

## 東尋坊と雄島に残る“エッセル堤”に使用された石材採掘跡

吉澤 康暢\*

Stone mining trace used for "Escher Bank" remaining in Tojinbo and Oshima,  
Mikuni-cho, Fukui Prefecture, Central Japan  
Yasunobu YOSHIZAWA\*

(要旨) 東尋坊を訪れるたびに不思議に思っていたのは、通称“千丈敷”と呼ばれる海面とほぼ同レベルのかなり広い平坦面の存在であった。巨大な柱状節理が林立する東尋坊とは異なり、不釣り合いな平坦面である。また、この岩盤上には無数のダイナマイトの発破孔が存在していることから、明治初期に建設された通称“エッセル堤(三国港突堤)”との関連を推測していたが証拠は見つけられなかった。

この度、平成30年12月に放送されたNHKプラタモリ(東尋坊・恐竜編)の出演がきっかけで、みくに龍翔館を訪れた際、明治11年～15年のエッセル堤工事の記録文書をはじめ、東尋坊・雄島で撮影された採掘記録写真を見せていただいた。この記録写真をもとに、東尋坊・雄島周辺を調査した結果、当時写真を撮影した採掘場所を特定することができた。また、東尋坊の千丈敷や南東海岸の“セツ岩”一帯では、柱状節理を採掘した跡に残る海面レベルに近い広い平坦面を多数発見した。さらに、ダイナマイトを使用する際の無数の発破孔の痕跡も見つけることができた。エッセル堤の石材の蛍光X線化学組成分析を行ったが、千丈敷やセツ岩の石材と同じ成分を示した。エッセル堤建設から約140年が経過しているが、今なお東尋坊・雄島には当時の採掘跡が明瞭に残っている。

キーワード：エッセル堤、三国港突堤、東尋坊、柱状節理、ダイナマイト

### 1. はじめに

古くから北前船による交易と九頭竜川の舟運で栄えた三国湊は、九頭竜川が日本海に注ぐ河口にあたり、上流から運搬されてくる大量の土砂と、海から吹き寄せる砂とで河口が塞がれ、船の出入りが困難になっていた。そのため、内水では毎年氾濫も起こっていた。この対策として江戸時代には、三国の対岸新保浦に水をはねる杵(灌頂寺杵)を作って三国側の水深を維持してきた。明治の初めに杵が取り壊され、変わって防波堤を作ることになった。明治新政府は、日本の治水対策のため、オランダから土木技術者を招聘した。オランダ内務省土木局上級技術官吏で水工学の専門家でもあるG.A.エッセルと施工の専門家デ・レイケは1873年大阪に着任した。エッセルが手がけた三国港突堤は、通称“エッセル堤”と呼ばれ、明治政府の国家事業として、宮城県野蒜港や熊本県三角西港と並ぶ“明治三大築港”の一つとされた(みくに龍翔館, 2004)。

エッセル堤は、河口の右岸に防波堤と導流堤を兼ねた延長511mの突堤(写真5, 10)と左岸にT字型水制を河口からかなり上流まで設け、低水路幅を河口へ向い徐々に狭め、洪水の流速を速め、洪水の掃流力で土

砂を海の深い所へ流す設計であった。突堤は柔らかい土砂の上に重い岩石を載せるので、不等沈下する。その不等沈下に対処するため、格子状に組んだ沈床を2～5層に積んで基礎とした。上に載せる岩石は東尋坊一帯や雄島から採取し、船で運んだ(みくに龍翔館, 2004)。

エッセル堤は、明治初期の河川技術で建設し、今日まで当初の機能を十分に果たし続けている公共施設としては、日本で唯一のものである。土木技術史上価値が高いという理由で、2003年、三国港(坂井港)突堤は国の重要文化財に指定された。1970年、突堤に新堤が延長411m追加され、エッセル堤と合わせて現在の総延長は922mである(写真5)。

### 2. 東尋坊・雄島・エッセル堤の石材の特徴

東尋坊は新生代新第三紀中新世に形成された火山岩で、その形成年代は12.7Ma(東野ほか, 1987)である。この火山岩は、デイサイト質マグマが付近に分布する米ヶ脇層に貫入し、地層中でゆっくり冷え固まった餅盤状の貫入岩体(吉澤, 2005)で、内部には巨大な柱状節理が形成されている。波浪による侵食が内部にま

\*福井市自然史博物館 〒918-8006 福井県福井市足羽上町147

\*Fukui City Museum of Natural History, 147 Asuwakami-cho, Fukui-shi, Fukui, 918-8006, Japan

で及び、現在見る壮大な柱状節理の景観をつくりだしている。岩石の肉眼的な表面の色は淡い茶灰色で、斜長石の白い斑晶と2種類の暗緑色の輝石の斑晶が目立つ、斑状組織をもつ火山岩である。

