

資料 011 日本のジオサイト 越前海岸の地質
Geology of Echizen Coast

村松憲一

(1) 福井県の地質概説

越前海岸と福井平野・鯖武盆地の間の活断層によって区切られた地域を丹生山地と呼ぶ。南北45km, 東西20kmの東へ傾く山地で、主に中新世の火山岩と堆積岩から成る(図1)。地層は全体に西に傾き、海岸では急傾斜となっている。山地内には東北東-西南西とそれに直交する活断層がある(町田ほか, 2006)。越前海岸は、段丘面が発達した直線的な隆起海岸である。

丹生山地の新第三系は、下位から順に、西谷流紋岩、糸生層、国見層、荒谷層、市ノ瀬流紋岩及び類縁岩体、国見岳火山岩及び類縁岩体と玄武岩～デイサイト貫入岩に区分される(図1・図2)。

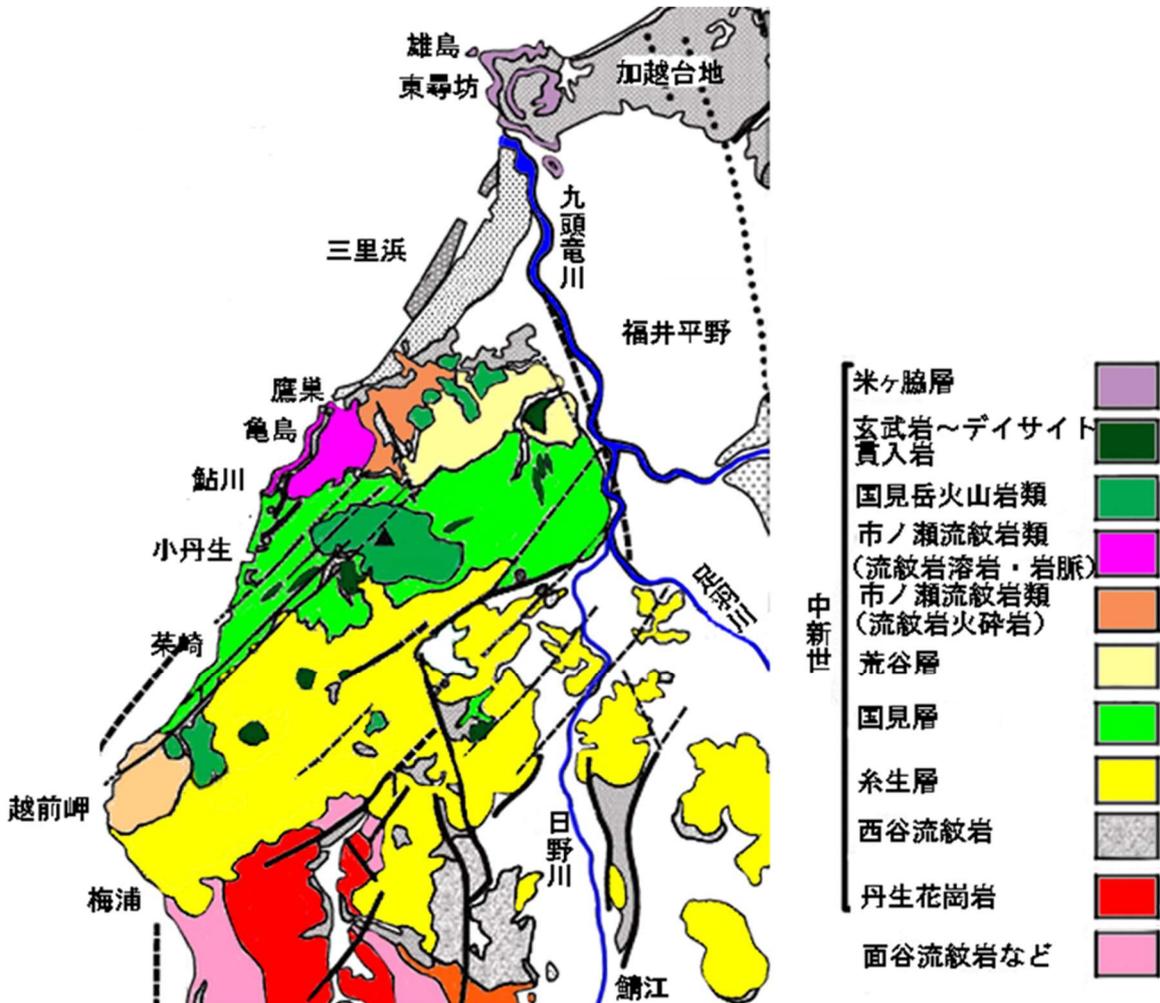


図1 丹生山地・越前海岸付近の地質図 (鹿野ほか, 2007 を改)

この時代は、日本海が拡大しながら形成された頃で、越前海岸付近は陸の環境から海的环境へと変わり、さらに火山活動により火山噴出物が堆積盆地をしばしば埋め立てたために、浅い海的环境が継続したと考えられている。越前海岸の北部では、1450～1300 万年前に噴出した火山岩が、これらの地層をおおっており、銚島、東尋坊、雄島などで見られる。

