

加久藤安山岩類と加久藤熔結凝灰岩の化学組成

太田 良平*

Chemical Composition of Kakuto Andesites and Kakuto Welded Tuff

Ryohei Ota

Abstract

The Kakuto Andesites, which are widely distributed over Miyazaki, Kagoshima and Kumamoto Prefectures, were studied in detail by K. Yamamoto in 1960. Six specimens of the Andesites, which were collected by the author, have newly been chemically analysed as shown in the first six in Table 1. The rest were previously done by Yamamoto. In general, the Kakuto Andesites are rich in Al_2O_3 and alkali, and poor in total FeO and CaO.

A specimen of the Kakuto Welded Tuff, which is believed to be an effusive just before the formation of Kakuto Caldera, has been chemically analysed as shown in Table 2. This is the first analysis of the Kakuto Welded Tuff, being similar to the welded tuffs with no quartz phenocryst widely distributed around Kokubu City, Kagoshima Prefecture.

1. 緒 言

昭和43年に宮崎・鹿児島両県にまたがる、えびの吉松地区で地震がおきた時、太田良平・沢村孝之助の両名はこの地区の地表地質調査に従事したが、そのとき太田は調査地区の北部一帯に分布する加久藤安山岩類、および同地区の北東部に分布する加久藤熔結凝灰岩の分布区域を踏査する機会を得た。両名の調査報告(太田・沢村, 1971)はすでに発表されているが、このとき行った前記両岩の化学分析値をここに発表する。

2. 加久藤安山岩類

2.1 研究史

加久藤安山岩類についての岩石学的研究は、山本 敬(1960)により初めて行われ、続いて荒牧重雄(1968)、太田良平・沢村孝之助(1971)および長谷義隆ほか(1972)がこれに触れている。

山本 敬(1960)は、九州南部の宮崎・鹿児島・熊本の3県境付近で、東西約50 km・南北約20 kmの広大な面積を占め、主として輝石安山岩からなる第三紀火山岩類の分布区域を肥薩火山区と呼んだ。そして、この火山区に重畳する火山岩類は、主として古生層および中生層を基盤とし新第三紀中新世—鮮新世に噴出したもので、これらの噴出順序を決めることは必ずしも容易ではない

が、7つの火山群に大別することができる。そして最も東に位置するものを加久藤火山群、それを構成する火山岩類を加久藤火山岩類と呼んだ。山本によると、宮崎県えびの町北西部の肥薩線真幸駅付近に分布する真幸変朽安山岩は、この火山岩類の基底をなし新第三紀中新世末期のものと思われるが、この火山岩類の大部分は鮮新世中期以後から末期にかけて数個以上の噴出口から噴出したもので、hypersthene-augite andesite ないし hornblende-bearing hypersthene-augite andesite を主とし、局部的に hornblende hyalo-andesite を伴う。本岩類は下位のものから次のように分類することができるという。

1. 真幸変朽安山岩
(hypersthene-augite andesite)
2. 笠置山熔岩
(hypersthene-augite andesite)
3. 長坂熔岩
(hornblende-hypersthene-augite andesite)
4. 滝下山熔岩
(olivine-bearing hornblende-hypersthene-augite andesite)
5. 矢岳熔岩
(hornblende-hypersthene-augite andesite)
6. 禿岳熔岩
(hypersthene-augite andesite)
7. 目倉越熔岩

* 元 所 員

(hornblende hyalo-andesite)

8. 黒園山熔岩

(hypersthene-augite andesite)

9. 高野熔岩

(hypersthene-augite andesite)

10. 茶屋平熔岩

(hypersthene-bearing augite andesite)

これらの化学成分および岩石学的記載は山本の報告に
くわしいので、ここでは省略する。

荒牧(1968)の報告は、えびの吉松地震の調査報告
で、同火山岩類分布区域の南縁部しか含まれていない
が、真幸変朽安山岩やその上に載る同火山岩類の地質時
代を山本と同意見とした。

