

論文

江津層群・島の星層の FT (フィッション・トラック) 年代

永井 淳也*・山内 靖喜*・大平 寛人*・永島 晴夫**

FT age of the Shimanohoshi Formation of the Gotsu Group in the San-in district, SW Japan.

Jun-ya Nagai*, Seiki Yamauchi*, Hiroto Ohira* and Haruo Nagashima**

Abstract

The Plio-Pleistocene Gotsu Group is widely distributed in the Masuda to Oda districts of the coastal area of Shimane Prefecture. The Gotsu Group in the Hamada area is composed of clay, gravel and interbedded tuffs, and is divided into three formations, the Tsunozu, Shimanohoshi and Murogamiyama Formations, in ascending stratigraphic order. However, stratigraphic correlation between districts is difficult, because the tuffs in each formation are strongly weathered, vary markedly in thickness, and thus are not useful marker beds.

For this study, we carried out fission track dating of several tuffs and pyroclastic samples in the Shimanohoshi and Tsunozu Formations around the Gotsu and Ida areas, to examine the stratigraphy from a geochronological viewpoint. FT ages of zircons from the lower Shimanohoshi Formation were 1.05 to 1.24 Ma, respectively. The FT ages of the Shimanohoshi Formation (about 1.1 to 1.2 Ma) are comparable with previously reported pale magnetic data, which indicate the Jaramillo subchron (0.99~1.07 Ma). FT ages of 1 Ma from four localities in the south previously mapped as Minakami (equivalent to Tsunozu > 1.8 Ma) suggest these are actually Shimanohoshi Formation. Consequently, the distribution of this Formation may extend further south than mapped at present.

In future work, we will measure FT age from a wide area, spanning Masuda to Oda, to establish the Pliocene to Pleistocene stratigraphy of the San-in district.

Key words: Gotsu Group, Shimanohoshi Formation, Fission Track age, Gonokawa River, Jaramillo subchron

はじめに

島根県大田市南部の三瓶山西麓から益田市にかけての日本海沿いの地域には、鮮新-更新統の江津層群が分布する。江津層群は下位から都野津層、島の星層、室神山層からなり(水野, 1996 b), 未~半固結の泥, 砂, 礫からなる標高 250 m 以下の平坦面を構成している。江津層群の主体をなし, 分布範囲が最も広い都野津層は, 基盤の高まりによって幾つかの地域に分かれて分布しており, 本層中には有効な鍵層も見つかっていない。そのため, 地域間の対比は, 海成粘土層の枚数と標高を参考に行われてきた。しかし, 都野津層堆積後の隆起・傾動によって本来何枚の海成粘土層が堆積したのか判断が難しく, 意見が分かれている(大西・調枝, 1970; 宇野, 1978, 1994 など; 水野ほか, 1996 b)。この層序学の問題を解決するためには火山灰層などを鍵層として, 改めて海成粘土層の対比を行う必要がある。

近年, 筆者らはこれまで報告されていない多数の火山灰層をみつけてきた。しかし, これらの火山灰層は有効な鍵層となるような特徴をもたず, 一般に連続性にも乏しい。そのた

め, これら江津層群中に点在する火山灰層の年代学的な対比を行うため, ジルコンを用いた FT 年代の測定を進めてきた。今回は, 江津層群の FT 年代測定を進める中で, 島の星層の年代値が誤差の少ない値で求められたので報告する。

地質概説

大田~浜田地域の江津層群は, 複数枚の海成粘土層を挟む都野津層, 大江高山火山起源のデイサイト礫に特徴付けられる島の星層, 風成砂層からなる室神山層によって構成されている(第 1 図, 第 1 表)。江津層群の主部をなす都野津層は, 層厚 80~100 m, 海成~非海成の泥, 砂, 礫からなり, 起伏に富んだ基盤の低地を埋めるように分布する。都野津層の層序は‘海成粘土層’を基準に組み立てられている。しかし, 本層中には, M1~M4 の 4 枚の海成粘土層があるとされてきたが(大西・調枝, 1970), この他に M2.5 と M3.5 の海成粘土層も認められ, 計 6 枚の海成粘土層が存在するという考えが近年出された(水野ほか, 1994)。いずれの研究においても, これらの海成粘土層中で最も広く, 内陸側に向かって最も深く入り込んで分布する海成粘土層は M4 とされている。

都野津層の下限の年代については, ステゴドンゾウ化石の産出によって 3.0 Ma 頃とする意見(Imamura, 1957)と, 花粉分析(Onishi, 1969; 大西・調枝, 1970; 大西, 1988), 古地

* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

Department of Geoscience, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan

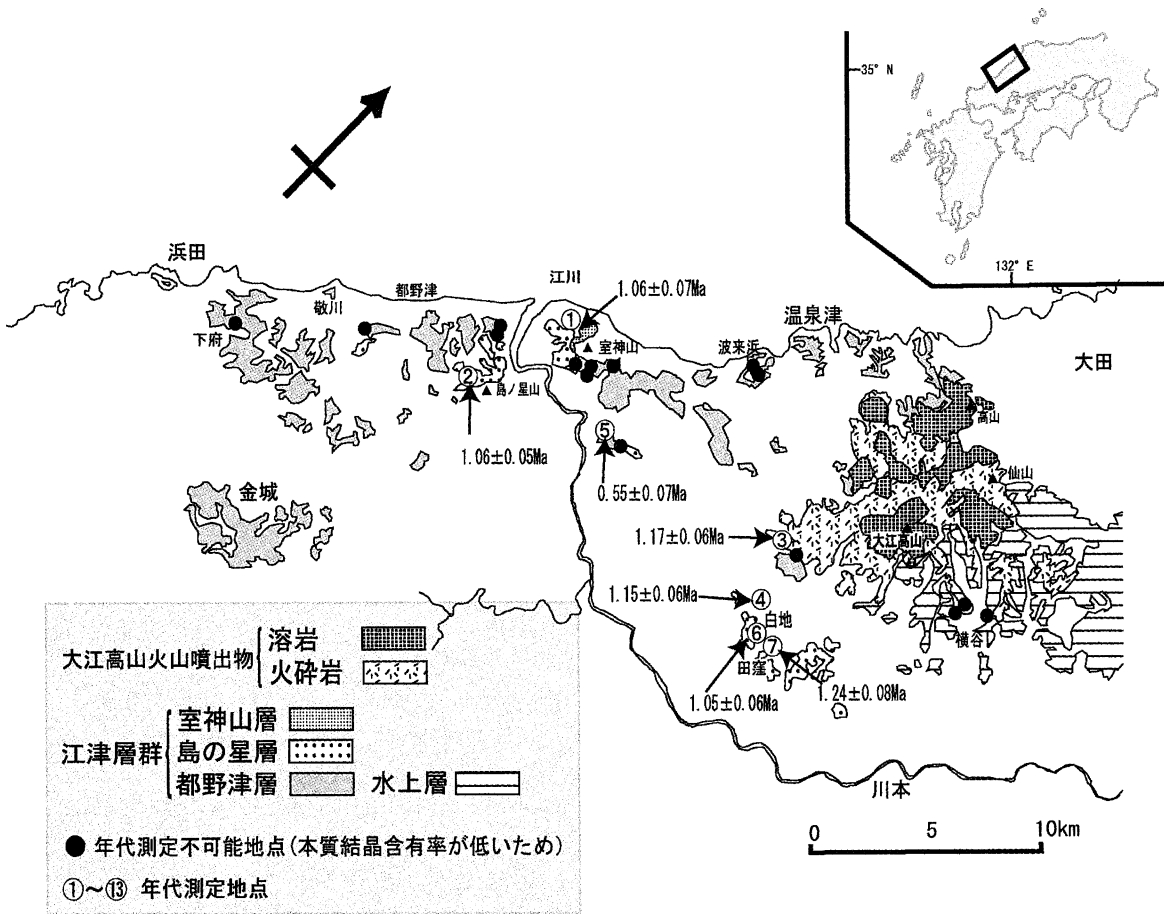
** 島根県産業技術センター

Shimane Institute for Industrial Technology, Matsue 690-0816, Japan

第 1 表 江津層群層序表
山内ほか (2000) の層序に基づく

	浜田～浅利	測定した年代値	温泉津～井田	大江高山火山岩類	祖式～水上
更新世 新世 江津層 都野津層 鮮野津層 新世	Pt	⑤ 0.55±0.07Ma		円頂丘溶岩・岩脈 ☆0.86~1.14 ¹⁾ ☆1.18Ma ¹⁾ 三久須Tb (F6)	
	室神山層	① 1.06±0.07Ma ② 1.06±0.05Ma	ES4	矢滝Pt (F5)	
	Pt	③ 1.17±0.06Ma	ES3	川上Tb (F4)	
	島の星層	④ 1.15±0.06Ma	ES2	西田溶岩	
		⑥ 1.05±0.06Ma		仙山溶岩1.60~2.21Ma ²⁾ 1.76~2.19Ma ⁵⁾ 柑子谷Tb (F1)	
		⑦ 1.24±0.08Ma		柿田Pt (F3)	
		☆ (1.8±0.3+Ma) ³⁾	ES1	大家Pt (F2) 1.42~1.53Ma ⁴⁾	
	M4		M4		水上層
	M3.5		M3		
	M3		M2		
M2.5		M1			
M2					
M1					

¹⁾ 井上ほか(1983) ²⁾ 金属鉱業事業団(1991) ³⁾ 水野(1996c) ⁴⁾ Kimura et al. (2003) ⁵⁾ 金属鉱業事業団 (1993)
Pt: 軽石凝灰岩, Tb: 凝灰角礫岩, ES: 風成砂, F: 火砕岩類,
☆: フィッシュントラック年代, その他の年代はK-Ar年代.
ES1~3は鳥根県立工業技術センター(1983)に, F2~6は都野津研G(1983)による.
都野津研G(1983)の柑子谷凝灰角礫岩(F1)は仙山溶岩に含めた.



