

韓国の環状火成複合岩体について

— 衛星画像による比較解剖学 —

村岡洋文 (元所員 現:新エネルギー総合開発機構)

Hirofumi MURAOKA

1. まえがき

筆者は 1981年10月19日～11月19日の一カ月間 ITIT 事業「遠隔探査技術による地質構造解析の研究」のテーマのもとに 韓国を訪問する機会を得た。滞在期間のうち 約2週間は韓国南東部の野外観察に費やした。野外観察の対象は先カンブリア界から新第三系に及び中でも慶尚盆地の中生界に重点をおいた。またこれと並行して 梁山断層等の断層系や温泉等の現地検討を行った。他方 筆者の興味からいえば かつて Landsat 画像上で注目した古老面環状地形 (村岡・長谷 1980; ただしその際は花城洞環状地形と呼んだ) について その地質構成を見ることが大きな眼目であったが これも短時間ながら果すことができた。

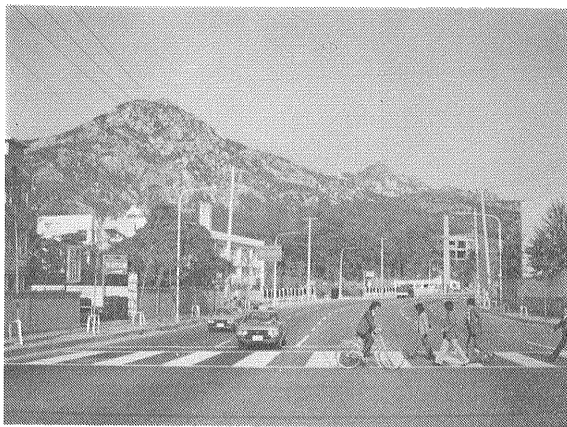
本報では 韓国の地質的印象 古老面環状地形の地質等について紹介し しかる後に問題をやや一般化させて衛星画像からみた珪長質マグマの比較形態論を論じる。

ソウル滞在中や野外調査過程で 様々な便宜を計っていただいた韓国動力資源研究所の姜必鐘氏 林正雄氏 金承友氏 曹民華氏 高麗大学の朴奉淳教授 慶北大学の金永琪博士 釜山大学の尹銃副教授 李裕大副教授に心からお礼申し上げる。また 韓国訪問の機会を与えていただいた地質調査所の星野一男課長 小川克郎課長 長谷紘和課長には厚く感謝する次第である。

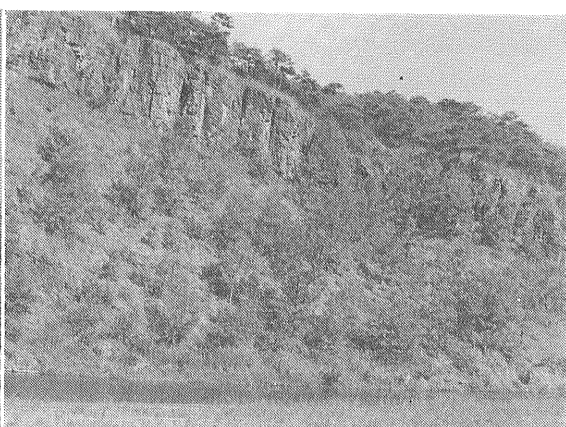
2. 植生薄き韓国

1 シーンが約 185km×185kmの Landsat MSS 画像を用いて 日本列島のモザイク画像を作成しようとする 44シーンもの画像が必要となる。このことを念頭におくと122軌道—36列の Landsat 画像は 韓国と日本がいかに近い位置にあるかを目の当たりにみせてくれる。すなわち このシーンの中央西寄りの位置には対馬がみられ北西隅には釜山 南東隅には福岡がみられるのである。これを もしフォールスカラー画像でみるならば 対馬を含めた日本側と 韓国側とに著しい色調の違いが見出されるであろう。わずか 60km 程度の西水道 (対馬海峡) が あくまで色調の赤い日本側と 黄土色の韓国側とを分けているのである。この色調の差は 両国の他のモザイク画像を比べても明らかであり 全般的に植生の厚い日本と 全般的に植生の薄い韓国の特徴を明確にしている。

