

## 九州中部および北西部に分布する 火山岩の比重および吸水量\*

鎌 田 泰 彦\*\*

Specific Gravity and Absorption of Volcanic Rocks distributed  
in Middle and Northwestern Parts of Kyushu, Japan

By

Yasuhiko KAMADA

### Abstract

The specific gravity and absorption of water of 70 volcanic rock samples which were collected from the middle and northwestern parts of Kyushu were measured. The volcanic rocks in this surveyed area were classified into three volcanic rock series, namely, San-in, Hôhi and Continental, depend upon the geologic stages of their volcanic activities and lithologic characters.

The San-in volcanic rock series (late Pleistocene to Recent) which is composed chiefly hornblende andesite has light specific gravity and high percentage of absorption. On the other hand, the Continental volcanic rock series (late Miocene to Pliocene/ or Plistocene) which is composed basalt has heavy specific gravity and small quantity of absorption. The Hôhi volcanic rock series (early Pleistocene) is characterized by the consisting of pyroclastic rocks and the pyroxene andesite lava flows. The Hôhi volcanic rock (so-called Chikushi lava) has intermediate values of specific gravity and absorption between those of the San-in and the Continental.

The increase of specific gravity according to the volcanic rock series from acidic to basic have a close relationship with the decrease of absorption of water.

### I まえがき

一般に火成岩の物理的性質は、新鮮な岩石の場合には造岩鉱物の種類とその組合せや、結合状態（組織・結晶度）などによって決ってくる。とくに岩石の比重は、主要造岩鉱物の比重が、石英や長石類の2.6~2.7から、かんらん石の3.3~4.3までの範囲にある所から、酸性岩では2.6付近のものが多いのに対し、超塩基性岩においては3.2に達するものもある。また一度岩

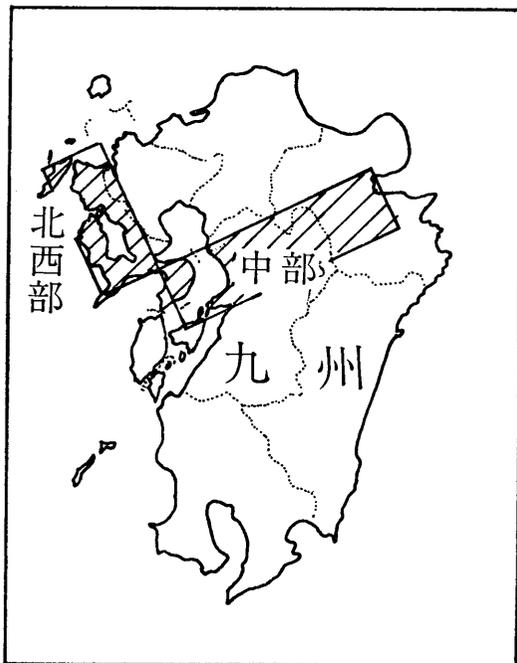
\* 日本地質学会西日本支部第87回例会（於福岡教育大学）にて講演（1976年2月15日）

\*\* 長崎大学教育学部地学教室

石が風化すると、その程度によって、岩石の物性が著しく変化することはよく知られた所である（大草，1972，p.51～54）。

近年，コンクリート用や道路の舗装用の粗骨材の原材料は，川砂利より碎石へと転換してきているが，碎石の品質管理のため，岩石の比重・吸水量（吸水率）・摩損率（すりへり減量）などの物理試験が行われる場合が多い。石外ら（1964）は電力会社関係のダムの地点，および堤体材料用・コンクリート骨材用の原石山の地質調査の際に採取した約100個の岩石について，その比重・吸水率・耐圧強度などの物理的性質の測定値を求め，それぞれの相関を報告している。また小貫（1968）は東北地方の碎石の試験結果の一部を表示している。

