

## 三国町安島の黒曜石

吉澤 康暢\*

Obsidian from Anto, Mikuni-cho, Sakai-city, Fukui Prefecture, Central Japan

Yasunobu YOSHIZAWA\*

(要旨) 黒曜石は非晶質の流紋岩質火山岩で、天然の火山ガラスである。日本国内では分布が限られている。福井県内の産出地は、坂井市三国町安島周辺、鯖江市と越前市にまたがる三里山(346m)の2箇所のみである。このうち三国町安島の産出地では海食崖に露出する礫岩層中に、黒色でガラス光沢を持つ黒曜石礫および真珠岩礫が無数に含まれている。ここより少し南に位置する福良の浜の礫岩層中にも、黒曜石礫や真珠岩礫が含まれている。これらの黒曜石礫と真珠岩礫の産状の観察をはじめ表面や破片の顕微鏡観察と蛍光X線分析を行った。その結果、安島産の黒曜石礫や真珠岩礫は、いずれも同じ化学組成であることがわかった。これらは同じマグマ起源と考えられる。黒曜石礫の成因については、先に固結した黒曜石の溶岩流や火山放出物が侵食され、礫となって水中に運搬され堆積したものと考えられる。また、この地層中には、黒曜石礫のほか、黒曜石の風化が強く進んだ礫、真珠岩礫、マレカナイト型真珠岩礫なども堆積している。いずれも黒曜石礫の風化が進行し変質したもので、黒曜石と同一起源と考えられる。

キーワード：安島、黒曜石、真珠岩、マレカナイト型真珠岩、晶子

### 1 はじめに

三国町安島南東の海食崖(図1)には凝灰質砂岩、礫岩、火山角礫岩などからなる米ヶ脇層(新生代新第三紀中新統)が堆積している(東野ほか1987;吉澤1991)。この崖下には小さな礫が集まった礫浜が形成されている(写真1, 2)。この礫中に、黒曜石礫、真珠岩礫、マレカナイト型真珠岩礫などが含まれている。黒曜石は黒く光る天然の火山ガラスである。これらは礫岩層中に含まれる黒曜石礫が、風化・侵食されて落下したものをはじめ、礫岩層そのものが波浪により侵食され、黒曜石礫などが海底に運ばれ、再び打ち上げられたものである。黒曜石の産出は国内でも希で、安島は福井県内では数少ない産地のひとつである。安島の黒曜石は円礫～亜円礫状で産出し、大きなものでも拳大前後であるため、北陸ではほとんど知られていない産出地である。

黒曜石は火山岩の一種で、岩石名としては「黒曜岩」と呼ばれている。化学組成上は流紋岩で、石基はほぼガラス質で少量の斑晶を含んでいる。黒曜石は、流紋岩質マグマが水中などの特殊な条件下で噴出し急冷することで生じると考えられている(山岸1994)。黒曜石の外見は黒く(茶色、また半透明の場合もある)ガラスとよく似た性質を持ち、割ると非常に鋭い破

断面(貝殻状断面)を示す(写真21)。黒曜石はほとんど光を通さないため黒く見えるが、一部の黒曜石礫は、光に当てると光が透過し煙水晶のような透明度のものがある(写真22)。同じガラス質で丸い割れ目の多数あるも

のは真珠岩(パーライト)と呼ばれている。マレカナイト型真珠岩と呼ばれているものは、真珠岩の中に小さな黒曜石が核として含まれているものである(写真25)。真珠岩の成因の一つとして、黒曜石の風化によるものがあると考えている。マグマが急冷した後、黒曜石の風化が極度に進み、そのほとんどが真珠岩に変化し、中心付近には風化を免れた黒曜石が複数残っている(写真6, 7)。この黒曜石が波浪による侵食で真珠岩からはずれ、崖下に落下したものと考えられる。



図1：黒曜石産出地点

\*福井市自然史博物館 〒918-8006 福井市足羽上町147

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

## 2 黒曜石礫の産出層準

東尋坊一帯には新生代新第三紀中新世の火山活動に伴う火山岩および火山砕屑岩類からなる米ヶ脇層が露出している(三浦1957)。火山砕屑岩類は凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰質泥岩、礫岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩などの水中～陸上堆積物から構成されている。礫岩層は複数層見られ、凝灰質砂岩層と互層している(吉澤1991)。この礫岩層中には多くの黒曜石礫をはじめ真珠岩礫やマレカナイト型真珠岩礫などが含まれている。黒曜石礫や真珠岩礫の密集層は、主たる礫岩層の最下部および間に挟まれた凝灰質砂岩層の直上部に集中している。これらの岩層の堆積は東尋坊、雄島、越前松島などに露出する火山岩類の火山活動(吉澤2005)とは一連のものと考えている。

安島に露出する礫岩層の最下位には、凝灰質砂岩層が堆積しているが、この中から*Comptonia* sp.の植物化石やウニの殻の化石などが産出している(吉澤1991)。

