

小田原市風祭滝の礫層の発見

今永 勇・生命の星・地球博物館岩石ボランティアグループ（ロックグループ）

Isamu Imanaga and Earth-science Volunteers of the Kanagawa Prefectural Museum
(Rock Group): Discovery of a Gravel Bed at Kazamatsuri Fall, Odawara City

はじめに

早川は、箱根火山を溪谷をなして流れ、山地からでた箱根町湯本より河口までの約 4km は谷底平野が 100-300 m の幅で続き、湯本から風祭までは北東方向に流れ、風祭で流れが右に曲がり、向きを東、次いで南東に変えて相模湾に流入する（図1）。箱根町湯本より下流の早川の両岸は、Kuno (1950), 平田 (1999) によると、右岸は、湯本から入生田太閤橋付近まで箱根火山新期外輪山溶岩が平坦面を作り、左岸は湯本から風祭を経て箱根板橋まで箱根古期外輪山溶岩が山地を作っているほか、わずかな軽石流堆積物が分布する。

風祭には、国立箱根療養所から北西に入る小谷があり、奥の海拔約 80 m に南面する滝がある（図1）。滝は、幅約 15 m 高さ約 11 m の崖にかかり、滝幅約 3.5 m で落差が約 11 m である。滝は、溶岩に掛かっているが、滝の下部に溶岩に覆われて礫層が現れているのを発見した。今回この礫層について述べる。

早川沿いの礫層

早川に沿って段丘礫層が分布していることが知られている。Kuno (1950) の地質図には、火山円礫岩 (CC2) として図示されている。湯本駅北側の白岩地蔵のある斜面や湯本ほまれ橋横等に見られるような段丘礫層である（袴田, 1993）。これらの他に礫層が溶岩に覆われているところがある。溶岩層に覆われている礫層は、湯本茶屋の天成園内にある玉簾の滝の礫層（天野, 1971 ; 袴田, 1993）と今回発見した風祭の滝の礫層である（図1）。

湯本茶屋の玉簾の滝は、海拔約 160 m の高さに掛かる幅約 30 m、高さ約 20 m の滝で、新期外輪山溶岩に礫層が覆われ、新期外輪山溶岩と礫層の間から湧水が出て滝を形成している（天野, 1971 ; 袴田, 1993）。この礫層は、早川凝灰角礫岩、須雲川安山岩類を覆い、径 1 m 以下の亜角礫と円礫で安山岩が多い。礫層を覆う溶岩は、厚さ数 m から数 10 m で縦方向の節理が発達し、溶岩最下部にクリンカーをとまう（平田・袴田, 1991 ; 袴田, 1993）。

