

③別府—島原地溝

松本 九州では、新生代に大きな陥没構造がつくられているのですが、最初に、こうした構造の存在を考え始めた理由からお話いたします。九州の地質図を全体として大きくながめると、中部中新世から現在にいたるまでの新しい火山群が広く分布している地域としては、中部九州と鹿児島湾を中心とした南部九州との2つが目立ちます。

鹿児島湾の地形とカルデラ説

まず後者の鹿児島湾というのは、実は、昔から非常に特異な地形として注目されておりました。というのは、大陸から九州までの海の深さを見てみますと、いま木村さんのお話しにあった沖縄トラフを除けば、この鹿児島湾だけが異常に深いのです。たとえば、長崎から朝鮮半島あるいは中国大陆へ行くということを考えた場合に、海の広さは相当なものですが、その深さはせいぜい 200m です。それに対して鹿児島湾は非常に狭いにもかかわらず、ここだけが深い。

そうした意味で、この地形は以前から注目されていたわけで、その成因として陥没によるものではないかという考え方が背からあったのです。そのうちに 1943 年に松本唯一によって、ここには2つのカルデラのあること、すなわち湾奥に始良カルデラ、湾口に阿多カルデラのあることが提唱されました。そのときの考え方では、これら2つのカルデラが落ち込み、それに引きつられてその中央部も落ち込み、この特異な地形ができあがったというように説明されていたわけです。しかし、もしそうであるとするならば、鹿児島湾の誕生というのは、当然このカルデラ形成以後ということになりますから、非常に新しいことになります。最近の年代測定の結果では、始良カルデラの噴出物のなかで一番古いものでもわずかに何百万年前というオーダーです。ですからカルデラだけで考えようとすると、鹿児島湾全体の形成が非常に新しい時代に限られてしまいます。

霧島—鹿児島湾地溝の提唱

ところが最近、指宿あたりで 1,000m という深さのボーリングを2本掘っているのですが、それでも基盤につかない。いまここでいう基盤とは、中新世よりも古い地層のことです。四万十帯の帯状構造から考えれば、この地域の基盤として考えられるのは、四万十帯の岩石、場合に

よっては花崗岩類があるかもしれませんが、いづれにしても四万十の岩石ができていいわけです。地表の高さはそんなに高くなく、せいぜい 100m 以下です。しかるに、そこで 1,000m のものを2本掘っても基盤につかない。つまり、この地域では四万十の岩石は 1,000m より深いところにある。ところが、さきほどの橋本さんの図にあったように、指宿のすぐ北西では四万十の岩石が地表に露出しているのです。ですからここでは、どうしても陥没構造というものを考えざるを得ないのです。それからまた、早坂さんたちの海底の地形・地質の研究によって、鹿児島湾に陥没構造があることもわかってきたのですが、それはこの次の話になるので、ここでは触れません。

一方、始良の北に位置する霧島の方でも同様のことがわかってきたのです。鹿児島大学の露木先生らは、霧島まで含めて温泉をいろいろ調べられて、温泉の方の研究からここに陥没による地溝があるとして鹿児島地溝を提唱しておられますが、またここには、以前から加久藤カルデラと呼ばれたカルデラがあるのです。これは、霧島カルデラとも呼ばれております。このカルデラは、最初松本唯一が、凝カルデラまたはシェードカルデラと名付けたもので、次に有田忠雄先生がはっきりと提唱されたものです。地形的にはカルデラの北半分だけが地表にあらわれているものです。そして最近では、加久藤カルデラと小林カルデラの2つに分けて考えられています。カルデラの南半分というのは、新しい霧島の火山に覆われて地下にもぐってしまっていて、地形的には見えない。

そしてここでも最近のボーリングの結果、落ちこみの場所や深さがある程度まで推定できるようになり、やはり四万十が 1,000m 以上も落ち込んでいるらしいということがわかってきたのです。1,000m 以上の落ち込みというのは、火山性のカルデラだけではとうてい説明しにくいのです。たとえば阿蘇では、ご存知のように非常にきれいなカルデラが地形として出ています。ではその場合、落ち込みがどれぐらいかというところ、これは、現在の外輪山の高さとカルデラの底との差を見ればすぐわかります。もちろんカルデラの中には、カルデラ形成後の新しい地層がたまっていますからそれを除いて考えないといけませんが、この地層の厚さというのはボーリングでわかっていますが、そうたまっ

