

鉱業博物館だより

2024 年
秋
第 25 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 <https://www.mus.akita-u.ac.jp/>



原生界堆積岩の露頭（グリーンランド北西部）

研究ノート 1	2
石油の「素」となった生物たちの進化史	
国際資源学研究科助教 安藤 卓人	
研究ノート 2	6
ファラデーに学ぶ（4）『ロウソクの科学を読む』	
秋田大学名誉教授 金児 紘征	
2023 年度特別展報告	8
地質学者のフィールドノート・学生が描いた標本スケッチ	
鉱業博物館副館長 西川 治	
鉱業博物館活動報告	12
令和 6 年度活動報告と予定 / 令和 6 年度第 1 回鉱業博物館開放講座 / 令和 6 年度第 2 回鉱業博物館開放講座 / 出張展示 / 館長新任挨拶	

研究ノート 1

石油の「素」となった生物たちの進化史

秋田大学大学院国際資源学研究科助教 安藤 卓人

地層に残る有機物が語る物語

地球上の生命は大きく、バクテリア、アーキア、真核生物の3つのドメインに分類でき、真核生物はさらにいくつかのスーパーグループに分類できます。スーパーグループについて話すと長くなりますが、五界説で「原生生物界」と一括りに考えられていた単細胞の真核生物の世界は実はもっと多様であったということが近年わかってきていることには触れておきます。さて、長い長い地球の歴史のなかで、これらの生物は多種多様な有機物を合成する「術」(代謝系)を習得してきました。バクテリアの一種であるシアノバクテリアは、少なくとも24億年以前には、酸素発生型の光合成を「発明」しました。シアノバクテリアは、大気中の二酸化炭素を自身の細胞の一部、すなわち「有機物」に変換するばかりでなく、当時の生物にとって「毒」であった酸素を大気中に放出してしまいます。それまでも酸素を利用しない嫌気性生物は存在していましたが、ミトコンドリアのもとになった生物が「毒」を「薬」に変え、酸素を用いたエネルギー効率が高い代謝系を獲得したことで「発明」が加速していくことになります。

最古の真核生物由来の微化石である *Leiosphaeridi* は、約20億年前の地層からみつかります。これらはアクリターク(acritarch)という起源不明な有機質の微化石(palynomorph:パリノモルフ)であり、分解に強い生体高分子で構成されています。とはいえ、化石中の高分子はすでに長い時間のなかで変化していて、もともとの構造の理解は困難です。それでも我々は果敢に理解に取

り組んでいるわけですが、似たような有機物の「硬い殻」を形成する生物は現在の海洋や湖沼にも生息しています。現在の海洋中の真核生物で「珪藻」の次にバイオマス占める「渦鞭毛藻」は、環境が悪化した際に「休眠」するのですが、その際に形成する「シスト」は分解に強いジノスポリン(dinosporin)とよばれる生体高分子で構成されているため、化石として残ります。また、淡水域で高いバイオマス占める「緑藻」の一部もアルジナン(algaenan)と呼ばれる生体高分子を合成することが知られています。実はこれらの生体高分子は、スポロポレニン(sporopollenin)が孢子(spore) + 花粉(pollen)の構成物質(-in)というように、セルロースなどのように特定の生体高分子を示す用語ではありません。私たちの研究室では、ジノスポリンやアルジナンが実際にどのような高分子構造で構成されているか、それらの保存性にどのような違いがあるかを研究しています。たとえば、図1のような装置でこれらのパリノモルフを1個1個丁寧に取り出し、それらの高分子構造を赤外分光器やラマン分光器などの分析機器を駆使して推定しています。最近、この成果の1つが論文化されたのですが[1]、渦鞭毛藻シストのうち堆積岩中に残りにくい *Alexandrium* 属のシストに着目して、「なぜ分解されてしまうのか」ということを高分子構造や膜組織から理解することに挑戦したりしています。

同じく約20億年前の地層からは、ステロイド(steroid)が「分子化石(バイオマーカー)」として検出されます。テレビCMなどでよく聞く「コレステロール」もステロイドの仲間です。ステロイドは主に真核生物によって合成されます。一方で、バクテリアはホパノイド(hopanoid)を合成します。したがって、堆積岩からステロイドが検出されれば、真核生物が存在していた証拠となるわけです。ステロイドもホパノイドも同じ「スクアレン(squalene)」の環化によって生成しますが、遊離酸素がある環境下ではステロイド合成が進みます。そこから、いわゆる菌類・動物型のラノステロール(lanosterol)、植物型のシクロアルテノール(cycloartenol)を「中間体」として、多種多様なステロイドが生成されていきます。最近、これらの「中間体」がその後の合成反応を経ずに、熱によって構造変化したと考える化合物、つまりステロイドのプロトタイプとなる化合物である「プロトステロイド(protosteroid)」が原生代の地層中に存在することが明らかになってきました[2]。



図1 パリノモルフの高分子を分析する手法

18億年前から8億年前の時代は従来「Boring Billion (退屈な10億年間)」と言われてきましたが、真核生物の初期進化が起きたとされるこの時代には脂質や細胞壁などの「代謝系」における大きな変化があったはずで、私たちはグリーンランドの地質調査(表紙写真)で得られた試料を用いて、これらの研究にも着手しているところです。実は、グリーンランド自体は氷河と海洋の調査で赴いたのですが、近くに日本ではみられないくらい古い時代に堆積した地層が存在するとなれば、地質学者としては居ても立っても居られないわけです。というようにして、たまたま採取できた試料でしたが、興味深いことに多くの種類のアクリタークを分離することができました。上述のようにこの時期は代謝系の進化があった時期ですので、高分子分析とバイオマーカー分析を共同研究者とともに現在行なっております。

石油の素となった生物とは？

さて、『石油の素になった生物は植物プランクトンである』と皆さん簡単に結論づけてしまうかとは思いますが、実際には長い地球史の中で、海洋表層の基礎生産者は代わってきたようです。

シアノバクテリアの時代のあとに、起源不明の謎の殻であるアクリタークが多産するようになったことは前述した通りです。注意深くアクリタークを観察すると、その中にシアノバクテリアを共生させて基礎生産者となったと考えられる種がみつかります。原始的な緑藻の仲間は一括りに「ブラシノ藻」とよばれていますが、これらの一部の種は細胞分裂時に「ファイコーマ(不動細胞)」と呼ばれる硬い殻を形成する時期があることが知られています(図2)。このファイコーマの形成過程や高分子構造はわからないことだらけなので、研究している最中なのですが、堆積物や堆積岩にはよく保存されており、従来はアクリタークとされていた種の多くは形態学的にはファイコーマである可能性が高いです。アクリタークの最大の絶滅イベントは、古生代デボン紀の末にあったとされますが、その後の有機物を多く含む地層からはファイコーマが多産する場合があります[3]。時を同じくして、アオミ

