

香川県西部，鮮新—更新統三豊層群中の 破断円礫の成因とテクトニックな意義

Broken rounds from the Plio-Pleistocene Mitoyo Group, in western Kagawa Prefecture, southwest Japan, and their tectonic implication

植木 岳雪

Takeyuki UEKI

香川県西部，鮮新—更新統三豊層群財田層には，もとの円磨された面ときめの粗い破断面を持ち，2つの面を画する稜がシャープな礫が多量に含まれ，本報告ではそれを破断円礫と呼ぶ．そのような破断円礫は財田層中の礫全体の31%を占め，現河床堆積物中の割合と比べてきわめて高い．財田層中の破断円礫は，断層運動による円礫の破断とその後の流水による運搬・再堆積によるものと考えられる．稜がシャープな破断円礫が地層中に多数認められた場合には，その近傍に断層が存在し，地層の堆積と同時に活動していた可能性が高い．

1. はじめに

基盤岩の斜面からもたらされた岩塊は，河川の運搬作用や海岸での波の作用によって，角礫から亜角礫，亜円礫，円礫へと円磨されていく．しかし，円磨された面と円磨されていないきめの粗い面の両方を持つ礫が古くから報告されている．それらはbroken rounds^{1, 2, 3)}，bro-ken pebbles^{4, 5, 6, 7)}，half rounds⁸⁾，broken boulders⁹⁾，割れ円礫¹⁰⁾などと呼ばれ，その名称のように，礫が円磨された後，何らかの要因によって破断されたことがわかる．本報告では，それを破断円礫と呼ぶ(図1)．

破断円礫は現生の堆積物^{6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20)}だけでなく，過去の堆積物^{1, 2, 3, 7, 8, 21)}からも見出されている．また，破断円礫は薄片下での砂粒子からも認められている²⁾．破断円礫の成因として，洪水時の河川の高密度流中での礫どうしの衝突^{1, 9, 14)}，暴浪時の潮汐チャンネル中での礫どうしの衝突³⁾，滝からの落下による衝撃¹⁵⁾，断層運動による礫の破碎とその後の河川による運搬・再

堆積⁸⁾が挙げられている．また，特定の岩石の礫は，堆積後の風化によって破断しやすいとされている^{15, 22, 23)}．しかし，少数の研究^{1, 3, 10)}を除いて，破断円礫については礫の形態や堆積作用の中でごく簡単に触れられているだけである．本報告では，香川県西部の鮮新—更新統三豊層群から見出された破断円礫を記載し，そのテクトニックな意義について論じる．

2. 調査地域の地形・地質

四国北東部の阿讃山地^{あさん}は，南北10～15 km，東西約100 kmの地壘状の山地であり，香川県と徳島県の県境をなす．山地の南縁は中央構造線，北縁は阿讃山地北縁断層群^{さいたい}で画される．三豊市財田町付近

