

吉備高原に分布する第三系のフィッション・トラック年代

鈴木 茂之* 檀 原 徹** 田 中 元***

Fission-track Dating of Tertiary Tuff Samples from the Kibi Plateau Area, Okayama Prefecture, Southwest Japan

Shigeyuki SUZUKI *, Tohru DANHARA ** and Hajime TANAKA ***

Abstract

Seven tuff samples, 5 from the Kibi Group (so-called mountain gravel) and 2 from the Katsuta Group were dated by using the fission-track technique. These samples were collected from the Kibi Plateau area in Okayama Prefecture. Fission-track ages of 34.3 ± 1.8 Ma (Yoshii Formation), 35.8 ± 1.3 Ma and 34.0 ± 2.7 Ma (Tomiyouji Formation), 27.4 ± 1.9 Ma and 27.1 ± 1.5 Ma (Tsudaka Formation) were obtained from the Kibi Group. Until now, the Kibi Group was considered to be deposited during the Quaternary period due to its unconsolidated nature. These dating results indicate that the Kibi Group is of Eocene to Oligocene in age. From the Katsuta Group, fission track ages of 17.9 ± 2.1 Ma (Yoshino Formation) and 16.2 ± 2.1 Ma (Takakura Formation) were obtained. These data agree with microfossil dating.

Key words: Fission-track ages, Kibi Plateau, Tertiary system

キーワード: フィッション・トラック年代, 吉備高原, 第三系

1. はじめに

吉備高原にはいわゆる「山砂利層」と呼ばれる礫層が散在的ながら多くの場所に分布している。礫主体で化石を産出しないことから、これまで年代については地層関係と産状に基づいて推測するほかなかった。しかしこのような地層には稀に凝灰岩が挟まれ、それに含まれるジルコンからフィッション・トラック（以下 FT と呼ぶ）年代測定が可能である。分析した結果「山砂利層」からは古第三紀の年代が得られた。この結果は「山砂利層」のルーズな礫層の産状から推測されてい

た下部更新世の年代とは大きく隔たっている。ここでは「山砂利層」の年代を明らかにした FT 年代データの詳細を報告すると共に、中新統の凝灰岩を測定した FT 年代データも比較のために測定し載せている。

「山砂利層」や中新統は吉備高原の準平原問題が 100 年近く議論されてきたなかで、地形面の区分や形成年代を検討するうえで大きな役割をになってきた。本研究によって「山砂利層」の堆積年代が明らかになったことは、吉備高原の地史を見直すだけでなく地形発達史を明らかにするうえでも重要である。

* 岡山大学大学院自然科学研究科

** 株式会社京都フィッション・トラック

*** 復建調査設計株式会社

* Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

** Kyoto Fission-Track Co., Ltd.

*** Fukken Co., Ltd.

II. 地質概要

検討した地域は図 1a に示すように、瀬戸内海沿岸の岡山市から中国山地南縁の津山市に至る東西 60 km、南北 70 km の範囲であり吉備高原を主体とする。地質は岩石化していない第三系とその基盤をなす岩石からなる。基盤岩類で最も新しいのは岩脈類で白亜紀後期から古第三紀前期と推測される。基盤岩類は先白亜紀の堆積岩を主体とした岩石と白亜紀から古第三紀前期の火成岩を主体とした岩石からなる。先白亜紀の基盤岩類を古いものから挙げると、三郡変成岩類、舞鶴帯を構成す

る舞鶴層群と福本層群および夜久野岩類、超丹波帯を構成する江尻層と万富層がある。三郡変成岩類は図 1b の北西部分に分布する。主に泥質片岩、塩基性片岩からなる。これらの原岩はおそらく石炭紀から二畳紀中期に堆積したもので、二畳紀中期に変成作用を受けたと考えられる。舞鶴帯は図 1b の北東から南西にかけて分布する。舞鶴層群は二畳紀中期から後期の地層で泥岩、砂岩泥岩互層、砂岩、流紋岩質凝灰岩、塩基性火山岩からなる。福本層群は三畳紀前期から中期の地層で砂岩、砂岩泥岩互層、泥岩からなる。夜久野岩類は圧碎花崗岩、斑れい岩、輝緑岩からなる。超丹波帯は図

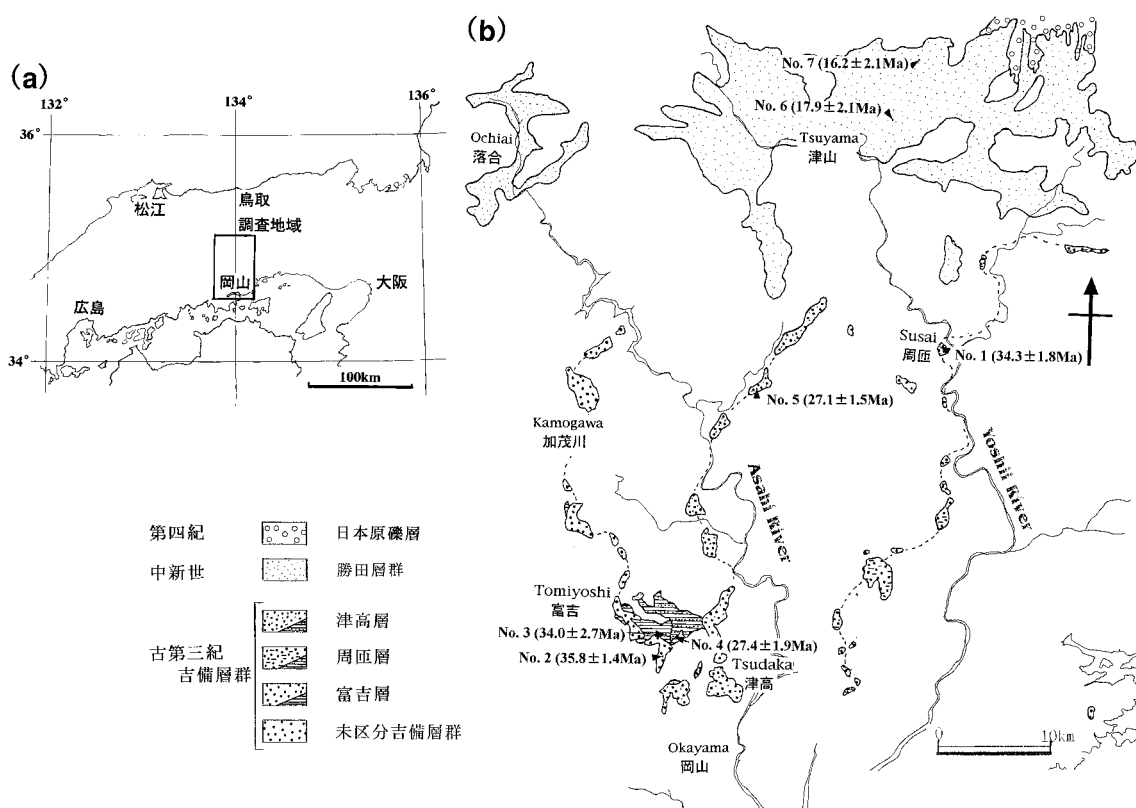


図 1 調査地域位置図 (a) と調査地域の地質概略図 (b).
吉備層群の凡例で点で表した部分は礫岩相、横線で表した部分は砂岩泥岩相。

Fig. 1 (a) Location map of the study area.

(b) Distribution of the Kibi Group, Katsuta Group and Nihonbara Gravels in the study area.

Dotted symbols of the Kibi Group indicate gravel facies. And symbols with lateral line of the Kibi Group indicate sandstone-mudstone facies.

