

## 台座岩から推定される石灰岩地表面の 溶解による低下速度：喜界島における一例

Limestone Pedestals and Denudation Estimates  
from Kikai-jima, Ryukyu Islands

松倉 公憲\*・前門 晃\*\*・廣瀬 孝\*\*・  
青木 久\*\*\*†・小暮 哲也\*\*\*

Yukinori MATSUKURA\*, Akira MAEKADO\*\*, Takashi HIROSE\*\*,  
Hisashi AOKI\*\*\*† and Tetsuya KOGURE\*\*\*

### I はじめに

石灰岩が溶解しやすいことはよく知られているが、石灰岩からなる地域の地表近くにおける溶解量が計測された例はあまり多くない。またそれらの計測結果を厳密に比較することは難しい。なぜなら計測法の違いや環境の差異等を考慮しなければならぬからである (Jennings, 1985, p. 85)。

地表近くでの溶解による地表低下速度を見積もる方法に、ペDESTALを使うものがある。石灰岩のペDESTAL (pedestals あるいは pedestal rock) とは、更新世の最終氷期の最拡大期に氷河によって削られた石灰岩ペーメントの上で、迷子石 (erratics) の保護のもとで溶解され残された部分が台座状になったものをいう。このペDESTALの高さの分が、解氷以降現在までにその周辺の石灰岩が溶解されたことによって生じたものということになる。したがってこの高さを解氷以降

の時間で除することにより、平均地表面低下速度 (溶解速度) が計算される。現在までに報告された、このようなデータをまとめると第1表のようになる (Jennings, 1985, p. 85; Ford and Williams, 1989, p. 117)。データは5例ほどしかないが、それらは  $15\text{--}42\text{ mm ka}^{-1}$  と同一オーダーの範囲内に存在する。

従来本邦においては上記のような形状をもつペDESTAL (以降、台座岩と呼ぶ) の存在は報告がないようであるが、我々は最近、喜界島において巨礫を載せる石灰岩からなる台座岩を発見した。本稿では、この台座岩から地表面低下 (溶解) 速度の見積りについて検討したので、その予察的な報告をする。

### II 喜界島のサンゴ礁段丘と台座岩

喜界島 (第1図) は琉球列島の中でもとりわ

\* 筑波大学生命環境科学研究科

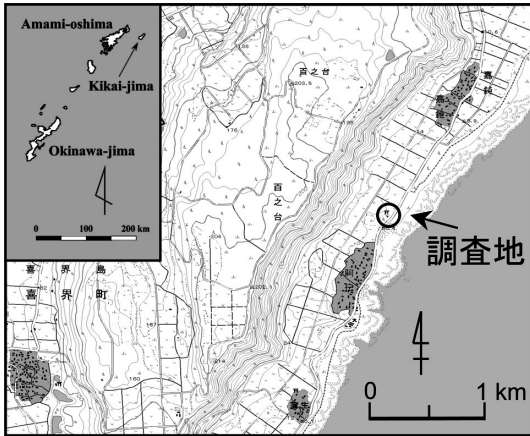
\*\* 琉球大学法文学部人間科学科

\*\*\* 筑波大学生命環境科学研究科大学院生

† 現：琉球大学 COE 研究員

第1表 台座岩から推定された石灰岩地表面低下速度  
(Ford and Williams, 1989, p.117 による)

Area	Average height of pedestal (cm)	Time since ice retreat (a)	Surface lowering (mm ka <sup>-1</sup> )	References
Maren Mts, Switzerland	15	10000	15	Bogli 1961
Clare-Galway, Ireland	15	12000	15	Williams 1966
Leitrim, Ireland	51	12000	42	Williams 1966
Craven, England	50	12000	42	Sweeting 1966
Mt Jaya, West Irian	30	9500	32	Peterson 1982



第1図 調査位置図

け琉球海溝側に位置していることから、過去13万年の平均隆起速度が1.7 m/kyr と琉球列島の他の島より一桁大きい (たとえば, Konishi *et al.*, 1974). このような活発な隆起運動がそれ以降の完新世まで継続してきたため、完新世サンゴ礁段丘が島を縁取るように発達している. それらの隆起サンゴ礁は第四紀石灰岩からなり、地形・地質・形成年代に関する研究が多数積み重ねられてきた (たとえば, 中田ほか, 1978; 太田ほか, 1978; 佐々木ほか, 1998). その結果, 喜界島の北東部に位置する志戸桶北海岸においては、高度11 m 以下に以下の4つの段丘が認められており、それぞれの段丘の高度、段丘を構成するサンゴの年代、段丘離水年代は高位のものから順に以下のように示されている (佐々木ほか, 1998).

