

# 鉱業博物館だより

2019年  
夏  
第16号

国立大学法人 秋田大学大学院国際資源学研究科附属鉱業博物館

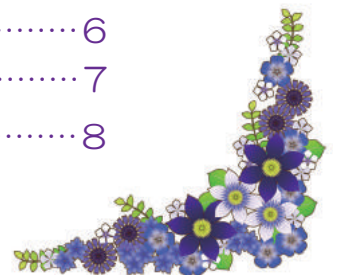
〒010-8502 秋田市手形字大沢 28 番地の 2 / TEL 018-889-2461 / FAX 018-889-2465  
メールアドレス w3admin@mus.akita-u.ac.jp 公式サイト <http://www.mus.akita-u.ac.jp/>



地熱エネルギーの恩恵に与るアイスランド・レイキャビクの街並み



研究ノート 「超臨界地熱発電—超高温掘削技術の開発—」 長縄 成実	2
令和元年度特別展案内 秋田に残る鉱山絵図・絵巻の世界	4
平成30年度活動報告 特別展・教育普及事業／サイエンスボランティア／鉱業博物館業務体験	5
寄贈資料の受入／無料開放の実施	6
来館者アンケート集計結果	7
令和元年度前期行事予定／お知らせ	8



研究ノート

超臨界地熱発電—超高温掘削技術の開発—

秋田大学大学院国際資源学研究所教授 長縄 成実

地球内部の熱エネルギーを利用して発電を行う地熱発電は安定したベースロード電源となり得る有望な再生可能エネルギーの一つです。日本は火山活動の活発な国であり、世界第3位の地熱資源保有国でもあります。しかし残念なことに、日本の地熱資源の多くは自然公園内に存在し、険しい山奥であったり、近くに古くからの温泉地があったりするため、大規模な地熱発電所を建設することはなかなか難しいのが現状です。豊富な地熱資源を十分に活かしていない状況のなか、つい先日、秋田県湯沢市で「山葵沢地熱発電所」の営業運転が開始されました。国内ではしばらくぶりの大規模地熱発電所の誕生となりましたが、それでも国内地熱発電の総容量は、日本よりも後発であったトルコやケニアの発電容量を超えられていません。

従来の地熱発電は、150~300℃程度の熱水あるいは高圧蒸気を地下に掘った井戸（坑井）から取り出し、その蒸気エネルギーで発電タービンを回して電気を作ります。山葵沢地熱発電所の発電容量は46MWですが、9本の蒸気生産井が掘られていますので、坑井1本当当たりの発電容量は単純計算でおおよそ5MWになります。もし、従来地熱発電よりも高温・高圧の蒸気を地下からとり出すことができれば、少ない本数の坑井から大容量の発電ができる効率の良い地熱発電所を作ることができるはず。我々の住んでいる日本列島は大陸プレートと海洋プレートがぶつかり合う場所に位置し、海洋プレートの沈み込み帯で発生したマグマを起源とした400℃を超える高温の熱水が地下数km程度の深度に存在する可能性が様々な探査の結果分かっています。水の臨界点である温度374℃、圧力221barを超える超臨界状態にある、この高温・高圧の地熱流体を利用した発電ができれば、1坑井当たりの発電容量は従来の数倍になることが見込めます。現在、超臨界地熱流体を用いた発電すなわち「超臨界地熱発電」の技術開発がアイスランドをはじめとして世界各国で進められており（図1）、国内では新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が2025年ごろの最初の調査井掘削、2040年代



図1 世界の超臨界地熱開発プロジェクト

の発電実証試験を目指して研究開発プロジェクトに取り組んでいます。このNEDOプロジェクトに参画している我々の研究室では、かつて無い超高温の地層を掘削するための技術の統合的な研究開発を行っています。超臨界地熱開発のターゲットは温度500℃、圧力400bar、深度5,000m、そしてそこからとれる超臨界地熱流体を用いて得られる坑井1本当当たりの発電容量50MWを目標としています。石油・天然ガス開発あるいは科学掘削の分野では、1万mを超える深さの坑井を掘削した実績があります。超臨界地熱発電のための坑井の掘削は深さに関しては技術上の問題なさそうですが、それ以上に超高温という大きな難題があります（図2）。