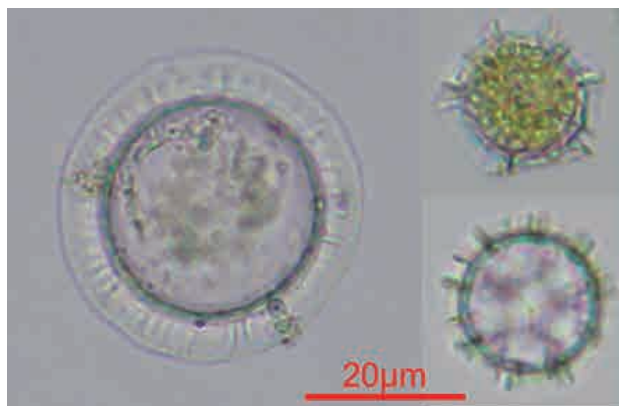


図2 ブラシノ藻のファイコーマ

ドロのような緑藻は、セルロースの細胞壁を形成することで乾燥に耐えられるようになり、最終的に陸上植物へと進化していきました。

生命最大の絶滅が起きたペルム紀末、その後の中生代以降の海では、「紅藻」を共生(二次共生)させた「円石藻(ハプト藻の一種)」「渦鞭毛藻」「珪藻」が台頭します。二次共生自体はすでに起こっていたようですが、これらの藻類にとって中生代以降の海は好適な環境だったと考えられています。実際に、渦鞭毛藻由来のステロイドである「ジノステロイド」は古生代からも検出されていて、特にアクリタークの存在量と正相関するため、アクリタークの一部は渦鞭毛藻シストと考えられています。一方で、渦鞭毛藻シスト化石に多くの場合存在する「発芽孔」(=中身を出すために開いた孔や切り込み)が、古生代の渦鞭毛藻シスト似のアクリタークにはないことが多いので、直接的に進化史を理解することは困難です。というわけで、よく知られているタイプの渦鞭毛藻シスト化石に着目すると、円石藻由来の「ココリス(円石)」と同様に、パンゲア超大陸が分裂して十分な浅瀬が形成されたジュラ紀後期以降に多産するようになります。いま現在、我が国が多く利用している中東の石油はこの時代に堆積したものですので、円石藻か渦鞭毛藻が「石油の素」の有力候補というわけです。



図3 南東フランスOAE2層準の露頭

ヨーロッパの白亜(チョーク)の崖の中には、ヘドロが岩石化してできたような「黒色頁岩」といわれる有機物に富んでラミナ(葉理)が発達した地層があります。黒色頁岩が繰り返しみつかることから、1億年ほど前の非常に温暖な時代であった中期白亜紀には「海洋無酸素事変(Oceanic Anoxic Events: OAEs)」が多発したことが知られています。OAEsはOAE1a, 1b, 1c, 1d, 2といったようにいくつかの層準に区分されます。石油根源岩として有機物に富んだ黒色頁岩を研究した研究は多く、シアノバクテリア由来の分子化石が検出されることから、「シアノバクテリアの海」として語られてきました。ふと現在

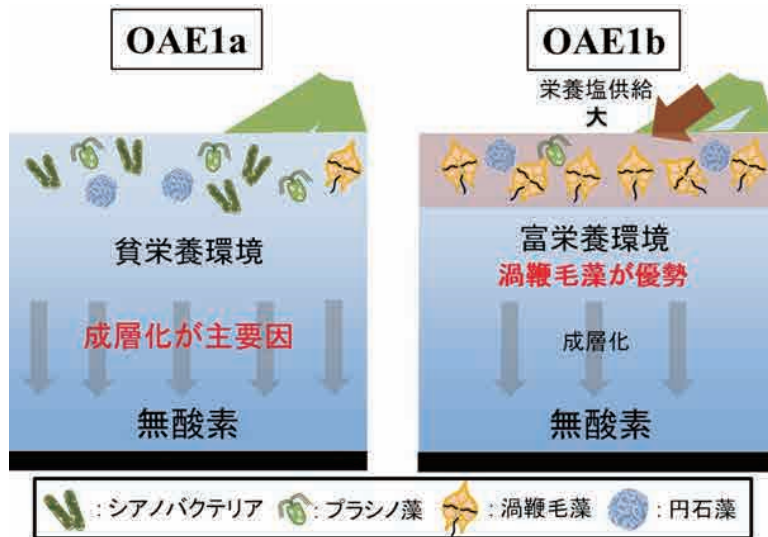


図4 白亜紀海洋無酸素事変(OAEs)の南東フランスにおける海洋基礎生産者のようす ([4], [5]より一部改変)

の地球を考えると、たしかにシアノバクテリアの「ブルーム(bloom=大量繁茂の意味)」である「アオコ」は発生していますが、主に淡水域で起きており、海洋でそのような例はほとんどありません。赤道域には窒素固定能を持った *Trichodesmium* などが高い基礎生産能力をもつことが知られていますが、生成する有機物量を考えるとなかなか理解に苦しむところです。ブルームとして「白潮」を起こす円石藻や「赤潮」を起こす渦鞭毛藻の方がよっぽど可能性があるように私たちは思いました。

ということで、私の博士研究では、フランスや北海道の試料(図3)を用いて、この「シアノバクテリアの海」仮説について再検討をしてみました。結論から言いますと、前述の渦鞭毛藻やプラシノ藻も大事な基礎生産者であった可能性を示しました(図4)。例えば、南東フランスポコンティアン堆積盆(マルセイユの北あたり)のOAE1a層準黒色頁岩からは、シアノバクテリア由来のバイオマーカーも検出されますが、プラシノ藻のファイコマも多産することがわかり、プラシノ藻の寄与も重要であったことがわかりました[4]。ただし、この黒色頁岩はどうやらブルームによる有機物の大量埋積によって形成したというよりは、海洋循環が弱まっておきた「海洋成層化」で起きたと考えられるというのが我々の見解です。一方で、同地域のOAE1b層準では、渦鞭毛藻由来のバイオマーカーの割合が黒色頁岩中で増加していることがわかりました[5]。OAE1bの時期は温暖・湿潤な環境であったことがわかっていますので、そのような環境で現在の赤潮のような渦鞭毛藻のブルームが頻発していたと考えています。実際に現在の赤潮も雨が降ったあとの晴れ間、つまり陸から栄養塩が運ばれてきた直後に太陽が燦爛と降り注ぐような環境で発生することが多いです。これは、渦鞭毛藻が珪藻や円石藻に対して動物プランクトン的な性質があり、縦方向への移動が自由にできることと関連

