** N型 半導体に属するもの。

*** 熱起電力の頻度分布曲線のピークの位置 mV で表わす。

**** Pは多結晶を示す。

これ等の欠陥や結合内容の相違が生成温度に直接対応するという根拠が今日の所未だ不十分であるから、鉱物の諸物性の偏倚を支配する物理化学的本性を追求すると共に、それ等の物理化学的本性と生成環境との関係を規定するために今後より多くの実験とデータの集積が必要となってくるであろう。

附記 Fisher は上記目的のため、黄鉄鉱の顕微鏡的研究、分光分析、X線分析、示差熱分析、加熱実験等を行って熱起電力を支配する本質を追求しているが、他硫化鉱物微粒子の存在と微量成分が影響している程度で他の性質との関係は見出されなかつた事を報告している。

北部北上山地岩泉附近の接触変成岩類 (II)

On the contact-metamorphic rocks from Iwaizumi,
northern Kitakami mountainlands (II)

加 納 博 (Hiroshi Kano)*

(3) 石灰岩の内部及び縁辺部にみられる変成岩類

変成帯内帯に分布する石灰岩層の大部分は単純な晶質石灰岩に過ぎないが、その中に介在する包有岩塊や上下盤の異質岩層との漸移部には種々の石灰珪酸塩鉱物から成る興味ある鉱物組合せが発達している。

石灰岩中の珪質包有岩から導かれた変成岩類 本地域の石灰岩層はとくにその上下盤近くに多くの珪質包有岩塊を有することを前に述べた。これらの包有岩塊中には、一般に透角閃石または透輝石を生じている。

i) 透角閃石・方解石・石英岩

下部石灰岩層のほぼ中央部に多数含まれる珪質包有岩塊の一つで、石英・方解石のほか比較的多量の透角閃石 ($2V(-)88^\circ$) のポキロプラスチック斑状変晶を含んでいる。¹⁾

ii) 透輝石・金雲母・斜鋸礫石・方解石・石英岩

小本川屈曲部の下部石灰岩層下盤より約 100m 上位に産す。石英・方解石のモザイク状石英基中に透輝石・金雲母および斜鋸礫石 ($2V(+)70^\circ$) を生じている。

* 秋田大学鉱山学部鉱山地質学教室。

1) 同様の鉱物組合せは、沢中沢接触部より約 1200 m 離れた上部石灰岩層の上盤にも発達し、鉄礫ごくろ石・黒雲母ホルンヘルスと互層している。

石灰岩との間に拡散反応帯を有する泥質または泥灰質包有岩から導かれた変成岩類 滝ノ沢接触部から約50m離れた下部石灰岩層の下盤の泥質または泥灰質夾みを有する部分に種々の興味ある変成現象が観察された。次にその2例を記す。

例1. 夾みの中心部は黒雲母・灰曹長石¹⁾(An26)・石英の組合せであるが、石灰岩に接する周縁部に向つてつぎのような規則的な鉱物変化が認められる(第9図2, 3, 4)。

(1) 黒雲母が減少し角閃石と透輝石が上の鉱物組合せに入ってくる。この場合、黒雲母・角閃石・透輝石の3者は均一に混りあつて共存するのではなく、透輝石—角閃石、角閃石—黒雲母あるいは透輝石—黒雲母のそれぞれの組合せが交互に縞状配列をなす傾向がある。この部分の斜長石は中心部よりやや灰長石分を増し酸性中性長石(An32-35)となる。なお少量の榴石を生じている(第9図2)。

(2) 石灰岩との境界近くでは黒雲母は全く消失し、角閃石・透輝石・石英・斜長石の組合せとなり、少量の方解石も入ってくる。角閃石には、透輝石と安定に共存するようにみえる淡緑色角閃石($2V = (-) 70^\circ \pm$)と、透輝石を包みこれを交代しつつあるようにみえる濃青緑色角閃石($2V = (-) 50^\circ - 56^\circ$)の2種類がある。斜長石は(1)より灰長石分に富化し、An37となる(第9図3)。

