

## 鳥取砂丘東部、福部砂丘の表層地質

羽地俊樹<sup>1\*</sup>・工藤 崇<sup>1</sup>

Subsurface geology of the Fukube Sand Dunes, eastern Tottori Sand Dunes, Japan

Toshiki HAJI<sup>1\*</sup> and Takashi KUDO<sup>1</sup>

**要旨** : 鳥取砂丘の東部に位置する福部砂丘において、地表踏査を行うとともに過去のボーリング調査やトレンチ調査の文献の収集を行い、地質図を作成した。今回の地質図の改定により、砂丘堆積物と基盤岩の詳細な分布が明らかとなった。また、鳥取砂丘の内部構造を示す代表的な露頭として報告されていた浜湯山および湯山西方の露頭の現況について報告するとともに、湯山西方の露頭の層序記載を行った。

**キーワード** : 大山倉吉テフラ (DKP)、福部砂丘、鳥取県、鳥取砂丘、広域テフラ

**Abstract**: The Fukube Sand Dunes are the eastern part of the Tottori Sand Dunes, Tottori Prefecture, Japan. This paper provides a new geological map of the Fukube Sand Dunes based on our field survey and literature review. The geological map shows the detailed distribution of the Pleistocene and Holocene sand dune deposits. In addition, we report the present condition of the two representative outcrops of the tephra at the Fukube Sand Dunes.

**Key words**: Daisen-Kurayoshi Tephra (DKP), Fukube Sand Dunes, Tottori Prefecture, Tottori Sand Dunes, wide-spread tephra

## はじめに

鳥取県の東部、千代川<sup>せんだい</sup>の河口付近の海岸線沿いには、東西約16 km、南北約2.4 kmにわたって海岸砂丘である鳥取砂丘が広がる(図1; 小玉ほか 2017)。鳥取砂丘はその規模や雄大な海岸砂丘景観から、国内有数の景勝地として知られている。その一部は1955年に国の天然記念物に、1963年には山陰海岸国立公園の特別保護地区として指定された(国立公園部 1963; 佐藤 1980)。その後、砂丘地におけるそれらの指定範囲は拡大され、現在に至る(小玉ほか 2017)。

鳥取砂丘では、多田(1968, 1975)や赤木(1996, 2009, 2010)にまとめられているように、砂丘地形の形成史やその表層の微地形の形成機構に関して古くから多くの研究例がある。また同砂丘では、風成砂からなる独特な表層地質の上に特異な動植物群が形成されている(例えば、清水・永田 1980; 江原ほか 1980; 清松 1987; 永松 2014)。一方で、砂丘内部からは砂丘地に立地した遺跡が多く見出されており(豊島 1975; 高田・中原

2015)、同砂丘は砂丘地形の発達と生態系や人間活動との相互関係に関する研究の好材料となっている(小玉ほか 2017)。したがって、本砂丘は地質・地形学的な観点のみならず、学際的に注目されている地質体と言える。

鳥取砂丘をなす堆積物は表土を除くと、下位から順に、上部更新統の古砂丘砂層、テフラ層及び古土壤層、完新統の新砂丘砂層の3つの地質単元に分けられる(赤木 1991)。これらの堆積物の分布については、赤木(1991)が公表した鳥取砂丘の地質図が参照されることが多い。後続のボーリング資料の検討でも、その地質図が概ね妥当であることが確かめられている(岡田 2005)。

赤木(1991)の地質図は、上記のように良く参照される地質図ではあるものの、その表現には改訂すべき点も認められる。この地質図では厚さ3 m程度のテフラ層及び古土壤層が数100 m<sup>2</sup>にわたって地表を覆うように描かれている。しかし、実際にはテフラ層及び古土

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門

Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

\*Corresponding author: T. Haji, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: t-haji@aist.go.jp

[受領 Received 17 Nov. 2023/ 受理 Accepted 9 Feb. 2024]

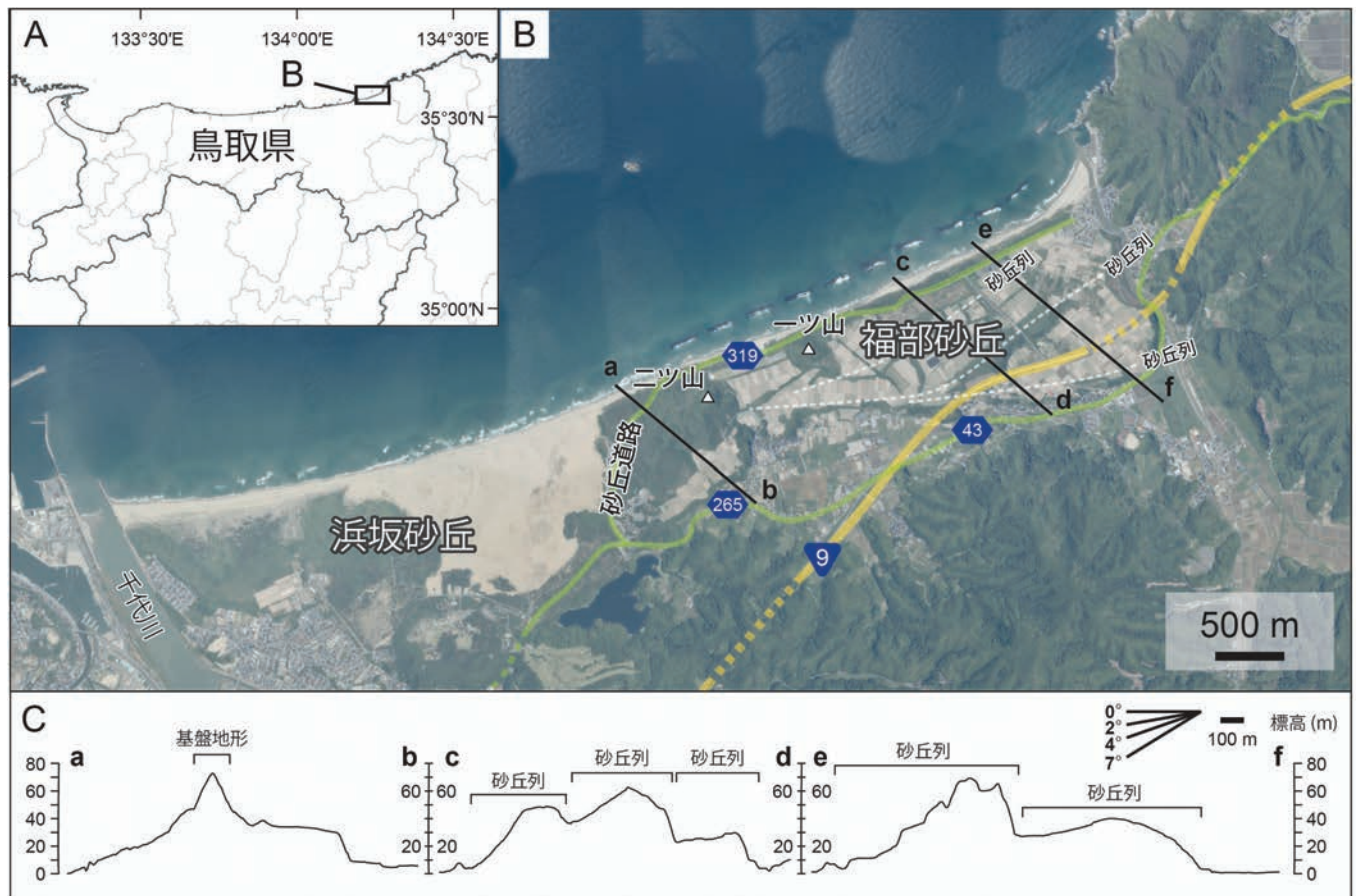


図1. A: 鳥取県における浜坂砂丘と福部砂丘の位置. B: 浜坂砂丘と福部砂丘の位置関係と土地利用状況を示す空中写真. 基図には国土地理院白地図および国土地理院撮影の空中写真(2021年撮影)を利用. C: 福部砂丘の地形断面図(縦横比5:1). 断面線の位置はBに示す.

