# 蔵王硫黄鉱山の概要と生成環境

山形大学理学部地球環境学科 中島 和夫· 亀卦川茂彬

#### 1. はじめに

蔵王山一帯には多くの変質帯が分布している。 特に西側には、蔵王温泉のある鳥兜変質帯や蔵王 硫黄鉱山のある蔵王沢変質帯などが北西-南東方 向に並んで存在する(中島・新井、本報告)。こ れらの変質帯では、黄鉄鉱化変質、珪化変質、粘 土化変質など、特に酸性~弱酸性の変質作用を強 く蒙っている。

この中で蔵王鉱山は、イオウを採掘していた鉱 山で、明治初期から採掘が始まり、昭和38年の閉 山まで、産業隆盛の一端を担っていた。採掘され ていた鉱床地域(元山)は蔵王火山の南西側の中 腹、仙人沢の北側にある蔵王川の標高1,250m付 近に位置している。精錬所は現在の猿倉スキー場 にあり、元山から精錬所、さらに上山駅まで索道 (ゴンドラリフト)が架設されていた。

蔵王鉱山周辺の変質作用は蔵王火山内部で起 こっている火山活動の一端を示すものであり、ま た環境面においても蔵王沢〜須川における酸性水 の原因でもあることから、鉱山周辺の変質作用、 イオウの沈殿作用について調査を行った。

なお、鉱山の沿革や詳細な地質については山形 県(1977)から抜粋し、付録に載せた。また、昭 和後半の稼行当時の様子や、昭和37年12月の坑内 火災から閉山までの様子について、山形新聞の記 事を付録に載せた(写真16~25)。

## 2. 地 質

この地域の地質は,先第三系の花崗岩類及び新 第三系の中部中新統の火山噴出物と、それらを基 盤として広く分布、している蔵王火山噴出物から なる(図1)。

蔵王火山噴出物は、旧期の蔵王沢溶岩類と新期

の観松平溶岩類に区別され(伴ほか,2015)、そ れぞれ渡辺・向山(1954)の横倉集塊岩及び熊野 溶岩流に相当する。

蔵王沢溶岩類は、火山砕屑物を主とするが複輝 石安山岩溶岩も挟んでおり、この分布範囲には、 多数の鉱化帯や硫気孔が存在し、本鉱山の稼行対 象となった硫黄鉱床もこの岩相に胚胎している (図2)。観松平溶岩類は、蔵王火山の最高峰熊 野岳を作っている新期の溶岩で、硫気による若干 の変質作用のほかは、顕著な鉱化作用は認められ ない。

図3はルートマップである。現地の観察では、 旧蔵王鉱山一帯は大きく崩落しており、幾段もの 砂防堰堤も満杯で、鉱山周辺から流れ出る沢水が 下流に流出している様子が見て取れる(写真1、 2)。鉱山付近の横倉岳火砕流は直径2~3m以 下の主に安山岩の角礫~亜円礫を含んだ集塊岩で (写真3)、内部は灰色、表面ないし水に触れる ところでは赤茶色に変色していた。このマトリッ クス中には微小なイオウが沈殿し、割れ目にもイ オウが晶出しており、少なくとも横倉岳火砕流堆 積後に二次的にイオウが形成されたことが分かる (写真4、5)。

旧48m坑の坑口付近(ZSM\_05;図3)が崩落 しており、幸いにも内部を少し見ることができた (写真6~10)。坑内では純粋なイオウからなる 鉱脈や天井からぶら下がる二次的なゴム状イオウ も観察された。

旧48m坑から上部の露頭でも変質した凝灰質岩 中にイオウが観察されるが、酸化が激しく、赤茶 けた色に変色していた。露頭最上部(ZSM\_06; 写真11)の蔵王沢溶岩も弱い熱水変質を蒙ってい た。



図1 蔵王地域の地質図と蔵王硫黄鉱山の位置(伴ほか, 2015を簡略)



K:観松平溶岩類 Y:蔵王沢溶岩類 T:中新統 G:花崗岩類 F:破砕帯 黒色部は鉱床

図2 蔵王硫黄鉱山地域の地質断面模式図(渡辺・向山, 1954の原図に、伴ほか, 2015の地層名を加えた)



図3 蔵王硫黄鉱山周辺のルートマップとサンプル位置図



写真1 蔵王鉱山遠景(ZSM\_07付近から望む) 蔵王沢の谷沿いの山肌が剥き出しになり、崩壊が進む。鉱山施設の一部(正面)は崩れ落ちそうになり、 砂防ダムは満杯となっている。この約2km下流で pHを測定したところ、約3であった。



写真2谷がえぐられ、崩壊した鉱山施設<br/>(ZSM\_01の少し下流)