筆者が韓国のソウルに到着して 最初に感じた印象が予想通りの岩石の露出の良さであった。例えば 第1図はソウル郊外に普通にみられる大宝花崗岩 (ジュラ紀) の露出状況である。広島花崗岩が深い所では数10mもマサ化していることを考えると 大きな違いといえよう。また 第2図は慶尚盆地の義城北方にみられる河陽層群後坪洞層の赤色シルト岩層である。慶尚盆地ではこの程度の露出が到る所でみられた。そのため 地



第1図 ソウル市西方の郊外にて大宝花崗岩の山塊を望む。



第2図 義城北方の後坪洞層の赤色シルト岩層露頭。



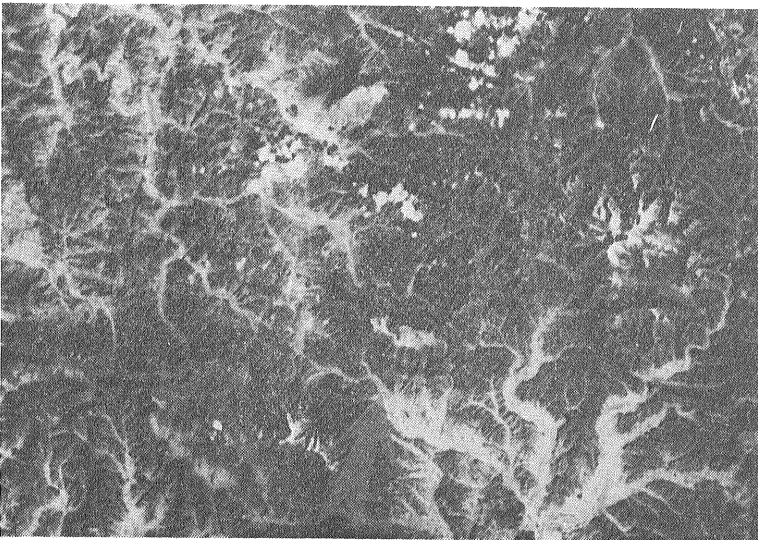
第3図
甘浦西方の魚日付近
でみられる露頭。
玄武岩岩床は左側
(北西)に約30°傾
斜し 上盤のシルト
岩層が露頭左端にみ
られる。

形と地質構造とが一望のもとに観察でき 地質図学は天地を背景に想い描くことができるのであった。

3. 慶尚盆地の最も若い火成活動

本報の主題から若干離れるが 慶尚盆地の“最も若い火成岩”問題に言及しよう。一般に韓国の温泉は南東側に偏在し 地殻熱流量も南東側で大きいことが知られている(李 1979)。この事実と調和して 浦項の南側には“グリーンタフ”に似た新第三系の分布があり さらに若い玄武岩の分布が知られている。この玄武岩の活動時代について REEDMAN & UM (1975)は第四紀とし 李 (1979)は第三紀後期から第四紀にかけてとしている。もしそうであるならば これら玄武岩およびそれに関連する火成活動が 温泉などの熱源としての役割を果しているかもしれない。

そこで 本野外調査の途上 ^{キョンソジュ} 慶州から甘浦へ到る道路沿いに露出する玄武岩岩床(第3図)から採取した試料について 全岩による K-Ar 年代測定を行った。この岩床は厚さ約10mで 壁岩の新第三紀シルト岩に熱変質を与えている。その結果は $18.1 \pm 1.9\text{Ma}$ で 予想を大きく裏切るものであった。この年代は むしろグリーンタフ地域の中新世前期~中期にみられる玄武岩活動の時代に一致している。この結果のみから結論を述べるのは性急にすぎますが おそらく浦項南方の玄武岩類の年代は中新世であり これが慶尚盆地における最も若い火成岩類といえるかもしれない。なお日本海拡大に関する最新の見解によれば拡大時期は 15Ma でありそれまで韓国東岸と山陰がきわめて接近していたらしい(鳥居ら, 1985)。従って 浦項南縁は 15Ma 以降の火山活動史が欠落したグリーンタフ地域といえよう。

