東方の大分川北岸では、本堆積物の上部にあった非・弱溶結相が削剝されて、強く溶結した溶結凝灰岩の上に直接河岸段丘礫層 t<sub>2</sub> がのっている。この付近から下流の大分川沿いでは、同川の側刻によって広い幅にわたって本堆積物は削剝され、大分川の北岸には狭い地域しか分布が残されていない。

日出生台や水分峠西方の地域では、堆積物の上面に平坦な面が保存されている。しかし、大分川沿いの分布域では、全体として大分川に向かって緩く傾く斜面を作っているが、その上面には小起伏があって平坦な原表面はほとんど保存されていない。

谷埋め型の堆積のため厚さは一定しないが、厚いところで 40 m, 一般に 20 m 程度であり、川沿いの厚い断面では堆積当初は 60 m 以上あったものと推定される。

**岩相:** 阿蘇-4A 火砕流堆積物の非溶結部 (A<sub>4</sub>) は大分川沿いの同堆積物の上部を占める。灰白色または淡褐灰色の軽石流堆積物であり、ガラス火山灰の基質に軽石を 20%程度含む(第44 図)。軽石は丸みを帯び、径 10cm 以上の大型のものを含むことが多い。軽石はよく発泡し、みかけ比重は 0.5 程度であり、長孔型の気泡をもつ。斜長石と黒色、光沢のある長柱状の角閃石との斑晶を含む。安山岩を主とする異質岩片を少量含む。本堆積物と阿蘇-3B, 阿蘇-4AT 両火砕流堆積物との識別表を第4 表に示す。

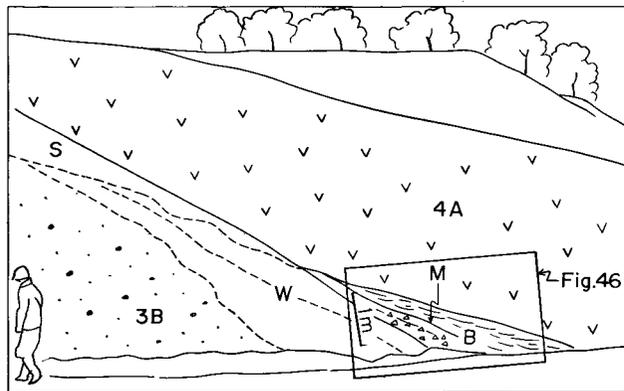
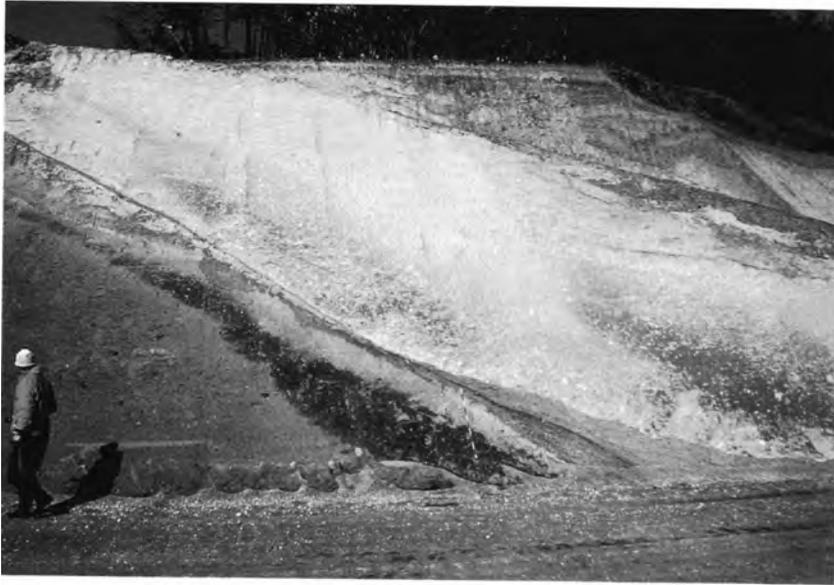
本堆積物の基底に異質岩片の集積が見られることがある(第45 図)。この露頭は大分川南岸の台地上にあり、阿蘇-3B 火砕流堆積物の傾斜した風化表面を覆っているが、その約 400 m 北方、標高約 40 m 下には阿蘇-4A の溶結凝灰岩が露出しているので、この露頭位置は大分川の河谷を埋めた阿蘇-4A 火砕流堆積物の上部が当時の谷壁に接する不整合面に相当する。露頭の下部には異質岩片の集積部があり、岩片のみからなる薄層が基底面に沿って集積部から斜面の上部にまで続いている。集積部中にはラミナが



第44図 阿蘇-4 A 火砕流堆積物の非溶結部。軽石は径2-40cmで明灰色，基質は暗灰色を示す。スケールは1 m。狭間町小倉野  
 Fig. 44 Zone of no-welding in the Aso-4A Pyroclastic Flow Deposit.

第4表 別府図幅地域の阿蘇火砕流識別表(非溶結相の典型的岩相)

サブユニット	3 B	4 A	4 T
厚 さ (m)	10+	5-40	1-2+
基 質 色	暗褐色	淡褐色-灰-白	赤橙
状 態	ややしまっている	サラサラ崩れる	粘土化して軟い
本質岩塊			
質, 色	スコリア, 漆黒-暗褐	軽石, 褐色-灰-白	軽石, 黄橙
寸法(cm), 比重(g/cm <sup>3</sup> )	(10-)5-, 0.9	(>20-)10-, 0.5	(5-)2-, 0.3前後?
気 泡	小型, 球形, 径そろ	長孔形, 径不ぞろい	球形, (-長孔形) 径不ぞろい
肉 眼 的 斑 晶	ほとんど無斑晶	斜長石・角閃石	斜長石・角閃石
その他の特徴	淡褐色軽石(細管状気泡, 絹糸光沢, 無斑晶-微量, 細粒の輝石・鉄鉱の斑晶)と黒色緻密ガラス質岩片を少量含む。縞状スコリアをまれに含む。	(まれに)濃色の縞をもつ縞状軽石(斑晶: 斜長石・角閃石)を含む	
溶 結 相	なし	弱・強溶結相に移過することがある。まれに脱ガラス化	なし



第45図 阿蘇-3B 火砕流堆積物(左下)を覆う阿蘇-4 A 火砕流堆積物(右上). 庄内町瓜生田の南, 第43図と同一地点  
S: 埋没土壌, W: 風化部

Fig. 45 Pyroclastic Flow Deposits of Aso-4A (right) covers Aso-3B (left).

認められ, 上位のラミナが下位のラミナを切っている(第46図). これらのことから, この岩片の集積部は火砕流の流走中及びそれに続く堆積の時期に, 流動している火砕流から離脱した石質岩片が山腹斜面を下方に転動して累積したものと考えられる.

溶結凝灰岩 ( $A_{4w}$ ) は岩体の下部を占める. 下部の非・弱溶結相はきわめて薄い. 基底に厚さ 20 cm 程度の黄灰色, 粉状のガラス火山灰があり, その上の弱溶結相を経て, 基底から 1 m 程度で暗灰色の強溶結相に移化する. 強溶結相から上部の弱・非溶結相への変化はゆるやかである. 大分川流域では溶結凝灰岩の厚さは 10 m 程度で上部の非溶結相に漸移する. 日出生台及び水分峠西方の地域では岩体の表面近くに弱溶結相があり, 上部の非溶結相は最初から存在しなかったのかもしれない.

大部分の地域では溶結凝灰岩はガラス質であり, 暗灰色の基質に緻密な黒色ガラスの大型の本質レン



第46図 阿蘇-4A 火砕流堆積物基底の異質岩片集積部(第45図の露頭中央下部の接写)。右に傾く葉理が見える。集積部の中ほどにある黒色帯は地下水によるマンガン沈着による着色。左下側は阿蘇-3 B 火砕流堆積物の浸食表面の風化部。中央のスケールは20cm

Fig. 46 Concentration of accidental rock fragments at the base of the Aso-4A Pyroclastic Flow deposit. A close up view of the lower central portion of the Fig. 45.

ズを含む。日出生台の一部や野上川沿いの地域の強溶結相の一部では、基質が脱ガラス化し、灰色の基質に黒色ガラスレンズを含み、著しく硬い。

日出生台地域の一部では、表層の弱溶結相の基質が酸化によって鮮明な赤-煉瓦色を呈している。酸化した部分と下位の通常の部分との間は漸移的である場合ときわめて鮮明な境界で接する場合がある。堆積物の色は阿蘇-4T 火砕流堆積物と似ているが、軽石が長孔型の気孔をもち、かつ、扁平化して溶結凝灰岩に移過するなどの特徴から、このような岩相の部分は阿蘇-4A 火砕流堆積物の一部とした。

#### 普通輝石含有紫蘇輝石角閃石デイサイト溶結凝灰岩 (R 41465) BP238

産地・産状：庄内町橋爪の南, 国道 210 号のすぐ南。強溶結の火砕流堆積物。

斑状結晶：斜長石・普通角閃石(帯褐緑色)・紫蘇輝石・普通輝石・鉄鉱。

基質：ガラス破片・ガラスレンズ・微小な結晶片・石質岩片。

#### 西鶴岩屑堆積物 (A<sub>4D</sub>)

本図幅地域南西部大分川南岸, 西鶴西方と南方の丘陵に, 阿蘇-4A 火砕流堆積物を主な岩塊とする岩屑堆積物の小規模な分布がある。本堆積物は西鶴において, 阿蘇-4A 火砕流堆積物の溶結部を覆い, 阿蘇-4A 火砕流堆積物に覆われる。

堆積物は, 主に阿蘇-4A 火砕流堆積物の表層に近い非溶結部を岩塊としており, その表面を覆っていたであろう成層した再堆積物や表土なども含んでいる。これらの岩塊は径 10m を越えるものもあり,

形状は全く不規則で、しばしばほぐれかかったように割れた状態で堆積物中にとり込まれている（第47図）。基質はこれらの岩塊の淘汰の悪い細片で、成層構造はみられず、若干粘土化が進んでいる。

層厚は約20mで、下位の阿蘇-4A火砕流堆積物の溶結凝灰岩を直接覆っている。

#### 阿蘇-4T火砕流堆積物 (A<sub>4T</sub>)

**分布：**本堆積物は日出生台及び水分峠西方で阿蘇-4A火砕流堆積物の上位にあり、さらに、同堆積物の表面よりも少し高い周辺の台地面上（標高600-700m）にオーバーラップして広く分布している。大分川沿いでは、庄内町西鶴付近くで西鶴岩屑堆積物上に小分布が確認されているのみである。しかし、この地域では阿蘇-4A火砕流堆積物の原表面が失われているので、おそらく同堆積物上を本堆積物は広く覆っていたが、現在は削剝によってほとんど失われてしまったのであろう。以上の他に、由布院盆地南側の高尾山北方、城ヶ岳育成牧場付近（標高720m）に小分布が認められている。

厚さは通常2m程度である。各分布地の表層を構成し、本堆積物の上位には厚さ1m程度の風化火山灰をのせるのみである。分布面積に比べて厚さが薄く、また、そのために堆積物の表面高度は堆積前の地形にしたがって変化している。この性質は、本図幅地域よりもはるかに広い、阿蘇-4T火砕流堆積物の分布域全体に共通するもので、本堆積物の拡散型大規模火砕流堆積物<sup>13)</sup>としての特徴をよく示している（渡辺, 1986）。

**岩相：**本堆積物は非溶結の軽石流堆積物である。赤橙色のガラス火山灰からなる、軽くフカフカした感じの基質に、よく発泡した黄橙色の軽石を含む。下位に異質岩片の集積層を伴うことがあり、そこでは岩片中に黄橙色の軽石が散在している。以上のような典型的な岩相はWATANABE (1978) の鳥栖オレンジ



第47図 西鶴岩屑堆積物の露頭。多数のやや扁平な形のブロックが見える。庄内町西鶴の造成工事現場  
Fig. 47 Many blocks locks in the Nishizuru Debris Deposit.

13) Low-aspect ratio ignimbrite (WALKER *et al.*, 1981) の訳語, 宇井・WALKER (1983) による。

軽石流のそれによく一致する。しかし、風化・粘土化などの後成的な変化によって阿蘇-4A 火砕流堆積物と識別が難しい場合もある。阿蘇-3B, 阿蘇-4A 両火砕流堆積物との識別表を75ページ第4表に示した。

#### VI. 4 由布-鶴見火山群

由布-鶴見地溝中央部に分布する、由布岳火山・鶴見岳火山・伽藍岳火山・鬼箕山火山を合わせて、由布-鶴見火山群と呼ぶ。由布-鶴見火山群は、本図幅地域で最も新期の火山であり、鶴見岳火山は有史の活動記録があり、また伽藍岳<sup>14)</sup>は活発な硫気孔活動のある活火山である。

岩質は前3者が角閃石安山岩(=デイサイト)で鬼箕山火山がかんらん石安山岩である。由布-鶴見火山群の岩石は、様々な斑晶鉱物を含むことが多く、斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石・黒雲母・かんらん石・石英が共存する岩石も珍しくない。

##### VI. 4. 1 由布岳火山

(Y<sub>0</sub>-Y<sub>9</sub>, Yd, Yp)

由布岳火山は、豊後富士の別名を持つ比高900-1100mの成層火山である。山頂の標高1583.5mは本図幅地域内での最高点である。山体は、ほぼ円錐形で山体の周囲に8個の側火山溶岩が取りまく(第48・49図)。山頂には火口列を持った山頂溶岩があつて、中腹まで隘流している。火口列は大小4つの火口からなり北北東-南南西に配列する。北麓の塚原盆地には塚原岩屑なだれ堆積物及び池代火砕流堆積物が分布する。小林(1984)は、由布岳火山の活動史について考察している。それによると、



第48図A 由布岳火山のステレオ写真(Bは81ページ)(国土地理院 KU-77-4Y, C5-8による)

Fig. 48A A stereo pair of airphotos of the Yufudake Volcano (Fig. 48B on p. 81).

14) 気象庁(1984)の日本活火山総覧には、伽藍岳は活火山として記載されていないが、鶴見岳火山の一部として扱われているのであろう。

活動は35,000年以前から始まり、2000-1500年前には池代溶岩（本報告のY<sub>8</sub>溶岩）、山頂溶岩などを噴出し、1100年前には活動を終了している。由布岳火山の活動開始と、阿蘇-4火砕流堆積物との関係は不明である。

#### 主火山体噴出物 (Y<sub>0</sub>)

由布岳火山のうち、山頂溶岩、側火山溶岩、塚原岩屑なだれ堆積物、池代火砕流堆積物を除いた主火山体の構成物をさす。良好な露出は山体北東側の大崩のみである。ここでは成層した凝灰角礫岩とそれを覆う溶岩流が見られる（第50図）。凝灰角礫岩は、発泡度の低い本質岩塊を持つ火砕流堆積物や溶岩流起源の転動堆積物とそれらの二次堆積物からなる。溶岩流は、厚さ数10m以上で柱状節理が発達する。岩石は、紫蘇輝石かんらん石石英含有普通輝石普通角閃石安山岩である。

紫蘇輝石かんらん石黒雲母石英含有普通輝石普通角閃石安山岩 〈R 41407〉 0b-904

産地・産状：湯布院町塚原の南方，795.9m標高点の南900m。凝灰角礫岩中の岩塊。

化学組成：SiO<sub>2</sub>：58.9%（第2表11）。

斑晶：斜長石・普通角閃石（黄褐色）・普通輝石・石英・黒雲母・かんらん石・紫蘇輝石。

石基：斜長石・鉄鉱・シリカ鉱物・単斜輝石・斜方輝石・普通角閃石。塊間状組織。

#### 側火山溶岩 (Y<sub>1</sub>-Y<sub>8</sub>)

由布岳を取りまくように分布する。溶岩流及び溶岩円頂丘を側火山溶岩とする。配列に方向性はない。噴出の順序は隣り合う場合を除き不明だが、浸食の進み具合により、Y<sub>1</sub>からY<sub>8</sub>まで順序をつけた。このうちY<sub>3</sub>、Y<sub>5</sub>、Y<sub>8</sub>溶岩は明らかに山腹より噴出した側火山だが、そのほかの溶岩は山頂より流下したものである。Y<sub>1</sub>溶岩は由布院盆地側にある径600mの溶岩円頂丘で、側火山中で最も浸食が進んでいる。岩石は、黒雲母石英かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩である。Y<sub>2</sub>溶岩も由布院盆地側に位置する溶岩で浸食谷が頂部に達している。岩石は、普通輝石含有紫蘇輝石普通角閃石安山岩である。Y<sub>3</sub>溶岩は飯盛ヶ城<sup>いもりがじょう</sup>（1067m）を頂上とする溶岩円頂丘で、南西部では溶岩流となっている。溶岩流は由布院断層の断層崖とY<sub>2</sub>溶岩の間を埋めるように流下している。岩石は、灰白色の普通輝石かんらん石含有紫蘇輝石普通角閃石安山岩ないしデイサイトである。Y<sub>4</sub>溶岩は合野越付近に源を発し、Y<sub>1</sub>溶岩とY<sub>2</sub>溶岩の間を通り扇状に広がる。溶岩流の頂部は平坦で、先端部は急峻な溶岩末端崖となっている。岩石は、黒雲母石英含有紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩である。Y<sub>5</sub>溶岩は南東側斜面に位置する溶岩円頂丘で、日向山（1085m）、へべ山などの複数のピークを持つが岩石は同質であり、おそらく単一の溶岩円頂丘の頂部が火道への逆流によって陥没したのであろう。岩石は黒雲母に富むのが特徴的な灰白色の紫蘇輝石普通輝石含有かんらん石黒雲母普通角閃石安山岩ないしデイサイトである。Y<sub>6</sub>溶岩は東側に位置する、1153m標高点を頂上とする溶岩円頂丘である。岩石は、黒雲母普通輝石かんらん石含有紫蘇輝石普通角閃石安山岩である。Y<sub>7</sub>溶岩は山頂北西の急崖の直下に噴出した溶岩円頂丘である。頂部には細かなしわがみられる。岩石は、かんらん石含有黒雲母普通輝石普通角閃石安山岩である。Y<sub>8</sub>溶岩は、北へ流下した溶岩で出口は不明である。溶岩は先端部で盛り上がっている。岩石は、かんらん石含有黒雲母普通輝石普通角閃石安山岩である。

紫蘇輝石黒雲母普通輝石石英かんらん石普通角閃石安山岩 (Y<sub>8</sub> 溶岩)  
(R 41457) 8b-113 (第IV図版2)

産地・産状：湯布院町塚原霧島神社の南東250m. 溶岩.  
斑晶：斜長石・普通角閃石 (黄褐色)・かんらん石・鉄鉱・石英・普通輝石・黒雲母・紫蘇輝石. 普通角閃石と黒雲母の一部は周縁部がオバサイト化する. 紫蘇輝石は単斜輝石反応縁を持つ.  
石基：斜長石・鉄鉱・ガラス・単斜輝石・斜方輝石・普通角閃石. ハイアロピリティック組織.

つかはら  
塚原岩屑なだれ堆積物 (Yd)

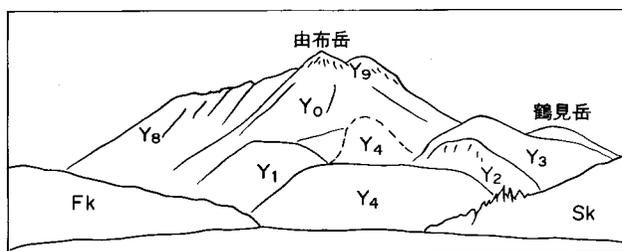
由布岳北麓の塚原に分布する、顕著な流れ山地形 (第51図) が発達した岩屑なだれ堆積物を塚原岩屑なだれ堆積物と呼ぶ (新称). 小林 (1984) の塚原火砕流は、本堆積物と池代火砕流堆積物を合わせたものに相当する. 堆積面の高度は北から南へ由布岳に向かって高くなっている. 含まれる岩塊も由布岳の構成溶岩と似ていることから、給源は由布岳と思われる. しかし、現在明瞭な崩落崖を由布岳北斜面に認めることは出来ない. 生成年代は、堆積物上面には薄い黒ボク土があるのみで、アカホヤ火山灰などの降下火山灰層を欠くことから、約6,300年より新しいとみられる. 厚さは10m以上で、下限は露出していない.

堆積物は、成層した凝灰角礫岩を巨大岩塊とする無層理・無淘汰の火山岩屑で、しばしば不定形をした砂礫層や黒色土壌のブロックも含まれている. 凝灰角礫岩の岩塊は、発泡の悪い輝石角閃石安山岩から成り、一見火砕流状を呈するが、赤紫色や灰色の岩塊が混在し、高温であった証拠は認められない. また、極めて良く成層しており、しばしば薄い層理が発達した分級のよい部分を挟むなど、二次的に斜



第48図 B 由布岳火山のステレオ写真 (A は79ページ) (国土地理院 KU-77-4Y, C5-9による)

Fig. 48 B A stereo pair of airphotos of the Yufudake Volcano (Fig. 48 A on p. 79).



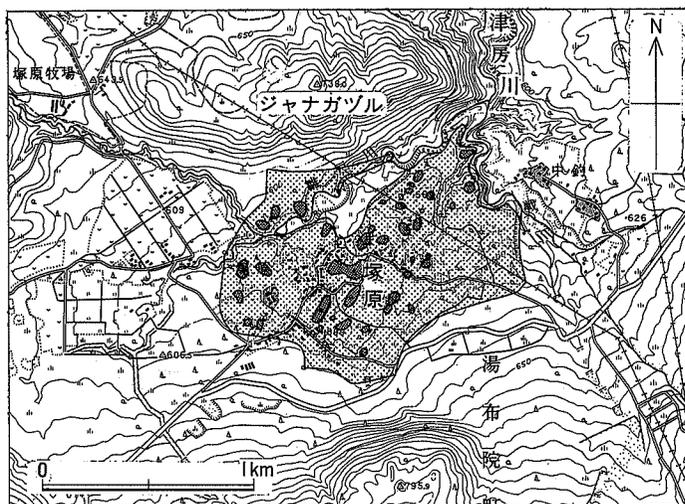
第49図 由布院盆地から見た由布岳。由布院盆地から見た由布岳と側火山溶岩。湯布院町，南由布駅の西300mより撮影。Fk：福万山火山，Sk：倉木山安山岩，Y：由布岳（Y<sub>0</sub>：主火山体，Y<sub>1</sub>-Y<sub>4</sub>，Y<sub>8</sub>：側火山溶岩，Y<sub>9</sub>：山頂溶岩）

Fig. 49 Yufudake Volcano (Y<sub>0</sub>-Y<sub>4</sub>, Y<sub>8</sub>, Y<sub>9</sub>) viewed from Yufuin Basin.



第50図 由布岳火山主火山体の内部構造。成層した火砕物を柱状節理の発達した溶岩流が覆っている。写真右下に人物。由布岳北面大崩の下部

Fig. 50 Structure of the main volcanic edifice of the Yufudake Volcano. Columnar jointed lava flow overlies stratified pyroclastic deposit.



第51図 塚原岩屑なだれ堆積物の流れ山分布図。塚原集落の周辺に径120m、比高10数mに及ぶ明瞭な流れ山が多数分布する。基図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「別府西部」

Fig. 51 Mounds (dark grey) in the Tsukahara Debris Avalanche Deposit (light grey).

面に堆積した再堆積物である可能性が高い。含まれる火山岩塊の多くに割れ目が顕著に発達する。

#### 池代火砕流堆積物 (Yp)

由布岳北西麓に広がる、ほとんど発泡していない本質岩塊を持つ火砕流堆積物を池代火砕流堆積物と呼ぶ(新称)。小林(1984)の塚原火砕流を改称した。池代火砕流堆積物は、Y<sub>3</sub>溶岩付近から扇状に広がり、一部は飛岳火山の麓にのし上げている。噴出年代は、塚原岩屑なだれ堆積物と同じく上面にアカホヤ火山灰層を欠くことから、約6,300年前より新しいと推定される。厚さは10m以上で、下限は露出していない。火砕流堆積物は角閃石安山岩質のほとんど発泡していない本質岩塊と、同質の火山灰からなり、非溶結である。

本質岩塊は、大きさ4-2cm以上の角礫で、一部に表面に垂直な急冷割れ目が認められる。塚原の土砂採取場では厚さ2-3mのフローユニットが3枚重なっている。フローユニットの間には成層した細粒火山灰を挟む。フローユニットの上面は赤色酸化し、しばしばパイプ構造が認められる(第52図)。パイプの周囲はより赤色酸化が進み、白い昇華物が付着する。岩石は灰色-青灰色-赤紫灰色の安山岩で、大きさ2-8mmの斜長石・普通角閃石を少量、大きさ2mm以下の普通輝石・黒雲母・紫蘇輝石・かんらん石を微量含む。

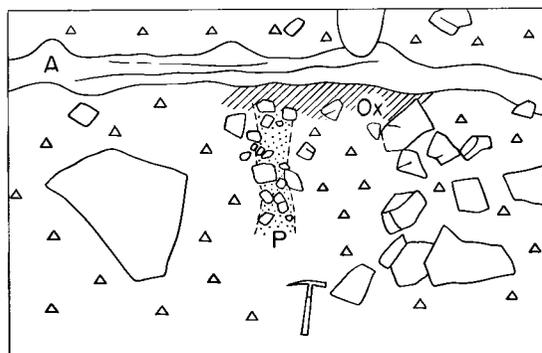
黒雲母紫蘇輝石石英含有かんらん石普通輝石角閃石安山岩 (R 41458) BP1799a

産地・産状：湯布院町塚原南西、飛岳山頂の北西900m。火砕流堆積物中の本質岩塊。

斑晶：斜長石・普通角閃石(帯緑褐色)・鉄鉱・普通輝石・かんらん石・紫蘇輝石・黒雲母。

石基：斜長石・ガラス・鉄鉱・シリカ鉱物・単斜輝石・斜方輝石・普通角閃石。ハイアロオフィティック組織。

#### 山頂溶岩 (Y<sub>9</sub>)



**第52図** 池代火砕流堆積物の二次噴気孔。

2枚のフローユニットの間に弱く成層した火山灰層(A)を挟む。下のフローユニットの上面に、二次噴気孔(P)がある。

二次噴気孔内部は細粒物に乏しく、上端付近に赤色酸化部(Ox)を伴う。湯布院町塚原、674m標高点の北

**Fig. 52** Two flow units of the Ikeshiro Pyroclastic Flow Deposit and intercalated ash bed. A secondary fumarole is seen at the top of the lower unit.

