

## トカラ列島中之島御岳に分布する階状土\*

島津 弘\*\*・西 克幸\*\*\*・平柳 聡\*\*\*\*

小川 司\*\*\*\*・森岡大輔\*\*\*\*

### 1. はじめに

トカラ列島は九州島と台湾島の間にある南西諸島の北部、屋久島と奄美大島の間に点在する島嶼群である。筆者らは2002年6月24日～28日に立正大学地球環境科学部地理学科の「セミナーおよびフィールドワーク」の一環としてトカラ列島小宝島および中之島<sup>おたけ</sup>に滞在、調査実習を行った。その際、中之島御岳山頂部付近（標高およそ930m）で階状土を発見した。

階状土は構造土の一つで、一般にはソリフラクションや凍上クリープなど凍結にともなう物質移動によって形成されると考えられている（たとえば、地形学辞典；岩田・小野，1981）。中之島は北緯29°50′とかなり低緯度に位置し、一般的には寒冷地とは考えられていないことから、ここでの階状土の形成プロセスと形成環境を検討することは重要である。

九州における構造土には「第四紀地図」（日本第四紀学会編，1988）に記載された大分県の久住山と大船山の標高1,700m付近にある階状土とアースハンモックがある。第四紀地図には評価が確定していないとして掲載されなかったが、小口（1986）は阿蘇火山のカルデラ壁にみられる堆積性平滑斜面および岩屑斜面が化石周氷河斜面であると述べている。その後、小口（1992）は阿蘇中央火口丘付近の標高1,100～1,600mの裸地・芝地・灌木地に現成の階状土とアースハンモ

ックが分布していることを示した。

小口（1992）は低所における化石周氷河地形および堆積物を整理し、それらの形成環境を検討した。そして、低位においても森林の欠如によって「潜在的周氷河作用」が顕在化し、周氷河地形が形成されることを示した。このなかで取り上げられた周氷河地形のうち、海岸近くの高度に分布し、かつ九州以南に位置しているものとして羽田野（1980）の北松浦地域、岩塚（1961）による肥前半島の緩斜面が挙げられている。

小口（1986）が述べているように、zonalな周氷河地域でなくても条件によっては周氷河作用による地形形成が行われた場合もあり得る。本稿で取り扱う地域は、小口（1986，1992）が示した地域よりさらに南に位置し、しかも後述のように現在に近い時代に形成されたと考えられる。現地では滞在時間が限られていたため、スケッチと簡単な測量しか行えなかったが、このような地域において構造土が見られることを示すことは重要であると考えた。そこで、階状土のスケッチ、写真、簡単な平面図、断面図を示し、階状土が見られた場所における現在の気温環境について推定する。