## 3 黒曜石礫と真珠岩礫の産状

黒曜石は通常、溶岩または火山放出物として産出する。安島の黒曜石礫および真珠岩礫は、円礫～亜円礫を主とする礫岩層中の礫として産出する(写真11, 12)。これらの礫の表面に平面がある場合、その平面は礫岩層のラミナおよび堆積面にほぼ平行に堆積している。黒曜石、真珠岩礫のインブリケーションについては、安島の礫岩層中では認められない。

黒曜石礫および真珠岩礫の原岩については、黒曜岩の溶岩流あるいは火山放出物からなる火山角礫岩層の存在が推定できる。しかし、これら黒曜岩の原岩は、安島周辺や東尋坊周辺など付近一帯には露出していない。また、黒曜石礫および真珠岩礫の形状が円礫～亜円礫であることから、これらの礫は、未知の黒曜岩の溶岩流あるいは火山角礫岩層が存在し、これらの原岩が削剥されて礫になったものが水底に運搬され、礫岩層として堆積したのと考えられる。

真珠岩は、多数の同心状(球状、楕円体状、多面体状)、渦巻状、玉葱状の多数の割れ目構造を有するガラス質流紋岩で(写真26)、高温石英など少量の斑晶を含んでいる(写真27)。また、微晶や晶子の配列による流理構造などがある(写真28, 29, 30)。割れ目構造が真珠の破片に似ていることから命名されたものである。これらの構造は、冷却時の収縮または冷却後の加水による膨張などで生ずると考えられている。

安島産の黒曜石については、越前市の水晶学者市川新松氏が約80年前に出版した「福井県鉱物誌1933」に詳細な記載がある(市川新松1933)。この福井県鉱物

誌の火山岩の項の黒曜石についての記載を転載すると「坂井郡雄島村安島小字苗代田の礫岩層中より出ず。著者の踏査によれば、この礫岩層は凝灰質粘土を以て黒曜石、玉髓、碧玉、安山岩等の礫を固めたものにして柔らかなる白色の砂岩と交層をなして日本海岸における千仞の絶壁をなす。黒曜石即火山玻璃の礫は径3～10cm許ありその性質二種に区別することを得べし。即一はイナメル質にして至って脆く、色は白色を呈するも少しく鼠色を帯び真珠光沢を有す。中略、イナメル質の玻璃は、重に層状組織を呈する。葱皮状の組織を呈する玻璃は、爪にて幾重にも劈け得べく、色は鼠色を呈し玻璃光沢強し。この薄皮を破ること数枚なるときはその中心に堅き黒曜石を含むものなり。その礫の小なるものは一個の黒曜石を含むも、礫の大きさ10センチ以上に達するものは数個の黒曜石を含有するものにして、この場合に於ける各の礫は、既に述べたる如く幾重ともなき葱皮状の薄皮にて包まれるものなり。」とある。小字苗代田は、安島より200mほど南方にあった海成段丘上の湿地を指している。黒曜石についての記載は、脆い真珠岩および真珠岩中に黒曜石の核があるマレカナイト型真珠岩についての記述と考えられる。礫岩層中の黒曜石礫の割合は、純粋な黒曜石の礫より、真珠岩の礫の割合が多く、その中でも複数の黒曜石の核があるマレカナイト型真珠岩礫(写真25)がほとんどである。黒曜石の質の良さは、礫岩層中に単体で含まれる黒曜石よりもマレカナイト型真珠岩中の黒曜石の方が新鮮で美しい。風化が強く進んでいる黒曜石礫(写真8, 10)は、不規則な割れ目を伴う脆いガラスに変質しており、グズグズとくずれやすい。

礫岩層中の礫の構成種は、下部になるにしたがい黒曜石や真珠岩礫の割合が多くなり密集層を形成している(写真11, 12)。礫岩層の間には凝灰質砂岩層を挟んでいるが(写真4)、これより上部を構成する礫岩層中には黒曜石や真珠岩の円礫の他、流理構造の顕著な流紋岩の円礫を多く含んでいる。礫岩層の最上部は、安山岩などの大きな角礫状ブロックを含む火山角礫岩が流れ込んでいる(写真5)。礫岩層と火山角礫岩層との漸移部にも、黒曜石や真珠岩の円礫が含まれている。この他、赤色のジャスパー、玉髓、チャート、花崗岩、安山岩、凝灰岩など(写真16)の礫が見られる。また、珪化木(写真15)をはじめ、炭化した巨大な流木片なども含まれている。(図2)

中間にある凝灰質砂岩層は不規則なレンズ状で淡黄白色である。層厚は最大で約2mあり、中には軽石片をはじめ黒色の炭化した植物片などが含まれている(写真14)。底部の走向はN30° W、傾斜は15° NE。