(3) 石灰岩との境界部には、肉眼的に強い金剛光沢を示す鉄黒色角閃石の柱状結晶が、乳白色真珠光沢の斜長石および石英・方解石とともにプールの状に発達することがある。この角閃石は(2)における同じ光軸角の小さい濃青緑色角閃石で、おそらく鉄およびソーダに富んだパーセヴィ角閃石に近いものとおもわれる。これと共生する斜長石は塵状包有物で汚濁した灰曹長石(An25-30)で、部分的にカリ長石化している。なお、この部分には方解石・葡萄石の小脈が発達し、これに交わる角閃石を葡萄石化または緑泥石(負ペニン)化している。要するにこのような異常変成部は石灰岩と包有岩塊の境界面に沿つて、アルカリ(とくにソーダ)と鉄が比較的濃集した部分と考えられる(第9図4)。

(4) 石灰岩側は大部分方解石から成るが、境界部近くには透輝石と若干の角閃石を生じている。境界部から遠ざかると角閃石は消え、透輝石も少なくなる。

例2. (第9図5) 前例の産出地点から50cmしか離れていないが、再結晶度は

第8図 珪線石(S)と紅柱石(A)の種々の産状

(1—6. ホルンヘルス, 7—9. 滝ノ橋花崗閃緑岩, M: 白雲母, m: モンモリロン石様鉱物)

1) 中核部 An22, 外殻部 An27 の逆累帯をなすものもある。

第 9 図

1. 砂岩起源ホルンヘルス (内ノ沢)。中央の暗黒に近い 2 つの眼球状斑晶はカリ長石(k)。そのまわりはミルメカイト(r)を有する灰曹長石の微晶で縁取られている。

はるかに低い。包有岩塊の中心部は透角閃石・黒雲母・石英(それに少量の方解石・斜長石および透輝石)の組合せから成る細粒ホルンヘルスであるが、周縁部に狭い拡散反応帯が認められ、内側から順に斜鋸礫石帯(0.15 mm)、透輝石・榧石岩帯(0.2 mm)が区別され、石灰岩部に直接する最外側を磁鉄鉱帯(0.07 mm)がとりまいている。これらの特徴鉱物のほかに緑泥石・葡萄石および方解石も部分的に発達する。本例によく似た metamorphic diffusion は鈴木醇¹⁾により、日高帯南部のホルンヘルス中の変成石灰質団塊から報告された。

以上の2例に示した石灰岩に夾まれた包有岩塊の中心部と周辺部における鉱物変化は、いずれも石灰岩と包有岩塊との間に行われた成分移動を伴う変成分化作用の結果を示すものとおもわれる。この場合、Ca が石灰岩から包有岩側に移動すると同時に、おそらくそれと置換交替的に Fe, Mg, アルカリとくに Na および Si が包有岩の中心部から石灰岩に向って移動し、とくに境界部附近に濃集したものであろう。なお、葡萄石・緑泥石・斜鋸礫石などの生成にあずかった水も多分この変成分化にともなつて、系内または系外から境界部に導入された。

珪灰石の産出 本地域の変成岩中の石灰珪酸塩鉱物で最も安定にかつ広く分布するのは透角閃石または普通角閃石と透輝石で、これに反し珪灰石の産出は一般にはきわめて限定され量もちじむく少ないことは注目に値する。珪灰石の産出が比較的稀な理由は、一には石灰岩の広大な分布にもかかわらず、花崗岩体が直接石灰岩を切ることがほとんどないことによるものである。

珪灰石が花崗岩と石灰岩の接触部に生じている唯一の例が小本川の逆 S 字状屈曲部で見出されている。ここでは乙茂型花崗閃緑岩の小侵入岩脈の一であるペグマタイトが下部石灰岩の一部を切り、その接触部に種々のスカルン鉱物を生じている。ここに発達する石灰岩起源交代変成岩の鉱物組合せは、ヴェスーヴ石・透輝石・珪灰石(+方解石・石英)の組合せとサーラ輝石・中性長石(An 32)・石英の組合せの2種で、前者は Goldschmidt の Class 10, 後者は Class 7 にそれぞれ相当する。ただしこの場合にも珪灰

1) 鈴木醇：地質，41，666-680，1934.

