

長崎市式見の礫浜における礫の形態と磨耗

近藤 寛*・富来奈央美*・上原 貴之**

(平成 22 年 10 月 29 日受理)

Grain Shape and Abrasion of the Gravels on the Gravel Beach of the Shikimi Coast in Nagasaki City

Hiroshi KONDO, Naomi TOMIKI and Takayuki UEHARA

(Received October 29, 2010)

Abstract

In this gravel beach (photo 1), the most abundant gravel are cobbles. To consider the grain shape, we measured the long, intermediate and short axes of the cobbles. Grain size is expressed as the intermediate value, the grain sizes of 100 cobbles in 1 m² are 4.0 ~ 13.5 cm (fig.1). Zingg's classification of grain shape are examined (fig.2). The relationship between grain size and sphericity of the cobbles is not clear (fig.3).

We set the bricks and andesites on the gravel beach. These bricks and andesites might be shifted to the north by the waves. Abrasion of the bricks and andesites are 8.1 ~ 8.4% (13 days) and 5.4 ~ 4.3% (29 ~ 62 days) respectively (fig.4, table 2, photo 5).

1. はじめに

長崎市式見地区では、北部は長崎変成岩類に属する黒色片岩であり、南部は長崎火山岩類に属する火山角礫岩や輝石安山岩で構成されている。式見地区の海岸は南西側で外海に接し、これらの岩石が露出する岩石海岸であり、海食崖が多くみられる。大小の入江の奥は、海食崖からの転石からの礫が堆積した礫浜や砂が堆積した砂浜となっている。比較的大きな砂浜は、柿泊町白浜にあり長さ約 180m、奥行約 30m であり、夏季には白浜海水浴場として賑わいを見せている。また、各地に大小の礫浜があり、調査地とした小江町小江海岸の礫浜は、海食崖の直下であり、長さは 160m である。

岩石海岸における礫浜の成因について、山内 (1981) は海食崖が岩石海岸の特徴的な地形であり、海食崖の基部にある崩壊した岩塊が破碎されて礫浜をつくると述べている。また、荒巻 (1965) は岩石海岸において断続的に入江が発達するところにポケットビーチがあり、堆積した砂礫のほとんどが周辺山地の岩石と同じ種類であると述べている。小江町小江の礫浜は、海食崖が発達した岩石海岸の入江に形づくられた礫浜で、礫の岩石は海食崖をつくる岩石と同じ種類であり、山内 (1981)、荒巻 (1965) が述べているような成因により形

* 長崎大学教育学部数理情報講座 (理科教育 地学)

** (株) NDKCOM



写真1 小江町小江の礫浜と海食崖



写真2 柿泊町向町の礫浜（補助の調査地）

成された礫浜である。

本論は、小江町小江にある礫浜において大部分をしめる大礫について、礫の大きさ、礫の形態的特徴、礫の移動と磨耗の状況を予察的に調査したものである。なお、礫の移動の調査は、マーキング法（廣木他、2006）をもちいている。また、礫の大きさの区分は、巨礫が25.6cm以上、大礫が6.4～25.6cm、中礫が0.4～6.4cmとしている。

2. 調査地の概要

長崎市式見地区は、長崎市市街地から東へ約5kmにある。小江町小江海岸の礫浜は、西北西に約2kmのびる竜ヶ崎と、南西に約2kmのびる福田崎の小さな半島に挟まれた入江の奥にあり、背後には海食崖がせまっている。この礫浜の北にある小江川の河口は、埋立地によって、この礫浜と隔てられている。そのために、小江川からの礫の供給はない。また、礫浜の西約500m沖は、北から南に張り出した埋立地である。したがって、礫浜は東、北、西が閉ざされ、南西でのみ外海に開いている（写真1）。

礫浜の背後にある海食崖は、高さ50mでありN40°Eで南西にのびている。この海食崖の北端部に、長さ160mの礫浜が形成されている。礫浜の北側は、海食崖の下からN60°Wに張出した長さ95m幅7mの堤防により消滅している。礫浜の南側は、海食崖が海に接して礫浜は消滅する。礫浜の大部分は奥行が25m前後であり、前浜の長さは汀線から約20mである。また、後浜は海食崖までの距離が数mから最大で約25mである。北部の礫浜では、後浜に高さ約1m奥行約6mの浜堤がある。