第 1 図 江津層群分布域と FT 年代測定値

磁気測定結果から 4.1 Ma とする意見がある（井岡ほか，1990）．また，古地磁気測定結果から 3.6 Ma とする意見がある（草加ほか，1994）．

本層の上限の年代については，花粉分析と古地磁気データから 1.1 Ma 頃とする意見（井岡ほか，1990；水野ほか，1994）と，海成粘土層 M 4 中の火山灰層の FT 年代値と古地磁気データから 2.1 Ma とする意見がある（鹿野・宝田，2001）．また，古地磁気データから 1 Ma とする意見がある．（草加ほか，1994）．

なお，大江高山火山体の東～南方，水上～大家地域に広く分布し，淡水成堆積物のみからなる水上層は都野津層に対比されている（Onishi, 1969：都野津団研グループ，1972）．また，大江高山火山の噴出物が海成粘土層 M 4 と指交関係にある．（都野津団研グループ，1972；山陰第四紀研究グループ，1973）

都野津層を不整合に覆う島の星層は，主に礫層からなり，大江高山火山起源のデイサイト礫を伴うことで特徴づけられ，約 50 m の厚さをもつ．従来，最上部礫層（調枝，1970）とよばれてきた．これまで，本層の分布は浅利～敬川間の海岸近くの標高約 50～70 m の尾根部においてのみ確認されている．本層は下位の都野津層を不整合に覆う場合と，都野津層を欠いて直接基盤を覆う場合とがある．なお，敬川西方の益田周辺には，デイサイト礫を含まない島の星層相当層が報告されている（宇野，1999）．

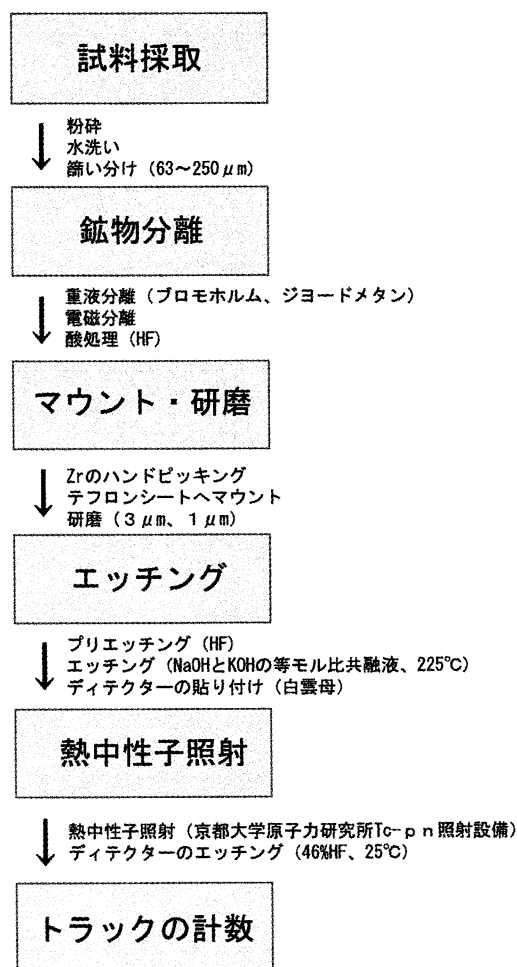
島の星層の年代について，古地磁気データから，Jaramillo subchron に対比することで 0.99～1.07 Ma とする意見がある（井岡ほか，1990）．

室神山層は，室神山の西方標高 100～170 m の低丘陵地に分布し，島の星層を整合的に覆う風成砂で特徴づけられる砂層である．その下部はウェーブリップルをもつ砂，上部は斜交ラミナをもつ砂からなる．従来，風成砂 I（島根県立工業技術センター，1982）あるいは風成砂 Asx（都野津団研グループ，1983）とよばれていたが，水野ほか（1994）は室神山層とよぶことを提案した．水野ほか（1994）は，島の星層を侵食し，境界面に古土壌を伴って風成砂が覆っている露頭の観察から，室神山層と島の星層は不整合関係にあると判断した．しかし，山内ほか（2000）は，この露頭周辺には風成砂が複数の層準に認められること，両層の境界の一般的な標高に比べて，この露頭だけが著しく低いことから，両層は一部指交関係にあるとした．

室神山層の年代については，大江高山火山活動末期の火山岩の FT 年代値 0.86 Ma（井上ほか，1983）から，0.7～0.8 Ma とする意見がある（水野ほか，1994）．

大江高山とその周辺地域には，デイサイト溶岩と火砕流堆積物からなる複数枚の火砕物層が分布しており，これらは黒雲母，角閃石，斜長石斑晶で特徴付けられるデイサイトからなる（鹿野・宝田，2001）．

大江高山火山噴出物の年代についてはいくつかの報告がある．大家軽石火山灰（F2）について 1.42～1.53 Ma の K-Ar 年代（Kimura et al., 2003），仙山・柑子谷凝灰角礫岩について 1.60～2.21 Ma の K-Ar 年代（金属工業事業団，1991），円頂