1b の南東部分に分布する。万富層は主に泥岩、砂岩泥岩互層、塩基性火山岩からなり特徴的に流紋岩質凝灰岩を伴う。江尻層は砂岩、砂岩泥岩互層、泥岩からなる。いずれも二畳紀後期の地層と推定される。白亜紀から古第三紀前期の基盤岩類はいわゆる「硯石層」と呼ばれる地層、安山岩質火山岩類、流紋岩質火山岩類、花崗岩類、岩脈類からなる。「硯石層」は白亜紀前期の陸成層で礫岩と赤色泥岩からなり、本地域内ではごく限られた分布をなす。安山岩質火山岩類は白亜紀中頃に形成されたと推定される。安山岩および安山岩質凝灰角礫岩が主体である。流紋岩質火山岩類は流紋岩、流紋岩質凝灰角礫岩、流紋岩質凝灰岩、泥岩および凝灰岩質砂岩からなる。これら流紋岩類と花崗岩類は白亜紀後期の酸性火成活動によって形成された山陽帯（石原，1971）に属す岩石で広い分布をなす。岩脈類は主に流紋岩、石英斑岩、安山岩からなる。上記の岩石中に 1 ～ 3 m 程度の厚さで貫入しており、小規模ながら全域に認められる。

研究対象とした第三系は「山砂利層」と中新統勝田層群で上述した岩石化している基盤を覆う。固結しているが硬質な礫岩や砂岩までには至っていない被覆層である。

「山砂利層」は礫主体の地層で、図 1b に示されるように散在するものの分布は細長く帯状に追跡できる。吉備高原面上の地表付近ではくさり礫となり、やや風化した状態では未固結の礫層と同様な産状をなすため、これまで下部更新統と推測されていた。しかし土木工事などで深く削られた露頭では固結した部分が認められる。本研究による FT 年代測定によって後述するように古第三紀の地層であることがわかった。鈴木ほか（2000）は「山砂利層」の堆積場の古地形と層相を検討し、これらが旧河谷を埋める河成層であることを明らかにし、さらに時代と堆積場を異にする複数の地層からなることを示して、これらを吉備層群と仮称している。これに従って吉備高原に分布する古第三紀の河成層をここでも吉備層群と呼ぶ。本地域内の吉備層群は堆積時の河川ごとに分布を異にして堆積した、周^{すざい}匝^{とみよし}層、富^つ吉^{だか}層、津高層の 3 つの地層に区分できる（図 1b）。本地域東部に南北に分

布する吉備層群の地層は吉井町周匝に模式的な露出が認められることから周匝層と仮称する。本地域西部に分布する吉備層群の地層は富吉層と津高層と仮称されている（鈴木，2001）。周匝層は美作町から吉野川沿いに柵原町東部を経て吉井町周匝にまとまった分布をなすが、吉井川沿いに佐伯町を経て山陽町のネオボリスと山陽団地に分布し岡山市東岡山まで追跡できる。本層から FT 年代測定によって 34Ma 頃の年代が得られた。富吉層は加茂川町から御津町西部を経て岡山市の岡山空港の南側に分布が追跡できる。この層から FT 年代測定によって 34 ～ 35Ma 頃の年代が得られた。津高層は久米南町からほぼ国道 53 号線沿いに建部町、御津町東部、岡山市北部と分布が追跡できる。分布の北限の久米南町では、本層が中新統に覆われることが分布から推定でき、FT 年代測定によって 27Ma 頃の年代が得られた。富吉層と津高層は岡山市北部で近接するが、より古い富吉層のほうが津高層より高所に分布している。これら 3 つの地層について、礫のインプリケート構造から求めた古流向は、いずれも北から南へ流れていたことを示す。

勝田層群は広島県側に分布する中新世の備北層群に連続し対比され、調査地域内では津山盆地を中心に広がる侵食小起伏面を持つ丘陵地をなして分布する。下位の陸成から汽水性の地層から上位の沖合いの地層へと、大まかにみると海進を反映した地層群で、軟体動物化石等を多産する。河合（1957）によって勝田層群は下位より植月層、吉野層、高倉層に区分されている。全般的にみると、植月層は礫岩が多い陸成層、吉野層は砂岩が卓越した浅海成層、高倉層は主に泥岩からなる深い海の地層である。地層は石灰質セメントによって良く固結するものが多い。固結の程度からみるとより堅い勝田層群のほうが吉備層群より古いと錯覚しやすい。FT 年代測定でもこれまでの化石による中期中新世の年代を支持する値が得られた。

III . FT 年代測定試料

いわゆる「山砂利層」である吉備層群から 5 試料、中新統勝田層群から 2 試料の凝灰岩試料を採

取した。吉備層群からは周匝層の1試料(No. 1: 891005-1), 富吉層の2試料(No. 2: 890522-1, No. 3: 910522-2), 津高層の2試料(No. 4: 941122-1, No. 5: 951118-2)が得られた。勝田層群からは吉野層の1試料(No. 6: 940921-1), 高倉層の1試料(No. 7: 940921-2)が得られた。

1) 吉備層群の凝灰岩試料

No. 1(891005-1): 岡山県赤磐郡吉井町周匝, 黒本地区, 吉井町スポーツランド法面(図2); 東経 134°4'56", 北緯 34°55'35" (旧経緯度: 東経 134°5'6", 北緯 34°55'23"); 産出層, 周匝層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状(図3):

露頭は南北 100 m 余り, 高さ約 30 m と大規模である。周匝層と基盤のペルム系舞鶴層群の粘板岩からなる。両者の境界はほぼ垂直な不整合面で境され, 周匝層は基盤にオンラップする。周匝層は主に円礫岩と角礫岩からなり数 m づつ互層している。円礫岩は中から大礫サイズの円から亜円礫

からなる。礫は流紋岩, 安山岩, 泥岩, 砂岩, 花崗岩, 花崗閃緑岩など多様な礫種からなる。基質は中粒から粗粒の砂からなり淘汰は普通である。厚さ数 10cm の砂岩レンズを挟むことがある。一方, 角礫岩は中から大礫サイズの角から亜角礫からなる。礫はほとんどすべて基盤の粘板岩からなる。淘汰は悪く基質は泥質砂からなる。淘汰の悪い泥質な砂岩レンズを挟むことがある。角礫岩の単層は基盤と接する部分で厚く, 基盤から遠ざかるに従い薄くなる楔型の形態をなす。この角礫岩の層相は Suzuki (1996) による崖錐性の「山砂利層」と同様であり, 当時崖をなしていた基盤から落下した礫や土砂が堆積して形成したものと考えられる。

この角礫岩中に凝灰岩単層が2層認められた。いずれも厚さ 20 cm 程度で平行的であるが連続性は良くない。試料の凝灰岩は下位の単層から採取した。固結しているが基質はほとんどがベントナイト化している。大きいもので 1 mm 程度の結晶

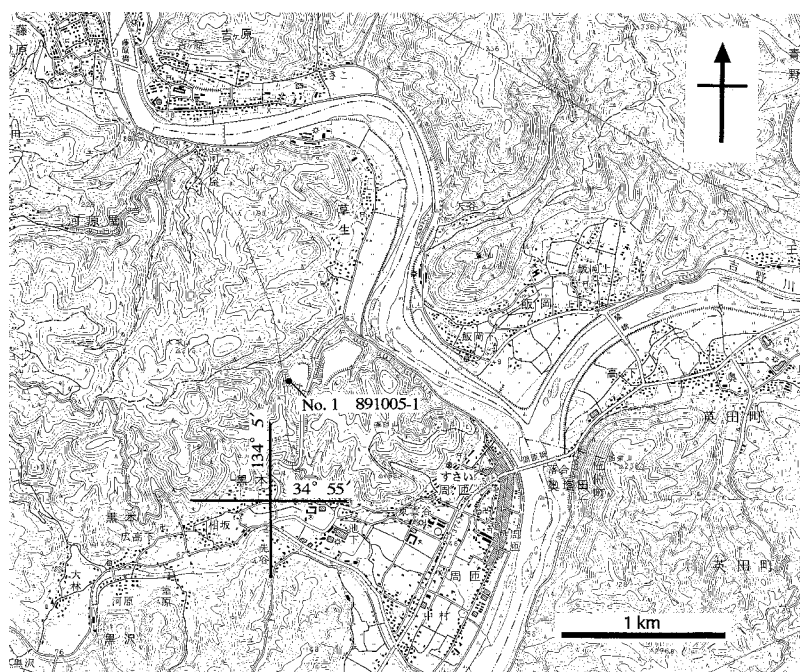


図 2 No. 1 試料採取位置 .