てはおりません。そうすると、阿蘇のカルデラでも、落ちこみはどんなに大きく見横もってもせいぜい数 100m です。

そういうことを考えると、1,000m 以上の落ち込みというのは、カルデラ形成以前に地溝性の陥没構造があったに違いないと考えざるを得ない。ですから、さきほどお話しした鹿児島地溝は霧島まで延びるだろう。さらに鹿児島湾の南には硫黄島がありますが、ここにも鬼界カルデラと呼ばれるカルデラがあります。これは、ちょうど霧島—鹿児島湾地溝を南に延長したところにあります。このように、南九州には鹿児島湾を中心とした大きな地溝性の陥没構造があるわけで、この地溝は、北は霧島で終わっていますが、南の方は一体どこまで続くか——それが今後の課題で、そのあたりは早坂さんの方におまかせいたします。

別府—島原地溝の提唱

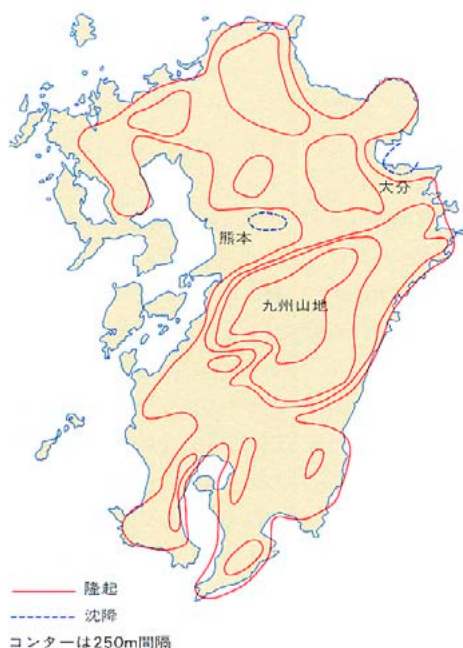
では、中部九州の方はどうか。まずこの付近の地質図を全体として見てみますと、中央部は、そのほとんど全域が新しい火山岩現によって覆われています。それに対して、先中新統の基盤岩類は、細かく見ればいろいろとありますが、大ざっぱにみると、別府—九重—熊本—島原をつなぐ地域には分布していません。その西端では、南は天草、北は諫早～大牟田に古第三紀層の地層があり、さらに長崎県の野間半島に長崎変成岩が分布しているのですが、中部九州の広大な地域には、先中新統が地表に露出していないのです。

そこで、この地域の重力異常をみてみます。図 3・1 は京都大学の久保寺先生らが発表されたもので、国にはプラス、マイナスの等重力異常線が描かれていますが、マイナスの異常というのは、新しいカルデラ、特に陥没カルデラと密接な関係があります。たとえば典型的な阿蘇カルデラを例にしますと、地下深くのマグマだまりからものすごい勢いで大量の火砕流堆積物を噴出して、極端にいうとマグマだまりが空洞になってしまう。しかもそこは、当然圧力も落ちるでしょうから、上のものがガサッと落ち込む。その場合に、落ち込んでそこを埋めたときの埋め方は、当然、落ち込んでいない周辺の状況とは違ってくる。そのために負の目玉がでてくる。たとえていえば、植木鉢をひっくり返してそこに土を入れると、最初はふわつとしていますが、踏み固めたところはかたく密になる。そうしま

すと、密なところはプラスが出て、粗なところはマイナスが出てくる。ということで、マイナスの目玉があるということは、新しいものがあることを埋めているというように見ていいわけです。ただし、逆にプラスの目玉が出るようなカルデラもあるのです。それは玄武岩の小さい火山で、たとえば伊豆大島の三原山に見られるように、山頂付近に非常に小さいカルデラがありますが、こういうカルデラでは、逆の重力異常が出てくる場合があります。しかし、九州のように大量の火砕流堆積物を噴出する陥没カルデラではマイナスの異常が出てくる。図では低重力中心域にLの記号を付してありますが、図にみると、Lの目玉が点々と連続的に並んでいるのがよくわかります。西は、島原半島の西側の橘湾——実は橘湾も、九州大学の島原火山研究所の太田さんによって千々石カルデラと呼ばれているのですが、この橘湾から東の別府湾まで、ずっとLの目玉が並んでいます。