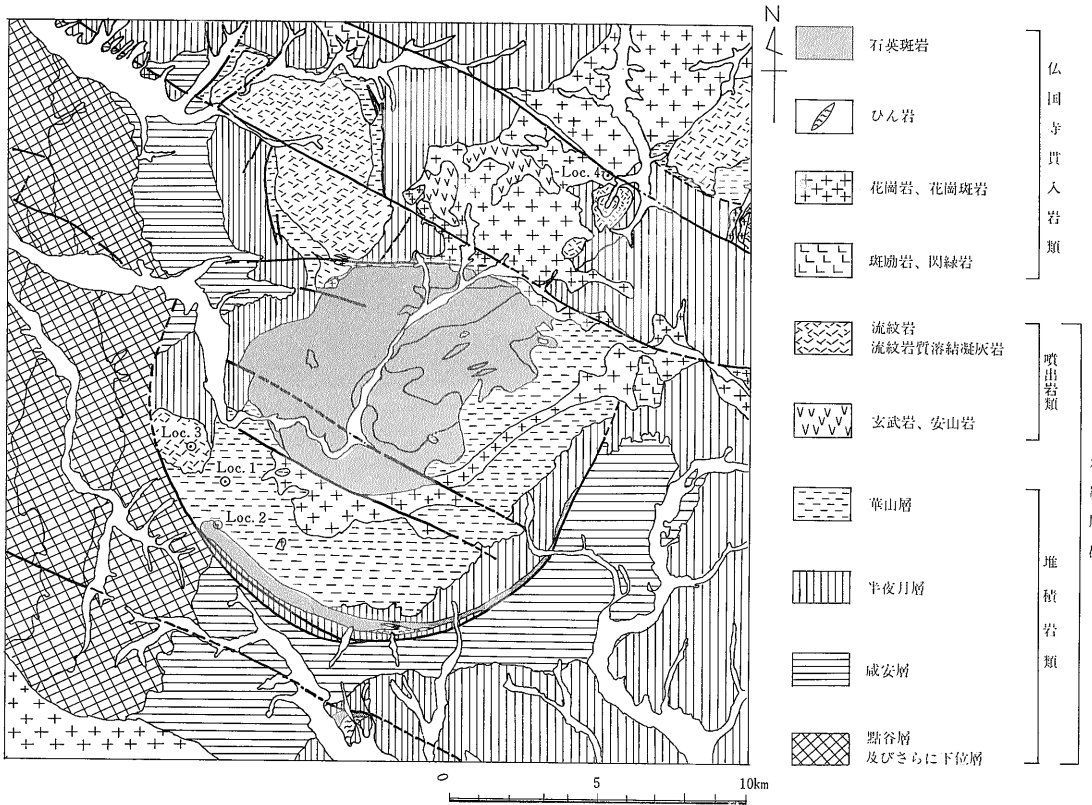


4. 古老面環状地形
筆者らは村岡・長谷(1980)の中で 古老面環状地形がバイアス型カルデラの削剝された姿であろうと推定した。筆者にとって当地を訪れ

第4図 古老面環状地形および花山洞断層地域の Landsat 画像。画像の短辺が約 43km。

註 本岩体試料は玉生により更に詳細に調査された。別項の玉生論文参照。

凡例



第5図 古老面環状地形地域の地質図。

Wonら(1980) 金ら(1981) 章ら(1981) Changら(1977)より編集。

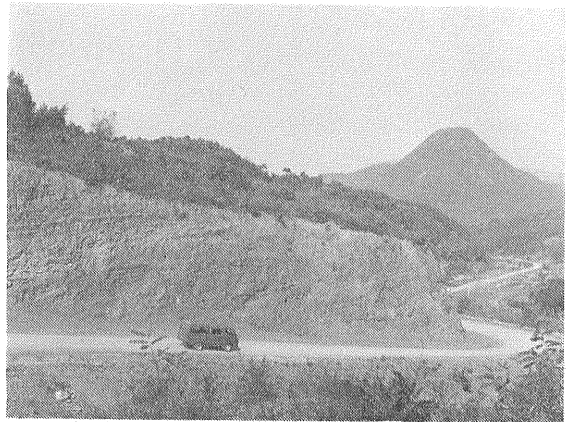
ることはバイアス型カルデラの深部を瞥見するにも似た感興があった。惜しむらくは 当地に約2日しか費やすことができなかったことである。

