

内外海鉾山跡の調査報告

吉澤 康暢*

Survey report of Uchitomi Mine site in Fukui Prefecture, Central Japan

Yasunobu YOSHIZAWA*

(要旨) 内外海鉾山跡は、若狭湾に突き出した内外海半島西端松ヶ崎の北東部に位置し、昭和29年頃までタングステン鉾の採掘が続けられていた場所である。このタングステン鉾床は松ヶ崎鉾床と呼ばれ、古生代ペルム紀の堆積岩層(超丹波帯)に貫入した蘇洞門花崗岩類(角閃石黒雲母花崗岩)との接触部付近に形成されている。付近一帯の海岸線は、高さ数十メートルの海食崖が約6kmにわたって続く景勝地で、蘇洞門海岸と呼ばれている。

今回、内外海鉾山跡の3ヶ所の入り口から入坑し、延長約160mの坑道の延びや坑道内壁上で、輝水鉛鉾や黄銅鉾の鉾化帯を目視で確認できた。また、ミネラライトにより角閃石黒雲母花崗岩中に含まれる灰重石と考えられる鉾物の青色の蛍光を確認できた。さらに坑道内壁上で採集した角閃石黒雲母花崗岩試料の蛍光X線化学組成分析によりタングステン酸を検出した。

キーワード：内外海鉾山跡、松ヶ崎鉾床、角閃石黒雲母花崗岩、灰重石、タングステン

1. はじめに

内外海鉾山跡は、小浜市泊地区内にあり、西方の大島半島鉾崎と相対峙して、小浜湾に突き出した松ヶ崎の北東部に位置する(図1)。この付近一帯の海岸線は古生代ペルム紀の堆積岩層(超丹波帯)および、これに中生代白亜紀末(70.7±1.8Ma, 亀高ほか, 2010)に貫入した蘇洞門花崗岩類(角閃石黒雲母花崗岩)から形成されている(図2), (福井県, 2010)。この貫入の接触部付近にタングステン鉾床が発見され、内外海鉾山としてタングステン鉾や銅鉾の採掘が昭和29年頃まで行われていた。この鉾床は松ヶ崎鉾床と呼ばれ、1号坑・2号坑・3号坑・4号坑・5号坑・6号坑および小山下坑・小山上坑の8坑道が開削され、それらのうち1号坑・2号坑は本鉾山の主要な部分であった。タングステン鉾や銅鉾は、主にペルム紀堆積岩層に貫入した蘇洞門花崗岩類との接触部沿った花崗岩内で採掘が行われていた(原口・辻岡, 1954; 平林・宮川, 1954)。当時、採掘した鉾石は船で小浜市内(竹原町)の選鉾場に運ばれたが、冬期の数カ月は波浪が荒く、鉾山の船着き場への接岸が困難であった。鉾山への陸路は、小浜市より堅海・泊地区を経て、海岸線を山麓沿いに進み、松ヶ崎に達するルートがあった。しかし、泊地区から先の鉾山までの約3kmは、急峻な絶壁が続く海岸線で、鉾山への到達は困難を極めた。

本鉾山は、かつて銅鉾山として採掘が続けられ、戦

時中はモリブデン鉾山として開発された。その後、鉾業権者として神戸市の帝国鉾業株式会社が継承したが、その鉾山技師がミネラライトを坑内に持ち込んだことにより、灰重石を多量に含有することが発見され、タングステン鉾山として採掘が続けられてきた。当時の資料(原口・辻岡, 1954; 平林・宮川, 1954)によると、松ヶ崎鉾床の主要部は、松ヶ崎頸部の延長60mの間にあり、1号坑(図3, 4)の南半分30mの間は、タングステン鉾の品位が特に良好であった。本鉾山の富鉾部のCaWO₄(灰重石)は20~40%にもおよぶが、平均粗鉾品位は約3%で、副産物としてのMoS₂(輝水鉛鉾)は0.5%であった。また、推定埋蔵量は海面以上のCaWO₄が415 t, MoS₂が52 t。海面以下ではCaWO₄は212 t,