この礫浜に崩落した海食崖からの大きな転石は、6×8mの輝石安山岩質の火山角礫岩や3×4mの角閃石を含む灰色～淡紫色の輝石安山岩である。火山角礫岩は風化によって褐色を呈するものと、自破碎溶岩とみられる灰色～淡紫色の輝石安山岩質のものがある。礫浜にみられる礫は、これらの火山角礫岩と輝石安山岩からもたらされた輝石安山岩の礫である。

長さ160mの礫浜にある礫の大きさは、南部では最大で約80cmであるが、北部では最大で約30cmとなり小さくなる。北部では礫の大きさが小さくなるにしたがって、礫の分級は、北部では南部よりも良くなっている。また、北部では前浜の低潮部付近に小さな礫や砂が部分的に堆積している。礫浜の調査範囲は、礫浜の北にある堤防から南へ60mまでである。なお、堤防のすぐ南の礫浜は、前浜が約25m、後浜が約25mであった。



写真3 「大礫」の大きさと形態 (横幅 58cm)

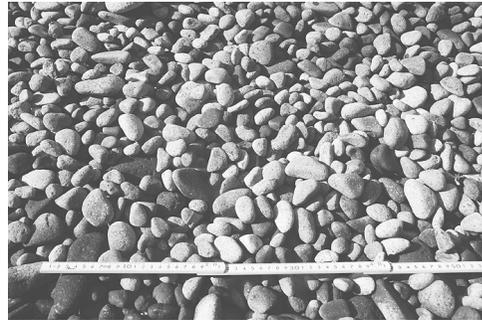


写真4 「中礫」の大きさと形態 (横幅 57cm)

小江町小江の礫浜と比較するために、柿泊町向町にある入江の礫浜を補助の調査地とした(写真2)。この礫浜は、小江町小江の礫浜から北西に約4 km離れた所にある。この入江の周辺の地質は、長崎変成岩類の黑色片岩と長崎火山岩類の火山角礫岩～凝灰角礫岩で構成されている。入江のすぐ南には、黑色片岩と火山角礫岩の不整合面がみられる。

礫浜がある入江の大きさは、汀線付近では幅が22m、奥行が45mである。この入江は、N45°Eで南西にのびて外海に面している。入江の北西側と南東側は、黑色片岩の高さ約10 mの崖となっている。

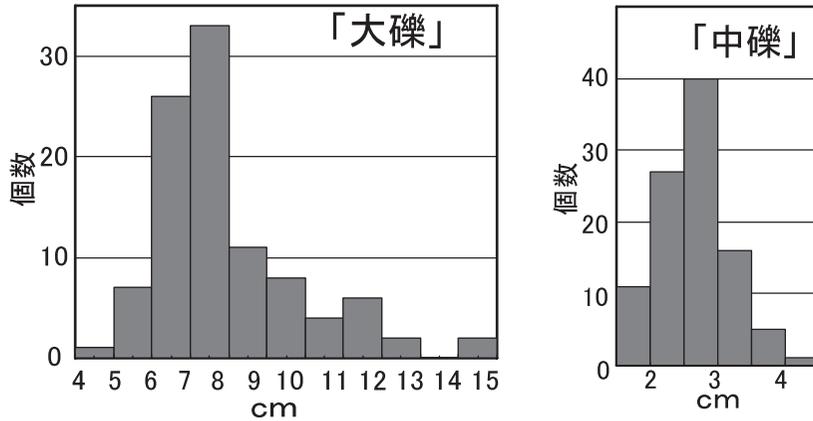
前浜にある礫の大きさは、最大で約1.0×1.5m～約50×60 cmの凝灰角礫岩である。しかし、多くの礫の大きさは、30 cm前後の凝灰角礫岩と輝石安山岩である。入江を構成する黑色片岩や石英の礫は少ない。前浜には巨礫の間に大礫から細礫が堆積しているのがみられ、全体として礫の分級はよくない。後浜では波浪により打ち寄せられた中礫が多くみられ、また、分級が比較的よくなっている。後浜には、これらの中礫からなる高さ約50 cmの浜堤がある。