Fig. 2 Location of the sampling site.

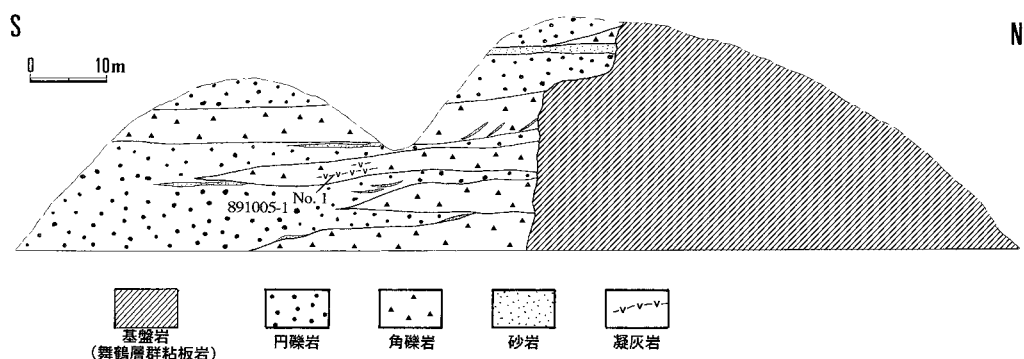


図 3 No. 1 試料採取露頭スケッチ .

Fig. 3 Sketch of the outcrop where sample No. 1 was collected.

粒をわずかに含む。鏡下観察したところ結晶粒は石英が多く長石、不透明鉱物を伴う。わずかに角閃石、ジルコンを含む。流紋岩岩片もごくわずかに認められる。ペントナイト化した基質はもともとは火山ガラスであったと考えられ、流紋岩質な結晶質凝灰岩とみなされる。

No. 2 (890522-1): 岡山県岡山市芳賀^{はが}, 清水地区 (図 4); 東経 133°52'32", 北緯 34°43'36" (旧経緯度: 東経 133°52'42", 北緯 34°43'24"); 産出層, 富吉層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 5, 6):

採取地周辺は富吉層が模式的に分布する地域で、この 500 m ~ 1 km 北に備前炭鉱があり石炭が採掘されていた (鈴木ほか, 2000)。鈴木 (2001) は富吉層を下位から、礫岩^{かざはや}からなる風林部層、砂岩泥岩からなり石炭を挟む箕煙部層^{みのた}、礫岩からなる本村部層と仮称して区分している。図 5 は本試料が風林部層に属することを地質断面図に示したものである。試料採取露頭は礫岩からなり厚さ 1 m の泥岩と凝灰岩からなる層を挟む (図 6)。礫岩は中から大礫サイズの円から亜円礫からなり、碎屑支持である。礫は流紋岩、安山岩、ホルンフェルス化した泥岩、砂岩、花崗岩など多様な礫種からなる。基質は風化のためやや粘土化しているが中粒から粗粒の砂からなる。淘汰度は普通である。泥岩と凝灰岩からなる層は南北に数 10 m 追跡できるが、それ以上の分布は認められない。凝灰岩

はその上部の約 30 cm を構成し、明瞭な境界で上位の礫岩に覆われる。露頭全体が風化の影響を受け、凝灰岩も粘土化しているが良くしまる。流紋岩質であり、岩相から約 10 cm づつの厚さで上部、中部、下部に区分できる。上部はペントナイトからなり、もともと火山ガラスが主体であったと考えられる微粒な凝灰岩、中部は 70% 程度のペントナイト質の基質と 30% 程度の石英、長石および雲母を伴う結晶粒からなる細粒な結晶質凝灰岩、下部は植物片を含む粗粒な石質凝灰岩である。分析は中部の結晶質凝灰岩で行った。

No. 3 (910522-2): 岡山県岡山市市田原, 箕煙地区 (図 4); 東経 133°52'36", 北緯 34°44'10" (旧経緯度: 東経 133°52'46", 北緯 34°43'58"); 産出層, 富吉層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 5, 7):

採取地周辺にはかつて備前炭鉱があり、石炭層を伴う砂岩泥岩からなる地層が分布する。この地層はいわゆる「山砂利層」の礫岩とは岩相が異なることから時代未詳の第三系とみなされていた (河合, 1950)。しかし採掘された石炭層の分布を再検討した結果、本層が「山砂利層」である富吉層の中部をなしていることがわかった (鈴木ほか, 2000)。鈴木 (2001) は本層を箕煙部層と仮称している。粗粒な花崗岩質な砂岩から上方細粒化し泥岩に至るユニットのくり返しからなり、石炭や凝灰岩は泥岩の部分に挟まれる。試料採取露頭の

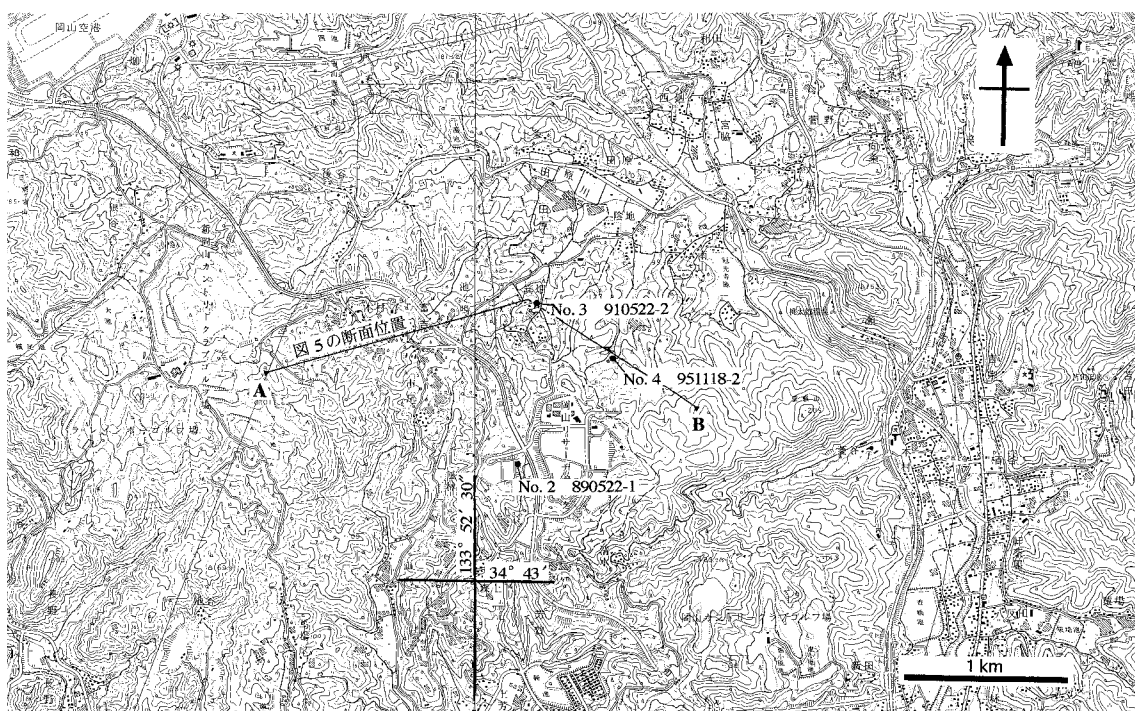


図 4 No. 2, No. 3, No. 4 試料採取位置および図 5 断面位置 .

Fig. 4 Location of the sampling site and profile of Fig. 5.