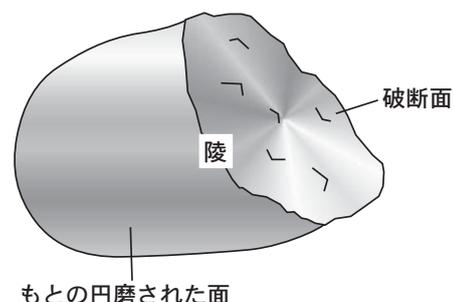


図1. 破碎円礫の形態

連絡先：植木岳雪 tueki@cis.ac.jp

千葉科学大学危機管理学部環境危機管理学科

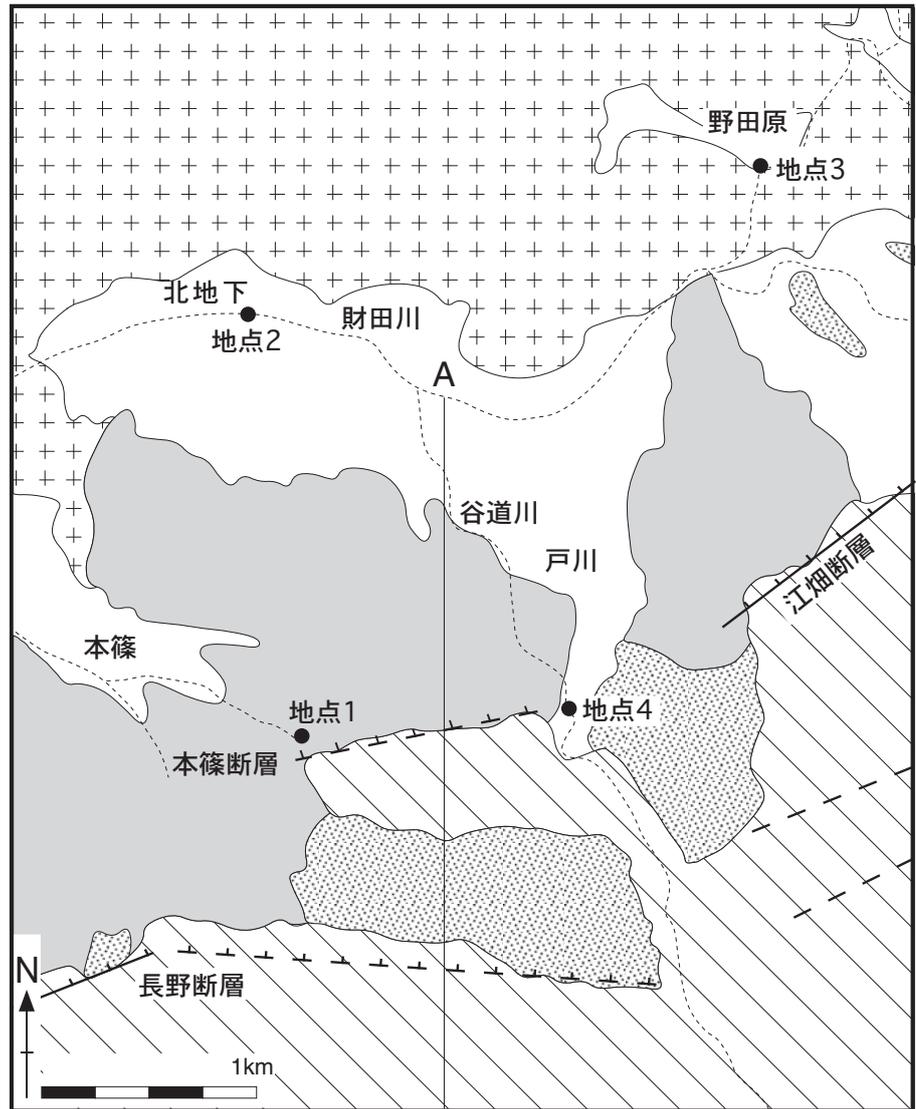
Department of Environmental Risk and Crisis Management,
Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba
Institute of Science

(2014年9月21日受付，2014年12月1日受理)