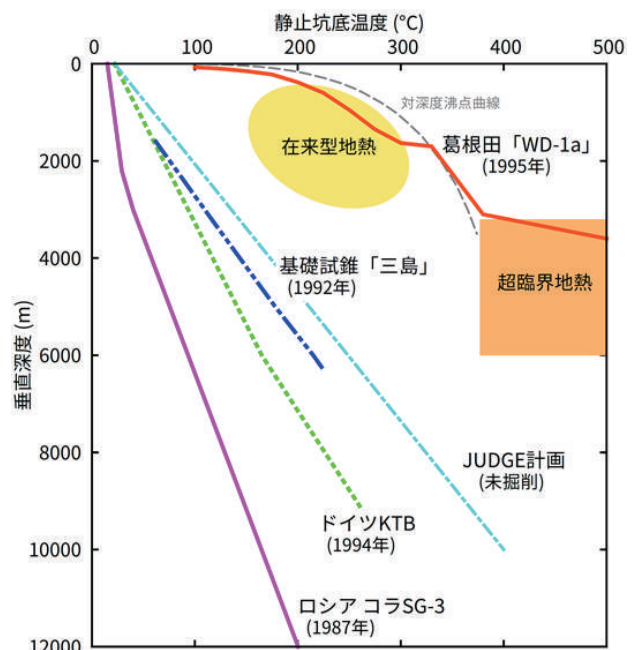


図2 世界の超臨界地熱開発プロジェクト

通常のロータリー掘削（図3）で用いられる様々な機器や材料の耐熱温度はトータルにみて200℃ぐらいです。地層温度が300℃にもなる地熱発電の坑井掘削では、二重管構造になった坑井のなかに泥水と呼ばれる流体を循環させ、それにより坑井のなかを冷却しながら掘ります。しかし地層の温度が500℃に達する超臨界地熱井の掘削では、その冷却手法にも限界があります。超臨界地熱発電実現のためには、従来よりも高温に耐えられる機器や材料の開発も必要になります。

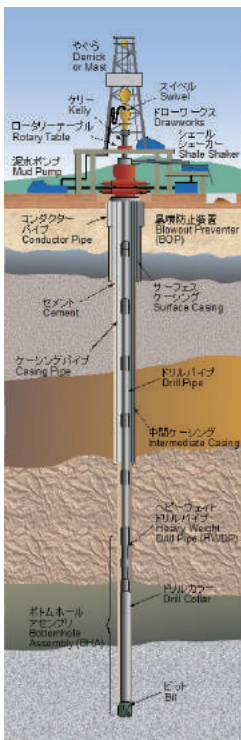


図3 ロータリー掘削の仕組み

大学の研究室には昨年度、超臨界水・耐酸性材料試験用の高温高压反応容器を導入しました（図4）。掘削した坑井を保護するケーシングと呼ばれる鋼管やケーシングの周囲を固定するセメントの材料試験を実施しています。掘削中は流体の循環によって坑井のなかを冷却することができますが、掘削が終わってケーシング管とセメントで保護された坑井は、その後の発電が行われる十数年の間500℃もの高温にさらされ続けることになります。地熱地帯は火山性の酸性ガスが発生することも多く、この間に地下の鋼管やセメントが腐食して穴が開いてしまえば高温・高压蒸気の漏洩という大きな事故につながりかねません。