第4図は 花山洞断層を含む古老面環状地形地域のLandsat 画像である。 NNE-SSW 方向に約20kmの長軸をもつ楕円形を呈し 特に南側で環状地形が明瞭である。 すなわち 内側には緩慢な環状山稜 外側には急峻な環状山稜がみられ 両者間には環状谷が刻み込まれている。

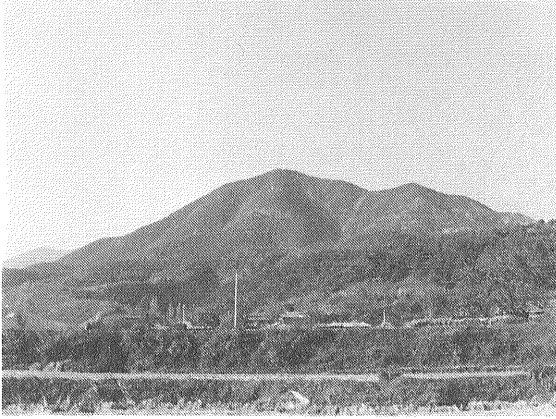
この地域の地質については 最近 動力資源研究所の図幅調査が進み WONら(1980)の新寧図幅 金ら(1981)の大栗図幅 章ら(1981)の軍威図幅 CHANG(章)ら(1977)の九山洞図幅など4図幅にまとめられている。特に 古老面環状地形の大半は新寧図幅に含まれる。

これらから かなり単純化して編集した地質図が第5図である。 この図から 古老面環状地形の少なくとも南側については バイアス型カルデラの形成過程を復元しつつ読みとることができよう。 特に陥没を担った環状断層が 1条とはいえないまでも ほぼ一つの狭い帯域

に沿って存在し その内側は複雑なブロック化なしに陥没していることが注目される。 例えば第6図は 内側のブロックを構成している華山層の頁岩・シルト岩互層



第6図 華山層の頁岩・シルト岩互層(位置は第5図のLoc. 1)。 後方の山は第5図のLoc. 3であり溶結凝灰岩により構成される。



第7図 古老面環状地形を南方より望む。
後方の高い山が内側の環状地形（花崗岩） 手前の
低い山が外側の環状山稜（石英斑岩）を表す。



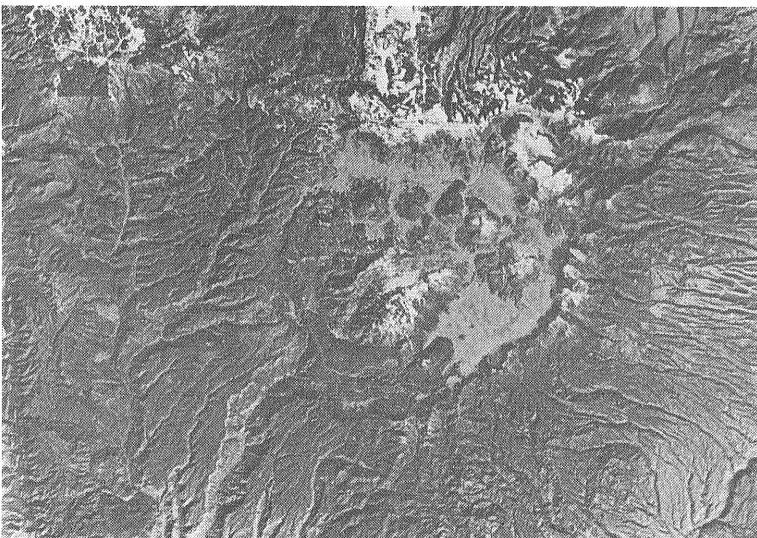
第8図 環状岩脈を成す火道角礫岩状の石英斑岩（第5図Loc.
2付近）。頁岩角礫を多量に含んでいる。

