

研究ノート

山陰地域に分布する鮮新-更新統江津層群の FT 年代測定

永井淳也*・山内靖喜*・大平寛人*・永島晴夫**

FT age of the Pliocene-Pleistocene Gotsu Group in the San-in district,
SW Japan.

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

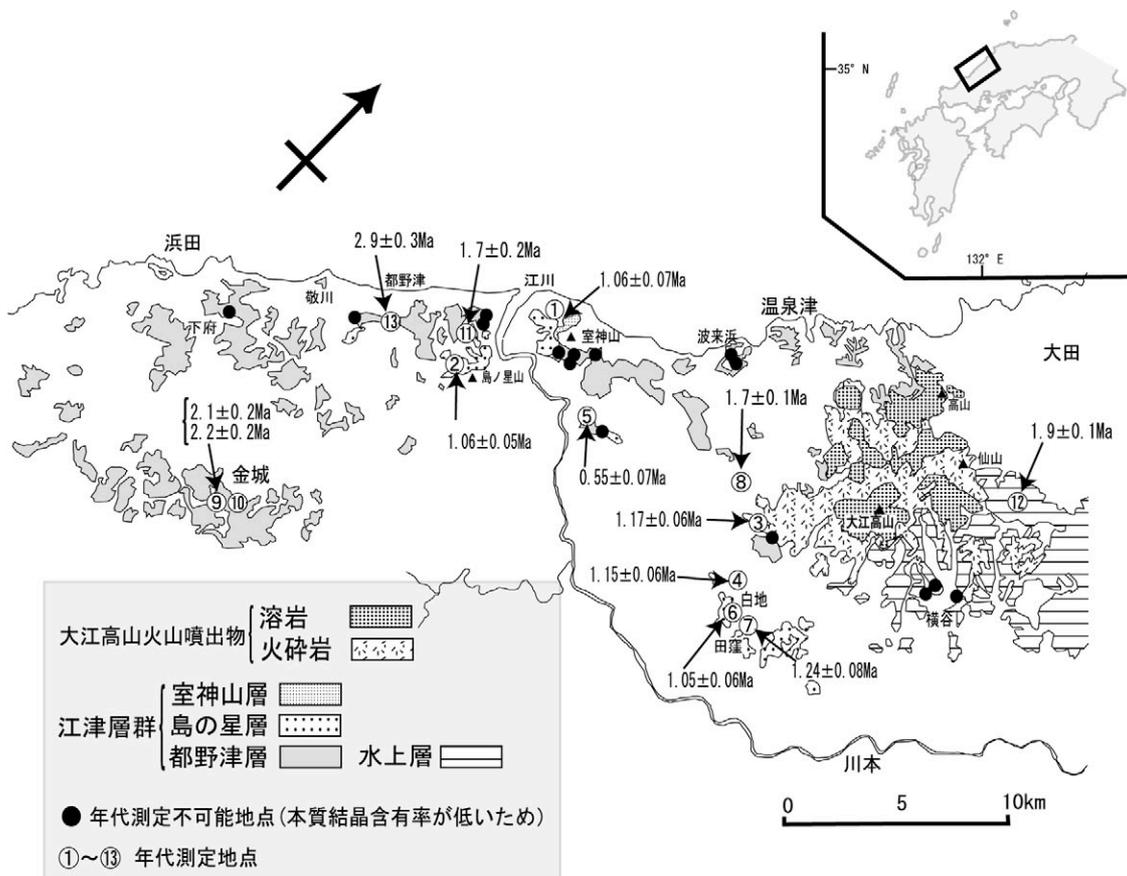
* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科, Department of Geoscience, Shimane University

