

山形および米沢盆地における後期中新世噴火活動*

——とくに陥没をともなう噴火活動について——

田宮良一**・山形新生代研究グループ***

I ま え が き

グリーンタフ変動を解明することは、日本列島の地質構造発達史を編む重要な手がかりであるため、近年、全国的に活発な研究がすすめられており、おおきな成果がよせられている。また、グリーンタフをもたらした噴火活動は、黒鉱など本邦における有用な鉱床を形成させているので、鉱山地質学の面からも研究がおこなわれている。

筆者らは、グリーンタフ変動を論じるには、まず当時の火山現象を十分に認識することが必要であり、そのためには、当該火山噴出物の露頭を詳細に観察し、その生成過程を推察することが第一歩であると考えてきた。

筆者らのフィールドである山形盆地から、米沢盆地にかけての地域は、奥羽脊梁山脈の西側につらなっている凹地列—内陸盆地列のやや南よりの地域に位置し、グリーンタフがひろく分布している。とくに、中期と後期中新世の二時期における流紋岩ないし石英安山岩質（以下酸性と称する）の噴火活動によって噴出された火山噴出物が優勢であり、それらを観察する好フィールドにあたっている。

しかし、グリーンタフをもたらした噴火活動は、第四紀における本邦の火山を形成した噴火活動にくらべ現象的にも多彩であり、しかも堆積後における変質、変形、侵食、被覆、埋没などの作用をこうむることがおおく、野外調査を困難にさせている。

本稿では、比較的岩質が新鮮である上部中新統のなかの火砕堆積物について、おもに、野外観察からアプローチをおこなった生成機構について若干論述する。

II 火山噴出物の野外観察

火山噴出物、とくに火砕堆積物は、明瞭な堆積構造を示さず、しかもきわめて局部的に岩相・層厚が変化しやすく、しばしば変質や鉱化作用をこうむっていることがおおく、水平的のみでなく、あるときは垂直的の区別すら困難にしている。なかでも、溶結している場合には、ガラスとなった軽石を火山岩の流理構造にみまちがえるこ

ともある。

火山岩についても、貫入岩や陸上の溶岩流の場合には、比較的容易に火山岩と判定しやすいが、マグマが水中に噴出（もしくは流入）した水冷破碎溶岩流は、水による冷却とマグマの進行によって細かく破碎されており、火砕流堆積物に類似の岩相を呈しているところから、火山角礫岩や凝灰角礫岩および集塊岩に誤認されてきた例もおおい。

以上の事例が、従前の地質図上に、実際は溶岩流のすくない上部中新統～鮮新統に溶岩流がおおきく、実際は溶岩流のおおきく中部中新統に溶岩流がすくなく表現されている原因のひとつであろう。

火砕堆積物の名称については、わが国では久野(1954)によるものが一般に用いられているが、最近、松田・中村(1966・1970)は、火砕堆積物を生成機構ごとに分類し、それぞれを略号で表記することを提案している。たとえば、水中に噴出し、水底を通り、水底に定着した乱流堆積物は、WWW—T と表記することになる。

また、同時に松田・中村は、水中で生成された火砕流堆積物の特徴について論述している。

筆者らは、グループ発足以来、松田・中村の考えをおおきくとりいれて野外観察をすすめてきたが、肉眼的観察が唯一の手がかりである野外調査においては、個人差もおおきく、定性的・主観的になりやすく、以上のべてきたようなあやまりをしばしばおかしてきたため、筆者らのグループでは、第1表のような観察カードを作成し、代表的露頭でそれを用いることにより、なるべく個人差をなくし、すこしでも定量的・客観的なものにちかづける努力をおこなった。

厳密にいえば、現在分布している火山噴出物のそれぞれの噴火の中心まで推定しなければならないのであろう

* 日本地質学会第76回年会(1969年10月)および第77回年会(1970年10月)で一部を講演

** 山形県自然保護課

*** 本田康夫(大手開発部)・伊藤修(山形中央高)・柿崎正昭(新庄北高)・加藤啓(米沢東高)・北卓治(大手開発部)・名和時雄(天童商工高)・須藤新哉(北村山教育事務所)・鈴木雅宏(理科センター)・高橋静夫(長井高)・渡辺則道(錦トーマン)・山形理(山形大学教養部地学教室)・神保憲(山形県商工課)

が、実際は、部層としてとりあつかうていどの火山噴出物の生成機構を推測するにとどまっている。

第1表 火砕岩観察カード

火 砕 岩 観 察 カ ー ド		No.
19 年 月 日 時 場所		
スケッチ No.	写真 No.	野帳 No.
サンプル No.		
露頭 の 全 体 の 構 造	露頭の大きさ H: m, L: m	表面の状態
	全体の構造	
露頭 で と る み	全体の色	走向 傾斜
	ユニット数 ユニット判別理由	
個 々 の ユ ニ ツ ト で の 観 察 事 項	構 造	
	色 相	
	硬 さ	
	Grading	
	Sorting	
	軽 石	
	の 形 状	
	礫 (種別・円磨度・大きさ etc.)	
	最大10ヶの径	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 平均
	鉱 物 (種 別・大きさ)	
	matrix	
	mud ball	
	大 き さ	
	火山豆岩	
	Current mark	
変 質		
そ の 他		
観 結 果	岩 石 名	
	生 成 機 構	

III 新第三系の火山層序の概要

山形県中南部地域の新第三系の基盤岩は、足尾帯および阿武隈帯にふくまれ、NNW—SSEの方向性をおもにとっているが、新第三紀のグリーンタフ活動により、N—S方向に、東から脊稜地域、若松山—カプト山地域、出羽丘陵—越後山脈地域の三列に分断され、現在の基盤岩の分布は、おもにその三方向に沿って断続的にみられ、もっともひろく分布しているのは、西端の出羽丘陵—越後山脈地域においてであって、そのなかの朝日基盤は、山形および米沢盆地の西をかぎっている(第1図)。

構成岩石は、おもに花崗岩質岩石であるが、朝日基盤、桐森基盤、カプト山基盤および豪士山基盤の一部には、古生界の変成岩類および未変成の砂岩や泥岩が分布している。また、朝日基盤には、花崗岩質岩石の噴出相である変質火山岩類が分布している。

本地域のグリーンタフ活動は、台島期における基盤岩

の断裂に沿う安山岩質の割れ目噴火によってはじまる。

西黒沢期にはいと、沈降地域と浅基盤地域の海域が対立的に生じ、噴火活動は、おもに浅基盤地域を舞台としておこなわれることになるが、噴火様式は、中心噴火の様相がつよいように考えられる。

