$=48^\circ$) を多量に含み、斑狀斜長石に乏しい。完晶質石基はピオデン輝石質 ($2V(+)=34^\circ$) 輝石及斜長石より成る。斑狀輝石は広くウラル石化作用を受けている。

以上で三群であるが、此の他大瀧 (奥羽本線大瀧駅) に三枚の典型的侵入岩床が発達する。岩質は瀬見地域と小股川地域の中間的性質を持つので一応地域群より除いた。

5. 結 言 今迄述べた侵入岩床は、総て火山岩岩漿系のもと思われる。そして最も原岩漿に近いのは、瀬見地域のドレライトで、その様な岩漿が地殻の比較的浅処に存在し、割合簡単に地質條件に敏感に支配され、岩漿分化を生ずるのであろうか。且地質条件の一つの具体的現象型を堆積環境と考えると、堆積環境の結果的な姿を地層として観察されよう。

兎も角新庄堆積盆地の周辺で、所謂台島階の一時期に、一連の野外関係¹⁾で進入したと考えられる岩床群が、互に地域的に特質的な岩質を持つ群を形成している。然もその地域性が、地層と密接な関係性を持つものの様である。最後に次に引用する舟橋三男²⁾の言葉をかりると、此の問題も今後更に発展する可能性があろう。

地層が堆積する場合、それに影響を及ぼす要素の一つとして、地殻の深部條件が考えられるこの堆積に相前後して出現する火成岩にはその地殻の深部條件と何等かの関係ある形が担われているであろう。

附 記 研究中多大な御便宜御指導を戴いた。

小倉勉、八木次男、石川俊夫、舟橋三男、加藤馨雄、井上武、加納博の諸氏に深謝する。尚此の研究の費用の一部は文部省科学研究費 (昭 25 年度) の一部である。ここに明記して謝意を表す。

(山形大学文理学部地学教室)

樺太輪荒濱砂中の柘榴石及び普通輝石 (3)

Studies on garnet and augite placer deposits at Wa-are,
South Sakhalin (3)

高 橋 純 一 (J. Takahashi)

北 原 順 一 (J. Kitahara)

普 通 輝 石

普通輝石の結晶及び比重 結晶形を示すものは極めて稀であり、磨滅しているものが多い。このことは柘榴石より機械的抵抗の弱いことを意味す

1) 此の点は今後、進入機構を層位学的に追求しなければならない。

2) 舟橋三男: 雨龍, 空知地方の玄武岩, 新生代の研究 5 號。

るものである。0.5 軒程度の緑色の普通輝石の結晶は短柱状であつて、柱帯では $m(110)$ 最も発達し、 $b(010)$ は之に次ぎ、 $a(100)$ は狭い。端面は $s(\bar{1}11)$ が特に大きい。黒色細粒の普通輝石は $a > b > m$ の順である。

普通輝石粒は緑色のもの及び黒色のものとがあるが、粒のうちには緑色半透明な部分と黒色光沢ある部分とから成つているものもある。その中間の色合を示すものはない。緑色のものを選んで比重壺にて測定し、 4°C に換算した値は $G_4 = 3.343$ 、黒色種は $G_4 = 3.357$ である。普通輝石が緑色を呈するのは後記の化学分析に示す通り FeO によるものであり、黒色であるのは Fe_2O_3 の含有量が多いことによるものと見られる。(結晶図省略)

普通輝石の光學的性質 普通輝石の (110) 上の屈折率を浸液法にて測定の結果、緑色種は $n_1 = 1.690$, $n_2 = 1.712$ であり、黒色種は $n_1 = 1.699$, $n_2 = 1.723$ である。緑色種の光軸角は自在廻転台で測つた結果 $2V(+) = 59.5^{\circ}$ 、黒色種のそれは $2V(+) = 57 \sim 58^{\circ}$ である。緑色及び黒色の部分を同一粒に有する普通輝石を鏡下に検するに、黒色種が緑色種の外縁に存し、その境は明瞭である。緑色種は無色であり、黒色種は Z' 微黄色、 X' 微黄色で、多色性は認められない。黒色種が微黄色を呈する理由は、後記分析表に示す通り、 Fe_2O_3 を 4.18% も含有しているためであろう。第四図に

