



A. b. II.

地質調査所報告第134號
本邦産玻璃質岩石の研究

河野義礼

地質調査所

昭和25年9月

地質調査所報告

所長 三土知芳

本邦産玻璃質岩石の研究

通商産業技官 河野義礼

目 次

要 約	1
I 緒 言	2
II 研究史	3
III 分布及び産状	3
IV 玻璃質岩石の地質時代	14
V 岩石学的記載	15
a 造岩鉱物	15
b 玻璃岩の物理的性質	17
c 玻璃岩の化学成分, 化学的特性	19
d 球顆構造, 縞状構造	23
VI 黒曜岩と松脂岩との関係	26
VII 玻璃質岩石の成因論	26
VIII 玻璃質岩石の工業的應用	27
IX 玻璃質岩石の産地と埋藏量	27
X 参考文献	28
Résumé (in English.)	1
附 図	8 図

本邦産玻璃質岩石の研究

通商産業技官 河野義礼

要 約

玻璃質岩石の中黒曜岩と松脂岩とにつき研究を行つた。両者ともその産出は稀れであり、系統的な研究も少く、その成因等も充分究明されていない。従来黒曜岩及び松脂岩は火山岩漿の地上に噴出され、急冷された amorphous solid 又は super-cooled liquid とされ、岩漿に近い化学成分を有するものと考えられ、これ等玻璃質岩石の研究は純岩石学的な意味からも極めて重要である。更に最近に至つては玻璃質岩石の新しい工業的利用の道が拓けつゝある。今回筆者はこの二つの観点よりこの研究を行つた次第である。

約 20 種の異なつた産地のものにつき研究を行つた。産状調査の結果黒曜岩は熔岩又は抛出物が主であるに対し、松脂岩は熔岩又は岩脈が多く、抛出物は稀れである事が明かとなつた。噴出時代については両岩に大差なく、何れも漸新世後、中新世後及び鮮新世後の時期のものが最も多い。

玻璃質岩石と言つても天然のものであるから殆んど常に少量の斑晶と、石基には crystallite (晶子) を含有している。然しながら此処に興味ある事は、通常の火山岩と異なり、石基に microlite (微晶) を殆んど晶出していない事である。この事が岩石に玻璃観 (光沢) を與えるものであるらしい。斑晶鉱物としては殆んど通常の造岩鉱物である石英、斜長石、黒雲母、角閃石、普通輝石、紫蘇輝石、石榴石、橄欖石及び磁鉄鉱の中何れか数種を含有しているが、輝石類は比較的基性のもののみに見られる。

玻璃の研磨面を作り、全反射計で屈折率を測定した結果

黒曜岩 $n = 1.4865 \sim 1.4950$

松脂岩 $n = 1.4880 \sim 1.5060$

の値を得た。両岩に著しい差異は認められない。又 SiO_2 と屈折率の関係を求めたが、 SiO_2 の増加に対し、屈折率は低くはなるが、あまり明瞭な関係は認められない。

比重をピクノメーター法により精密に測定した結果

黒曜岩 $G_{\text{at } 4^\circ\text{C}} = 2.339 \sim 2.527$

松脂岩 $G_{\text{at } 4^\circ\text{C}} = 2.240 \sim 2.385$

の値が得られ、黒曜岩は一般に松脂岩に比し、稍々比重が大なる事が明かとなつた。又 SiO_2 と比重の関係を求めた所大体 SiO_2 の大なる程比重の小となる関係を得た。

黒曜岩 9 種、松脂岩 7 種につき化学分析を行つた。黒曜岩は $\text{H}_2\text{O} \pm 1\%$ 以下なるに対し、松脂岩は $\text{H}_2\text{O} \pm 5\%$ 以上である。黒曜岩の SiO_2 は 61.19~76.24% に変化するが、74~76% のものが最も多い。松脂岩の SiO_2 は 68.49~71.22% に変化するが、之を $\text{H}_2\text{O} \pm$ を除外して 100% に改算すれば SiO_2 は 74~76% の如き殆んど一定の成分となり、これ以外のものは極めて少い。外國産の松脂岩についてもこの事が言われる。

化学成分よりノルムを計算し、 $\text{Q}-\text{Or}-(\text{Ab}+\text{An})$ の百分比を算出して三角図に投影すると三成分共融点

附近に落ちるものは完全玻璃に近く、遠ざかるに従い結晶度の高いものとなつている。即ち化学的に共融的に近いものが、最も玻璃になり易い事を示している。

又 Norm の (Or+C_r)—Ab—(An+Fem) 三角図に投影すると、何れも火成岩範囲に落ち水成岩を取り込んだらしい影響は認められない。

黒曜岩と松脂岩は産状、肉眼的な外観、比重、水分 (H₂O±) 及び SiO₂ に関し、次表のような主な差異が認められる。

	黒 曜 岩	松 脂 岩
産 状	熔岩、抛出物が主で岩脈は稀である。	熔岩、岩脈が主で抛出物は稀である。
外 観	介殼状断口を有し、暗黒、灰黒で玻璃光沢を有する。	暗黒、暗緑、暗紫色等を示し、表面割れ目多し、松脂光沢を有する。
比 重	松脂岩に比し、少々重い、G=2.339~2.527	黒曜岩に比し、軽い。G=2.240~2.385
水 分	H ₂ O± < 1%	H ₂ O± > 5%
珪 酸	SiO ₂ 61.19%~76.24%	SiO ₂ 74~76% (水除外の場合)

成因として、化学的に Q—Or—(Ab+An) の共融点附近に落ちる如き成分のものが最も玻璃になり易く、物理的には effusive condition になつてからの急冷と高圧下の固結(松脂岩の場合)が必要条件である。

工業的應用として黒曜岩の熱膨張を利用しての断熱板、防音板の製造、松脂岩の低熔融点を利用しての釉薬等があるが、未だ工業的大量の製産迄に至っていない。

各産地の鉱量、品質は別表のようであるが、鉱量最大数十万噸に達するものが見られる。

I 緒 言

この研究は昭和 22~23 年度に亘る 2 カ年の研究であるが、室内実験の方は研究設備の都合上主として 23 年度で行つたものである。

ガラス(玻璃)とは物理化学的には内部摩擦の高い過冷された流動体と言う事になつているが、天然には厳密な意味では眞の玻璃と言うものは極めて少い。

天然の玻璃質岩石は成因及び成分により大体 tektite (隕石と考えられている)と火成起源の玻璃に大別せられ、火成起源の玻璃は更にその含有する水分の量により、黒曜岩と松脂岩に分類し得られる。又火成起源の玻璃には軽石 (pumice)、火山岩滓 (scoria) 等の多孔質のものも存在する。本報では天然玻璃の中黒曜岩と松脂岩のみを取り扱う。

黒曜岩及び松脂岩は火山岩漿の地上に噴出され、急冷された amorphous solid 又は super-cooled liquid であつて、岩漿に近い化学成分を有するものと考えられ、これ等両岩の研究は純学術的な立場からも極めて重要である。更に近来はこれ等両岩の新しい工業的利用の道が拓けつつあり、筆者はこれ等両観点より今回この研究を行つた次第である。

本稿を草するに当り、種々化学分析に御助力を煩わした安藤武並びに申田たま両氏に厚く感謝する次第である。

II 研 究 史

天然ガラスに関する研究は他の岩石の研究に比して、それ程古くない。外國の研究では M. Stark により 1904 年始めて天然ガラスの比重や、屈折率について論議された。その後 C. E. Tilley は 1922 年比重と屈折率と化学成分に対する関係につき研究した。W. O. George は 1924 年主として各種玻璃岩の屈折率と化学成分との関係について論じ L. Hawkes は 1930 年 Rock glass の状態について述べている。なお天然ガラスの化学成分については 1928 年 N. L. Bowen の統計的研究がある。

本邦に於ても諸先輩の種々の研究があり、その主なるものは東北大学神津俣祐及びその協力者による研究で、黒曜岩の岩石学的研究より浮石の成因を論じ、遠藤岸郎はその化学成分につき研究し、可兒弘一は黒曜岩の硫酸に対する溶解度を、又鈴木廉三九は含有水分の存在のし方についての研究がある。然しながらその産状についての調査研究は極めて少く、僅かに北大に於ける津中治の白滝附近の調査があるのみである。この度筆者は本邦に於ける玻璃岩の十数カ所の著名な産地の産状分布等について調査し、此等の資料につき化学分析(揮発成分をも含む)と比重、屈折率、檢鏡試験等の岩石学的の研究を試みた。

III 分布及び産状

玻璃質岩石は本邦各地に見出され、その分布は広く、北は北海道より南は九州に至っている。然しながら多くは河の砂礫中や、山腹の轉石として見出され、地質学的にその産状の明かにされているものは極めて少い。今回著者の調査によつて本邦に於て十数カ所の産状が明かになつた。分布は不規則であつて、一定の規則性を見出す事は出来ないが、一般に酸性流紋岩例えば瀬戸内火山帯の鳳来寺、具留尊山、二上山、中部九州等の流紋岩に伴つて多く産出する傾向はある。その他本邦の産地を図示したものは附圖(1)の様である。次に便宜上北海道から順次南方へその産状を記載してみよう。

〔北海道地方〕

北海道には産状の知られているもの一カ所、露頭不明で河の砂礫中に轉石として産出の知られているもの四カ所がある。

露頭の知られているもの

(1) 北海道紋別郡白滝幌加沢上流 800 m 山頂上

露頭不明のもの

(2) 北海道紋別郡白滝北方 8 km 1154 m 山頂上附近

(3) 北海道河東郡上士幌西方 1.5 m 音更川の砂礫中

- (4) 北海道 常呂郡境川^{トコロ}北方3 km 訓子府川の砂礫中
 (5) 北海道 余市郡赤井川村, 五十万坪, 明治鉱山南方附近
 便宜上(1)及び(2)は同一地域であるから一括して記載する。

白滝附近の黒曜岩

本地域の基盤は白堊紀前と考えられている日高系であつて、粘板岩及び砂質粘板岩よりなり、層理はあまり明瞭でないが、一般走向は北10°東乃至東西で80°~70°西に傾斜している。湧別川本流及びその支流である八号沢及び幌別沢流域に広く発達している。上白滝駅北方附近にはこの日高系を貫いて花崗閃緑岩が小範囲に露出し、北方のものは少々微粒質である。上記日高系の粘板岩及び之を貫く花崗閃緑岩を被覆して流紋岩質の凝灰岩、凝灰角礫岩の互層が厚く広範囲に発達している。互層は何れも略々水平で岩石は軽石、玻璃質流状構造、流紋岩黒曜岩破片、火山灰等からなつている。黒曜岩はこの凝灰岩を被覆して発達しているのでその露出状況は澱粉沢上流東方の800 m山の西南側懸崖に於て最も良く観察せられる。約100 mに達する懸崖の最下部30 m以上は白色の凝灰岩からなり、その上部20~30 mは黄色の凝灰岩である。その上部に約15 mの厚さで顕著な流状構造の流紋岩が乗つている。問題の黒曜岩はこの流紋岩上に更に明瞭な境界を以つて被覆している。下部は直径数mmの気泡構造を有する玻璃質流紋岩と黒曜岩が不規則又は縞状に混合した部分からなり次第に黒曜岩の量を増し通常の緻密質の黒曜岩に移化する。この移化帯の厚さは約2~3 mである。緻密質黒曜岩の懸崖をなして露出する部分は少ないが、800 m山の頂上部は殆んど全域に亘り、黒曜岩の破片を以つて蔽われcap状に黒曜岩に被覆せられている事には間違いない。地形上所謂 butte を形成している。附図(2)参照

「1154 m 山, 黒曜岩」

八号沢及び幌加沢を溯行すると両沢とも多量の黒曜岩の軽石が見出され更に溯行を続けると何れも遂には1154 m 山に至る。流紋岩質の碎片物質が海拔1100 mの地点に迄発達している事は確認出来たが、その上部に流紋岩及び黒曜岩の発見は出来なかつた。河中の黒曜岩轉石中に白色 spherulite の点在するものが採集された。

白滝附近の模式断面図は第1図の様である。

北海道十勝國上士幌音更川の砂礫中の黒曜岩

十勝川の支流音更川の砂礫は安山岩及び少量の古生層の粘板岩及びチャートよりなり、この中に少量の黒曜岩礫が混在している。上士幌附近は音更川の中流であつて、下流は帯広附近で十勝川に合流している。古来音更川の下流帯広附近ではこの黒曜岩を採集し諸種の装飾品に製造して販賣したものである。現今は音更川下流のものは殆んど採集し盡され、中流以上でなければ採集困難となつた。著者はこの附近で径5~10 cmのもの約10個を採集し得た。礫の表面は灰黒色を呈するが之を破碎すれば光沢のある黒色緻密の黒曜岩である。

この附近の黒曜岩は十勝石と称し本邦に於ては黒曜岩の代名詞となつている程有名ではある



が何れも河中の礫であつてその産地と産状とは未だに明かにされていない。今後おそらく、この音更川の上流を踏査する事により明かにされるであろう。

境川北方訓子府川砂礫中の 黒曜岩

境川北方約 24km の訓子府川の砂礫は大部分安山岩礫からなつている。この中に混ざつて灰黒色の黒曜岩礫が少量散在している。之を破碎すれば光沢ある暗黒色、介殻状の断口を有する典型的黒曜岩が得られる。灰白色をした spherulite の流動構造に沿ひ排列したのも見られる。

これ等黒曜岩塊の起源地は未だ明かにし得ないが、おそらく置戸村北方山地附近より訓子府川に流入したものであろう。

余市川上流五十万坪及び赤井川カルデラ附近の黒曜岩

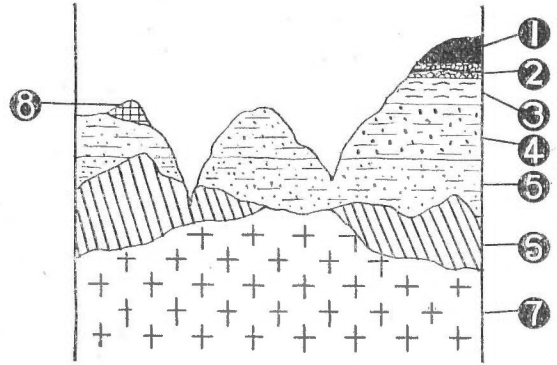
余市町の南方約 12km に綺麗な良形を保存している長形 6km、短形 4km の「カルデラ」がある。これを「赤井川カルデラ」と命名する。この赤井川カルデラの内部及び余市川を距だてゝ山地一帯の諸沢中に黒曜岩の礫が少量散在している。筆者はこの地域に黒曜岩の岩脈が存在するとの情報によつて踏査したが、岩脈その他の露出は発見出来なかつた。五十万坪附近は主として火山岩からなり最も古いものは中ノ沢附近に発達する輝緑凝灰岩で暗緑色緻密ではあるが、不均質な岩石である。之を貫いて中ノ沢明治鉦山対岸一帯に噴出した流紋岩質火山岩で酸化鉄のため赤色を呈するものと白色の陶石様のものがある。東南方高所に於ては是等両岩を被覆して斜長石の大きな斑晶を有する安山岩が発達している。この外余市川沿岸にはこれ等各種岩礫を含んだ礫岩が相当厚く発達している。層理は明瞭でなく相当新しいものであろう。