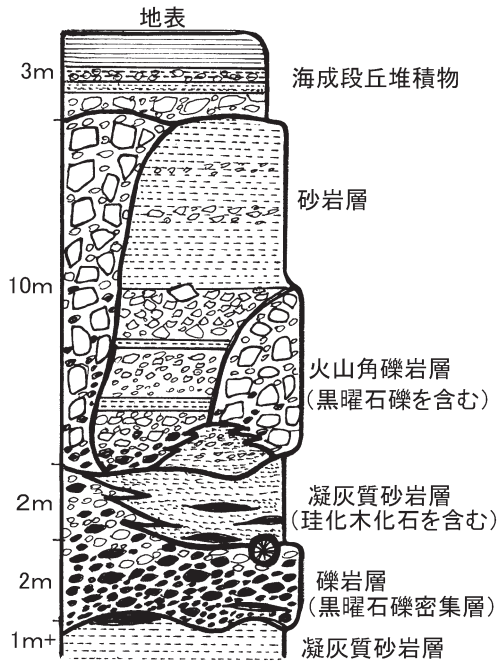


図2：安島の黒曜石産出層の模式図

#### 4 黒曜石礫と真珠岩礫の特色

安島および福良の浜の露頭において、黒曜石礫と真珠岩礫の産状は全く変わらない。安島の礫岩層中には、黒曜石礫の他、黒曜石礫の風化が強く進んだもの、真珠岩礫、マレカナイト型真珠岩礫(写真25)などが大量に堆積している。いずれも黒曜石の風化が進行し変質したものと考えられ、すべて同一起源と考えている。黒曜石礫はツヤツヤ黒光りしており新鮮そのものである(写真21)。また、黒曜石の礫の中には流理構造が顕著に表れているものがある(写真23, 24)。黒曜石はほとんど光を通さないのが黒く見えるが、一部の黒曜石礫は、光に当たると光を透過し、煙水晶のような透明度と色合いを示すものがある(写真22)。光を透過するもののうち、内部に微晶や晶子による流理構造がはっきり認められるものがある。黒曜石礫の風化が進んだもの(写真8, 10)は、黒色で非常にもろく、力を加えるとグズグズとくずれ、先のとがったガラス片のように砕ける。真珠岩礫は、色はパールホワイトで、円形ないし楕円形の小さな真珠状の粒に分かれる。これらの小片を顕微鏡で観察すると、粒の外形は円形であっても、内部の晶子は平行な流理構造(写真28, 29, 30)を持っている。真珠岩と黒曜石の化学組成を調べると成分に差は認められない。真珠岩礫は黒曜石礫の強い風化により変質してできたものと考えられる。真珠岩礫の顕微鏡観察では高温石英の結晶粒(斑晶)がかなりの頻度で認められる。また、黒曜石礫の中には、中心部は新鮮な黒曜石、その外側は真珠岩、さらにその外側が白色の水和層で包まれているも

のがある(写真13)。この礫は黒曜石礫の風化の進行の様子を知り考察するための良いモデルになると考えている。

#### 5 黒曜石礫と真珠岩礫の晶子

黒曜石礫は、ガラス光沢を有する流紋岩質のガラス質火山岩である。少量の斑晶を含み、石基には微晶や晶子(クリスタライト)を含んでいる。真珠岩礫はもろく、衝撃を与えるとくずれて真珠状の小さな球状の粒子に分解される。この小さな粒子を顕微鏡で観察すると、微小な晶子が空隙を作り、線状、点紋状、縞状、放射状、アメーバ状、球果状につながって規則的な模様を形成している。また、これらの微小な空隙の中には、さらに小さな黒色の微晶が存在している(写真28~32)。

安島産の黒曜石の晶子については、市川新松氏の「福井県鉱物誌1933」にマイクロライトとしての詳細な顕微鏡スケッチが残されている(市川新松1933)。

#### 6 黒曜石礫と真珠岩礫の化学組成

安島産の黒曜石礫5個、真珠岩礫1個、兵庫県豊岡市福田産の黒曜石礫1個について、それぞれの化学組成を調べるため定性分析と定量分析を行った。黒曜石礫5個については、礫岩層の露頭全域でランダムに採集したもので、いずれも同じ条件下のものである。兵庫県豊岡市福田産の黒曜石は、安島産の黒曜石と化学組成を比較するための標本である。