写真3 露頭 (ZSM\_01) 凝灰質礫岩層が広く分布する。マトリックスにイオ ウが沈殿して、黄色くなっている。



凝灰質礫岩のマトリックス中に微小なイオウが充填 している。礫の亀裂にもイオウが晶出している。二 次的にイオウが沈殿したことが分かる。礫の表面近 くが黒色変質している。これは、礫中の鉄分とイオ ウが結合して微小な黄鉄鉱を晶出したためと考えら れる。



写真5 ZSM\_02地点。ラミナの発達したマトリッ クス。この中にもイオウが沈殿している。



写真6 蔵王沢の上流部(ZSM\_03付近)。左に崩壊 した坑道と上部の蔵王沢溶岩を望む。



写真7 写真2に連続する凝灰角礫岩層の上部 (ZSM\_03)。茶色に酸化変質しており、マ トリックスには少量のイオウが残っている。



写真8 坑内に見られるイオウ細脈(幅は約3cm) (ZSM\_03)



写真9 坑内の天井から吊り下がるゴム状イオウ(軟 らかい)

高校化学の実験でしばしば作られるゴム状硫黄は、 イオウを250℃以上で融解したものを水中で冷やし て作られる高分子化合物で、イオウの同素体の一種 とされる。しかし天然のこのゴム状硫黄は常温でで きたと考えられ、長い時間をかけて岩石中からしみ 出たイオウ分が鍾乳石のつららのように垂れ落ちな がら成長したものと思われる。



写真10 採取したイオウ鉱脈



写真11 鉱床上部の溶岩を望む(蔵王沢溶岩類) (ZSM\_06付近) この溶岩は弱い熱水変質を受けている。



写真12 観松平溶岩類(ZSM\_12) 変質を受けていない複輝石安山岩。



写真13 観松平溶岩類(ZSM\_12)の薄片写真 変質を受けていない複輝石安山岩。 単斜輝石(Cpx)と斜長石(PI)が新鮮。



写真14 変質した安山岩(蔵王沢溶岩類)(ZSM\_06)



 写真15 変質した安山岩(蔵王沢溶岩類) (ZSM\_06)のEPMAによるBEI画像
 磁鉄鉱はすべて黄鉄鉱(Py)に交代され、斜長石 (PI)も粘土鉱物等に変化している。

## 3. 生成環境

調査地域の層序的に最上部にあたる観松平溶岩 類は複輝石安山岩からなっており、新鮮な石であ る(写真12、13)。鉱床直上の同溶岩は確認できな かったが、一部でイオウ鉱化作用による弱い変質 しか受けていないとされる(渡辺・向山, 1954)。

蔵王沢溶岩類は鉱床から離れた地点(ZSM\_07 まで)は新鮮な安山岩である。鉱床直上の露頭 (ZSM\_06)では安山岩は組織を残しながらも強 い変質を蒙っており、造岩鉱物はほとんど全て粘 土化していた(写真14)。この岩石には鉄鉱物と して黄鉄鉱が含まれていた(写真15)。

粉末X線回折の結果を表1に示す。新鮮な安山 岩では例外なく斜長石、単斜輝石、磁鉄鉱が検出 された。変質岩では斜長石は消滅し、結晶性の低 いシリカ鉱物であるクリストバライト、硫酸塩鉱 物、黄鉄鉱とイオウが検出された。

						硫酸塩鉱物			その他の鉱物			
		シリナ	1鉱物	長石	粘土	ושי		W			<ul> <li>✓ → → → → → → → → → → → → → → → → → → →</li></ul>	r
		石英	クリストバライト	斜長石	ハロイサイト	ロンボクレー ス	明礬石	アルミノコピアパイト	単斜輝 石	磁鉄鉱	黄鉄鉱	硫 黄
変質し	ZSM_01A白		$\triangle$									0
	ZSM_01B黒		Δ			0					0	Δ
	ZSM_01C					•					•	0
	ZSM_02白		0			0						0
	ZSM_03		0		Δ	0	•				0	
	ZSM_04A赤茶		•			0		$\bigtriangleup$				0
たサ	ZSM_04B白		$\triangle$		Δ							
ン プ ル	ZSM_05		$\triangle$			0					0	0
	ZSM_06		$\triangle$		0		0				$\triangle$	
	ZSM_09		$\triangle$									•
	ZSM_14				0		•				•	•
	ZSM_15A		0		0						•	•
	ZSM_15B		0		0							
安山	ZSM_07			0					0	Δ		
	ZSM_08			0					0	0		
	ZSM_10			0					0	0		
	ZSM_11			0					0	Δ		
岩	ZSM_12			0						Δ		
	ZSM_13			0					0	Δ		
	ZSM_16			0					0	0		