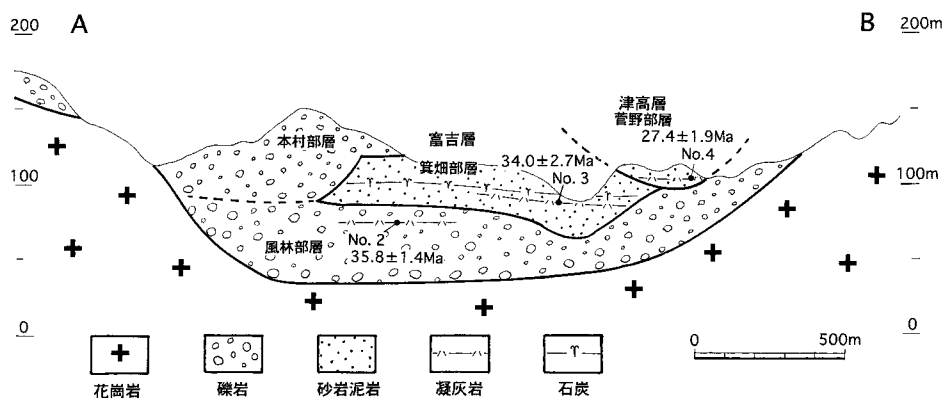


図 5 No. 2, No. 3, No. 4 試料採取地域の地質断面図 .

Fig. 5 Cross-section through the basin of the Tomiyoshi and Tsudaka Formation where sample No. 2, 3 and 4 were collected.

凝灰岩は厚さが約 2 m あり固結する(図 7)。弱く成層する部分もあるが全体に塊状で岩相はほとんど均質である。上部ではやや細粒化し、葉の化石

を多く含む部分がある。葉の化石はほとんど破片になっており *Buxus* sp. (ツゲ属) のみである。年代測定にはこの上部のものを用いた。この試料

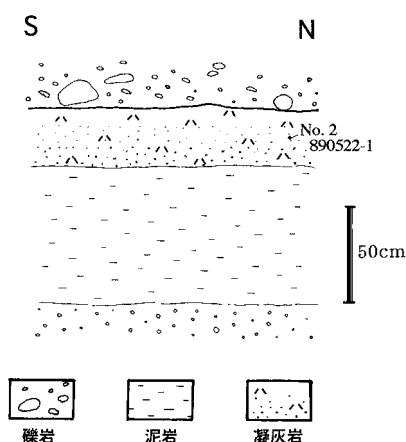


図 6 No. 2 試料採取露頭スケッチ .

Fig. 6 Sketch of the outcrop where sample No. 2 was collected.

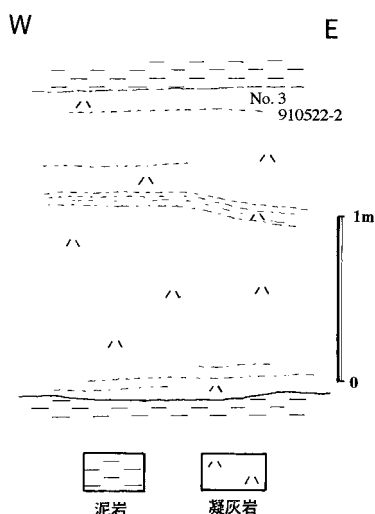


図 7 No. 3 試料採取露頭スケッチ .

Fig. 7 Sketch of the outcrop where sample No. 3 was collected.

は鏡下観察によってほとんど火山ガラスからなることが確認でき、流紋岩質ガラス質凝灰岩である。火山ガラスはバブルウォール型から軽石型である。10%程度の微粒な石英長石粒を伴う。

No. 4 (951118-2): 岡山県岡山市田原, 南山

地区 (図 4); 東経 133°52'52", 北緯 34°43'59" (旧経緯度: 東経 133°53'02", 北緯 34°43'47"); 産出層, 津高層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 5, 8):

津高層は岡山市と御津町の境にある^{からこうとうげ}辛幸峠周辺に模式的に分布する。鈴木 (2001) は礫岩からなる中山部層, 砂岩泥岩からなり石炭を挟む^{すがの}菅野部層, 礫岩からなる辛幸部層に区分して仮称した。このように岩相層序は下位から礫岩からなる部層, 砂岩泥岩からなり石炭層を伴う部層, 礫岩からなる部層からなり、富吉層とも共通する特徴を持つ。本露頭の地層は菅野部層に属すると考えられる。試料採取露頭では下位から礫岩, 礫まじり泥質砂岩, 泥岩, 凝灰岩, 泥岩の順に重なっている (図 8)。礫岩は中から大礫サイズの円から亜円礫からなり、碎屑支持である。礫種は流紋岩, 安山岩, ホルンフェルス化した泥岩, 砂岩, 花崗岩などからなり多様である。この礫岩は富吉層の風林部層の連続と考えられる。この上位の礫まじり泥質砂岩は淘汰が悪く, 礫種は石英脈や流紋岩などの風化しにくい礫の割合が多いことが特徴である。基盤には稀にしか存在しない石英脈の礫が多く存在する理由として, これら石英脈の礫の多くが, 下位の富吉層から再堆積したことが考えられる。泥岩は塊状で砂まじりである。凝灰岩は厚さ 1 m 程度で単層内でほとんど均質である。風化しており, やや透明感があるベントナイト化した微粒部からなるため, もとは流紋岩質なガラス質凝灰岩と考えられる。

No. 5 (941122-1): 岡山県久米郡^{くめなん}久米南町宮地, 西久保地区 (図 9); 東経 133°56'37", 北緯 34°53'21" (旧経緯度: 東経 133°56'47", 北緯 34°53'09"); 産出層, 津高層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 10):

久米南町宮地周辺では北東から南西の谷に沿う標高 90 ~ 180 m の緩斜面に、谷埋め性の地層である津高層が分布している。ほとんど礫岩からなる下部 (中山部層の相当), 砂岩泥岩からなり炭質泥岩を伴う中部 (菅野部層に相当), 礫岩優勢な上部 (辛幸部層に相当) に区分できる。下部の礫岩は主に大礫サイズの円から亜円礫からなり、標

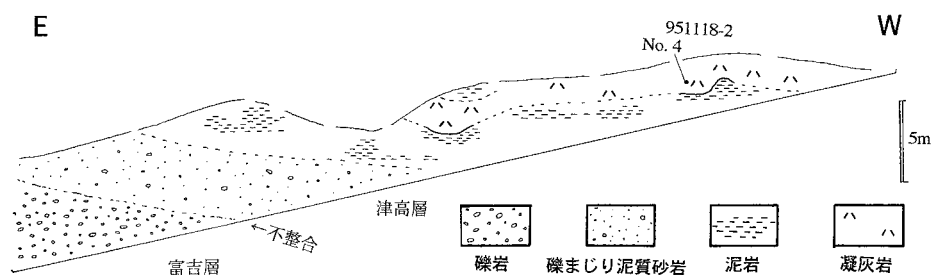


図 8 No. 4 試料採取露頭スケッチ .

Fig. 8 Sketch of the outcrop where sample No. 4 was collected.

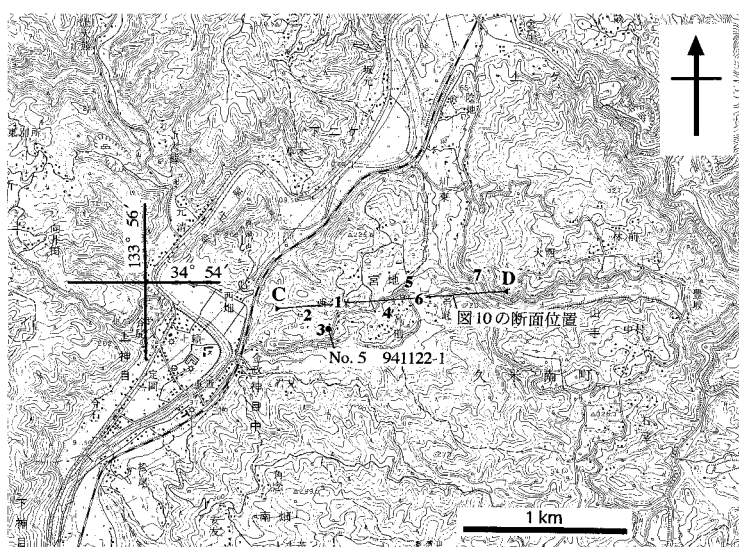


図 9 No. 5 試料採取位置および図 10 断面位置 .
図中の番号は図 10 の柱状図位置を示す .