雄島もほぼ同時期に形成されたもので、東尋坊同様、ドーム状に流出した流紋岩質マグマの巨大な柱状節理を形成している（吉澤，2013）。肉眼的な岩石表面の色は暗紫色で顕著な流理構造が見られ、風化面では、流理構造に沿って薄く剥離する性質がある。外見的にも東尋坊のデイサイトとは明らかな違いが見られる。

エッセル堤の石材を調査してみると、確かに東尋坊のデイサイト、雄島の流紋岩が存在する（写真18, 19）。その多くは東尋坊のデイサイトである。大きさは長さ約2m、横幅約1.2mのものが多く、長さが3mを越すものもある。柱状節理のブロックを加工することなく、そのまま横置きにして積み上げている。東尋坊の柱状節理の断面形は楕円形なので、積むときに安定した積み方ができる利点がある。また東尋坊の柱状節理は大きく見事で、現場ではほぼ垂直に規則正しく立っているため、採掘は容易であったと思われる（写真12, 13, 17）。

### 3. 東尋坊の石材採掘跡の特定

今回の研究のきっかけは、NHKプラタモリの下調べの際、みくに龍翔館から提供された明治11年に東尋坊・雄島で採掘の様子を記録した写真との出会いであった。番組制作ディレクターの井上国英氏とこの写真を持ち歩き、特に東尋坊の南東海岸を探し回った。その結果、海上に浮かぶ岩礁の配列をはじめ、手前の岩場の広い平坦面の存在、岩盤に残されたダイナマイトの発破孔、爆破したあとのハーフパイプ状の痕跡などを確認した。これらを総合的に判断して、写真に記録された当時の採掘場所は、現在の七ツ岩付近の海岸に特定することができた（写真1, 2）。七ツ岩付近は岩礁も多く複雑な入り江となっているが、柱状節理の構造や入り江が北西－南東方向に卓越し、石材の採掘や積み込みなどが容易であったと考えられる。

千丈敷については、東尋坊の採掘跡としては最大規模の面積で、ここにもダイナマイトの発破孔の痕跡が複数残っている（写真23, 25）。千丈敷の柱状節理は断面積が東尋坊の中では最大規模（長径が4m以上）で、七ツ岩同様大きなブロックを採掘できる最良の場所といえる（写真20, 21, 22）。

東尋坊全体を踏査してみると（図1, 写真3, 4）、東尋坊一番の景勝地通称“大池”周辺は採掘されていない。また、破壊もされていない。採掘場所は主に柱状節理の断面積の大きな千丈敷周辺が最も大規模で、統

いてそこから南東海岸に沿った七ツ岩周辺が採掘規模の大きな第二のポイントである（写真14, 16）。そしてさらに南東の海岸線に沿って採掘可能な場所はほぼ取りつくしている。

### 4. 雄島の石材採掘跡の特定

明治11年の記録写真（写真8）によると、雄島の鳥居や柱状節理をはじめ、採石の様子が明瞭に記録されている。雄島橋が架けられたのは昭和12年であるから、当時は橋が無く、石材運搬船を接岸するための栈橋が必要であったものと考えられる。記録写真には木材を組み上げた栈橋のような構造物が見える。この写真から、採掘は現在の雄島橋北詰付近で行われていたと考えられる。セスナ機をチャーターして（2013年9月）現在の雄島を観察した（写真6）。上空からは海底が良く観察でき、雄島の南東海岸には数多くの柱状節理のブロックが波浪で運ばれ海底に集中して堆積していた。雄島とエッセル堤間は、直線距離で約3.6kmであり、最も近いところに良い石材が存在している。しかし、エッセル堤には雄島の石材は多くは見つからない。その理由を考えてみると、東尋坊に比較してエッセル堤までの距離が遠く、大きさは東尋坊と比較して長さが不足している。また、石材の数も限られていることが原因と考えられる。

雄島の南東海岸（写真7）は、季節風などの影響を受けにくい方向で、三国港への距離も近く、作業能率も良かったものと考えられる。雄島は当初から無人島であり神の島でもあるため、ダイナマイトの使用はできなかったものと思われる。雄島の柱状節理のブロックの大きさは、東尋坊のものと比較して遜色なく、海岸に散在している岩塊を引き上げ、運搬船に積み込む作業が行われたものと考えられる。岩塊を割る作業が必要ない分、東尋坊での採石より容易であったと考えられる。しかし、強風や台風、冬場の季節風による影響が大きく、積み込みや運搬は困難をきわめたと思われる。

### 5. 蛍光X線化学組成分析の結果

現在のエッセル堤の石材と、東尋坊の千丈敷および七ツ岩周辺の岩質を肉眼観察で比較して違いを見出そうとしたが区別がつかない。肉眼的にはほぼ同質のものと考えられ、エッセル堤の石材の原岩は、東尋坊の千丈敷および七ツ岩周辺の石材と考えられる。