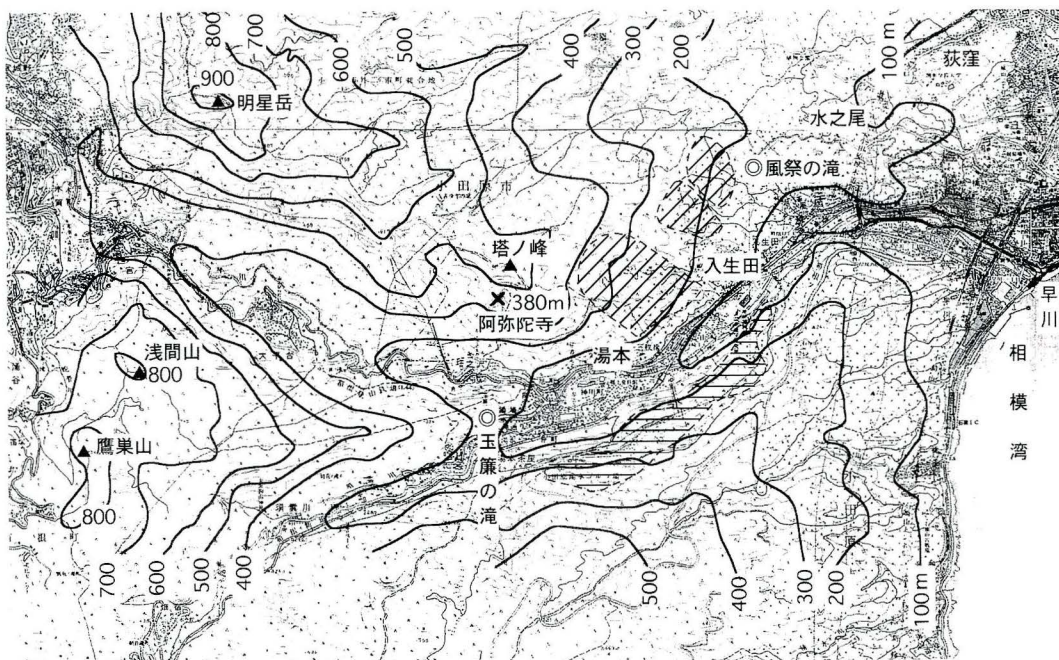


図1. 調査地域の切峰面図（数値はm単位、早川に沿う平坦面を平行線で示す）。

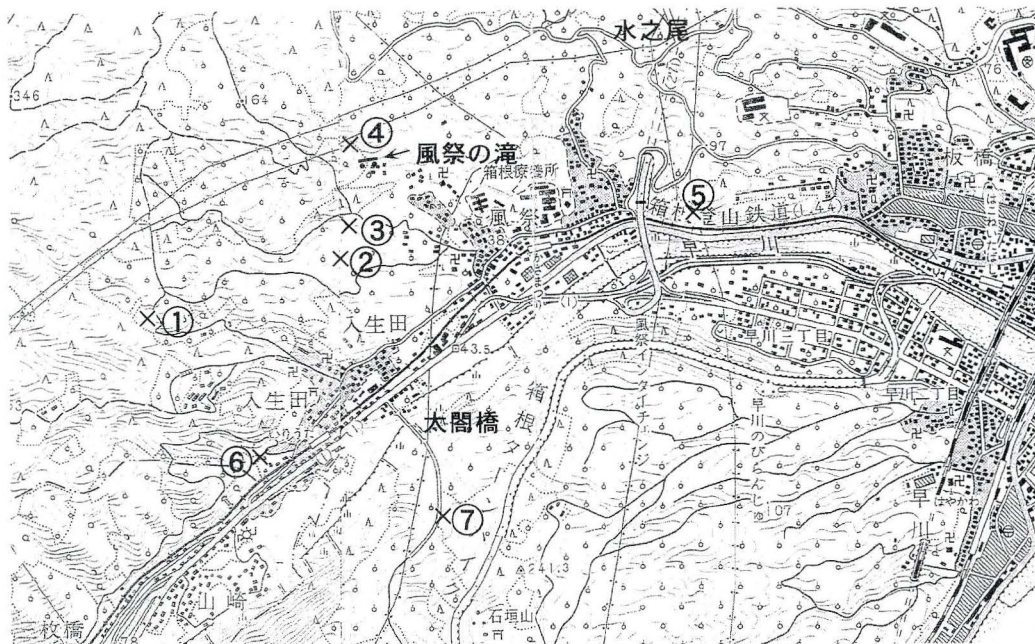


図2. 風祭滝の位置と溶岩サンプル採集地点図. 1: 入生田しだれ桜上流20m, 2: 風祭宝泉院西, 3: 風祭宝泉院西, 4: 風祭の滑り滝, 5: 風祭富士山, 6: 旧温泉地学研究所裏, 7: 太閤橋奥.

一方、風祭の滝の礫層では、溶岩と礫層の境界からは水が湧き出していない。また風祭の滝の溶岩は、斑晶質普通輝石紫蘇輝石安山岩である。滝の数10 m上流に流理構造を示す細粒斑晶質安山岩溶岩が滑らかな滝をつくっている。この流理のある溶岩は、風祭の滝の溶岩を覆うものと考えられる。

風祭の滝の礫層

滝の場所は、風祭の国立療養所の北西約100 mで、国立療養所から北西に入る小さな沢の奥深く入った海拔約80 mの地点である(図2)。崖幅15 m、高さ約11 mの崖に幅3.5 mの滝が崖の右端にかかっている(図3)。滝は、溶岩の表面から落ちており、溶岩流に覆われて礫層がある。崖の上部約7 mが、溶岩であり、崖の下部2.8 m以上が礫層である。

礫層と溶岩との境界は、現在の早川の河床より約40 m高い位置にある。風祭の滝の礫層の上に分布す



図3. 風祭の滝.