後期中新世にはいと、陥没をともなう噴火活動がおもにおこなわれた地域と、陥没をともなわずに噴火活動がおこなわれた地域が対立的に生じた。

III-1 西 男 鹿 階

本地域には、西男鹿階はまったく分布していないが、山形盆地の北隣の新庄盆地の脊稜地域には、安山岩質プロピライトおよび溶結火砕流堆積物などから構成される西男鹿階が、米沢盆地と日本海側の新潟油田地域北部との中間にある小国盆地北部には、溶結火砕流堆積物からなる西男鹿階がそれぞれ分布している。噴火活動は、陸上あるいは浅い海水(湖水)域でおこなわれたと考えられる。

III-2 台 島 階

本地域の台島階は、新第三系の最下部にあたり、ややひろく分布している。一般的に、下部の安山岩質火山噴出物と上部の砂岩・泥岩相に区別される。

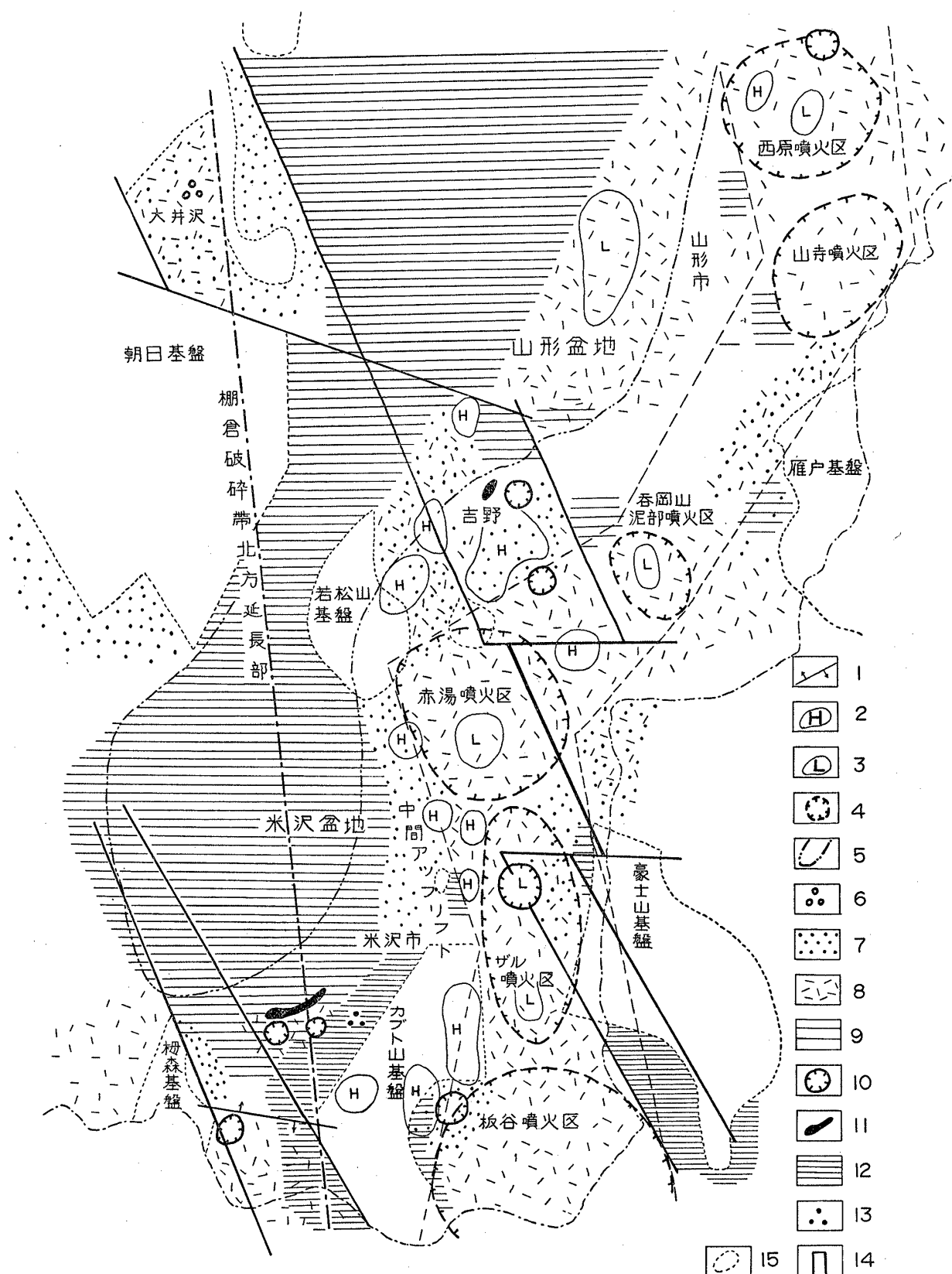
安山岩質の噴火活動は、NW—SEないしNNW—SSE方向にひらき、EW方向にとじた割れ目に沿って陸上ないし浅水域でおこなわれたと推定される。

岩相は、一般に黄緑色ないし帯紫灰色を呈すること、水成の碎屑物をはさまないこと、火砕流堆積物の淘汰が非常にわるいこと、溶岩流に水冷破碎構造がみられないことなどの特徴をもっているが、プロピライト化しているため生成機構の詳細は不明な点がおおい。なお、例外的に、米沢盆地東部の一部区域には、明瞭な安山岩質水冷破碎溶岩流が分布している。

上部の砂岩・泥岩相は、山形盆地では発達がわるく、米沢盆地一円にひろく分布している。下部から、礫岩ないし砂岩(アルコーズないし石英質)、砂岩・泥岩互層、泥岩の順に比較的整然としている。泥岩は、きわめて堅硬で、乾燥した場合も黒色を呈し、層理がよく発達しているのが特徴である。粒度からいえば、泥岩よりも砂岩といった方が妥当である。

III-3 西 黒 沢 階

西黒沢期には、本地域がもっとも広範に海域となった時代である。したがってここに分布している西黒沢階は、海底における酸性噴火活動によってもたらされた火



第1図 山形・米沢盆地の地質構造図

1: 梅森基盤, 2: 高重力異常地帯, 3: 低重力異常地帯, 4: 後期中新世噴火区, 5: 後期中新世(船川期)の海域, 6: *miogyopsina-Operculina* の産地, 7: 西黒沢期の浅基盤区, 8: 西黒沢期の噴火活動区, 9: 西黒沢期の泥岩堆積区, 10: 西黒沢期の噴火の中心(確認したもののみ), 11: 黒鉱鉱床, 12: 台島階の泥岩分布地, 13: 台島期 of 海棲化石産地, 14: 台島期 of 安山岩(プロピライト)噴火区, 15: 基盤岩分布地,