<凡例>

- 現河床及び
段丘堆積物
- 三豊層群
- 焼尾層
- 財田層
- 基盤岩
- 和泉層群
- 領家花こう岩類
- 断層
- 推定断層



<凡例>

- 現河床及び
段丘堆積物
- 三豊層群の礫層
- 焼尾層
- 財田層
- 基盤岩
- 和泉層群
- 領家花こう岩類

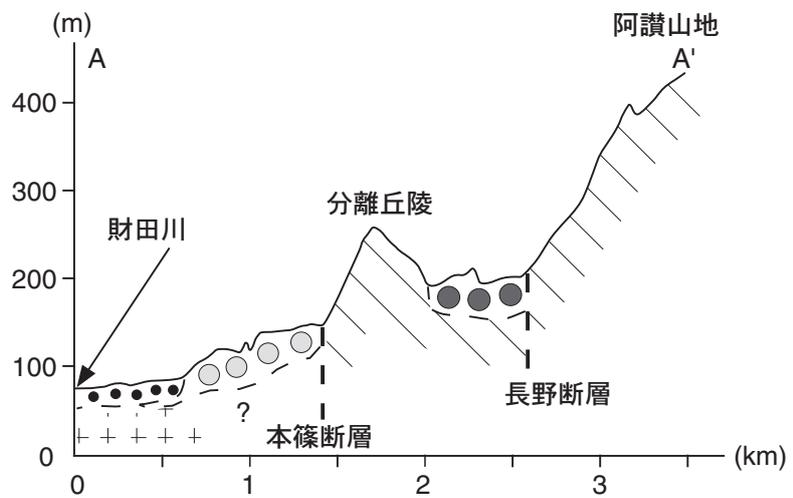


図2. 香川県西部，三豊市財田町付近の地質図及び地質断面図

では，阿讃山地は標高750～790 mの中蓮寺峰，若狭峰を最高とし，山地北縁には長野断層，江畑断層が東北東—西南西方向に伸びる（図2）。

阿讃山地の北麓には，標高100～300 mの丘陵がひろがっている．戸川の南西には，地溝状の凹地をはさんで比高約100 mの分離丘陵がある．財田川は丘陵の中を西流し，三豊平野に出て，瀬戸内海に注ぐ。

阿讃山地は，白亜系和泉層群の砂岩泥岩互層から構成される．三豊市財田町付近では，山地北麓の丘陵は，財田川の北方では白亜系の領家花こう岩類から構成され，財田川の南方では鮮新—更新統三豊層群から構成される（図2）．ただし，戸川の南西にある分離丘陵は和泉層群から構成される．

三豊層群は領家花こう岩類と和泉層群を不整合に覆い，三豊市財田町付近では財田層と焼尾層に細分される²⁴⁾．財田層は本流性の礫層からなり，和泉層群の堆積岩の礫のほかに，領家花こう岩の礫を20～30%，結晶片岩の礫を10～20%含む．結晶片岩の礫は，かつて四国山地脊梁部の三波川帯から阿讃山地を横断し，北流していた河川によってもたらされたものである^{24, 25, 26, 27)}．焼尾層は財田層を不整合に覆い，和泉層群の堆積岩の礫のみからなる支流性の礫層である．財田層の年代は鮮新世から120

万年前，焼尾層の年代は100万年前ごろと推定されている²⁴⁾．

3. 三豊層群中の破断円礫の記載

三豊市財田町本篠の地点1（世界測地系で北緯34.104113度，東経133.785949度）は，分離丘陵の北縁から約120 m北西にある．ここでは，三豊層群財田層から多数の破断円礫が見出された．今までに三豊層群から破断円礫が見出されたのは，地点1のみである．

地点1の財田層は，層厚4 m以上である．中礫サイズの亜円礫，円礫からなり，全体にチャンネル構造が発達する（図3）．また，層厚15 cmの砂層を挟む．露頭の上で径1 cm以上の礫を無作為に100個選択したところ，破断円礫は全ての礫種で認められ，全体の31%を占めていた．