壤層はこれほど広域には地表に露出しておらず、その大部分には新砂丘砂層が分布している。赤木(1991)の地質図は砂丘列などの地形的特徴を重視して堆積物分布の概要を描いたものと推測されるが、テフラ層及び古土壤層は鳥取砂丘の古砂丘砂層と新砂丘砂層を区別する基準となる鍵層であるため、実際の露出位置を反映した地質図の作成が必要であった。

鳥取砂丘のうち、千代川より東方の砂丘は主に鳥取市浜坂に位置する浜坂砂丘と鳥取市福部町に位置する福部砂丘に分けられる(図1B; 村上 1937)。両砂丘は中央部に分布する二ツ山周辺の基盤の露出域や県道319号線(砂丘道路)などを境に区分されてきた(図1B; 赤木 1997; 森川ほか 2005)。本報告では、砂丘道路を境としてそれより西側の部分を浜坂砂丘、東側の部分を福部砂丘として記載する(図1B)。浜坂砂丘の一部は天然記念物や国立公園の特別保護地区に指定されていることから砂丘景観の保全が行われており、堆積物の露出が良い(図1B)。そのため、赤木(1991)の地質図の公表以降も地層の分布についての検討が進んでおり(例えば、小玉ほか 2001; 小玉 2022)、地球物理学的な手法による形成史や内部構造の検討も進んでいる(例えば、

Tamura *et al.* 2011a, b, 2016)。他方で福部砂丘では、農業開発や砂丘砂の採取によって地形改変が進み、地形や露頭状況は地質図が描かれた当時から様変わりした(図1B)。

今回著者らは5万分の1地質図幅「浜坂」の調査の一環で、福部砂丘の地表踏査を実施するとともに、近年行われたボーリング調査やトレンチ調査のデータ収集を行った。本論ではそれらの結果から作成した地質図を公表し、テフラ層及び古土壤層が現在確認できる地点を地質図上に示す。

ところで、福部砂丘では本年(2023年)夏の豪雨で小規模な斜面崩壊が発生し、浜湯山でテフラ層及び古土壤層が露出した。この露頭は、『第四紀露頭集：日本のテフラ』(日本第四紀学会 1996)で紹介された本邦の代表的な露頭である。本報告ではこの露頭の現況についても紹介する。本報告が今後の福部砂丘における研究・開発の一助となれば幸いである。

なお、従来の鳥取砂丘の研究では、古土壤層あるいは古土壤層とテフラの互層に対して「ローム層」という記載用語がしばしば用いられてきた(例えば、豊島・赤木 1965; 赤木 1991)。「ローム」はそもそも土壤の粒径組

成を示す一区分である。しかし、これがあたかも古土壌層と同義のもの、火山灰質な土壌層全般、あるいは古土壌層と挟在するテフラを含めた総括的名称として慣用的に使用されてきた(例えば、吉永 1995; 早川 1995)。そのため、その定義と適用範囲は文献の発表年代や使用者によって異なる場合があり、結果的に問題を孕んだ用語となってしまっている。そこで本論では、「ローム層」という用語は使用せず、レス、植物由来の物質やテフラ等を起源とする土壌堆積物を指す用語として「古土壌層」を用いる。

## 地質概説

本研究で調査対象としたのは、鳥取砂丘のうち鳥取砂丘東部の砂丘道路よりも東方の東西約4 km、南北約1.5 kmの広がりを持つ福部砂丘である(図1B)。砂丘道路の西方の浜坂砂丘は砂丘景観の保全が行われている一方で、福部砂丘はらっきょう栽培などの農業利用や植林で地形改変が進んでいる(図1B; 中田ほか 2021)。

福部砂丘には地形的に3列の砂丘列が認定されるが(図1 B, C; 赤木ほか 1991)、砂丘の北東端や一ツ山の南西方では人工改変の影響で不明瞭になる。また、一ツ山や二ツ山の山体周辺では地形の起伏が大きく、そ

の傾斜角は砂丘列の風上斜面を代表する7度程度(小玉 2012)よりも極端に大きい(図1 Cの a-b 断面、図2)。したがって、これは砂丘地形ではなく基盤の形状を反映した地形と判断される。

福部砂丘の基盤は中新統鳥取層群に属する火山岩類からなる(村山ほか 1963; 図2)。これらの火山岩類は、砂丘中に孤立して残存する一ツ山および二ツ山の山体や、福部町湯山西方の砂丘堆積物下で確認される(図2)。火山岩類は、変質して白色化した安山岩もしくはデイサイトからなる。

福部砂丘をなす堆積物は、下位から順に上部更新統の古砂丘砂層、テフラ層及び古土壌層、完新統の新砂丘砂層の3つの単元に分けられる(赤木 1991)。古砂丘砂層と新砂丘砂層は、どちらも淘汰の良い風成の砂層である。砂の粒度は地域により細粒砂～粗粒砂と変化はあるものの、両者とも中粒砂が卓越する(山名 1962a, b, 2010; 豊島・赤木 1965; 赤木 1980; 出脇ほか 1995; 岡田ほか 2004)。

古砂丘砂層と新砂丘砂層の判別では、前者が後者と比べて締まり具合が良いことが指標となる。しかし、地表露頭ではそれは表層風化の進行度にも依存する。古砂丘砂層は新砂丘砂層と比べて全体として風化が進