それに対して、高重力の方は尾根が出てきます。そして、この尾根を結ぶ線の南側をみると、そこは大ざっぱにいうと九州山地で、新しい火山岩類が分布しない地域です。もちろん小さなものがちょこちょこありますが、それについてはあとでお話しします。そして九州山地の最近の地殻変動が調べられているのですが、その結果では、ここが相対的に上昇しているの

図3・2 九州の第四紀における隆起・沈降量
〈資料は国立防災科学技術センター、1969による〉



です。海水面を基準にして、どの範囲がどの程度上がっているかを描いたのが図3・2です。この図からわかることは、さきほどの尾根を結ぶ線をもとにして考えれば、少なくとも北側は落ち、南側は上がるという相対的な動きがあることがわかるわけです。

もともと、以前から、別府湾地溝というのは多くの人々によって言われており、そのほか別府—九重地溝とか、あるいは阿蘇水道とかというように、さきほどのLの目玉が連続して並んだ地域の地形については、凹地や低地あるいは地溝をあらわす表現が昔から幾つか使用されてきました。また、この凹地を東に延長すると、いわゆる瀬戸内陥落地帯につながるということもいわれていたわけです。こうしたことから、ここに大きく地溝というのを考えたかどうか——。またそう考えてみるとそれほど矛盾はない。そういったことをふまえて私は、1979年に別府—島原地溝を提唱したわけです。

もちろん、こうした大きな陥没構造を考えた場合に、その内側に、古い基盤が地表や地下の浅いところに出ていたりすることが実際にあります。しかし私のいう大きな陥没構造というのは、ある線でいきなり落ち込んで、そのなかが平らということではないのです。そのなかにも細かな凹凸——グラーベン(地溝)や、ホルスト(地塁)がいくつももあるというのが実際の姿でしょう。そこには不連続の部分が必ずあり、逆にいうと、そここのところには何かあるらしい。ですから、大きくは考えるけれども、また、そのなかを幾つかに分ける考え方も必要なのです。

別府—島原地溝の北限と南限

大きくみると、以上のようなことがいえるのですが、では今度は、この地溝をもう少し細かく見てみます。図3・3は、別府—島原地溝に関係ある断層を赤で入れたものです。この図には、臼杵—八代線(中央構造線)や仏像線など、古くからの九州の基本的な構造線はスミで描いてあります。

《九重—別府地域の南・北限界》

まず、別府北東部から国東半島南部についてみると、ここには池田さんの調査や活断層研究会の報告で、唐木山断層、鹿鳴越断層、尼蔵岳断層、猫ヶ岩山断層、さらにこれらに続いて別府北断層、日出生断層、一尺八寸山断層、入美断層などと名付けられた多くの断層があります。これらの断層はほとんどが東西性で、すべて南

落ちの活断層です。そうしますと、これらの断層のうちのどれかは、初期の断層が再動したとも考えられますので、この付近が別府—島原地溝の北限ではないかと思われます。

一方、別府湾南側の佐賀関半島についてみると、ここは古生代の三波川変成岩が分布しているところで、その別府湾側(北側)は断層とされており、その西側では、三波川変成岩と大分層群との境界が断層とされており、この断層は東西性で北落ちです。それで、この断層がこの付近の別府—島原地溝の南限と考えられるわけです。また、九重火山地域の南東側では、地質調査所の小野さんによって、野津原町から久住町にかけて、七瀬川沿いと芹川沿いの2本の平行伏在断層が指摘されておりますが、これらは何れも、古期の朝地変成岩類(貫入岩類を含む)と後新第三系の分布から推定されているわけです。また、西南学院大学の唐木田さんは、七瀬川沿いの圧砕化された荷尾杵マイロナイト帯を一種の構造体と考えておられますが、この七瀬川断層—荷尾杵マイロナイト帯は、大分—熊本線と一致し、これをそのまま西南西に延長すると阿蘇カルデラの中部付近からややその南側付近にぶつかるのです。これらの断層は、すべて北東—南西方向の断層で、北西落ちです。ですから、これらの断層が、この付近の別府—島原地溝の南東限と考えられるわけです。

