東山陰地域のアルカリ玄武岩類の岩石学的研究 (II)

— 兵庫県 の 玄 武 岩 類 * —

Petrological studies of the alkali basalts from eastern
San-in, Japan (2)

— Basalts of Hyogo Prefecture —

応 地 恭 子 (Kyoko Oji)**

応 地 善 雄 (Yoshio Oji)***

Abstract : The basalts of Hyogo prefecture are composed of many trachybasalts and a few trachyandesites, being accompanied with quartz xenocryst bearing andesite which has genetic relationship with those alkali rocks. They are lava flows which erupted in the age from Pleistocene to Recent. Eight samples of them have been chemically analysed anew. The basalts are characterized with properties that : 1) The rock-type having both plagioclase and olivine phenocrysts is abundant. 2) There is hardly any biotite and zeolite. 3) Basic inclusions are not contained and a few xenocrysts are found. 4) But there is quartz basalt that belongs to the calc-alkali rock series, which is derived from the alkali rock series by the contamination of granitic rocks. 5) They have a chemical tendency to be rich in Al_2O_3 and CaO and poor in K_2O and TiO_2 . This is occasioned by containing relatively many basic plagioclases.

1. ま え が き

兵庫県の玄武岩類の産地は山陰側但馬地方にみられる。そのうち、城崎付近の玄武洞と和田山東方界境の田倉山とはとくに著名である。それにもかかわらず、玄武洞玄武岩については、神津・渡辺 (万)・赤岡 (1919), 可児 (1931 a, b) のこの玄武岩に關した室内諸実験が報告されているにすぎず、詳しい岩石学的記載をみないようである。一方、田倉山玄武岩の地質と岩石学的記載は上治 (1925) によつてなされている。又地質調査所の 5 万分の 1 地質図幅「大屋市場」・「但馬竹田」・同説明書にもそれぞれこの地域の玄武岩の一部が記載されている。

2. 地 質

兵庫県地質鉱産図および同説明書 (1961) によれば、同県の玄武岩類は玄武洞玄武岩類

* 1963 年 9 月地質学会西日本支部第 46 回例会 (鹿大) 講演

** 筑紫女学園高校

*** 福岡学芸大学福岡分校

(昭和 39 年 7 月 30 日受理)

として一括され、その分布地は、1) 豊岡市玄武洞・二見山地区 2) 神鍋山から日高町に至る地区 3) 美方町味取・春來峠地区 4) 浜坂町南部県境の山頂部(ソラ山) 5) 養父郡広谷熊野地区 6) 田倉山地区である。これらのうち最大の規模を有するものは、2) と 4) である。兵庫県玄武岩類の分布は Fig. 1 に示した。

Fig. 1. Map showing the distribution of the basalts of Hyogo Prefecture.

玄武岩類の基盤は上記の分布地区に従って多少異っている。北部の玄武岩の直接の基盤は主として第三系である。即ち、玄武洞・二見山地区、神鍋山・日高町地区および浜坂南部ソラ山地区では中新世の北丹層群(八鹿層および豊岡層)で、春來峠地区ではこの中新世のほかに鮮新世の寺來層群(上・下部火山岩層および中部堆積岩層)をおおって流出している。一方、南部の露出地の直接の基盤は古期岩類が多い。即ち、熊野地区では主として中生層で、二疊紀の舞鶴層群、三疊紀の御拔山層群および白堊紀後期～古第三紀の火成岩体(花崗岩類・流紋岩・安山岩・緑色凝灰岩など)から構成され、それに伴って前記の北丹層群と古生代後期～中生代初期の夜久野塩基性岩類も発達している。田倉山地区の基盤岩もこれとほぼ同様であるが、地三系を欠き、新生代湖成堆積層が認められている。

玄武岩類はこれらの基盤岩の上に溶岩流として産出している。そのうち、神鍋山は基盤岩のうえに高さ約 160m の小火口を有する火山丘を形成し、その溶岩は東方の谷に流下して、日高町に至っている。又、田倉山は基盤岩の上にある標高 150~200m の玄武岩台地(小倉溶岩と衣摺溶岩、上治, 1925)とその上に標高 349.7m の小火山丘(田倉山溶岩、上治, 1925)とからできている。この火山には火口はみられないが、夜久野駅南東方に小規模の玄武岩ドームがみとめられる。これらの玄武岩には柱状節理がしばしば発達し