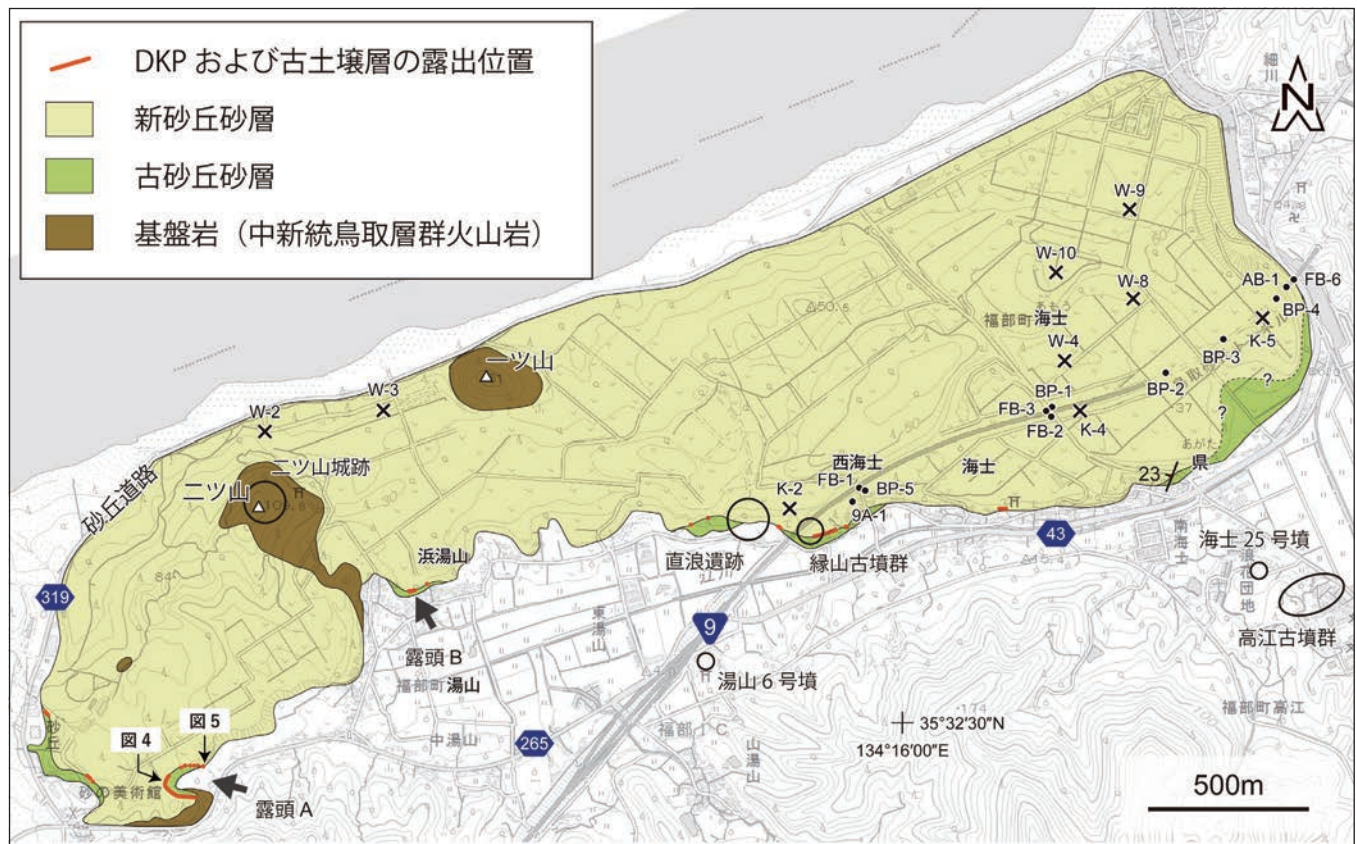


図2. 福部砂丘の地質図。バツ印と黒点印は本文で参照したボーリングコアの採取地点を示しており、前者は岡田(2005)によって報告されたもの、後者はURL1に公開されているものを示している。白抜き丸と白塗り丸は遺跡の位置に対応し、前者は遺跡群の分布を、後者は特定の古墳の位置を示す。湯山古墳群は、福部町湯山周辺の古墳群の総称であり、分布範囲が広いので割愛した(分布の詳細は高田 2018およびその引用文献を参照)。矢印で位置を示した露頭A、露頭Bはそれぞれ日本第四紀学会(1996)の露頭名。基図には国土地理院発行2万5千分の1地形図「鳥取北部」と「浦富」を利用。

行しており、それを反映した平均化学組成の差が見いだされているが(田中ほか 1966)、風化具合は露頭毎に差があるため露頭における砂層の判別の根拠としては利用し難い。また、このほかに判別に有用な組織や構造はなく、砂層の露頭観察から古砂丘砂層と新砂丘砂層を区別するのは困難な場合が多い。

古砂丘砂層と新砂丘砂層の判別には両者の間に挟まるテフラ層及び古土壌層が鍵層として利用される。テフラ層及び古土壌層は、福部砂丘近辺では最大約3 mの厚さを持つ地層で(豊島・赤木 1965)、古土壌層及びそれに挟まれる阿蘇4テフラ(Aso-4; 町田ほか 1985)、大山倉吉テフラ(DKP; 町田・新井 1979)、始良Tnテフラ(AT; 町田・新井 1976)、及び鬼界アカホヤテフラ(K-Ah; 町田・新井 1978)などからなる(三浦 1989; 出脇ほか 1995; 日本第四紀学会 1996)。これらのうちDKPは層厚が100 cm程度と厚く、粗粒の軽石火山礫からなる特徴があるため、露頭で容易に確認・判別が可能である。

上記のテフラ層及び古土壌層は、砂丘砂層の判別に利用されるとともに、砂丘砂層の年代指標でもある。各テフラの年代は、阿蘇4テフラが約87 ka(Aoki 2008)、DKPが約60 ka(Albert *et al.* 2018)、始良Tnテフラが約30 ka(Smith *et al.* 2013; Albert *et al.* 2019)、鬼界アカホヤテフラが約7.2 ka(Smith *et al.* 2013; Albert *et al.* 2018, 2019)とされており、古砂丘砂層と新砂丘砂層の年代はこれらの前後に制約される。また、鳥取砂丘では、砂丘砂層中や古土壌層中の木炭や有機物を対象とした多数の<sup>14</sup>C年代測定(高田 2018)や、砂丘砂を対象とした光ルミネッセンス年代測定(Tamura *et al.* 2011b, 2016)など、堆積物から直接年代決定も進められているほか、砂丘遺構から産する土器等の遺物の時代論から新砂丘砂層の年代の推定も行われている(例えば、豊島 1975; 高田 2018)。

なお、古砂丘砂層の一部はかつて湯山砂層と呼ばれ、風成の砂丘砂層ではなく水中で堆積した砂層とみなされてきた(山陰第四紀研究グループ 1969; 豊島・赤木 1965; 赤木 1972)。この砂層は、粒度が風成砂層よりも若干細かく、ちりめん状の葉理を示すことから水成層と判断され、他の砂丘砂層と区別されてきた(豊島・赤木 1965; 豊島 1975)。しかしながら最近では、ちりめん状の葉理は風成の砂丘砂が雨などで流されて再堆積した際にできる砂丘堆積物に特徴的な構造とみなされるようになった(増田ほか 2014; 増田 2019)。したがって、本報告ではかつて湯山砂層として区別されていたちりめん状の葉理を示す砂層も一括して古砂丘砂層として取り扱う。

## 砂丘堆積物の分布

本研究で作成した地質図を図2に示す。なお、<sup>あがた</sup>県集落(図2)の北東方の砂丘砂層の帰属については不明確な点がある。これについては考察で後述することとし、ここでは本研究の地表調査の結果を述べるとともに、既報のボーリングデータとトレンチ調査の結果をまとめる。

福部砂丘における砂丘砂層の分布は、上述の基盤露出域を除いた現在の県道265号線および43号線以北の地形的高まりの部分と一致する(図1, 2)。我々は現在、同道路以南の北斜面をなす山体の基盤地質の調査を進めているが、それらの上に砂丘砂は認められない。また、福部町高江の海士25号墳および高江古墳群や、福部町山湯山北部の湯山6号墳では遺跡調査のためのトレンチ調査が行われているが、それらでも砂丘砂層は報告されていない(図2; 福部村教育委員会 1977, 1990)。

福部砂丘の堆積物分布を把握するうえで重要な鍵層の役割を果たすテフラ層及び古土壌層は、主に砂丘南崖で確認される(図2)。テフラ層及び古土壌層の露出する標高は5~40 mと場所によって差があり、湯山西方や西海士の露頭では地表下に潜り込む様子も確認された。また、一ツ山、二ツ山、二ツ山南西方の丘陵上、湯山西方の4か所で基盤岩の露出が認められた(図2)。これらの基盤周辺では、後述の湯山西方の露頭を除きテフラ層及び古土壌層は認められず、新砂丘砂層が直接基盤を覆う。

福部砂丘では複数のボーリング調査が実施され、そのデータが公開されている。ここでは岡田(2005)によって報告されたボーリングデータと国土土地盤情報検索サイトKunijibanで公開されているボーリングデータ[URL1]のうち、福部砂丘の砂丘堆積物の分布の制約に寄与するデータについて参照する。

西海士で得られた4本のボーリングコア9A-1、BP-5、FB-1、K-2(図2)では、テフラ層や古土壌層が見出されており、その上限標高は約6~8 mである(岡田 2005; URL1)。本研究の調査ではこれらのボーリング地点の南方で標高約10~20 mの地点でDKPの露頭を確認していることから、テフラ層及び古土壌層は露頭地点からボーリング地点へと向けてその分布高度を下げているものと判断される。

海士で採取されたボーリングコアBP-1、FB-2、FB-3、K-4(図2)でもテフラ層および古土壌層が確認されており、地表下数10 cm~数mにあたる標高約26~28 mにその上限が報告されている(岡田 2005; URL1)。他方で、その東方に位置する県集落の北方に位置する10本のボーリングコア(AB-1、BP-2~4、FB-6、W-4、W-8~10、K-5; 図2)では、その一部は基盤に至るまでコア記載が行われているものの、いずれのコアでもテフラ層お