第9図説明(つづき)

2. 石灰岩に夾まれた泥灰質岩起源ホルンヘルスの比較的中心に近い部分(滝ノ沢)。黒雲母(B)，普通角閃石(H)，透輝石(D) および斜長石から成る。(開放=コル)
3. 同 上。周縁部，透輝石(D)のまわりを濃青緑色普通角閃石(H)が包んで発達するもの。(開放=コル)
4. 同 上。境界部の濃青緑色角閃石(H)，方解石(cc)，灰曹長石(P)，石英(Q) およびそれらを貫ぬく葡萄石(pr)脈。(開放=コル)
5. 拡散反応帯を有する泥灰質岩起源ホルンヘルス(滝ノ沢)。cc：石灰岩部，m：磁鉄鉱帯，透輝石(D)・榧石(ti)帯，斜鋸礫石(ZO)帯。(開放=コル)
6. かんらん岩起源片状ホルンヘルス(内ノ沢東方)。O：かんらん石，Cl：緑泥石，tr：透角閃石，m：磁鉄鉱。(開放=コル)
7. 濃堇褐色石英斑状変晶(Q)における包有物の配列状態。(直交=コル)
8. 縞状片麻岩に似た岩石(戔野)。ただし白色縞部は石英(Q)のみから成る。(直交=コル)

石の産出はpegmatite接触点からせいぜい 10 m 以内にすぎない¹⁾。

(4) 超塩基性火成岩から導かれた変成岩—透角閃石・緑泥石・かんらん石片状ホルンヘルス (第9図6)

内ノ沢附近の一小沢に産する。層位的には下部石灰岩の下位、花崗岩体から約 50 m に位置する。筆者の調査範囲ではこの一ヶ所で見出されただけであるが、島津によれば、安家地域には同様の岩石がほぼ同じ層準に広く分布しているといわれる。

鏡下では残留斑状片状構造の顕著な岩石で、かんらん石(おそらく残留斑晶)・緑泥石・透角閃石・磁鉄鉱(および少量の蛇紋石・炭酸塩鉱物)より成る。かんらん石は 3.0×1.5 mm の眼球状斑状残晶で、軽微の破砕粒状化作用を受け、数個の小結晶が集合して一斑晶をつくることが多い。 $2V = \pm 90^\circ$ で普通のかんらん岩中のものと同様の成分とおもわれる。周縁および割目に沿って緑泥石または透角閃石に交代されている。緑泥石による置換が進んだものでは、緑泥石化した元のかんらん石の中央部を包みわずかにかんらん石の外殻が夾状に残っている。この種の緑泥石は底面劈開の発達した比較的大型の板状結晶で、ほとんど無色に近い淡緑色、複屈折弱く、 $\beta = 1.577$, $2E \approx 0$ 、光学性正、比較的アモサイト分子に富んだ苦土緑泥石(正ペンニン)の一種と考えられる。透角閃石は無色、 $c \wedge Z = 18^\circ$, $2V = (-) 76^\circ$, $\alpha = 1.622$, $\gamma = 1.645$, $\gamma - \alpha = 0.023$ 、若干の鉄を含んだ陽起石質透角閃石と考えられる。

本岩によく似た鉱物組合せは舟橋三男が報告²⁾した幌加内附近の混成蛇紋岩に知られている。

7. 乙茂型花崗閃緑岩周辺の変成岩類

茂市型花崗閃緑岩と乙茂型花崗閃緑岩とが岩質的にかなり著しい相違がみられることを前に述べた。それに関連して乙茂型花崗閃緑岩に直接する地域に発達する変成岩類が、次に述べるような点で、茂市型花崗閃緑岩に直接する地域(内ノ沢以西)のそれとかなり本質的に異なることが注目される。

i) 茂市型地域には狭い範囲ながら縞状片麻岩帯(白雲母亜帯)が発達する。ここでは紅柱石、珪線石は白雲母化作用を受けて不安定となり、それに代つてコランダムが安定となる。これに反して、乙茂型地域には縞状片麻岩帯を欠き、紅柱石・珪線石は直接接触部まで安定に存続する。

ii) 濃堇褐色石英斑状変晶の発達。乙茂型花崗閃緑岩の周辺部には、肉眼的にきわめて特徴ある美しい濃堇褐色、樹脂状光沢を示す珪質ホルンヘルスが発達している(小本街道、袋野³⁾など)。小本街道接触部から約 900 m 西方の交質珪岩は、鏡下では $0.75-1.5$ mm のほゞ円形または方形の大型石英斑状変晶の sutured aggregate と、それらの間を充填する細かい石英変晶・黒雲母および白雲母より成る。石英の大型斑状変晶中には黒雲母・ざくろ石・斜長石・電気石・珪線石などの丸味を帯びた無数の包有物が含まれ、第9図7のような環鎖状配列をなすことが多い。この場合環の中心部は包有物を欠如し、

1) なおpegmatite自身の内部にも興味ある同化混成現象が認められるが、これについては別の機会に述べる。

2) 舟橋三男：地質, 51, 119-131, 1944.