る溶岩は、斑晶質の普通輝石紫蘇輝石安山岩であり、滝より数10 m上流の滑らかな滝を作っている溶岩は、滝の溶岩の上位の溶岩と思われるが、微晶質で珪酸分を59.9%含んでいる(表1)。

表1. 湯本-風祭付近の箱根火山溶岩の分析値(分析者 今永 勇)

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
地点	紹太寺しだれ桜	風祭宝泉寺	風祭宝泉寺	風祭滑沢滝	風祭富士山	旧温泉研裏	太閤橋南	玉だれの滝	阿弥陀寺380m	屏風山甘酒茶屋
SiO ₂	60.64	55.11	54.93	59.85	55.23	56.00	57.19	56.18	51.69	66.68
TiO ₂	1.11	0.97	0.97	0.83	1.01	0.84	1.14	0.86	0.71	0.76
Al ₂ O ₃	15.03	17.81	17.55	17.51	19.72	19.60	16.32	17.16	21.35	15.35
FeO	10.03	10.29	10.17	7.74	8.79	8.10	10.35	9.42	9.23	5.54
MnO	0.17	0.15	0.16	0.15	0.13	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15
MgO	2.41	4.14	4.23	2.10	2.66	2.24	2.85	4.13	4.15	1.24
CaO	6.43	9.11	9.50	7.26	9.85	8.92	7.79	8.67	9.58	4.39
Na ₂ O	3.53	2.32	2.38	3.48	2.76	3.05	3.05	2.85	2.87	4.41
K ₂ O	0.74	0.52	0.53	0.76	0.60	0.52	0.78	0.44	0.47	0.86
P ₂ O ₅	0.14	0.10	0.10	0.14	0.13	0.12	0.15	0.09	0.05	0.17
TOTAL	100.20	100.50	100.50	99.82	100.90	99.51	99.79	99.94	100.30	99.55

今回発見した風祭の滝の礫層は、礫層と溶岩との境界が海拔約84 mである。礫層は、滝の下部に現れていて厚さ2.8 m以上。礫は最大径が1.2 mで、1 m大の亜角礫と3 cm大以下の円礫の集合である。1 m大から50 cm大の亜角礫と30 cm以下の円礫が偏在していて、巨礫が上部に集まり、大・中礫が下部に集まっている(図4)。礫は、古期外輪山の安山岩礫で、礫と礫が接し、基質はスコリア質粗砂-細砂で水平にラミナがある。礫層を溶岩流が覆っていて、溶岩層は見かけ上ほぼ水平に堆積している。溶岩層は、縦に節理が生じ溶岩の下部にクリンカーを生じている。



図4. 風祭の滝礫層と礫層を覆う溶岩.

早川沿岸の溶岩

湯本より下流には、右岸に新期外輪山溶岩がつくる平坦面が在り、左岸にはこれが認められていない(Kuno, 1950)。しかし下流側から上流を遠くから眺めると左岸の山の斜面200 mから300 mに同じような平坦面が狭いが観察できる(図5)。

風祭の滝周辺の箱根火山溶岩を全岩分析し採集地点と分析値を表1と図2・図6に示した。入生田太閤橋の林道の溶岩(NO.7)は、珪酸分57.19%の斑晶の少ない安山岩で板状に薄く剥げる流理構造がある。この溶岩は、Kuno(1950)により新期外輪山溶岩とされたものである。箱根屏風山の甘酒茶屋の新期外輪山溶岩(NO.10)は板状に剥げる流理構造が良く似ているが、こちらは珪酸分66.68%の斑晶の少ないデイサイトである。早川の左岸紹太寺のしだれ桜の北側に現れる溶岩(NO.1)は、斑晶の少ない珪酸分60.64%の安山岩溶岩である。風祭の滝の上流の滑り滝の溶岩(NO.4)は、珪酸分59.85%の安山岩で斑晶の少ない安山岩であり、一部薄く剥げる流理構造を示す。湯本玉簾の滝の新期外輪山溶岩とされている溶岩(NO.8)は、珪酸分56.18%を示す斑晶質普通輝石紫蘇輝石安山岩である。入生田の旧温泉地学研究所