よび古土壤層は見出されていない(岡田 2005; URL1)。

福部砂丘の周辺では多くの遺跡が発見されており、福部砂丘内における代表的な遺跡は直浪遺跡、縁山古墳群、湯山古墳群、二ツ山城跡である(図2; 高田 2018)。これらのうち、前二者ではトレンチ調査が行われており、DKP及び古土壤層が報告されている(福部村教育委員会 1995, 2004)。

直浪遺跡では1955年から現在までに度重なる調査が行われており、トレンチ調査も複数回行われてきた(福部村教育委員会 1956, 1976, 1995, 2001; 文化庁 1983; 高田・中原 2015; 高田 2018)。各調査の経緯や詳細は高田(2018)がまとめている。それらのトレンチ調査では、地表下約3 m、標高約10 mの地点で粘土化したDKPが見出されており、それを古土壤層と新砂丘砂層が覆う層序が報告されている。

縁山古墳群では、標高約18～24 mの複数の地点で深さ70～130 cmのトレンチ調査が行われた(福部村教育委員会 2001, 2004)。これらの調査では、一部のトレンチの表層の耕作土を地表から約50 cm掘り下げた地点から、層厚約30 cmの「火山灰が堆積した無遺物層」もしくは「砂と火山灰を含んだ黒灰色土」が報告されている。また、この下位に「黄褐色土」、「暗黄褐色土」、「黄褐色ブロック混土」などと記載された「基盤層」が報告されている。これらは記載が不十分で詳細は不明だが、縁山古墳群の周辺の地表では標高20 m付近でDKPおよび古土壤層の露頭を確認していることから(図2)、前者の「火山灰」の記載のある地層は古土壤層、後者の黄褐色系の特徴的な色調を示すとされる「基盤層」はその色調からDKPあるいはそれが粘土化・土壌化したものの可能性がある。この推定が正しければ、縁山古墳群周辺の標高約18～24 m程度の地点では地形に沿って地表下約50 cm程度にテフラ層および古土壤層が存在することとなる。

### テフラ層及び古土壤層の露頭の現況

福部砂丘においては、先行研究でいくつかの露頭紹介がある(日本第四紀学会 1996; 福部町 2000; 林・山名 2016)。このうち『第四紀露頭集: 日本のテフラ』(日本第四紀学会 1996)では、「鳥取砂丘における新旧の砂丘砂とテフラ層」と題して、福部砂丘の2つの露頭(露頭A、露頭B)が紹介されている。露頭Bは浜湯山の北方の斜面に位置する古砂丘砂層の模式的露頭である(日本第四紀学会 1996)。同地点周辺では、現在は民家裏の砂丘崖に好露頭があり、露頭集の柱状図で示された地層の下部が観察できる(図3)。

他方で露頭Aは露頭集で大露頭であるとして遠望のスケッチが掲載されているが、現在は藪林と化しており、露頭前面には梨園が立地している。そのため構造



図3. 露頭Bの露頭写真.

を把握するのは困難であった(図4A)。しかし、現在は2023年7月の豪雨によって西側斜面が崩壊したため、斜面の上部にテフラ層及び古土壤層の存在が遠望で確認できる状況になっている(図4B)。

壁面に取りついて観察すると、地質図に図示したように東向き斜面の最上部に連続してDKP及び古土壤層が露出しているのが確認できる(図4C)。これらを北方に追跡すると、北側斜面で東傾斜の姿勢となり、地表下へ潜り込んでいく様子が露頭で確認される(図5)。この東へ標高を下げる構造は、露頭集の露頭Aのスケッチ東側に示されている構造に対応するものである。

露頭集の露頭Aのスケッチでは、西部ではDKPが新砂丘砂層と古砂丘砂層の間でせん滅するかのよう描かれている。しかし本研究の調査では、DKPおよび古土壤層は基盤にアバットしており、古砂丘砂層が基盤とテフラ層及び古土壤層の間でせん滅していることが明らかとなった(図2)。

露頭Aについては三浦(1989)がテフラを報告し簡易的な柱状図を示しているが、本報告では改めてその層相を記載するとともに、その堆積年代について現在の知見の整理を行う。東向き斜面の上部の露頭では下位から順に、古砂丘砂層(層厚3 m以上)、下部古土壤層(層厚約0.5 m)、DKP(層厚約0.9 m)、上部古土壤層(層厚約0.4 m)、新砂丘砂層(層厚0.6 m)からなる層序が観察される(図4C、6)。なお、三浦(1989)はこの露頭でDKPのほかAso-4、AT、K-Ahなどのテフラを報告しているが、今回の我々の調査でそれらを確認することはでき

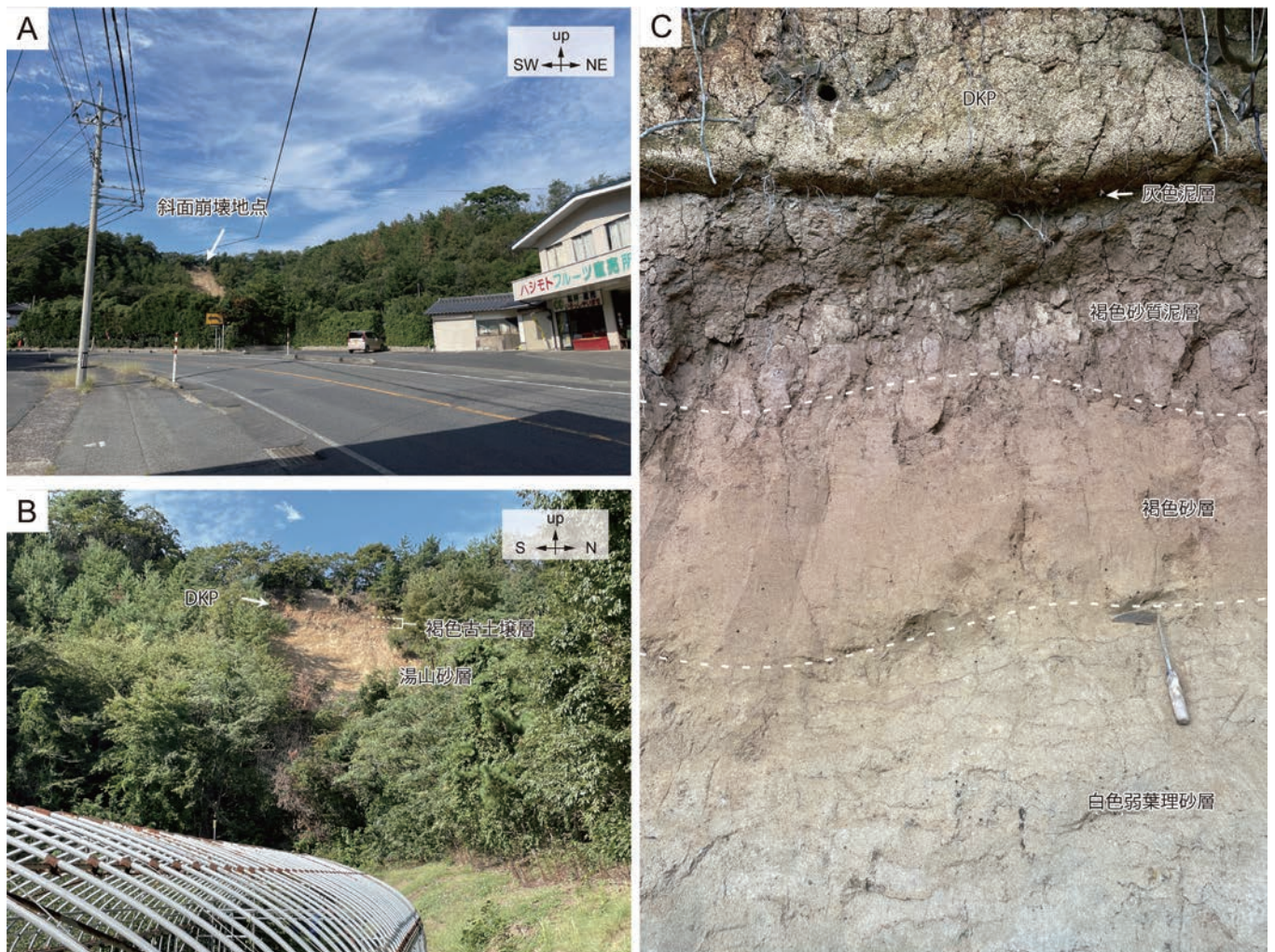


図4. 露頭Aの現況. A: 日本第四紀学会(1996)の露頭Aのスケッチに対応した画角の露頭の遠望写真. B: 斜面崩壊地の遠望写真. 斜面上部にテフラ層を含んだ層序が確認できる. C: 崩壊地上部の露頭写真.