を示す。これらの露頭を詳細にみると 小断層やキンク褶曲が多数認められるが 大局的には連続した地層を構成している。外側の急峻な環状山稜は 野外においても明瞭に認められ（第7図） その地形的突起部はほぼ正確に石英斑岩の環状岩脈に一致している。この石英斑岩は局部的に 第8図のように 多量の頁岩角礫を含んで 火道角礫岩状の岩相を呈す。すなわち 一連の岩脈中でも 上方が開放した流動の盛んな部分と 上方が閉じた静的な部分とがあったのであろう。内側の環状山稜は概ね花崗岩の分布に一致しており 内側ブロックの堆積岩が広くホルンフェルス化していることと考え合わせると 環状地形の地下には小型パソリスが伏在して広がるものと思われる。また 第5図の Loc. 3 周

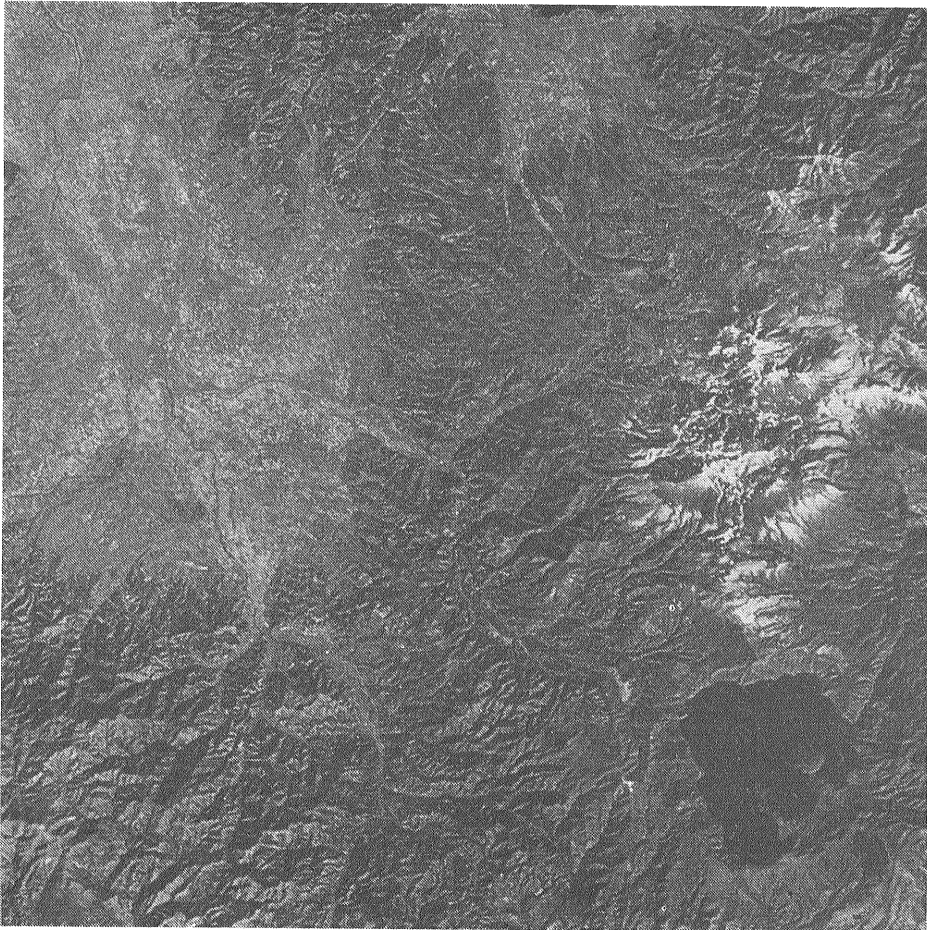
辺を構成する流紋岩類は 結晶の多い溶結凝灰岩であることが報告されている（金ら 1981）。この野外調査の途上 第5図の Loc. 4 で花崗岩を採取した。これは文象組織が発達し 文象斑岩に近いものである。その全岩について K-Ar 年代測定を行った結果 62.4 ± 1.9 Ma の年代を得た。この花崗岩を古老面地域のカルデラ形成に関連づけるならば カルデラの活動時期は白亜紀と古第三紀の境界ないし 古第三紀初頭ということになる。

5. 環状地形の2, 3の例

ここでは Landsat 画像にみられるいくつかの環状地形に注目しよう。第9図はニューメキシコ州ヘメス山



第9図
ニューメキシコ州ヘメス山地のバ
イアスカルデラ地域の Landsat
画像。
画像の短辺が約 43km。



第10図
青森県沖浦カル
デラ地域の La-
ndsat 画像。
画像の一辺が約
50km.