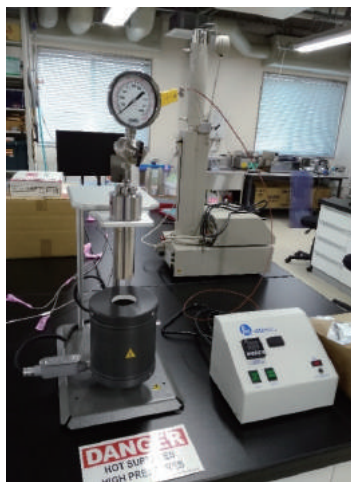


図4 超臨界水・耐酸性材料試験用高温高压反応容器

もう一つ我々の研究室で取り組んでいるのは、超高温で硬質の岩盤を効率よく掘削するための全く新しい掘削技術の開発です。ロータリー掘削では、ビットと呼ばれる掘削工具を坑井の底で回転させながら岩盤を機械的に破壊して掘り進んでいきます。従来型のローラーコーンビットは耐熱性能が十分でなく、PDCビットと呼ばれる石油・天然ガスの掘削でよく用いられるビットは地熱地帯の硬い岩盤の掘削には十分適合できないという課題があります。そこで、数年前に東北大学のグループが発表した、超臨界水中に岩石片を封入して急減圧すると急激な温度低下が生じ、その温度差による熱応力変化（熱衝撃）で岩石にき裂が生じるという室内実験の結果にヒントを得た掘削法を考案しました。硬い岩盤の掘削は不得手であるが超高温で使用可能なPDCビットにベンチュリ効果と呼ばれる急減圧機構を組み込むことにより、熱衝撃で硬い岩盤を破壊して掘削をアシストするという仕組みです。我々は、機械的な破壊だけに頼らないこの新しい掘削ビットを熱衝撃破壊掘削ビット（thermal-shock enhanced drill bit）と名付けて、その実現のための研究開発を鋭意実施しているところです（図5、6）。

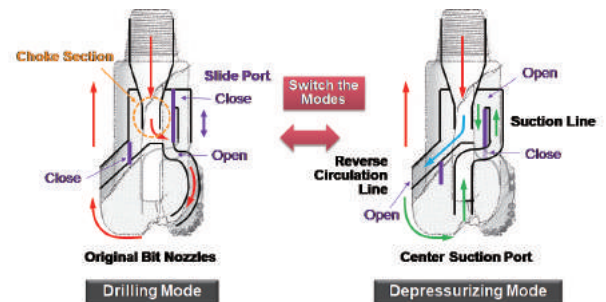


図5 熱衝撃破壊掘削ビットのコンセプト



図6 熱衝撃破壊掘削ビットの構造模型

## 令和元年度特別展案内

### 秋田に残る鉱山絵図・絵巻の世界

開催期間：2019年6月27日（木）～9月30日（月）

開催場所：鉱業博物館2階特別展示室

※入館料・開館時間・休館日については8ページ下段のご利用案内を参照

秋田大学で所蔵する鉱山絵図を中心に、県内の資料館および個人が所蔵する鉱山絵図を公開するとともに、秋田に残る鉱山関連史跡などの秋田における鉱山繁栄の歴史を紹介する特別展、『秋田に残る鉱山絵図・絵巻の世界』が開催されています。

これらの鉱山絵図・絵巻には、3つの鉱山（院内銀山、阿仁鉱山、荒川鉱山）が描かれています。その絵図の内容は、鉱山地区の地形と地下の鉱脈を描

いた「鉱脈図」、鉱山の採掘や選鉱・製錬の作業工程を描いた「鉱山作業図」、鉱山町を鳥瞰した「鉱山景観図」の3つに分類することができます。それぞれの絵図は、描かれた目的が異なり、貴重な技術資料でもありました。また、江戸時代の絵図を真似て、近代の画家が、近代の秋田の鉱山を描いていることも興味深いところ です。

#### 院内銀山鋪岡略絵図

この絵図は、秋田藩鉱山奉行の大貫忠誨が描いたものです。地下採掘場のうち、最も上部に描かれている水平な坑道の底部には、大切水抜釜ノ口に向かう薄い線が引かれており、これが水抜き坑道であることがわかります。また、この坑道の左端、五番坑口近くには「大切口より延九百四間（約1.6km）」と書かれており、この排水は、大切水抜坑道を経て、1.6km下流の大沢に排出されていることを示しています。



ここに紹介する以外にも、平福穂庵や寺崎廣業の美しい絵図が並び、見ごたえのある展示となっています。展示されている美しい絵図から、秋田における鉱山繁栄の歴史を感じ取っていただけましたら幸いです。

特別展は9月30日（月）まで行われています。是非お越しください。

#### 阿仁鉱山 銅山働方之図

全長8mの「阿仁鉱山 銅山働方之図」（1864年）の全編が公開されるのは5年ぶりです。絵巻物には、今から150年前の幕末当時の阿仁鉱山における銅の選鉱から製錬までの工程が色鮮やかに詳しく描かれています。

← 全長 8 m →



この絵巻物は上質な岩絵の具が用いられているため、150年前に製作されたにも関わらず美しく発色しています。貴重な鉱物を用いた絵具で描かれた世界を是非近くでご覧ください。