山頂溶岩は山頂から小規模に流下している。山頂部には径400mの火口があり、そのなかに4つの小火口が北北東-南南西に並ぶ。火口底は火口壁から崩れた巨大な岩塊で埋まっている。

溶岩は赤褐色のやや発泡した安山岩で、少量の斜長石・普通角閃石・普通輝石と微量の黒雲母・石英・紫蘇輝石を含む。

紫蘇輝石石英含有黒雲母普通輝石普通角閃石安山岩 (R 41459) BP259

産地・産状: 別府市, 由布岳山頂の東600m. 溶岩.

斑晶: 斜長石・普通角閃石(酸化角閃石, 濃橙色)・普通輝石・黒雲母・鉄鈦・石英・紫蘇輝石.

石英には単斜輝石反応線を持つものがある。

石基: 斜長石・鉄鈦・シリカ鉱物・普通角閃石・単斜輝石・斜方輝石. 塊間状組織.

#### VI. 4. 2 鶴見岳火山 (T<sub>0</sub>-T<sub>5</sub>)

鶴見岳火山は、由布-鶴見地溝内の中の別府湾の西約4kmに位置する角閃石安山岩質の溶岩円頂丘を主とする標高1374.5mの火山である。火山体は山頂溶岩と4個の溶岩円頂丘と主火山体噴出物に区分できる(第53図)。火山体の南縁部では、由布-鶴見地溝の端を越えて直接小鹿山火山や水口山火山を覆っている。

鶴見岳火山は本地域唯一の活火山である。有史の確実な噴火は867年に知られている。近年では、1974年に多量の噴気活動を行い(気象庁, 1975)、現在もごく小規模な噴気が時々認められる。過去の噴火活動を第5表に示す。火山観測は、福岡管区気象台などによる臨時観測がある。現在、京都大学により地震観測が行われている(須藤, 1986)。



第53図 別府市内から見た鶴見岳火山

Fig. 53 Tsurumidake Volcano seen from the east.

第5表 鶴見岳火山の有史の噴火活動

772年(宝亀3年)	異常。?
849年(嘉祥2年)	異常。?
867年3月4日(貞観9年)	噴火:鳴動, 噴石, 黒煙, 降灰砂, 川魚被害。
1597年9月10日(慶長2年)	地震*による山崩れ。
1949年2月(昭和24年)	噴気:山頂の北西約500mの海拔1,100m付近で面積約30m <sup>2</sup> の楕円形内の多数の噴気孔から高さ約10mの白色噴気, 噴気温度95℃。
1974年12月(昭和49年)	噴気:1949年と同地点で噴気が高さ150mくらい, 周囲に小噴石飛散。高さ100-150mの噴気。
1975年5月(昭和50年)	気象庁は鶴見岳地獄谷赤池噴気孔と命名。以後も噴気続く。

\*震央は別府湾内, M6.4, 95ページ第59図参照。

### 主火山体噴出物 (T<sub>0</sub>)

鶴見岳の大部分を占める角閃石安山岩溶岩及び火砕物であり、浸食が進み火山地形は不明瞭である。わずかに南平台の南東に溶岩地形が残存するのみである。岩石は青灰色-灰色-赤紫灰色の安山岩で、斑晶として少量の斜長石・普通角閃石と微量の紫蘇輝石・黒雲母・石英・普通輝石を含む。斑晶の量比はところにより変化する。捕獲岩片として花崗岩を含むことがある。

普通輝石黒雲母紫蘇輝石石英含有普通角閃石安山岩 〈R 41460〉 8b-45

産地・産状：別府市鞍ヶ戸岳，1344 m 標高点の南 660 m。溶岩。

斑晶：斜長石・普通角閃石・石英・紫蘇輝石・黒雲母・普通輝石。

普通角閃石は大部分がオバサイト化している。

石基：斜長石・鉄鉱・単斜輝石・斜方輝石・普通角閃石・シリカ鉱物。填間状組織。

### 溶岩円頂丘群 (T<sub>1</sub>-T<sub>4</sub>)

溶岩円頂丘は T<sub>3</sub> 溶岩の他は、鶴見岳の北に位置している。T<sub>1</sub> 溶岩は内山の北に位置する。岩石は青灰色-赤紫灰色の普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩である。T<sub>2</sub> 溶岩は内山 (1275 m) を構成する溶岩である。主体は安山岩であるが、山頂部のみ白色のデイサイトがみられる。安山岩は紫蘇輝石かんらん石含有普通輝石石英普通角閃石安山岩、デイサイトは紫蘇輝石含有黒雲母石英普通角閃石デイサイトである。T<sub>3</sub> 溶岩は鶴見岳山頂の西の南平台 (1216 m) を山頂とする溶岩円頂丘である。山体には北西-南東方向に伸びる南西落ちの変位地形が数本見られる。この地形は細かく雁行しており、断層地形ではなく、おそらく斜面上に噴出した溶岩円頂丘が低い方に引っ張られることによる滑落地形<sup>15)</sup>であろう。T<sub>4</sub> 溶岩は、鞍ヶ戸岳 (1344 m) の北部を占め、鶴見岳の溶岩円頂丘中で最も新鮮な火山地形を保っている。山頂部には、溶岩円頂丘の頂部に特徴的な凹凸がみられる。岩石は、紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩である。

石英紫蘇輝石含有黒雲母普通角閃石デイサイト (T<sub>2</sub> 溶岩) 〈R 41408〉 8b-43

産地・産状：内山山頂の南 150 m。溶岩。

化学組成：SiO<sub>2</sub> : 63.4% (第 2 表の 12)。

斑晶：斜長石・普通角閃石 (濃橙色-帯褐緑色)・鉄鉱・黒雲母・紫蘇輝石・石英。

石基：ガラス・斜長石・普通角閃石・黒雲母・鉄鉱・ジルコン。大部分がガラスで、針状の晶子が散在している。

### 山頂溶岩 (T<sub>5</sub>)

山頂溶岩は鶴見岳山頂から、鳥居、堀田、境川の 3 方向に流下している溶岩である。溶岩じわや溶岩堤防などの地形が明瞭である。小林 (1984) は、古文書及び鶴見岳東麓の扇状地と遺跡の分布から、山頂溶岩の流出を今から 1200-1500 年前と推定している。岩石は黒雲母かんらん石紫蘇輝石石英含有普通輝石普通角閃石安山岩である。

15) 典型的な例は白馬大池火山風吹岳円頂丘に見られる (榎山, 1984)

石英含有紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 〈R 41409〉 8b-50  
 産地・産状：別府市堀田の北西，475 m 標高点の北北西の境川沿い。溶岩。  
 化学組成：SiO<sub>2</sub>：56.7%（第2表13）。  
 斑晶：斜長石・普通角閃石（帯緑褐色）・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈦・石英。  
 普通角閃石は大部分がオパサイト化している。  
 石基：斜長石・鉄鈦・単斜輝石・斜方輝石・シリカ鈦物。塊状組織。

#### VI. 4. 3 伽藍岳火山 (G)

伽藍岳火山は鶴見岳の北に位置する火山で、大きさは径 1.5-1.8 km，比高 350 m である。山体は、伽藍岳 (1045.3 m) と 1014 m 峰の東西 2 つの溶岩円頂丘からなり互いに密着している。東西の溶岩円頂丘は同質の岩石からなる。山体の南側には径 300 m の円弧状の崩壊地形が認められる。崩壊地形の内側では噴気活動が盛んであり、塚原温泉や白土鈦山がある。この崩壊地形に対応する堆積物は見つからないが、空中写真の判読によれば塚原温泉から伽藍岳と内山の間の谷を小規模に埋めている可能性がある（地質図には示していない）。伽藍岳の頂部には北東-南西方向の地溝状の落込みがあるが、これは溶岩円頂丘頂部の陥没現象（小林，1984）であろう。岩石は灰色-青灰色の安山岩で、斑晶として斜長石・普通角閃石・普通輝石・紫蘇輝石と微量のかんらん石・石英を含む。

かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩 〈R 41460〉 BP1650

産地・産状：湯布院町伽藍岳山頂の西南西 400 m。溶岩。  
 斑晶：斜長石・普通角閃石（酸化角閃石，橙色）・普通輝石・紫蘇輝石・鉄鈦・かんらん石。  
 普通角閃石の一部は完全にオパサイト化する。  
 石基：斜長石・シリカ鈦物・鉄鈦・単斜輝石・斜方輝石・普通角閃石。塊状組織。

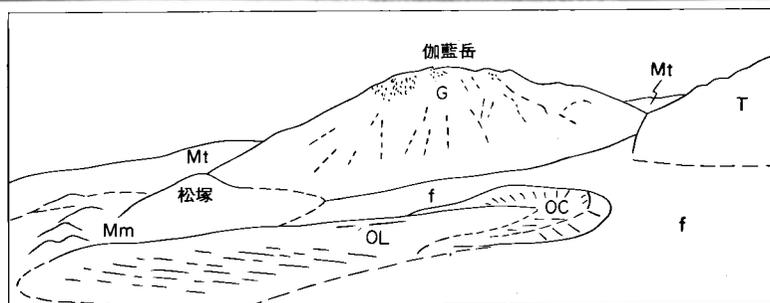
#### VI. 4. 4 鬼箕山火山 (O)

伽藍岳西方に位置する、かんらん石安山岩質のスコリア丘と溶岩流からなる単成火山を鬼箕山火山と呼ぶ。笠間 (1953) の鬼箕山火山岩を改称した。かんらん石を多量に含む、この地域では、特徴的な岩石である (MATUMOTO, 1968)。鬼箕山火山は、伽藍岳火山と鶴見岳 T<sub>1</sub> 溶岩円頂丘の間の谷を扇頭とする扇状地斜面上に位置する。おそらく両者より新しいのであろう。またアカホヤ火山灰層に覆われる。

鬼箕山火山は、鬼箕山を形成するスコリア丘とそこから流出した一枚の溶岩流から構成される (第 54 図)。スコリア丘は底辺の直径およそ 300 m，比高 20-30 m で直径 140 m の火口を持つ。火口は、溶岩の流出により西側が破れ馬蹄形に開いている。「鬼箕」の名称はスコリア丘が、巨大な箕のように見えることからきているらしい。スコリア丘は、スコリア及び火山弾からなり、一部は溶結している。火山弾は大きさ 10-50 cm 以上、灰黒色-赤褐色でパン皮状・紡錘状・リボン状など様々な形状をしている。溶岩流は塊状溶岩で、西へ流下し扇状に広がっている。厚さは 10-30 m である。溶岩の表面には、上流部では溶岩堤防、下流部では溶岩流の進行方向に直行する溶岩じわなどの微地形が見られる。

岩石は暗灰色-赤褐色の安山岩で、肉眼で斜長石・かんらん石・普通輝石・普通角閃石が認められる。

紫蘇輝石石英含有普通角閃石普通輝石かんらん石安山岩 〈R 41410〉 8b-105T



第54図 鬼箕山火山と伽藍岳火山を西から望む。

鬼箕山火山のスコリア岳(OC)とスコリア丘を破って流出した溶岩流(OL)。溶岩流には、溶岩じわや溶岩堤防が見られる。左には、松塚岩層なだれ堆積物(Mm)の流れ山地形が見られる。f：扇状地、G：伽藍岳火山、Mt：高平山溶岩、T：鶴見岳火山

Fig. 54 A scoria cone (OC) and a lava flow (OL) of the Oninomiya Volcano. Mounds of the Matsuzuka Debris Avalanche Deposit (Mm) is seen to the left. Mt: Takahirayama Volcano, T: Tsurumidake Volcano, G: Garandake Volcano, f: Fan.

産地・産状：湯布院町中釣北方1km.

化学組成：SiO<sub>2</sub>：54.3% (第2表14).

斑晶：斜長石・かんらん石・普通輝石・普通角閃石・石英・紫蘇輝石・鉄鈹.

斜長石は大きさ0.2-3mmで清澄。かんらん石は大きさ0.2-1mmで自形新鮮で0.1mm以下の微斑晶もある。普通輝石は大きさ0.2-0.5mm。普通角閃石は大きさ0.3-3mmでオパサイト化し、輝石・鉄鈹などの微小結晶の集合体となっている。石英は大きさ0.5-1mmで融食形を示し、単斜輝石反応縁を持つ。紫蘇輝石は大きさ0.2-0.4mmでまれである。

石基：斜長石・単斜輝石・鉄鈹・ガラス・シリカ鉱物・燐灰石。填間状-ハイアロオフィティック組織。

## VI. 5 段丘堆積物-2 (t<sub>2</sub>)

段丘堆積物のうち阿蘇-4火砕流堆積物よりも新期のものをここでは段丘堆積物-2と呼ぶ。分布は大分川、小挾間川及び阿蘇野川に沿っている。これらの地域では、現河床は幅の狭い深さ数10mの箱型の峡谷の底にあり、段丘面の方が現河床よりも圧倒的に広い。本堆積物は阿蘇-4火砕流の原面よりも低いところに位置する。大分川と小挾間川合流点の小野屋付近では、河床からの高さの異なる4-5枚の段丘面があるが、上流部ほど数えられる段丘面の数は減少する。堆積物は厚さ2-10mの砂礫層である。

湯布院町<sup>おひら</sup>小平の発電所北西では阿蘇-4A 火砕流の溶結部の直上に厚さ 3-5m の砂礫層がのっている。これは河川が、阿蘇-4 火砕流堆積物の非溶結部だけを削削し、固い溶結部を河床としていたことを示す。

## VI. 6 若杉岩屑なだれ堆積物 (Dw)

本図幅地域中央部の飛岳西麓から由布院盆地にかけて分布する、岩屑なだれ堆積物を若杉岩屑なだれ堆積物と呼ぶ(新称)。流れ山地形は、若杉から並柳にかけて顕著である。堆積物の年代は、阿蘇-4T 火砕流堆積物をブロックとして取り込むことから、7 万年より若いことは明らかである。段丘堆積物-2 との関係は不明である。本堆積物の堆積面は、並柳北東の飛岳に向かい急速に高くなり、かつ分布も飛岳の西南西に開いた馬蹄型の崩壊崖に向かって収斂しており、この崖が岩屑なだれの給源であることは明らかである。

堆積物は無層理・無淘汰で、飛岳と同じく角閃石安山岩もしくは角閃石デイサイト質の火山岩屑からなる。堆積物の厚さは、60m 以上で、下限は明らかでない。

乙丸における堆積断面<sup>16)</sup>では、クリンカーを伴った塊状溶岩とその上位の再堆積物からなる径 2-8m 程度の岩塊が、薄い基質を挟んで斜めにくり返し累重しているのが観察される。基質は岩塊の細粉で、粘土化が進んでいる。若杉では、角閃石安山岩及び角閃石デイサイトの破碎した岩塊と細粒基質を主とし、表土(黒ボク)、褐色風化火山灰、阿蘇-4T 火砕流堆積物などがブロックとして取り込まれている。

## VI. 7 扇状地堆積物 (f)

扇状地堆積物は、由布-鶴見火山群をはじめとする急峻な火山体の側面や、由布院断層などの断層崖の下に発達している。扇状地の発達するのは急峻な山体を残しているような新しい火山、おおむね由布川火砕流堆積物よりも新しい火山である。鶴見岳の東側の別府市街地を構成する扇状地は、鶴見岳から供給された砂礫から構成される。ボーリング資料によると鶴見岳類似の礫を含む砂礫層の厚さは 50m から 300m 以上であり、その下位には実相寺山火山の溶岩や輝石安山岩凝灰角礫岩及び溶岩がある(森山, 1969)。また、鶴見岳と由布岳の間にある猪ノ瀬戸では、深さ 465m, 480m の 2 本のボーリングとも、孔底まで軟らかい凝灰岩と硬い角閃石安山岩とが交互し(掘削者による柱状図の原記載、未公表資料)、少なくとも孔底まで扇状地堆積物が埋積していることが察せられる。小林(1984)は、鶴見岳東の扇状地に 5 つの面を識別し、鶴見岳山頂溶岩との関係と遺跡の分布から形成年代を議論している。

## VI. 8 表層火山灰

本地域の岩石や地層の表面には厚く降下火山灰層が重なる。平坦あるいは緩傾斜地の全域を覆っているので、本層は地質図には示されていない。保存が良いところでは厚さ数 m に達する。大部分は風化し、

16) この断面は、由布院駅の北方約 200m、郵便局南西の東西道路沿いに、側溝工事中に観察された。

褐色の風化火山灰であるが、数枚のテフラが認められる。小林(1984)によれば由布-鶴見火山群周辺での主なテフラは下位から、九重第1軽石層(KjP<sub>1</sub>)、始良Tn火山灰層(AT)、アカホヤ火山灰層(Ah)、<sup>こめくぼ</sup>米窪スコリア層(KS)である。噴出年代は、九重第1軽石層は約3-3.5万年前(町田ほか, 1984)、始良Tn火山灰層は約22,000年前(町田・新井, 1976)、アカホヤ火山灰層は約6,300年前(町田・新井, 1978)である。

## VI. 9 沖 積 層 (a)

本地域での沖積層の発達が悪い。由布院盆地と別府湾に面した亀川付近の他は、大分川・野上川・日出生川などに小規模に分布するのみである。このほかに水口山や小鹿山付近の断層による埋積谷の堆積物も沖積層に含めた。堆積物は、砂・礫及びシルトからなる。

## VI. 10 津江岩屑なだれ堆積物 (Dt)

由布-鶴見地溝、由布院盆地の東方の津江付近で、明瞭な崩落崖と顕著な流れ山地形をもつ小規模な岩屑なだれ堆積物を津江岩屑なだれ堆積物と呼ぶ(新称)(第55図)。本堆積物は、1596年の別府湾を震央とするM6.9の地震によるものである(溝口, 1958; 東京大学地震研究所, 1982)。Ui *et al.* (1986)は、本堆積物を由布岳起源のHigashi-ishimatsu debris avalancheと呼んでいる。しかし、分布が東石松まで及んでいないので改称した。本堆積物は、開析を受けているが、堆積面の保存は良好で、津江から南東に向かって高くなり、由布院断層断層崖の崩落崖直下に続いている。層厚は40m以上で、堆積物の下限は観察できない。

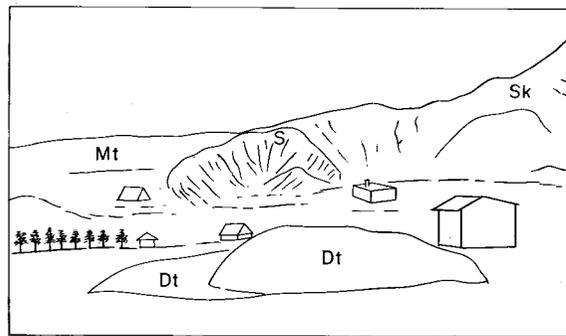
本堆積物は、無層理・無淘汰の火山岩屑からなり、その岩屑は給源付近の水口山溶岩や倉木山安山岩と同じく輝石角閃石安山岩もしくは輝石角閃石デイサイト質の溶岩片を主とする。流れ山部分に含まれる溶岩片には、径数mを越えるものもある。また、溶岩のもろいクリンカー部分や粘土化の進んだ火山灰がバラバラにならずに、ある程度のまとまりをもったままブロックとしてとりこまれている。基質はこれら岩塊の細片である。

岩屑なだれは、崩落直後に直進して対岸の由布岳山麓に一部のし上げたらしく、由布岳山麓部に流れ山の残丘が保存されている。

## VI. 11 埋 立 地 (r)

別府市亀川の海岸で別府湾の埋立が小規模に行われている。地質図で「埋立地」とした部分は、大正6年測量による5万分の1地形図を参考にしそれ以降に埋め立てられた地域を表現している。この地質図では表現されていないが、現在はさらに埋立が進行し、工業用地及び国道用地となっている。

## VII. 活 構 造



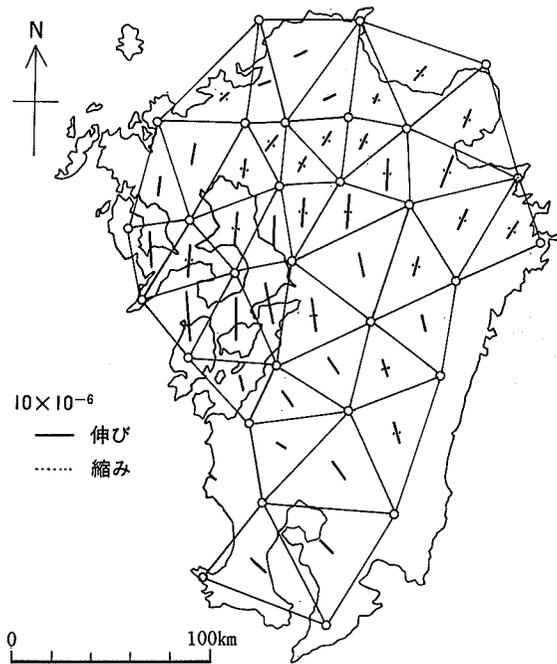
第55図 津江岩屑なだれ堆積物の流れ山と崩壊壁。

S：崩壊壁，Dt：流れ山，Sk：倉木山安山岩，Mz：水口山溶岩。湯布院町津江町から南東を望む  
 Fig. 55 The wall left after the Tsue Debris Avalanche Deposit of 1596 and its mounds (Dt).

## VII. 1 地殻水平変動

国土地理院による九州地方の三角点網の繰り返し測量の結果から以下のことが判明した。九州地方全域に、ほぼ南北方向の張力が働いており、とくに、別府湾-島原半島-天草灘を結ぶ地域(松本, 1979a, の別府-島原地溝にあたる)の周辺は顕著な南北張力場にある(国土地理院, 1984; 多田, 1984)(第56図)。多田(1984)によると、明治年間(1891-1893)と最近(1981-1982年)との間、約90年間の一等三角点の移動量から、この地域の南北両側の地殻は、1年間平均10数mmの速さで南北に離れている。

## VII. 2 活断層



第56図 九州地方の地殻水平歪分布(多田, 1984のFig. 1を簡略化).

1891-93年と1981-82年に行われた一等三角点の測量結果から計算した約90年間の水平歪

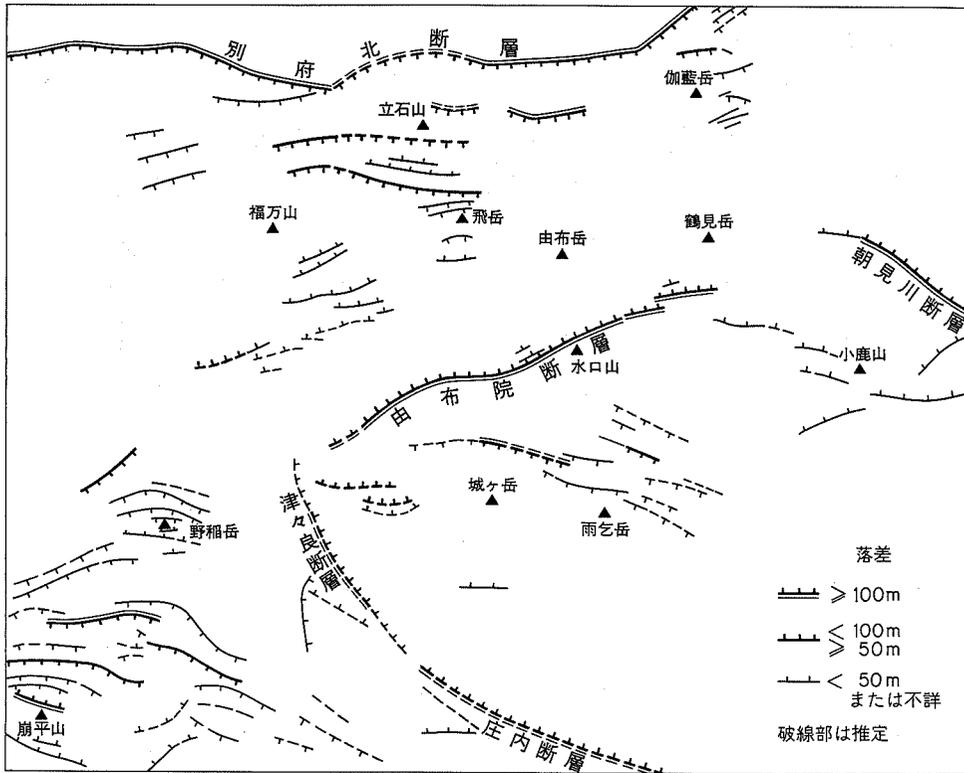
Fig. 56 Distribution of crustal horizontal strain in Kyushu (simplified after Tada, 1984).