図4に，典型的な破断円礫の写真を示す．比較のため

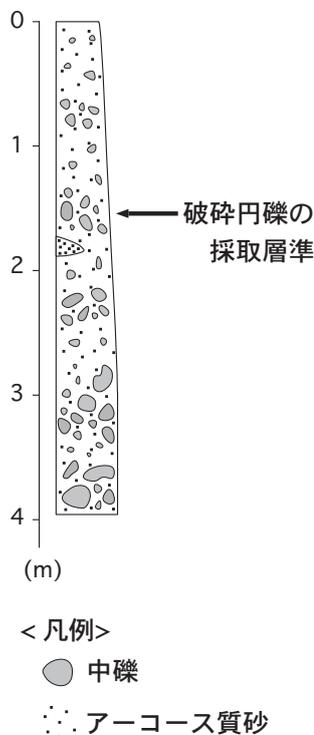


図3. 三豊市財田町本篠の地点1における三豊層群財田層の柱状図

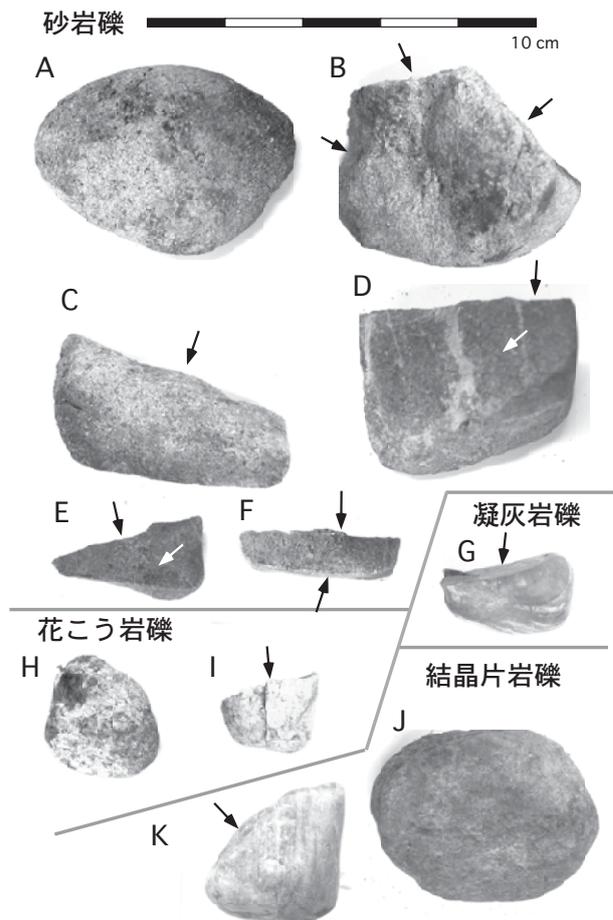


図4. 地点1で採取された円礫及び破断円礫の写真
A, H, Jは破断されていない円礫，それ以外は断碎円礫．黒矢印は破断面の輪郭の一部，白矢印はその面が破断面であることを示す．

に、破断されていない円礫の写真も示す。破断円礫は、もとの円磨された面ときめの粗い破断面を持つ。破断面に対応する片割れの礫が認められないことから、円礫はその場で破断されたのではないことがわかる。破断円礫の多くは破断面が1つだが、複数のものもある(砂岩礫B, D, E, F)。一般に、破断面は円磨されておらず、もとの面と破断面を画する稜はシャープである。しかし、稜がごく弱く磨耗したものが少数認められる(砂岩礫B, 凝灰岩礫G, 結晶片岩礫K)。

4. 破断円礫の成因とテクトニックな意義

地点1において多量に見出された稜がシャープな破断円礫は、通常の河川的作用ではなく、断層運動によって生成されたと考えられる。その理由を以下に説明する。

財田川本流の現河床において、径1 cm以上の礫を無作為に200個選択して、破断円礫の割合を調べた。北地下(図2の地点2)における縦州(longitudinal bar)、野田原(図2の地点3)における突州(point bar)では、破断円礫の割合はそれぞれ礫全体の1%、1.5%であった。財田川支流の谷道川の渓谷では、比高約6 mの鮎返りの滝付近(図2の地点4)で破断円礫の割合を調べた。滝の上下の半月状横州⁹⁾(transverse-lunate bar)において、破断円礫の割合はそれぞれ礫全体の0.5%、4%であった。このように、地点1における三豊層群財田層中の破断円礫の割合(31%)は、財田川本流および支流の河床における割合(4%以下)と比べて、著しく高い。したがって、地点1の破断円礫は、現在の財田川のような流水による運搬や滝からの落下によって形成されたとはいえない。

アメリカ・ワシントン州の河川¹⁾、長野県および山形県の河川¹⁰⁾において、現河床礫の中で破断円礫は10~30%を占めるとされている。また、礫床河川では、一般に破断円礫は礫全体の15%以下とされている²²⁾。しかし、これらの研究では、もとの面と破断面を画する稜がシャープでなく、磨耗した破断円礫が多く含まれている。稜がシャープな破断円礫の割合は定かでないが、かなり少ないと思われる。

礫層が断層運動による剪断を受けて、礫が破碎され、破碎面で食い違う現象が知られている^{8, 28, 29, 30, 31)}。そのような礫は日本でもいくつかの地域で報告されており、くいちがい礫(石)と呼ばれている^{32, 33, 34, 35, 36, 37)}。もし、断層運動で破碎された円礫がばらばらになれば、地点1で見出されたような稜がシャープな破断円礫となる。

地点1の近傍には断層の存在が示唆される。地点1の南方の分離丘陵は和泉層群からなる。分離丘陵の北縁は長野断層と江畑断層を結ぶ位置にあり、直線的なトレースと三角末端面を持つ。2つの断層の連続性と分離丘陵北縁の形状から、分離丘陵の北縁には断層が推定される。