#### 阿仁六ヶ山の古地図

阿仁には6つの鉱山があり、それぞれの鉱山は、はじめ川あるいは沢の露頭として発見され、その後、上流に向かって開発が進みました。これらの川や沢は、鉱山の重要な運搬道として発達し、阿仁の鉱山集落を形成していきました。ここにある絵図の製作年ははっきりしませんが、どの鉱山集落も繁栄しているように見えます。



三枚鉱山



一ノ又鉱山



二ノ又鉱山



真木沢鉱山



小沢鉱山



萱草鉱山

## 平成30年度 活動報告

### 特別展・教育普及事業

#### 特別展

20世紀初頭の日本の坑夫画  
- 秋田大学初代学長「佐野秀之助」夫人が描いた鉱山夫 -  
平成30年9月6日(木)～11月4日(日)



秋田に残る鉱山の近代化遺産  
絵画に記録された寺崎廣業の阿仁鉱山と平福穂庵の荒川鉱山  
平成30年11月21日(水)～平成31年1月31日(木)



#### 鉱業博物館開放講座

- 第1回 8月2日(木) ファラデーに魅せられて(4)  
「ロウソクの科学を読む(1)」  
講師：金児 紘征 氏(秋田大学名誉教授)
- 第2回 8月9日(木) ファラデーに魅せられて(5)  
「ロウソクの科学を読む(2)」  
講師：金児 紘征 氏(秋田大学名誉教授)
- 第3回 9月28日(金) ポリマーコンクリート国際会議 2018 からみた  
ポリマーとインフラメンテナンス  
講師：川上 洵 氏(秋田大学名誉教授)
- 第4回 12月7日(金) ファラデーに魅せられて(6)  
「ファラデーの腐食研究」  
講師：金児 紘征 氏(秋田大学名誉教授)
- 第5回 3月13日(水) ゲーテ街道およびシルバー街道の橋梁  
講師：川上 洵 氏(秋田大学名誉教授)



#### ジュニアサイエンススクール



平成30年度は2つの特別展と、5回の開放講座を開催しました。平成30年7月28日～29日には、小学校6年生を対象としたジュニアサイエンススクール「大発見！？君も鉱物探検隊」を開催し、23名が参加しました。(詳細につきましては鉱業博物館だより第15号をご覧ください)

#### サイエンスボランティア

現在40名がサイエンスボランティア(以下SV)として活動をしています。昨年度は研修会などで知識を深めたほか、館内案内やイベント時の来館者誘導、環境整備など博物館運営にもご協力いただきました。3月20日にはSV懇談会が行われ、今年度の振り返りや今後の課題などの意見交換をしながら交流を深めました。(SV研修会の詳細につきましては鉱業博物館だより第15号をご覧ください)

鉱業博物館では常時SVを募集しております。石や化石が好きな方、当博物館での活動に興味のある方は是非ご連絡ください。



阿仁での研修会



環境整備の様子

#### 鉱業博物館業務体験

当館では秋田大学生が鉱業博物館の日常の業務を行う通年実施の実習型授業を行っています。昨年度は17名が履修し、標本の取り扱いや、イベントの準備とサポート、館内展示パネル作成、エリアなかいちでの出張展示などを行いました。



岩石薄片実習



取材を受ける学生

履修学生 17名  
(国際資源学部 14名、理工学部 3名)

#### 業務体験活動内容

岩石薄片制作 / エリアなかいち設置の出張展示リニューアル(鉱物の選定、ラベル作成、展示) / ジュニアサイエンススクール(しおり製本、スケール作成、当日の補助) / 子ども見学ツアー(鉱物万華鏡準備、当日の補助) / メディア出演 / 開放講座聴講 / 地中熱冷暖房システムクラブ更新 / 来館者アンケート入力 / 鉱物サンプル洗浄 / 寄贈標本の登録 など

**寄贈資料の受入**

秋田県内外の多くの方々から寄贈いただきました。  
 ここにご協力いただいた皆様のお名前を記し、謹んでお礼申し上げます。  
 (敬称略 50音順)