中新世	後期		
	中期	国見岳火山岩及び類縁岩体	玄武岩～安山岩溶岩・火砕岩及びデイサイト溶岩ドーム
		市ノ瀬流紋岩及び類縁岩体 (300～500m)	流紋岩火砕岩及び流紋岩溶岩ドーム・岩脈
	前期	荒谷層 (>300m)	凝灰質砂岩・シルト岩・泥岩, 流紋岩火砕岩, 安山岩火砕岩及びそれらの再堆積物
		国見層 (600～700m)	礫岩, 凝灰質砂岩・シルト岩, デイサイト火砕岩, 安山岩火砕岩及びそれらの再堆積物
	糸生層 (1000m>)	礫岩凝灰質砂岩・シルト岩・泥岩, 玄武岩～安山岩溶岩・火砕岩デイサイト火砕岩及びそれらの再堆積物	
	西谷流紋岩(地域外)	流紋岩火砕岩(一部溶結)	

図2 丹生山地・越前海岸付近の中新統層序 (鹿野ほか, 2007 を改)

越前海岸地域はいわゆるグリーンタフ地域である。グリーンタフ(緑色凝灰岩)は変質した火山岩類を示す用語で、秋田～新潟油田地域を代表に図3に示す地域に分布する、漸新世から中新世の中頃(およそ3300～1300万年前頃)に形成された火山岩類を指す。ただし、グリーンタフと呼ばれてきた岩石には、凝灰岩ではない溶岩や貫入岩なども多く含まれるため、近年ではあまり使われなくなっている。



図3 グリーンタフ地域

各地層の特徴を鹿野和彦・中川登美雄ほか(2007)を中心に述べる。

糸生層は、丹生山地南部の大半を占める(図1)。玄武岩～安山岩溶岩・火砕岩, デイサイト火砕岩などの火山岩と、砂岩, シルト岩, 泥岩, 礫岩などの堆積岩からなる。火山岩は陸上ないし浅い水域で形成(固結)され、堆積岩は淡水湖や河川の流路, 自然堤防, 氾濫原などに堆積したと考えられる。堆積岩からは保存の悪い植物の葉, 昆虫やコイ科の魚類, 淡水棲珪藻などの化石がまれに産出する。糸生層の年代は20～18Maと考えられる(鹿野ほか, 2007)。

国見層は、砂岩やシルト岩, 礫岩などからなる非海成～浅海成層で、デイサイト軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩や安山岩火砕岩を挟む。丹生山地の北半分を占めて分布し、越前海岸などでよく見られる。国見層中のデイサイト軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩は何枚もあり、下位から順にK0～K11と名付けられている。これらは浅い水域もしくは湿地に堆積した火砕流堆積物である。安山岩火砕岩は薄く、分布も限られる。国見層からは、フジツボ, ニシン科の魚, 台島型植物化石, 汽水～浅海棲貝化石, 多数の生痕化石, スッポン, シカの下顎, 長鼻類の大腿骨, 偶蹄類と長鼻類の足跡など多種の化石が報告されている。それらの中には, *Vicarya*, *Geloina stachi* やマングローブ植物の *Sonneratia* も見つけられており, climatic optimum* (16.5～16Ma) に出現した, マングローブを伴う堆積盆地に堆積した地層と考えられている。これらの化石などから, 国見層の堆積環境は, 河口付近の河川流路, 氾濫原, 三角州, 潟湖(もしくは内湾)から外浜へと繰り返し変化しながら最終的に陸棚へと変化したと考えられている。国見層の層位学的区分については様々な見解があるが, その年代は18～16Ma(前期中新世後期～中期中新世前期)と考えられている。

大きな円礫岩が、呼鳥門や左右（梅浦地域）で扇状地をなして厚く堆積している。間には薄く砂岩や細礫岩を挟む。^{くみぎまき} 菜崎の軍艦岩では、流路を埋める砂礫岩の斜交層理が流路斜面に向かって傾斜している。

* **climatic optimum**（熱帯海中気候生物事件）：主に海棲動物化石（貝化石）に基づいた 16Ma 前後の時代の比較的短い期間に認められる温暖期。最温暖期は 16Ma より前の時期（台島階）である。台島型植物群によって指示される温暖期は 17Ma 以後 13–14Ma 頃まで続く（佐藤，1992）。

荒谷層は、凝灰質砂岩、シルト岩を主体とし、基底に玄武岩質安山岩火山礫凝灰岩、同質の凝灰岩、火山礫岩、及びそれらの再堆積物を伴う。また、中部に流紋岩軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩を挟む。荒谷層からは、大型有孔虫化石 *Operculina complanata japonica* と *Miogypsina kotoi kotoi* など Blow（1969）の N. 8 帯上部を特徴づける浮遊性有孔虫化石や、浅海上部～下部の貝化石が産出する。荒谷層の年代は、全岩 K-Ar 年代 15.7 ± 0.5 Ma（中島ほか，1990）と同じか、これよりやや古いと考えられる。