第2表 火山層序表

盆地 統・階	新庄盆地	山形			盆地			米沢			盆地			地		小国盆地	
		西部	北東部	東部	東部	東南部	西南部	北部	東部	東南部	西南部	西部	西部	北部	南部	北部	南部
鮮新統	礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	砂岩 酸性火砕岩				安山岩溶 岩流			酸性火砕 岩	酸性火砕 岩		礫岩・砂岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	礫岩・砂岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				
		礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	砂岩・泥岩 酸性火砕岩	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				安山岩質 火山噴出 物
上部中新統	礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	砂岩・泥岩 酸性火砕岩	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				安山岩質 火山噴出 物
		礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	砂岩・泥岩 酸性火砕岩	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				安山岩質 火山噴出 物
西黒沢階	上部 下部	礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	砂岩・泥岩 酸性火砕岩	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				安山岩質 火山噴出 物
		礫岩・砂岩・ 泥岩互層 酸性火砕岩を 伴う	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	酸性火砕 岩	溶結凝灰 岩	砂岩・泥岩 酸性火砕岩	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う	砂岩・礫岩 ・泥岩互層 酸性火砕岩 を伴う				安山岩質 火山噴出 物
台島階	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物				安山岩質 火山噴出 物
		安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物	安山岩質火山 噴出物				安山岩質 火山噴出 物
西男鹿階	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物				溶結凝灰 岩
		溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物	溶結凝灰岩・ 安山岩質火山 噴出物				溶結凝灰 岩
先第三系	花崗岩類	分布せず	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類

(注) 1. 火山噴出物には、溶岩流と火砕岩をふくむ。

2. 溶結凝灰岩は、特に環境をあらわすので火砕岩より独立させた。

3. 直線ないし波線間では厳密な上下の区別はない。

山噴出物と、沈降環境域に堆積した塊状泥岩によって特徴づけられている。しかも、火山噴出物と泥岩は、雑然と堆積しているのではなく、かなり明瞭に堆積の場をことにしている。

西黒沢期において、それらの堆積をもっともつよく規制したのは、脊稜地域のアップリフト—豪士山基盤と、出羽丘陵—越後山脈地域のアップリフト—朝日基盤のあいだにある中間アップリフトの存在である。中間アップリフトは、山形堆積盆地の西南限的な性格をもつ若松山基盤より、米沢盆地地下の高重力異常地帯を南下し、カプト山基盤へつながっており、その中間アップリフトの北側の吉野地区および東側地域は、基盤深度が比較的浅く、プラットフォーム的様相を呈している。西黒沢期の海底酸性噴火活動は、この比較的浅い海においておこなわれた。とくに吉野地区においては、噴火活動がはげしくおこなわれ、酸性の噴火活動が優勢でありながらも、安山岩および玄武岩の噴火活動もかなり活発であり、石英安山岩および安山岩の標本的な水冷破砕溶岩流が発達している。

山形盆地西部から米沢盆地西南部へかけての、吉野地区および中間アップリフトと朝日基盤の中間地域は、沈降環境を呈し、泥岩があつく堆積した。西黒沢階の泥岩の特徴は層理がほとんど発達せず塊状であり、乾燥すると灰白色を呈すること、石灰質であることなどであるが、山形盆地西部においては、層理がよく発達し、珪質でチャートのごとき岩相のところもみられる。

西黒沢期には、地域一円ひろく海となったとはいっても、海進、海退はかなり地域的に差別があった。すなわち、山形盆地西部の大井沢地区は、西黒沢期にはいってもしくは陸上にあり、酸性噴火活動が乾陸上でおこなわれ、溶結火砕流堆積物をもたらした。一方、台島期の後半には海であった米沢盆地南西部から会津盆地北東部にかけては、西黒沢期にはいると一時陸化し、非溶結ながら乾陸上において生成された火砕流堆積物が分布している。西黒沢期後半にはいると、米沢盆地東部のプラットフォーム地域が陸化し、酸性噴火活動は乾陸上において活発におこなわれ、その結果溶結火砕流堆積物がひろく分布している。

III-4 上部中新統

後期中新世にはいると、本地域の海は、西方に移動し縮小され、第2図に示した範囲となった。末期になると、山形盆地と米沢盆地の水域は分離され、米沢盆地西部は、亜炭田を形成させた湖盆となった。山形盆地の西部は、鮮新世の後半に湖盆となった。

酸性噴火活動は、中期中新世にひきつづき活発におこなわれていたが、地域東部の陸化した地域—かつてのプラットフォーム地域は、火山性の陥没地帯となり、諸所にふかい陥没区域を生じ、そこで酸性噴火活動がおこなわれた。

一方、おそくまで海または湖として水域がのこることとなった地域西部では、その水域もしくはその後背地の陸上で噴火活動がおこなわれ、碎屑物の運搬されているさなかに火砕物が供給されたために、火砕流堆積物は、砂岩や泥岩にはさまれて分布していたり、火砕物そのものも淘汰作用をうけて碎屑性堆積岩様になっている。

以上のように、後期中新世には、陥没性・非陥没性の噴火活動が区域的に対立を生じたが、両者の噴火活動に共通的なことは、溶岩をほとんど噴出させず、マグマがマグマ溜りおよび火道においてははげしく発泡・粉碎され、火砕物のみが噴出された活動である。

III-5 鮮新統

鮮新世にはいると、噴火活動はおとろえるが、山形盆地西部においては、後期中新世にひきつづいて内海—湖底もしくは陸上で酸性噴火活動がおこなわれており、その証拠として軽石凝灰岩や砂質凝灰岩が分布している。