** 島根県産業技術センター, Shimane Institute for Industrial Technology

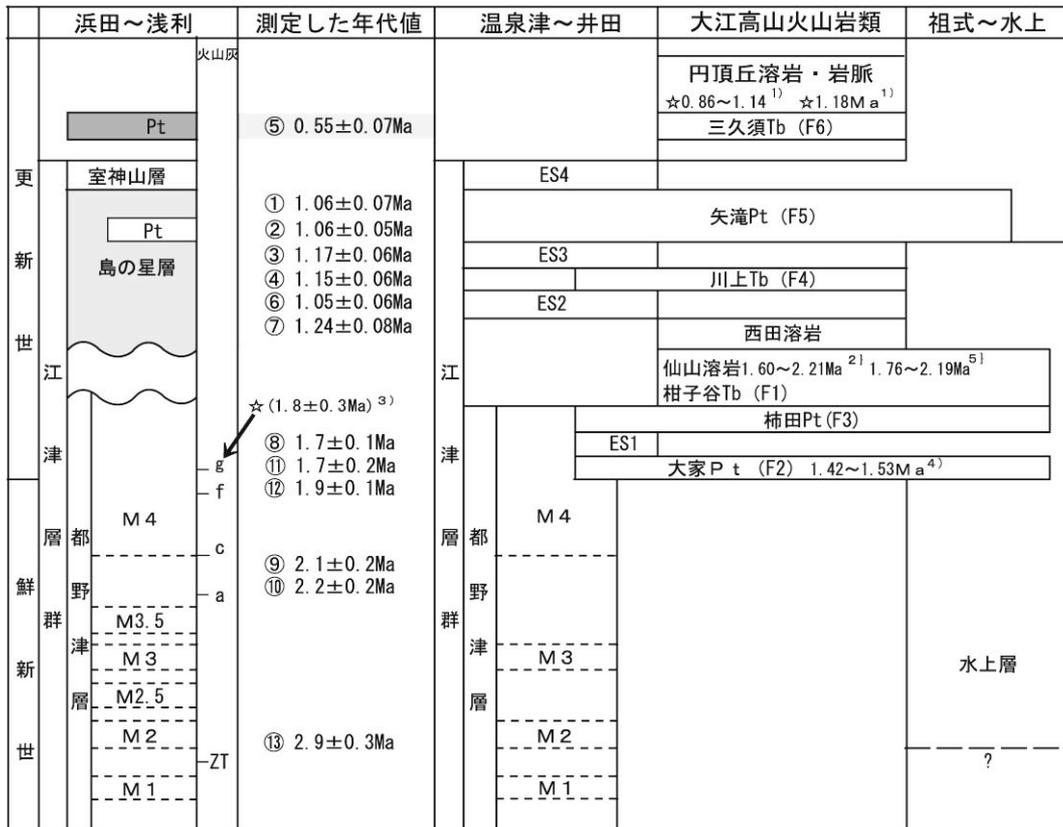
はじめに

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, 1996b), 未

～半固結の泥、砂、礫からなる標高 250m 以下の平坦面を構成している。江津層群の主体をなし、分布域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、



第1図 江津層群分布域と FT 年代測定値.



第2図 江津層群層序。山内ほか(2000)の層序に基づく。各略号はPt: 軽石凝灰岩, Tb: 凝灰角礫岩, ES: 風成砂, F: 火砕岩類を表す。ES1-3の記載は島根県立工業技術センター(1983), ES4は山内(2000), F2-6は都野津団研G(1983)による。都野津団研G(1983)の柑子谷凝灰角礫岩(F1)は仙山溶岩に含めた。火山灰層の記載は, ZT: 宇野(1978)およびa, c, f, g: 水野(1996c)による。年代の既報値は, 1)井上ほか(1983), 2)金属工業事業団(1991), 3)水野(1996c), 4)Kimura et al.(2003), 5)金属工業事業団(1993)による。☆はフィッシュトラック年代, その他はK-Ar年代を示す。

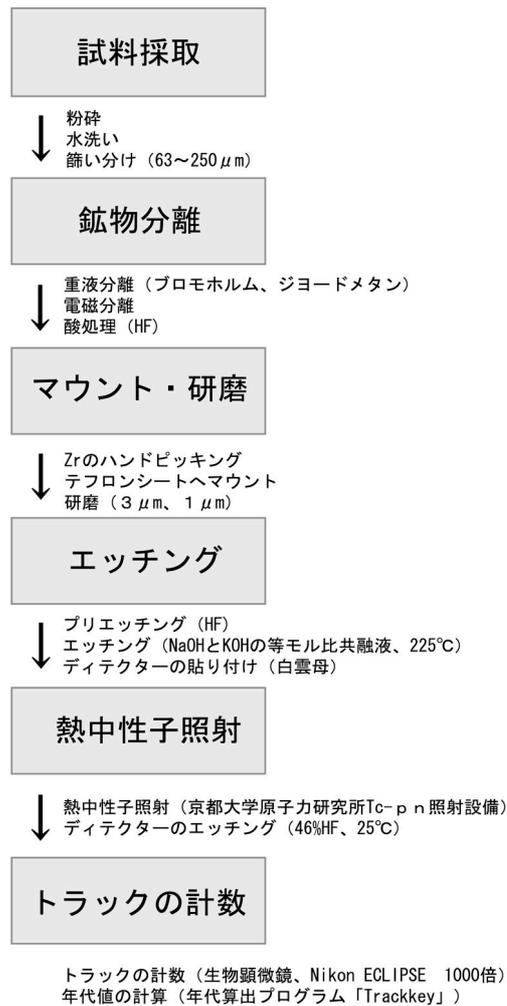
地域間の対比は海成粘土層の枚数と標高を参考に行われてきた。しかし、都野津層堆積後の隆起・傾動によって本来何枚の海成粘土層が堆積したのか判断が難しく、意見が分かれている(大西・調枝, 1970; 宇野, 1978, 1994など; 水野, 1996b)。この層序学的な問題を解決するためには火山灰層などを鍵層として、改めて海成粘土層の対比を行う必要がある。

