

1. 比抵抗映像法によって明らかになった川内火砕流の堆積構造

—鹿児島県日置市中岳における調査結果—

Sedimentary Structure of Sendai Pyroclastic Flow Revealed by Resistivity Imaging

—Survey results in Nakadake, Hioki City, Kagoshima Prefecture—

河内義文, 假屋隆文(㈱ケイズラブ), 加藤靖郎 (川崎地質(株))

1. はじめに

鹿児島県串木野市五反田川流域および川内市の川内川左岸部には主に東西 20 km, 南北 15 km の範囲にのみ分布が確認されている川内火砕流堆積物¹⁾, 犬小屋段・中岳火砕流堆積物²⁾ と呼ばれる火砕流堆積物が分布し宮地(1987)では串木野火砕流堆積物³⁾ と一括されている. 分布が比較的限定的であるにも関わらず川内市ではかつて採石場が稼働し石材として利用されていたように, 比較的均質に強熔結し, さらに本調査対象とした鹿児島県日置市中岳(標高 405.2m)では, 台地を形成し 200mを超える層厚が推定される. 本研究は, この火砕流堆積物の堆積構造に着目して行った.

2. 対象地域の地質概要

図 1 は鹿児島県地質図編集委員会による当地域の地質図⁴⁾ である. この中岳は後期鮮新世の先加久藤火砕流堆積物あるいは噴出源不明火砕流堆積物とされている.

調査対象の台地の周辺には, 本地域で最も古い地質である湖成堆積岩層が分布しており, 永野層相当層として仕明層⁵⁾ と呼ばれている. 重平フローラ⁶⁾ と呼ばれる植物化石を多産し, 下部層に挟在する宮脇火砕流の K-Ar 年代は 2.5Ma とされている⁸⁾. さらに, 川内火砕流堆積物の基盤として, 入来輝石安山岩が分布し, 仕明層堆積中の活動とされている^{9) 10) 11)}. この川内火砕流堆積物は FT 法による堆積年代 1.7Ma とされるが, 残留磁気測定では正磁場を示す^{3) 9)} ことから Olduvai 垂紀(1.7~1.9Ma)に対比される³⁾.

3. 調査方法

3.1 観測に使用した比抵抗映像法

今回用いた比抵抗探査では, AGI (Advanced Geosciences Inc.) 社製の装置を用いた. 観測は二極法 (DIPOLE-DIPOLE) を用いて行った. 解析は比抵抗二次元探査解析ソフト RE2DINV¹²⁾ を使って断面図化した.

3.2 測線配置

図 2 に中岳における測線配置および測線長を

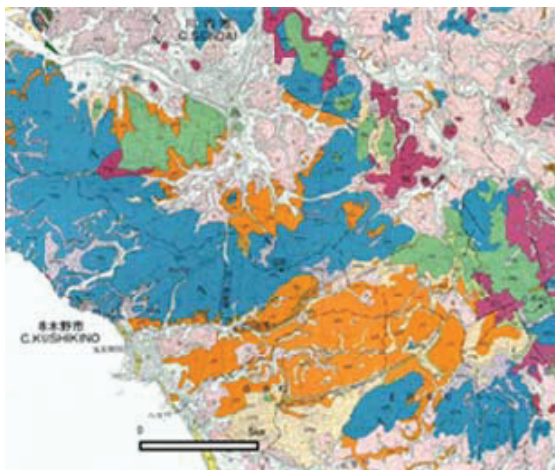
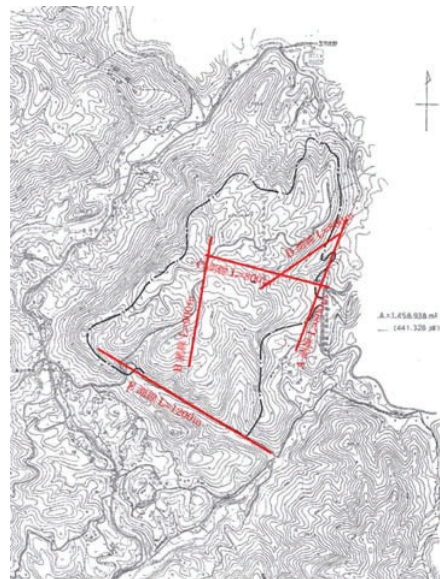


