

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2024

9

Vol.13 No.9



9月号

-
- 217 **5万分の1地質図幅「外山」の紹介** 内野隆之
-
- 224 **海洋の酸性化と貧酸素化の複合的な要素がシロギスの卵に及ぼす影響を明らかに —気候変動が水産資源に及ぼす影響評価—**
井口 亮・鈴木 淳・依藤実樹子・國島大河・林 正裕・小埜恒夫
-
- 227 **他の細菌に依存して楽をする細菌の発見** 片山泰樹
-
- 231 **Webサーバのログを用いたGSJ地質ニュース記事のアクセス解析（2023年度）** 大野哲二
-
- 239 **地質標本館体験イベント「絵の具になる鉱物」開催報告**
川辺禎久・福田和幸・瀬口寛樹
-
- 243 **新人紹介** 天谷宇志・浅田美穂・西木悠人・久保田 彩・新谷 毅・前田純伶・片桐 淳・大橋聖和・篠原崇之・松永康生
-
- 248 **受賞・表彰 「2023年度岩の力学連合会賞（論文賞）の受賞」**

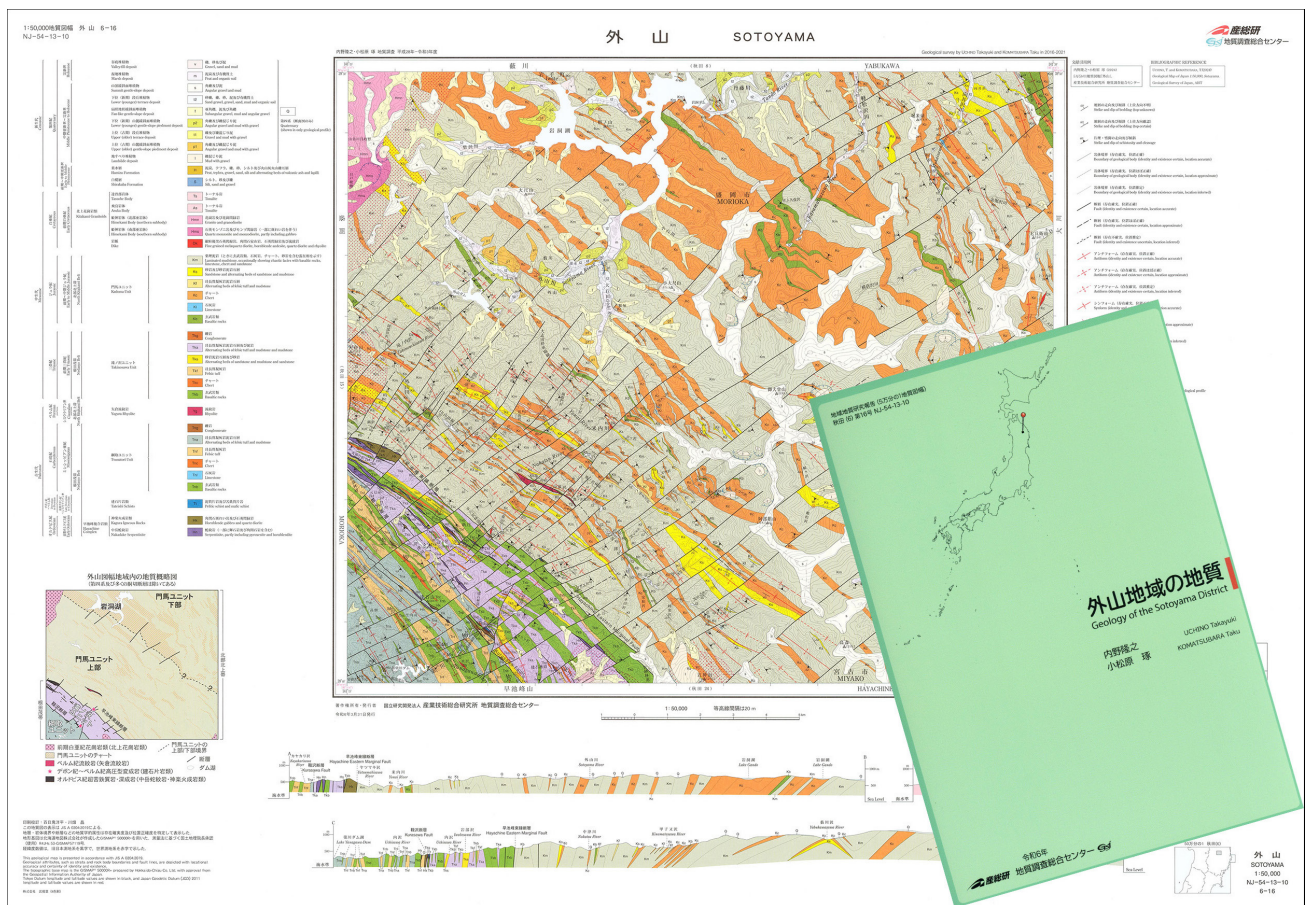
5万分の1地質図幅「外山」の紹介

内野 隆之¹

1. はじめに

地質図は、表層土壌より下にある地層・岩石の分布や地盤の様子を表した図で、資源開発、防災、土木・建設、地球環境対策、観光振興など幅広い分野で、基礎資料として利用されている。また、日本列島の発達過程を明らかにするための学術資料としても重要な役割を果たしている。産総研地質調査総合センターでは、知的基盤整備の一つとして、日本全国の地質を調査・研究し、様々な種類の地質図を作成している。特に5万分の1の地質図幅は、日本列島を1,274に分割した区画ごとに作成される高精度の地質図であり、解説書には地質調査や試料分析から得られた岩石の性状や地層の年代、地質構造など様々な地質情報が記載されている。

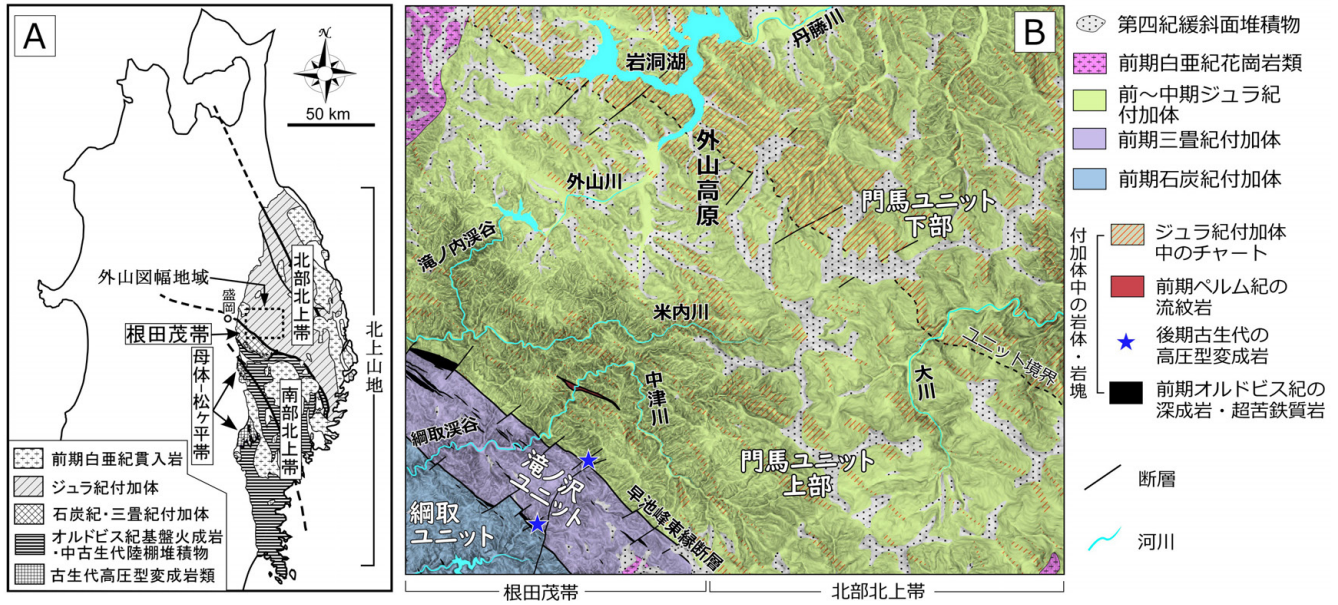
2024年3月31日に、5万分の1地質図幅「外山」(以降、外山図幅と呼ぶ)が刊行された(第1図:内野・小松原, 2024)。外山図幅区画は岩手県盛岡東方に位置し、北上山地の中西部に当たる(第2図A)。本地区域周辺では、南隣で5万分の1地質図幅「早池峰山」が2013年に作成されているが、それ以外では詳細な地質図は刊行されていない。北上山地中西部には、日本の他地域ではほとんど見られない石炭紀や三畳紀の付加体が産していることや、これら付加体中に角閃石斑れい岩、石英閃緑岩、超苦鉄質岩(蛇紋岩や角閃石岩)などの島弧で形成された火成岩が挟んでいる点で、地質学的に極めて重要である。外山図幅は2016年から2022年にかけて、約300日間の地表踏査及び化学分析ならびに微化石同定などの室内作業を実施し作成された。本小論では本図幅の概要を紹介する。



第1図 外山図幅の地質図と説明書。

¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：5万分の1地質図幅、岩手県、外山、根田茂野、北部北上帯、南部北上帯、付加体



第2図 外山図幅地域の地質体区分図。Bの地形陰影図はシームレス傾斜量図 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/slope/>) を使用。色の濃い部分は外山高原の周りに発達する開析山地(溪谷域)を示す。

2. 地形概説

外山図幅地域には、中央部から北東部にかけて山頂小起伏面が発達する外山高原と中央部～南西部ならびに東縁部で溪谷をなす開析山地が広がっている(第2図B)。外山高原では周氷河作用によって形成された緩斜面と河成作用によって形成された段丘面ならびに狭い範囲に発達した湿原・谷底低地が見られる。本高原上に位置する盛岡市数川は、標高680m程度でありながら本州で最も寒冷な定住集落として知られ、1945年1月には氷点下35℃を記録したこともある。この寒冷気候に起因する周氷河地形を形造る緩斜面は、尾根沿いに分布する山頂緩斜面と山腹斜面下部に分布する山麓緩斜面ならびに扇状地性緩斜面に大別される。河成段丘面は、上位(古期)と下位(新期)の2面が認められ、山麓緩斜面と連続している。地すべり地形も幾つか認められ、主に外山高原内に発達する。

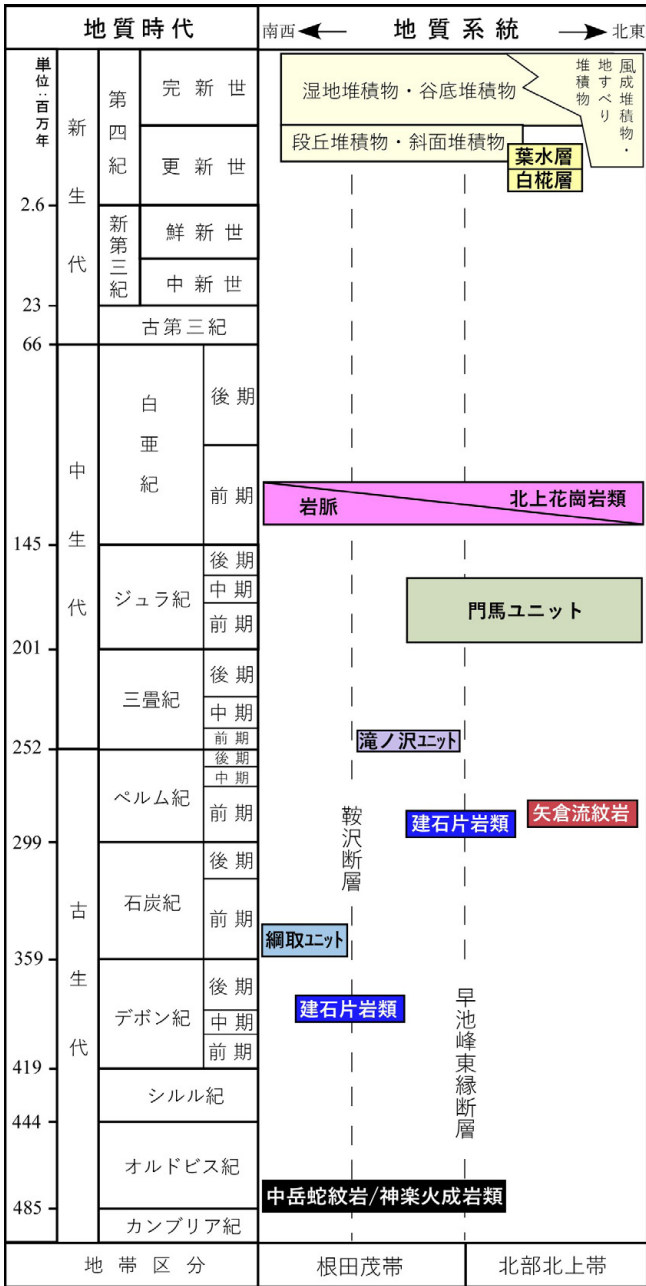
3. 地質概要

北上山地の基盤は、山地南半部にオルドビス紀の火成岩類とそれを覆うシルル紀～ジュラ紀の陸棚堆積物からなる「南部北上帯」が、北半部にジュラ紀の付加体からなる「北部北上帯」が分布する。そして、両帯の間に前期石炭紀及び前期三畳紀の付加体からなる「根田茂帯」が狭長に分布する(第2図A)。外山図幅地域では約2割を根田茂帯が、そして約8割を北部北上帯が占める。それらを前期白亜紀の花

崗岩類が貫き、更にその上を第四紀の堆積物が覆っている(第2図B)。特筆すべき点として、根田茂帯の付加体中に南部北上帯のオルドビス紀基盤岩類に対比される蛇紋岩・火成岩類や母体・松ヶ平帯の古生代高圧型変成岩に対比される結晶片岩が、また北部北上帯の付加体中に前期ペルム紀の流紋岩が、ともに岩体・岩塊として挟在していることが挙げられる(第2図B)。本地域の地質系統を総括したものを第3図に示す。

3.1 根田茂帯の前期石炭紀付加体

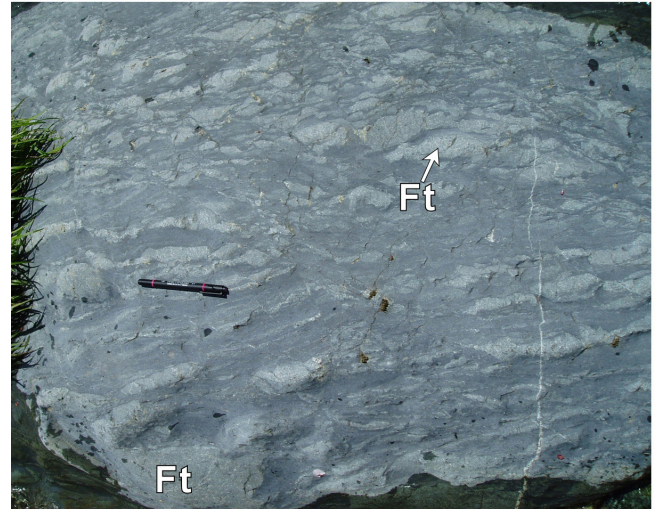
前期石炭紀の付加体は、根田茂帯の南西部に位置し(第2図B)、網取ユニットと呼ばれる。付加体を原岩とした低温高圧型変成岩を除けば、現状では日本で一番古い付加体である。網取ユニットは、珪長質凝灰岩泥岩互層、珪長質凝灰岩、玄武岩類を主体とし、少量のチャート、泥岩、岩片質砂岩、礫岩、石灰岩を伴う。特に珪長質凝灰岩泥岩互層が卓越することが特徴的で(第4図)、ジュラ紀の付加体に一般的に見られる層状チャート、石英長石質砂岩、石灰岩は極めて少ない。全体的に変形が著しく、珪長質凝灰岩泥岩互層中の珪長質凝灰岩はブーディング化し破断相を呈する。海洋性の玄武岩類は比較的多く産し、その火成活動に伴って形成された熱水性の赤色チャートが特徴的である。鉄マンガン薄層を挟在するこの赤色チャートからは後期デボン紀のコノドント化石(濱野ほか, 2002)が、海溝充填堆積物であるシルト岩や礫岩基質からは前期石炭紀の放射虫化石(内野ほか, 2005; 内野・栗原, 2019)が得られている。



第3図 外山図幅地域の地質総括図。

3.2 根田茂帯の前期三疊紀付加体

前期三疊紀付加体は、根田茂帯の北東部に位置し(第2図B)、滝ノ沢ユニットと呼ばれる。珪長質凝灰岩泥岩互層、珪長質凝灰岩、玄武岩類、砂岩泥岩互層を主とし、チャート、砂岩、泥岩、礫岩を伴う。全体に変形を被っており、互層の多くが破断相を示す。岩相は綱取ユニットと似るが、^{たていし} 高压型変成岩礫や超苦鉄質岩礫を特徴的に含む礫岩(建石礫岩: Uchino and Kawamura, 2010)、層状チャート、石英長石質砂岩を産する点で異なる。玄武岩類は綱取ユニットと同様に多産するが、滝ノ沢ユニットのものには一部で藍閃石が認められ(内野・川村, 2010)、より高い圧力条

