

福井県敦賀湾における砂浜海岸堆積物の供給源の推定

—粒度分析と碎屑粒子組成分析を中心として—

松本 誠子

1. はじめに：問題の所在と研究目的

各地の砂浜海岸では海岸侵食が問題となっている。砂浜海岸の保全や利用のために、海浜砂の移動だけでなく地形形成のメカニズムについて理解することは非常に重要である。

砂浜海岸についての研究として、海浜砂の堆積環境や海岸地形の形成について、砂浜の地形に注目したもの（福本 1989）や、砂の移動を定量的に捉えたもの（宇多 1997）がある。これによって個々の砂浜での地形変化の解明は進んだが、そのような研究アプローチでは砂浜を形成する砂の供給源の解明は疎かになりがちで、砂浜海岸の形成メカニズムが理解されてこなかった。

砂の供給源から砂浜海岸の地形を分析した研究として、Combellick and Osborne (1977), 貞方 (1991), 三浦ほか (2003), 川村ほか (2012), 白井ほか (2016) などがある。なかでも砂質堆積物の組成を分析したものとして、例えば貞方 (1991) では、島根県弓ヶ浜海岸の堆積物の鉱物組成の変化から、浜堤の形成に流域のたたら製鉄が大きく寄与していることを示した。

本稿が対象とする敦賀湾でも海岸侵食が問題となっており、行政の対策も行われている。このうち最も規模の大きい気比の松原海岸（以下

松原海岸）では、地形変化や工学的な研究（島田ほか 1995・芝野 2000）がある。しかしながら、現在も松原海岸の侵食は進み、根本的な解決に至っていない。したがって、海浜堆積物の理解を進めるためには砂の供給源を明らかにする必要がある。

以上より、本稿は福井県敦賀湾に分布する砂浜海岸堆積物の粒度分析や碎屑粒子組成分析などから海浜砂の供給源や移動の実態を明らかにし、海岸環境を理解することを目的とする。本調査を通じて、これらの分析による海浜環境の理解が海岸侵食対策につながることも示したい。

本稿で対象地域とする敦賀湾には図1に示すように小さな砂浜海岸が複数分布する。敦賀湾は緩やかに北へ傾斜し、開口部の最も深い部分で水深 60~50m の湾である（志岐 1985）。西岸の敦賀半島は、700m 級の山地があり、主に花崗岩体からなる。稜線部では地すべり地形

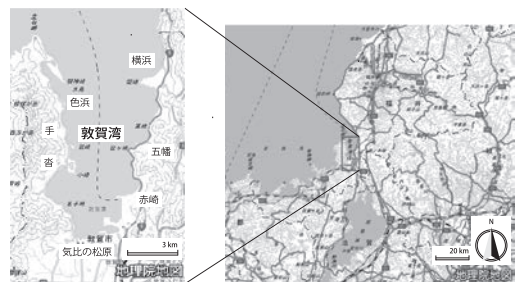


図1 敦賀湾の砂浜海岸の分布

や大規模な崩壊地形がみられ、山麓には沖積低地、段丘、埋谷緩斜面が分布する（中江ほか2013）。東岸の野坂山地は大部分がジュラ紀の付加体からなる。敦賀半島と同様に山麓には沖積低地、段丘、埋谷緩斜面が分布し、埋谷緩斜面の前面に砂浜海岸が分布する（中江ほか2013）。湾奥には松原海岸を前面にもつ敦賀平野がある。主に筥の川水系が形成した扇状地三角州平野であり、筥の川と井の口川が流れる。筥の川は流域面積約163.1km²、敦賀市池河内付近を源流とし、支流と合流して松原海岸東端にそそぐ（福井県2009）。井の口川は流域面積約28.4km²、野坂山地を源流とし、支流と合流して松原海岸西端にそそぐ（福井県2005）。

松原海岸以外は、岬に区切られたポケットビーチや、なだらかな曲線を描く延長数100m程度の砂浜海岸が連続する。沖の海底は一般に遠浅で単調な地形を示す（岡田1978）。

2. 研究方法

砂の供給源を特定するためには、供給源になり得る地形や地質の条件の把握と、砂の粒度・碎屑粒子組成の把握の2つを同時に行う必要がある。

まず、対象とした砂浜海岸の地形・地質条件を5万分の1地質図と空中写真判読によって整理した。小規模な砂浜海岸については、後背地における地質の分布を中江ほか（2013）と栗本ほか（1999）により整理した。規模の大きな敦賀平野の地形については、国土地理院撮影（1963年）の空中写真を用いて空中写真判読を行い、地形分類図を作成した。また、敦賀平野を流れる河川流域の地質構成も中江ほか（2013）と栗本ほか（1999）により整理した。

次に海浜砂の粒度分析・碎屑粒子組成分析を行った。粒度分析は、河尻ほか（2009）の方法を参照し、試料の洗浄・乾燥後100±5gを計りとり、1φ間隔で-2から4φのふるいをういて行った。