図 1 調査地周辺の地質図²⁾



測線名	測線長(m)
A	700
B	750
C	750
D	700
E	1,120
計	4,320

図 2 測線配置図および測線長一覧表

示す。各測線の観察目的は以下のとおりである。

- A 測線：中岳台地東端部の川内火砕流の堆積構造と基盤との関係
- B 測線：川内火砕流の堆積構造（クーリングユニット）
- C 測線：川内火砕流の堆積構造と断層の分布
- D 測線：川内火砕流の堆積構造と断層の分布
- E 測線：中岳南端部の川内火砕流の堆積構造と基盤との関係

また、観測結果から求められた地質評価解析結果を含めた比抵抗断面図を図 5 に示す。

4. 比抵抗値の特徴と地質評価解析結果

観察される各地質の特徴と比抵抗断面図から推定した分布を示す。

4.1 仕明層（Sf）

(1) 地質の概要

鮮新世の湖成堆積物で、下部層は凝灰質のシルトおよび砂からなり成層している。一方写真 1 に示す仕明集落下の市道に沿った露頭では凝灰角礫岩の岩相を呈している。堆積後の火山活動などにより傾動しており $20\sim 40^\circ$ 傾斜を示す。分布している高度は海拔 180~250m 間で、非抵抗断面図と地表踏査結果から推定する層厚は 70m 程度である。

(2) 比抵抗値の特徴と地質評価解析結果

図 5 の A 測線では、起点側（0~180m 間）に低比抵抗を示す青色で示される範囲は仕明層であるものと推定される。シルト質で非常に含水していることから、比抵抗値は非常に低く $60\Omega\text{m}$ 以下を示す。この低抵抗値は、間隙率が大きく地下水により含水しているためであると推定される。

地表での分布は踏査結果から明らかであるが、A 測線の比抵抗断面図では川内火砕流堆積物との境界は 50° の急勾配であることが判明した。測線はこの境界に大きく斜交しているとは考え難いので、境界の傾斜はほぼ実傾斜に近いものと推定される。したがって仕明層が陸化後に侵食されて川内火砕流堆積直前に、この基盤地形が形成されていたとすると、続成途上で半固結の堆積軟岩が 50° 傾斜高さ 50m 以上の斜面で安定していることは工学的に不自然であり、層厚 70m の仕明層の分布がこの付近のみであることから、この境界は断層であるものと考えている。

4.2 入来輝石安山岩（北薩中期火山岩類）（An）

(1) 地質の概要

仕明層中に含まれる活動であるとされる両輝石安山岩で、長石が 5mm と大きいのが特徴であり普通輝石、紫蘇輝石は等量含まれる^{7) 8) 9)}。この地質は、写真 2 に示すように県道郡山樋脇線沿いと仕明の市道沿いの切土のり面に露頭しており、新鮮部分の節理間隔は 30~50cm 程度で縦横に発達している。岩盤は非常に堅硬緻密で難透水性であると推定される。

(2) 比抵抗値の特徴と地質評価解析結果

比抵抗断面図中では、図 5 の A 測線の測点 360~640m 間、D 測線の測点 360~440、E 測線の測



写真 1 撮影場所：仕明集落下市道沿い 標高 180m

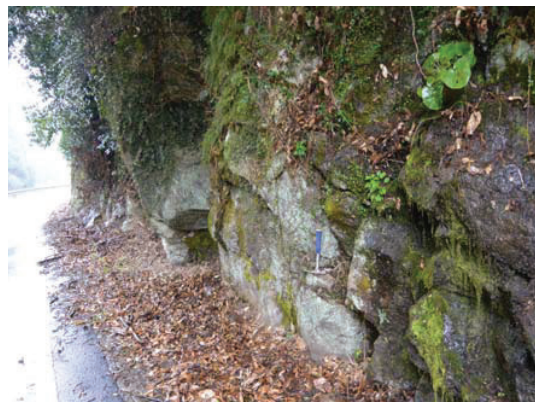


写真 2 撮影場所：仕明集落下市道沿い 標高 190m

点 320～660m間に下端から 300～1000 Ω m の高比抵抗部として岩株状に分布しているものが、この安山岩と推定される。なお B 測線の終点側にも高比抵抗部があるが、縁辺部であり、また他の分布地とは距離が離れているので疑像である可能性が否定できない。安山岩の地表での分布は調査地東端を南北に走る県道付近までであるが、図 4 の探查結果 D 測線、E 測線などによると、地下部ではさらに西側まで分布し、川内火砕流に覆われているものと推定される。