地のバイアスカルデラを 第10図は青森県の沖浦カルデラ (MURAOKA and HASE 1981) を示している。また グラビア第3図には 韓国北部徳亨付近の大宝花崗岩の岩体および春川付近の大宝花崗岩の岩体がそれぞれ明瞭な円形ないし楕円形を示すのが読みとれる。前2者はいうまでもなく地表の大規模な珪長質火山の形態を 後2者は地下において固結した珪長質マグマの形態を示している。

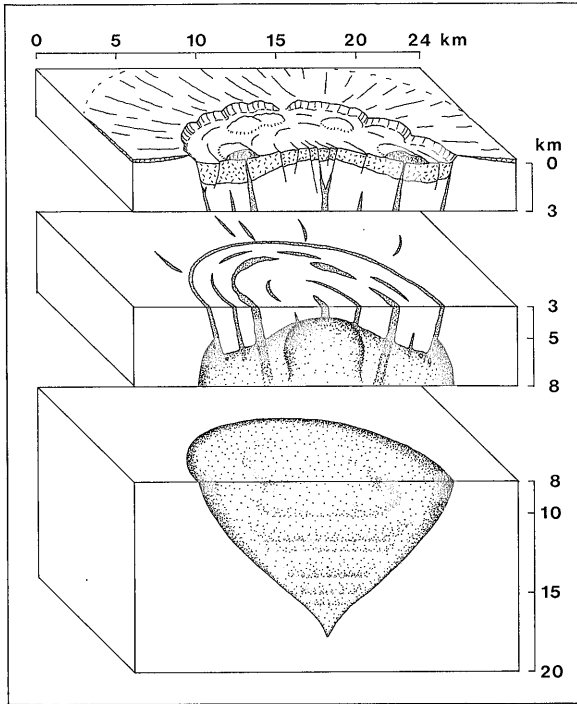
6. 比較解剖学的所見

以上のいくつかの環状地形の例は水平的スケールが同程度であることを除けば 互いに結びつきのない現象にみえる。しかし古老面環状地形のようなミッシング・リンクの存在を介すと それらがある一般的現象の異なった側面であるようにみえてくる。

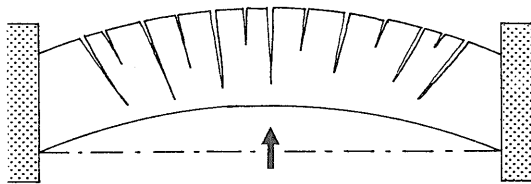
第11図に それらを結ぶ一般的現象——珪長質マグマの深度系列モデル——を示す。

小型バソリス級の珪長質マグマの貫入ユニット 環状岩脈複合岩体およびバイアス型カルデラの3者が 深度
1985年2月号

系列を成すときの 相互の因果関係について考えてみよう。珪長質マグマ上昇の主要な原動力は浮力であると考えられる。それが 定置する深度については 第12図のような深度—密度図によって推定できる。ここでは きわめて大まかな岩相分布の予想から 仮想的地殻の密度曲線を定めたにすぎない。しかし 表層付近については埋没しつつある泥岩の密度変化に近似させており 平均的地殻のものとして妥当であろう。珪長質マグマの密度曲線にも若干の自由度があるが それが仮想地殻と重力的に平衡する深度は 数 km のオーダーとみて差し支えない。小型バソリス級のマグマがこのような浅所まで上昇する過程では 岩塩ドームの場合と同様に マグマ天盤のドーム状隆起が起ころのであろう。この変形過程は 基本的に両端を拘束した場合の曲げ褶曲と同様であり 第13図のように中立面が褶曲層の内側にはみ出して 褶曲層全域が伸張の領域となると考えられる (垣見 1978)。この因果関係において 重要な点は珪長質マグマの浅所貫入自体が上部に伸張場を生み出すことであり 環状岩脈複合岩体やバイアス型カルデラの形