図1：内外海鉾山跡位置図

*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

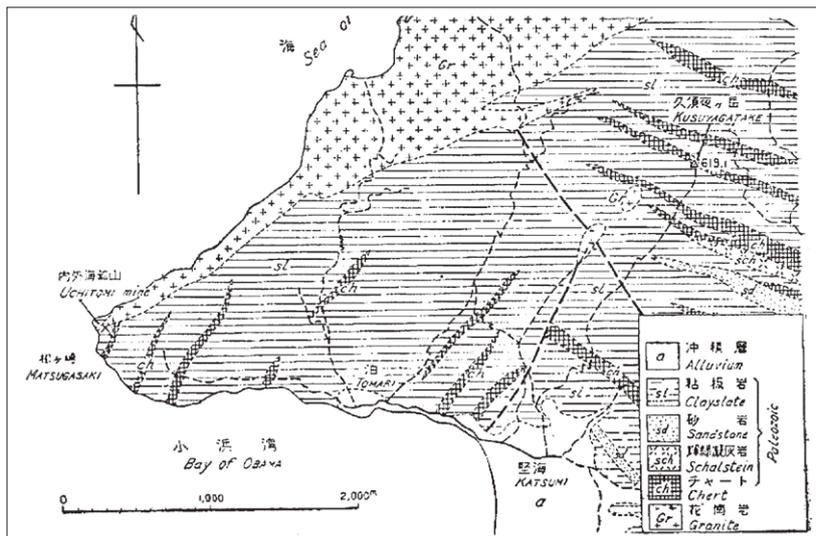


図2：内外海鉍山付近の地質図（塚脇ほか，1961）

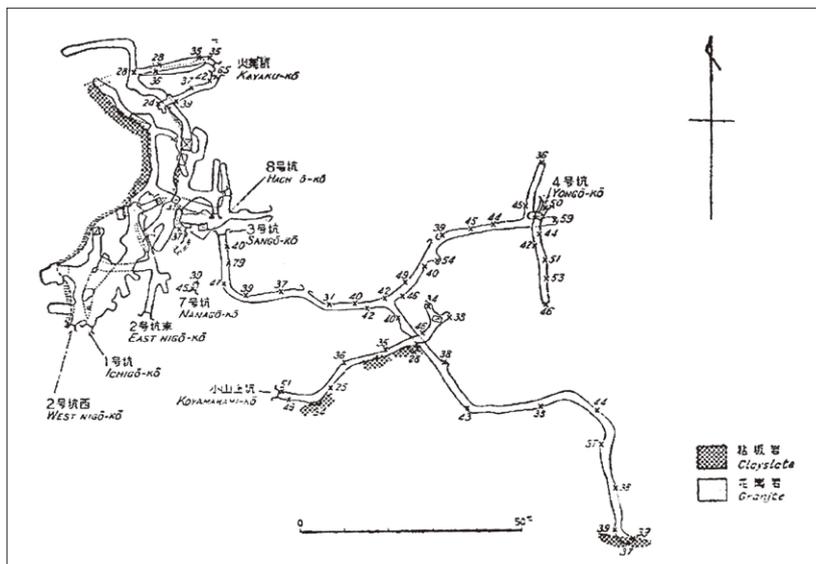


図3：内外海鉍山坑道図（数字は坑内放射能強度）（塚脇ほか，1961）

MoS₂は35 tであった。

タングステンの主要鉍石は鉄マンガン重石と灰重石であるが、内外海鉍山では灰重石のみを産出した。日本におけるタングステン鉍山は、かつて130ヶ所以上あり、そのうち40ヶ所から少量の精鉍が生産された。

今回、内外海鉍山跡の調査を2008年から2017年までに5回行うことができた。その結果、内外海鉍山周辺の地形・地質の特徴をはじめ、入坑可能な3ヶ所の坑道入り口や延長約160mの坑道の延びを確認できた。また、坑内の壁面数か所で、輝水鉛鉍や黄銅鉍の鉍化帯を目視で確認できた。また、ミネラライトにより角閃石黒雲母花崗岩中に含まれる灰重石と考えられる鉍物の青色の蛍光を確認できた。さらに坑道内壁で採集した角閃石黒雲母花崗岩試料の蛍光X線化学組成分析により、タングステン酸を検出した。以上の調査結果の概要を報告する。