I面：高度約11 m, サンゴの年代6.89-7.76 ka,

段丘離水年代不明

II面：高度約5.0-3.5 m, サンゴの年代3.91-7.22 ka, 段丘離水年代5.1-4.0 ka

III面：高度約3.8-1.5 m, サンゴの年代3.96-4.65 ka, 段丘離水年代2.9-2.6 ka

IV面：高度約1.2 m 以下, サンゴの年代1.53-8.07 ka, 段丘離水年代不明

この中で最も分布の広いのがII面であり、島の周囲を数100 mの幅で取り囲むように分布している. この段丘面形成に要した海面停滞期間は~5.1 ka と見積もられ、その離水時期は5.1-4.0 ka と見積もられている.

島の東部にもII面が広く分布しており、点在する集落もこの面に立地している. 島の東部中央の「阿伝」と「嘉鈍」の集落を結ぶ道路沿いに「末吉神社」がある (第1図). 道路および神社は、標高6-7 m (すなわちII面相当) のところに立地している.

神社の周辺にはいくつかの石灰岩の巨礫が存在する. 第2図は神社の入口の鳥居の脇に存在する巨礫である. この巨礫の大きさは長径が3-4 m, 高さが2.5-3 mほどである. 巨礫の下部にも巨礫と類似の岩相をもつ石灰岩が存在する. 第2図に示したように、巨礫の下部の周囲は波食ノッチ状にえぐれており、一見すると巨礫と台座は一体のようにも見えるが、よく観察すると、下部の岩石は台座状になっており、その上に巨礫が載っていることがわかる. すなわち巨礫の下の岩盤は台座岩と思われる. 台座岩の高さは約20 cm ほど



第2図 末吉神社の鳥居脇の巨礫と台座岩：台座岩の高さが地表面低下量（石灰岩溶解量）を示すと考えられる

どであった。前述した石灰岩の台座岩の例では、その上に載る岩石は溶解し難い岩質からなる迷子石であることが多い。しかし、喜界島のこのケースは、台座岩およびそれを保護している帽岩（cap rock）とともに溶解しやすい石灰岩から構成されるという特徴をもつ。台座岩周辺の地表には厚さ数cmの砂層があり、その下は台座岩と同じ岩相をもつ石灰岩の基盤となっている。

### III 台座岩形成のシナリオ

前節で述べたように、巨礫は運搬されてきてその位置に置かれたように見える。すなわち、ある時期に何らかのプロセスで巨礫が移動してきて、台座岩の上に置かれたと解釈される。もちろん巨礫がこの位置に運搬されてきたときに台座岩があったわけではなく、台座岩は運搬後に形成されたものであろう。そこで台座岩の形成としては、前述した従来の地形発達史（段丘編年）の研究成果をふまえて、以下のようなシナリオを描いた。

- (1) 5100-4000年以前のある時期に、礁原に巨礫が運搬されてきた。
- (2) 5100-4000年前に地盤が隆起し、礁原が離水し段丘化した。

- (3) その後、巨礫の周囲の隆起石灰岩からなる地表面は雨水による溶解によって徐々に低下した。一方、巨礫の下は巨礫の傘の効果で雨水の溶解から免れ、台座岩になった。「巨礫の傘の効果」という表現を使用したのが、実際には巨礫も石灰岩である。台座岩周辺と同じように巨礫も雨水により徐々に溶解されていることは充分予想される。ここでは巨礫の溶解量について検討する材料はないが、仮に溶解によって巨礫が若干小さくなっているにせよ、台座岩を保護する役目は充分果たしていることもまた事実であろう。

シナリオ(1)の巨礫の運搬プロセスとしては二つのことが考えられる。一つは津波によって打ち上げられたものという解釈と、もう一つは礁原の背後の海食崖の崩落によってもたらされたものという解釈である。後者の場合、神社の位置は現在の崖からかなり遠いが、2mを超えるような巨礫であることから、仮に崖がかなり後退してからであったとしても、崖の崩落の際にこの位置まで転動してくることは充分可能であろうと思われる。

### IV 台座岩から推定される地表面低下（溶解）速度

礁原が離水する以前に巨礫が置かれたと仮定すると、離水直後から巨礫の周囲の地表面では溶解がはじまり、台座岩の形成が開始したことになる。したがって離水後の5100-4000年と台座の高さ20cmのデータから、台座岩の形成速度、すなわち周辺の石灰岩の平均溶解速度は $39.2-50.0 \text{ mm ka}^{-1}$ という値が得られることになる。ただし、この計算は「礁原が離水する以前に巨礫が置かれた」と仮定した場合のものである。もし離水以降に巨礫が供給されたとすると、台座岩の