第11図 珪長質マグマへ環状岩脈複合岩体へパイアス型カルデラの深度系列モデル。

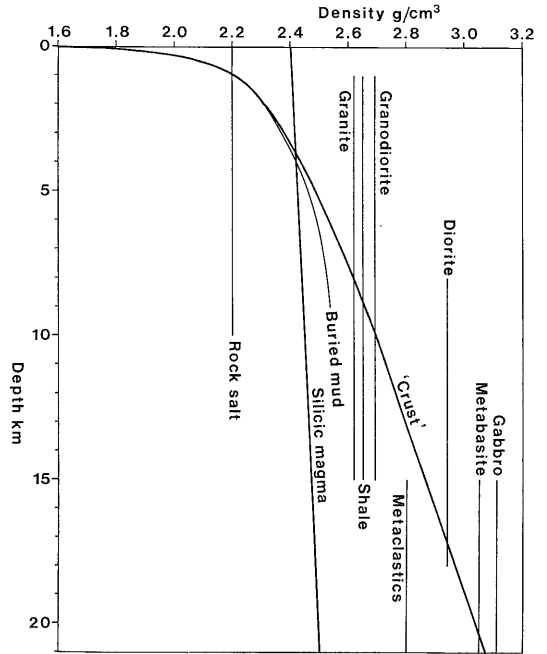


第13図 両端を拘束した場合の曲げ褶曲概念図。一点鎖線は中立面を表す。

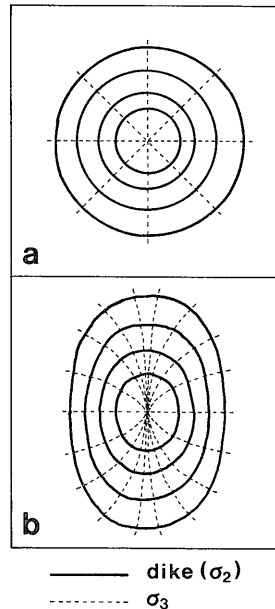
成は伸張場の結果的な産物であることである。

マグマ自身が上部に伸張場を形成する機構には KOIDE and BHATTACHARJI (1975) の提案したものもある。しかしパイアス型カルデラに関する限りピストン状の陥没形態や後カルデラ丘の水平的広がりなどから考えてカルデラよりずっと細長いマグマ溜りは考えにくい。むしろ KOIDE and BHATTACHARJI (1975) の幾何学的要件はロート状の陥没形態や中央火口丘を特徴とするクレーターレーク型カルデラに調和的と思われる。

環状岩脈はこのようなマグマ溜り上方の応力場を考える上で格好の素材といえる。よく知られているように岩脈は応力場の指示者である (NAKAMURA : 1977)。岩脈は“space fillers”であって貫入することにより壁岩を直角方向に圧縮することになる。従ってもし

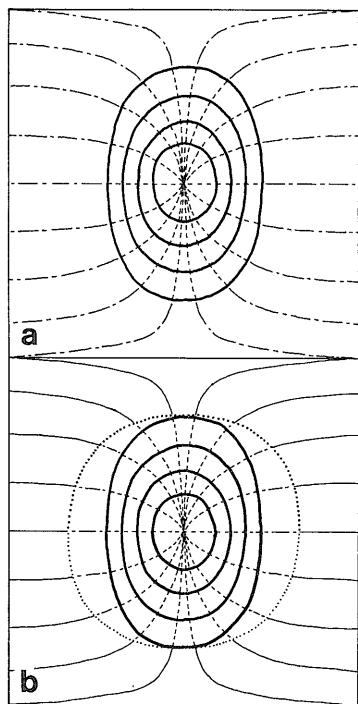


第12図 珪長質マグマおよび主要地殻構成岩類の深度—密度関係図。



第14図 環状岩脈複合岩体の σ_3 軌跡 (平面図)
a. 真円の場合。
b. 楕円の場合。

壁岩が均質であれば壁岩に作用している広域応力のうち最も圧縮応力の弱い σ_3 に直交する面に貫入するであろう。この原理を環状岩脈に適用すると環状岩脈はそれ自身が中心から水平方向に σ_3 軌跡の射出した放射状伸張場を表していることになる (第14図 a)。