Fig. 9 Location of the sampling site and profile of Fig. 10.
Numbers in this figure indicate the sites of the columnar section in Fig. 10.

高 130 m より低位では巨礫の割合が多くなる。中部は礫まじりの粗粒砂岩から泥岩へと上方細粒化する，厚さ数 m のユニットのくり返しからなる。上部の礫岩は主に中礫サイズの垂円礫からなり粗粒砂岩と泥岩を伴う。この礫岩層が下位の砂岩泥岩からなる地層を 2 m 程度削り込んで覆う露頭が観察された。

年代測定試料はこのうち中部の地層から得られた。試料の凝灰岩は厚さ 10 cm 程度の連続性の悪い単層で泥岩に挟まれていた。周囲の泥岩と同様弱く固結しているが風化している。やや透明感があるベントナイト化した微粒部からなるため，もとは流紋岩質なガラス質凝灰岩と考えられる。

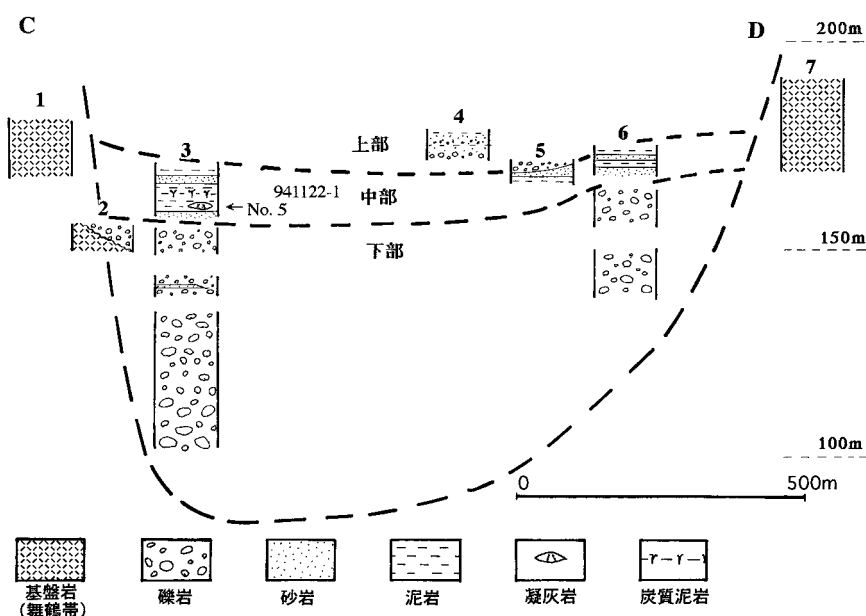


図 10 No. 5 試料採取地域の露頭柱状図 .

Fig. 10 Cross-section with the columner section through the area where sample No. 5 was collected.

2) 勝田層群の凝灰岩試料

No. 6 (940921-1): 岡山県津山市高野山西, 鹿の子地区 (図 11); 東経 134°02'27", 北緯 35°04'12" 旧経緯度: 東経 134°02'37", 北緯 35°04'00"; 産出層, 吉野層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 12):

試料採取露頭は泥岩と砂岩からなる。泥岩は砂質で黒色を呈す。凝灰岩試料はこの泥岩中に挟まれている。砂岩はこの泥岩を覆い塊状粗粒である。この砂岩は北東約 200 m 上流の河床に連続し, そこでは有孔虫化石 *Operculina* sp. を産す。凝灰岩は厚さ 30 cm 程度の単層でほとんど均質である。微粒な流紋岩質凝灰岩で風化してベントナイト化しており, もとはガラス質であったと考えられる。植物の葉などの破片を含む。

No. 7 (940921-2): 岡山県津山市綾部, 屋敷地区 (図 11); 東経 134°3'47", 北緯 35°6'47" 旧経緯度: 東経 134°3'57", 北緯 35°6'35"; 産出層, 高倉層

産出露頭の地質と凝灰岩試料の産状 (図 13):

試料採取露頭は主に泥岩からなる。厚さ 20 ~ 40 cm の細粒な泥質砂岩を数層挟む。地層は北に 60° 傾斜するが 2, 3 の砂岩単層には逆転を示す弱い級化層理が認められる。おそらく北方約 800 m を東西に走る美作衝上断層によって地層が逆転していると推測される。凝灰岩は厚さ 20 cm の単層として泥岩に挟まれる。やや透明感がある黒色を呈し, シルトサイズの結晶質な基質に中粒サイズの石英と長石をわずかに含む流紋岩質結晶質凝灰岩である。

IV. フィッション・トラック年代測定

採取した試料のうち 150 ~ 250 g 程度を処理しジルコン結晶を抽出した。いずれの試料からも 300 ~ 1000 個得られた。これらの結晶にはマグマが周囲の岩体を溶融した際取りこんだものと推定される外来結晶も含まれるので, 檀原 (1995) に従って結晶の形態と色調によってグループ分けし, 結晶の自形成度の高いものを本質結晶の可能性が高いとみなして選別した。年代測定は IUGS (国際



図 11 No. 6 , No. 7 試料採取位置 .

Fig. 11 Location of the sampling site.

地学連合)の地質年代サブコミッションから出されたフィッション・トラック年代測定 of 標準化に関する勧告 (Hurford, 1990a, b) に従い, zeta 較正 (Hurford and Green, 1983) による外部デテクター法 (Danbara *et al.*, 1991) で行った。なお本測定ではいずれも凝灰岩試料のため結晶外面を測定対象とする外部デテクター法 (檀原, 1995) を用いた。結晶面のエッチング条件は 225 , KOH: NaOH=1: 1 (mol) で 18 ~ 32 時間である。熱中性子照射線量測定は, NIST-SRM612

ウラン入り標準ガラスに白雲母デテクターを密着させ, 測定試料と同一カプセル内で照射を行うことより行った。照射は立教大学原子力研究所回転試料棚で行った。得られた測定結果は表 1 に示されている。

1) 吉備層群の凝灰岩試料

No. 1 : 891005-1 (周匝層); ジルコン結晶はいずれも自形度が高い。結晶の晶癖も揃い本質結晶含有率は 100% と推定される。測定した 30 個の粒子年代値のまとまりは良好で χ^2 検定にも合格し,

30 粒子の加重平均値として $34.3 \pm 1.8\text{Ma}$ の値が得られた。この値は漸新世の前期を示す。

No. 2 : 890522-1 (富吉層); ジルコン結晶はいずれも自形度が高い。結晶の晶癖も揃い本質結晶含有率は 100% と推定される。測定した 30 個の粒子年代値のまとまりは良好で χ^2 検定にも合格し、30 粒子の加重平均値として $35.8 \pm 1.3\text{Ma}$ の値が得られた。この値は漸新世の前期を示す。

No. 3 : 910522-2 (富吉層); ジルコン結晶はいずれも自形度が高い。結晶の晶癖も揃い本質結晶含有率は 100% と推定される。測定した 30 個の粒子年代値のまとまりは前 2 試料よりやや分散する