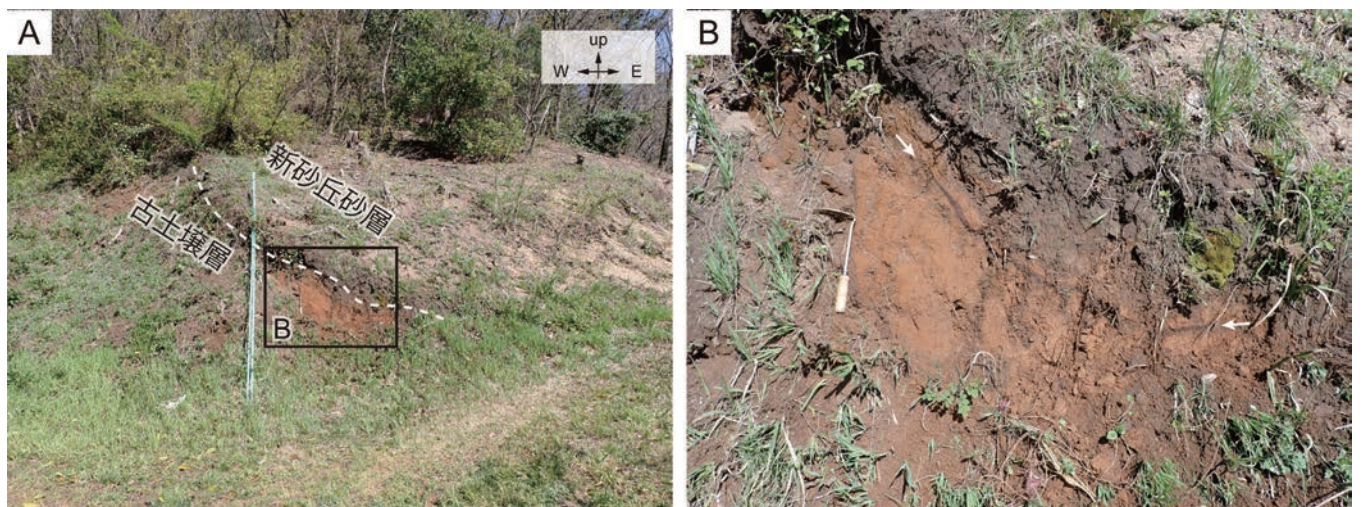


図5. 露頭Aの北斜面でDKPの上位の古土壌層が地表下へ潜り込む地点の露頭写真. A: 遠景, B: 近景. Bの白矢印は層理を示す暗灰色砂層の薄層.

なかった。三浦(1989)では露頭でのテフラの産状に関する情報が示されていないため不明確ではあるが、本露頭ではそれらの多くは古土壤層中のクリプトテフラとして産する可能性がある。以下に、下位から順に各層の層相を記載する。

古砂丘砂層は淘汰の良い中粒砂からなる。主部は白色～黄色の砂層で、ちりめん状の葉理を示す。褐色の酸化跡や黒色の粘土質物が脈状に認められ、「サンド・キンデル」や「砂小僧」と呼ばれる砂の塊(赤木 1991; 山名 2009; 林・山名 2016)も確認される。最上部約60 cmは風化して葉理が不明瞭となり、褐色を呈する褐色砂層からなる。また、この風化部には最大径約5 mmの岩片が少量含まれる。古砂丘砂層の上位の下部古土壤中から Aso-4(約87 ka; Aoki 2008)起源の磁鉄鉱が検出されているため(三浦 1989)、本砂層の堆積年代は87 ka以前と制約される。

下部古土壤層は褐色砂質泥層と灰色泥層からなる(図4C、6A)。褐色砂質泥層は層厚約45 cmで、その構成物は細粒～中粒砂サイズの鉱物片と褐色の泥である。砂サイズの粒子の割合は少なく、泥質物が大半を占める。灰色泥層は厚さ3 cmの薄層で側方への連続性が悪く、この泥層を欠いて上位のDKPが載る場合もある。このDKPの直下の泥質薄層は先行研究でも報告されており、地下水による集積層と考えられている(豊島 1975)。

下部古土壤層を覆うDKPは厚さ約90 cmの軽石火山礫層であり、長径約5～10 mm程度の黄褐色を呈する粘土化した軽石火山礫を主体とし、最大粒径3 mm程度の普通角閃石の結晶片が目立つ。また、DKPに特徴的な清澄な短冊状の晶癖を持つ直方輝石(町田・新井 1979)も認められる。本層は上部ほど粘土化が進んでおり、軽石の外形が不明瞭になる。本層は60 ka頃(Albert *et al.* 2018)の降下テフラである。

上部古土壤層は褐色砂質泥層、淡褐色泥質砂層、黄褐色泥質砂層からなる(図6A、B)。褐色砂質泥層は上部古土壤層の下部をなす堆積物で、下部古土壤層のものと同じく泥質物が大半を占め、層厚は約30 cmである。淡褐色泥質砂層および黄褐色砂質泥層は淘汰のやや悪い堆積物で、細粒～中粒砂および泥からなる。

三浦(1989)は、DKPの上位の古土壤中からAT(約30 ka; Smith *et al.* 2013; Albert *et al.* 2019)やK-Ah(約7.2 ka; Smith *et al.* 2013; Albert *et al.* 2018, 2019)の火山ガラスを報告している。以上のことから、上部古土壤層を覆う新砂丘砂層は約7.2 ka以降の堆積物と制約される。なお、直浪遺跡の古土壤層上部からは、有機物の<sup>14</sup>C年代値として約5,500 cal BPが得られており(高田 2018)、縄文時代中期の土器の出土が報告されている(高田・中原 2015)。

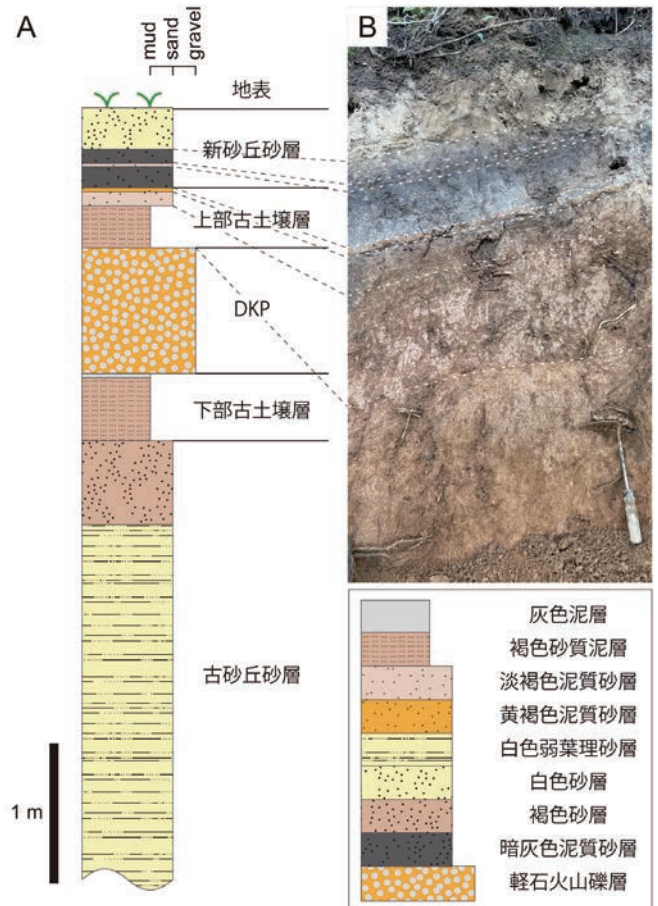


図6. 露頭A上部の層序. A: 柱状図. B: 柱状図上部に対応する露頭写真. 柱状図下部の露頭写真は図4C.