トラックの計数（生物顕微鏡、Nikon ECLIPSE 1000倍）
年代値の計算（年代算出プログラム「Trackkey」）

第2図 試料測定手順

丘溶岩・岩脈について 0.86～1.14 Ma と 1.18 Ma の FT 年代（井上ほか，1983）がそれぞれ報告されている．

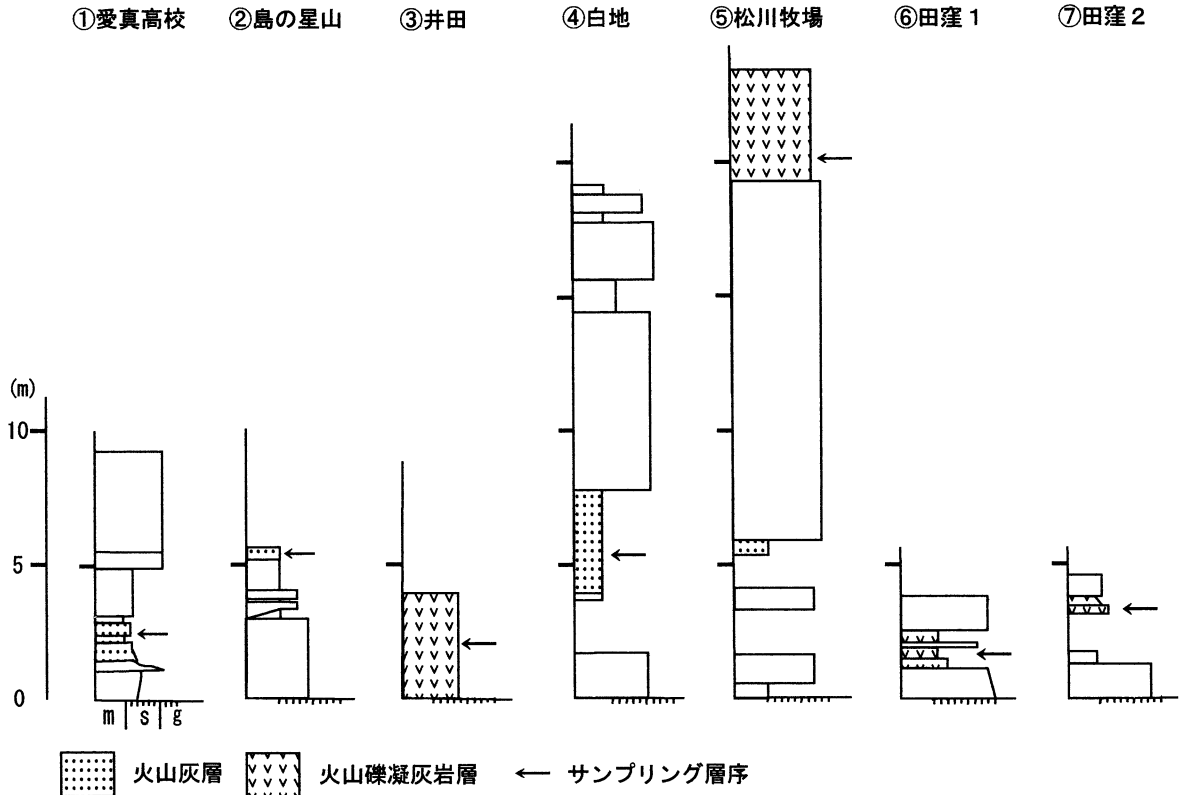
測定結果

1. 採取試料

30 地点で島の星層，都野津層相当層から計 33 の試料を採取したが，年代算出に至った試料数は 13 であり，このうちの 7 試料は島の星層およびその相当層である．この 7 試料について以下に記載する．（第 3 図に試料採取露頭の柱状図，第 4 図に試料ごとのジルコンの結晶表面写真を示す．）また，火山灰層中のジルコンの特徴について，一般的な記載である色，粒径，結晶形の他に，岩石学的特徴をよく反映するとされるジルコンの結晶柱面末端部の角度（110 卓越型：115°，100 卓越型：96°）についても記載を行った．なお，ジルコン結晶柱面末端部の角度については林（1990），Hayashi and Shinno，（1990）を参考とした．

①愛真高校試料（採取地点標高：75.3 m）

火山灰層の特徴：本火山灰層は下位の礫層を整合に覆ってお



第3図 試料採取露頭の柱状図

り、約 80 cm の層厚をもつ。その下部は黄白色を呈し、中粒砂大の粒度、中部は乳白色を呈し、泥粒子～極細粒砂大の粒度からなる。試料は、中部の泥粒子大粒度の部分から採取した。ジルコンの特徴：ピンク～赤褐色を呈し、粒径は 250～300 μm 、柱状の粒子が多く、柱面末端部の角度が 115° のものが 9 割以上占める。包有物としてジルコンの小粒子を多く含んでおり、結晶内部面にはノイズ（トラックと誤認しやすい一定方向に発生したもの、トラックの終端が不明瞭なもの）、が多く見られた。エッチングは 63 時間行った。

②島の星山試料（採取地点標高：240 m）

火山灰層の特徴：本火山灰層は層厚 50 cm、青白色で、粒度は泥粒子大であり、下部はピート層と一部混在している。この火山灰層は粘土層との判断が難しく、井岡ほか（1990）が引用しているデータでは、この火山灰層を粘土層として取り扱っているが、火山ガラスの存在から火山灰層と判断した。ジルコンの特徴：本火山灰のジルコンの色、結晶形、柱面末端部の角度は試料①と全く同じである。ジルコンの粒径は多少のばらつきが見られるが、300～350 μm とやや粗粒なものが多い。包有物を多く含み、結晶内部面にノイズが多く見られた。エッチングは 72 時間行った。