黒曜岩礫は中ノ沢と明治鉦山の中間の沢白井川対岸の沢、五十万坪対岸の沢、曲川の沢、四沢で見出される。灰白色球顆構造 (spherulite) の流動面に沿ひ排列したのも存在している。

なお西方の二つの沢の中には黒曜岩の外径 1~2 cm に達する気泡構造の発達する径数 m の流紋岩熔岩塊の轉石も存在している。赤井川カルデラの内部の畠中にも黒曜岩礫が見られるとの事であるが踏査の機を得なかつた。

〔東北地方〕

東北地方では土畑鉦山地方と宮城縣宮崎村湯川地方に見出され、何れも眞珠岩である。



第 1 図

- (1) 黒曜岩 (熔岩状)
- (2) 球顆構造流紋岩と黒曜岩との縞状熔岩
- (3) 流紋構造流紋岩
- (4) 流紋岩質黄色凝灰岩 (含黒曜岩礫)
- (5) 流紋岩質白色凝灰岩
- (6) 先白堊紀粘板岩、砂岩
- (7) 花崗閃緑岩
- (8) 輝石安山岩

土畑鉦山附近の松脂岩

出戸湯川附近より以北の地域では主として流紋岩よりなりその一部が松脂岩に移化している。出戸湯川附近では流紋岩は緑色の凝灰角礫岩により被覆せられている。流紋岩中に存在する松脂岩の露頭の最も良く観察せられるのは土畑鉦山事務所対岸の懸崖及び同鉦山五番坑内の2カ所である。

事務所対岸の松脂岩の露出状況は次の様である。懸崖の最下部は流紋構造のある流紋岩であつて、厚さ十数mに達し、次第に球顆空隙のある流紋岩に移化する。この空隙流紋岩は部分により「ソロバン玉状」の蛋白石が含有されている。蛋白石の大きさは径1~4cmに達し、福島縣宝坂産のものに極めて類似している。この球顆状空隙流紋岩の上部は更に玻璃質の斜長石斑晶のある松脂光沢を有する松脂岩に移化する。松脂岩状の部分の厚さは約20mでその上部は又次第に緻密質の角岩(ホルンストーン)の外観をした半玻璃質の流紋岩に移化する。この部分は更に緑色を呈する緻密質の半玻璃質の流紋岩に漸移し、次第に再び通常の流紋岩に移化する。

土畑附近にはこの外数カ所に松脂岩の小露出が存在するらしいが、著者は未だその観察の機会を得ない。

五番坑内 坑口より数mの所で幅十数mの松脂岩が見られ、こゝでは松脂岩は流紋岩と縞状構造を呈する部分を経て流紋岩に移化している。

宮城縣加美郡宮崎村湯倉湯川の松脂岩

鳴瀬川の上流に湯川と云う鉦泉がある。本鉦泉より下は主として軽石及び小流紋岩塊を主とする白色の流紋岩質凝灰岩から成り層理明瞭で殆んど水平である。鉦泉より上流は主として流理構造の著しい流紋岩からなつている。松脂岩の露頭は湯川鉦泉附近に於て、流紋岩の熔岩流(肉眼的無斑晶)が凝灰岩に接する部分に存在し、幅約1mである。湯川より数百m下流のものは凝灰岩中に流紋岩岩脈が侵入したような状態を呈して露出し、その凝灰岩と接する半分幅約1mが松脂岩である。

天城火山黒曜岩

天城火山の北斜面筏場新田及び丁場基底部附近一帯には天城火山の早期の噴出物である軽石質凝灰岩が広く発達し、不完全な層理の認められる部分もある。本層中には当地方で所謂神代杉と称する直径2mにも達する巨大な埋木を所々に挟在している事が特徴である。この軽石質凝灰岩を被覆して天城火山の本体をなす基性の輝石安山岩の熔岩流が流れている。玻璃質熔岩(黒曜岩)はこの輝石安山岩の噴出後(天城火山本体)天城火山カルデラ北壁のカハゴ平と称する火口より天城火山本体の北斜面に沿うて噴出溢流した酸性玻璃質の熔岩流であつて、大部分は軽石質凝灰岩上を被覆し一部分は輝石安山岩をも被覆している。

この酸性玻璃質熔岩流は長さ5km、幅平均1kmに達する大熔岩流でその周縁と他の岩石との境界は極めて明瞭である。熔岩流の厚さは20m、表面の起伏は5m以上に達している。黒曜岩は斜長石及び少量の有色鉦物を斑晶として含有し、各所で灰白色気泡質の軽石に移化して

いる。

和田峠附近の黒曜岩

和田峠附近の基底をなす岩石に三種がある。石英閃緑岩、文象斑岩及び玢岩である。石英閃緑岩は和田峠北方地域である接待、男女倉及び唐沢地域一帯に広く分布せるもので粗粒の閃雲閃緑岩である。文象斑岩は峠の南方樋橋狭ノ倉及び大平一帯に分布するもので、有色鉱物の多量な部分と少量な部分とがあり、鏡下には美しい myrmekite 構造を呈している。玢岩は和田峠南西方 2 km、西餅屋西方溪谷中に著しく変質した玢岩が小範囲に分布している。肉眼的斑状構造を呈し、斑晶として斜長石、緑簾石、黒雲母、電気石を有し、石基には又多量の二次的緑泥石を含有している。

此等基底岩を被覆して黒曜岩を胚胎する石英粗面岩が広く発達している。石英粗面岩は和田峠を中心とし、北方東餅屋附近の南方丁子御料地一帯更に北東方男女倉部落迄連続分布し、幅約 2 km、長さ 4 km に達している。北方男女倉口附近にて石英閃緑岩を、西餅屋附近で玢岩を直接被覆する状況が見られる外、他の地点に於てはすべての新しい諸種火山岩に被覆せられ、本地域火山岩中、最古の噴出なるを示している。岩石は肉眼的灰白色を呈し、熔岩流をなす場合と、凝灰角礫岩をなす場合とあり、両者は幾回かの噴出を繰返し互層をなしている。本地域の黒曜岩には熔岩流をなすものと凝灰角礫岩中に破片として存在するものとの二型がある。熔岩流中に産出するものに更に二型があり、その一つは熔岩の一部が黒曜岩に移化する場合で数 m 又は十数 m の幅で黒色緻密塊状に存在している。他の一つは灰白色 spherulite 質熔岩中に径数 mm~数 cm の黒色玻璃が飛白状に存在する場合でその量的割合は、黒色玻璃 10~30 % である。

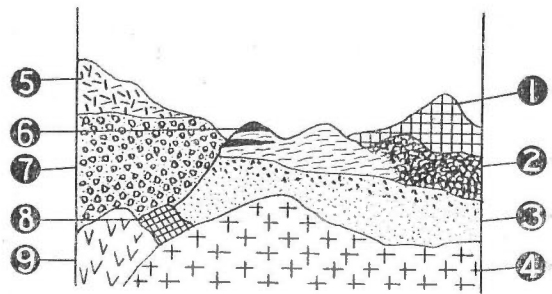
熔岩の一部が黒曜岩となつているものは東餅屋東方 400 m の地点と和田峠南方 300 m の道路脇西側及び西餅屋西方溪谷中等で最後の場合は玢岩を直接被覆する流紋岩の一部が黒曜岩に移化している。附図(3)参照

凝灰角礫岩中に混在するものは男女倉部落附近、星塔の北方峠附近、東餅屋東方尾根附近等に稍々多量に集積している。

これら黒曜岩を含む流紋岩を被覆して鷲峯角閃安山岩や三峯山輝石安山岩が噴出している。上記諸火成岩の状況を模式的に図示したものは第 2 図の様である。

鳳来寺附近の松脂岩

本地域の基底部を構成するものは領



第 2 図

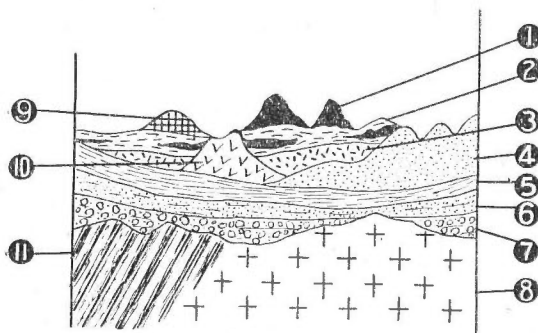
- | | |
|--------------------|---------------|
| (1) 角閃石安山岩 | (5) 両輝石安山岩 |
| (2) 黒曜岩と球顆構造との混合熔岩 | (6) 黒曜岩 |
| (3) 流紋岩質凝灰岩含黒曜岩礫 | (7) 両輝石安山岩集塊岩 |
| (4) 石英閃緑岩 | (8) 玢岩 |
| | (9) 文象斑岩 |

家変成岩及び花崗岩で海老川以西の地域に露出している。これらの古期岩石を不整合に被覆して第三紀層が厚く発達している。第三紀層の最下部は礫岩であつて礫岩の上部には砂岩が整合に発達して海老町及び須山附近に良好な露出がある。更に上部は砂岩と頁岩の互層に変移し、その上部は頁岩となり、海老川流域に良く発達している。東部方面では頁岩の発達の代りに流紋岩質凝灰岩が厚く発達している。

此等第三紀層は一般に西部地域では北々東乃至北東に走り $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 東南東乃至南東に傾斜している。本第三紀諸層はその後の流紋岩、石英安山岩、輝石安山岩、橄欖石、玄武岩等の諸種火山岩により被覆又は貫かれ諸所に多数の岩脈を形成している。

流紋岩は西部方面では第三紀頁岩を東部方面では流紋岩質凝灰岩を直接被覆して分布し南は鳳来寺行者越附近より北は川賣部落及び宇連山北方 500 m の地点に迄分布し、南北の延長 7 km 東西の幅 1~3 km に達している。分布は連続しているが一つの中心より噴出したものであるか、数個の中心から出たものであるかは明かでない。岩質は、場所により異なり凝灰質の場合と熔岩の場合とあり、更に松脂岩、半松脂岩等種々あつて一般に松脂岩の多量である事が特色である。

松脂岩 松脂岩としての顕著な露出は鳳来寺三角点以南では鳳来寺神社と行者越間の尾根に少量認められるのみであるが、三角点以北では三角点→玖老勢→楨原峠間の尾根玖老勢東方現採掘場及び旧採掘場附近 587.5 三角点附近の尾根をなす懸崖双瀬東方 755 m 山一帯の頂上部附近、塚島の寺の東方一帯等に広く且つ多量に分布し、何れも肉眼的無斑晶の黑色又は暗緑色の松脂岩から成つている、附図(4)参照。松脂岩は肉眼的には無斑晶で松脂光沢を有し、黑色、濃緑色、赤褐色等のものが普通であるが、所によつては淡緑色又は淡紫色の半玻璃質岩が存在し、通常の流紋岩に移化しているのが見られる。川賣一字連峠の附近に少量玻璃質暗黒色の熔岩流が



第 3 図

- | | |
|---------------|------------|
| (1) 松脂岩 | (7) 第三紀礫岩 |
| (2) 流紋岩 | (8) 花崗岩 |
| (3) 流紋岩質凝灰岩 | (9) 輝石安山岩 |
| (4) 白色流紋岩質凝灰岩 | (10) 石英安山岩 |
| (5) 第三紀粘板岩 | (11) 領家変成岩 |
| (6) 砂岩 | |

存在し、以前は松脂岩と考えられていたのであるが、検鏡の結果は松脂岩でなく基性の玻璃質輝石安山岩である。

石英安山岩 流紋岩を岩脈状に貫くか又は之を被覆して存在している。

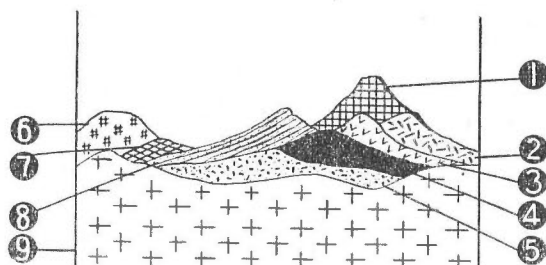
この外、津具鉦山附近には橄欖石、玄武岩が存在せる如くなるも、本流紋岩地域には岩脈状で少量露出するに過ぎない。

本地域一鳳来寺附近一の模式断面図を示したものは第3図の様である。

二上山の松脂岩

本地域に発達する松脂岩は岩屋峠以

西二上山下部に発達するもので、二上火山の基盤である花崗片麻岩を直接被覆している。一部は熔岩流であるが、一部は凝灰岩、凝灰角礫岩からなっている。最も顕著な玻璃質の熔岩は鹿谷寺跡附近であつて暗黒色玻璃質の石基中に斜長石の斑晶を少量含有する松脂岩である。本松脂岩を被覆して含柘榴石閃雲安山岩、讃岐岩等の所謂瀬戸内式二上火山帯の岩石が発達している。これ等の状況の模式断面図は第4図の如きものである。



第 4 図

- | | |
|------------------------|---------------|
| (1) 含柘榴石黒雲母
石英安山岩 | (6) 石英安山岩 |
| (2) 斑方輝石安山岩 | (7) 讃岐岩 |
| (3) 柘榴石角閃安山岩 | (8) ドンズルポー凝灰岩 |
| (4) 松脂岩 | (9) 花崗岩 |
| (5) 流紋岩質凝灰岩
(含松脂岩片) | |

姫島の黒曜岩

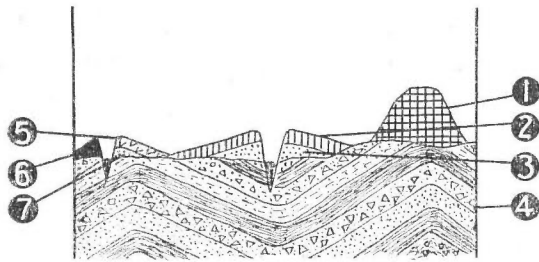
姫島は東西約 7 km, 南北約 2.5 km の小島であつて大部分は第三紀層の丘陵地よりなり、之を貫いて数個の粘性の酸性小火山が噴出している。第三紀層は本島の基盤を構成するもので全地域に分布している。本島北端丸石鼻附近に於ては走向北 30° ~ 70° 東を示し 20° ~ 50° 北西に傾斜しているが、附近では同走向なるも 30° ~ 40° 東南に傾斜している。その間に一本の脊斜軸の存在が考えられる。又矢筈岳東北方に於ては走向は北 50° 東の走向であるが、 30° で再び北に傾斜している。更に南方ハイタテノ鼻及び大海附近では走向北 80° ~ 70° 東で東に 20° ~ 50° 傾斜してその間に更に一本の脊斜軸が存在している。三紀層は明瞭な層理を示し、岩質は微粒の凝灰岩軽石火山砂 (volcanic sand) 及び火山性礫岩 (volcanic conglomerate) からなっている。西浦西方の海岸の三紀層中には *Ostrea*, *Peecten*, *Cardium* 等の介化石を含有し、本層は中新世後なるを示している。

