

対馬の火成岩類のフィッション・ トラック年代 (Ⅱ)*

高橋 清・林 正雄**

(昭和61年10月22日受理)

Fission track ages of igneous rocks from Tsushima Islands (Ⅱ)

Kiyoshi TAKAHASHI and Masao HAYASHI

Abstract

Five samples of plagiophyre, rhyolite, and "tuff" from Tsushima Islands were examined by the fission track method. Their fission track ages are as follows.

"Tuff" (Mentenna-Ura: sample no. H-343)	20.1 ± 1.2 Ma.
Plagiophyre (Mentenna-Ura: sample no. H-344)	16.9 ± 1.0 Ma.
"Tuff" (Ichikura-Saka: sample no. H-345)	18.7 ± 1.2 Ma.
"Tuff" (Dosaka: sample no. H-348)	30.5 ± 2.5 Ma.
Rhyolite (Otedo: sample no. H-351)	14.8 ± 0.8 Ma.

I. ま え が き

前回の対馬の火成岩類のフィッション・トラック年代(I) (高橋・林, 1985) に続き, 対州層群中の主要な火山碎屑岩層の延長部の3試料, 斜長斑岩の1試料および流紋岩の1試料についてフィッション・トラック年代測定を行ったので, その結果について報告する。

II. 採集火成岩類

対州層群中の火山碎屑岩 (斜長石火山礫層灰岩～層灰岩) は, 前回の採集地点より, 同層準を南に追跡し, 面天奈浦において1試料を, さらに北に追跡し, 佐賀に至る途中, 一倉坂付近と五根緒の南々西の堂坂付近の地点において, それぞれ1試料を採集した。

斜長斑岩については, 面天奈浦において, 火山碎屑岩と接している貫入岩体から1試料を採集した。

流紋岩については, 東海岸の観音嶽の南方のオテドにおいて1試料を採集した。

その他, 粗粒玄武岩類として, 巖原町椎根の奥にみられる黒雲母角閃石普通輝石微閃緑岩 巖原町日掛一経塚間の変質粗粒玄武岩～角閃石微閃緑岩, 上県町千俵蒔山のカンラン石普通輝石粗粒玄武岩, 上対馬町比田勝北東方の権現山の (カンラン石) 普通輝石石英粗粒玄武岩,

* 日本地質学会西日本支部例会 (1986.6.29, 長崎大学教養部) において発表。

**九州大学生産科学研究所。

比田勝南西方約 3km の浜久須付近の粗粒玄武岩の試料を採集したが、これらの岩石からの年代測定は出来なかった。

フィッシュン・トラック年代測定用の 5 試料の採集地点は次の通りである (第 1 図)。

- a) 斜長石火山礫層灰岩 (試料番号 H-343) : 美津島町面天奈浦。
- b) 斜長斑岩 (試料番号 H-344) : 美津島町面天奈浦。
- c) 斜長石火山礫層灰岩 (試料番号 H-345) : 峰村一倉坂付近。
- d) 斜長石火山礫層灰岩 (試料番号 H-348) : 上対馬町五根緒南々西方堂坂付近。
- e) 流紋岩 (試料番号 H-351) : 豊玉村オテド。

Ⅲ. 年代測定法

今回のフィッシュン・トラック年代は、ジルコンの外部面を用いた外部検出材法 (Suzuki, 1984 の $S2\pi ES-I2\pi ED$ 法) によって測定した。前回 (高橋・林, 1985) の再エッチング個体識別法と異なる点は以下の通りである。

(1) 自発トラックのエッチング温度は 10°C あげて 230°C とした。その結果、自発トラックのエッチング時間は 20~24 時間に短縮された。

(2) 熱中性子線量は、線量既知の標準ガラスに密着させたマイカのトラック密度と、測定試料と共に照射した線量未知の標準ガラス (SRM961a) に密着させたマイカのトラック密度より求めた (Sugiyama et al., 1986)。マイカは 25°C の HF (46%) 中で 30 分間エッチングした。エッチング後、倍率 1,000 倍下で、既知面積中のトラックを 1,000~2,000 個計数し、それぞれのトラック密度を計算した。

(3) 誘発トラックの計数はジルコンに密着させたマイカ上で行った。エッチング条件およびトラックの同定法は、熱中性子線量を求めた場合と同じである。

(4) 前回の精密度係数は各粒子組合せの最高値を用いたが、今回は粒子番号が最後近くになって精密度係数が下がる時には、精密度係数が 50 以下となる手前の値を採用した。その理由は、精密度係数が 50 以上では異質粒子を含む確率が低く、50 以下では高いからである。