第 四 図

(黒色種は緑色種の外縁にあり一部欠ける)

示す普通輝石は (100) を接合面とする双晶をなすものであつて、一部分欠けて明瞭ではないが、緑色種の外方に黒色種が存する様に見られるものである。 (110) 上に於ける緑色種の消光角は $c\Delta Z' = 40^{\circ}$ 、黒色種のそれは $c\Delta Z' = 44 \sim 44.5^{\circ}$ である。以上の測定から、屈折率及び消光角は緑色種から黒色種に増大するが、光軸角は減少することが判る。

九州西ヶ丘産の普通輝石にも緑色、黒色の二種があり、比企忠、篠本二郎、石井八万次郎、大橋²⁾、久野³⁾、三宅⁴⁾、及び柴田⁵⁾ 各氏等により研究さ

- 1) 自在廻転台の使用法を筆者の一人 (J. K) は大森啓一氏に教えられた。ここに謝意を表する。
- 2) 大橋良一：地質，**42**，201，昭15。
- 3) 久野 久：地質，**45**，879~880，昭18
- 4) 三宅輝海：鉱物と地質，**8**，77~80，昭23
- 5) 柴田秀賢：未発表

れて来た。詳細にわたる現出状態及び光学的性質は久野氏¹⁾により明にされた。久野氏²⁾によれば黑色種の周囲を綠色種が取巻き逆疊帯構造を呈していると云う。綠色、黑色兩種普通輝石は日本に於て、西ヶ岳の外、山梨縣佐野³⁾にも産する。佐野産⁴⁾のものゝ現出状態の調査は渡辺万次郎氏により詳細に行われた。

普通輝石の化學組成 包裹物は少なく精選は柘榴石に比し簡易である。綠色の粒を碎いて双眼顯微鏡下に選別したものを分析試料に供したから、後記安山岩の斑晶をなすものを取扱つたとしてもよいわけである。化学分析の結果及びそこから得られた分子比、原子比は第六表に示す通りである。

第 六 表

	Wt %	Mol. prop		Atom. ratios	Atom ratios when O=600
SiO ₂	51.63	860	Si	860	187.4
Al ₂ O ₃	4.08	40	Al	80	17.4
Fe ₂ O ₃	1.25	8	Fe'''	16	3.5
Cr ₂ O ₃	n.d	—	Cr	—	—
FeO	5.01	69	Fe''	69	15.0
MnO	0.20	3	Mn	3	0.7
MgO	16.29	407	Mg	407	88.7
TiO ₂	0.34	4	Ti	4	0.9
CaO	20.85	372	Ca	372	81.1
Na ₂ O	0.12	2	Na	4	0.9
K ₂ O	0.04	0.4	K	1	0.2
H ₂ O-	0.03		O	2753	600.0
Total	99.84				

黑色種の化学分析結果は第七表に示す通りである。

普通輝石の化學式 Warren 及び Biscoe は単斜輝石の結晶構造から、單斜輝石の化學式を $X_m Y_{2-m} (Si, Al)_2 (O, OF, F)_6$ で表わした。こゝに $X = (Ca, Na, K)$, $Y = (Mg, Fe, Al, Ti, Li)$, $m = 0 \sim 1$, Si の 1/4 迄は Al により置換されうる。輪荒産のものは第六表及び第七表に示すように一部の Si は Al により置換され上式によく一致し、綠色種の化學式は $(Ca_{0.811} Na_{0.009} K_{0.002})_{0.822} (Mg_{0.837} Fe''_{0.150} Fe'''_{0.035} Al_{0.048} Mn_{0.007} Ti_{0.009})$

1) 久野 久：前 掲

2), 3) 昭和 25 年 日本地質学会及び日本岩石礦物礦床学会學術大会に於て參考になる点を (J. K) に示され、又私信による。

4) 神津淑祐，瀬戸國勝，上田潤一：地球，9, 406~423, 昭 3.

