

23. 神戸層群で発見したバレーバルジング Valley bulging discovered in the Kobe Group

○村井政徳（高知大院・黒潮圏海洋）・廣田清治（愛媛大院・理工）・
横山俊治（高知大・理）

Masanori MURAI, Kiyoharu HIROTA and Shunji YOKOYAMA

1. はじめに

神戸層群は兵庫県三田盆地および神戸市西部、淡路島北部に分布する古第三系後期始新統～前期漸新統である¹⁾。神戸層群が分布する三田盆地は稜線の標高が100～200 m前後の比較的なだらかな丘陵地である。筆者らは、三田盆地を流下する奥谷川河床において谷底が膨らむ現象を発見した(図-1)。谷底の膨らみ現象は、谷斜面下の地層が重力作用による塑性変形を起こして谷方向に押し出され、あるいは谷の侵食によって谷底部の地層がはね返ることによって河床下の地層に膨らみが生じ、背斜状の構造あるいは複雑な褶曲構造が形成される現象である²⁾。このような現象は、“valley bulging(バレーバルジング)”あるいは“valley rebound(バレーリバウンド)”と表現され、19世紀中ごろから英国を中心としたヨーロッパで数多く報告されてきた^{3), 4), 5), 6), 7)}。わが国では、野崎²⁾による魚沼地域での事例が最初の報告である。その後 NOZAKI and MASUMURA⁸⁾および野崎・田川⁹⁾の報告があるが、そのほとんどは新潟県内の第三系での事例である。本論では神戸層群におけるバレーバルジングの新たな事例報告を行うとともに、その発生機構について若干の考察を行う。

2. 三木市吉川町の神戸層群の概要

神戸層群の堆積年代は凝灰岩層のジルコンによるフィッション・ト

ラック年代^{1), 10), 11), 12), 13)}や黒雲母による K-Ar 年代¹⁾から 37～30 Ma の年代値が得られている。

三木市吉川町付近では吉川層¹⁾(<400 m厚)が分布し、美囊川や吉川などの小河川沿いでは段丘堆積物が神戸層群を不整合に覆う。吉川層は下位から長尾砂岩泥岩部層(30～150 m)、吉安砂岩泥岩礫岩部層(170～270 m)、原坂泥岩部層(<25 m)から構成されており、吉安砂岩泥岩礫岩部層中には少なくとも上久米凝灰岩層と北畑凝灰岩層の2枚の凝灰岩層を挟む¹⁾。

3. バレーバルジングが観察できる露頭

観察を行った露頭は三木市吉川町楠原(標高約 130 m)に位置する奥谷川の河床である。この周辺では、吉川層吉安砂岩泥岩礫岩部層中の泥岩層とその上位の上久米凝灰岩層が分布し、段丘堆積物が凝灰岩層を不整合に覆う(図-2)。上久米凝灰岩層は5つのユニットに区分されており¹⁴⁾、延性度較差の異なる岩相がほぼ水平に互層しているのが特徴である。今回の調査範囲では、最下位から始まる3つのユニットを確認できる(図-3)。すなわち、下位から降下火山灰起源の粗粒凝灰岩(ユニット1)、泥質凝灰岩(ユニット2)、硬質なガラス質凝灰岩層と細粒凝灰岩薄層の組合せからなるユニット3の3つのユニットである。また、奥谷川河床では図-4に示すように、4方向の節理がみられる。このうち河川流路とはほぼ同方向であ

