

# 鹿児島県下における火砕流堆積物の堆積様式の一考察

著者	大木 公彦, 早坂 祥三
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	5-6
ページ	7-17
別言語のタイトル	Note on a Peculiar Mode of Occurrence of the Pyroclastic Flow Deposits in Kagoshima Prefecture, South Kyushu, Japan
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00009948">http://hdl.handle.net/10232/00009948</a>



## 鹿児島県下における火砕流堆積物の堆積様式の一考察

大木 公彦 ・ 早坂 祥三

(1973年9月30日受理)

Note on a Peculiar Mode of Occurrence of the Pyroclastic Flow Deposits  
in Kagoshima Prefecture, South Kyushu, Japan

Kimihiko OKI and Shozo HAYASAKA

### Abstract

A peculiar mode of occurrence of the pyroclastic flow deposits derived from the Pleistocene Aira caldera, Kagoshima Prefecture is described and discussed genetically. It is quite often observed that the pyroclastic flow deposits of several different ages show the valley-in-valley type accumulation of which position coincides with the valley topography of the erosion surface of the basement rocks. The pyroclastic flow deposits covering the original topography (relief) of the former land surface may be welded in the thickened parts of valley-filling more strongly than in the other parts. These parts of the pyroclastic flow deposits must be compacted through the process of welding resulting in the partial sinking of the depositional surface. It may cause the initial development of river system on the surface of newly deposited pyroclastic flow deposits. The peculiar feature of the pyroclastic flow deposits here described may be resulted from the repetition of the above-stated processes during the long-range activities of caldera.

If it is the case, we can roughly recognize the relief of the bed rock surface through the careful observation on the surface topography of the area thickly covered with the pyroclastic flow deposits. This may be helpful for the geological study on the basement rocks in the Kagoshima Prefecture mostly covered with the thick pyroclastic flow sequence.

### I. ま え が き

鹿児島県下にはかなりの数にのぼる火砕流堆積物の存在が、これまで多くの研究者によって報告されている。筆者等は現在鹿児島県地域の地史学的調査研究を継続中であるが、とくに、一連の火砕流堆積物の堆積史を把握する際には、しばしば、水中堆積物の場合とは異なる多くの問題に遭遇する。たとえば、十三塚原地域の地質調査(露木他, 1970)に際し、火砕流堆積物の発達状態に関して得られた筆者等の見解は、それまでのもの(太田, 1967)とはかなり異なったものとならざるを得なかった。しかも、その成因については適確な答を得るには至らなかった。今回、鹿児島県薩摩郡志布志町の南東海岸を調査した結果、その地域に分布する火砕流堆積物の堆積様式には、旧地形と現地形との関連において極めて特徴的な事実が認められた。他地域においてこれまで得られている類似の現象とともに、ここではその成因に関する考察を



行なった。なお、今回の志布志町地域における調査で、海成第四紀層が新たに発見され、夏井層と命名したことをあわせ報告する。

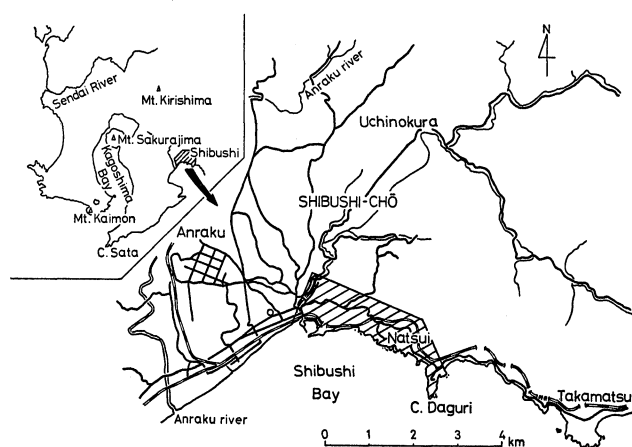
この研究に際して、鹿児島大学理学部地学教室露木利貞教授、大塚裕之助教授、山本温彦氏には、有益な討論と御助力をいただいた。

ここに深く感謝の意を表する。

## II. 各地における火砕流堆積物の発達様式の実例

### 1. 志布志地域

今回精査を行なった志布志地域には、海岸沿いの好露出が多く、火砕流堆積物の発達様式を検討する為には最適である。野外調査の結果、層序に関する新知見を得たので、その概略をあわせて記載する。



Text-fig. 1 調査地域図 (Index map of the area studied).

#### a. 地形および地質

本地域は、古第三紀日南層群からなる北東部の急峻な山塊部と、志布志湾に面した広大な台地部とに大きく二分される。台地部は、主に非熔結火砕流堆積物で構成され、始良カルデラの東壁に位置する始良郡福平町牧之原付近から東方へ広がる一連の、いわゆるシラス台地の縁辺部に相当する。牧之原より志布志へ至る台地は、南東方向へ緩やかにその高度を減じる。その海拔高度は、牧之原付近では 400 m 以上であるが、志布志付近では 40 m 以下にまで低下する。調査地域内についても、この傾向が明らかに認められ、海拔高度 50~60 m の北西部から海拔 35 m 内外の夏井西方 500 m 付近まで、東~南東方向へ徐々に高度が低下している (Text-fig. 2)。夏井付近およびその北東地域では、入戸火砕流が台地上部を構成しており、牧之原地域にくらべてその発達高度が著しく低下していることは明らかであるが、そこでは下位の地層群 (日南層群、夏井層、夏井火砕流) の侵食地形の高まりにさえぎられ、オーバーラップした状態で被っているため、再び高度を増す。この事実は、入戸火砕流が北西方向に存在する始良カルデラを源とするという見解\*)に調和する。