さらにこれらの石材のわずかな違いを見出そうと考え、福井県工業技術センターにある蛍光X線分析装置を使用して石材の化学組成分析を行い、その成分の違



写真1：明治11年，東尋坊南部“七ツ岩”付近の石材採掘現場記録写真（みくに龍翔館提供）

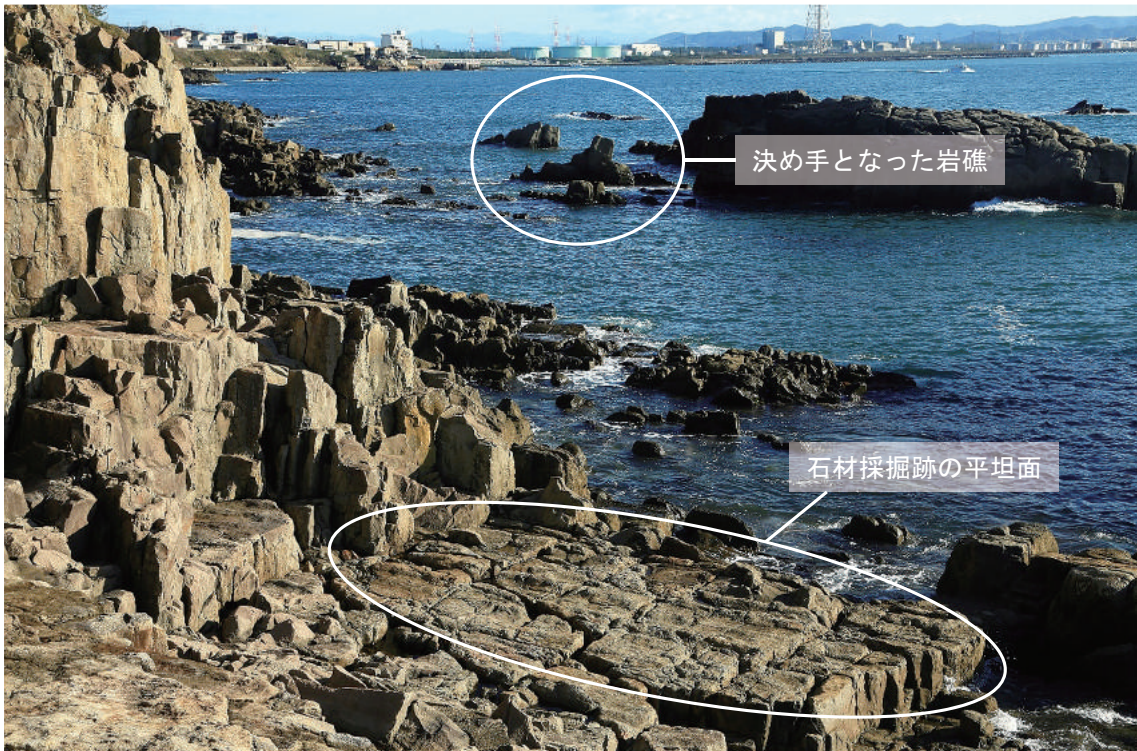


写真2：写真1と同じ石材採掘現場跡を発見した。東尋坊南部“七ツ岩”付近の平坦面。

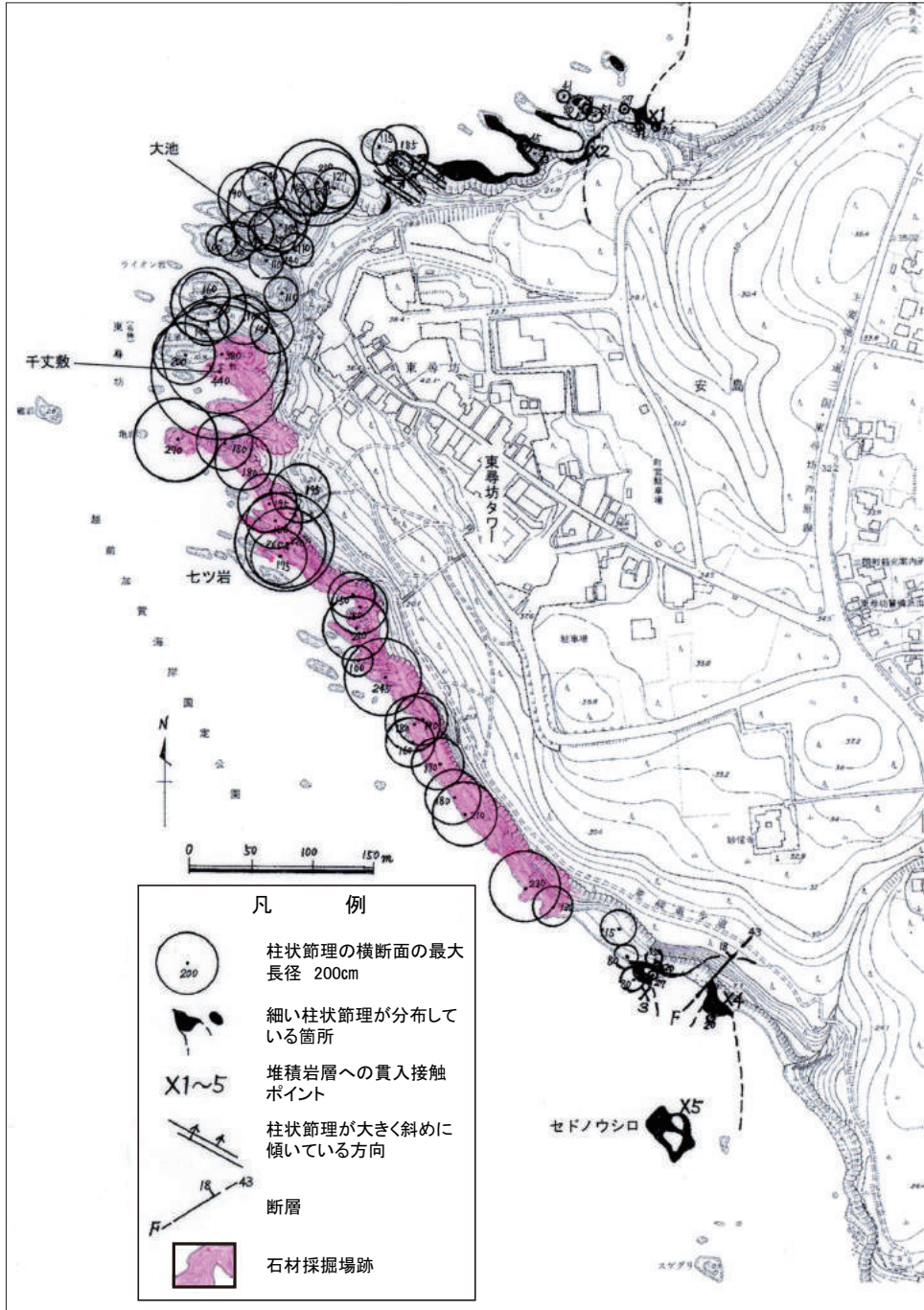


図1：東尋坊貫入岩体の柱状節理横断面の最大長径の分布と石材採掘場跡分布

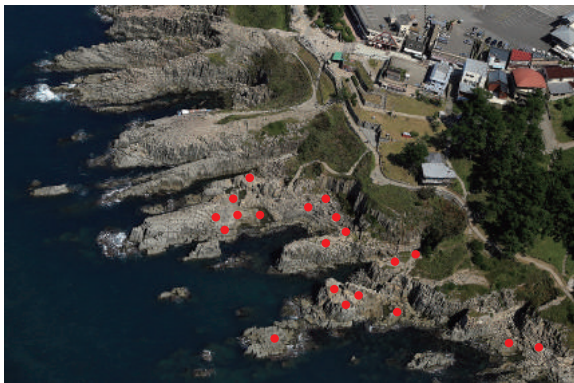


写真3：明治11年の採掘場跡。東尋坊“千丈敷”付近。セスナ機より撮影（2013年9月） ●石材採掘場跡



写真4：東尋坊“七ツ岩”付近の採掘場跡。海岸線に沿う平坦な岩場。セスナ機より撮影（2013年9月） ●石材採掘場跡

表1：千丈敷・エッセル堤・七ツ岩の火山岩の化学組成SQX分析結果（単位：wt.%）

	産地	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
①	千丈敷	64.432	17.5805	4.4368	3.8913	4.6067	2.3538	1.2307
②	千丈敷	63.2413	17.5272	4.2759	4.4671	5.123	2.1812	1.5949
③	千丈敷	64.6179	17.5626	4.395	4.0131	4.4642	2.2884	1.2209