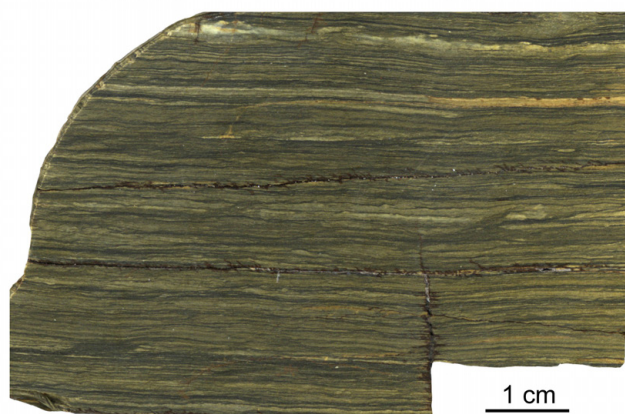


第4図 前期石炭紀綱取ユニットに特徴的な珪長質凝灰岩泥岩互層。Ft: 珪長質凝灰岩。

件下にもたらされたことが伺える。化石が未発見のため長く時代未詳であったが、近年、砂岩から約 250 Ma の碎屑性ジルコン U-Pb 年代が報告され、本ユニットの付加年代が前期三疊紀であることが判明した(Uchino, 2021)。同様の年代は、近年、四国黒瀬川帯に産する後期ペルム紀付加体の一部からも報告され始めている(Hara et al., 2018; Ohkawa et al., 2021)。

3.3 北部北上帯の前期～中期ジュラ紀付加体

前期～中期ジュラ紀付加体は、北部北上帯の南西部一帯に広く分布し、本図幅地域では基盤の約 8 割を占める。門馬ユニットと呼ばれ、構造的上位と下位に位置するものをそれぞれ“上部”、“下部”として区分されている。両者とも岩相の差異はほとんどなく、葉理泥岩、チャート、砂岩、泥岩砂岩細互層を主体とし、珪長質凝灰岩泥岩互層、玄武岩類、石灰岩を僅かに伴う。葉理泥岩はシルトからなる灰色部と粘土鉱物・炭質物からなる暗灰色部がミリオーダーで細互層する特徴的な岩相を示す(第5図)。泥質岩(葉理泥岩、泥岩砂岩細互層、珪長質凝灰岩泥岩互層)は厚さ数 cm ～数 10 cm の玄武岩類、チャート、砂岩などをシート状ないしレンズ状に挟有する。チャートは成層構造を示し、下部では分布幅が地層の繰り返しも含め約 3 km にも及ぶ大規模なものが存在する。またこの層状チャートは、しばしばミリオーダーで細互層する“チャートラミナイト”を随伴する。玄武岩については MORB(中央海嶺玄武岩)型と海山型が認められ(内野, 2021b)、また下部の玄武岩の一部にはアルカリ角閃石が生じている。本ユニットは、全体に著しい変形を被っており、特に泥質岩においては片状



第5図 門馬ユニットに特徴的な葉理泥岩。

構造や微褶曲が発達する。年代については、黒色チャート及び泥岩からそれぞれ前期ジュラ紀前期、前期ジュラ紀後期～中期ジュラ紀の放射虫化石が報告され(松岡, 1988; 内野・鈴木, 2021), また数地点の砂岩からは約 190 Ma から 170 Ma までの碎屑性ジルコン U-Pb 年代が得られている(内野, 2019, 2021a; Osaka *et al.*, 2023)。上部から下部(南西から北東)にかけて傾斜が緩やかになるとともに、付加年代も前期ジュラ紀から中期ジュラ紀へと若くなる傾向を示す。

3.4 根田茂帯付加体中のオルドビス紀超苦鉄質岩及び深成岩

根田茂帯の付加体分布域には、超苦鉄質岩と深成岩の岩体・岩塊がレンズ状に産する。これらは南部北上帯基盤のカンブリア紀～オルドビス紀島弧オフィオライト(例えば, Ozawa, 1984)の一部とされ、超苦鉄質岩と深成岩はそれぞれ中岳蛇紋岩、神楽火成岩類に相当する(川村ほか, 2013)。本図幅地域における中岳蛇紋岩は蛇紋岩(最大分布幅 160 m)を主体とし、僅かに輝石岩や角閃石岩を伴う。蛇紋岩は、鱗片状劈開が著しく、アンチゴライトを特徴的に含む。輝石岩はほぼ単斜輝石からなり、角閃石岩は単斜輝石を伴う褐色普通角閃石からなるが、一部で青色普通角閃石からなるものもある。

深成岩は角閃石斑れい岩と石英閃緑岩からなり、ともに数 m 程度の幅で産するが、前者に関しては最大 200 m に達するものもある。両者は密接に伴って産することが多く、また、ともに著しい圧碎変形を被っている。角閃石斑れい岩は、主に褐色普通角閃石、斜長石、不透明鉱物からなり、ときに単斜輝石を含む。石英閃緑岩は斜長石、石英、普通角閃石からなり、まれに単斜輝石を含むこともある。石英閃緑岩中のジルコンからは約 480 Ma の U-Pb 年代が得ら

れ、これらの深成岩が神楽火成岩類と対比できることが証明された(内野, 2022)。

3.5 根田茂帯付加体中のデボン紀～ペルム紀結晶片岩

綱取ユニットと滝ノ沢ユニットの境界域及び滝ノ沢ユニットと門馬ユニットの境界域に、周囲の付加体よりも古い年代を示す結晶片岩が岩塊として産する。この結晶片岩は建石片岩類と呼ばれ、ざくろ石を含む泥質片岩と藍閃石を含む苦鉄質片岩からなり(内野・川村, 2006)、マイロニティック～カタクラスティックな変形を被っている。フェンジャイト(白雲母)の放射年代は、前者のものが約 380 Ma (Kawamura *et al.*, 2007)、後者のものが約 290 Ma (内野・坂野, 2022)を示す。岩相・鉱物組み合わせ・変成度・年代から、母体-松ヶ平帯の低温高压型変成岩に対比でき、また西南日本の蓮華変成岩に相当する(Kawamura *et al.*, 2007; 内野・坂野, 2022)。

3.6 北部北上帯付加体中のペルム紀流紋岩

北部北上帯の前期ジュラ紀付加体(門馬ユニット上部)中には、緑灰色を呈する斑状の流紋岩が幅約 150 m、長さ約 2 km の規模で狭長に産する。本岩は矢倉流紋岩と呼ばれ、石英、斜長石、アルカリ長石が斑晶または集斑晶として産し、これら斑晶の長径は最大 3 cm に及ぶ。石基には上記鉱物のほか、少量の単斜輝石やざくろ石が含まれる。流紋岩岩体の周縁部では著しい剪断変形が認められる。本岩は当初、北上山地の中古生界に貫入する前期白亜紀岩脈の一つと考えられていたが(内野・羽地, 2021)、ジルコンの U-Pb 年代測定によって前期ペルム紀の年代を示すことが明らかになった(内野, 2023)。日本列島においてこの時代の珪長質火成岩の分布は関東山地の跡倉ナツプや山口県の周防帯などで僅かに認められるのみであり(Ogasawara *et al.*, 2016; Kawaguchi *et al.*, 2021)、南部北上帯では中～上部ペルム系薄衣型礫岩(加納, 1971)中に前期ペルム紀の花崗岩質岩礫(Li and Takeuchi, 2022)として特徴的に含まれている。矢倉流紋岩の起源は、南部北上帯にかつて存在したペルム紀火成岩体であると考えられる。

3.7 前期白亜紀岩脈

北上山地には多種の火成岩脈が産し、外山図幅地域でも 70 枚以上が付加体を貫いている。岩脈の厚さは多くが数 m 以下であり、またその姿勢は高角度で付加体の構造方向と直交する北東-南西方向のものが多く、岩種としては、優黒石英閃緑岩、斑状細粒優黒石英閃緑岩、角閃石安山岩、石英閃緑岩、斑状細粒石英閃緑岩、デイサイト、斑状細粒

トータル岩、流紋岩、緑泥石角閃石岩の9タイプが識別されている。これらの中でも前三者の優黒質岩が半分強の産出割合を占める。岩種による分布域の偏りや、岩種と岩脈の厚さならびに姿勢との関連性は特段認められない。年代に関しては、流紋岩から約120 MaのジルコンU-Pb年代が、緑泥石角閃石岩から約126 Maの普通角閃石K-Ar年代が、そして本図幅の少し東範囲外(大川図幅内)の角閃石安山岩から約130 Maの普通角閃石K-Ar年代が得られている(内野・羽地, 2021; Yamasaki and Uchino, 2023)。岩脈の多くは、北上山地に大規模に産する前期白亜紀花崗岩類に若干先行して形成されたと見られる(例えば、土谷ほか, 2015)。

3.8 前期白亜紀花崗岩類

本岩はいわゆる北上花崗岩類と呼ばれ、北上山地全域に複数の小～大規模岩体として産している(第2図A)。外山図幅地域では、北西端部に長径10 kmに及ぶ^{ひめかみ}姫神岩体の一部が、また南西端部と南東端部には径約2 kmの飛鳥岩体及び^{たっそべ}達曽部岩体の一部が産する(第2図B)。姫神岩体は南部亜岩体と北部亜岩体に区分され、前者は石英モンゾニ岩～石英モンゾ閃緑岩から、後者は花崗岩～花崗閃緑岩からなる。南部亜岩体は全体的に北部亜岩体より優黒質で、一部に黒雲母角閃石斑れい岩を伴う。一方、飛鳥岩体及び達曽部岩体はいずれもトータル岩からなる。これらの北上花崗岩類は、付加体を主とする周囲の基盤岩類に最大約1 kmの幅で接触変成作用を与えている。北上花崗岩類の形成年代は125～120 Ma頃とされている(土谷ほか, 2015; Osozawa *et al.*, 2019)。

3.9 第四紀堆積物

外山図幅地域には、カラブリアン期以降の堆積物が先古第三紀基盤岩類を不整合に覆って分布する(第2図B)。これらは、谷底面を埋積する^{しらかぼ}白椏層及び^{はみず}葉水層、河成段丘面を構成する段丘堆積物群、緩斜面堆積物群と地すべり堆積物、谷底低地に分布する湿地堆積物と谷底堆積物及び風成堆積物(テフラ及びテフリックレス)に大別される。緩斜面堆積物群は更に山麓緩斜面堆積物、扇状地状緩斜面堆積物、山頂緩斜面堆積物及び地すべり堆積物に細分される。これらの中で山頂緩斜面堆積物が最も多く分布している。

盛岡市藪川において、葉水層中から約240 ka(後期チバニアン期)のジルコンFT年代を示す「藪川テフラ」が、またその上位に堆積する下位段丘堆積物中から36～30 ka(後期更新世)を示す「十和田-大不動テフラ」が認められている(工藤・内野, 2021; 内野ほか, 2022)。

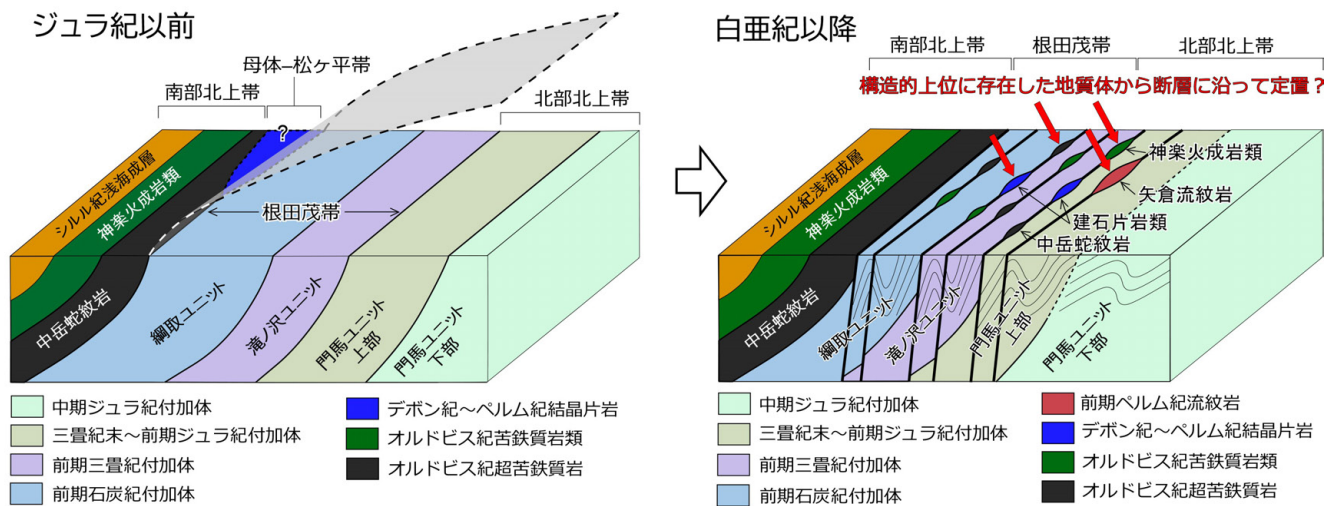
4. 地質構造

本図幅地域に分布する先白亜紀基盤は、南西側から北東側にかけて、根田茂帯に属する前期石炭紀付加体の綱取ユニット、前期三畳紀付加体の滝ノ沢ユニット、北部北上帯に属する前期～中期ジュラ紀付加体の門馬ユニット(上部及び下部)が北西-南東方向に帯状に分布している(第2図B)。各ユニット内の走向も概ね北西-南東で、傾斜については、局所的にシンフォーム・アンチフォームが発達するものの、大局的にはどれも高角南落ちである。ただし、門馬ユニットは上部から下部にかけて低角になる。初生的な構造配列も構造的上位から下位に向かって、綱取ユニット、滝ノ沢ユニット、門馬ユニットという順の配置になっていると考えられる(第6図)。綱取・滝ノ沢ユニット中に挟在するオルドビス紀の超苦鉄質岩・深成岩や後期古生代の高圧型変成岩、そして滝ノ沢ユニット中の前期ペルム紀流紋岩は、初生的に綱取ユニットの構造的上位に位置していた南部北上帯及び母体-松ヶ平帯の地質単元から、白亜紀以降に活動した横ずれ成分を持つ大規模断層によって、根田茂帯ならびに北部北上帯中にもたらされた可能性がある(Kawamura *et al.*, 2007; 内野ほか, 2022; 内野, 2023: 第6図)。付加体中により古い上記の様な岩体・岩塊が挟在する状況は、西南日本の黒瀬川帯の特徴と類似している。

内野・羽地(2021)は、岩脈群の姿勢から貫入時の応力解析を行い、その結果、前期白亜紀の北上山地は従来考えられてきた東西の圧縮応力場(“大島造山運動”: Kobayashi, 1941)以外に、それとは逆の東西の引張応力場に置かれていた時期があったことを初めて明らかにした。これは山路ほか(2022)のジュラ紀付加体中の石英脈を用いたその後の応力解析でも追認されている。以上のように、白亜紀以降に生じた構造運動の詳細を明らかにすることは、日本列島の発達史を復元する上で今後の大きな研究課題と言える。

5. おわりに

北上山地中西部の渓谷域では豪雨や地震等でしばしば土砂崩れが起きており、2015年12月には降雨と融雪によってジュラ紀付加体の岩盤が崩落してJR山田線の鉄道車両がその土砂に乗り上げ脱線し、全線が復旧するのに約2年を要した。盛岡から宮古三陸海岸に至るまでの幹線道路は国道106号と455号しかなく、土砂崩落等によるこれら道路の分断は地域生活に大きな影響を与えかねない。以上のことから、外山図幅は、当地域における地質学的研究の進展及び日本列島の構造発達史の解明だけでなく、防



第6図 東北日本における中生代の地質構造関係を示すブロックダイアグラム。

災，土木・建設などの基礎資料として社会に役立つことが期待される。

文献

- 濱野幸治・岩田圭示・川村信人・北上古生層研究グループ (2002) 早池峰帯緑色岩類中の赤色チャートから得られた後期デボン紀コノドント年代。地質学雑誌, **108**, 114-122.
- Hara, H., Hirano, M., Kurihara, T., Takahashi, T. and Ueda, H. (2018) Permian arc evolution associated with Panthalassa subduction along the eastern margin of the South China block, based on sandstone provenance and U-Pb detrital zircon ages of the Kurosegawa belt, Southwest Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, **151**, 112-130.
- 加納 博 (1971) 北上山地の薄衣式礫岩 (総括) - 含花崗質岩礫岩の研究 (その 22) -。地質学雑誌, **77**, 415-440.
- Kawaguchi, K., Kimura, K., Hayasaka, Y., Hoshino, K., Okada, I. and Kuroshima, K. (2021) Discovery of Early Permian tonalite from the high P/T Triassic Suo Metamorphic Complex, Eastern Yamaguchi Prefecture, SW Japan. *The Journal of Geological Society of Japan*, **127**, 293-304. doi:10.5575/geosoc.2020.0064.
- Kawamura, M., Uchino, T., Gouzu, C. and Hyodo, H. (2007) 380 Ma $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the high-P/T schists obtained from the Nedamo Terrane, Northeast Japan. *The Journal of Geological Society of Japan*, **113**, 492-499.
- 川村寿郎・内野隆之・川村信人・吉田孝紀・中川 充・永田秀尚 (2013) 早池峰山地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 101p.
- Kobayashi, T. (1941) The Sakawa orogenic cycle and its bearing of the origin of the Japanese Islands. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section II*, **5**, 219-578.
- 工藤 崇・内野隆之 (2021) 岩手県盛岡市藪川, 大石川沿いで確認された十和田大不動テフラ。地質調査研究報告, **72**, 129-138.
- Li, Y. and Takeuchi, M. (2022) U-Pb dating of detrital zircon from Permian successions of the South Kitakami Belt, Northeast Japan: Clues to the paleogeography of the belt. *Island Arc*, **31**, e12435. doi:10.1111/iar.12435.
- 松岡 篤 (1988) 北部北上帯 (狭義) よりジュラ紀古世放散虫化石の発見。地球科学, **42**, 104-106.
- Ogasawara M., Fukuyama, M. and Horie, K. (2016) SHRIMP U-Pb zircon dating of the Kinshozan Quartz Diorite from the Kanto Mountains, Japan: Implications for late Paleozoic granitic activity in Japanese Islands. *Island Arc*, **25**, 28-42. doi:10.1111/iar.12136.
- Ohkawa, M., Takeuchi, M., Li, Y., Saitoh, S. and Yamamoto, K. (2021) Paleogeography and tectonic evolution of a late Paleozoic to earliest Mesozoic magmatic arc