姫島の火山はその噴出の中心及び岩質によつて次の六つの小火山群に分ける事が出来る。

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. 矢筈岳熔岩及び同凝灰角礫岩 | } 角閃安山岩 |
| 2. 両瀬門頂丘熔岩及び同凝灰岩 | |
| 3. 桂ヶ岳熔岩及び同凝灰角礫岩 | } 含柘榴石, 閃雲安山岩 |
| 4. 達留磨山熔岩及び同凝灰角礫岩 | |
| 5. 62m 山熔岩及び同凝灰角礫岩 | } 含柘榴石, 黒雲母流紋岩 |
| 6. 観音崎熔岩及び同集塊岩 | |

此等諸熔岩の噴出地点並びにその分布は (調査所報告 126 号の附図) に既に報告した所である。この内黒曜岩を産出するのは桂ヶ岳火山、達留磨山火山及び観音崎火山の三カ所であつて、前二者はその量は極めて少く、桂ヶ岳火山では凝灰角礫岩中に角礫として少量、達留磨山火山では角礫及び熔岩の極めて少部分に産出するに過ぎない。観音崎火山のものは熔岩として稍々

多量に産出する。62 m 山火山に北接して観音崎火山が噴出している。直径約 100 m の円形の火口を保存しているが、一部は欠潰して海水が浸入している。碎片物質は北壁に少量残存しているに過ぎず大部分は気泡質の熔岩及び緻密質の黒曜岩である。緻密質黒曜岩に灰白色及び灰黒色の二種がある。前者は西壁の二つの小島及び観音崎半島の部分に露出し、次第に気泡質熔岩に移化している。灰黒色熔岩は北壁をなす集塊岩の外側に火口壁を圍繞する如く噴出している。集



第 5 図

- | | |
|-----------------|---------------|
| (1) 角閃石安山岩 | (5) 含柘榴石黒雲母 |
| (2) 閃雲安山岩(含柘榴石) | 流紋岩 |
| (3) 同凝灰岩 | (6) 黒曜岩 |
| (4) 第三紀層凝灰岩、凝灰 | (7) 含柘榴石黒雲母流紋 |
| 質頁岩、砂岩火山岩質 | 岩集塊岩 |
| 礫岩の互層 | |

塊岩との境界は明瞭であるが、上部では次第に白色縞状となり更に気泡質流紋岩の熔岩に移化している。両壁白色玻璃岩との境界も比較的明瞭である。気泡質岩石は 62 m 山と全く同様で両者の境界は区別出来ない鏡下に顕微鏡的斑晶として無色玻璃中に黒雲母、斜長石及び柘榴石を含んでいる。

姫島の模式断面図を示したものは第 5 図の様である。

有田→伊万里附近の黒曜岩と松脂岩

本地域は第三紀漸新世後と考えられ

ている松島層群及び之を被覆する流紋岩類、安山岩及び玄武岩により構成せられている。

第三紀層は火山岩の周縁に丘陵地をなして発達しているが、腰岳附近では走向は南北乃至北 40° 西を示し 10°~30° 西に傾斜し、南東部有田町附近では北 10° 東又は北 20° 西の走向を有し、黒牟田及び應法附近では北 50° 東又は北 80° 西の走向で北に傾斜している。岩石は砂岩及び頁岩の互層よりなり時に礫岩を挟有している。火山岩には基性の玄武岩及び輝石安山岩と酸性の石英粗面岩が存在する、石英粗面岩は第三紀層を被覆して発達し南北 7 km 東西 5 km に亘る広大な面積を占めている。岩質も場所により異なり白色凝灰質、角礫質、流紋状熔岩、多孔質熔岩、含黒雲母熔岩、松脂岩、黒曜岩、高陵土化物等種々である。

白色凝灰質石英粗面岩、石英粗面岩の活動は先づ猛烈な爆発に始つたものの如く、第三紀層を直接被覆し、岩谷及び古場北方附近、青螺山、黒髮山東南麓、越峠、牧南方附近、大川内山西方附近及び黒牟田附近に広く発達している。白色の軽石、白色岩片及び灰色の玻璃質岩片からなつている。層理は殆んど認め難い。

角礫状石英粗面岩 前記凝灰質のものに比し稍々粗粒で角礫状を呈している。所によつては角礫状熔岩と称すべき部分もある。上有田駅南方工業学校前黒髮山南中腹、牧南方無名山等に見られるもので一般に灰白色を呈するが、牧南方無名山等では緑色の松脂岩片を多量に含み暗緑色を呈する。

流理構造石英粗面岩

石英粗面岩類中最も広い分布を有するもので有田町西南部、應法東方一帯広瀬東方竜門に至る溪谷地域等に発達している。流理を示す縞状構造著しく緻密、堅硬で所によつては角岩の如き様相を呈している。本岩は又時に松脂岩に移化している事があり、所によつては陶石化している部分もある。

多孔質石英粗面岩 腰岳頂上附近に露出せるもので流紋岩であるが、著しく多孔質で風化作用甚だしく白色を呈している。

黒雲母流紋岩 牧部落及び同神社附近に小範圍に露出するもので、灰白色の石基中に良形の黒雲母が認められる。

陶石化流紋岩 各種流紋岩の一部が温泉作用のため陶石化し、著しく白色に変化している。古来有田焼の原料は何れもこの白色流紋岩を採集して原料とせるものでその採掘地が数カ所ある。泉山、桑古場、黒髮山南中腹、大川内山西南方、広瀬山東南方等に採掘跡が見られる。

玻璃質岩石

本地域に於ては流紋岩の一部は又松脂岩や黒曜岩となつて産出する。附図(5)参照

松脂岩は主として地域の中央部附近に多く産し古場小路附近と広瀬山附近に多く見られる。岩脈状をなすもの熔岩流をなし、通常流紋岩に移化せるもの、角礫岩状のもの凝灰質岩中に破片として混入せるもの等 perlite 構造、玉葱状構造等種々あり。松脂岩の岩脈状をなすものは広瀬山部落北方と小路→黒髮山登山道中復の二カ所がある。

(1) 広瀬山部落北方 20 .6 m 山北東方に流紋岩を貫いて扇状に排列した三本の岩脈状の露出がある。中央部のもの最大で幅約 20 m 延長約 200 m の岩脈状に露出し、北部は次第に通常結晶質の流紋岩に移化している。両翼の岩脈は各々中央の約 $\frac{1}{2}$ の延長を有している。各岩脈とも岩石は暗綠色松脂光沢を有し、時には経 1~2 cm の橢円形球顆構造を示す事がある。

(2) 小路より黒髮山登山道の中腹に松脂岩の一大岩脈状の露出がある。周縁は白色の凝灰質岩からなるが、岩脈は幅約 50 m 延長は 500 m に達している。本岩脈の北西端より東走する他の一本の松脂岩脈がある。幅 20 m 延長 200 m に及ぶ。岩石は暗綠色松脂光沢を有している。

溶岩流をなす松脂岩

熔岩流として流れ、次第に流状構造をなす通常の結晶質熔岩に移化しているのが各地に見られる。

- (1) 古場民家裏 (採掘跡)
- (2) 古場溜池西南方 (採掘跡)
- (3) 小路西方 500 m 道路切割附近
- (4) 広瀬山部落東方懸崖
- (5) 竜門南方

古場人家裏

古場新道より約 50 m 東方の民家裏に松脂岩を採掘した跡がある。採掘跡は高さ 3 m 幅約 10

mであるが露頭は両側になお約100m連続している。暗緑色で裂隙の多い脆弱の岩石であつて、上部には厚さ約1mの表土が存在している。

古場溜池南西部

古場溜池南西部の新道路脇に高さ5m、幅約20mの松脂岩の採掘場がある。更に水田を挟んで北西方約10mの地点に又松脂岩の露頭がある。おそらく両者は連続した一続きのものであろう。岩石は暗緑色松脂光沢を有するが、裂隙に富み脆弱、大塊の資料を採集する事は困難である。

その外古場部落より岩谷部落方面に通ずる道路上に石英粗面岩熔岩の一部が松脂岩になつているのが二カ所見られる。

広瀬山東方

広瀬山部落東方の石英粗面岩は堅固緻密で流理縞状構造を示し、角岩の如き外観を呈する。本岩の一部は灰黒色松脂光沢を有する松脂岩に移化している。道路上又は谷間に轉石として散在するもの、又松脂岩の最大延長約100mに達するものも認められる。

竜門南方

竜門南方の道路脇に安山岩質集塊岩と石英流紋岩との境界部附近に約20mの長さに亘り流紋岩が松脂岩となつている。

角礫状松脂岩

牧部落南方無名山は緑色～暗緑色、径数cm～数十cmの松脂岩塊を有する角礫状岩であつてその量は多量である。

凝灰岩中に混入する松脂岩片

各地の白色凝灰岩中には灰緑又は灰黒色の緻密玻璃岩片を少量は必ず混入している。越の峠南方懸崖及び209.6m山北西部等には相当多量存在している。暗黒色緻密の黒曜岩片を内核とし、之を白色透明の松脂岩で玉葱状に包裹した玻璃岩が存在し、所によつては、この種玻璃岩のみの堆積からなる部分がある。これが風化すれば粒状の黒曜岩を分離する。

黒曜岩

黒曜岩は腰岳の西側中腹に多量に存在する。従来径数cm～十数cmの小岩片としての産出は知られていたが、最近(昭和25年)の沢村技官の調査により腰岳西中腹の玄武岩と流紋岩との接触部に相当多量に黒曜岩熔岩の存在する事が明かとなつた。同一時期の流紋岩に関係し、腰岳周縁にのみ黒曜岩を産出しそれ以南には松脂岩のみを産出することは興味深い、他日の研究に待ちたい。

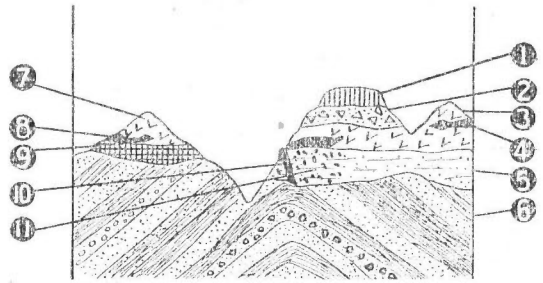
安山岩

大量の流紋岩の噴出後塩基性の暗黒色緻密の輝石安山岩の噴出が起つた。最初に集塊岩の噴出があり、流紋岩を直接被覆している。黒髪山北方より竜門、牧山南方一帯に連続発達している。大川内山附近にも少量の集塊岩が見られる。集塊岩に引続き大量の堅固熔岩流の噴出があ

り青螺山、坂ノ山一帯の頂上部を始めそれ以北にも発達している。安山岩は東西4 km、南北2 kmの面積を占めている。広瀬山附近、赤田北方にも小露出がある。

玄武岩

玄武岩は腰岳の中腹、赤田南方縣道脇、広瀬北方及び大川内山西方等に小露出が見られる。此等玄武岩はおそらく本地域北方海岸地帯に見られる玄武岩台地と同一時代の噴出であろう。本地域の模式断面図は第6図の如くである。



第 6 図

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| (1) 両輝石安山岩 | (6) 第三紀層, 頁岩, 砂岩及び礫岩の互層 |
| (2) 同集塊岩 | (8) 黒曜岩 |
| (3) 及び(7) 流紋岩 | (9) 玄武岩 |
| (4) 松脂岩 | (10) 岩脈状松脂岩 |
| (5) 流紋岩質凝灰岩, 凝灰角礫岩 | (11) 含松脂岩片凝灰角礫岩 |

阿蘇外輪山の黒曜岩

研究に使用した試料は阿蘇郡坂梨東北方外輪山の新道切割で採集したものである。阿蘇熔岩について造詣の深い松本唯一教授の阿蘇熔岩の分類に従えば、大体第二型のものに属する様である。岩石は相当結晶質であり、明瞭に黒曜岩塊を含んでいるもので、黒曜岩の部分は暗黒色で紡錘状、條線状をなし、それ以外の部分は灰黒色を呈し全体として集塊熔岩或は ignimbrite と称すべきものである。黒曜岩は長径数 cm~十数 cm、短径数 cm のものが最も多く相当多量に混在している。黒曜岩は鏡下に斑晶として斜長石、普通輝石及び磁鉄鈹を含有し、石基に濃褐色玻璃がこれ等を充填している。

阿蘇坂梨村浄土寺東方万年山式熔岩の黒曜岩

研究に使用した試料は阿蘇外輪山浄土寺東方波野越道路脇で採集したものである。松本博士に従えば同道路の南方一帯は万年山式熔岩からなり阿蘇熔岩により直接被覆せられていると云う。玻璃質岩石はこの万年山式熔岩の上部で灰黒色、肉眼的には無斑晶の黒曜岩である。鏡下に検すると斜長石、黒雲母、角閃石及び磁鉄鈹の斑晶が認められ石基は無色玻璃中に crystallite が晶出し流状構造が認められる。

隠岐道後産黒曜岩

島根縣周吉郡東郷村に津井^{サイ}と称する部落がある。この部落の東方1 kmに男池、女池と称する二つの池がある。この両池の中間の外洋に面した高さ30 mに達する懸崖がある。この懸崖の下部には白色の流紋岩が存在し、その上部は主として流紋岩質物からなる凝灰角礫岩であつて岩塊は暗黒色緻密美麗光沢の黒曜岩からなつている。灰色を呈する松脂岩塊も少量混在している。又岩塊中には流状構造を呈する通常流紋岩の相当大きい岩塊も混合している。この地域は富田博士の言う鮮新期のアルカリ流紋岩の最東南端部にあたつている。黒曜岩塊の最大なも

のは径 30 cm に達するが、5~10 cm が普通である。

隠岐道後磯村の松脂岩

西郷町の西南方約 4 km、今津部落と岸浜部落の中間の峠切割に松脂岩が多量に露出している。露頭より北方約 2 km の西田部落附近には第三紀中新世と考えられる伊後層が分布しているが、本地域にはこの種の水成層は見当らない。本松脂岩の胚胎するアルカリ流紋岩はこの伊後層を直接被覆する熔岩流であつて鮮新期の噴出である事は前に述べた。この外今津附近にはアルカリ流紋岩より後期の噴出に係る粗面玄武岩が露出している。峠の切割には幅 30 m 高さ 10 m に亘つて玻璃岩が露出しているが、上部より約 1 m の厚さは表土により均等に被覆せられている。玻璃岩の産出状態に二型があり、一つは流状構造を有するもので他の一つは粘性の熔岩流の破碎角礫岩化された構造のものである。両型は又不規則に入れ混ざつて存在している。共に風化が進んでいるが、前者が風化せるものは一見層状堆積岩の如き外見を呈し、径 1~3 mm の玻璃の砂粒に分離する。破碎構造を有する個々の塊が風化すれば、数十の玉葱状の灰黒色の幾枚かの外皮状に分離崩壊し内部には数十の堅硬な黒色の黒曜石の核を残す。この中核の径は数 mm~1 cm に達するものが多い。両型は岩質を著しく異にする様に見えるが、同熔岩の流出時に於ける状態の差異に外ならず、成分上全く同一のものであつて何れも岩石学的には流紋岩質の松脂岩と称すべきもので大量な流紋岩熔岩の一部が玻璃質になつたものである。この切割では通常流紋岩への移化している部分は見当らない。