④	エッセル堤	64.0959	17.2559	4.6567	4.6	4.5797	2.2013	1.2326
⑤	エッセル堤	64.3783	16.8968	4.7108	4.6825	4.5202	2.2368	1.2393
⑥	エッセル堤	64.0221	16.9998	4.8268	4.6913	4.5067	2.2936	1.2115
⑦	七ツ岩 I	64.0883	17.1997	4.8188	4.4863	4.2815	2.2958	1.4651
⑧	七ツ岩 I	63.3333	17.4348	4.7526	4.8387	4.4014	2.1649	1.5626
⑮	七ツ岩 I	63.5956	17.3907	4.7527	4.7422	4.3386	2.1959	1.5502
⑨	七ツ岩 II	64.2565	17.3825	4.8291	4.9139	3.7833	2.2333	1.1803
⑩	七ツ岩 II	63.4688	17.5185	4.7871	5.2963	4.0993	2.116	1.2792
⑯	七ツ岩 II	64.4092	17.1085	4.7746	4.5781	4.066	2.3282	1.3401
⑪	雄島	71.1762	15.3986	4.6077	2.0133	2.0369	3.7581	0.318
⑫	雄島	71.331	15.3976	4.5396	1.9785	1.9916	3.8123	0.271
⑬	越前松島	52.1461	21.1278	3.4873	9.0297	7.6779	1.2661	3.4772
⑭	越前松島	52.6586	20.6971	3.5361	8.9759	7.6012	1.3338	3.3186