図5. 早川谷の上流を見た遠景、右岸側の新期外輪山溶岩の平坦面と同じような平坦面が左岸にも認められる。

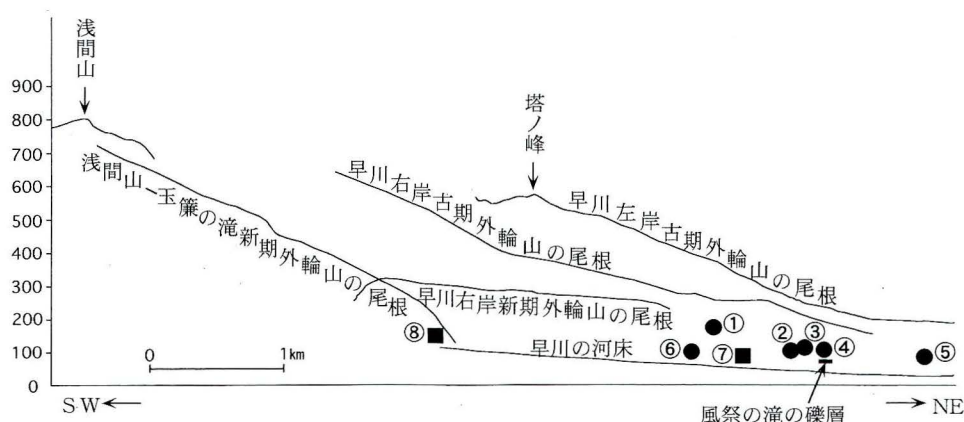


図6. 早川両岸の尾根地形をNE-SW方向の垂直面に投影した図。

裏の溶岩(NO.6)は珪酸分56%の安山岩，風祭宝泉寺の溶岩(NO.2,3)は珪酸分55%前後の安山岩，風祭の富士山の溶岩(NO.5)は，珪酸分55.23%の安山岩で，これらは斑晶質普通輝石紫蘇輝石安山岩で成分的に玉簾の滝の安山岩に近い。早川沿岸のこれら溶岩の分析値をAFMダイアグラムにプロットすると，倉沢（1968）による古期外輪山溶岩の区域に入る（図7）。またハーカー・ダイアグラム(SiO_2 - P_2O_5)にプロットすると，珪酸分55-61%， P_2O_5 約0.1-0.15%の範囲にあり，これは萬年ほか（2002）の古期外輪山溶岩の区域に入る（図8）。以上，Kuno(1950)の新时期外輪山溶岩(表1のNO.7, 8)を含む早川沿岸の溶岩を化学組成から新时期外輪山溶岩と古期外輪山溶岩に区分することは難しい。

早川の形成史

箱根火山は，二重のカルデラからできている三重式火山である。カルデラができる度にカルデラ内に水が溜まり，カルデラ湖が形成され，カルデラ壁からあふれ出た水は，外輪山を浸食して溪谷を作った。Kuno(1950)，町田(1977)，袴田(1993)，平田(1999)，小林(1999)等の研究をもとに早川の形成史を六期に分けて記すと次のようになる。