別府図幅地域を含む中部九州の火山岩地域には東西性の正断層が密に発達しており、このことは日本の活断層研究の初期から注目された(松田, 1973; 岡田, 1973など)。1975年, 大分県中部地震が発生し、その際行われた調査研究によって、本図幅周辺の活断層分布が明らかにされた。これらの活断層群の分布様式は地殻水平歪や後述する大分県中部地震等の地震の発震機構と調和的である。

別府図幅地域には多数の断層がある(第57図)。地質図及び第57図中の断層は村井・金子(1975)、村井・松田(1975)、国土地理院地殻調査部(1976)、池田(1979)、活断層研究会(1980)、山崎ほか(1985)等の資料を参考としつつ、著者らの地質調査と空中写真判読にもとづいて作図したものである。

本図幅地域内の断層は明瞭な地形表現を持ち、地形及び岩層の分布から判定されたもので、断層露頭が確認されたものは多くない。これらの断層は第四系を切っているので、本地域の断層群は第四紀に活動した断層という意味での活断層である。切られている岩体の年代からみて、それらはいずれも最終活動の時期が0.6Maよりは新しい。断層崖下の多くの場所では、沖積層・扇状地堆積物等が断層崖に接して分布している。しかし、これらの堆積物の最上層までこの断層によって切られているかどうかは、露頭がない限り判定できない。このような場合、地質図には断層は断層崖直下に伏在断層として表現してある。地域南西部寺床南方(村井・松田, 1975)及び北東部伽藍岳北麓(第58図)の断層は6,300年前のアカホヤ火山灰層を切っており、確認された最も新しい活動年代を示す。

断層の多くはE-W方向であり、その他にWNW-ENEないしNW-SE性のものとNE-SWないしENE-WSW性のものがある。それらはすべて正断層であり、一部、NW-SEまたはWNW-ENE性のものには左横ずれ、NE-SWまたはENE-WSW性のものには右横ずれの成分を合わせ持つものがある。これらの断層は一般に短かく、延長が5kmをこすものは別府北断層、由布院断層など小数にすぎない



第57図 別府圏幅地域の活断層。更新世中期の火山体の周辺に短い正断層が密集し、山体の中心が落ち側となる傾向がある。落差は活断層研究会(1980)を参考とした

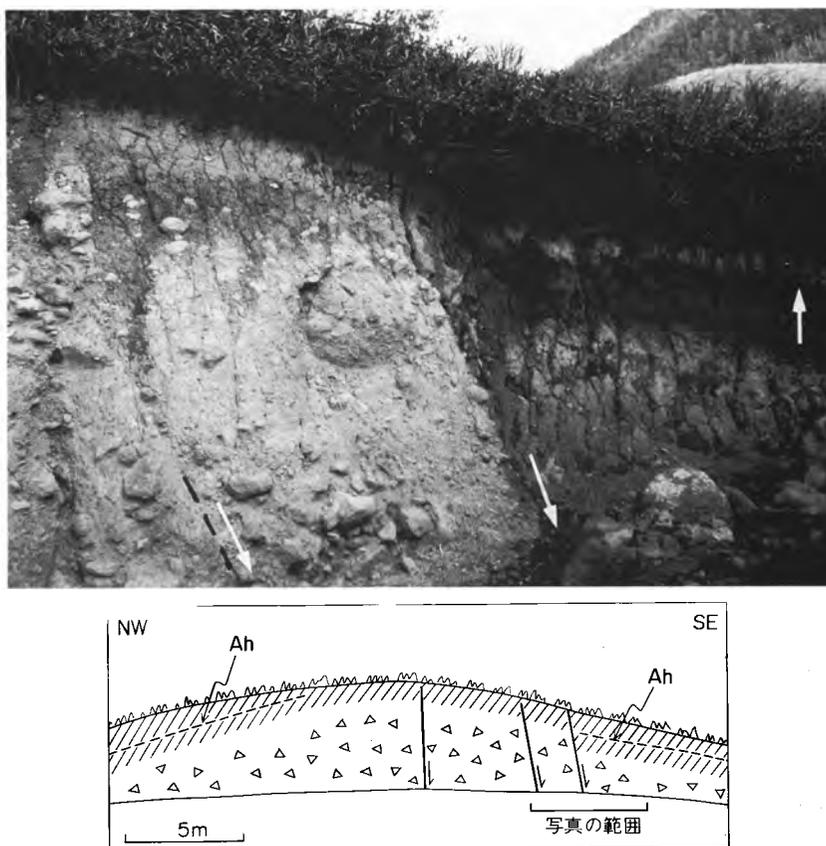
Fig.57 Active faults in the Beppu district. Short normal faults are concentrated and form small graben structures around middle Pleistocene volcanoes.

(村井・金子, 1975).

断層の分布は別府地域全体に一樣ではなく、由布-鶴見地溝内の立石山・飛岳周辺と地域南西隅の野稻岳・崩平山周辺など、やや古い火山体の周辺に、短い断層が密集する傾向がある。これらの断層は概して東西性の走向をもち、縦ずれ変位が卓越する正断層であること、断層線が湾曲していることが多く、その場合は湾曲の凹側が相対的に低下していること、断層群の北半部では南落ち、南半部では北落ちのものも多く、従って全体として火山体の中央部ほど低下する地溝状をなしていることなどの特徴を持つ(村井・金子, 1975 ; 村井・松田, 1975)。

地域内の断層は活動時期を決める要素が少ないため、変位を受けた岩層の年代から大略の変位速度が求められるだけである。個々の断層についての変位の累積性は不明であるが、新しい火山を切る断層よりも、古い火山岩層を切る断層(または断層群)の変位量が大きい傾向がある。

森山・日高(1981)は別府湾の海底の音波探査によって、湾内北半部(第59図のM海域)海底の浅層堆積物中に数本以上の正断層を発見した。島崎ほか(1986)はこの海域の1断層について、その南北両側の海底のボーリング調査を行い、断層の変位には累積性があり、かつ、変位運動は連続的でなく間欠的であること、6,300年間の平均変位速度は0.6mm/年であることを明らかにした。別府地域周辺の活断



第58図 アカホヤ火山灰を切る断層。別府市松塚

写真内には矢印で示された2本の断層がある。写真中央の断層より左は松塚岩層なだれ堆積物、右はその上にある表層火山灰層。黒ボク土中の明色の層(右の矢印)はアカホヤ火山灰(約6,300年前, 町田・新井, 1978)。

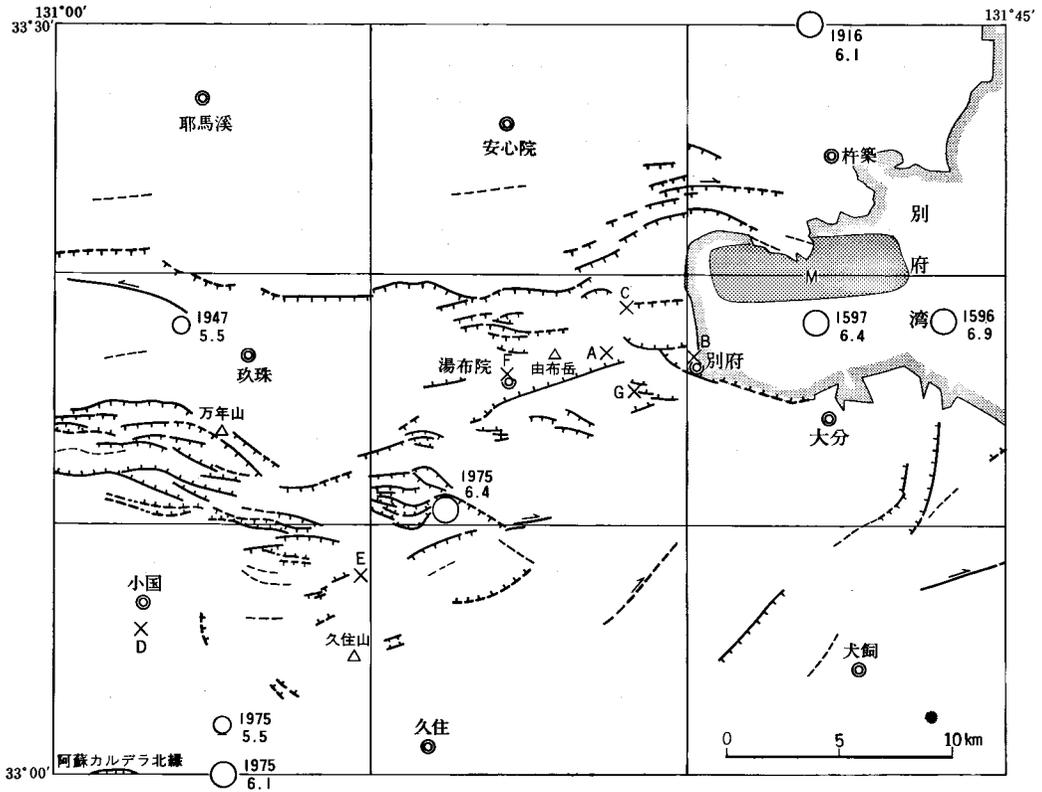
Fig. 58 Faults cutting the Akahoya Ash Bed (Ah) of 6,300 y. B. P. from the Kikai Caldera off south Kyushu.

層群について活動像のより詳しい灘解のために、断層の活動時期を明らかにして、変位速度を求めることが必要である。

第59図に別府図幅地域周辺の活断層と地震とを示す。九州島を横断する大構造である別府-島原地溝, その中の由布-鶴見地溝, さらにその一区域である立石山・飛岳周辺の断層群など, この地域には空間的にも, 時間的にも規模の異なる構造があり, それらの構造はいずれも南北性の展張を示唆している。断層が火山体の周辺に密集することは, 広域的な応力場において, とくに地殻の強度の小さい火山周辺に集中して歪が解消されている(中村, 1984) ことの一例であろう。

### VII. 3 地震

別府図幅地域周辺で記録されている地震を活断層研究会(1980)及び気象庁地震課・地震活動検測センター(1975)により第59図に示す。地域東方の別府湾内を震央とするM6.9(1596)の地震では, 別府市東



- |   |  |
|---|--|
| <p><b>活断層</b></p> <p>——— 活断層であることが確実なもの(確実度Ⅰ)</p> <p>- - - - 活断層であると推定されるもの(確実度Ⅱ)</p> <p>----- 活断層の疑いのあるリニアメント(確実度Ⅲ)</p> <p>- · - · - 活断層の可能性が少ないリニアメント</p> | <p><b>地震</b></p> <p>○ M6.0-6.9 } マグニチュード</p> <p>○ M5.9以下 }</p> <p>丸に添えた数字は発生年とマグニチュード</p> <p>× 局地地震</p> <p>A/G</p> |
|---|--|

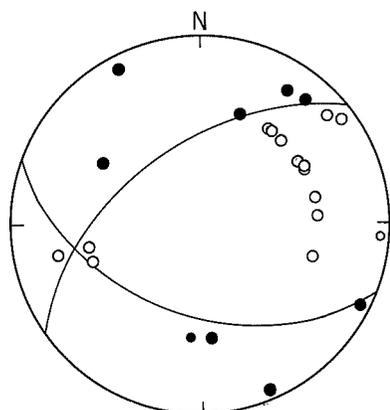
第59図 別府圏幅地域及びその周辺の活断層と地震。活断層及び地震は活断層研究会(1980)により、一部を下記のように変更した。なお、本図の別府圏幅地域内の活断層は本地質図及び第57図のそれとは細部で異なるところがある。1. 森山・日高(1981)及び千田ほか(1986)によって、海底に正断層群が発見された別府湾内の海域をM(灰色)区域で示した。2. 大分県中部地震(1975, M6.4)の震央を山科・村井(1975)の求めた位置に移した。3. 1975年阿蘇北部の地震(1975年1月23日, M6.1)を加えた。4. 局地地震のうち、A-Fは気象庁地震課・地震活動検測センター(1975)、Gは須藤(1987)によって示した。それらの震央は概略の位置である。A: 鶴見岳付近の地震, 1916-1917; B: 別府付近の地震, 1926・1930・1973; C: 明礬付近の地震, 1927; D: 小国の地震, 1928-1929; E: 飯田高原付近の地震, 1931・1941・1946; F: 湯布院付近の地震, 1941; G: 志高湖付近の地震, 1986

Fig. 59 Active faults and epicenters of earthquakes in and around the Beppu district.

側の海岸や大分市北側の瓜生島の水没、津波による湾岸の被害のほか、本図幅地域内でも鶴見岳や由布院における山崩れなどがあり、多数の人命にかかわる災害があったことが記録されている。この由布院の山崩れによる堆積物は、VI. 10 (p. 90)に記載した津江岩層なだれ堆積物に相当する。またM6.4 (1975)の地震では別府市の東側、瓜生島の西方にあった久光島が水没したことが伝えられている(東京大学地震研究所, 1982)。

別府図幅地域周辺では第59図に×印で示したようにいくつかの局地地震が記録されている。これら多くは群発性である。湯布院付近の地震(第59図F)は1941年11月19日から28日にかけて起こったもので、湯布院で震度I-IIの地震が17回あった(気象庁資料)。最近鶴見岳山頂に京都大学阿蘇火山研究所によって地震計が設置された。1985年3月の観測開始以来1986年7月までの連続観測の結果、鶴見岳山頂付近を震源(S-P時間が0.25秒以下)とする極微小地震群Aと、震央が鶴見岳の南、幅約5km、東西約15kmの、ほぼ由布院断層に沿う地域に分布する群発性地震群Bがあることがわかった(須藤, 1987)。第56図のGは、1986年5-6月に震央付近で有感の地震が数多く発生したもので、B群の活動に属する。B地震群の発震機構解は、走向ほぼ東西、北落ちで、右横ずれ成分をもつ正断層型であり、張力軸はほぼ水平で、南北方向とのことである。

1975年4月21日の大分県中部地震の規模はM6.4(気象庁, 1975)であり、第56図中では前記した1597年の地震以来最大の地震である。震央は、気象庁(1975)では久住図幅地内花牟礼山付近にあり、久保寺・三浪(1975)及び山科・村井(1975)ではともに本図幅地内の田伏・扇山付近とされている。衣笠・曾屋(1975)及び村井・松田(1975)によると、地震の被害は森図幅地域南東部の九重町奥双石から本図幅地域



第60図 1975年大分県中部地震の発震機構解。山科・村井(1975)による。

下半球等積投影。白丸：引き、黒丸：押し

Fig. 60 Mechanism of the Central Oita Prefecture Earthquake of 1975 (Yamashina and Murai, 1975).

南西部の同町寺床、湯布院町扇山を経て久住図幅地域の直野内山にいたるNW-SE方向の一帯に著しい。別府図幅地域の山下池・田伏付近にはNW-SE方向の活断層があり、久住図幅地域の直野内山付近には阿蘇野盆地北東を限る同じ方向の断層(小野, 1963)がある。この地震に直接関係する地震断層の露頭は発見されなかったが、扇山西方の断層の南東延長上にある扇山集落の北端には左ずれ成分をもつ開口亀裂が現れ、これは地下の断層変位を反映するものである可能性があると考えられた(村井・松田, 1975)。山科・村井(1975)は、この地震の発震機構解(第60図)を求め、T軸はほぼ南北・水平の方向にあり、2つの節面のうちWNW-ESE方向の面に沿って南西下りの変位をした正断層性の地震であるとした。

## VIII. 重力・空中磁気

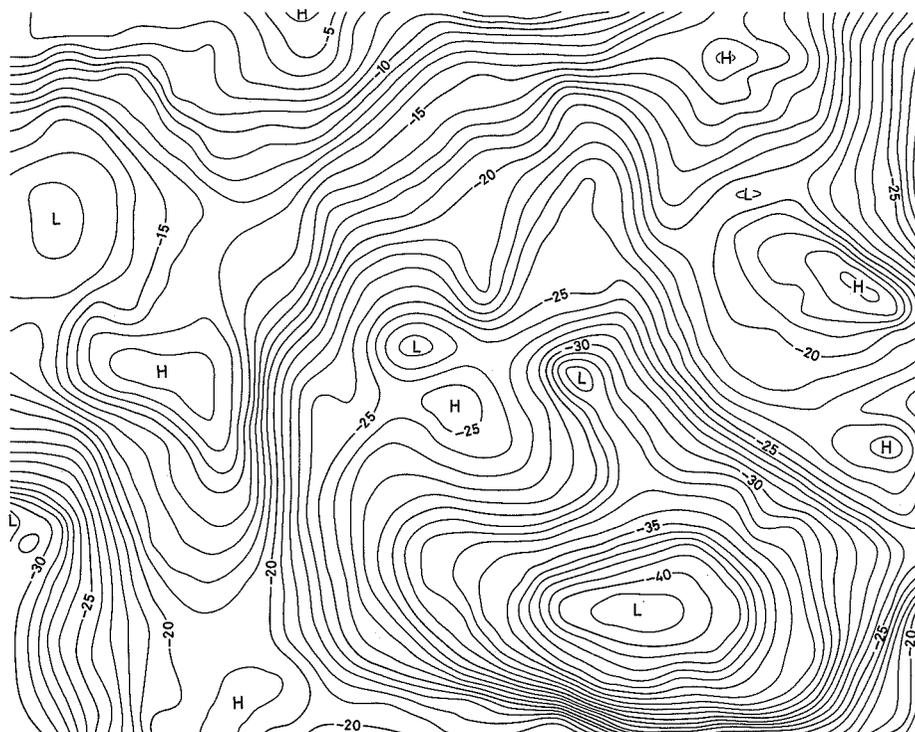
### VIII. 1 重力

大分から熊本にかけて中部九州を横断する低重力帯の存在は古くから認められていたが、久保寺ほか(1976)は精密重力異常図によってその詳細な分布を示し、この地域の重力異常と構造線、火山の配列、浅発地震の震央との関係などを指摘した。近年、地熱調査の一環として各地熱地域の精密重力調査が行われ、その成果は別府図幅地域では伽藍岳周辺の重力図(小川ほか, 1981)に、また豊肥地熱地域全体は

駒澤ほか(1987)に、公表されている。地質図上の等重力線及び第61図は通商産業省資源エネルギー庁の報告書による1ミリガル間隔の等重力異常線である(通商産業省, 1987)。笹田(1984)は豊肥地域及びその周辺地域について、重力異常を考慮しつつ基盤地質構造を考察した。駒澤・鎌田(1985)は豊肥地熱地域の重力調査結果を解析し、基盤深度図を作成した。以下はこれらの論文を参考としながら本地域の重力について記述する。

第4B図(8ページ)で0ミリガルあるいは-10ミリガルに囲まれた地域は鎌田(1985)による5Ma以降の火山構造性陥没地に当たり、別府図幅地域はその中軸部である東北東-西南西方向の舟底状の低重力部にある。この低重力部の南東縁は本地域南東隅のすぐ南側を東北東-西南西方向に走る重力急傾斜帯であり、地質構造上の大分-熊本線に当たる。大分-熊本線の南側、久住・犬飼両図幅地域内には白亜紀花崗岩等の先新第三系基盤岩が露出している。中軸低重力部の北側は南東縁に比べて全体としての重力傾度が緩く、国東半島南部から本図幅地域北縁の由布-鶴見地溝の北縁まで、2列以上の重力急斜帯によって順次低下している。

中軸低重力部は二つの北北西-南南東方向の高重力帯で3分される(第61図)。高重力帯の一つは図幅地域西部の水分峠-湯平付近のものでこれを水分峠高重力帯、他の1つは地域東部明礬-観海寺付近のもので、これを観海寺高重力帯と、それぞれ呼ぶ。2つの高重力帯にはそれぞれ本地域中の下位層である水分安山岩・川西安山岩と観海寺安山岩とが露出している。この高重力帯に仕切られた重力の最低中心



第61図 別府図幅地域のブーゲー異常図。通商産業省(1987)による。等重力異常線間隔は1ミリガル、仮定密度は $2.3 \text{ g/cm}^3$   
 Fig. 61 Bouguer anomaly of the Beppu district. Contour interval : 1 miligal, supposed density :  $2.3 \text{ g/cm}^3$ .

は西隣森図幅地域南東隅と本図幅地域南部の庄内付近とにある。駒澤・鎌田(1985)は豊肥地域の堆積層(火山岩)と先新第三系基盤との密度差 $\Delta\rho$ を0.3, 0.4g/cm<sup>3</sup>としてそれぞれ基盤深度図及び基盤標高図を作成した。仮定密度差が小さい方が基盤標高の起伏が大きくなるが、いずれの場合でも前記の北北西-南南東方向の二つの重力高異常帯は基盤が浅く、その間の低重力部は基盤が深い。基盤深度の最も浅い地点は水分峠付近であり、いずれの密度差の仮定によっても深度は1kmより浅い。基盤深度の最も深い地点は庄内町竹ノ下付近にあり、仮定密度差0.3, 0.4g/cm<sup>3</sup>に対し、それぞれ4.5km, 3kmより深い。

庄内町付近の重力低異常の南縁は本地域の南縁にほぼ平行して東西方向に走る重力急斜帯であり、その位置は伏在が推定される庄内断層に一致する。この東西方向の急斜帯は、大分-熊本線(東北東-西南西)方向の急斜帯と斜交する。笹田(1984)は庄内付近のこの低異常を、水分峠高重力帯西側(森図幅地域内)と観海寺高重力帯東側(大分図幅地域内)の低異常とともに、それぞれが北落ちの正断層を南縁とする基盤中の半地溝によるものと考えた。

庄内町付近の低異常は北に延びて、本地域中央に近い水口山南方の小規模な低異常に連結している。駒澤・鎌田(1985)はこの低異常を、堆積物の分布から由布川火砕流の噴出口と考えた。

由布-鶴見地溝の明瞭な重力的表現は見られないが、由布院盆地には低異常の小中心がある。

## VIII. 2 空中磁気

本図幅地域は広域空中磁気図(9ページ第5図)に示される短波長で大振幅の強い磁気異常地域の東端部にある。精密空中磁気異常図(通商産業省, 1987)(第62図)では、火山地形と正帯磁の双極子型異常とがよく対応するように見える火山(鶴見岳, 由布岳, 雨乞岳-城ヶ岳)と、対応が明らかではないか、あるいは磁气的表現が明らかでない火山岩体とがある。顕著な磁気異常で地形との対応が明らかでないものは、本地域北縁中央から西南西へ延びる負異常帯, 水分峠付近の負異常から南に湯平温泉の南西方へ延びる負異常帯, 本地域北東隅の亀川西方と別府市街東方の海岸線付近の正異常などである。これらの異常は幾つかの火山体の重なり, 変質帯, 基盤の分布と構造などのとれかの影響か, それらが重複して現れているものとする。今後の詳細な解析が待たれる。

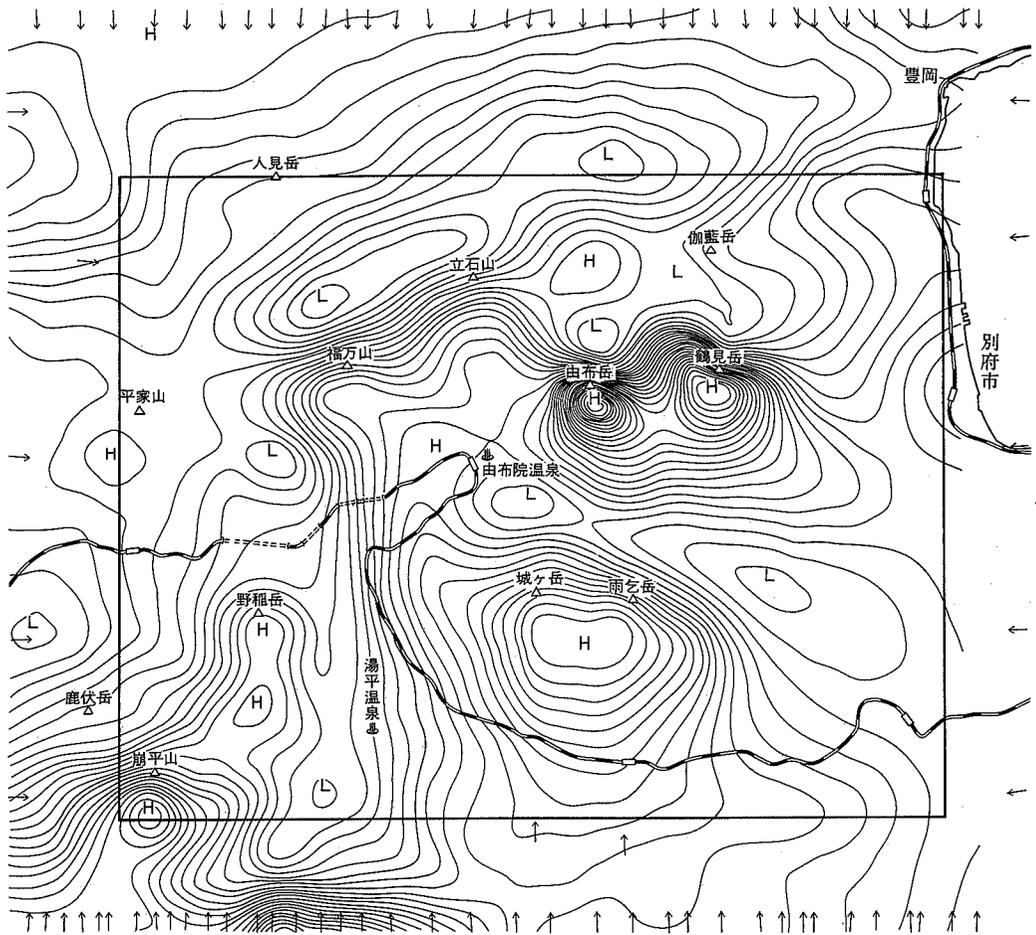
大久保ほか(OKUBO *et al.*, 1985)は空中磁気データから, キュリー一点深度<sup>17)</sup>解析を行った。それによると本地域はキュリー一点深度が7-8kmよりも浅く, 同深度が九州で最も浅い地域である。

## IX. 応用地質

### IX. 1 温泉及び地熱

別府湾から九重・阿蘇を経て島原半島に至る中部九州の地溝帯には, 数多くの火山が九州を斜断する

17) キュリー一点(温度)に達する深さ。磁鉄鉱のキュリー一点は589°Cであり, 通常の火山岩の磁性を担うチタン磁鉄鉱のキュリー一点はそれより低い。



第62図 別府図幅地域及びその周辺の精密空中磁気図。通商産業省(1987)による。等磁力線間隔は25 nT。図周縁の矢印は測線を示す

Fig. 62 Airborn magnetic map of the Beppu district. Contour interval : 25nT.