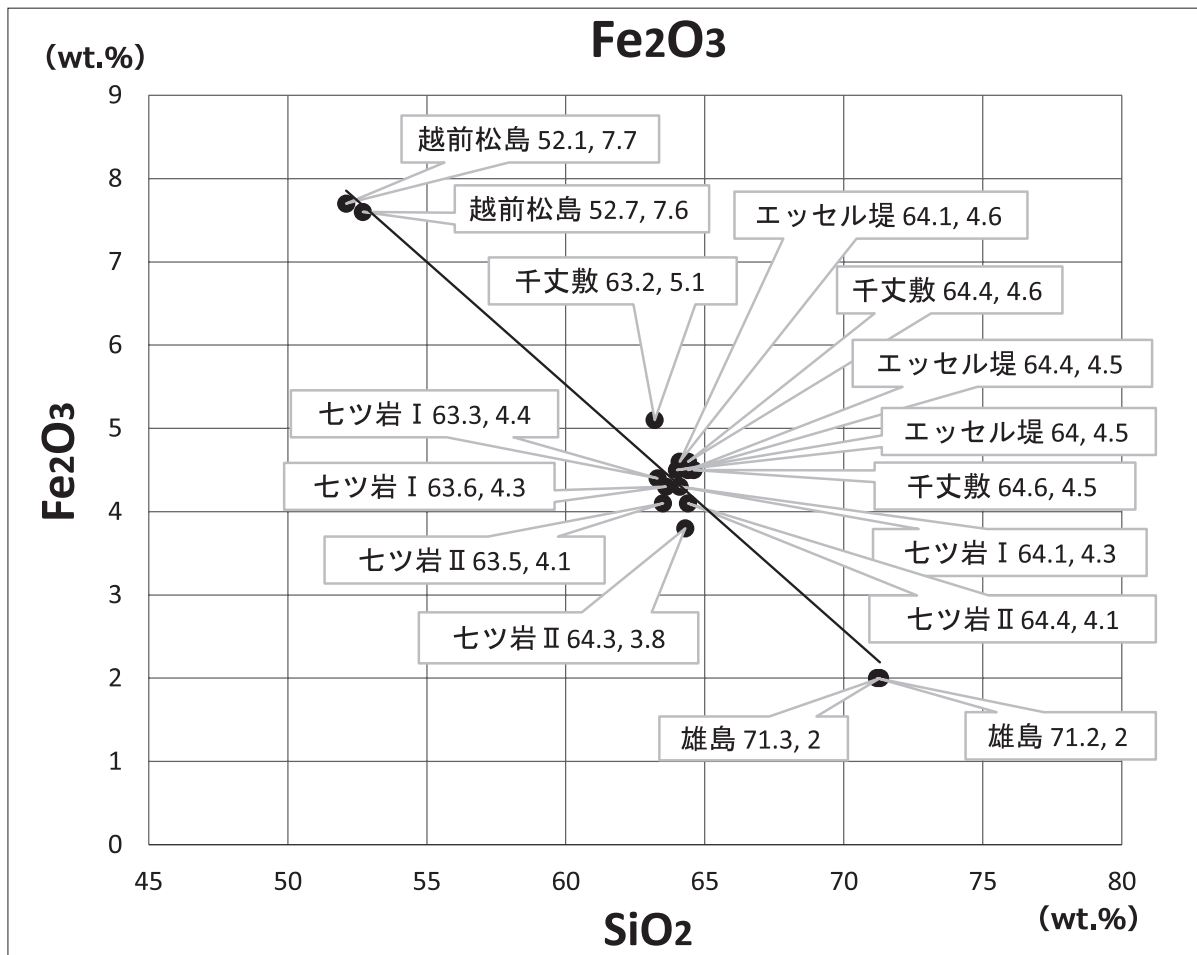


図2：表1の全資料のSiO<sub>2</sub>とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の変化図

いを比較した。また、比較のため雄島、越前松島の石材についても分析を試みた。

蛍光X線化学組成分析結果（表1）は、エッセル堤、千丈敷、七ツ岩の火山岩は何れもSiO<sub>2</sub>量は63.2～64.6 wt.%で同じデイサイト質（吉澤，2005）である。SiO<sub>2</sub>以外の化学組成もほとんど同じで区別がつかない。つ