本報告では、それを^{もとの}本篠断層と呼ぶ。

以上をまとめると、地点1では稜がシャープな破断円礫の割合が現河床よりも著しく高く、地点1の近傍には本篠断層が存在する。これらから、地点1において多数見出された稜がシャープな破断円礫は、本篠断層の運動によって三豊層群財田層中の円礫が破碎され、その後流水によって100 m程度運搬され、再堆積したものと考えられる。

地点1近傍の分離丘陵が周辺の三豊層群からなる丘陵よりも突出しているのは、本篠断層の南側隆起の運動によって、和泉層群が三豊層群よりも高くなったからである。本篠断層は財田層を変形させて、破断円礫を生成したが、断層に沿って明瞭な変位地形が認められないことから、本篠断層は活断層でないと考えられる。ただし、戸川の南西の地溝状凹地に焼尾層が分布し、本篠断層が地溝状凹地の形成に関与したと考えられることから、断層は財田層の堆積時から焼尾層の堆積時の100万年前ごろまでは活動していた可能性が高い。

6. おわりに

香川県西部、鮮新—更新統三豊層群財田層中から多数の破断円礫が見出された。破断円礫は、もとの円磨された面ときめの粗い破断面を持ち、2つの面を画する稜はシャープである。そのような破断円礫の割合は、財田層の礫全体の31%に達し、現河床堆積物の礫に占める割合と比べてきわめて高い。破断円礫の成因は、本篠断層による財田層中の円礫の破断とその後の流水による運搬・再堆積と考えられる。

稜がシャープな破断円礫は、もとの円礫が破断した後、流水によってほとんど運搬されていないことを示す。そのような破断円礫が地層中に多数認められた場合には、その近傍に断層が存在する可能性が高い。また、断層は地層の堆積時に活動していたことになる。変位地形を残さない古い断層を発見するように、地質調査の際には破断円礫にもっと注目すべきである。今後、破断円礫についての記載の蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) Bretz JH : Valley deposits immediately east of the channelled scabland of Washington (I), (II). *Journal of Geology*, 37, 393-427, 505-541, 1929.
- 2) James, WC : Limestone channel storm complex (Lower Cretaceous), Elkhprn Mountains, Montana. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50, 447-456, 1980.
- 3) Vogel, K, Muchez, P, Viaene, W : Collapse breccias and