③井田試料（採取地点標高：267 m）

火山灰層の特徴：層厚 2 m 以上、白～褐色で、基質は泥粒子大の火山灰であるが、岩片、軽石を多く含むことから火砕流もしくは火山灰流堆積物であると判断した。

本露頭周辺には都野津層の海成粘土層が分布しているが、

この火砕物は海成粘土層を削り込んで堆積したものと判断される。

ジルコンの特徴：ピンク色を呈し、粒径は 300～350 μm 、柱状の粒子が多く、柱面末端部の角度は 115° であった。包有物としてジルコンの小粒子を多く含んでおり、結晶内部面にはノイズが多くみられる。結晶表面に石英が晶出しているため、フッ酸処理を行った。エッチングは 63 時間行った。

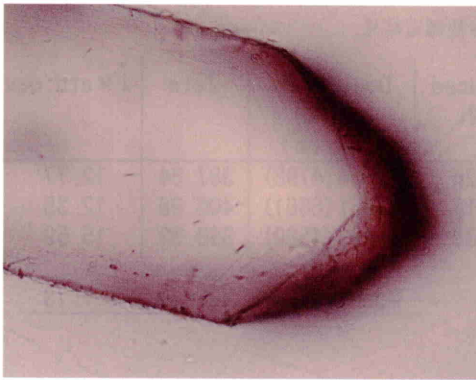
④白地試料（採取地点標高：310 m）

火山灰層の特徴：層厚 2 m 以上の白色の火山灰層で、粒度は泥粒子大である。

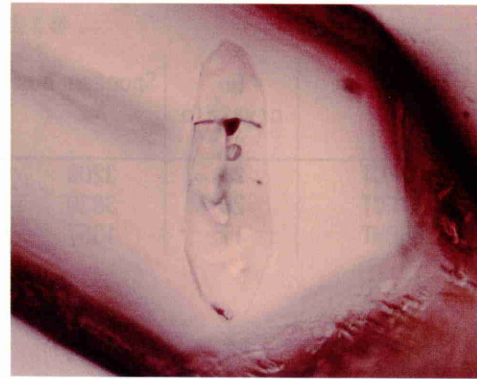
ジルコンの特徴：ピンク～赤褐色を呈し、粒径は 350～400 μm 、柱状の粒子や一部欠損した粒子が多く、柱面末端部の角度は 115° のものが 9 割以上占める。結晶表面に石英を晶出しており、フッ酸処理を行った。エッチングは 72 時間行った。

⑤松川牧場試料（採取地点標高：140 m）

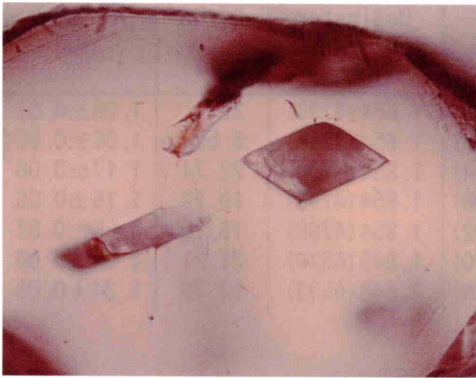
火山灰層の特徴：層厚 2 m 以上、全体的に赤褐色である。中礫大のデイスaitの岩片と軽石を多く含み、基質中にも細粒な軽石片が多く含まれることから、火砕流もしくは火山灰流堆積物と判断した。露頭中部には、層厚 20 cm で、細粒火砕物を多く含む部分が存在する。この部分は白～赤褐色を呈し、側方の連続性は悪い。本火砕物は下位の島の星層の礫層を削り込んでいることから、島の星層を不整合に覆っていると判断される。なお、本火砕物は非常に多くの磁鉄鉱を含んでいる。