太田・沢村(1971)は、山本の加久藤火山岩類を加久
藤安山岩類と呼んだ。その調査区域は同火山岩類の分布
区域の中一南部に当たり、その記述を要約すると次の通
りである。加久藤安山岩類は各種安山岩の重量からなり
、その厚さは地表でみられる部分だけで 300-500mあ
り、基底に厚い凝灰角礫岩がある。この上に載る諸熔岩
は、主として輝石安山岩で時に橄欖石または角閃石を伴
い、他に角閃石安山岩熔岩や同熔結凝灰岩もみられる。
加久藤安山岩類は四万十層群の上に載り、加久藤熔結
凝灰岩や霧島火山の栗野安山岩類で覆われている。地質
時代については明確な証拠はないが、山頂部をつくるも
のは熔岩台地地形がよく保存されているので、おそらく
新第三紀鮮新世と考えられる。基底にある厚い凝灰角礫
岩は、一般に変質がすすんでいるので中新世と思われる。
加久藤安山岩類は橄欖石輝石安山岩から角閃石安山
岩まで多種にわたり、また鏡下で集斑状組織や外来岩片
・外来結晶に富み、混成作用の影響が著しい。そして調
査区域内の同安山岩類を下位のものから次のように分類
した。

1. 長坂凝灰角礫岩

((hornblende)-hypersthene-augite-andesite)

2. 古期熔岩類

((hornblende)-hypersthene-augite andesite)

3. 般若熔結凝灰岩

((hypersthene)-hornblende andesite)

4. 魚野熔岩

(hypersthene-augite andesite)

5. 国見熔岩

(hornblende-hypersthene-augite andesite)

6. セツ段熔岩

(hornblende andesite)

7. 目倉熔岩

(hornblende hyalo-andesite)

8. 滝下熔岩

(hornblende-hypersthene-augite andesite)

9. 高野熔岩

(hypersthene-augite andesite)

10. 茶園平熔岩

(Olivine-bearing hypersthene-augite andesite)

なお真幸駅付近にある変質帯は、長坂凝灰角礫岩(熔
岩を挟む)の一部が著しい熱水変質作用を受けたもので、
一見新鮮に見える古期熔岩類や滝下熔岩でも、これら
の中を走る断層線にそい熱水変質作用を受けているので、
その変質の時期は加久藤安山岩類の堆積以後とした。

長谷義隆ほか(1972)は、加久藤盆地内に分布する加
久藤層群その他を論じたもので、加久藤安山岩類はその
南縁部しか含まれていないが、太田・沢村の1および2
を新第三紀鮮新世(後期)とし、3以上を第四紀更新世
(前期)とした。

ほかに渡辺・田村(1973)は、肥薩火山区のうち、人
吉・水俣両市のほぼ中間にある大関火山岩類について考
察している。

2.2 化学成分

筆者は、えびの吉松地震調査のときに採集した加久藤
安山岩類の試料6個を化学分析し、その結果を第1表の
(1)―(6)に示す。また比較のため、山本(1960)による同
岩類5個の化学分析値を、同表の(7)―(11)に掲げる。

化学分析試料採取地点

(1) 鹿児島県始良郡吉松町、黒園山山頂から東南東約
0.9 kmの道路ぎわ

(2) 鹿児島県始良郡吉松町、魚野越の北東の崖

(3) 宮崎県西諸県郡えびの町、百貫山山頂から西約
1.2 km

(4) 宮崎県西諸県郡えびの町、堀切峠の西約0.85 km
の道路ぎわ

(5) 宮崎県西諸県郡えびの町、堀切峠の南東約1.6 km
の道路ぎわ

(6) 宮崎県西諸県郡えびの町、高野小学校の南約0.5
kmの道路ぎわ

各試料の鉱物組成百分率

分析した諸岩石の肉眼および鏡下の記載は、それぞれ
原著にくわしいのでここでは省略するが、新分析値の(1)
―(6)の鉱物組成百分率を次に示す。

(1) 古期熔岩

斑晶(30.8%) : 斜長石(19.2%)、紫蘇輝石(3.8%)、
普通輝石(4.8%)、角閃石(1.5%)、鉄鉱(1.5%)