しかし，多くの場合，骨材の物理試験の測定結果は，直接粗骨材の品質の評価に結びつくため，一般には公表される機会がきわめて少ない。そのため，その測定値が地質学における岩石の記載に用いられないことがない許りか，応用地質学や土木地質学の教科書においてすら充分引用されているとは思われない。とくに碎石の物理的性質とその原石となる岩石の地質学的特徴—火山岩であれば産状・造岩鉱物・組織・噴出時期など—との関連性の究明に不足している。



第1図 位置図

筆者は，昭和43年度より文部省科学研究費特定研究（災害科学）に参加し，「西部地区における災害の地域的特性に関する総合的研究」（研究代表者：栗原道徳）の分担者として，主として九州の地盤災害の地質的特性の研究を行ってきた。その間，九州の中部～北西部に広い分布をもつ火山岩類の物理的特性を数量化する必要を感じてきた。そのため，粗骨材の品質評価に用いられている岩石の比重と吸水量の測定法を適用して，これまで70個所の試料について量り，その結果と地質的条件との関連性を考察した。碎石の試験材料とした火山岩の産地の大部分は，長崎県内に集中する結果になったが，ある程度の一般性をつかむことができたので報告する（第1図）。

## II 九州中・北西部における火山岩の噴出時期と分布

北・中部九州における後期新生代の火山活動史については、松本(1963, 1973)がしばしば論じており、その時期を中新世中期より現世に至る間にI～VIの6期に区分している。今回、比重および吸水量測定のために採取した火山岩の大部分は、次の3つの火山活動時期(Ⅲ, IV, V)に流出した溶岩に属している(松本, 1973)。

Ⅲ期 中新世末期～鮮新世(～一部更新世)

大陸系火山活動としての北西九州の主要な玄武岩溶岩流出とそれに伴う火山岩類の活動

Ⅳ期 更新世初期

大量の安山岩類の降下火砕岩を伴い、溶岩台地形成を主とする豊肥火山活動

Ⅴ期 更新世後期(～一部現世)

山陰系火山活動

### a. 大陸系火山活動にともなう溶岩

長崎県北部より佐賀県の北西部にかけて広く分布する松浦玄武岩は、かなり開析されているとはいえ、国見岳(777m)の周辺においては広大な溶岩台地の原面を留めている。谷に面した山腹斜面においては、しばしば、玄武岩の採石が行われている。本調査では、「平戸」図幅(1/50,000地質図、以下同じ)内の田平地区、「佐世保」図幅の鹿町、江迎、吉井の各地区の玄武岩を採取した。江迎町潜龍田ノ元と吉井町乙石尾において採石されている玄武岩は、新第三系佐世保層群を不整合に被覆する八ノ久保砂礫層の直上に流出した、無斑晶質玄武岩の溶岩である。「佐世保南部」図幅内の西彼杵半島北西部では、西海町太田和の採石場より玄武岩の試料を採取した。この玄武岩は西彼杵層群を不整合に被覆する八ノ久保砂礫層に対比される円礫を含む砂礫層と西海凝灰角礫岩にはさまれた溶岩流で、松浦玄武岩の旧期溶岩の一部をなすものと考えられ、岩質は粗粒玄武岩質である。また「大村」図幅内の多良岳火山の基底をなす玄武岩も所により採石されている。

### b. 豊肥火山活動にともなう溶岩

豊肥火山活動の初期には多量の火山碎屑岩類の噴出があり、末期には輝石安山岩溶岩(いわゆる筑紫溶岩)の流出が認められている(松本, 1963)。九州中部において骨材用の碎石の原石となっているのは、ほとんど大部分がこの筑紫溶岩である。岩質は一般に複輝石安山岩であるが、所によりオパサイト化した角閃石や、かんらん石を含むことも多い。