山形盆地南東部には、安山岩溶岩流が分布しているが、第四紀に形成されたうたがもあり、生成時期ははっきりしない。

IV 後期中新世の噴火活動

IV-1 陥没地域における噴火活動

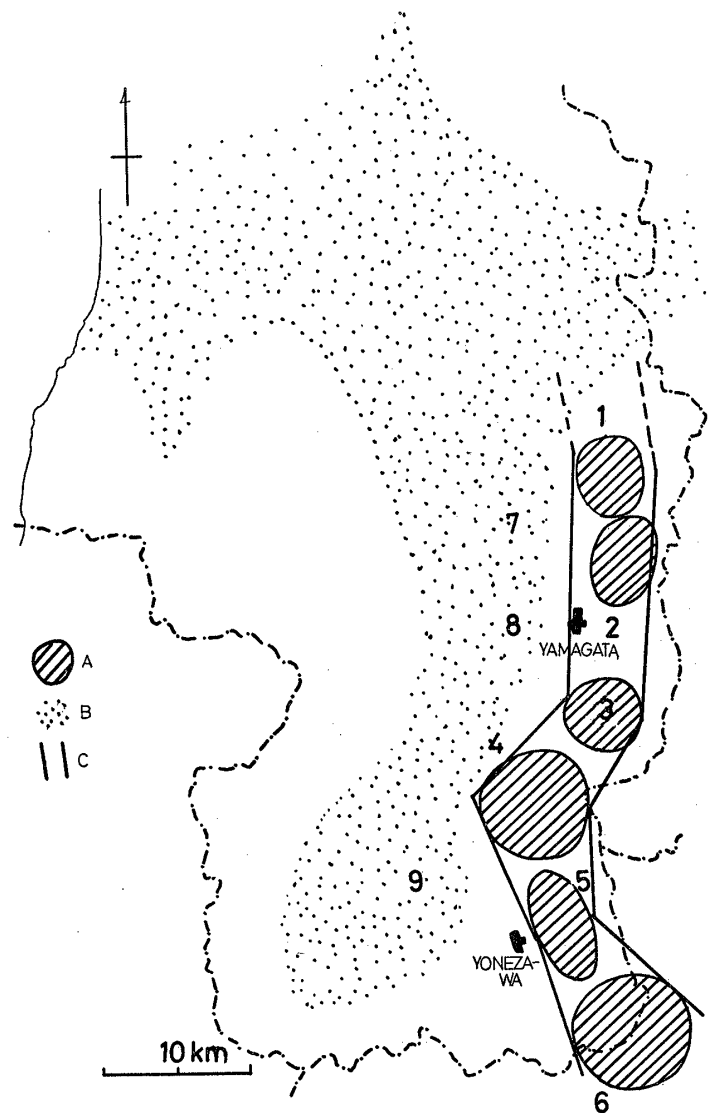
この噴火活動は、地域全域に散発的におこなわれたのではなく、地域東部のプラットフォーム地域に集約的におこなわれ、NNW—SSE に NNE—SSW 性方向が交叉したジグザグ型構造帯（大局的には NS 性方向）に支配されている。

この構造帯の地域は、台島期の断裂、基盤の差別運動、西黒沢期の脊稜および中間アップリフトの隆起運動、陥没地帯となる地域自身の隆起・沈降、噴火活動のくりかえしなどがおこなわれ、堆積盆の移動のみがおもにおこなわれた西部地域に比べ、陥没を生じさせる要素をきわめておおく内蔵させていたと考えられる。

陥没を生じた噴火区は、第2図に示したように北から西原、山寺、呑岡山—泥部、ザル、板谷の各噴火区に区別される。それぞれの噴火区において噴出された火砕堆積物は、西原層、山寺層、呑岡山層および泥部層、ザル層、板谷層とよばれ、それらの模式柱状図は第3図に、野外観察の結果は第3表に示したが、呑岡山—泥部およ

第3表 上部中新統の火砕堆積物の野外観察表

地層名	部層名	淘汰	分級	軽石	火山豆石	軟泥礫	溶結	化石	噴出地	経路	堆積地	1ユニットの 最天の厚さ
西原層	上部	良	二重級化	発泡不良	なし	なし	なし	植物化石	水(底上)	水底	水底	数 m
	下部	やや不良	弱	発泡不良	なし	あり	なし	なし	水(陸水底上)	水底	水底	数 10 m
山寺層	上部	—	—	—	なし	なし	あり	なし	陸上	陸上	陸上	不明
	下部1	良	な	発泡良	多い	なし	なし	なし	陸上	空中	陸上	数 10 m
	下部2	やや不良	弱	発泡不良	なし	あり	なし	なし	水(陸水底上)	水底	水底	数 10 m
呑岡山層	—	—	—	—	なし	なし	あり	なし	陸上	陸上	陸上	100 m +
赤湯層	上部	良	二重級化	発泡良～不良	下部にあり	あり	なし	なし	水(陸水底上)	水底(中)	水底	数 m
	下部	やや不良	弱	発泡不良	なし	あり	なし	有孔虫化石	水(陸水底上)	水底	水底	50 m +
板谷層	I-6	—	—	—	少ない	なし	あり	なし	陸上	陸上(中)	陸上	100 m +
	I-4～5	不良	なし	発泡良	なし	まれ	なし	なし	陸上	陸上(中)	陸上(水底上)	数 10 m
	I-2(上部)	良	なし	発泡良	多い	なし	なし	なし	陸上	陸上(水底上)	陸上(水底上)	30～50 m
	I-2(下部)	やや良	あり	発泡不良	なし	あり	なし	なし	水底	水底	水底	数 m
	I-1	良	弱	—	なし	なし	なし	なし	水底	水底	水底	100 m +
高峰層	—	やや不良	なし	やや偏平	なし	あり	なし	なし	陸上	陸上(水底上)	水底	20 m +
宇津峠層 (才津層)	—	不良	なし	発泡良	なし	なし	なし	貝化石	陸上	陸上(水底上)	水底	数 10 m
	—	—	—	—	なし	なし	あり	なし	陸上	陸上	陸上	数 10 m



第2図 後期中新世古地理図

A : 陥没性噴火区, B : 海域 (船川期), C : 火山性陥没地帯, 1 : 西原噴火区 (西原層), 2 : 山寺噴火区 (山寺層), 3 : 呑岡山-泥部噴火区 (呑岡山層・泥部層), 4 : 赤湯噴火区 (赤湯層), 5 : ザル噴火区 (ザル層・老念峰層), 6 : 板谷噴火区 (板谷層), 7 : 橋上層・葛沢層・大谷層・稲沢山層・左沢層, 8 : 長谷堂層, 9 : 宇津峠層 (才津層)・高峰層・手ノ子層。

びザル噴火区においては、現在までのところはっきりした陥没を示す証拠はみとめられない。

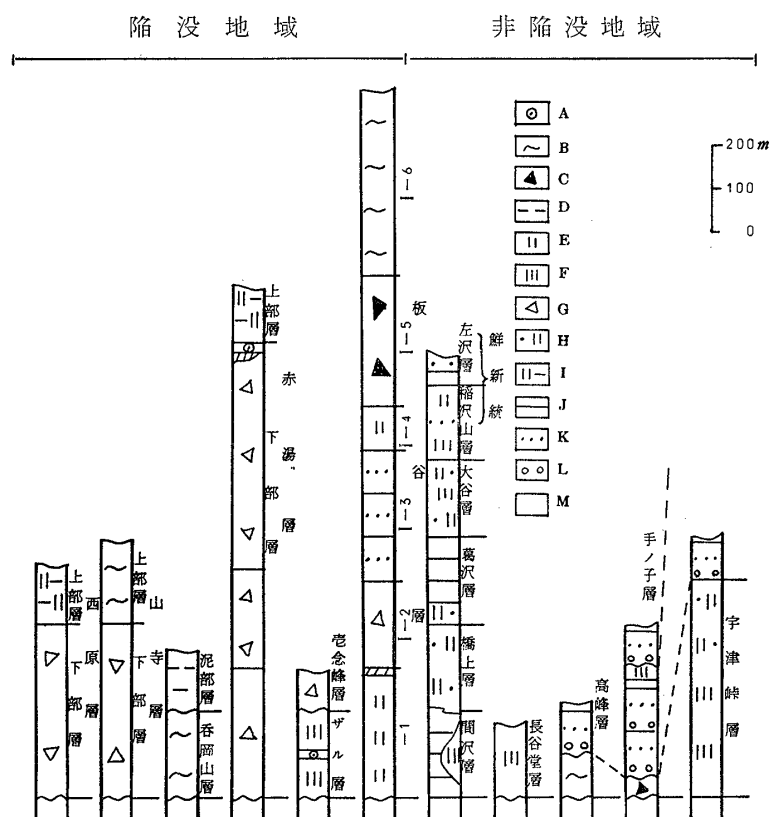
陥没量は、深度、数百～1,000m、直径、数km～10kmでいどと考えられる。噴出量は、数百～1,000 m³と推定される。

