

大型火砕流堆積物の地形とその諸問題

熊本・教育 横山 勝三

はじめに

九州本土の中～南部には、阿蘇、加久藤、始良、阿多の大型カルデラが並び、これらのカルデラに関連した火砕流堆積物は九州本土のほぼ全域にわたって広く分布している。このうち特に阿蘇および始良カルデラに関連した火砕流堆積物は、それぞれ九州中部（熊本・大分県）および九州南部（鹿児島県）を中心に広く分布しており、九州中・南部の地形・地質を考える上で、これらの火砕流堆積物に対する理解は極めて重要である。

火砕流堆積物の地質学的な記述や研究は、従来かなりなされている。しかし、火砕流堆積物の地形については、これまで十分に注目されてきているとは言いがたい。そこで本稿では、我々の身近にあり、典型的な火砕流台地を形成し、かつ我が国の代表的な大型火砕流堆積物であるAso-4および入戸火砕流堆積物を特に取り挙げ、大型火砕流堆積物の地形の特性並びに地形にまつわる諸問題についてまとめてみたい。

Aso-4火砕流堆積物（以下、阿蘇火砕流堆積物と表現する）は、阿蘇カルデラに関連して知られている4つの主な火砕流のうち最後（約8万年前）に噴出し、かつ最も大型の火砕流堆積物であり（小野・渡辺，1983）、阿蘇外輪山をはじめ、九州中部を中心に火砕流台地を形成して広く分布している。一方、入戸火砕流堆積物は、現在の鹿児島湾奥を占める始良カルデラの位置から約2.2万年前に噴出したものであり、九州南部に広く分布しているいわゆるシラス台地の主体を構成しているものである。

堆積地形

1. 堆積面の平坦性

火砕流の堆積面は、火砕流が流動を停止（

定着）して生じた堆積物の上面である。堆積面をこのように定義すれば、一見何の問題もないように思えるかも知れない。しかし、これだけの定義で堆積面という言葉を用いるとすると、この用語は実際には使用範囲が極めて限られた不便なものになってしまう。たとえば、ある火砕流堆積物が溶結しているとすると、溶結作用が起こる前（火砕流の定着時）と起こった後とは堆積物の上面高度が異なる（後述）ので、溶結している火砕流堆積物ではもはや堆積面は存在しないということになる。また、もしある火砕流堆積物が地盤運動で変位したとしても同様で、その変位した堆積面は堆積面とは呼べないことになる。地盤運動に伴う変位の評価が極めて容易ならこれでも構わないかも知れない。しかし、実際にはその評価は、定量的には言うに及ばず、定性的にすら極めて困難なのが実情である。

上述のような事情を考慮して、火砕流の堆積面を「溶結作用や地盤運動等による堆積物の変位・変形の有無に拘らず、地表の侵食営力（主に流水）で全くあるいはほとんど侵食を受けていない火砕流堆積物の上面」と定義し、以下、この意味で堆積面という語を使用する。堆積面は原面とも呼ばれ、堆積面が形成する地形は原地形と呼ばれる。

堆積面は、火砕流の堆積当初には広大な地域に連続的に分布していたはずである。しかし、現実に我々が接する阿蘇・入戸等の火砕流堆積物は、いずれもかなり以前に噴出・堆積したものであり、その後現在に至るまでの間に様々な程度に侵食・開析されている。すなわち、我々はそのままの原地形を直接見ることはできず、実際には、火砕流台地の上面に原地形の一部または断片として残存している堆積面を見ることができるとは過ぎない。

堆積面の認定には、堆積物の上面が侵食されていない—侵食地形でない—と判断されること、台地上面に流水等による二次的堆積物が存在しないこと等が基本となる。このような条件を満たす地形面すなわち堆積面は、いずれも共通して極めて平坦であるという特徴がある。ここでいう平坦とは、全体として平坦という意味であり、たとえば畑の畝程度の微小な起伏の問題については詳しいことは分っていない。