本調査のために採取した試料の産地は、大分・熊本県下では東から鶴見岳、九重山、阿蘇山外輪山、金峰山の基底部および宇土半島である。長崎県下では、有喜・長崎・多良火山岩類の上半部の輝石安山岩溶岩の部分が採石の対象となっている。これらの溶岩は「肥前小浜」図幅では森山安山岩、「長崎」図幅では小江原安山岩、「大村」図幅では大村安山岩とよんだ(鎌田, 1974)。「早岐」図幅内の川棚町石木地区に集中している採石場の原石は、虚空蔵火山の基底をなすものであるが、これは豊肥火山活動の初期に流出した安山岩と考えられる。また「長崎」図幅内のこの活動の最後の溶岩として彦山型無斑晶質安山岩の小岩体があり、岩質は小江原安山岩とはやや異なり、斑晶がきわめて少ない。

### c. 山陰系火山活動にともなう溶岩

山陰系火山活動によって、由布・鶴見・久住・雲仙などの大きな火山体がつくられているが、その溶岩は共通して粗粒の斑晶をもつ黒雲母角閃石安山岩で構成されている。これに対し、「肥前小浜」図幅内の飯盛山を模式とする小規模な飯盛型溶岩円頂丘は、斑晶に乏しい角閃石安山岩で構成されている。同類の火山体として、熊本県下では金峰山、三角岳がある。長崎県

下では、飯盛山付近に佐田岳、八天岳などがある他、長崎市滑石<sup>なめし</sup>西方のコン岳（通称）や琴海町西海の谷門山、大村市の武留路山<sup>むるろ</sup>などがあげられる。また「肥前小浜」図幅内の森山安山岩の一部にこれに類似した岩体がある。この小規模な溶岩円頂丘をつくる火山岩は、筑紫溶岩より硬度が低いため碎石の対象にはならないが、適当な粘性をもつので石垣用の石材（間知石）として採石されている。

雲仙における粗晶の黒雲母角閃石安山岩と、飯盛型溶岩円頂丘の斑晶の小さい角閃石安山岩の中間をなすのが、「長崎」図幅東部の井樋尾岳の角閃石安山岩であり、その周囲の行仙岳、普賢岳、船石岳、松尾岳などを構成している。この井樋尾型の火山体の規模は飯盛型よりはるかに大きい。

### Ⅲ 試料の採取と測定法

比重および吸水量の測定には、できるだけ風化していない新鮮な母岩を対象とする必要があるため、試料の採取は主として現在稼働中の採石場において行った。コンクリート用骨材（バラス）用の碎石をとっている所では、原石をクラツシャーで破碎し、スクリーンを通過して粒度をそろえたものから採取した。石垣用石材（間知石）を切出している所では、現場においてハンマーを用いて原石を割り、バラスと同じ状態に整形したものを採取した。また採石場以外の試料は、つとめて人工的につくられた新しい露頭より同じ方法で採取するようにした。試料の大きさは、道路用碎石の粒度の規格における3～4号程度の20～40mmのものをえらんだ。

比重および吸水量の測定は、JIS A 1110に定められた「粗骨材の比重および吸水量試験」にしたがって行なった（伊東，1962）。あらかじめ酸化鉄の被覆のついたものは除去した後、水をかけながらブラシかたわしを用いて、よく表面を洗浄し、さらに丸底のボウルに入れて水を加えて充分攪拌する。この操作により、試料表面の付着物と先の尖った角がとれるため、測定中に粒がぶつかり合って減量することを防ぐことができる。この前処理を行った試料を水中に浸けておき、24～48時間後に測定を始める。使用した天秤は、円井製作所K.K.製「精密比重天秤（特殊秤）」である。

JIS A 1110 による測定法は次のような項目について比重天秤にて重量を量る。

#### a. 比重

試料の空气中重量（表面乾燥飽和状態）……………B  
 （試料+網かご）の水中重量……………W<sub>1</sub>  
 網かごの水中重量……………W<sub>2</sub>  
 試料の水中重量……………C=W<sub>1</sub>－W<sub>2</sub>  
 試料と同体積の水の重さ……………B－C

$$\text{比重} = \frac{B}{B - C}$$

#### b. 吸水量

試料の炉乾燥重量……………A  
 試料中の水量……………B－A

$$\text{吸水量（重量百分率）} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

試験は2回行い、比重にあっては測定値の差が0.02以下、吸水量の場合は0.05%以下の精度が要求される。実際には、比重の場合は2回の測定でその差が0.02以下になって、直ちに平均値を計算するのが普通である。しかし、吸水量では最初の2回の測定値によって、その差が