ものの χ^2 検定にも合格し、30 粒子の加重平均値として $34.0 \pm 2.7\text{Ma}$ の値が得られた。この値は漸新世の前期を示す。

No. 4 : 951118-2 (津高層); 自形度の高いジルコン結晶が豊富に含まれている。その純度は高く本質結晶含有率は 90% と推定される。測定した 30 個の年代値のまとまりは良く χ^2 検定にも合格し、30 粒子の加重平均値として $27.4 \pm 1.9\text{Ma}$ の値が得られた。この値は漸新世の後期を示す。

No. 5 : 941122-1 (津高層); ジルコン結晶は豊富に含有されるが、外来結晶の混入がある。本質結晶含有率は 75% 程度と推定される。本質結晶の可能性が高いと考えられる鋭い稜を持つ自形結晶のみを選んで 30 個測定した。測定された各結晶の年代値は 20 ~ 30Ma に集中するものが多いものの、それらより大きく古い値を示すものが数個存在し、全測定粒子 30 個を対象とした χ^2 検定は失格する。この原因は外来結晶の混入によるものとみなされる。そこで粒子年代および χ^2_N 値の大きい粒子から除外していくと、5 粒子除外したところで χ^2 検定に合格する。残る 25 粒子で年代値を算出したところ $27.1 \pm 1.5\text{Ma}$ の値が得られた。この値は漸新世の後期を示す。

2) 勝田層群の凝灰岩試料

No. 6 : 940921-1 (吉野層); ジルコンの含有率は低いうえ、外来結晶と考えられる自形度が不良な結晶が多い。測定は自形度の高いものを抽出し

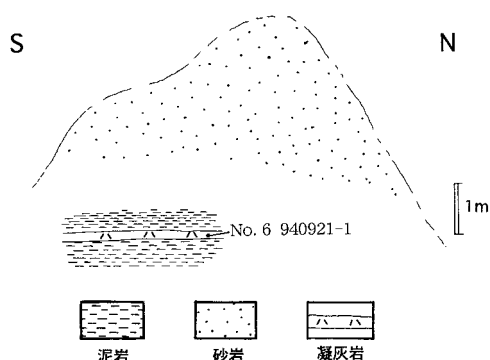


図 12 No. 6 試料採取露頭スケッチ。

Fig. 12 Sketch of the outcrop where sample No. 6 was collected.

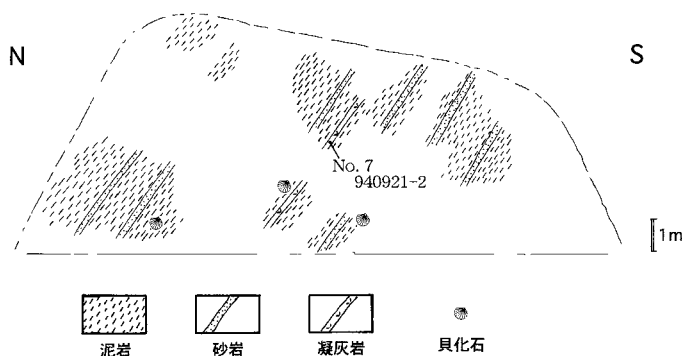


図 13 No. 7 試料採取露頭スケッチ。

Fig. 13 Sketch of the outcrop where sample No. 7 was collected.

表 1 フィッション・トラック年代測定結果。

Table 1 Fission-track age calibration data for the analysed samples.

試料名	(1) 測定 鉱物	結晶 数 (個)	自発核分裂飛跡 ρ_s (cm^{-2})	N_s	誘発核分裂飛跡 ρ_i (cm^{-2})	N_i	(2) χ^2 検定 $\text{Pr}(\chi^2)$ (%)	(3) 熱中性子線量 ρ_d ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	(4) N_d	(5) 相関 係数 r	ウラン濃度 (ppm)	(6)(7)(8)(9) 年代値 (Ma) Age $\pm 1\sigma$	(10) 測定 方法
891005-1	Zr	30	2.05×10^6	1326	1.74×10^6	1122	99	7.819	1205	0.916	180	34.3 ± 1.8	ED2
890522-1	Zr	30	6.10×10^6	3876	5.29×10^6	3361	72	8.363	1238	0.900	500	35.8 ± 1.4	ED2
910522-2	Zr	30	1.28×10^6	404	1.16×10^6	365	98	8.289	1277	0.832	110	34.0 ± 2.7	ED2
951118-2	Zr	30	9.30×10^6	507	9.98×10^6	544	53	7.920	1219	0.471	100	27.4 ± 1.9	ED2
941122-1	Zr	25	2.02×10^6	909	2.30×10^6	1035	19	8.310	1279	0.850	220	27.1 ± 1.5	ED2
940921-1	Zr	8	1.51×10^6	129	2.55×10^6	218	27	8.159	1257	0.594	250	17.9 ± 2.1	ED2
940921-2	Zr	9	2.83×10^6	99	5.28×10^6	185	64	8.159	1257	0.755	510	16.2 ± 2.1	ED2

(1) 測定鉱物 Zr: ジルコン

(2) $\text{Pr}(\chi^2)$: χ^2 値の自由度 $n-1$ の χ^2 分布における
上側確率 (Galbraith, 1981)

(3) 熱中性子線量測定用標準ガラス: NIST-SRM612

(4) 照射場所: 立教大学炉 TRIGA MARK 回転試料棚

(5) r : ρ_s と ρ_i の相関関係(6) 年代値: $T = (1/\lambda_D) \ln[1 + \lambda_D \cdot \zeta \cdot (\rho_s/\rho_i) \cdot \rho_d]$ ED1は $\rho_s \times 1/2$ (7) 誤差: $\sigma_T = T \times [1/\sum N_s + 1/\sum N_i + 1/\sum N_d + (\sigma_\zeta/\zeta)^2]^{1/2}$ (8) ^{238}U の全壊変定数 $\lambda_D = 1.55125 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}$ (9) $\zeta_{\text{ED1}} = 370 \pm 4$; $\zeta_{\text{ED2}} = 372 \pm 5$ (Danhara *et al.*, 1991)

(10) 測定方法: 外部ディレクター法 (内部面: ED1, 外部面: ED2)

て 25 個行った。各結晶の年代は 10 ~ 210Ma に
まで大きくばらつき、全測定粒子 25 個を対象とし
た χ^2 検定は失格する。しかし各結晶の年代の値は
10 ~ 20Ma と 40 ~ 70Ma をピークとしたバイ
モーダルな分布をなす。そこで新しい年代を示す
集団を構成する 8 結晶で年代値を算出したところ
 χ^2 検定に合格し、 $17.9 \pm 2.1\text{Ma}$ の値が得られた。
この値は中新世中期を示す。

No. 7: 940921-2 (高倉層); この試料も吉野層
の 940921-1 試料と同様にジルコンの含有率は低
いうえ、外来結晶と考えられる自形度が不良な結
晶が多い。測定は自形度の高いものを抽出して 25
個行った。各結晶の年代は 10 ~ 100Ma にまで大
きくばらつき、全測定粒子 25 個を対象とした χ^2
検定は失格する。しかしこの試料も各結晶の年代
の値は 15 ~ 25Ma と 50 ~ 70Ma をピークとした
バイモーダルな分布をなす。そこで新しい年代を
示す集団を構成する 9 結晶で年代値を算出したと
ころ χ^2 検定に合格し、 $16.2 \pm 2.1\text{Ma}$ の値が得ら
れた。この値は中新世中期を示す。

V. 対 比

いわゆる「山砂利層」と呼ばれてきた吉備高原
に分布する礫層 (吉備層群) は小倉 (1921), 赤
木 (1927) による 7 万 5 千分の 1 地質図幅では第
三紀礫岩とされていた。その頃関西地域の第四系
の堆積年代が哺乳類化石などの産出によって理解
され始め (その後大阪層群と命名), その地層に伴
う「山砂利」と呼ばれていた礫層は洪積世の大雨
期に形成されたと考えられるようになった (小澤,
1926; 中村, 1927)。その後、礫の大きさや円磨度
および地表付近でのルーズな産状が大阪層群の礫
層に類似する吉備高原の「山砂利層」は更新統と
みなされるようになった (竹山, 1933; 佐藤,
1937)。固結度で地層の新旧を類推した場合、ル
ーズな「山砂利層」は固結している中新統の泥岩や
砂岩より新しいものとみなされた。