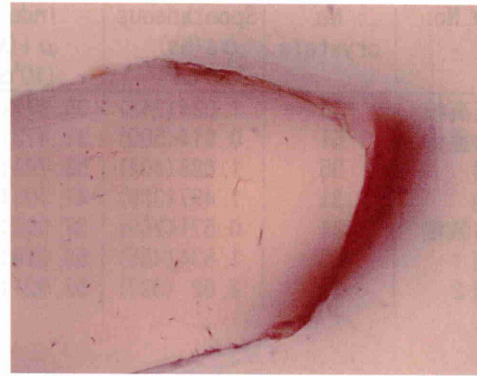
写真①



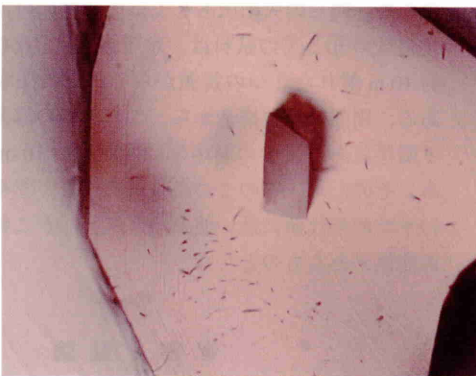
写真⑤



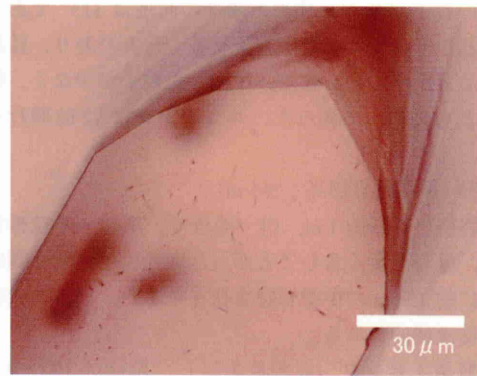
写真②



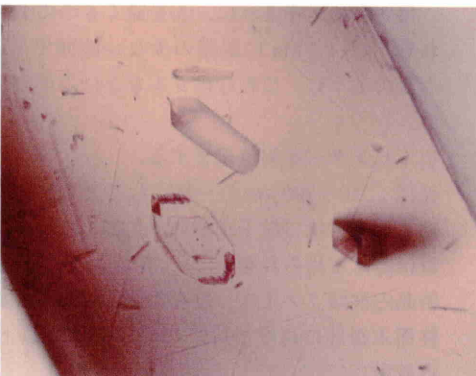
写真⑥



写真③



写真⑦



写真④

第4図 各試料のジルコン結晶内部面写真
(Nikon ECLIPSE 1000倍)

写真①：愛真高校， 写真②：鳥の星山， 写真③：井田， 写真④：白地，
写真⑤：松川牧場， 写真⑥：田窪1， 写真⑦：田窪2

第2表 Zeta 値測定結果

Sample No.	No. crystals	Spontaneous Ns	Induced Ni	Dosimeter $\rho d(Nd)$ ($10^5/cm^2$)	Zeta	1 \times std. dev
0206FCT	21	3209	4126	1.854 (4798)	387.84	12.77
0211FCT	20	3830	4616	1.681 (6661)	400.96	12.35
9706BMT	17	1357	2038	1.263 (4589)	390.53	15.59
Mean value					393.79	7.73

第3表 FT 年代測定結果

Sample No.	No. crystals	Spontaneous $\rho s(Ns)$ ($10^6/cm^2$)	Induced $\rho i(Ni)$ ($10^6/cm^2$)	Dosimeter $\rho d(Nd)$ ($10^5/cm^2$)	P(χ^2) %	Age $\pm 1\sigma$ (Ma)	Age $\pm 2\sigma$ (Ma)
①愛真高校	38	1.034 (243)	35.877 (8406)	1.854 (4798)	22	1.06 \pm 0.07	1.1 \pm 0.1
②島の星山	61	0.914 (500)	31.413 (17180)	1.854 (4798)	6.59	1.06 \pm 0.05	1.1 \pm 0.1
③井田	35	1.688 (404)	53.799 (12874)	1.854 (4798)	22.74	1.17 \pm 0.06	1.2 \pm 0.1
④白地	31	1.497 (389)	47.703 (12398)	1.854 (4798)	19.73	1.15 \pm 0.06	1.2 \pm 0.1
⑤松川牧場	61	0.571 (269)	37.992 (17902)	1.854 (4798)	16.16	0.55 \pm 0.07	0.6 \pm 0.1
⑥田窪1	33	1.834 (485)	56.219 (14870)	1.645 (6520)	21.21	1.05 \pm 0.06	1.1 \pm 0.1
⑦田窪2	29	2.02 (397)	52.921 (10399)	1.648 (6533)	14.76	1.24 \pm 0.08	1.2 \pm 0.2

ジルコンの特徴：ピンク～赤褐色，粒径：350～400 μm ，結晶形：柱状の粒子が多く，柱面末端部の角度は 115° であった。包有物としてジルコンの小粒子を多く含んでおり，結晶内部面にノイズが多く見られた。欠損した粒子が少なく，粒径，結晶形ともに均一であった。エッチングは72時間行った。

⑥田窪1 試料 (採取地点標高：265 m)

火山灰層の特徴：層厚約1 m，白～褐色で，細粒～中粒砂粒子大。岩片，軽石を多く含むことから，火砕流堆積物と判断した。中部に約15 cmの中礫岩層を挟在するが，上下の火砕流堆積物とは漸移的である。

ジルコンの特徴：ピンク～赤褐色を呈し，粒径は300～400 μm ，柱状の粒子が多く，柱面末端部の角度は 115° である。結晶内部面にノイズが多く見られる。結晶表面に石英が晶出しており，フッ酸によって処理を行った。エッチングは72時間行った。

⑦田窪2 試料 (採取地点標高：255 m)

火山灰層の特徴：層厚約50 cm，白～褐色を呈し，粒度はシルト～細粒砂粒子大。上方に向かってやや細粒化を示す。

ジルコンの特徴：ピンク～赤褐色を呈し，粒径は300～400 μm ，柱状の粒子が多く，柱面末端部の角度は 115° である。結晶内部面にノイズが多く見られる。粒径，結晶形ともに均一な粒子が多い。結晶表面に石英が晶出しており，フッ酸によって処理を行った。エッチングは72時間行った。