### 2. 中之島の概要（第1図）

中之島は琉球内弧の新期火山列に属する活火山からなる。本島は北西－南東方向へ延びる長径およそ

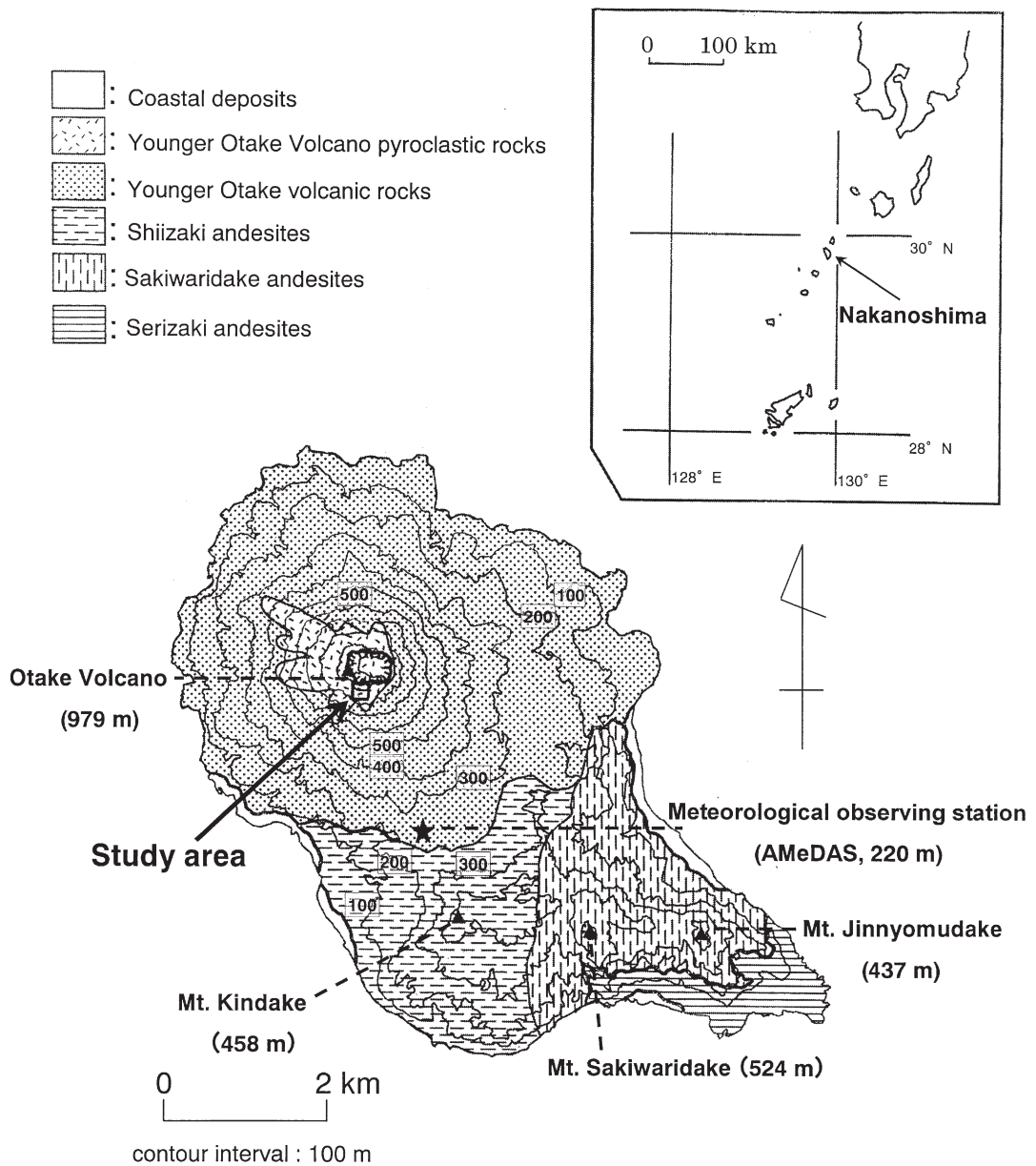
[キーワード] 1 階状土 2 周氷河地形 3 トカラ列島 4 中之島 5 完新世

\* 立正地理学会2003年度大会にて発表。本研究の一部に、立正大学大学院地球環境科学研究科オープンリサーチセンター整備事業補助金を使用した。

\*\* 立正大学

\*\*\* 立正大学・研

\*\*\*\* 立正大学・学



第1図 中之島の地形・地質と調査地域  
 地質は Daishi (1989) に基づき、加筆、修正を行った。  
 Figure 1 Topography and geology of Nakanoshima Island.  
 Geological data are modified after Daishi (1989).

10km, 短径およそ4kmの楕円形に近い形をしており, 面積は27.5km<sup>2</sup>である。島の最高峰は御岳(標高979m)で, トカラ列島で最も高い。年平均気温は20.6℃, 最寒月である1月の平均気温は12.7℃, 年降水量は2724.3mm(いずれも統計期間1952~1961年; 十島村誌編集委員会, 1995)である。

Daishi(1989)は中之島火山の形成史を明らかにした。地形・地質的にみると島は南東部, 北西部とそれらの間の低地に区分できる。南東部は開析された火山で標高500m程度のいくつものピークを持つ。最も古い岩石のフィッシュントラック年代は $1.75 \pm 0.22$ Maである。北西部は御岳を中心とした円錐形をなしており, 放射状に谷が刻まれている。御岳の地質は古期御岳火山と新期御岳火山の2層構造をなす。古期御岳火山のニゴリ浦安山岩類のフィッシュントラック年代は $0.14 \pm 0.06$ Maである。新期御岳火山はアカホヤ火山灰(K-Ah, 暦年で7300年前; 町田・新井, 2003)を挟む多数の溶岩と火砕物質からなる。中央の低地は新期御岳溶岩のうち, 数千年前に東側に流出したものが南東部の山々との間にあった河川を堰き止めて形成された。山頂付近にみられる火砕岩類および溶岩はアカホヤ以降の噴出のものである。最近の活動としては, 1914(大正3)年1月の火口周辺に泥土を降らせた噴火と1949(昭和24)年10月の多量の噴煙を吹き上げた噴火がある。なお, 海岸部の一部には隆起サンゴ礁がみられる。