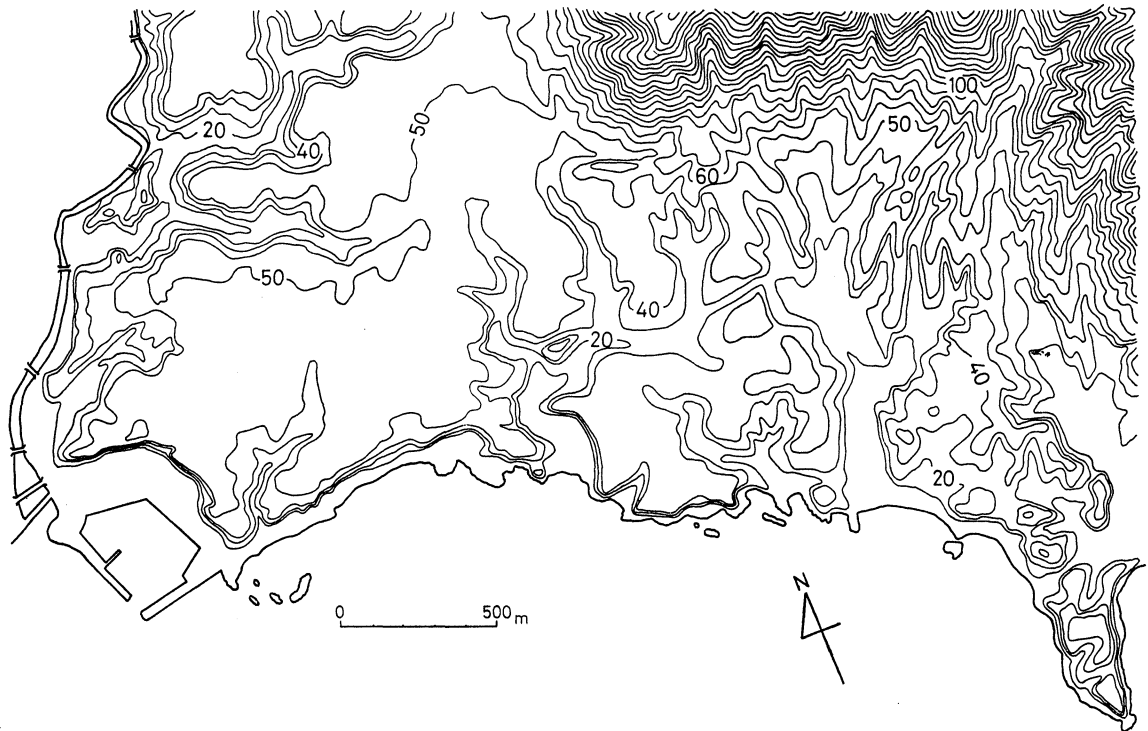
本地域で認められた層序は Table 1 の通りであるが、以下、順を追ってその概略を述べる。

#### a-1) 日南層群

本地域の基盤岩は、宮崎県北部から九州本土の最南端佐多岬地域へかけて広く発達する日南

\*) 沢村孝之助 (1956)





Text-fig. 2 調査地域の地形図 (Contour map of the area studied; interval of the contour is 10 m).

Table 1. 志布志町南東部における地質層序 (Stratigraphic sequence in the southeastern part of Shibushi-chō).

Age		Formation Name	Thick- ness (m)	Lithology
Quaternary	Holocene	Younger Volcanic Ash Bed (新期火山灰層)	5	brown, yellowish brown and black colored volcanic ash beds
		Ito Pyroclastic Flow (入戸火砕流)	15-30	pale orange-light grey pumice-tuff
	Pleistocene		5	pumice fall bed
		Natsui Formation (夏井層)	7	rounded pebble-boulder gravel
			35	tuffite, tuffaceous silt, silty sand
Tertiary		Nichinan Group (日南層群)	300+	sandstone, shale, alternation of sandstone and shale (thin beds)

層群に属し、本地域東部に主として分布する。主に砂岩・頁岩の細互層から成るが、一部に厚さ約 5 m の砂岩単層および 10 m 以上の頁岩の単層が挟在する。ダグリ岬周辺では多くの slumping structure が発達し、極めて複雑な構造を示している。走向は概ね N20°W 内外であるが、ダグリ岬の西海岸には、grading, flute cast, sole mark 等の堆積構造および Lebensspuren



等の観察から、逆転構造の存在が認められる。本層は、夏井層、夏井火砕流に不整合関係で被われる。

#### a-2) 夏井層 (新称)

今回の調査の結果、夏井砂礫層 (太田・木野, 1965) の下位に、貝や植物の化石を含むシルト層の存在が明らかになった。本層は、夏井から志布志へ至る海岸、夏井の西隣の沢および国道 220 号線沿いなどに点在する。筆者等は、模式地を国鉄夏井駅の西方約 700 m の海岸とし、夏井層と命名する (Pl. 3, fig. 8)。模式地では茶褐色凝灰質シルト層から礫層へ移化する層序が観察され、凝灰質シルト層は層厚約 6 m で、*Cerithidea* (*Cerithideopsis*) cf. *djadjariensis* (K. MARTIN) の他、極めて保存状態の悪い 2~3 種類の貝化石、*Pinus* sp., *Fagus* sp. の葉の化石、および *Pinus densiflora* S. et Z. の実の化石などを産出する。礫層は直径 10 cm 内外の円礫よりなり、礫質はすべて日南層群に由来する砂岩・頁岩である。