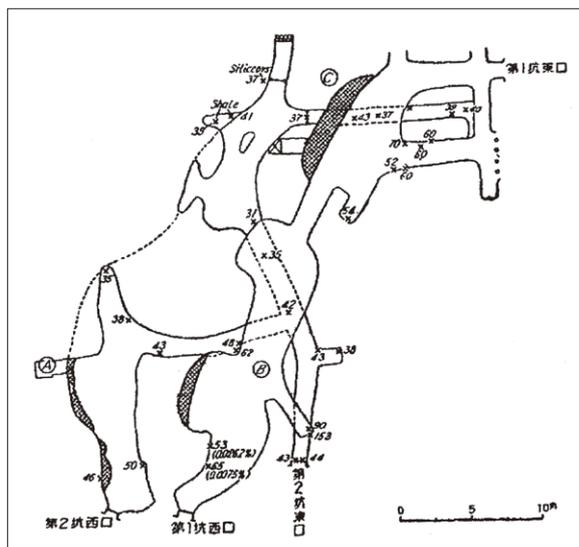


図4：第1坑西口、第2坑西口付近の坑道拡大図（鶴飼，1959）

2. 調査方法

内外海鉍山跡への調査は、小浜市泊地区より釣り用の渡し船の送迎により実施した。これまでに5回の調査機会(2008年5月23日, 2010年6月9日, 2013年9月13日, 2017年4月24日, 2017年8月29日)があった。調査坑道は松ヶ崎鉍床の3ヶ所で、1号坑西口, 2号坑西口, 2号坑東口から入坑する坑道がこれにあたる。調査内容は、付近一帯の地形・地質調査をはじめ、古生代ペルム紀の堆積岩層と蘇洞門花崗岩類とのコンタクトゾーンの観察や写真撮影、坑道の現状および坑道地図(塚脇ほか, 1961)との照合、坑道内壁での灰重石や輝水鉛鉍などの鉍化帯の目視による観察と写真撮影、標本採集などである。

また、坑道内壁の岩石中からタングステン成分を検出する目的で、角閃石黒雲母花崗岩の分析試料を11個採集した。この分析試料と中国産の灰重石の結晶標本について、蛍光X線化学組成分析を行った。岩石試料をダイヤモンドカッターで大割切断した後、X線分析測定用金属容器に入る大きさに細断した。金属容器に入る試料の大きさは直径32mm~48mm, 厚さ5~10mmで、試料表面を水洗した後乾燥を行った。X線分析には一試料あたり20~25分を要した。蛍光X線分析は、福井県工業技術センターの蛍光X線分析装置(Rigaku ZSX 100e)により定性分析と定量分析を行った。

3. 調査結果

内外海鉍山全盛期に、鉍山から採掘した鉍石を運び出すために建設した、コンクリート製の船着き場が、日本海の荒波に耐えて残されていたため上陸は容易にできた。鉍山全体の外観として、坑口が3ヶ所と大きな海食洞の入り口がポツカリとあいている(写真1, 2, 3)。鉍山の入り口付近は常に波浪の侵食を受けているため、黒っぽい超丹波帯の堆積岩層と白っぽい蘇洞門花崗岩類との接触部のコントラストが明瞭で、地層の傾斜や構造なども良く分かる状態である(写真4, 5)。

内外海鉍山跡の調査結果について、(1)坑道・鉍床の鉍化帯調査結果、(2)地形・地質調査結果、(3)角閃石黒雲母花崗岩の顕微鏡観察結果、(4)蛍光X線化学組成分析結果に分けて報告する。

(1) 坑道・鉍床の鉍化帯調査結果

今回の主要な調査坑道は松ヶ崎鉍床で、1号坑西口, 2号坑西口, 2号坑東口の3ヶ所である(写真5, 6, 7, 8)。松ヶ崎鉍床は、超丹波帯に蘇洞門花崗岩類が貫入した際、貫入面に沿って接触変成による鉍床が形成されたものである。花崗岩は優白色の中~粗粒で、径数cm~

数10cmの苦鉄質の捕獲岩が多数含まれている。これは坑道内部の各所をはじめ、海岸沿いの露頭のすべての場所で確認できる(写真25, 26)。

坑道内部は、横坑、縦坑、斜坑などが主に手掘りて迷路のように掘り進められている。落盤している箇所も多く、水没した縦坑もあり(写真9)、すべての坑道の調査はできなかった。坑道内の壁面、天井や床面のほとんどは、片面が黒っぽい超丹波帯の頁岩層、反対の面が白っぽい蘇洞門花崗岩類からなっており、頁岩層と角閃石黒雲母花崗岩との接触部に沿って鉍化帯ができており、輝水鉛鉍や黄銅鉍が目視で確認できる。松ヶ崎鉍床は、この二つの岩層の境界に沿って採掘していたことを示している(写真7, 8, 11, 12)。