市ノ瀬流紋岩は、福井市和布町から鮎川町にかけて分布する黒雲母角閃石流紋岩溶岩ドームとを合わせた岩体である。組成的に類似し、かつ分布が近接している流紋岩軽石火山礫～凝灰岩が福井市市ノ瀬町とその周辺地域に分布する。下位の荒谷層や国見層を不整合に覆い、国見火山岩相当岩体の貫入を受けるとともに不調和に覆われている。流紋岩火砕岩に引き続き流紋岩溶岩が定置したと考えられる。

国見岳火山岩は、国見岳を中心とした $6 \text{ km} \times 4 \text{ km}$ の範囲に広がるソレイト質玄武岩～安山岩溶岩を主体とする火山岩体で、国見層を不整合に覆う。三浦ほか（1971）の国見岳安山岩に相当するが、玄武岩～デイサイト貫入岩は玄武岩～安山岩（もしくは安山岩にきわめて近いデイサイト）組成の岩脈、シルまたは岩株として糸生層、国見層、荒谷層、もしくは市ノ瀬流紋岩を貫き、各地に点在する。

糸生層から荒谷層までの地層群は堆積盆地が沈降し、水深が深くなるにつれて堆積したと考えられている。市ノ瀬流紋岩と国見岳火山岩は、堆積盆地が隆起し環境が極めて浅い水域から陸上へと変わる過程で噴出している。これらの地層群は、北東–南西方向に延びて緩やかに褶曲しており、ほぼ同方向の断層と北西–南東もしくは北北西–南南東方向の断層に断たれている。市ノ瀬流紋岩と国見岳火山岩の火山活動に伴う岩脈は北北西–南南東に延びており、同方向に水平最大圧縮応力が加わり隆起、変形する過程で貫入したと考えられている。福井及び周辺地域に分布する新第三紀火山岩の古地磁気からは、この地域が 20 Ma あるいはそれ以前から時計回りに回転し始め、17 Ma 以降はこれが加速して 15 Ma までに現在の位置に移動したとしている（中島ほか，1990，1991）。このような動きは西南日本に共通しており、日本海が開き、その後、フィリピン海プレートの沈み込む動きに対応している（鹿野ほか，1991）。

(2) 越前海岸のジオサイト

FU1 恵比寿岩

場所：35° 57′ 24.07″ N 135° 58′ 41.04″ E

越前町梅浦北 梅浦北交差点

双子岩と呼ばれるよく似た岩が海面から突き出している。その入り口にも糸生層の火砕岩が見られる。



図4・図5 梅浦北交差点 糸生層の火砕岩

FU2 福井県越前町梨子ヶ平 呼鳥門

場所：35° 59′ 29.10″ N 135° 57′ 48.10″ E

福井県越前町 新呼鳥門トンネルを抜けるとすぐ右手に愛染明王の広い駐車スペースがある。

国道をトンネルの上に沿ってつくられた歩道橋を渡り海岸に出る。

この地域は中新統国見層の礫岩層（左右礫岩）が分布する。この礫岩層に空いた穴が呼鳥門である（図6）。無層理で、間に河川流路堆積物である砂岩を挟む。安山岩礫で（URL1）礫径は小礫～巨礫までであるがよく円磨されているものが多い。扇状地あるいは河川の中流域にたまった礫岩である。かつて、この下を国道305号線が通っていたが（図8）現在は呼鳥門をくぐる部分は閉鎖されており、その東側につくられたトンネルで抜ける。海岸には崩れた礫岩が多くみられる。