- in East Asia based on U-Pb ages of detrital zircons from the Early Triassic Shingai Unit, Kurosegawa Belt, Southwest Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, **212**, 104724. doi:10.1016/j.jseae.2021.104724.
- Osaka, M., Aoki, S., Uchino, T. and Fukuyama, M. (2023) Constraint on the spatial distribution of the Early and Middle Jurassic units within the Nakatsugawa Complex of the North Kitakami Belt by detrital zircon U-Pb dating. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **74**, 155-166.
- Osozawa, S., Usuki, T., Usuki, M., Wakabayashi, J. and Jahn, B.-M. (2019) Trace elemental and Sr-Nd-Hf isotopic compositions, and U-Pb ages for the Kitakami adakitic plutons: Insights into interactions with the early Cretaceous TRT triple junction offshore Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, **184**, 103968. doi:10.1016/j.jseae.2019.103968.
- Ozawa, K. (1984) Geology of the Miyamori ultramafic complex in the Kitakami Mountains, northeast Japan. *The Journal of Geological Society of Japan*, **90**, 697-716.
- 土谷信高・武田朋代・足立達朗・中野伸彦・小山内康人・足立佳子 (2015) 北上山地の前期白亜紀アダカイト質火成活動とテクトニクス. *岩石鉱物科学*, **44**, 69-90.
- 内野隆之 (2019) 岩手県外山地域の北部北上帯に分布するジュラ紀付加体中砂岩の碎屑性ジルコン U-Pb 年代. *地質調査研究報告*, **70**, 357-372.
- Uchino, T. (2021) Recognition of an Early Triassic accretionary complex in the Nedamo Belt of the Kitakami Massif, Northeast Japan: New evidence for correlation with Southwest Japan. *Island Arc*, **30**, e12397. doi:10.1111/iar.12397.
- 内野隆之 (2021a) 岩手県岩泉町釜津田の北部北上帯付加体砂岩から得られた中期ジュラ紀ジルコン年代: 大川試料を含む付加体の年代検証. *地質調査研究報告*, **72**, 99-107.
- 内野隆之 (2021b) 北部北上帯南西縁部, ジュラ紀付加体中玄武岩の地球化学的特徴と起源. *地質調査研究報告*, **72**, 109-118.
- 内野隆之 (2022) 根田茂帯付加体中に挟在する石英閃緑岩岩塊の前期オルドビス紀ジルコン年代. *地質学雑誌*, **128**, 221-227.
- 内野隆之 (2023) 北部北上帯ジュラ紀付加体中に産する前期ペルム紀流紋岩とその帰属. *地質調査研究報告*, **74**, 61-69.
- 内野隆之・坂野靖行 (2022) 根田茂帯・北部北上帯境界で見出された古生代後期の含ざくろ石低温高压型結晶片岩とその帰属. *地質学雑誌*, **128**, 1-6.
- 内野隆之・羽地俊樹 (2021) 北上山地中西部の中古生代付加体を貫く白亜紀岩脈群の岩相・年代と貫入応力解析から得られた引張場. *地質学雑誌*, **127**, 651-666.
- 内野隆之・川村信人 (2006) 根田茂帯 (旧“早池峰帯”) から発見された藍閃石を含む苦鉄質片岩とその意義. *地質学雑誌*, **112**, 478-481.
- 内野隆之・川村信人 (2010) 根田茂帯の変玄武岩から見出された藍閃石とその意義. *地質調査研究報告*, **61**, 445-452.
- Uchino, T. and Kawamura, M. (2010) Tectonics of an Early Carboniferous Eastern forearc inferred from a high-P/T schist-bearing conglomerate in the Nedamo Terrane, Northeast Japan. *Island Arc*, **19**, 177-191.
- 内野隆之・小松原 琢 (2024) 外山地域の地質. *地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅)*, 産総研地質調査総合センター, 131p.
- 内野隆之・栗原敏之 (2019) 根田茂帯根田茂コンプレックスの礫岩から見出された中期デボン紀～前期石炭紀放散虫化石. *地質調査研究報告*, **70**, 109-115.
- 内野隆之・鈴木紀毅 (2021) 岩手県盛岡東部, 北部北上帯南西縁部の付加体泥岩中の中生代放散虫化石. *地質調査研究報告*, **72**, 119-127.
- 内野隆之・栗原敏之・川村信人 (2005) 早池峰帯から発見された前期石炭紀放散虫化石—付加体碎屑岩からの日本最古の化石年代—. *地質学雑誌*, **111**, 249-252.
- 内野隆之・工藤 崇・古澤 明・岩野英樹・檀原 徹・小松原 琢 (2022) 北上山地中西部, 盛岡市藪川地域の外山高原で見出されたチバニアン期後半のテフラ. *地質調査研究報告*, **73**, 67-85.
- 山路 敦・本間健一郎・越谷 信 (2022) 大島造山末期 (前期白亜紀中頃) の北上地域は伸張応力場だったのか? *地質学雑誌*, **128**, 167-172.
- Yamasaki, T. and Uchino, T. (2023) Assimilation of lower-crustal dunite xenoliths into adakite-related felsic magma: New insights into the production of bajaitic high-Mg andesites. *Journal of Asian Earth Sciences*, **249**, 105613. doi:10.1016/j.jseae.2023.105613.

UCHINO Takayuki (2024) Introduction of the geological map of the Sotoyama District (quadrangle series, 1:50,000).

(受付: 2024 年 6 月 6 日)

海洋の酸性化と貧酸素化の複合的な要素がシロギスの卵に及ぼす影響を明らかに —気候変動が水産資源に及ぼす影響評価—

井口 亮¹・鈴木 淳¹・依藤 実樹子¹・國島 大河^{1,2}・林 正裕³・小埜 恒夫⁴

※本稿は、2024年2月1日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240201/pr20240201.html) に加筆し、再編したものです。

ポイント

- 海洋酸性化・貧酸素化の複合影響に対するシロギス卵の遺伝子発現を網羅的に評価した。
- 遺伝子発現に対する貧酸素化の影響は海洋酸性化よりも顕著であった。
- 気候変動による水産資源への影響を遺伝子レベルで解明した。

概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下「産総研」という)地質情報研究部門の井口 亮主任研究員、鈴木 淳研究グループ長、依藤実樹子テクニカルスタッフ(元公益財団法人 海洋生物環境研究所(以下「海生研」という)研究員)、摂南大学農学部の國島大河講師(元産総研外来研究員)、海生研の林 正裕主任研究員、国立研究開発法人 水産研究・教育機構の小埜恒夫主幹研究員らは、人為的な二酸化炭素排出の増加に伴い、世界的に進行している海洋酸性化と貧酸素化が、重要な水産資源の魚種であるシロギスの卵に対して複合的に及ぼす影響を、遺伝子レベルで明らかにしました。特に貧酸素海水が深刻な影響を及ぼすこと、貧酸素条件区では解糖系^(注1)に関わる遺伝子の発現が上昇して環境変化に対応していることが分かりました。本研究によって得られた成果は、気候変動による水産資源への影響を考える上で重要な知見となります。

なお、この成果は、2024年1月31日(現地時間)に国際学術誌「Science of the Total Environment」に掲載されました。

研究の社会的背景

人為的な二酸化炭素排出の増加に伴う環境変化が、海洋生態系に及ぼす影響が懸念されています。地球温暖化・海洋酸性化に関しては、野外調査や飼育実験などの手法を通じて、海洋生物に与える影響は知見の蓄積が進んでいます。一方、近年では海洋の貧酸素化による影響も懸念され、温暖化・酸性化と合わせて Deadly Trio(死のトリオ)とも呼ばれていますが、これらが複合して海洋生態系に与える影響は未知な部分が多いのが現状です。これまで単一の影響に注目した評価は進んできましたが、複合影響評価、特に貧酸素海水にも着目した研究はほとんど行われてきませんでした。

研究の経緯

産総研は、海洋生物の環境変化に対する応答を遺伝子レベルで明らかにすることを目指しており、これまで沿岸域から深海域までさまざまな生物種を対象に、飼育実験および遺伝子発現解析を組み合わせたアプローチを通じて、研究を実施してきました。

なお、本研究は、独立行政法人 環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20202007)(2020～2022年度)の支援を受けて実施しました。

研究の内容

日本沿岸域に生息する魚種の一つであるシロギスは、日本人にとっても天ぷらなどの具材としてなじみ深い重要な水産資源として知られています(第1図)。本研究では、海

1 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

2 摂南大学 農学部応用生物科学科 〒573-0101 大阪府枚方市長尾峠町 45-1

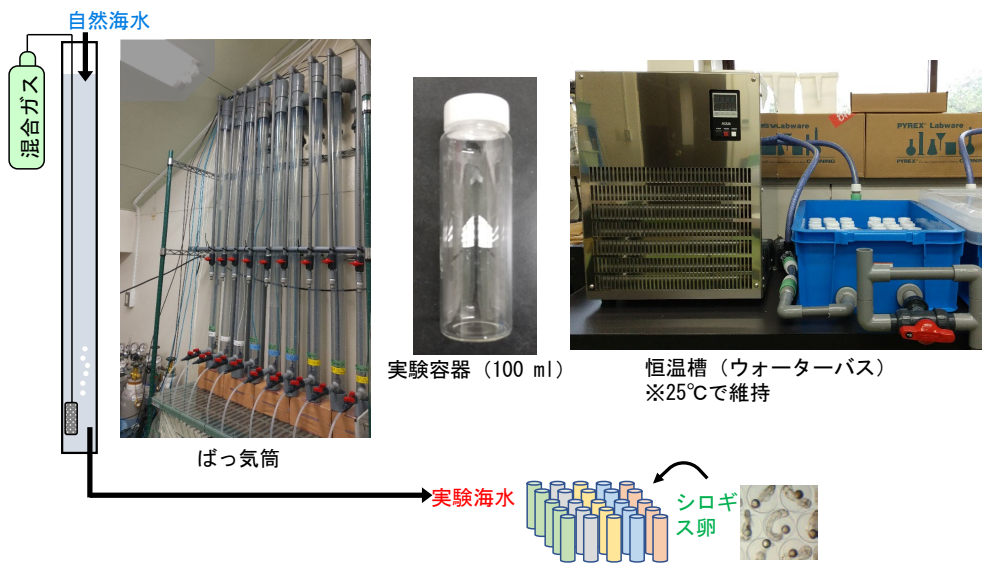
3 公益財団法人 海洋生物環境研究所 〒945-0017 新潟県柏崎市荒浜四丁目7番17号

4 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

キーワード：シロギス、気候変動、水産資源、貧酸素化、海洋酸性化、遺伝子発現



第1図 シロギス成魚(左)と卵の写真(右) (海生研提供).

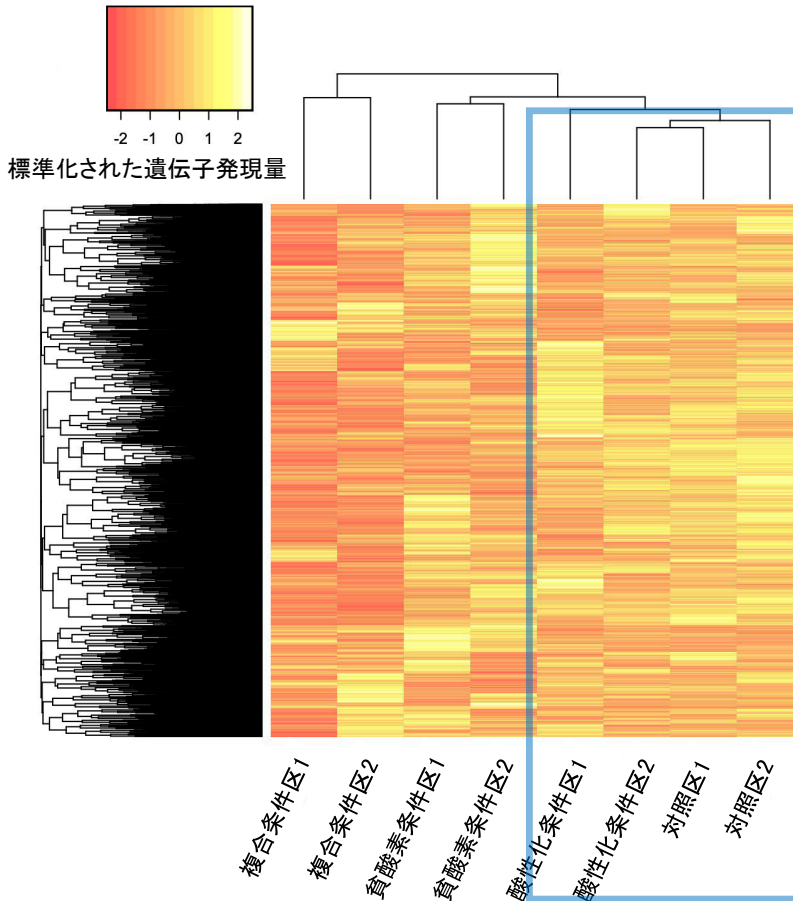


第2図 研究で使用した飼育実験システムの概要図 (海生研提供).

生研で飼育されているシロギスから卵を採取し、第2図のような、二酸化炭素・空気・窒素をさまざまな割合で混合したガスを添加して暴露用海水を作成できる実験システムを組み上げて、対照区(自然海水を模した $p\text{CO}_2$ 約 $450 \mu\text{atm}$ (pH 約 8.1)・溶存酸素飽和度約 100 %), 酸性化海水区(東京湾などの湾内の局所環境では十分起こりうる酸性化環境を模した $p\text{CO}_2$ 約 $1600 \mu\text{atm}$ (pH 約 7.6)・溶存酸素飽和度約 100 %), 貧酸素海水区 ($p\text{CO}_2$ 約 $450 \mu\text{atm}$ (pH 約 8.1)・貧酸素水塊などで起こりうる溶存酸素飽和度約 20 %), 酸性化・貧酸素複合海水区 ($p\text{CO}_2$ 約 $1600 \mu\text{atm}$ (pH 約 7.6)・溶存酸素飽和度約 20 %)を作成しました。用意した海水の中で、25 °Cで約2時間静置したシロギスの卵よりRNAを抽出してRNA-seq^(注2)を行い、網羅的な遺伝子発現解析を実施しました。

RNA-seqを用いた遺伝子発現解析の結果、19,034 遺伝子を対象とした網羅的な遺伝子発現パターンを把握することに成功しました。全ての遺伝子発現量を用いて、処理区

間の類似度を算出して評価した結果、対照区と酸性化海水区で遺伝子発現傾向が類似している一方で、貧酸素海水区では対照区とは顕著に異なっていました(第3図)。そのため、酸性化海水よりも貧酸素海水で、遺伝子発現はより強く影響されることが明らかとなりました。また、貧酸素海水区では、解糖系に関連する遺伝子群(13 遺伝子)の発現が増加していました。これは酸素欠乏によって電子伝達経路が働きにくくなった結果、解糖系を動かすことで、エネルギー物質であるATP(アデノシン三リン酸)の産生を補おうとしているためと推察されました。その一方で、貧酸素と酸性化海水の複合条件区では、発現変化が対照区と類似している遺伝子も多く見られ、見かけ上緩和されていることが分かりました。先行研究(Yorifuji *et al.*, 2024)の飼育実験におけるシロギス卵の生残率(孵化成功率)も貧酸素の影響を強く受けていたものの、中程度の酸性化環境下では貧酸素の影響が緩和される傾向が示され、遺伝子発現との類似性が見られました。



第3図 各処理区での遺伝子発現量を示したヒートマップ図(色が白いほど発現量が高いことを示す。縦軸の各線は遺伝子、横軸は処理区を示す。各処理2試行で実施)。

今後の予定

今後は、シロギス卵の発生段階が進むにつれてどのような応答を示すのかを評価していく必要があります。また、他の海洋生物種も対象とした類似の実験を実施して、今回のシロギスで見られたような応答パターンが他の生物種にも見られるのか、その差異を踏まえて、今後の気候変動が海洋生態系の生物群集の組成に影響を与えるのかを明らかにすることを目指します。

論文情報

掲載誌：Science of the Total Environment

論文タイトル：Whole transcriptome analysis of demersal fish eggs reveals complex responses to ocean deoxygenation and acidification

著者：Akira Iguchi, Masahiro Hayashi, Makiko Yorifuji, Miyuki Nishijima, Kodai Gibu, Taiga Kunishima, Tomoko Bell, Atsushi Suzuki, Tsuneo Ono.