玻璃質岩石の産状総括

以上玻璃質岩石の産状を総括すると、黒曜岩には抛出物として凝灰角礫岩中に産出するものが最も多く、熔岩の一部として産出するものが之に次ぎ、岩脈状のものは殆んどない。抛出物と熔岩と両者を伴う場合は大量の抛出物が常に先きに厚く堆積し、その中に玻璃岩片を混えている。熔岩はその後に噴出して抛出物の堆積を岩脈状に貫くか或は之を被覆している。松脂岩は岩脈又は熔岩縁の如く、高压下の固結と考えられる場合多く、抛出物として産出するものは有田附近の一例があるに過ぎない。熔岩をなす場合は半玻璃質を経て結晶質熔岩へ移化する場合が多い。

IV 玻璃質岩石の地質時代

従来玻璃質岩石の産状の知られているものは極めて少く、大部分のものは河の砂礫や、山腹の轉石として見出されたものが多い。従つてその成生の地質時代等に関しては殆んど知られていないと言つてよい。今回著者の調査によつて、その産状の明かになつたもの数カ所あり、地質時代も稍々明瞭になつたが、勿論詳しい時代は決定出来ない。

前節の産状並びに模式断面図で示した時代を表示したものは次表の如く、腰岳の漸新世後と阿蘇外輪山の洪積世との範囲で中新世~鮮新世後の噴出が最も多い。

黒 曜 岩

産 地	和田峠	腰 岳	白 滝	姫 島	万年山	天城山	隠 岐	白井兒	阿蘇外輪山
噴出時代	?	漸新世後	?	中新世後	?	中新世後	鮮新世後	?	洪積世

松 脂 岩

産 地	鳳来寺	二上山	土畑鉱山	古 場	鶴来町	今 津	出 石	湯 川
噴出時代	中新世後	鮮新世?	中新世中部	漸新世後	?	鮮新世	古第三紀後	?

黒曜岩と松脂岩との時代的關係に關し、新しい火山に黒曜岩は見られるが、松脂岩の全く認められない事実から、黒曜岩は時代的に比較的新しいものであり、松脂岩は黒曜岩から主として風化により二次的に生成されたものであるとの説がある。然しながら表に見る如く、両者の間に著しい時代的の差異は認められず、腰岳及び隠岐、今津附近に見らるゝ如く、外皮が松脂岩で内核が黒曜岩のように同時に成生されている場合すらある。

V 岩石學的記載

a. 造岩鉱物

玻璃質岩石と言つても、天然のものであるから殆んど常に少量の斑晶鉱物と石基の玻璃中に microlite 及び crystallite を含有している。火山岩の結晶晶出期は通常斑晶晶出期と石基晶出期に大別せられるが、玻璃質岩石の場合は石基晶出期を更に microlite 晶出期と crystallite 晶出期及び glass 固結期の三つに分ける事が出来る。

1. 斑晶晶出期

- | | | |
|----------|---|-------------------|
| 2. 石基晶出期 | } | a. microlite 晶出期 |
| | | b. crystallite // |
| | | c. glass 固結期 |

今、黒曜岩と松脂岩に分け、更に上記晶出期に分けて各玻璃岩の造岩鉱物を表示して見ると第1表及び第2表の如くなる。表に見る如く、黒曜岩及び松脂岩は斑晶としてその量は僅少であるが、殆んど総べての造岩鉱物の中何れかを含有している。興味ある事は此等玻璃質岩石は石基晶出期の (a) である microlite が殆んど存在しない事であり、存在している場合でも極めて少量か或は微小で crystallite に近いものである。之に反し、crystallite は相当多量に存在している。黒曜岩、松脂岩等の如き玻璃觀を興える原因は、玻璃の存在は勿論であるが、通常火山岩に見られる microlite (0.03m~0.08 m)の程度の鉱物の存在しないためであり、黒色に見えるのは crystallite(0.003m~0.05 m)が存在しているためである。斑晶は玻璃觀に影響は少い。microlite の存在しないと云う事は成因的にも極めて重要な意味を有するもので、plutonic condition から effusive condition に移り、その後急激に冷却した事を示すものである。即

第1表 黑曜岩

		和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	天城山	隠岐東郷	白井兒	阿蘇
斑 晶	石 英 斜 長 黑 雲 普通角閃石 普通輝石 斜方輝石 橄欖石 柘榴石 磁鉄 燐灰	○ ○ ○	○ ○	○	○ ○	○ ○ ○	○ ○		○	○
	micro- lite	斜長石 角閃石			○			○ ○	○	
基	trichite longulite globulite margarite glass	colorless glass	○	○		○ ○ ○ ○	○			dark brown glass
	crystallite									

第2表 松脂岩

		鳳來寺	二上山	土畑鉦山	古場	鶴來町	今津	出石
斑 晶	石 英 サニデイン 斜 長 黑 雲 普通角閃石 普通輝石 柘榴石 磁鉄 燐灰	○ ○ ○	○ ○	○ ○		○	○	○
	micro- lite	斜長石 黑雲 角閃石					○ ○	○ ○
基	trichite longulite globulite margarite glass		○	○	○	○		
	crystallite							

ち(1)の condition より(2)の(a)を経ずして(2)の(b)に飛んだと云う事である。

晶出鉱物の組合わせについては、黒曜岩と松脂岩に著しい差異は認められないが、化学成分特に SiO_2 と CaO の量により次のような組合わせの差がある。

黒曜岩	{	SiO_2 .70%以上	Plagioclase
			Biotite
			Hornblende (Garnet)
			Magnetite
		SiO_2 70%以下	Plagioclase
			Hypersthene
			Augite
			Magnetite
松脂岩	SiO_2 74~76%		Plagioclase
			Biotite (Garnet)
			Hornblende
			Magnetite
			Augite (K_2O 少く, CaO の多いものに出る)

b. 玻璃岩の物理的性質

玻璃岩の物理的性質として、比重、屈折率、熱膨張等種々あるが、実験設備の都合上比重と屈折率の測定を行つた。

比重

各資料を大きき数 mm の細片に碎きピクノメーター法により、化学天秤を使用し、気泡排除等を厳密に行い測定した。大氣の溫度 $20^\circ \sim 25^\circ$ で測定し、 4°C に補正したものは第3表及び第4表のようである。

第3表 黒曜岩

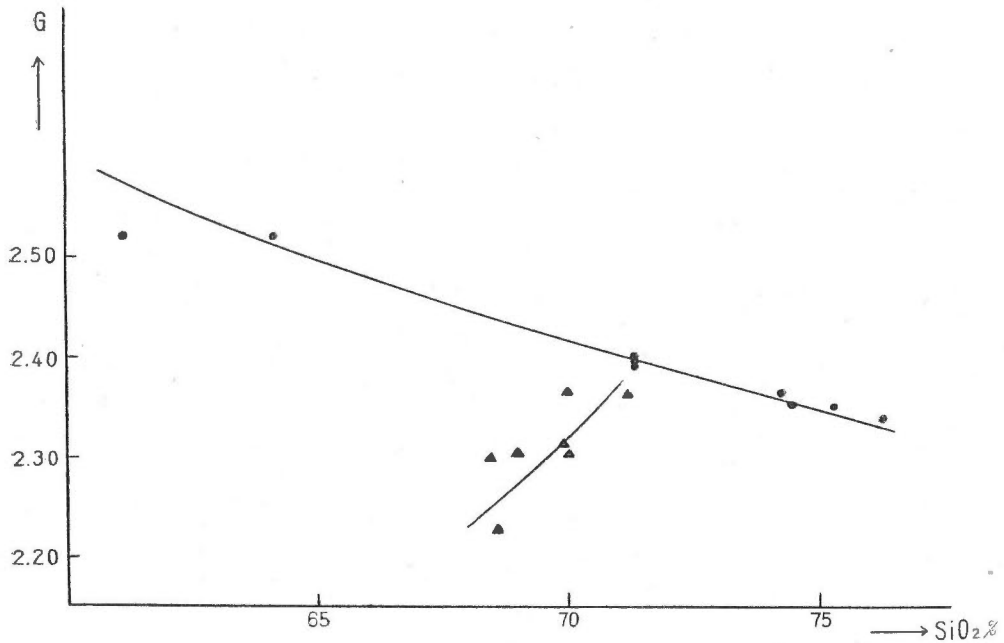
産地	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇
比重 4°C	2.339	2.352	2.352	2.364	2.403	2.391	2.393	2.526	2.527

第4表 松脂岩

産地	今津	二上山	土畑	鶴來町	古場	鳳來寺	出石
比重 4°C	2.385	2.361	2.299	2.325	2.240	2.303	2.296

表に見る如く黒曜岩は和田峠の 2.339 より阿蘇山の 2.527 迄の变化がある。松脂岩は古場の 2.240 より今津の 2.385 迄の变化を示している。一般に松脂岩は黒曜岩に比し、比重の小さい事が特徴である。なお黒曜岩及び松脂岩共に通常の火山岩の流紋岩や深成岩である花崗岩に比

してはるかに比重の小さい事も玻璃質岩石の著しい特性である。



第 7 図

比重と化学成分との関係

今比重と化学成分 SiO₂ との関係を図示したものは第7図の如く、黒曜岩に於ては SiO₂ の増加に従つて比重は低くなり、大体直線的関係を示している。之に反し、松脂岩の SiO₂ と比重の関係は不規則でむしろ黒曜岩と逆の関係を示している。之は松脂岩には SiO₂ の少いものに水を多量に含んでいるためであろう。

屈折率

黒曜岩及び松脂岩の屈折率の測定にあつては予め長径 2 cm 短径 1 cm の小片を作り、その一面のみを良く研磨し之を直接アツペの全反射計に載せ、屈折率を測定した。従つて浸液法と

第 5 表 黒 曜 岩

産地	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇
屈折率 n	1.4865	1.4872	1.4850	1.4890	1.4910	1.4950	1.4925	—	1.490(2)

第 6 表 松 脂 岩

産地	今津	二上山	土畑	鶴來町	古場	鳳来寺	出石
屈折率 n	—	1.5060	—	1.4925	1.4830	1.4950	1.4910

は異なり、その値は極めて精確である。この直接法では研磨面の良く磨けないものもあつて測定出来ないものも二、三あつた。黒曜岩及び松脂岩の値は各々第5表及び第6表の如くである。比重の如く両者の間に著しい差異は見出し得ない。

屈折率と化学成分との関係

屈折率と SiO_2 の関係は、大体に於て SiO_2 の増加に従つて屈折率は低くなるが、あまり明瞭な関係は認められない。

c. 玻璃岩の化学成分、化学的特性

前節に述べた産状を調査したものの中、黒曜岩8個、松脂岩5個、その外産状は調査しないが、資料の提供を受けたもの黒曜岩1個、松脂岩2個合計16個につき定量化学分析を行つた。その結果は第7表及び第8表のようである。

黒曜岩と松脂岩の化学成分を比較して見ると、その著しい差異は水分である。著者が前に定義した如く、著者の実験した範囲の資料では

黒 曜 岩 $\text{H}_2\text{O} \pm < 1\%$

松 脂 岩 $\text{H}_2\text{O} \pm > 5\%$

の関係が見られ、1~5%の範囲のものが殆んど存在しない事が極めて興味深い。

(松脂岩中に存在する多量の水の形について東北大学教授鈴木繁三九氏の研究がある。同氏の研究によれば結晶水や一次的岩漿水でなく又裂隙等に存在する absorbed water でもなく、噴出時に於ける二次的水であると述べている)。

第7表 黒 曜 岩

	和田峠	腰 岳	白 滝	姫 島	万年山	東 郷	天城山	白井兒	阿蘇外輪山
SiO_2	76.24	75.39	74.41	74.23	71.34	71.34	71.36	64.18	61.19
Al_2O_3	12.56	12.67	13.33	15.40	14.75	15.21	14.35	14.70	16.42
Fe_2O_3	0.68	1.09	0.08	0.53	0.61	0.32	0.97	2.30	1.26
FeO	0.53	0.87	0.86	0.99	1.24	1.52	1.95	3.20	5.09
MgO	0.23	0.55	0.43	0.43	0.16	0.45	1.38	3.30	2.03
CaO	0.96	1.39	1.90	1.22	2.03	1.46	3.73	5.00	4.82
Na_2O	2.84	3.18	2.99	3.99	3.86	3.16	2.72	2.87	3.08
K_2O	4.20	4.74	4.30	3.44	3.76	5.53	2.24	3.80	3.56
$\text{H}_2\text{O} +$	0.69	0.41	0.23	0.09	0.40	0.26	0.78	0.51	0.15
$\text{H}_2\text{O} -$	0.17	0.26	0.29	0.16	0.29	0.16	0.35	0.07	0.19
TiO_2	0.38	0.13	0.05	0.02	0.38	0.04	0.35	0.34	1.03
MnO	0.05	0.03	0.05	0.04	0.07	0.31	0.06	0.08	0.11
P_2O_5	0.25	0.15	0.23	0.15	0.06	0.33	0.33	0.19	0.47
Total	99.83	100.86	99.15	100.69	98.95	100.09	100.56	100.54	99.40
分析者	河 野	河 野	串 田	河 野	串 田	串 田	串 田	串 田	串 田
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

第 8 表 松 脂 岩

	隠岐今津	二上山	土畑鉾山	鶴來町	古 場	鳳來寺	出 石
SiO ₂	71.22	70.52	70.23	69.94	68.60	69.05	68.49
Al ₂ O ₃	13.37	13.48	12.24	12.72	12.25	12.98	13.18
Fe ₂ O ₃	0.51	1.36	0.76	0.36	1.17	1.09	0.26
FeO	1.20	0.94	1.13	0.97	0.70	1.02	0.34
MgO	0.14	0.58	0.90	0.34	0.33	0.34	0.59
CaO	0.88	2.63	2.15	1.81	1.32	1.20	1.56
Na ₂ O	2.36	2.08	2.92	2.64	3.40	2.82	3.13
K ₂ O	5.86	2.94	1.64	2.99	3.98	4.02	4.14
H ₂ O +	3.20	4.27	4.78	4.82	5.52	5.44	3.98
H ₂ O -	0.35	0.98	2.41	2.27	3.39	2.06	3.19
TiO ₂	0.13	0.16	0.16	0.05	0.02	0.07	0.09
MnO	0.06	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.05
P ₂ O ₅	0.23	0.18	0.13	0.21	0.16	0.19	0.16
Total	99.51	100.14	99.49	99.13	100.85	100.30	99.16
分析者	串 田	串 田	串 田	串 田	河 野	串 田	串 田