図6 呼鳥門 2023年撮影

歩いてここまで行けるが、この先（旧305号線）は立入禁止となっている



図7 呼鳥門の下の海岸

大きな円礫岩が海岸一帯にみられる
海鳥の糞で波打ち際は白くなっている

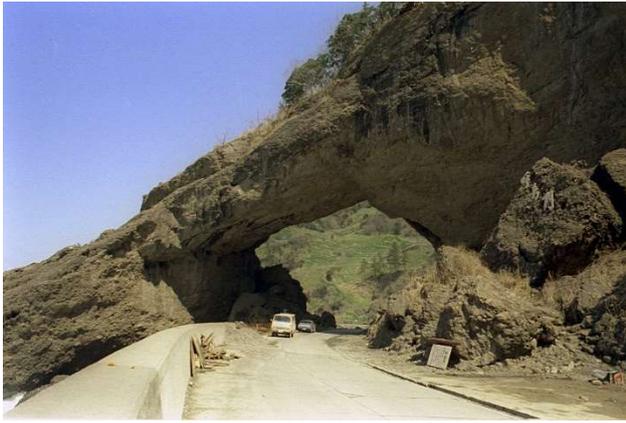


図8 呼鳥門 1973年撮影 図6とは逆方向から撮影

周辺の海岸には崩れ落ちた円礫岩が多くみられる
愛染明王も円礫岩層の窪みに祀られている（図9）。

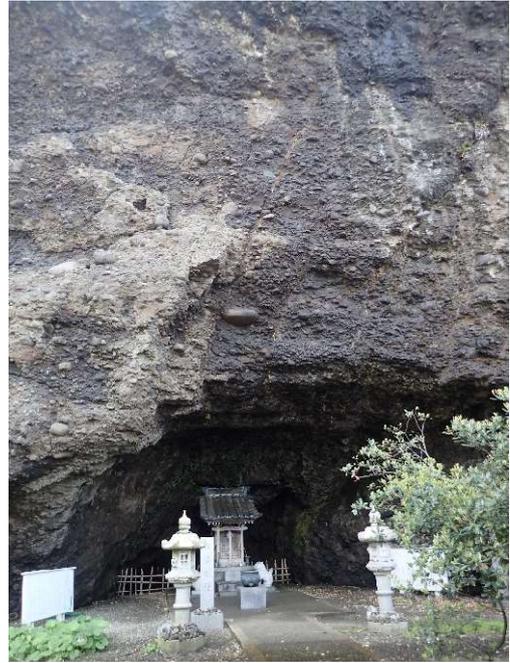


図9 愛染明王

FU3 福井県越前町銭が浜



場所：35° 59' 50.06" N 135° 57' 51.56" E
呼鳥門から 900m ほど北の海岸で駐車場もある。

呼鳥門と同様に国見層の大きな円礫を主とした礫岩層が見られる（図10）。

図10 銭が浜

FU4：福井市軍艦島

場所：36° 02' 48.60" N 136° 00' 43.34"E
福井県福井市大味町菜崎

国見層の傾斜した砂礫岩や泥岩が見られる。差別侵食のため砂礫岩が突出している。また、砂礫岩の底面は凹凸が見られ、流路を埋めたことを示す。砂礫岩には斜交層理が見られる（図11 中央部）。生痕や炭酸塩ノジュールと呼ばれるやや砂質な泥岩中に炭酸塩によって固められた球状のノジュールが多くみられる（図12）。軍艦島の堆積物からは河口付近から干潟への変化が推測される。生痕化石を多く含む砂岩



図11 軍艦島 国見層の砂礫岩や泥岩

から下位に向かって、葉理が明瞭な砂岩泥岩、波状層理を示す砂岩があり、45°以上で北西に傾く (URL2)。シカやゾウ類の足跡化石も報告されている。



図 12 炭酸塩ノジュール

図 14 の柱状図の「炭酸塩コンクリーション」と書かれた層準



図 13 葉理が明瞭な凝灰質砂岩

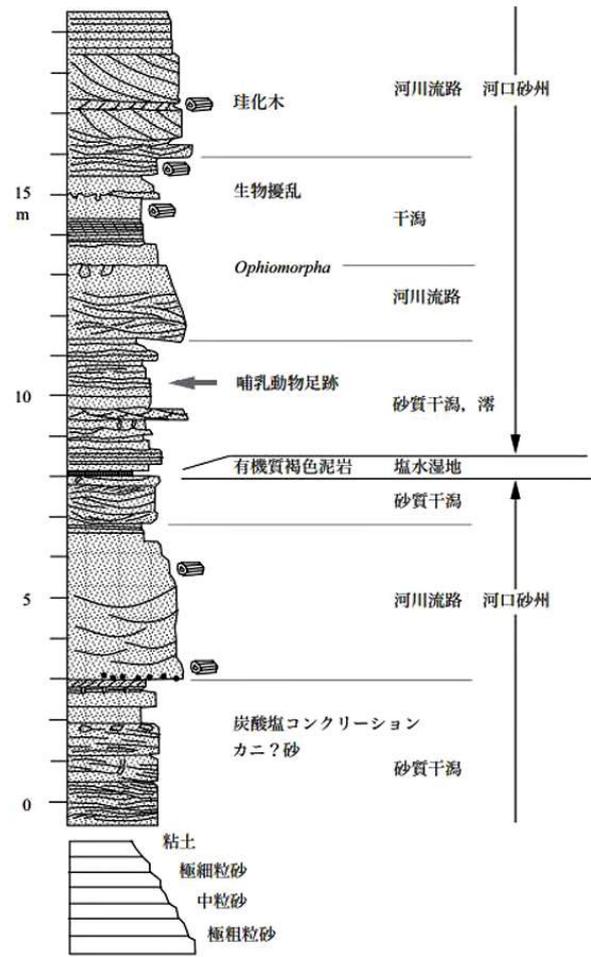


図 14 軍艦島柱状図 (鹿野ほか, 2007)