- sedimentary conglomerates in the Lower Visean of the Vesdre area (E-Belgium). *Annales de la Geologique de Belgique*, 113, 359-371, 1990.
- 4) Krumbein WC : Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, 64-72, 1941.
 - 5) Krumbein WC, Pettijohn FJ : *Manual of sedimentary petrography*, D. Appleton-Century Co. Inc., New York, 1941.
 - 6) Goede A : Downstream changes in shape in the pebble morphometry of the Tambo River, eastern Victoria. *Journal of Sedimentary Petrology*, 45, 704-718, 1975.
 - 7) Els BG : Pebble morphology of an ancient conglomerate: the Middelvllei Placer, Witwatersrand, South Africa. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, 894-901, 1988.
 - 8) Tanner WF : Tectonically significant pebble types: sheared, poked and second-cycle examples. *Sedimentary Geology*, 16, 69-83, 1976.
 - 9) Martini IP : Gravelly flood deposits of Irvine Creek, Ontario, Canada. *Sedimentology*, 24, 603-622, 1977.
 - 10) 小玉芳敬 : 梓川と寒河江川における"割れ円礫"の存在比率について. 筑波大学水理実験センター報告, 14, 109-114, 1990.
 - 11) Wentworth CK : The shape of pebbles. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 730-C, 91-114, 1929.
 - 12) Pettijohn FJ : Determination and calculation of sphericity values of pebbles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 6, 154-157, 1936.
 - 13) Krumbein WC : Flood gravel of San Gabriel Canyon, California. *Bulletin of the Geological Society of America*, 51, 639-676, 1940.
 - 14) Mino Y : On the gravel in Koromogawa, Akita Prefecture, Japan. *Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, Section C*, 2 (9) , 63-78, 1950.
 - 15) Pittman ED, Ovenshine AT, Pebble morphology in the Merced River (California) . *Sedimentary Geology*, 2, 125-140, 1968.
 - 16) 渡部景隆 : かわらの石の科学. 岩崎書店, 東京.
 - 17) 小玉芳敬, 池田 宏, 伊勢屋ふじこ : 渡良瀬川における粒径別岩種構成比の縦断的变化: 沖積礫床河川における礫の破碎・摩耗効果の重要性. 筑波大学水理実験センター報告, 13, 13-25, 1989.
 - 18) Kodama Y : Effect of abrasion on downstream gravel-size reduction in the Watarase River, Japan: Field work and laboratory experiments. *University of Tsukuba, Environmental Research Center Papers*, 15, 1-88.
 - 19) Kodama Y : Downstream changes in the lithology and grain size of fluvial gravels, the Watarase River, Japan; evidence of the role of abrasion in downstream fining. *Journal of Sedimentary Research*, 64, 68-75, 1994.
 - 20) Phillips, CJ, & Campbell Iain B : Regolith profiles on slopes underlain by Moutere Gravel Formation, Big Bush State Forest: hydrologic and geomorphic implications, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 26, 57-70, 1983,
 - 21) Pettijohn FJ : *Sedimentary rocks* 2nd ed., Harper and Brothers, New York, 1957
 - 22) Bradley WC, Fahnstock RK, Rowekamp ET : Coarse sediment transport by flood flows on Kink River, Alaska. *Geological Society of America, Bulletin*, 83, 1261-1284, 1972.
 - 23) 植木岳雪, 満塩大洗 : 阿讃山地の隆起過程: 鮮新—更新統三豊層群を指標として. *地質学雑誌*, 104, 247-267, 1998.
 - 24) 岡田篤正 : 吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度. *地理学評論*, 43, 1-21, 1970.
 - 25) 岡田篤正 : "中央構造線の第四紀断層運動について", 中央構造線, 東海大学出版会, 東京, 49-86, 1973.
 - 26) Sangawa A : Geomorphic development of the Izumi and Sanuki Ranges and relating crustal movement. *The Science Reports of the Tohoku University, Series 7 (Geography)* , 28 (2) , 313-338, 1978.
 - 27) Tanner WF : Crushed pebble conglomerate of southwestern Montana. *Journal of Geology*, 16, 637-641, 1963.
 - 28) Tyler JH : Fracture and rotation of brittle clasts in a ductile matrix. *Journal of Geology*, 82, 501-510, 1975.
 - 29) Jerzykiewicz T : Tectonically deformed pebbles in the Brazeau and Paskapoo Formations, central Alberta Foothills, Canada. *Sedimentary Geology*, 42, 159-180, 1985.
 - 30) 狩野謙一, 染野 誠, 上杉 陽, 伊藤谷生 : 足柄地域北西部における中期更新世以降の断層活動: プレート力学境界表層部での変形過程の例. 静岡大学地球科学研究報告, 14, 57-83, 1988.
 - 31) 新帯国太郎 : クボミのある石について. *趣味の地学*, 5, 138-140, 1951.
 - 32) 野村松光 : 「くいちがい石」の新産地愛知県巢山礫岩. *地学研究*, 19, 104-106, 1968.
 - 33) 桑野範之 : 福岡県津屋崎産「くいちがい石」について. *地学研究*, 20, 113-115, 1969.
 - 34) 永井浩三 : 愛媛県伊予郡砥部町のくいちがいレキ. *地学研究*, 22, 174-176, 1971.
 - 35) 山名 巖, 細田駿介 : 日南町, 多里層で"くいちがい礫"の発見. *鳥取地学会誌*, 3, 1-4, 1999.
 - 36) 谷口 徹 : くいちがい石とえくぼ石の考察. *地学研究*, 53, 233-241, 2005.

Broken rounds from the Plio-Pleistocene Mitoyo Group, in western Kagawa Prefecture, southwest Japan, and their tectonic implication

Takeyuki UEKI

*Department of Environmental Risk and Crisis Management, Faculty of Risk and
Crisis Management, Chiba Institute of Science*

Sharply broken rounds are clasts that have original rounded and secondary fractured faces with sharp edges. Such clasts were found at one locality in the Saita Formation of Plio-Pleistocene Mitoyo Group in western Kagawa Prefecture, southwest Japan. Thirty one percent of clasts were sharply broken rounds in the Saita Formation, while a few percent in the modern riverbed sediments. Fault shattering followed by a small amount of fluvial transportation would have caused sharply broken rounds. A large proportion of sharply broken rounds in sediments is indicative of fault nearby and its syndepositional movement.