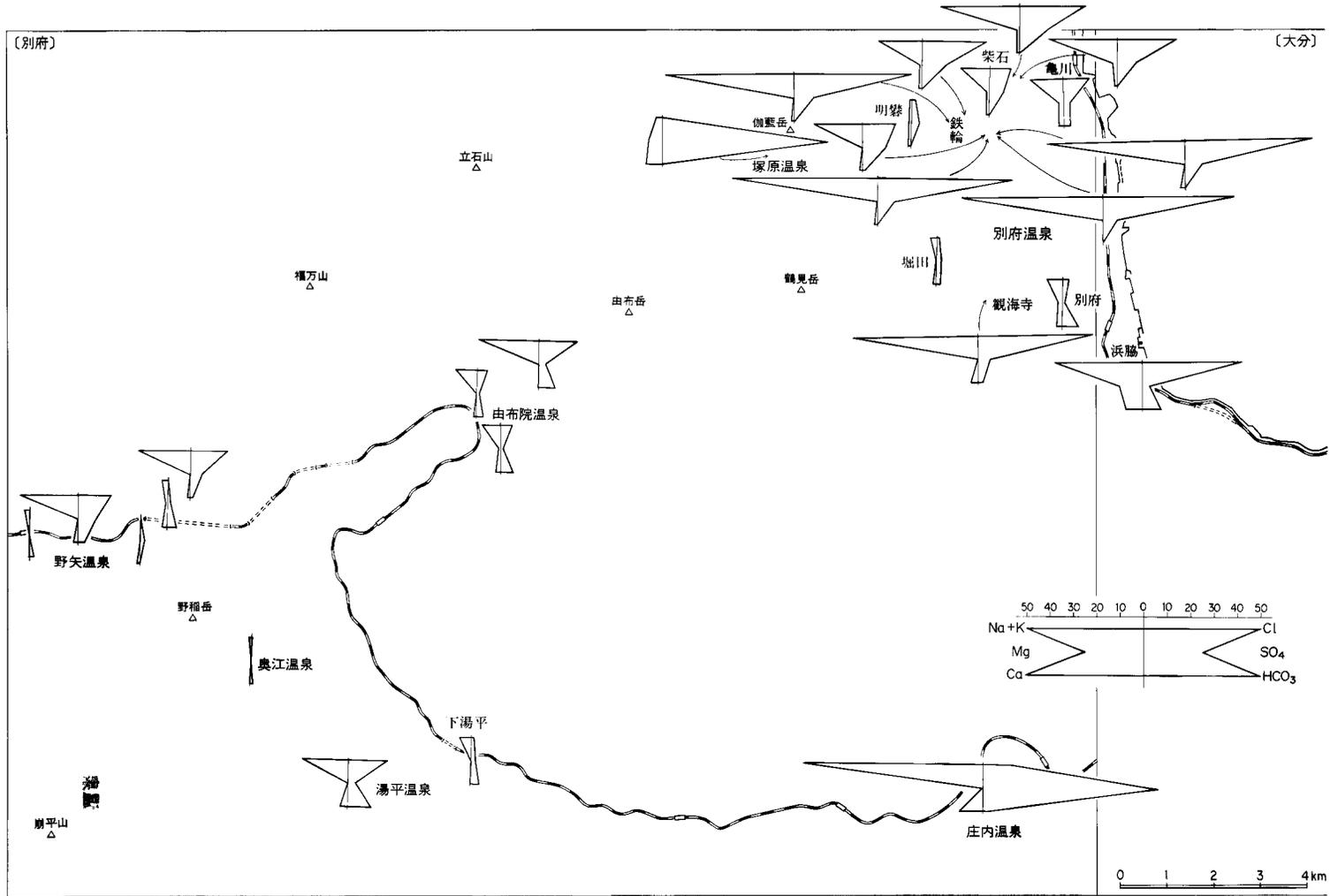
ように並んでいる。これらの火山の活動は、地溝帯内の随所に地熱温泉活動をもたらした。別府図幅地域内には別府、庄内、由布院、湯平、塚原、奥江、野矢の温泉地を数えることができる。各温泉地の位置は第63図に示されている。温泉の密集する別府、由布院の各温泉については、温泉孔の分布図をそれぞれの項に示した。

それぞれの温泉地の現況は第6表のようである。各温泉地の代表的な温泉の分析値は第7表に掲げられている。また、これらについては泉質を表現するヘキサダイアグラムを作成し、地図上に示した(第63図)。

### IX. 1. 1 温泉

#### 別府

別府温泉の史実は豊後国風土記にまでさかのぼる。同風土記には竈門山にある赤湯泉(いまの血の池



第63図 別府圏幅地域における代表的な温泉のヘキサダイアグラム  
 Fig. 63 Hexadiagrams of representative hot springs in the Beppu district.

第6表 別府図幅地域の温泉地の源泉  
Table 6 Hot springs in the Beppu district.

温泉地 Spa	源泉数 Number of hot springs		温度別源泉数 Hot springs in temperature group			湧出量(ℓ/m) Flow rate		
	自噴 Natural	動力 Pumped	-25℃	25-42℃	42℃- 水蒸気 及びガス Steam and gas	自噴	動力	
別府 Beppu	702	2,039	239	2,189	302	10,872	74,717	
庄内 Shōnai	20	15	4	31		3,267.8	1,705	
由布院 Yufuin	201	476	1	34	639	3	7,140.4	23,755.8
湯平 Yunohira	9	11	1	2	17		115	324
塚原 Tsukahara	5			2	3		94	
奥江 Okue		3			3		150	
野矢 Noya	7	4		1		10	41	

地獄) や、河直山かわなおやまの東にある玖倍理湯くべりのゆ (いまの鉄輪温泉) の記載が見える。この風土記は奈良時代に編されたものと伝えられることから、別府温泉はすでにこの時代から知られていたものであろう。別府温泉は、地熱発電が行われている九重地域とならんで中部九州でも地熱温泉活動が最も活発な地域である。標高1,000mを越える伽藍岳から鶴見岳にいたる火山群から海岸に至る東西約5km, 南北約8kmの範囲に地熱・温泉活動が展開しており、源泉数は3,000口に達する(第64図)。その北縁と南縁は、それぞれ別府北断層及び朝見川断層によって境され、中央の陥没帯は背後の山々から流出した砂礫で埋められた扇状地である。

扇状地西側を限る火山群のうち、伽藍岳南側には活発な噴気活動があり、鶴見岳の山頂近くの北西斜面の赤池にも噴気がみられる。

扇状地南北両側の断層は地下深部の高温な水蒸気や熱水の上昇部ともなっており、南部の観海寺、堀田、北部の鉄輪、明礬、湯山には噴気や沸騰泉が集中している。一方、扇状地中央部には、食塩型熱水が薄められたり二次蒸気の吹き込みによって生じた様々な泉質の温泉が存在する。この様に、別府には一つの扇状地域内に、活発な地熱活動から中低温の温泉まで、泉質も食塩泉をはじめとする種々の泉質のものが共存し、しかも、それらの分布状態に規則性が見られることが特徴であり、一連の地熱・温泉現象のモデル地の観を呈している。

別府の温泉は昔から地域を区して別府八湯と呼びならわされている。浜脇<sup>18)</sup>、別府<sup>18)</sup>、観海寺、堀田、鉄輪、明礬、柴石、亀川の各温泉がそうである。

浜脇温泉：古くから港として栄えた所であったが、湧出量の減少、泉温の低下と相まって海水の浸入が顕著となっている。

別府温泉：旧別府市の中心部をなし、自噴泉が数多く存在した中心温泉地域であったが、近年、温泉活動低下の兆しが見られる。

観海寺温泉：別府市南縁の朝見川断層に接する地域にある。噴気や沸騰泉が存在し、杉乃井ホテルでは、地熱発電も行われている。

堀田温泉：古い歴史をもつひなびた温泉である。蒸気加熱型の温泉が多い。

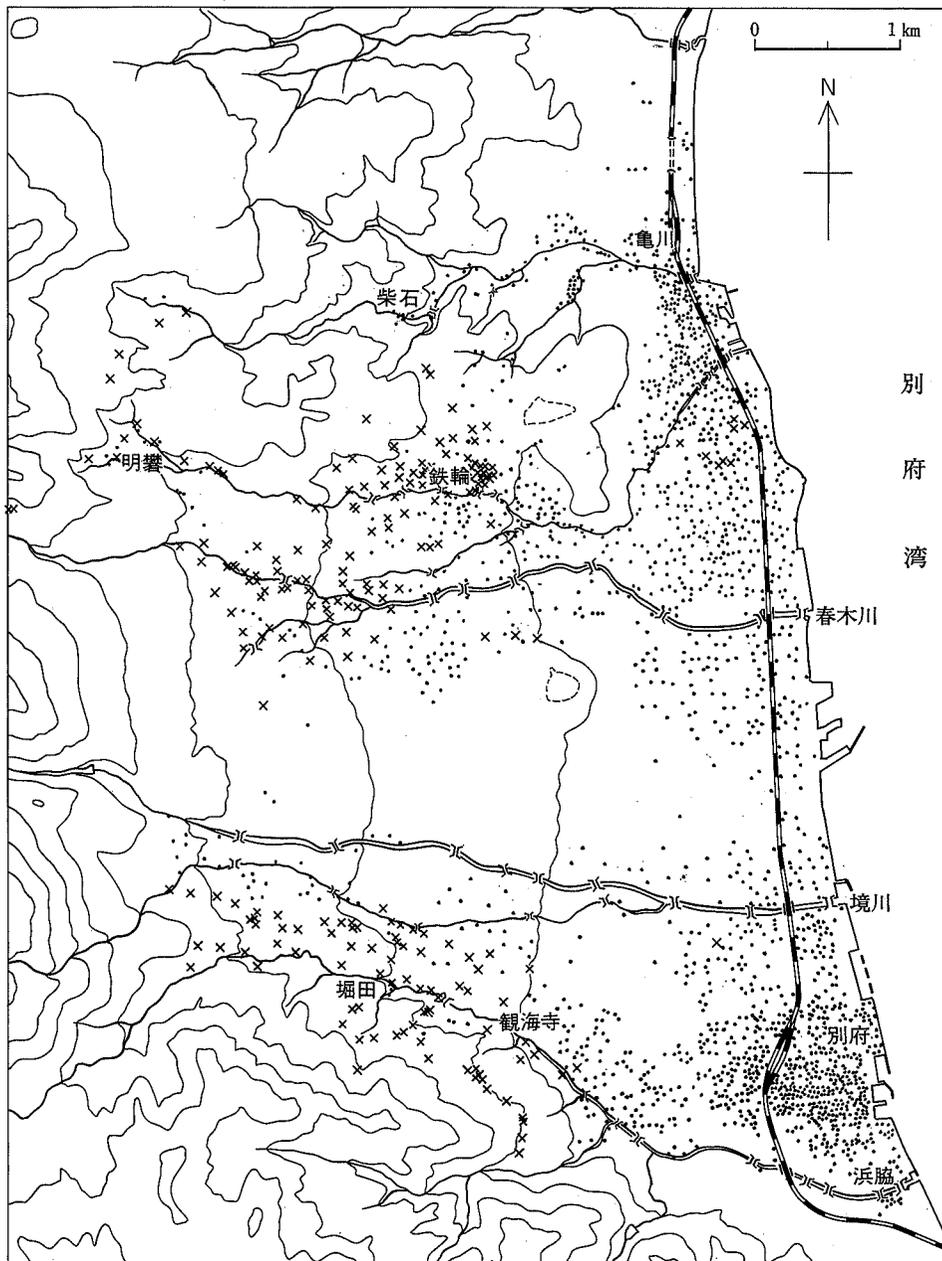
18) 主に東隣大分図幅地域内にある。

第7表 別府圏幅地域の代表的な温泉の成分

Table 7 Chemical composition of representative hot springs in the Beppu district.

温泉地 Spa	代表的源泉名	採水年月日	温度 ℃	pH	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l	その他 mg/l	文献
別府 Beppu														
別府	海門寺温泉	79/10/1	57.7	7.0	147.5	14.4	22.9	39.9	92.2	54.4	429.6	192.3		大分県* (1980)
浜脇	新玉旅館	81/3/25	46.0	7.9	822	64.5	126	138	1,472	142	504	117		同上 (1982)
観海寺	杉乃井ホテル	76/2/12	89.5	8.2	1,110	195.0	2,189	59.47	1,693	225.8	105.1	367.5	As 2.097	同上 (1977)
堀田	堀田泉源	85/3/12	79.2	6.1	72.2	5.5	1.0	18.4	37.2	77.1	102	105		同上 (1986)
鉄輪	鉄輪むし湯温泉	84/1/25	75.0	6.0	1,143	167	3.3	25.5	1,736	382	11.8	479	As 1.4	同上 (1985)
明礬	明礬地藏泉	80/2/14	60.0	3.0	14.9	3.1	14.7	14.5	23.3	152	0	64.2	H <sub>2</sub> S 27.9	同上 (1981)
柴石	柴石温泉	79/10/2	63.5	3.3	240.0	51.0	12.5	18.6	308.0	265.6	0	192.3		同上 (1980)
亀川	公衆浴場浜田泉源	84/9/4	60.1	7.1	298	55.1	20.8	45.6	384	151	198	132		同上 (1985)
庄内 Shōnai														
庄内	小野屋温泉	82/6/18	51.0	8.4	37.9	8.6	0.1	1.0	6.7	112	20.3	128		同上 (1983)
東庄内	庄内団地温泉	80/9/8	57.6	7.3	1,650	165	3.7	19.7	417	3,590	140	163		同上 (1981)
由布院 Yufuin														
佐土原	向坊茂義	76/6/30	97.3	9.0	558.7	46.53	0.036	1.058	557.6	128.8	421.3	458	As 0.830	同上 (1979)
石松	湯布院厚生年金病院	81/12/21	90.6	7.2	180	12.6	6.1	39.2	175	51.1	287	166		同上 (1982)
乙丸	旅館たつみ内湯	72/12/1	64.0	8.0	190.9	17.59	2,422	23.06	142.8	67.91	191.4	54.64		同上 (1979)
湯平 Yunohira														
湯平	金湯源泉	78/8/19	87.6	7.02	452.50	20.00	1.25	50.00	562.93	120.94	634.61	143.5		茂野・阿部(1980)
下湯平	幸野温泉	72/11/28	33.2	8.2	100.0	26.59	1.081	6.087	16.94	88.82	215.9	65.40		大分県* (1974)
塚原 Tsukahara														
塚原	関屋の湯	80/11/21	51.0	2.2	69.0	6.2	76.0	132	2.1	3,337	0	274	Al 333 Fe 41.6	同上 (1982)
奥江 Okue														
奥江	奥江集落	78/10/29	40.7	7.72	9.46	5.34	1.82	4.0	1.66	1.6	53	77.9		野田(未公表資料)
山下湖	九重レークサイドホテル内	65/6/27	57.0	8.2	55.19	8.210			6.737	9.299				大分県* (1966)
野矢 Noya														
野矢	川野定夫	75/12/13	36.0	9.60	45.7	0.257	0.00	0.67	2.25	9.45	123	32		野田(未公表資料)
芝塚	加藤三千年	75/12/13	16.0	3.73	4.83	3.28	2.23	9.70	2.15	112	0	34	H <sub>2</sub> S 4.16	同上

\*大分県温泉調査研究会



第64図 別府温泉の噴気・沸騰泉(×)と一般温泉(黒点)の位置図。吉川・由佐ほか(1976)による

Fig. 64 Fumaroles and boiling springs (cross) and other hot springs (dot) in the Beppu district.

かんなわ  
鉄輪温泉：噴気や沸騰泉が多数分布する温泉活動の中心地であり、地獄めぐりの場所でもある。

みょうほん  
明礬温泉：自然噴気とそれに付随する温泉が見られる。昔は明礬を産したところからこの名がある。

今は湯の花を採取する小屋が風情を添えている。

しばせき  
柴石温泉：温泉名は柴の化石が出ると伝えられていることによる。鉄分に富む泉質の山峡の温泉場であ

る。

亀川温泉：別府北部の海岸近くに盛えた古い湯治場である。浜脇に見られるような温泉活動の衰退に伴う海水浸入現象は顕著ではない。

#### 地獄

別府では、地中から湧き出る熱気や熱湯などの地熱活動によって形造られた景観を地獄と称し、これを巡回する地獄めぐりは別府観光の目玉となっている。地獄は、扇状地の南北両縁に近い地域に集中して分布している(地質図)。主な地獄には次のようなものがあり、各地獄の熱水の成分は第8表のようである。

竜巻地獄：鬼首(宮城県)の吹上泉とならぶわが国屈指の間欠泉である。25-30分の間を置いて噴出を繰り返し、噴騰の高さは20mに及ぶといわれるが、危険防止のために天井石を置いてあり、定かではない。間欠泉のしくみについてはマッケンジーの空洞説が説明看板として掲げられている。山下・伊藤(1986)によると、低温水の流入と噴出量に対する熱水の供給不足の両作用が連続噴騰を妨げ、間欠現象をもたらしている。過去には、衰えた間欠泉を、付近に再掘削することによって復活させたことがあるそうで、付近一帯が間欠泉の機構に向けた熱水貯留環境になっていることが推察される。

血の池地獄：海地獄と共に地獄中の大きなもので、広さが1,082m<sup>2</sup>のおむすび型の池全体が鉄質沈殿物(赤鉄鉱主体)のため朱紅色で、このため血の池地獄と名が付けられている。池のほぼ中心部の湧き口は深く(29.3m深)切れ込み、ロート状を呈しており、坑底は最高温度136.3°Cを示す。放出熱水量は13.4ℓ/s、放熱量は1.15kcal/sである。近年の活動としては、1875年(明治8年)以来、数年-10数年の間隔で9回の爆発(水蒸気爆発)があったと言われているが、1927年(昭和2年)以降は知られていない。池の沈殿物は非晶質物が主体で、カオリン鉱物、α-クリストパル石、それに少量のモンモリロン石、赤鉄鉱が混じる。池の岸の岩石表面にはジャロサイトも見られる。

海地獄：血の池地獄と並ぶ大きな地獄で、260m<sup>2</sup>の湧出池をもつ。噴出量は1日に3,600tといわれている。池の色は澄んだ青色で、海地獄の名の由来となっている。この色は熱水が硫酸鉄を含むためと説明されているが、実際の硫酸鉄濃度は青色を呈するほど高くはなく、海の色が青いのと同じく長波長光散乱による呈色と思われる。

第8表 別府温泉の地獄の熱水の成分

Table 8 Chemical composition of hot water from hells in Beppu.

地 獄 名	採水年月日	温 度 ℃	pH	Na mg/ℓ	K mg/ℓ	Mg mg/ℓ	Ca mg/ℓ	Cl mg/ℓ
竜 巻 地 獄	71/7/-	85	2.8	613	93	17.9	13	888
血 の 池 地 獄	71/7/-	64	2.5	700	103	17.6	13	1,003
海 地 獄	71/7/-	68	2.9	383	57	17.3	22	965
白 池 地 獄	71/7/-	—	8.3	450	30	2.1	26	497
鬼 山 地 獄	85/1/29	80.8	4.4	1,226	171	3.9	32.5	1,879
カ マ ド 地 獄	71/7/-	74	3.5	1,298	92.5	2.0	6	1,958
金 竜 地 獄	78/8/18	97.5	4.10	1,300.00	215.00	4.00	23.00	1,982.21
山 地 獄	(泥火山)							
坊 主 地 獄	(マッド・ポット)							

白池地獄：牛乳を流し込んだように白く濁った池をもつことから白池地獄と呼ばれている。湯源から湧いたときには無色透明だが、池の中に流れ込んで次第に冷えると白く濁ってくる。これはシリカが、重合により次第に粒径を増しコロイド状から更に沈澱物となるためである。

カマド地獄：石と石との間から水蒸気が漏れるありさまからカマドの名がある。タバコの煙などを蒸気の中に吹き入れると蒸気が一段と白くなる。煙の粒子が核となり過熱蒸気が一瞬に凝縮するからである。

山地獄：泥火山であり、地表に噴出した粘土が累積して山の形が出来るので山地獄と称する。

坊主地獄：泥土がぼっかりと浮かんで消える。いわゆるマッドポットである。県の天然記念物に指定されている。1925年、太刀川平治博士が日本最初の地熱発電(1.12kW)に成功したのはこの付近である。

#### 湯の花

別府明礬地区で製造される湯の花は一種の火山昇華物であり、別府温泉の特産物としてインスタント温泉の素または湯治効果顕著な浴剤として広く市販されている。湯の花は、硫気地帯に石を置き、その上に青い粘土(鉄モンモリロン石に富む粘土)を敷いて藁製の三倉屋根をかぶせた湯の花小屋で製造される。硫気が酸化して生じた硫酸が粘土中のFe、Alと反応して晶出した硫酸アルミニウム、硫酸鉄が湯の花の主体である。

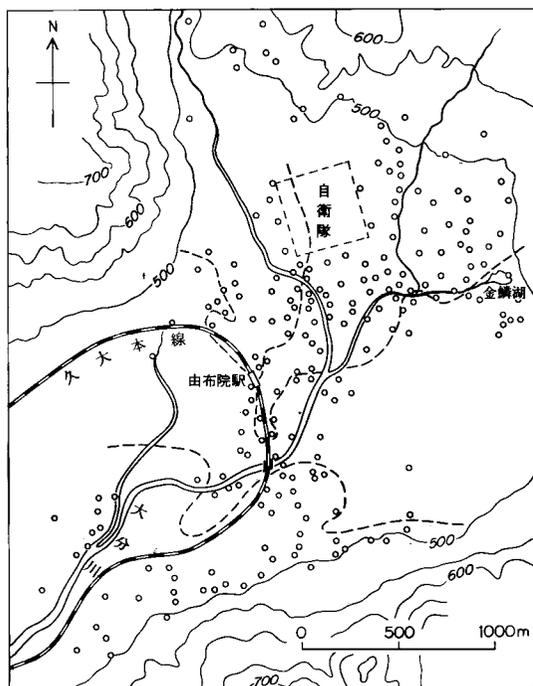
#### 庄内

庄内を含む大分川中流域は、温泉開発が昭和40年代後半から急速に進行した新興温泉地域である。フミン酸を含有することにより茶褐色を帯びていることと、溶存成分量が少ないことが特徴であったが、最近では高濃度のもも見つかっている。温泉開発が進行する中で、最初は100ℓ/分を越す自噴泉が見られたが、最近では自噴泉が減り動力揚湯が普通になっている。

#### 由布院

由布院温泉は由布院盆地の中央部にある自然湧出の温泉地帯を中心に発展してきた。高温の源泉は由布院盆地南東縁の由布院断層に近い地域に多い(第65図)。昭和40年代以降活発に開発がされ、それまで温泉のなかった地域にまで盛んに温泉が掘削され、動力による揚湯も行われるようになった。それに伴ない、自然湧出泉で自噴泉からの湧出量が減少したり、場所によっては湧出が停止するなど、地下温泉水圧の低下が目立ちはじめている。昔あったという間欠泉(吉本)も今では知る人も少ない。大分川の一

SO <sub>4</sub> mg/ℓ	HCO <sub>3</sub> mg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	その他 mg/ℓ	文 献
380	0	236	As 0.80	野田(未公表資料)
570	0	230	As 0.98	同上
470	0	215		同上
460	55	180		同上
315	3.0	365	As 1.4	大分県温泉調査研究会(1985)
262	0	508	As 1.13	野田(未公表資料)
349.32	9.15	499.9		大分県温泉調査研究会(1979)



第65図 由布院温泉の温泉孔位置図. 由佐(1983)による  
Fig. 65 Hot springs in the Yufuin district.