噴火活動は、一般に旧期および新期の二期に区別することが可能である。旧期噴火活動は、陥没盆地そのもので噴火活動がおこなわれ、噴出物はおおむね盆地を埋積した。新期噴火活動は、旧期噴火活動の終止後、若干の休止期間をおいて噴火した活動であり、新たな沈降盆地(ないし再陥没盆地)か陸上で噴火活動がおこなわれ

た。

新期噴火活動には、噴火活動が沈降盆地内の水域でおこなわれたか、陸上でおこなわれても、火砕物の大部分は、火砕流として盆地内に供給された場合と、噴火活動がほとんど乾陸上でおこなわれた場合の二つがあり、筆者らは、前者をタイプⅠ(赤湯型噴火活動)、後者をタイプⅡ(板谷型噴火活動)と名付けた。

タイプⅠの噴火活動は、西原および赤湯噴火区においておこなわれ、とくに、赤湯噴火活動がモデル的である。このタイプの特徴は、旧期噴火活動が陥没盆地を埋積しつくしたのち、新期噴火活動が開始されるにおよび、新



第3図 火砕堆積物よりなる上部中新統の模式柱状図

A : 火山豆石, B : 溶結火砕流堆積物, C : 非溶結陸上火砕流堆積物, D : 層理の発達した細粒凝灰岩, E : 細粒凝灰岩, F : 軽石凝灰岩, G : 火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩, H : 砂質凝灰岩, I : 二重級化構造発達, J : 泥岩, K : 砂岩, L : 礫岩, M : 先上部中新統.

第4表 後期中新世の噴火活動の総括

タイプ	変	動	層	相	例
タイプ I (赤湯型)	1	陥没	淘汰やや不良, 角礫塊状, 淘汰不良, 分級弱, 軽石発泡不良 スランピング堆積物, 含礫泥岩, ノジウル 二重級化構造, 淘汰良, 軽石発泡良		西原層 赤湯層
	2	崖錐堆積			
	3	噴火活動			
	4	沈降開始			
	5	噴火活動断続的沈下			
タイプ II (板谷型)	1	陥没	タイプ I とおなじ		山寺層 板谷層 (4なし) ザル層
	2	崖錐堆積			
	3	噴火活動			
	4	陸上噴火活動			
タイプ III (非陥没型)	1	隆起～沈降	溶結, 砂岩に移行, クロスラミナ, 軽石発泡良		橋大長宇 上谷堂津 (才津層)
	2	噴火活動			
	3	休止			

たな沈降ないし再陥没がおこなわれたことであり、旧期噴火活動により噴出されて堆積した火砕流堆積物は一般に塊状を呈しているのにくらべ、新期噴火活動によりもたらされたものは層理がよく発達している。

タイプⅡの噴火活動は、旧期噴火活動がタイプⅠの場合と同様に陥没盆地を埋積したのちは、噴火活動をともなう沈降・陥没はおこなわれず、新期噴火活動はほとんど陸上でおこなわれており、山寺および板谷噴火区においてモデル的におこなわれた。

Ⅳ-1-1 赤湯噴火活動

タイプⅠの噴火活動がモデル的におこなわれた赤湯噴火活動について説明する。

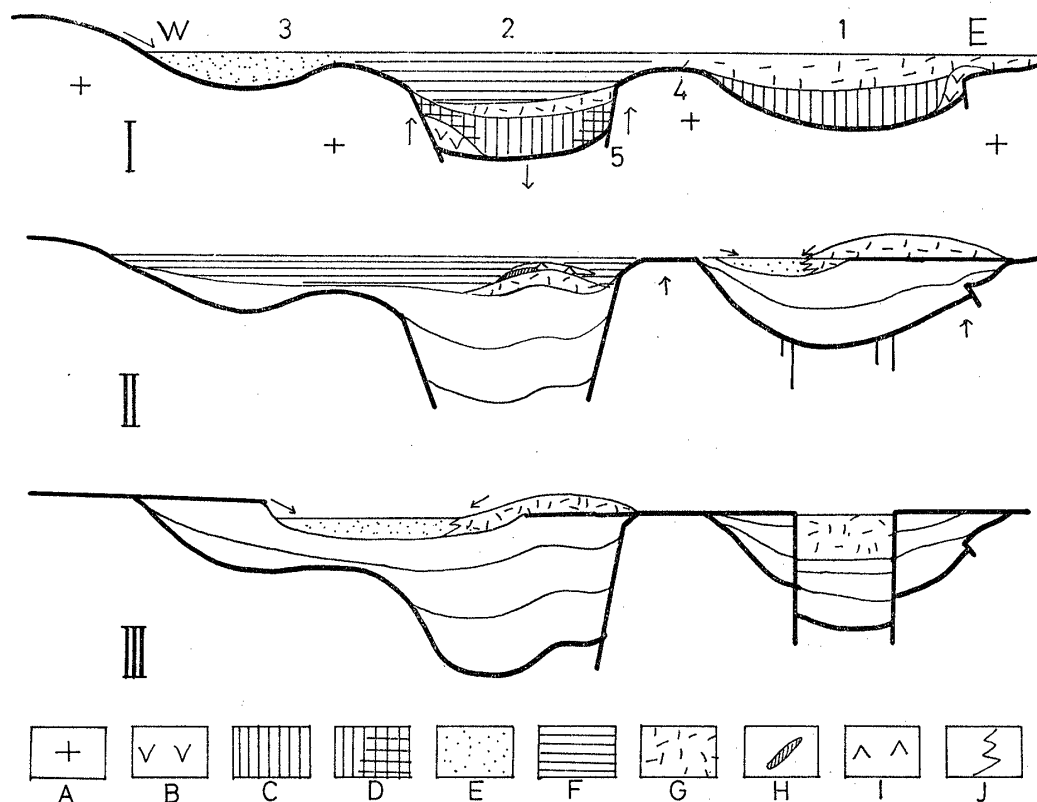
赤湯噴火活動は、米沢盆地北東部の豪士山基盤と北部の若松山基盤のあいだでおこなわれ、赤湯層を構成する凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩および軽石凝灰岩をもたらした。