第一期：箱根火山の活動の初期は，成層火山をつくり，成層火山の斜面に幾つかの谷川が形成されていた。

第二期：初期の成層火山は，大規

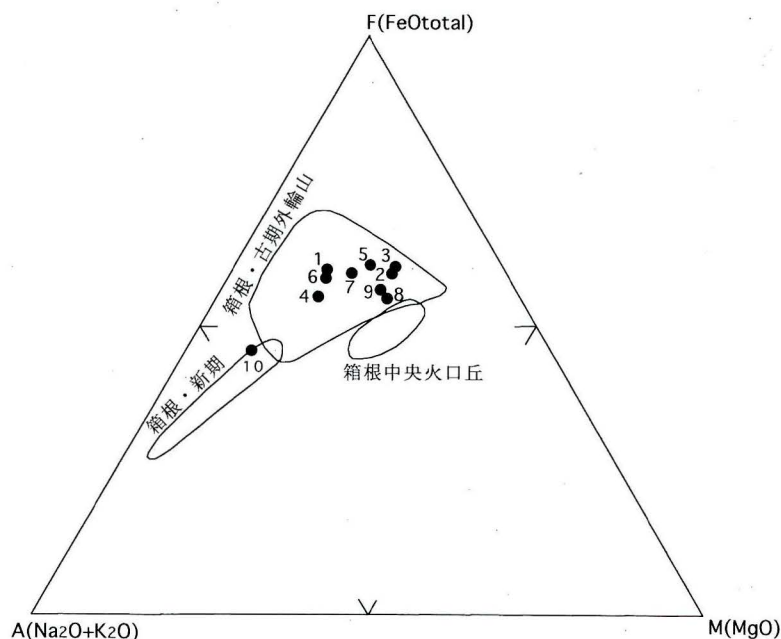


図7. AFMダイアグラム（数字はサンプル番号を示す）。

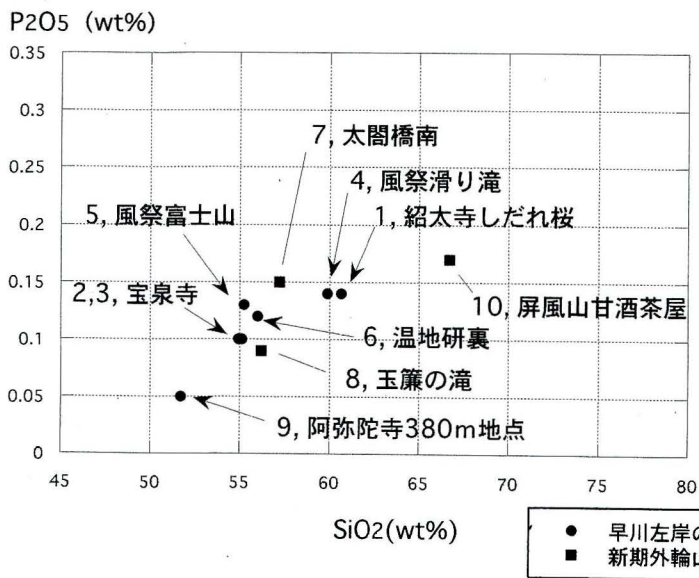


図8. ハーカー・ダイアグラム (SiO_2 - P_2O_5)。

模な軽石噴火により、山頂部が陥没あるいは崩壊して古期カルデラを形成した。カルデラ内に湖水が貯まり、やがてカルデラ壁の低まりからカルデラ外に溢れ出して谷川を形成した。溢れ出した川が、古早川となった。

第三期：カルデラ内にカルデラを埋めるように新期外輪山の元になった盾状火山が形成された。この火山の溶岩流が古早川の谷を流下して風祭付近まで埋め立てた。この活動は、古期外輪山を埋めてしまうほど多量の溶岩を流出するに至らず、古早川の谷は、埋められて浅くなった谷として残された。

第四期：次にカルデラ内の盾状火山が大規模な軽石噴火を起こし、盾状火山の中央部が陥没して古期カルデラより小規模な新期カルデラが形成された。この噴火時の軽石流は、早川の谷では、風祭付近に堆積した。新期カルデラ内に湖水が貯まり、湖水が溢れ出し新期外輪山溶岩と古期外輪山溶岩との境界部を浸食して再び早川溪谷を形成した。

第五期：新期カルデラ内に中央火口丘の火山群が活動し、中央火口丘活動初期の山体崩壊による土石流が、早川の谷を埋めたほか大平台、宮ノ下の平坦面を形成した。

第六期：谷は、下刻されて現在の深さの早川溪谷が形成され、湯本より下流には砂礫が堆積して谷底平野が形成された。

風祭の滝礫層の形成

早川の風祭付近の古期外輪山溶岩の基底の高度は、風祭の温泉ボーリングによると海面下であり(Kuno et. al.,1970; 久野原著, 1972), 風祭の滝の礫層の海拔高度約 80 mは、古期外輪山溶岩の基底の高度より高い。風祭の滝の礫層は、古期外輪山溶岩上を流れた川の堆積物であった可能性が大である。

