

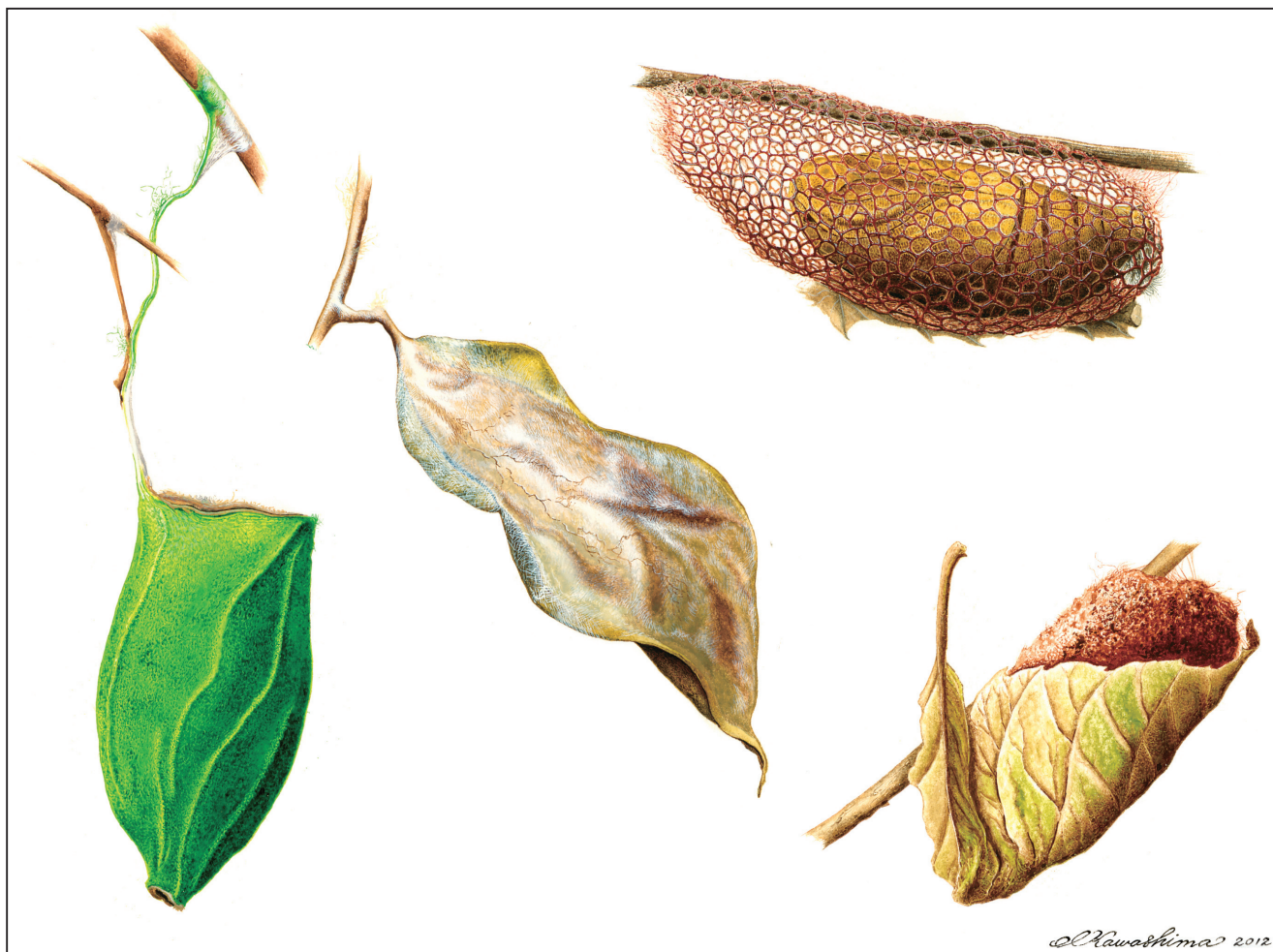
自然科学のとびら

Newsletter of the Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

Vol. 18, No. 3

神奈川県立生命の星・地球博物館

Sept., 2012



糸の造形「繭」

クスサン *Saturnia japonica japonica* (右上)

ウスタビガ *Rhodinia fugax fugax* (左)

シンジュサン *Samia cynthia pryeri* (中)

オオミズアオ *Actias aliena aliena* (右下)

2012 年 1 月 川島逸郎 制作

かわしまいつろう
川島逸郎 (学芸員)

昆虫には、^{ようき}蛹期を迎えるにあたって繭を^{まゆ}紡ぐものが多いです。繭には、蛹自体を外敵から保護するだけでなく、紫外線を防ぐといった効果があるようです。色彩や形状は種ごとに特徴的ですが、それが特に顕著なヤマユガ科の 4 種を取り上げてみました。

クスサンの繭は「透かし俵」の古い呼び名の通り、目の粗い網目状なので中の蛹が透けて見えます。幼虫から取るテグスは有名ですが、この繭からも紡績が行われていました。ウスタビガの繭は珍しく色鮮やかで、形も独特です。羽化途上の新成虫は、糸を溶かす液を口から出して繭に