碎屑粒子組成分析は、砂試料を樹脂で固定して薄片を作成し、公文・立石（1998）の方法にしたがい、カリ長石をヘキサニトロコバルト（Ⅱ）酸ナトリウム飽和液によって着色して観察した。今回分析に用いた薄片は、砂粒を樹脂で固めたため、樹脂で充填された空隙の割合が多い。そこで、ライン法⁽¹⁾により測定粒子を選び、砂粒の左端を測定ポイントとした。また、測定は100倍（検鏡）で行った。砂のモード測定にあたって、0.063mm以上の結晶を石英、カリ長石（パーサイト組織⁽²⁾）をもつもの、マイクロクリン組織⁽³⁾をもつもの、正長石⁽⁴⁾、斜長石、重鉱物（黒雲母、白雲母、緑泥石、斜うれん石、緑れん石、輝石、角閃石、不透明鉱物）、岩片（多結晶石英、半深成岩、深成岩、流紋岩・凝灰岩、玄武岩質組織⁽⁵⁾）をもつもの、その他の火山岩、砂岩、頁岩、チャート、変成岩）に分類し、Gazzi-Dickinson法により、600粒を超えるように計測した。生物起源の炭酸塩はカウントに含めなかった。モード測定による供給源の推定は碎屑岩研究では伝統的な手法であり（Dickinson et al. 1983）、未固結の現世堆積物についてもこの方法を用いて供給源を検討することができる。

海浜砂のサンプリングは敦賀湾西岸（W）と東岸（E）の各砂浜海岸から計7か所と、松原海岸（M）の中央部および流入する2つの河川の河口部の計3か所で、それぞれ砂浜海岸のなかで最も砂の移動の激しい汀線において行っ

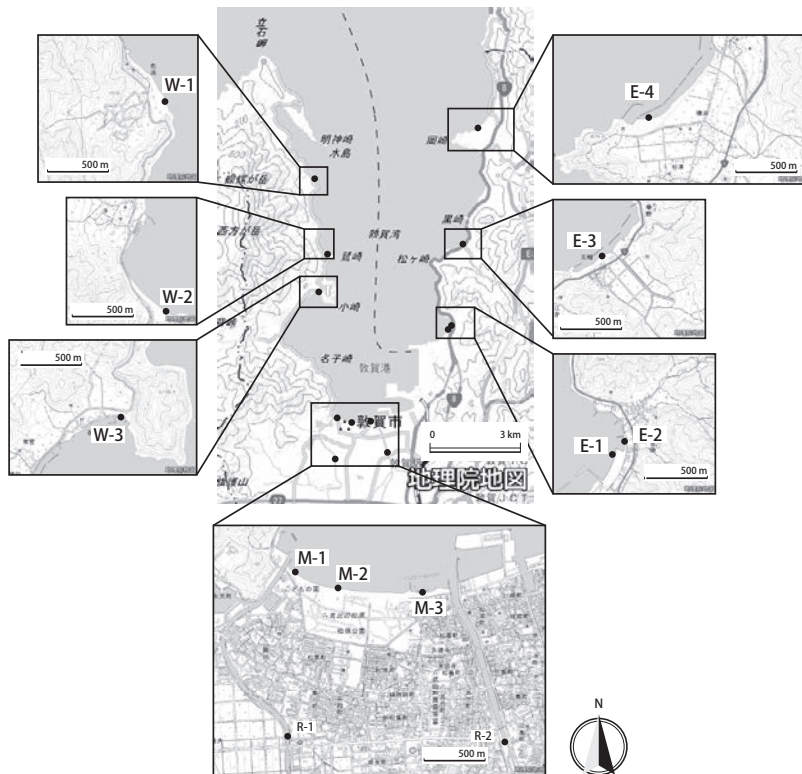


図2 砂のサンプリング地点

た。その他河床砂（R）として松原海岸に流入する笹の川および井の口川中州において各1か所採取した（図2）。採取量は各地点約400gずつである。

これらの砂浜海岸のうち、養浜を行っているのが松原海岸（M）と東岸の赤崎海岸のE-1である。

松原海岸では砂浜を掘って養浜砂を入れ、元の砂をかぶせる方法の養浜を行っている（嶺南振興局敦賀港湾事務所聞き取りによる）。養浜は2006年から2014年にかけて突堤・離岸堤内を除きほぼ全域で行われている。養浜砂は井の口川下流部沿岸（敦賀市櫛川88東高野3-1）で採取された（嶺南振興局敦賀港湾事務所聞き取りによる）。

赤崎海岸では赤崎海水浴場（E-1）を建設するために2012年から2017年にかけて、大規模な養浜が行われた（嶺南振興局敦賀港湾事務所資料）。養浜砂には杉津漁港と福井港の砂を使用している（嶺南振興局敦賀港湾事務所聞き取りによる）。