〔陥没盆地の証明〕 陥没は、深度、約1,000 m、直径、約10kmにわたり、噴火活動に先立っておこなわれ

た。赤湯層は現在、5~10°の緩傾斜で分布しており、最下部として野外で確認されるのは、基盤（先上部中新統）にオーバーラップあるいはアバットした部分にあたっているため、それより層厚を計算すれば300 m前後となり陥没盆地の存在を証明することは困難である。しかし、低重力異常地帯にあたっていること、堆積物が緩傾斜で盆地平地にむかっているにもかかわらず、みかけ上の最基底のみられるところから数kmはなれたところで構造ボーリングを実施したところ、旧期噴火活動により供給された火砕流堆積物の層厚は約1,000 mあったことなどから陥没盆地の存在が推定される。

〔旧期噴火活動〕 旧期噴火活動は、赤湯層下部（蛭沢火砕流堆積物）を供給した噴火活動である。下部層は、凝灰角礫岩および火山礫凝灰岩からなるが、塊状・無層理、多量の異質岩片をふくみ、淘汰が非常にわるいことが特徴である。

軽石は、きわめて発泡度がわるく、一方にのみ発泡しているために針束のような形態を示し、高圧力下（深水



第4図 米沢盆地地質構造発達模式断面図

Ⅰ：西黒沢期前期，Ⅱ：西黒沢期後期，Ⅲ：後期中新世，1：プラットホーム地域，2：西部地域（沈降地域），3：小国盆地，4：中間アップリフト，5：棚倉破砕帯？，A：基盤岩類，B：台島階安山岩質プロピライト，C：台島階泥岩，D：強変動帯，E：西黒沢階砂岩，F：西黒沢階泥岩，G：火山噴出物，H：黒鉱鉱床，I：玄武岩溶岩流，J：指交関係。

下?)で形成されたことを憶測させる。

flow unit は、20~50mの厚さをもち、unit 内においてほとんど級化構造はみられないか、みられてもごく微弱である。

淘汰が非常にわるく、微細粒子がぬけきっておらず、級化構造はほとんどみられないことは、陸上で生成された非溶結火砕流堆積物であることを推察させるが、軟泥礫をしばしばふくみ、スランピング構造の発達した泥岩をはさむことと矛盾する。

しかし、この矛盾は、水底において膨大な火砕流が十分な距離を移動しないうちに停止したと考えれば解決するであろう。

〔噴火活動の休止期〕 旧期噴火活動が陥没盆地をほぼ埋積して停止したのち、若干の噴火活動の休止期があった。

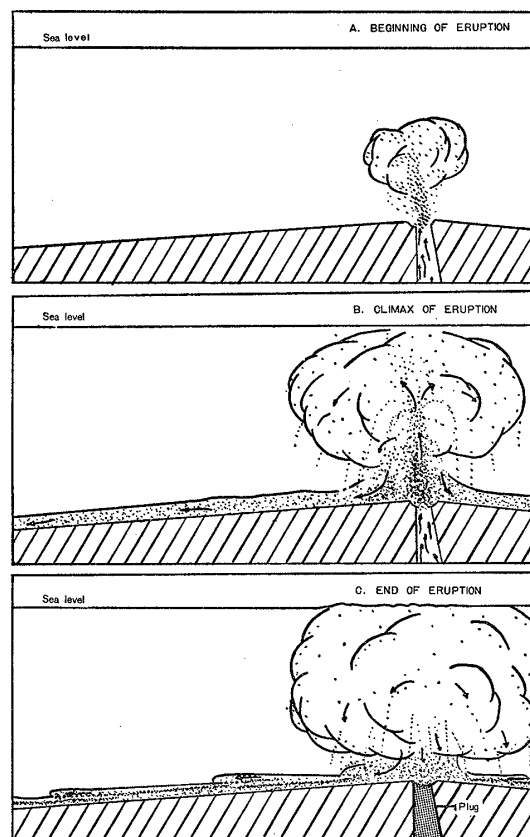
その休止期に、旧期噴火活動により埋積しきれなかった水域(海)が若干西へ移動し、新たにややふかい堆積盆地を形成した。その初期の堆積層として、スランピング構造の発達した泥岩が分布している。

〔新期噴火活動〕 新期噴火活動は、上部層(松沢火砕流堆積物)を構成する軽石凝灰岩を噴出させた。噴火地点は、上部層の下部に火山豆石を多量にふくむ降下火砕堆積物がみとめるところから、一部は陸上もしくは、噴煙が空中たかくあがれるていどの浅水底であったと考えられるが、おもな噴火は、堆積相に二重級化構造が顕著に発達しているところから水底であった可能性がよい。しかも、堆積にいたるまでの経路は、二重級化構造を形成するに十分な距離と傾斜を有していたと考えられる。

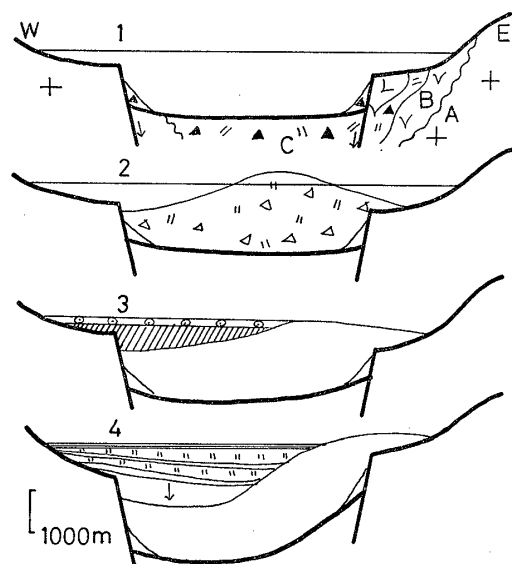
二重級化構造は、FISKE and MATSUDA (1964) が、山梨県常葉地方に分布している和平層の Tuff D を観察した結果名付けたものである。

それによると、一つのunit全体を通じて級化構造がみられるほかに、その内部によりちいさなスケールでの級化構造がくりかえされている構造をさしている。一つのunit内のちいさな単位層のうち最下部の層が、それより上部のおおきの層にくらべ圧倒的に層厚があつく、粒子も粗粒で密なものからなっている。FISKE and MATSUDA は、その最下部の層を塊状部(massive part)、うへのうすい層の集合体を成層部(bedded part)とよんでいる。