次に玻璃岩の著しい化学的特性は松脂岩の SiO₂ についてである。表に見る如く、黒曜岩の SiO₂ は 76.24% より 61.19% 迄の変化があるに対し、松脂岩の SiO₂ は 71.22% ~ 68.79% の殆んど一定した成分を有していることである。今 H₂O ± を除外して 100% に改算すると、殆んど全部の松脂岩が 74~76% のものとなり、殆んど等しい事である。本邦産のみならず外國産のものについても同様なる事実が観察せられる。この事實は松脂岩は斯の如き成分の時が最も成生され易い事を示すと同時に、逆に言えばこの成分以外では松脂岩は出来難いと言う事にもなるのである。

松脂岩の水分を除外して 100% に改算した 74~76% の値は黒曜岩に於ても普通の型であり、玻璃岩石として共通な特性である。

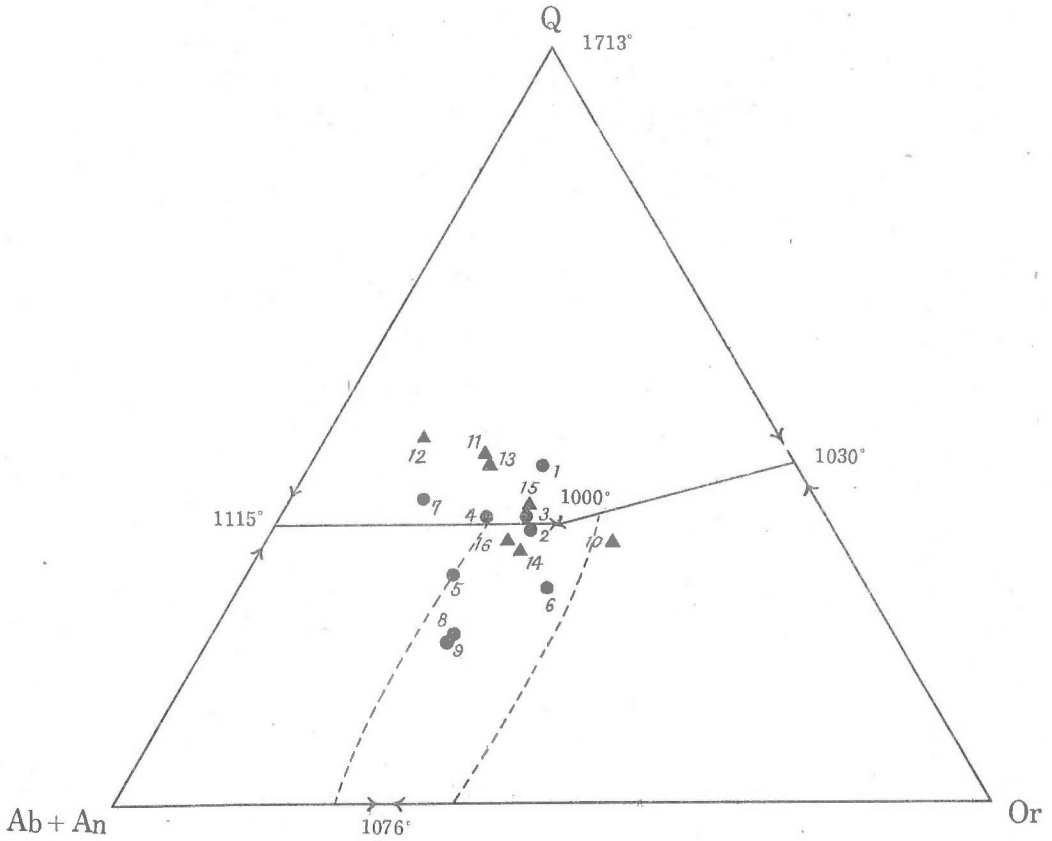
Al₂O₃, CaO 及び Alkalies については黒曜岩と松脂岩の両者に著しい差異はない。

次に結晶質岩石と玻璃質岩石の化学成分を比較して見よう。

SiO₂ の成分から云えば、安山岩~流紋岩、大部分は流紋岩の成分である。通常の結晶岩に比し範囲が狭い。

Bowen は松脂岩はあまり Alkalies の多いものには存在せず sub-alkaline rock series であると述べ、又松脂岩は $\left\{ \begin{array}{l} K_2O - 8\% \\ Na_2O - 0\% \end{array} \right.$ の変化に対し黒曜岩には $\left\{ \begin{array}{l} K_2O - 4.5\% \\ Na_2O - 4\% \end{array} \right.$ のものが普通であると述べているが、本邦産のものにつき筆者の研究した範囲ではそのような事實は認められない。

次に黒曜岩及び松脂岩につきノルム鉱物を算出表示したものは第 9 表及び第 10 表の如くである。黒曜岩のノルムより Sal 及び Fem の成分を算出して見ると、2, 3 の塩基性岩を除き Sal は何れも 93% 以上を示している。又松脂岩についても水分を除外して Sal と Fem の比



黑曜岩 Obsidian

- 1. 和田峠
- 2. 腰岳
- 3. 白瀧
- 4. 姫島
- 5. 万年山
- 6. 東郷
- 7. 天城山
- 8. 白井児
- 9. 阿蘇外輪山

松脂岩 Pitchstone

- 10. 隱岐今津
- 11. 二上山
- 12. 土畑鉦山
- 13. 鶴来町
- 14. 古場
- 15. 鳳来寺
- 16. 兵庫縣出石

Obsidian Norm 第 9 表

	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇外輪山
Quartz	41.76	34.50	35.76	34.20	28.32	26.64	35.76	18.00	16.44
Orthoclase	25.02	23.36	25.58	20.57	22.24	32.79	13.34	22.24	21.13
Albite	24.10	26.72	25.15	33.54	32.49	26.72	23.06	24.10	26.20
Anorthite	3.06	6.12	7.78	5.28	10.01	7.23	16.96	16.12	13.07
Corundum	2.14	....	0.92	3.16	0.07	1.33	1.22		2.65
Hypersthene	0.60	2.98	2.82	2.68	1.59	2.91	7.20	8.90	14.74
Magnetite	0.70	1.62	0.23	0.70	0.93	1.10	1.39	3.25	1.86
Hematite	0.16	....	....	....	....	....	....	....	....
Ilmenite	0.76	0.30	0.15	....	0.76	0.61	0.68	0.61	1.98
Apatite	0.62	0.93	0.62	0.31		0.62	0.62	0.31	0.93
Sal.	96.08	95.70	95.19	96.75	93.13	94.71	90.34	80.46	79.49
Fem.	2.84	5.83	3.82	3.69	3.28	5.24	9.89	13.07	19.51

Pitchstone Norm 第 10 表

	今津	二上山	土畑鉾山	鶴來町	古場	鳳来寺	出石
Quartz	30.18	40.63	41.04	38.70	30.54	34.32	30.90
Orthoclase	34.47	17.24	9.45	17.79	23.35	23.91	24.46
Albite	19.91	17.82	24.63	22.53	28.82	23.58	26.20
Anorthite	2.73	12.51	9.73	7.23	5.84	5.00	6.95
Corundum	2.14	2.24	2.14	2.45	0.21	2.14	0.92
Hypersthene	5.08	1.73	3.62	2.22	1.06	1.69	1.90
Magnetite	0.93	2.09	1.13	0.46	1.62	1.62	0.46
Ilmenite	0.30	0.30	0.30	0.15	0.15	0.25	0.15
Apatite	0.62	0.31	0.31	0.62	0.31	0.31	0.31
Sal.	89.48	90.49	86.99	88.70	88.76	88.95	89.43
Fem.	6.93	4.46	5.39	3.45	3.14	3.87	2.82

に改算すれば Sal は何れも 93% 以上である。玻璃岩は Sal 成分が大部分で Fem 成分が少量である点から今 Sal 成分である、Q, Or, (Ab+An) 成分のみを 100% に改算したものは第 11 表及び第 12 表の如くなる。

Q-Or-(Ab+An) 熱平衡図に関しては Bowen の Q-nephelite-kaliophillite の一部と、Vogt の実験結果と、天然産岩石の化学成分の統計的研究を併用しての熱平衡図がある。今第 11 表及び第 12 表の玻璃質岩石の Q, Or 及び (Ab+An) の値を Bowen の同三角図に投影して見るに附図 (6) の如くなる。同図で見る如く、大部分の玻璃質岩石は Bowen 及び Vogt の ternary eutectic の附近に密集して落ちる。更に精細に吟味観察すると、大部分のものは Bowen の ternary eutectic と Or-(Ab+An) の binary eutectic を結ぶ線より、Q-(Ab+An) 側に落ちるが、今津と東郷産のものは Or 側に落ちている。後二者は何れも隠岐道後の所謂環日本海のアルカリ岩石区に属する岩石である爲である。他の Calc-alkali 岩石区の岩石を更に吟味して見ると腰岳、古場、鳳来寺、和田峠、白滝等の如き完全玻璃に近いものは

Obsidian

第 11 表

	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇外輪山
Quartz	44.45	36.05	37.93	36.54	30.43	28.53	40.13	22.37	21.40
Orthoclase	26.63	29.63	27.14	21.98	23.90	35.11	14.97	27.64	27.50
Albite	25.65	27.54	26.68	35.84	34.91	28.61	25.88	29.95	34.10
Anorthite	3.27	6.39	8.25	5.64	10.76	7.74	19.02	20.04	17.00

Pitchstone

第 12 表

	今津	二上山	土畑	鶴來町	古場	鳳来寺	出石
Quartz	34.55	46.10	48.37	44.87	34.48	39.54	34.91
Orthoclase	39.47	19.54	11.14	20.63	26.37	27.54	27.63
Albite	22.80	20.19	29.03	26.12	32.56	27.16	29.60
Anorthite	3.29	14.18	11.47	8.38	6.59	5.76	7.85

Bowen の ternary eutectic に最も近接して落ち crystallite, microlite 等の少量存在する出石, 姫島, 鶴來町等の如きものは ternary eutectic に対し少々外側に落ち, 二上山, 天城, 土畑, 万年山の如き肉眼的斑晶の生じているような玻璃岩はそれより更に外側に落ちている。又白井兒, 阿蘇外輪山の如き相当に塩基性のものも (Ab+An) 側に近い外側に落ちている。このように ternary eutectic に近い成分のもの程玻璃度が高く, これに遠ざかる程玻璃度が低い(即ち結晶含有量が多くなる)事實は, 温度から言えば ternary eutectic (1000°C) に近い程融点が高いため, 結局玻璃になり易いと言う事になる。即ち ternary eutectic に近い成分のものはその温度になる迄結晶は全然晶出しない。即ち玻璃の状態でいると言う事換言すればこの成分のものは玻璃になり易いと言う事になる。(逆に言えば人工的にこの成分の混合を作れば最も低温で熔融出来ると言う事になる。)

Or-Ab-An 図

今黒曜岩松脂岩のノルム鉱物から Or, Ab, An のみを 100% に改算してみると, 第 13 表及び第 14 表の如く, 之を图示すると附図 (7) の如くなる。図に見る様に結晶物質の少い, 完全玻

Obsidian

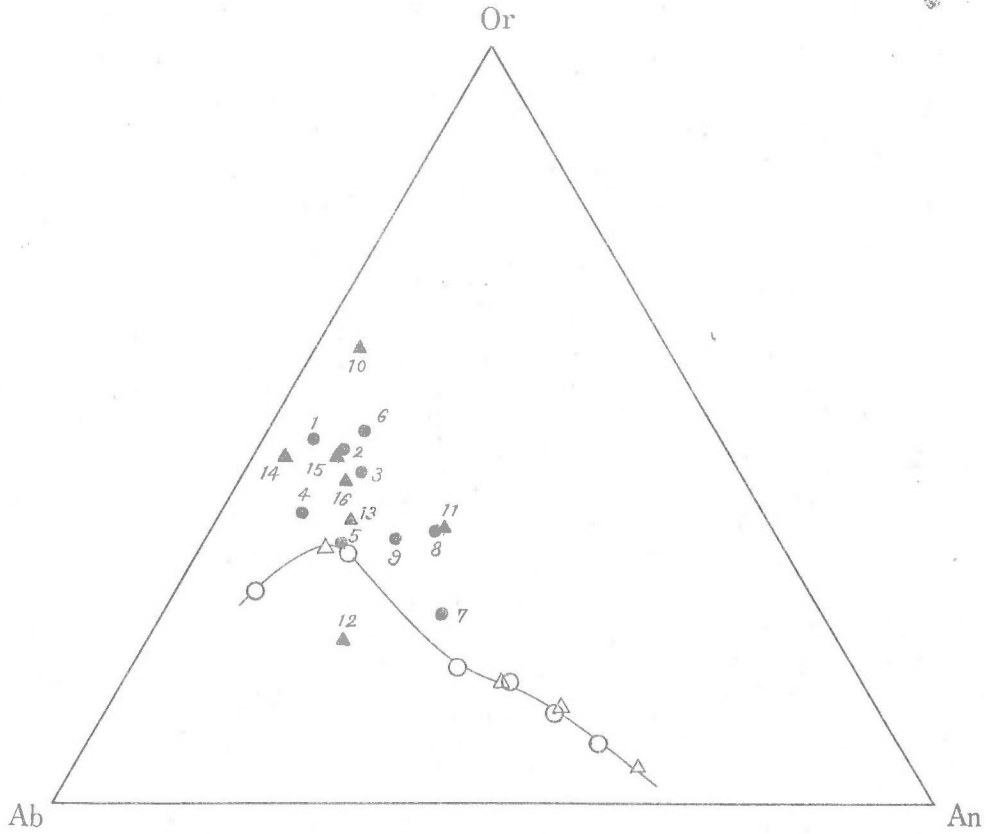
第 13 表

	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇外輪山
Orthoclase	47.95	46.34	34.72	34.64	34.35	49.13	25.00	35.61	34.98
Albite	46.19	43.66	42.98	56.47	50.19	40.04	43.22	38.58	43.38
Anorthite	5.86	10.00	13.30	8.89	15.46	10.83	31.78	25.81	21.64

Pitchstone

第 14 表

	今津	二上山	土畑	鶴來町	古場	鳳来寺	出石
Orthoclase	60.30	36.24	21.57	37.41	40.25	45.55	42.46
Albite	34.83	37.46	56.22	47.38	49.68	44.92	45.48
Anorthite	4.87	26.30	22.21	15.21	10.07	9.53	12.06