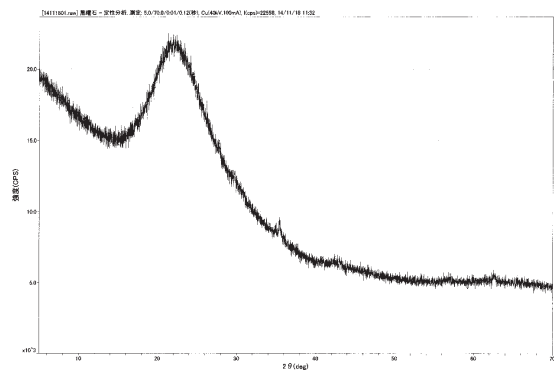
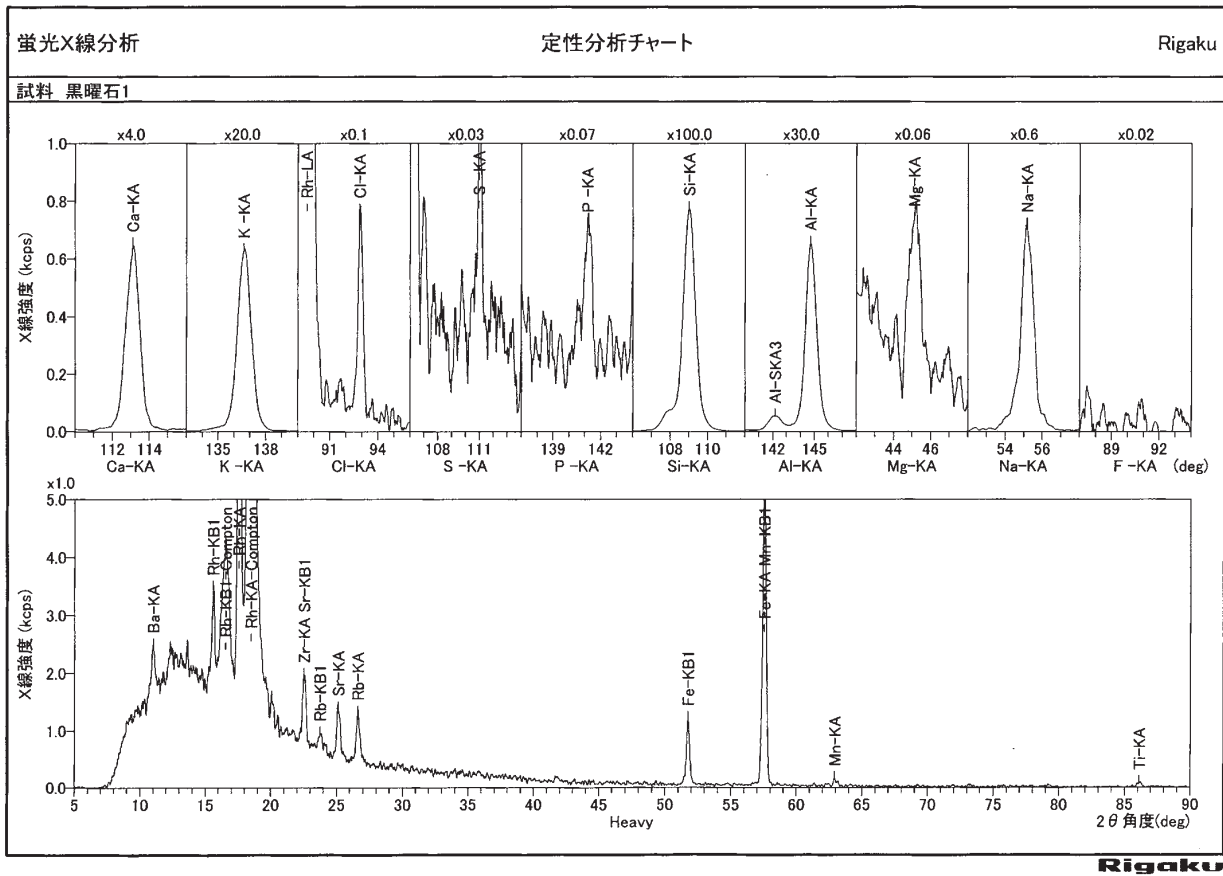


図3：黒曜石のガラス強度曲線

黒曜石および真珠岩の定性分析はX線回折装置と蛍光X線分析装置(Rigaku ZSX 100e)の2種類(福井県工業技術センター)を使用した。定性分析と定量分析の結果は、定性分析チャートおよび定量分析SQX(表1・2)に示した。その結果、X線回折装置による黒曜石の鉱物組成は、ガラスの強度曲線以外は何も検出されなかった(図3)。蛍光X線分析の定性分析チャートからは、黒曜石5個、真珠岩1個のいずれの資料