Ⅳ. 測定結果

第 1~5 表には、それぞれの測定試料について、粒子番号、自発および誘発トラック数、自発および誘発トラック密度、グリッド数 (測定面積)、各粒子年代、試料年代、精密度係数などを示している。例えば、第 3 表では、試料番号 25 行の 17.76Ma は No.1~25 の統計的な平均年代であり、 $PI=48$ はその精密度係数である。この試料では、精密度係数 70 を有する No.1~28 を本質粒子群とみなし、アンダーラインを施した 18.69Ma がその試料年代を表している。なお、※印を付けた No.29 は統計的に異質粒子とみなされるので、年代計算から除外している。

第 2~6 図は、それぞれの測定試料について、粒子年代の期待値と観測値のヒストグラムを比較したものである。粒子年代の期待されるヒストグラムとは、計数された各粒子の自発および誘発トラック数から統計的に予測される。母集団がもつ粒子年代の頻度分布である (林・藤井, 1985)。期待値と観測値が完全に一致すれば精密度係数は 100 となり、まったく一致しなければ 0 となる。なお、異質粒子を含まない粒子を無限回年代測定をすれば、精密度係数の密度係数の密度分布はコンスタントになる。つまり、同じ試料について 1,000 回測定したと仮定すれば、100, 99, 98, …… 2, 1, 0 の各精密度係数をもつデータがそれぞれ 10 データずつ得られる。

H-343 の斜長石火山礫層灰岩は、肉眼的に本質粒子と推定されるジルコンが極端に少なく、

18粒子の年代が得られただけである。さらに、粒子1~17と1~18の組合せは、精密度係数が22と14と小さいので、統計的に異質粒子と推定される。本質粒子とみなされる1~16の計数データからは $20.1 \pm 1.2 \text{Ma}$ が得られた。測定粒子数が少ないので、第2図では観測値のヒストグラムがやや単調になっているが、期待値との対応はかなりよいと言える。したがって、得られた年代は、この層灰岩の生成年代を示しているか、あるいは、何らかの火山活動の年代を表していると考えられる。

H-344の斜長斑岩は、多くのジルコンが得られ、39粒子を測定した。各粒子数年代は10~36Ma間で連続しており、全粒子の精密度係数も77と高い。すべての計数データから得られた年代は $16.9 \pm 1.0 \text{Ma}$ である。第3図においても、粒子年代の期待値と観測値の一致は非常によい。

H-345の斜長石火山礫層灰岩は、29粒子測定し、最後の粒子において精密度係数が極端に小さくなる。したがって、No.29のデータを除いて、1~28の計数データから $18.7 \pm 1.2 \text{Ma}$ を得た。第4図では13.8~18.4Ma間で観測値がかなり高く、18.4~23.0Ma間で期待値がかなり高いが、その他の区間では両者はほとんど一致している。H-343の層灰岩と同様に、得られた年代はある意味を有していると考えられる。

H-348の斜長石層灰岩は、肉眼的に本質粒子とみなされるジルコンの含有量が極端に少なく、16粒子しか測定できなかった。しかも、No.12以下は粒子年代が古く、それぞれの精密度係数も非常に小さいので、少なくとも2種類の起源を持つジルコンが混合していると思われる。若い粒子群11粒子の試料年代は $30.5 \pm 2.5 \text{Ma}$ であるが、この値の信頼性は低いであろう。また、第5図では、期待値と観測値との間にかなりの差異が認められる。

H-351の流紋岩は、35粒子について測定を行った。粒子年代は5~26Ma間を幅広く変化するが、すべての粒子群が与える精密度係数はかなり高く、60である。したがって、全計数データを用いて試料年代を求め、 $14.8 \pm 0.8 \text{Ma}$ を得た。第6図では、7.2~10.8Maと14.4~18.0Ma間で観測値が多く、10.8~14.4Ma間で観測値がかなり低い。

前回のフィッション・トラック年代測定結果(高橋・林, 1985)では、対州層群の堆積時の火山碎屑岩は $20.30 \times 1.50 \text{Ma}$ で、中新世前期となり、貫入火成岩類中最も古いと考えられる斜長斑岩は $18.70 \pm 1.03 \text{Ma}$ で、これも中新世前期となる。花崗岩は $14.90 \pm 0.77 \text{Ma}$ 、石英斑岩は $14.20 \pm 0.74 \text{Ma}$ で、両者とも大体中新世前・中期にまたがる時代であるとみなされる。しかし、対州層群の下部層上位より上位に来る全層が、動物化石群により芦屋層群相当層と考えられ、また、芦屋層群自身は漸新世であるとの見解が多い。そうであるとすれば、火山碎屑岩のフィッション・トラック年代の数値が小さ過ぎると言うことになる。