ている。玄武洞は青竜洞、朱羅洞と共に規模雄大で、広く知られ、田倉山でも各所にみられる。又、これらは石材としても採石されている。田倉山玄武岩の活動に関連して形成された水坂湖成層が第三紀より古くないこと(上治, 1925), 美方地区で大山系初期の火山活動と思われる鉢伏山安山岩をおおっていることなど、玄武岩の活動と相前後する他の地層との関係や、神鍋山・田倉山などのように火山地形の良好な残存状態などからこの地域玄武岩類の活動は最新世或は現世最初期と推定されている。

3. 玄武岩類の顕微鏡的記載

兵庫県の玄武岩類とそれに成因的關係が考えられる岩石類は次のように分類される。

アルカリ岩系

i) 粗面玄武岩

ii) 粗面安山岩

カルク・アルカリ岩系

i) 捕獲石英斑晶含有安山岩 (『石英玄武岩』)

これらのうち、粗面玄武岩が最も多量をしめ、他の産出は甚少い。これらの岩石類の構成鉱物とその光学的性質は Table 1 に、又、斑晶鉱物と捕獲斑晶の容量比は Table 2 にそれぞれ示した。次に、各岩石類について簡単に記載する。

Table 2. Volume per cent of the phenocrystic and xenocrystic minerals of analysed rocks of Hyogo Prefecture.

Locality	Phenocrysts			Xenocrysts		
	Plagioclase	Olivine	Titanite	Plagioclase	Augite	Orthopyroxene
Tochimoto	1.4%	3.1%	—	—	—	—
The cliff south of Yakuno Tunnel	0.7	2.5	—	—	—	—
Genbudo	—	4.3	—	—	—	—
The cliff west of Yakuno Station	0.6	3.3	—	—	—	—
Ogura quarry	1.0	2.2	—	—	—	—
Yuuya	3.3	5.1	4.6%	0.9%	—	—
Sora-yama	—	0.4	0.7	4.0	0.3%	0.1%
Haruki-toge	1.0	3.8	—	0.5	0.4	—

アルカリ岩系

i) 粗面玄武岩：粗面玄武岩は外観黒色～暗灰色を呈し、一般に細粒である。鏡下で、斑晶鉱物として、かんらん石のみを有するⅡb型が多いが、養父町熊野のものはかんらん石とチタン輝石とを有するⅣb型に属する。又、玄武洞・二見山産のをぞくすべての粗面玄武岩に斑晶斜長石が認められる。斑晶鉱物がかんらん石と斜長石とから構成される岩型が

Table 1. Constituent minerals and their optical properties of the basalts of Hyogo Prefecture