表1：安島産黒曜石の成分分析結果

2014-11-18 11:20



2014-11-18 11:26

SQX分析結果

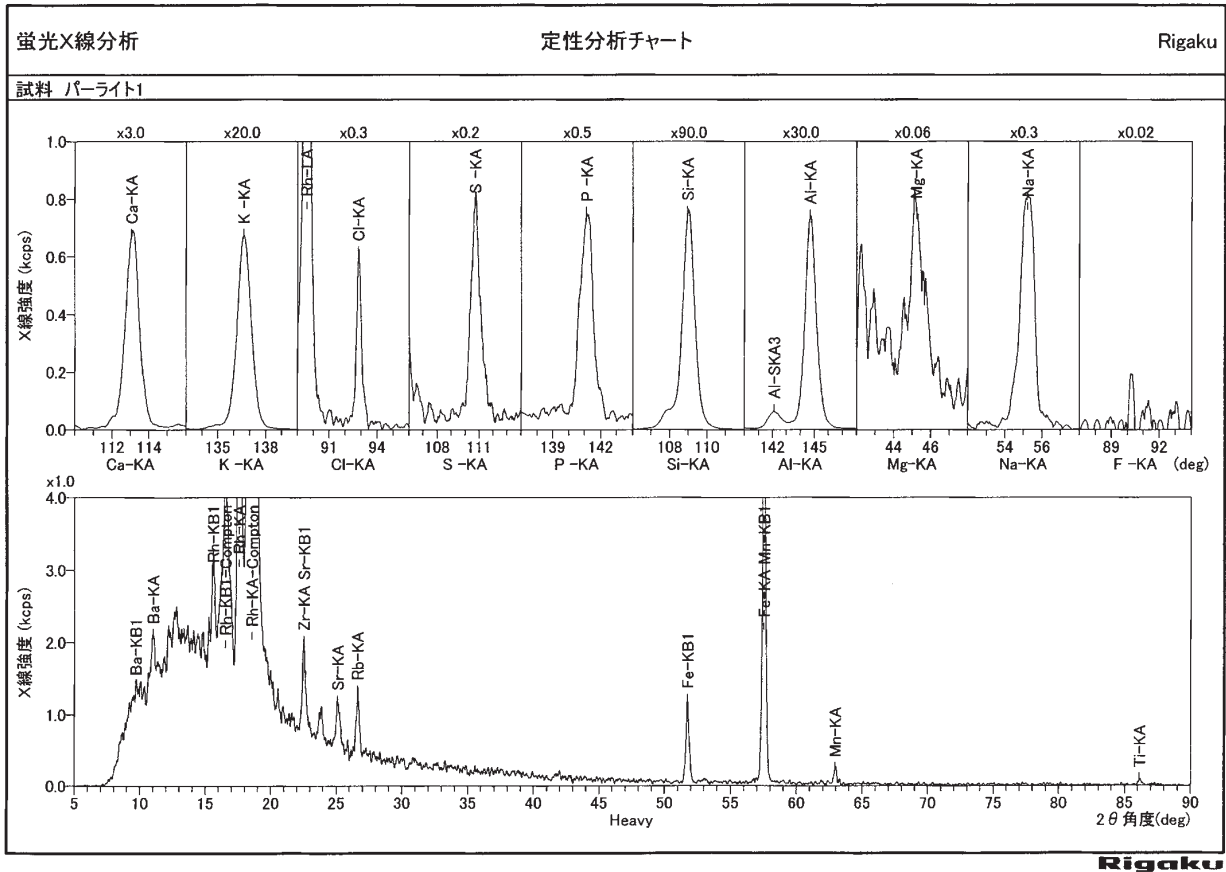
試料名： 黒曜石1  
 アプリケーション：EZS004XNV  
 試料モデル：バルク

分析日時：2014-11-18 10:15  
 バランス成分：  
 マッチングライブラリ：  
 ファイル： 141118-01

No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Na <sub>2</sub> O	3.5681	mass%	0.0710	Na-KA	0.4180	3.4097
2	MgO	0.1589	mass%	0.0530	Mg-KA	0.0371	0.1519
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.3527	mass%	0.0360	Al-KA	19.3686	12.7600
4	SiO <sub>2</sub>	75.7746	mass%	0.0903	Si-KA	76.4691	72.4113
5	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.0218	mass%	0.0102	P-KA	0.0356	0.0208
6	SO <sub>3</sub>	0.0198	mass%	0.0082	S-KA	0.0247	0.0189
7	Cl	0.1039	mass%	0.0131	Cl-KA	0.0696	0.0993
8	K <sub>2</sub> O	4.1258	mass%	0.0208	K-KA	12.5056	3.9426
9	CaO	1.0724	mass%	0.0103	Ca-KA	2.5634	1.0248
10	TiO <sub>2</sub>	0.1303	mass%	0.0244	Ti-KA	0.0786	0.1246
11	MnO	0.0515	mass%	0.0088	Mn-KA	0.1480	0.0492
12	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4255	mass%	0.0712	Fe-KB1	1.1425	1.3622
13	Rb <sub>2</sub> O	0.0165	mass%	0.0034	Rb-KA	0.8542	0.0158
14	SrO	0.0138	mass%	0.0036	Sr-KA	0.7547	0.0132
15	ZrO <sub>2</sub>	0.0168	mass%	0.0032	Zr-KA	1.1816	0.0161
16	BaO	0.1476	mass%	0.0471	Ba-KA	0.9758	0.1411

表2：安島産真珠岩の成分分析結果

2014-11-18 11:20



SQX分析結果							
試料名：パーライト1		分析日時：2014-11-18 11:00					
アプリケーション：EZS004XNV		試料モデル：バルク		バランス成分：			
				マッチングライブラリ：			
				ファイル：141118-06			
No.	成分名	分析値	単位	検出限界	分析線	X線強度	規格化前
1	Na <sub>2</sub> O	2.1957	mass%	0.0798	Na-KA	0.2384	1.9543
2	MgO	0.1529	mass%	0.0568	Mg-KA	0.0337	0.1361
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.1324	mass%	0.0403	Al-KA	22.0776	14.3590
4	SiO <sub>2</sub>	73.2681	mass%	0.0959	Si-KA	67.7236	65.2135
5	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2247	mass%	0.0154	P-KA	0.3436	0.2000
6	SO <sub>3</sub>	0.1355	mass%	0.0100	S-KA	0.1584	0.1206
7	Cl	0.2872	mass%	0.0167	Cl-KA	0.1796	0.2556
8	K <sub>2</sub> O	4.7346	mass%	0.0237	K-KA	13.3190	4.2141
9	CaO	0.9215	mass%	0.0126	Ca-KA	2.0194	0.8202
10	TiO <sub>2</sub>	0.1493	mass%	0.0393	Ti-KA	0.0829	0.1328
11	MnO	0.0825	mass%	0.0145	Mn-KA	0.2180	0.0734
12	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5454	mass%	0.0794	Fe-KB1	1.1369	1.3755
13	Rb <sub>2</sub> O	0.0205	mass%	0.0033	Rb-KA	0.9661	0.0182
14	SrO	0.0128	mass%	0.0036	Sr-KA	0.6411	0.0114
15	ZrO <sub>2</sub>	0.0193	mass%	0.0034	Zr-KA	1.2438	0.0171
16	BaO	0.1177	mass%	0.0498	Ba-KA	0.7142	0.1047