しています。つまり、栄養があれば底層にいつて取り込むこともでき、光合成するために太陽光を求めて表層にも動けるといわけです。白亜紀のような暖かい海、しかもそこから急激な温暖化が起きた状態というのは、渦鞭毛藻にとって非常に好適な環境だったのだと想像できます。

白亜紀OAEsが終わる後期白亜紀には、地球が少しだけ寒くなるのですが、ちょうどそのころ外洋に「珪藻」が進出するようになったと考えられています。この証拠もHBI(Highly branched isoprenoid)という珪藻由来バイオマーカーの検出で明らかになっています[6]。この時期は、寒冷になったのみならず、南米大陸とアフリカ大陸の間にある「Equatorial Atlantic Gateway」が開いていく時期ですので、それも関連しているのかもしれませんが。その後、恐竜やアンモナイトが絶滅したK-Pg境界を経て、時代は新生代に移ります。新生代の始新世までの「暖かい海」は円石藻と渦鞭毛藻がそのまま主要な基礎生産だったと考えられています。一方、寒冷化が起きた始新世-漸



図5 鵜ノ崎海岸の女川層

新世(E-O)境界以降は現在に至るまでの「冷たい海」は、いわゆる「珪藻の海」です。秋田の石油の根源岩とされる女川層硬質泥岩(図5)は珪藻土が岩石化したものですので、秋田県民のなかには石油の素=珪藻のイメージがあるわけです。はたして、本当に有機物は全て珪藻が作ったのでしょうか?そんなことに興味があり、いま秋田大学にいます。

いま現在は「珪藻の海」ですが、これはいつまで続くのでしょうか?昨今、異常気象が頻発して、それが定常化しつつあります。多くの研究者は気候変動の「ティッピングポイント(転換点)」について議論しています。すなわち、「一寸先は別世界」という状況に人類は立たされています。グリーンランドで氷河融解を目の前でみたとき、底層が無酸素でヘドロが溜まっている中海で猛暑日に調査をしているとき、私は水の中の生物たちはどう変わっているのかということを考えていました。人間のことを考えないのは少し不謹慎な気もしますが、生態ピラミッドを支えている彼ら/彼女らの動向は極めて重要です。今後、確実に水圏生態系は激変していくと推測できますので、これからもしっかり「観察」していきます。

有機物の「運命」を探る

ここまで語ってきたのは、壮大な生命史ですが、つまらないことを言ってしまうと、堆積した有機物は移動過程や溜まった後に変化してしまうものですので、岩石の中に全ての「記録」が残っているわけではありません。海洋では、植物プランクトンが作った有機物は、動物プランクトンから生態ピラミッドを経て、デトリタスとして漂い、その最中や堆積後にバクテリアなどによって大部分が分解され、「輪廻転生」することを拒んだものだけが残されていきます。重要なことは、有機物ごとに「個性」があることです。分解に強い高分子であるジノスポリンやアルジナンなどはそのまま堆積していくわけですし、前述の論文で我々が指摘したような表層堆積物中ですぐさま分解してしまう渦鞭毛藻シストも存在します。このような分解の違いだけでなく、堆積過程で高分子もしくは巨大分子を形成するようなプロセスもあり、例えば糖(正確には還元された糖)とアミノ酸の反応「メイラード反応」があげられます。パンの外側や焼肉の褐色の部分はこのメイラード反応によるものです。海洋だけでも様々な反応が想定する必要がありますが、湖沼堆積物など陸成の堆積物は、河川による運搬作用なども加わってより複雑です。しかも、それらがさらに岩石化する過程で熱や圧力を受け、さらにくっついたり離れたりしていくわけです。これらを読み解いていく、すなわち「運命」を理解するためにこれまで多くの研究がなされてきました。はたしてどのくらいの情報が岩石の中の有機物に残されているのでしょうか?そして、最終的にどのように石油や石炭などの化石燃料になっていくのでしょうか?

一例として、私たちは秋田県男鹿市一ノ目潟で、有機物がどのように運搬されて溜まっていくか、すなわち有機物の「運命」の研究をしています(図6)。爆裂火口(マール)である一ノ目潟の水深は面積に対して深く、底層は無酸素であるために生物に攪乱されずに「年縞」が堆積しています。「縞々」という部分では、私がこれまで研究してきた黒色頁岩とも似ています。堆積する有機物は、直上で生産している水生生物由来の成分はもちろん、周りから流れてくる陸上植物や河川に生息する水生生物由来の成分も含まれます。これらが、季節周期でどのように変化をするのか?最終的にどうして年縞が形成されるのか?ということが直近の課題です。そういう研究をするために、現在一ノ目潟にセディメントトラップという沈降する粒子を採取する装置(とはいっても簡易版でプラスチック容器を宙ぶらりんになっているだけです)を水温計等とともに係留しております。また、毎月の調査も今年度いっぱいに行なう予定です。一ノ目潟に浮かぶゴムボートやブイをみかけた際には、ぜひ秋田大学で調査しているのだなあと思っていただければ幸いです。



図6 一ノ目潟の「年縞」

引用文献

- [1] T. Ando et al., Rev. Palaeobot. Palynol., 329 (2024).
- [2] J. J. Brocks et al., Nature, 618, 767-773 (2023).
- [3] W. Riegel, Rev. Palaeobot. Palynol., 148 (2-4), 73-90 (2008).
- [4] T. Ando et al., Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 586, 110779 (2022).
- [5] T. Ando et al., Org. Geochem., 106, 13-24 (2017).
- [6] J.S.S., Damsté et al., Science, 304(5670), 584-587 (2004).