4.3 川内火砕流堆積物 (Pf)

(1) 地質の概要

中岳の台地を形成するのは、主に川内火砕流堆積物である。岩相は、デイサイト質（石英安山岩）溶結凝灰岩で、C および D クーリングユニットには顕著なユータキシティック構造が観察される。

写真 3 に川内火砕流の溶結凝灰岩のクーリングユニット境界の非溶結部を示すが、やや黒色を呈する非溶結部に非常に滑らかな境界面を挟んで、上位のクーリングユニットに覆われていることが観察されることから、古土壌など植生繁茂の形跡に乏しく、次のクーリング間の時間間隙が比較的短時間であったことが推定される。このように現地踏査およびボーリング調査により溶結部に挟まれた非溶結部が確認されるので数層のクーリングユニットがあるものと推定した。また同じくボーリング調査では、表 2 の D ユニットに示したように、最大厚さ 21m の非溶結部を挟まない溶結凝灰岩のユニットも確認されている。写真 4 に切土部における溶結凝灰岩岩盤を示す。

溶結凝灰岩露頭におけるユータキシティック構造がほぼ水平を示し、露頭で観察される非溶結部境界も概ね水平であることから、この溶結凝灰岩は堆積後約 170 万年間に大きな傾斜動は受けていないことがわかる。

(2) 比抵抗値の特徴と地質評価解析結果

川内火砕流堆積物は、本調査対象地区の大半を占める地質である。本調査地区では中岳（海拔標高 405.2m）から仕明集落の標高 130m 付近までの分布が確認されている。前述のように仕明層との境界が断層であったとしても、層厚は 200m 以上であると推定される。

溶結凝灰岩の比抵抗値は 100～200 Ω m¹¹⁾ であるとされているが、図 5 の B 測線、C 測線など断層に余り影響されていない部分の比抵抗断面図によって 160～320 Ω m の比抵抗値が観測されており、風化細粒化や地下水の含水がない岩盤状態からは比較的小さい比抵抗値を示すことが判明した。大半を占める構成鉱物が火山ガラスであることを考えると、含有する金属の規則的配列が低非抵抗をもたらすものと推定される。本地区においては、急崖の地形を呈し、さらに低比抵抗値を示すのは溶結凝灰岩であると判定できる。

以下に示す、分布標高と非溶結部と判定される低比抵抗部の連続性によって表 2 を作成した。クーリングユニットを分割した根拠を以下に示す。

- ① 図 5 の B 測線の測点 300～600 間に特徴的に示されるように、標高 320～330m 間に低非抵抗部が帯状に分布し非溶結部と推定される。（D～C 非溶結部）



写真 3 撮影場所：現場内 標高 270m



写真 4 撮影場所：現場内 標高 300m

- ② 非溶結部はほぼ水平に、80Ωm付近の比抵抗値を持つという特徴がある。
- ③ B 測線に現われた非溶結部と同様な特徴を持つ範囲を図 5 の比抵抗断面図から選び出すと、D 測線では測点 100～240m間の標高 240～260m (C～B 非溶結部)、測点 350～620m間の標高 200～210m (A～B 非溶結部)、E 測線では測点 390～560m間の標高 100～130m (A～B 非溶結部) が該当する。

- ④ 現地踏査で標高 270m付近に非溶結部があることが判明している。(C～B 非溶結部)

各ユニットは、40～70mの厚さの溶結凝灰岩と 20m以下の厚さの比抵抗値 80～40Ωmの非溶結部とで構成されている。溶結部自体は不透水性であるが、溶結部に縦方向のクーリング節理が発達しており、節理に沿って地下水が浸透するものと推定される。溶結部の浸透水は水平に分布する非溶結部に至って一旦滞留し、非溶結部の緩やかな傾きに沿って広がるものと考えられる。