5) Warren. B. E and Biscoe. J.: Zeit. Krist., 80, 391~401, 1931.

第七表

	Wt %	Mol. prop		Atom. ratios	Atom. ratios when O=600
SiO ₂	49.73	829	Si	829	185.2
Al ₂ O ₃	3.54	35	Al	70	15.6 { 14.8 } 200.0
Fe ₂ O ₃	4.18	26	Fe'''	52	1.16 { 0.8 }
Cr ₂ O ₃	0.00	—	Cr	—	—
FeO	7.86	109	Fe	109	24.3
MnO	0.51	7	Mn	7	1.6
MgO	14.79	370	Mg	370	82.7
TiO ₂	0.34	4	Ti		0.9
CaO	19.27	344	Ca	344	76.8
Na ₂ O	0.38	6	Na	12	2.7
K ₂ O	0.09	1	K	2	0.4
H ₂ O-	0.07		O	2686	600.0
Total	100.76

となり、黒色種の式は

となる。

Machatschki¹⁾ は単斜輝石の一般式として $XY(Si, Al)_2 (O, OH, F)_6$ なる式を提示した。ここに $X = Ca, Na, (K), (Mn), (Mg)$, $Y = Mg, Fe, Mn, Al, (Zn), (Ti)$ である。この式は三価の酸化物、特に Al_2O_3 を含むことの少い、チタン輝石にはよく当てはまらない。Barth²⁾ はチタン輝石の構造に於ては Al と同様に Ti も Si を置換し得るものとした。又 Dixon 及び Kennedy³⁾ もチタン輝石の化学式は $XY(Si, Al, Ti)_2 (O, OH, F)_6$ で示されねばならないと論じた。Deer 及び Wager⁴⁾ は Ti を少量含む単斜輝石においては $(XY)_2 (Si, Al)_2 O_6$ なる化学式で示すのが合理的であると。輪荒産産普通輝石は Ti 含量少く、緑色種は

$(Mg, Fe'' Fe''', Ca, Mn, Na, K, Ti, Al)_{1.96} [(Si, Al)_2 O_6]$ となり、黒色種は

$(Mg, Fe'', Fe'', Ca, Mn, Na, K, Ti, Al)_{2.02} [(Si, Al)_2 O_6]$ となり、Deer

1) Machatschki. F.: Zeit. Krist., **71**, 229, 1929

2) Barth. F. W.: Neus. Jahrb. Min., Bd. **64**, 217—224, 1931.

3) Dixon. B. E and Kennedy. W. Q.: Zeit. Krist., **86**, 112—120, 1933.

4) Deer. W. A and Wager. L. R.: Min. Mag., **25**, 16, 1938.

第 五 図

H. H. Hess による Wo-En-Fs (mol %) 三角形図

1. 根空海岸 (神津, 河野) (冷木稔) (本間)
 2. 聖山 (神津, 河野) (渡邊新, 待場, 大森, 八木健) (八木貞)
 3. 駒ヶ岳 (神津, 瀬戸) (渡邊新)
 4. 米山 (久野, 佐渡, 田中専)
 5. 和田木 (久野, 佐渡, 田中) (片山)
 6. 西ヶ岳 (大橋)
 7. 漢努山 (原口)
 8. 佐野 (神津, 瀬戸, 上田) (渡邊重)
 9. 別子 (佐藤, 栗山)
 10. 萩 (杉) (地調)
 11. ソイ泊海岸 (根本)
 12. 梶島 (吉村)
 13. 唐津高島 (青山) (地調)
 14. 瀬見 (杉, 田中)
 15. 箱根火山 (久野, 岩崎)
- g, b. 西ヶ岳 (坪井, 久野, 三宅) 6. 西ヶ岳: 緑色種 g: 緑色種 b: 黒色種
 G, B. 輪荒 (高橋, 北原) G: 緑色種, B: 黒色種
 矢印: 結晶作用の進行方向
 9~15. 北原が計算し投影 1946 年迄のデータ
 人名: 研究者, 分析者; 指導者も含む

- 1) 富田 達: 地質, **44**, 947~980, 昭 12.
- 2) 河野義礼: 本誌, **22**, 71, 昭 14.