3. 調査方法

調査期間は平成21年11月6日～平成22年1月18日であり、現地調査は干潮時に6回おこなった。礫の大きさは礫の中径として測定した。これは礫の中径が篩を通る礫の大きさであり、礫の大きさを手軽に知る方法としてもちいられるからである(菅野・奥村, 1978)。礫の形態分析は、一般に広く使われているZingg (1935)の方法にしたがって礫の長径a, 中径b, 短径cを測定した。なお、本論では、礫浜の大部分をしめる大礫を測定したものは「大礫」、中礫を測定したものを「中礫」として以下に記述する。

礫の大きさと形態分析は、小江町小江の礫浜の礫についておこなった。「大礫」は1m²のわく内にある礫100個である(写真3)。「中礫」は1/4m²のわく内にある礫100個である(写真4)。「大礫」、「中礫」の重量も測定した。使用した電子天秤は島津製作所TXB6201L(最大6.2kg, 最小2g)である。

礫の磨耗調査に使用した試料は、市販の赤レンガを1/2(10×10×6cm)に切断し、黄色ペンキで番号をつけたもの(1/2赤レンガ)、1/8(5×5×6cm)に切断し、同様に英文字をつけたもの(1/8赤レンガ)である。また、小江町小江の礫浜では、火山角礫岩の転石から淡紫色輝石安山岩を、大きさ約7～15cmで約0.7～2.5kgに割ったもの(輝石安山岩)を試料とし、赤、青、黄色ペンキでマークをつけた。なお、試料の比重は、赤レンガが2.2～2.3(平



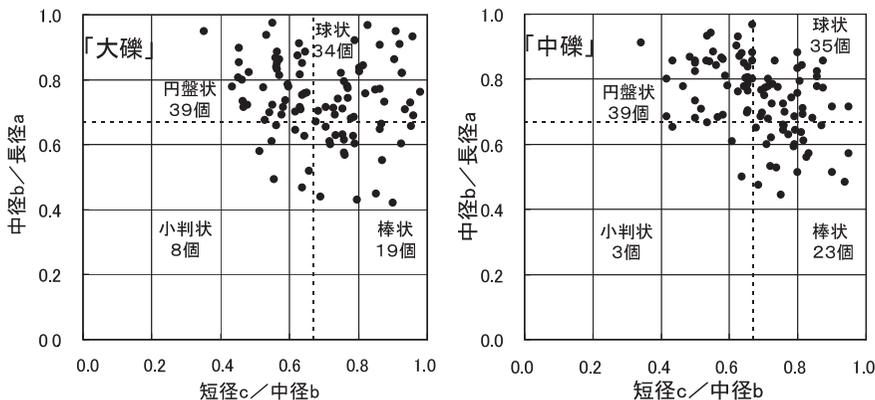
第1図 「大礫」と「中礫」の大きさの度数分布図 (小江町小江の礫浜)

均2.2), 輝石安山岩が2.3～2.6 (平均2.4) であった。

試料の重量は、骨材の吸水率試験でもちいられている表面乾燥飽和状態 (表乾状態) のものである。測定された吸水率は、1/2 赤レンガ10個が9.5～13.2% (平均11.5%) であり、輝石安山岩10個の吸水率は1.7～3.2% (平均2.2%) であった。

試料の設置は、前浜の低潮位と高潮位の中間の場所とした。この場所は、試料が引き潮時と満ち潮時に磨耗されること、試料が表乾状態になること、試料を探す時間的な余裕がとれることにある。設置後は試料の移動方向と距離、および試料の表乾状態における重量を測定した。