今回の火山碎屑岩の3試料についてのフィッション・トラック年代は $30.5 \pm 2.5 \text{Ma}$ から $18.7 \pm 1.2 \text{Ma}$ までに数値がばらついていて、信頼性に乏しい。むしろ、H-348の試料の年代値が漸新世を示し、よく符号するが、ジルコンとしては信頼性に乏しいと云う。斜長斑岩の $16.9 \pm 1.0 \text{Ma}$ は、大体前回の時代と調和しており、今回初めての流紋岩は、 $14.8 \pm 0.8 \text{Ma}$ で、中新世前期末頃となる。これら貫入火成岩類は前回の火成岩類の年代とその数値は調和的である。

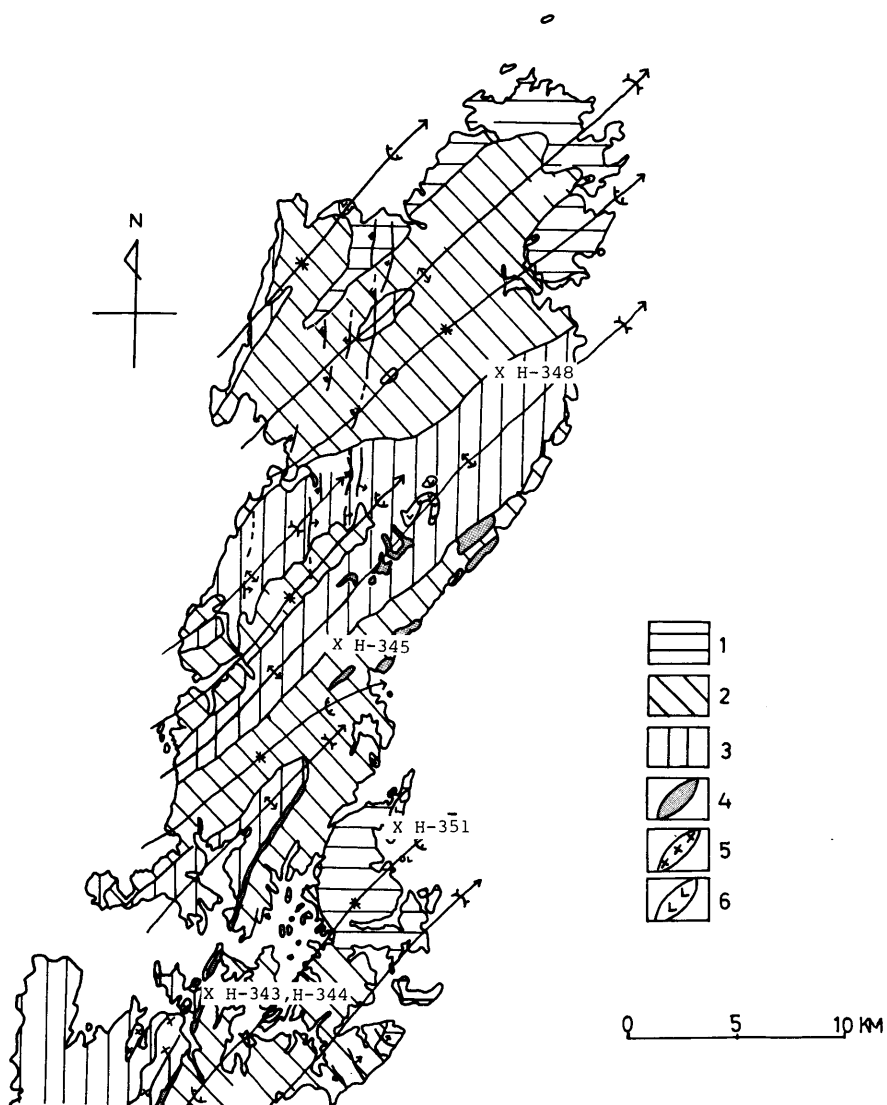


Fig. 1. Localities (X) of the examined igneous rocks in the northern and middle areas of Tsushima Island.

- 1: Upper formation of the Taishu Group.
- 2: Middle formation of the Taishu Group.
- 3: Lower formation of the Taishu Group.
- 4: Plagiophyre
- 5: Quartz porphyry
- 6: Rhyolite

Table 1. Fission track dating data for zircon of "tuff" (H-343) from Tsushima Islands, Nagasaki.