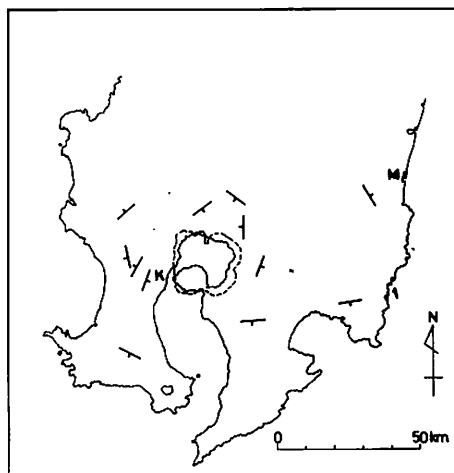
堆積面と関連して問題になるのは火山灰層である。すなわち、阿蘇や入戸火砕流の堆積面は通常、厚さ数 m またはそれ以上の火山灰層で覆われている。堆積面の議論には、本来ならこの火山灰層を除外しなければならないのは当然である。しかし、実際には、火山灰層を常に除外しなければならないとすると、あらゆる場所で火山灰層の厚さを知る必要が生じ、極めて厄介である。そこで実際には、特に不都合や問題が生じない限り、火山灰層も含めた地表面を火砕流堆積物の上面とみなす場合が少なくない。

基盤地形との関係でみると、火砕流の堆積面が全体として平坦であるということは、火砕流が基盤地形の起伏を埋めたてて堆積し、その起伏と無関係に平坦な上面が生じたことを示す。これは頂度、湖水面が湖底の起伏とは無関係に水平面をなすのと似ている。

堆積面の例としては、阿蘇火砕流堆積物の場合、植木付近、旭志村楠原付近の台地面等を挙げることができる。一方、入戸火砕流堆積物の場合、鹿児島空港をのせる十三塚原の台地面、かつて特攻隊基地があった知覧のシラス台地面などが堆積面の好例で、その他にもシラス台地面の随所に堆積面が認められる。

2. 堆積面の傾斜・向き

堆積面が平坦であるといっても、全く平坦面・水平面という訳ではない。確かに、広大で典型的な堆積面（たとえば前述の十三塚原面など）上に実際に立ってみると、面の傾斜



第1図 入戸火砕流堆積物の堆積面の向き
破線は始良カルデラの輪郭
K：鹿児島 M：宮崎

はほとんど感じられない程平坦に見えるし、また、部分的にはほぼ水平な面も少なくない。しかし、1～2 km四方程度以上の広い地域にわたってみると、堆積面は通常、極めて緩やかに傾いた面であり、このことは地形図から明瞭に読みとれる。大型火砕流堆積物の場合、堆積面の傾斜は通常、3度程度以内である。

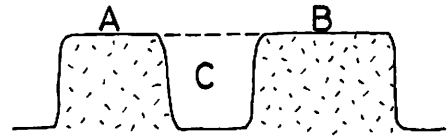
第1図は、入戸火砕流堆積物の各地における堆積面の向きを示したものである。この図から、堆積面の向きは場所ごとに複雑に変化していることが分る。いま特に、始良カルデラ北方地区に注目してみると、ここでは堆積面は全体として南方へ、換言すると噴出源の方へ傾いている。このように、噴出源の外側へ傾かず、逆に噴出源の方へ傾いている堆積面をここでは逆傾斜面と呼ぶことにする。この逆傾斜面は、地盤運動等による変位で生じたものではなく、もともと全体として噴出源の方へ傾斜していた基盤地形の斜面に対応して入戸火砕流堆積物が堆積した結果生じたものである（横山，1970）。このように、堆積面の傾斜方向（向き）は、基盤地形の斜面の全体的な向きに並行する傾向がある。すなわち、たとえば基盤地形が全体として北向きの

斜面であるとすれば、その上の堆積面も北向きになる。実際に、第1図に示されている様々な向きの堆積面は、いずれも各々の地域の全体的な基盤地形の向きを反映したものである。