Nos.	Phenocrysts			Groundmass				Inclusions
	Feldspar	Olivine	Clinopyroxene	Feldspars	Olivine	Pyroxene	Accessory minerals	
1	Plagioclase $\gamma=1.575$ $\alpha=1.560$ An 73-62	Olivine $\gamma=1.715$ $\alpha=1.666$ Fa 16-24		Plagioclase $\gamma=1.573$ $\alpha=1.554$ An 69-50 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=86^{\circ}-80^{\circ}$ Fa 21-34	Titanaugite $\beta=1.693-1.705$ $2V_{\gamma}=46^{\circ}-43^{\circ}$	Magnetite Ilmenite Apatite	
2	Plagioclase $\gamma=1.574$ $\alpha=1.562$ An 71-65	Olivine $\gamma=1.729$ $\alpha=1.673$ Fa 20-29		Plagioclase $\gamma=1.572$ $\alpha=1.551$ An 67-45 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=85^{\circ}-81^{\circ}$ Fa 23-32	Titanaugite $\beta=1.696-1.700$	Magnetite Ilmenite Apatite	
3		Olivine $2V_{\alpha}=88^{\circ}-82^{\circ}$ Fa 17-30		Plagioclase $\gamma=1.573$ $\alpha=1.555$ An 69-52 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=87^{\circ}-79^{\circ}$ Fa 19-36	Titanaugite	Magnetite Ilmenite Apatite Brown glass	
4	Plagioclase $\gamma=1.573$ $\alpha=1.560$ An 70-61	Olivine $\gamma=1.734$ $\alpha=1.670$ Fa 18-31		Plagioclase $\gamma=1.571$ $\alpha=1.552$ An 66-47 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=85^{\circ}-76^{\circ}$ Fa 23-42	Titanaugite $\beta=1.697-1.706$ $2V_{\gamma}=45^{\circ}-42^{\circ}$	Magnetite Ilmenite Apatite	
5	Plagioclase $\gamma=1.577$ $\alpha=1.560$ An 76-61	Olivine $2V_{\alpha}=88^{\circ}-82^{\circ}$ Fa 18-30		Plagioclase $\gamma=1.571$ $\alpha=1.554$ An 66-50 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=85^{\circ}-76^{\circ}$ Fa 23-43	Titanaugite $\beta=1.696-1.705$ $2V_{\gamma}=49^{\circ}-44^{\circ}$	Magnetite Ilmenite Apatite Brown glass	
6	Plagioclase $\gamma=1.577$ $\alpha=1.557$ An 76-56	Olivine $\gamma=1.724$ $\alpha=1.664$ Fa 15-27	Titanaugite $\beta=1.689-1.696$ $2V_{\gamma}=51^{\circ}-47^{\circ}$	Plagioclase $\gamma=1.574$ $\alpha=1.553$ An 71-48 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=86^{\circ}-80^{\circ}$ Fa 21-34	Titanaugite $\beta=1.692-1.700$ $2V_{\gamma}=49^{\circ}-45^{\circ}$	Magnetite Ilmenite Apatite	Plagioclase
7		Olivine $2V_{\alpha}=87^{\circ}-82^{\circ}$ Fa 19-30	Titanaugite $\beta=1.694-1.702$ $2V_{\gamma}=50^{\circ}-46^{\circ}$	Plagioclase $\gamma=1.567$ $\alpha=1.548$ An 59-40 Potash plagioclase Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=85^{\circ}-75^{\circ}$ Fa 23-45	Titanaugite $\beta=1.696-1.707$ $2V_{\gamma}=49^{\circ}-44^{\circ}$	Magnetite Ilmenite Apatite	Plagioclase $\gamma=1.561$ $\alpha=1.551$? An 48-44 Orthopyroxene Augite
8	Plagioclase $\gamma=1.574$ $\alpha=1.556$ An 71-54	Olivine $2V_{\alpha}=87^{\circ}-79^{\circ}$ Fa 19-36		Plagioclase $\gamma=1.572$ $\alpha=1.550$ An 68-43 Anorthoclase	Olivine $2V_{\alpha}=83^{\circ}-76^{\circ}$ Fa 27-42	Augite $\beta=1.693-1.699$ $2V_{\gamma}=41^{\circ}$ $Wc_{36} En_{41} Fs_{23}$ Bronzite -Hypersthene $2V_{\alpha}=75^{\circ}-64^{\circ}$ $r > v$ Fs 22-32	Magnetite Ilmenite Apatite Brown glass Silica mine- rals	Plagioclase $\gamma=1.568$ $\alpha=1.553$ An 60-48 Quartz Granite

1. Olivine trachybasalt, Tochimoto near Kannabe-yama
2. Olivine trachybasalt, The cliff south of Yakuno Tunnel
3. Olivine trachybasalt, Genbudo
4. Olivine trachybasalt, The cliff west of Yakuno Station

5. Olivine trachybasalt, Ogura quarry
6. Titanaugite olivine trachybasalt, Yuuya Oyaichiba
7. Olivine bearing titanaugite trachyandesite, Sora-yama
8. Olivine andesite, Haruki-toge

多いことはこの地域の玄武岩類の特長の一つである。これらの斑晶鉱物の産状は山陰・北九州のアルカリ玄武岩類のそれに類似する。しかし本地域のものは、比較的小形で且つ Table 2 にみる如くより少量である。斑晶かんらん石は大きさ 1.5mm 以下の自形～半自形結晶、しばしばc軸方向に伸びた板状、そのほかの不規則形をしめす。又、へき開又は他の割れ目或は結晶外形にそつてイデイングサイト化（田倉山、玄武洞、二見山、神鍋山）したり、ときに蛇紋石化（熊野、田倉山、春來峠、熊波）している。チタン輝石は大きさ 1.5mm 以下の自形～半自形を呈し、しばしば累帯構造・(100) 双晶および砂時計構造をしめす。斜長石は長さ 2mm 以下の自形～半自形結晶で、すべて双晶している。微斑晶として磁鉄鉱がみとめられることがある。