No.	Ns	Ni	Ds	Di	Grid	GA(Ma)	Age(Ma)	PI
1	5	18	0.46	1.64	8	5.72	--	--
2	3	7	0.37	0.85	6	10.30	--	--
3	4	9	0.49	1.09	6	10.68	--	--
4	3	6	0.73	1.46	3	12.01	--	--
5	14	26	0.49	0.90	21	12.93	--	--
6	14	21	0.68	1.02	15	16.01	--	--
7	23	31	0.80	1.08	21	17.81	--	--
8	16	21	1.30	1.70	9	18.29	--	--
9	27	33	1.09	1.34	18	19.64	15.22	52
10	16	18	1.30	1.46	9	21.33	15.80	72
11	28	30	1.14	1.22	18	22.40	16.70	66
12	23	21	0.93	0.85	18	26.28	17.53	83
13	8	7	0.97	0.85	6	27.42	17.81	89
14	31	25	1.51	1.22	15	29.75	18.91	90
15	27	20	1.09	0.81	18	32.38	19.83	85
16	7	5	1.28	0.91	4	33.57	<u>20.06</u>	<u>59</u>
17*	17	11	1.03	0.67	12	37.05	<u>20.67</u>	<u>22</u>
18*	14	9	0.85	0.55	12	37.29	21.13	14

Note: Age and standard error (20.06 ± 1.18) Ma are calculated using the data of grain numbers without an asterisk. Ns = number of spontaneous tracks, Ni = number of induced tracks, Ds = spontaneous track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 0.93 ± 0.06), Di = induced track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 1.12 ± 0.06), One grid = 1.69×10^{-6} sq. cm, GA = grain age, Age = age calculated using the data from grain No.1 to each grain No., PI = precision index (Hayashi & Fujii, 1985), thermal neutron fluence and standard error = $(4.00 \pm 0.11) \times 10^{14}$.

Table 2. Fission track dating data for zircon of plagiophyre (H-344) from Tsushima Islands, Nagasaki.

No.	Ns	Ni	Ds	Di	Grid	GA(Ma)	Age(Ma)	PI
1	15	37	0.91	2.25	12	9.74	--	--
2	5	12	0.61	1.46	6	10.01	--	--
3	19	45	0.77	1.82	18	10.14	--	--
4	21	45	0.77	1.64	20	11.21	--	--
5	8	17	0.58	1.24	10	11.30	--	--
6	12	25	0.58	1.22	15	11.53	--	--
7	8	16	0.73	1.46	8	12.01	--	--
8	12	24	0.73	1.46	12	12.01	--	--
9	22	42	0.80	1.53	20	12.58	--	--
10	12	21	0.73	1.28	12	13.72	--	--
11	15	26	0.73	1.27	15	13.86	--	--
12	7	12	0.85	1.46	6	14.01	--	--
13	19	32	0.77	1.30	18	14.26	--	--
14	16	26	0.83	1.36	14	14.78	--	--
15	5	8	0.91	1.46	4	15.01	--	--
16	20	31	0.70	1.08	21	15.49	--	--
17	26	40	0.90	1.39	21	15.61	--	--
18	4	6	0.73	1.09	4	16.01	--	--
19	24	36	1.46	2.19	12	16.01	--	--
20	15	21	0.91	1.28	12	17.15	--	--
21	5	7	1.22	1.70	3	17.15	--	--
22	8	11	1.46	2.01	4	17.46	--	--
23	19	26	0.77	1.05	18	17.54	--	--
24	14	19	0.85	1.16	12	17.69	--	--
25	22	29	0.80	1.06	20	18.21	--	--
26	7	9	1.70	2.19	3	18.67	--	--
27	33	42	1.15	1.46	21	18.86	--	--
28	16	20	0.97	1.22	12	19.21	--	--
29	31	37	1.41	1.69	16	20.11	--	--
30	12	14	0.58	0.68	15	20.57	--	--
31	21	23	1.28	1.40	12	21.92	--	--
32	12	13	0.88	0.95	10	22.16	--	--
33	9	9	1.09	1.09	6	24.00	15.19	68
34	32	31	1.46	1.41	16	24.77	15.56	90
35	28	24	1.28	1.09	16	27.99	15.91	96
36	21	18	1.02	0.88	15	27.99	16.16	94
37	12	10	1.25	1.04	7	28.78	16.31	99
38	11	8	0.89	0.65	9	32.97	16.46	99
39	27	18	1.97	1.31	10	35.96	16.86	77

Note: Age and standard error (16.86 ± 1.00) Ma are calculated using the data of grain numbers without an asterisk. Ns = number of spontaneous tracks, Ni = number of induced tracks, Ds = spontaneous track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 0.941 ± 0.038), Di = induced track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 1.34 ± 0.05), One grid = 1.69×10^{-6} sq. cm, GA = grain age, Age = age calculated using the data from grain No.1 to each grain No., PI = precision index (Hayashi & Fujii, 1985), thermal neutron fluence and standard error = $(4.00 \pm 0.11) \times 10^{14}$.

