

2022年9月4日(日) 15:15-15:30 日本地質学会東京大会(早稲田大学)

堆積地質学の最新研究(第4会場(401教室) 講演番号T11-O-7) Ver. 3

河川と海岸の礫形デジタル計測: 海岸には扁平円礫が多い

Digital measurement of pebble shape in rivers and
beaches: Beach pebbles are more rounded and
flattened than river pebbles

石渡 明(原子力規制委員会委員)

Akira ISHIWATARI (Commissioner,
Nuclear Regulation Authority, Japan)

縦置き



横置き



礫形デジタル計測

石渡他(2019;下記)は河川と海岸各100個の礫につきキッチンマットとフリーの画像計測ソフトImage-Jを用いてデジタル礫形計測を行いab面の真円度(4π 面積/(周囲長)²)と楕円近似の短径長径比(c/a、扁平さ)を計測して、統計的に「海岸礫は河川礫より円くて扁平である」ことを認め、中山(1965)等の結果を再確認した。

写真は大磯海岸の礫。上下は同じ礫の向きを変えて撮影。扁平な礫が多いことがわかる。地質学会News, 22(10), 6-7. <http://www.geosociety.jp/faq/content0864.html>

日本各地の河川と海岸の礫形

計測法	地域・文献	場所	真円度(ab面)	c/a	c/b	c/√ab
アナログ	日本各地 中山1965	河海	<0.60 円形度 >0.60 (円磨-)		>0.60 <0.60	
	湘南 平塚市 博物館1986	河海		>0.39 <0.39	>0.54 <0.61	>0.46 <0.49
デジタル	相模川と大磯 石渡ほか2019	河海	<0.78 >0.78	>0.48 <0.48		
	下北半島南部 六ヶ所村付近 日本原燃2019	河 河口 海	<0.81 >0.79 >0.79	>0.45 >0.51 <0.39		
	御前崎付近 中部電力2021	河海	<0.81 >0.83	>0.43 <0.36	>0.67 <0.43	>0.53 <0.43
	能登半島西岸 北陸電力2021	河海	<0.77 >0.77	どちらも 0.41-0.53		
	積丹半島泊 北 海道電力2020	河成 海成	<0.78* >0.81*	*現世の河川や海岸ではなく、 段丘の礫を計測		

現世の河川と海岸における礫形計測データのまとめ。アナログ法のabcは礫の外接直方体の辺長をノギス (Nonius, calipers) で測り、デジタル法のabcは楕円近似の軸長のドットを数える (石渡2022;地質学会News, 25(1), 16-17)。

<http://www.geosociety.jp/faq/content1002.html>

表内の文献は石渡(2022)を参照

礫形計測結果のまとめ

- ◆ 海岸礫は河川礫より真円度が高く、両者の境界値は0.77～0.82である。また、海岸礫は河川礫より扁平 (c/a が小) であり、両者の境界値は0.40～0.48である。そして平野や低い丘陵地では真円度の境界値は高く(0.80-0.82) 短径長径比の境界値は低い(0.40-0.42) 傾向があり、岩石海岸では真円度の境界値が低く、短径長径比(扁平さ)では河川礫と海岸礫の間にあまり差がない傾向がある。

Ishimura & Yamada (2019) の研究

- ◆ 彼らはデジタル礫形計測で岩手県山田町小谷鳥の津波堆積物(細礫)を研究し、**円磨度**の高い海岸礫の内陸への到達距離から津波遡上高さを推定したが、**扁平さの違いは無視**した。彼らのFig. 3によると、円磨度のピークは、河川堆積物が0.35~0.40程度、海岸堆積物や2011年津波堆積物が0.55~0.62程度で、両者は明瞭に区別できる。円磨度の計測にはMATLAB (R2017b)とそのツールボックスを用いた。

Ishimura, D. & Yamada, K. (2019) Palaeo-tsunami inundation distances deduced from roundness of gravel particles in tsunami deposits. Scientific Reports. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-46584-z.pdf>

(なお、この論文は石渡他(2019)の3ヶ月前に出た)