3. 結果

3.1 地質および地形

中江ほか（2013）と栗本ほか（1999）の地質図に分水界を加筆し、各砂浜海岸ごとに後背地の地質を花崗岩、花崗閃緑岩、付加体、火山岩、その他に分類した（図3）。

敦賀湾西岸の敦賀半島は古第三紀の江若花崗岩からなり、サンプリングを行った各海岸の特

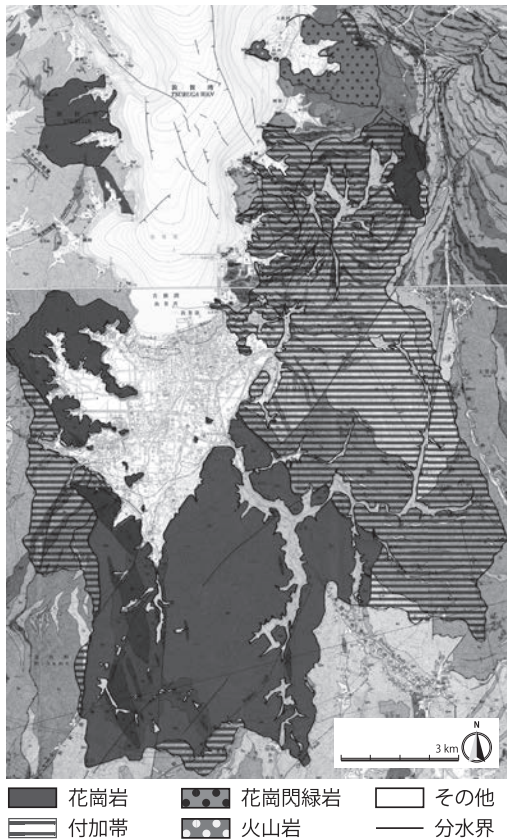


図3 敦賀湾周辺の地質概要

(中江ほか (2013), 栗本ほか (1999) を簡略化, 流域界を加筆)

色は北から順に以下のようにまとめられる。色浜海岸 (W-1) は背後に奥行 500m 程度の埋谷緩斜面を持ち、海浜は巨礫よりなる。砂浜の延長は約 500m で、対岸に水島がある。手の浦海岸 (W-2) は鷺崎の北西側で、北側は埋谷緩斜面、南側は背後に急斜面が迫るポケットビーチである。沓海岸 (W-3) は小崎半島の南西側に位置し、背後に奥行 500m ほどの低地を持つポケットビーチである。

松原海岸 (M-1~3) 背後の敦賀平野は南北約 7km, 東西約 6km の規模の平野で、笙の川と井の口川が流れる。両河川の流域には古第三

紀の江若花崗岩とジュラ紀の付加体を基盤岩とする山地が分布する。

敦賀湾東岸の大部分はジュラ紀の付加体を基盤岩とし、新第三紀の杉津花崗閃緑岩と、海岸部に新第三紀の安山岩が分布する。サンプリングを行った各海岸の特色を南から順に示す。赤崎海岸南部 (E-1) は敦賀港埋立地の北側に位置し、田結崎により隔てられる。背後に谷底低地へ続く小さな低地を持つ。先述の通り海水浴場建設のため養浜が行われた。赤崎海岸北部 (E-2) は南部と突堤により隔てられる。南側は奥行 100m 程度の狭い低地で、北側に小さな谷がある。五幡海岸 (E-3) は奥行 500m 程度の低地を持ち、西側の江良の岬と東側の黒崎に限られたポケットビーチである。横浜海岸 (E-4) は岡崎の東側に続き、背後に幅約 500m の低地を有し、その内陸側は埋谷緩斜面が続く。岡崎には安山岩が、内陸側には花崗閃緑岩が分布する。

各砂浜海岸の地形・地質の特徴について表 1 にまとめた。

敦賀平野の地形については、空中写真判読により地形分類図を作成し (図 4), 地形の分布を示した。その結果、敦賀平野は南部の扇状地、中部の後背湿地、北部の三角州に大きくわけることができる。

南部の扇状地には、現在の井の口川・笙の川水系による扇状地と、笙の川により開析された開析扇状地がある。現在の扇状地は両水系による扇状地が複数結合した結合扇状地となっている。

中部は蛇行する井の口川・笙の川の後背湿地である。現在は後背湿地の中央部は市街化されている。敦賀平野は全体に自然堤防が少ない。

表 1 各海岸の地形・地質の特徴

サンプリング 番号	海岸名称	海岸 延長 (m)	背後の地形	背後の地質	河 川	養浜
W-1	色浜	500	平野なし	花崗岩	なし	×
W-2	手	450	山麓緩斜面	花崗岩	なし	×
W-3	杳	200	小規模な平野	花崗岩	なし	×
M-1	松原海岸西部	1500	敦賀平野	花崗岩, 付加体	笙の川, 井の口川	○
M-2	松原海岸中央部			花崗岩, 付加体		○
M-3	松原海岸東部			花崗岩, 付加体		○
E-1	赤崎海岸 (南)	700	小規模な平野	付加体	小河川	○
E-2	赤崎海岸 (北)	200	小規模な平野	付加体	小河川	×
E-3	五幡	700	小規模な平野	付加体	小河川	×
E-4	横浜	950	山麓緩斜面, 平野	花崗閃緑岩	小河川	×