石基は細粒。完晶質間粒状或は塊間状構造を呈し、僅かに褐色ガラスが認められるものもある。主たる構成鉱物は斜長石、かんらん石、チタン輝石、磁鉄鉱で、ほかにカリ斜長石、アノソクレーズ、チタン鉄鉱、燐灰石がふくまれる。アルカリ玄武岩中には副成分鉱物として、黒雲母および沸石が認められるのが普通であるが、本地域の粗面玄武岩中にこれらがみとめられないのも特長の一つであろう。又、上治は田倉山玄武岩台地を構成する小倉溶岩の石基の玄武角閃石を報告している。筆者（Y. O.）はこれを観察し得なかつたが、夜久野駅西方のトンネル上方の崖に露出する田倉山溶岩の石基中に多色性（ $X' = \text{Pale brown}$, $Z' = \text{deep green}$ ）顕著な玄武角閃石を認めたが、屈折率測定中に紛失した。しかしこのことから玄武角閃石はまれに小倉溶岩だけに含まれるのではなくて田倉火山の全溶岩中に産出するものと考えられ、その観点からこの玄武岩を考究する必要がある。

この地域の粗面玄武岩中に各種の捕獲結晶、捕獲岩をほとんど含まないのも特長の一つに数える。前報吉備高原玄武岩類（広地・広地、1964）は捕獲結晶として斜長石、石英、普通輝石などをふくむことが多く、又、ダナイト、輝岩、かんらん岩などをしばしば包有している。この地域のものにはかゝるかんらん石にとむ捕獲岩の含有が全くみとめられない。わずかに熊野産のものに斜長石（長さ 1.6mm 以下）をふくみ、まれに酸性岩源と思われる径 20mm の捕獲岩片を含有する（広川・東郷・神戸、前出）。

ii) 粗面安山岩：粗面安山岩は浜坂南方県境の山頂部に産する外観黒～暗灰色の岩石である。鏡下で、斑晶かんらん石およびチタン輝石はいずれも大きさ 0.5mm 以下の自形～半自形結晶で、少量含まれる。その産状は粗面玄武岩中のものに類似する。石基は細粒間粒状構造を呈し、僅かに褐色ガラスをふくむ。主として、斜長石、かんらん石、チタン輝石、磁鉄鉱から構成される。ほかに、カリ斜長石、アノソクレーズ、チタン鉄鉱、燐灰石がふくまれるが、いずれも甚だしい。

この粗面玄武岩中には捕獲結晶として多量の鋤長石、少量の普通輝石、まれに斜方輝石がふくまれる。斜長石は長さ 3.5mm 以下の半自形結晶で、融蝕、汚濁がいちじるしい。普通輝石は大きさ 1mm 以下で融蝕され且つ塵状物質で汚濁される。斜方輝石は長さ 1mm 以下で、微細なかんらん石、普通輝石が生成している。

カルク・アルカリ岩系

i) 捕獲石英斑晶含有安山岩：この安山岩はいわゆる「石英玄武岩」と称されるもので、春來峠南丘に産し、外観灰色捕獲花崗閃緑岩をしばしばふくむ。鏡下で、斑晶かんらん石は大きさ 1mm 以下の自形～半自形結晶で、斜方輝石の反応縁を有する。この安山岩は斑晶鉱物としてはかんらん石のみをふくむのが普通であるが、花崗岩質捕獲岩に近い部分

では斜方輝石が斑晶としても産する。それは長さ 0.6mm 以下の自形～半自形を呈し、ときとして普通輝石と連晶している。 $2V_{\alpha} = 78^{\circ} \sim 73^{\circ}$ ($r > v$), FS_{20-24} で、紫蘇輝石に属する。