上述した関係は、阿蘇火砕流堆積物の場合でも同様である。

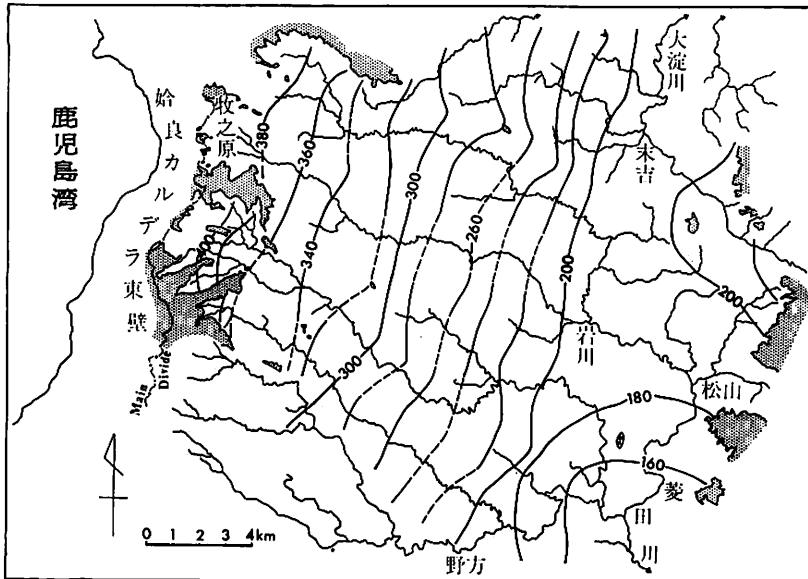
3. 原地形の復元

火砕流堆積物の原地形の状態を知ることは、火砕流堆積物の地形を理解する上で最も基本的かつ重要なものの一つである。先述したように、阿蘇・入戸等の火砕流堆積物は、既に開析され、種々の程度に原地形が損なわれている。しかし、開析程度が著しくなく、堆積面がある程度以上残存しておれば、原地形の復元が可能である。この場合、堆積面の残存程度の大小が原地形復元の精度を左右することは言うまでもない。大まかには、新しい堆積物ほど（たとえば、阿蘇火砕流堆積物よりも入戸火砕流堆積物の方が）、堆積面の残存程度が大きい傾向があるので、新しい堆積物ほど原地形の復元は容易かつ正確に行うことができる。



第2図 火砕流台地模式断面図
開析谷Cに直交する方向の断面
A, Bは堆積面、破線は開析谷の部分の堆積面。

原地形の復元作業は地形図上で行うことができる。まず、原地形の復元には堆積面を有する火砕流台地が近接して存在することが前提となり、近接の程度は原地形復元の精度に関係する。いま、第2図に模式的に示すように、開析谷Cを隔てて堆積面A・Bが近接してある場合、両堆積面の高度は一般的にはほぼ等しいのが特徴である。火砕流の堆積面が一般に平坦であるという特徴に基づけば、開析谷Cの部分には、もともとA・Bをなめらかに結びつけたような高度の堆積面が存在していたはずである。すなわち、開析谷Cを埋めもどし、隣接する堆積面A・BとなめらかにつながるようにすればCの部分の原地形が復元されたことになる。このようにして復元された原地形は、換言すれば、開析谷の谷幅を埋積した埋積接峰面であり、原地形の高度



第3図 始良カルデラ東方地域における入戸火砕流堆積物の原地形高度復元図
高度単位：m

分布図は埋積接峰面図に他ならない。

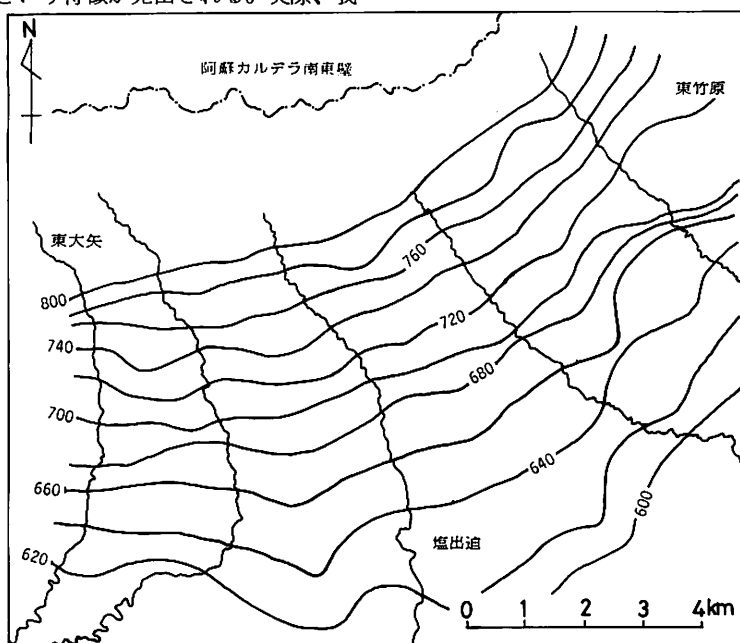
第3図は、上述の方法に基づいて復元した入戸火砕流堆積物の原地形高度分布図の一例である(横山, 1972)。