小杉(1962, 1968)の研究

◆小杉(1962)はCailleux* (カユー, 1947, 1952)が「海成礫は河成礫に比べて相対的に**扁平度** $((a+b)/2c)$ が高いこと...を実証した」と述べた。

◆また、**扁平度**は波が静かな場所で高く、**円磨度**は波が荒い場所で高いと指摘した(Vernhet, 1953による)。

◆小杉(1968)は、「きわめて**扁平性**に富みしかもよく円形化された対称的な形態の**海浜礫**と、これとは対照的に不規則形を示す**周氷河起源**およびそれらの中間的な**河床礫**や**湖沼礫**のそれぞれ固有の形態は、環境条件に左右されながらも、各種の最終営力の特徴をより一層敏感に反映したものと解釈される」と総括した。

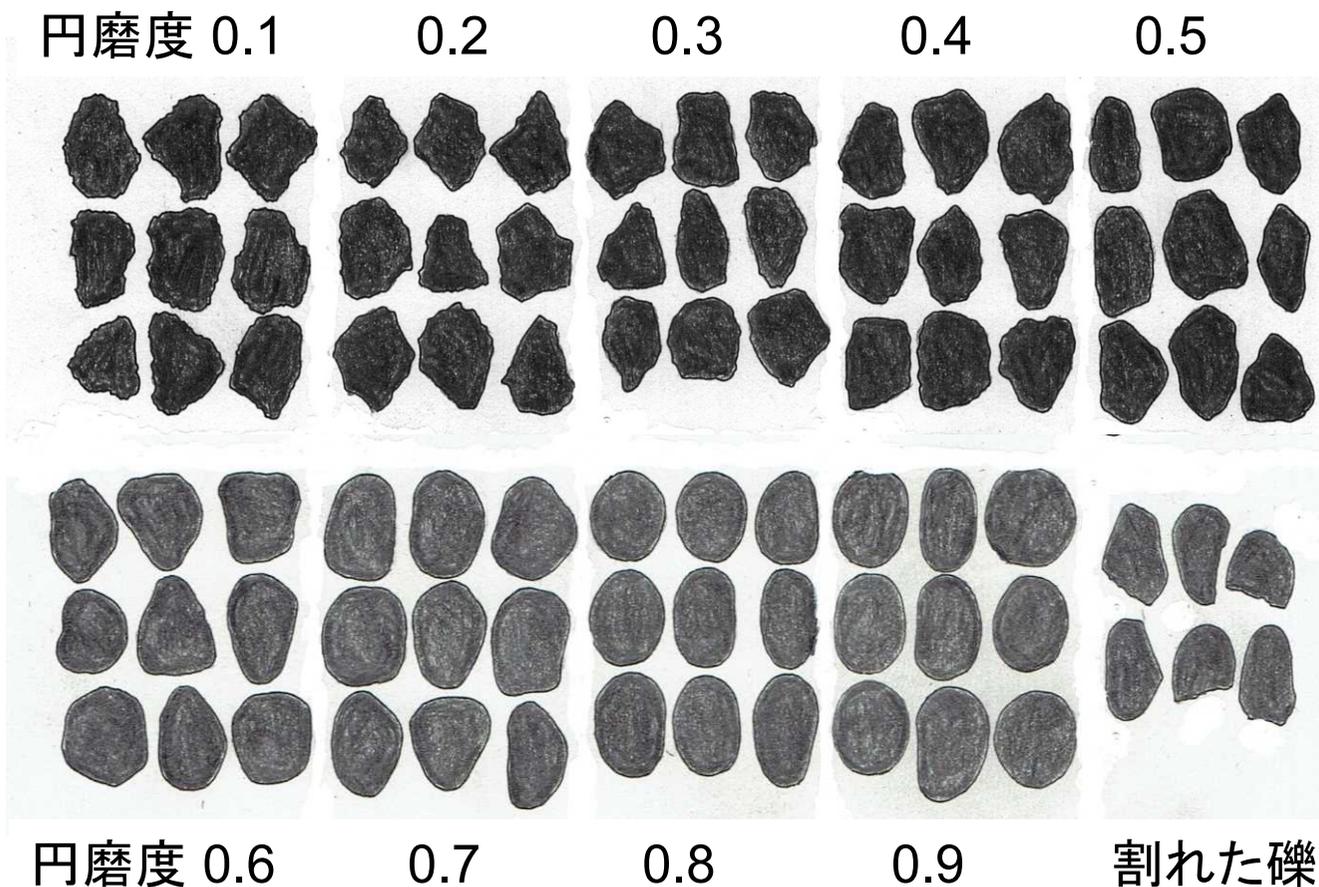
小杉健三(1962)北海道学芸大学紀要第2部B, 13(1), 120-131.