新砂丘砂層は、薄い淡褐色泥質砂層を挟む暗灰色泥質砂層と、白色砂層からなる。暗灰色泥質砂層は、中粒砂主体とする泥質な砂層で炭化植物根などの有機物片を含む。この暗灰色泥質砂層は、その性質と層準から鳥取砂丘においてクロスナ層と呼ばれるもの(例えば、豊島・赤木 1965; 出脇ほか 1995)に相当すると考えられる。白色砂層は細粒～中粒砂からなる淘汰の良い堆積物で、砂粒子の癒着が認められない。

なお、クロスナ層とは砂丘砂層に発達する黒色腐植混じりの砂層を指す(豊島・赤木 1965)。クロスナ層は植物片や樹木のプラント・オパールを含むことから、堆積当時の地表が植物に被覆されていたこと、すなわち砂丘の固定期を示す堆積物とされる(吉田 1998; 高田 2018)。クロスナ層は国内の他の砂丘堆積物中にも認められ、完新世の砂丘を細分するための鍵層として扱われている(例えば、遠藤 1969; 井関 1975)。鳥取砂丘では、千代川の西方や直浪遺跡で三枚のクロスナ層が見いだされている(鳥取県教育文化財団 1981; 高田・中原 2015)。また直浪遺跡では、クロスナ層中の有機物の放射年代値や遺物の年代論から、新砂丘砂層の堆積期が縄文時代後半・弥生時代中期後半・古墳時代前期後半・近世以降の四期に分けられている(高田 2018)。本

露頭のクロスナ層から堆積時期を制約する証拠は得られていない。

## 考察

### (1) 堆積物の分布について

本研究の地表調査および先行研究の地下調査の結果から、テフラ層及び古土壌層の露出する標高は福部砂丘では約5～40 mと場所により変化があることが明らかとなった。特に、西海士近傍では狭い範囲でテフラ層及び古土壌層の標高が大きく変化している(図2)。テフラ層及び古土壌層の分布標高の変化は古砂丘の砂丘地形を反映したものと考えられており(岡田 1999)、テフラの降下当時に起伏に富んだ地形をなしていたものと判断される。

昭和30年代の「火山灰土」(現在の認識でのテフラ層及び古土壌層と推定される)の露出地を図示した大西・近藤(1961)は、二ツ山の南方でその分布が途切れるとした。岡田(1999)はこれを、同地域では「火山灰」が基盤の上に堆積し、新砂丘の堆積以前に削剥されたからだとみなした。今回、二ツ山の周辺では基盤を直接新砂丘砂層が覆っていることが確認され、本研究は岡田らの主張を支持する結果となった。

今回の踏査において、二ツ山から南西に伸びる尾根上では二ツ山の山体およびその尾根の延長部の一部のみ基盤岩の露出が認められた(図2)。しかし、二ツ山から標高84 mの峰周辺は海岸側・内陸側の両斜面とも急傾地となっており、砂丘地形とは異なる(図1C、図2)。本研究では地表踏査の結果を重視して同地域周辺の表層地質を新砂丘砂層とみなしたが、上記の地形的特徴は砂層が地表付近を薄く覆っているに過ぎず、その直下には基盤岩が伏在していることを示唆している。

大西・近藤(1961)は、福部町海士の南西部の砂丘上面においても「火山灰土」の露出地を示している。彼らが露頭を示した場所は現在、らっきょう畑の耕作地もしくは国道9号線の敷設地となっており、露頭が失われている。今回の調査では、周辺の砂丘上面では新砂丘砂層しか確認できず、テフラ層および古土壌層の露頭は発見されなかった。そこで本研究では、現在の砂丘上面は新砂丘砂層からなると判断して地質図を作成した。

現在では露頭が失われてしまっており確認できないが、大西らの調査当時には海士南西部においてテフラ層及び古土壌層の一部が砂丘上面の地表に露出していたのであろう。海士の南西部の砂丘上面の標高は高々30 m程度と、海士周辺において推定されるテフラ層および古土壌層の標高に近い。上述の通りテフラ層及び古土壌層の分布標高は変化に富むことから、それらの

一部がかつて海士の南西部の砂丘上面に露出していたとしても矛盾ない。実際、大西らが海士において示したテフラ層および古土壌層の露出位置の周辺で行われたボーリング調査BP-1、FB-2、FB-3、K-4(図2)では、上述の通りいずれも地表下数m以内にテフラ層および古土壌層が見いだされている。

### (2) 福部砂丘東端部の砂層の帰属について

本研究の地表調査において最も東部でテフラ層および古土壌層を確認したのは、県集落の標高約10 mの地点である(図2)。それ以东では砂層しか確認できず、これが古砂丘砂層と新砂丘砂層のどちらであるかの判断は困難であったため、両砂層の境界位置を制約することはできなかった。また上述の通り、福部砂丘の東端部に位置する10本のボーリングコア(AB-1、BP-2～4、W-4、W-8～10、K-5; 図2)でも両砂層を識別するための鍵層であるテフラ層および古土壌層が見出されていないため、福部砂丘東端部の砂層の帰属は不明確である。

砂丘堆積物の区分に際して、堆積物の締めり度を利用する方法がある(例えば、西ほか 1996)。大原・小玉(2022)は、鳥取砂丘西部のボーリング資料から古砂丘砂を判別する際に標準貫入試験の結果であるN値を締めり度の指標として用い、N値 $\geq 25$ を古砂丘砂層の目安とした。図7は、福部砂丘東部においてN値の公表さ