Table 3. Fission track dating data for zircon of "tuff" (H-345) from Tsushima Islands, Nagasaki.

No.	Ns	Ni	Ds	Di	Grid	GA(Ma)	Age(Ma)	PI
1	15	33	0.55	1.20	20	10.92	--	--
2	8	15	0.65	1.22	9	12.81	--	--
3	12	22	0.49	0.89	18	13.10	--	--
4	19	34	0.77	1.38	18	13.42	--	--
5	10	17	0.91	1.55	8	14.13	--	--
6	38	63	0.99	1.64	28	14.48	--	--
7	8	13	1.17	1.90	5	14.78	--	--
8	8	13	1.17	1.90	5	14.78	--	--
9	8	13	1.17	1.90	5	14.78	--	--
10	18	28	0.82	1.28	16	15.43	--	--
11	18	28	0.82	1.28	16	15.43	9.98	--
12	19	29	0.77	1.18	18	15.73	10.78	--
13	19	29	0.77	1.18	18	15.73	10.92	--
14	12	17	0.88	1.24	10	16.95	11.25	--
15	12	17	0.73	1.03	12	16.95	11.55	--
16	12	17	0.88	1.24	10	16.95	11.76	--
17	52	65	1.58	1.98	24	19.21	12.72	--
18	52	65	1.58	1.98	24	19.21	13.46	--
19	12	15	0.73	0.91	12	19.21	14.20	--
20	10	12	0.91	1.09	8	20.00	15.95	13
21	18	21	0.82	0.96	16	20.57	16.12	15
22	35	35	1.82	1.82	14	24.00	16.58	34
23	35	35	1.82	1.82	14	24.00	16.99	50
24	35	31	2.84	2.51	9	27.09	17.46	54
25	24	21	1.46	1.28	12	27.42	17.76	48
26	38	32	0.99	0.83	28	28.49	18.24	66
27	19	14	0.77	0.57	18	32.55	18.51	75
28	11	7	1.34	0.85	6	37.67	18.69	70
29*	35	22	1.82	1.15	14	38.14	19.26	15

Note: Age and standard error (18.69± 1.16) Ma are calculated using the data of grain numbers without an asterisk. Ns = number of spontaneous tracks, Ni = number of induced tracks, Ds = spontaneous track density (x10E+6) per sq. cm (av. 1.050 ± 0.044), Di = induced track density (x10E+6) per sq. cm (av. 1.35 ± 0.05), One grid = 1.69x10E-6 sq. cm, GA = grain age, Age = age calculated using the data from grain No.1 to each grain No., PI = precision index (Hayashi & Fujii, 1985), thermal neutron fluence and standard error = (4.00 ± 0.11)x10E+14.

Table 4. Fission track dating data for zircon of "tuff" (H-348) from Tsushima Islands, Nagasaki.

No.	Ns	Ni	Ds	Di	Grid	GA(Ma)	Age(Ma)	PI
1	11	21	1.30	2.49	5	12.58	--	--
2	26	46	1.03	1.81	15	13.57	--	--
3	20	24	1.18	1.42	10	20.00	--	--
4	35	35	1.38	1.38	15	24.00	--	--
5	16	16	0.63	0.63	15	24.00	--	--
6	59	54	2.49	2.28	14	26.22	--	--
7	49	40	1.93	1.58	15	29.38	--	--
8	30	23	3.55	2.72	5	31.28	26.12	70
9	54	41	1.60	1.21	20	31.59	27.08	87
10	56	33	3.31	1.95	10	40.67	28.77	77
11	57	30	6.75	3.55	5	45.52	30.47	60
12*	34	17	4.02	2.01	5	47.91	31.42	14
13*	109	54	3.22	1.60	20	48.35	33.91	2
14*	54	24	3.20	1.42	10	53.87	35.14	6
15*	59	16	6.98	1.89	5	88.06	37.23	0
16*	41	10	2.43	0.59	10	97.84	38.69	0

Note: Age and standard error (30.47 ± 2.52) Ma are calculated using the data of grain numbers without an asterisk. Ns = number of spontaneous tracks, Ni = number of induced tracks, Ds = spontaneous track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 2.12 ± 0.11), Di = induced track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 1.91 ± 0.10), One grid = 1.69×10^{-6} sq. cm, GA = grain age, Age = age calculated using the data from grain No.1 to each grain No., PI = precision index (Hayashi & Fujii, 1985), thermal neutron fluence and standard error = $(4.00 \pm 0.18) \times 10^{14}$.