小杉健三(1968) <http://hdl.handle.net/10097/23430>

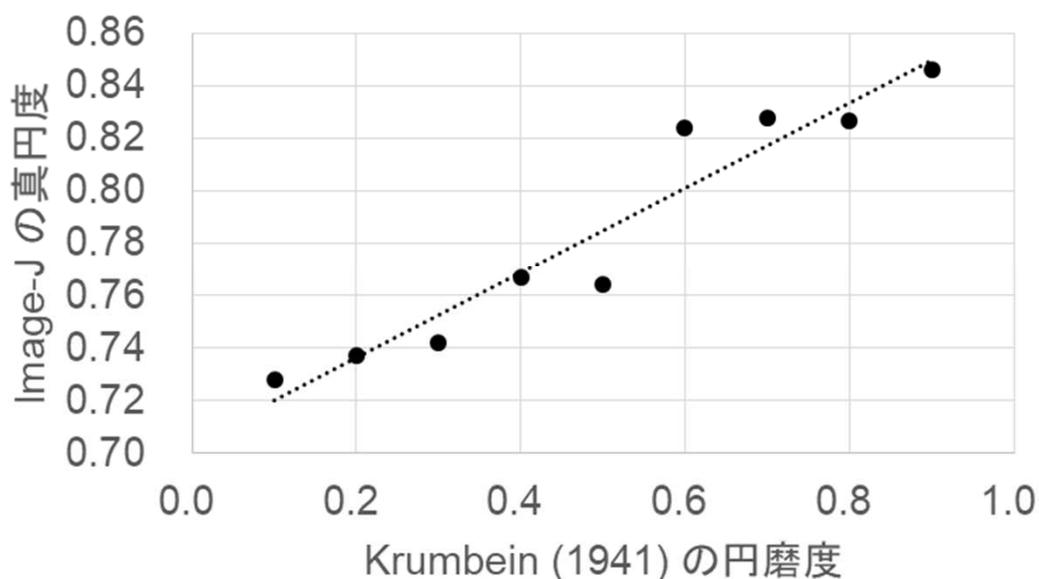
宮田・末弘(2016)の示唆

- ◆石渡他は河川での転動、海岸での滑動(摺動)という礫の運搬プロセスの違いが礫形の違いの原因と示唆した。
- ◆宮田・末弘(2016)は「**扁平礫問題**」を取り上げ、「礫浜には扁平礫の割合が高いことは従来から知られていたが、その原因として**礫浜特有の摩耗**があるという解釈と、形状による**淘汰の結果**ではないか、という異なった考えがある」と述べ、「決定的な証拠を得るには至っていない」が、礫の大きさ($(abc)^{1/3}$)と扁平度($(a+b)/2c$)の間に相関がないか、または正の相関がある(大礫ほど扁平度が高い)ことを示す彼らのデータは「**選択的な扁平化をもたらす礫浜特有の摩耗作用を示唆している**」。