DOI：10.1016/j.scitotenv.2023.169484

用語解説

注1 解糖系

主にグルコースをピルビン酸や乳酸などに分解(異化)し、その過程でATP(アデノシン三リン酸)という形でエネルギーを生み出す経路。

注2 RNA-seq

特定の時点で細胞内に存在する全RNA(特にmRNA)の配列を、次世代シーケンサーを用いて決定し、その発現レベルを定量化する手法。遺伝子の発現パターンを詳細に理解し、細胞の機能や状態を解析することが可能となる。

文献

Yorifuji, M., Hayashi, M. and Ono, T. (2024) Interactive effects of ocean deoxygenation and acidification on a coastal fish *Sillago japonica* in early life stages. *Marine Pollution Bulletin*, **198**, 115896.

IGUCHI Akira, SUZUKI Atsushi, YORIFUJI Makiko, KUNISHIMA Taiga, HAYASHI Masahiro and ONO Tsuneo (2024) The combined effects of ocean deoxygenation and acidification on demersal fish eggs.

(受付：2024年5月13日)

他のバクテリアに依存して楽をする バクテリアの発見

片山 泰樹¹

※本稿は 2024 年 6 月 3 日に、産業技術総合研究所、海洋研究開発機構、日本電子株式会社が共同で行ったプレス発表（https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240603_2/pr20240603_2.html）に加筆し、再編したものです。

1. はじめに

微生物とは色々な分類群の生物を総称した言葉ですが、本稿では微生物を細菌と古細菌に限定して用いることとします。

微生物は肉眼では捉えることができませんが、私たちの身の回りにたくさん存在しています。腸内には約 100 兆個もの微生物が生息し、ヒトの健康に密接に関わっています。善玉菌として乳酸菌、悪玉菌として大腸菌はよく知られた微生物種です。しかし、全体で見ると、ヒトに良い影響または悪い影響を与えることが明らかになっている微生物の種類は非常に限られています。大多数はヒトに対して良いのか悪いのかわからない、つまり、性質が不明な未知微生物です。この事実は、腸内だけでなく地球のありとあらゆる環境に当てはまります。

ある種の微生物の性質を知るためには、その菌種のみを人工的に培養し増殖させる必要があります（これを純粋培養と言います）。しかし、環境中に生息する微生物の大多数は未だ純粋培養ができていません。培養を介さずに環境から微生物の遺伝子を直接解析すると、既知の微生物種の遺伝子配列とは異なる、つまり、未知の微生物種が非常に多様に存在していることがわかります。微生物を一番大まかにグループ分けすると、上記の遺伝子だけの存在を含め、約 200 グループ存在します（GTDB database 09-RS220：<https://gtdb.ecogenomic.org/>）。分類学上、このグループ分けの単位を「門」と言います。このうち、研究者によって純粋培養された菌株が存在する門は全体の 3 割にも満たないのです。当然、培養株が存在する門の中にも培養できていない種は存在します。

腸内細菌の働きがヒトの健康に不可欠のように、どの環境においても微生物は欠かすことのできない存在です。未培養の微生物を培養し性質を知ることができれば、地球の営みを支える環境微生物の活動の理解につながり、ひいては、地球環境の保全や地球資源の安全で効率的な利用に貢

献できます。また、培養によって獲得できた微生物そのものをバイオテクノロジー分野などに応用する可能性も広がります。

2. 研究の経緯

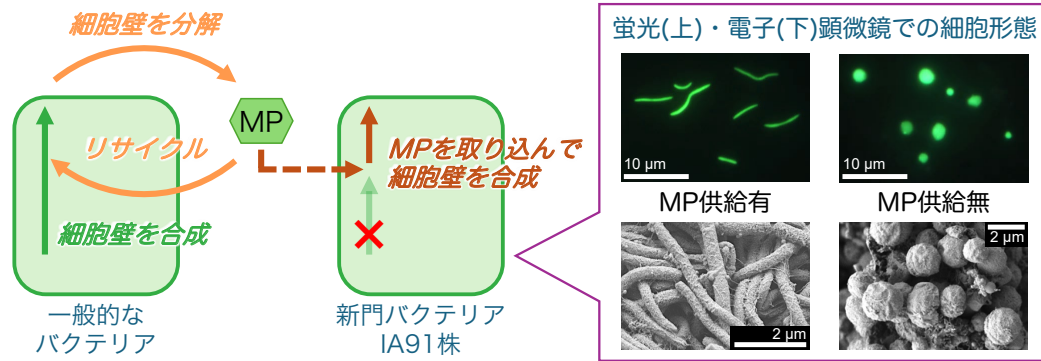
地圏資源環境研究部門地圏微生物研究グループは、生物プロセス研究部門生物資源情報基盤研究グループや海洋研究開発機構と連携して、天然ガス田や油田などの地下環境を対象に、そこに生息する微生物活動の解明を目指しています。千葉県を中心に分布する南関東ガス田には、地下の微生物の活動によって生成されたメタンが大量に賦存しており（Katayama *et al.*, 2015）、天然ガスとして生活を支えています。天然ガスの効率的な利用の面から重要な研究対象地ですが、いつ、どこで、どのようにして、どれくらい生成されたのか、多くの部分が未解明です。この研究の問題点の一つは、前述の通り、地下の微生物の多くが培養できておらず性質が不明なことです。地表の環境に比べ、地下環境は微生物活動に必要なエネルギー源が極度に不足します。そのような極限環境では、微生物同士の相互作用が鍵になると考え、天然ガス田の堆積物と地層水を採取・利用し、未知の地下バクテリアの培養に取り組みました。

3. 研究の内容

微生物同士の相互作用を活用した戦略的な培養手法により、国内の天然ガス田に由来する地下堆積物と地層水から新門バクテリア IA91 株の培養に成功しました。IA91 株の完全なゲノム配列の解析により、このバクテリアが Marine Group A（別名、SAR406, Ca. Marinimicrobia）と呼ばれる未培養の門に属することが判明しました。産総研が新たな門を代表する基準株となるバクテリアを世界で初めて培養するのはこれで 4 例目となります（Zhang *et al.*, 2003; Tamaki *et al.*, 2011; Katayama *et al.*, 2020, 2024）。

¹ 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：微生物、相互作用、細胞壁



第1図 新たに発見したバクテリア IA91 株の省エネ戦略. 一般的にバクテリアは細胞の形状を維持する細胞壁を有する. 増殖するためにエネルギーを消費して細胞壁を新たに合成するとともに, 細胞壁の一部を分解してムロペプチド (MP) として再利用している. IA91 株は, 他のバクテリアがリサイクルする MP を取り込んで自分自身の細胞壁の合成に利用する. 細胞壁合成にかかるエネルギーの消費を大幅に削減できるが, その供給がなければ細胞壁を合成できず, 桿状の細胞の形 (顕微鏡写真左) が崩れて球状となり (右), 死に至る.

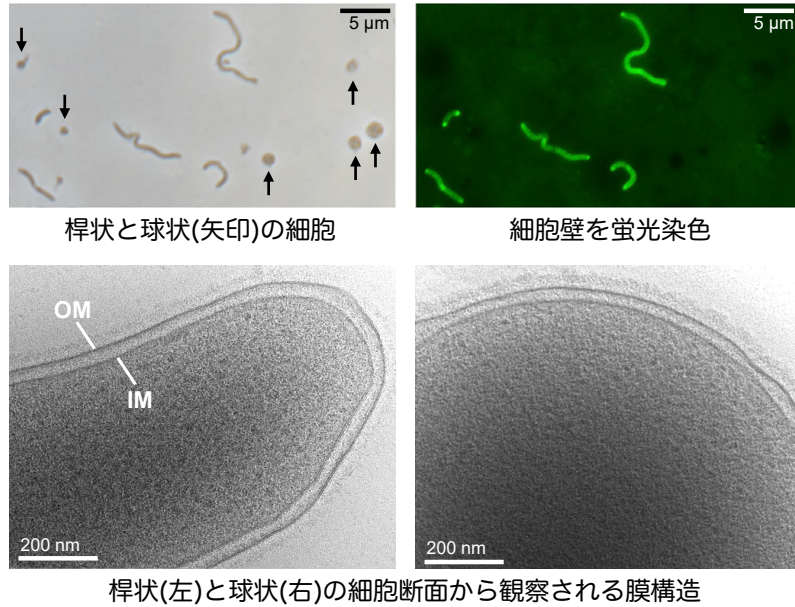
Marine Group A は, 1993 年に遺伝子情報解析にてその存在が初めて確認され (Fuhrman *et al.*, 1993), 世界中の海洋や酸素のない環境 (地下や堆積物環境) に広く生息することが知られています (Hawley *et al.*, 2017). しかし, このグループのバクテリアを実験室で培養した例はなく, 遺伝子の発見から今回の培養株の獲得に至る約 30 年もの間, その生物学的特性は解明されていませんでした.

IA91 株は, 無酸素環境下で酵母エキスを利用して, 発酵によりエネルギーを得て生きるバクテリアです. この株が増殖するためには, 酵母エキスだけでは十分ではなく, 他のバクテリアの培養液を必要とします. このような IA91 株の増殖メカニズムを解明する手がかりは細胞の形状にありました. 良好に増殖している IA91 株の細胞は棒状 (桿状) の形をしています, 他のバクテリアの培養液がないと, 不揃いで歪な球状に変形してしまい, 増殖しなくなってしまう (第 1 図). 細胞の形状を決めるのは細胞壁と呼ばれる成分です. バクテリアは細胞壁がなくなると, 膨圧によって細胞が球状になることが知られています. このことから, IA91 株は細胞壁を自身で合成できず, 他のバクテリアの培養液に含まれる細胞壁成分を取り込むことで桿状の細胞を形作り, 増殖していると考えられます. 実際, 細胞壁を染色してみると, 桿状の細胞は細胞壁が検出されたのに対し, 球状の細胞は検出されませんでした (第 2 図). さらに, IA91 株のゲノム配列を調べてみると, 細胞壁を構成する糖とアミノ酸の合成に必要な遺伝子が欠けていることが判明しました. そこで, 培養実験により, 細胞壁を構成する要素を糖・アミノ酸にまで分解したものを与えましたが, IA91 株は球状に変形し増殖しませんでした. IA91 株が唯一桿状となって増殖を示したのは, 細胞壁の断片である

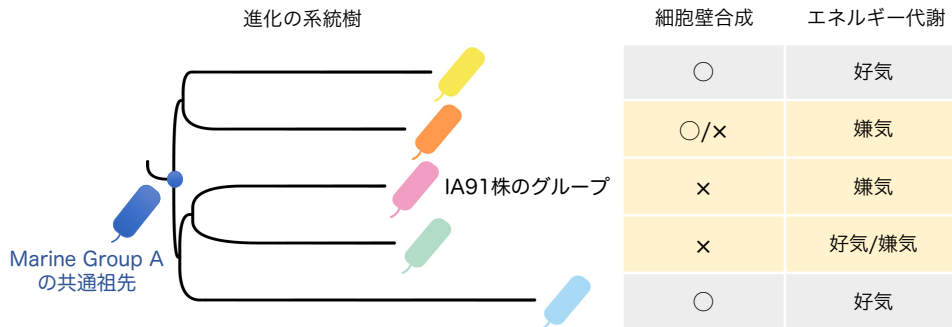
ムロペプチド (MP) と呼ばれる物質でした. また, その際, MP がどのような種のバクテリアに由来するかは関係がないこともわかりました. 一般的に, バクテリアは細胞壁の合成と分解を繰り返しながら増殖します. この時, 細胞壁を MP まで分解し, それを再び細胞内に取り込んで細胞壁合成へとリサイクルすることが知られています. IA91 株は, 他のバクテリアがリサイクルするはずの MP を拝借して, 自身の細胞壁の合成に利用していたのです (第 1 図).

増殖中のバクテリアが近くに存在しない場合, 細胞壁のない IA91 株の球状の細胞は膨圧に耐えられず, 細胞が膨張し, ついには死んでしまいます. このような致死性のリスクと引き換えに得たものは何でしょうか. ゲノム配列情報から推定された細胞壁合成の化学反応経路に基づくと, 細胞壁を自分で一から合成するよりも他のバクテリアから得た MP を取り込んで利用した方が, 合成に必要なエネルギーを 7 割も削減できると算出されました. さらに, IA91 株は取り込んだ MP を細胞壁以外の細胞成分 (例えば, 細胞膜を構成する脂肪酸) やエネルギー源としても活用するだけでなく, その過程で産出する副産物 (乳酸) をも無駄なく利用していることが明らかになりました.

酸素呼吸に比べると, 無酸素下 (嫌気的な環境下) での発酵は, ごくわずかにしかエネルギーを獲得できない代謝様式です. 地下圏のようなエネルギー源も乏しく酸素も利用できない環境に生息するバクテリア (つまり IA91 株) にとって, 上記のエネルギー節約術は, 実環境下での生存に非常に有効であると考えられます. 大規模ゲノム情報に基づいて進化系統的な解析を進めると, IA91 株の持つ MP 拝借戦略は, この菌が属する Marine Group A の共通祖先も有していた性質である可能性が示唆されます. Marine Group



第2図 IA91株の細胞形状と内部構造を示す蛍光染色写真(上)とクライオ電子顕微鏡写真(下)。細胞壁を染色すると桿状細胞は染まるが球状細胞は全く染まらないことから、細胞壁の有無で形態が変化していると示唆される(上)。電界放出形クライオ電子顕微鏡(CRYO ARMTM 300 II)を用いて、世界最高レベルの分解能で自然状態に近い細胞の細胞壁を直接観察してみると、桿状細胞の外膜(OM)と内膜(IM)の間に存在するはずの細胞壁の層は認められないことから(下)、IA91株は非常に厚さの薄い細胞壁を有していると推察される。



第3図 Marine Group Aの進化と細胞壁合成・エネルギー代謝の関係。Marine Group Aの共通祖先から派生した5つのグループのうち、IA91株のグループ(ピンク色)と他の2つのグループ(オレンジ色・緑色)のほとんどは細胞壁を合成できない。また、これら3つのグループはいずれも無酸素環境に生息し、嫌氣的に(酸素を使わずに)エネルギーを獲得する。一方、黄色と水色のグループは酸素呼吸ができ、十分なエネルギーを得て自身で細胞壁を合成する。細胞壁合成に関する遺伝子などの解析に基づくと、共通祖先(青色)は嫌気エネルギー代謝を有し、細胞壁も合成できなかったと推定された。IA91株以外は、環境から直接得られた未培養微生物に由来するゲノム配列情報を用いて解析を行った。

Aの進化の過程で、無酸素かつエネルギー源に乏しい環境に生息するグループは細胞壁の合成を他のバクテリアに依存してきた一方で、酸素呼吸能を獲得して有酸素環境に生息域を広げたグループは自身で細胞壁を合成する道を行ってきたと推察されます(第3図)。

4. おわりに

微生物学では、バクテリアは糖とアミノ酸から構成され

る細胞壁を持ち、細胞内外を隔てる重要な役割を果たしていると考えられています。例外的に細胞壁を持たない種も少数存在しますが、バクテリアが自らの細胞壁を合成することは「当たり前」と考えられています。したがって、他種に依存しなければ細胞壁を合成できないバクテリアが存在するという今回の発見により、微生物学の常識を覆したと言えます。さらに、この性質が進化の過程で保存されていたことから、自然環境での生態学的意義も見出されました。IA91株のように極端な例でなくとも、自ら細胞壁を合成で

きるにもかかわらず、他種のMPを利用することで細胞壁合成エネルギー消費を抑えるバクテリアが存在し得ることも容易に想像できます。

このように、微生物同士の相互作用を理解することは社会的にも重要です。例えば、化学物質で汚染された土壌や水を微生物で分解するバイオレメディエーション技術では、分解の高効率化が求められます。汚染物質の分解は複数の微生物種が協調または競合して行うため、分解に関する微生物間の関係性を把握することが高効率化に直結します。今後も、培養を基盤とした微生物間の相互作用の解明を通じて、学術的および社会的に意義のある研究を進めていきたいと考えています。

文 献

- Fuhrman, J. A., McCallum, K. and Davis, A. A. (1993) Phylogenetic diversity of subsurface marine microbial communities from the Atlantic and Pacific Oceans. *Applied and Environmental Microbiology*, **59**, 1294–1302.
- Hawley, A. K., Nobu, M. K., Wright, J. J., Durno, W. E., Morgan-Lang, C., Sage, B., Schwientek, P., Swan, B. K., Rinke, C., Torres-Beltrán, M., Mewis, K., Liu, W.-T., Stepanauskas, R., Woyke, T. and Hallam, S. J. (2017) Diverse Marinimicrobia bacteria may mediate coupled biogeochemical cycles along eco-thermodynamic gradients. *Nature Communications*, **8**, 1507.
- Katayama, T., Yoshioka, H., Muramoto, Y., Usami, J., Fujiwara, K., Yoshida, S., Kamagata, Y. and Sakata, S. (2015) Physicochemical impacts associated with natural gas development on methanogenesis in deep sand aquifers. *The ISME Journal*, **9**, 436–446.
- Katayama, T., Nobu, M. K., Kusada, H., Meng, X. Y., Hosogi, N., Uematsu, K., Yoshioka, H., Kamagata, Y. and Tamaki, H. (2020) Isolation of a member of the candidate phylum 'Atribacteria' reveals a unique cell membrane structure. *Nature Communications*, **11**, 6381.
- Katayama, T., Nobu, M. K., Imachi, H., Meng, X. Y., Morinaga, K., Hosogi, N., Yoshioka, H., Takahashi, H. A., Kamagata, Y. and Tamaki, H. (2024) A Marine Group A isolate relies on other growing bacteria for cell wall formation. *Nature Microbiology*, **9**, 1954–1963.
- Tamaki, H., Tanaka, Y., Matsuzawa, H., Muramatsu, M., Meng, X. Y., Hanada, S., Mori, K. and Kamagata, Y. (2011) *Armatimonas rosea* gen. nov., sp. nov., of a novel bacterial phylum, *Armatimonadetes* phyl. nov., formally called the candidate phylum OP10. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **61**, 1442–1447.
- Zhang, H., Sekiguchi, Y., Hanada, S., Hugenholtz, P., Kim, H., Kamagata, Y. and Nakamura, K. (2003) *Gemmatimonas aurantiaca* gen. nov., sp. nov., a Gram-negative, aerobic, polyphosphate-accumulating microorganism, the first cultured representative of the new bacterial phylum *Gemmatimonadetes* phyl. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **53**, 1155–1163.