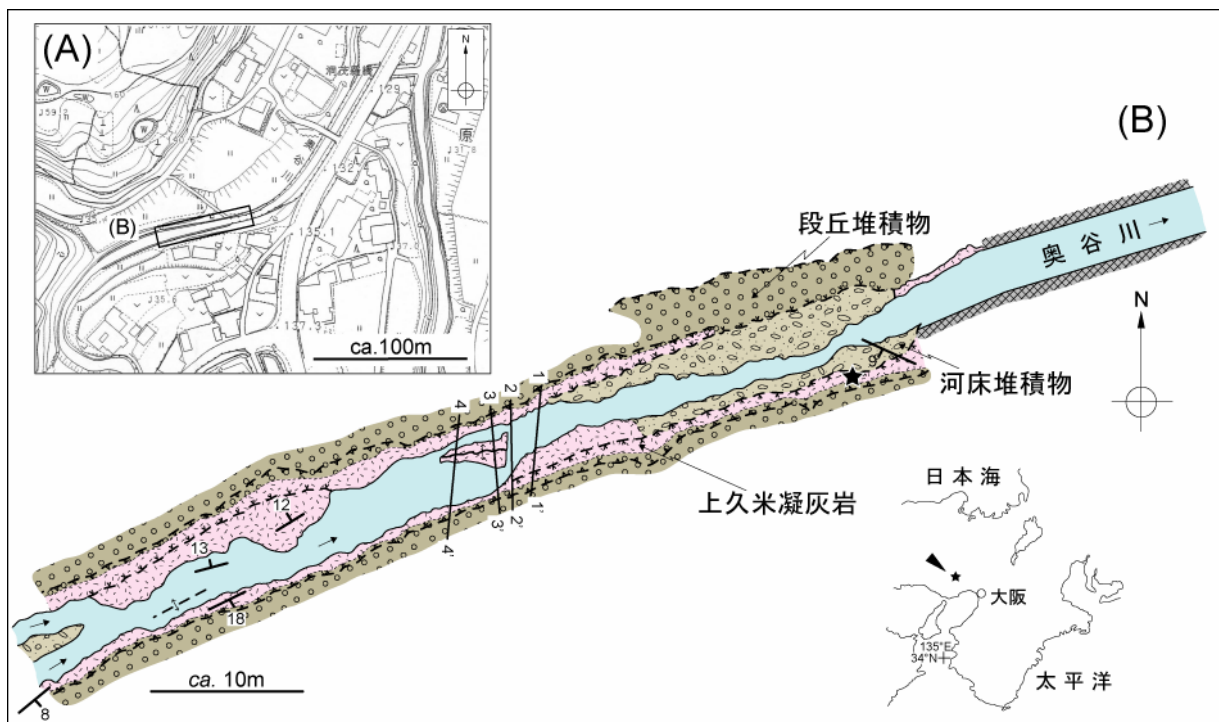


図-1 調査位置および兵庫県三木市吉川町楠原奥谷川のルートマップ

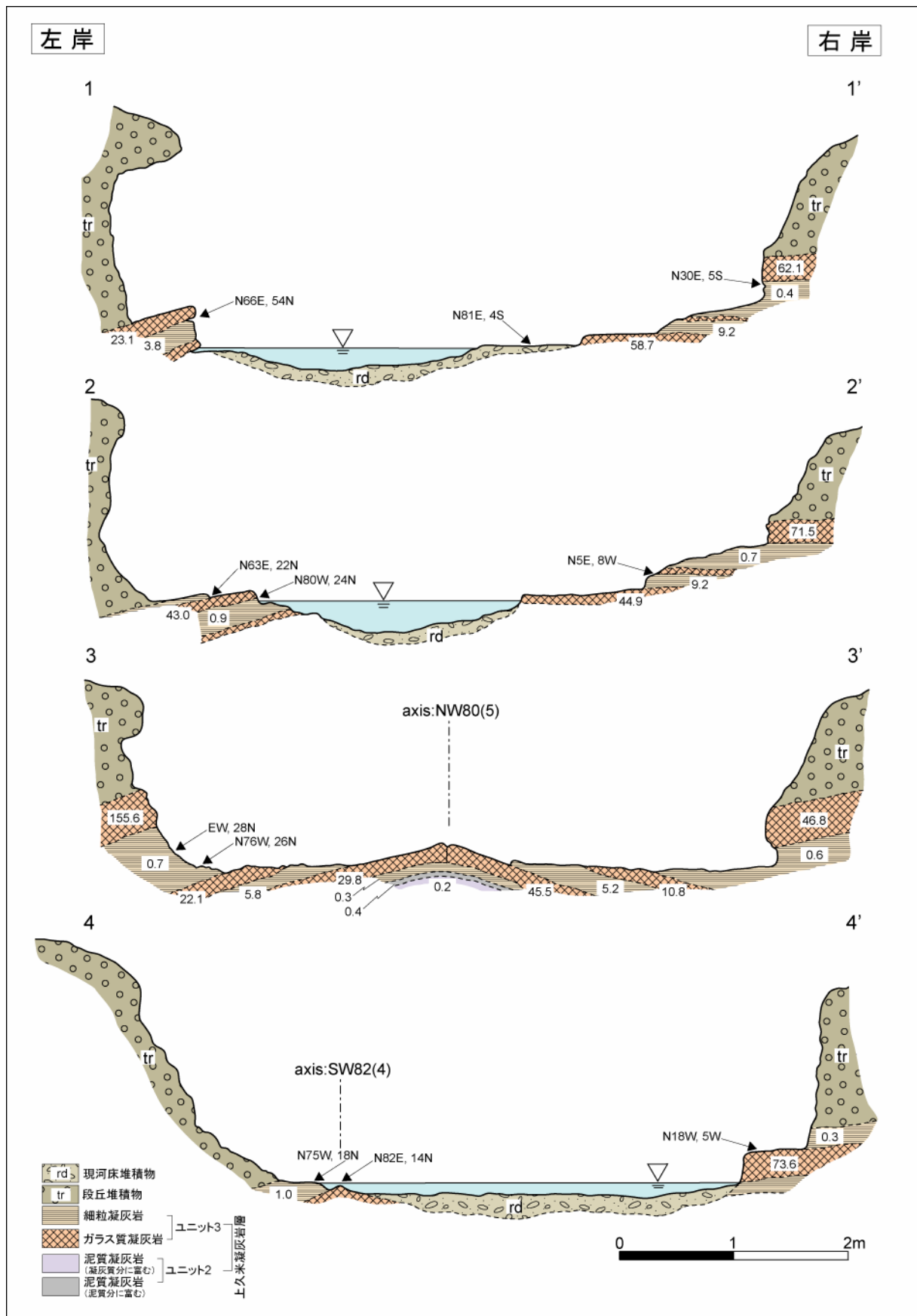


図-2 三木市吉川町楠原奥谷川の地質断面図(断面位置は図-1に示す)