FT 年代測定から得られた「山砂利層」(吉備層
群) の年代は、更新世という産状によって推測さ
れた堆積年代と大きく異なった。周匝層と富吉層
は後期始新世を示す 35 ~ 34Ma の、津高層から

は後期漸新世を示す 27Ma の値が得られた。周匝層と富吉層の 3 試料は本質ジルコン結晶の純度が高い良好な試料でデータの信頼性は高いと判断される。津高層の 2 試料は 1 試料が良好でもう 1 試料は混入ジルコンを含む試料であったが、得られた値は共に 27Ma と良い一致を示した。

近年 FT 年代測定および渦鞭毛藻やナンノ化石によって、西南日本内帯に分布するこれまで中新統と考えられてきた地層の一部が古第三系であることが明らかになってきている。尾崎・松浦 (1988) は中新統とされていた三田市三田地域の神戸層群に挟まれる 3 層準の凝灰岩の FT 年代測定を行ったところ、 $35.9 \pm 2.1\text{Ma}$ 、 $33.3 \pm 2.6\text{Ma}$ 、 $32.8 \pm 2.1\text{Ma}$ と後期始新世から前期漸新世を示す年代値が得られた。その後尾崎ほか (1996) は神戸市多井畑地域と宝塚市玉瀬地域から 4 試料の神戸層群の凝灰岩を採取して FT 年代測定を行い神戸層群の堆積年代を再検討した。結果は $36.9 \pm 2.3\text{Ma}$ 、 $34.7 \pm 2.8\text{Ma}$ 、 $33.5 \pm 1.5\text{Ma}$ 、 $31.0 \pm 3.3\text{Ma}$ とやはり後期始新世から前期漸新世を示す年代値が得られ、神戸層群から岩屋層をのぞき、神戸層群を古第三系として再定義した。岩屋層は産出する貝化石 (糸魚川, 1983) と底生有孔虫化石 (Tai, 1959) から中新統とみなされ、神戸層群が中新統とされる根拠となっていた。しかし山本ほか (2000) は岩屋層上部から中期始新世末から後期始新世 (38 ~ 35Ma) の時代を示す石灰質ナンノ化石と渦鞭毛藻化石を見出し、岩屋層は古第三系の神戸層群に属すとした。さらに栗田ほか (2000) は瀬戸内海の小豆島に分布する土庄層群四海層から始新世を示す渦鞭毛藻化石を見出した。山本 (2001) は小豆島北方の牛窓町前島に分布する第三系を前島層と命名して定義し、古第三系に対比できる可能性があるとしている。これらの最近の成果と吉備層群の年代とを比較すると、吉備層群周匝層と富吉層は神戸層群および瀬戸内海東部の海成古第三系に対比できると考えられる。陸成層と海成層の分布からみると、当時の陸域と海域の境界は現在の海岸線に近い。

北九州から山口県西部の炭田地域に分布する古第三系でも FT 年代測定が行われている。いずれも

凝灰岩で測定がなされ、北九州地域では直方層群上石層から $44.2 \pm 3.4\text{Ma}$ (尾崎・濱崎, 1991)、大辻層群遠賀層上部から $31.9 \pm 2.2\text{Ma}$ (尾崎・濱崎, 1991)、芦屋層群山鹿層下部から $31.7 \pm 2.3\text{Ma}$ (尾崎・濱崎, 1991)、同層群則松層から $30.3 \pm 1.2\text{Ma}$ (村上ほか, 1989)、佐世保・唐津地域では西彼杵層群最下部から $37.8 \pm 4.0\text{Ma}$ と $37.9 \pm 3.5\text{Ma}$ 、杵島層群から $33.9 \pm 3.3\text{Ma}$ 、相浦層群から $30.7 \pm 3.7\text{Ma}$ 、佐世保層群晴気凝灰角礫岩から $28.3 \pm 2.7\text{Ma}$ と $28.1 \pm 2.8\text{Ma}$ 、同層群歌ヶ浦凝灰岩から $25.6 \pm 3.0\text{Ma}$ と $25.7 \pm 2.3\text{Ma}$ (宮地・酒井, 1991)、宇部地域の宇部層群からは下部と考えられる層から $44.1 \pm 2.5\text{Ma}$ 、 $40.8 \pm 2.0\text{Ma}$ (石田ほか, 1994) と 38.4Ma (木村・辻, 1990)、上部の白岸凝灰岩から $32.7 \pm 2.0\text{Ma}$ 、 $32.5 \pm 2.0\text{Ma}$ 、 $30.0 \pm 2.0\text{Ma}$ (今岡ほか, 1999)、下片倉層から $34.3 \pm 1.8\text{Ma}$ (石田ほか, 1994)、 31.1Ma (木村・辻, 1990)、 $30.4 \pm 2.0\text{Ma}$ (木村・辻, 1992) の値が得られている。吉備層群は得られた年代値から北九州地域の炭田地帯を構成

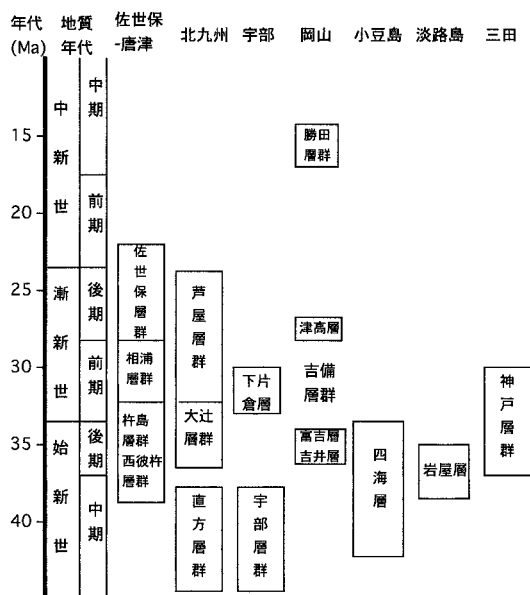


図 14 西南日本内帯の主な第三系の対比。

Fig. 14 Correlation of the Tertiary deposits for the Inner Side of Southwest Japan.

する始新統から漸新統の大辻層群や芦屋層群の一部に対比できる可能性があり、石炭層を挟むという特徴も一致する(図14)。

これらの年代測定に利用された凝灰岩の噴出源については、対馬から五島列島の西～北西海域に推定される古第三紀火山フロント上の火山(酒井, 1994)や山陰地域に分布する田万川コールドロンなどから構成される古第三紀火山帯(今岡ほか, 1999)が考えられている。吉備層群に挟まれる凝灰岩の噴出源はこれら双方の可能性がある。

勝田層群吉野層と高倉層の2試料はいずれも混入ジルコンを多く含む純度の悪い試料であった。しかし得られた結果は $17.9 \pm 2.1\text{Ma}$ と $16.2 \pm 2.1\text{Ma}$ で、予想される中新世の年代を示した。最近の珪藻化石、放散虫化石、ナンノ化石のような微化石の分類学的研究の進歩により中新世の詳細な年代論がなされるようになってきた。渡辺ほか(1999)は、珪藻化石を岡山県高山市地域の備北層群上部層と同県津山地域の勝田層群高倉層から見出し、両層が同時期のもので前者から*Crucidenticula kanayae* 帯($16.9 \sim 16.3\text{Ma}$)と*Denticulopsis praelauta* 帯($16.3 \sim 15.9\text{Ma}$)の化石群集を、後者から*C. kanayae* 帯($16.9 \sim 16.3\text{Ma}$)または*D. praelauta* 帯($16.3 \sim 15.9\text{Ma}$)に対比される化石群集を検出した。竹村・三宅(2001)は渡辺ほか(1999)が化石を検出した備北層群上部層の同一ルートから保存良好な放散虫化石を見出し 16Ma 頃の年代であることを支持した。山本(1999)は広島県庄原地域の備北層群の是松累層から板橋累層の下部(下部層から上部層下部に相当)にかけての連続セクションで石灰質ナンノ化石の生層序学的検討を行い、これらが 16Ma 前後50万年足らずの短い期間に堆積したことを示した。本研究による年代値はこれら最新の化石による年代とほぼ調和的であると言える。