研究ノート 2

ファラデーに学ぶ (4) 『ロウソクの科学を読む』 秋田大学名誉教授 金児 紘征

1. はじめに

ファラデーの著書『ロウソクの科学』は有名な本であるから、その名前を知っている人も、実際に読んだ人も多いと思う。今回は、まだ読んでいない人のために、この本を改めて紹介したい。彼は 1860 年、69 歳の時に、子供のためのクリスマス講演として、1 回、1 時間の講演を 6 日間行った。原題名は “The Chemical History of a Candle” だから、直訳すれば「ロウソクの化学物語」というところであるが、『ロウソクの科学』の訳が定着している。講演では実験の実演つきであったが、中学生、高校生が読むと新鮮に化学の面白さを感じることができると思う。理系に進みたいと思うなら、できるだけ読んでほしいと願う名著である。私が大学教員になってから読んだ印象は、つい自分が講義する立場に立って読んでいることに気付く。このように段取りをつけて説明するのか、こんなふうの実験を工夫するのか、一つ一つ、なるほど、なるほどと書いてある全てが参考になる。理科教育に関心のある人にとってはバイブルのような本である。

2. 本の構成

6 回の講演であったが、その内容を記す。

- 第 1 講：ロウソク 炎—原料—構造—流動性—明るさ
- 第 2 講：ロウソク 炎の明るさ—燃焼に必要な空気—水の生成
- 第 3 講：生成物 燃焼による水—水の性質—化合物—水素
- 第 4 講：ロウソクの中の水素—燃えて水になる—水の他の部分—酸素
- 第 5 講：空気中の酸素—大気の性質—その特性—ロウソクからの他の生成物—二酸化炭素—その性質
- 第 6 講：炭素つまり木炭—石炭ガス—呼吸—呼吸とロウソクの燃焼との類似—結論

講演の題材として身近なロウソクを選んでいる。ロウソクに関する現象を調べることは自然科学の研究に入るのに適切な題材はなく、この演題を大変気に入っているから毎年でも講演したいと言っている。実演した実験は家庭でもできるものが多く、講演を聞くだけでなく、実際に実験することを薦めた。彼は実体験しないと本当の理解は得られないと思っていた。

それでは、内容の概略を紹介しながら、感じたことを述べたい。ファラデーは物理学者という印象が強いが、この本を読むと化学のエキスパートでもあったことがよくわかる。実際、彼が王立研究所に勤めた当初は化学助手として雇われ、依頼された物質の化学分析などが主な仕事であった。

3. 本の内容

第 1 講：ロウソクの作り方から初めて、ロウソクの燃え方を詳しく調べている。何か新しいことを見つけたら、何が原因なのだろう、なぜ起ったのだろうと問い続けてほしい、ついにその原因を見つけることができるはずだと激励している。始めにロウソクの種類と製法について解説した。燃え続ける原理は溶けたロウが毛管現象で供給され続けることによるが、そのことを理解するために、お皿に入れた飽和食塩水が食塩の柱を上がっていくのを実演した（ファラデー図 Fig.1）。参考までに筆者が再現した結果を図 1 に示す。影絵で炎による空気の流れを観察できること、アルコールに浸した綿ではロウソクと違ってめらめらと燃えることなどを示した。工夫して詳しく観察することが大事であること、またそのようにすると知らなかったことがいろいろわかると言っている。

第 2 講：ロウソクを適切な仕方では燃やせば後に何も残らないと不思議がっている。次に炎の中で何が起っているのかを調べている。何をどのように調べるか、方法論が問題になることである。ロウソクの炎の中に水平に紙を差し入れて焦げ具合から温度の高い所を示した。炎の各部にガラス管を差し込み、そこで発生するガスをガラス管に捕集してその性質を調べている。炎に重い蒸気が含まれていることを確認し、それはロウソクの成分が気化したもので、点火すれば燃えることを示した。完全燃焼と不完全燃焼があり、燃焼現象を理解するために、他の例と比較することが必要であると言ひ、火薬、鉄粉の燃え方の違いを説明し、硫黄、リン、亜鉛などを燃やしている。そして、ロウソクが光り輝く炭素粒の燃焼であることを確かめた。

第 3 講：ロウソクから上昇する気流の中に、冷たい物に触れると凝結するものがあり、それが水であることを確かめ、水の性質を詳しく調べている。水が水蒸気になった時の体積変化、また氷になると体積膨張して容器が破壊することを確認している。いくつかの金属と水との反応を比較している。カリウムのかけらを水に入れると見事に燃えた。鉄のやすりくずを水に入れると錆びた。亜鉛のかけらはその中間の作用をした。そして、加熱した鉄管に水を通した時に発生した気体は水素であり（ファラデー図 Fig.14）、酸に亜鉛を入れても水素が得られることなどを次々実演している。

第 4 講：彼が最も得意とする電気分解の実演とその説明である。まず始めに正体のわかった物質を電気分解して、電気分解の意味を説いている。銅を硝酸に浸した溶液を電気分解し、銅が析出すること、逆に電気を流せば析出した銅が溶け出すことを示している。そして、水を電気分解して陽極、陰極から出るガスをまとめて集めてライデンビンに入れて電気火花を発生させると爆発して元の水になることを示している。陽極で発生する酸素、陰極で発生する水素を別々に集めると、重量比は酸素 / 水素重量比は $88.9/11.1 = 8 : 1$ であった。

第5講：空気と一酸化窒素を反応させて酸素を除去し、空気には酸素の他に窒素が含まれていることを示し、窒素の役割を説明している。酸素中では激しく燃焼し、窒素は酸素の働きを弱め、丁度よい程度に役に立つようにしてくれる。もし大気中に窒素がなければ、鉄はもっと激しく腐食するに違いないと連想している。

真空にすると、外からすごい重さの空気で押されていることがわかるとして、有名なマグデブルグの半球の実演をしている。気体の密度はどうやってはかるのかと聞かれれば誰でも戸惑うはずである。本来軽い気体に圧力をかけて重量を増加させ、大気圧に戻してその体積をはかるように工夫している。燃えた時に生じたガスは二酸化炭素で、空気より重く、その中ではロウソクが消えることを示した。

第6講：カリウムを加熱して二酸化炭素中に入れる実験をすると爆発したりしたが、燃焼して後に炭素が残った。二酸化炭素を炭素に戻せる一例である。ロウソクの燃焼と人間の体内で起っている呼吸との類似性について説明している。人間が酸素を吸って、炭素（食べ物）を燃焼させ、二酸化炭素を吐き出すことを実験で示している。そして、二酸化炭素の性質を調べている。植物は動物とは反対に二酸化炭素を取り込んで成長することから、動物と植物の相互関係に言及している。最後に、若い人はロウソクのように光輝いて欲しいと締めくくっている。