等の式に一致する。

Wo-En-Fs 圖 兩輝石種を Wollastonite ($\text{Wo}=\text{CaSiO}_3$), enstatite ($\text{En}=\text{MgSiO}_3$), 及び ferrosilite ($\text{Fs}=\text{FeSiO}_3$) の重量比率で示す三角形図に投影してみると, 化学成分関係は明になる。中央部の線は diopside ($\text{Di}=\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$)-hedenbergite ($\text{Hd}=\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$) 線である。輪荒産の綠色種は $\text{Wo}49.23$, $\text{En } 38.47$, $\text{Fs } 12.30$ (Wt%) であり, 黑色種は $\text{Wo } 45.41$, $\text{En } 34.86$, $\text{Fs } 19.73$ である。何れも Di-Hd 線より下部に落ちる。従て富田氏¹⁾説が正しいものとすれば母岩はカルクアルカリ岩でなければならない。この線より下部に落ちるものは総べて $X=(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}) < 1$ であり, $Y=(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Fe}', \text{Mn}) > 1$ となるべきである。河野氏²⁾も本邦産普通輝石を Wo-En-Fs 三角図に投影してみて, 普通輝石の化学式は Machatschki の $\text{XY}[(\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_6]$ より寧ろ Warren の如く $\text{X}_m \text{Y}_{2-m}[(\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_6]$ で表わす方が適當であるとしている。

輪荒産のもの及び西ヶ岳¹⁾産のものを Hess²⁾による Wo-En-Fs (mol%) 三角形図に投影してみると第五図に示すように, 西ヶ岳産のものは綠色種, 黑色種とも endiopside であるが, 輪荒産のものは綠色種は endiopside であり, 黑色種は augite であつて endiopside から augite に結晶作用は進む。

チタン輝石においては後期晶出のもの程 TiO_2 に富んでくるものとされているが, 輪荒産のものはチタン輝石でなく, TiO_2 の増減はない, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ の量は後期の黑色種に増加し, アルカリの増減は余りない。 FeO , MnO の量は後期のものに富んで来, CaO , MgO の含量は綠色種から黑色種に減少する。Barth³⁾によれば玄武岩においては最初 Di-Hd 列に近い輝石が晶出し, 結晶作用が進むにつれピジオン輝石質になると云う。即ち Wo 分少くなり, En-Fs 列のものに近づいて行くことになる。又 Di から Hd の多い種類に進行する。Hess⁴⁾によれば普通の鉄苦質岩漿における輝石の結晶作用は普通輝石からピジオン輝石に進まず, ピジオン輝石は獨立した異つた鉱物種であると論じている。Hess は尙お, 深成起源の普通輝石斑晶は多くの場合, 迸出の間透輝石質になると述べている。Hess による普通輝石の結晶作用の進行する方向は Barth の説とは逆になるわけである。西ヶ岳産の輝石は透輝石質の方向に進んでいる。従つて, 成分変化の方向は逆であると云われているが, Hess の説によれば寧ろ正常な

1) 三宅輝海: 前掲

2) Hess, H. H.: Am. Min., **26**, 515~535, 1941.

3) Barth, F. W.: Am. Min., **16**, 195~208, 1931

4) Hess, H. H.: op. cit.

方向を示すものである。久野、佐渡¹⁾ 兩氏の研究にかゝる伊豆和田本並に越後米山産の普通輝石の光学恒数から推すと、中心部から外部に向つて透輝石質になつている。正常の結晶作用の方向は物理化学の実験により確められねばならない。輪荒産の綠色種は Wo 43.71 En 47.83, Fs 8.46 (mo 1%), 黑色種は Wo 41.44, En 44.58, Fs 13.98 でなつて、現在のところ正規の方向に結晶作用が行われたものに属するが、Hess の考え方からすれば寧ろ逆の方向に進んだものである。Hess の図表に前記輪荒及び西ヶ岳産の外、比較のため日本産²⁾ のものを投影してみた。火山岩中に晶出するものとは別に山田氏³⁾ の研究にかゝる千厩地方の変成岩中のものは FeO が多く Salite に属するものであることを発表された。