# 表1 粉末X線回折分析の結果

Eh-pH図で生成環境をみると、新鮮な蔵王沢溶 岩類中には磁鉄鉱が多く含まれているので、図4 のAの領域にある。鉱床直上の溶岩(ZSM\_06) では、磁鉄鉱はなくすべて黄鉄鉱に変質している ので、図4のBのような領域で変質が進んだもの と思われる。さらに、鉱床付近では凝灰質岩中に イオウ、黄鉄鉱、硫酸塩鉱物が見られるので、図 4のCの領域で変質し、イオウが沈殿したことが 分かる。鉱床付近は破砕帯ともされており(渡 辺・向山, 1954)、弱線に沿って火山性の硫化水 素(H<sub>2</sub>S) やそれが酸化した硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2</sup>) が作用して、既存の安山岩〜凝灰岩を変質させた と考えられる。上部の溶岩(ZSM\_06)は変質を しているものの、その程度はイオウ母岩ほど強く ない。したがって、これらの溶岩がキャップロッ クとなって変質がその下で強く広がったと思われ る。



# 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、山形新聞社編集局 報道部の坂本由美子氏には蔵王鉱山に関する新聞 記事のとりまとめをお願いした。記してお礼申し 上げます。

## 引用文献

- 伴 雅雄・及川輝樹・山崎誠子 (2015) 蔵王火山 地質図. 産業技術総合研究所,火山地質図18.
- Brookins, D. G. (1988) Eh-pH Diagrams for Geochemistry. Springer-Verlag, 176 p.
- 渡辺武男・向山 広(1954) 蔵王鉱山の地質構造 と富鉱帯との関係について。鉱山地質、4, 147-157.



写真16山形新聞 昭和28年2月28日



写真17山形新聞 昭和37年12月26日

123 硫黄抗 永野 △熊野岳 お釜 1 蔵王鉱業所 山 山川田岳 IJ ーライン なって立て坑にも燃え移り、クテーないが、各坑内には限い残りのダーやタイナマイトニ千五百本、田信 一班マスクなどの政命具の設備が四 火作怒ができず、二十六日午後に がひどく、しかも放発ポンペと防 午前五時ころ、保安嬰団が発見し一門防師や相内鉱業所(秋田)や吉 人分しかなかったことなどから問 日夜ではないが―とみられる。 たが、状況から死火時間は二十四一野鉱業所(宮内)からの"応援 イオウが燃えて距硫酸ガスの兆生 下十二分の西一弓抗で、二十五日 | も火は燃え広がった。駆けつけた | り、各坑口の付近にはそれぞれタ 犯見がおくれたわけで、それと 増えて、逆に広がっている。抗内には世祝酸カスが発生して現場には危険で近よれて、レかも抗内に 死火地点は「二十四月抗」の地|<br />
抗から夜状に分かれている各坑に<br />
| イナマイトがそのままになってお 丸二百燃え続けている上山市水野の日東金属蔵王鉱築府元山本抗の抗内火羽は二十六日夜になっても は使い残りのダイナマイト類もあり、爆発も心配されている。 まる二日 って聞い、死傷者は一人もでてい 除き入抗していなかったせいもあ が大会を開き、一部の保安決日を 然禍火をはかっている。 く、板戸や粘土で抗口を密封し自 除こう全然手のほどこしようかな 二十五日は合理化問題で組合則 抗外にあったダイナマイトを加口 イナマイトにも引火する恐れがあ イナマイトに引火すると抗外のダ 事がこれ以上、広がり、抗内のダ イナマイトの保管場所がある。火 分散して移した。抗内のダイナマ から約一ちほど離れた安全地形に イトの点はハッキリしないが、百 るので、鉱業所創では二十六日、 一五百本ぐらいと孤定されている。 いっせいに在水して的火すること 火作気は無理なので、各抗口から いきの状況では、入抗しての消 貁 Ŧ される。 迎で巡ばなければならず、しか ころから、尚火西助は雖航が予想 も、水は五十いガク下の蔵王沢に 押しポンプ十台が勧いされたが、 形内市の背防団の協力を求め、手 になり、二十六日午後、上山、 知るしかなく、沢の水も少ないと トラックは延行不能。ホンプは劣 れた山中で一以余の相望があり、 現場の元山は鉱業所から約五き離 山形新聞 昭和37年12月27日朝刊7面 ш