成因は、第5図に示したように、水中で噴火がおこなわれると、乱流状態の噴煙柱が生じ、そのなかで各粒子はそれぞれの沈降速度をもって沈降するが、この噴煙柱の下部にもっともはやく沈降したとくに粗粒で高密度の粒子群が、全体としても高密度の集団であるために側方



第5図 二重級化構造のできる機構 (FISKE and MATSUDA, 1964)



第6図 赤湯噴火活動の模式復元断面図

1: 陥没一崖錐堆積, 2: 前期噴火活動(火山噴出物(下部層)の堆積), 3: スランピング泥岩・含礫泥岩の堆積—火山灰降下(後期噴火活動開始), 4: 二重級化構造の形成(上部層) A: 基盤岩類, B: 台島階安山岩質プロピライト, C: 西黒沢階火山噴出物。

にひろがり、噴煙柱の下部から周辺へ乱流として移動をはじめめるが、乱流状態が移動しながらおとろえるにつれ、懸濁していた各粒子はおのおの沈降速度の順に下底に定着をはじめめる。その結果、この乱流に対応した一つの級化構造をもつ塊状部を形成する。そしてこのようなことが、よりおそく噴煙柱から沈降した粒子の集団によってくりかえされ、塊状部のう上にそれより細粒の粒子から構成される薄層がそれぞれ小さな級化構造をもって積みかさなって成層部を形成した結果であるとしている。

赤湯層上部層の二重級化構造は、おそらく和平層の Tuff D とおなじ機構によってかたちづくられたものであろうが、unit の規模は、和平層 Tuff D の塊状部の最大層厚が 50m におよぶのに比較しはるかに小さく、塊状部の最大のあつさは数 m でいどである。

西原層の上部にも二重級化構造が発達しているが、赤湯層上部層ほど模式的でない。

なお、赤湯噴火活動の模式的な復元断面図を第 6 図に示した。

IV-1-2 板谷噴火活動

板谷噴火活動は、米沢盆地東南部において、豪士山基盤南部とカプト山基盤東部のあいだでおこなわれた。旧期噴火活動は、赤湯噴火活動とおなじように陥没盆地でおこなわれたが、新期噴火活動は、陸上でおこなわれた。

〔陥没盆地の証明〕 旧期噴火活動の場が陥没盆地であったことは、板谷層の最下部に崖錐堆積物が発達していることにより証明される。規模は、深度、約 400 m、直径、約 10 km と考えられる。

〔旧期噴火活動〕 旧期噴火活動は、I-1 部層（細粒凝灰岩）および I-2 部層（火山礫凝灰岩）を供給した噴火活動である。

I-1 部層は、層厚約 250 m で四つの flow unit に区分されるが、最下部の unit がもっともあつく 150 m 土である。岩相は、きわめて均質で塊状の細粒凝灰岩で、明度のたかい灰白色を呈し、級化構造はほとんどみられず、ごく基底ちかくに発達しているのみである。

この細粒凝灰岩は、乱流として水中にもたらされ、水底を移動し、水底に堆積した火砕流堆積物であることは、上部にむかいしだいに泥質となること、下部に軟泥礫がふくまれること、unit の上部に層理の発達した泥岩がのっており、さらに上位の unit は泥岩上限をけりずとっているなどの理由から明白である。

また、分級された細粒部のみが分離されたのではないことは、本体の存在が確認されないこと、分級されうる

ペースンの十分なおおきさは考えられないことなどから否定される。

したがって、I-1 部層をもたらしした噴火活動は、細粒火砕物を多量に放出した特異な噴火を考えなければならぬ。

I-2 部層は、一見、赤湯層下部層に類似した火山礫凝灰岩で、発泡不良の軽石、多量の異質岩片および軟泥礫をふくむが、同質ないし、類質岩片も多量にふくまれ、細粒部はかなり脱離しており、淘汰はややよく、数 10 cm 単位の級化構造がよく発達している。したがって一噴火における噴出量は、赤湯噴火活動の旧期噴火活動にくらべいじむしくすくないと考えられる。

I-2 部層の最上限には、火山豆石を多量にふくむ降下火砕堆積物がひろく分布しており、これで一応陥没盆地が埋積されつくしたと考えれば、陥没深度は 400 m と推定される。

また、赤湯陥没盆地とことなることは、陥没が一様でなく、差別的であり、陥没深度の小さい一部の区域は、噴火活動中に上昇をおこない、I-2 部層に礫岩を供給したり、I-2 部層の被アバット体となった。

〔噴火活動の休止期〕 噴火の休止期には、陥没盆地からさらに西方に移動して湖沼が形成され、砂岩および泥岩が約 300 m のあつさで堆積した（I-3 部層）。

〔新期噴火活動〕 新期噴火活動は、I-4 部層（凝灰岩）、I-5 部層（凝灰角礫岩～火山礫凝灰岩）および I-6 部層（溶結凝灰岩）を供給した噴火活動である。

I-4 および I-5 部層は、塊状を呈し、淘汰がきわめてわるく、級化構造もまったくみられず、乾陸上で生成された非溶結火砕流堆積物の岩相を示しているが、スランプ構造が発達した泥岩をまきこんでいる。このことは、噴火活動そのものは乾陸上でおこなわれ、乱流の経路および定着地の一部に、I-3 部層堆積当時の水域が沼沢としてのこっていたためではないかと推定される。

I-6 部層は、まったく乾陸上で噴火がおこなわれ、乾陸上に定着した溶結火砕流堆積物である。

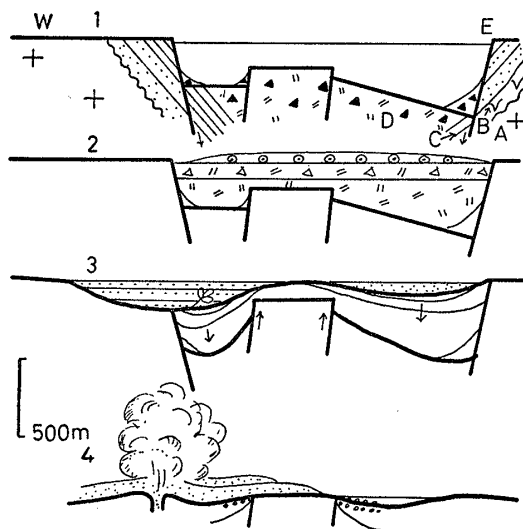
以上の過程は、模式的断面により第 7 図に示した。

IV-2 非陥没地域における噴火活動

この噴火活動は、おもに、地域西部の西黒沢期の沈降地域をひきついだ水域（内海～湖沼）およびその背後の陸地でおこなわれた。

噴火活動は、陥没地域の場合と同様に、溶岩をまったく噴出させず、火砕物のみを噴出させたが、含有岩片（同質、異質とも）はほとんどなく、軽石および火山灰が絶対におおいことを特徴とする。