石基は間粒状構造をしめし、主として、斜長石、かんらん石、普通輝石、頑火輝石—紫蘇輝石からなり、ほかに磁鉄鉱、チタン鉄鉱、磷灰石、アノソクレーズおよび珪酸鋁物がみとめられる。かんらん石は微粒の斜方輝石の反応縁を有する。

この安山岩には、捕獲花崗閃緑岩および斜長石と石英捕獲結晶がふくまれる。斜長石は塵状物質による汚濁いちじるしく、しばしば蜂巣状構造を呈し、又、石英と共にその周辺の融蝕がさかんな部分は、絹糸状にのびた珪酸鋁物、褐色ガラスを生じ、そこには斜方輝石と単斜輝石が多量晶出している。

この安山岩はアルカリかんらん石玄武岩マグマが多量の花崗岩類を同化することによって生じた斜方輝石を晶出しうる程度にシリカにとんだ混生マグマに由来するものである。この岩石は斜方輝石が石基鉱物としてのみ存在するⅢ a→b 型である。しかし、残存する花崗岩質捕獲岩片に近い部分には、斑晶及び石基鉱物として多量の斜方輝石を生じてⅡ a→b 型を呈し、且つ、この斜方輝石は捕獲岩片より遠ざかるにしたがってその量を減じている。この事実はこの種の混生マグマの生成機構を考察する上に甚だ興味あることであるので、ほかの地域の関連する岩石類を併せ検討して後に詳述する。

4. 玄武岩類の化学組成

兵庫県アルカリ玄武岩類 7 個と春來峠の石英捕獲岩含有安山岩 1 個が筆者 (K. O.) によつて新たに分析された。その結果は Table 3 に示した。この表のうち Sample No. 2 と No. 5 とは夫々衣摺溶岩と小倉溶岩に相当し、既に分析値が与えられている。筆者の

Table 3. Chemical composition of the basalts of Hyogo Prefecture.
Analyst. K. Oji

Nos.	1	2	3	4	5	6	7	8
Types of mineral assemblage	IIIb	IIIb	IIIb	IIIb	IIIb	IVb	IVb	IIIa→b
SiO ₂	48.50	48.51	50.19	50.21	50.49	50.80	54.90	52.94
TiO ₂	1.78	1.76	1.97	1.56	1.70	1.21	1.26	1.25
Al ₂ O ₃	17.74	17.29	17.33	18.01	17.93	17.12	17.60	18.44
Fe ₂ O ₃	2.21	3.55	2.07	2.82	1.66	2.72	2.91	2.53
FeO	8.62	6.90	6.94	7.99	8.22	5.02	3.83	4.44
MnO	0.17	0.16	0.12	0.11	0.14	0.14	0.10	0.13
MgO	6.56	6.13	6.44	4.94	5.52	7.58	3.43	5.65
CaO	8.67	8.12	8.27	8.23	8.57	9.10	6.19	7.59
Na ₂ O	3.48	3.19	3.70	3.39	3.33	3.28	5.89	3.88
K ₂ O	0.93	0.90	1.49	1.07	0.99	1.11	2.19	1.54
P ₂ O ₅	0.48	0.58	0.65	0.68	0.62	0.28	0.30	0.51
H ₂ O+	0.23	1.61	0.31	0.12	0.30	0.86	0.68	0.33
H ₂ O-	0.11	0.85	0.14	0.37	0.23	0.85	0.33	0.12
Total	99.48	99.55	99.62	99.50	99.70	100.07	99.61	99.35

Sample numbers same as in Table 1.

新分析値と比較すると、この両者は Na_2O をのぞいて可成りより一致している。又、No. 3 の玄武洞玄武岩についてはすでに杉浦と浅山（地調、1953）によつて総化学組成が報告されている。筆者のそれは後者のものに一致している。

表に示したこの地域のアルカリ玄武岩類の SiO_2 は 48.5~54.9% の範囲をしめし、これは前報吉備高原玄武岩類の SiO_2 45.4~50.6% より酸性である。各酸化物をみるに、この地域のものは Al_2O_3 と CaO が多く、 TiO_2 、 K_2O が少い傾向をしめしている。それはモードとして塩基性斜長石が比較的多量にふくまれていることによるもので、この地域のアルカリ玄武岩類の特長の一つとみることが出来る。Peacock のアルカリ石灰指数を推定すると約 53 であり、これは環日本アルカリ岩石区の 53.1 に等しい。