形成時間は5100-4000年より短くなり、それだけ台座岩の形成速度（周辺の石灰岩の溶解速度）は大きくなる。すなわち上記の値は考慮される速度の最小値を示していることになる。ところで、台座岩の周辺の薄い砂層は、石灰岩が溶解したこの期間に、溶解され残された石灰岩中の不純物によって形成されたと考えられる。

第1表には中緯度の沿岸丘陵、中緯度の山岳、熱帯の山岳という環境下で計測された溶解速度の値を示しているが、喜界島の平均溶解速度のデータはこれらの値の範囲内に入り、同じオーダーの速度を示していることは興味深い。また、Matsukura and Hirose (1999) は石灰岩（阿武隈石灰岩）のタブレットを阿武隈山地の地中に埋め、その溶解量を5年間にわたり計測した。その結果から、地表や表層での地表面低下量を約  $3 \text{ mm ka}^{-1}$  と見積もっている。岩石が異なるので、詳細な比較はできないが、阿武隈におけるタブレット野外実験から計算された結果より、喜界島の溶解速度が10倍以上大きいことも興味深い。

ところで、石灰岩の溶解速度に影響を与えるものとしては、溶解する岩石側の性質（石灰岩の岩質）と溶解させる環境（すなわち雨量や雨水の性質、地中の  $\text{CO}_2$  濃度など）の両者がある。したがって、得られた速度の評価（他地域との比較）に関しては、今後これらの点からのさらに詳しい検討が必要であろう。

## V おわりに

喜界島に台座岩が存在することを報告した。この台座岩は隆起サンゴ礁段丘の上で形成されていることから、仮に隆起前の礁原に巨礫が供給され、離水後に台座岩が形成され始めたかと仮定すると、台座岩の発達速度（すなわち周辺の石灰岩の溶解による地形の低下速度）は約  $40-50 \text{ mm ka}^{-1}$  と見積もられた。この値は従来報告された石灰岩の台座岩形成速度とほぼ類似の値であった。

喜界島にはこのような台座岩が多数分布しているようである。今後はより多くのデータを蓄積することにより、より解像度の高い形成速度を求める必要がある。また台座岩の形成シナリオを描いた際、巨礫の供給源についてはいくつかの可能性を指摘した。供給源を特定する問題は、巨礫である石灰岩の岩石学的検討をすることにより解決できる可能性があり、これも今後に残された課題である。

## 謝辞

本研究を行うに際し、学術振興会・科学研究費・基盤研究B（課題番号16300292 研究代表者・松倉公憲）および基盤研究C（課題番号14580103 研究代表者・前門 晃）を使用した。

## 文献

- 太田陽子・町田 洋・堀 信行・小西健二・大村明雄 (1978): 琉球列島喜界島の完新世海成段丘: 完新世海面変化研究へのアプローチ. 地理学評論, **51**, 109-130.
- 佐々木圭一・大村明雄・太田陽子・村瀬 隆・吾妻 崇・小林真弓・伊倉久美子 (1998): 南西諸島喜界島の志戸桶北海岸における完新世海退性サンゴ礁段丘の形成. 第四紀研究, **37**, 349-360.
- 中田 高・高橋達郎・木庭元晴 (1978): 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動. 地理学評論, **51**, 87-108.
- Bogli, A. (1961): Karrentische, ein Beitrag sur Karstmorphologie. *Z. Geomorph., Suppl. Bd*, **2**, 4-21.
- Ford, D. C. and Williams, P. W. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman & Hall, London, 601p.
- Jennings, J. N. (1985): *Karst Geomorphology*, Basil

Blackwell, Oxford, 293p.

Konishi, K., Omura, A. and Nakamichi, O. (1974): Radiometric coral age and sea level records from the late Quaternary reef complexes of the Ryukyu Islands. *Proc. 2nd Intern. Coral Reef Symp.*, **2**, 595-613.

Matsukura, Y. and Hirose, T. (1999): Five year measurements of rock tablet weathering on a forested hillslope in a humid temperate region. *Engineering Geology*, **55**, 69-76.

Peterson, J. A. (1982): Limestone pedestals and denudation estimates from Mt Jaya, Irian

Jaya. *Aust. Geogr.*, **15**, 170-173.

Sweeting, M. M. (1966): The weathering of limestones. With particular reference to the Carboniferous Limestones of northern England. In *Essays in Geomorphology*, G. H. Dury(ed.), 177-210. London, Heinemann.

Williams, P. W. (1966): Limestone pavements with special reference to western Ireland. *Trans. Inst. Br. Geog.*, **40**, 155-172.

(2005年5月31日受付, 2005年8月1日受理)