写真1：安島の黒曜石産出地と崖下の礫浜（西方より望む）



写真2：安島の黒曜石産出地と崖下の礫浜（東方より望む）



写真3：露頭中央部，下部は礫岩層，上部に海成段丘堆積物が堆積



写真4：黒曜石礫を大量に含む礫岩層，中間に不規則に凝灰質砂岩層を挟む



写真5：礫岩層中に火山角礫岩が流れ込んでいる部分，下部は凝灰質砂岩層



写真6：礫岩層中のマレカナイト型真珠岩礫，中に風化を免れた黒曜石が複数残っている



写真7：礫岩層中のマレカナイト型真珠岩礫，中に風化を免れた黒曜石が複数残っている



写真8：風化の進んだ黒曜石礫

三国町安島の黒曜石



写真9：礫岩層下部の黒曜石礫，円礫で平面は堆積面に平行



写真10：写真9のアップ，黒曜石礫は風化が進んでいる



写真11：礫岩層最下部の黒曜石密集部，約8割が黒曜石礫



写真12：写真11のアップ，黒曜石礫は真珠岩化している



写真13：写真11のアップ，黒曜石礫の周囲は真珠岩化している



写真14：凝灰質砂岩のアップ，炭化した植物片や軽石礫を含む



写真15：礫岩層(下位)と凝灰質砂岩層(上位)との境界に含まれる珪化木



写真16：安島の礫浜で見られる黒曜石，ジャスパー，玉髄，流紋岩礫



写真17：福良の浜に露出する黒曜石礫を含む礫岩層



写真18：福良の浜，黒曜石を含む礫岩層と凝灰質砂岩層との境界



写真19：福良の浜，黒曜石を含む礫岩層と凝灰質砂岩層との境界，礫のインブリケーションが顕著



写真20：福良の浜，礫岩層最下部に含まれる黒曜石礫



写真21：安島の黒曜石礫，黒色のガラス光沢がある



写真22：安島の光を透過する黒曜石礫，流理構造が見える



写真23：安島の明瞭な流理構造を持つ黒曜石礫

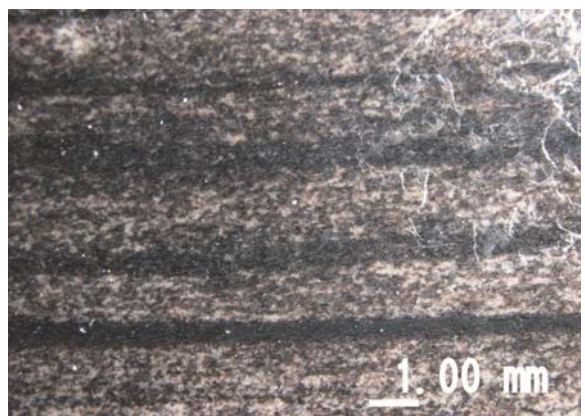


写真24：写真23のアップ，規則的な濃淡の縞模様



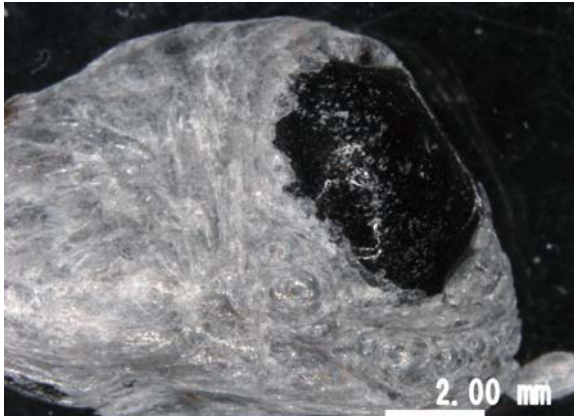


写真25：真珠岩に含まれる黒曜石，マレカナイト型真珠岩

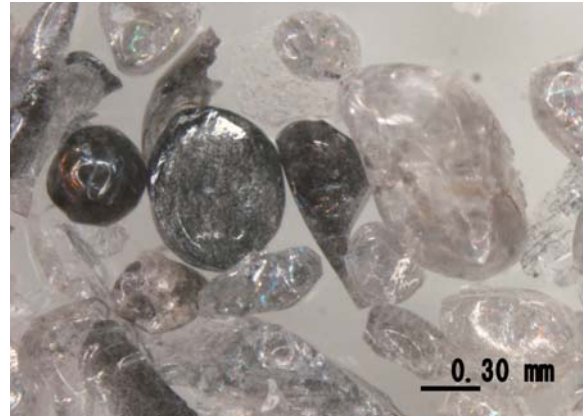


写真26：真珠岩を構成する真珠状の小粒子，黒曜石の部分もある

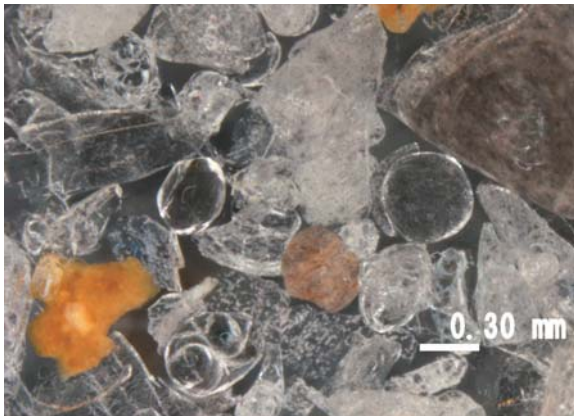


写真27：真珠岩を構成する高温石英(中央の透明な左右2個の結晶)