又、この総化学組成からノルム鉱物を算出すると、粗面玄武岩類はすべて SiO_2 に飽和し、ソラ山の粗面安山岩のみがむしろ SiO_2 に不飽和となつて、ノルム霞石 2.2% を現出している。これはアルカリが比較的多量にふくまれることに因基している。

Fig. 2. Diagram showing the ratio of $\text{MgO} : \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ of the analysed rocks of Hyogo Prefecture. Broken lines indicate the differentiation trend of the alkali rock series of the Iki islands and Higashi-matsuura district and the area enclosed with dotted line is that of the alkali basalts of Kibi plateau.

次に、これらのアルカリ玄武岩類の $\text{MgO} : \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} : \text{Alkalies}$ を三角形図に点示したものは Fig. 2 に示した。比較のため同図に嵯峨島および東松浦地区 (Aoki, 1959) と吉備高原アルカリ玄武岩類の変化径路を併示した。この地域のアルカリ玄武岩類はほとんどこの中に点示されるが、玄武洞と熊野のものがその下方にずれて、点示される。前者はかんらん石にとむためと考えられる。後者は前節に於てのべたように、花崗岩質岩石を

同化したと思われる痕跡をのこしているので、このことが影響したもので、同様の傾向はすでに吉備高原や見島、阿武地区などの西山陰地域のアルカリ玄武岩類について指摘した通りである (Oji, 1961)。

捕獲石英斑晶含有安山岩は SiO_2 53.2% をしめし、一般的性質は西山陰および北九州、壱岐島などの同種岩類のそれに類似している。総化学組成からノルム鉱物をみるに、 SiO_2 に過飽和で、ノルム石英 0.84% が算出される。又、 $\text{MgO} : \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} : \text{Alkalies}$ 三角形図で、この安山岩はアルカリ玄武岩類より下方にずれて点示され、西山陰阿武地区の同種岩類の点示範囲に入ることが認められる。この安山岩の岩型 III a-d はすでに青木 (Aoki, 1959) ののべた如く、比較的早期の混生マグマを代表するものと考えられるものであるが、それにしては比較的酸性を示すのは岩石成因を考察する場合重要と思われ、これらに関しては後に論述する筈である。

本稿を終るにあたり、御指導、御助言をあたえられた東北大学理学部河野義礼教授、青木謙一郎博士、北海道大学理学部八木健三教授に深謝する。又、野外調査と室内実験に御協力をえた九州大学理学部石橋澄氏と播摩耐火レンガ K. K. 菊地克之氏に感謝する。

引 用 文 献

- Aoki, K. (1959), Petrology of alkali rocks of the Iki islands and Higashimatsuura district, Japan, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 3, **6**, 261~310.
- 広川 治・東郷文雄・神戸信和 (1954), 1/5万 地質図幅「大屋市場」同説明書, 地調. 1/5万 地質図幅「但馬竹田」同説明書, 地調.
- 兵庫県 (1961), 兵庫県地質鉱産図, 同説明書.
- 可児弘一 (1931a), 玄武洞産玄武岩と類似の成分を有する人造ガラスの熱分析および熱膨脹について, 岩鉱, **5**, 272~278.
- (1931b), 玄武洞産玄武岩溶融物の耐酸並びに耐アルカリ性におよぼす温度の影響, 岩鉱, **6**, 24~28.
- 神津淑祐・渡辺万次郎・赤岡純一郎 (1919), 火成岩溶融現象の研究, 地質, **26**, 67~83.
- Oji, Y. (1961), Petrology of the Cenozoic basaltic rocks of western San-in and north Kyushu, Japan, Bull. Fukuoka Gakugei Univ., Special **1**, 1~89.
- 広地恭子・広地善雄 (1964), 東山陰地区のアルカリ玄武岩類の岩石学的研究, 岩鉱, **52**, 164~173.
- 地質調査所 (1962), 日本産火山岩の化学成分, 266~268.
- 上治寅次郎 (1925), 丹波田倉火山の地質, 地球, **3**, 18~36.