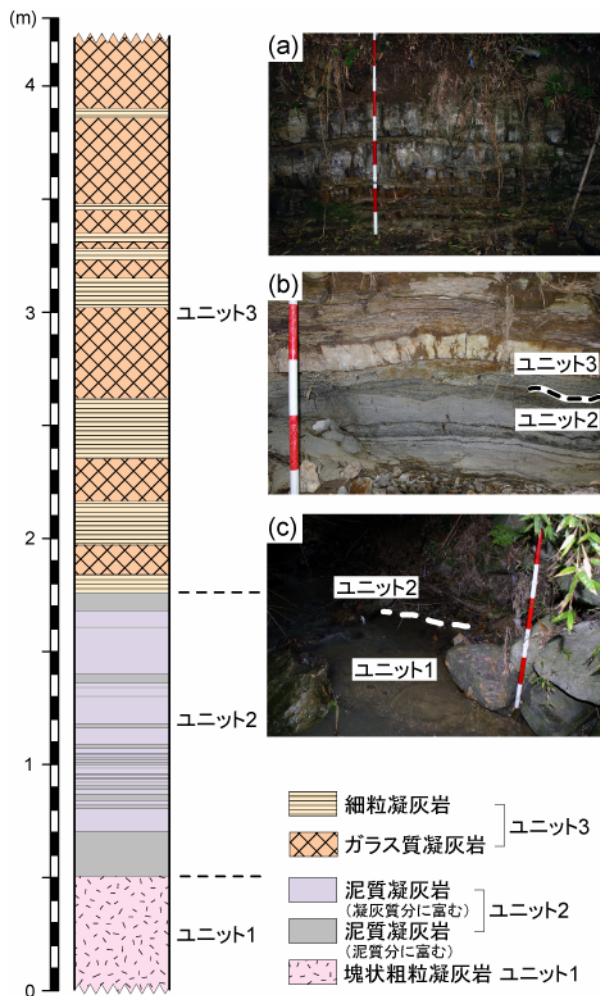


図-3 調査地の地質柱状図

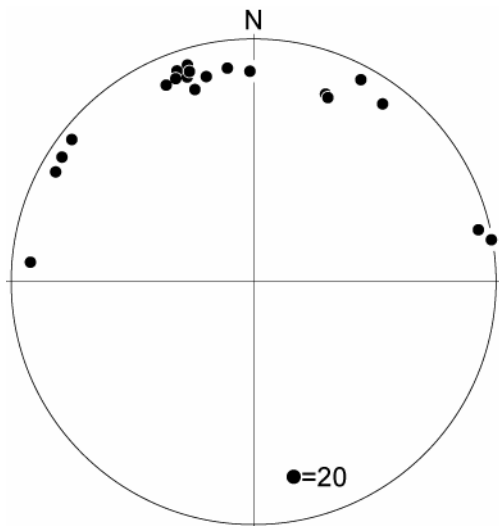


図-4 節理群のステレオネット(下半球投影)