本層は日南層群を不整合に被い、夏井火砕流、入戸火砕流に不整合関係で被われる。

#### a-3) 夏井火砕流

この火砕流は、層序的に、太田・木野 (1965) の夏井軽石流、宮地 (1971) の阿多火砕流に相当する。本論では夏井火砕流と呼ぶ。

下限は不明であるが、層厚は約 20 m と推定される。志布志港の東方約 200 m 付近の海岸より、ダグリ岬へ至る海岸線や、内陸へ延びる谷沿いに点在し、また、夏井西方の台地の下部を構成している。本岩は特徴的な黒色を呈する熔結度の低い均質な凝灰岩で、最上部付近は、風化のため、黄~赤褐色を呈する場合が多い。熔結部は主として海岸付近に発達し、上方、あるいは側方へ向って非熔結部に漸移する。鏡下において、大部分を占める玻璃質の石基には、不明瞭な流状構造が認められ、斑晶としては、斜長石と、僅かながら紫蘇輝石、普通輝石などが点在する。本火砕流は日南層群、夏井層を不整合に被い、入戸火砕流の最下部に位置する降下軽石層に不整合関係で被われている。

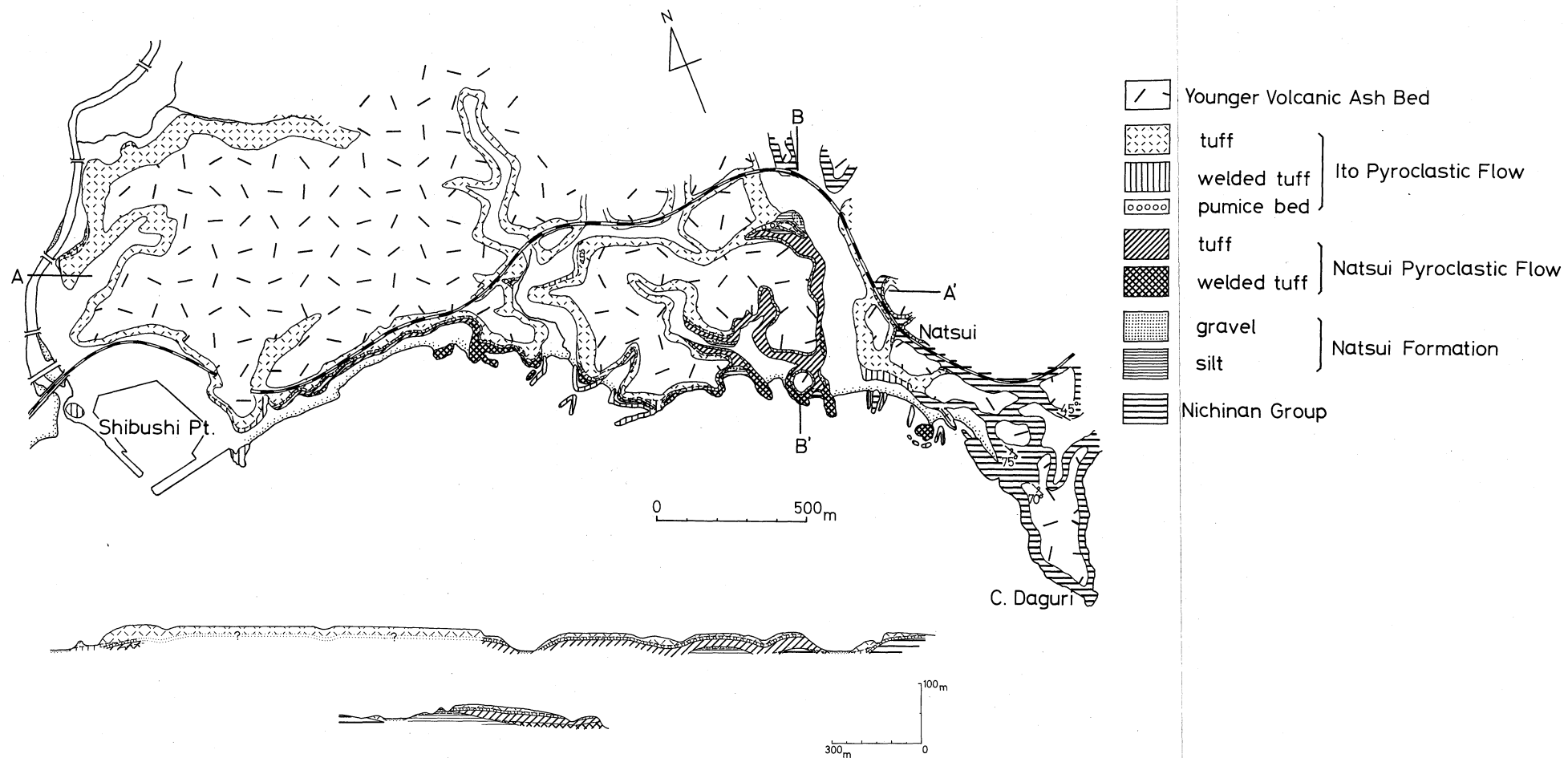
#### a-4) 入戸火砕流

太田・木野 (1965) の大隅軽石流、宮地 (1971) の“シラス”、および横山 (1972) の入戸火砕流に相当する。横山 (1972) は、野外における追跡調査の結果から、太田・木野 (1965) の大隅軽石流が、入戸火砕流であることを確かめているので、本論文では入戸火砕流の名称を用いる。最大層厚は約 35 m で、日南層群の分布している本地域東部を除いて、ほぼ全域にわたって分布する。本火砕流は最下部に最大層厚 5 m の降下軽石層を伴う。降下軽石層は、軽石粒の大きさによって上下に二分される。下部は、全域を通じて厚さ 40~50 cm、軽石の粒径は平均 1 cm 程度で淘汰が良い。上部は、幾分厚さが変化し、軽石粒の大きさは平均 5 cm、最大径 10 cm で淘汰が比較的悪い。この軽石層を整合的に被って、やゝ赤味を帯びた灰白色の軽石凝灰角礫岩が厚く堆積しているが、一般に下部から上部へと漸次、軽石の量が多くなり、その粒径も増大する傾向を持っている (Pl. 3, fig. 7)。最上部付近には火山豆石の密集部が認められ、かなり広範囲にわたって追跡することができる。熔結部は本火砕流堆積以前の旧地形の谷部にのみ発達している。この点については次項で詳述する。鏡下において、石基は玻璃質であり、斑晶の大半は斜長石から成り、まれに紫蘇輝石、石英が認められる。夏井火砕流以下の地層を不整合に被い、全地域を通じ、新期火山灰層に被われる。

#### a-5) 新期火山灰層

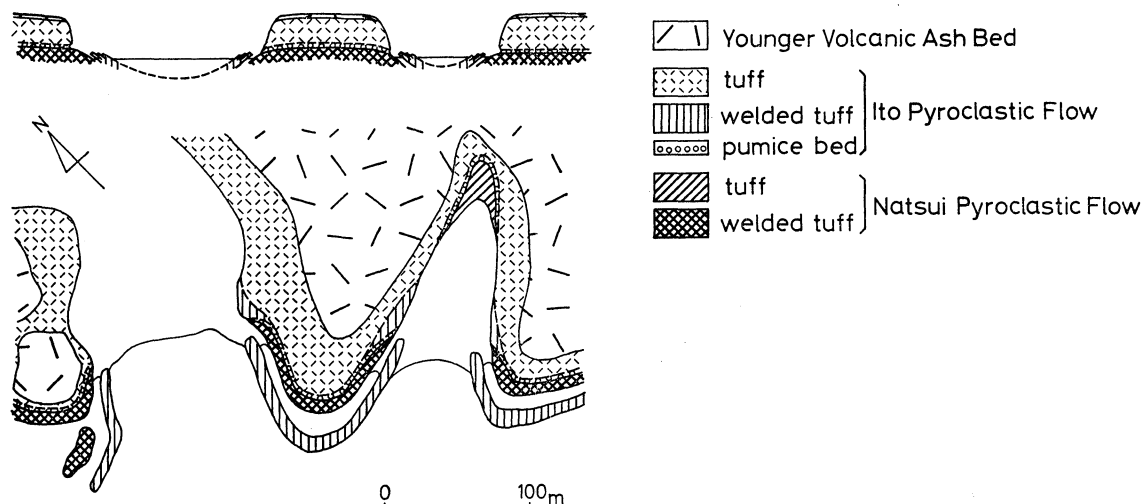
太田・木野 (1965) の新期ローム層、黒色火山灰層に相当する。層厚は約 5 m で、全域にわ