FU5 弁慶の洗濯岩

場所：36° 04′ 11.03″ N 136° 01′ 15.93″ E

福井市小丹生町

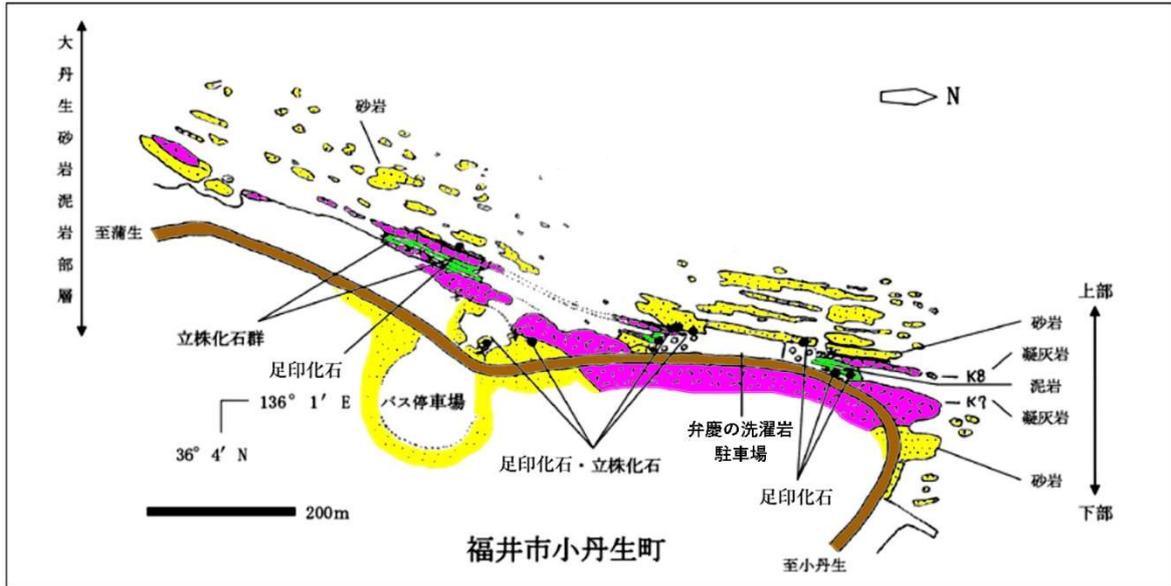


図 15 国見層 砂岩層と泥岩層



図 16 国見層 砂岩層と泥岩層

国見層大丹生砂岩泥岩部層が分布し海岸線にほぼ平行に地層が分布する。差別侵食によって砂岩が突出している。植物化石が産出し、哺乳類の足印化石と立株化石群が、この国見層大丹生砂岩泥岩部層から初めて報告された。氾濫原（湿地を含む河川性堆積物と陸上環境）が存在することを直接に証明するものとして重要である（安野 2016）。



小丹生海岸南部の地質略図および化石産地図

図 17 弁慶の洗濯岩付近の地質（安野，2016 を改）

「弁慶の洗濯岩」から国道 305 号線を北に 100m ほど行くと（図 17 の右端付近）、道路に面した断崖に「神の足跡」と呼ばれる長さ約 5m、幅約 2m の“足跡”がある。

FU6 福井市大丹生町

場所：36° 04′ 41.39″ N 136° 01′ 35.12″ E

福井県福井市大丹生新町バス停付近の海岸：

丹生～鮎川周辺には中新統国見層中部層が分布する。国見層は砂岩やシルト岩、礫岩などからなる非海成～浅海成層で、デイサイト軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩（いわゆるグリーンタフ：図 18）や安山岩火砕岩を挟む（鹿野ほか，2007）。丹生から鮎川にかけては *Vicaya* をはじめ熱帯性の貝化石を産することが有名である。近年にはマングローブ植物の花粉化石，砂岩には生痕化石，魚類脊椎骨，



図 18 デイサイト軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩



図 19 デイサイト軽石火山礫凝灰岩

スポン類、シカ類やゾウ類などの動物化石、生痕化石など多くの化石が報告されている（安野，2016 ほか）。

FU7 福井市鮎川町国見

場所：36° 05′ 06.22″ N 136° 01′ 46.66″ E

国見層の火砕岩と、砂岩・泥岩が見られる。



図 20 国見層の砂岩泥岩層



図 21 国見層の火砕岩

FU8 福井市鮎川町大崎園地

場所：36° 05′ 42.85″ N 136° 01′ 44.50″ E

国見層を不整合に覆う市ノ瀬流紋岩類の黒雲母角閃石流紋岩。柱状節理と流理構造が見られる。



図 22 流紋岩の柱状節理

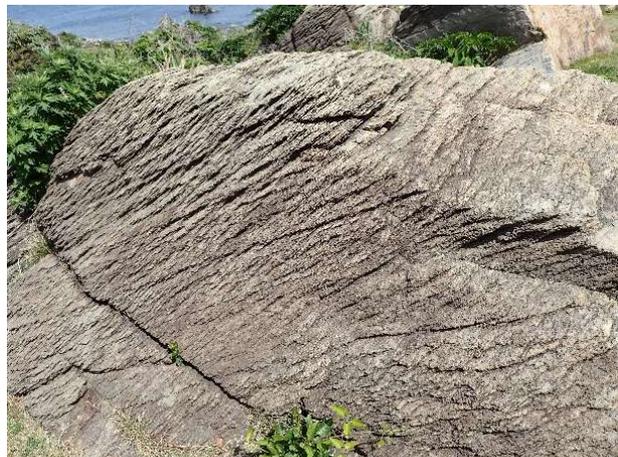


図 23 流紋岩の流理構造

FU9 福井市鉾島

場所：36° 06′ 15.97″ N 136° 02′ 14.95″ E

福井県福井市南菅生町 2 8 - 1 :

国見層を不整合に覆う市ノ瀬流紋岩類の黒雲母角閃石流紋岩溶岩ドームである。数 10cm 角の柱状節理が発達し、柱に直交する方向に流理が見られる（図 24）。およそ 14~15Ma のフィッシュ・トラック年代が得られている（鹿野ほか，2007）。高さは約 50m で島へ渡り頂部までの遊歩道が整