つこの水源にあたる金鱗湖は、水と温泉の両方が湧いている変わった湧水池である。

#### 湯平

湯平温泉は大分川の支流、花合野川の谷間に沿って約300mにわたり点在している。川の両岸はかなり急勾配の傾斜地で、温泉の分布は川の左岸に限られているのが特徴である。胃腸病にすぐれた効用のあることで知られ、温泉場では、お茶の代わりに鉱泉の湯を供する。

温泉活動は衰退の傾向にあり、ことに上流部に涸湯泉が集中している。上流部の源泉は $\text{CaCO}_3$ の沈積が起りやすいこと、活動の中心からはずれていることが、衰退傾向に拍車をかけている。このため、上流部の最近の源泉では $\text{CO}_2$ ガスを吹き込みスケールの析出を防止する工夫を行っている。

#### 塚原

標高1,045mの伽藍岳の山頂からやや下がった標高800mの所に塚原温泉がある(第66図)。強烈な酸性泉でAl、Feをはじめ多量の金属成分を含有している。温泉背後の伽藍岳の山腹では、現在も活発な噴気活動があり、変質帯の白土が採掘されている。塚原温泉は、伽藍岳の火山ガスが浅層水に吹き込んで、熱と成分を与えて形成されたものである。

#### 奥江

湯平温泉から西に向かって3kmほどで山下池に至る。その途中の集落が奥江で、あまり温度の高くない温泉である。山下池付近のボーリングではかなりの高温が確認されているが、高温乾燥岩体的で水



第66図 伽藍岳からみた塚原温泉  
Fig. 66 Tsukahara hot spring looked down  
from Garan Dake.

に乏しい。岩芯の観察によると岩石は輝石角閃石安山岩である。

#### 野矢

野矢地区では、多数の微温の湧水や大規模な変質帯が存在している。例えば、水分峠の下を貫通している久大本線の水分トンネル内の湧水も25℃の温度を示す。これらの徴候に着目して何本かの温泉井が掘削された。また地熱開発の対象地域として注目され、地質調査所、大分県、最近では出光地熱開発(株)による滝上地区の調査が行われている。

#### IX. 1. 2 地熱開発

別府は、わが国の地熱開発史の曙となった地である。1919年(大正7年)、海軍中将山内万寿治が、わが国の動力ならびに燃料の将来を憂慮し、北海道から九州に至る各火山温泉地区の実地踏査の結果、別府坊主地獄の付近に地を選び、ボーリングを行い、ついに噴気を掘り当てた。これがわが国における地熱開発の第一歩であった。その後東京電燈株式会社研究所長太刀川平治は、山内氏の掘った噴気孔(鶴見噴気孔)を利用し、これに発電設備を施して、1924年(大正14年)、わが国初めての地熱発電(1.12kW)に成功し、実際に電球を灯した。

戦時の中断を経て、1948年(昭和23年)地質調査所は新たな実験地である別府南立石白竜地区にてボー

リングを行い噴気を掘当てた(実験用旧噴気孔)。しかし、この試錐は孔内閉塞などのトラブルが頻発したため、1950年(昭和25年)1m 傍らに新たに実験用新噴気孔を掘削した。新噴気孔も、1951年(昭和26年)に入ると勢いが衰えたため、発電試験は自竜地区に既存の宮地金蔵氏所有の噴気孔を利用して行うことになり、同年7月、30kW の点灯試験に成功した。

自竜地区から遠くない別府市観海寺の杉乃井ホテルでは自家用の地熱発電設備が稼働している。同ホテルは以前から地熱の多目的利用を行っていたが、その用途を拡張していった結果、自家発電を企画するに至った。発電所の建設は、1979年(昭和54年)に着工され、1981年(昭和56年)より出力3,000kW で運転を行っている。これまでに247-778m の坑井9本を掘削し、最高温度245°C を得ており、うち5本が生産井に充てられている。

別府温泉以外でも地熱開発のための調査が行われている。野矢では1952年(昭和27年)に132m の掘削が行われ、併せて地化学調査も行われた。ボーリングの最高地下温度は105°C であり、今日も噴気が続いている。

国による全国的な地熱調査は1972年(昭和47年)に開始され、1974年(昭和49年)のサンシャイン計画発足の端緒となった。この地域では、1975年(昭和50年)全国地熱基礎調査涌蓋地域の野矢・水分地区における放熱量、変質帯、地化学、物理調査、1976年(昭和51年)地熱開発精密調査涌蓋地域の野矢地区における3本の調査井掘削(このうち51-WT-1は蒸気・熱水間欠噴出)、同年地熱開発基礎調査伽藍岳地域における変質帯、放熱量、重力調査、1978年(昭和53年)地熱開発基礎調査水分地域における地化学、放熱量、重力、微小地震調査、同年地熱開発基礎調査伽藍岳地域における調査井掘削(1本)、同年発電用地熱開発環境調査野矢地域における2本の調査井掘削(53-NOY-1井からは蒸気・熱水を噴出)、1979年(昭和54年)地熱開発基礎調査湯の平地域における変質帯、地化学、放熱量、電気、微小地震調査、同年地熱開発基礎調査水分峠地域における調査井掘削(1本)が実施された。

国の調査とは別に、大分県も1976年(昭和51年)より調査に乗り出し、野矢・水分地区において1978年(昭和53年)にGO-1、1979年(昭和54年)にGO-2の各調査井を掘削した。このうちGO-2井からは蒸気・熱水が噴出した。

また、滝上地区では1979年(昭和54年)以来、出光地熱開発株式会社により調査が進められているが、今日までに700-3,000m の調査井15坑を掘削、蒸気・熱水が得られている。

第9表はこの地域に掘削された地熱井の一覧表、第10表は、それらの地熱井から得られた蒸気・熱水の分析一覧表である。

## IX. 2 金 属

### 金

別府市街地背後の観海寺安山岩中に浅熱水性金鉱床が胚胎し、稼行されたことがある。以下の記載は久多羅木(1952)及び磯部(未公表資料)に従う。

別府(朝見)鉱山

別府市乙原、楽天地付近の観海寺安山岩中に浅熱水性含金銀石英脈が発達する。金属鉱物として黄鉄

第9表 別府圏幅地域の地熱井諸元  
Table 9 Geothermal wells in the Beppu district.

	掘削年 Year	掘削深度 Depth m	最高温度 Max. temp. ℃	噴出量 Flow rate		備考	文献
				蒸気 Steam t/hr	熱水 Water t/hr		
別府							
鶴見噴気孔	1919					山内万寿治氏坊主地獄付近に掘削 1925年1.12kWの発電試験に成功	工業技術庁(1952)
白竜実験用旧噴気孔	1948	110	150	2.378	0	1950年に活動弱まる	同上
白竜実験用新噴気孔	1950	102.3	140	2.05	0	1951年に活動弱まる	同上
白竜噴気孔	昭和初期		141	1.76	0	宮地金蔵氏所有, 1951年30kWの 発電試験に成功	同上
杉乃井地熱発電所	1979 -1982	247-778	245	(40)	(4)	9本掘削うち5本を発電に使用, 噴出量は5本の合計値	地熱調査会(1985)
野矢・水分							
地質調査所	1952	132.5	105		0	蒸気を少量噴出	地熱調査班(1955)
51-WT-1	1976	700	172	0.72	4.93	蒸気・熱水を間欠噴出	日本地熱資源開 発促進センター (1977)
51-WT-2	1976	700	111	0	0		同上
51-WT-3	1976	800	69	0	0		同上
53-NOY-1	1978	1,002	156	5.8	48.5		日本地熱資源開 発促進センター (1980 a)
53-NOY-2	1978	762	142.7			還元井	同上
54-MW-1	1979	801	114.8	0	0		同上(1979 c)
GO-1	1978	700	141.6	0	0	浅層(75m)で蒸気混じり熱水を 少量噴出	大分県(私信)
GO-2	1979	700	159.9			蒸気・熱水を噴出	大分県(私信)
伽藍岳							
53-GR-1	1978	601.2	>250			噴出させず	日本地熱資源開 発促進センター (1979a)
滝上							
出光地熱開発	1979 -1986	700 -3,000				15本掘削, 蒸気・熱水を噴出	三村(1984)

鉛・自然金・輝銀鉛を含む。鉛脈にはN60-85°W系のものとN20-40°W系のものがある。

この鉛床は1903年から1916年まで稼働された。坑内では噴気に悩まされたといわれている。採掘鉛石量は14,303t, 製錬元鉛は13,772t, 金量は143kg, 銀量は257kgである。採掘鉛石の品位はおおよそAu12g/t, Ag32g/tと推定されている。

## 鉄

本図幅地域内には小規模な褐鉄鉛床が分布する。下記の2地区について、低品位鉄鉛として調査されたことがある。以下、当時の報告書によって略述する。

湯布院町塚原付近

第10表 地熱井から得られた蒸気・熱水の成分

Table 10 Chemical composition of steam and water from geothermal wells.

熱水坑井名	採取年月日	温度 ℃	pH	Na mg/ℓ	K mg/ℓ	Mg mg/ℓ	Ca mg/ℓ
51-WT-1	S52.9.8	98	8.95	545	16.4	0.41	40.3
53-NOY-1	S55.2.7		8.95	483	40.1	0.14	16.0
GO-1	S53.11.2		8.27	45.7	20.2	9.84	34.8
蒸気坑井名	採取年月日		H <sub>2</sub> O vol/%	CO <sub>2</sub> vol/%	H <sub>2</sub> S vol/%	R vol/%	
白竜実験用旧噴気孔	S23.12		98.77	1.22	0.0074	0.012	
白竜噴気孔	S23.12		98.75	1.17	0.0051	0.079	
53-NOY-1	S55.2.7		99.88	0.082	0.0029	0.035	

湯布院町塚原，中釣集落北部に川沿いの堆積層中に層状の褐鉄鉱床があり，1941年から1957年まで何回か採掘が試みられた．Fe品位は40-50%で鉱量は約18万tと予想された（大分県，1959）．

#### 湯布院町湯ノ平鉱山

湯布院町湯平温泉西方の珪化変質帯中に珪酸白土に伴い，水酸化鉄の沈澱による鉄鉱床がある．この変質帯中には明治年間に金銀等を対象として採鉱された旧坑があるが，金銀鉱としては見るべきものがなかったらしい．褐鉄鉱床としては，Fe30-55%で，予想鉱量は約17万tである．1960年頃は月産50t程度採掘され，絵具・どうらん等の着色原料として出荷されていた（大分県，1960）．

### IX. 3 珪酸白土

別府市街の北西部から，その西方，湯布院町北東隅にかけて，高平山-水口山火山群及び由布-鶴見火山群中に硫気変質帯が発達する．この変質帯の珪酸分の多い変質岩が採掘され，別府白土の名で出荷されている．以下の記述は藤井（1963，1965），大分県総務部企画調査課（1951），吉川・森山（1974），工業技術連絡会議窯業連合部会（1978）などによる．

鉱床は別府市湯山とそれに隣接する明礬，その南西鍋山，その西方，伽藍岳南側の伽藍岳の4地区である．湯山・明礬鉱床は高平山火山の鉄輪岩屑なだれ堆積物中に，鍋山鉱床は高平山溶岩中に，また伽藍岳鉱床は伽藍岳火山からその南側の鶴見岳火山にかけて，それぞれ発達した変質帯中に存在する．この変質帯は硫気作用によって生じた硫酸酸性溶液が岩石中の金属元素を溶脱した結果形成されたもので，中心部の強酸性溶液との反応部は珪化（蛋白石）帯となり，それから外側に向かって明礬石帯・粘土帯（カオリン帯・モンモリロナイト帯）・弱変質帯が配列する．しかし，これらの帯状配列は常に規則的に発達しているわけではなく，一部を欠くこともある．

稼行採掘されているものは珪化（蛋白石）帯中の岩石である．鉱石は緻密またはやや多孔質，白色塊状であり，粘土状・土状の部分もある．鉱石は肉眼，鏡下ともに原岩の角閃石安山岩の組織を保存しているのが認められる．しかし，鏡下では複屈折を示さず，岩石全体が蛋白石化している．X線鉱物は $\alpha$ -クリストバライトである．第11表に分析例を示す．

1987年現在稼行されているのは，伽藍岳鉱床の別府白土砒業塚原鉱山のみである．同鉱山の1978年頃

Cl mg/ℓ	SO <sub>4</sub> mg/ℓ	HCO <sub>3</sub> mg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	備 考	文 献
488	385	168	224		大分県温泉調査研究会(1977)
564	226	87.4	272		日本地熱資源開発促進センター(1980a)
5.32	45.7	218	46.2	75m噴出水	大分県(1979)
				備 考	文 献
				工業技術庁(1952)	
				同上	
				日本地熱資源開発センター(1980a)	

第11表 別府白土分析例(%) (藤井, 1965による)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O(+)	H <sub>2</sub> O(-)	Total
化学組成	87.77	0.92	1.57	0.93	none	0.08	0.30	0.06	3.27	4.74	99.64
アルカリ 可溶成分	79.86	0.13	1.19	0.65	none	0.10	0.06	—	—	—	81.99

(分析者 湊 秀雄)

の生産量は30,000t/年であり、セメント、化学用に出荷された(工業技術連絡会議窯業連絡部会, 1978, p.195).

この他に本図幅地域での非金属鉱産資源として、石武でハロイサイトが採掘されていたことがある(横溝, 1973). また若杉では珪藻土が採掘されていたことがある(林, 1961). しかし、どちらも詳細は不明である.

## IX. 4 砕 石・土 砂

### 砕石

厚い輝石安山岩溶岩の堅硬な中心緻密部が、骨材用砕石として採掘されている.

玖珠町車谷地区：西隣森図幅地域内から本図幅地域車谷西方にかけて、東九州砕石協業組合により、人見岳安山岩が採掘されている。南側の小松台溶岩も少量採掘されていた。現在稼行中である。

玖珠町高陣ヶ尾地区：陸上自衛隊により高陣ヶ尾安山岩が採掘されている。現在休止中である。

湯布院町渡司地区：山王石材工業(株)により、時山安山岩が採掘されている。現在稼行中である。(39ページ第21図)。

別府市東山地区：別府市合の原の南方で、小杉火砕流堆積物中の溶岩が1985年頃まで採掘されていた。

### 土砂

湯布院工業ほかにより、池代火砕流堆積物が土砂として採取されている。主な用途は通路工事用の盛り土や園芸用である。

## 文 献

## &lt;地質&gt;

- 阿部一郎・鈴木英雄・磯上篤生・後藤寿幸(1986) 菱刈鉱山の地質と探鉱開発. 鉱山地質, vol. 20, p. 117-130.
- 赤木 健(1933) 7万5千分の1地質図幅「山鹿」及び同説明書. 地質調査所, 54+5p.  
 ———(1934) 7万5千分の1地質図幅「豆田」及び同説明書. 地質調査所, 39+4p.
- 青木謙一郎(1954) 大隅石(osumilite)の新産出. 岩鉱, vol. 38, p. 80.
- 有田忠雄(1956) 加久藤カルデラ及び森カルデラの発見と Salic front の提唱(演旨). 火山, 2集, vol. 1, p. 70.
- 千田 昇(1979) 中部九州の新时期地殻変動—とくに第四紀火山岩分布地域における活断層について—. 岩手大教育研究年報, vol. 39, p. 97-135.  
 ———・島崎邦彦・中田 高・岡村 真・宮武 隆(1986) 別府湾海底活断層の分布. 地理学会予稿集, 30, p. 52-53.
- 中央气象台(1949) 火山現象, 鶴見岳. 気象要覧, no. 594, p. 27.
- 大四雅弘・林 正雄・石橋 澄(1981) 大分県に分布するいわゆる“瀬戸内火山岩類”. 三鉱学会昭和56年度講演要旨集, p. 100.
- 藤井紀之(1963) 別府市西部の珪酸白土鉱床について—概報塚原鉱床の産状(手記). 地質調査所資料, no. 1254, 5p.  
 ———(1965) 珪酸白土. 地質調査所編, わが国の工業原料鉱物, 実業公報社, 東京, p. 49-51.
- 福岡管区气象台(1976) 九州地方の火山活動状況報告, 第7章鶴見岳. 福岡管区气象台要報, no. 31, p. 159-162.  
 ———(1981) 鶴見岳・諏訪之瀬島. 九州地域火山機動観測実施報告(昭和55年3月~8月実施), no. 1, 13p.
- 長谷義隆・岩内明子(1985) 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その1阿蘇野地域—. 地質雑, vol. 91, P. 753-770.
- 林 正雄・田口幸洋・松本徂夫(1982) 中部九州に分布する火山岩類の放射年代. 総研「九州の基盤と陥没構造」, no. 1, p. 31-34.
- 林 行敏(1961) 中部九州の非海成珪藻土について(2. 阿蘇野・由布院地区). 地質雑, vol. 67, p. 484-485.
- 豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982) 10万分の1豊肥地熱地域地質図, 特殊地質図(21-1). 地質調査所.
- HONMA, F. (1926) Beppu, the hot-spring city. Guide-book Excursion E-1, 5. Pan-Pacific Science Congress, 1926, 16p.
- 星住英夫(1983) 丹後半島の中新世フェルシック水底火山噴出物(序報)(演旨). 火山, 2集, vol. 28,

p. 201.

- 星住英夫・鎌田浩毅 (1987) 由布川火砕流の噴出年代. 火山学会講演予稿集, 1987, no. 2, p. 86.
- ・小野晃司 (1987) 由布川火砕流と先行する流紋岩類の火山活動. 火山学会講演予稿集, 1987, no. 1, p. 14.
- 池田安隆 (1979) 大分県中部火山地域の活断層系. 地理評, vol. 52, p. 10-29.
- 石井清彦・谷田勝俊・青木謙一郎 (1956) 耶馬溪 welded tuff について (予報). 岩鉱, vol. 40, p. 131-136.
- 磯部清 (未公表資料) 別府 (朝見) 鉱山. 日本の金鉱床, no. 382, 7p.
- ITAYA, T., NAGAO, K., NISHIDO, H. and OGATA, K. (1984) K-Ar age determination of late Pleistocene volcanic rocks. *Jour. Geol. Soc. Jap.*, vol. 90, p. 899-909.
- 鎌田浩毅 (1985) 九州中北部における火山活動の推移と地質構造. 地調報告, no. 264, p. 33-64.
- (1986a) 九州中部地熱地帯における火山岩の噴出量と化学組成の時間的变化. 昭和59・60年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 国土地熱資源評価技術に関する研究, 地質調査所, p. 113-124.
- (1986b) 埋積された耶馬溪火砕流の噴出源とその地下構造. 昭和59・60年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 国土地熱資源評価技術に関する研究, 地質調査所, p. 143-173.
- 金子史朗 (1973) 火山と広域応力場. 地理, vol. 18, p. 95-103.
- 笠間太郎 (1953) 速見火山区の地質—新生代火山活動史を中心に—. 地質雑, vol. 59, p. 161-172.
- KASAMA, T. (1954) On the rocks of the Hayami Volcanic Area, central Kyusyu, Japan. *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, ser. G, vol. 1, no. 1, p. 59-66.
- 笠間太郎 (1958) 由布・鶴見火山群の地形と地質. 加藤数功編, 由布山, 湯布院町観光協会, p. 57-71.
- KASAMA, T. (1962) Tuffs of the Late Cenozoic Formations in the Setouchi (Inland Sea) Geologic Province, southwestern Japan with special reference to their heavy mineral associations. *Jour. of Geosciences, Osaka City University*, vol. 6, art. 3, p. 73-93.
- 加藤武夫 (1918) 耶馬溪及び英彦山地方地質調査報文. 震災予防調査会報告, no. 85, 49p.
- 活断層研究会 (1980) 日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会, 363p.
- 吉川恭三 (1972) 別府温泉の地下構造 (1). 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 1-10.
- (1973) 別府温泉の地下構造 (2). 大分県温泉調査研究会報告, no. 24, p. 1-6.
- ・森山善蔵 (1974) 由布・鶴見火山群の地形と地質. 由布・鶴見火山群学術調査報告書, 奥別府の自然, 別府市, p. 4-13.
- 木村政昭・由佐悠紀・森山善蔵・加藤知弘 (1983) 別府湾で発見された中央地溝と瓜生島陥没に関する考察. 地質学会西日本支部第100回例会記念シンポジウム論文集, p. 101-108.
- 衣笠善博・曾屋龍典 (1975) 1975年4月大分県中部地震について. 地質ニュース, no. 251, p. 10-17.
- 気象庁 (1975) 全国の火山活動状況, 鶴見岳. 火山噴火予知連絡会会報, no. 2, p. 44.
- (1984) 日本活火山総覧. 日本気象協会, 482p.
- 気象庁地震課・地震活動検測センター (1975) 1975年4月21日の大分県中部の地震について. 地震予知連絡会会報, vol. 14, p. 115-118.