Text-fig. 3 志布志町南東部の地質図および地質断面図 (Geological map and geological profile sections of the southeastern part of Shibushi-chō).





Text-fig. 4 夏井西方海岸における地質図と側面図 (Geological map and composite profile along the coast, west of Natsui).

たり下位の地層群を被って分布している。岩相上、6枚の火山灰単層が識別でき、その色は褐色、黄褐色、および黒色などである。単層の厚さは、20 cm 前後から1 m 余りのものまであり、互に明瞭な境界をもって積成している。

#### b. 火砕流の存在様式について

志布志港からダグリ岬へ至る海岸地域には、Text-figs. 3, 4 に示されるような、一見、不規則な海岸地形が認められる。この地形は日南層群、夏井火砕流の海への突出部を、入戸火砕流の熔結部が带状に取囲む様に分布していることによって生じた差別侵食の結果と判断される。

また、入戸火砕流の最下部には、侵食に対して抵抗の弱い降下軽石が存在し、海水準付近では、それが波食によって削剝し去られているため、基盤岩と入戸火砕流との間に深い溝が出来ている (Pl. 2, figs. 1~3; Pl. 3, figs. 1~5)。入戸火砕流の熔結部には、板状節理の発達が著しく、その節理面は、入戸火砕流堆積以前の旧地形にはほぼ平行で、基盤岩である日南層群や夏井火砕流の高まりの外方へ突込むような傾斜を示している (Pl. 2, figs. 1, 2; Pl. 3, figs. 1, 2, 4)。Text-fig. 4 に示したように、夏井海岸では、入戸火砕流の熔結部は海面下に広く発達するが、陸域では、海水準より約3 m の高さのところまでに限られ、それより高い部分では非熔結部に移化している。この事実は、入戸火砕流が、その堆積以前の旧地形谷部においてのみ熔結作用を起したことを物語っている。ここで注目すべきことは、入戸火砕流堆積以前の旧地形谷部には、侵食に対する抵抗の強い入戸火砕流の熔結部が存在しているにもかかわらず、ほぼ同位置に、入戸火砕流堆積後の侵食谷が刻まれていることである。一方、内陸部に発達する現在の谷の両壁には、多くの場合、入戸火砕流の非熔結部のみが露出し、場所によっては、高さ約30 m の垂直に近い崖を形成している。野外調査の結果、Text-fig. 3 に示したように、下位の夏井火砕流の分布高度が、谷壁から両岸の台地部へ向って高まっているという事実が確認された。このことから、谷壁で見られる入戸火砕流の異常な厚さは、旧地形谷部を埋めた火砕流堆積物の厚さを意味するわけで、きわめて局所的なものであり、台地部を構成している入戸火砕流の厚さが、はるかに薄いものであるという事実と対応している。以上のことから、内陸部でも海岸部におけると同様、入戸火砕流分布地域における現在の谷地形は、火砕流堆積以前