備されている。安山岩とした報告もあるが、化学組成が SiO_2 : 73.84wt.% Al_2O_3 : 13.27wt% という結果（三好ほか，2023）からも流紋岩と考えられる。和布町から鮎川町にかけて分布する黒雲母角閃石流紋岩は、東北東に延びた長径 2 km を超えるドームをなす。柱状節理が発達し、中心部の銚島付近では、数 10 cm 角の柱状節理（図 25）が顕著で、グラノフィリック組織*を示す。

***グラノフィリック (granophyric)** : グラフィックおよびスフェルリティックな組織の全体を表わす。グラフィック (graphic) とは、石英と長石が同時に結晶してできたもので、石英とアルカリ長石のくさび形文字状の片が多数いりくんでいる。スフェルリティック (spherulitic) は、針状あるいは長柱状の石英や長石が一点から放射するように集まってつくる球のような形の塊まり多数含む組織をいう。



図 24 銚島 市ノ瀬流紋岩類の柱状節理
高さはおよそ 50m



図 25 銚島 数 10 cm 角の柱状節理が顕著

FU10 福井市長橋町 電子基準点

場所 : $36^\circ 06' 34.99'' \text{ N}$ $136^\circ 02' 56.21'' \text{ E}$

福井市立長橋小学校

電子基準点は、GNSS 衛星*からの電波を受信し、正確な位置を知る観測点である。外観は高さ 5 m ほどのステンレス製の柱で、上部に衛星からの電波を受信するアンテナ、内部には受信機と通信用機器等が格納されている。設置年度によって、93 型、94 型、02 型と外観も異なる。このものは 02 型である。

局番号 : 020975 基準点コード : EL05436103302

名古屋地方気象台に設置されているものは 94 型である。

*衛星測位システム (GNSS) は衛星からの電波によって位置情報を計算するシステムのこと、米国の GPS がよく知られている。日本の衛星測位システムは「みちびき」と呼ばれる。

日本のみちびきは、日本の上空に長く滞在する準天頂軌道*の衛星が主体となって構成される。

*準天頂軌道 : 静止衛星は赤道上に位置奥が、その軌道を斜めに傾け、日本の真上を通る軌道にしたものである。そのため、地球の自転とともに人工衛星も少しずつ角度を変え、南北に移動していつてしまう。1 機の人工衛星が日本の真上に滞在できる時間は 7~9 時間程度のため、複数機を時間差



図 26 電子基準点

で入れ替えることにより、常に1機が日本の上空に滞在させている。

FU11 福井市免鳥町三里浜

場所：36° 08′ 10.27″ N 136° 04′ 25.90″ E

越前海岸とは対照的な砂浜海岸である。九頭竜川によって運ばれた砂が、沿岸流によって堆積してできたもので、この砂浜は、長さ（南北）約10km、幅（東西）約1.5kmあり、典型的な海岸砂丘の一つであった。現在は開発によってほとんどの部分が工場地帯となっているが、この場所はその南端に近いところで、ビーチとなっている（図27）。小さな流れが蛇行して海に注ぐところでは、攻撃面にあたるところでは小さな崖状（Cut bank）になっており、対岸はポイントバー（Point bar）となっている。蛇行河川の浸食の様子を示す良い見本である（図28）。砂は粗粒で様々な色の岩片が多い（図29）。南方には福井市糸崎付近に発達する海成段丘地形が見える。



図27 三里浜 南方を望む 海岸段丘がみえる



図28 左側が Point bar, 右側が Cut bank



図29 砂浜の砂 有色の岩片が多い

FU12 坂井市三国町東尋坊・雄島

場所：36° 14′ 15.98″ N 136° 07′ 33.10″ E

東尋坊付近は、礫岩・凝灰質泥岩～泥質凝灰岩・砂岩・粗粒凝灰岩・凝灰角礫岩などからなる米ヶ脇層が分布する。火山岩はこの下部層に貫入しており、柱状節理が発達している。東尋坊安山岩と呼ばれるこの岩体は12.7Ma（東志野・清水，1987）のもので、紫蘇輝石・普通輝石安山岩である。貫入岩体の中心部が千丈敷付近と推定され、堆積岩層（米ヶ脇層）との接触部付近では、貫入岩体側には急冷周縁相が見られる。東尋坊貫入岩体はラコリス（餅盤）であると考えられる（吉澤，2005）。

雄島の流紋岩体は、流理構造、柱状節理、板状節理および全体の形状などから、ドーム状の貫入岩体であると考えられている。雄島の東海岸および南海岸には、巨大な柱状節理が露出し方位磁針を近づけると狂う磁気異常地点が複数存在する。この現象は、各地の山頂の露岩でも観察されること