0.05%におさまることは少なく、更にもう1回同じ操作を繰返した。なおも差が0.05%を越える場合には、3つの値のうち差の少ない値を2つとり、その平均値をもって吸水量の暫定的値とした。吸水量に変動が大きくなる原因としては、炉乾燥状態（絶乾状態）の完全さの有無と、表面乾燥飽和状態（表乾状態）をつくり出す際の、表面水の除去の程度によるものと考えられる。

#### IV 火山岩の比重と吸水量

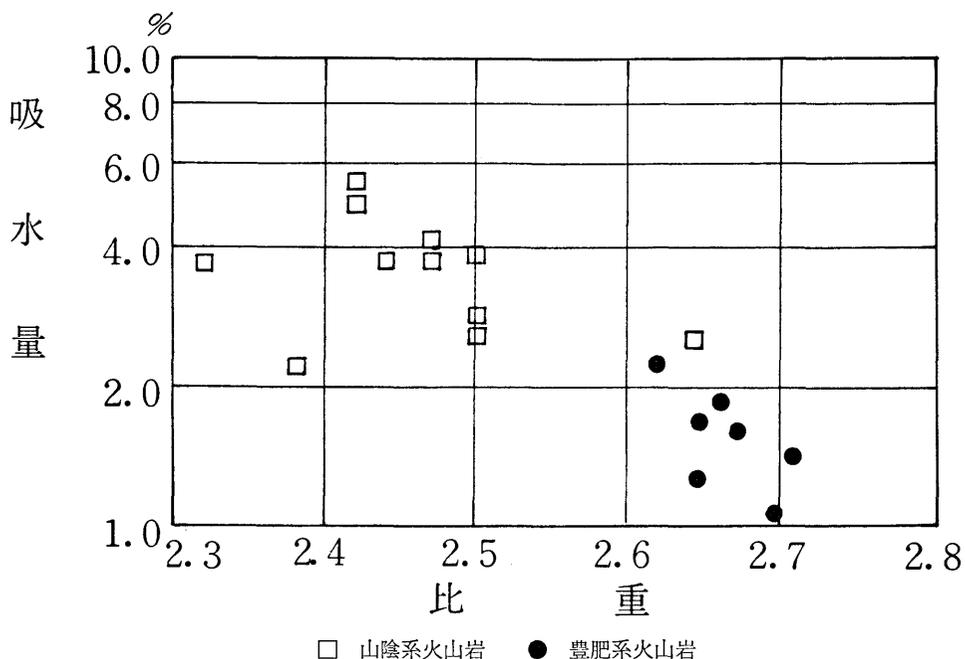
##### 1. 九州中部の火山岩（第1表、第2図）

第1表 九州中部における火山岩の比重・吸水量

	No.	地 域	個 所 名	比 重	吸 水 量
山陰系火山岩 (角閃石安山岩)	1	別府市	鶴見岳	2.320	3.736
	2	〃	由布岳	2.439	3.668
	3	〃	捏 山	2.381	2.218
	4	久住町	久住山	2.498	2.860
	5	三角町	三角岳	2.643	2.506
	6	島原市	眉山①	2.471	3.704
	7	〃	〃 ②	2.499	3.885
	8	小浜町	仁田峠	2.423	4.847
	9	〃	吹 越	2.184	7.446
	10	〃	野岳(南)	2.466	4.010
	11	深江町	〃(東)	2.416	5.500
	平 均	(N=11)	2.431	4.035	
豊肥系火山岩 (輝石安山岩)	12	別府市	城 島	2.619	2.261
	13	九重町	十三曲	2.647	1.026
	14	湯布院町	深見ダム	2.706	1.420
	15	〃	下湯平	2.647	1.639
	16	阿蘇町	大観峰	2.661	1.881
	17	河内芳野村	塩 屋	2.659	1.620
	18	宇土市	城 塚	2.697	1.083
		平 均	(N=7)	2.662	1.561