クーリングユニット境界の非溶結部の傾斜は図 5 の B 測線に示されるように、非常に緩い南傾斜があり、また図 5 の C 測線、D 測線ではやや東に緩い傾斜をもつ傾向がある。したがってクーリングユニット境界の非溶結部に沿って台地内の地下水が南東側に集まる傾向があると推定される。

4.4 断層

調査地区には、主に北東～南西系、北西～南東系の傾向を持つ断層が、多数分布する。断層は、地形にも顕著に現われており、本調査結果では比抵抗断面図に生じた連続性の良い低比抵抗部が地形で判読可能な場合を持って断層と認定した。断層は断層①～断層⑦とした。

本地域は新生代第三紀～第四紀の地質で、全て 300 万年より新しい地質で構成されている。鹿児島地域は、鹿児島地溝帯と呼ばれる海岸線の断層によって、伊作火砕流 (3.0Ma) の分布が標高差 700mのギャップが確認されている¹⁾ように、地殻変動の著しい場所である。よって、この 170 万年間においても比較的大きな地質変動が考えられる。ただし、仕明層の層理面、川内火砕流のクーリングユニットは比較的レベルに近い構造を持っているので、これら断層のギャップと若干不自然なところもある。

5. 中岳の地質分布のまとめ

中岳における上記地質分布のまとめを図 5 地質平面図、図 6 地質模式断面図を示す。この中岳の地質分布は以下のようにまとめられる。

- ① 鮮新世 2.0～2.9Ma の湖成堆積物の仕明層と後期の火山活動によって噴出した入来輝石安山岩が基盤地質である。
- ② 更新世 1.7Ma の川内火砕流堆積物は、高密度電気探査結果を用いた地質評価により、少なくとも 4 回のクーリングユニットで堆積している。
- ③ 川内火砕流堆積物の比抵抗値は、溶結部では 160～320Ωm、非溶結部では 80Ωmと低比抵抗値を示す。
- ④ 一つのクーリングユニットは厚さ 60～80mで最大 20m程度以下の非溶結部を挟んでいる。
- ⑤ 非溶結部は、緩やかな南東傾斜であり、露頭で観察されるユータキシティック構造、水平の節理などから堆積後の傾斜変動は僅かであると推定される。
- ⑥ 川内火砕流堆積以降に発生した断層が少なくとも 7 本推定され、地形に顕著に現われている。

表 2 各測線毎のクーリングユニット等分布標高範囲 単位：標高 (m)

クーリングユニット	溶結・非溶結	A測線	B測線	C測線	D測線	E測線	踏査で確認した非溶結部標高	ボーリングで確認した溶結部	ユータキシティック構造	ユニット標高	ユニット層厚 (m)
D	D溶結部		340～370	280～360				336～357	○	330～375	45
	D～C非溶結部		320～340								
C	C溶結部		290～320	260～330	270～300			303～330	○	260～330	60
	C～B非溶結部			250～270	250～270		270				
B	B溶結部	200～260		230～270	210～250	210～240		224～230	不明	200～260	60
	A～B非溶結部				190～210	190～210	210				
A	A溶結部				180～220	120～190			不明	120～200	80
計											245

基盤地質の仕明層と川内火砕流堆積物との境界は断層である可能性が高い。入来輝石安山岩と川内火砕流堆積物との境界も一部は断層境界であると推定される。
 以上、川内火砕流堆積物は分布範囲が非常に狭いが、本調査結果によると断層によるギャップ