### 3. 階状土分布地域の地形・地質と植生

階状土は御岳最高地点に近い, 標高およそ930mの火口壁外側の南向き凸型斜面に位置している。階状土の分布範囲は, 火口壁の頂部に沿っておよそ30m, そこから外側下方へ10~20mである(写真1, 2)。中心部がもっとも下方まで延びている。なお, 調査を行うことができたのはこの範囲の一部分のみである。

火口付近には新期御岳火山ではもっとも新しい大規

模噴出物である新期御岳火山火砕岩類(T1, T2)が分布している(Daishi, 1989)。これらの噴出物は20~30mの厚さがあり, およそ3000年前の噴出と推定されている(Daishi, 1989)。なお, T1, T2はほとんど間隔をあげずに噴出したと考えられているので, 第1図には2つを一括して示した。

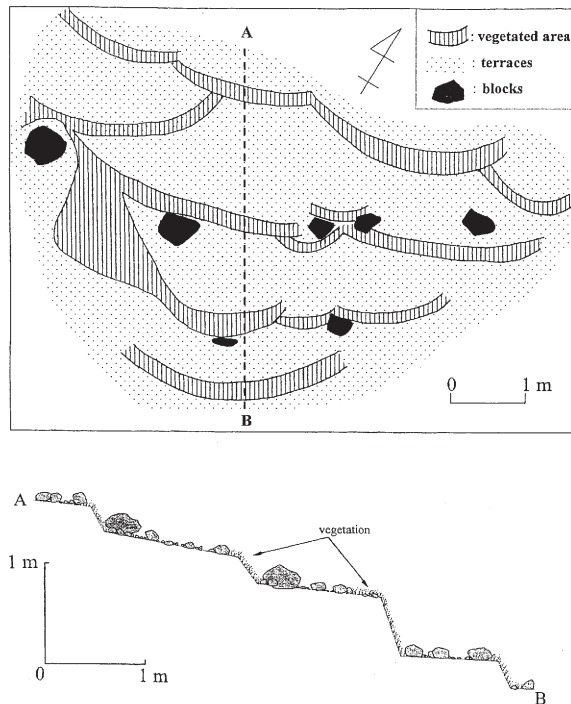
調査地域周辺の植生は十島村誌編集委員会(1995)によって記載されている。本稿で用いる学名はすべて十島村誌編集委員会(1995)による。階状土の分布範囲を取り囲むようにハチジョウススキ(*Miscanthus sinensis* Andress. var. *condensatus* (hack.) Mak.) 群落分布している。さらにその下方の標高830m付近から下にはリュウキュウチク(*Pleioblastus linearis* (Hack) Nak.) 群落がみられる。イタジイ(*Castanopsis sieboldii* (Mak.) Hatusima ex Yamazaki) 群落, タブノキ(*Persea thunbergii* (S. & Z.) Kosterm.) 群落といった森林がみられるのは, 標高450~400m以下である。

なお, 御岳火山の山頂火口内では, 少なくとも1910(明治43)年以降, 1943(昭和18)年まで硫黄の採掘が行われていた(十島村誌編集委員会, 1995)。現在でも火口内にその跡を見ることができる。

### 4. 階状土の特徴

第2図にエスロンテープを用いた簡単な測量に基づく階状土の平面図および断面図を示した。また, 写真3には調査範囲の全景, 写真4には階状土の近景を示した。

階状土は植生のない平坦部と植生に覆われた急崖の部分からなる植被階状土である(写真5, 6)。平坦部は最大傾斜方向に1~1.5m, それと直交する方向に2~3m程度の大きさを持っており, 7°前後傾斜している。表面にはシルト混じりの砂をマトリクスとした中径20cm以下の火砕岩類の角礫がみられる。一方, 急崖の部分はおよそ30~60cmの比高を持つ。



第2図 階状土の平面図および地形断面図  
Figure 2 Plan and section of terraces on the crater rim of Otake Volcano.