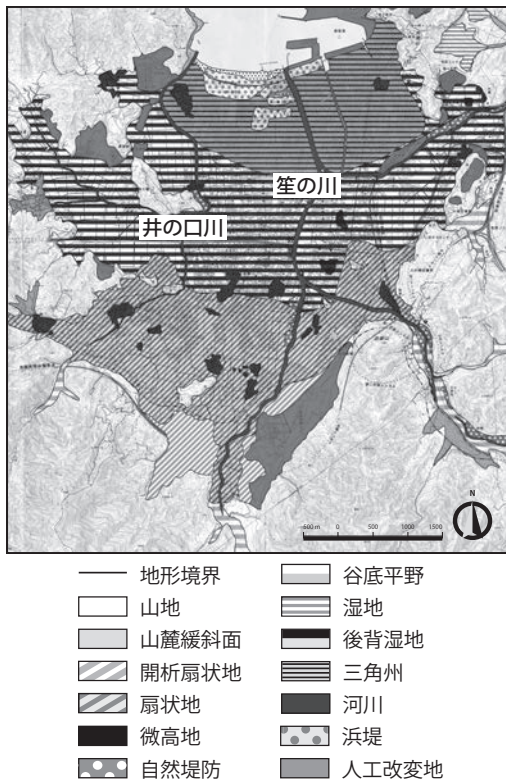


図 4 地形分類図 (筆者作成)

北部は低平で、笙の川河口付近を東部に流れる旧笙の川（現在は埋め立てられている）とその支流、そして井の口川による三角州である。北端の松原海岸周辺には最大で4列の浜堤列が確認された。

平野内部にも小規模に残丘状の山地が分布しており、江若花崗岩の岩体の分布と一致する。

敦賀湾岸は港湾施設のための埋め立てなどの人工改変地が分布する。

3.2 砂の分析結果

砂の粒度分析結果をヒストグラム (図5) に示した。敦賀湾西岸では色浜海岸 (W-1) のピーク粒径が1~2φと小さく、手の浦海岸 (W-2) と杳海岸 (W-3) では-1φ前後と大きかった。松原海岸ではピーク粒径は-1~1φで、また西岸よりも淘汰が良い。松原海岸のうち海岸中央部のM-2は河口付近のM-1とM-3よりも淘汰が良い。敦賀湾東岸はさらに淘汰が良く、ピーク粒径も2~3φと小さい。

河川サンプルは淘汰が悪く、R-1はバイモダルな粒度分布を示している。

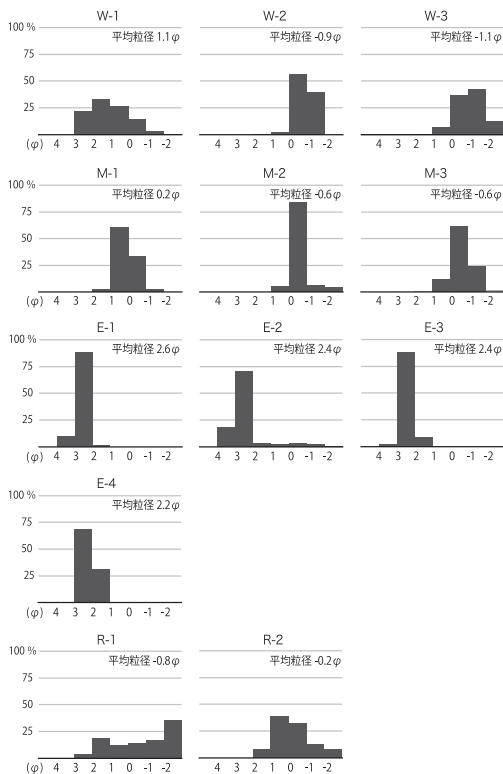


図5 粒度分析結果

砕屑粒子の組成分析の結果をそれぞれ地理的な位置関係により順番に図6および表2に示した。

敦賀湾西岸(W)では石英と長石で組成の90%以上を占め、松原海岸(M)でもほぼ同様である。敦賀湾東岸(E)では石英と長石を合わせても50%に満たず、火山岩や堆積岩の割合が比較的高い。河川(R)は、R-1(井の口川)で岩片が24.2%と多いことが特徴的である。敦賀湾東岸およびR-1では、変成岩や多結晶石英の割合が2.6~6.0%とやや目立った。全体的には、敦賀湾西岸(W)、松原海岸(M)、敦賀湾東岸(E)それぞれの地域ごとに似通った組成を示す。