まりエッセル堤の原岩は東尋坊の千丈敷や七ツ岩周辺からと結論づけることができる。雄島の火山岩のSiO<sub>2</sub>量は約71wt.%で流紋岩質（吉澤，2013）である。越前松島の火山岩のSiO<sub>2</sub>量は約52wt.%で玄武岩と安山岩の中間タイプの玄武岩質安山岩（吉澤，2012）である。雄島、越前松島のほかの化学組成についても東尋坊の

デイスaitととは大きく異なる結果となった。

この結果を受けてSiO<sub>2</sub> wt.%とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wt.%との変化図(図2)を作ってみると、エッセル堤、千丈敷、七ツ岩の岩質はデイスait質で、グラフの中央に集中してほとんど差がない。これに雄島、越前松島のデータをプロットすると、何れも両端に分布し、SiO<sub>2</sub>量が直線状に減少する傾向が読み取れる。そして、エッセル堤、千丈敷、七ツ岩の岩質とは、はっきり区別できることがわかる。今回、エッセル堤の石材のうち、雄島からと思われる石材についてはX線分析していない。

## 6. ダイナマイトの使用

みくに龍翔館には当時の工事の各種記録文書(加納文書、築港来歴書、明治11年など)が保管されている(みくに龍翔館, 2004)。これによると、ダイナマイト試験、火薬運搬願い、火薬庫への不審者侵入届、東尋坊の発破作業に関する付近住民への注意喚起要請など、何れも石材採掘にダイナマイトを使用した記録文書が存在する。

ダイナマイトは、慶應3年(1867)にスウェーデンのアルフレッド・ノーベルが発明した後、比較的早く日本に導入され、軍需をはじめ鉱物資源の採掘やトンネル掘削の発破として実用化されていった。国産ダイナマイトの製造は明治38年からで、それまでは、外国からの輸入にたよる貴重品であった。現在の産業用ダイナマイトの多くは直径25mmまたは32mm、長さ163mmまたは322mmの円柱状に成型されている。当時、ダイナマイトを装填する発破孔は削岩機や電動ドリルが使われており、東尋坊の岩盤にも数多くの穴があげられている。

東尋坊はデイスait質の硬い火山岩であるため、採掘にはダイナマイトの使用が不可欠である。エッセル堤に積み上げられている石材を観察すると、千丈敷や七ツ岩付近に分布する柱状節理の折れた岩塊そのままである。ダイナマイトを使用するにしても、柱状節理を粉々にすることなく、柱状節理の形をそのまま残して使えるように割っている。岩石表面に残る発破孔は、直径約25mm、奥行き50cm~90cmで、ほぼ水平か垂直が多く、斜め方向もある。1箇所に複数集中している場所もある(写真23, 24, 25, 26, 27)。

## 7. 石材の吊り上げ積み込み器械

龍翔館に明治9年6月、エッセルより指導を受けて使用した石材巻き上げ、または他に移し置きするための器械の50分の一の縮図(エッセルの図をもとに写した

もの)が残されている(写真11)。この器械の仕様は、三本の太い丈夫な柱を頂部で結び三又を組み、滑車とロープを組み合わせたきわめてシンプルな道具である。滑車は2連の動滑車と定滑車を1個ずつ使用し、岩塊を吊り下げる部分には、鉄製のカリパー状に挟み込む装置が使われている。引っ張るロープの最終端は巻き上げ式になっている。このロープにかかる重量は、最大250貫目と図中に記入されている。この装置は最大600貫目の石材を吊り上げられたようである。当時の写真には東尋坊で12基、雄島で5基の使用が写っている。

## 8. 石材の運搬

東尋坊とエッセル堤間は直線距離で約2kmである。雄島とエッセル堤間は約3.6kmである。この付近でこれ以上近い距離に石材が採掘できる場所はない。最も便利な場所であったに違いない。しかし冬場の北西の季節風や寒波襲来の時には船の接岸は相当困難を極めたと思われる。石材の運搬には木造船が使われた(写真9)。七ツ岩等の狭い水路に入るためにも小型の船で、しかも600貫目の重さの石材を運搬可能な大きさが必要である。船には陸上で使用したものと同一形式の、三本の支柱に滑車がつけられた器械が取り付けられている。

## 9. 東尋坊の採掘場所の特徴

東尋坊はデイスait質のラコリス(餅盤)と呼ばれる貫入岩体である。この岩体が長年の波浪の侵食を受け、中心部分を含む一部が残されたものであり、内部の巨大な柱状節理が露出している。エッセル堤のために採掘したい石材は、柱状節理ごとのブロックであり、東尋坊の柱状節理の横断面径が最も大きい千丈敷およびその周辺において大規模な採掘が行われている(写真15, 20, 21, 22)。次いで多いのは七ツ岩周辺であるが、東尋坊の南東海岸に沿って広く採掘が行われている(写真14, 16)。これは、小さな入り江が多くあり、採掘場が断崖絶壁ではなく、崖の下側に広場があるためとかがえられる。東尋坊の景勝地である大池周辺をはじめ、これより北方では石材の採掘や岩体の破壊は行われていない。明治時代初期のことであり、天然記念物指定もなかった時代であるが、景勝地は保存するという考えがあったものと思われる。