であるが、その原因としては落雷による強い磁化が考えられる（吉澤，2013）。



図 30 東尋坊 柱状節理



図 31 東尋坊 柱状節理の断面



図 32 東尋坊から見た雄島



図 33 雄島入口 柱状節理が見られる

引用文献

- 東野外志男・清水 智，1987，福井県三国海岸に産出する火山岩類の K-Ar 年代. 石川県白山自然保護センター研報，no.14，25-30.
- 鹿野和彦・加藤碩一・柳沢幸夫・吉田史郎(編)，1991，日本の新生界層序と地史. 地調報告，no.274，114 p.
- 鹿野和彦・中川登美雄，2007，第 3 章新第三系，福井地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図福）産総研地質調査総合センター，13-39.
- 町田 洋ほか，2006，日本の地形 5 中部. 東大出版会，385 p.
- 三浦 静・塚野善蔵・黒田和男，1971，5 万分の 1 土地分類基本調査「福井」，表層地質図. 経済企画庁.
- 三好雅也・長谷川ゆりの・佐野貴司，2023，福井市西部に分布する中新世貫入岩類の岩石学的特徴および K-Ar 年代. 地質雑，129，379-385.
- Nakagawa, T. (1998) Miocene molluscan fauna and paleoenvironment in the Niu Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. Science Report, Inst. Geo science, Univ. Tsukuba, Sect. B., vol. 19,

61-185.

中島正志・沢田順弘・中川登美雄・林 昌代・板谷徹丸, 1990, 福井県北部新第三系の K-Ar 年代と古地磁気—西南日本ブロックの回転に関して—. 岩鉱, vol. 85, p. 45-59.

中島正志・林 昌代・中川登美雄, 1991, 中新世における西南日本の 2 段階回転運動. 三浦静教授退官記念論集, p. 105-119.

佐藤誠司, 1992, 日本における“Mid-Neogene climatic optimum”について. 化石 53, 7-19.

安野敏勝, 2016, 福井市小丹生海岸から産出した中新世哺乳類足印および立株化石. 福井市自然史博物館研究報告, 63, 27-36.

吉澤康暢, 2005, 東尋坊安山岩質貫入岩体の産状と構造. 福井市自然史博研報, 52, 13-27.

吉澤康暢, 2013, 雄島の流紋岩の流理構造. 福井市自然史博研報, 60, 11-20.

URL1 <http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/gakugei/chigaku/etizen-51.html>

URL2 <http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/gakugei/chigaku/etizen-52.html>

* Blow, W. H. (1969). Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *1st Intern. Conf. Plankt. Microfossils Proc., Geneva, 1967.* 199-421.