なお、階状土分布地域の斜面傾斜は $15\sim 20^{\circ}$ である。平坦部の先端から急崖にかけての部分はマルバサツキ (*Rhododendron simsii* Planch. var. *tamurae* (Mak.) Kaneh. & Hatusima) とハチジョウススキで覆われている。平坦部の一部もこれらの植生で覆われている場合がある。急崖の根元に30cm～1 mのブロックが点在している。

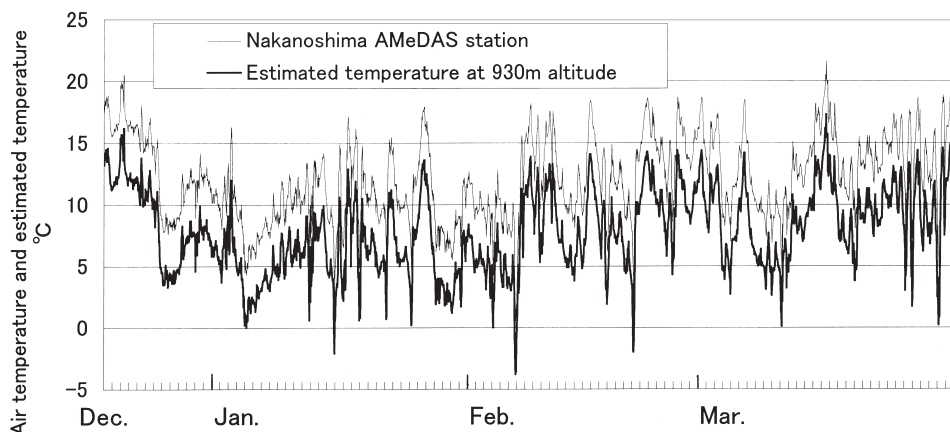
## 5. 御岳山頂付近の温度環境

階状土は、前述のようにアカホヤ火山灰降下以降の火山活動による火砕岩類が堆積する範囲に形成されている。したがって、ここでみられた階状土は最終氷期中ではなく、現在と大きく変わらない温暖期に形成されたものであるといえる。御岳山頂付近において階状

土が形成されるようなソリフラクションや凍上プロセスが生じるのかどうかを、現在の冬季の温度環境に基づいて検討してみる。

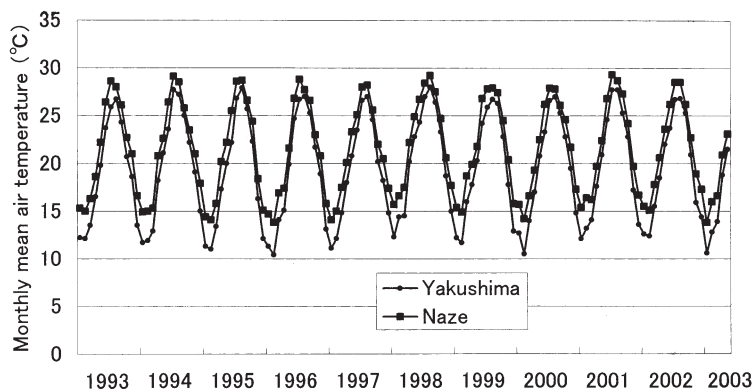
中之島における気象観測データは1952～1961年の限られた観測期間のものしかなかった（十島村誌編集委員会, 1995）。また、山頂付近の気温・地温のデータは観測されていない。しかし、2002年12月に中之島にもアメダス観測所が設置され（標高220m, 第1図）、2002年12月19日以降、気温、降水量、風向、風速の観測が行われている。そこで、2002年12月19日～2003年3月31日の一冬分の気象データから階状土が形成された地点の温度環境を推定した。

第3図に中之島アメダス観測所の2002年12月19日～2003年3月31日の毎時の気温変化を示した。階状土がみられたのは標高が930mである。気温の低減率を



第3図 中之島アメダス観測所（標高220m）における気温および階状土分布域（標高930m）における推定気温の1時間ごとの変化（2001年12月19日～2002年3月31日）

Figure 3 Change in hourly air temperature from December 19, 2001 to March 31, 2002 at the Nakanoshima AMeDAS station and estimated temperature at the terraced area (930 m altitude).



第4図 アメダス観測所屋久島および名瀬における最近10年間の月平均気温の変化

Figure 4 Changes in monthly mean air temperature during the most recent 10 years at AMeDAS stations on Yakushima and Naze.