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見つけてきた。これらの火山灰層は有効な鍵層となるような特徴を持たず、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を年代学的に対比するため、ジルコンを用いたFT年代の測定を進めてきた(永井ほか, 2003b)。今回は、江津層群全域のFT年

代測定を進める中で、新たに得られた都野津層・島の星層の年代と永井ほか(2003b)で求められた年代値をもとに議論する。

地質概説および研究背景

島根県大田～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、大江高山火山群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2図)。江津層群の主部をなす都野津層は、層厚80~100m、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おり、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



第3図 試料測定手順.

(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, 内陸側に向かって深く入り込んで分布する海成粘土層は M4 とされている. また, 本層の模式地周辺では第 2 図中に示す ZT (宇野, 1994), a~g 火山灰層 (水野, 1996c) が確認されているが, 各火山灰層の詳細な識別はなされていない.

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 M4 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, 大江高山火山群の噴出物が海成粘土層 M4 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, 大江高山火山群起源のデイサイト礫を伴うことで特徴付けられ, 約 50m の層厚をもつ. 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 50~70m 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, 古地磁気測定により 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 100~170m 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付けられる砂層である. その下部はウエーリップルをもつ砂, 上部は斜交ラミナをもつ砂からなる. 従来, 風成砂 Asx (都野津団研グループ, 1983) と呼ばれていたが, 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

第1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 × 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

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、大江高山火山群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、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 (金属鉱業事業団, 1991)、円頂丘溶岩・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. 試料採取

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 6 試料は都野津層、7 試料は島の星層およびその相当層である。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、岩石学的性質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についても簡易的な測定を行った。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。

2. 測定方法および結果

試料から抽出したジルコンを第 3 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 1, 第 2 表に示す。測定した 13 試料のうち、島の星層相当層から採取した①~④, ⑥, ⑦ 試料の年代値は全て 1.1~1.2 Ma であり、相互によく集中している。なおこれら 6 試料のうち、試料⑥ (田窪 1) と試料⑦ (田窪 2) についてのみは、野外産状から別個の火山灰層 (試料⑥が、試料⑦よりも約 10m 程度上位) であることが明らかであるが、他の試料については、相互の層位関係は不明である。

都野津層相当層から採取した 6 試料の FT 年代値は、1.7~1.9 Ma (試料⑧, ⑩, ⑫), 2.1~2.2 Ma (試料⑨, ⑪), 2.9 Ma (試料⑬) の 3 グループに分けられる。個々についての層序学的検討は考察部で行う。島の星層と都野津層の火山灰層中のジルコンについての結晶学的特徴は以下のようにまとめられる。前記のように、都野津層中の 6 試料は、3 つの年代グループに大別されるが、これらに含まれるジルコン結晶の形態的特徴は、互いに類似している。

島の星層中のジルコンの特徴

色: ピンク~赤褐色を呈する。

粒径: 250~400 μm で、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: ディスロケーションが原因と思われる点状又は線状のノイズ、幅 5~10 μm で長さ

第2表 FT年代測定結果.

Sample No.	No. crystals	Spontaneous ρ_s (Ns) ($10^6/cm^2$)	Induced ρ_i (Ni) ($10^6/cm^2$)	Dosimeter ρ_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
⑧福城寺	22	1.709(210)	37.828(4649)	1.854(4798)	40.72	1.7 \pm 0.1	1.7 \pm 0.2
⑨金城吉留1	24	1.79(183)	31.087(3233)	1.854(4798)	21.18	2.1 \pm 0.2	2.1 \pm 0.4
⑩金城吉留2	34	1.516(194)	25.023(3203)	1.681(6661)	45.95	2.2 \pm 0.2	2.2 \pm 0.4
⑪江津中央公園	19	1.186(71)	23.035(1379)	1.652(6547)	20.55	1.7 \pm 0.2	1.7 \pm 0.4
⑫水上北	19	2.904(273)	49.255(4630)	1.655(6561)	47.83	1.9 \pm 0.1	1.9 \pm 0.2
⑬半田浜東	17	1.402(135)	15.524(1495)	1.659(6575)	45.94	2.9 \pm 0.1	2.9 \pm 0.3