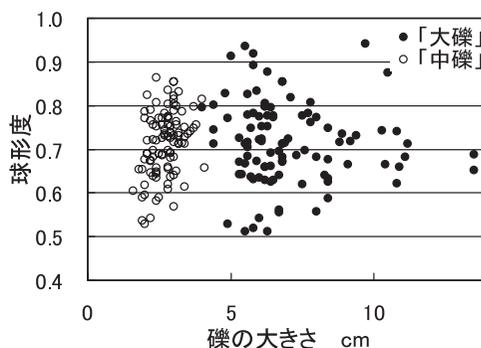
設置した試料は、小江町小江の礫浜に1/2 赤レンガ5個、1/8 赤レンガ5個、輝石安山岩10個である。また、柿泊町向町の礫浜に1/2 赤レンガ3個、1/8 赤レンガ3個を設置した。試料とした礫の移動は、陸側または汀線側への移動、汀線に沿う横への移動の距離を測定した。しかし、礫浜では人による移動、試料の位置決定が難しいこと、試料の多くが確認や回収ができなかったことなどが問題であった。



第2図 「大礫」と「中礫」の形態分類 (小江町小江の礫浜)

第1表 球形度と「大礫」、「中礫」の個数

球形度	「大礫」	「中礫」
0.5～0.6	9	9
0.6～0.7	37	33
0.7～0.8	39	48
0.8～0.9	15	10
0.9～	4	—
計	100	100



第3図 礫の大きさと球形度の関係

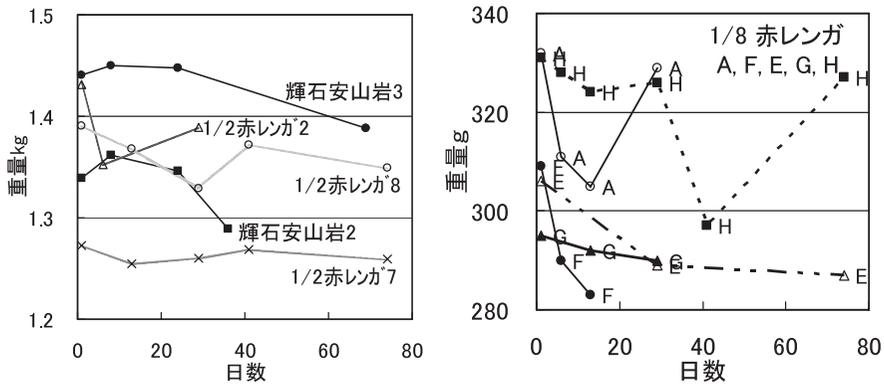
4. 礫の形態分析

「大礫」と「中礫」の大きさの度数分布は、第1図に示した。「大礫」の大きさは4.0～13.5 cmであり平均は7cmであった(写真3)。また、「中礫」の大きさは1.6～4.1 cmであり平均は2.7cmであった(写真4)。なお、重量については、「大礫」が110～2179 g(平均490 g)、「中礫」が7.2～61.4 g(平均29 g)であった。

中山(1965)は、礫浜では前浜の破波帯において波の到達点付近には粒の大きなものが堆積し、汀線斜面には粒径の小さいものが堆積していることが容易に観察できるとしている。小江町小江の礫浜において、「大礫」は前浜の後側にあり、「中礫」は前浜の汀線付近にあったものである。したがって、「大礫」は強い波浪により前浜の後部に運ばれたものであり、「中礫」は弱い波浪により汀線近くに堆積したものであると言ってよい。

Zingg(1935)の方法に従って、「大礫」と「中礫」をプロットしたものが第2図である。これらの図において、縦軸の2/3と横軸の2/3の線を境として礫は、球状、円盤状、棒状、小判状の4つの形状に分類される(菅野・奥村, 1978)。それぞれの個数は第2図に示している。Zingg(1935)の図において「大礫」と「中礫」の分布は、よく似ている。しかし、「大礫」は小判状が多く、棒状が少ない。また、「大礫」は縦軸と横軸が1.0に近いものも多く、これらは球形度が0.9以上のものである(菅野・奥村, 1978)。