0.6°C/100m とすると、階状土がみられた場所はアメダス観測所に比べ4.3°C低いことになる。第3図には階状土形成地点の推定気温として中之島観測所の値から4.3°Cを引いた場合の変化も示した。この推定値によると、この期間に0°C以下に下がったのは3日、1～0°Cまで下がったのは8日で、いずれも低い気温は継続せず、長くて5時間程度である。なお、中之島から近い観測点である屋久島にある屋久島観測所と奄美大島の名瀬測候所における過去10年間の月平均気温の変化（第4図）をみると、上述の2003年の冬は相対

的に寒かったことがわかる。以上のことから、階状土分布地域においても凍結－融解は生じるものの、その回数は少ないことが推定できる。なお、御岳山頂付近における冬季の積雪状況については不明である。

## 6. まとめと今後の課題

鹿児島県トカラ列島中之島御岳山頂付近の標高およそ930mの地点で階状土がみられた。この地点はアカホヤ火山灰降下以降の火山活動による噴出物が厚く堆

積していることから、階状土は最終氷期中ではなく現在あるいは現在と近い気候環境下で形成されたと言える。本地域は小口（1992）の阿蘇中央火口丘付近と同様に裸地に近い植生の環境となっている。これは、最近の火山活動や山頂であることによる強風が影響したためと考えられる。したがって、小口（1992）が述べる「潜在的周氷河作用」が顕在化しやすい環境にあると言える。

中之島に新設されたアメダス地点の1年分のデータから、階状土分布地点における現在の気温を推定すると、年に数回程度気温が氷点下になることがわかった。しかし、年間数回程度気温が氷点下になるだけで、凍上プロセスにより階状土が形成されるのかどうかの問題は残る。

階状土の急崖の部分には木本であるマルバサツキが生育している。したがって、現在活発に土砂の移動が起こり、形成が継続しているとは考えにくい。したがって、現在に時代的に近い寒冷期である小氷期（17世紀～19世紀前半）が主たる形成期の候補として考えられる。19世紀前半の冬季～春季の気温はさまざまな方法で復元されている。ヤマザクラの開花日が記載された史料によって推定された京都、東京など都市部における3月の気温は、都市効果による昇温分を差し引いても現在より2℃程度低かった（青野・小元，1994，Aono, 1998）。また、Mizukoshi（1992）による古日記から復元された三重県津市における1，2月の気温は現在より0.5℃程度低かった。第3図を見ると、現在より最低気温が1～2℃低下すると、氷点下になる日数が増えることが推定できる。したがって、小氷期には現在よりも凍結―融解プロセスが有効にはたらく、階状土の形成に寄与したと考えられる。

新期御岳の最新の大規模噴火はおおよそ3000年前である（Daishi, 1989）。噴火によって山頂付近は大きく裸地化し、大量の火砕物の堆積によって地表面も不安

定となったと考えられる。阪口（1989）がレビューしているように、おおよそ3000年前の弥生時代には日本も含めて世界的に寒冷化した。これらの時期に裸地と不安定土砂の出現が気候の寒冷化と組み合わせあって、現在見られる階状土が形成された可能性もある。

浸透能の高い火山岩からなる尾根部では地表流の作用が皆無に近いことも、今回報告した階状土の形成に重要であろう。年あたりの凍結融解の頻度が少なくても、地形形成に凍結融解プロセスのみが有効に作用するのであれば、長期的には周氷河地域と同様の地形が形成されと考えられるからである。

本稿はごく限られた滞在時間に行った簡単な調査をまとめた速報である。この階状土の形成環境を明らかにすることは日本における非成帯的な周氷河地形の分布を考える上で重要である。今後はより詳細な地形分布と堆積構造の調査と、現地における気温、地温、積雪の観測を行ってデータを得る必要がある。さらに、現在も階状土の形成が続いているかどうかを観測することも重要である。一方で、硫黄の採掘やそれともなう人や荷物の通行、トカラヤギの放牧など人為的作用による裸地化、表層攪乱の影響も評価する必要がある。これらを含めた詳細な検討は今後の課題とする。

#### 謝辞

英文要旨を読んでいただいた Michael Grossman 氏（ウィスコンシン大学・研究生）および小氷期の気候に関する文献についてご教示いただいた松本 太氏（立正大学大学院）に感謝いたします。

本稿の調査は著者らのほかに立正大学地理学科2002年度「セミナーおよびフィールドワークⅡ」の以下の参加者が行った。井上 明，岩本吉浩，上原 理，小田島亨治，小野浩孝，川島裕貴，清野純一，佐野友和，下村 愛，矢澤公一，湯山剛史（五十音順，敬称略）。