鉍床の鉍化帯の幅の最大は2.6mで、走向延長約10~20mの範囲に富鉍体をその接触部に形成している。本鉍床の特異性は、一般金属鉍床のように石英脈を伴わないことである。輝水鉛鉍や黄銅鉍の鉍石は、超丹波帯の頁岩層との接触帯にあたる角閃石黒雲母花崗岩中のみ鉍染的に濃集し、超丹波帯の頁岩層中にはほとんど鉍染していない。品位は花崗岩中の接触部のみ良好である。

(2) 地形・地質調査結果

蘇洞門花崗岩類(角閃石黒雲母花崗岩)は、内外海半島の若狭湾に面した北西斜面に連続して露出し大海食崖を形成している。海上よりその連続性や超丹波帯(南部)・丹波帯(北部)とのコンタクトゾーンの観察すると、久須夜ヶ岳(618.5m)の急峻な北西斜面の標高200~250mぐらいの位置で、北東-南西方向の海岸線とはほぼ平行に接触している様子が明瞭に見える。松ヶ崎や内外海鉍山跡付近は、この蘇洞門花崗岩類の南西端にあたる。北東端は、老人礁近くの“白石黒石”(写真31, 32)と呼ばれる場所で、赤褐色の丹波帯(古生代~中生代に堆積した砂岩・頁岩互層)と、それを貫く白い蘇洞門花崗岩類(角閃石黒雲母花崗岩)が接触している。海食崖の巨大な岩盤が縦に二色に分かれて見える現象は、地質学的に貴重な場所である。この海食崖に見えている蘇洞門花崗岩類は、若狭湾全体の沈降で貫入部分の上側部分が見えている状態である。本来の岩体の中心部分は海面下にある部分と、海食で失われた部分にあたると思われる。

蘇洞門花崗岩類の南西端にあたる内外海鉍山跡2号坑西口は、超丹波帯の砂岩・頁岩互層と角閃石黒雲母花崗岩との接触部にあたり、坑道は二つの岩層の境界部に沿って掘られている。この鉍山跡の位置は小浜湾と若狭湾との境界部に一致し、冬期の季節風による波浪の激しい侵食を受け、岩層や坑口が削り込まれている。その分、花崗岩類の貫入によるコンタクト部分の

詳細な構造や組織が明瞭に浮き出ており、観察や調査が容易であった。(写真5, 21, 22, 24)。超丹波帯は、古生代ペルム紀の砂岩・頁岩を主体とし、少量のチャート・砂質頁岩などからなる遠洋性堆積物である。地層の平均的な走向はN50° Eで、傾斜は北西に40~60°の単斜構造である(写真4, 28)。また、蘇洞門花崗岩類の貫入に伴う熱変質を受け、ホルンフェルス化している。波浪の侵食を受けたホルンフェルス化した露頭では、シルト岩・泥岩の細互層のラミナが鮮やかに浮き出ている(写真23)。

角閃石黒雲母花崗岩の薄片の偏光顕微鏡観察では、石英・カリ長石・斜長石・黒雲母・角閃石などが確認でき、平均的な花崗岩といえる。長石・黒雲母は、しばしば局部的に変質して、緑泥石化作用、カオリン化作用を受けている。灰重石については、肉眼ではカリ長石との区別が困難で、坑内にミネラライトを持参し坑内壁で蛍光部を調査した。青色の蛍光を発する灰重石と考えられる鉱物(写真29, 30)をはじめ、銀白色に輝く輝水鉛鉱(写真14)や黄銅鉱などの鉱物を確認した。

灰重石は、花崗岩中の有色鉱物、長石を交代し不規則に散布している場合と、花崗岩の節理面に沿って灰重石の微晶を伴う鉱条がある場合とがある。その何れの場合も黄銅鉱・輝水鉛鉱・黄鉄鉱の鉱化作用を伴うと考えられている(原口・辻岡, 1954)。

蘇洞門花崗岩類の特色は、苦鉄質の捕獲岩を数多く含んでいることである(写真25, 26)。捕獲岩が特に目につく露頭としては、鉱山北側の海食崖をはじめ(写真25)、鉱山1号坑西口の東側にある巨大な海食洞の壁面で観察できるものである(写真26)。捕獲岩の岩質は何れも黒っぽい苦鉄質の岩石で、白っぽい黒雲母花崗岩とは対照的でよく目立つ。捕獲岩を多く含むことは、内外海半島の角閃石黒雲母花崗岩体全域で見られるもので、鉱山より東側の観光地“蘇洞門”でも数多くの捕獲岩を観察できる。この他、1号坑西口周辺の転石に見られるもので、超丹波帯の各種岩片の捕獲岩を含むものもある(写真27)。