- 小林哲夫 (1984) 由布・鶴見火山の地質と最新の噴火活動. 地質学論集, no. 24, p. 93-108.
- 古賀修一郎 (1981) 大分県日田市東部の耶馬溪火砕流堆積物の記載, 岩石学的研究. 岩鉱, vol. 76, p. 353-361.
- 工業技術連絡会議窯業連合部会 (編) (1978) 日本の窯業原料. 879p.
- 国土地理院 (1984) 九州地方の水平歪. 地震予知連絡会会報, vol. 31, p. 440-445.
- 国土地理院地殻調査部 (羽田野誠一) (1976) 九州中部地域の変動地形. 地震予知連絡会会報, vol. 15, p. 165-170.
- 駒澤正夫・広島俊男・大久保泰邦・須田芳朗・中井順二 (編) (1987) 全国重力図 (ブーゲー異常図) (100 万分の 1). 新エネルギー総合開発機構.
- ・鎌田浩毅 (1985) 豊肥地域の重力基盤構造. 地調報告, no. 264, p. 305-333.
- 久保寺 章・三波俊夫 (1975) 1975 年大分県中部地震の本震及び余震活動について. 昭和 50 年度地震学会春季大会講演予稿集, p. 50.
- ・———・里村幹夫・井上光吉 (1976) 中部九州地区における重力測定値の収集と精密重力異常図の作成. 自然災害資料解析, vol. 3, p. 45-53.
- 久野 久 (1954) 火山及び火山岩. 岩波全書 196, 岩波書店, 東京, 255p.
- 久多良木儀一郎 (1952) 大分県地下資源史考. 大分県の地質と地下資源, p. 89-114, 大分県総務部企画調査課.
- 町田 洋 (1987) 広域火山灰について (コメント). 第四紀研究, vol. 25, p. 265-268.
- ・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義—. 科学, vol. 46, p. 339-347.
- ・——— (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰—. 第四紀研究, vol. 17, p. 143-163.
- ・———・百瀬 貢 (1985) 阿蘇 4 火山灰—分布の広域性と後期更新世示標層としての意義—. 火山, 2 集, vol. 30, p. 49-70.
- ・———・小田静夫・遠藤邦彦・杉原重夫 (1984) テフラと日本考古学—考古学研究と関係するテフラのカタログ—. 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学 (渡辺直経編), 同朋舎, p. 865-928.
- MANKINEN, E. A. and DALRYMPLE, G. B. (1979) Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0-5 m. y. B. P. *Jour. Geophy. Res.*, vol. 84, B2, p. 615-626.
- 松田時彦 (1973) 活断層としての中央構造線. 杉山隆二編, 中央構造線, 東海大学出版会, 東京, p. 239-250.
- MATSUMOTO, H. (1968) Petrological study on rock from Oninomi-yama volcano, Beppu City, Oita Prefecture. *Kumamoto Jour. Sci.*, ser. B, sect. 1, vol. 7, no. 2, p. 91-94.
- 松本幡郎・松本唯一・恒富起彦 (1972) 大分県立石山火山砕屑岩について. 火山, 2 集, vol. 17, p. 59-65.
- ・村田正文・今中啓喜 (1984) 大分県北部の上部新生界の火山層序, I. 宇佐・耶馬溪地域, 熊本大理学部紀要 (地学), vol. 13, no. 1, p. 1-24.
- ・寺井邦久 (1984) 大分県大分郡庄内町・挾間町地域の火山地質. 熊本大教養部紀要, 自然科

- 学, no. 19, p. 55-71.
- 松本唯一 (1918) 由布鶴見火山群. 地質雑, vol. 25, p. 487-505.
- (1933) 似而非阿蘇溶岩類 (その1, その2). 火山, vol. 1, no. 3, p. 1-16; no. 4, p. 1-20.
- MATUMOTO, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes of Kyusyu. *Jap. Jour. Geogr.*, vol. 19, Sp. no., 57p.
- 松本唯一 (1952) 阿蘇火山. 地質巡検案内書, 52p. 九州大理学部地質学教室.
- MATUMOTO, T. (1963) Caldera volcanoes and pyroclastic flows of Kyusyu. *Bull. Volcanol.*, Tome II., vol. 29, p. 401-413.
- 松本徭夫 (1963) 北中部九州における新生代の火山活動. 九州大生産科学研報, no. 34, p. 1-10.
- (1973) 北中部九州におけるグリーンタフ活動. 地質学論集, no. 9, p. 183-193.
- (1977) 九州におけるグリーンタフ変動と島弧変動の火山活動. 地団研専報, no. 20, p. 257-264.
- (1979a) 九州における火山活動と陥没構造に関する諸問題. 地質学論集, no. 16, p. 127-139.
- (1979b) 本州弧・琉球弧会合部における火山活動. 地球科学, vol. 33, p. 192-199.
- (1983) 九重火山群の火山地質学的研究. 山口大理学部地質学教室, 91p.
- (1984a) 北・中部九州における後期新生代火山活動の特性—とくに地溝性陥没構造との関係—. 地質学論集, no. 24, p. 199-212.
- (1984b) 別府-島原地溝. アーバンクボタ, no. 22, p. 11-15.
- ・西村 進・田島俊彦 (1977) 九州の新生代火成岩の fission-track 年代. 長崎大学教養部紀要, 自然科学, vol. 17, p. 63-75.
- 三村弘二・小林国夫・MAURY, R. (1975) 黒富士火砕流中の炭化埋木と‘煙の化石’. 火山, 2集, vol. 20, p. 79-86.
- 宮久三千年 (1972) 大分県の地質 (新版 20 万分の 1 大分県地質図説明書). 大分県, 140p.
- MIYASHIHO, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 274, p. 321-355.
- 都城秋穂・久城育夫 (1975) 岩石学II. 共立全書 205, 共立出版, 東京, 171p.
- 溝口岳人 (1958) お山めぐり—附地名索引表. 加藤数功編, 由布山, 湯布院町観光協会, p. 1-48.
- 森山善蔵 (1969) 別府温泉の貯湯岩層について. 九州大理学部研報 (地質), vol. 9, p. 207-221.
- (1971) 由布川軽石流中の花崗岩の岩片—新生代火山岩類中の Xenolith の研究—. 大分大教育紀要 (自然科学), vol. 4, no. 1, p. 65-74.
- (1972a) 別府地方の地質図と岩石について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 43-49.
- (1972b) 5 万分の 1 表層地質図「別府」及び同説明書. 久住・飯田広域農業開発地域土地分類基本調査, p. 14-24, 大分県.
- ・日高 稔 (1981) 別府湾基礎調査(I)-(2)ユニブーム地層探査機による別府湾の海底堆積物の構造. 大分大教育紀要 (自然科学), vol. 5, no. 6, p. 35-44.
- ・———・其田満男・津崎俊幸・津崎美知子 (1986) 由布川火砕流について. 「大分川流域—自然・社会・教育—」, 大分大学教育学部, p. 15-24.

- 森山善蔵・種子田定勝(1966) 別府市利水隧道産黒雲母片麻岩の岩塊—九州における新生代火山岩類中の外来岩片(2)—. 岩鉱, vol. 56, p. 75-77.
- 村井 勇・金子史朗(1975) 大分県中・西部の構造地形と大分県中部地震. 地震研彙報, vol. 50, p. 329-342.
- ・松田時彦(1975) 1975年大分県中部地震の被害調査報告—とくに被害・地変と活断層との関係について. 地震研彙報, vol. 50, p. 303-327.
- 中村一明(1984) 丹那断層はなぜそこにあるのか. 月刊地球, vol. 6, p. 154-157.
- 日本地熱資源開発促進センター(1980) 地熱開発基礎調査報告書, no. 22, 湯平そのII, 53p.
- 西村 進・笹嶋貞雄(1970) Fission-Track法による大阪層群とその相当層中の火山灰の年代測定. 地球科学, vol. 24, p. 222-224.
- 小川健三・須田芳朗・馬場健三(1981) 大分県伽藍岳重力線図. 地熱地域等重力線図, no. 4, 地質調査所.
- 大分県(1959) 低品位鉄鉱床調査各論, 大分県湯布院地区. 通商産業省地下資源開発審議会鉱山部会編, 未利用鉄資源, no. 7, p. 260-262.
- (1960) 低品位鉄鉱床調査各論, 大分県湯布院地区, 通商産業省地下資源開発審議会鉱山部会編, 未利用鉄資源, no. 8, p. 336-338.
- 大分県総務部企画調査課(1951) 大分県の地質と地下資源. p. 2-88.
- 岡田篤正(1973) 中央構造線の第四紀断層運動について. 杉山隆二編, 中央構造線, 東海大学出版会, 東京, p. 49-86.
- 岡口雅子(1976) 大分県鶴崎台地の地質の再検討—火砕流堆積物中のジルコンによるフィッション・トラック年代—. 第四紀研究, vol. 15, p. 97-108.
- (1978) 阿蘇火砕流堆積物中の黒曜石のフィッション・トラック年代. 火山, 2集, vol. 23, p. 231-240.
- 大久保泰邦(1984) 全国のキュリー点解析結果. 地質ニュース, no. 362, p. 12-17.
- ・津 宏治・堀川義夫・小川克郎・高木慎一郎(1985) 全国の空中磁気図. 地質ニュース, no. 374, p. 48-57.
- OKUBO, Y., GRAF, R. J., HANSEN, R. O., OGAWA, K. and TSU, H. (1985) Curie point depths of the Island of Kyushu and surrounding areas, Japan. *Geophysics*, vol. 53, p. 481-494.
- 大森房吉(1918) 日本噴火誌, 上編. 震災予防調査会報告, no. 86. (別府・鶴見. 久住・九重)
- 大西郁夫(1965) 大分市における碩南・大分層群の花粉分析. 第四紀研究, vol. 4, p. 208-216.
- 小野晃司(1963) 5万分の1地質図幅「久住」及び同説明書. 地質調査所, 124p.
- ・松本徂夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和(1977) 竹田地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 145p.
- ・曾屋龍典・細野武男(1982) 薩摩硫黄島地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 80p.
- ・渡辺一徳(1983) 阿蘇カルデラ. 月刊地球, vol. 5, p. 73-82.

- PICHLER, H. (1965) Acid hyaloclastites. *Bull. Volcanol.*, vol. 28, p. 293-310
- 笹田政克 (1984) 豊肥地域の基盤地質構造. 地熱, no. 81, p. 1-11.
- (1987) 豊肥地域の先第三紀基盤岩類. 地調月報, vol. 38, p. 385-422.
- 柵山雅則 (1984) 白馬大池火山の風吹岳溶岩円頂丘. 空中写真による日本の火山地形, 東京大学出版会, p. 54-55.
- 柴田 賢・小野晃司 (1974) 九州中部, 大野火山岩類の K-Ar 年代. 地調月報, vol. 25, p. 663-666.
- 島崎邦彦・中田 高・平田 昇・宮武 隆・岡村 真・白神 宏・前奈英明・松木宏彰・辻井 学・清川昌一・平田和彦 (1986) 海底活断層のボーリング調査による地震発生時長期予測の研究—別府湾海底断層を事例として— (予報). 活断層研究, vol. 2, p. 83-88.
- 下川浩一・山崎晴雄・水野清秀 (1986) 大分層群中の火砕流堆積物について (演旨). 火山, 2集, vol. 31, p. 301.
- 新エネルギー総合開発機構 (1984) 中国・四国地域. 昭和 58 年度全国地熱資源総合調査, キュリー点法調査報告書, 30p.
- 首藤次男 (1953) 豊州累層群の地史学的研究 (I), (II). 地質雑, vol. 59, p. 225-240., p. 372-384.
- 須藤靖明 (1987) 鶴見岳火山及びその周辺の地震活動. 火山, 2集, vol. 32, p. 205-218.
- 須藤 茂 (1985a) 豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代と古地磁気. 地調月報, vol. 36, p. 119-136.
- (1985b) 豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代と古地磁気—その 2—. 地調報告, no. 264, p. 87-112.
- 鈴木政達 (1937) 別府附近の地史と温泉脈. 地球物理, vol. 1, no. 1, p. 6-19.
- 多田 堯 (1984) 沖縄トラフの拡大と九州地方の地殻変動. 地震, 2輯, vol. 37, p. 407-415.
- 高島 勲 (1980) 地熱開発調査変質帯調査報告「湯の平」. 地熱開発基礎調査報告書, no. 22, 湯の平, 通商産業省, p. 1-19.
- TAKASHIMA, I. (1985) Thermoluminescence dating of volcanic rocks and alteration minerals and their application to geothermal history. *Bull. Geol. Soc. Japan*, vol. 36, p. 321-366.
- 高島 勲・金原啓司・角 清愛 (1981) 豊肥地域の地熱変質 (演旨). 地調月報, vol. 32, p. 304-305.
- 玉生志郎 (1978) ガラスによるフィッシュン・トラック年代測定. 地質学会第 85 年学術大会演旨, p. 288.
- (1981) 豊肥地熱地域の地質層序と年代. 地質学会第 88 年学術大会演旨, p. 310.
- ・糟谷正雄 (1983) 豊肥地熱地域のボーリング・コアのフィッシュン・トラック年代 (その 1). 地調月報, vol. 34, p. 455-469.
- 東京大学地震研究所 (編) (1982) 新収日本地震史料第 2 巻. 日本電気協会, 575p.
- 富田 達・山口 勝・笠間太郎 (1952) 別府の地質. 「地学より見た別府」, p. 1-28, 別府市, 55p.
- 通商産業省 (1984) 昭和 58 年度大規模深部地熱発電所環境保全実証調査報告書 (豊肥地域). 地質構造及び火山岩熱源調査. 191p.
- (1987) 大規模深部地熱発電所環境保全実証調査総合評価報告書 (豊肥地域). 117p.
- 宇井忠英 (1984) 岩屑流と馬蹄形カルデラ (概説). 空中写真による日本の火山地形, 東京大学出版会, p. 138-139.

- 宇井忠英・WALKER, G. P. L. (1983) 拡散型大規模火砕流堆積物の流動堆積機構—幸屋火砕流での研究計画. 地質学会第90年学術大会演旨, p. 311
- UI, T., YAMAMOTO, H. and SUZUKI-KAMATA, K. (1986) Characterization of debris avalanche deposits in Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 29, p. 231-243.
- 浦島幸世・池田富男(1987) 布計, 大口, 菱刈, 黒仁田, 花籠各鉱床の氷長石のK-Ar年代. 鉱山地質, vol. 37, p. 205-213.
- 宇都浩三・須藤 茂(1985) 豊肥地熱地域の火山岩のK-Ar年代. 地調報告, no. 264, p. 67-83.
- WALKER, G. P. L., WILSON, C. J. N. and FROGGATT, P. C. (1981) An ignimbrite veneer deposit: The trail marker of a pyroclastic flow. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 9, p. 409-421.
- WATANABE, K. (1978) Studies on the Aso Pyroclastic Flow Deposits in the Region to the West of Aso Caldera, Southwest Japan, I. Geology. *Mem. Fac. Educ., Kumamoto Univ., Nat. Sci.*, no. 27, p. 97-120.
- 渡辺一徳(1986) 阿蘇カルデラ起源, 鳥栖オレンジ軽石流堆積物の粒度組成. 火山学会講演予稿集, 1986, no. 2, p. 76.
- 渡辺公一郎・林 正雄(1983) 中部九州のいわゆる日向神溶岩のフィッション・トラック年代. 岩鉱, vol. 78, p. 65-69.
- 山上万次郎(1896) 20万分の1地質図幅「大分」及び同説明書. 地質調査所, 81p.
- 山科健一郎・村井 勇(1975) 1975年大分県中部地震・阿蘇北部地震のメカニズムについて, とくに活断層との関係. 地震研彙報, vol. 50, p. 295-302.
- 山崎晴雄・下川浩一・水野清秀(1985) 50万分の1活構造図「福岡」. 図幅第14号. 地質調査所.
- 矢野雄策・鎌田浩毅・小川克郎(1987) 基盤傾斜部上部の高温熱水系の形成条件について—中部九州, 猪牟田カルデラのモデル化—. 石油技術協会誌, vol. 52, p. 399-412.
- 横溝宏佳(1973) 大分県湯布院, 湯平地域にみられる変質岩について. 大分大教育紀要(自然科学), vol. 4, no. 3, p. 69-74.
- <温泉>
- 別府市・別府市観光協会・別府市教育委員会(1968) 別府修学旅行のしおり, 44p.
- ・—————・—————(1974) 由布・鶴見火山群学術報告書「奥別府の自然」. 218p.
- 地熱調査物探班(1955) 大分県地熱地帯の電気・放射能・地化学調査報告. 地調月報, vol. 6, p. 561-578.
- 地熱調査班(1955) 大分県野矢地熱地帯調査報告. 地調月報, vol. 6, p. 551-560.
- 地質調査所(1976) 涌蓋. 全国地熱基礎調査報告書, no. 29, 116p.
- 林 二郎(1980) 最近の地熱開発について—大分県九重町滝上地区の事例—. 三鉱学会昭和60年秋期連合学術講演会講演要旨集, p. 1-3.
- 豊肥地熱地域地質図編集グループ(1982) 10万分の1豊肥地熱地域地質図. 特殊地質図(21-1), 地質調査所.
- IWASAKI, I., KATSURA, T. and TARUTANI, T. (1951) So-called silica content of natural waters. *Bull. Chem.*

*Soc. Japan*, vol. 24, p. 227-230.

- 岩崎岩次・桂 敬・樽谷俊和(1953) 温泉沈澱物の研究(第1報) 別府白池地獄の珪酸について. 日本化学雑誌, vol. 74, p. 857-859.
- ・村上富士男(1949) 間欠泉の地球科学的研究(第16-17報)(第16報) 由布院吉本間欠泉の噴出状態, (第17報) 由布院吉本間欠泉の噴出水の化学組成. 日本化学雑誌, vol. 70, no. 5/6, p. 207-210.
- 川村政和(1974) 由布院温泉の地下熱構造と熱エネルギー及び化学物質排出量. 大分県温泉調査研究会報告, no. 25, p. 15-22.
- ・山下幸三郎(1972) 由布院温泉の静止水頭分布. 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 30-32.
- ・———(1973) 由布院温泉の化学成分からみた水系とその限界. 大分県温泉調査研究会報告, no. 24, p. 7-21.
- 川野田実夫・志賀史光・渡辺文也(1986) 庄内町とその周辺温鉱泉の化学組成. 大分県温泉調査研究会報告, no. 37, p. 33-37.
- 吉川恭三(1953) 別府温泉における海水汚染調査について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 4, p. 1-3.
- (1972) 別府温泉の地下構造(I). 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 1-10.
- (1973) 別府温泉の地下構造(II). 大分県温泉調査研究会報告, no. 24, p. 1-6.
- ・北岡豪一(1977) 別府南部温泉地域への海水浸入. 大分県温泉調査研究会報告, no. 28, p. 17-25.
- ・———(1982) 別府南部温泉地域における熱水の流動経路と温泉水の形成. 大分県温泉調査研究会報告, no. 33, p. 1-10.
- ・———・野田徹郎(1978) 庄内町の温泉調査. 大分県温泉調査研究会報告, no. 29, p. 1-15.
- ・———・———・大分県環境管理課・大分保健所(1976) 挾間町ならびにその周辺の温泉調査. 大分県温泉調査研究会報告, no. 27, p. 25-33.
- ・志賀史光・岩上寿子(1964) 別府海岸部における温泉の化学組成. 大分県温泉調査研究会報告, no. 15, p. 6-14.
- ・———・———(1965a) 別府海岸部における温泉の化学組成(その2). 大分県温泉調査研究会報告, no. 16, p. 27-31.
- ・———・———(1965b) 別府海岸部における温泉の化学組成(その3). 大分県温泉調査研究会報告, no. 16, p. 32-35.
- ・由佐悠紀(1972) 別府温泉南部域の炭酸成分. 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 11-19.
- ・———・北岡豪一・野田徹郎(1977) 別府市内竈地区の温泉調査. 大分県温泉調査研究会報告, no. 28, p. 1-10.
- ・———・大分県環境管理課・大分県別府保健所温泉課・別府市温泉課(1974) 別府温泉の現況調査(1). 大分県温泉調査研究会報告, no. 25, p. 1-8.
- ・———・———・———(1976) 別府温泉の現況調査(3). 大分県温泉調査

- 研究会報告, no. 27, p. 1-15.
- 北岡豪一 (1978) 別府北部温泉地域への海水浸入. 大分県温泉調査研究会報告, no. 29, p. 16-20.
- 古賀昭人 (1965) 湯の花の生成過程について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 16, p. 17-20.
- 工業技術庁 (1952) 地熱発電試験研究報告書第一集, 135p.
- 京都大学理学部付属地球物理学研究施設 (1986) 京都大学理学部付属地球物理学研究施設要覧, 6p.
- 三村高久 (1984) 地化学探査法—多元素地化学検層を中心に—. 地熱エネルギー, vol. 9, no. 1, p. 76-81.
- ・古谷茂継・山本芳樹・近藤 充・奥山俊一 (1987) 大分県野矢・滝上地区の地質構造 (演旨). 日本地熱学会誌. vol. 9, no. 2, p. 167-168.
- 森山善蔵 (1966) 別府市内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告 (第3報). 大分県温泉調査研究会報告, no. 17, p. 23-31.
- (1967) 別府市内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告 (第4報). 大分県温泉調査研究会報告, no. 18, p. 25-36.
- (1967) 別府市内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告 (第5報). 大分県温泉調査研究会報告, no. 19, p. 80-89.
- (1969) 別府温泉の貯湯岩層について. 九州大学理学部研究報告, vol. 9, p. 207-217.
- (1972) 別府地方の地質図と岩石について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 23, p. 43-49.
- ・川西 博 (1964) 別府市内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告. 大分県温泉調査研究会報告, no. 15, p. 56-63.
- ・——— (1965) 別府市内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告 (第2報). 大分県温泉調査研究会報告, no. 16, p. 64-74.
- 日本地熱調査会 (1985) わが国の地熱発電所設備要覧, 137p.
- 日本地熱資源開発促進センター (1977) 地熱開発精密調査報告書, no. 5, 涌蓋 (昭和51年度), 200p.
- (1979a) 地熱開発基礎調査報告書, no. 6, 伽藍岳そのⅢ (昭和53年度), 85p.
- (1979b) 地熱開発基礎調査報告書, no. 17, 水分峠そのⅡ (昭和53年度), 51p.
- (1979c) 地熱開発基礎調査報告書, no. 17, 水分峠そのⅢ (昭和54年度), 98p.
- (1980a) 地熱開発基礎調査報告書, no. 22, 湯平そのⅡ, 53p.
- (1980b) 昭和53年度発電用地熱開発環境調査報告書, no. 9, 野矢地区, 292p.
- 野田徹郎・北岡豪一 (1979) 大分川流域温泉の継続観測. 大分県温泉調査研究会報告, no. 30, p. 32-42.
- ・——— (1981) 大分川流域温泉の継続観測の総括. 大分県温泉調査研究会報告, no. 32, p. 43-55.
- ・古賀昭人 (1976) 湯平温泉の活動の消長と化学組成. 大分県温泉調査研究会報告, no. 27, p. 46-52.
- ・——— (1979) ユノヒラマイシン, 大分県温泉調査研究会30年のあゆみ. 大分県温泉調査研究会報告, no. 30, p. 130-131.
- 大分県 (1979) 大分県における地熱の多目的利用に関する調査. 129p.
- 大分県環境管理課・玖珠保健所総務課 (1978) 九重町・玖珠町の温泉現況調査. 大分県温泉調査研究会

報告, no. 29, p. 71-83.

大分県温泉調査研究会(1966) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 42, 68p.

———— (1974) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 50, 72p.

———— (1977) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 53, 38p.

———— (1979) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 55, 40p.

———— (1980) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 56, 76p.

———— (1981) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 57, 81p.

———— (1982) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 58, 86p.

———— (1983) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 59, 73p.

———— (1985) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 61, 52p.

———— (1986) 大分県温泉調査報告温泉分析書, no. 62, 46p.

瀬野錦蔵(1963) 別府湯の花(明)の生成過程. 大分県温泉調査研究会報告温泉分析書, no. 14, p. 19-20.

茂野 博・阿部喜久男(1980) 豊肥・地熱地域における熱水系の化学・同位体化学調査研究. 昭和53・54年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, 地熱地域の熱水系に関する研究, p. 237-263.

塚本忠三(1982) 昭和55年度全国温泉利用状況一覧. 温泉工学会誌, vol. 16, no. 2/3, p. 1-65.

通商産業省(1978) 地熱開発基礎調査報告書, no. 6, 伽藍岳・黒川その1(昭和51年度), 132p.

———— (1980a) 地熱開発基礎調査報告書, no. 17, 水分峠その1(昭和53年度), 46p.

———— (1980b) 地熱開発基礎調査報告書, no. 22, 湯の平その1(昭和54年度), 53p.

梅原治夫(1971) ガイドブック大分の旅. 大分県観光協会, 339p.

山田不二丸(1967) 湯布院温泉現況調査. 大分県温泉調査研究会報告, no. 18, p. 76-78.

———— (1968) 九重町内温泉現況調査. 大分県温泉調査研究会報告, no. 19, p. 98-100.

山下幸三郎(1953) 別府市浜脇地区温泉衰微経過について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 4, p. 18-19.

———— (1966) 大分県湯布院町塚原における温泉探査報告. 大分県温泉調査研究会報告, no. 17, p. 18-22.

————・伊藤秀憲(1953) 竜巻地獄間欠泉の機構について(演旨). 温泉科学, vol. 36, no. 2, p. 94.

吉田哲雄・湯原浩三・中江保男・野田徹郎(1978) 別府「血の池地獄」の温泉水及び沈澱物について. 温泉科学, vol. 29, no. 1, p. 10-18.

湯原浩三(1959) 湯の平温泉調査報告. 大分県温泉調査研究会報告, no. 10, p. 9-14.

————・江原幸雄・野田徹郎・中尾晴次(1982) 別府血の池地獄の水深・水質・沈澱物・放熱量及び放出水量の変化. 温泉科学, vol. 32, no. 4, p. 153-163.

由佐悠紀(1979) 別府温泉南部域化学成分長期変化について. 大分県温泉調査研究会報告, no. 30, p. 10-18.

———— (1983) 由布院温泉の化学成分長期変化. 大分県温泉調査研究会報告, no. 34, p. 18-29.

————・大石郁郎(1986) 別府市における噴気・沸騰泉の調査 春木川以南域. 大分県温泉調査研究会報告, no. 37, p. 1-9.