九州中部の火山岩は、東は大分県鶴見岳より、西は長崎県雲仙岳に至る間の、いわゆる九州横断道路にそった地域より採取したものである。豊肥系火山活動の火山岩は主として大分・熊本県下の7地点の採石場より、また山陰系火山岩は鶴見岳・由布岳・久住山・雲仙岳などの10地点の露頭より採取して試料とした。

山陰系の角閃石安山岩の比重は2.3~2.5（平均2.43）、吸水量は2.0~6.0%（平均4.04%）



第2図 九州中部における火山岩の比重と吸水量の関係

の範囲内のものが大部分であるが、例外的に三角岳の角閃石安山岩が2.64の比重を示している。豊肥系火山岩に比較すると、比重は小さく、吸水量が大きく、また分散がより著しいのが特徴である。雲仙岳の吹越の角閃石安山岩は、比重2.18、吸水量7.45%という特異な値をとる。この値が本質的なものなのか、また風化などによる二次的なものかは明らかでない。

豊肥系火山岩の比重はほとんど2.6~2.7（平均2.66）に集中し、吸水量は1.08~2.26%（平均1.56%）の範囲内にあって、かなりよくまとまっている。試料の産出地域の分布からすると、大分県の城島高原より熊本県の宇土半島に至る間の、九州を横断する範囲の拡がりをもつが、豊肥系火山岩（主として複輝石安山岩）が火山岩のもつ物理的性質では安定した均質なものであるということが知られる。比重・吸水量相関図におけるこれらの安山岩が示す値は、後述する長崎県内の安山岩と比べると、比重の点では大村安山岩より重く、小江原安山岩（長崎市）よりも軽く、両者の中間の川棚安山岩に近い位置を占めている。