花崗岩中には北東-南西方向の節理および断層が発達している。蘇洞門をはじめ急峻な地形などは、これらの地質構造線の方向などに支配されている。

(3) 角閃石黒雲母花崗岩の顕微鏡観察結果

松ヶ崎や蘇洞門付近の角閃石黒雲母花崗岩を双眼実体顕微鏡や偏光顕微鏡で観察すると、主要構成鉱物は角閃石・黒雲母・石英・斜長石・カリ長石などからなり、角閃石・黒雲母の縁辺部は緑泥石化が進んでいる。タングステンを含む鉱物である灰重石は、白色であるため長石類との区別が困難であった。また、輝水鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱などの金属鉱物の微晶も識別でき、花

崗岩全体がこれらの鉱物の鉱染を受けていると考えられる。この他、花崗岩全体として黒雲母などの有色鉱物の割合がやや多く、花崗岩というより花崗閃緑岩に近い岩石であると考えられる。蛍光X線分析においても坑道内の花崗岩片のSiO₂量が約67%なので、花崗岩と閃緑岩の中間タイプと考えられる。また、結晶粒の大きい長石類が目立つ花崗斑岩的な部分も見られる。この斑状の組織は超丹波帯との接触部付近の周縁相で顕著にみられる。

(4) 蛍光X線化学組成分析結果

内外海鉱山跡の坑道内で蛍光X線化学組成分析用の岩石標本を無作為に11か所で採集した。坑道は鉱化帯に沿って掘られているので、灰重石や輝水鉛鉱を含むと考えられる角閃石黒雲母花崗岩の岩片を坑道壁面で採集した。灰重石については、坑内にミネラライトを持ち込み、照射しながら採集場所を決めたが、灰重石の蛍光色である青色を示す場所はわずかで、ほとんどは掘りつくされているようであった。輝水鉛鉱については普通のランプの光を当てると壁面全体が銀色に輝く場所(写真14)が各所で見つかった。

灰重石は、タングステンを含む炭酸塩鉱物で、鉱物組成はCaWO₄タングステン酸カルシウムで、輝水鉛鉱はモリブデンを含む硫化鉱物で、鉱物組成はMoS₂硫化モリブデンである。

採集した角閃石黒雲母花崗岩片11個および中国産の灰重石の単結晶標本1個について蛍光X線化学組成分析を行った結果、灰重石の化学組成であるタングステンが検出できたのは1試料のみであった。試料は坑道内で無作為に採集したもので、松ヶ崎鉱床のタングステンは、古生層との接触部付近の花崗岩体全体に広範囲に生成されているものと考えられる。次にタングステンを含む花崗岩試料と灰重石の単結晶(中国産)のSQX分析結果(単位wt.%)を示す。分析結果は表1、表2に示す。

① タングステンを含む花崗岩標本の分析結果

SiO₂-67.8%, CaO-3.6%, Fe₂O₃-2.7%, Al₂O₃-15.9%, Na₂O-4.0%, MgO-1.0%, WO₃-0.5%, K₂O-3.6%

② タングステンを含まない花崗岩標本の分析結果(平均値)