阿蘇火砕流堆積物の場合は、入戸火砕流堆積物に比べると、年代がはるかに古いことも関係して、全体として堆積面の残存程度が低い。このため、上述の方法による原地形の復元が困難な場合が多い。しかし、原地形に極めて近い状態の地形(近似的原地形)を復元することが可能な場所は少なくない。たとえば、西側を除く外輪山には、阿蘇火砕流堆積物からなる波状の丘陵地的な地形が広がっている。この地形の全貌を空中から眺めると、あたかもバッドランド(badland)のように見え、実際、2万5千分の1や5万分の1等の地形図を眺めてみても、等高線は屈曲に富み、複雑な起伏の地形をしていることが分る。しかし、この波状地の主要な背面(尾根や稜線)のみに注目してみると、各背面はなだらかに伸び、また、隣接する背面の高度は互にほぼ等しいという特徴が見出される。実際、我

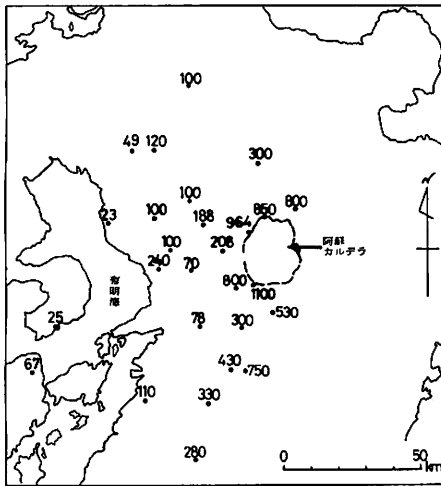
々が外輪山の上、たとえばやまなみハイウェイ沿いを通ると、広々として極めてなだらかな地形を望むことができるが、これは等高性のある背面を見ているからに他ならない。背面高度のこのような特徴は、これらの背面がまだほとんど堆積面の高度を保持していることを示すものと考えられる。したがって、このような場合には、隣接する背面間の谷幅を埋積した埋積接峰面図が、原地形の高度の復元図にはほぼ相当するということになる。第4図は、上述したことに基づいて、阿蘇外輪山の一部で近似的原地形を復元したものである。この図からも、極めて複雑な起伏の現在の外輪山の地形に比べて、はるかに単純でなだらかな原地形の特徴が良く分る。

4. 原地形の高度分布

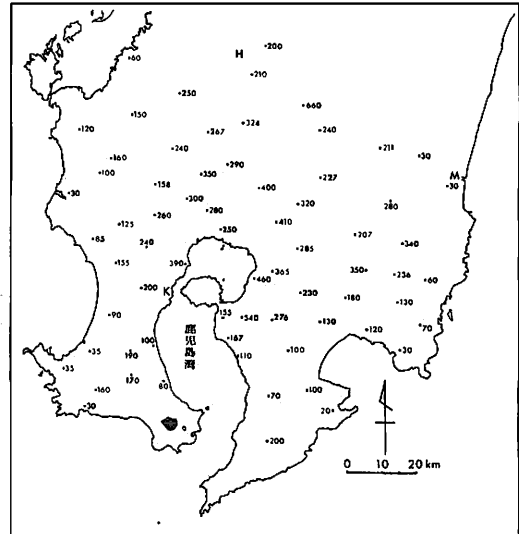
先述した逆傾斜面の存在は、堆積面高度が噴出源から外側へ必ずしも常に低下するとは限らないことを端的に示している。そこで次に、さらに全域的にみた時の堆積面高度の分布特性をみってみる。



第4図 阿蘇カルデラ南東方地域における阿蘇火砕流堆積物の原地形高度復元図
高度単位: m 高度が800mより高い部分については、この図では省略してある。



第5図 堆積面高度分布図



左側は阿蘇火砕流堆積物(原図:渡辺一徳), 右側は入戸火砕流堆積物

H: 人吉, M: 宮崎, K: 鹿児島

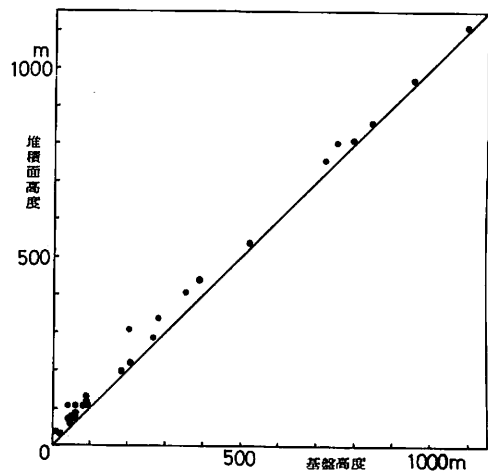
第5図は、阿蘇および入戸火砕流堆積物の種々の地点における堆積面高度を示したものである。この図から、堆積面高度は噴出源から周囲へ規則的に変化(低下)するものではなく、場所ごとに極めて不規則に変化していることが分る。そして、噴出源から何十kmも離れたいくつかの場所で、近隣のものよりはるかに高所に分布している例が見出される。たとえば、阿蘇火砕流堆積物では、九州山地の泉村付近に分布するものは、その北方の九州山地北麓(緑川本流沿)に分布するものに比べて100m以上も高く、また、金峰火山麓のものも、その東方(熊本市北部)の台地の高度に比べてはるかに高い。