Table 5. Fission track dating data for zircon of rhyolite (H-351) from Tsushima Islands, Nagasaki.

No.	Ns	Ni	Ds	Di	Grid	GA(Ma)	Age(Ma)	PI
1	5	25	0.59	2.96	5	4.80	--	--
2	11	41	0.65	2.43	10	6.44	--	--
3	7	19	0.69	1.87	6	8.85	--	--
4	6	16	8.88	2.37	4	9.01	--	--
5	18	45	1.18	2.96	9	9.61	--	--
6	27	65	1.07	2.56	15	9.98	--	--
7	20	48	1.48	3.55	8	10.01	--	--
8	23	55	1.36	3.25	10	10.04	--	--
9	28	62	0.92	2.04	18	10.85	--	--
10	15	33	2.22	4.88	4	10.92	--	--
11	11	24	1.63	3.55	4	11.01	--	--
12	19	40	2.81	5.92	4	11.41	--	--
13	20	41	1.31	2.70	9	11.71	--	--
14	12	22	1.78	3.25	4	13.10	--	--
15	33	57	1.30	2.25	15	13.91	--	--
16	23	39	1.36	2.31	10	14.16	--	--
17	40	63	1.97	3.11	12	15.24	--	--
18	14	22	2.07	3.25	4	15.28	--	--
19	63	98	2.49	3.87	15	15.43	--	--
20	9	14	1.78	2.76	3	15.43	--	--
21	45	69	1.90	2.92	14	15.66	--	--
22	33	49	1.95	2.90	10	16.17	--	--
23	27	40	1.60	2.37	10	16.21	--	--
24	23	34	0.97	1.44	14	16.24	--	--
25	15	22	1.78	2.60	5	16.37	--	--
26	24	35	1.58	2.30	9	16.46	--	--
27	15	21	0.99	1.38	9	17.15	--	--
28	23	31	2.27	3.06	6	17.81	--	--
29	43	57	1.82	2.41	14	18.11	--	--
30	20	24	1.97	2.37	6	20.00	--	--
31	10	12	1.48	1.78	4	20.00	--	--
32	22	23	1.63	1.70	8	22.96	14.00	62
33	52	54	3.42	3.55	9	23.11	14.40	61
34	22	21	4.34	4.14	3	25.14	14.58	45
35	32	30	2.10	1.97	9	25.59	14.84	60

Note: Age and standard error (14.81 ± 0.79) Ma are calculated using the data of grain numbers without an asterisk. Ns = number of spontaneous tracks, Ni = number of induced tracks, Ds = spontaneous track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 2.04 ± 0.07), Di = induced track density ($\times 10^6$) per sq. cm (av. 3.30 ± 0.09), One grid = 1.69×10^{-6} sq. cm, GA = grain age, Age = age calculated using the data from grain No.1 to each grain No., PI = precision index (Hayashi & Fujii, 1985), thermal neutron fluence and standard error = $(4.00 \pm 0.11) \times 10^{14}$.

Table 6. Fission track ages of zircon of igneous rocks from Tsushima Islands.

sample	spontaneous track density ($\times 10^6/\text{cm}^2$)	induced track density ($\times 10^6/\text{cm}^2$)	neutron fluence ($\times 10^{14}$)	number of grains ¹	precision index ²	age and standard error (Ma)
H-343	0.93 ± 0.06	1.12 ± 0.06	4.00 ± 0.11	16/18	59	20.1 ± 1.2
H-344	0.94 ± 0.04	1.34 ± 0.05	4.00 ± 0.11	39/39	77	16.9 ± 1.0
H-345	1.05 ± 0.04	1.35 ± 0.05	4.00 ± 0.11	28/29	70	18.7 ± 1.2
H-348	2.12 ± 0.11	1.91 ± 0.10	4.00 ± 0.11	11/16	60	30.5 ± 2.5
H-351	2.04 ± 0.07	3.30 ± 0.09	4.00 ± 0.11	35/35	60	14.8 ± 0.8

(1) The number of grains used for age calculation / the number of grains dated.

(2) The precision index (Hayashi and Fujii, 1985) is desirable to be higher than 50.