石基(69.2%) : 斜長石(43.0%)、斜方輝石(7.1%)、

第1表 加久藤安山岩類の化学成分とノルム

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	59.04	60.14	58.68	60.38	58.80	51.74	58.98	62.78	60.20	65.53	56.96
TiO ₂	0.78	0.80	0.89	0.91	0.81	1.29	0.63	0.67	0.86	0.73	0.90
Al ₂ O ₃	17.72	16.66	16.86	17.08	16.76	18.82	17.75	16.40	16.06	16.04	17.81
Fe ₂ O ₃	2.10	1.86	3.22	2.58	2.24	2.56	4.30	2.34	3.10	2.58	3.18
FeO	3.70	4.42	4.20	3.77	4.74	6.61	2.85	3.06	3.46	2.01	4.34
MnO	0.13	0.15	0.18	0.13	0.14	0.22	0.08	0.12	0.12	0.06	0.13
MgO	3.51	3.64	3.77	3.38	4.11	4.58	3.80	2.78	3.85	1.06	3.52
CaO	6.78	6.89	7.23	6.67	7.28	9.52	6.98	4.88	5.62	3.32	7.02
Na ₂ O	2.52	2.43	2.47	2.75	2.34	2.43	3.16	2.60	2.83	3.76	3.30
K ₂ O	1.78	1.71	1.34	1.66	1.66	0.85	1.20	2.34	2.12	3.02	1.62
P ₂ O ₅	0.14	0.14	0.15	0.14	0.16	0.20	0.15	0.24	0.20	0.10	0.17
H ₂ O+	0.70	0.30	0.12	0.06	0.48	0.26	0.43	0.90	1.27	0.76	0.86
H ₂ O-	0.78	0.52	0.74	0.40	0.16	0.52	0.30	0.42	0.44	0.74	0.42
total	99.68	99.66	99.85	99.91	99.68	99.60	100.61	99.53	100.13	99.71	100.23
Q	16.58	17.96	17.56	18.10	15.95	5.63	16.08	23.50	17.60	23.48	10.91
C	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.29	0.	0.79	0.
Or	10.52	10.11	7.92	9.81	9.81	5.02	7.09	13.83	12.53	17.85	9.57
Ab	21.32	20.56	20.90	23.27	19.80	20.56	26.74	22.00	23.95	31.82	27.92
An	31.78	29.50	30.96	29.36	30.32	37.93	30.70	22.64	24.86	15.82	29.00
Di	Wo	0.39	1.57	1.64	1.18	1.98	3.34	1.23	0.	0.72	1.97
	En	0.25	0.93	1.08	0.77	1.20	1.86	1.00	0.	0.51	1.26
	Fs	0.12	0.57	0.45	0.32	0.68	1.35	0.08	0.	0.14	0.59
Hy	En	8.49	8.14	8.31	7.65	9.04	9.55	8.47	6.92	9.08	7.51
	Fs	3.90	4.97	3.47	3.21	5.10	6.95	0.71	2.80	2.46	3.51
Mt	3.04	2.70	4.67	3.74	3.25	3.71	6.23	3.39	4.49	3.74	4.61
Il	1.48	1.52	1.69	1.73	1.54	2.45	1.20	1.27	1.63	1.39	1.71
Ap	0.32	0.32	0.35	0.32	0.37	0.46	0.35	0.56	0.46	0.23	0.39

新発表のもの

- (1) 古期熔岩 (Hornblende-hypersthene-augite andesite)
- (2) 魚野熔岩 (Hypersthene-augite andesite)
- (3) 国見熔岩 (Hornblende-hypersthene-augite andesite)
- (4) 国見熔岩 (Hornblende-hypersthene-augite andesite)
- (5) 高野熔岩 (Hypersthene-augite andesite)
- (6) 茶園平熔岩 (Olivine-bearing hypersthene-augite andesite)

山本 (1960) によるもの

- (7) 笠置山熔岩 (Hypersthene-augite andesite)
これは太田・沢村の調査地域外に分布する。
- (8) 滝下山熔岩 (Olivine-bearing hornblende-hypersthene-augite andesite)
これは太田・沢村の調査区域内の滝下熔岩に相当するらしい。
- (9) 禿岳熔岩 (Hypersthene-augite andesite)
これは太田・沢村の調査地域外に分布する。
- (10) 目倉越熔岩 (Hornblende hyalo-andesite)
これは太田・沢村調査地域内の目倉熔岩と同じ岩体。
- (11) 茶屋平熔岩 (Hypersthene-bearing augite andesite)
これは太田・沢村調査地域内の茶園平熔岩と同じ岩体のように思われるが、化学成分がかなり異なっているの
で、別の岩体かも知れない。

分析者

- (1)~(6) 東京石炭鉱物研究所
- (7)~(11) 榊 正

単斜輝石 (4.1%), 鉄鈹 (6.1%), ガラス (8.9%)

(2) 魚野熔岩

斑晶 (45.0%) : 斜長石 (37.0%), 紫蘇輝石 (4.2%), 普通輝石 (2.9%), 鉄鈹 (0.9%)