2. 測定方法と結果

試料から抽出したジルコンを第2図に示す手順で測定し，測定結果である Zeta 値および年代値は第2，第3表に示す。測定した7つの試料うち，⑤を除く6つの試料の年代値は，

誤差の範囲 (2σ) で一致しており，1.1～1.2 Ma である。そのため，同一の火山灰もしくは火砕物の可能性があるが，田窪地域の⑥と⑦の試料は，水平方向に約50 m，垂直方向に約10 m離れた2つの露頭からそれぞれ採取された火山灰である。周囲の地質構造から，この2つの露頭の火山灰層は上下関係にあり，その層序学的間隔は約10 mあると判断される。そのため，この2つの試料のうち，⑤を除く4つの試料の平均的年代値に近い値を示す試料⑥がこれらに対比される可能性があるものとした。

考察・結論

1. 島の星層の時代と分布

第3表に示すように，⑤を除く6つの試料の年代値がいずれも1.1～1.2 Maに誤差の少ない範囲で一致した。さらに，上記のように，これらのジルコンは以下の特徴を共通してもつ。

色：ピンク～赤褐色を呈する。

粒径：250～400 μm の一様にして大きな粒子を多く含む。

結晶形：柱状の粒子が多い。欠損した粒子，円磨された粒子はほとんど見られない。

結晶内部面：ノイズ，包有物が非常に多く見られる。

柱面末端部の角度： 115° の粒子が9割以上を占める。(110卓越型)

都野津層の火山灰中のジルコンは，無色ないし黄色を呈したり，柱面末端部の角度が 96° のジルコンを常に含んでいるのに対して，上記の火山灰はこのようなジルコンを含まないのが特徴である。

年代値の一致と上記のジルコンの共通点が見られたことから、これらの火砕物は同じ性質を持った大江高山火山からの降下火山灰もしくは火砕流堆積物と考えられる。その結果、島の星層下部の年代は 1.1~1.2 Ma となった。さらに、試料⑦(田窪 2)は試料⑥(田窪 1)より約 10 m 下位の層準で、基盤との不整合面の約 1 m 上に位置することから、島の星層の下限の年代は 1.24 ± 0.08 Ma 付近となる。

この 1.1~1.2 Ma の年代値は、井岡ほか(1990)と水野ほか(1994)の島の星層の時代に関する見解ともよい一致を示した。しかし、井岡ほか(1990)は古地磁気測定の結果、都野津層中 M4 上位を Cobb Mountain subchron (1.19 Ma)、島の星層を Jaramillo subchron (0.99~1.07 Ma) に対比していた。しかし、井岡ほか(1990)が古地磁気を測定した露頭の M4 上位の火山灰について、 1.8 ± 0.3 Ma (水野, 1996 c)あるいは 1.7 ± 0.3 Ma (永井ほか, 2003)の FT 年代値が報告されており、この年代値は M4 上位が Cobb Mountain subchron に対比できないことを示している。そのため、本論結果より島の星層を Cobb Mountain subchron から Jaramillo subchron にまたがるものとして対比する。

これまでの研究では、島の星層の分布は江の川西方敬川以東の海岸近くにおいてのみ確認されていた。海岸線から 10 km 以上離れた温泉津町白地(試料④)、田窪(試料⑥)地域に分布し、淡水成粘土層を伴う未固結堆積物は、これまで水上層に対比されてきた。しかし、本論の結果から、これらも島の星層に対比されることになる(第 1 図)。また、田窪周辺には同様な層相を示す堆積物がほぼ同じ標高に分布するが、これらも一括して島の星層に対比できる。

大江高山火山体東~南側に分布する水上層は、当時東方から大田市南部に向かって流れていた江の川の堆積物との考え(山陰第四紀研究グループ, 1973)が出されている。それによれば、都野津層堆積期後半に大江高山火山体の活動によって江の川は堰き止められて、湖(水上湖)がつくられ、そこに水上層が堆積したのである。その後、江の川は新しい流路を開削して、現在の河川系となったと考えられている。

筆者らの調査によって、田窪地域以外においても、これまで記載されていない島の星層の分布が江津市松川町北部で認められている。島の星層は現在の江の川にほぼ並行した分布を示すことから(第 1 図)、大江高山火山体の活動によって江の川が流路変更した後、古・江の川とその下流域に堆積したものが島の星層と考えられる。

2. 大江高山火山の活動期

試料⑤(松川牧場)の火砕流堆積物は、岩相より大江高山火山起源と判断されるデイサイト礫を多く含むことから、大江高山火山の噴出物と判断した。また、その年代値 0.55 ± 0.07 Ma は、これまでの大江高山火山噴出物の年代データとしては最も若い値である(第 1 表)。このことから、大江高山火山の最終の活動はこの年代と判断される。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、元島根県工業試験場の井上多

津男博士と日本地質学会事務局の水野篤行博士には野外でさまざまなご教示を下さった。また、島根大学大学院地球資源環境学専攻の立石 良氏、河野重範氏には室内、野外において御討論・御助言を頂いた。これらの方々に深く感謝いたします。