また、入戸火砕流堆積物の場合、宮崎県小林市北方約11kmの吉牟田付近のもの(660m)、鹿児島県垂水市高峠付近のもの(540m)等が周囲より際立って高所に分布するものの例である。

※ 図に示したのものの中には、厳密には堆積面高度ではなく、侵食でいくらか低下した堆積物の上面高度を示すものもいくつかある。しかし、これを堆積面高度とみなしても、本稿での議論に関する限り特に問題はないので、堆積面高度として取り扱う。

第6図は、第5図左側に示した各地点における堆積面高度と基盤の高度との関係を示したものである。この図からも明らかなように、堆積面高度(あるいは、堆積物の分布高度)は基盤の高度に大きく左右されていると言える。

上述した、全域的にみた堆積面高度(ある



第6図 阿蘇火砕流堆積物の堆積面高度と基盤の高度との関係(原図:渡辺一徳)

いは堆積物そのものの分布高度)の特性並びに基盤の高度との関係等は、火砕流の運動機構を知る重要な手掛りを与えてくれるものとして注目すべきものである。

なお、これまでに述べてきた堆積面の向きや高度分布の特徴からも明らかなように、ある限られた地域の堆積面の向きや高度分布だけから噴出源の方向や位置を単純に論じることにはできない。

5. 溶結作用と堆積面の変位・変形

火砕流堆積物が溶結するといわゆる溶結凝灰岩となり、溶結の前後で密度や強度、透水性その他物理的諸性質が著しく変化する。したがって、ある火砕流堆積物が溶結しているか否かは、たとえば崖の崩壊様式や速度、地下水の賦存状態、土木工事の難易その他種々な方面に影響を及ぼす。堆積地形との関係でみたとき、溶結作用は火砕流が定着して生じた初生の堆積面を二次的に変位(低下)・変形させるという点で重要な意味をもつ。

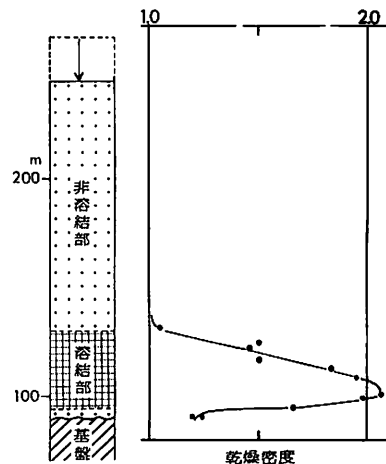
溶結作用は、一つの火砕流堆積物でみたとき、そのほとんど全体が溶結している場合から全く溶結していない場合(非溶結)までである。また、ある場所では溶結していても、他の場所では非溶結の場合もある。さらに、溶結していても、溶結の程度(強さ)は水平的にも垂直的にも変化する。溶結作用が中程度の火砕流堆積物の場合には、溶結の温度・圧力条件を最も良く満たす堆積物の中～下部で溶結作用が認められることが多い。

溶結作用は火砕流の定着直後におこると考えられ、もともと火砕流として運搬されてきた火山碎屑物は溶結作用で結合し、緻密な岩石に変わる。これを入戸火砕流堆積物でたとえるならば、定着の時点では全体が高温のサラサラした“シラス”の状態であったものが、溶結の結果、緻密な岩石(灰石)に変わったことになる。この際、全体としては化学的変化はなく、単に物理的な状態の変化(たとえば密度の増大)があったと考えて良い。すな