また、比較対象として流域全てを付加体が

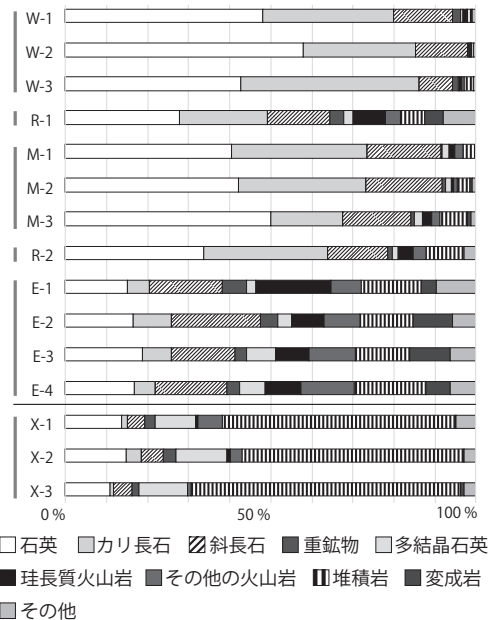


図6 碎屑粒子組成分析結果

占める河川である滋賀県長浜市高時川(X-1)、岐阜県大垣市根尾川(X-2)、埼玉県飯能市入間川(X-3)の河床砂を各1か所ずつ追加分析した。

X-1, 2, 3 全てにおいて堆積岩が50%以上を占め、カリ長石と斜長石を合計しても10%以下であり、これらの点においてほかの試料とは明らかに傾向が異なる。

砕屑粒子組成分析については、それぞれのサンプルの特徴を示すため、石英、長石、岩片の割合による三角ダイアグラム(図7a)、石英、斜長石、カリ長石の割合による三角ダイアグラム(図7b)、カリ長石の特徴(パーサイト組織、マイクロクリン組織、正長石)ごとの割合による三角ダイアグラム(図7c)を作成した。

図7aと図7bでは地域ごとの差が示された。図7bでは比較のために江若花崗岩と水津花崗岩の組成をあわせて示したところ、敦賀湾西岸

表2 碎屑粒子組成分析結果

試料名	石英	長石		重鉱物	岩片				その他
		カリ長石	斜長石		多結晶石英	火山岩	堆積岩	変成岩	
W-1	48.1%	31.9%	14.3%	2.1%	0.3%	1.1%	1.0%	0.2%	1.0%
W-2	58.0%	27.3%	12.6%	0.5%	0.2%	0.3%	0.5%	0.0%	0.6%
W-3	42.8%	43.4%	8.1%	1.5%	0.3%	1.1%	2.1%	0.0%	0.6%
R-1	28.0%	21.4%	15.1%	3.3%	2.5%	11.5%	5.8%	4.4%	8.0%
M-1	40.7%	32.7%	18.1%	0.3%	1.6%	3.5%	3.0%	0.0%	0.0%
M-2	42.3%	31.0%	18.6%	0.8%	1.5%	1.3%	3.2%	0.3%	0.1%
M-3	50.2%	17.4%	16.6%	0.8%	2.1%	4.2%	6.8%	0.8%	1.1%
R-2	33.8%	30.1%	14.7%	1.1%	1.3%	6.9%	9.3%	0.0%	2.7%
E-1	15.3%	5.2%	17.9%	6.0%	2.1%	25.8%	14.5%	3.9%	9.5%
E-2	19.0%	6.9%	15.6%	2.6%	7.1%	19.5%	13.4%	9.8%	6.1%
E-3	16.6%	9.4%	21.8%	4.0%	3.5%	16.5%	13.1%	9.5%	5.6%
E-4	16.8%	5.3%	17.4%	3.1%	6.3%	21.6%	17.4%	6.0%	6.1%