KATAYAMA Taiki (2024) Discovery of a bacterium that takes advantage by relying on other bacteria.

(受付：2024年6月13日)

Web サーバのログを用いた GSJ 地質ニュース記事のアクセス解析 (2023 年度)

大野 哲二¹

1. はじめに

GSJ 地質ニュースは地質調査総合センター (GSJ) の広報誌として位置付けられているが、本誌に限らず一般的な情報発信において、どのような内容のものが読まれているのかを知ることは、編集方針等に関わる重要な要素である。GSJ 地質ニュースも、その発信主体が Web に移行したことにより、アクセスログを解析することで、比較的簡単に読者の興味の対象を知ることができる環境は整えられている。一方でアクセスログは単純にそれを数値化すれば良いというものではなく、配慮すべき点も多々存在する。今回、試行的に 2023 年度のアクセスログを解析した結果について簡単に紹介する。

通常、このような解析は Google Analytics 等、専用のサービスやアプリで行うことが多いが、GSJ のウェブサイトでは導入していない。また詳細に行う初めての解析であることからその傾向を把握する意味もあり、手動で解析を行っている。

2. アクセスログとは

GSJ 地質ニュースは、GSJ のウェブサイト (サーバ) の下、<https://www.gsj.jp/publications/gcn/index.html> というアドレス (URL) で閲覧することができる。閲覧にはブラウザ (Chrome, Edge, Safari, Firefox 等のソフトウェア) を用いるが、サーバとブラウザ間で行われていることはかなりシンプルである。プロトコル (手順) としては、

- 1) ブラウザがサーバ (<https://gsj.jp>) に、目的のファイル (例えば `index.html`) が欲しいとのリクエストを出す。
- 2) サーバは、該当するファイルがあればその内容を、なければエラーを返す。

それだけである。

現在では、ブラウザは欲しいファイル名だけではなく付帯情報を送信するし、サーバが返すものもファイルに限るわけではないが、その本質はかわらない。そしてこの手順

の内容を記録したものがアクセスログである。

3. アクセスログの内容

アクセスログにはどのような内容が記載されているのであろうか。それはサーバ上で動いているプログラムの種類や設定によって異なるが、多くの場合に共通して記録されている情報もある。以下に、メジャーなサーバプログラムである Apache 2.4 のアクセスログのサンプルを示す (Apache Software Foundation, 2024)。ログは通常、1 アクセスにつき 1 行で記録される。

[例]

```
127.0.0.1 - frank [10/Oct/2000:13:55:36 -0700]
"GET /apache_pb.gif HTTP/1.0" 200 2326 "http://www.
example.com/start.html" "Mozilla/4.08 [en] (Win98; I
;Nav)"
```

これら情報の中でアクセスログの解析の際に重要な要素は以下の通りである。

1) 127.0.0.1

REMOTE_ADDR. ブラウザが動いている機械 (例えば PC) の IP address. 機械毎に固有の数値であり、会社名またはプロバイダ名ぐらまでであれば特定することができる。

2) [10/Oct/2000:13:55:36 -0700]

アクセスのあった日時。

3) "GET /apache_pb.gif HTTP/1.0"

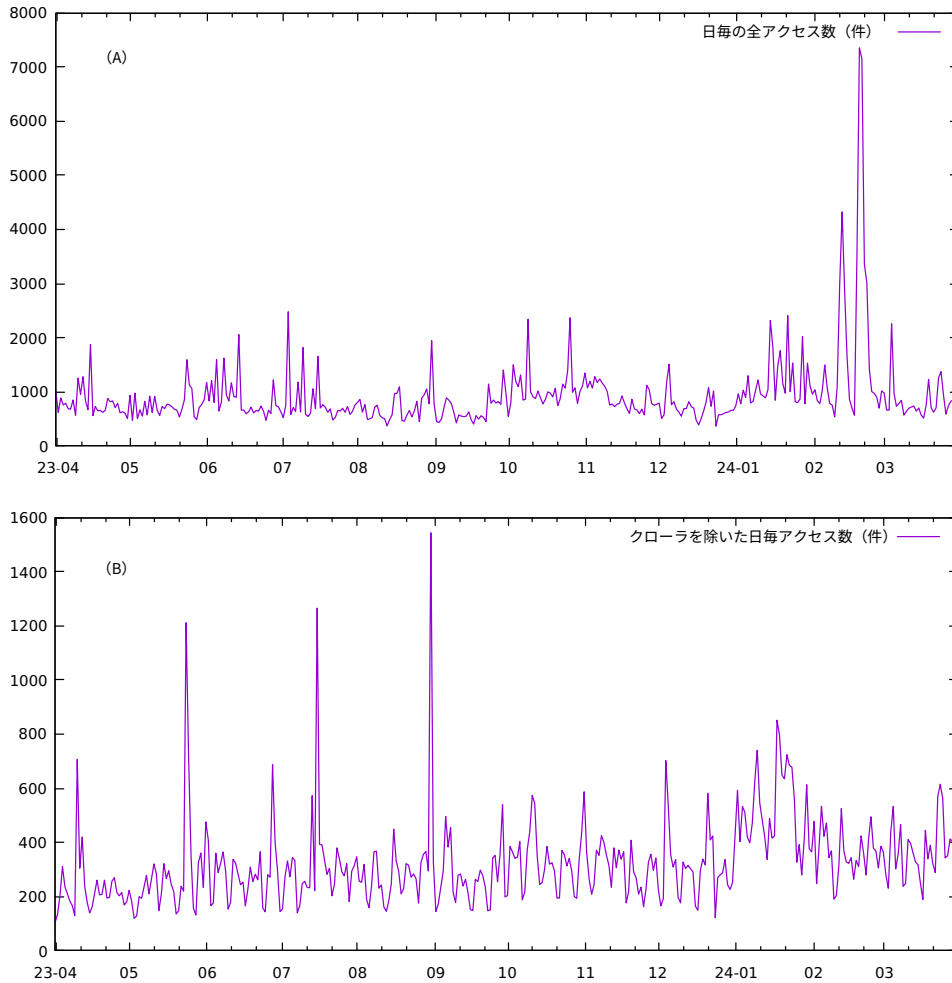
REQUEST_URI. サーバ中のどこにあるファイルを求めているかの情報。

4) "http://www.example.com/start.html"

REFERER. どこからそのアドレスに要求が来たかの情報 (Wikipedia, 2023)。例えば Google 検索で GSJ 地質ニュースの記事を見つけ、リンクをクリックした場合には、ここは "<https://www.google.co.jp/>" といった内容になる。検索エンジンの利用が一般化した現在では、本項目の重要性は低下しており、本解析でも予備的にしか使

¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

キーワード: GSJ 地質ニュース, Web サーバ, アクセスログ, ログ解析, クローラ



第1図 GSI地質ニュース記事へのアクセス数の日変化(2023年度)。横軸は月、縦軸はアクセス件数。グラフはそれぞれ、(A)：全アクセス数、(B)：明示的なクローラのアクセスを除いたもの、縦軸のスケールが違っていることに注意。

用していない。

5) "Mozilla/4.08 [en] (Win98; I;Nav)"

USER_AGENT. ブラウザの種類を示す文字列。この例では単純に「Windows 98 上で動く Netscape Ver.4 (英語)」という程度の意味である(Netscape は Firefox の前身のブラウザ)。

上記の項目の中で、アクセス日時以外の情報はユーザのブラウザから送られてきており、解析において重要であるが、偽装も可能であるので単純に信用することもできない。

4. 解析対象及び解析期間

今回の解析においては、主としてどのような記事が読まれているか(ダウンロードされているか)を調査した。GSJ地質ニュースの記事は全て pdf 形式で公開されているため、調査対象も pdf のみとし、目次等は除外した。対象となった pdf は 2012 年発行の第 1 号(1 月号)から 2024 年

発行の 2・3 月合併号までの 147 か月間分、ファイル数にして 1400 件である。発行月数に比してファイル数が多いのは、記事毎に pdf が分割されているためである。解析対象期間は、2023 年 4 月 1 日から 2024 年 3 月 31 日とした。同期間中のアクセス総数は約 34 万件であった。

解析期間における日毎のアクセス数の推移を、第 1 図(A)に示す。縦軸は 1 日あたりのアクセス件数、横軸は時間で、軸ラベルは 2023 年度中の N 月を示す。図中には多くのピークが見られ、特に 2024 年 2 月 20 日及び 2024 年 2 月 21 日のものは 7000 件/日を超えている。しかし、残念ながらこのような急激なピークを示すアクセスは、通常クローラによるものであることが多い。

5. クローラによるアクセス

クローラは Robot または BOT とも呼ばれ「ウェブ上の文書や画像などを周期的に取得し、自動的にデータベース化

するプログラム」のことを言う (Wikipedia, 2022)。従来は Google や Bing, Yahoo など大手検索会社によるアクセスが主であったが、最近では他事業者によるアクセスも増えている。

記事の購読傾向を解析する上で欠かせないのが、このようなイレギュラーなアクセスの排除である。イレギュラーなアクセスには、クローラのほか、同一 IP アドレスからの連続的なアクセスなども含まれる。そのような連続的なアクセスは、目的不明の情報収集や攻撃によるものであることが多く、人間の興味を示すものではないため、今回のような解析においてはノイズとなる。

クローラによるアクセスの判別には一般に、前述の USER_AGENT の情報が使われる。いわゆる「お行儀のよい」クローラであれば、USER_AGENT 中に、自分がクローラであること、また詳細を示した URL などを記載している。

例えば Google のクローラであれば、USER_AGENT に "(compatible; Googlebot/2.1; http://www.google.com/bot.html)" といった文字列が含まれており、容易に判別が可能である。

これを手掛かりに調べた結果、Googlebot (Alphabet, Inc.), bingbot (Microsoft Corp.), Y!J-WSC 及び Y!J-ASR (ヤフージャパン), Amazonbot (Amazon.com, Inc.) などの定番のクローラによるアクセスが見付かった。また、ClaudeBot (Anthropic PBC), GPTBot (OpenAI, Inc.) などの AI 開発系の会社や、NDL (国立国会図書館) からのアクセスも多かった。AI 開発系の会社は LLM (大規模言語モデル) の学習データを収集するため、国立国会図書館は 2002 年よりインターネット資料収集保存事業 (WARP) を実施しているため、それに関係したアクセスと思われる (国立国会図書館, 2013)。

おもしろいところでは、少数ではあるが米国でインターネットベースの論文類似性検出サービスを提供している

Turnitin, LLC. によるアクセスなどもあり、検索以外の分野におけるクローラの必要性について垣間見ることが可能である。

クローラによるアクセスを削除した後の、日毎のアクセス数のグラフを第 1 図 (B) に示す (縦軸の最大値が変更になっていることに注意)。クローラによる影響を除いた後にも、2023 年 5 月 24 日、2023 年 7 月 16 日及び 2023 年 8 月 31 日には大きなピークが残っている。そこで同日について、今度は IP アドレス等を元にした調査を行ったところ、2023 年 5 月 24 日はアンソロピック (anthropic-ai) から、2023 年 7 月 16 日は中国の通信事業者 (bytedance.com) から、2023 年 8 月 31 日はアリババグループ (Alibaba Cloud LLM) からの集中的なアクセスがあったことがわかった。

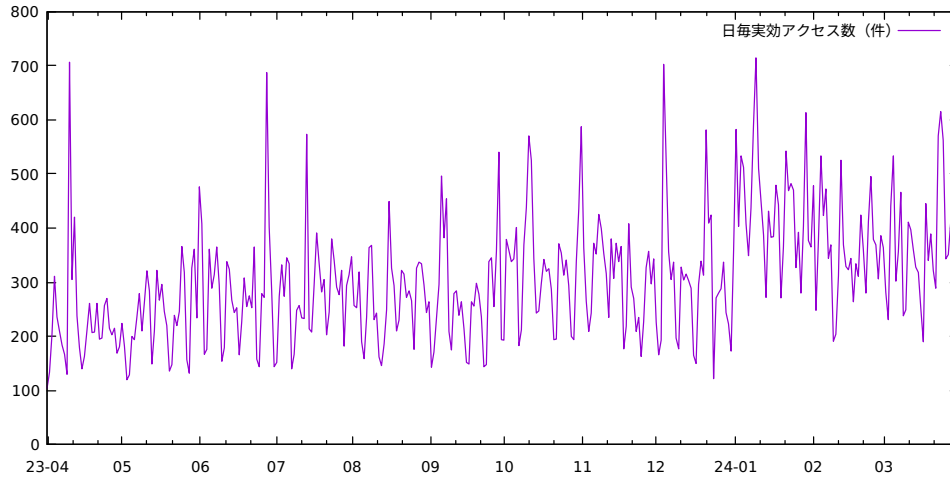
今回除外したクローラの種類と概要、全アクセス数に対する割合を第 1 表に示す。なお、これらクローラ類のアクセスは全体の 67.3 % であった。アクセス中のクローラの占める割合については公式と言える情報はあまり存在しないが、例えば山本 (2019) によれば、J-STAGE において、クローラ対策をする前の全アクセス数に対するクローラの割合は 40-50 % であるとされており、67 % という数字も極端に過大なものではないと考える。

6. 解析期間全体を通じたアクセス解析

クローラについての話が長々と続いたが、なにぶん全体の 6 割超を占めるものであったのでご勘弁願いたい。クローラ類のアクセスを除いたアクセス、いわば実効アクセス数は、期間全体で約 12.8 万件であった。これは、1 日あたり 300 件程度になる。日毎の実効アクセス数のグラフを第 2 図に示す。このようにまだピークはあるものの、かなり平準化されていることがわかる。グラフを一瞥したところアクセスには周期性があるように感じられるが、ウイン

第 1 表 GSJ 地質ニュースへのアクセスに占めるクローラの種類とその割合。

No.	クローラ名称等	会社名又はサービス概要	割合 (%)	No.	クローラ名称等	会社名又はサービス概要	割合 (%)
1	Googlebot	Google	24.51	14	PetalBot	(アイルランドのデジタルサービス)	0.46
2	bingbot	Microsoft	12.52	15	Bytespider	百度 (中国系検索サービス)	0.45
3	ClaudeBot	Anthropic (LLM)	9.77	16	naver.me	(韓国系ポータルサイト)	0.43
4	GPTBot	OpenAI (LLM)	6.05	17	BDBot	(OSS系のクローラ)	0.41
5	Amazonbot	Amazon	1.70	18	Alibaba	Alibaba (LLM)	0.40
6	Y!J-WSC, Y!J-ASR	ヤフージャパン	1.67	19	anthropic-ai	Anthropic (LLM)	0.40
7	NDL	国会図書館	1.59	20	scrapy.org	(OSS系のクローラ)	0.29
8	Facebook	Facebook	0.94	21	PhxBot	(OSS系のクローラ)	0.28
9	Linespider	LINE	0.82	22	Baiduspider	百度 (中国系検索サービス)	0.14
10	JPNIC	(インターネット管理団体)	0.77	23	Applebot	Apple	0.13
11	MicrosoftPreview	Microsoft	0.62	24	Turnitin	(論文類似度検索サービス)	0.12
12	Sogou.com	(中国系検索サービス)	0.61	25	その他	接続エラー、攻撃など	1.26
13	DotBot	(OSS系のクローラ)	0.57		合計		66.87