る N70°E 方向の節理がもっとも卓越している。

図-5に示すように、ユニット2およびユニット3は河床に沿って背斜状の膨らみを生じている。この背斜構造の褶曲軸の走向は N80°W~S82°W で落とし角は4~5°で、河川流路とは少し斜交する。褶曲の軸部では、ユニット3のガラス質凝灰岩層は河川流路に

ほぼ平行な節理に沿って折れ曲がりシェブロン褶曲するのに対し、ユニット2の細粒凝灰岩およびユニット3の細粒凝灰岩層は緩やかに塑性変形してドーム状構造を呈する。つまり、地層は褶曲軸を挟んで右岸側は南方向に、左岸側は北方向に傾斜している。褶曲軸が確認できる3-3'断面および4-4'断面では、兩岸の地層は30°程度まで傾斜が変化している。

また、4-4'断面から2mほど上流の右岸では、ガラス質凝灰岩層の節理は開口し、その結果生じた開口割れ目(gull)に下位層である細粒凝灰岩層が貫入している(図-6)。

4. 上久米凝灰岩層の力学的特性

上久米凝灰岩層の力学的特性を推定するために、針貫入試験とシュミットロックハンマー打撃試験を実施した。試験は図-1に示した星印の箇所と地質断面図を作成した測線にて計測した。それら計測結果から得られた針貫入勾配およびR値から、換算式を用いて一軸圧縮強度を求めた(表-1)。

ユニット3のガラス質凝灰岩を除く岩相のほとんどは一軸圧縮強度が1MPa以下であり、軟岩に相当する岩石である。一方、ユニット3のガラス質凝灰岩の一軸圧縮強度はいずれも10MPa以上の強度を有し、中硬岩に相当する岩石である。

5. バレーバルジングの発生機構

これまでの研究では、バレーバルジングの発生は周氷河作用のひとつである凍結-融解作用が主たる要因であると考えられたり⁵⁾、谷の侵食による除荷に伴う応力開放が要因であると考えられてきた¹⁵⁾。また、人工的な掘削による除荷によってもバレーバルジングが発生したという報告もある⁹⁾。

今回神戸層群で発見したバレーバルジングの形態は奥谷川の流下方向に沿って褶曲軸が走る発生形態であり、過去のいくつかの報告例に類似している。そのため、奥谷川で観察したバレーバルジングの発生要因は、既往研究で提唱された谷の下刻作用によって生じる河床岩盤の応力開放が主要因であると考えられる。しかしながら、谷の侵食による応力開放のみでバルジングが発生するとは考えにくい。北川ほか¹⁶⁾は当該調査地近傍で採取した上久米凝灰岩層のボーリングコア試料のX線粉末回折を実施し、奥谷川河床に分布する泥質凝灰岩や細粒凝灰岩と同層準の試料に含まれる粘土鉱物のほとんどはスメクタイトであることを明らかにした。この研究結果を考慮すると、バレーバルジングの発生には応力開放のほかにはスメクタイトの性質である吸水膨張の大きさが関与している可能性がある。

また、バレーバルジングの発生には節理が重要な役割を果たしていると考えられる。風化に対する抵抗力が小さい泥質凝灰岩や細粒凝灰岩は容易に劣化するため強度も小さく、地層全体のフレキシブルな変形を可能にする。これに対して、風化に対する抵抗力の大きいガラス質凝灰岩は強度も大きく、岩石自体は変形しにくい。密に発達した節理を有するため下位の地層の変形に追従する。節理は定方向で、連続性、平滑度が良いため、容易に連続した分離面を形成し、節理面に沿った褶曲軸をもつシェブロン褶曲を形成する。