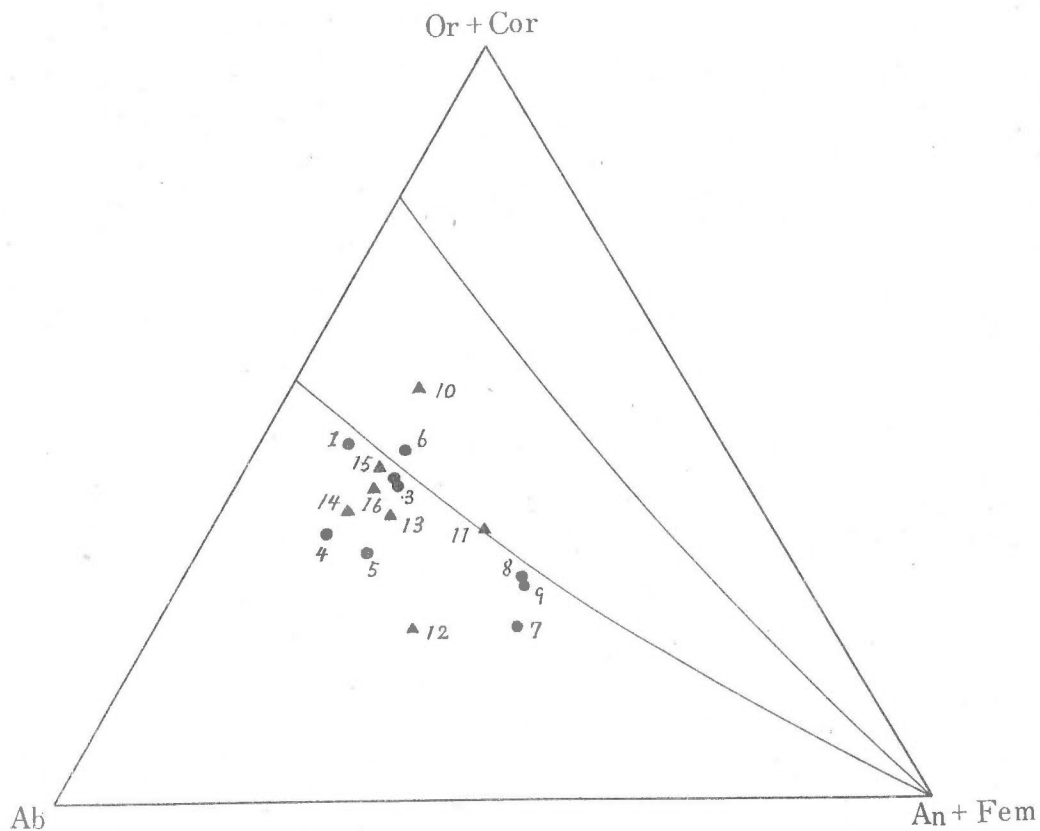


黑曜岩 Obsidian

1. 和田峠
2. 腰岳
3. 白瀧
4. 姫島
5. 万年山
6. 東郷
7. 天城山
8. 白井児
9. 阿蘇外輪山

松脂岩 Pitchstone

10. 隠岐今津
11. 二上山
12. 土畑鉦山
13. 鶴来町
14. 古場
15. 鳳来寺
16. 兵庫縣出石



黑曜岩 Obsidian

- 1. 和田峠
- 2. 腰岳
- 3. 白瀧
- 4. 姫島
- 5. 万年山
- 6. 東郷
- 7. 天城山
- 8. 白井児
- 9. 阿蘇外輪山

松脂岩 Pitchstone

- 10. 隱岐今津
- 11. 二上山
- 12. 土畑鉾山
- 13. 鶴来町
- 14. 古場
- 15. 鳳来寺
- 16. 兵庫縣出石

璃に近いものは An 少く Ab—Or 線に近接して落ちる。之に反し天城、土畑及び二上山の如き肉眼的斜長石斑晶の認められるものは An 端へ近接して落ちている。即ち化学的にアルカリ特に K_2O の多量なものは玻璃質になり易く、Ca の多量なものは玻璃岩になり難い事を示している。図の中空○及び△は本邦火山岩の平均成分を示している。

(Or+Cor)—Ab—(An+Fem) 図

火成岩が化学的に水成岩の影響を受けたか何うかと言う事を見るのに Brammal の (Or+Cor)—Ab—(An+Fem) の三角図がある。今玻璃岩のノルムから (Or+Cor), Ab, (An+Fem) 3 成分の百分比を算出したものは第 15 表及び第 16 表の如く、之を投影したものは附図 (8) の如くである。図に見る如く、今津を除き全岩は火成岩範囲に落ち、玻璃岩は全く水成岩の影響を受けた形跡はない。今津のものは異常に加里の高いためである。

Obsidian

第 15 表

	和田峠	腰岳	白滝	姫島	万年山	東郷	天城山	白井兒	阿蘇外輪山
Orthoclase	43.77	42.31	40.44	31.05	32.66	44.73	20.69	29.45	25.59
Albite	42.16	39.86	39.76	50.63	47.72	36.45	35.77	31.91	31.73
Anorthite	5.35	9.13	12.30	7.97	14.70	9.86	26.31	21.34	15.83
Corundum	3.74	—	1.45	4.77	0.10	1.81	1.89	—	3.21
Fem.	4.97	8.70	6.04	5.57	4.82	7.15	15.34	17.30	23.63

Pitchstone

第 16 表

	今津	二上山	土畑	鶴來町	古場	鳳来寺	出石
Orthoclase	52.05	31.77	18.41	33.28	38.05	40.87	39.87
Albite	30.06	32.84	47.97	42.15	46.97	40.31	42.71
Anorthite	4.20	23.05	18.95	13.53	9.52	8.55	11.33
Corundum	3.23	4.13	4.17	4.58	0.34	3.66	1.50
Fem.	10.46	8.21	10.50	6.41	5.12	6.61	4.59

d. 球顆構造、縞状構造

玻璃質岩石の球顆構造に二種類ある。一つは黑色黒曜岩中に少量の白色 spherulite の点在しているもので他の一つは白色 spherulite が著しく多量でそれと同量以下の黑色黒曜岩の混在しているものである。前者は白滝北方附近に発達しており、他の一つは和田峠附近に広く大量に発達しているものである。白滝附近の球顆は直径 $\frac{1}{3}$ cm ~ 1 cm, 和田峠附近のものは、 $\frac{1}{2}$ cm ~ 3 cm に達している。この様な肉眼的 heterogeneous の熔岩流が如何にして生じたか少しく考察して見よう。肉眼的に heterogeneous に見える、二種の球顆構造が化学的に果して別種の成分であるか、或は化学的には差異なく、單なる結晶度の差異であるかを検するため、先づ化学分析を行つた。その結果は第 17 表の如く、白色結晶質の部分と黑色黒曜岩との部分は Na_2O 及び K_2O 及び CaO , Al_2O_3 に於て著しい差異のある事が認められた。

第 17 表

	白 滝		和 田 峠	
	Spherulite	Obsidian	Spherulite	Obsidian
SiO ₂	75.68	76.00	75.38	75.98
Al ₂ O ₃	13.78	13.33	14.32	13.22
Fe ₂ O ₃	0.62	0.49	0.50	0.31
FeO	0.94	0.99	0.52	0.72
MgO	0.20	0.15	0.48	0.49
CaO	2.63	1.98	1.71	1.46
Na ₂ O	3.99	2.61	3.00	1.89
K ₂ O	2.08	4.48	3.91	5.16
H ₂ O +	0.35	0.21	0.73	0.17
H ₂ O -	0.28	0.09	0.29	0.23
TiO ₂	0.16	0.19	0.10	0.09
MnO	0.02	0.03	0.04	0.06
Total	100.73	100.55	100.98	99.78
分析者	串 田	串 田	河 野	河 野
	Spherulite	Obsidian	Spherulite	Obsidian
Or	12.66	27.50	23.82	32.06
Ab	34.73	22.67	25.85	19.23
An	13.53	10.02	10.00	7.57
Q	39.03	39.81	40.33	41.14

	白 滝		和 田 峠	
	白	黒	白	黒
SiO ₂	75.68	→ 76.00 inc.	75.38	→ 75.98 inc.
Al ₂ O ₃	13.78	← 13.33 dec.	14.32	← 13.22 dec.
CaO	2.63	← 1.98 dec.	1.71	← 1.46 dec.
Na ₂ O	3.99	← 2.61 dec.	3.00	← 1.89 dec.
K ₂ O	2.08	→ 4.48 inc.	3.91	→ 5.16 inc.

表で見る如く、白色球顆の部分に CaO, Na₂O, Al₂O₃ が多く SiO₂, K₂O が少い事が分る。これからノルムを算出して見ると、Q に於ては大差ないが、Or, Ab, An に著しい差のある事が認められた。即ち鉱物成分として白色球顆に (Ab+An) (斜長石) 分子が多く集中し、黒色玻璃中に Or (正長石) 分子が集中している事が明かとなった。

白色部と黒色部の球狀分離が両者液体時に liquation によつて起つたか黒色液体から白色球狀固体の分離によつて起つたかの二通り考えられる。前者の場合液体時に於て両成分に急激に

分離し、急冷に際し、その化学成分の差異主としてアルカリの量の差のため一方は結晶質となり、他方は液状を保つたまま固結したと考えられる。後者の場合は岩漿の急冷却に際し、球顆構造を晶出する事により化学的に残液が K_2O に富化され、黒曜岩を作つたとも考えられる。現在の所何れとも断定し難い。

黒赤縞状構造松脂岩

三河鳳来寺附近に黒と赤との縞状の松脂岩がある。このような見掛上不均質な岩石が如何にして生成されたか果して両部分に成分差があるか否かを検するため両部分を分離して別々に化学分析を行つた。その結果は第 18 表の如くである。

表に見る如く $Fe_2O_3 : FeO$ の比が異なる以外両者は全く同一成分である事が明かとなつた。赤色部分に Fe_2O_3 の多く、 FeO の少ないのは噴出の際に於ける急激な酸化作用と思われる。

第 18 表 鳳 来 寺

	黒	赤
SiO_2	71.80	70.67
Al_2O_3	12.77	12.71
Fe_2O_3	0.55	1.44
FeO	0.48	0.13
MgO	0.33	0.35
CaO	1.62	1.53
Na_2O	2.43	2.29
K_2O	3.77	3.64
H_2O +	n. d.	n. d.
H_2O -	0.76	0.76
TiO_2	0.06	0.05
MnO	0.02	0.03
Total	*94.59	93.60
分析者	河 野	河 野

第 19 表

	黒 曜 岩	松 脂 岩
産状及び母岩との関係	熔岩又は抛出物であつて岩脈状のものは殆んどない。 結晶質の熔岩へ移化するもの多く、その場合結晶質岩石と縞状構造で移化する場合と spherulite 熔岩を経て移化する場合、乳白色玻璃から結晶質へ移化する等種々有り。	熔岩又は岩脈が主で稀に抛出物もある。 結晶質の熔岩へ移化する場合、淡緑色半玻璃質岩石を経て移化する場合 spherulite 熔岩を経て移化する場合あり。熔岩の場合はその周縁相をなす事がある。
地質時代	漸新世後、中新世、鮮新世後等が最も普通である。	漸新世後、中新世後、鮮新世後等が最も普通である。
肉眼的外観	暗黒色又は乳灰色で介殻状断口を示し、玻璃光沢を有する。	暗黒色、暗緑色、暗紫色で松脂光沢を有し、裂れ目多し。
顕微鏡的造岩鉱物及び構造	斑晶として斜長石、黒雲母、角閃石が最も普通で稀に石英、柘榴石、塩基性岩には普通輝石を有する。microlite は全くなきか或は極少量。crystallite が最も一般的。両者も全く欠く玻璃もある。	斑晶として石英、斜長石、黒雲母、普通角閃石が最も普通で、稀に輝石及び柘榴石を含有している。microlite は全く欠くか或は極少量。crystallite は最も一般的。石基が玻璃のみからなるものもある。
物理的性質 比重、屈折率	$G=2.339\sim 2.527$ $4^\circ C$ $n=1.4850\sim 1.4950$	$G=2.240\sim 2.385$ $4^\circ C$ $n=1.4880\sim 1.5060$
化学成分	$H_2O \pm < 1\%$ SiO_2 61~76.24%, 74~76% が最も多い。	$H_2O \pm > 5\%$ SiO_2 水分を除外、改算すると全部 74~76% である。
揮発成分	Cl...0.015~0.021 F...0.005~0.045	Cl...0.003~0.018 F...0.02

VI 黒曜岩と松脂岩との關係

以上黒曜岩と松脂岩とを一括して記載したが、之を整理し、両者の差異及び關係を吟味して見よう。簡潔のため両者を整理一表に示したものは第 19 表のようである。

表に見る如く、産出状態に於て、黒曜岩には岩脈状のものは殆んどないが、松脂岩にはしばしばあり、熔岩の場合でも松脂岩は結晶質岩の縁辺部に多く産出する。これは表の下段にある松脂岩の水分を多量に含有する理も説明せられ、高压下に急冷固結した事を示すものである。その外母岩たる結晶質の流紋岩に移化する状態や地質時代には両者に殆んど差異は認められない。肉眼的色、光沢に差異があり、松脂岩には割れ目が多い。顕微鏡的造岩鉱物及び構造には両者に著しい差異はない。比重は両者とも結晶質岩より低く、松脂岩は黒曜岩より更に低い。屈折率は両者に著しい差異はない。化学成分の中最も著しい差異は $H_2O \pm$ で松脂岩がはるかに多い。 SiO_2 に関し、松脂岩には塩基性のものは存在せず水除外 (water free) で改算すれば何れも 74~76% である。揮発成分 Cl, F 等については両者に著しい差異は認められない。

VII 玻璃質岩石の成因論

玻璃質岩石は火山岩である事には相違ないが、量的に又産出個所から言つてもそれ程多いものではなく特殊な岩石である。このような特殊な火山岩が如何にして生成されるのであろうか少しく吟味して見よう。

先づその成因をその構成成分である化学成分と生成時の物理的條件と二つに分解して考察して見よう。

化学成分 如何なる化学成分でも玻璃岩になると言うのでなく、玻璃になり易いと言う範圍及び制限があつて筆者の取り扱つたものでは黒曜岩 SiO_2 61.20~76.24, 松脂岩 68.49~71.22% の如く特に松脂岩の範圍が狭い(黒曜岩についても 74~76% のものが最も多い)。又 SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO の比についても、微妙な關係が存在し、前節に述べた如く、 $Q-Or-(Ab+An)$ 図に於て三者の共融点附近に落ちるような SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO の比の成分のものが最も低温迄玻璃の状態にある事が明かとなつた。松脂岩には又 $H_2O \pm 5\%$ 以上と言う制限もある。

物理的條件 上述のような化学成分ならば何れでも玻璃岩になるかと言うとそうでもない。特別な物理的條件の下に冷却固結する事が必要條件のようである。前第 V 節造岩鉱物で述べた如く、玻璃岩に microlite の殆んど存在しない事実から推定して、plutonic condition から effusive condition になり、その際急冷した事を示している。然し、通常の急冷では浮石質のものを生ずるのにこのような緻密質岩を生成する事は急冷と同時に高压下の固結が考えられる。特に松脂岩についてこの事実は岩脈或は熔岩の縁辺部に産出する事によつても証せられる。