石基 (55.0%) : 斜長石 (28.6%), 斜方輝石 (9.2%), 単斜輝石 (4.4%), 鉄鈹 (6.3%), ガラス (6.5%)

(3) 国見熔岩

斑晶 (29.2%) : 斜長石 (17.4%), 紫蘇輝石 (2.8%), 普通輝石 (3.0%), 角閃石 (4.2%), 鉄鈹 (1.8%)

石基 (70.8%) : 斜長石 (50.4%), 斜方輝石 (7.9%), 単斜輝石 (7.0%), 鉄鈹 (5.2%), 鱗珪石 (0.3%)

(4) 国見熔岩

斑晶 (44.2%) : 斜長石 (30.1%), 紫蘇輝石 (6.0%), 普通輝石 (6.3%), 角閃石 (0.5%), 鉄鈹 (1.3%)

石基 (55.8%) : 斜長石 (30.9%), 斜方輝石 (9.8%), 単斜輝石 (6.9%), 鉄鈹 (6.6%), 鱗珪石 (1.4%), 雲母 (0.2%)

(5) 高野熔岩

斑晶 (34.8%) : 斜長石 (21.2%), 紫蘇輝石 (3.0%), 普通輝石 (9.6%), 鉄鈹 (1.0%)

(6) 茶園平熔岩

斑晶 (35.1%) : 斜長石 (20.1%), 紫蘇輝石 (0.4%), 普通輝石 (9.5%), 橄欖石 (3.4%), 鉄鈹 (1.7%)

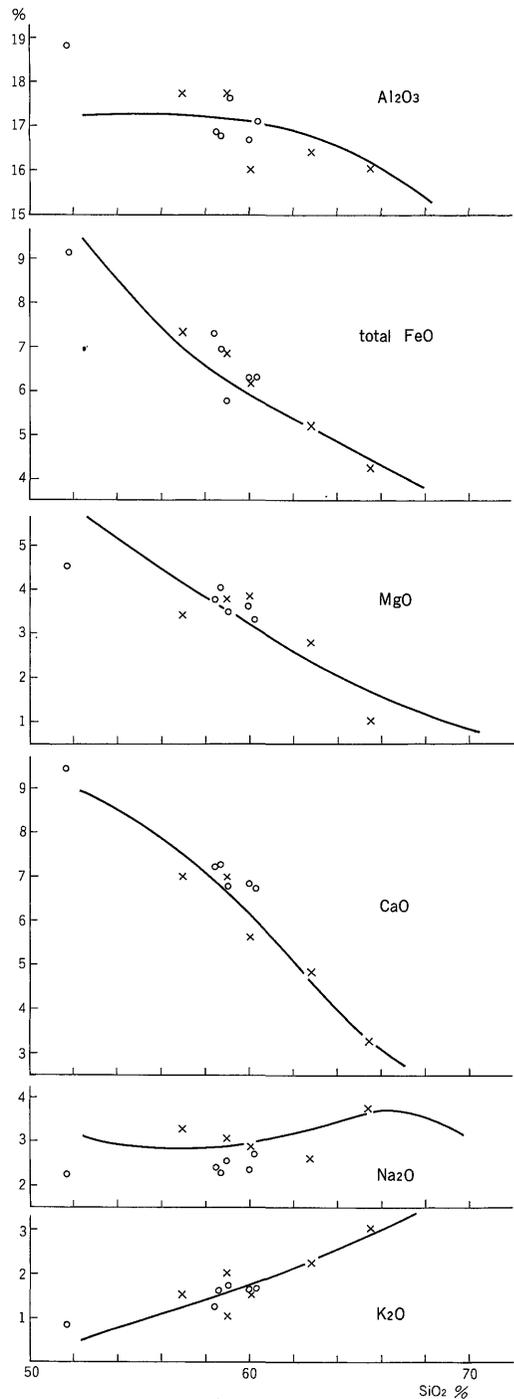
石基 (64.9%) : 斜長石 (39.3%), 輝石 (19.0%), 鉄鈹 (6.6%)