3) 乙茂型花崗閃緑岩体東縁の接触部。

また同一斑状変晶中に数個の環が存在することも稀ではない。

この種の石英斑状変晶は岩生周一¹⁾が柳井地方の領家変成岩で注目したものと全く同様のもので、岩生はこれを花崗岩化作用の過程に於ける増進的な再結晶作用によるものと解釈した。段戸および笠置地方の領家変成帯にも同様の変質珪岩が知られているが、小出²⁾および有田³⁾は新期花崗閃緑岩による複変成現象として説明した。筆者はここでは後者の解釈にしたがい、新期花崗閃緑岩(乙茂型)の進入に関連した複変成的な再結晶作用によつて生成したものとする。

これと同様の石英斑状変晶が injection vein 状に発達して一見すると縞状片麻岩に似た岩石(第9図8)を作ることも接触部近くにはしばしばある(小本街道、下猿沢、襲野など)。このような岩石では一般に白雲母は比較的少なく、紅柱石や珪線石が安定に存続する。

iv) Orijärvi 型堇青石岩の発達。乙茂型花崗閃緑岩の東側の変成帯には、田老鉱山の銅硫化鉄鉱床を含む剪裂帯に伴なつて多量の堇青石を有する塩基性火山岩起源の交代変成岩が諸所に発達している⁴⁾。これは堇青石と黒雲母の組合せから成るものであるが、斜方角閃石およびカミグトン角閃石を含む斜長石角閃岩としばしば密接な共存関係を示している。この種の剪裂帯ならびに交代変成岩類は岩泉・安家地域の変成帯には決して見られない。

以上のように、関連花崗岩の型式が異なるにしたがつて、変成帯における鉱物組合せおよび安定関係に著しい差を生ずることは興味ある事実である。同じようなことは、小出²⁾により段戸地方で明らかにされており、清崎花崗閃緑岩に関連した古期変成帯と三都榎花崗閃緑岩に関連した新期変成帯とはいろいろの点で対蹠的な相異を示している。

8. 変成相ならびに変成条件

さきに筆者は⁴⁾本地域の接触変成岩類が領家変成帯のそれに比較的よく類似していることを強調したが、その主な根拠を上述べた記載から要約すれば次のようである。

- (1) 紅柱石または珪線石と黒雲母ならびにカリ長石との安定な共存。
- (2) 縞状片麻岩帯の存在。
- (3) 茂市型花崗閃緑岩と領家帯における古期花崗閃緑岩との、とくにカリ/ソーダ比における近縁性。
- (4) 乙茂型花崗閃緑岩のまわりに見られる変成現象と領家新期変成帯におけるそれとの類似—とくに複変成的な石英斑状変晶の存在。

端山好和⁵⁾は角閃岩相に属する変成帯を、紅柱石・珪線石・堇青石などとカリ長石とが共存する場合と共存しない場合とによつて、それぞれ領家・阿武隈型および Orijärvi 型との2の型式に分けた。この分け方は本質的には変成帯における物理条件—とくに水蒸気圧の大小に関係するもので、端山によれば前者は比較的水蒸気圧が低い場合、後者は

- 1) 岩生周一：地質，44，879，1937.
- 2) 小出博：前出，1949.
- 3) 有田忠雄：地質，55，99~104，1949.
- 4) 加納博：地質，55，137，1949.
- 5) 端山好和：地球科学，26~27，19~28，1956.

第 10 図 本邦の代表的な接触変成帯における
鉱物組合せ (AKF図表)

1a. 岩泉および領家古期変成帯 (移行帯または珪線石亜帯)

1b. 同 上 (縞状片麻岩帯または白雲母帯)

2a. 遠野および千厩変成帯 (紅柱石帯)

2b. 同 上 (珪線石帯)

sill: 珪線石, and: 紅柱石, corund: コランダム, mu: 白雲母, cord: 堇青石, sp: スピネル, olm: 鉄礬ざくろ石, bi: 黒雲母, hyp: 斜方輝石, ant: 斜方角閃石, mg: 磁鉄鉱, or: カリ長石.