文 献

- 林 正雄, 1990, ジルコンの結晶形態と地熱探査への応用. 地熱エネルギー, **15**, 277-296.
- Hayashi, M. and Shinno, I., 1990, Morphology of synthetic zircon crystals doped with various elements. *Mineral. Jour.*, **15**, 119-128.
- Imamura, S., 1957, A new Miocene Sassafras from Shimane Prefecture, *Japan. Jour. Sci. Hiroshima Univ., Ser. C*, **2**, 53-61.
- 井上多津男・高島 勲・酒井禮男・飯塚信行, 1983, 大江高山火山群の溶岩類のフィッション・トラック年代. 地球科学, no.37, 275-278.
- 井岡 昇・水野篤行・山崎俊嗣, 1990, 山陰西部の鮮新-更新統都野津層: 古地磁気層序と堆積年代. 第四紀研究, **29**, 257-266.
- 鹿野和彦・宝田晋治, 2001, 温泉津及び江津地域の地質, 鮮新統-更新統. 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 36-37, 13-19.
- Kimura, J-I., Kunikiyo, T., Osaka, I., Nagao, T., Yamauchi, S., Kakubuchi, S., Okada, S., Fujibayashi, N., Okada, R., Murakami, H., Kusano, T., Umeda, K., Hayashi, S., Ishimaru, T., Ninomiya, A., Tanase, A., 2003, Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and reinitiation of subduction. *Island Arc*, **12**, 22-45.
- 金属鉱業事業団, 1991, 平成 2 年度精密調査報告書「北島根地域」. 66 p.
- 金属鉱業事業団, 1993, 平成 4 年度精密調査報告書「北島根地域」. 55 p.
- 草加恵子・水野篤行・井岡 昇, 1994, 都野津層の古地磁気編年とその意義. 日本地質学会第 101 年学術大会講演要旨, P.144.
- 水野篤行・北尾秀夫・杉浦俊彦・増田哲史, 1994, 山陰西部の鮮新-更新統都野津層群: 模式地周辺地域における層位学的・堆積学的新見地と今後の課題. 山陰地域研究, **10**, 35-51.
- 水野篤行, 1996 a, 島根県江津市都野津に分布する鮮新世-更新世前期の都野津層. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編集, 第四紀露頭集-日本のテフラ, 284-285.
- 水野篤行, 1996 b, 山陰地域の鮮新-更新統(都野津層群)について. 「第四紀層序と古環境」-大西都夫氏追悼シンポジウム要旨集-, 42-43.
- 水野篤行, 1996 c, 島根県江津地域の都野津層の露頭. 島根大地球資源環境研報, no.20, 75-78.
- 永井淳也・山内靖喜・大平寛人・永島晴夫, 2003, 江津層群の FT (フィッション・トラック) 年代. 日本地質学会第 110 年学術大会講演要旨, p.228.
- Onishi, I., 1969, Pollen Flora of the Tsunozu Group in Shimane Prefecture, *Japan. Shimane Univ., Nat. Sci.*, no.2, 42-62.
- 大西都夫・調枝勝幸, 1970, 都野津層群-山陰地域の鮮新-更新統. 第四紀研究, **9**, 149-152.
- 大西都夫, 1988, 中国地方の第四紀層. 地質論, no.30, 127-144.
- 山陰第四紀研究グループ, 1973, 山陰地方の内陸盆地の形成史. 第四紀総研連絡誌, no.19, 48-52.
- 島根県立工業技術センター, 1982, 石見地方粘土鉱床調査報告書(第 5 報江津地区). 島根県立工業技術センター, 27 p.
- 島根県立工業技術センター, 1983, 石見地方粘土鉱床調査報告書(第 6 報 温泉津・大田・川本地区). 島根県立工業技術センター, 31 p.
- 都野津研グループ, 1972, 島根県大田市大分付近の都野津層群. 17-23.
- 都野津研グループ, 1983, 島根県中部の都野津層と大江高山火山群. 日本の鮮新-更新統, 地団研専報, **25**, 151-160.
- 調枝勝幸, 1970, 石見地方の瓦粘土鉱床の研究, 第 1 報都野津粘土の産状と鉱物組成. 島根県工業試験場報告, no.6, 50-59.
- 宇野泰光, 1978, 島根県大田市祖式~大家地域の都野津層群, とくに大江高山火砕岩層について, 都野津層群の研究(その 1). 地質雑, **84**, 571-582.

宇野泰光, 1994, 島根県江津-温泉津地域の鮮新-更新世都野津層の岩相層序と岩相分布. 地質雑, **100**, 815-827.

宇野泰光, 1999, 島根県益田地域の鮮新-更新世都野津層の層序と層相. 島根県地学会会誌, **14**, 17-23.

山内靖喜・水野篤行・井上多津男・永島晴夫, 2000, 都野津層と大

江高山火山噴出物. 日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書, 71-79.

山内靖喜, 2000, 都野津層の研究史と問題点. 手記, 1-17.

(受付: 2003 年 10 月 15 日, 受理: 2003 年 11 月 25 日)