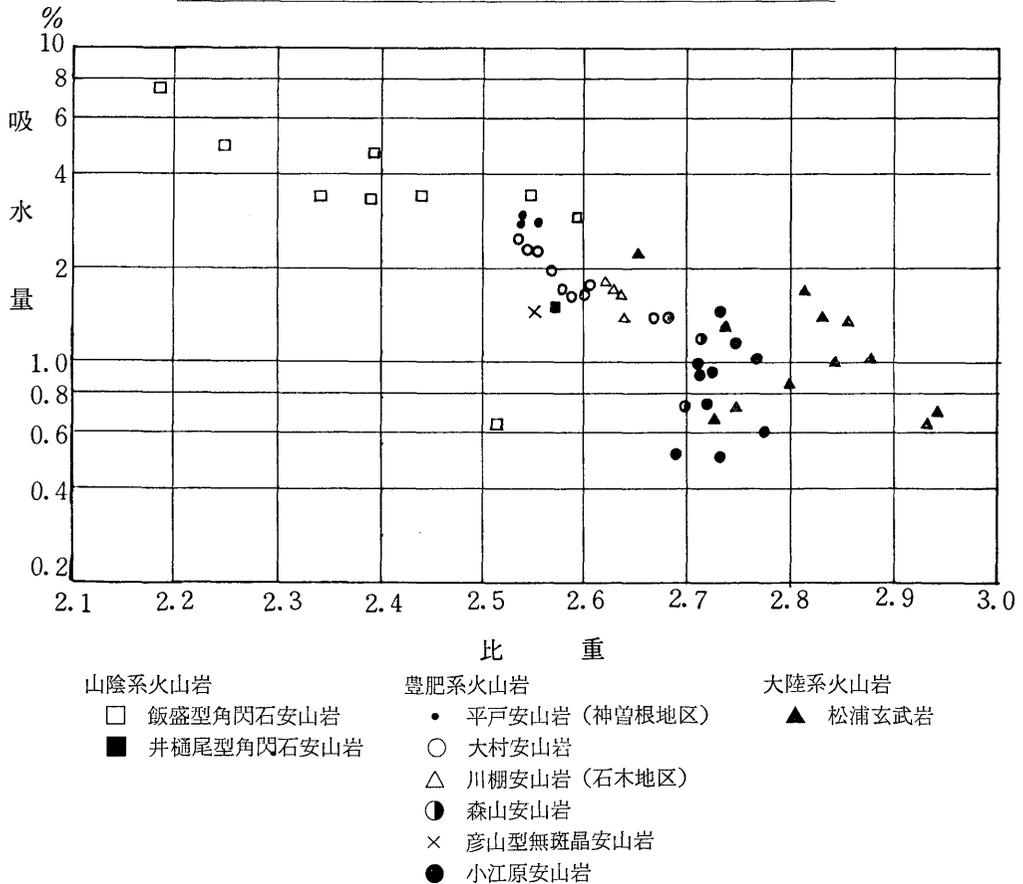
## 2. 九州北西部（長崎県）の火山岩（第2表、第3図）

第2表 九州北西部（長崎県）における火山岩の比重・吸水量

	No.	地 域	個 所 名	比 重	吸水量(%)
山陰系火山岩 (角閃石)	1	東彼杵町	武留路山	2.514	0.624
	2	琴海町	谷門山	2.379	5.217
	3	多良見町	井樋尾岳	2.595	2.879
	4	飯盛町	補 伽	2.574	1.475
	5	"	佐田岳①	2.392	4.610
	6	"	" ②	2.439	3.278
	7	"	八天岳	2.547	3.366

安山岩	8	森山町	慶師野①	2.249	4.820
	9	"	" ②	2.340	3.356
		平均	(N=9)	2.448	3.292
豊肥系火山岩 (輝石安山岩)	10	平戸市	神曾根①	2.543	2.891
	11	"	" ②	2.567	2.776
	12	"	" ③	2.544	2.841
	13	川棚町	石木 ①	2.631	1.701
	14	"	" ②	2.624	1.770
	15	"	" ③	2.638	1.651
	16	"	" ④	2.641	1.357
	17	大村市	松原	2.669	1.364
	18	"	坂口 ①	2.580	1.670
	19	"	" ②	2.592	1.619
	20	"	" ③	2.537	2.482
	21	"	荒平	2.573	1.971
	22	"	徳泉川内①	2.606	1.766
	23	"	" ②	2.545	2.226
	24	"	" ③	2.602	1.680
	25	"	" ④	2.550	2.261
	26	長崎市	小江原①	2.725	1.162
	27	"	" ②	2.768	0.986
	28	"	" ③	2.735	1.405
	29	"	" ④	2.748	1.112
	30	"	福田崎	2.734	0.490
	31	"	戸町	2.714	0.920
	32	"	稲佐山	2.713	0.943
	33	"	金比羅山	2.692	0.516
	34	"	彦山	2.550	1.416
	35	長与町	琴尾山	2.778	0.584
	36	"	大浦	2.722	0.718
	37	森山町	釜	2.684	1.334
	38	"	慶師野	2.704	0.714
	39	"	井牟田	2.715	1.260
	平均	(N=30)	2.647	1.520	

大陸系火山岩 (玄武岩)	40	田平町	野田	2.798	0.881
	41	〃	上亀	2.879	1.064
	42	〃	小手田	2.725	0.669
	43	鹿町町	歌ヶ浦	2.651	2.159
	44	江迎町	田ノ元①	2.856	1.335
	45	〃	〃②	2.851	1.059
	46	吉井町	乙石尾①	2.947	0.707
	47	〃	〃②	2.934	0.643
	48	佐世保市	庵ノ浦	2.844	1.006
	49	西海町	黒口	2.830	1.472
	50	〃	太田和	2.813	1.699
	51	大村市	原郷①	2.737	1.344
	52	〃	〃②	2.744	0.723
	平均	(N=13)	2.816	1.135	