第15図 楕円状岩脈を取り巻く2種の
広域応力状態。(平面図)
a. 伸張場の場合。
b. 短縮場の場合。

それはマグマの上部に生じた局部応力場といえよう。環状岩脈が一般に環状正断層と共存する点を考慮するとこの場合 σ_1 軸は鉛直方向 σ_2 軸は水平面上の岩脈の軌跡に対応する。次に さらに一般的な楕円状の岩脈について考えると その σ_3 軌跡は第16図bのようになる。これは丁度 スパニッシュピークの放射状岩脈 (Odé 1957) の場合の 岩脈軌跡と σ_3 軌跡とが入れ換わった状態に等しい。すなわち この場合にはマグマによる局部応力場と広域応力場とが干渉し合っていることを示している。

その干渉の仕方には 広域応力場が水平的に伸張場であるときと 短縮場であるときにより 第15図のような2種類がありうる。ここで 広域の主応力軸について水平面内の2成分を σ_{Hmax} と σ_{Hmin} と呼び換えるならば 両者共に σ_{Hmin} が楕円状岩体の長軸方向に一致する点で共通している。例えば 第9図のバイアスカ

ルデラをみると 後カルデラ丘が見事な楕円状配列を呈しており その地下には東西に長軸をもつ楕円状岩脈の存在が推定される。このことは バイアスカルデラの位置する Basin and Range (詳しくは Rio Grande Rift) が東西方向の伸張場にあることの必然的な結果として理解される(第15図 a)。またロングバレーカルデラとその後カルデラ丘の環状分布が東西に長軸をもつことも全く同様に予測しうる。

今後は 単一の岩脈に比べて 壁岩の先在構造に規制を受けにくい環状火成複合岩体を用いた広域応力場の復元も充分検討する価値があると思われる。

参考文献

CHANG, K. H., Ko, I. S., LEE, J. Y. and KIM, S. W. (1977) : 5万分の1地質図幅「九山洞」および同説明書 韓国動力資源研究所。
 章 基弘 李 倫鍾 朴 炳權 (1981) : 5万分の1地質図幅「軍威」および同説明書 韓国動力資源研究所。
 垣見俊弘 (1978) : 地学双書22「地質構造の解析」地学団体研究会 240p。
 金 鳳均 鄭 昌熙 金 洙鎮 梁 承榮 (1981) : 5万分の1地質図幅「大栗」および同説明書 韓国動力資源研究所。
 KOIDE, H. and BHATTACHARJI, S. (1975) : Formation of fractures around magmatic intrusions and their role in ore localization, Econ. Geol. vol. 70, pp. 781-799。
 村岡洋文 長谷紘和 (1980) : 陥没カルデラに由来する環状地形構造の評価 地質ニュース 311, pp. 7-29。
 MURAOKA, H. and HASE, H. (1981) : Okiura caldera, discovery of a Valles-type caldera in the northern Honshu, Japan. in Abstract of IAVCEI Symposium, Tokyo, pp. 242-243。
 NAKAMURA, K. (1977) : Volcanoes as possible indicators of tectonic stress orientation : Principle and proposal, J. Volc. Geoth. Res. vol.2, pp. 1-16。
 ODÉ, H. (1957) : Mechanical analysis of the dike pattern of the Spanish Peaks area, Colorado, Geol. Soc. Am. Bull., vol. 68, pp. 567-576。
 REEDMAN, A. J. and UM, S. H. (1975) : The geology of Korea, Geology and Mineral Institute of Korea.
 李 商萬 (1979) : コリア半島の地質とテクトニクス 岩波講座地球科学16「世界の地質」pp. 355-384. 岩波書店
 鳥居雅之 林田明 乙藤洋一郎(1985) : 西南日本の回転と日本海の誕生 科学 55, pp.47-52。
 WON, C. H., So, C. S. and YUN, S. (1980) : 5万分の1地質図幅「新寧」および同説明書。韓国動力資源研究所。