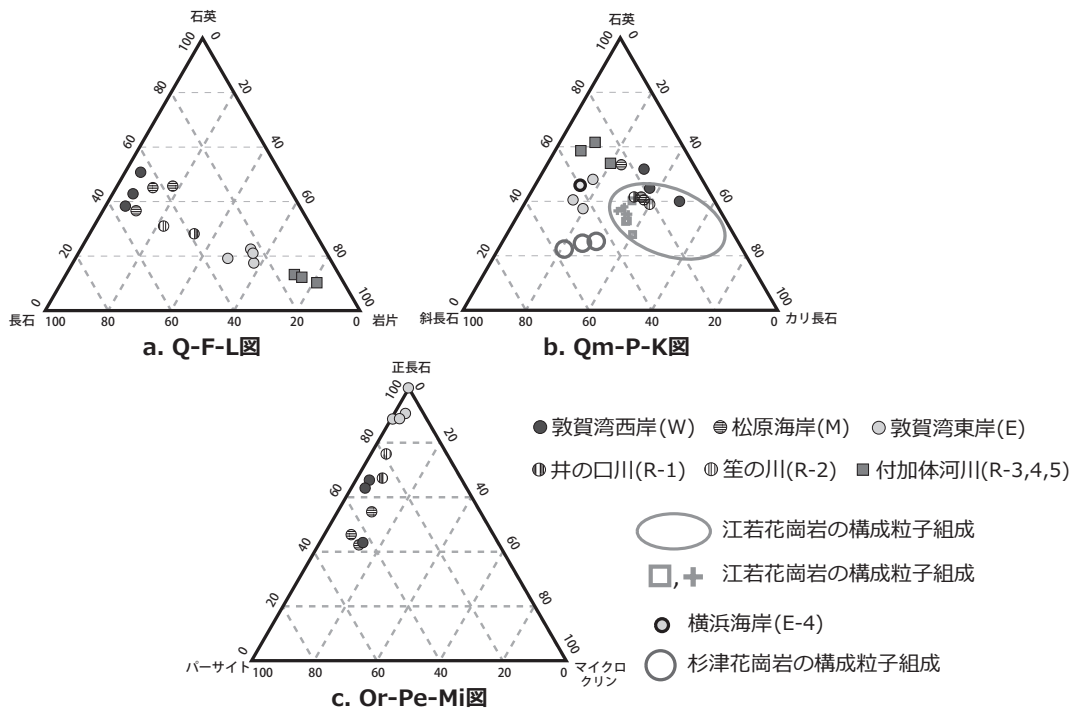


図7 碎屑粒子組成による三角ダイアグラム

のものは江若花崗岩と一致した。図 7c では敦賀湾西岸と松原海岸の類似性と、敦賀湾東岸との差が示された。

4. 考察

対象地域の地形・地質条件は、西岸・松原海岸・東岸でそれぞれ異なる特色を持つ。敦賀湾西岸は江若花崗岩体よりなり、埋谷緩斜面やポケットビーチが砂浜を構成している。松原海岸は敦賀平野を形成した筈の川三角州前面の浜堤列から構成される。またその東側は敦賀港の港湾施設に伴う人工改変地(埋立地)となっている。これに対し敦賀湾東岸は主としてジュラ紀の付加体よりなり、一部に花崗閃緑岩や安山岩体が分布し、谷底低地や埋谷緩斜面から続くポケットビーチが砂浜を形成する。

砂の分析結果では、敦賀湾西岸の海浜砂は東海岸と比べて粗粒であり(図 5)、粒子の組成は石英と長石が 90% 以上であった。これは澤田ほか(1997)による江若花崗岩構成鉱物の三角ダイアグラムの組成と類似する(図 7b)ことから、これらの地域の海浜砂は敦賀半島の崖や岬に露出する江若花崗岩の構成鉱物を起源とする粒子から構成されていることがわかる。さらに、図 7c において、敦賀湾西岸の海浜砂は、カリ長石の特徴としてパーサイト組織を持つものが多いことがわかった。この結果は、中江ほか(2013)の記載と調和的である。敦賀湾西岸と松原海岸では碎屑粒子組成(図 6)やカリ長石の特徴が類似しており(図 7c)、両者の間で漂砂の連続性があることがわかる。松原海岸の花崗岩由来でない堆積物は松原海岸に流入する河川から供給されたと考えられる。

一方、敦賀湾東岸では西岸と比べ細粒で淘汰

が良く(図 5)、近隣の岬の付加体岩体起源と考えられる堆積物が卓越する。E-4 では後背地の大部分を占める石英閃緑岩や岡崎の安山岩体が分布するにもかかわらず(図 3)、石英や長石、その他の火山岩などが少なく、付加体由来の堆積物が卓越する(図 6, 図 7a)。このことから、E-4 の海浜砂は周辺からの漂砂によって供給されると推測される。

また、敦賀湾東岸の試料では石英・長石が 40~50% 含まれている(表 2, 図 6)。流域全てを付加体が占める試料 X-1, 2, 3 では石英・長石が約 10% であることから(図 6)、付加体由来でない石英・長石が含まれていると考えられる。敦賀湾東岸のカリ長石はパーサイト組織を持つものが非常に少ない(図 7c)ため、敦賀湾西岸・松原海岸からの漂砂の連続性はないことがわかる。さらに、敦賀湾東岸では珪長質火山岩片がどの試料においても約 10% 含まれている(表 2, 図 6)が、中江ほか(2013)では近傍に珪長質火山岩の分布はみられない。より北方の福井港周辺には流紋岩が分布している(産業技術総合研究所「20 万分の 1 日本シームレス地質図」より)ことから、付加体由来でない堆積物は、より北方から供給された可能性が示された。これは敦賀湾西岸と漂砂の連続性がないことも調和する。

養浜砂について、嶺南振興局敦賀港湾事務所資料による松原海岸(M)および赤崎海岸(E-1, 2)における養浜砂の粒度分布と本研究のサンプルの粒径分布の比較を図 8 に示した。松原海岸の養浜砂の粒度分布は今回のサンプル試料とほとんど一致していない(図 8a)。サンプルのピークが 0ϕ 付近であるのに対し、養浜砂は河川沿岸の土砂を使用している(2章参照)

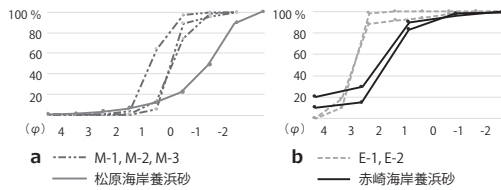


図8 松原海岸(M)・赤崎海岸(E-1,2)
サンプルと養浜砂の粒度分析比較

ため、ピークが -2ϕ と粒度が粗い。赤崎海岸で最後に養浜が行われたのは2017年であった(嶺南振興局敦賀港湾事務所資料)。全体に養浜砂を投入する養浜を行っている(嶺南振興局敦賀港湾事務所聞き取りによる)が、赤崎海岸の養浜砂の粒度分布(嶺南振興局敦賀港湾事務所資料)の傾向は比較的似ているものの、ピークはサンプルが 3ϕ であるのに対し、養浜砂は 1ϕ と異なっている(図8b)。これは、投入後1~2年経過した汀線付近の堆積物であるため、分級・淘汰されて細粒になった可能性や、周辺からの漂砂が堆積した可能性が考えられる。碎屑粒子組成分析はできていないため詳細に検討することはできないが、松原海岸の養浜砂が井の口川流域で採取されていることから、松原海岸のサンプルの碎屑粒子組成に大きく影響しないと考えられる。赤崎海岸では杉津漁港と福井港の砂が養浜に用いられたが、図6や図7においてその他の敦賀湾東岸のサンプルと組成の点で大きく異なることから、今回の調査においては養浜砂の影響は現れていないと考える。