寄贈者名	寄贈資料
一井 禎彦	鉱石一式 (産地：チリ)
井筒 義秀	井筒一昭氏コレクション (岩石17点、鉱物・鉱石38点、化石24点)
井山 利広	石灰岩 (産地：岩手県和賀仙人鉱山跡)
加賀谷 俊尚	黒鉱 (産地：大館市松峰鉱山)
葛野 栄一	秋田鉱山専門学校開校記念絵はがき (鉱山の神様 金山彦命)
グナ カウル	酸性変質岩4点 (産地：パプアニューギニア デスモス海底カルデラ)
コマツ <small>国内鉱山・砕石グループ同</small>	クローラードーザー D475A-5E0 スケール1:50
佐々木 昇	黒鉱等 一式108点 (産地：小坂町古遠部鉱山) 書籍「記念誌 古遠部鉱山」 菱和会古遠部 元古遠部鉱山労働組合
佐野 和夫、佐野 信夫 町田 ルミ子	坑夫画 (モザイク画)
西岡 佑一郎 <small>早稲田大学高等研究所</small>	直良 信夫 展～再発見された遺産は語る～ 展示解説書
滝川 昭	カーロール鉱 (産地：愛媛県伊予三島市 (現四国中央市) 佐々連鉱山)
広瀬 和世、石山 大三	黒鉱469点、流体包有物40点 (産地：青森県温川鉱山) 黒鉱ボーリングコア一式9本、224点 産地 秋田県北鹿地域
松岡 裕美	田沢湖堆積物 (湖底コア) の剥ぎ取り標本・実試料 2007 田沢湖堆積物 (湖底コア) の剥ぎ取り実試料 2015



寄贈された標本



登録作業をする学生

鉱業博物館は貴重な鉱石や鉱物、歴史資料のコレクションの寄贈をいただいています。寄贈された物は学術的に記載・整理したあと標本として登録し、大切に保管されます。特に貴重なものや特色のある標本については、常設展示あるいは特別展や企画展の際の展示物として皆様に公開しています。

**平成30年度無料開放実施日**

科学技術週間

4月21日(土)・22日(日)

地質の日

5月10日(木)

国際博物館の日

5月18日(土)・19日(日)

秋田大学オープンキャンパス

7月28日(土)・29日(日)

秋田大学祭

10月13日(土)・14日(日)

教育・文化週間 (文化の日)

11月3日(土・祝日)・4日(日)

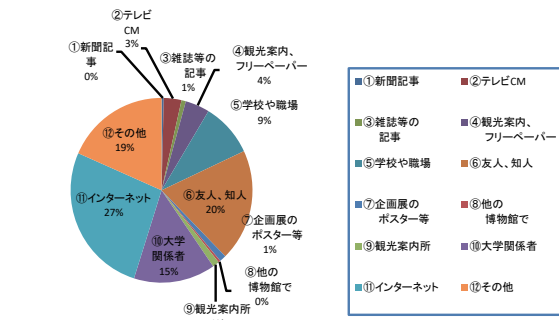
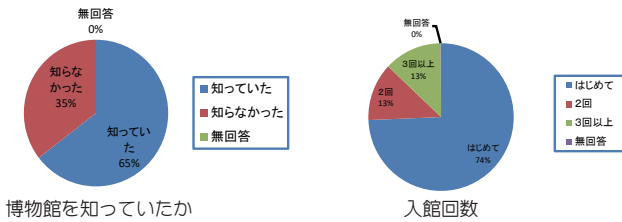
**無料開放の実施**

当館では、秋田大学行事のほか、科学や文化にちなんだ記念日に合わせて無料開放を行っております。平成30年度は左の通り実施しました。(令和元年度の予定は本紙8ページ参照)

また、毎年10月の最終土曜日と日曜日は、東北6県と仙台市で開催される文化イベント『東北文化の日』です。鉱業博物館はこのイベントと連携しており、イベント開催期間中はイベントガイドブックをご持参の方は入館料無料で館内をご覧になれます。『東北文化の日』とは、県域を越えて東北地方の多様な文化に親しめるように設けられたものです。ガイドブックは各文化施設に設置されますので、今年の秋は、ガイドブックを片手に文化施設めぐりなどはいかがでしょうか。