4. ファラデーの自然観

この本の主眼は子供たちに実験を実演して化学の面白さを知ってほしいというものであるが、その記述には一貫して彼の自然観が現われている。すなわち、神が整然として世界を創り、すべては整合していると考えた。世の中に不要なものはなく、第5章で窒素は燃焼に関与しないがむしろ燃焼を抑えていることに意味を見出している。万物は変化するがまた元に戻すことができることを示そうとしている。例えば第4章では水の電気分解で生じた水素と酸素を着火させて水に戻せること、銅を水溶液に溶かしてそれを電気分解すれば銅に戻せることを示した。第6章では物資の酸素による燃焼、動物の呼吸による二酸化炭素の発生は植物によって炭素と酸素に戻されて自然循環することを示した。彼は神の恵みを感じて自然をこよなく愛した。

5. おわりに

このように、ロウソクという身近な素材を使って、その燃焼に水素、酸素、空気、窒素、二酸化炭素がどのように関わるのか、それぞれの性質はどのようなものかを話すだけでなく、多くの実演で明らかにした。多くの訳本があるが、竹内敬人訳『ロウソクの科学』は詳しい訳注、またファラデーの略伝もついているからお勧めする。

（本講に関しては、本館で『ロウソクの科学』を読む」と題して、2018年8月2日（その1）、8月9日（その2）の2回連続で講演を行った。）

付記：再現実験

ファラデーは講演で実演を行い、聴衆にも実験することを薦めた。本に図解が35図載っているが、ほとんどの実験は試薬と簡単な器具さえあれば再現できる。筆者は図1に示す関連実験を行った。簡単でないのはFig.14の図の実験で高温炉に鉄管に詰めた鉄粉を置き、水蒸気を流して水素を発生させる実験である。福島原発事故で水素爆発が起こったが、それはウラン燃料の被覆管であるジルカロイ（ジルコニウム合金）と水蒸気との反応による水素発生に起因する。そこで、図2に示すようにジルカロイ管内部に発熱体を埋め込み、水の中に沈めた。水があるうちは水素を発生しないが、水を抜いていくと、赤い発熱部で水蒸気と反応して水素が発生していることを水上置換、また水素検知器で検知できた。

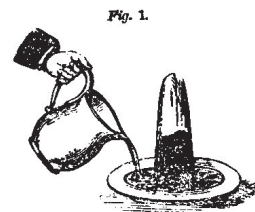


Fig.1 食塩の皿に青色着色の飽和食塩水を注ぐ（ファラデー）



図1 食塩の皿に赤色着色の飽和食塩水を注ぐ（筆者）

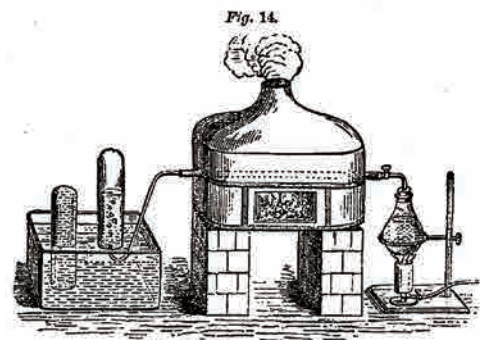


Fig.14 鉄による水蒸気分解で水素発生（ファラデー）
 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$

開始時：常温



排水⇔注水時：加熱高温



図2 ジルカロイ核燃料被覆管の水蒸気酸化による水素発生
の模擬実験（筆者） $\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2$

2023年度特別展報告

「地質学者のフィールドノート・学生が描いた標本スケッチ」

鉱業博物館副館長 西川 治

はじめに

鉱業博物館では、2023年11月15日～2024年1月20日の会期で、特別展「地質学者のフィールドノート・学生が描いた標本スケッチ」を開催した(図1)。

黎明期の自然科学では、天然に存在するモノや事象を観察し、そのありのままの姿を記載した。観察者が認識したモノの色や形、構造の特徴は、精密画やスケッチによって記録された。明治・大正期の学術誌には、手書きで精緻に描かれた挿絵や図版を見ることができる。これらの標本画は、研究者自身によるもののほかに、描画を専門とする技師として雇われた画工によって描かれたものも多かった。しかし、写真技術の進歩と共に、精密画は次第に写真に置き換えられていった。地質学分野の文献の変遷を調べてみると、その時期は1910年代から30年代である。

誰もがスマホカメラを持ち、手軽に鮮明な写真をとることができる現代においても、野外での自然観察を重視する分野では、スケッチが有用な記録手段であることに変わりはない。人間は、見えているモノの情報を一度にす

べて把握することはできないが、その特徴を捉えることには長けている。スケッチは、観察者の眼を通して脳で認識されたイメージを紙面に投影する行為である。これは、きわめて主観的に無駄をそぎ落とし重要な部分だけを表現するもので、ありのままの姿を記録する写真撮影とは本質的に異なるものである。したがって、スケッチは、必ずしも写実的である必要はない。地質調査で露頭をスケッチするとき、調査対象ではない地層や表土、植生は、しばしば省略される。また、観察対象であっても記載すべき特別な情報がない場合は、記号を用いて簡略化されることが多い。

観察対象が同じだとしても、人によって全く異なるスケッチになることも珍しくない。観察者の興味がどこにあるのかによって、見えるものが違うからである。例えば、地層が露出した崖をスケッチすることを考えてみよう。ここでは、地層の積み重なりとそれらを切る断層を観察できたとする。層序を明らかにしたい場合には、積み重なり順に一枚一枚の地層の粒子構成や堆積構造、化石の有無などをスケッチに詳細に描き込む。一方、構造地質学者は、断層運動による地層の変位や破碎状況を詳しく描いていくが、地層自体は変位マーカーとみなされるだけである。

時間をかけて丁寧にスケッチをするときには、対象を詳しく観察する。結果として対象への理解が深まり、重要な発見に繋がることもある。スケッチの記録としての価値は言うまでもないが、スケッチをするという行為にも、情報を整理し気づきを得るという重要な側面がある。そのため、スケッチは、観察者がどこに視点を置き、何を見出したのか、観察の過程で頭の中がどのように整理されていったかを追うことが出来る大変興味深い資料でもある。