以上より、敦賀湾全体の特徴として、西岸では江若花崗岩起源、東岸は付加体起源の漂砂が卓越し、湾奥の松原海岸は筥の川などの河川の作る平野ではあるが、汀線付近の表層堆積物は、河川上流域の地質よりも敦賀湾西部の江若花崗岩起源の堆積物が卓越すると推測された。

また、敦賀湾においては、ポケットビーチ状の砂浜海岸においても漂砂機構は閉鎖されているのではなく、複数のポケットビーチをまたぐ漂砂の影響があることがわかった。特に敦賀湾東岸では北から南への漂砂の方向が推測され、かなり遠距離の移動も推定された。人工構造物の影響としては、松原海岸東部に大規模な港湾施設があることで、現在は敦賀湾東岸と松原海岸の間の漂砂が認められないのではないかと考えられる。

養浜に関しては、汀線付近では粒度分析において、養浜に使用された砂とは特徴が一致しないことがわかった。

松原海岸の砂は主に敦賀湾西部の江若花崗岩起源であり付加体起源ではないことから、敦賀湾東岸からの漂砂に影響を与えたと考えられる東部港湾施設建設が海岸侵食の直接の原因ではなさそうであるが、島田ほか(1995)や芝野(2000)の指摘した松原海岸中央部の減少と両側への移動との関係は明らかにできなかった。現在の汀線付近の砂は河床堆積物と比べ付加体由来の堆積物が少ないが、これは図4で示した筥の川の河道変更などの河川改修により流出が減少したためか、養浜砂と粒径が異なることや、浜堤堆積物との比較により時代ごとの差が見られるかどうかなどの検討も今後必要と思われる。さらに今回の分析によって比較的距離の大きい漂砂が示唆されたことから、海岸侵食に対し漂砂機構全体の保全を検討することも必要であろう。

5. おわりに

松原海岸や敦賀湾の砂浜海岸の海浜砂の移動傾向や供給源を明らかにするため、砂浜海岸周辺の地質と地形を分析し、敦賀湾の7つの海岸

および松原海岸にそそぐ2つの河川において粒度分析、碎屑粒子組成分析を行った。

それらの結果、敦賀湾西岸や松原海岸では敦賀半島の岬から供給される花崗岩由来の堆積物が卓越し、敦賀湾東岸では東岸の岬から供給される付加体由来の堆積物が卓越することがわかった。また局地的に分布する花崗閃緑岩起源の砂の有無や、付加体が流域全域を占める3つの河川の追加調査結果とあわせて、敦賀湾東岸では付加体由来でない堆積物の特徴から、北から南への漂砂の可能性が示唆された。敦賀湾西岸・松原海岸と敦賀湾東岸の間には大規模な港湾施設の建設により、現在は漂砂の連続性は認められない。以上のように、敦賀湾の西岸・湾奥・東岸それぞれの地形地質の特色と漂砂の連続性を示すことができ、海岸環境の理解に結びつけることができた。

一方で、松原海岸の海岸侵食は港湾施設が直接の原因ではないと考えられるが、島田ほか(1995)や芝野(2000)の指摘した砂の移動や、河川改修の影響、時代ごとの堆積物の差が見られるかどうかなどの確認を行い、海岸侵食について検討していかなければならない。

今後の課題として、養浜砂については粒径分布だけでなく碎屑粒子組成などの詳細を確認し、検討を行う必要がある。さらに、本研究では敦賀湾において湾内にとどまらない広範囲を移動する漂砂によって砂浜海岸が形成されている可能性が示唆された。松原海岸の砂の供給源の長期的変化や、より北部の海岸や若狭湾全体の調査を通して、砂浜海岸の海浜砂の挙動をより正確に把握していかなければならない。

そして、このような視点の研究を行うことで、海岸侵食傾向にある各地の海岸において

も、海浜環境を理解した上で、侵食の原因を究明し、解決方法が提示されることが期待される。

謝辞

相模原市立博物館の河尻清和氏には博物館の施設の使用をご許可いただき、大変細やかにご指導いただきました。また、敦賀市の皆様には資料の提供など多くの方々にご協力いただきました。以上の各位に心から感謝申し上げます。終始熱心なご指導をいただきました早稲田大学久保純子教授をはじめとする教育学研究科の諸先生方にも厚く御礼申し上げます。