来館者アンケート集計結果

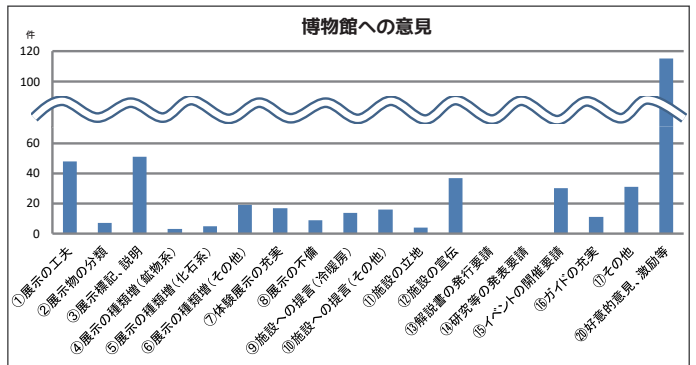
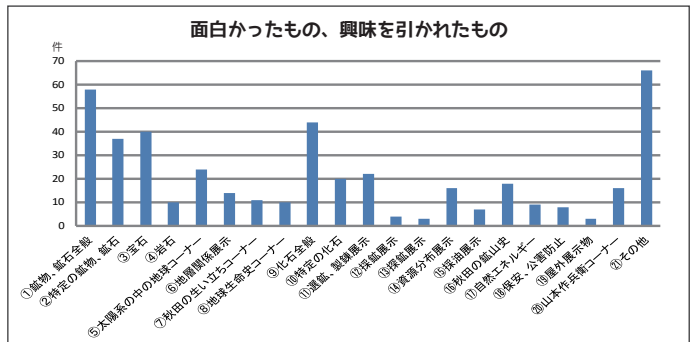
平成30年度入館者総数 7,459人



鉱業博物館では、来館者を対象にアンケートを実施しています。平成30年4月1日から11月25日までの入館者6,414名の内、アンケートにお答えいただいた1,036名の回答を集計しました。当館について知っていたかについての質問に対し、一昨年とほぼ変わらず35%の方(354人)が知らなかったと回答しました。このうち、インターネットでの語句検索やSNSで知ったと回答した方が27%(77人)を占め、当館を知る手段としてインターネットを活用する方が多くいました。また、友人や知人からの紹介で来館される方が昨年の17%に対し20%と増え、徐々に認知度が高まっていることが伺えます。昨年度はテレビやラジオで博物館を取り上げていただく機会も多く、特別展の紹介を新聞で見て来館された方も多くいらっしゃいました。

皆さんからいただいた感想や提言について紹介します。例年と同じく、1階展示室の鉱物や鉱石の種類・数が豊富であり見ごたえがあった、特別展が良かったとの意見がありました。また、宝石を扱った漫画などの影響もあり、昨年は好きな宝石の原石を見ることが出来たことが面白かったとの感想も多くありました。要望では、体感型の展示を増やして欲しい、展示されている鉱物が身の回りでどのように使われているのかが知りたい、石の名前にふりがなをつけて欲しい、もっと宣伝をするべき等の意見の他、バリアフリー化を進めてほしい、全ての部屋にエアコンをつけてほしいなどの意見がありました。説明ツアーをしてほしいという意見が多く見られましたが、館内案内の希望をされる方は事前(一週間前まで)にご連絡いただけましたら館内ガイドを付けることも出来ますのでお気軽にお問合せください。

皆さんからいただいた感想を元に、今後もより魅力的な博物館を目指して努力致します。



平成30年度特に人気だった展示



来館者の声

- \*冷暖房を完備してほしい (多数)
  - \*もっとPRしたら良いのでは (多数)
  - \*秋田犬を館長にしてみてもどうか (40代男性)
  - \*県内の鉱山について知ることが出来て良かった (60代男性)
  - \*触れるものを増やしてほしい (小学生男性)
  - \*知っている宝石の原石を見られたのが良かった
  - \*子どもの頃からずっと行きたかった博物館に来られて嬉しかった (20代男性)
  - \*クイズがあったら楽しいのでは (50代女性)
  - \*鉱石が自然ではどういう形で存在しているのか絵や写真で知りたい (70代男性)
  - \*本物の恐竜の骨があれば嬉しい (20代女性)
  - \*各階に周期表を貼ってほしい (高校生女性)
- いただきましたご意見は、今後の運営に役立ててまいります。ご回答ありがとうございました。