七ツ岩周辺は、柱状節理の太さも260cm~180cmで手頃な大きさで、接岸するための岩場の地形も北西~南東方向の入り江も多く、エッセル堤から直線できた場合、着岸・離岸が容易である。採掘・運搬共に良い条

件にめぐまれていた場所と考えられる。また、岩場の直下に海岸から少しの広場と距離があり、岩塊の採集や船への積み込み用の器械等の据え付けも可能であったものと思われる。また、北西の季節風の影響も受けにくい場所であったためと考えられる。

## 10. おわりに

福井県が世界にはこる水晶学者市川新松は、その著書「福井県鉱物誌」（市川、1933）の中で、“東尋坊七ツ池”と題して東尋坊の火山岩および柱状節理について次のように述べている。「十数年前より三国港波止場の修繕に伴い神工鬼作の名岩もいつしか破壊せられて昔日における奇跡を失わんとするに至りたるは惜しむべきことと云うべし」と東尋坊の石材採掘を嘆いている。

今回、明治11年の東尋坊・雄島での石材採掘の現場記録写真からエッセル堤の原岩を求めて調査を進め、多くの新知見を得ることができた。石材の採掘は、柱状節理の割れ目を生かして、粉々に破壊することなく大きなブロックで切り出している。切り出した岩塊の吊り上げ、船への積み込み、積み下ろしなどにはクレーンの役目をする、3本の木材と二組の滑車が使用された。このクレーンは、陸上をはじめ、木造船にも取り付けられていた。採掘場所としては、船が接岸しやすく積み込みが容易な入り江が多く、崖の手前に海面とほぼ同レベルのフラットな平坦面が必要であった。

千丈敷、七ツ岩の石材をはじめエッセル堤の石材等について蛍光X線化学組成分析を実施した結果、何れの石材もデイサイト質で、ほぼ同一の化学組成を持つことが分かった。つまり、東尋坊の石材とエッセル堤の石材とは同一のものであるという結論に達した。

## 謝 辞

東尋坊の石材採掘跡を特定できたのは、株式会社メディアバスターズのディレクター井上国英氏のご協力のおかげである。龍翔館からは、明治初期の採掘状況の記録写真データを提供していただいた。また、みくに龍翔館の釣部由紀子館長補佐、角 明浩学芸員、上原康生学芸員には当時の工事記録文書等の閲覧と解説をしていただいた。エッセル堤の石材の化学組成分析には福井県工業技術センターの蛍光X線分析機器を使用させていただいたが、担当の斉藤正剛氏には機器の使用法や測定データの解析方法などについてご指導をいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

## 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究報告, no.14, 25-30
- 市川新松, 1933, 福井県鉱物誌, 自版85p
- みくに龍翔館, 2004, 第21回特別展「明治三大築港展」図録, 48p
- 加納文書, 1878, 築港来歴書, みくに龍翔館蔵
- 吉澤康暢, 2005, 東尋坊安山岩質貫入岩体の産状と構造, 福井市自然史博物館研究報告, no.52, 13-27
- 吉澤康暢, 2012, 越前松島玄武岩質安山岩の産状, 福井市自然史博物館研究報告, no.59, 8-16
- 吉澤康暢, 2013, 雄島の流紋岩の流理構造, 福井市自然史博物館研究報告, no.60, 11-20