の谷地形に沿って発達していることが理解できる。

## 2. 鹿児島県下他地域における火砕流堆積物の存在様式について

鹿児島県始良郡隼人町十三塚原も火砕流堆積物で構成される台地の一つで、地質については、既に報告済みであるが(露木他, 1970), そこでも火砕流堆積物の存在様式について興味ある事実が知られている (Text-fig. 6)。

この台地の南部に東北東から西南西方向へ延びる西光寺の谷で、高さ 100 m に達するシラスの崖の中腹に熔結凝灰岩が断続して露出しているが、この現象を太田 (1967) は、岩戸火砕流\*) の非熔結部、入戸火砕流の熔結部とその非熔結部の二次堆積物の単純な重なりで説明した。しかし、太田 (1967) の言う入戸火砕流の熔結部が露出していない部分では、岩戸火砕流の非熔結部と入戸火砕流の二次堆積物との境界が見当らないことや、太田が岩戸火砕流とした部分は、岩相上、入戸火砕流の模式地における非熔結部に一致すること等から、筆者等 (露木他, 1970) は、太田 (1967) とは異なった見解をもつに至った (Text-fig. 5, 9-9', 10-10')。十三塚原における観察と前後して、鹿児島県下の二、三の地域において、同様な火砕流の堆積状況の存在が知られてきた。ここでは、それらについて、地域毎に説明する。

### a) 十三塚原南部地域 (Text-fig. 5, 8-8'~10-10')

十三塚原は、鹿児島県始良郡加治木町、隼人町、溝辺町の三つの町にまたがって発達する、やや南北にのびた台地である。台地の中央から、いくぶん南寄りの位置に、東から天降川の支流である西光寺川が、西から日木山川が谷地形を刻み込んでいる。これら二つの川の方角は、ほぼ一直線上にのり、この線より北側の台地面は北から南へ、南側では逆に南から北へ緩く傾斜している。また、台地を構成する火砕流堆積物の基盤をなす国分層\*\*) の侵食面の起伏にも、この線を境にして北側と南側に同様の傾向がみとめられる (Text-fig. 7)。このような基盤表面の起伏にみられる東西方向の谷地形の成因は、まだ明らかではないが、隼人町付近に N50° E ないし東西方向の、国分層をきる断層が集中的に発達していることや、これらの谷に分布する国分層の一部が、直立している事実などは、構造運動との関連を強く暗示している。西光寺において、国分層を不整合に被う地久里火砕流\*\*\*)) についてみると、国分層上面に発達する谷地形の中央へ向って厚さが増大し、高度が低下していることが認められる (Text-fig. 5, 9-9', 10-10')。この場合も、基盤岩 (国分層) 上面の谷地形と、その直上にのる地久里火砕流の堆積後、侵食によって生じた谷地形とが重複している。さらに、地久里火砕流堆積後の谷地形を埋めた入戸火砕流にも、同様の現象が認められる。入戸火砕流を侵食して発達する谷では、所によって入戸火砕流堆積前の旧谷地形の壁にまで開析が進み、その結果、入戸火砕流の露出する崖の中腹に地久里火砕流 (熔結凝灰岩) が露出するに至っている。日木山川の谷では、入戸火砕流堆積前の侵食により、地久里火砕流はかなり後退し、谷の両壁には基盤岩 (国分層) が露出した。この幅の広い谷を入戸火砕流が埋め、その後の侵食により、旧谷地形にくらべてかなり幅の狭い谷が、現在の日木山川の位置に刻まれている。