写真18 山形新聞 昭和37年12月27日



写真19 山形新聞 昭和37年12月28日



写真20 山形新聞 昭和37年12月29日朝刊



写真21 山形新聞 昭和37年12月29日夕刊



写真22 山形新聞 昭和37年12月30日



真23 山形新聞 昭和38年2月19日

	三月末で一応明山した上山市水 受け、昨年十月二十二百に合理化のため、その後もいおう生態を 計画だったが、二十八日に収納所 炭が発生、再建の現山しが困難とめた。 たちのたが労組は提案周三百数十 めた。 たちのたが労組は提案周三百数十 たちのたが労組は提案周三百数十	鉱業所きょう	カマの火
	特えることにし、粗合との話し合 四月からは残った従業時でいお近の肉蔵生商原の観光遊業に切り さと起 所、相内鉱山に十人を配置転換です。 しかし抗内火災がいまた いで八十五人のうち三十二人を配置転換する しかし抗内火災がいまた いで八十五人のうち三十二人を配置転換する	閉山の撤収作業	0消えて
が過三硫県合資会社を買取し、融 動王鉱業所の歴史 加していた。大正十五年用崎雄氏 から小規模な方法でいおうを抓り から小規模な方法でいおうを抓り	開山になった 「 市から 近空 市から 近いた 小学校に は三月米まで 約百 二 元 十 戸の 社 毛 に 化 心 で い る ん た ち は に り 加 い た の 中 し か い な い 。 坂 く の 中 し か り 安 い 、 人 ま ち に 山 知 一 小学校 に 伝 し か い な い 。 近 く の 中 し 二 小学校 に 伝 し か い な い 。 近 ら 。 数 、 の 中 し 二 小学校 に い る ん た ち は ら 。 数 、 の 中 し 二 い た の 中 し 二 い る ん た ち は し の 中 し 二 の 中 し か い た い た の 中 し か ら い た に し の 中 し か い た に し こ の 中 し か ら の で い る ん た ち は し の か い た に し こ の 中 し か ら い た い た い こ し か ら い た に し の で い た に し の で い る ん た ち は し つ い こ の 一 、 一 か う 、 の 本 し た ち し た ち し た ち し た ち し た ち ら し た ち し た ち し た ち ら し た ち ち し た ち ら し た う ち し た の ち し た う う か し い た 一 で い た 一 ち し た ら ち し た う ち し た う ち し た 一 ち し 、 し か し 一 の 一 、 の ち し し っ の 一 、 の 一 、 し ち し い た 一 う 、 の 一 、 し 、 し 、 し 、 の っ の 二 の 一 、 の 一 一 の こ の て ろ つ い た つ た つ た っ た ち ら 、 の こ の こ の う し つ い こ の つ い た つ ら つ こ の つ い こ の つ つ い つ い こ の つ い こ の つ つ つ の つ い こ の つ つ こ の つ つ つ つ つ こ つ つ つ こ つ つ こ つ つ こ つ つ こ つ つ こ つ つ つ つ つ つ つ つ つ つ つ つ つ	りたくする。ているので打体の世のあくする。ているのは八月末ごろになる予定で	う生産と諸国村や機械撤収作業をつたので、三十日から一部宿舎をったので、三十日から一部宿舎を
たて世山に v たくして して (1) での (1) で	学校はNWHのの たりはNWHのの をしていた。 を思いる。 相前記 を	南京、離化鉱五千二位従来自四百人を読	一 王宏架会社として発 し出した。三十二年 の後、昭和十六年に の後、昭和十六年に

写真24 山形新聞 昭和38年4月30日



写真25 山形新聞 平成11年12月21日



写真26 山形新聞 平成15年5月20日

# 付 録

- 沿 革 (山形県, 1977より抜粋)
- ・明治初年~、露天掘りにより小規模な採掘が始 まる。
- ・明治36,37年頃,蔵王鉱山合資会社が設立されたが,みるべき生産はなかった。
- ・大正5年,蔵王鉱山株式会社を設立し,索道, 精錬等の設備の拡充が計られた。
- ・大正10年硫黄市況の悪化によって休山に至り, 昭和5年についに諸設備の撤廃をみた。
- ・その後,日華事変勃発当時から化繊が好況となり,硫黄需要が活発化したので,昭和11年再開され,同14年には年産8,500 t を記録した。
- ・昭和16年に、大日本精糖㈱が経営権を得て、資本金100万円に増資したが、第二次大戦の敗戦 によって再度操業が縮小された。

- ・しかし,戦後,しだいに化繊,パルプ業が活況 に向い,肥料工業も復興されたので,硫黄,特 に硫化鉱の需要が増加し,昭和22年,新たに硫 化鉄鉱の販売をはじめる。
- ・昭和24年7月,経営権を日東化学工業㈱系へ移 行し,昭和25年に2,000万円,翌26年に6,000万 円,27年に1億2,000万円に増資し,企業の近 代化がすすめられる。
- ・昭和32年9月に大揚鉱山㈱と合併,社名を日東 金属鉱山株式会社と改称,資本金は3億円とな り,33年12月に半額増資,月間硫黄950t,硫 化鉱6,000tを生産するようになった。
- ・30年代後半になると低コストの化学硫黄の圧迫 をこうむり,昭和37年の坑内火災を機として昭 和38年3月休山に至った。