Krumbein (1941)の 円磨度印象 図の計測



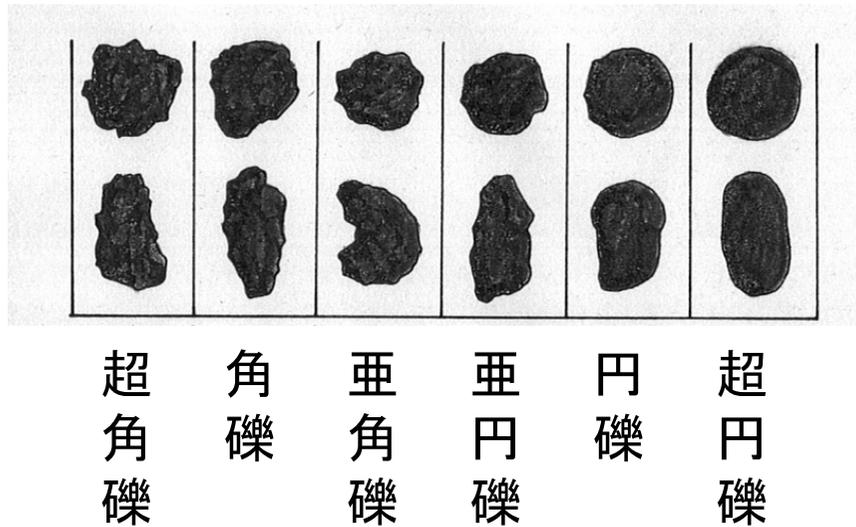
円磨度と真円度の関係



対応する目安値:					
円磨度	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
真円度	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84

保柳康一・公文富士夫・松田博貴(2004)
堆積物と堆積岩. 共立.
公文富士夫・立石雅昭編(1998)新版
碎屑物の研究法. 地団研.

礫形と真円度・円磨度の関係



目安値	真円度	円磨度
超円礫	≥ 0.84	≥ 0.9
円礫	≥ 0.81	≥ 0.7
亜円礫	≥ 0.78	≥ 0.5
亜角礫	≥ 0.75	≥ 0.3
角礫	≥ 0.72	≥ 0.1
超角礫	< 0.72	< 0.1

左図の出典：
公文富士夫・
立石雅昭編
(1998)新版
碎屑物の研究
法. 地団研.
p. 131.

◆礫の円磨度判定には長年Krumbein (1941)の円磨度印象図(保柳ほか, 2004, p.104; 公文・立石, 1998, p.130)が使われてきたので、今回この図のデジタル計測を行った。円磨度と真円度の対応関係は上に示す通りである。真円度の川・海境界値0.78は円磨度0.5~0.6に相当し、これは中山(1965)の川・海境界値と一致する。なお、Krumbeinの図の円磨度0.5の礫は細長くて真円度が低く出る。その意味で、円磨度を円形度と言い換えるのは良くない。

結論

◆日本の地質学教科書*は海岸礫の扁平さを無視してきた。角(すみ、1966)**は「川・海を比較すると海の礫に少し球形度の低い割合が少ないという違いしかありません」と述べたが、この辺が無視の源流だろうか。

◆簡便で客観性・再現性の高いデジタル礫形計測は堆積環境の解明に有用であり、扁平円礫の多産は海岸での形成を示す。これは段丘堆積物の河成・海成の判断に役立ち、断層の活動性評価等に応用できる。

*保柳康一・公文富士夫・松田博貴(2004)堆積物と堆積岩. 共立.

*公文富士夫・立石雅昭編(1998)新版 碎屑物の研究法. 地団研.

**角靖夫(1966)地質ニュース, 145, 36-42.

金子みすゞの詩

- ◆ 「濱の石」(全集I, p. 168; 名詩集, p. 156)
(濱は浜、／は空行を表す)

濱辺の石は玉のやう、
みんなまるくてすべっこい。／
濱辺の石は飛(と)び魚か、
投げればさっと波を切る。／
濱辺の石は唄うたひ、
波といちにち唄ってる。／
ひとつひとつの濱の石、
みんなかはいい石だけど、／
濱辺の石は偉(えら)い石、
皆(みんな)して海をかかへてる。

原子力規制委員会の理念

- ◆ 人と環境を守ることを使命とする
- ◆ (1)科学・技術に基づく独立した意思決定
- ◆ (2)現場重視の実効ある規制
- ◆ (3)透明で開かれた組織
- ◆ (4)向上心と責任感ある職員
- ◆ (5)緊急事態への組織的かつ迅速な対応
- ◆ 原子力規制委員会＝5人、規制庁≒1,000人

原子力規制における地質学の重要性は以前より格段に増しており、学界全体での議論の活発化と深化が期待される。