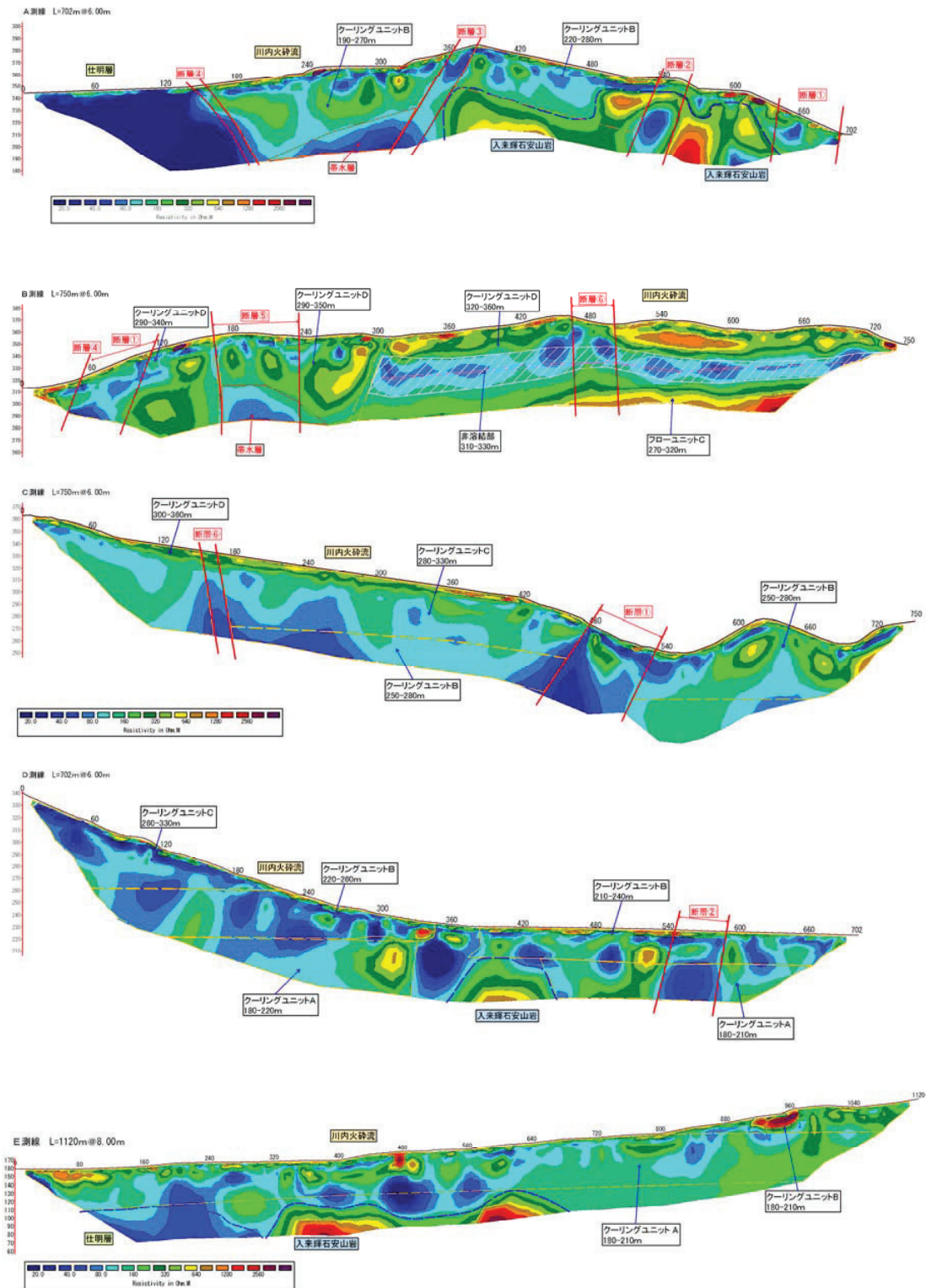


図4 比抵抗断面図と地質評価解析結果

の影響を受けているE測線を除けば標高 180 m～375m間で最大 195mの厚さを持つ非常に厚い堆積物であることが推定される。分布域も冠岳(五反田川断層), 八重山, 重平山に囲まれた範囲に限定されている。八重山山系の噴出源から西南西に約 3km の当地区から地溝状に西に拓けていた範囲に厚く堆積したものと推定される³⁾。4枚のクーリングユニット全てが川内火砕流のものと同定していないので今後研究を進めていく所存である。