図3・4は、九重の大船山付近を別府—島原地溝にほぼ直交して切った地質断面図で、この地溝の南限の基盤の状態が示されています。図の右端にみるように、三宅山火砕流堆積物と基盤岩が、左側(北側)へゆくほどストーン・ストーンと落ちていきます。この三宅山火砕流堆積物は、約1,400万年前の瀬戸内系火山岩で、その下位にはおそらく先中新世の基盤岩があるものと考えられます。すなわち、基盤岩の北側が地溝状に落ちこみ、そこをグリンタフ火山岩類が埋積しているのでしょう。その間に、三宅山火砕流の活動があり、さらに前述の地溝をつくった断層が再活動して新たに陥没し、地溝ができたものと考えられるのです。その後、さらに豊肥火山活動が生じ、地溝が埋めつくされた。この断面図には、こうした関係がよく示されています。

《島原—熊本—阿蘇地域の南・北限界》

では、島原—熊本—阿蘇地域はどうかといいますと、この地域の別府—島原地溝の北限は、残念ながらあまりはっきりしたことはわからない

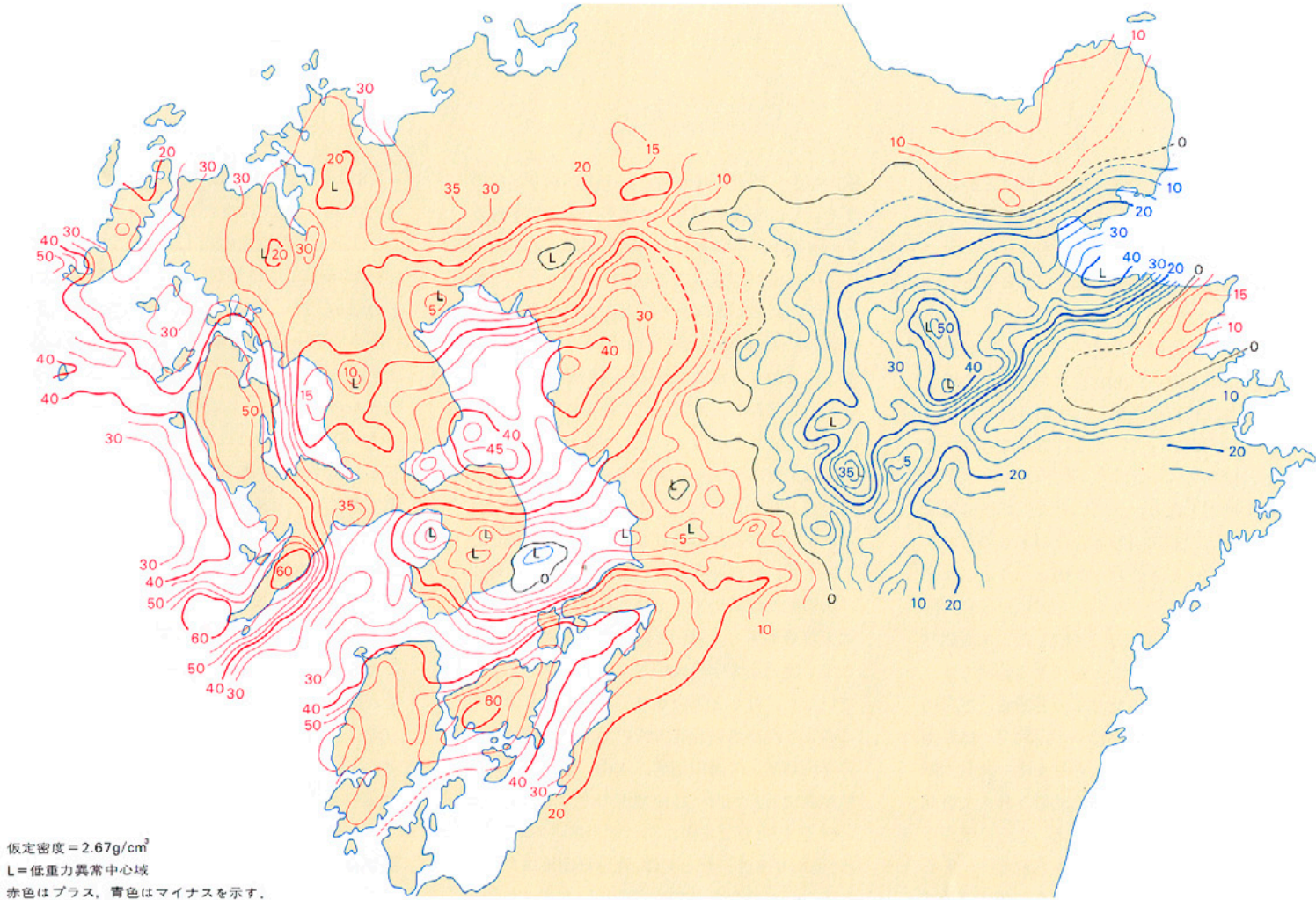
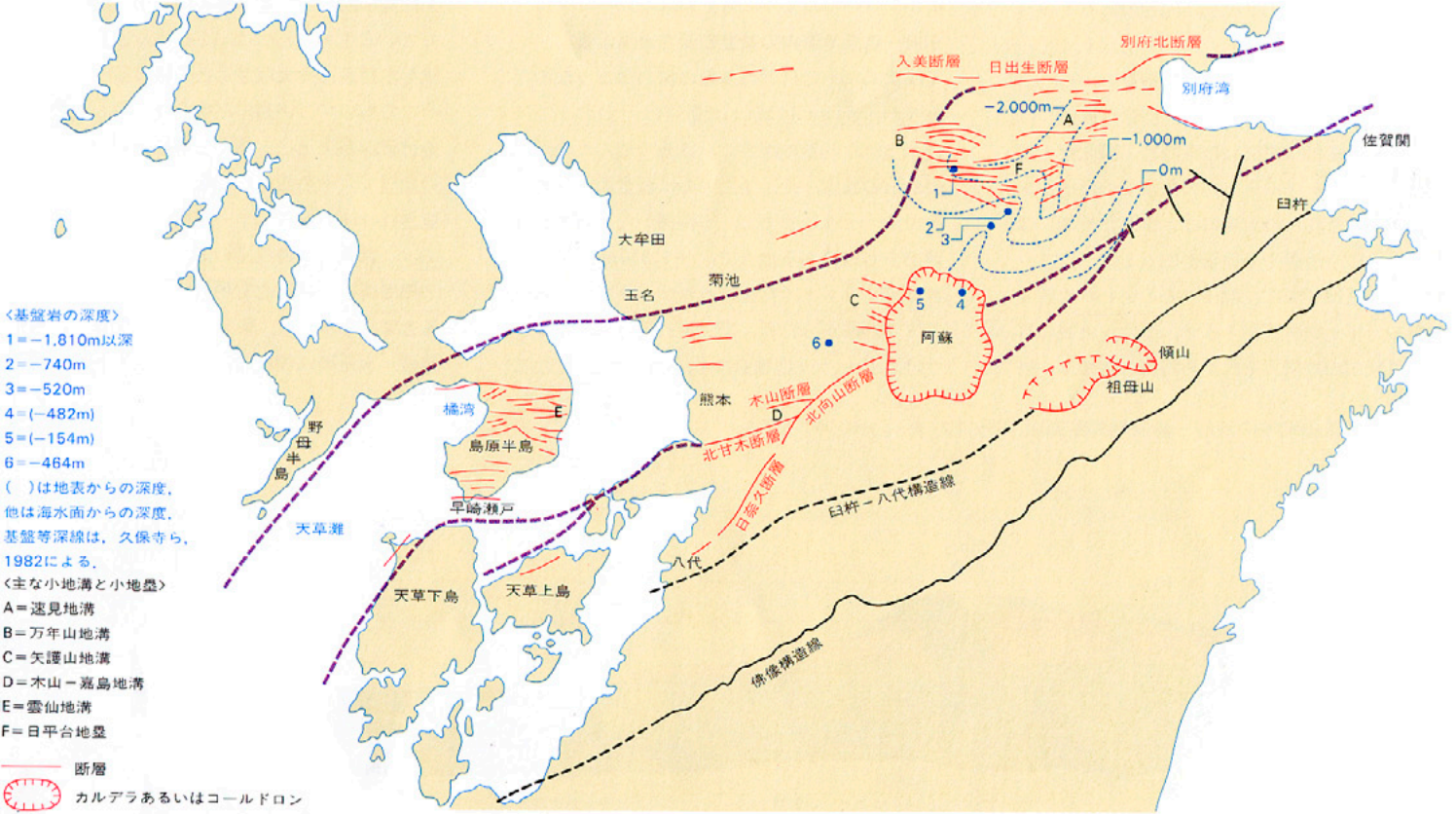


図 3・3－別府－島原地溝内の断層と基盤深度

＜松本健夫，1983＞



のです。ただ私は、古期岩類の分布などから考えて、図の破線で示したように、島原半島の北縁をかすめて玉名市南方から植木の東方に至り、さらに菊池付近を通るのではないかと推定しております。