- 注(1) ライン法は、モード測定にあたり決定した始点から、横方向の直線上(カウントポイント)にあたる鉱物を全てカウントする方法である。一列カウントが終わるごとに同じ粒子を数えないように間隔を開けて次の列をカウントする。
- (2) パーサイト組織は、カリ長石中に葉片状のソーダ長石の結晶を細かく含む組織である。高い温度条件下ではアルカリ長石中にNa長石は固溶体として含まれるが、温度の効果にとまない離溶がおこり生じたものと考えられている(黒田・諏訪, 1983)。カリ長石の成分を多く含むため、カリ長石に分類した。
- (3) マイクロクリン組織はカリ長石にみられる、ほぼ直交する明瞭な格子状構造をもつ組織である。花崗岩、閃長岩などの酸性深成岩、低温から中温の泥質・砂質変成岩などに産出するカリ長石にみられる(黒田・諏訪, 1983)。
- (4) 正長石はパーサイト組織やマイクロクリン組織のような構造を持たない。花崗岩や石英斑岩などの酸性の火成岩に含まれ、比較的高温の変成岩にも含まれる(黒田・諏訪, 1983)。
- (5) 玄武岩質組織は、斜長石が自形の短冊状で含まれ、その間を有色鉱物などが埋めているものである。玄武岩に代表的な組織である(黒田・諏訪, 1983)。

参考文献

- William R. Dickinson, L. Sue Beard, G. Robert Brakenridge, James L. Erjavec, Robert C. Ferguson, Kerry F. Inman, Rex A. Knepp, F. Alan Lindberg and Paul T. Ryberg (1983), Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting, *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 222-235
- Rodney A. Combellick and Robert H. Osborne (1977), Sources and Petrology of Beach Sand from Southern Monterey Bay, California, *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 47, No. 2, p. 891-907
- 宇多高明 (1997) 『日本の海岸侵食』, 山海堂, 866p.
- 岡田篤正 (1978) 「若狭湾における海水準変化と地形形成」, 地理学評論, 52-2, p. 131-146
- 河尻清和・吉田恵一・内出中学校文化研究部理科班 (2009) 「砂質堆積物の粒度組成の変化からみた、相模海岸の砂質堆積物の移動過程について」, 相模原市立博物館研究報告, 18, p. 98-108
- 川村寿郎・音喜多美保子・羽入由香・渡辺順三・名和玲子・佐藤秀樹 (2012) 「宮城県内の海浜砂の鉱物構成と給源: 理科教材のための基礎資料」, 宮城教育大学紀要, 47 巻, p. 85-93
- 公文富士夫・立石雅昭 (1998) 『碎屑物の研究法 新版』, 地学団体研究会, 400p.
- 栗本史雄・内藤一樹・杉山雄一・中江訓 (1999) 「敦賀地域の地質」, 地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅 金沢 (10) 第 79 号
- 黒田吉益・諏訪兼位 (1983) 『偏光顕微鏡と岩石鉱物 [第 2 版]』, 共立出版, 343p.
- 貞方昇 (1991) 「弓ヶ浜半島「外浜」浜堤群の形成における鉄穴流しの影響」, 地理学評論 64A-11, p. 758-778
- 澤田一彦・吉田源市・藤井 (高島) 里香 (1997) 「琵琶湖周辺の花崗岩質岩体: 江若花崗岩体」, 地球科学, 51 巻, p. 401-412
- 志岐常正 (1985) 「第 24 章 若狭湾」, 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編 『日本全国沿岸海洋誌』, 東海大学出版, p. 947-957
- 芝野照夫 (2000) 「若狭敦賀・松原海岸における汀線変化と汀線砂礫特性について」, 福井工業大学研究紀要, 第 30 号, p. 234-240
- 島田敬・山口豊・片野明良 (1995), 「松原海岸の地形変化特性」, 海岸工学論文集, 第 42 巻, p. 656-660
- 白井正明・林崎涼・劉海江・佐藤慎司 (2016) 「OSL 強度より推定された天竜川から遠州灘海岸における砂粒子の運搬・堆積過程」, 第四紀研究, 55 (3), p. 107-118
- 中江訓・小松原琢・高橋裕平・吉川敏之 (2013) 「今庄及び竹波地域の地質」, 地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅 金沢 (10) 第 66 号, 67 号
- 福井県 (2005) 「井の口川水系河川整備計画」
- 福井県 (2009) 「笙の川水系河川整備計画」
- 福本紘 (1989) 「日本の海浜地形の地理的特性とその形成環境」, 地理学評論, 62A-2, p. 108-128
- 三浦一浩・川元壊二・鳥居謙一・山本幸次 (2003) 「重鉱物分析と放射年代測定を組み合わせた住吉海岸の堆積環境の推定」, 海岸工学論文集, 50 巻, p. 566-570

ウェブサイト

- 国土地理院「国土地理院地図」, <https://maps.gsi.go.jp>, 最終閲覧日 2019 年 1 月 14 日
- 産業技術総合研究所「20 万分の 1 日本シームレス地質図」, <https://gbank.gsj.jp/seamless/seamless2015/2d/>, 最終閲覧日 2019 年 1 月 14 日