第2図 GSI地質ニュース記事への実効アクセス数(2023年度)。横軸は月、縦軸はアクセス件数。

第2表 GSI地質ニュース記事の年間アクセス数トップ30。

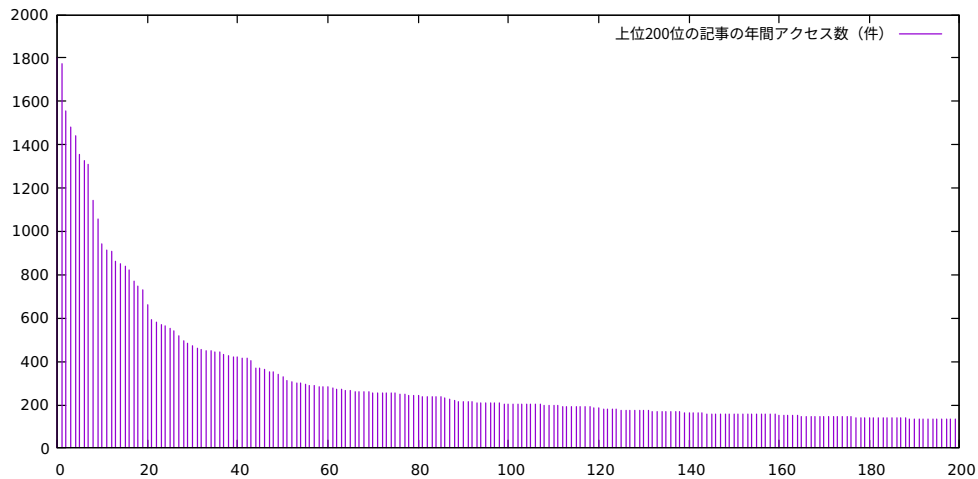
巻号、ページ	アクセス数	記事タイトル	著者
vol2.no7 212-214	1802	南海トラフ三連動型地震・M9はあり得るか？	瀬野徹三
vol11.no2 p49-55	1771	節理と片理	佐脇貴幸
vol10.no7 p148-152	1557	東京低地の沖積層	小松原純子
vol6.no4 p113-120	1483	東西日本の地質学的境界【第六話】日本海の拡大	高橋雅紀
vol5.no8 244-250	1440	東西日本の地質学的境界【第二話】見えない不連続	高橋雅紀
vol4.no12 337-345	1355	磁化率(magnetic susceptibility)を巡る雑感	森尻理恵・中川 充
vol10.no10 p235-241	1326	斑れい岩類：その種類・成因と特徴	山崎 徹
vol2.no12 357-360	1311	浦安市における液化化被害・復旧状況と不動産取引における地質情報の活用策	本間 勝
vol4.no10 297-305	1141	つくば市谷田部の地名「福田坪」と「要害」の由来と地形・地質瞥見	杉山雄一
vol6.no5 p149-157	1055	東西日本の地質学的境界【第七話】火山フロントのずれ	高橋雅紀
vol6.no8 p251	943	東西日本の地質学的境界【第九話】幻の利根川構造線	高橋雅紀
vol4.no11 315-331	914	大阪湾岸の東西性正断層「高石断層」と深部流体の貫入モデル	杉山雄一・今西和俊
vol8.no11 p301-307	909	鹿沼土の話①一探掘から製品まで	徐 維那ほか
vol6.no10 p315-331	860	東西日本の地質学的境界【第十話】待ち構えていた難問	高橋雅紀
vol3.no12 357-365	852	環境中のベリリウムとその地球化学	金井 豊
vol3.no8 238-244	837	温故知新：宮沢賢治と地震	加藤碩一
vol5.no10 311-319	820	東西日本の地質学的境界【第四話】関東平野下の地帯配列	高橋雅紀
vol2.no10 289-292	770	アイスランドの地質	山崎 徹・庄山紀久子
vol10.no7 p153-158	749	東京都区部の台地を構成する地層の層序—東京層と下総層群—	納谷友規・中澤 努
vol4.no3 69-74	728	伊勢神宮式年遷宮「お白石持」行事における白石の起源	内野隆之
vol12.no8 p248-250	660	書籍紹介「人類の起源 古代DNAが語るホモ・サビエンスの『大いなる旅』」	七山 太
vol5.no9 279-286	595	東西日本の地質学的境界【第三話】銚子の帰属	高橋雅紀
vol2.no3 67-68	580	誕生石の鉱物科学—3月 アクアマリン—	奥山康子
vol8.no3 p81-82	571	新刊紹介「地球46億年 気候大変動」	七山 太
vol3.no3 73-78	567	地質図とは何か—地質図幅からシームレス地質図へ—	斎藤 眞
vol3.no1 31-32	554	誕生石の鉱物科学—1月 ガーネット—	奥山康子
vol5.no7 218-225	544	東西日本の地質学的境界【第一話】事の発端	高橋雅紀
vol2.no5 129-130	517	大阪の地史/地質情報展2012	おおさか事務局
vol8.no2 p31-40	497	5万分の1地質図幅「身延」の紹介	尾崎正紀
vol9.no7 p.195-200	483	鹿沼土の話②—鹿沼土を観察してみる	地下まゆみほか

ドウなどを考えず簡易にフーリエ変換してみたところ 60 日前後の周期が強いとの結果になり、わかりやすい理由が推測できるものではなかった。

全期間を通じてのアクセス数上位 30 件の記事を第 2 表に示す。人気のある記事の傾向を読み取ることは難しいが、時事的な理由から地震や地盤に関連するもの(後述する)、そして連載ものや解説が読まれているように感じられる。特に「東西日本の地質学的境界」の連載は上位 30 件中 8 件がはいる人気の記事であるが、これは著者である高橋雅紀氏の知名度も影響しているかもしれない。

アクセス数トップの記事は 1802 件/年、30 位の記事は

483 件/年であるが、この後はどのような傾向を示すのであろうか。上位 200 位までの記事についての年間アクセス数を第 3 図に示す。特に示さないが、アクセス数はこの後も漸減を続け、いわゆる「ロングテール型」の傾向となっている。また一般に「80 対 20 の法則」(この場合であれば、上位 20% の記事がアクセスの 80% を占める)と言われるものがあるが、GSJ 地質ニュースの場合、累計アクセス数の 80% の時点の記事数は上位約 1/3 の地点にあり、一般に言われるほどの集中度ではない、つまり比較的平均的に読まれていることがわかる。



第3図 アクセス数上位 200 件の記事について、年間のアクセス数をグラフ化したもの。横軸は順位、縦軸はアクセス件数。

7. 個別記事の年間アクセス傾向

2023 年度のトップアクセス記事は「南海トラフ三連動型地震・M9 はあり得るか？」(瀬野, 2013)であったが、同記事の年間のアクセス傾向には大きな特徴があった。同記事の日毎のアクセス数を第 4 図(A)に示す。また比較として、アクセス数 2 位の記事である「節理と片理」(佐脇, 2022)のアクセス数を第 4 図(B)に示す。後者は年間を通して同程度のアクセス数であるが、前者は 2024 年 1 月 1 日以降に急激な増加を見せている。同日は令和 6 年能登半島地震が起きた日であり、大地震に興味を持った読者が多くいたこと、またその興味が少なくとも 3 か月に渡って続いていることが見て取れる。

地震後に同様の傾向を示した記事はこれだけではない。第 5 図に年間アクセス数上位 20 位までの記事について、日毎のアクセス数を累積した結果を示す。2024 年 1 月 1 日を境にアクセス数が急増した記事については黒線、それ以外のものについては赤破線で示したが、4 つの記事において急増が見られることがわかる。ちなみに急増した記事は、前述の 1 位の記事と 4 位「東西日本の地質学的境界【第六話】日本海の拡大」(高橋, 2017)、8 位「浦安市における液状化被害・復旧状況と不動産取引における地質情報の活用策」(本間, 2013)、12 位「大阪湾岸の東西性正断層『高石断層』と深部流体の貫入モデル」(杉山・今西, 2015)である。4 位の記事については関連性は判然としないが、他は地震や地震災害に関連する記事であることがわかる。

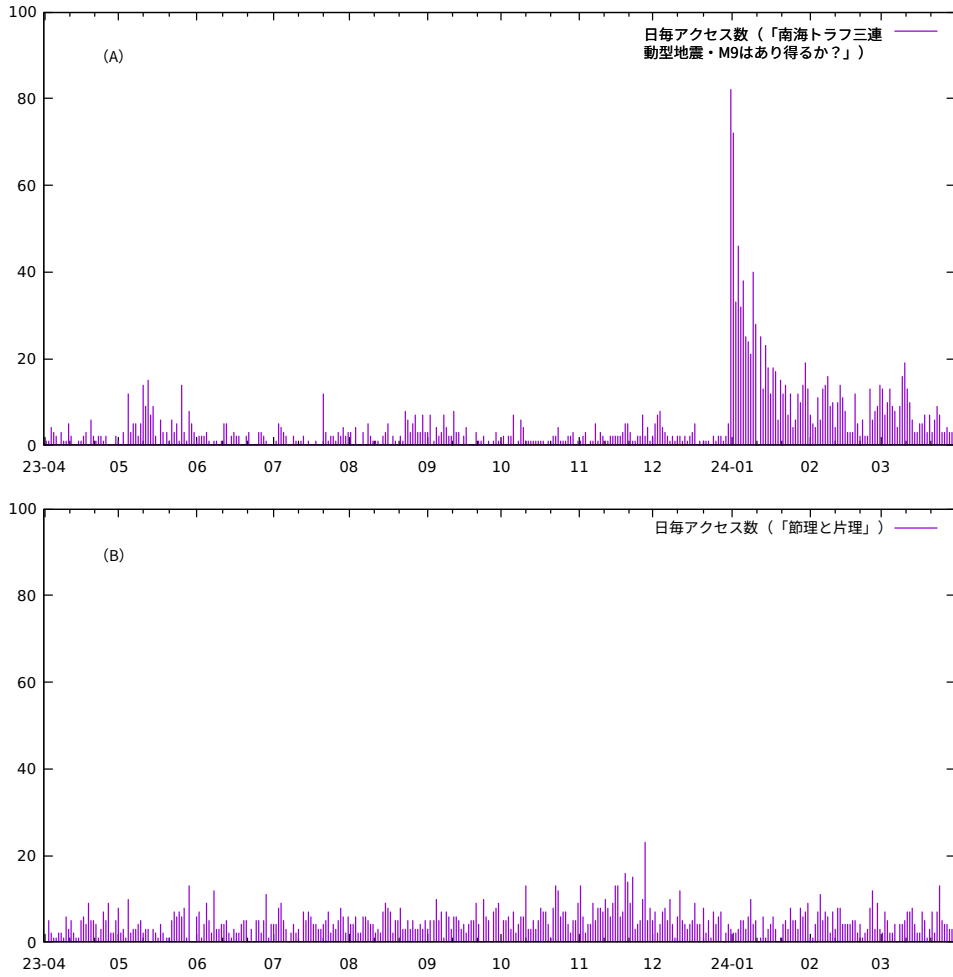
さらに詳細に第 5 図を見ると、20 記事中の少なくとも半分程度の記事は 2024 年 1 月 1 日以降にアクセス数を伸

ばしているように思える。全体のアクセス数の平均を見ると、2023 年 12 月 31 日までが 278.3 件/日であるのに対し、2024 年 1 月 1 日以降は 388.8 件/日となっており、大きく増加している。この増加の幾分かは地震による影響ではなく、そのような記事に触れて新規読者となった方々のアクセスであると考えるのは期待しすぎであろうか。

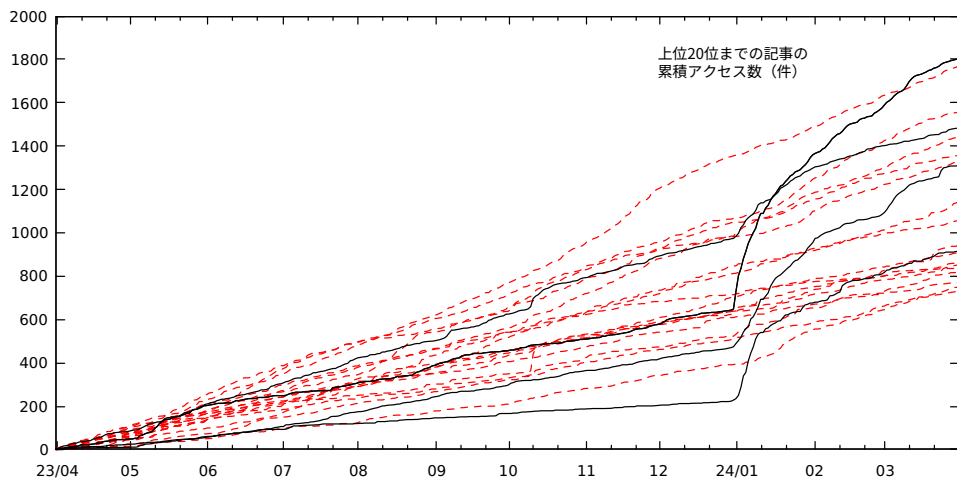
8. 2023 年度出版の記事のアクセス傾向

一方で 2023 年度に新たに出版された記事のアクセス傾向はどうなっているであろうか。第 2 表に示した上位 30 位までの記事のうちでは、2023 年度に出版されたものは 21 位の「書籍紹介「人類の起源 古代 DNA が語るホモ・サピエンスの『大なる旅』」(七山, 2023) 1 件のみであった。

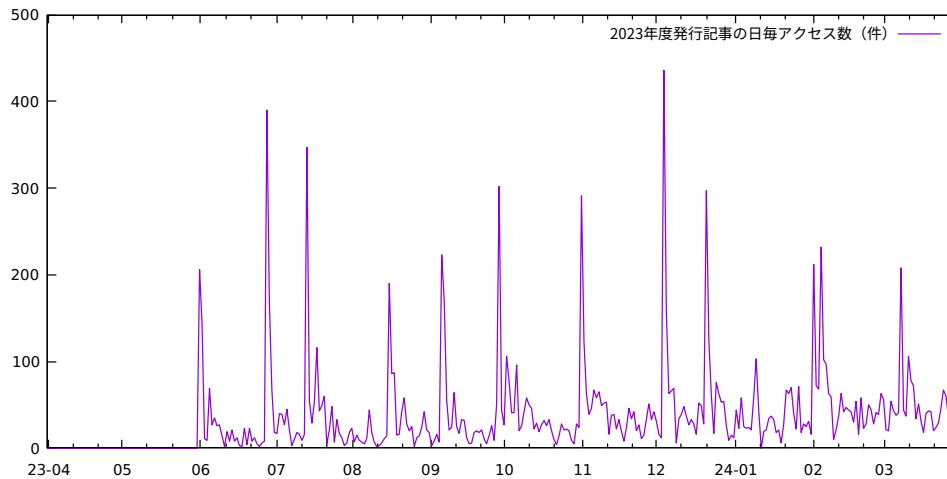
ひとつの試みとして、2023 年度に出版された記事のみを抽出して日毎のアクセス傾向を調べてみた。その結果を第 6 図に示す。複数の明白なピークがあるが、これは新しい号が公開された日にほぼ一致しており、各月の号が公開されると短期間のうちに購読されることがわかる。これは非常に意外な結果であった。というのは、最新号の公開は地質調査総合センター内部でのみアナウンスを行っていたからである。しかし、ログを確認してみた結果、ピークを構成するアクセスのうち内部のもの割合は限定的であり、多くは外部からのアクセスであった。外部の購読者がどのようにして公開日の情報を得ているかは興味深いところである。



第4図 特徴的なアクセスを示した2記事について、アクセス数の日変化を示したもの。横軸は月、縦軸はアクセス件数。(A)は年間アクセス数1位の記事であるが、2024年1月1日に発生した能登半島地震の後に急速にアクセス数が伸びている。対して(B)の記事は、年間を通じて同程度のアクセスがある。



第5図 年間アクセス数上位20位までの記事について、その累積アクセス数を示したもの。横軸は月、縦軸はアクセス件数。1月1日以降に急激な伸びを示した記事が複数あることがわかる。



第 6 図 2023 年度に発行した記事 (vol. 12, no. 4 から vol. 13, nos. 2-3 まで) のみのアクセス数の日変化を示したもの。横軸は月、縦軸はアクセス件数。公開日が不定期であるためわかりにくいだが、200 件/日を越えるピークを示している日が、ほぼ公開日に一致する (1 月上旬の後ろのピークを除く)。

9. X (旧 Twitter) による広報の効果について

GSJ 地質ニュースを外部にアピールするための試みの 1 つとして、2024 年 1 月号ならびに 2・3 月合併号については、産総研公式 X (@AIST_JP) によるポストを行っている。1 月号については 2 月 2 日に公開し、2 月 5 日にポスト (https://twitter.com/AIST_JP/status/1754452343557337221, 閲覧日: 2024 年 5 月 14 日)、2・3 月合併号については 3 月 8 日に公開し、3 月 19 日にポスト (https://twitter.com/AIST_JP/status/1769858867360338066, 閲覧日: 2024 年 5 月 14 日) を行った。

第 6 図を見ると、1 月号については公開日とポストした日の両方にアクセスのピークがあり、ポストに一定の効果があったであろうことがわかる。しかし 2・3 月合併号についてはこれといった影響は見られないようである。とはいえ、1 月号の 2 回のピークについて詳細に見ると、ポストにて写真を上げて宣伝した「地質標本館企画展『生痕化石—大地に刻まれた生命の痕跡』開催報告」(清家ほか, 2024) のアクセス割合が 9.0 % から 29.3 % と伸びており、一定の効果があったことが伺える。