本特別展では、地質学分野の研究者や技術者、学生がフィールドノートに描いた露頭や地形のスケッチ、日本の地質学黎明期に図版として出版された化石標本などの精密画に焦点を当てた展示を行った。併せて、国際資源学部の専門科目「地球科学概論」の課題として学生たちが描いた標本スケッチも展示した。また、期間中の12月15日には、標本のスケッチ教室を開催した。

本特別展を開催するにあたり、早坂康隆氏、山元正継氏、緒方武幸氏は学生時代のフィールドノートを、酒井亨氏は活断層露頭のスケッチを提供してくださった。東北大学総合博物館の高嶋礼詩氏および根本潤氏、鹿納晴

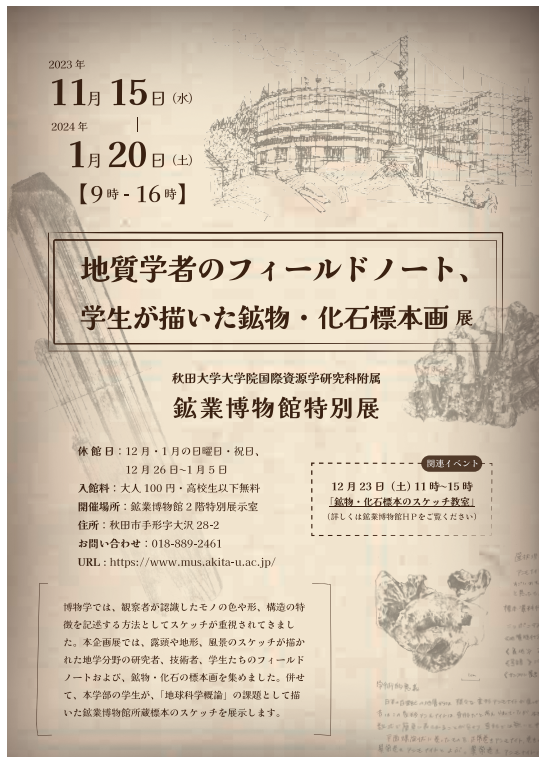


図1 特別展ポスター

尚氏は、膨大な所蔵資料の中からリクエストした図版やスケッチ集を探し出し、借用を許可してくださった。国際資源学部・同研究科の学生有志の皆さんには、標本スケッチの掲示に同意していただいた。以上の方々に、厚くお礼申し上げます。

展示解説

論文中の挿絵や手書きの化石図版（東北大学総合学術博物館から借用）：論文等の精密画は、写真技術の向上と共に次第に姿を消していった。過渡期にあたる大正期および昭和初期の東北帝国大学理科報告（地質学）の景観絵図や化石図版を展示した。図版には、画工と思われるYebina, Ebina, Ishizakiの名前がある。

宮古・田野畑の海岸の景観絵図

Yabe, H., Yaehara, S. (1913) The Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd ser, (Geology), vol.1, no.1.

宮古・北海道産三角貝化石の手書き図版

(Yebina & Ishizaki 描画) (図2)

Yehara, S. (1915) The Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd ser, (Geology), vol.2, no.2.

本邦および朝鮮半島産中生代植物化石の手書き図版 (Ebina 描画)

Yabe, H. (1922) The Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd ser, (Geology), vol.7, no.1.

浅野 清の標本スケッチ（東北大学総合学術博物館から借用）：東北帝国大学で学び、教鞭をとった浅野清（1910-1980）は、日本の有孔虫化石研究の礎を築

いた古生物学者である。学生時代には、地史学や岩石学の授業の課題として化石標本や岩石プレパラートのスケッチを多数描いている。顕微鏡を用いて観察する微化石標本の一部の図版には、遅くまで標本画が使用されていた。当時の撮影技術のレベルは低く、標本の立体的な形状や表面の微細な装飾を表現するのに、写真より手書きのほうが優れていたからであろう。浅野の遺した研究資料から、図版制作の手順も判った。まず標本を鏡下で精密にスケッチし製図ペンで墨を入れる。次に、標本のスケッチを一つずつ切り抜き、台紙に並べて原版を作成する。原版を写真撮影し、3/4 サイズに縮小して印画していた。図版には、著者の画力が生かされた精緻な標本画を見ることが出来る。そのスキルは学生時代のトレーニングで培われたものかもしれない。

化石スケッチノート（地史学1932年）

岩石薄片スケッチカード（岩石学実習1932年）

底生有孔虫化石原画（図3）

底生有孔虫化石図版原版（図4）

Asano K. (1938) The Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd ser, (Geology), vol.19, no.2.

渡辺 萬次郎の鉱業博物館スケッチ集：渡辺 萬次郎（1891-1980）は、鉱床学の研究・教育において業績を上げ、学会や大学の発展にも尽力する傍ら、多くの短歌や風景画を遺した多才な人であった。東北大学を定年退官したあと、秋田大学第二代学長に就任した。学長就任時に鉱業博物館の建設が決まり、1960年の起工前から1961年の竣工までの建設過程を詳細にスケッチした（図5）。スケッチは、はがき裏面に描かれ、鉛筆で下書きしたものをペンで墨入れしている。時系列に並べられた



図2 三角貝化石の手書き図版 (Yehara, 1915)

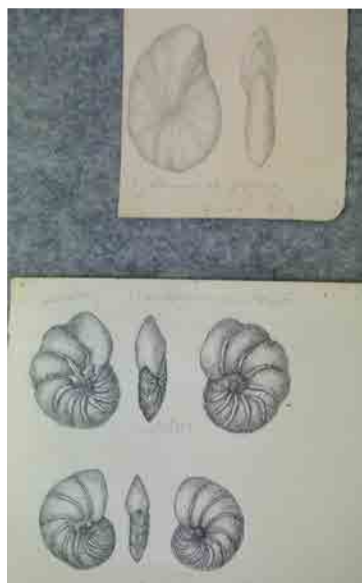


図3 底生有孔虫化石原画 (浅野 清)

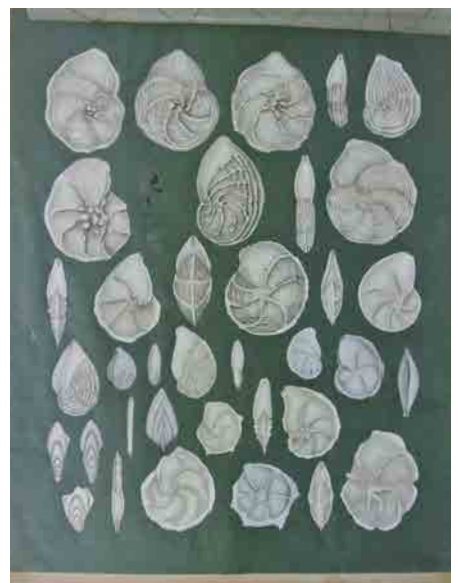


図4 底生有孔虫化石図版原版 (Asano, 1938)