Walker⁴⁾ は Hess の図表に対し、下部に広く空いたところがあるのは、一大欠点であると指摘している。粗粒玄武岩 (dolerite) 中の多くの輝石はこの空いた所に投影されるのである。

pigeonite として指定されてある所は可なり広げられねばならないと述べている。又 endiopsite と augite の分野は一緒にすれば簡単になり、この分野を magaugite と呼んだ方がよいと批評している。久野氏の研究に係る pigeonite⁵⁾ の投影点から見ても walker の見方は正しいものである。

構成分子 化学成分より構成分子のメタ珪酸塩分子を算出するに、神津

第 八 表

	緑 色 種	黒 色 種
conventional molecules	Wt %	Wt %
NaFeSi ₂ O ₆	0.92	2.71
CaMgSi ₂ O ₆	80.66	72.79
CaFeSi ₂ O ₆	—	—
CaMnSi ₂ O ₆	—	—
MgSiO ₃	3.51	2.55
FeSiO ₃	9.14	14.10
MnSiO ₃	0.39	0.90
Fe ₂ O ₃	0.96	3.14
Al ₂ O ₃	4.10	3.50
TiO ₂	0.32	0.31
excess or deficiency SiO ₂ for metasilicate	0.06(+)	1.47(—)

1) 久野 久、佐渡道隆：地質，**40**，336~337，昭 8.

2) 坪井誠太郎、久野 久：火山，**1**，20~37，昭 7. 河野義礼：地学，**54**，251~254，昭 17. Z. Harada：Jour. Scie, Hokkaido uni, Geol. Min, **7**，164~165，昭 23.

3) 山田久夫：日本地質学会並に日本岩石礦物礦床学会学術大会，昭 25.

4) Walker. F：Am. Jour. Sci, **241**，517~520，1943.

5) 久野 久：地質，**47**，349，昭 15.

叙祐氏及び Washington の方法がある。Larsen 及び Irvig¹⁾ も略同様な方法で構成分子を算出しているが、こゝに Al_2O_3 , Fe_2O_3 及び TiO_2 は珪酸塩分子を構成するものとせず、酸化物のまま混溶するものとして取扱っている。構成分子を算出すると第八表に示す通りになる。

第八表に示すように透輝石分子を多量に含み、錐輝石分子は少量存するが、ヘデン輝石分子は存し得ない。但し計算方法によつてはヘデン輝石分子も求められるが、 CaO を全部透輝石の成分とし、 FeO を鉄珪輝石の成分として計算した。同表に於て Larsen の言う clinohypersthene 分子は綠色種に 13.04%, 黑色種に 17.55% 含まれる。Larsen 及び Irvig²⁾ によれば、高温岩中の単斜輝石は clinohypersthene 分子を多く有し、晶出温度の低いものには少いと記している。一方、Barth³⁾ は 10% 以下の clinohypersthene を高温岩中の透輝石に見出している。尙お、前記した様に Barth によれば初期に晶出したものは透輝石質に富むから clinohypersthene 分子は相対的に後期晶出のものより少ないことになり、Larsen 等の説に一致しない。輪荒産の兩種普通輝石中の clinohypersthene 分子の量的関係は Barth の説の如くであつて、Larsen 等の論述に反するものである。