付表 別府圏幅地域の火山岩の年代測定値

No.	岩体名	年代値	手法	帯磁方向	岩石名	測定対象	産地	文献	原著試料番号	
	〈新第三紀鮮新世〉									
1	鹿倉安山岩	1.86±0.23	KA	R	斜方輝石単斜輝石安山岩	全岩	庄内町鹿倉 <sup>1)</sup>	宇都・須藤(1985)	1679	
2	〃	2.1 ±0.4	KA	N	単斜輝石斜方輝石安山岩	〃	庄内町雷 <sup>1)</sup>	須藤(1985a)	1747	
	〈第四紀前期更新世〉									
3	篠原デイサイト	1.30±0.07	KA	N	黒雲母デイサイト	全岩	挾間町東ノ山	星住・鎌田(1987)	Z620	
4	川西安山岩	1.6 ±0.3	KA	R	(かんらん石含有?)単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩	〃	湯布院町鹿出	須藤(1985a)	HM26C	
5	〃	1.4 ±0.2	KA	R	斜方輝石単斜輝石角閃石安山岩	〃	湯布院町鹿出西	須藤(1985b)	HM80B	
6	〃	1.4 ±0.3	KA		紫蘇輝石黒雲母普通輝石普通角閃石安山岩*	〃	湯布院町上津々良南西	高島(1980), 高島ほか(1981)	YH79102601	
7	〃	1.3 ±0.4	KA		黒雲母普通角閃石安山岩*	〃	湯布院町上津々良北	〃, 〃	YH79092204	
8	高陣ヶ尾安山岩	1.3 ±0.2	KA	R	かんらん石含有斜方輝石単斜輝石安山岩	〃	玖珠町高陣ヶ尾	須藤(1985b)	HM67B	
9	〃	0.7 ±0.4	KA		かんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩	〃	安心院町寒水南	須藤(1985a)	1737	
10	小松台流紋岩類	1.16±0.13	KA	R	斜方輝石含有黒雲母流紋岩	〃	玖珠町日出生台北西 <sup>2)</sup>	宇都・須藤(1985)	HM47A	
11	〃	1.3 ±0.3	KA	R	黒雲母流紋岩	〃	九重町松木ダム上流 <sup>2)</sup>	須藤(1985b)	HM63	
12	カルト山安山岩	1.07±0.15	KA	R	(かんらん石含有?)斜方輝石単斜輝石普通角閃石デイサイト	全岩	玖珠町カルト山北	宇都・須藤(1985)	HM46B	
13	〃	2.21±0.29	FT		黒雲母含有両輝石角閃石安山岩	ジルコン	玖珠町カルト山山頂	渡辺・林(1983)	HW-12	
14	横山安山岩	1.1 ±0.2	KA		角閃石輝石安山岩	〃	九重町横山東 <sup>2)</sup>	鎌田(1986b)	K2256A	
15	〃	1.78±0.32	FT		黒雲母含有両輝石角閃石安山岩	ジルコン	九重町松木ダム上流 <sup>2)</sup>	渡辺・林(1983)	HW-7	
16	平家山安山岩	1.0 ±0.4	KA		輝石安山岩	全岩	九重町平家山南西	鎌田(1986b)	K2258	
17	耶馬溪火砕流堆積物	0.40	FT		普通輝石普通角閃石安山岩質溶結凝灰岩	ジルコン	天瀬町天瀬南方合樂橋 <sup>2)</sup>	松本ほか(1977)	8	
18	〃	0.32±0.19	FT		安山岩質溶結凝灰岩	〃	玖珠町深耶馬溪 <sup>3)</sup>	玉生・糟谷(1983)	15.A-26	
19	〃	1.3 ±0.2	KA	N	黒雲母含有単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト溶結凝灰岩	全岩	大山町木六 <sup>4)</sup>	須藤(1985a)	1728	
20	〃	1.4 ±0.2	KA	N	単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト溶結凝灰岩	〃	玖珠町深耶馬溪 <sup>3)</sup>	〃	1682	
21	〃	1.7 ±0.7	KA	N	斜方輝石単斜輝石カミングトン閃石普通角閃石デイサイト溶結凝灰岩	〃	天瀬町袋西 <sup>2)</sup>	〃	HM14A	
22	〃	0.99±0.03	KA	N	単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト溶結凝灰岩	〃	大山町木六 <sup>4)</sup>	宇都・須藤(1985)	1728	
23	倉木山安山岩	0.91±0.08	KA		普通輝石紫蘇輝石普通角閃石安山岩	全岩	湯布院町西石松南	星住・鎌田(1987)	8b-138	
24	〃	0.7 ±0.3	KA	N	〃	〃	庄内町柚ノ木北西	〃	BP478	
25	今市火砕流堆積物	0.4 ±0.7	KA	R	輝石流紋岩溶結凝灰岩	全岩	竹田市炭竈 <sup>5)</sup>	須藤(1985a)	375-C 1	
26	時山安山岩	0.88±0.11	KA		かんらん石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩	全岩	庄内町中峠北 <sup>1)</sup>	星住・鎌田(1987)	Z197	

27	時山安山岩	0.64±0.10	KA	N	紫蘇輝石普通輝石安山岩	全岩	湯布院町小平北	星住・鎌田(1987)	BP997c
28	〃	1.0 ±0.4	KA		黒色安山岩	〃	湯布院町湯平温泉	大四ほか(1981)	S- 5
29	〃	1.0 ±0.4	KA		輝石安山岩	〃	湯布院町湯平温泉	高島(1980), 高島 ほか(1981)	YH79092309
〈第四紀中期更新世〉									
30	難戸山安山岩	0.72±0.09	KA		普通角閃石紫蘇輝石普通輝石安山岩	全岩	安心院町難戸山東	鎌田(1986a)	8b-99
31	湯平流紋岩類	0.5 ±0.1	KA	N	普通輝石含有普通角閃石黒雲母流紋岩	〃	庄内町小袋	星住・鎌田(1987)	BP999d
32	〃	1.1 ±0.1	KA	N	普通角閃石黒雲母流紋岩	〃	湯布院町鹿出南	須藤(1985b)	HM77
33	由布川火砕流堆積物	0.9 ±0.8	KA		普通角閃石黒雲母流紋岩溶結凝灰岩	本質レンズ	庄内町猿渡	星住・鎌田(1987)	Z628
34	〃	0.46±0.08	FT				挾間町猿渡橋	森山ほか(1986)	
35	〃	0.41±0.07	FT				挾間町小倉山南	〃	
36	雨乞岳火山	0.58±0.06	KA		普通輝石紫蘇輝石安山岩	全岩	庄内町雨乞岳南	星住・鎌田(1987)	8b-211
37	城ヶ岳火山	0.86±0.06	KA		普通輝石紫蘇輝石安山岩	〃	湯布院町-庄内町城ヶ岳山頂	鎌田(1986a)	8b-147S
38	小鹿山火山	0.46±0.11	KA		紫蘇輝石普通輝石安山岩	〃	別府市乙原滝	星住・鎌田(1987)	8b-61
39	大津留火砕流堆積物	0.42±0.07	FT				挾間町天下	森山ほか(1986)	
40	内山デイサイト	0.34±0.17	FT	N	紫蘇輝石普通角閃石安山岩	ジルコン	庄内町内山 <sup>1)</sup>	長谷・岩内(1985)	OT-002
41	花牟礼山火山	0.63±0.02	KA	N	普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩	全岩	庄内町飯田高原牧場 <sup>1)</sup>	鎌田(1985)	K- 3
42	〃	0.55±0.03	KA		普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩	〃	庄内町飯田高原牧場 <sup>1)</sup>	〃	K- 4 N
43	野稻岳火山	0.42±0.09	KA		石英単斜輝石含有斜方輝石	〃	湯布院町野稻岳	宇都・須藤(1985)	1931
44	〃	0.56±0.19	KA	N	かんらん石含有単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩	〃	九重町寺床	〃	HM65
45	〃	0.5 ±0.3	KA	N	かんらん石含有単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩	〃	九重町寺床	須藤(1985b)	HM65
46	〃	0.7 ±0.3	KA		単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩	〃	九重町滝上	須藤(1985a)	HM27C
47	〃	0.43	TL		角閃石安山岩	斜長石	九重町水分峠南西	TAKASHIMA(1985)	MZ78102801
48	〃	0.48	TL		角閃石安山岩	〃	湯布院町野稻岳	〃	MZ78102802
49	朝日台溶岩	0.38±0.02	KA		普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩	〃	九重町釜ノ口 <sup>6)</sup>	鎌田(1985)	K- 1 N
50	〃	0.42±0.04	KA	N	普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩	有色鉱物	九重町釜ノ口温泉 <sup>6)</sup>	〃	K- 2
51	崩平山火山	0.34±0.08	KA		石英かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩	全岩	九重町朝日台東	〃	K- 8
52	〃	0.36±0.04	KA	N	石英黒雲母紫蘇輝石普通輝石安山岩	〃	九重町崩平山山頂東	〃	K- 6 N
53	立石山火山	0.57±0.04	KA		石英紫蘇輝石含有普通角閃石安山岩	全岩	安心院町立石山北	鎌田(1986a)	0b-718T
54	福万山火山	0.46±0.05	KA		紫蘇輝石普通輝石普通角閃石安山岩	〃	玖珠町福万山	〃	0b-639
55	〃	0.78	TL		角閃石安山岩	斜長石	玖珠町福万山	TAKASHIMA(1985)	MZ78102701
56	水口山火山	0.2 ±0.4	KA		かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石普通角閃石デイサイト	全岩	湯布院町津江東	星住・鎌田(1987)	8b-79H

KA: K-Ar 法, FT: フィッション・トラック法, TL: 熱ルミネッセンス法, N: 正帯磁, R: 逆帯磁

\*: 原者の岩石名を薄片鑑定により訂正

1): 久住図幅, 2): 森図幅, 3): 耶馬溪図幅, 4): 日田図幅, 5): 竹田図幅, 6): 宮原図幅.

**QUADRANGLE SERIES**

SCALE 1 : 50,000

**Fukuoka (14) No. 75****GEOLOGY**

OF THE

**BEPPU DISTRICT**

By

Hideo HOSHIZUMI, Koji ONO

Kōji MIMURA and Tetsuro NODA

(Written in 1987)

---

**(Abstract)**

The Beppu district is located in the easternmost part of the central Kyushu volcanic rock belt, which traverses Kyushu Island and trends in an ENE-WSW direction (Fig. 4A, p.8) . This belt is largely occupied by Cenozoic volcanic rocks making a marked contrast with areas of pre-Cenozoic rocks to the north and south of the belt and is called the Beppu-Shimabara Graben. The belt, especially the eastern half of the belt, is geophysically characterized by low gravity anomaly and pronounced magnetic anomaly (Figs. 4B and 5, p.8-9) . The younger aged volcanic rocks tend to be distributed the more inside in the eastern half of the belt (Fig. 6, p.10) . The Beppu district is at the axial part of the belt and contains the youngest volcanoes in the belt, Yufu-Tsurumi Volcano Group.

The district is topographically divided into four areas : the northern, western, and southern mountains and the Yufu-Tsurumi Graben (Fig. 67) . These areas are bounded by major faults. All faults developed in the district not only these major ones, are normal faults with clear topographic expression.

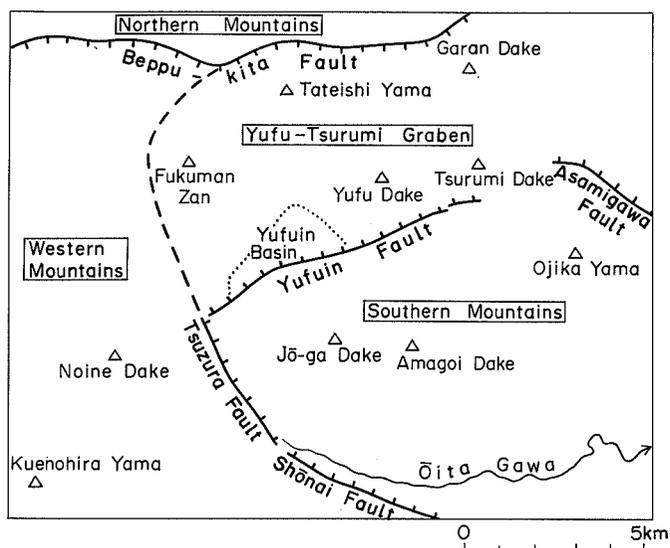


Fig. 67 Topographic division of the Beppu district

Geology of the Beppu district is summarized in the Table 12. Besides field geology, results of age-dating and magnetic polarity measurements were useful to establish the time relation of volcanic rock units, which are otherwise similar, and without direct contact. More than sixty age data, mainly by potassium-argon method, were especially informative.

Most geologic units in this district are volcanic rocks, with small amount of sediments, of late Cenozoic age. Pre-Cenozoic basement of Cretaceous granite, however, is exposed to the north and south just outside this district. Distribution of age-grouped geologic units is correlated with the topographic divisions as shown in the Table 12. Pliocene and early Pleistocene units are distributed in the northern, western and southern mountains while late Pleistocene volcanoes of the Yufu-Tsurumi Volcano Group are only in the Yufu-Tsurumi Graben (Fig. 8, p.13) Bouguer gravity highs to the north and south of the district and two NNW-SSE-trending high belts connecting the north and south highs well correspond with distribution of Pliocene and older Pleistocene units and suggest shallow existence of pre-Cenozoic basements (Fig. 61, p.97) .

Pliocene and older Pleistocene volcanic rocks are piles of lavas and pyroclastic rocks and have mostly lost original volcanic landforms by erosion and especially by fault displacement, while middle Pleistocene volcanoes still preserve volcanic forms of central eruption type. Young volcanoes of late Pleistocene manifest original volcanic topography.

Volcanic rocks in the Beppu district are from olivine-rich mafic andesite, pyroxene andesite, hornblende andesite and dacite to biotite rhyolite and constitute a suite of calc-alkaline volcanic rocks (Table. 2, Figs. 9 and 10, p. 16,18) . Volume of mafic andesite is much smaller than that of intermediate to felsic andesite, dacite and rhyolite. Olivine-rich mafic andesite forms a scoria cone and a lava flow. Pyroxene andesite occurs as thin to thick lava flows and pyroclastic beds. Hornblende andesite and dacite construct thick lava

Table 12 Summary of the geology of the Beppu district.

N.R : thermoremanent magnetization (N : normal, R : reverse), numerals : K-Ar age, magnetic stratigraphy : MANKINEN and DALRYMPLE (1979).

Age		Northern Mountains	Western Mountains	Yufu-Tsurumi Graben	Southern Mountains			
QUATERNARY	Ma	HOLOCENE LATE PLEISTOCENE MIDDLE PLEISTOCENE EARLY PLEISTOCENE PLIOCENE NEogene	BRUNHES NORMAL EPOCH REVERSED EPOCH JALAMILLO EVENT OLIVAI EVENT	Tsue DAD.				
				Alluvium				
	0.01			YUFU-TSURUMI VOLCANO GROUP	Oninomiya V. Garandake V. Tsurumidake V. Yufudake V.	Terrace Dep.-2		
						Terrace Dep.-1		
	0.13			Aso-4 PFLD. (N)		Aso-3 PFLD.		
				Terrace Dep. undifferentiated		Terrace Dep.-1		
	0.73			NOINEDAKE-HANAMUREYAMA VOLCANO GROUP	Kuenohirayama V.(N) 0.34-0.36 Asahidai Lv.(N) 0.38-0.42 Noinedake V.(N) 0.42-0.56 Okue Gravel Dep. Tashiro Debris Dep. Hanamureyama V.(N) 0.55-0.63 Uchiyama Da. (N)	TAKAHIRAYAMA-MIZUKUCHIYAMA VOLCANO GROUP	Takahirayama V.(N)	
							Jissōjiyama V.(N) Mizukuchiyama V.(N)	
	0.90			2nd STAGE VOLCANIC ROCKS	Nishinodai Rh.(N) Hinadoyama An.(N) 0.72	FUKUMANZAN-TATEISHIYAMA VOLCANO GROUP	Fukumanzan V. (N) 0.46 Tobidake V. Tateishiyama V. 0.57 Janagazuru An.(N) Hachiyama An.(N) Akiyama An.(N)	
							Otsuru PFLD.(N) Oikayama V.(N) 0.46 Jōgadake V. 0.86 Amagoidake V.(N) 0.58	
	0.97			1st STAGE VOLCANIC ROCKS	Hitomidake An.(R) Takajingao An.(R) 1.3 Sōzugawa F. Sōzu PFLD.	Ishibu Rhs.(N) Yufukōgen An.(N)	Onoya F. Yufugawa PFLD.(N)	
							Hamawaki F. Kamiyashiki PFLD. Yunohira Rhs.(N) 0.5-1.1 Mawatashi F.	
1.67	2nd STAGE VOLCANIC ROCKS	Tokiyama An.(N,R) 0.64-0.88 Hijūdai PFLD.(R) Tokuno An.(N,R) Yabakei PFLD.(N) 0.99-1.4	Onigabaru Volcaniclastic Dep. Heikezan An.(N) Yokoyama An.(N) 1.1 Karutoyama An.(R) 1.07 Komatsudai Rhs.(R) 1.16-1.3 Kawanishi An.(N,R) 1.3-1.6	Yunoki PFLD.(R) Imaichi PFLD.(R) Kurakiyama An.(N) 0.91				
				Sakeno Tuff Shinohara Da. (N) 1.30				
1.87		Mizuwake An. Kakura An.(N,R) 1.86-2.1		Kankaiji An.				

flows or lava domes with lesser amount of pyroclastic flow deposits. Rhyolite is emplaced as pyroclastic flows with some thick lava flows.

### PLIOCENE SERIES

Three units of volcanic rocks of Pliocene age are separately distributed in the Beppu district. The Kankaiji Andesite, exposed to the southwest of the Beppu city, and the Mizuwake Andesite in the western mountains are groups of altered pyroxene andesite. The Kakura Andesite occupies narrow areas at the southern margin of this district. It is a thick pile of lava flows of pyroxene andesite mainly distributed in the Kujū district to the south of this district.

### LOWER PLEISTOCENE SERIES

Lower Pleistocene series are subdivided into the first and the second stage groups and the Yabakei Pyroclastic Flow Deposit inbetween. The first stage group comprises six andesite units, three rhyolite or dacite units and three units of volcanoclastic or clastic sediments.

The Shinohara Dacite, a unit of subaqueous lava flow, and Sakeno Tuff, deposit of also subaqueous pyroclastic flow, are distributed near the southeast corner of this district.

Units in the northern and western mountains are products of subaerial volcanic activity with intercalated sediments. The Kawanishi, Karutoyama, Yokoyama and Heikezan Andesites are andesitic units and the Sōzu Pyroclastic Flow Deposit and the Komatsudai Rhyolites are rhyolitic units. The Takajingao and Hitomidake Andesites are piles of gently north-dipping lava flows in the northern mountains. The eruption centers of these lavas are thought to be located to the south and lost by fault movement.

The *Yabakei Pyroclastic Flow Deposit* is a welded and non-welded deposit of large-scale pyroclastic flow of hornblende dacite. It erupted from a source located to the west of the Beppu district about 1 Ma ago. The plateau near the western margin of this district is the most southeastern part of the wide pyroclastic plateau northwestwards of the district.

In the second stage group of the lower Pleistocene series are three units of very similar dense welded tuff of pyroxene dacite. They are the Imaichi, Yunoki and Hijūdai Pyroclastic Flow Deposits. The Imaichi Pyroclastic Flow Deposit which is another large-scale pyroclastic flow deposit and occupies wide areas in the south-adjacent Kujū district, crops out in a narrow area near the southeast corner of the district. The Kurakiyama, Tokuno and Tokiyama Andesites (Fig. 21, p.39) are lavas and pyroclastics of pyroxene-hornblende andesite or pyroxene andesite.

### MIDDLE PLEISTOCENE SERIES

After the volcanic activity of the lower Pleistocene, the northeast side of the Tsuzura and Shōnai Faults (Fig. 67) were down thrown and paleo-Ōita Gawa River valley was formed between the northeast-facing cliff of the Tokiyama and Kakura Andesites and the southwest side of the Kurakiyama Andesite. Volcanic and sedimentary units filled intermit-

tently this valley thereafter up to the river terrace of present Ōita Gawa River.

The Mawatashi Formation is the earliest sediments deposited along the upper course of paleo-Ōita Gawa River (Fig. 22, p.41). Early volcanic activity in the middle Pleistocene is dominantly rhyolitic. The Yunohira Rhyolites, overlying the Mawatashi Formation, comprises the Ayukawa Pyroclastic Flow Deposit, Fuchi Pyroclastic Flow Deposit and Mizuchi Lava. The Ayukawa Pyroclastic Flow Deposit is characterized by alternation of thin units of ash flow, pyroclastic surge, pyroclastic fall, mud flow and water-laid deposit (Figs. 23–25, p. 42–44). The Fuchi Pyroclastic Flow Deposit is composed of thin nuée ardente units and the Mizuchi Lava is of thick lava flows with pyroclastics. The Kamiyashiki Pyroclastic Flow Deposit is piles of characteristic thin layers of pyroclastic surge (Figs. 26–27, p.46). The Nishinodai Rhyolite is a thick lava flow near the north margin of the district and the Ishibu Rhyolites consists of the Minamiyufu Pyroclastic Flow Deposit and Ishibu Lava distributed in the western part of the Yufuin Basin.

The *Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit* is a large-scale rhyolite ash flow deposit occupying the southeastern part of the district. Altitude of the upper surface of the deposit is higher northwestwards (Figs. 28–32, p. 48–50). Major part of this deposit is not or partially welded but some part along the Ōita Gawa River is densely welded. Possible source for this deposit is a narrow gravity low to the southeast of Yufu Dake (Fig. 61, p.97).

The Hinadoyama and Yufukōgen Andesites are andesitic units of this stage and the Onoya Formation is a sedimentary deposit in the paleo-Ōita Gawa valley (Fig. 33).

Volcanoes younger than about 0.6Ma preserve original volcanic topography as a whole. They are products of hornblende andesite or dacite except those of the Ojikayama-Amagoidake group of pyroxene andesite.

The *Ojikayama-Amagoidake Volcano Group* occupies the major part of the south mountain and consists of pyroxene andesite stratovolcanoes, The Amagoidake and Jōgadake Volcanoes are situated in the south central part of the district. A few layers of lava flow down from both summits (Fig. 34, p.53). The Ojikayama Volcano bounds the southwest side of the Beppu city with the fault scarp of the Asamigawa Fault (Fig. 67). It is composed of units of lavas, pyroclastic flow and debris avalanche. The thickness of the volcanic products increases northeastwards. Eruption center of the volcano is probably to the east of present distribution and was lost by faulting.

The *Noinedake-Hanamureyama Volcano Group* is developed in the western mountains in the southwestern part of the district and extend southwards in the Kujū district. The group consists of lava domes of hornblende andesite and dacite. Noine Dake and Kuenohira Yama are main peaks of this group. A flat surface is developed at the foot of the Noinedake and Kuenohirayama Volcanoes at altitude of 700–900m, where is underlain by pyroclastic flow and debris avalanche deposits accompanying lava domes and the Okue Gravel Bed. Lava domes are cut by many E-W-trending normal faults.

The *Fukumanzan-Tateishiyama Volcano Group* is a group of hornblende andesite lava domes in the western part of the Yufu-Tsurumi Graben. Some lava domes accompany pyroclastic deposits. The Tateishiyama Volcano consists of the Tateishiyama Lava and Tateishiyama Pyroclastic Flow Deposit which underlies the lava in the north side of the volcano. Volcanoes of this group also are cut by normal faults trending E-W.

The *Takahirayama-Mizukuchiyama Volcano Group* occupies the eastern part of the Yufu-Tsurumi Graben. The Mizukuchiyama Volcano is situated at the north margin of the southern mountain and bounded by the Yufuin Fault. It consists of lower Kijima Pyroclastic Flow Deposit and overlying Mizukuchiyama Lava. The eruption center of the volcano located inside of the Yufu-Tsurumi Graben was lost by downfaulting. The Takahirayama Volcano is a group of partly destroyed lava domes with debris avalanche deposits. The Kannawa Debris Avalanche Deposit leaves a wall at the east side of the Takahirayama summit and forms a gently dipping, hummocky surface bounding the north side of the Beppu city (Figs. 40-41, p.69-70)

## UPPER PLEISTOCENE AND HOLOCENE SERIES

The upper Pleistocene and Holocene series consists of the Yufu-Tsurumi Volcano Group, Aso Pyroclastic Flow Deposit and deposits of terrace, fan and debris avalanche and Alluvium.

The *Aso Pyroclastic Flow Deposit* is distributed along the Ōita Gawa and Nogami Gawa valleys and in the Hijūdai plateau. The Aso-3B Pyroclastic Flow Deposit crops out in small areas in the lower course of the Ōita Gawa valley. It is a non-welded deposit of scoria flow of pyroxene andesite (Fig. 43, p.73).

The deposit of Aso-4 cycle is divided into Aso-4A and-4T Pyroclastic Flow Deposits. The Aso-4A Pyroclastic Flow Deposit, the largest unit in the Aso-4 cycle, varies from non-to densely-welded deposit of hypersthene-hornblende dacite pumice flow (Figs. 44-46, p.75-77). The Aso-4T Pyroclastic Flow Deposit is a characteristically orange-colored, thin and non-welded deposit of pyroxene-hornblende dacite pumice flow. It covers the plateaus of Hijūdai and that along the Nogami Gawa valley. The Nishizuru Debris Deposit is mainly composed of megablocks of nearly non-consolidated Aso-4A Pyroclastic Flow Deposit set in matrix of the same material (Fig. 47, p.78). It is covered by the Aso-4T Pyroclastic Flow Deposit.

The *Yufu-Tsurumi Volcano Group* is a group of the youngest volcanoes in the Beppu district situated in the Yufu-Tsurumi Graben. They are the Yufudake, Tsurumidake, Garandake and Oninomiya Volcanoes of hornblende andesite or dacite except the Oninomiya Volcano of olivine-rich mafic andesite.

The *Yufudake Volcano* is the highest peak in the district. The main volcanic edifice is a steep-sided lava cone covering stratified pyroclastic ejects (Figs. 48-50, p.79-82) and has eight lateral lava flows on its lower flank and surmounted with the summit lava. The Tsukahara Debris Avalanche Deposit with many mounds (Fig. 51, p.83) and the Ikeshiro Pyroclastic Flow Deposit (Fig. 52, p.84) are distributed at the northern foot of the volcano.