全63枚のスケッチカードは圧巻である。敷地の整地が始まり、建設が進んでいくうちに博物館の全容が次第に明らかになっていく様が手に取るようにわかる。また、学生による奉仕や牛による運搬の様子なども描かれ、平和で牧歌的な当時の雰囲気が伝わってくる。

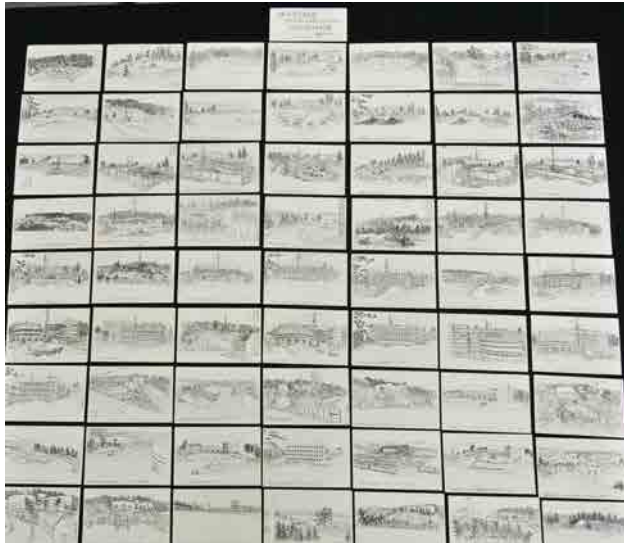


図5 秋田大学第二代学長 渡辺萬次郎の鉱業博物館建設過程のスケッチ集

渡辺武男のフィールドノート(図6): 秋田大学第四代学長の渡辺武男(1907-1986)は、黒鉱の「同成説」など鉱床形成の研究で大きな業績を挙げた鉱床学者である。また、小藤石をはじめとする新鉱物の発見者としても知られている。1945年と1946年には、原子爆弾災害調査研究特別委員会の一員として広島と長崎の被爆実態調査を実施した。



図6 秋田大学第四代学長 渡辺武男のフィールドノート

原爆によって破壊された浦上天天主堂のスケッチ

1945年10月 於 長崎市

原爆によって一本柱になった山王神社鳥居のスケッチ

1946年5月 於 長崎市

皆既日食のスケッチ

1936年6月19日 於 北海道中頓別

鉱床スケッチ

朝鮮半島 遂安鉱山 1934年7月

久根鉱山 1948年8月

野田玉川鉱山 1953年10月

日立鉱山 1953年8月

栃木県加蘇鉱山 1960年3月

地質調査のフィールドノート: かつて、地質学の卒業論文や修士論文では、広域の地質調査が必須だった。野外調査では、限られた時間に多くの露頭を観察するため、地形図とフィールドノートに手際よく記載していく必要がある。良く整理されたノートには、露頭観察で得られた事柄がスケッチで図解され、重要な情報を一目で把握できるようになっている(図7)。

山元正継 1975年 修士論文

早坂康隆 1980年 卒業論文

緒方武幸 1996年 進級論文

緒方武幸 1998年 修士論文

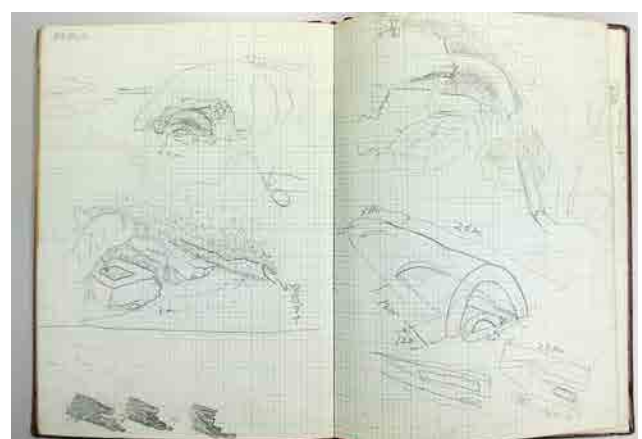
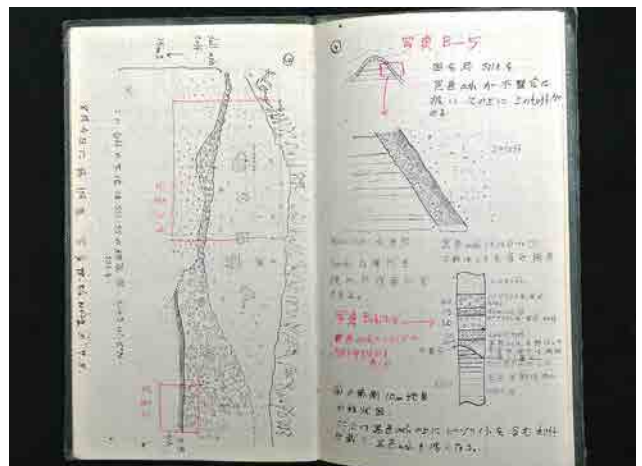


図7 卒業論文や修士論文のフィールドノート

活断層調査におけるスケッチ: 活断層評価のために実施する断層露頭調査では、正確に描画するために、露頭表面を覆う土砂をきれいに掃除したあと、1mグリッドの

水系を張り、正面から写真撮影し、歪補正した画像を下絵にしてスケッチする。断層破碎帯中の割れ目の分布と連続性、発達方向に加えて、地層のずれや礫の配列パターンにも注意して記録を取る。

酒井 亨 2023年 活断層露頭スケッチ(福島県湯ノ岳断層)(図8)

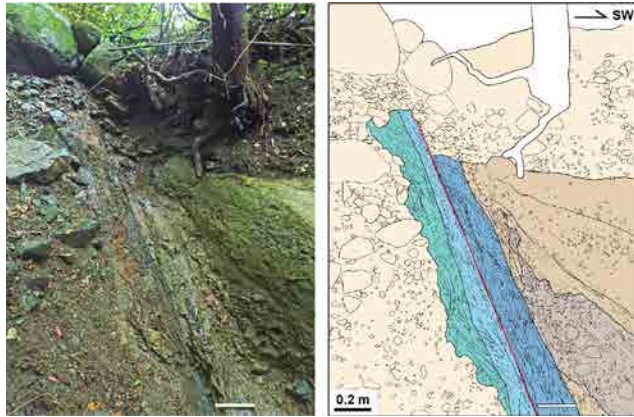


図8 断層露頭スケッチ (福島県湯ノ岳断層)