水蒸気圧が比較的高い場合と考える事によつて種々の鉱物組合せがうまく説明できるとされている。上に述べた特徴から、本変成帯一とくに茂市型花崗閃緑岩に関係した珪線石亜帯における鉱物組合せが端山の領家・阿武隈型のそれに属することは明らかであり、その鉱物組合せを AKF 図で示すと第 10 図 (1a) のようである。

この場合注目すべきことは、鏡下の観察から推定されるように珪線石が紅柱石より安定におもわれること、きわめて稀であるが斜方輝石の産出があることで、このようなことは珪線石亜帯の変成相が角閃岩相の中でも比較的輝石ホルンヘルス相に近い高温部に属することを暗示している。

しかし茂市型花崗閃緑岩の接触部近くに発達する縞状片麻岩帯 (白雲母帯) では鉱物組合せの仕方は若干異なり第 10 図 (1b) のようになると考えられる。ここでは珪線石 (または紅柱石) とカリ長石の組合せは不安定となり、その代りにコランダム-白雲母、白雲母-カリ長石の結合せが安定となる。したがつて変成分化作用の最終産物は一般に黒雲母-白雲母-カリ長石の安定な組合せを有する。このような組合せは、珪線石亜帯から白雲母帯にかけて水蒸気圧が若干高くなったことを意味している。

乙茂市型花崗閃緑岩は岩石化学的には茂市型とは異なり、カリ/ソーダ比が低く、丹沢・千厩・遠野などの石英閃緑岩-トロニウム岩系に似ている。その変成帯も東側 (中里・田老地域) では堇青石岩の生成で特徴づけられるように明らかに丹沢・千厩・遠野などと同じ型式に属する。この変成帯は一般的には茂市型より水蒸気圧が高いと考えられ、その鉱物組合せにはおそらく第 10 図 (2a)¹⁾ のような平衡関係が適用されるであろう。この場合

1) 第 10 図 (2a, 2b) は遠野および千厩変成帯における実際の鉱物組合せから作成したもので、同図 a は紅柱石帯、b は珪線石帯における安定関係を示す。

には珪線石の代りに紅柱石が安定で、カリ長石は紅柱石または堇青石とは共存しない。黒雲母と白雲母・紅柱石・堇青石のそれぞれとを結ぶ安定結合が特徴となる。このような安定関係は Ramberg¹⁾ によれば緑れん石角閃岩相の高温部に相当する。したがって、乙茂型花崗閃緑岩に関する変成帯は、茂市型のそれよりはやや低温であつたと考えなければならない。

岩泉変成帯の南東部(小本街道以南)では茂市型変成帯の珪線石亜帯または黒雲母帯が乙茂型花崗閃緑岩に直接し、したがって当然後者による複変成作用が期待される。しかし実際には前に述べたような石英斑状変晶で示されるような珪化作用以外にはとくに複変成現象とみられるようなものは認められない。その理由は上に述べたような茂市型変成帯と乙茂型変成帯の温度条件の差によると考えられるであろう。

以上のような変成作用の過程で、変成帯の内部または変成帯と花崗岩体との間に、どのような物質の移動—変成交代作用または交代作用—が行われたかはこの論文の範囲外で将来の検討にまたなければならない。

卒業論文作成にあたっては北大理学部地質学鉱物学教室の鈴木醇教授、石川俊夫教授、舟橋三男助教授に指導していただき、また当時札幌に駐在された小出博博士からいろいろの助言をいただいた。さいきん同じ地域を研究中の島津光夫ならびに国府谷盛明氏からは安家地域の変成岩について有益な知識を得た。以上の方々に厚く謝意を呈する。なお本研究に要した費用の一部は日本學術振興会研究補助金ならびに文部省科学研究費交付金に負うものである。(完)

- 1) Ramberg, H : Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks, 149, 1952.

正 誤 表 本誌 41 卷 6 号掲載の加納氏論文中、次の通り正誤します。

260 頁上から 9 行目(第 7 図)を(第 8 図)に訂正、同頁上から 10 行目(第 7 図)を(第 8 図)に訂正、262 頁上から 16~17 行目(図版 9)を(第 9 図 1)に訂正。

所謂万年山熔岩の岩石化学的研究

Petrochemistry of the so-called Haneyama lavas

松 本 幡 郎 (Hataro Matsumoto)*

Abstract : So-called "Haneyama-lavas", as named by T. Matsumoto, are widely distributed in central Kyushu, especially in Oita Prefecture. These lavas are mostly glassy and their texture shows various types, namely,

* 熊本大学理学部地学教室。