球形度は長径 a 、中径 b 、短径 c から計算により求められ、 $(b/a)^2 \times (c/b)$ の立方根である(荒巻, 1965)。この球形度と「大礫」と「中礫」の個数の関係(第1表)については、「大礫」は球形度が0.8以上のものが多い。しかし、礫の大きさと球形度の関係(第3図)および礫の大きさの度数分布図(第1図)をあわせて考えると、球形度が大きな礫は、度数分布図で数が多い「大礫」では6～8 cmの礫、また、「中礫」では2～3 cmの礫である。このことから、礫の大きさと球形度との間に関係はみられず、ただ単に、度数分布で数が多い大きさの礫は、球形度が大きい礫が多いことを示している。



第4図 1/2、1/8赤レンガと輝石安山岩の重量変化

4. 礫の磨耗

小江町小江の礫浜に、平成21年11月6日に設置した1/2赤レンガ5個、1/8赤レンガ5個は、29日後に1/2赤レンガ2、1/8赤レンガAが確認されたが、それから以後は不明となった。なお、1/8赤レンガAは南へ5m、北へ12mの移動があった。平成21年11月11日に設置した輝石安山岩10個は、36日後に3個を確認し、調査終了の69日後に輝石安山岩3のみが回収できた。この間に輝石安山岩3は南へ0.3m、北へ11m、汀線側へ2mの移動があった。汀線にそっての移動は、1/8赤レンガAと輝石安山岩3はともに北への移動が大きい。前述したように、小江町小江の礫浜の礫は、北部において小さくなり、分級もよくなっている。これらのことから、南西でのみ外海に開いたこの礫浜では、南西から波浪が打ち寄せるので、礫は汀線に沿って北へ移動しているものと考えられる。

柿泊町向町の礫浜に、平成21年11月6日に設置した赤レンガは、調査終了の74日後に1/2赤レンガ7、8、1/8赤レンガE、Hを回収した。この間に、1/2赤レンガ7は陸側へ2.7mの移動があった。なお、1/2赤レンガ8、1/8赤レンガE、Hは後浜にあった。この3個の赤レンガは、人による移動があったと思われる。

磨耗調査の礫の重量変化は第4図に示した。小江町小江の礫浜では、1/2赤レンガ2、輝石安山岩2、3、1/8赤レンガA、Fについて、設置の日数と重量の変化を図示している。また、柿泊町向町の礫浜では、1/2赤レンガ7、8、1/8赤レンガE、G、Hを図示している。第4図の横軸は、設置からの日数、縦軸は重量である。

第2表 1/2、1/8赤レンガと輝石安山岩の礫の重量変化

礫浜	試料	設置 g	回収 g	減量%	日数	減量%/10日
小江町小江	1/8赤レンガ ^o A	332	305	8.1	13	6.3
	〃 F	309	283	8.4	13	6.5
	輝石安山岩 2	1362	1289	5.4	29	1.8
	〃 3	1450	1388	4.3	62	0.7
柿泊町向町	1/8赤レンガ ^o E	306	287	6.2	74	0.8
	〃 G	295	290	1.7	29	0.6