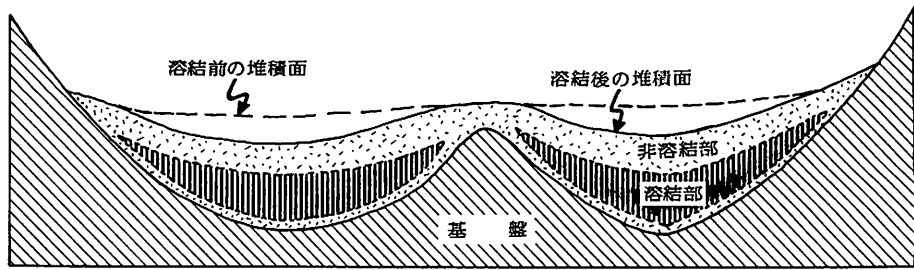
わち、溶結作用で密度の増大した分だけ空隙に富むシラスの状態が失われたことになる。換言すると、密度の増大に見合う分だけ当初の堆積物は圧密収縮したことになり、圧密収縮した分だけ当初の堆積面は低下したことになる。

溶結に伴う圧密収縮量(以下、単に収縮量と略す)は、次のような考えで求めることができる。いま仮に、溶結部の密度が非溶結部の密度の頂度2倍であるとする。この場合、たとえば厚さ50mの溶結部は、溶結前には厚さ100mの堆積物であったということになる。実際には、最も強く溶結した溶結凝灰岩の密度は約2.4である。一方、非溶結の堆積物の密度は、おおよそその半分ないしはそれよりやや小さい程度(すなわち約1.0)である。

上述したことから、ある場所における大まかな収縮量なら、溶結部の厚さと溶結部の平均的な密度が分れば容易に求められることが分る。実際に、ある地点における正確な収縮量を見積るには、より精密な密度計測と計算が必要であるが(横山, 1970)、ここではそれは省略する。第7図は、始良カルデラ北方の妙見における入戸火砕流堆積物の溶結部と



第7図 入戸火砕流堆積物の溶結部における乾燥密度の垂直的变化(始良カルデラ北方妙見)
下向きの矢印は、溶結圧密収縮量(溶結に伴う堆積面の低下量)を示す。



第8図 溶結部の発達状態と基盤地形の起伏との関係

非溶結部の発達状態、溶結部における密度の垂直的变化状態、並びにこれから求めた収縮量を示したものである。これによると、ここでは厚さ約40mの溶結部の生成に際して約20mの収縮があった。この例からも明らかなように、溶結した火砕流堆積物の原地形について論ずる場合には、収縮による堆積面の変位・変形を十分に考慮する必要がある。

このような収縮量の計測は、従来、阿蘇火砕流堆積物も含めて国内の他のどの火砕流堆積物についても行われていない。阿蘇火砕流堆積物は、入戸火砕流堆積物に比べて全体として溶結している場合が多いので、今後この方面の研究も必要であろう。

火砕流が起伏のある基盤地形を埋積して堆積した場合、堆積物の厚さは起伏と共に増減する(第8図)。堆積物の厚さは、溶結作用と密接に係りがあり、堆積物が厚くなると溶結部も厚くなり、かつ、より強く溶結する傾向がある。したがって、もともと厚く堆積した基盤地形の低まりの部分では、収縮量が大きいものに対して、基盤の高まりの部分では小さくなる。すなわち、溶結後の堆積面の起伏には、基盤地形の起伏が反映されることになる。

同様な例として、もともと全体として盆地状の土地に火砕流が堆積したとする。この場合、まず、大局的な盆地地形に対応して、全体としてなだらかで縁辺部にやや高く中央部に低い、浅い皿状の原地形が生じると思われる。これに溶結作用が加わるとすれば、収縮

に伴う堆積面高度の低下量は、堆積物が厚い盆地中央部ほど大きくなるであろう。すなわち、溶結後には当初よりもより深い皿状の地形が生じることになる。このような場合には、盆地中央部に湖が生じることも考えられる。宮崎県の都城盆地では、入戸火砕流が堆積して実際にこのようなことが起こったと筆者は考えている。

このように、基盤地形の起伏は、溶結作用に及ぼす影響を通して、堆積地形に反映されることがある。

本稿では、特に大型火砕流堆積物の堆積地形について述べ、侵食地形については触れなかった。侵食地形の特性並びに問題点については、稿を改めて述べることにする。

引用文献

- 小野晃司・渡辺一徳(1983): 阿蘇カルデラ。月刊地球, Vol. 5, PP. 73~82
 横山勝三(1970): 始良カルデラ北方の入戸火砕流堆積物とその地形。地理評, Vol. 43, PP. 464~482.
 横山勝三(1972): 始良カルデラ入戸火砕流の流動・堆積機構。東京教育大地理学研究報告, Vol. XVI, PP. 127~167.