これに対して、南限の方ははっきりしております。熊本市南方から阿蘇カルデラにかけては、北向山断層、布田川断層などがあり、これらは、東北東—西南西方向で、北北西側落ちの断層です。これはさらに、北北東—南南西に向きを変えて砥川断層となり、さらに日奈久断層に連なります。一方、布田川断層をそのままの方向で西南西に延長すると北甘木断層となり、これも北北西落ちです。ですから、布田川—日奈久断層から、益城町砥川北方で分岐した1本が北甘木断層であると見なすことができるわけです。この北向山、布田川、北甘木の各断層、さらにその西方の縁川に沿うあたりが、別府—島原地溝の南限を示すものと考えられます。北甘木断層の西方延長は、宇土半島の北縁から大矢野島および天草上島の北縁をかすめ、さらに天草下島北海岸をかすめるものと考えられます。そして、別府—島原地溝は、天草下島で急に北北東・南南西に方向を変え、天草灘地溝に連なるようにも見えますが、この点は問題のあるところで、後に述べます。

別府—島原地溝内の小地溝と小地壘

いま申しあげたように、別府—島原地溝内には、これに平行または斜交した東西性、東北東—西南西、芦北西—東南東方向の数多くの断層がありますが、これらの断層にはさまれた地域にはたくさんの小地溝や小地壘があります。

別府—^{はなやま}九重地域では、池田さんのいわれる速見地溝や万年山地溝があります。また、九重山群の千町無田の地溝。それから阿蘇の方では、外

輪山の少し西方に鞍ガ岳という山があり、そのすぐ近くに^{やぐやま}矢護山がありますが、ここにも鞍ガ岳—矢護山断層群という活断層が10本近くあって、矢護山が落ち込んでいます。つまり、それより北の断層が南落ちで、南のものが北落ちの断層で、両者の幅は狭いけれども、地溝状に落ちこんでおり、私はこれを矢護山地溝と呼んでいます。それからまた阿蘇の西方になると、木山断層と北甘木断層というのがありますが、この間は完全にグラーベンです。これは木山—嘉島地溝と呼ばれており、熊本大学教育学部の渡辺さんや元農政局の初倉さんの論文で実証されています。また非常に有名なのが雲仙火山の中にある雲仙地溝です。なお、島原半島については天草灘地溝との対比という点でも大変重要なので、鹿児島大学の大塚さんに別にコメントしていただけたらと思います(16p～18P参照)。

このように小さい意味での地溝は、速見地溝、万年山地溝、矢護山地溝、木山—嘉島地溝、雲仙地溝など、別府—島原地溝の中に幾つもあるわけです。そして地溝があれば当然ホルスト(地壘)もあります。たとえば、九重火山地域でみられる^{ひびらだい}日平台地壘などです。そういう小さな凹凸を含めながら、全体として一つの大きな陥没構造がある。このように考えられるわけです。

別府—島原地溝内の基盤の深さと陥没量

では次に、その付近の基盤の深さはどうなのだろうか。図3・3に示した数字は、これまでに調べられた基盤の深さで、括弧で結んだのが地表からの深度、そうでないのは海水面からの深度です。そうしますと、一番深いのが万年山地溝の少し南にある地点で、-1,810mで探。これはボーリングで与えられたデータです。ボーリングが曲がったら、当然それより浅くなりますけれども、一応垂直に掘られたと仮定して