VIII 玻璃質岩石の工業的應用

近来玻璃質岩石の工業的應用の道が急激に開かれつゝあるが、黒曜岩と松脂岩はその性質により自らその用途が異なつてゐる。

黒曜岩の熱膨脹揮発成分の逸出の状態等に関しては既に神津俣祐博士の研究がある。即ち約 $600^{\circ}\sim 700^{\circ}\text{C}$ に加熱すれば黒曜岩は急激に膨脹して浮石状を呈する事が知られてゐる。この性質を利用して工業的に軽量コンクリートを作る事が出来る。即ち黒曜岩を予め径数 mm の大きさに粉碎し之を急激に膨脹せしめて気泡ある球礫を作り之とアスファルト或はセメントと混合して整形し、適当な板状となす。板は気泡質であるから軽量であり、壁或は天井に使用すれば防音、防熱、保冷、防濕等にも著しい効果がある。工業的に大量に作るためには粉碎し大きさを揃えロータリーキルン中に投入して加熱するか、或は重油ガス焰で吹けば適当な製品が得られる。

松脂岩は黒曜岩よりはるかに揮発成分 (H_2O) が多いに拘らず加熱によつて黒曜岩のような著しい膨脹は行わない。然しながら玻璃質であり揮発成分を多量に含有するため熔融点が低く低温で容易に熔融する。この性質を利用し下級品のガラス原料とか、下級陶磁器の釉薬等に利用せられてゐる。板ガラス原料としては鉄分を相当含有するため不適當であるが着色瓶の原料として使用し得る。松脂岩は釉薬としても着色しているため高級のものには不適當であり火鉢、瓦、その他ホウロウ鉄器等に使用せられる程度である。

この外松脂岩は K_2O の含量が相当多量であるため之を粉碎して加里肥料として採掘販賣している所もあるが、その含量もそれ程多量でなく、 K_2O も水に直ちに可溶性でないため肥効は疑問である。何れにしても本邦に於ては未だ松脂岩を本格的に工業原料として使用しているものは少い。

黒曜岩、松脂岩については上記のような利用の道がありその他の應用面についても基礎的熱実験及び工業的中間試験が必要であるが、当所には此等の設備が目下欠けており、未だこれ等の諸実験を行ひ得なかつた。今後これ等諸設備の完備を待つて遂行の予定である。

IX 玻璃質岩石の産地と埋藏量

上記工業用原料としての資源としての産地、埋藏量、品質及び搬出状況等を表示すれば第 20 表及び第 21 表のようである。表中一、二の産地を除き、これを工業的應用のために採掘している所は殆んどない。

表で見る様に鉍量多量で品質も優秀なものは黒曜岩では和田峠、腰岳、白滝及び姫島の四カ所に過ぎない。その中和田峠及び腰岳は抛出物であるため散在してゐて蒐集するのに手数を要

第 20 表 黒 曜 岩

産 地	和田峠	腰 岳	白 滝	姫 島	万年山	天城山	東 郷	白井兒	阿 蘇
鉍量 噸	数 万 噸	数 万 噸	数 十 万 噸	5 万 噸	数 万 噸	数 百 万 噸	少 量	少 量	数 百 万 噸
賦存状態	熔 岩 抛 出 物	熔 岩 抛 出 物	熔 岩	熔 岩	熔 岩	熔 岩	抛 出 物	抛 出 物	抛 出 物
搬出状況	索 道 と ト ラ ッ ク	索 道 と ト ラ ッ ク	索 道 と ト ラ ッ ク	舟	ト ラ ッ ク	索 道 と ト ラ ッ ク			ト ラ ッ ク
品 質	優	優	優	優	良	可	優	可	可

第 21 表 松 脂 岩

産 地	鳳来寺	二上山	土 畑	古 場	鶴來町	今 津	出 石	湯 川
鉍 量	数 万 噸	数 十 万 噸	数 千 噸	数 十 万 噸	少 量	数 万 噸	少 量	少 量
賦存状態	熔 岩	熔 岩 抛 出 物	熔 岩	岩 脈 熔 岩	岩 脈	熔 岩	岩 脈	熔 岩 縁
搬出状況	索 道 と ト ラ ッ ク	索 道 と ト ラ ッ ク	索 道 と ト ラ ッ ク	ト ラ ッ ク		ト ラ ッ ク 舟		
品 質	優	良	可	優	良	優	可	良

し、鉍量もそれ程多量ではない。之に反し、白滝及び姫島は塊状をなして産し、鉍量も相当多量であるので、今後最も期待される産地である。姫島は特に海岸であるので、採掘したものは直接に舟で搬出出来る。白滝は北海道北見の國で海拔 800 m の位置にあつてやゝ不便ではあるが、約 2 km の索道を仮設すれば、トラックで搬出し得られ約 10 km で白滝駅に達し得られる。黒曜岩で嘗つて採掘されたものは和田峠の一部と隠岐東郷のもののみである。

松脂岩についても鉍量、品質共に優秀なものは鳳来寺、古場及び今津の三カ所に過ぎない。その内鳳来寺及び古場は少量採掘されているが、今津のものは最近注目されたばかりで未だ採掘された事はない。搬出も鳳来寺及び古場は直接トラックで搬出し得られる。今津は海岸迄 2 km、その後は船で搬出し得られる。

X 参考文献

- 1) 伊原敬之助：工業原料鉍物調査報告。第 5 号，1921。
- 2) C. E. Tilley：Density, refractivity and composition relation of some natural glasses. Min. Mag., 19, 275, 1922.
- 3) W. O. George：The relation of the physical properties of natural glasses to their chemical composition. J. Geol. 33, 353, 1924,
- 4) L. Hawkes：On rock glass, and the solid and liquid states. Geol. Mag. 67, 17~24, 1930.
- 5) 神津俣祐：本邦火山玻璃の物理、化学的研究。第四回大平洋會議。
- 6) 遠藤岸郎：本邦産玻璃岩の化学成分。岩鉱。2 卷，昭和 4 年。
- 7) 可兒弘一：黒曜岩の硫酸に対する溶解性に就て。岩鉱。6 卷，p. 226, 昭和 6 年。
- 8) 鈴木藤三九：天然玻璃に関する 2,3 の問題。岩鉱。28 卷。1 号，2 号，19, 昭和 17 年

- 9) 津中治: 北見國白滝地方. 岩礦. 20卷, 3号. 昭和13年
- 10) Walker, W. A.: シベリヤ Kulymsk 石英粗面岩及び黒曜岩脈. *Min. Petro. Mitt.* 45, 1~18, 1934.
- 11) Balk, R., Kreigen, P.: Vermont Ascutney Mountain の脱玻璃化 Felsit 岩脈. *Am. Min.* 21, 516~522, 1936.
- 12) Birch, F., Dow, R. B.: 高温に於ける岩石及び玻璃の圧縮性及び地震学上への應用. *B. G. S. A.* 47, 1235~1255, 1936.
- 13) Walken, W. A.: シベリヤ Kalymysk 地域の石英粗面岩及び黒曜岩脈. *Min. Petro. Mitt.* 45, 1~18, 1934.
- 14) Schreiter, R.: Spechthousen の球状瀝青岩. *Zbl. A.* 3, 85~99, 1931.
- 15) 神津似祐: 黒曜岩の岩石学的研究より浮石の成因を論ず. 岩礦. 3卷, 1号, 昭和5年.
- 16) Goranson, R. W.: 花崗岩漿中の水の溶解度. *Am. Journ. of Sci.* 22, 481~502, 1931.
- 17) Fuller, R. E.: 玄武岩的玻璃について. *Am. Min.* 17, 104~107, 1932.
- 18) Hawkes, L., Harwood, H. F.: 含 anorthoclase 岩石玻璃. *Min. Mag.* 23, 163~174, 1932.
- 19) Brammial, A.: 反應系列に於ける礬土の相反役割. *Min. Mag.* 24, 362~364, 1936.
- 20) Gilluly, J.: 岩漿中の含水量. *Am. Journ. of Sci.* 33, 430~441, 1937.
- 21) 竹内常彦: 和田峠. 岩礦. 24卷, 5号, 昭和15年.
- 22) Bowen, N. L.: *Evolution of Igneous Rocks.* 1928.
- 23) 原口九万: 姫島の火山岩. 地球. 14, 401~410, 昭和5年.
- 24) 吉沢甫: 二上火山研究. 地球. 14, 362~344, 昭和5年.
- 25) 大場正雄: 二上火山. 震災予防. 72号, 明治43年
- 26) 渡辺万次郎: 土畑砒山. 岩礦. 20卷, 3号. 昭和13年
- 27) 渡辺新六: 宮城縣宮崎砒山. 岩礦, 20卷, 3号, 昭和13年
- 28) 根本忠寛: 十勝の國中川郡豊沢村産玻璃質ソーダ流紋岩の化学成分. 岩礦. 10卷, 60~127, 昭和8年.
- 29) 松本唯一: 似而非阿蘇熔岩類. 火山. 1卷, 3~4号, 昭和8年
- 30) Matsumoto, T.: The four gigantic caldera volcanoes of Kyūsyū. *Jap. J. of Geol. Geog.* Vol. 19, 1943.
- 31) Tomita, T.: Geology of Dōgo, Oki Islands in the Japan Sea. *Journ. Shanghai, Sci. Inst.* Sec. II. Vol. II. 1936.

Natural glasses in Japan

by Yoshinori KAWANO

Résumé

Natural glasses may be divided into two groups, i. e. those of igneous origin and those of tektite, which are believed to be meteoritic and have never been found in Japan. The former is composed of obsidian, pitchstone and pumice. In this paper, obsidian and pitchstone are to be dealt with. They are considered to represent original magmas which extruded and cooled too quickly to have time for crystallization. So the study of glassy rocks is very interesting and important for us from pure petrographical point of view. Furthermore, the new technical usage of these glassy rocks has recently developed. From these two sides, the author performed this work.

In their modes of occurrence at twenty localities in Japan, no regularity is found, though the obsidian mostly crops out as lava flows or volcanic detritus while the pitchstone forms dykes or lava flows and is very rarely found as pyroclastic.

In their time of eruption, they are confined to the Cenozoic-age, including Oligocene, Miocene and Pleistocene period, but there is no periodical difference between obsidian and pitchstone as formerly considered.

Obsidian and pitchstone always contain a small amount of phenocryst and large quantity of dusty crystallite, microlite is wholly absent or very scarcely found in clear glass. This is the cause of vitreous luster of glassy rocks and is the main difference from the ordinary volcanics. Glassy rocks of igneous origin contain some of the common rock forming minerals such as quartz, plagioclase, biotite, common hornblende, augite, hypersthene, garnet, olivine and magnetite, but the pyroxenes are limited to basic extrusives.

Indices of refraction of obsidian and pitchstone directly measured by Abbe's refractometer are as follows :

obsidian $n = 1.4865 - 1.4950$

pitchstone $n = 1.4880 - 1.5060$

There are no notable differences in both types. Between these indices of refraction and SiO_2 content we cannot find any distinct relation, though a general tendency is recognizable that the increase of SiO_2 content slightly lower the indices of refraction.

Densities of glassy rocks carefully measured by means of picnometer are as follows :

Obsidian G at 4°C = 2.339 - 2.527

Pitchstone G at 4°C = 2.240 - 2.385

As is seen in Tables 3 and 4, the densities of pitchstone are somewhat lighter than those of obsidian. Relation of densities to SiO₂ content is plotted in Fig. 7. It is recognized that the increases of SiO₂ content decrease the densities.

Nine specimens of obsidian and seven of pitchstone are chemically analyzed. Water (H₂O ±) contents of obsidian are less than 1%, while the contents of pitchstones are more than 5%, sometimes attaining up to 10% ; those with 1-5% of water are extraordinary rare. SiO₂ content of obsidian varies 61.19-76.24%, mostly 74-76%. If we reduce the chemical percentage of pitchstone to water free basis, the content of SiO₂ becomes 74-76%. These values well coincide with those of liparitic obsidian of very common type, thus the high content of silica is a striking feature of all pitchstones in Japan, and the same tendency is also recognizable in the pitchstones of other countries.

Salic components of normative minerals of glassy rocks are mostly more than 93%. So if we recalculate the values of Q, Or, and (Ab + An) alone to be 100% and plot them in a Q-Or-(Ab + An) triangular diagram, we know that the compositions of most glassy rocks are situated around the

		Genetic condition of natural glasses	
Chemical condition		Composition near the ternary eutectic composition of Q-Or-(Ab + An) triangular diagram.	
Physical condition		Rapid cooling not to form microlite in the groundmass.	
		Petrologic differences of obsidian and pitchstone	
		Obsidian	Pitchstone
Mode of occurrence		lava, detritus, rarely dyke	dyke, lava, rarely detritus
Appearance		conchoidal fracture black or gray colors vitreous luster	many cracks black, dark green, dark violet colors resinous luster
Specific gravity		G = 2.339 - 2.527 heavier than pitchstone	G = 2.240 - 2.385 lighter than obsidian
Chemical composition	H ₂ O±	H ₂ O± ······ <1%	H ₂ O± ······ >5%
	SiO ₂	61.19% ~ 76%	68.49 ~ 71.22%, water free basis 74 ~ 76%

ternary eutectic point; and the farther they deviate from this point, the more the rocks become crystalline. It is quite evident that, on cooling molten rock magmas, those having a composition nearer to the ternary eutectic point remain as liquid longer than those of other compositions.