地域西部の堆積盆地は、後背地が隆起しつつある環境



第7図 板谷噴火活動の模式復元断面図

1：陥没一崖錐堆積，2：前期噴火活動（I—1部層，I—2部層の堆積），3：噴火の休止期（I—3部層の堆積），4：後期噴火活動（I—4～6部層の堆積）。

のもとにあり，そこからは比較的粗粒の碎屑物が供給された。噴火活動は，堆積盆地の東側の水域および陸域でおこなわれたと考えられ，非陥没地域の東側の区域に火砕流堆積物があつく分布している。

一方，堆積盆地の中心およびそれ以西の区域においては，しばしば他の碎屑岩に火砕流堆積物がはさまれており，碎屑物の運搬中に火砕物が乱流として一次的に供給されたと考えられる。

また，砂岩は，一般に凝灰質となっているが，この原因は，火砕物が二次的に運搬され，転動堆積物あるいは乱流堆積物として供給された場合と，火砕物が乱流として移動中に淘汰をうけて粒子のそろった火砕流堆積物となった場合の二つが考えられる。

米沢盆地西部の宇津峠層はその好例である。宇津峠層は，米沢盆地西部に分布している海成の塊状砂岩であるが，これは従来，単に後背地より運搬された碎屑物によってつくられたとされてきたが，この内容を水平的にややくわしく観察すると，岩相は，分布地域の北東部にしだいに凝灰質となり，宇津峠東側では軽石凝灰岩となり，さらに東方の分布東縁ちかくでは，乾陸上生成の火砕流堆積物にかわり，一部は弱溶結をおこなっている。これは，第4図に簡単に示したが，以上のことを考慮すること，宇津峠層の砂岩は，火砕物起源の可能性があると考えられる。

謝 辞

本稿をとりまとめるにあたり，火山噴出物および山形～米沢盆地周辺の地質構造について，有意義なご教示とご討論をいただいた山形大学 原口九万前教授，皆川信弥教授，宮城教育大学 舟山裕士教授，東北大学 竹内常彦教授，田口一雄 助 教授，福島大学 八島隆一助教授，東京大学 荒牧重雄助教授・松田時彦助教授・中村一明助教授，東京教育大学 藤田至則助教授，地質調査所谷正巳博士，一色直記博士，小野晃司博士，角清愛博士，石油資源開発(株)池辺穰博士・塚塚貞博士，京都大学 吉沢甫前教授・中沢圭二教授，鳥取大学 吉谷昭彦助教授にあつくお礼申しあげる。

また，筆者らがこれまで多大なご援助をいただいた金属鉱物探鉱促進事業団，山形県前鉱業課，ジークライト化学工業(株)の関係スタッフの方がた，栗子開発(株)栗田徹氏，県民宿舎小野川荘の方がたにあつくお礼申しあげる。

文 献

- 荒牧重雄 (1957) : Pyroclastic flow の分類. 火山, 第2集, 1, 47～57.
 荒牧重雄・中村一明 (1967) : 火砕岩に関するいくつかの問題. 堆積学に関する諸問題, 50～58. 日本地質学会.
 Cucuzza, S. S. (1963) : Proposal for a genetic classification of hyaloclastites. Bull. Volc., 25, 315～321.
 FISKE, R. S. and MATSUDA, T. (1964) : Submarine equivalents of ash flow in the Tokiwa formation, Japan. Am. Jour. Sci., 262, 76～106.
 北 卓治ほか (1969) : 山形～米沢周辺の新第三紀噴火活動. グリーンタフに関する諸問題. 163～172. 日本地質学会.
 久野 久 (1954) : 火山及び火山岩. 1～225, 岩波書店.
 久野 久 (1968) : 水中自破砕溶岩. 火山, 第2集, 13, 123～130.
 松田時彦 (1955) : いわゆる“偽礫”について——富士川地方第三紀層の例——. 堆積学研究, 8, 1～3.
 松田時彦・中村一明 (1966) : 火砕堆積物の形成過程の相違による性質, 特に水底火山堆積物の特徴. 日本鉱山地質学会第16回総会討論会資料, 29～63.
 松田時彦・中村一明 (1970) : 水底に堆積した火山性堆積物の特徴と分類. 鉱山地質, 20, 29～42.
 中村一明・荒牧重雄・村井勇 (1963) : 火山の噴火と堆積物の性質. 第四紀研究 (テフクロノジー特集), 3, 13～30.
 島津光夫ほか (1972) : 5万分の1地質図幅「小国」

および説明書. 1～28, 山形県.
 SMITH. R. L., (1960) : Ash flow. Geol. Soc. Am. Bull., 71. 795～842.
 田宮良一ほか (1970) : 5 万分 1 地質図「吾妻山—福島」および説明書. 1—44, 山形県.
 通商産業省 (1967) : 昭和41年度広域調査山形吉野地域報告書. 1～15.
 通商産業省 (1969) : 昭和42年度広域調査山形吉野地域報告書. 1～21.
 通商産業省 (1970) : 昭和43年度広域調査山形吉野地域報告書. 1～28.
 通商産業省 (1971 a) : 昭和44年度広域調査山形吉

野地域報告書. 1～21.
 通商産業省 (1971 b) : 昭和45年度広域調査山形吉野地域報告書. 1～18.
 渡辺則道 (1970) : 東北日本内陸盆地周辺に分布するグリーンタフとそれに伴う鉾床米沢盆地周辺の新第三系と 2, 3 の黒鉾床について—— 1～141.
 神保 恵 (1965) : 山形県の地質. 1～68.
 神保 恵ほか (1970) : 5 万分の 1 地質図「米沢—関」および説明書. 1～39.
 神保 恵 (1971) : 20 万分の 1 地質図「山形県」.
 神保 恵・田宮良一 (1972) : 5 万分の 1 地質図「赤湯」. 1～18.

.....

**Late Miocene volcanic activities in the Yamagata and
Yonezawa basins, Yamagata Prefecture**

——Especially on volcanic activities to followed by depression——

Ryoichi TAMIYA • Yamagata Cenozoic Research Group

(Abstract)

In late Miocene, violent acid volcanic activities took place in the Yamagata and Yonezawa basins. Characteristic feature of the volcanic activities are to follow depression.

At the platform area along the uplift of the backborne range, several depression basins were formed on the structural zone having NS direction ascribed to intersection of fractures of NNW-SSE and NNE-SSW directions. Volcanic activities took place

in such depression basins.

Volcanic activities are divided into following two types;

1. Type I (Akayu type volcanic activity): Depression
—talus deposition—deposition of volcanic materials
—migration of basin—formation of double grading.
2. Type II (Itaya type volcanic activity): Depression
—talus deposition—deposition of volcanic materials
—eruption on land.