SiO₂-67.2%, CaO-3.7%, Fe₂O₃-3.5%, Al₂O₃-0.8%, CuO-0.05%, ZnO-0.03%

③ 灰重石の単結晶の分析結果

SiO₂-0.7%, CaO-20.0%, Fe₂O₃-0.6%, SO₃-0.8%, SeO₂-0.8%, WO₃-76.1%

以上の結果から、タングステンを含む花崗岩標本で

表1：松ヶ崎鉱床内の角閃石黒雲母花崗岩の蛍光X線化学組成分析結果

SQX分析結果							
試料名：松ヶ崎-5			分析日時：2017-12- 5 10:42				
アプリケーション：EZS003XNV		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： f171205-05				
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	Na2O	4.0008	mass%	0.0284	Na-KA	3.2383	3.8850
2	MgO	1.0044	mass%	0.0277	Mg-KA	1.6364	0.9754
3	Al2O3	15.9299	mass%	0.0145	Al-KA	190.0859	15.4689
4	SiO2	67.7862	mass%	0.0314	Si-KA	562.8724	65.8245
5	P2O5	0.0988	mass%	0.0035	P-KA	1.4278	0.0959
6	SO3	0.0614	mass%	0.0037	S-KA	0.6651	0.0596
7	Cl	0.1812	mass%	0.0050	Cl-KA	1.0610	0.1760
8	K2O	3.6346	mass%	0.0070	K-KA	99.5892	3.5294
9	CaO	3.6317	mass%	0.0050	Ca-KA	78.5080	3.5266
10	TiO2	0.2661	mass%	0.0128	Ti-KA	1.3906	0.2584
11	MnO	0.0439	mass%	0.0051	Mn-KA	1.0786	0.0426
12	Fe2O3	2.6612	mass%	0.0277	Fe-KB1	18.1333	2.5841
13	Rb2O	0.0181	mass%	0.0013	Rb-KA	6.8629	0.0176
14	SrO	0.0506	mass%	0.0014	Sr-KA	20.2571	0.0491
15	ZrO2	0.0127	mass%	0.0008	Zr-KA	10.4754	0.0123
16	BaO	0.1019	mass%	0.0208	Ba-KA	4.4776	0.0990
17	WO3	0.5167	mass%	0.0071	W-LA	18.2032	0.5017

蛍光X線分析		定性分析チャート		Rigaku
試料 松ヶ崎-5				

表2：中国産灰重石結晶の蛍光X線化学組成分析結果

SQX分析結果							
試料名：灰重石標本			分析日時：2017-12- 5 11:53				
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： f171205-12				
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	Al2O3	0.2746	mass%	0.0273	Al-KA	0.1194	0.1320
2	SiO2	0.7257	mass%	0.1055	Si-KA	0.2366	0.3490
3	SO3	0.8082	mass%	0.0251	S-KA	0.2338	0.3887
4	K2O	0.0977	mass%	0.0089	K-KA	0.0616	0.0470
5	CaO	19.9751	mass%	0.0596	Ca-KA	10.2111	9.6061
6	Fe2O3	0.6068	mass%	0.0476	Fe-KA	0.4133	0.2918
7	Ga2O3	0.1399	mass%	0.0598	Ga-KA	0.2398	0.0673
8	SeO2	0.7863	mass%	0.3230	Se-KB1	0.1557	0.3781
9	ZrO2	0.1006	mass%	0.0337	Zr-KA	0.2283	0.0484
10	PdO	0.2721	mass%	0.0876	Pd-KA	0.2837	0.1308
11	WO3	76.0966	mass%		W-LA	39.8813	36.5950
12	PuO2	0.1165	mass%	0.0532	Pu-LA	0.1597	0.0560

は、WO₃が少ない値であるが、特別な場所での採集ではなく坑道内で無作為に採集したもので、花崗岩体全体に広範囲に鉱染されているものと考えられ

る。また、SiO₂量が約67%なので、花崗岩と閃緑岩の中間タイプの花崗閃緑岩と考えられる。SiO₂量はタンゲステンを含まない花崗岩標本の分析結果（平均値）

と差がない。また、CuO, ZnOを含んでいないのが特徴といえる。灰重石の単結晶の分析結果については、WO₃が76.1%と、タングステンはかなり多く含む良質の標本といえる。CaO-20.0%については、Caは灰重石(CaWO₄)の主な化学成分と考えられるので、適した値であるといえる。

4. 考察とまとめ

内外海鉾山跡は小浜湾の入口という目立つ場所にあり、蘇洞門海岸の大海食崖の末端部に位置する。ここに松ヶ崎鉾床が発見され、タングステンというレアメタルが採掘されたのも容易に説明がつくように思う。この鉾床は、超丹波帯の堆積岩層に貫入した蘇洞門花崗岩類(角閃石黒雲母花崗岩)との接触部に形成されたもので、二つの岩層の色の違いや超丹波帯のホルンフェルス化した砂岩・頁岩互層の急傾斜の構造などが人々の興味・関心を引いたものと考えられる。

内外海鉾山跡付近の地形・地質の特徴について考えると、松ヶ崎とその北側の突出部は超丹波帯の堆積岩層からなっており、内外海鉾山跡は海食などが原因で、地形的に凹みになっている。ここがちょうど蘇洞門花崗岩類が分布している部分になっている。内外海半島の蘇洞門花崗岩類は、北東-南西方向に貫入の境界線があるが、その南西方向の延長部が鉾山跡にピッタリ一致する。花崗岩の分布は、両サイドを超丹波帯の堆積岩層に挟まれ、南西に向かって先細りしている。つまり、花崗岩の両サイドに堆積岩層との接触部があり、鉾床の成立条件は高くなっていると考えられる。下層部分にも接触部があると考えられるので、鉾床はさらに増えることになる。また、鉾山跡付近は、花崗岩体の末端部的な環境になっているので、各種元素が濃集する可能性が大きい。従って、内外海鉾山跡はタングステンやモリブデンなどレアメタルの重鉾物が生成される特別な場所であった可能性が高い。