2.3 考察

肥薩火山区火山岩類の特徴

これについては、すでに山本 敬 (1960) の詳細な研究があり、次に要約する。

琉球火山帯を MATSUMOTO (1943) の考えに従い、古期・中期および新期の3帯に区分する。中期琉球火山帯は阿蘇・始良・阿多および鬼界の4大カルデラを含み、活動の時期はほぼ更新世初期である。新期琉球火山帯は主として前記カルデラの中央火口丘を含み、活動の時期は更新世一現世である。古期琉球火山帯は阿蘇火山基盤にある火山岩類、三角半島に分布する火山岩類、肥薩火山区から霧島火山基盤にある火山岩類、蘭傘田火山区から始良火山基盤・阿多火山基盤をへて南西諸島にある火山岩を含み、活動の時期は新第三紀中新世一鮮新世である。肥薩火山区は、前述のように7つの火山岩類に大別することができる。そのうち西端にある矢筈山火山岩類 (熊本県水俣市と鹿児島県出水市との境界にある矢筈岳を主峰とする) は他の6つの火山岩類に比較し、 K_2O/Na_2O の値が著しく小さく、また total FeO の値がわず



○ 加久藤安山岩類 (新発表)
 × 同 (山本, 1960)
 — 肥薩火山区火山岩の平均化学成分曲線 (山本, 1960)

第1図 加久藤安山岩類の成分変化図

かに大きいという特徴がある。これは肥薩火山岩類の本源マグマが、砂岩・粘板岩などの堆積岩類を多量に混成同化しているが、その影響が前者では比較的小さく、後者では顕著であったためであり、このことは野外および鏡下の観察とよく一致する。古期琉球火山帯で上記の地域ごとに火山岩の平均化学成分を算出したところ、肥薩火山区以外の地域も肥薩火山区の特徴(Al_2O_3 ・アルカリに富み total FeO・CaO に乏しい)に類似した化学成分を有する。また新期琉球火山帯の火山岩にも同様の特徴がみられる。Peacock のアルカリ・石灰指数を示すと、肥薩火山区 (61.8)・古期琉球火山帯 (61.) および新期琉球火山帯 (60.) では大きい相違はないが、他の火山帯たとえば那須火山帯 (64.8)・大山火山帯 (60.)・鳥海火山帯 (60.) および環日本海岩石区 (54.) と比較すると、かなりアルカリ岩的な性質をもつという。

化学分析値の検討

6個の新分析値のほか、山本の5個の分析値および肥薩火山区火山岩の平均化学成分曲線 (山本, 1960) を第1図に示す。

肥薩火山区火山岩の平均化学成分曲線は、45個の分析値の SiO_2 含有量 5% 毎の各平均値から得たものであるが、この中には加久藤火山群の前回の5個の分析値や、前述のように化学成分がやや特異な矢筈岳火山群の11個の分析値なども含まれている。

第1図の示すところでは、新分析値は前回のものと特に著しい相違はなく、肥薩火山区火山岩としての特徴もっているが、 Na_2O にやや乏しく、 CaO にやや富む傾向がみられる。化学分析値に関する限り、加久藤安山岩類は SiO_2 51.7-65.5 の広い範囲に及ぶ。そのうち、最も苦鉄質なのは茶園平熔岩で、堅硬で重い濃青黒色の輝石安山岩である。最も珪長質なのは目倉越熔岩で、角閃石を斑晶とするガラス質安山岩で流理がみられる。加久藤安山岩類を鏡下で観察すると、一般に集斑状組織や外来結晶・外来岩片に富み混成作用の影響が著しい。本岩類は分化が著しいが、混成作用を受けた程度の差異によるものと思われる。

3. 加久藤熔結凝灰岩

3.1 研究史

加久藤火砕流は加久藤カルデラ形成直前に大量に流出したといわれており、この堆積物は加久藤安山岩類の上に載り始良火山入戸火砕流堆積物で覆われている。加久藤カルデラの東一北東方外側、すなわち小林市北方一帯に分布する加久藤熔結凝灰岩は、岩質および連続関係から加久藤火砕流堆積物に属することは明らかである。岩

石の斑状鉱物は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、この化学分析を行った。

加久藤カルデラから北方の宮崎・熊本両県境をつくる山脈を越えると人吉盆地で、ここには火砕流堆積物が4枚存在する。宮地 (1966) および種子田・宮地 (1971) によると、これらは下位から加久藤火砕流堆積物下部層・同上部層・阿蘇火砕流堆積物 (Aso 4) および始良 (入戸) 火砕流堆積物の順である。加久藤火砕流堆積物下部層は加久藤安山岩類の上に載り、斑状鉱物は斜長石・石英・緑色角閃石・紫蘇輝石および普通輝石からなり本層の Fission track 年代は 110,000年 B.P. (西村・宮地, 1973), ^{10}C 年代は 112,000年 B.P. (福岡・木越, 1971) である。また同上部層は厚さ約 3 m の礫層を隔てて前記下部層の上に載り、斑状鉱物は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、本層の ^{14}C 年代は >50,000年 B.P. (種子田・宮地, 1971) であるという。