VI. ま と め

1) 凝灰岩試料のFT年代測定により、吉備層群周匝層から $34.3 \pm 1.8\text{Ma}$ 、同層群富吉層から $35.8 \pm 1.3\text{Ma}$ と $34.0 \pm 2.7\text{Ma}$ 、同層群津高層から $27.4 \pm 1.9\text{Ma}$ と $27.1 \pm 1.5\text{Ma}$ 、勝田層群吉野層から

$17.9 \pm 2.1\text{Ma}$ 、高倉層から $16.2 \pm 2.1\text{Ma}$ の年代値が得られた。

2) いわゆる「山砂利層」である吉備層群は古第三系であり、周匝層と富吉層は後期始新世の、津高層は後期漸新世の地層である。

3) 勝田層群から得られた年代値は $17.9 \pm 2.1\text{Ma}$ と $16.2 \pm 2.1\text{Ma}$ で中期中新世を示し、微化石の対比による 16Ma 前後という年代と調和的である。

謝 辞

勝田層群の凝灰岩試料は瀬戸内環境地質研究会の田口栄次博士から露頭位置と層準についてご教示していただいて採取できた。富吉層中の植物化石は大阪市立博物館の塚腰 実博士に鑑定していただいた。野外調査にあたっては久保貴雄、澤田 直、宝谷 周、奥山裕之の各氏に協力していただいた。また微化石による最近の年代論については、株式会社関西総合環境センターの山本裕雄博士に多くのご教示をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 赤木 健(1927) 7万5千分の1地質図幅「岡山」及び同説明書・地質調査所。
壇原 徹(1995) 第四紀テフラの高精度フィッション・トラック(FT)年代測定。第四紀研究, **34**, 211-237。
Danbara, T., Kasuya, M., Iwano, H. and Yamashita, T. (1991) Fission-track age calibration using internal and external surfaces of zircon. *J. Geol. Soc. Japan*, **97**, 977-985。
Galbraith, R.F. (1981) On statistical models for fission track counts. *Mathematical Geology*, **13**, 471-488。
Hurford, A.J. (1990a) Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I.U.G.S. Subcommittee of Geochronology. *Chemical Geology*, **80**, 171-178。
Hurford, A.J. (1990b) International Union of Geological Sciences Subcommittee on Geochronology recommendation for the standardization of fission track dating calibration and data reporting. *Nuclear Tracks Radiation Measurement*, **17**, 233-236。
Hurford, A.J. and Green, P.F. (1983) The zeta age calibration of fission track dating. *Isotope Geosciences*, **1**, 285-317。
今岡照喜・西村祐二郎・吉原和彦・田中盛正・加々美寛雄(1999) 古第三紀宇部層群中の白岸凝灰岩の岩石記載とその噴出源。地質学論集, **53**, 393-401。

- 石田志朗・松下弘樹・精松保貴・松尾征二(1994) 山口県宇部東部の古第三系層序と漸新世下片倉層化石植物群. 日本地質学会西日本支部会報, **105**, 19-20.
- 石原舜三(1971) 日本の主要モリブデン鉱床および関連する花崗岩質岩類. 地質調査所報告, **239**, 1-178.
- 糸魚川淳二(1983) 瀬戸内東部沿岸地域の中新世軟体動物化石群集. 瑞浪市化石博物館研究報告, **10**, 29-39.
- 河合正虎(1950) 都窪郡及び御津南部地下資源調査報告. 岡山県地下資源調査報告書, **1**, 29-49.
- 河合正虎(1957) 5万分の1地質図幅「津山東部」及び同説明書. 地質調査所.
- 木村勝弘・辻 善弘(1990) 堆積盆の生成発展過程の研究. 石油開発技術センター年報, 平成元年度, 12-15.
- 木村勝弘・辻 善弘(1992) 堆積盆の生成発展過程の研究. 石油開発技術センター年報, 平成4年度, 90-98.
- 小倉 勉(1921) 7万5千分の1地質図幅「庄原」. 地質調査所.
- 栗田裕司・松原尚志・山本裕雄(2000) 香川県小豆島の第三系土庄層群四海層の渦鞭毛藻化石年代(始新世)とその意義. 日本古生物学会第149回例会講演予稿集, 5-7.
- 村上允英・今岡照喜・雁沢好博(1989) 山陰西部における古第三紀火山性陥没体の分布と時代に関する2,3の問題. 地団研専報, **36**, 41-47.
- 中村新太郎(1927) 京都大阪奈良神戸四近地質図説明文. 地球, **8**, 37-44.
- 宮地六美・酒井治孝(1991) 北西部九州, 第三紀層中火砕岩類のフィッシュ・トラック年代. 地質学雑誌, **97**, 671-674.
- 尾崎正紀・濱崎聡志(1991) 福岡県北部に分布する古第三系のフィッシュ・トラック年代. 地質学雑誌, **97**, 251-254.
- 尾崎正紀・松浦浩久(1988) 三田地域の地質. 5万分の1地質図幅及び説明書. 地質調査所.
- 尾崎正紀・松浦浩久・佐藤喜男(1996) 神戸層群の地質年代. 地質学雑誌, **102**, 73-83.
- 小澤儀明(1926) 洪積世の大雨期に就いて. 東洋學藝雑誌, **42**, 515.
- 酒井治孝(1994) 北九州の下部新統, 津屋崎層中の恋ノ浦火砕堆積物. 地質学雑誌, **100**, 692-708.
- 佐藤源郎(1937) 7万5千分の1地質図幅「高梁」. 地質調査所.
- Suzuki, S. (1996) Paleogene talus deposits, Okayama City, Southwest Japan. *Okayama Univ. Earth Sci. Rep.*, **3**, 17-24.
- 鈴木茂之(2001) 古第三系吉備層群(山砂利層)の堆積過程. 堆積学研究会2001年春季研究集会講演要旨集, 77-79.
- 鈴木茂之・中澤圭二・田中 元(2000) 岡山市北部, 備前, 富原炭鉱の夾炭層と「山砂利層」との関係. 岡山大学地球科学研究報告, **7**, 35-40.
- Tai, Y. (1959) Miocene microbiostratigraphy of west Honsyu, Japan. *J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. 4*, **11**, 119-398.
- 竹村厚司・三宅 誠(2001) 岡山県高山市地域からの中新世放散虫化石の産出. 兵庫教育大学研究紀要, **21**, 23-30.
- 竹山俊雄(1933) 吉備高原並に其の附近の洪積層とその変位. 地球, **20**, 428-443.
- 渡辺真人・三宅 誠・野崎誠二・山本裕雄・竹村厚司・西村年晴(1999) 岡山県高山市地域の備北層群, および津山地域勝田層群から産出した中新世珪藻化石. 地質学雑誌, **105**, 116-121.
- 山本裕雄(1999) 広島県庄原市, 西城川河床における中新統備北層群の岩相と石灰質ナンノ化石. 地球科学, **53**, 202-216.
- 山本裕雄(2001) 岡山県牛窓町前島に分布する第三系の浅海古環境. 人と自然, **12**, 13-30.
- 山本裕雄・栗田裕司・松原尚志(2000) 兵庫県淡路島北部の第三系岩屋層から産出した始新世石灰質ナンノ・渦鞭毛藻化石とその意義. 地質学雑誌, **106**, 379-382.

(2002年6月20日受付, 2002年10月21日受理)