第3図 九州北西部における火山岩の比重と吸水量の関係

長崎県下の本土側の火山岩には、流紋岩、安山岩、玄武岩に属する種々の岩型が含まれるが、流紋岩は今回は扱わなかった。安山岩は、山陰系角閃石安山岩の中に飯盛型と井樋尾型の2型、また豊肥系輝石安山岩の中に地域性を考慮して、平戸・川棚・大村・森山・彦山・小江原の6型を識別して考察した。また、玄武岩は松浦玄武岩として一括した。

山陰系角閃石安山岩の比重は一般に小さいが、その範囲は2.34~2.60(平均2.448)に及び、分散が著しい。吸水量も広範囲にわたるが、3~5%(平均3.292%)のあたりに集る傾向は認められる。試料は少ないが、井樋尾型安山岩の比重は飯盛型よりも大きいといえる。大村北部の武留路山は単独の溶岩円頂丘をつくるが、その角閃石安山岩の吸水量は0.624%というかなり小さな値を示している。

豊肥系の輝石安山岩の比重はおよそ2.5~2.8(平均2.647)の範囲に、また吸水量は0.5~3.0%(平均1.520%)の間に含まれる。試料の産地の地域的変化がある程度認められ、大よそ平戸・大村・川棚・森山・小江原の順に比重が大きくなり、吸水量は逆に少なくなる傾向を示している。このうち、平戸・大村・川棚の各安山岩の試料は、互いに接近した採石場より採取しており、殆んど同一の溶岩の性質を示すため、図上にプロットした点が集るのは当然の結果である。しかし長崎火山岩類の溶岩部を代表する小江原安山岩の産地が、東西10km、南北20kmの地域に散在しているのにもかかわらず、比重と吸水量の測定値は、非常に接近した位置をもっている。これは小江原安山岩の物理的性質が均質的であり、大村・川棚安山岩とは明らかに区別される性質をもつことを暗示している。

松浦玄武岩については、大部分が2.8~2.9(平均2.816)の比重をもつことにより、玄武岩としての特徴を十分あらわしている。しかし、吸水量は試料産地により0.64~2.16%(平均1.135%)の範囲を変化している。もっとも比重が大きいのは吉井町乙石尾の玄武岩であり、今回測定した70試料中の最高の2.947の値がえられている。また一部の玄武岩は、長崎地域の小江原安山岩のもつ値と重複している。

## V 考 察

比重と吸水量との相互関係を示すのに、比重を直線目盛の横軸に、吸水量を対数目盛の縦軸をとっている。図上で両者の関係を見ると、一部の角閃石安山岩と玄武岩を除いて、片対数グラフ上において逆相関的に直線関係が成立している。すなわち、比重の増大は吸水量の減少をあらわす。石外ら(1964)は約100個の岩石の比重と吸水量との関係を求め、相関をもたないAグループ(花崗岩、砂岩、片麻岩)と、相関をもつBグループ(凝灰質岩石、緑色片岩、石墨片岩など)とを識別した。Bグループでは比重が増加すれば吸水量が減少し、 $Y=be^{-ax}$ (比重、X;吸水量、Y)で表わすことができることを明らかにしている。

本研究では、測定資料を火山岩に限定しているため、比重と吸水量との逆相関の関係をつくりだす原因は、造岩鉱物の種類と結晶の集合状態(組織・結晶度など)と、空隙の存否・多少などに起因するものと考えられる。一般的傾向として、酸性より塩基性に移行するのに従い、比重の増大と吸水量の減少がともなっていることから、マグマ流出の際に粘性の小さい塩基性火山岩にあっては比重の大きい緻密な岩石がつくられ、粘性の大きい酸性火山岩では比重が小さく、やや空隙の多い岩石がつくられることが再認識される(第3表)。

第3表 九州中部・北西部における火山岩の平均比重・吸水量

地 域	火山岩	山 陰 系 (角閃石安山岩)	豊 肥 系 (輝石安山岩)	大 陸 系 (玄 武 岩)
	九 州	比 重	2.431	2.662
中 部	吸水量(%)	4.035	1.561	—
九 州	比 重	2.448	2.647	2.816
北 西 部	吸水量(%)	3.292	1.520	1.135