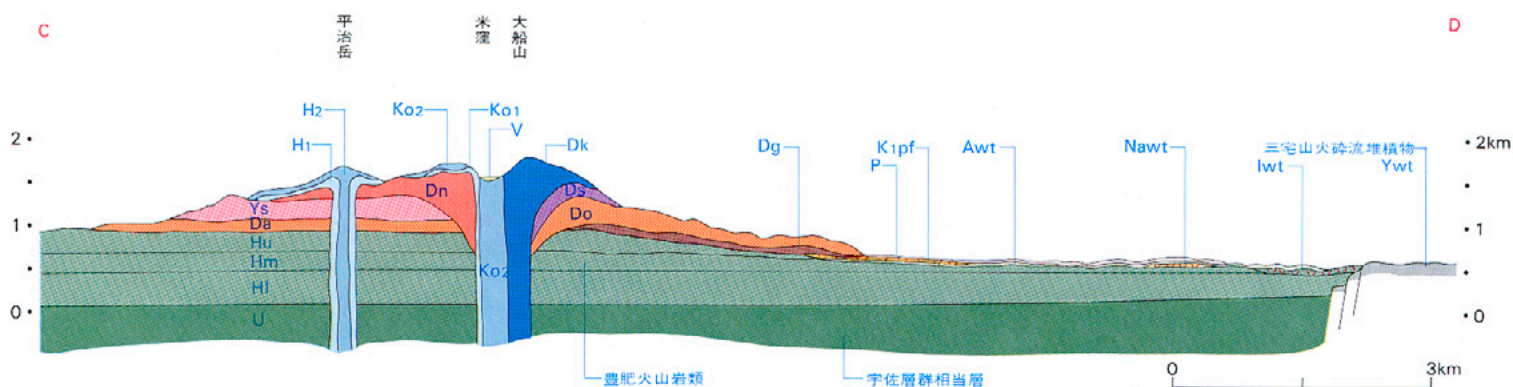
-1,810m。この深さはレベルにして約-2,000mですが、ここではまだ基盤についていないのです。それから九重の八丁原付近では海水面から-740m。ここは基盤にぶつかっております。そのほか、図にみるように、やはり海水面からの深さで約-520mとか-464mというものもあります。また、阿蘇カルデラ内の宮地北方では、地表から-482m。ここは標高が約400～500mですからレベルではほとんど0mです。内ノ牧でも-154mという非常に浅いところに基盤が出てきている。このようにいろいろな凹凸があるのですけれども、これは、先ほども述べたように、大きな陥没構造の中に小さなグラーベンやホルストがあると考えれば、決して解釈つかぬことではない。ただそれらが、あるブロックごとに落ち込んだり、あるいは残ったりということがあってもよいと思うのですが、そのあたりのことは、まだ具体的にはよく判っておりません。いずれにせよ、中新世以降現在までの陥没量の総量は、最大で2,000～2,500mぐらいになると思います。

天草灘地溝

《天草下島志岐地域の高角不整合》

次は天草灘地溝です。天草下島の北西部には、天草灘に画して富岡半島という小さな岬が突き出ていますが、じつは、このすぐ手前の志岐地域を木村さんや大塚さんと一緒に調べにいき、そこでものすごい高角不整合を確認したのです。釜付近から土呂呂を結んだ線の東側は古第三系の地層で、その西側には釜層が分布し、両者の境界はほぼ直線的で、釜層の下位は佐伊津層で、これら2つの地層の関係は、島原半島の口ノ津層群における北有馬層と大屋層とに対比さると考えられます。両者は不整合関係で、佐伊津層・大足層は湖成層、釜層・北有馬層は海棲

図3・4—九重山地域の別府—島原地溝断面図 <55p. 図2九重火山地質図のC—D断面、但し、スケールは異なる>



化石を産出し海成層です。時代は、前者が約200～180万年前、後者が約140万年前からの堆積です。

この近くに内田というところがありますが、この南方で、われわれは、釜層と古第三系との高角不整合の露頭にぶつかったのです。高角不整合というのは、不整合面が立ってしまっているわけで、測れたところでは、50度から70度の角度で西側に急傾斜している。しかも、この不整合面に対してぶつかるようなかたち(アバット)で、礫岩(釜層)がずうっと堆積しているのです。海岩線から見ますと、山の高さが70mでそこまですうっと礫岩がある。そしてその中に、ちょっとした砂岩の薄層があるので、ほとんど水平にこの礫岩が堆積したことがわかる。

では、どうしてこれだけの礫岩が堆積したのかということと考えますと、この不整合面というのは、もともとは断層による急崖であったのだろう。断層崖が不整合面になっているから、落ち込みのある西側へ次から次へと礫岩がたまっていく。つまり、一方の側がどんどん落ち込んでいったから、こういうものすごいたまり方になった。ですから、ここに出てくる礫岩は余り円磨されていない亜角礫岩～角礫岩です。他所から運ばれてきたのではなく、その場の崖のところの基盤が礫としておちこんでたまった不淘汰礫岩です。このように、ここではどうしても断層とその西側の落ち込みというものを考えないと説明がつかない。この断層崖は、ほぼ直線状に5km以上にわたってのびており、西側が落ち続けることによって釜層が堆積したと考えられるわけです。