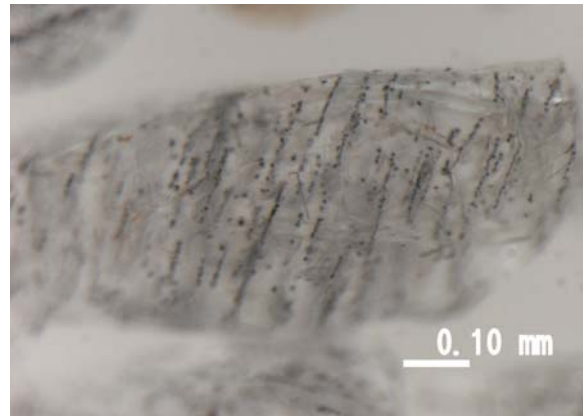


写真28：真珠岩の小粒子に見られる流理状のクリスタライト

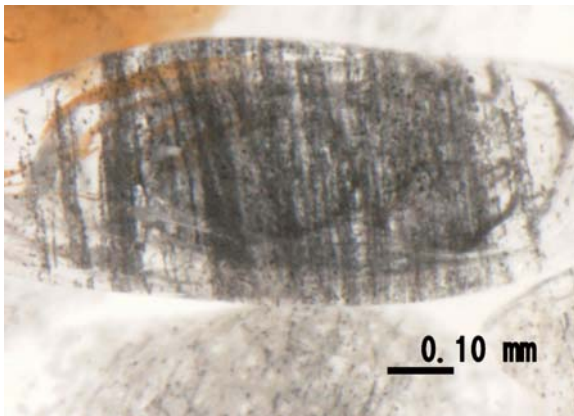


写真29：真珠岩の小粒子に見られる流理状のクリスタライト

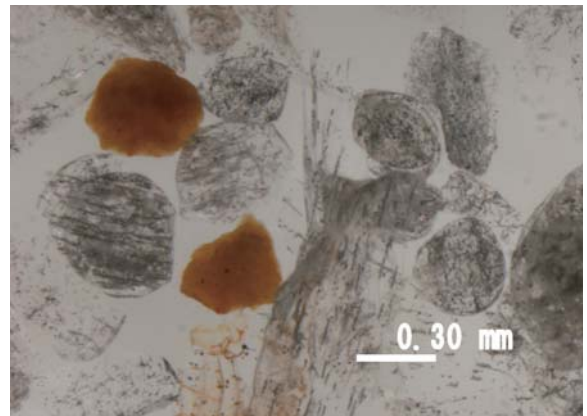


写真30：真珠岩の小粒子に見られる流理状のクリスタライト

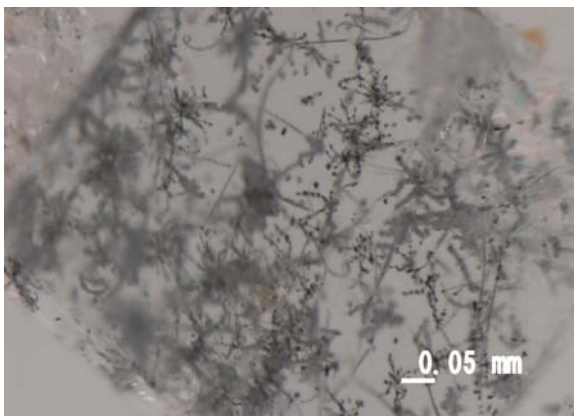


写真31：真珠岩の小粒子に見られる放射状のクリスタライト

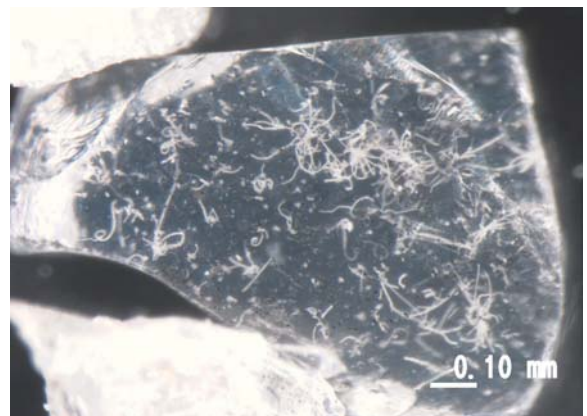


写真32：真珠岩の小粒子に見られる放射状のクリスタライト

も、X線強度はFeが最も強く、次いでZr、そしてRb、Sr、Baと続いている。わずかに表れたピークは、MnとTiであり、いずれも同じ化学組成であることがわかった。このことから、これらの礫は同じ黒曜石の原岩あるいは同じ成分のマグマから生じたと考えることができる。また、黒曜石礫と真珠岩礫とで化学組成に差がないことから、真珠岩礫は黒曜石礫の強い風化によって変質して形成されたものと考えることができる。兵庫県産の黒曜石との比較では、Feの強度はほとんど差がなく、Srは安島産の黒曜石は兵庫県産の約4分の1で少ない。Mn、Tiは兵庫県産の黒曜石では目立たなかった。SQX分析結果からは、安島産の黒曜石のSiO<sub>2</sub>の量は平均76.1wt%で、流紋岩質マグマ起源といえる。次に多い成分はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で13.3wt%、そして、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaOの順に続き、これらの組成は黒曜石のほぼ一般的な値といえる。安島産の真珠岩のSiO<sub>2</sub>の量は73.3wt%と少なめで、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は16.1wt%と多い、Na<sub>2</sub>OとCaOは少なめであった。真珠岩は黒曜石の風化による産物と考えられるので、風化によって成分が多少変化するものと思われる。兵庫県産の黒曜石のSiO<sub>2</sub>量は77.3wt%と安島産に比べると少し多めの値であった。その他の成分は、CaOが2.6wt%と多く、K<sub>2</sub>Oが1.4wt%と少なかった。これは、兵庫県産の黒曜石が、安島から何百キロも離れた地域の資料であり、マグマの成分が異なるためと考えられる。

以上の分析結果について考察すると、安島産黒曜石のSiO<sub>2</sub>量は平均76.1wt%で、流紋岩質マグマ起源といえる。今回ランダムに採集した5個の黒曜石礫について元素組成、SiO<sub>2</sub>量などに変化がないことから、安島の黒曜石礫は、いずれも同じ黒曜岩からなる溶岩流または火山放出物などの原岩が削剥され、運搬されて水底に堆積し、礫岩層を形成したのと考えられる。