The *Tsurumidake Volcano* is made of the main volcanic edifice with the summit lavas and four lava domes. It erupted in 17th century and has a fumarole near its summit. The *Garandake Volcano* is a lava dome to the north of the Tsurumidake Volcano. Powerful solfataric field is active at the southwest side of the dome (Fig. 66, p.107).

The *Oninomiya Volcano* is a small monogenetic volcano, made of a flat scoria cone

and a lava flow (Fig. 54, p.88). The hornblende–pyroxene–olivine mafic andesite of this volcano is the most mafic and singular rock in the district.

Fan deposits are formed at the base of steep slopes. The fan at the eastern foot of the Tsurumidake Volcano is the widest in the district extending to the coast of Beppu Bay. Terrace deposits are developed along the Ōita Gawa River and some other rivers. Terrace deposits -1 and -2 are discriminated with relation to the Aso Pyroclastic Flow Deposit where if it is possible. The Wakasugi Debris Avalanche Deposits was generated from the west side of the summit of Tobi Dake (Fig. 38, p.65). The Tsue Debris Avalanche Deposit was caused by a large earthquake of 1596 (Fig. 55, p.99) Alluvium is developed in the Yufuin Basin and bottom of some small valleys.

## ACTIVE TECTONICS

Central Kyushu including the Beppu district is a tectonically remarkable region in Japan where extension tectonics in an N–S direction is prevailed as shown by horizontal crustal strain in 90years time span (Fig. 56, p.92). An earthquake of M6.4 occurred on April 21, 1975, hypocenter of which is estimated around western south margin of the district. The mechanism of this earthquake indicates N–S extension (Fig. 60, p.96). The largest historic earthquake around the district was that of M6.9 occurred in Beppu Bay in 1596 (Fig. 59, p.95). It caused serious damage in the area including collapse of Uryu Jima Island eastwards of Beppu city into the sea and generation of the Tsue Debris Avalanche Deposit in this district.

All faults in the district are normal faults trending nearly E–W and moved in Quaternary age. This fault pattern is conformable with direction of crustal stress at present or in recent 90years as stated above. Most faults, except major faults bounding topographic divisions, are short in length (Fig. 57, p.93). Centers of middle Pleistocene volcanoes tend to be loci of depression suggesting possible concentration of stress around the volcanoes. Detailed movement history of these faults has not been clarified, however, two faults, at least, cut the Ah ash layer erupted 6,300 y. B. P. from the Kikai Caldera in the sea off south Kyushu (Fig. 58, p.94)

## ECONOMIC GEOLOGY

### **Hot springs and geothermal energy**

This district is rich in geothermal resources. Spas in the district and chemical composition of their representative hot springs are shown in Fig. 63 and Table 6, p.100–101.

*Beppu*, appeared in a historic document of 8C. is the largest and most famous spa in Japan. It is a complex of eight spas located on and around the fan to the east of Tsurumidake Volcano. Among 3,000 wells in total, those of higher temperature or boiling wells and fumaroles are concentrated near fault-bounded, north- and south-margin of the fan (Table 7 and Fig. 64). Hells (Table 8) are names, for tourism in Beppu spa, for landscapes formed by, or related with, geothermal activity as fumaroles, geysers, pools of hot water and mud pots.

*Yufuin* spa is composed of about 700 wells in the Yufuin Basin (Fig. 65). Higher temperature or boiling springs are distributed in the southeastern part near the Yufuin Fault.

Shonai, Yunohira, Okue and Noya spas are in the southern and western mountains. Tsukahara spa noted for strong acidic hot spring is located near active solfatara of the Garandake Volcano (Fig. 66).

Effort by private companies and governmental agencies to generate electricity by geothermal energy was spent intermittently since 1919 in this district. The district is at the northeastern part of the Hohi district where systematic exploitation of geothermal resources as a national project is going on since 1975. Tables 9 and 10 (p. 109–111) show data on geothermal wells in the Beppu district.

### **Metallic and non metallic ores**

An epithermal gold–silver–quartz vein in the Kankaiji Andesite was worked between 1903–1916. Small-scale deposits of limonite in two areas had been worked in 1950s.

Several ore bodies of cristobalite were formed in silicified zone in the Takahirayama and Garandake Volcanoes northwestwards of Beppu hot spring area. They are products of solfataric alteration by leaching of metallic elements from volcanic rocks. A mine was working in 1987.

図版 火山岩の顕微鏡写真(下方ポーラーのみ、スケールは各図版の最下部)

Photomicrographs of volcanic rocks (polarizer only, bar scale at the bottom of plates)

#### 第I図版 溶結凝灰岩 Welded tuffs

- 1 角閃石黒雲母流紋岩溶結凝灰岩(強溶結, ガラス質). 〈R 41433〉, BP 1472, 由布川火砕流堆積物.  
軽石片(左下)に比べて, 基質に斑晶が濃集. 中央上は石質岩片. スケール: 2mm.  
Hornblende-biotite rhyolite welded tuff (densely welded, vitric). Yufugawa Pyroclastic Flow Deposit. Scale: 2mm.
- 2 1の拡大. 厚板カスプ型のガラス破片と細孔型の軽石片が見える. スケール: 0.5mm.  
Enlargement of the photo1. Scale: 0.5mm.
- 3 角閃石輝石デイサイト溶結凝灰岩(強溶結, 脱ガラス化), 〈R 41426〉, BP1189, 日出生台火砕流堆積物.  
軽石レンズは厚さに比べてきわめて横に長い. レンズ中に円(球)形の気泡がある. スケール: 2mm.  
Hornblende-pyroxene dacite welded tuff (densely welded, devitrified). Hijūдай Pyroclastic Flow Deposit. Scale: 2mm.

#### 第II図版 珪長質火山岩 Felsic volcanic rocks

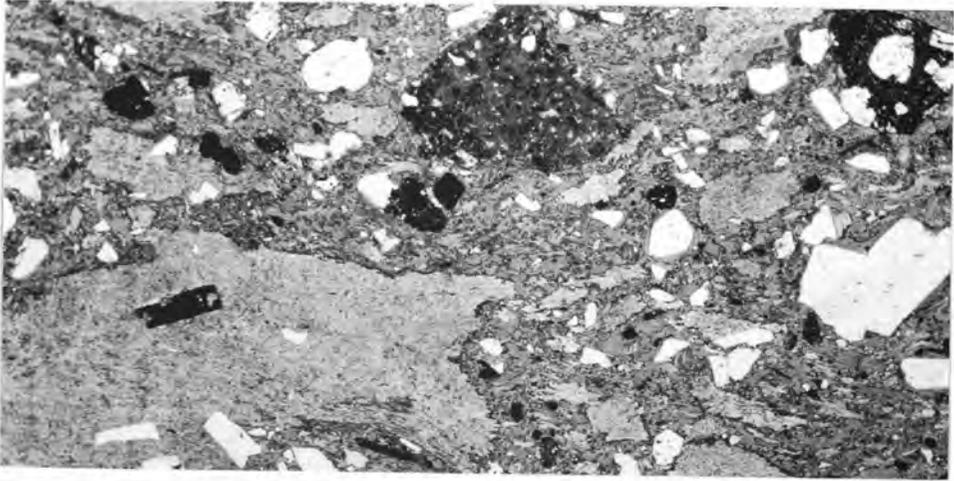
- 1 輝石角閃石デイサイト溶結凝灰岩(強溶結, 脱ガラス化), 〈R 41461〉, BP244, 耶馬溪火砕流堆積物.  
ガラス破片はアクシオライト状に結晶化, 左下は軽石片. スケール: 0.25mm.  
Pyroxene-hornblende dacite welded tuff (densely welded, devitrified). Yabakei Pyroclastic Flow Deposit. Scale: 0.25mm.
- 2 角閃石黒雲母流紋岩, 〈R 41399〉, 8b-185, 湯平流紋岩類, 水地溶岩.  
石基はスフェルライト化. スケール: 1mm.  
Hornblende-biotite rhyolite. Yunohira Rhyolite, Mizuchi Lava. Scale: 1mm.
- 3 輝石角閃石デイサイト, 〈R 41452〉, 8b-79H, 水口山火山, 水口山溶岩.  
斜長石斑晶の外周からスフェルライトが成長している. 下部中央は角閃石斑晶. スケール: 1mm.  
Hornblende-biotite dacite. Lava of Mizukuchiyama Volcano. Scale: 1mm.

#### 第III図版 安山岩 Andesites

- 1 かんらん石含有輝石安山岩, 〈R 41403〉, 8b-167, 城ヶ岳火山溶岩.  
右上, 中央下にかんらん石斑晶, 条線のある斑晶は輝石. スケール: 1mm.  
Olivine-bearing pyroxene andesite. Lava of Jōgadake Volcano. Scale: 1mm.
- 2 無斑晶質安山岩, 〈R 41402〉, 8b-147, 城ヶ岳火山溶岩. スケール: 1mm.  
Aphyric andesite. Lava of Jōgadake Volcano. Scale: 1mm.
- 3 輝石角閃石安山岩, 〈R 41443〉, 0b-739, 秋山安山岩.  
右よりにオパサイト縁をもつ角閃石斑晶. スケール: 1mm.  
Hornblende-pyroxene andesite. Lava Akiyama Andesite. Scale: 1mm.

#### 第IV図版 由布-鶴見火山群の岩石 Rocks of Yufu-Tsurumi Volcano Group

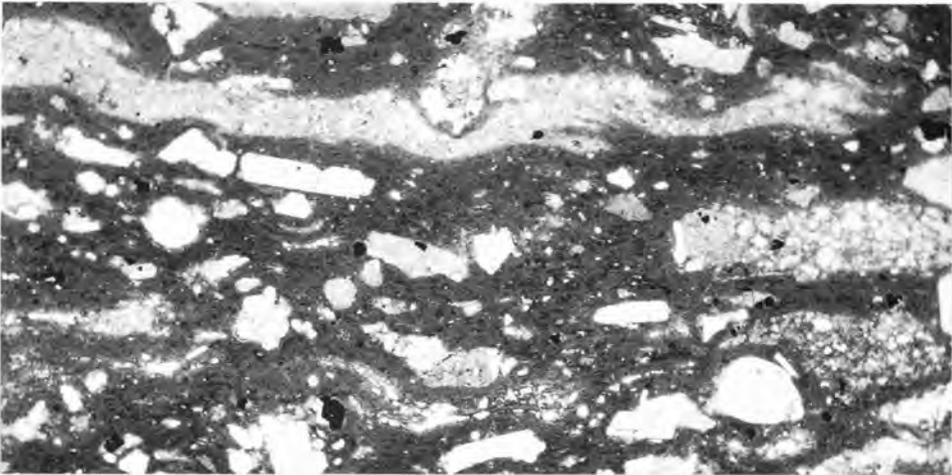
- 1 輝石角閃石安山岩(右半分はオートリス), 〈R 41454〉, 8b-28, 高平山火山, 高平山溶岩. スケール: 2mm.  
Pyroxene-hornblende andesite (left: host, right: autolith). Lava of Takahirayama Volcano. Scale: 2mm.
- 2 黒雲母輝石かんらん石角閃石安山岩, 〈R 41457〉, 8b-113, 由布岳火山, Y<sub>8</sub>溶岩.  
上辺左よりと下部中央は角閃石斑晶, 上辺中央右よりは石英. スケール: 2mm.  
Biotite-pyroxene-olivine-hornblende andesite. Lava (Y<sub>8</sub>) of Yufudake Volcano. Scale: 2mm.
- 3 角閃石輝石かんらん石安山岩, 〈R 41462〉, BP404, 鬼箕山火山溶岩. スケール: 1mm.  
Hornblende-pyroxene-olivine andesite. Lava of Oninomiya Volcano. Scale: 1mm.



1

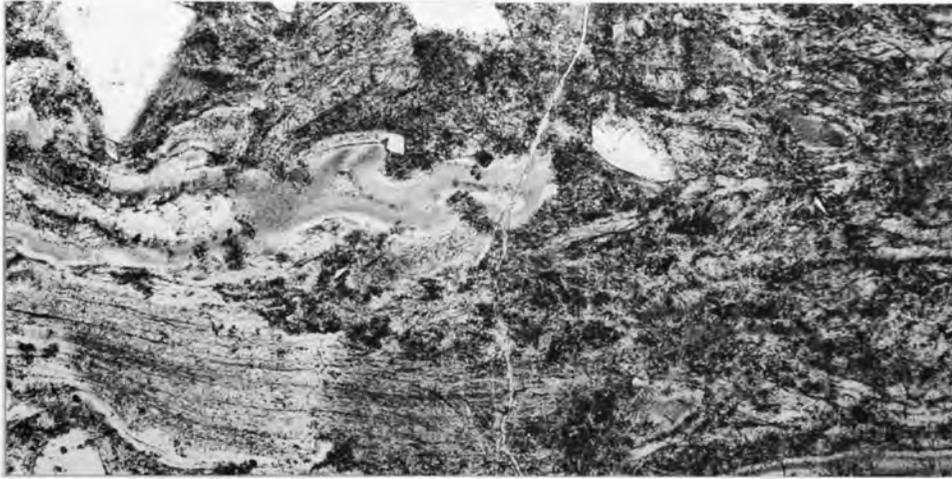


2

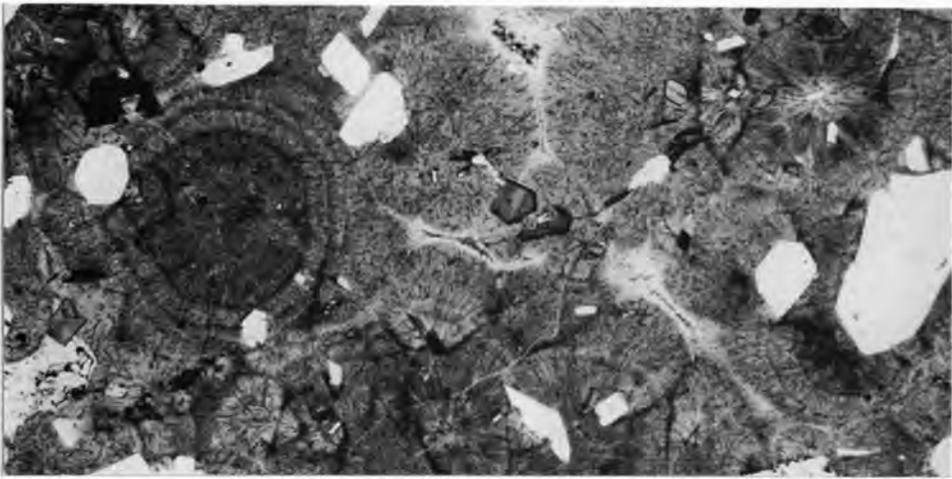


3

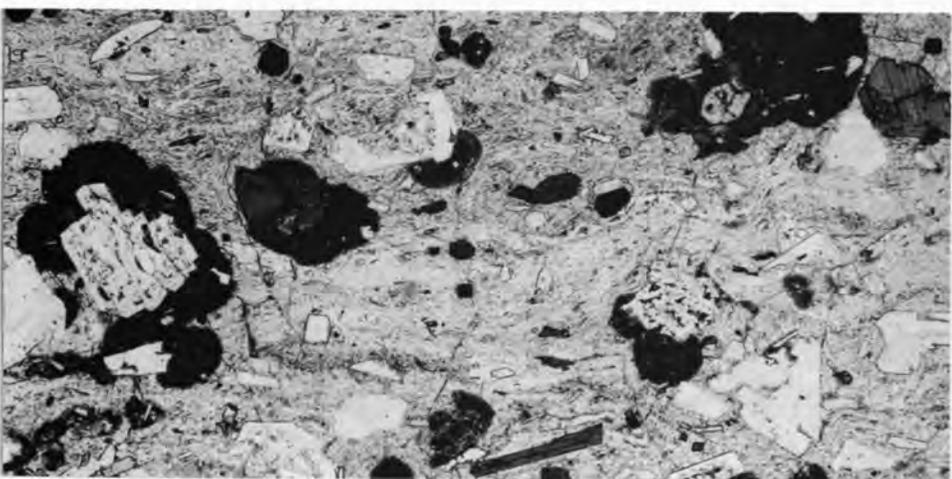




1



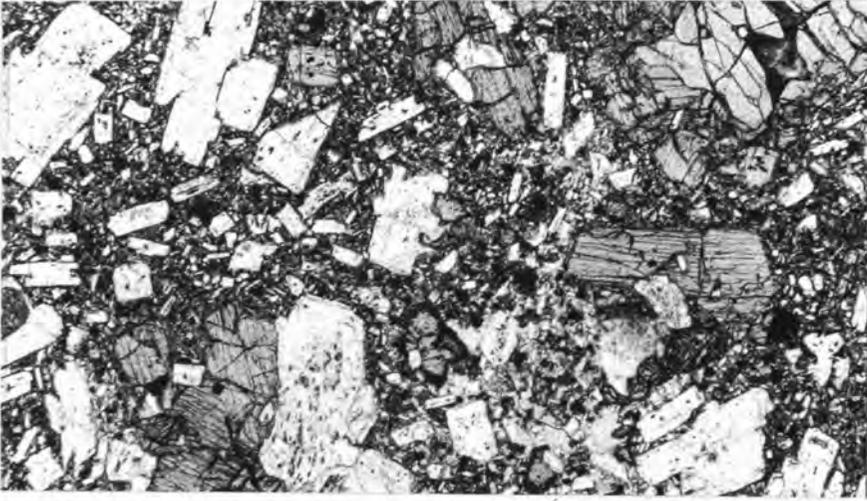
2



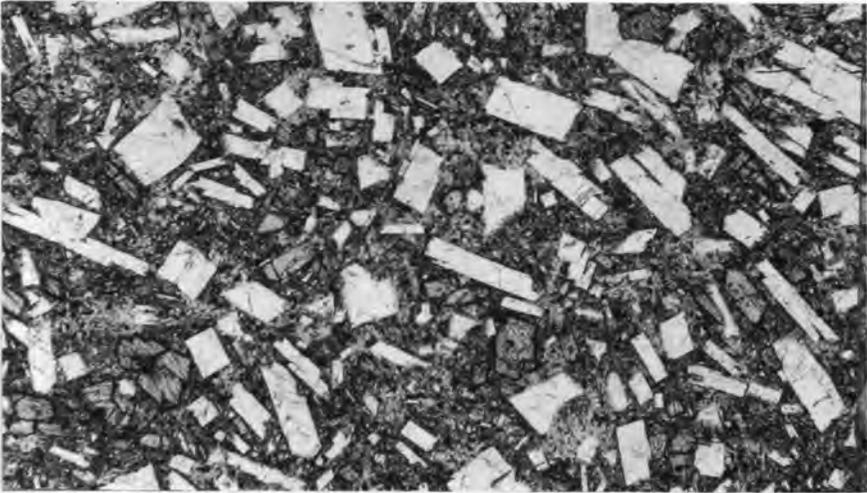
3



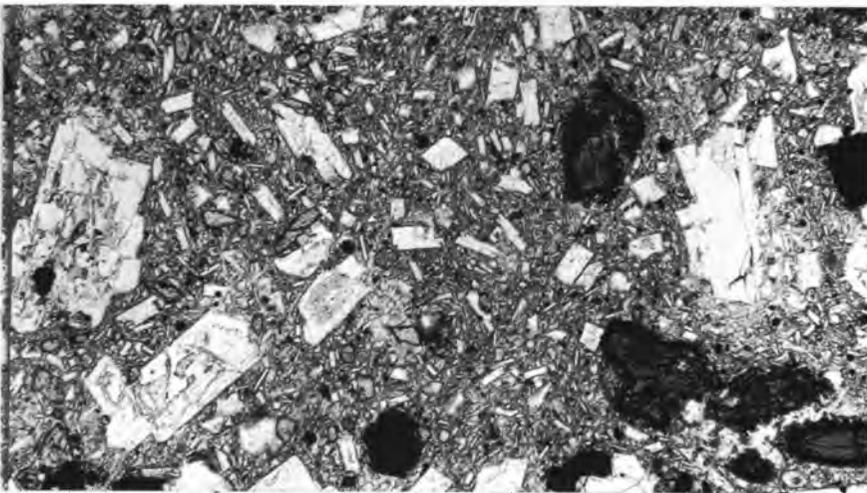
1

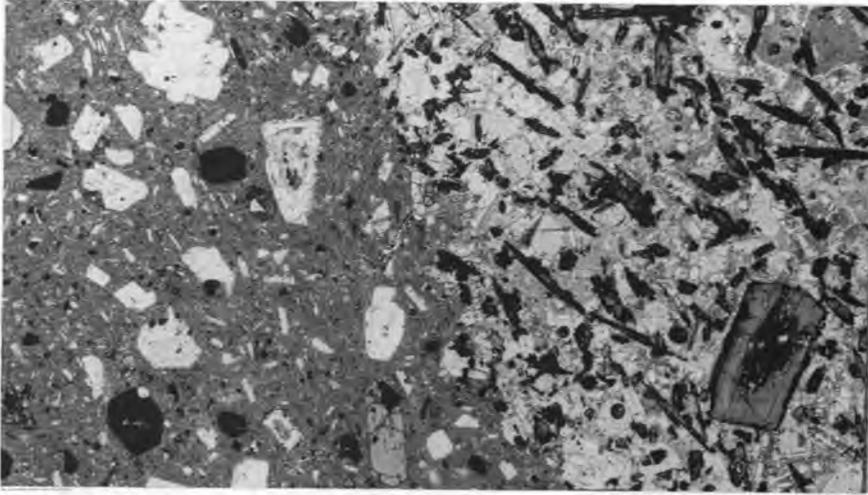


2

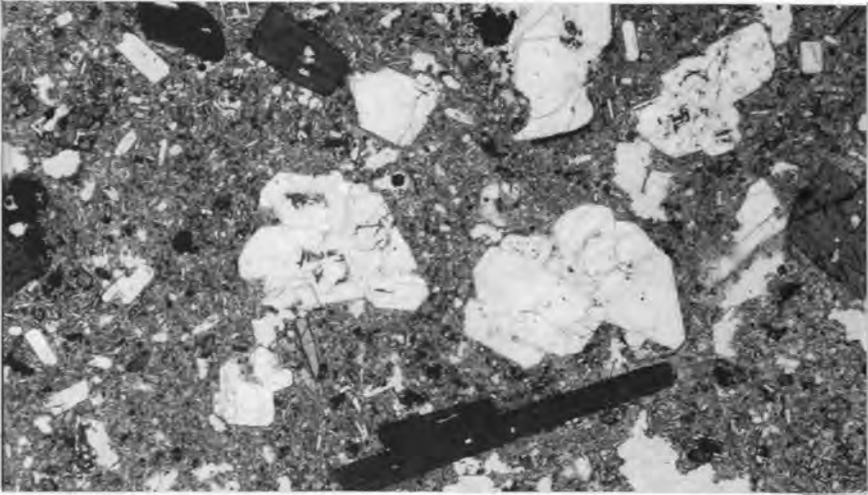


3

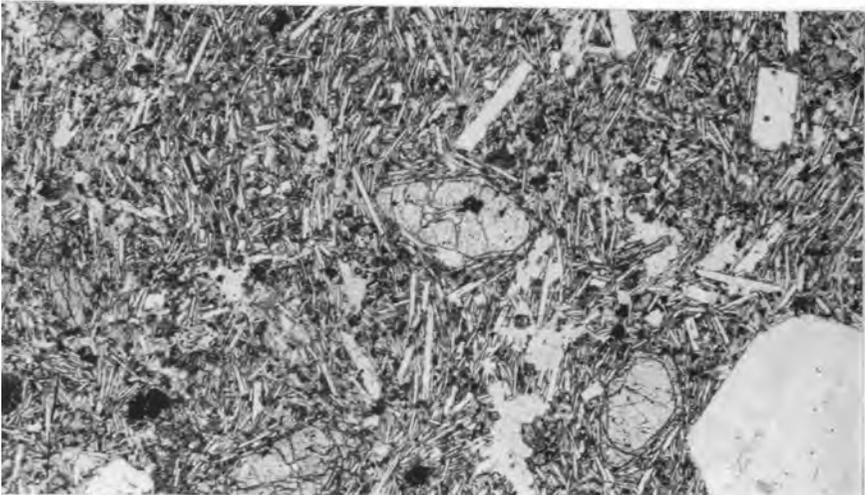




1



2



3

## 文献引用例

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎(1988) 別府地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 131 p.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

HOSHIZUMI, H., ONO, K., MIMURA, K. and NODA, T. (1988) *Geology of the Beppu district*. With Geological Sheet Map at 1 : 50,000, Geol. Surv. Japan, 131 p. (in Japanese with English abstract 8 p.).

---

昭和63年3月22日 印刷

昭和63年3月25日 発行

通商産業省工業技術院 地質調査所

〒305 茨城県つくば市東1丁目1-3

印刷所 株式会社 明文社

〒130 東京都中央区日本橋蛸殻町1-24-8

---

© 1988 Geological Survey of Japan