《富岡一志岐の小地溝》

また大塚さんは、志岐町周辺と富岡半島との間の地層を精しく調べ、ここにトラフ状の小さな堆積盆のあることをつきとめています。ここでは、古第三系の侵食された上面は深いところで海面下120～160mのところにあり、さきほどの急崖に沿ってその西側に、幅が800～2,000m、約5km以上にわたって凹地が延びております。これはまさに、小地溝性の陥没構造です。そして、釜層の下位に佐伊津層が分布していたものとすれば、この小地溝の陥没は、その地層の年代からいって更新世初期(約200～180万年前)の直前であり、さらに釜層堆積直前の前期更新世の中頃(約140万年前)に再び陥没したものと思われます。

《天草灘地溝》

ところで、天草灘としてみた場合にはどうということになるかといいますと、ご存知のように天草灘の西縁は野母半島で、ここには長崎変成岩が分布しています。そしてこの半島の東海岸線にほぼ平行した東落ちの断層が海底に推定されております。一方、天草灘の東の方には、いま申し上げたように、天草下島の古第三系と釜層との間に高角不整合の西落ちの断層が直線的に延びている。ですから、この間が天草灘地溝と考えられます。ところで、この断層崖の南方の海底には、さきほどの木村さんが指摘されました沖縄トラフ東縁を限る西落ち断層が認められておりますから、沖縄トラフがここまでのびてきていることはまず間違いありません。しかし、天草灘地溝のすぐ北方には、別府一島原地溝がありますが、これら両地溝の方向はあきらかに異なっていて、連続しているとはいえません。それで、この辺の問題が、今後の課題になっているわけです。

別府一島原地溝の形成過程

富岡一志岐の地溝では、古第三系の基盤とともに、断層に平行した岩脈が何本か認められます。その岩脈の貫入は、もし天草の深成岩と同じだとすれば、おそらく中新世の古い時期で約1,900万年前です。そうしますと、この方向の弱線(割れ目)というのは、少なくとも1,900万年前にはできておったわけです。しかも、いま申しましたように、釜層の時代が140万年前です。ですから、ここでは中新世のときから最近まで、何回か動いている。この辺の断層はまだ調べられてはおりませんが、最新のものは、私は当然活断層だろうと思っております。つまり、天草灘地溝を含めた別府一島原地溝の発生は中新世で、その後何度も動きがあつた。そしてこの動きというのは、大きくわければ3つの段階があるのだろうというように私は考えております。

1つは、中新世に始まった大規模な動きです。中部九州には、いわゆるグリントフと言われていたものが点々とありますから、これから考えて最初の大きな動きは、中新世の中期、もしくは前期の終わりごろから活動が始まっているだろう。そして、第2ステージとして、鮮新世最末期～更新世初期に大きな動きがあり、さらに第3のものとして更新世の中期に大きな動きがあつたろう。もちろん、それぞれの動きの間にも細かい幾つかの動きが当然あるだろう。しか

し、古い時期のところはなかなか確認できてない。しかし更新世に入った新しい時期についていえば、これは、あとで火山活動のところで話しする予定ですが、九重や雲仙などの活動の始まりは、恐らく30万～25万年前であろうことがわかっています。また、万年山地溝と呼ばれているのは、万年山の年代が約50万年ですから、これは、50万年より新しい。このように、何回も動いているわけで、ただ1回の大規模な動きでこうした大地溝がすっぱりと出来上っているわけではない。大きい動きが何回もあり、その間に小さい動きも勿論あり、しかも場合によっては古い割れ目などが再び動くということも含めてこうした大地溝ができて上っているものと思われれます。

編集 別府一島原地溝というのは、瀬戸内沈降帯と続くわけですか。

松本 当然、それに続くと考えられます。

編集 霧島一鹿兒島湾地溝の発生時期はいつごろですか。

松本 この地溝でも、ボーリング試料では下の方にグリントフが出てきます。ですから中新世のときから落ち込みを始めたと思っています。

編集 鹿兒島の地溝でもグリントフが下に出てくるんですか。

松本 ええ、でできます。そして何度も落ち込んでいるのです。すごい火山活動があっても、ある時期にある程度落ち込んでしまえば、その火山堆積物そのものはその時点で埋め込まれてしまいます。しかし、落ち込みの外側では、その時の火山堆積物が残る。薩摩半島のさきの春日金山あたりのグリントフがそれなんです。ここでは)四万十の基盤の上にきれいな不整合でグリントフがのっています。(19Pへ続く)