## 令和元年度 前期行事・お知らせ

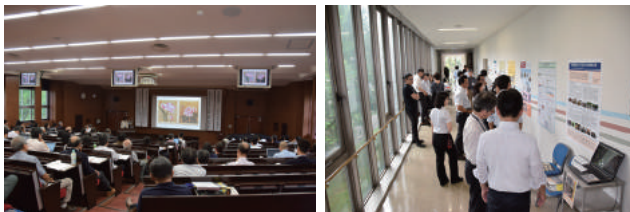
### 大学博物館等協議会・日本博物科学会 開催

6月27日(木)・28日(金)に秋田大学で第22回大学博物館等協議会・第14回日本博物科学会が開催されました。大学博物館等協議会は、毎年1回大会を開き、館長会議・総会を通じて大学博物館等の当面する問題や活動に関する意見交換、会員の交流を行っています。秋田大学では初めての開催です。今年は92名の博物館関係者が集まりました。

博物科学会は協議会開催に併せて開催されている学会で、博物館に関わる教職員、学生等による情報・教育・展示・学術・地域と社会連携・マネジメントなどの分野の研究や事例報告の発表を行っています。

今年のシンポジウムのテーマは『地域特性のある資料を通じた博物館・図書館・美術館の連携』でした。

秋田県では、近世より多くの鉱山が開発され、周辺地域の経済が潤ってきました。鉱山に関する多くの史跡や史料が残され、絵画や文学も生み出されてきましたが、これらの資料は、県内各地の博物館・図書館等で保管されてきたもののこれまで各館の連携は少なく、多くの鉱山史料が調査・研究されないままでした。秋田大学では、附属図書館での鉱山史料の再発見をきっかけに、図書館と鉱業博物館とが連携して多くの史料をデジタル公開するなど、調査・研究を進めています。シンポジウムでは、鉱業博物館の今井忠男館長を始め秋田県内外の博物館・図書館・美術館の方々が秋田の鉱山資料を通してどのように連携を進めてきたかについて講演・ディスカッションを行いました。



協議会・ポスター発表の様子

### ❖ご利用案内❖

入館料	【大人】100円 【高校生以下】無料
開館時間	9時から16時
休館日	年末年始(12月26日～翌年1月5日)及び12月～2月の日曜日、祝日
アクセス	<バスでお越しの方> 秋田駅西口12番のりばから 中央交通バス鉱業博物館入口下車徒歩5分 <徒歩でお越しの方> 秋田駅東口から約30分
ホームページ	<a href="http://www.mus.akita-u.ac.jp/">http://www.mus.akita-u.ac.jp/</a>
その他	館内の案内を希望される方は事前(一週間前まで)にご連絡ください。

### 2019年度 鉱業博物館ミニ展示 超変身!ミネラルフォーマーズ展

ご好評につき  
展示延長中!

平成31年4月26日(金)から、鉱業博物館1階ホールにて、ミニ展示「超変身!ミネラルフォーマーズ展」が行われています。

2019年4-5月の「みんなのうた」に「超変身!ミネラルフォーマーズ」が登場しました。この歌では、鉱業博物館の8種類の鉱物が戦隊ヒーローとなって活躍します。歌うのはゴールデンボンバーのボーカル・鬼龍院翔さんです。

展示では実際に映像に使われている鉱物が並び、その鉱物が私たちの暮らしを豊かにするためにどんなものに変身しているのかを知ることが出来ます。歌詞の中でも鉱物は大きな橋の材料から身近にある鉛筆の芯や陶器、食塩などに変身します。

この展示からは、鉱物がどのように人々の生活の中で使われているのかを楽しく学ぶことが出来ます。軽快なリズムと遊び心溢れるこの曲を聞いた後は、是非鉱業博物館にお越し下さい。



展示の様子

### 今年度無料開放日

- 4月20日(土)～21日(日) 科学技術週間
- 5月10日(金) 地質の日
- 5月18日(土)～19日(日) 国際博物館の日
- 7月27日(土)～28日(日) 秋田大学オープンキャンパス
- 10月19日(土)～20日(日) 秋田大学祭※予定
- 11月2日(土・祝)～4日(月) 教育文化週間