普通輝石安山岩 柘榴石は浜砂中に比較的多く賦存するが、集塊凝灰岩中には観察した範囲において、稀に見出されるのみである。安山岩礫に存するものを見出すことは出来ない。多数の安山岩礫のうち黝黑色の一つの礫に微細な赤色鉱物を認めたが、顯微鏡下に検して、柘榴石の存在を認めることは出来なかつた。(嘗て岩漿熔融を蒙つてゐる鉱物を (J. K) は柘榴石と誤認していた)。斜長石斑晶は短冊狀又は板狀であり、アルバイト式双晶を示すものが多い。ペリクリン双晶を呈するものとして断定出来るものはない。又疊帶構造を顯しく示すものもない。大なるものは長徑 1 耗、短徑 0.25 耗程度であるが、平均長徑 0.3~0.4 耗、短徑 0.08 耗の微斑晶的である。アルバイト双晶を示すものの (010) に垂直な断面の最大対稱消光角²⁾ は 37 度であるため、化学成分は $\text{Ab}_{35}\text{An}_{65}\sim\text{Ab}_3\text{An}_{92}$ の範囲にあることになり、亞灰長石に近い曹灰長石乃至亞灰長石である。長石は汚染し、一部綠簾石様に又カオリン質に変つてゐるが、変質は普通輝石のそれに比し、余り行われてゐない。普通輝石の斑晶は半自形として現れ 0.5 耗程度であるが、0.08~0.12 耗の微斑晶的のものもある。殆んど無色乃至微黃色を呈する。微斑晶のものの中に無色普通輝石の周縁が淡黃色普通輝石で

1) Larsen, E. S and Irvig, J: Am. Min., **21**, 694~700, 1936.

2) Larsen, E. S and Irvig, J: op. cit.

3) Barth, F. W.: op. cit.

あるものがあり、十字ニコル下で消光位を異にし境は明瞭である。普通輝石には緑泥石様又方解石様に一部分変つているものもあるが、0.5 耗程度のもので、中に、一部分を又殆んど全部を蛋白石で置換されているものがある。このものの周囲は岩漿熔融の跡を止めている。普通輝石の光学的恒数に就ては前記しておいた。石基は微細な短冊状斜長石、粒状淡黄色の普通輝石、磁鉄鉱及び玻璃より成り、斜長石が玻璃中に少々流状も呈して存し、微玻璃基流晶質である。

稿を終るに当り、元樺太廳長官大津敏夫氏、元鉱務課技師小岩井隆氏、元囑託西川覚氏に対し謝意を表する。(J. K) は渡辺万次郎教授に有益な御助言を賜つた。こゝに厚く禮を述べたい。

追記 浜砂中に柘榴石及び普通輝石が多量に存する様な例は、日本は勿論のこと、諸外国の文献中にも報告されてあるものを知らない。柘榴石及び普通輝石は起源を異にするものと見られるものであつて、而も普通輝石にあつては綠色種から黑色種に結晶作用が進行した事実も興味ある問題を提起するのである。この小論文の大意は戦時下印刷中であつたが、仙台市が焼夷弾の嵐に見舞われた際、焼失して仕舞つた。再び実験データを整理し、この方面の問題に関心を払つている方に参考になればと思つて、随分古い記録であるが掲げることにした。(但し普通輝石の光学恒数の決定は昭和 25 年東京大学に開催された日本地質学会並に日本岩石礦物礦床学会学術大会直前に行つたものである。)

(J. K) は現地で新鮮な安山岩塊を採集して来なかつたため安山岩の化学的研究及び詳細にわたる顯微鏡的觀察を行うことの出来なかつたことを遺憾としている。

抄 録

地球化学に於ける酸化及び還元, Brian Mason,

酸化及び還元を含めた諸反應は地球化学的過程に於て重要であつて、これら反應に於ける等價量に対するエネルギーの変化はその酸化電位 (oxidation potential) によつて定量的に表わされる。水溶液中に起る多くの無機反應に対する酸化電位は知られて居り、これを用いて地球化学的過程を一層よく理解することが出来る。地殻中の条件は高度の酸化状態から高度の還元状態に亘つて変化し且つ自然環境の酸化電位がその環境に於ける鉱物の生成如何を左右し、地殻中の多数の元素の溶解、移動、沈澱に強く影響を與え、而も酸化電位の差によつて鉄、コバルト、ニッケル等の親近元素の分離が行われることを述べ更に高度の酸化或は還元状態の下で生成された鉱床に稀元素が屢々集中富化することより地球化生に於ける酸化電位の重要な意義を述べている。(Jour. Geol. Vol. 57, No. 1, p. 62—72, 1949)

[早 川]