孔を開けますが、この繭は、その孔は最初から上端に一直線に開いているほか、下端にも必ず小さな円い孔が開けられています。葉面をうまく利用するのはシンジュサン。葉の表面に糸を吐きかけながら袋を作り、決して自身単独で作り上げることはしません。^{ようへい}葉柄の部分は、枝のほうから糸を巻きつけて念入りに固定します。オオミズアオは、和紙のような肌触りの繭を紡ぎます。この種だけは蛹で越冬し、年に二回羽化します。春に出る成虫は蛹で越冬したのですが、越冬する繭は地表や地面近くで落ち葉を巻き、夏に出るものは、樹上の枝で生葉を巻きつけます。

地球を調べる船の旅

いしはまさえこ
石浜佐栄子（学芸員）

陸上だけではなく

「地質の調査をしています」というと、どのような光景を想像するでしょうか。山や海岸に出かけては、岩石をハンマーで叩いたり、崖を鎌で削ったり、穴を掘って地面の下を調べたり…というような、陸上での調査を想像する方が多いのではないかと思います。

私も普段は陸上の岩石や地層を調査することが多いのですが、地球の表面の7割は海が占めていますから、地球の地質を知るためには、陸ばかりでなく海の下のこと調べることも重要です。海底の地形や地質の構造を調べたり、海底下の岩石や地層を採取することによって、陸上の調査だけでは知ることのできない多くの貴重な情報を得ることができるのです。しかし、相手は水の下。一人でふらっとフィールド調査へ、というわけにはいきません。研究者を集めてチームを組み、研究計画を練り、船を借り上げたり、大学や研究機関が所有する研究船の利用を申請したり。長い準備期間を経て、ようやく海洋地質調査の航海に出かけることになります。

山学芸員や大島学芸員が、潜水調査船「しんかい6500」や無人探査機「ハイパードルフィン」による潜水調査について紹介していますが（「自然科学のとびら」第15巻3号および17巻3号参照）、潜水以外にも様々な方法で海洋地質の調査が行われています。今回は、私が参加している日本海東縁のメタンハイドレート調査を例に、海洋地質調査の航海についてご紹介したいと思います。

日本海東縁のメタンハイドレート調査

メタンハイドレートとは、メタンと水分子からなる固体の物質（結晶）で、水分



図1 日本海の海底から回収した塊状のメタンハイドレート（松本良氏撮影）。

子がつくる籠^{かご}状の構造の中にガス分子を取り込んでいます（図1）。メタン以外にも、エタンや二酸化炭素などの気体を取り込むこともあり、これらを総称してガスハイドレートと呼んでいます。自身の体積の164倍もの大量のメタンを含むため（角砂糖ほどの大きさのメタンハイドレートに牛乳瓶1本ほどのメタンガスを取り込んでいるという計算になります）、新たな天然ガス資源として大きな期待が寄せられています。

近年までその存在が広く知られていなかったのは、我々が暮らす地表の温度や圧力の条件ではメタンハイドレートが安定に存在できず、水とメタンガスに分解してしまうためです。ではどういところで存在しているのかというと、低温で高圧の場所。深海底の堆積物中や永久凍土域に、広く分布していることが分かってきました。

メタンハイドレートは温度が上がったり圧力が下がったりすると、不安定になって分解し、メタンを放出します。そのため、深海底や永久凍土域のメタンハイドレートは気候や海水準などの変動を受けると分解してメタンを放出し、地球の表層環境に影響を及ぼしてきたのではないかと考えられています。最近では、メタンハイドレートは資源としてだけではなく、地球環境の変動に関わる要因の一つとしても注目を集め、研究が進められるようになりました。

このメタンハイドレートが海底に露出したり、メタンが海底からわき出している場所が、日本海東縁の上越沖などで発見されています。メタンハイドレートは、海底から数10メートルから数100メートルの深さの堆積物の中にあることが多いので、海底付近でメタンハイドレートが見られるというのはとても興味深い場所です。東京大学を中心とする研究チームが、日本海東縁のメタンハイドレートに関連した調査を進めており、2010年の夏には、フランス極地研究所のMarion Dufresne号（図2）による約2週間の調査航海を行いました。

船での調査と生活

船を使った調査は大がかりなので、船



図2 Marion Dufresne号。

上では多くの研究者が乗り合わせて調査を進めます。普段なかなか手に入らないデータや試料が入手できる貴重な機会なので、いろいろな分野の専門家が協力して調査を行うのです（ちなみに採取されたデータや試料を使って研究に参加する非乗船の研究者もいます）。今回も、メタンハイドレートそのものだけではなく、周辺の海底の地形や温度構造、海底の堆積物、堆積物中に含まれる水やガス、海底に棲む生物や堆積物中の微生物などなど、多種多様な分野を研究対象とする人々が集まりました。大学の教員、研究機関に所属する研究員、大学院生など、年齢も様々。国籍も様々です。普段なかなか関わることのない異分野の研究者たちの話を聞きながら一緒に仕事ができるのも、調査航海ならではの楽しさです。