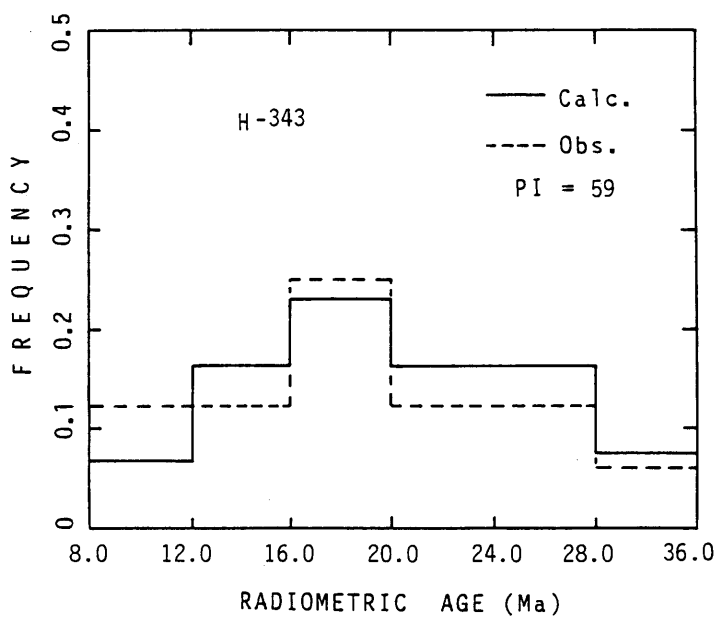


Fig. 2. Expected and actual age histograms for zircon grains of tuff (H-343) from Tsushima Islands, Nagasaki.

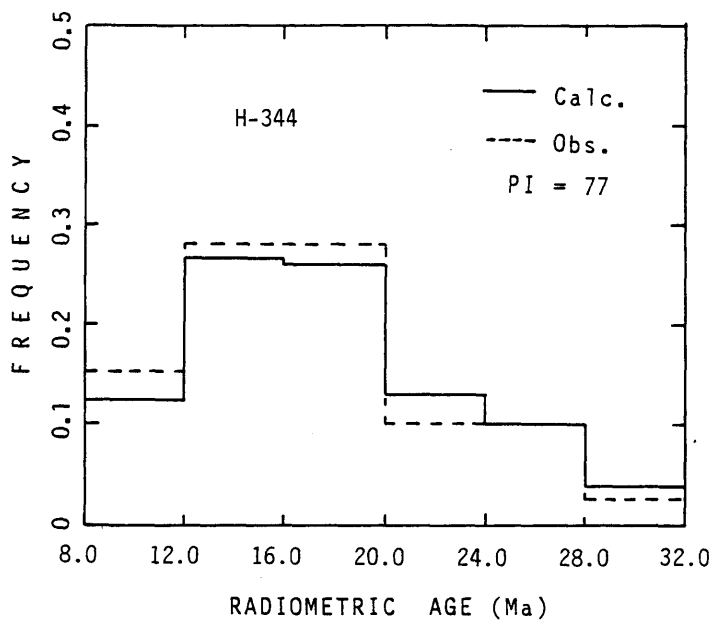


Fig. 3. Expected and actual age histograms for zircon grains of plagiophyre (H-344) from Tsushima Islands, Nagasaki.

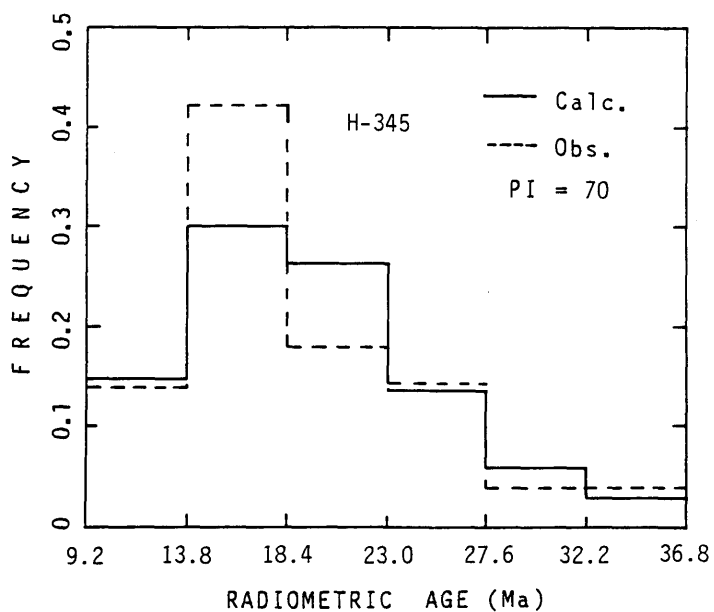


Fig. 4. Expected and actual age histograms for zircon grains of tuff (H-345) from Tsushima Islands, Nagasaki.