鹿児島湾北部の国分付近に分布する加久藤火砕流堆積物は、荒牧 (1969) によると下部層と上部層とに分けられ、両者は1つの compound cooling unit を形成する。下部層の分布は局部的で少量であり、その斑状鉱物は斜長石・石英・普通角閃石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。上部層は沢村 (1956) の新川および萩の元両軽石流に対比され、斑状鉱物は斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・(普通角閃石) からなる。加久藤火砕流堆積物の年代は、この上位にある軽石質粘土層中の埋木の ^{14}C 年代の 33,000年 B.P. よりも古いという。

今回分析した試料は、斑状鉱物の組合せから加久藤火砕流堆積物上部層に対比できる。

3.2 化学組成

加久藤熔結凝灰岩の試料1個を化学分析し、その結果を第2表に示す。

分析者

東京石炭鉱物研究所

化学分析試料採取地点

宮崎県西諸県郡えびの町、石床から北北東約 3.9 km の道路ぎわ

試料の鉱物組成百分率

分析した岩石の肉眼および鏡下の記載は、えびの吉松地震調査報告 (太田・沢村, 1971) に詳しいので、ここでは略記する。本岩は一般に弱～中熔結で塊状・粗鬆であるが、試料を得た基底部は強熔結で緻密であり、一見輝石安山岩熔岩に酷似した外観を示し、多数の火山礫を包有し、また長さ 2-10 cm の黒色レンズが顕著である。鉱物組成百分率を次に示す。

斑状鉱物 (21.3%) : 斜長石 (18.6%), 紫蘇輝石 (1.2

第2表 加久藤熔結凝灰岩の
化学成分とノルム

SiO ₂	70.42
TiO ₂	0.46
Al ₂ O ₃	15.52
Fe ₂ O ₃	1.76
FeO	1.58
MnO	0.08
MgO	0.57
CaO	2.80
Na ₂ O	3.14
K ₂ O	2.59
P ₂ O ₅	0.11
H ₂ O (+)	0.24
H ₂ O (-)	0.34
total	99.61
Q	35.32
C	2.72
Or	15.31
Ab	26.57
An	13.17
Hy {	
En	1.42
Fs	0.84
Mt	2.55
Il	0.87
Ap	0.25

%, 普通輝石 (0.5%), 鉄鉱 (0.8%), 雲母 (0.2%)

基質 (78.7%) : ガラス質 (ガラス裂片構造がよく発達する)

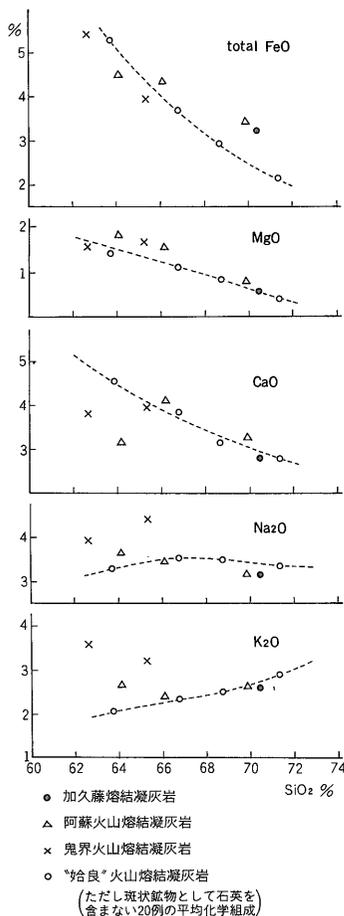
3.3 考察

加久藤熔結凝灰岩の化学分析値はこれまで公表されたことがない。そこでここでは同岩の化学分析値と、阿蘇・鬼界および“始良”諸火山の熔結凝灰岩 (ただし斑状鉱物の石英を含まないもの) の化学分析値を第2図に示す。

阿蘇火山熔結凝灰岩の2分析値および鬼界火山熔結凝灰岩の3分析値は“日本産火山岩の化学成分” (地質調査所, 1962) に記載されたものである。すなわち、前者は同書の nos. 768および769 (山口, 1938), 後者は同書の nos. 1030, 1031および1032 (MATSUMOTO, 1954) である。“始良”火山熔結凝灰岩の分析値は、同書に記載されたもののうち、斑状鉱物の石英を含まない20例をさらに次のように分けた。すなわち SiO₂ 66%以下 (同書の nos. 895, 897, 898, 829 および 940の5例), 66-68% (nos. 894, 928, 934および936の4例), 68-70% (nos.