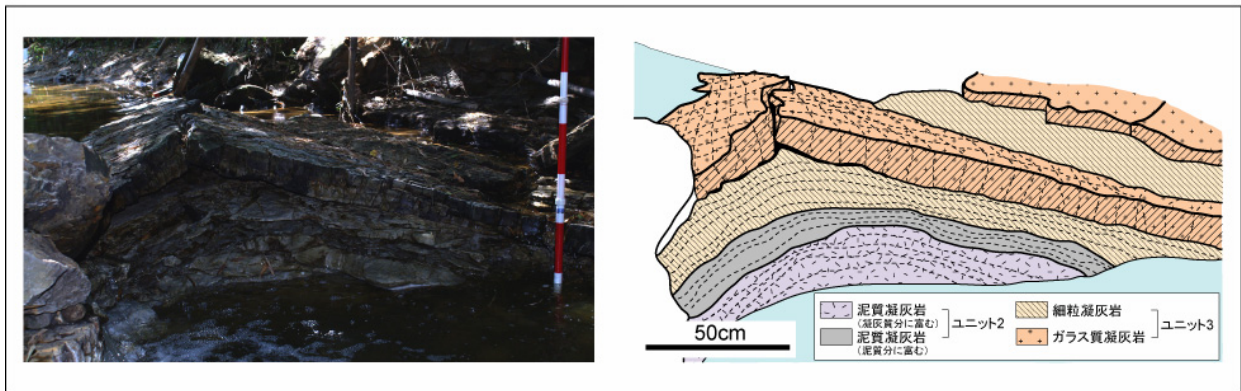


図-5 バレーバルジング接写(左)とそのスケッチ(右)



図-6 ガル(gull)に貫入する細粒凝灰岩

表-1 上久米凝灰岩層の換算一軸圧縮強度

	一軸圧縮強度 qu (MPa)
塊状粗粒凝灰岩	0.6
泥質凝灰岩 (泥質分に富む)	0.2 ~ 0.4
泥質凝灰岩 (凝灰岩質分に富む)	0.2 ~ 0.3
ガラス質凝灰岩	10.8 ~ 155.6
細粒凝灰岩	0.3 ~ 9.2

引用文献

- 1) 尾崎正紀・松浦浩久(1988):三田地域の地質, 地域地質研究報告(5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 93p.
- 2) 野崎 保(1997):谷底の膨らみ現象(Valley Bulging)-予報-, 新潟応用地質研究会誌, Vol.49, pp.21-30.
- 3) HOLLINGWORTH, S.E., HOWARD-TAYLOR, J. and KELLAWAY, GA. (1943): Large-scale superficial structures in the Northampton Ironstone Field, *Quarterly Journal of the Geological Society of London, Ser.C*, 397-98, pp.1-44.
- 4) ZARUBA, Q. and MENCL, V. (1969): Landslides and their control, Elsevier, Amsterdam, 205p.
- 5) PARKS, C.D. (1991): A review of the mechanism of cambering and valley bulging, *Quaternary Engineerin Geology, Geological*

- Society, Engineering Geology, Special Publication No.7*, pp.373-380.
- 6) HUTCHINSON, J.N. (1991): Periglacial and slope processes, Quaternary Engineerin Geology, *Geological Society, Engineering Geology, Special Publication No.7*, pp.283-331.
- 7) HUTCHINSON, J.N. and COOPE, GR. (2002): Cambering and valley bulging, periglacial solifluction and Lateglacial Coleoptera at Dowdeswell, near Cheltenham, *Proceedings of the Geologists' Association*, Vol.113, pp.291-300.
- 8) NOZAKI, T. and MASUMURA, M. (1998): Valley bulging found in Japan, *Proceedings of the 8th IAEG Congress, Vancouver/Canada*, pp.1375-1381.
- 9) 野崎 保・田川義弘(2004): 人為的バレーバルジング, 日本地すべり学会誌, Vol.40, pp.463-471.
- 10) 松尾裕司(1987): 神戸層群の化石を掘る(神戸の自然 16), 神戸市立教育研究所, 138p.
- 11) 弘原海 清・ギェム ヴ・カイ(1994): 神戸層群凝灰岩のジルコン・フィッシュオントラック年代, フィッション・トラックニュースレター, No.7, pp.38-39.
- 12) 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, Vol.102, pp.73-83.
- 13) 木村一成(2002): 神戸層群白川累層中の普通輝石を含む苦鉄質凝灰岩の発見, 地球科学, Vol.56, pp.289-294.
- 14) 秋山晋二・東 一樹(1999): 神戸層群上久米凝灰岩層の岩相による地すべり内部構造の判別について, 第38回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.435-438.
- 15) MATHESON, D.S. and THOMSON, S. (1973): Geologic implication of valley rebound, *Canadian Journal of Earth Science*, Vol.10, pp.961-978.
- 16) 北川隆司・地下まゆみ・鳥居起志・森上幸治(2004): 神戸層群凝灰岩の粘土鉱物の鉱物学的特徴, 第43回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.307-310.