## 7 考察

黒曜石礫や真珠岩礫は、安島海岸に露出する礫岩層中の主に下部に密集して存在する。この他、東尋坊に近い福良の浜の円礫からなる礫岩層の最下部（下位の凝灰質砂岩層の直上）約1mにも集中して黒曜石礫と真珠岩礫が含まれている（写真17～20）。安島周辺では、黒曜石礫の産出地はこの2箇所のみである。このように黒曜石礫の密集層があることや、礫岩層の上部になるにしたがい黒曜石礫が減少することなどから、礫岩層の堆積時に黒曜石礫の供給が、一時的に限られた地域でのみ行われたことが読み取れる。また、それぞれの礫岩層に黒曜石礫や真珠岩礫を供給した、火山活動やその原岩の侵食・運搬・堆積が、ほぼ同じタイミングで、それぞれの地域で行われた可能性がある。

安島の礫岩層中に含まれる黒曜石礫や真珠岩礫は、いずれも同じ化学組成であることから、同じ流紋岩質マグマ起源と考えられる。黒曜石礫の成因については、礫が大小様々な円礫～亜円礫であることや、礫の平面が礫岩層のラミナや堆積面に平行な堆積状況であることなどから、先に急冷により固結した黒曜石の溶岩流や火山放出物などが侵食され、礫となって水中に運搬され、堆積したものと考えられる。また、この地層中には、黒曜石礫の他、黒曜石の風化が強く進んだ礫、真珠岩礫、マレカナイト型真珠岩礫などが大量に堆積している。これらは黒曜石の風化が強く進行し変質したもので、いずれも同一起源と考えられる。

以上、三国町安島地域で産出する黒曜石礫や真珠岩礫の堆積状況や化学組成の分析結果から、これらの礫を供給した溶岩流や火山放出物が存在し、しかもこれら特異な火山活動が、一時的に行われたことを推定することができる。

## 謝辞

黒曜石ならびに真珠岩の成分分析は福井県工業技術センターの分析機器を使用させていただいた。その際、木下佳紀氏、真木教雄氏には機器の使用手法や測定データの解析についてご指導をいただいた。また、福井市自然史博物館協力員の安野敏勝氏には兵庫県豊岡市福田産の黒曜石標本を提供いただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

## 引用・参考文献

- 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  
 市川 渡・粕野義夫・山崎正男, 1961, 福井県東尋坊松島地区地質調査報告書.19p  
 三浦 静, 1957, 福井県加越台地の地質-第一報-(特に新第三系の層序について), 福井大学学芸学部紀要, II, no.7, 149-161  
 三浦 静, 1975, 三国町の自然環境概観及び三国町地質図, 三国町自然環境保全候補地学術調査報告, 三国町, 1-5.  
 山岸宏光, 1994, 水中火山岩-アトラスと用語解説-, 北海道大学図書刊行会, 195p  
 吉澤康暢, 1991, 福井県三国町米ヶ脇層の岩相層序と堆積環境, 三浦 静教授退官記念論文集, 35-42  
 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