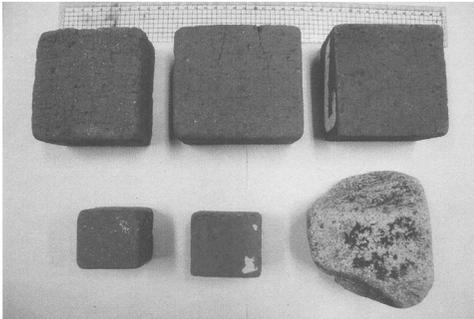


写真5 1/2, 1/8 赤レンガと輝石安山岩3の磨耗

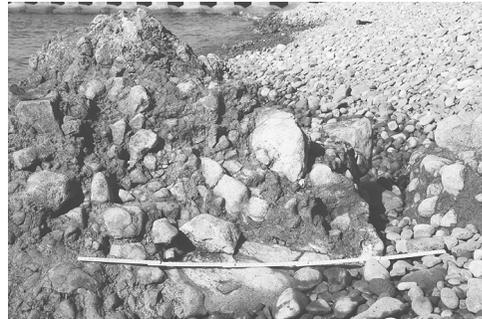


写真6 礫浜にある火山角礫岩の磨耗

1/2 赤レンガ, 1/8 赤レンガの重量は, 日数ともに減量しているのではなく, 重量の変動が大きい。これは, 赤レンガの吸水率が大きいので, 礫浜において水から空中に露出している時間, 天候などによって, 赤レンガに含まれる含水量が一定でなく, 磨耗による減量が測られていないと考えられる。赤レンガは礫の磨耗を測定するには適していないであろう。一方, 輝石安山岩は, 現地で割ったあと重さを測り直ちに設置したものである。輝石安山岩の初回に重量は, 表乾状態でなかったために小さいと思われる。しかし, 2回目以降は, 日数と共に減量していく傾向がある。輝石安山岩は, 現地の礫と同じ輝石安山岩であり, 吸水率が小さく, 今回の磨耗の調査では, 試料として適当であった。

第4図において試料とした礫が, 磨耗による重量の減少と考えられる6試料について, 設置した日数, 重量, 減量%を第2表に示している。この表では, 日数が少ないものは減量が大きい, 日数が増えるにつれて減量は小さくなる傾向がある。このような礫の磨耗による減量について, 松川ら(2010)は礫の磨耗実験において, 実験開始から初期は磨耗の進行が速く, 時間の経過とともにほぼ一定の割合で磨耗が進行すると報告している。

写真5は, 赤レンガと輝石安山岩の磨耗状態を示す。左上から右下へ, 柿泊町向町の1/2赤レンガ6, 8, 7, 1/8赤レンガE, H, 輝石安山岩3である。なお, 1/2赤レンガ6は平成21年7月13日から190日後に回収したものである。左下の1/8赤レンガEは74日間で6.2%の減量, 右下の輝石安山岩3は62日間で4.3%の減量である。写真6は, 小江町小江の礫浜にある火山角礫岩の転石の表面にみられる磨耗である。この写真では礫浜にある礫が波浪によって動かされ, 火山角礫岩の角礫は, 磨耗されて円磨されていく状況が示されている。

5. まとめ

長崎市式見地区小江町小江の入江にある岩石海岸の礫浜について, 礫の大きさと形態, 礫の移動と磨耗の調査をおこなった。礫浜の礫の大部分は, 輝石安山岩の大礫である。

「大礫」の大きさの度数分布(第1図)は, 4.0~13.5 cm(平均7cm)であった。礫の形態分類はZingg(1935)の方法に従った(第2図)。また, 礫の大きさと球形度の関係(第3図, 第1表)を示した。礫の大きさと球形度の間には関係はみられない。度数分布が多い大きさの礫において, その大きさの礫は球形度が大きな礫の数が増えている。

礫浜に1/2, 1/8赤レンガ, 輝石安山岩の試料を設置し, 礫の移動と磨耗を調べた(第4図, 第2表)。設置した礫は, 汀線に沿って北側へ移動していると考えられた。設置した日数が

少ないものは減量が大きく、日数が増えるにつれて減量が小さくなる傾向があった。

参考文献

- 荒巻 孚 (1965) : 「海岸」, 犀書房, 1-426.
- 廣木義久・坂本 綾・吉川 剛 (2006) : マーキング法による河川礫の移動調査 : 川の増水による礫の移動を実感させるために, 地学教育, **59**, 4, 121-129.
- 菅野三郎・奥村 清 (1978) : 「地学の調べ方」, コロナ社, 1-279.
- 松川正樹・江澤圭子・西田尚史 (2010) : 礫の摩耗実験による河床礫の分布様式の検討 : 秋川-多摩川水系を例として, 地学教育, **63**, 4, 125-133.
- 中山正民 (1965) : 礫浜における堆積物の諸性質について, 地理評, **38**, 2, 103-120.
- 山内秀夫 (1981) : 岩石海岸, 「地形学辞典」, 二宮書店, 116.