秋田鉱山専門学校の学生が実習で描いたスケッチ: 秋田鉱山専門学校の学生は、鉱山で実地研修を行っていた。採鉱学科の報告書にみられる挿絵は、露頭や切羽に現れた地層や岩盤のスケッチよりも、鉱山施設や機械の見取図が多い。本特別展では、秋田鉱山専門学校採鉱学科第一期生の実習報告書の中に描かれた坑道、鉱山施設・機器の見取図を展示した。1913年当時の鉱山の様子がわかる貴重な資料である(図9)。

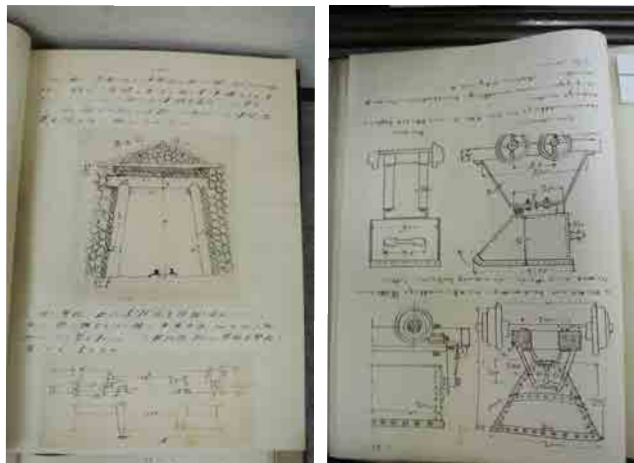


図9 秋田鉱山専門学校の生の実習報告書に見られる鉱山施設見取図

杉原蕃一 足尾銅山通洞選鉱場
川口寅之助 佐渡金山
神尾不二太郎 阿仁鉱山
田中清作 足尾銅山本山坑
人見勇気 豊国炭鉱(第一坑)

秋田大学の実習や進級論文で学生が描いた化石や岩石プレパラートのスケッチ:

福永里実 2005年 古生物学実習
千田恵吾 1990年 進級論文

「地球科学概論」の課題標本スケッチ: 本講義では、鉱業博物館に展示されている標本をスケッチし、説明を付けたレポートが課される。2023年までのレポートのうち、同意が得られた38枚を展示した(図12)。

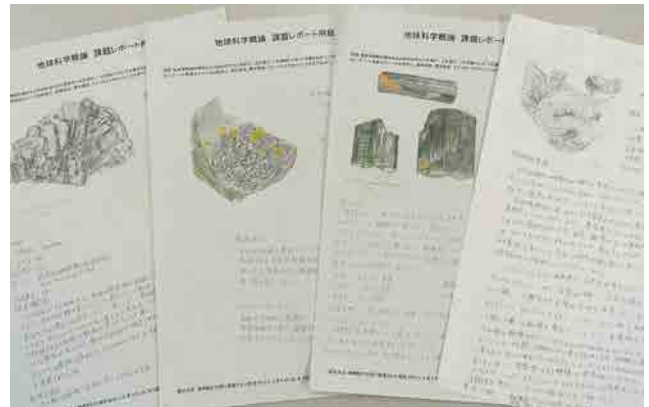


図12 地球科学概論の課題レポート

標本スケッチ教室

12月23日に教育文化学部の石井宏一氏を講師に迎え、スケッチ教室を開催した。学生および一般の参加者10名が集まり、各自お気に入りの展示標本をスケッチした。スケッチをする前の石井氏によるレクチャでは、描画技法の解説はなく、対象をよく観察したままを表現することが強調された。限られた時間であったにもかかわらず、沢山の力作が生まれた。最後に参加者全員で互いの作品を鑑賞しあった。

鉱業博物館活動報告／博物館からのお知らせ

令和6年度活動報告と予定

無料開放デー

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)	国際博物館の日
7月27日(土)	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
11月3日(日)	教育・文化週間(文化の日)

行事

7月25日(木),26日(金)	ジュニアサイエンススクール
-----------------	---------------

鉱業博物館開放講座

第1回

ファラデーに魅せられて(10)「ファラデーの化学分析研究」

2024年6月12日(水)14時～15時

講師:金児 紘征氏(秋田大学名誉教授)

ファラデーは、王立研究所に化学助手として雇われ、化学物質から発掘品、人骨、隕石など手当たりしだい化学分析しました。その事例から、化学分析のエキスパートであることが紹介されました。



第2回

菅江真澄シリーズ第1回講演「菅江真澄遊覧記の世界」

2024年6月15日(土)13時30分～15時

講師:小笹 鉄文氏(菅江真澄研究会会長)

江戸時代後期の文人、菅江真澄が書き残した旅日記「菅江真澄遊覧記」について講演していただきました。真澄が記録した自然や風俗など、様々な事柄が彩色された図絵とともに紹介されました。



新任挨拶

鉱業博物館長 大場 司

2024 年 4 月から館長に就任しました大場 司と申します。よろしくお願い致します。専門分野は火山学・岩石学です。



当館では鉱石や鉱山関連資料のほかにも、溶岩や火山弾などの標本をはじめ、岩石や火山に関連した展示も充実しています。鉱業博物館の標本には、数々の美しい鉱物や鉱石がありますが、その中には火山活動と関係しているものもたくさんあります。秋田県が産地として有名な黒鉱もその良い例です。鉱業博物館では、鉱物や岩石の美しさに触れながら、火山活動のようなダイナミックな地球の営みを学習できます。スタッフ一同、皆様のご来館をお待ちしています。

にぎわい交流館 AU の出張展示

「にぎわい交流館AU」の展示をリニューアルしました。今回はあきた鉱山系資料館ネットワークとの共同企画で、大盛館の紹介パネルとともに、「荒川鉱山ゆかりの作品」を展示しています。お近くにお越しの際はぜひお立ち寄りください。



◆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
Web サイト	https://www.mus.akita-u.ac.jp/
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。

※開館情報は、当館 Web サイトでご確認ください。



鉱業博物館へ
行こう！



ポンピングユニット(左)と
坑口装置