10. おわりに

GSJ 地質ニュースには多くの記事が寄稿されるが、どのような記事が読まれているのかアクセス状況が知りたい、という要望は常にあり、最低限のクローラの除外を含む簡易的な解析結果については内部で公開していた。しかし、

時折不可解な結果が表れることがあり、その理由について悩むことがあった。しかし、今回アクセスログを精査したことにより、かなり実態に近い結果が得られたのではないかと考える。クローラによるアクセスについていえば、AI (LLM) の開発はまだ競争の途中にあることから、例えば、Open Source な LLM の訓練を目的とした小規模集団の情報収集のためのアクセスなど、増加、多様化するのではないかと予想される。

今回特に記載しなかったが、2023 年度の解析結果は、地震の影響が大きいように見えて、実は 2024 年 1 月 1 日の前後でアクセス上位記事の入れ替わったものは 2 件だけであった。これは、長期に読まれる記事は固定化しているということであり、ある意味アクセス解析の必要性を否定しかねないものである。今後は、より短期的なアクセス傾向を把握するための手法を検討する必要があると考える。

文 献

- Apache Software Foundation (2024) ログファイル - Apache HTTP サーバ バージョン 2.4. <https://httpd.apache.org/docs/2.4/logs.html> (閲覧日: 2024 年 4 月 30 日)。
- 国立国会図書館 (2013) 国立国会図書館インターネット資料収集保存事業. <https://warp.ndl.go.jp/> (閲覧日: 2024 年 4 月 30 日)。
- 本間 勝 (2013) 浦安市における液状化被害・復旧状況と不動産取引における地質情報の活用策. GSJ 地質

- ニュース, 2, 357-360.
- 七山 太 (2023) 書籍紹介「人類の起源 古代DNA が語るホモ・サピエンスの『大いなる旅』」. GSJ 地質ニュース, 12, 248-250.
- 佐脇貴幸 (2022) 節理と片理. GSJ 地質ニュース, 11, 49-55.
- 清家弘治・森田澄人・瀬戸口 希・都井美穂 (2024) 地質標本館企画展「生痕化石—大地に刻まれた生命の痕跡」開催報告. GSJ 地質ニュース, 13, 14-18.
- 瀬野徹三 (2013) 南海トラフ三連動型地震・M9 はあり得るか? GSJ 地質ニュース, 2, 212-214.
- 杉山雄一・今西和俊 (2015) 大阪湾岸の東西性正断層「高石断層」と深部流体の貫入モデル. GSJ 地質ニュース, 4, 315-331.
- 高橋雅紀 (2017) 東西日本の地質学的境界【第六話】日本海の拡大. GSJ 地質ニュース, 6, 113-120.
- Wikipedia (2022) クローラ. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%A9> (2022/10/11 版).
- Wikipedia (2023) HTTP リファラ. <https://ja.wikipedia.org/wiki/HTTP%E3%83%AA%E3%83%95%E3%82%A1%E3%83%A9> (2023/11/9 版).
- 山本浩万 (2019) J-STAGE アクセス統計とクローラについて. 日本リモートセンシング学会誌, 39, 156-160.

OHNO Tetsuji (2024) Access analysis of articles on GSJ Chishitsu News for 2023FY using web server logs.

(受付: 2024年5月17日)

地質標本館体験イベント「絵の具になる鉱物」 開催報告

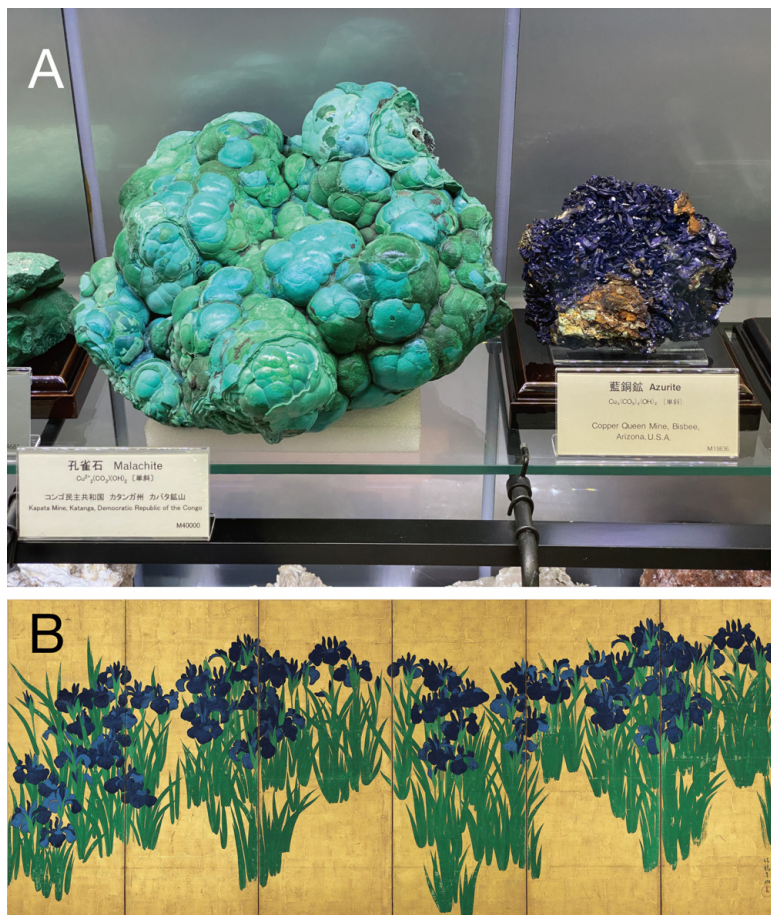
川辺 禎久¹・福田 和幸¹・瀬口 寛樹¹

1. はじめに

2024(令和6)年1月27日(土)に、地質標本館体験イベント「絵の具になる鉱物」を開催しました。これは鉱物から絵の具を作るワークショップ「孔雀石から絵の具を作ろう」と、ワークシート形式で行う第4展示室「絵の具になる鉱物をさがそう」の2つの企画を同時に開催したイベントです。本イベントは、鉱物、岩石の色材としての利用を体験してもらい、鉱物、岩石をより身近に感じていただくことを目的に企画したものです。本報では主に「孔雀石から絵の具を作ろう」について報告します。

2. 絵の具になる鉱物

人類は昔から土や鉱物岩石を顔料、すなわち絵の具として利用してきました(結晶美術館, 2019; 田中, 2023; 朽津ほか, 2003)。世界中で顔料として使われてきた代表的な鉱物が孔雀石と藍銅鉱(第1図A)で、それぞれ岩緑青^{いわくろしよ}と岩群青^{いわぐんじょう}という顔料となります。地質標本館の第4展示室にある孔雀石は来場者の目をよく引き、足を止める方が多い展示物です。孔雀石が絵の具になること、尾形光琳の「燕子花図」(第1図B)などに使われていることを説明すると、多くの方が強い興味を示されます。そこで絵の具としての利用を紹介することで鉱物や岩石に興味を持ってもら



第1図 地質標本館第4展示室の孔雀石(A左)と藍銅鉱(A右)。これらは「燕子花図(尾形光琳)」(根津美術館蔵: Wikimedia Commonsより引用。パブリックドメイン)(B)に使われています。この絵の背景の金色は金箔であり、この絵はすべて第4展示室内にある鉱物で描かれていることとなります。

第1表 体験イベントでとりあげた顔料鉱物、岩石(結晶美術館, 2019; 朽津ほか, 2003).

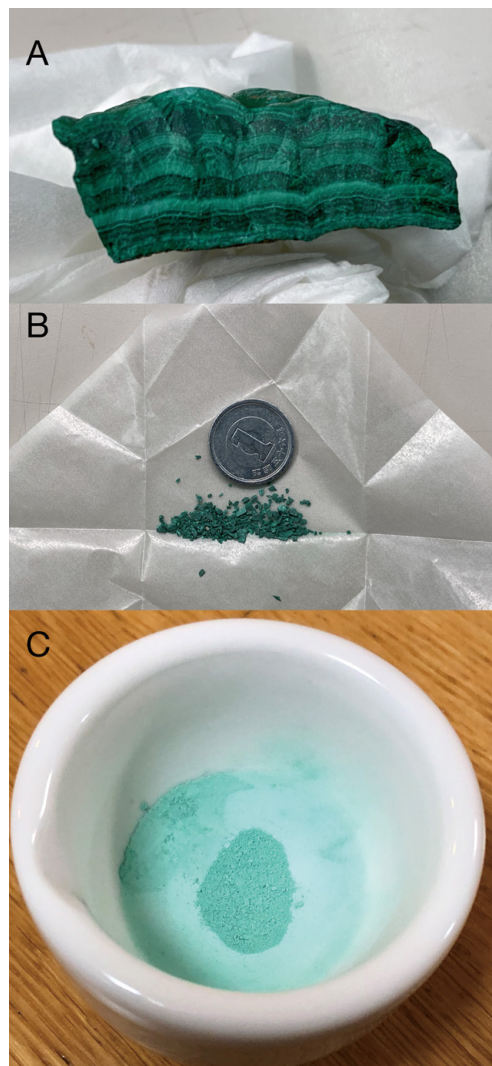
鉱物/岩石名	色	色名	備考
孔雀石	緑	岩緑青	高松塚古墳壁画, 尾形光琳「燕子花図」
藍銅鉱	青	岩群青	高松塚古墳壁画, 尾形光琳「燕子花図」
青金石	青	ウルトラマリン	フェルメール「真珠の耳飾りの少女」
辰砂	赤	朱, 丹	高松塚古墳壁画, 朱肉, 毒性は低いが水銀を含むため推奨されない.
赤鉄鉱, 針鉄鉱	赤	弁柄	装飾古墳, 浮世絵など
鶏冠石	オレンジ, 黄	鶏冠石	毒性有り
石黄(雄黄)	黄	雄黄	浮世絵など, 毒性有り
セラドナイト	緑	隠岐緑, 緑土	装飾古墳
海緑石	緑	テールヴェルト	ポンペイ壁画
方解石	白	胡粉	白顔料, または他の顔料と混色して使用
鉄電気石	黒	藍墨	最近日本画に使われる

えるきっかけになるのではないかと今回の企画を考えました。

歴史上、様々な鉱物、岩石が顔料として使われてきましたが、中には入手が困難なものや石黄のように毒性があり現在では使われないものもあります(第1表)。また短いイベント時間内にすりつぶすためにはあまり硬い鉱物は適しません。これらの条件を考慮して、入手しやすく安全性も高く色も比較的鮮やかで、硬度も大きくない孔雀石を使用することとしました。

3. 実施計画

鉱物から顔料を作成する手順について、田中(2023)やインターネットで公開されている動画(日月, 2021)などを参考に計画しました。時間も限られるため、事前に孔雀石を径数mm程度に粗粉碎したものを葉包紙に包んで参加者に配布し、それをすりつぶすようにしました。これを磁性乳鉢に入れ、乳棒で上から押しつぶすようにすりつぶして粉末にしてもらいます。標本館スタッフらによる事前リハーサルでおおよそ5分から10分以内に十分すりつぶせることを確認しておきました。実際の孔雀石顔料作成過程では粉碎後、篩分けや水簸^{ふるいすいひ}で色調をそろえています(田中, 2023)、今回は解説にとどめ、粉碎した顔料をそのまま絵の具として使うこととしました(第2図)。緑色の絵の具なので、無地の紙のほかに地質標本館キャラクターのカエルの「騎士(ナイト)くん」を印刷した紙を準備し、孔雀石顔料を筆で塗ってもらうことにします。また本来、膠や油



第2図 孔雀石片(A)とあらかじめ粗砕きした孔雀石(B)、および乳鉢ですりつぶした孔雀石(C)。

に混ぜて使うのですが、今回は扱いやすさから PVA 糊(洗濯糊)を使用しました。

残った孔雀石粉末は配布した薬包紙に包み直してもらい、ポリ袋に入れておみやげとして持って帰っていただきました。このほか今回のイベント用に新規作成した4種類(孔雀石、藍銅鉱、青金石、石黄)に既存の辰砂カードを足した顔料鉱物カード(第3図)1セットと鉱物下敷きなどを進呈しました。顔料鉱物カードは館内イベントの「絵の具になる鉱物をさがそう」でも参加者に1枚ずつ配布しています。

今回は初めての企画でもあり、時間にやや余裕を持たせたスケジュールとし、午前10時と午後2時の2回、各回90分で10人ずつ、計20名での事前予約制で行うことにしました。イベント告知を標本館でのポスター掲示、webページで行ったところ、予約開始早々にすべて埋まってしまうほどの人気でした。産総研公式 SNS でも2023年12月26日にイベント告知が投稿され、原稿作成時点でのインプレッション数は16万以上、「いいね」は2300以上、リポストも1300近くと大きな関心を集めたことには驚きました。

4. 当日の様子

当日の参加者は、小学生11名、中学生2名、大学生2

名、一般5名で、小学生の参加者には保護者にも同席していただきました(第4図)。

色材の種類や特徴、顔料鉱物の簡単な歴史や使われている絵画などの解説を行ったあとで実際の作業に入ります。孔雀石の粉碎に当たっては、防護メガネとマスクを着用していただき、スタッフが参加者2名に1名付いて粉碎法をアドバイスする形で行いました。一通り粉碎が完了したところで、顔料の一部を小皿に移し、PVA糊を適量混ぜて筆で塗ってもらいました。多くの方が「騎士くん」を塗っていましたが、同じ緑色顔料でもそれぞれの個性がでているのが面白かったところです。また白紙に手紙文を書く方、様々な絵を描く方もおられました。このほか顔料鉱物となる孔雀石、青金石などの鉱物標本と企画にあたって参考にした書籍などの展示も行い、多くの方が体験イベント終了後ご覧になりました。

参加者アンケートには「鉱物が生活に関わっているおもしろさを体感できるのでは、と思い期待していましたが、期待どおりでした」、「意外とかんたんにできてびっくりでした。とても楽しかったです!」(原文ママ)など、非常に好評のうちにイベントを終えることができました。

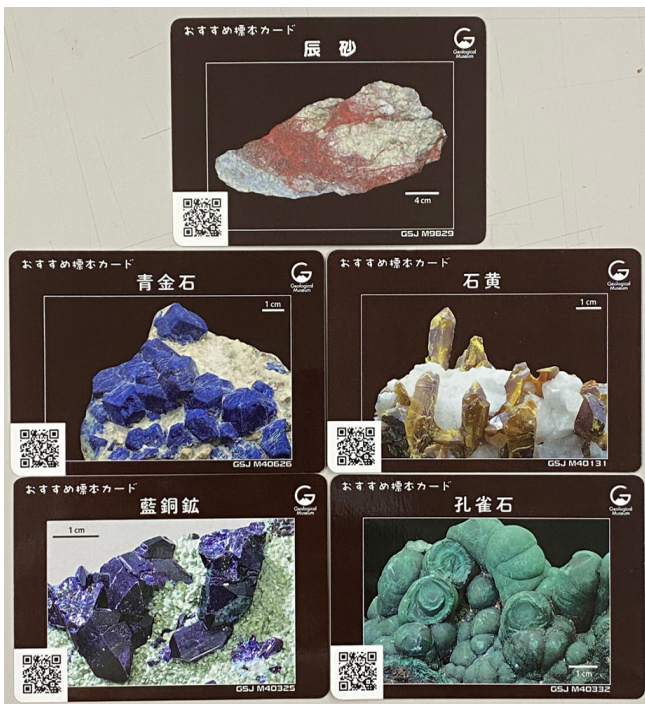
「絵の具になる鉱物をさがそう」も簡単に紹介します。こちらはワークシート形式で、各種顔料になる鉱物を第4展示室から探して回答する方法で行いました。251名の方に参加いただき、こちらも「鉱物の見方が変わった。感激のイベントでした」などありがたい感想を頂いています。

5. おわりに

今回のイベント担当者を第2表に示します。器材や手順など多くの方の協力で無事開催でき、好評のうちに終えることができました。今回のイベントを通じて、私たちの生活をいろいろな意味で豊かにしている鉱物、岩石の世界を知っていただくことができたとと思います。初めての企画ということもあり、試行錯誤の部分もありましたが、この経験からより良い体験イベントになるよう工夫して、今後も続けていきたいと考えています。

文献

- 結晶美術館(2019)色材の博物誌と化学。結晶美術館、86p。
 朽津信明・中牟田義博・三木 孝(2003)日本における緑色顔料「緑土」の使用について。考古学と自然科学、no. 46, 55-66。



第3図 5種の顔料鉱物カード、辰砂以外の4種は今回新たに作成。裏にはそれぞれの簡単な解説がついています。



第4図 イベント当日の様子。当日はつばのケーブルテレビ ACCS の取材もありました。

第2表 地質標本館体験イベント「絵の具になる鉱物」担当者。

「孔雀石から絵の具を作ろう」			
講師	川辺 禎久		
スタッフ	東郷 洋子	中川 圭子	瀬口 寛樹
	中村 由美	朝川 暢子	清水 裕子
「絵の具になる鉱物をさがそう」			
スタッフ	兼子 尚知	下川 浩一	小川 浩
	武井 勇二郎	常木 俊宏	福田 和幸
ポスターデザイン	都井 美穂		

田中陵二 (2023) いろいろ色のはじまり。月刊たぐさんのふしぎ, no. 463, 福音館書店, 東京, 1-40.