（受付2003年12月3日）

（受理2003年12月22日）



---

## 参考文献

- 青野靖之・小元敬男（1994）：サクラの開花史料による11世紀以降の京都の気温の推定. 農業気象, **49**, 263-272.
- 岩田修二・小野有五（1981）：階状土. 『地形学事典』二宮書店, 57-58.
- 岩塚守公（1961）：日本における二, 三の気候地形学的所見. 辻村太郎先生古稀記念事業会編『辻村太郎先生古稀記念地理学論文集』, 189-200.
- 小口 高（1986）：阿蘇カルデラ壁の斜面形成過程一周氷河作用の影響の可能性一. 地形, **7**, 185-196.
- 小口 高（1992）：関東以西の低所における化石周氷河地形の形成環境. 地理学評論, **65A**, 195-212.
- 阪口 豊（1989）：『尾瀬ヶ原の自然史』中央公論社, 229p.
- 十島村誌編集委員会（1995）：『十島村誌』十島村, 1758p.
- 日本第四紀学会編（1988）：『日本第四紀地図および解説』東京大学出版会.
- 羽田野誠一（1980）：写真判読研究委員会報告書の一活用法. 日本国有鉄道施設局『第11回建造物検査技術講演会記録』, 318-337.
- 町田 洋・新井房夫（2003）：『新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]』東京大学出版会, 336p.
- Aono, Y. (1998) : Climatic change in March temperature deduced from phenological record for flowering of cherry tree in Tokyo since the late 18th century. *Bull. Osaka Pref. Univ. Ser. B*, **50**, 11-19.
- Daishi, M. (1989) : Volcanic geology and rocks of Nakanoshima, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture, Japan. *Jour. Geosciences, Osaka City Univ.*, **32**, Art 1, 1-22.
- Mizukoshi, M. (1992) : Climatic reconstruction in central Japan during the Little Ice Age based on documentary sources. *Proceedings of the International Symposium on the Little Ice Age Climate*, 182-187.

## Turf-banked terraces on the Crater Rim of the Otake Volcano, Nakanoshima Island, Kagoshima Prefecture, Southern Japan

Hiroshi SHIMAZU\* • Katsuyuki NISHI\*\* • Satoshi HIRAYANAGI\*\*\*

Tsukasa OGAWA\*\*\* • Daisuke MORIOKA\*\*\*

The authors found turf-banked terraces at about 930 m altitude on the crater rim of the Otake Volcano, Nakanoshima Island, Kagoshima Prefecture, southern Japan. Because this island is located at latitude 29° 50' N, these turf-banked terraces are the most southern examples of patterned ground (extrazonal periglacial landforms) in Japan. In this paper, the authors describe the features of the turf-banked terraces, show rough sketches, and examine the climatic conditions which may be responsible for their formation.

The length and width of each terrace is 1-1.5 m and 2-3 m respectively and the height of each step is 30-60 cm. The slope of the terraced area is 15-20 degrees. The steps are covered with vegetation: *Rhododendron simsii* Planch. var. *tamurae* (Mak.) Kaneh. & Hatusima and *Miscanthus sinensis* Andress. var. *condensatus* (hack.) Mak.

The Younger Otake Volcano is an active volcano which has erupted repeatedly since the late Pleistocene. The terraced area is underlain by pyroclastic rocks from an eruption at ca. 3000 y. B. P. This area has been treeless for a long time due to volcanic eruptions and strong winds. These are favorable conditions for the formation of terraces.

Climatic conditions are estimated based on the observed temperatures from an AMeDAS (Automatic Meteorological Data System) station at 220m on Nakanoshima Island. Estimated temperatures for the terraced area indicate only a few freeze-thaw cycles during one winter. It appears that the freeze-thaw action is too weak to form the terraces. During a recent cool period, the Little Ice Age, estimated winter temperature in Japan decreased by 0.5-2 °C so more active freeze-thaw action likely occurred during that period. Further, deposition of pyroclastic rocks at ca. 3000 y. B. P. caused bare land and an unstable surface. Global cooling also occurred at that time. A combination of cooler climate, treeless conditions and the deposition of unstable deposits seems to have caused the periglacial landforms to form even at such a southern location in Japan.

[keywords] 1 Turf-banked terraces 2 extrazonal periglacial landforms 3 Tokara Islands 4 Southern Japan 5 Holocene

\*Rissho University

\*\*Researcher of Rissho University

\*\*\*Undergraduate of Rissho University