### b) 鹿児島市北部地域 (Text-fig. 5, 11-11'~17-17')

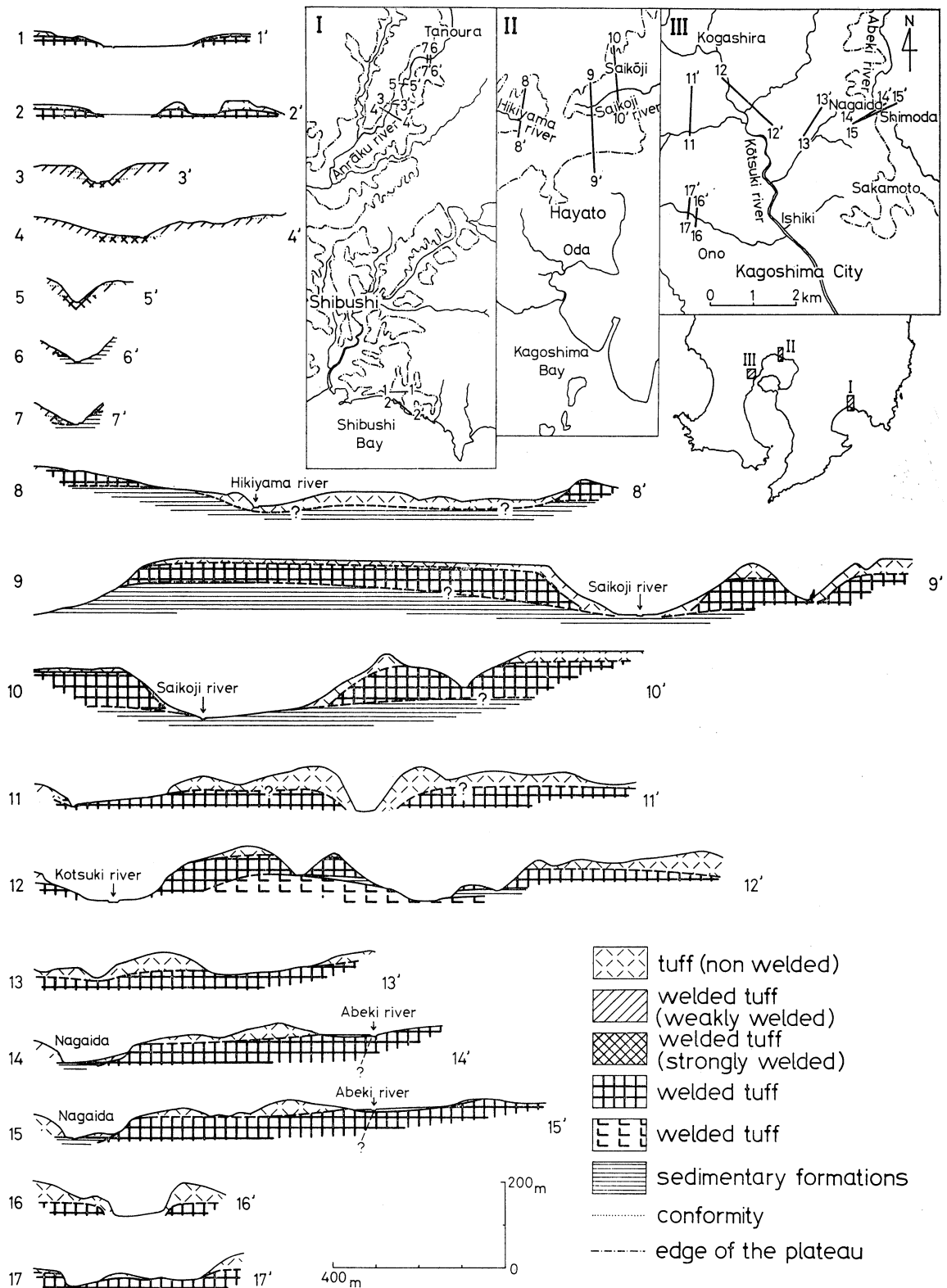
同様の堆積様式を示す地形地質は、鹿児島市北部の河頭、花野、下田、小野などにおいて見られる。河頭 (Text-fig. 6, 11-11') では、基盤となる熔結凝灰岩が両隣の沢に分布しているに

\*) 沢村孝之助 (1956)

\*\*) 伊田一善他 (1950)

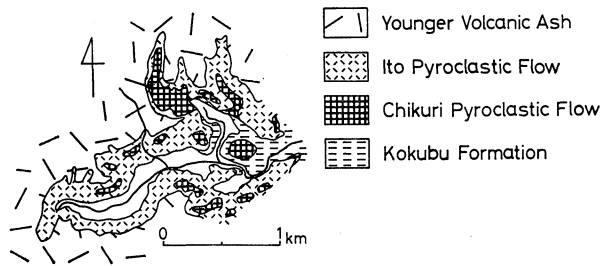
\*\*\*)) 露木他 (1970)



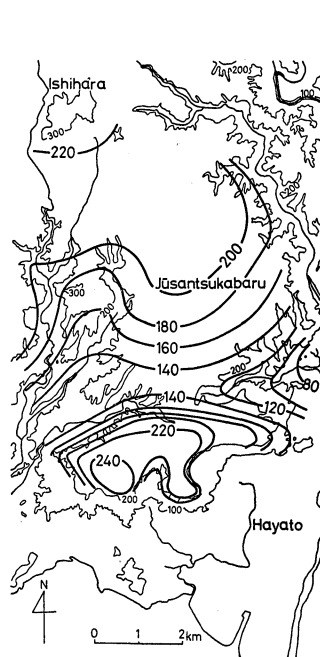


Text-fig. 5 火砕流堆積物の分布する地域に発達する谷の地質断面図 (Geological cross sections of the areas covered with the pyroclastic flow deposits).

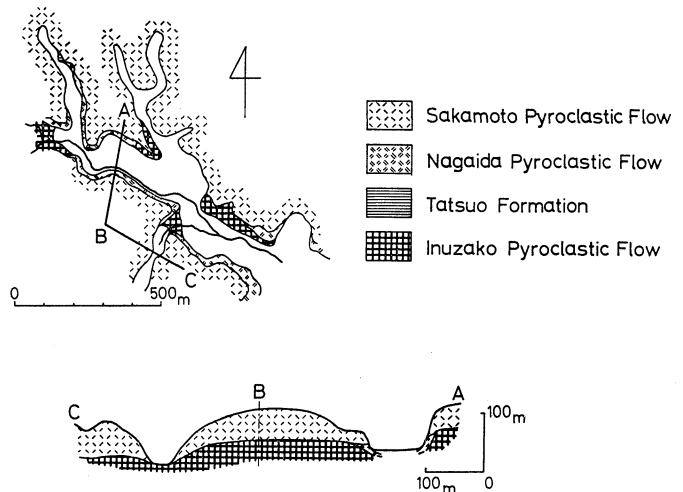




Text-fig. 6 隼人町西光寺地域の地質図 (Geological map of the Saikoji area, Hayato-chō).



Text-fig. 7 国分層侵食面の起伏を示す等高線図 (Contour map showing the relief of the erosion surface of the Kokubu Formation; interval of the contour is 20 m).



Text-fig. 8 鹿児島市小野町地域の地質図と断面図 (Geological map and geological section of the Ono-chō area, Kago-shima City).