ら絵具になるまで. <https://www.youtube.com/watch?v=sZpcS64Ffgc> (閲覧日: 2024年4月5日)

参考動画

日月美輪 (2021) 岩絵の具の作り方・美しい宝石か

KAWANABE Yoshihisa, FUKUDA Kazuyuki and SEGUCHI Hiroki (2024) Report on hands-on event "Minerals as Paint" at the Geological Museum.

(受付: 2024年5月24日)



天谷 宇志 (あまがい たかし)

地圏資源環境研究部門 鉱物資源研究グループ

地圏資源環境研究部門鉱物資源研究グループの天谷宇志と申します。2024年3月に筑波大学大学院にて博士(理学)の学位を取得し、4月に着任致しました。

査に応用できるよう研究に邁進してまいります。ご指導ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。

私は、熱水性金属鉱床の成因を鉱物斑晶中に捕獲されたマグマの液滴(メルト包有物)からアプローチして解明する研究を行っています。日本を含め、多数の熱水性金属鉱床の形成には花崗岩マグマが関与しており、その理解が重要であるものの、地表の露出花崗岩体の研究では、初生的に含んでいた金属や硫黄の含有量といった情報が熱水放出で失われているという研究課題があります。最近、マントルから地表に直接上昇した未分化な苦鉄質マグマの鉱物斑晶中に、地下深部で発生した初生的な花崗岩マグマがメルト包有物として捕獲されていることが分かってきました。それらの分析から、地下深部の花崗岩マグマの化学的特徴を明らかにし、地表の花崗岩体やそれに随伴する鉱床の成因を明らかに出来ると考えています。



産総研ではこの研究をさらに進め、将来的には、鉱物資源の安定確保のため、課題である潜頭性鉱床の探

浅田 美穂 (あさだ みほ)

地圏資源環境研究部門 物理探査研究グループ

表層型メタンハイドレートの研究開発にかかるプロジェクト型研究員として4年前に着任し、表層型メタンハイドレートの根本理解を目指し活動して参りました。このたび改めて任期に定めのない研究職員として採用いただき、ここ産総研の物理探査研究グループで研究活動を継続できることに深く感謝いたします。海域において直接観察が難しい海底面(溶岩流分布や表面形態、地形変化、鉱物分布や規模等の情報)の広がりや、その直上水塊あるいは直下の地質学的情報を可視化する音響信号を主要な研究ツールとして用い、他の探査手法に理解を広げ、異分野との相互理解に努めて、環境保全と経済活動を両輪とする社会に寄与するよう意識新たに活動を拡大したく存じます。引き続きよろしくご指導をくださいますようお願いいたします。

経験を活かし、学びを止めず、流動的かつ自由で闊達な次ステージ開拓を目指すとともに、使命感をもって産総研から、GSJから、従来とは多少異なる価値観に基づく研究成果を創出するよう精進いたします。

これまで様々な世代や地域社会に触れる機会がありました。業績にカウントされない経験値も獲得しました。価値観が移ろう、劇的に変わりゆく社会の中で、





西木 悠人 (にしき ゆうと)

地圏資源環境研究部門 CO2 地中貯留研究グループ

2024年度より地圏資源環境研究部門CO₂地中貯留研究グループの研究者として着任しました西木悠人です。私は北海道大学で博士(工学)を取得しました。在学期間の最終年度(2022年度)にはつくばへ移動し、それから同所属にてリサーチアシスタントおよび産総研特別研究者として勤務しておりましたが、本年度より心機一転して業務に邁進していきます。

私の主軸は、地球表層の鉱物形成に関する地球化学的な研究です。ケイ酸塩鉱物(粘土鉱物など)や炭酸塩鉱物、およびその前駆物質を中心に、野外調査・室内実験を行ってきました。このような鉱物の理解は、理学的に(初期地球の解明などの)重要性を秘めているだけでなく、地球工学的な課題解決(CO₂の鉱物固定、放射性廃棄物の地層処分、地熱発電所配管内のスケール対策、汚染土壌の処理など)にもつながります。引き続き地球惑星科学・地球工学に関して幅広くアンテナを張っていきますが、当グループの研究者として、日本がカーボンニュートラル分野で世界の最先端を突き進んでいけるような研究成果の創出を目指します。研究者としてはまだ

まだ未熟のため、所内外の方々から多くのことを吸収させていただきたいと思います。何卒よろしく願いいたします。



久保田 彩 (くぼた あや)

地圏資源環境研究部門 燃料資源地質研究グループ

地圏資源環境研究部門燃料資源地質研究グループの久保田 彩と申します。

私は北海道大学大学院理学院自然史科学専攻にて博士号を取得後、中央大学理工学部勤務を経て、本年度4月より研究者として産総研へ着任いたしました。

これまでは、野外地質調査を基盤とし、様々な地域や年代(10億年前~現在)の堆積層を対象とした層序学・堆積学・古生物学的研究を行ってきました。学生時代は、北海道各地の白亜紀の地層を対比(比較)しながら、広域に発生した沿岸破壊現象の復元に取り組みました。近年は、鉱化型化石鉱脈に注目した化石群の網羅的探索・解析に挑戦しています。堆積岩には、過去の土壌がそのまま鉱物に置換され、動植物が細胞レベルで精密に保存されたものや、陸から流された植物片が密集したものがあり、それらを材料として、植物陸上進出最初期(約4億年前)や被子植物多様化期(約1億年前)の陸上生物群の復元などを試みています。今後は、野外調査と室内解析を中心に、燃料資源

の貯留岩や根源岩の分布・性状、海底下微生物生態系の基礎理解に寄与する研究を展開していきたいと考えています。皆様これからどうぞよろしく願い申し上げます。





新谷 毅 (しんたに つよし)

活断層・火山研究部門 深部流体研究グループ

活断層・火山研究部門の深部流体研究グループに配属されました新谷 毅です。大阪府立大学大学院理学研究科（現：大阪公立大学）で博士を取得した後、国立環境研究所でのポストドク、北海道立総合研究機構での研究員生活を経て4月に赴任いたしました。経歴からもわかりますように、大学を出てからは公的研究機関で仕事をしてきました。

主な研究内容は元素濃度や安定同位体を用いた浅部から深部までの地下水の起源解析や広域流動評価で、地下水利用の多い平野部を主な調査対象として研究を行ってきました。また、地下水の利用を検討する方向けの情報基盤整理も行っており、地下水に関する基礎研究だけでなく社会実装に向けた取り組みも経験してきました。

産総研では、これらのスキル・経験をさらに発展させ、深部流体・地下水の長期的な地

球化学的変動に関する研究に取り組んでいきたいと思っています。また、地下水の持続的な利活用に関連する行政の施策や一般ユーザーへの知見提供などといった形で社会へ貢献していきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。



前田 純侖 (まえだ すみれ)

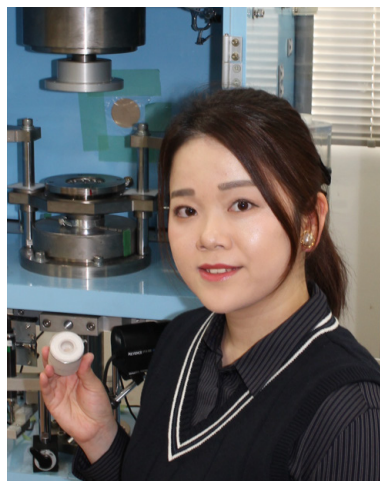
活断層・火山研究部門 地質変動研究グループ

今年度より活断層・火山研究部門地質変動研究グループに配属されました前田純侖と申します。2018年3月に東北大学にて学位を取得後、地質変動研究グループで2年半、国立研究開発法人防災科学技術研究所にて3年半の間、ポストドクとして研究に従事して現在に至ります。

私は学部時代に構造地質学を専攻し、大学院では地殻内不均質構造が浅発地震発生に及ぼす影響についての研究を行っていました。ポストドクになってからは地震現象を理解するために、岩石の力学的特性を学ぶ必要があると考え、防災科学技術研究所では岩石の剪断摩擦実験を行っていました。その結果、構造地質学、地震学、室内岩石実験の3つの学問領域にわたる研究を行うことができました。

今後は10万年を超えるような長期間にわたる地質変動が地下深部の岩盤に及ぼす影響に関する研究を行う予定です。このような長期間にわたる地質変動を理解するためには、様々な事象の不確実性を評価してい

く必要があります。そのために、これまでの経験を最大限に活かし、地質調査総合センターの皆様と共に研究に取り組んでいく所存です。皆様ご指導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。





片桐 淳 (かたぎり じゅん)

活断層・火山研究部門 地震災害予測研究グループ

活断層・火山研究部門の地震災害予測研究グループに着任した片桐淳と申します。私は、地盤工学分野で博士（工学）を取得後、メタンハイドレート開発、ならびに、小型家電製品のリサイクル技術に関する研究プロジェクトに従事し、数年間産総研の西事業所で勤務しておりました。その後、大学での技術職を経て、前職では物質・材料研究機構で、金属の3次元積層造形の技術開発に携わっていました。

専門とする学術領域は、砂や粉のような粒状体の力学です。粒状体や流体力学の数値シミュレーション（CAE）を得意にしており、そのスキルをプロジェクトの技術課題解決に適用する研究に取り組んできました。オンラインの技術やスキルがあるわけではないですが、様々な課題に対して、CAEとラボ実験を用いて、こつこつ進めながら、定期的に論文発表することを心がけてきました。

今後は、地震時の断層変位によって生じる地表面の変形をシミュレーションし、構造物の健全性評価に取り組む事を計画しています。地質に関しては知らない事が多く、

これから様々な切り口から学んでいく事をとても楽しみに思っています。今後ともご指導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。



大橋 聖和 (おおはし きよかず)

活断層・火山研究部門 地震テクトニクス研究グループ

4月から活断層・火山研究部門地震テクトニクス研究グループに着任しました大橋聖和です。構造地質学・テクトニクス・実験岩石力学を専門としています。前職は山口大学で講師・准教授を約10年務めており、専門科目のほか、地学系の共通教育、情報系科目、野外地質調査の実習などを担当していました。これまでの自身の研究を要約すると、変動帯における内陸断層の成長過程と役割を明らかにしてきた、と言えると思います。地質図規模の活断層や地質断層だけでなく、ひずみ集中帯と呼ばれる広めの変形場に存在する小規模断層も対象にし、それがどのように形成され成長してきたのか、また地殻変動上の意味合いなどを明らかにしてきました。一般に断層は長期にわたり繰り返し活動する性質を持ちますが、その理由を探るには、地震サイクル全体を通して断層の深部で起こる物理・化学的プロセスを明らかにする必要があります。産総研では、過去の震源断層の露頭解析と室内実験から素過程を理解することに加え、どうしたら現在の震源断層の状態がモニタリングできるのかを他の研究者と協働して考えていきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。





篠原 崇之 (しのはら たかゆき)

活断層・火山研究部門 地震災害予測研究グループ

活断層・火山研究部門の地震災害予測研究グループに配属された篠原崇之です。学部では地球科学を専攻し、修士課程では地震工学を学びました。修士課程修了後から産総研へ着任するまでは、民間企業の研究開発部署にて航空写真や衛星画像、3次元点群などの空間情報データの自動判読を行うAI（深層学習）の開発を行いました。自動判読に加えて、空間情報データに対する付加価値を創出・提供するため、古いモノクロの航空写真や解像度の低い衛星画像の視認性を向上させる研究開発も併せて実施しました。企業に勤務しながら社会人博士課程生として研究する機会を得て、3次元点群の自動判読を行うAIの研究開発を行いました。博士課程では、計測に関する知識とAIの専門知識を活かし、情報科学の分野で提案されているAI手法に独自の点群取得プロセスに関する知見を組み込み、より高性能な自動処理手法を開発しました。以上のように、様々なデータにAIの手法を柔軟に適用してデータの付加価値を創出・提供するという研究開発を一貫して実施してきました。今後は、産総研内のデータに対してAIを適用し、省力化や付加価値の創出・提供に関する研究開発を実施する予定です。どうぞよろしくお願ひ申し上げます。



松永 康生 (まつなが やすお)

再生可能エネルギー研究センター 地熱チーム

突然ですが、皆さん温泉は好きでしょうか。私はこれまで、観測で訪れたい多くの火山や地熱地帯で様々な温泉に入浴してきました。活火山周辺に湧く温泉の特徴はその強烈な成分にあり、例えば私の主な研究フィールドでもある草津白根火山の麓にある草津温泉では、pHが1.5に達するような塩酸や硫酸に富む非常に酸っぱい温泉が湧いています。少しでも皮膚に傷があると、ピリピリと痛みが走るほどです。機会があればぜひ舐めてみましょう。

ここまではあくまで地上での話ですが、地下深くのより熱源（マグマ）に近い場所ではどうなるのでしょうか？おそらくより高温高圧のエクストリームな環境下に、高濃度のマグマ性成分を含む熱水が多量に存在することで劇的な力学的・化学的現象の発生場となっているはずです。このような「マグマ熱水系」の活動と水蒸気噴火などの火山活動の関係を、電磁探査と数値シミュレーションを頼りに明らかにしようというのがこれまでの私の研究です。今後は地熱エネルギーに関するより工学的な

テーマに取り組むこととなりますが、これまで培った技術をさらに発展させ、地熱開発・火山防災の両面に貢献する成果を創出していきたいと考えています。これからどうぞよろしくお願ひいたします。



2023 年度岩の力学連合会賞（論文賞）の受賞

このたび、学術誌International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciencesの第170巻に掲載された論文「Laboratory hydraulic shearing of granitic fractures with surface roughness under stress states of EGS: Permeability changes and energy budget（EGS開発環境下における応力状態での花崗岩亀裂の水圧駆動せん断滑りに関する室内実験：透水性変化とエネルギー収支の検討）」が、2023年度岩の力学連合会賞（論文賞）を受賞しました。本賞は、岩の力学連合会により、岩の力学もしくは岩盤工学の進歩に著しい貢献をしたと認められる論文に与えられるものです。

EGS（人工的手法により能力の改善・新規造成が行われた地熱システム）の実用化には、地熱貯留層内のダイナミックな現象に関する数値シミュレーションの精緻化が必須であり、特に「岩石亀裂のせん断滑り（地震現象）と透水性変化の関係」が鍵となります。本論文では、EGS型地熱開発で対象となる地殻応力環境下（深度2 km以深、50 MPa以上）にて、加圧注水によって花崗岩内既存亀裂にせん断滑りを誘起するというユニークな室内岩石実験について記しています。実験を通じて、上述した関係を再構築・最適化するとともに、同現象が生じた際のエネルギー収支についても検討を行っています。なお、本実験自体は2015年頃に着想し、その後、実験設備等を整備して、今回の論文発表に至る成果を得ることができたことを付け加えさせていただきます。

最後に、本論文の成果は、EGSシミュレーションの信頼性向上に大きく寄与するものであり、これにより、将来的には超臨界地熱発電をはじめとする革新的な地熱エネルギー技術の早期実用化にも貢献できると考えております。

（再生可能エネルギー研究センター 石橋琢也，浅沼 宏）

受賞論文: Ishibashi, T., Asanuma, H., Mukuhira, Y. and Watanabe, N. (2023) Laboratory hydraulic shearing of granitic fractures with surface roughness under stress states of EGS: Permeability changes and energy budget. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 170, 105512.



写真1 2024年6月14日に京都アカデミアフォーラムにて、岩の力学連合会の岸田理事長(左)より賞状と盾の授与。



写真2 授与された表彰盾。

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 中島 礼
副委員長 戸崎 裕貴
委員 竹原 孝
児玉 信介
草野 有紀
宇都宮 正志
山岡 香子
森尻 理恵

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第 13 巻 第 9 号
令和 6 年 9 月 15 日 発行

**国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター**

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1
中央事業所 7 群

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : NAKASHIMA Rei
Deputy Chief Editor : TOSAKI Yuki
Editors : TAKEHARA Takashi
KODAMA Shinsuke
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
YAMAOKA Kyoko
MORIJI Rie

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 13 No. 9
September 15, 2024

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

岩手県雫石町玄武洞の柱状節理

[cover photo](#)



玄武洞懸崖に見られる柱状節理は、前期～中期更新世に噴出した新期網張火山群（岩手火山群の一つ）の玄武洞溶岩流に形成されたもので、葛根田川左岸に露出する。横幅 160 m、高さ 10 m で、より上流側では幅 40 m に及ぶ岩窟（岩屋）が開いている。崖全体の高さは 70 m にも達する。1943 年に「葛根田の大岩屋」として国の天然記念物に指定された。現在の玄武洞は 1999 年の岩壁崩落により開口部上部が大規模に失われている。玄武洞の溶岩は石英含有両輝石かんらん石玄武岩質安山岩である。

（写真・文：内野隆之 産総研地質調査総合センター 地質情報研究部門）

Columnar joint of the Genbudo in Shizukuishi Town, Iwate Prefecture. Photo and caption by UCHINO Takayuki