1号坑、2号坑付近は、波浪の侵食で、岩石表面をはじめ、岩層の接触部や花崗岩の貫入部の詳細な状態が観察できるベリーポイントであり、内外海鉾山の成り立ちを理解するための重要なポイントでもある。

内外海鉾山の坑道内の壁面、天井や床面のほとんどは、片面が黒っぽい超丹波帯の頁岩層、反対の面が白っぽい蘇洞門花崗岩類からなっており、頁岩層と角閃石黒雲母花崗岩との接触部に沿って鉾化帯ができており、坑道壁面で輝水鉛鉾や黄銅鉾が目視で確認できる。松ヶ崎鉾床は、この二つの岩層の境界に沿って採掘していたものと考えられる。

本鉾床の特異性は、一般金属鉾床のように石英脈を伴わないことである。鉾床の鉾化帯の幅の最大は2.6m

で、走向延長約10~20mの範囲に富鉾体をその接触部に形成している。輝水鉛鉾や黄銅鉾の鉾石は、超丹波帯の頁岩層との接触帯にあたる花崗岩中のみ鉾染的に濃集し、頁岩層中には鉾染していない。

花崗岩の顕微鏡観察では、タングステンを含む鉾物である灰重石は、白色であるため長石類との区別が困難であった。また、輝水鉛鉾・黄銅鉾・黄鉄鉾などの金属鉾物の微晶が識別でき、花崗岩全体がこれらの鉾物の鉾染を受けていると考えられる。この他、花崗岩全体として黒雲母などの有色鉾物の割合がやや多く、花崗岩というより花崗閃緑岩に近い岩石であると考えられる。蛍光X線分析においても坑道内の花崗岩片のSiO₂が約67%なので、花崗岩と閃緑岩の中間タイプと考えられる。また、結晶粒の大きい長石類が目立つ花崗斑岩的な部分も見られる。この斑状の組織は超丹波帯との接触部付近の周縁相で顕著にみられる。

以上の調査結果より、内外海鉾山におけるタングステンを含む灰重石の成因について考えると、蘇洞門花崗岩類の角閃石黒雲母花崗岩の固結直後に、残漿中に濃縮されていたタングステンやモリブデン成分などが、超丹波帯の堆積岩層と蘇洞門花崗岩類との接触部をはじめ、花崗岩の節理、断層破碎帯のような内圧の低下する構造線の部分に、移動固結し、鉾床を形成したものと考えられる。

謝辞

2010年6月9日内外海鉾山の坑道調査の際、洞窟棲コウモリ類を調査研究している百崎孝男氏(千葉県松戸市在住)に同行していただいた。また、角閃石黒雲母花崗岩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。その際、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いねいな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

- 福井県, 2010, 福井県地質図および同説明書, 福井県建設技術公社
 原口九万・辻岡加四雄, 1954, 小浜湾内外海鉾山の地質鉾床調査, 福井県地下資源の全貌, 第1号, 188-191
 平林万衛・宮川彦一郎, 1954, 内外海鉾山周辺の地質鉾床調査, 福井県地下資源の全貌, 第1号, 232-234
 広川 治・黒田和男, 1957, 5万分の1地質図幅福崎および同説明書, 地質調査所
 亀高正男他, 2010, 若狭湾地域の幾つかの火成岩類のK-Ar年代, 福井市自然史博物館研究報告, 第57号, 5-10
 塚脇祐次・鶴飼保郎・竹内忠雄, 1961, 福井県内外海鉾山の含ウラン鉾床, 地質調査所報告No.190, 217-223
 鶴飼保郎, 1959, 福井県内外海鉾山調査報告, 地質調査所月報, Vol.10, No.9, p.817-822