もかわらず、中央部の深い谷の両壁には坂元軽石流<sup>\*)</sup>(=入戸火砕流)のみが露出し、下位の熔結凝灰岩はまったく露出していない。また、Text-fig. 5, 11-11'に示されているように、現地形の高度は、この谷の両側で最も高く、谷から遠ざかるにつれ、次第に低くなっているが、その成因については、今後の検討にまたなければならない。吉野台地の西側縁辺部に位置する下田では、台地の西縁と平行に楠木川の谷が延びている (Text-fig. 5, 14-14', 15-15')。この川は、地形から容易に判断されるように、台地の西縁に滝を作って西方の沖積平野へ落ち込むのが最も自然のように思われるが、それにもかかわらず、かなり高い (200 m~100 m) 台地上を南~南東方向へ流れている。これは、坂元火砕流堆積前に、吉野台地の西側縁辺部 (楠木川と長井田の谷との間の地域) が、相対的に落ち込むような断層が楠木川の谷沿いに生じ、その後の河川の流路を規制したためと考えられる。このような断層の存在は、楠木川の谷の東岸には、主に熔結凝灰岩 (吉野軽石流<sup>\*\*)</sup>) が分布するのに対して、西岸には坂元火砕流のみが分布していることや、この地域で行なわれたボーリング資料にみられるように、熔結凝灰岩の下位に厚く発達する堆積岩層中には、著しいスリッケンサイドの発達する所があること等によって推定されるが、決

\*) 大木・早坂 (1970)

\*\*) 太田他 (1967)



定的なことは、今後の調査結果に待たなければならない。小野では、Text-fig. 5, 16-16', 17-17', Text-fig. 8 に示したように、現在の谷地形と旧地形の谷との重複関係が、極めて良くあらわれている。

c) 安楽川流域 (Text-fig. 5, 3-3'~7-7')

安楽川は、宮崎県都城市尾平野付近を源として、志布志湾へ注ぐ川である。Text-fig. 5では、入戸火砕流と下位の基盤岩との関係は良く示されていないが、基盤岩(日南層群)の旧地形を埋めて火砕流が堆積し、その後の侵食により、旧谷地形とほぼ同位置に現在の谷が発達している。志布志町田之浦の北方約 5 km 付近で安楽川と分れる鍋谷川では、安楽川との分岐点付近で川底および谷の側面に分布する熔結凝灰岩が、川を溯るにつれ、基盤岩の露出する谷の側壁に、わずかに侵食から取り残された形で点在する。さらに上流では、熔結凝灰岩はまったく認められなくなる。

### III 考 察

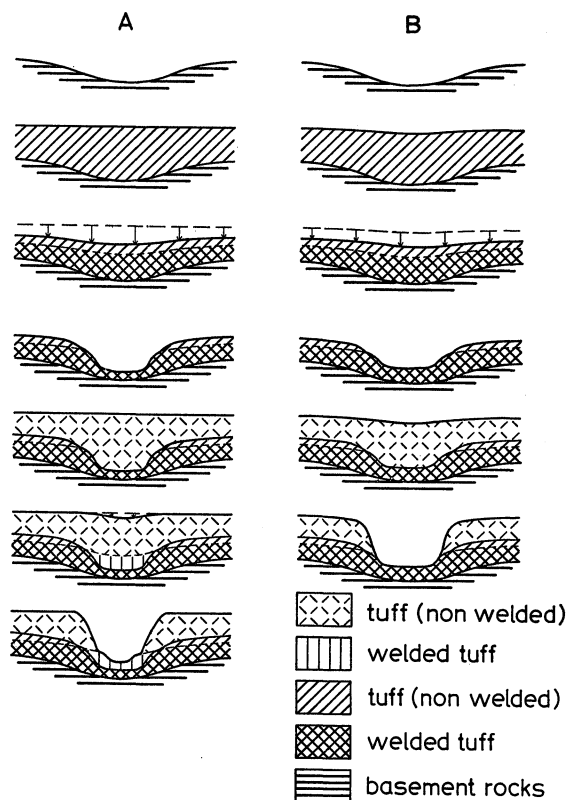
前章には、火砕流堆積物の分布している地域では、基盤岩表面にみられる谷地形と現在の谷地形とが、ほぼ同位置に発達しているという、いくつかの具体例を述べてきた。ここでは、そのような発達様式の成因について若干の考察を試みる。Ross and SMITH(1961)によれば、火砕流\*)の堆積面は、一般に平坦か、あるいは極めて緩い傾斜を持つ傾向があり、また、火砕流が起伏のはげしい原地形上に流出した場合には、障害物の周囲あるいは谷地形に沿って流れるという。

さらに SMITH(1960)、横山(1970)は、火砕流が熔結した場合、堆積物自体に著しい圧密収縮が行なわれると考えた。また、横山は、入戸火砕流の熔結作用に伴なう地形変化について、火砕流堆積物の乾燥密度の測定から詳細な検討を行なっている。彼によると、非熔結部には、ほとんど圧密収縮が認められないのに対し、熔結部にはかなりの圧密収縮を生じているという。例えば、国分市と牧園町の境界付近の小鹿野では、熔結前の全層厚約 160 m の火砕流に、厚さ約 45 m の熔結部が形成され、その部分の圧密収縮によって、約 27 m の堆積面の低下をもたらした。この低下量は、熔結前の全層厚の約 17% に相当すると述べている。そこで、火砕流の堆積面が旧地形の起伏を埋めつくし、ほとんど平坦に形成され、熔結部のみが圧密収縮したと仮定する(Text-fig. 10, A)。堆積直後、火砕流堆積物の下部に熔結作用が生じた場合、堆積の場所に関係なく火砕流堆積物が垂直方向に一定の割合だけ圧密収縮したとすると、火砕流堆積物の堆積面には、旧地形の起伏に極めて類似した起伏を生ずるに違いない。その結果、火砕流堆積前の旧地形の谷とほぼ同じ位置に凹部を生じ、そこには再び谷が刻まれることになる。さらに、この侵食地形を別の火砕流が被い、その堆積以前の地形の谷部とその周辺にのみ熔結作用が行なわれたとする\*\*)。その場合、旧地形の谷部を中心に圧密収縮を生ずるため、新しい火砕流の堆積面の高度は、その部分で低下するであろう。その結果、火砕流堆積物の堆積前に存在した谷とほぼ同位置に、再び谷地形が発達することになる。志布志地域(Text-fig. 4)安楽川流域(Text-fig. 5, 3-3'~7-7')などで見られた火砕流堆積物の特異な存在様式は、以上のような経過を示すものとして理解することができる。しかしながら、筆者等の野外調査資料