## VI 結 語

九州中・北西部における火山岩（流紋岩を除く）の比重と吸水量を測定した結果、火山地質学の立場から識別された大陸系、豊肥系、山陰系の火山活動期の火山岩が、それぞれ特有の物理的性質をもっていることが判った。また火山岩における比重と吸水量との間の強い相関関係の一般性も明らかになった。

本研究の端緒になった火山地質と地盤災害との関係については、他の多くの要因（例えば産状、節理、風化、浸食、植生など）を考慮しなければ解決のつかない問題であるが、基礎的なデータのの一つとして、火山岩の比重および吸水量の多くの測定値が加わったことは、今後の研究の一助になるものと思う。

本研究を進めるに当たり、文部省科学研究費特定研究（災害科学）の「九州の自然地理的災害特性」研究班の、元長崎大学工学部長栗原道徳・同教育学部教授石井泰義・同教養部教授松本 徭夫の諸先生方には現地調査の際に行動を共にし、種々の御教示を頂いた。また室内試験には、長崎大学教育学部地学教室研究補助員の若杉美枝子・平山律子・吉岡優子の諸嬢に協力して頂いた。記して感謝の意を表わすものである。

本研究は文部省科学研究費によって進められたもので、あわせて当局に感謝する。

## 参 考 文 献

- 石外 宏・糟谷憲司・斎藤和雄(1964)：岩石の物理的性質についての一考察 応用地質, 5, 2, 92—100.  
 伊東茂富(1962)：コンクリート骨材 土木ライブラリー 8, 山海堂(東京)  
 鎌田泰彦(1974)：大長崎都市圏総合開発地域 土地分類基本調査 表層地質図 「長崎」・「大村」・「肥前小浜」 長崎県  
 ———(1975)：県北総合開発地域 土地分類基本調査 表層地質図 「平戸」・「佐世保」・「佐世保南部」 長崎県  
 松本徭夫(1963)：北中部九州における後期新生代の火山活動 九州大学生産研報告, 34, 1—10, 図版1—5.  
 ———(1973)：北中部九州におけるグリーンタフ活動 地質学論集 1, 183—193.  
 大草重康(1972)：土地地質学 朝倉土木工学講座 6, 朝倉書店(東京)  
 小貫義男(1968)：新編土地地質 森北出版(東京)

〔追記〕 本稿印刷中に、次の調査報告書を原著者より贈られた。本編でも取扱った長崎県内の碎石地域の地質と、その採石の現況について述べられている。

- 松井和典・小林幸二郎・岸 和男(1975)：長崎県地区骨材資源調査報告 骨材拠点開発モデル調査報告書 (昭和49年度骨材賦存量調査報告) 85—113. 通産省生活産業局・工業技術院地質調査所

## 図 版 説 明

1. 黒雲母角閃石安山石（山陰系火山岩） 長崎県南高来郡小浜町吹越（雲仙岳）
  2. 角閃石安山岩（山陰系火山岩） 熊本県宇土郡三角町三角岳
  3. 角閃石安山岩（山陰系火山岩） 長崎県北高来郡飯盛町佐田岳
  4. 含角閃石複輝石安山岩（豊肥系火山岩） 長崎市戸町
  5. 複輝石安山岩（豊肥系火山岩） 宇土市城塚
  6. 複輝石安山岩（豊肥系火山岩） 長崎県東彼杵郡川棚町石木
  7. 橄欖石玄武岩（大陸系火山岩） 長崎県北松浦郡吉井町乙石尾
  8. 粗粒玄武岩質玄武岩（大陸系火山岩） 長崎県西彼杵郡西海町黒口
1. +ニコル, 2~8. ||ニコル  
pl 斜長石, ho 角閃石, hy シソ輝石, au 普通輝石, ol 橄欖石