図 34 ポイント 鮎川町以南

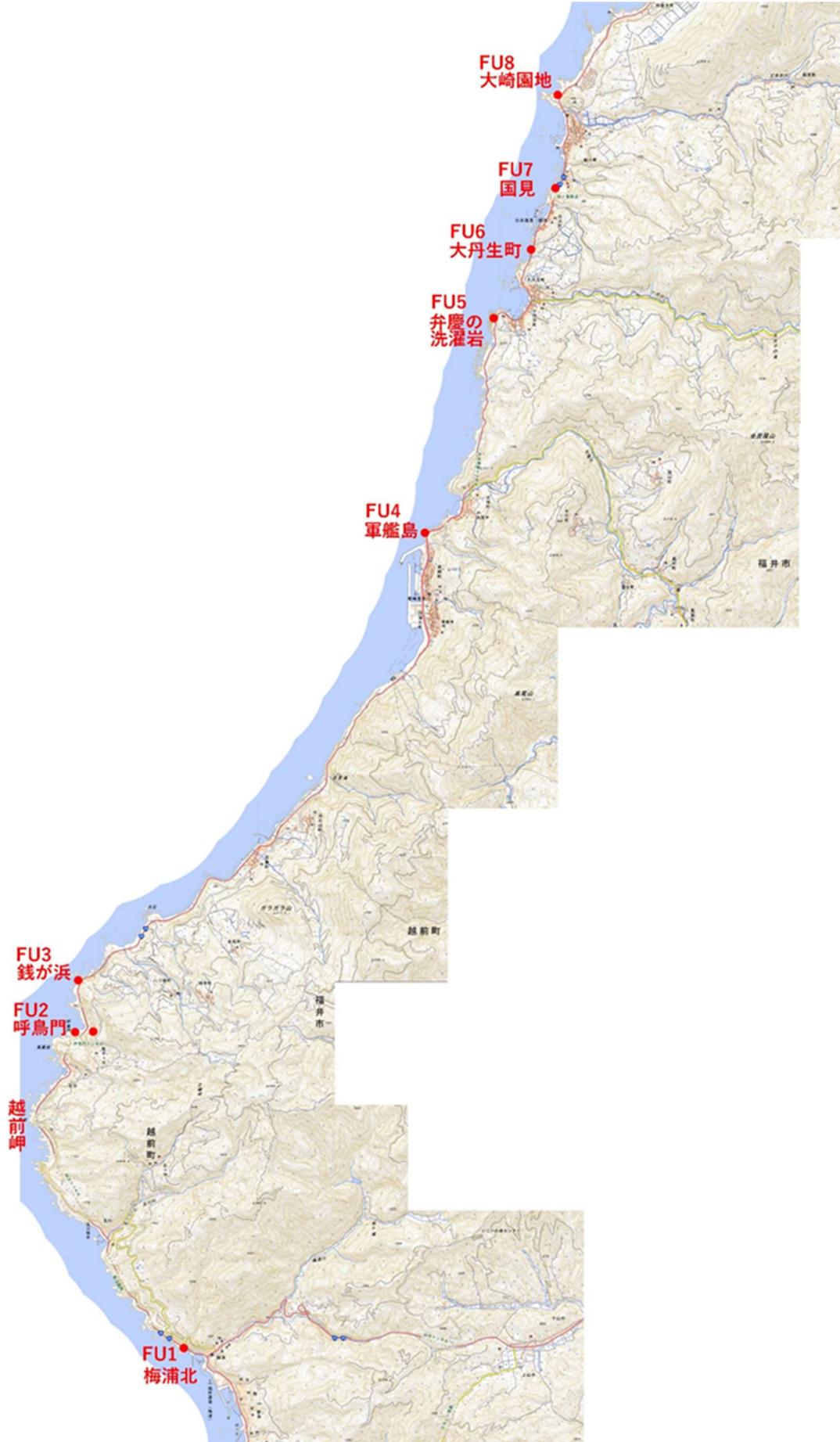
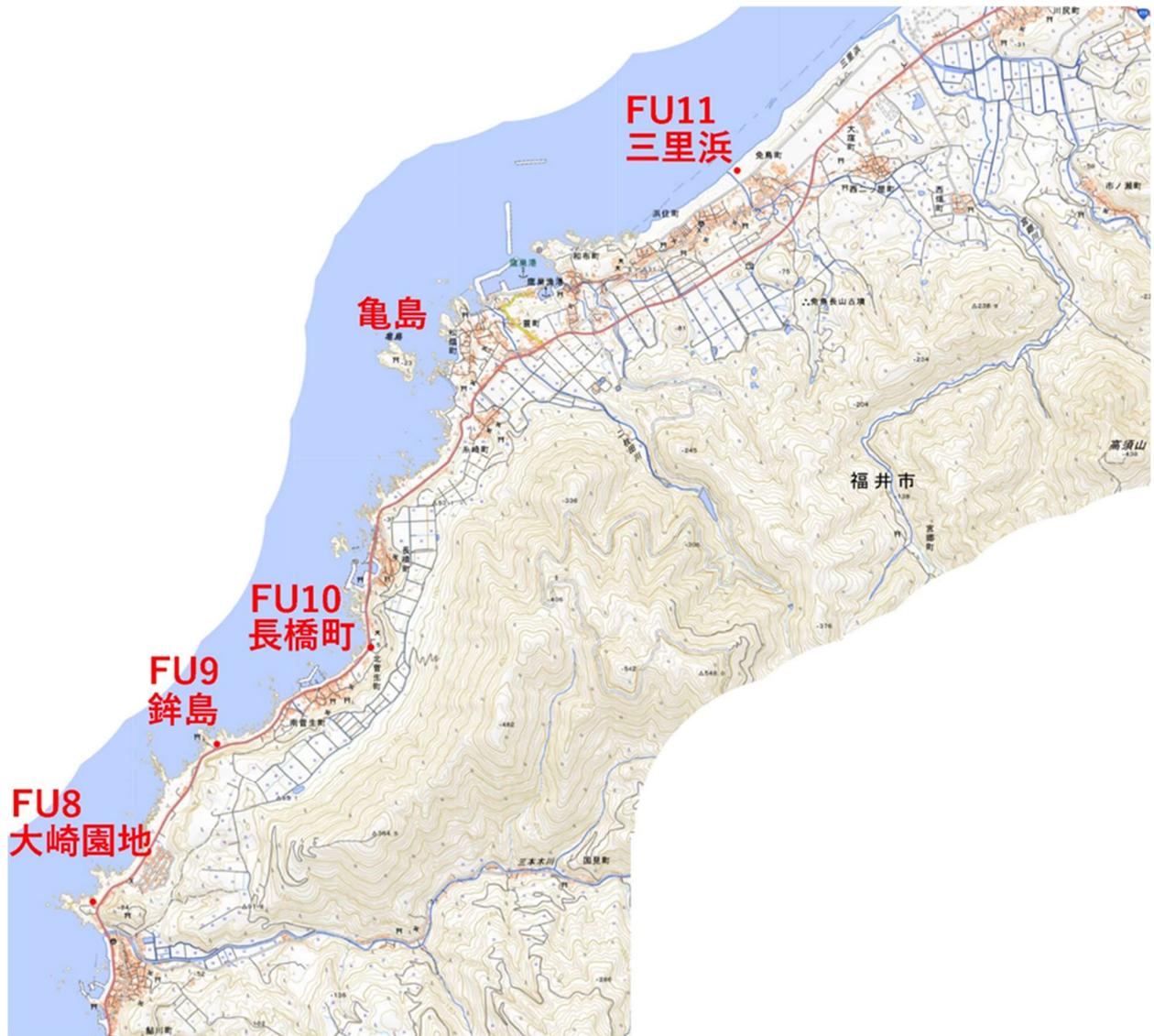


図 35 ポイント 鮎川町以北



※ 東尋坊・雄島は省略