\*) 彼等は Ash Flows と呼んでいる。

\*\*) 谷地形を埋めつくし、その地域全体を火砕流堆積物が被った場合、谷部では、他の部分に比較して層厚が大きいので、より高圧となり、熱の放出が行なわれにくく、熔結作用が著しく進行する。





Text-fig. 9 火砕流の堆積様式と地形の関係  
模式図 (Schematic profiles showing the  
relation between the sedimentary  
features of the pyroclastic flow depo-  
sits and the original topography).

には、必ずしも熔結作用を伴わずに、上述のものと同様な関係を示す例がいくつか知られている。Text-fig. 5, 1-1', 2-2', 8-8'~17-17' に示したものがその例であるが、そこでは旧地形と現地形の谷が同位置に存在しているにもかかわらず、旧地形の侵食による起伏を被った火砕流が、その谷部においても熔結作用を生じていない。この様な野外での実例を説明するためには、Text-fig. 9, B に示すように、一見「非熔結」と考えられる火砕流堆積物といえども、他に比べて層厚が大となる旧地形谷部においては、ある程度の圧密収縮がおり、相対的な堆積面の低下をきたすものと考えなければならない。

以上、野外観察を通し、火砕流堆積物にみられる特異な存在様式について、その生成過程を推論したが、火砕流の流動・堆積などメカニズムを考察するには、さらに火砕流自体の物理的・化学的性質に関する配慮が不可欠である。今後、さらに多くの種類の堆積様式について調査を進めると同時に、上記の点について考察を深めていきたいと考えている。

#### IV あとがき

鹿児島県は、ほぼ全域がシラスに厚く被われており、基盤岩類の地質調査・構造解析等が極めて困難な地域である。ここでとり扱った現象は、その生成過程に関する推論が正しいとするならば、火砕流堆積物で構成されている地域に見られる現地形や、火砕流堆積以前の旧地形の状況などから、基盤岩侵食面の起伏を、ある程度類推することができるという点で、今後の調査に一つの有力な手掛りを与えるものと考えられる。

#### 参考文献

荒牧重雄 (1969): 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物。地質学雑誌, Vol. 75, No. 8, p. 425~442.



- 早坂祥三・大木公彦 (1971): 鹿児島市地域のボーリング資料にもとづく地質学的考察. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), No. 4, p. 15~29.
- 伊田一善 (1950): 鹿児島県敷根天然ガス地質調査報告. 地質調査所月報, Vol. 1, No. 2, p. 9~14.
- Miyachi, M. (1971): Geological and Petrological Studies of the "Shirasu" in Southern Kyushu, Japan. *Rep. Earth Sci., Dept. General Edu., Kyushu Univ.*, Vol. 16, p. 7-37.
- 大木公彦・早坂祥三 (1970): 鹿児島市北部地域における第四系の層序. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), No. 3, p. 67~92.
- 太田良平 (1967): "加治木地域の地質" 地域地質研究報告および同 5 万分の 1 地質図幅. 地質調査所.
- ・木野義人 (1965): "志布志" 5 万分の 1 地質図幅および同説明書. 地質調査所.
- Ross, C. S. and R. L. Smith (1961): Ash flow tuffs: their origin, geologic relations and identification, *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 366.
- 沢村孝之助 (1956): "国分" 5 万分の 1 地質図幅および同説明書. 地質調査所.
- Smith, R. L. (1960): Ash flows, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 71, p. 825-826.
- 露木利貞, 早坂祥三, 前野昌徳, 大木公彦, 棚倉克幹 (1970): 鹿児島県十三塚原地域の地質. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), No. 3, p. 93-104.
- 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. 地理学評論, Vol. 43, No. 8.
- (1972): 始良カルデラ入戸火砕流の流動・堆積機構. 東京教育大学理学部地理学教室, 地理学研究報告 XVI, p. 127-167.



Explanation of Plate 2

Figs. 1-3. 夏井火砕流の岩体を取り囲むように分布する入戸火砕流の熔結部と入戸火砕流の最下部にある降下軽石の海食された跡にみられる溝。







### Explanation of Plate 3

- Figs. 1-3. 夏井火砕流を不整合に被う入戸火砕流の熔結部と入戸火砕流の最下部に分布する降下軽石の海食されて出きた空洞.
- Fig. 4. 夏井火砕流の岩体を取り囲む入戸火砕流の熔結部と入戸火砕流の最下部にある降下軽石の海食された跡にみられる溝.
- Fig. 5. 日南層群を取り囲む入戸火砕流の熔結部.
- Fig. 6. 夏井火砕流堆積後の旧地形の谷壁を被う入戸火砕流の降下軽石. 旧地形の傾斜が急なため, すべりを起している.
- Fig. 7. 入戸火砕流.
- Fig. 8. 夏井層 (凝灰質シルト層および礫層).