早川の左岸の斜面に 200 mから 300 mの平坦な地形面が認められ、この面が新期外輪山溶岩のつくる平坦面である可能性が考えられる。そして全岩分析値からは、風祭の滝礫層をおおう溶岩流が新期外輪山溶岩である可能性が考えられる。

風祭の滝は、約 80 mの位置にあり、早川の現河床との高度差は、約 40 mである。また湯本の玉簾の滝は、高度約 160 mであり、現早川河床との差は、約 40 mである。玉簾の滝の礫層と風祭の滝の礫層は、礫種、堆積状態が似ており、且つ現河床からの高度差、溶岩に覆われている状態が似ていることから両礫層が同時代の堆積である可能性が考えられる。時代が同じだとすれば、古早川の河川勾配が現河床の勾配とほとんど変わらないことになる。早川右岸の新期外輪山溶岩の平坦な地形面の勾配とも良く似ている(図6)。

風祭の滝の礫層は、前述の早川形成史における第一期の土石流堆積物である可能性も否定できないが、第二期の終わりに堆積した土石流堆積物であり、当時の河川勾配が現在に近い傾斜であった可能性が大であると考えられる。

しかし、礫層を覆う溶岩が新期外輪山溶岩だとすると、早川右岸の新期外輪山溶岩の基底の高度と比べて高くなる。早川の谷に沿って断層があり、右岸が沈降したと考えないと説明が付かない。

また風祭の滝の礫層の位置が谷の斜面の奥にあることから古早川の流れは、真っ直ぐに北東に、水之尾から荻窪方面に向いていた可能性も考えられ、今後この方面のボーリング資料などの検討が必要である。

おわりに

溶岩の全岩分析は、東京大学海洋研究所の XRF を使用した。使用を許可いただいた同研究所、指導いただいた石井輝秋博士に謝意を表す。

文 献

- 天野 宏, 1971. 箱根旧東海道を探る. 神奈川県地学のガイド, pp.19-27. 森重出版, 東京.
- 袴田和夫, 1993. 箱根火山探訪. 189pp. 神奈川新聞社, 横浜.
- 平田由紀子・袴田和夫, 1991. 箱根線No.391-No.447地域環境事前調査委託報告書. 40pp. 東京電力株式会社松田工務所東電設計株式会社.
- 平田由紀子, 1999. 箱根火山発達史. 神奈川県調査研究報告書(自然), (9): 153-178.
- 小林 淳, 1999. 箱根火山最近5万年間のテフラ層序と噴火史. 第四紀研究, **38**(4): 327-342.
- 久野 久原著, 1972. 箱根火山地質説明書. 箱根火山地質図再版委員会.
- Kuno, H., 1950. Geology of Hakone volcano and adjacent areas. Part 1,2, Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2, 257-273, 351-402.
- Kuno, H. Oki, Y. Ogino, K. and Hiota, S., 1970. Structure of Hakone caldera as revealed by drilling. Bull. Volcanol., **34**: 713-725.
- 倉沢 一, 1968. フォッサマグナ地域の火山岩. フォッサ・マグナ, p118-133.
- 町田 洋, 1977. 火山灰は語る. 324pp. 蒼樹書房, 東京.
- 萬年一剛・内藤昌平・高橋正樹, 2002. 箱根町笛塚・温泉村 131 号温泉井の地質について. 神奈川県温泉地学研究所報告, **34**: 1-8.

(今永：神奈川県立生命の星・地球博物館, 生命の星・地球博物館岩石ボランティアグループ：赤野 清, 匹田百合子, 今永玲子, 木野晴美, 小梶隆三, 三浦正紀, 杉本誠史, 浅見浩平, 深沢良子, 永井たまき, 野村平二, 新藤誠一郎, 萩原隆平, 石渡圭子, 櫻井武, 富田道江)