写真1：内外海鉾山の全景（中央のへこみ部分）。



写真2：中央のへこみ部分に角閃石黒雲母花崗岩が貫入している。



写真3：左側上下二つは1号坑、2号坑。右は海食洞。



写真4：2号坑西口。左半分は超丹波帯堆積岩層、右半分は角閃石黒雲母花崗岩。



写真5：2号坑西口は超丹波帯（左）と角閃石黒雲母花崗岩との接触部に沿って掘られている。



写真6：2号坑西口内部。丸太木材が残っている。



写真7：2号坑西口内部を1号坑西口内部より見下ろす。左壁は超丹波帯、右壁は角閃石黒雲母花崗岩。



写真8：1号坑西口内部。天井部は超丹波帯の頁岩層。



写真9：坑内に残る水没した豎坑。



写真10：3階部への斜坑。2階部を渡る橋が残る。



写真11：天井部は超丹波帯の頁岩層。下部は角閃石黒雲母花崗岩。



写真12：黒色部は超丹波帯の頁岩層。下部は角閃石黒雲母花崗岩。



写真13：坑内に角閃石黒雲母花崗岩のズリが残る。



写真14：坑内壁面の角閃石黒雲母花崗岩表面で輝く輝水鉛鉱の結晶。



写真15：2号坑西口から真っすぐ進むと海食崖の切窓に出る。



写真16：写真15の切窓を海側から見る。周囲は角閃石黒雲母花崗岩。



写真17：1号坑内，斜坑の上部は海食崖の切窓になっている。



写真18：写真17の斜坑下部から見上げた切窓。



写真19：角閃石黒雲母花崗岩の海食崖に開けられた大きな切窓。

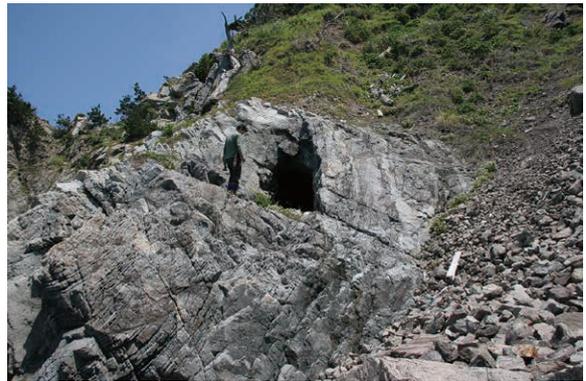


写真20：1号坑西口の右上にある2号坑東口。



写真21：2号坑西口左壁に見られる超丹波帯の頁岩層（左）と角閃石黒雲母花崗岩の接触部。



写真22：写真21の接触部のアップ。角閃石黒雲母花崗岩が頁岩層に複雑に貫入している。



写真23：貫入した角閃石黒雲母花崗岩の熱によりホルンフェルス化した超丹波帯のシルト岩と泥岩の細互層。



写真24：2号坑東口の角閃石黒雲母花崗岩（左）と超丹波帯砂岩層との接触部。角閃石黒雲母花崗岩には急冷周縁相が見える。



写真25：鉢山北側の角閃石黒雲母花崗岩の海食崖で見られる苦鉄質捕獲岩。



写真26：1号坑西口右側の海食洞表面で見られる苦鉄質捕獲岩。



写真27：2号坑西口付近で見られた、角閃石黒雲母花崗岩に取り込まれた各種捕獲岩。



写真28：若狭湾側から見た内外海鉢山北西端。角閃石黒雲母花崗岩（左）と超丹波帯との明瞭な接触部。



写真29：2号坑の坑内から採集した角閃石黒雲母花崗岩。角閃石の長柱状の結晶が見られる。

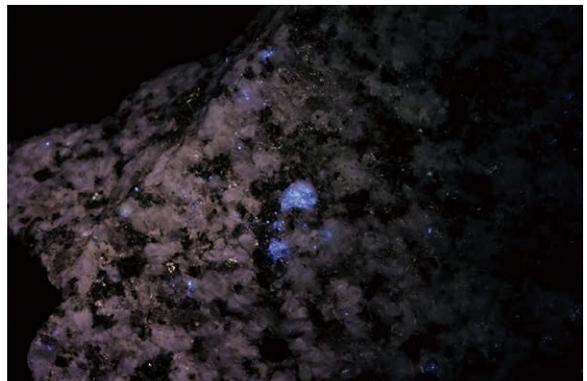


写真30：写真29に紫外線ランプの光をあてると青色の蛍光を発する鉱物（灰重石）が識別できる。



写真31：“白石黒石”，蘇洞門海岸北東端の角閃石黒雲母花崗岩（右）と丹波帯との接触部。



写真32：写真31のアップ。丹波帯の頁岩層（左）中に角閃石黒雲母花崗岩からの石英脈が伸びている。