917, 918, 919, 927, 930, 932, 935および946の8例) および70%以上 (nos. 925, 926および947の3例) の各グループに分け、それぞれの平均値から平均化学組成曲線を得た (山口, 1937-1938)。

鹿児島湾北岸一帯には多くの種類の火砕流堆積物が分布する。国分付近の地質を研究した沢村 (1956) は始良火山火砕流堆積物を下位から萩の元・新川・重久・岩戸および入戸の5軽石流堆積物に分類した。最後の2者が斑状鉱物の石英を含み、他は含んでいない。この分類はその後、多くの研究者により変遷があったが、荒牧 (1969) の最新の研究では、萩の元・新川両軽石流は加久藤火砕流に、重久軽石流は阿多火砕流にそれぞれ属すということである。“日本産火山岩の化学成分”に記載された始良火山に関する多くの分析値は、すべて山口謙次が行ったもので、第2図に用いた“始良火山熔結凝灰岩 (斑状鉱物の石英を含まないもの)” というのは、実は加久藤お



第2図 熔結凝灰岩の成分変化図

よび阿多両火砕流の熔結凝灰岩ということになる。しかし現在、山口の原著からこれを両火砕流のいずれかに区別することは不可能であるが、第2図によると、新分析値は total FeO を除き、前記の平均化学組成曲線にかなり近接している。

参考文献

加久藤安山岩類に関するもの

荒牧重雄 (1968) 加久藤盆地の地質—えびの吉松地域の地震に関連して. 震研報, vol. 46, p. 1325-1343.

長谷義隆・千藤忠昌・今西 茂 (1972) 宮崎県加久藤盆地およびその周辺の新生界—その層序と地質構造. 熊本大理研究報告, no. 2, p. 1-58.

MATSUMOTO, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes in Kyushu. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 19, sp. no.

太田良平・沢村孝之助 (1971) えびの吉松地区地震々源域付近の地質. 防災科学技術総合研究報告, vol. 26, p. 21-33.

渡辺一徳・田村 実 (1973) 熊本県芦北郡大野盆地の地質および肥薩火山区の火山岩類の産状について. 熊本大教育紀要, no. 22, sec. 1, p. 105-115.

山本 敬 (1960) 肥薩火山区の火山地質学的並びに岩石学的研究. 90p.

加久藤熔結凝灰岩に関するもの

荒牧重雄 (1969) 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物. 地質雑, vol. 75, no. 8, p.

425-442.

地質調査所 (1962) 日本産火山岩の化学成分. p. 1-441.

福岡孝昭・木越邦彦 (1971) 火山噴出物のイオニウム年代測定. 火山, ser. 2, vol. 15, p. 111-119.

MATSUMOTO, H. (1954) Petrological Study on rocks of Iwo-zima, Kagoshima Prefecture. *Kumamoto Jour. Sci.*, no. 4, p. 104.

宮地六美 (1966) 熊本県人吉盆地のシラス様堆積物. 九大教養地学研究報告. no. 13, p. 25-33.

西村 進・宮地六美 (1973) 南九州火砕流の Fission-track 年代. 岩鉱, vol. 68, no. 7, p. 225-229.

太田良平・沢村孝之助 (1971) (前出)

沢村孝之助 (1956) 5万分の1地質図幅“国分”および同説明書. 19p.

種子田定勝・宮地六美 (1971) 加久藤火砕流(上部層)の¹⁴C年代. 地質雑, vol. 77, no. 6, p. 399-400.

山口謙次 (1937・1938) 北部鹿児島湾の周縁地域における灰石類の岩石学的研究 (1~4). 地質雑, no. 44・45, vol. 527・533・534 および535.

——— (1938) 阿蘇外輪山内壁における数種の岩石に就いて. 火山, vol. 4, no. 1, p. 41・42.

(受付: 1976年5月26日; 受理: 1976年8月6日)