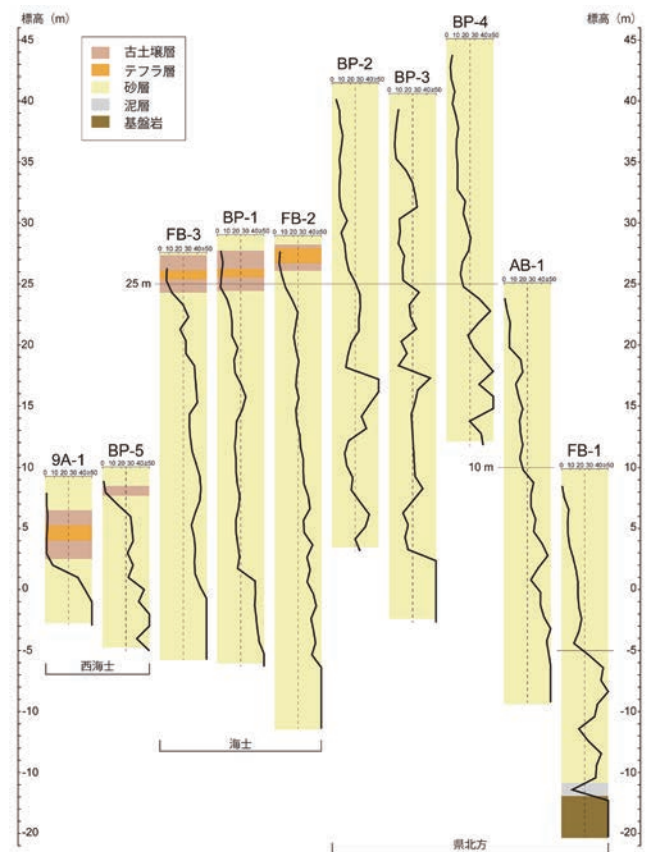


図7. 福部砂丘東部のボーリング資料の標高とN値(各グラフの縦軸). 資料の採取地点は図2に示す。



れているボーリングデータをまとめたものである。福部砂丘のテフラ層および古土壌層が見いだされている5つのボーリング資料(9A-1, BP-5, FB-3, BP-1, FB-2)では、古砂丘砂のN値は25程度もしくはそれより大きな値を示す(図7)。県北方の砂丘上で得られたボーリング資料BP-2~4では、いずれも標高25 m付近を境に、それより上方ではN値が25未満と低い値を、それより下方では25以上の高い値を示す傾向が認められる(図7)。また砂丘東端部のボーリング資料AB-1やFB-1では、標高10 m付近および-5 m付近にそれぞれN値が25程度の強度境界がある(図7)。したがって、大原・小玉(2022)と同様にN値 $\geq 25$ を基準とすれば、新砂丘砂層と古砂丘砂層の境界は、海士集落から県集落の北方では標高25 m付近にあり、砂丘東端部では標高を下げるものと推定される。ただし、これらのN値の変化は深度に依存したものである可能性もあり、今後の詳細な検討が必要である。

以上の通り福部砂丘東部の砂層の帰属は明確ではないが、本研究では上述のN値からの推定に依拠して地質図を作成した(図2)。県集落の標高約10 mの地点において確認されたDKPの層理面の姿勢はN21°E23°Wと西傾斜であり、新砂丘砂層と古砂丘砂層の境界の標高は東方でより高いと考えられる。県北東方で標高25 m近辺に新砂丘砂層と古砂丘砂層の境界を設定した今回の推定は、この露頭事実と調和的である。

また、本研究の推定では県北東方においてテフラ層や古土壌層を欠いて新砂丘砂層が古砂丘砂層を覆うものとしたが、この被覆関係の想定は先行研究の解釈とも調和的である。岡田(2005)は、鳥取砂丘のボーリング試料の対比の際、海士東方の4本のボーリングコア(K-5, W-8~10; 図2)の砂層中の標高約16~34 mに新砂丘砂層と古砂丘砂層の境界を設定している。これは岡田(2005)がテフラ層および古土壌層を欠いて古砂丘砂層を新砂丘砂層が覆うと判断したことを示す。また赤木ほか(1991)は、県集落東部で新砂丘砂層が古砂丘砂層を直接覆うように地質図を描いている。以上のように、テフラ層や古土壌層の欠如は先行研究でも想定されている。

本研究の新砂丘砂層と古砂丘砂層の境界の推定には多くの課題が残る。推定の主要な根拠であるボーリング資料のN値には深度依存の可能性が残る。また、DKPは起伏に富んだ古砂丘の上に堆積したと判断されるため、今回測定した姿勢が大局を示していない可能性がある。そして、上述の通りテフラ層や古土壌層を欠くとすると、新砂丘砂層の堆積以前に侵食を想定することになる。これは古砂丘の元来の砂丘地形が両砂層の境界には一致しないことを意味し、DKPの姿勢は境界位置の推定根拠として弱いといえる。本研究の地

質図には以上のような課題があり、福部砂丘東端部の新旧の砂丘砂層の区別は今後の課題である。

**注** 本論文で写真を示した露頭はいずれも私有地もしくは商業施設内であるため、立ち入りおよび観察を希望するには所有者の許可を得てから行っていただきたい。

## 謝辞

鳥取県立博物館の田邊佳紀氏、鵬技術コンサルタント株式会社の山口健二氏、鳥取大学の高田健一氏および菅森義晃氏には文献調査に際して便宜を図っていただいた。鳥取市福部町の観光農園橋本園および浜湯山在住の皆様には、露頭観察のための施設および私有地への立ち入りにご協力いただいた。産業技術総合研究所の地質試料調製グループの皆様には、岩石試料の薄片作成にご協力いただいた。査読者の鳥取大学の小玉芳敬氏および岡田昭明氏の指摘は、本原稿の改善に役立った。本研究は、山陰海岸ジオパーク学術研究奨励およびJSPS科研費JP22K14129の助成を受けた。ここに記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 赤木三郎(1972)鳥取平野の形成過程. 地質学論集 7: 125-135.  
赤木三郎(1980)鳥取砂丘の形成と保全, 昭和54年度天然記念物鳥取砂丘特別調査報告書. 鳥取市教育委員会編, 28-39.  
赤木三郎(1991)砂丘のひみつ. 青木書店, 170 pp.  
赤木三郎(1996)山陰の第四紀地質研究事始め覚書. 鳥根大学地球資源環境学研究报告 15: 9-16.  
赤木三郎(1997)鳥取の自然を訪ねて. 築地書館, 228 pp.  
赤木三郎(2009)鳥取砂丘の地学研究史(1) — 明治期から大正期までの概観 —. 鳥取地学会誌 13: 3-12.  
赤木三郎(2010)鳥取砂丘の地学研究史(2). 鳥取地学会誌 14: 3-9.  
Albert, P. G., Smith, V. C., Suzuki, T., Tomlinson, E. L., Nakagawa, T., McLean, D., Yamada, M., Staff, R. A., Schlolaut, G., Takemura, K., Nagahashi, Y., Kimura, J-I. and Suigetsu 2006 Project Members (2018) Constraints on the frequency and dispersal of explosive eruptions at Sambe and Daisen volcanoes (South-West Japan Arc) from the distal Lake Suigetsu record (SG06 core). *Earth-Science Reviews* 185: 1004-1028.  
Albert, P. G., Smith, V. C., Suzuki, T., McLean, D., Tomlinson, E. L., Miyabuchi, Y., Kitaba I, Mark, D. F., Moriwiki, H., SG06 Project Members and Nakagawa, T. (2019) Geochemical characterisation of the Late Quaternary widespread Japanese tephrostratigraphic markers and correlations to the Lake Suigetsu sedimentary archive (SG06 core). *Quaternary Geochronology* 52: 103-131.  
Aoki, K. (2008) Revised age and distribution of ca. 87 ka Aso-4 tephra based on new evidence from the northwest Pacific Ocean. *Quaternary International* 178: 100-118.  
文化庁(1983)遺跡保存方法の検討: 砂地遺跡. 文化庁, 93 pp.