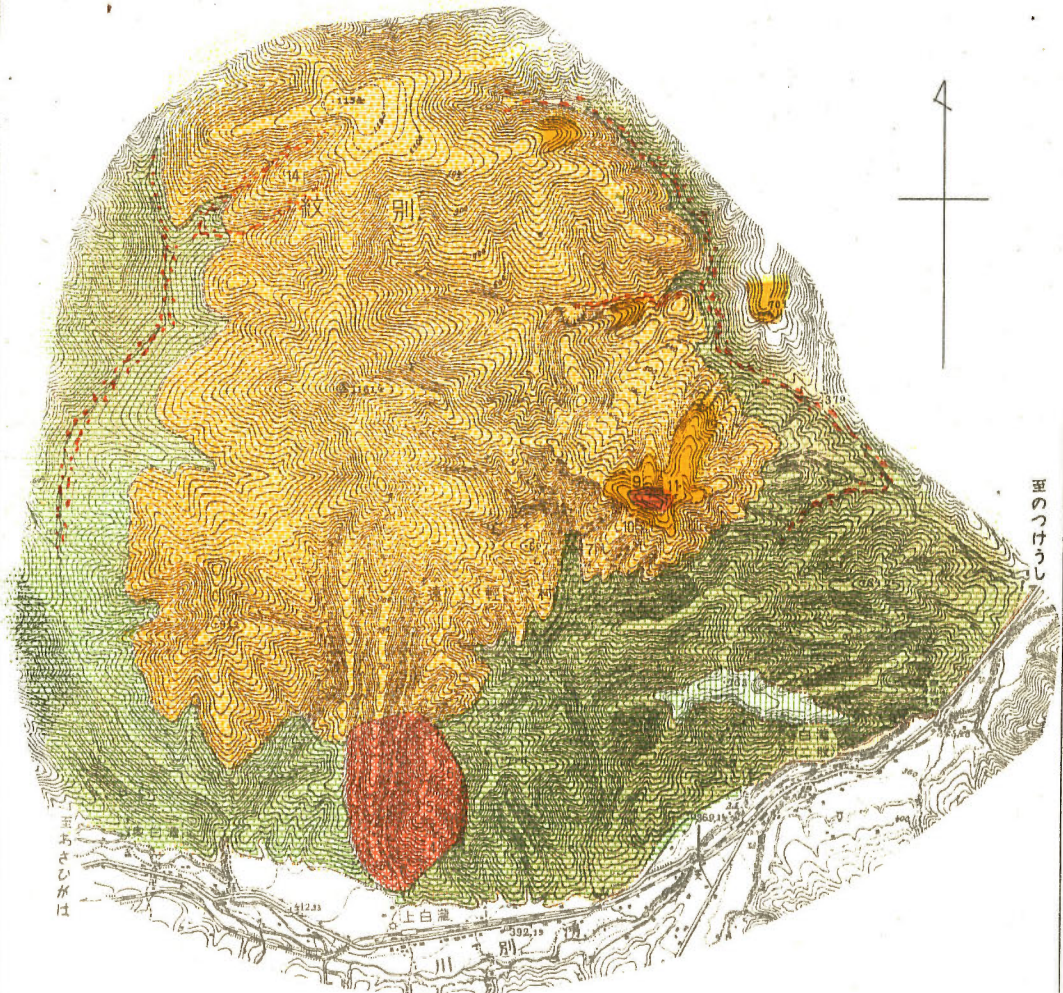
To sum up the foregoing, the most favourable genetic condition of glassy rocks and the remarkable peterologic differences between obsidian and pitchstone are shown in the following Table.

In some factories of Japan, the obsidian is used to heat insulating plate utilizing its good expansion, and the pitchstone is used as glaze of porcelain utilizing its low melting point. But the production is very small.

Resources of glassy rocks in many places of Japan were estimated by geological survey. As is seen in Tables (20 and 21), in some places glassy rocks for technical use amounted to a few ten thousand tons or more.







白瀧附近地質圖及黑曜岩分布圖

GEOLOGICAL MAP THE OF SHIRATAKI DISTRICT
AND DISTRIBUTION OF OBSIDIAN



至おさひがは

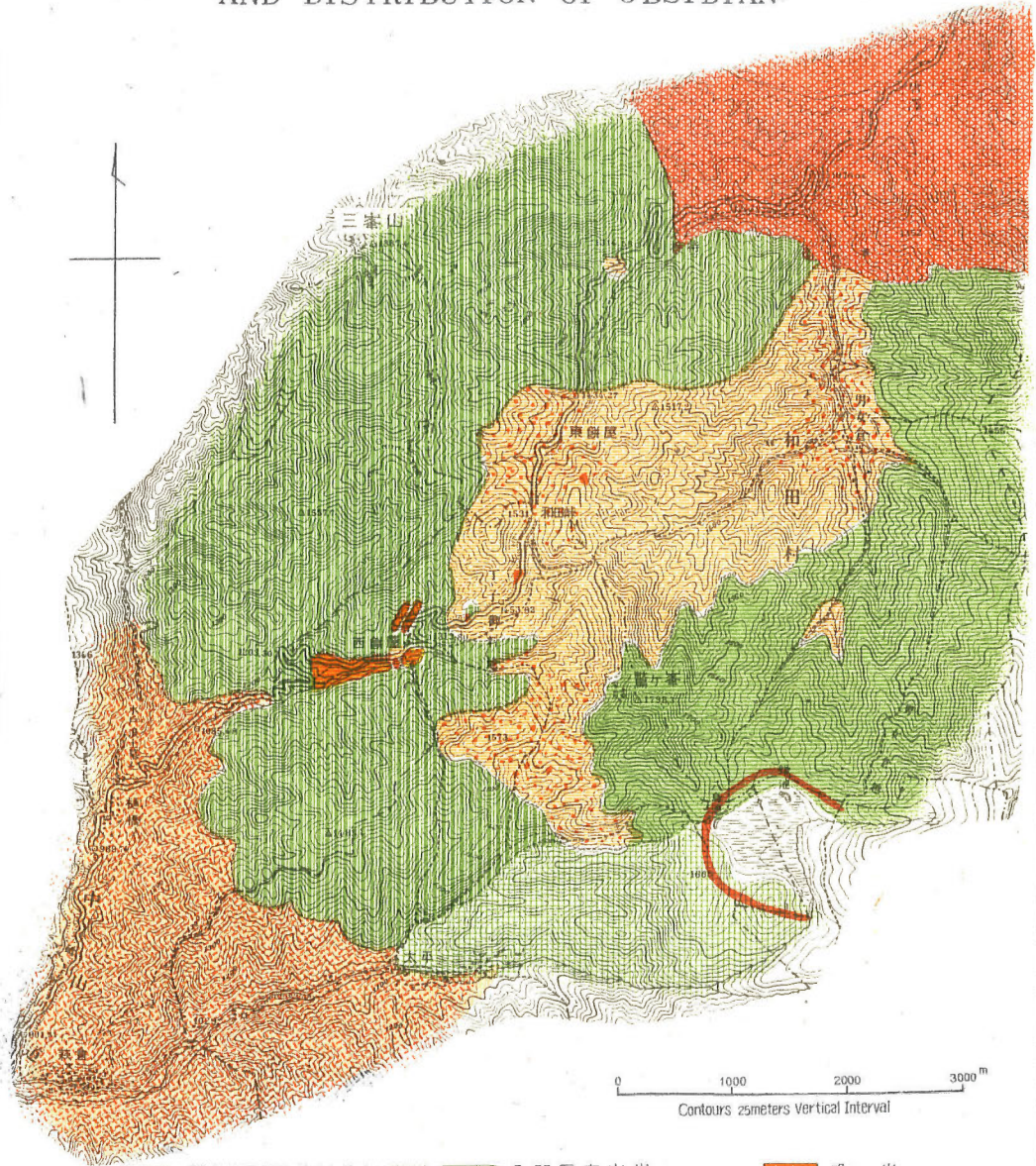
至のつけうし

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |  |
| 輝石安山岩
Pyroxene
andesite. | 黒曜岩熔岩
Obsidian lava
and its blocks. | 流紋岩
Liparite. | 流紋岩質
凝灰岩
Liparitic tuff. | 花崗閃綠岩
Granodiorite. | 前白堊紀
粘板岩砂岩
Pre-cretaceous
clayslate and
sandstone. |










0 1000 2000 3000^m
Contours 25meters Vertical Interval

和田峠附近地質圖及黑曜岩分布圖

GEOLOGICAL MAP OF THE WADATOGU DISTRICT
AND DISTRIBUTION OF OBSIDIAN




0 1000 2000 3000 m
Contours 25 meters Vertical Interval


- | | | | | | |
|---|--|---|---|---|-----------------------|
|  | 黑曜岩及同岩片(流紋岩二漸移)
Obsidian and its blocks |  | 角閃石安山岩
Hornblende andesite |  | 玢岩
Porphyrite |
|  | 岩脉狀玄武岩
Dyke formed basalt |  | 兩輝石安山岩及同集塊岩
Pyroxene andesite and its tuff |  | 文象斑岩
Granophyre |
|  | 輝石安山岩
Pyroxene andesite |  | 流紋岩同凝灰岩
Liparite and its tuff |  | 花崗閃綠岩
Granodiorite |


鳳來寺附近地質圖及松脂岩分布圖


GEOLOGICAL MAP OF THE HORAIJI DISTRICT
AND DISTRIBUTION OF OBSIDIAN





 松脂岩(流紋岩二漸移)
Pitchstone transi

 玻璃質輝石安山岩
Glassy pyroxene andesite


 岩脉狀安山岩
Dyke formed andesite

 新期岩脉狀石英安山岩
Dyke formed dacite of 2nd period

 流紋岩及同凝灰岩
Liparite and its tuff

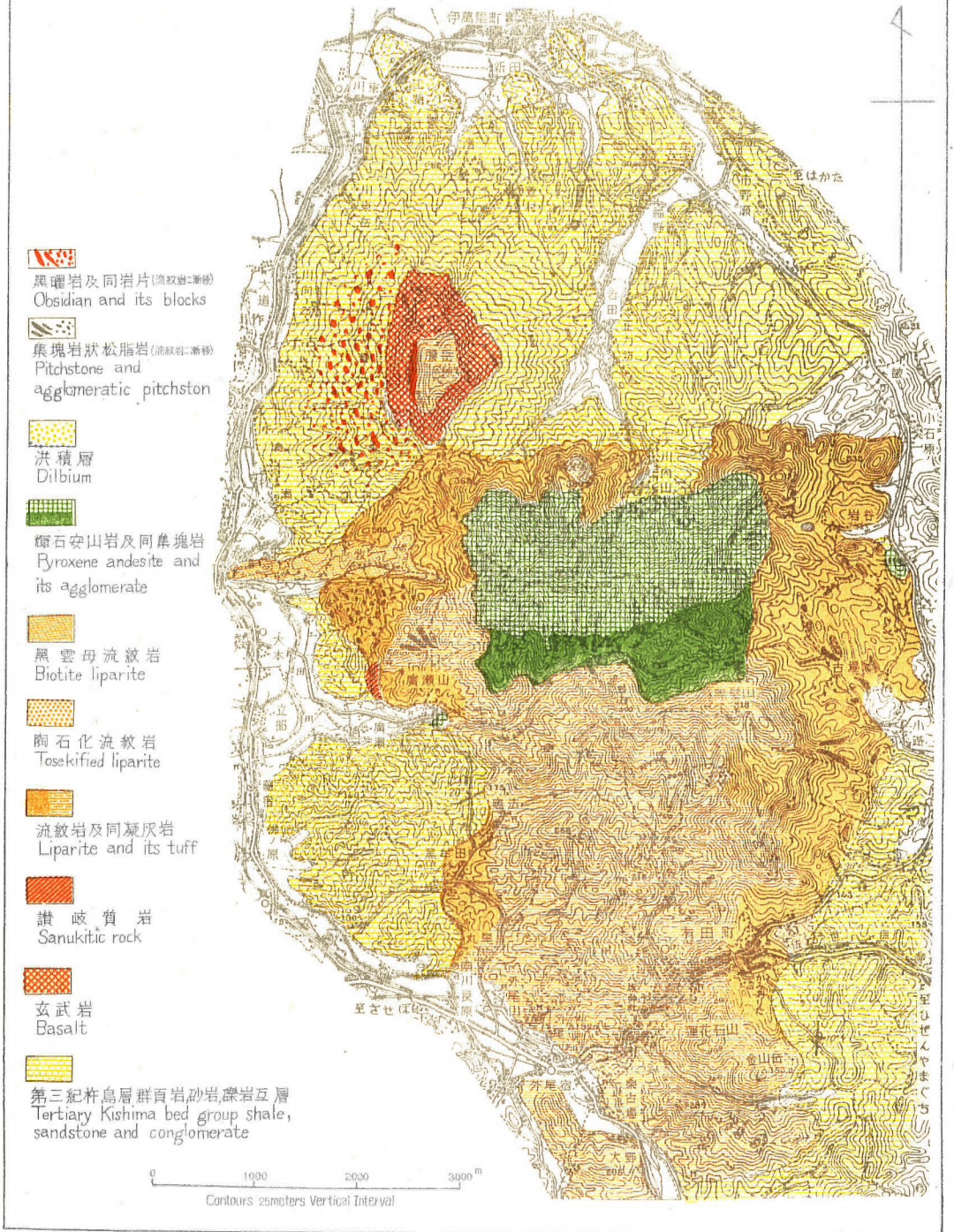
 古期石英安山岩
Dacite of 1st period

 流紋岩質白色凝灰岩
Liparitic white tuff

 第三紀礫岩砂岩及
頁岩互層
Tertiary alternation
of conglomerate, sand-
stone and clayslate

有田伊万里附近地質圖及黑曜岩、松脂岩產狀圖

GEOLOGICAL MAP OF THE ARITA-IMARI DISTRICT AND DISTRIBUTION OF OBSIDIAN AND PITCHSTONE



The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memoirs, the Bulletin, and the Reports of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Reports of the Geological Survey of Japan. The currently published Report will be consecutive with the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| A. Geology & allied sciences | } | a. Geology.
b. Petrology and Mineralogy.
c. Palaeontology.
d. Volcanology and Hotspring.
e. Geophysics.
f. Geochemistry. |
| B. Applied geology | } | a. Ore deposits.
b. Coal.
c. Petroleum and Natural Gas.
d. Underground water.
e. Agricultural geology.
Engineering geology.
f. Physical prospecting.
Chemical prospecting & Boring. |
| C. Miscellaneous | | |
| D. Annual Report of Progress | | |

Note: Besides the regularly printed Reports, the Geological Survey is newly going to circulate "Bulletin of the Geological Survey of Japan," which will be published monthly commencing in July 1950.

本所刊行の報文類の種目には従來地質要報、地質調査所報告等があつたが今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に収めることとし、その番號は従來の地質調査所報告を追つて附けることにする、そして報告は一報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜の爲に次の如くアルファベットによる略號を附けることにする。

- | | | |
|------------------------|---|------------------|
| A 地質及びその基礎科學
に關するもの | } | a. 地質 |
| | | b. 岩石、鑛物 |
| | | c. 古生物 |
| | | d. 火山、溫泉 |
| | | e. 地球物理 |
| | | f. 地球化學 |
| B 應用地質に關するもの | } | a. 鑛床 |
| | | b. 石炭 |
| | | c. 石油、天然瓦斯 |
| | | d. 地下水 |
| | | e. 農林地質、土地地質。 |
| | | f. 物理探鑛、化學探鑛及び試錐 |
| C 其他 | | |
| D 事業報告 | | |

おな刊行する報文以外に當分の間報文を謄寫して配布したものに地下資源調査所速報があつたが此後は地質調査所月報として第1号より刊行する。

本邦産玻璃質岩の研究 正誤表 河野棧札

頁	位置	正	誤
本文 21頁	第 9 表	Corundum	Carudum
英文 1頁	2 / 行	have	hare
附圖 2.	英文表題	of the	the of
付圖 3	凡例 甲列中	Agglomerate	Tuff
1圖 1~8	輪郭外	GEOLOGICAL	GEOLOGICAL
1 2~5	縮尺下	20 meters	25 meters
1 4	英文表題	PITCHSTONE	OBSDIAN

昭和 25 年 9 月 25 日印刷

昭和 25 年 9 月 30 日発行

著作権所有 工業技術廳
地質調査所

印刷者 向 喜 久 雄

印刷所 一ツ橋印刷株式會社

東京都品川區上大崎 3 / 300

図版印刷 株式会社 信英堂印刷所

REPORT No. 134

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Tomofusa Mitsuchi, Director

NATURAL GLASSES IN JAPAN

BY

YOSHINORI KAWANO

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan

1950