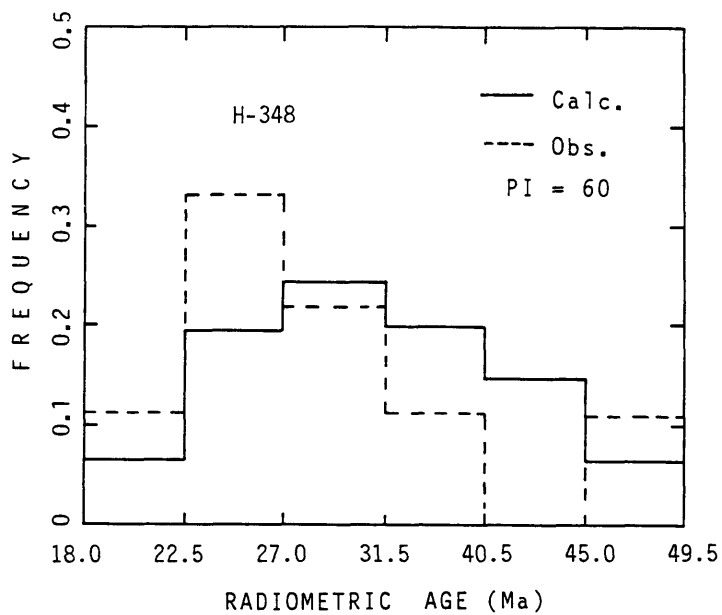


Fig. 5. Expected and actual age histograms for zircon grains of tuff (H-348) from Tsushima Islands, Nagasaki.

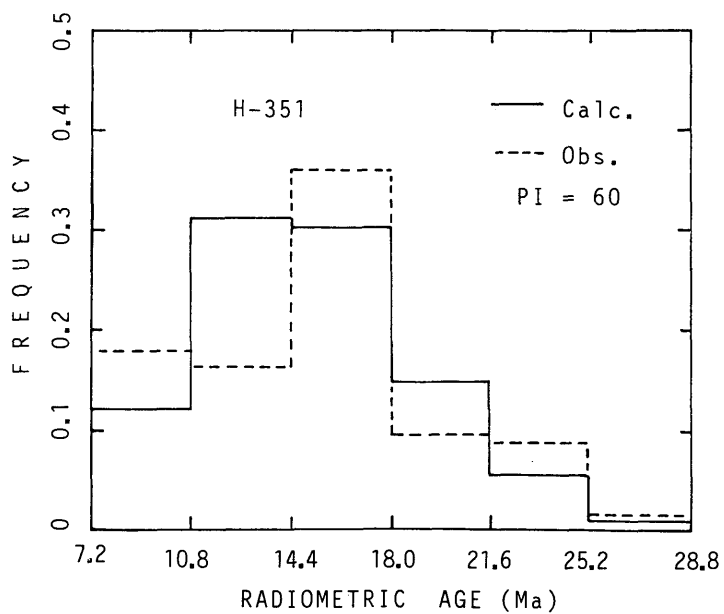


Fig. 6. Expected and actual age histograms for zircon grains of rhyolite (H-351) from Tsushima Islands, Nagasaki.

文 献

- 林 正雄・藤井 誠 (1985) : Grain by grain 法による年代測定データから異質粒子を推定する統計的手法. 地質雑, 91, 403-409.
- Sugiyama, H., Hayashi, M. and Fujino, T. (1986) : Fission track age of the Unzen volcanic rocks in Western Kyushu, Japan. Bull. Volcanol. Soc. Japan, ser. 2, 31, (10月出版予定).
- Suzuki, M. (1984) : Discussion on terminology, anisotropy, and interprocedural cross-checks of fission track ages of zircon. Jour. Geol. Soc. Japan, 90, 551-563.
- 高橋 清 (1976) : 対馬の地質. 対馬の生物, 11-19.
- ・西田民雄 (1975) : 対馬上県地域の対州層群下部層の軟体動物化石について, 長崎大学教養部紀要, 自然科学, 15, 15-20, 1 函版.
- ・林 正雄 (1985) : 対馬の火成岩類のフィッション・トラック年代 (I). 長崎大学教養部紀要, 25, 2, 9-19.
- 通産省 (1972-1974) : 広域調査報告書対馬上県地域, (昭和46年度~48年度).