- 江原昭三・引地勘治・野村幸弘・広田 都(1980)鳥取砂丘の動物の調査. 昭和54年度天然記念物鳥取砂丘特別調査報告書. 鳥取市教育委員会編 65-77.
- 遠藤邦彦(1969)日本における沖積世の砂丘の形成について. 地理学評論 42: 160-163.
- 福部町(2000)新編 福部町誌 下巻. 福部町, 416 pp.
- 福部村教育委員会(1956)直浪遺跡発掘調査報告(予報). 福部村教育委員会, 41 pp.
- 福部村教育委員会(1976)直浪遺跡発掘調査報告書. 福部村教育委員会, 14 pp.
- 福部村教育委員会(1977)真名ヶ谷古墳発掘調査報告書. 福部村教育委員会, 18 pp.
- 福部村教育委員会(1990)海士23・24号墳発掘調査報告書. 福部村教育委員会, 22 p
- 福部村教育委員会(1995)村内遺跡発掘調査報告書. 福部村教育委員会, 57 pp.
- 福部村教育委員会(2001)村内遺跡発掘調査報告書(直浪遺跡). 福部村教育委員会, 16 pp.
- 福部村教育委員会(2004)村内遺跡発掘調査報告書(白路ヶ山・赤子谷所在遺跡). 福部町教育委員会, 21 pp.
- 早川由紀夫(1995)日本に広く分布するローム層の特徴とその成因. 火山 40: 177-190.
- 林 泰・山名 巖(2016)福部砂丘に出現した湯山砂層. 鳥取地学会誌 20: 35-39.
- 井関弘太郎(1975)砂丘形成期分類のためのインデックス. 第四紀研究 14: 183-188.
- 出脇敏明・西村善博・星見清晴(1995)鳥取砂丘と浦富海岸. 日本地学教育学会第49回全国大会実行委員会, 30 pp.
- 小玉芳敬(2006)マルチ・スケールでのぞむ鳥取砂丘の草原化対策. 地域学論集 3: 239-245.
- 小玉芳敬(2012)風紋の動態・形態特性からさぐる砂丘列の地形. 平成21～23年度科学研究費補助金 基盤研究(C)(課題番号21500998)研究成果報告書, 233 p.
- 小玉芳敬・永松 大・高田健一(2017)鳥取砂丘学. 古今書院, 102 pp.
- 小玉芳敬・岡田昭明・甲本賢治・山根純子・中村 悟(2001)ボーリング試料分析に基づく新たな鳥取砂丘形成史の構築—鳥取砂丘はなぜ形成されはじめたのか?—. 鳥取地学会誌 5: 49-58.
- 小玉芳敬(2022)鳥取砂丘の自然環境保全に寄与する地形研究. 地形 43: 5-23.
- 国立公園部(1963)山陰海岸国立公園の区域及び公園計画の概要. 国立公園 166: 22-24.
- 清末忠人(1987)鳥取砂丘の動物. 日本の生物 1: 35-40.
- 町田 洋・新井房夫(1976)広域に分布する火山灰—始良Tn火山灰の発見とその意義—. 科学 46: 339-347.
- 町田 洋・新井房夫(1978)南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究 17: 143-163.
- 町田 洋・新井房夫(1979)大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義—. 地学雑誌 88: 313-330.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢(1985)阿蘇4火山灰—分布の広域性と後期更新世示標層としての意義—. 火山 30: 49-70.
- 増田富士雄(2019)ダイナミック地層学. 近未来社, 222p.
- 増田富士雄・佐藤喜英・櫻井皆生・伊藤有加(2014)神戸市古川町遺跡にみられる砂礫浜海岸の堆積物とその古地形上の位置. 古川町遺跡第2次発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 29-38.
- 三浦 清(1989)テフラから見た北条砂丘および鳥取砂丘. 山陰地域研究(自然環境) 5: 19-34.
- 森川 洋・篠原重則・奥野隆史(2005)日本の地誌9 中国・四国. 朝倉書店, 648 pp.
- 村上政嗣(1937)千代川河口海岸砂丘に就いて. 地球 27: 173-182.
- 村山正郎・一色直記・坂本 亨(1963)5萬分の1地質図幅説明書「鳥取北部・南部」. 地質調査所, 66 pp.
- 永松 大(2014)鳥取砂丘における最近60年間の海浜植生変化と人為インパクト. 景観生態学 19: 15-24.
- 中田康隆・日置佳之・永松 大・小口 高(2021)鳥取県における海岸砂丘の歴史の変遷の解明: 海岸砂丘植生の保全と復元を目指して. 景観生態学 26: 23-33.
- 日本第四紀学会(1996)第四紀露頭集: 日本のテフラ. 日本第四紀学会, 352 pp.
- 西隆一郎・大見真治・佐藤道郎・宇多高明・N.C. Kraus(1996)海浜と砂丘の締まり度に関する研究. 海岸工学論文集 43: 681-685.
- 岡田昭明(1999)鳥取砂丘の地下構造. 鳥取地学会誌 3: 31-42.
- 岡田昭明(2005)鳥取砂丘の形成過程からみた最終間氷期の海水準. 鳥取地学会誌 9: 27-30.
- 岡田昭明・小玉芳敬・前田修司・入口大志・長畑佐世子(2004)ボーリングコアからみた鳥取砂丘の砂粒組成と形成初期の古環境. 鳥取地学会誌 8: 27-37.
- 大西正巳・近藤正史(1961)砂丘の生い立ち: 山陰の海岸砂丘. 大明堂, 268 pp.
- 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.
- 佐藤一郎(1980)鳥取砂丘保護についての経過. 昭和54年度天然記念物鳥取砂丘特別調査報告書, 鳥取市教育委員会編, 1-5.
- 清水寛厚・永田成志(1980)鳥取砂丘の植生とその保全について. 昭和54年度天然記念物鳥取砂丘特別調査報告書. 鳥取市教育委員会編, 48-64.
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews* 67: 121-137.
- 多田文男(1968)鳥取砂丘生成に関する研究史. 地理 13: 7-13.
- 多田文男(1975)日本における砂丘生成に関する研究史. 第四紀研究 14: 177-182.
- 高田健一(2018)直浪遺跡の研究: 砂丘遺跡における人間活動と古環境変動に関する考古学的研究. 鳥取大学地域学部, 89 pp.
- 高田健一・中原 計(2015)鳥取市福部町直浪遺跡における考古学的調査. 地域学論集 12: 211-226.
- Tamura, T., Bateman, M. D., Kodama, Y., Saitoh, Y., Watanabe, K., Yamaguchi, N. and Matsumoto, D. (2011a) Building of shore-oblique transverse dune ridges revealed by ground-penetrating radar and optical dating over the last 500 years on Tottori Coast, Japan Sea. *Geomorphology* 132: 153-166.
- Tamura, T., Kodama, Y., Bateman, M. D., Saitoh, Y., Watanabe, K., Matsumoto, D. and Yamaguchi, N. (2011b) Coastal barrier dune construction during sea-level highstands in MIS3 and 5a on Tottori coast-line, Japan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 308:

- 492-501.  
Tamura, T., Kodama, Y., Bateman, M. D., Saito, Y., Yamaguchi, N. and Matsumoto, D. (2016) Late Holocene aeolian sedimentation in the Tottori coastal dune field, Japan Sea, affected by the East Asian winter monsoon. *Quaternary International* 397: 147-158.
- 田中昌也・赤木三郎・松本文之・西村捷義(1966)鳥取砂丘砂の化学的研究. 鳥取大学教育学部研究報告: 自然科学 17: 48-66.
- 鳥取県教育文化財団(1981)長瀬高浜遺跡Ⅱ. 鳥取県教育財団, 60 pp.
- 豊島吉則(1975)山陰の海岸砂丘. 第四紀研究 14: 221-230.
- 豊島吉則・赤木三郎(1965)鳥取砂丘の形成について. 鳥取大学学芸学部研究報告: 自然科学 16: 32-45.
- 山名 巖(1962a)鳥取砂丘砂の砂の大きさについて. 郷土と科学 7(2): 12-13.
- 山名 巖(1962b)鳥取砂丘砂の粒度組成について. 鳥取県立博物館研究報告 1: 17-22.
- 山名 巖(2009)鳥取砂丘の“砂小僧”と“高師小僧”. 鳥取地学会誌 13: 13-22.
- 山名 巖(2010)鳥取砂丘砂の粒度組成について再吟味. 鳥取地学会誌 14: 11-20.
- 吉田さゆり(1998)鳥取砂丘, クロスナ中のプラントオパール分析. 兵庫教育大学地理学研究室研究報告 3: 117-120.
- 吉永秀一郎(1995)風化火山灰土の母材の起源. 火山 40: 153-166.
- [URL1]: 国土情報検索サイト KuniJiban, <http://www.kunijiban.pwri.go.jp/>