写真5：九頭竜川河口（左）と右岸の“エッセル堤”（中央）  
セスナ機より撮影（2013年9月）

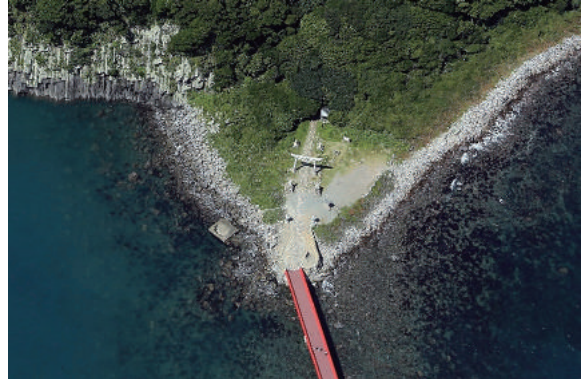


写真6：雄島の南東海岸に無数に堆積している流紋岩の岩塊  
セスナ機より撮影（2013年9月）



写真7：雄島の流紋岩採掘現場跡（写真8と同じ場所）

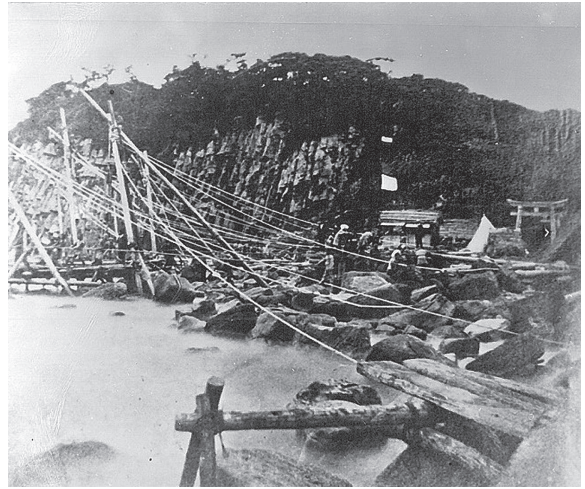


写真8：明治11年、雄島の採掘現場記録写真  
（みくに龍翔館提供）

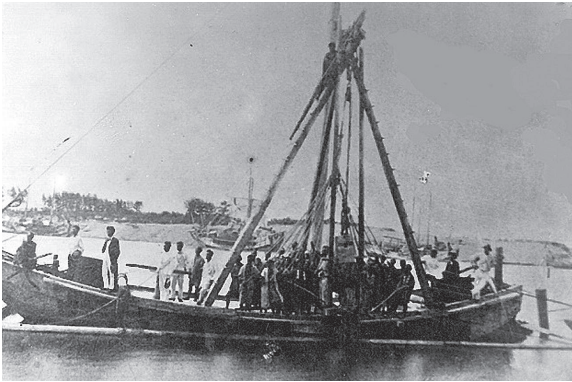


写真9：明治12年、運搬船の記録写真（みくに龍翔館提供）



写真10：明治12年、建設中の“エッセル堤”（みくに龍翔館提供）

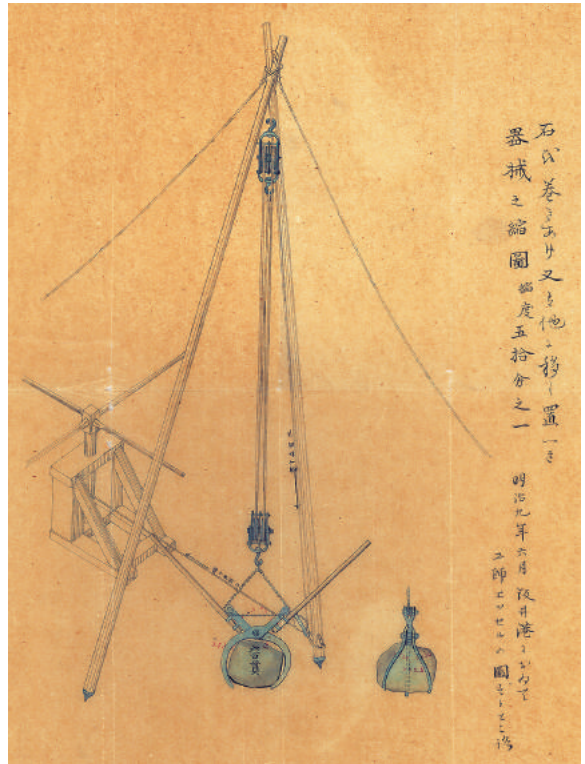


写真11：明治9年、巻き上げ器械の縮図（みくに龍翔館提供）



東尋坊と雄島に残る“エッセル堤”に使用された石材採掘跡



写真12：“千丈敷”南方で見られる採掘跡の平坦面



写真13：写真12を“七ツ岩”付近の海面から望む



写真14：“七ツ岩”付近の採掘跡に残る柱状節理



写真15：“千丈敷”南方の最大規模の採掘跡



写真16：“七ツ岩”付近の採掘跡の平坦面



写真17：写真12の南方直下の採掘跡平坦面



写真18：東尋坊の石材とわかる“エッセル堤”の岩積み



写真19：“エッセル堤”で見られる雄島の石材（中央）



写真20：“千丈敷”周辺で見られる採掘跡の平坦面



写真21：“千丈敷”で見られる採掘跡の平坦面



写真22：“千丈敷”の巨大柱状節理の採掘断面



写真23：“千丈敷”の密集したダイナマイトを装填する発破孔跡



写真24：“七ツ岩”付近のダイナマイト発破孔跡



写真25：“千丈敷”壁面のハーフパイプ状のダイナマイト発破孔跡



写真26：“七ツ岩”付近の二つのダイナマイト発破孔跡、中心から三方向に割れ目が入っている



写真27：“七ツ岩”付近の直径25ミリのダイナマイト発破孔跡