【謝 辞】

鹿児島大学大木公彦名誉教授には論文を読んでいただき貴重な指摘をいただきました。厚く御礼を申し上げます。

【参 考 文 献】

- 1) 大田良平：川内地域の地質，通商産業省地質調査所1971.
- 2) 長谷義隆，壇原徹：南部九州後期新生代火山岩の放射年代，地球科学39巻2号，136-155，1985.
- 3) 宮地六美：南九州の火砕流堆積物の対比について，地団研専報，33，279-293，1987.
- 4) 鹿児島県地質図編集委員会：鹿児島県の地質，1989.
- 5) 長谷義隆・畑中健一：鹿児島県入来町山之口層の層序と花粉分析について，熊本大学理学部紀要，No.10、1-10，1976.
- 6) 尾上亨：鹿児島県北西部産後期新生代植物群について（予報），地質学雑誌，78，369-375，1972.
- 7) 長谷義隆：南部九州上部新生界の層序と化石フロー
日本地質学会西日本支部会報，70，23-24，1980.
- 8) 内村公大，大木公彦，古澤明：鹿児島県八重山地域の地質と鮮新統郡山層の層位学的研究，地質学雑誌，第113巻第3号，95-112，2007.
- 9) 河内義文：鹿児島市比野周辺地域の地質並び同地域の火成岩類による古地磁気学的研究，鹿児島大学理学部地学科卒業論文，1981.
- 10) 阿部 伸：鹿児島県八重山周辺の地質，鹿児島大学理学部地学科卒業論文，1981.
- 11) 西村進，宮地六美：南九州火砕流の Fission-track 年代，岩鉱，71，pp.360-362，1973
- 12) Loke ,M.H.: RES2DINV ver.2.0, Rapid 2D resistivity inversion using the least-squares method, M.H.Loke ,Advanced Geosciences Inc.1996.

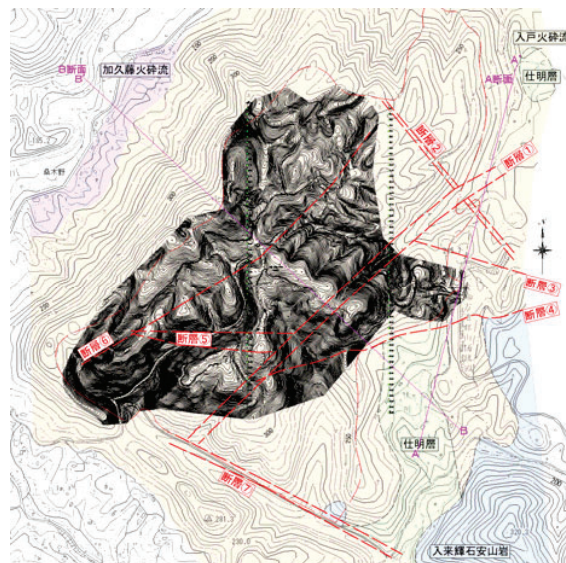


図5 中岳の地質平面図

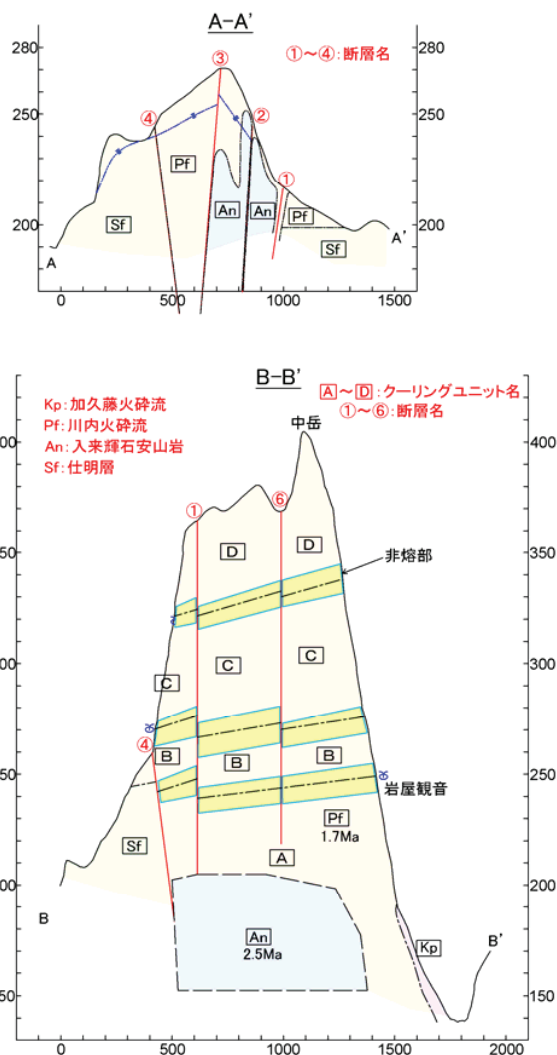


図6 中岳の地質断面図