が 10~20 μm の柱状の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)。

備考: 結晶表面に微細な石英結晶が付着・晶出していることが多い。

都野津層中のジルコンの特徴

色: 無色~淡黄色を呈する, ピンク色を呈する粒子は少ない。

粒径: 100~300 μm で, 粒度にばらつきがある。

結晶形: 統一性は見られない, 欠損した粒子が多い。

結晶内部面: 長柱状又は不定形な包有物が多く見られる。

柱面末端部の角度: 96° の粒子が 7 割以上を占める。(100 卓越型)

備考: 基盤由来と思われるジルコン (約 30 Ma) を伴う。

考察・結論

1. 島の星層の年代と分布

前述のように, 島の星層相当層から採取した 6 試料の FT 年代値は全て 1.1~1.2 Ma であり, 相互によく集中している。この年代値は, 井岡ほか (1990), 水野ほか (1994, 1996a) の島の星層の時代に関する見解とも調和的である。しかし, 井岡ほか (1990) は古地磁気測定の結果, 都野津層

M4 上位を Cobb Mountain subchron (1.19 Ma), 島の星層を Jaramillo subchron (0.99~1.07 Ma) に対比しているが, 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 \pm 0.3 Ma (水野, 1996c), 1.7 \pm 0.3 Ma (永井ほか, 2003a) の FT 年代値が報告されていることから, 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は Cobb Mountain subchron から Jaramillo subchron にまたがるものとして対比できる。

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おり, 海岸線から 10km 以上離れた温泉津町白地 (試料④), 田窪 (試料⑥, ⑦) 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, 田窪周辺にも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。

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相当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. 都野津層の年代

都野津層中の火山灰層の年代は⑧～⑬の計 6 試料において算出することができた。このうち、試料⑨（金城吉留 1）と試料⑩（金城吉留 2）は、同一の露頭において水平方向に約 5m 離れた地点で採取したものである。側方での層厚変化が著しく、両試料に何らかの違いがある可能性も考えられたが、年代値・構成粒子等に違いは見られなかった。試料を採取した金城地域には海成粘土層を伴わない河川成の堆積物が分布しており、同様に河川成の堆積物のみからなる水上地域（試料⑫）とは年代値で約 0.2 Ma の差異はあるものの対比できる可能性がある。しかし、試料⑬（水上北）は後に述べる試料⑧（福城寺）、試料⑪（江津中央公園）とも約 0.2 Ma の差異があるが誤差の範囲で一致しているため、現在検討中である。

試料⑧（福城寺）、試料⑪（江津中央公園）は従来の海成粘土層 M4 上部に位置し、直上には島の星層の礫層が不整合に重なること、両試料の年代値が 1.7 ± 0.1 Ma, 1.7 ± 0.2 Ma であったことから、都野津層上部の年代は約 1.7 Ma であると判断した。またその結果、都野津層と上位の島の星層との時間間隙は、約 0.5 Ma と判断できる。

試料⑬（半田浜東）は従来の海成粘土層 M2～M2.5 の層準に位置し、この火山灰層はジェリータフ（山陰第四紀研究グループ、1969）に対比できるとする意見もあるが（宇野、1994）、筆者らの現在までの調査では標高・分布の点でこの対比には疑問をもっている。

3. 大江高山火山群の活動期

試料⑤（松川牧場）の火砕流堆積物は、下位の島の星層の礫層を不整合に削り込み、大江高山火山群起源と判断されるデイサイト礫を多く含むことから、大江高山火山群の噴出物であると判断した。また、その年代値 0.55 ± 0.07 Ma はこれまでに報告された大江高山火山群の噴出物の年代データとしては最も若い値である（第 2 図）。このことから、大江高山火山群の最終の活動はこの年代付近と判断される。

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様々なご教示を頂いた。また、島根大学総合理工学部の酒井哲弥博士と同大学院の立石 良氏には室内・野外において御討論・御助言を頂いた。産業技術総合研究所の角井朝昭氏の査読により本論文は改善された。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ュン・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」. 66p.
- 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」. 55p
- 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, 1996a, 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, 1996b, 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」-大西郁夫
氏追悼シンポジウム要旨集-, 42-43.
- 水野篤行, 1996c, 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, 2003a, 江
津層群のFT(フィッシュン・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.
- 永井淳也・山内靖喜・大平寛人・永島晴夫, 2003b, 江
津層群・島の星層のFT(フィッシュン・トラック)
年代. 島根大学地球資源環境研報, no.22, 67-74.
- Onishi, I., 1969, Pollen Flora of the
Tsuno Group in Shimane
Prefecture, Japan. Shimane Univ., Nat. Sci.,
no.2, 42-62.
- 大西郁夫・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.
- 大西郁夫, 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, 1969, 山陰海岸地域の第四系.
地団研専報, 15, 355-376.
- 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, 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, 31p.
- 都野津団研グループ, 1972, 島根県大田市大家付近の都
野津層群. 17-23.
- 都野津団研グループ, 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.