船の上では人手が限られているため、自分の専門に限らず、お互いに協力して作業を進めなければなりません。研究者たちは限られた航海の時間の中でできるだけ多くのデータや試料を得ようとするので、やらなければならない作業量は膨大です。早朝でも夜中でも、データや試料が取れたら24時間いつでも対応できるように、シフト制で仕事をすることもあります。当然船酔いしている余裕などなく、乗り物にあまり強くない私は、毎日酔い止め薬を飲んで過ごしていました。知力よりも、むしろ体力気力



図3 Marion Dufresne号の食堂。

とチームワークが要求される航海の日々ですが、その大変さを共有するだけに、1週間もすれば立場も専門も関係なく、何とも言えない特別な連帯感や仲間意識が芽生えます。調査航海に一度参加すると、また何度でも乗船したいと思う人と、もう二度と行きたくないという人にわかれるという話を聞いたことがあります。確かに普段の生活ではなかなか味わえない楽しさと辛さがあり、どちらの気持ちも分かるような気がします。

長いような短いような航海の日々、一番の楽しみはもちろん(?) 食事です(図3)。一日中立ちっぱなしで作業をしていると、ゆっくり座れるというだけでも嬉しい時間です。食事の内容や形式は船によって様々で、日本の調査船だと日本食が出たりもしますし、地球深部探査船「ちきゅう」ではバイキング形式。娯楽の少ない船上生活を慰めるためか、どの調査船でも概して食事は美味しいようです。今回の Marion Dufresne 号はさすがフランスの船だけあって、昼と夜は前菜・主菜・チーズに、フルーツやデザートまで付くコース料理。飲酒禁止の船も多い中、この船ではワインも飲み放題(アルコール類が飲めない私には全く恩恵はありませんでしたが…)。食後には、食堂横に設置されたバーでコーヒーを飲んだり、少しだけゲームをしたり。つかの間の休息を楽しんで、またすぐに作業に戻っていくという生活でした。

海底コアから分かること

今回の航海では、船から音波を出して海底の地形を調べたり、温度計で海底の温度を測ったりもしましたが、調査の中心となったのは、海底下の堆積物



図4 海底に下ろされるピストンコアラー(村松康行氏撮影)。



図5 船上に引き上げられた海底コアを観察する研究者たち。

を採取した「海底コア」です。中にプラスチックチューブを入れた金属の長い筒に、^{おもり} 錘を付けてクレーンで海底まで下ろし、堆積物を筒の中に貫入させて引き上げると、海底の堆積物を乱さず連続的に採取することができます(図4、5)。Marion Dufresne 号では、50メートル以上の長いコアを回収することが可能です。ちなみに、いつも必ずうまく回収できるというわけではなく、海底で固いものに当たったりすると、少ししか回収できなかったり、コアが曲がってしまったりすることもあります。

船上に引き上げたコアは、長いままではその後の処理が難しいので、1.5メートルずつの長さで輪切りにします。メタンハイドレートが入っている場合は、すぐに回収して冷やさないとどんどん分解してしまうので、まずは温度センサーを使って周囲の堆積物よりも低温のハイドレートが入っているかどうかを確認し、入っていた場合には急いで処理をします。今回の航海でも、何本かのコアでメタンハイドレートを回収し、貴重なデータを得ることができました。

輪切りにしたコアは、更に縦に半分に切って、半分を保存用、半分をサンプリング用にします(図6)。保存用の半割コアは、記載班のテーブルに運んで岩相(堆積物の特徴)を記録。サンプリング用の半割コアを囲んだ研究者たちは、測定装置をさしたり写真を撮ったりしながら、試料を採取したい箇所を検討します。火山灰が欲しい人、砂を研究したい人、堆積物を絞った水を分析したい人など、研究の目的は様々。限られた分量のコアを効率よく分配するため、希望する箇所に楊枝を立てるなどしながら、話し合っ調整します(図7)。コアが研究者たちに取り囲まれ、次々と取り分けられていく様子は、まるでケーキが大勢の人につつかれてあっという間に食べられて減っていくかのような光景です(図8)。



図6 縦に半分に切られた半割コア。半割される前のコアが奥(写真左上)に並ぶ。



図7 希望箇所に楊枝をさし、試料を分取。

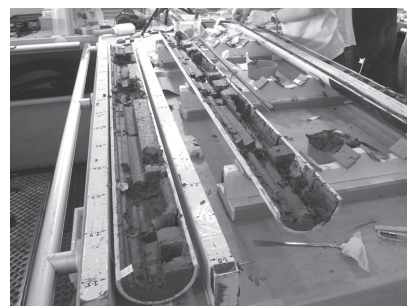


図8 次々に取り分けられて減っていくサンプリング用の半割コア(村松康行氏撮影)。

海底には時とともに堆積物が順を追ってたまり、その堆積物の中には過去の地球の歴史が記録されています。海底コアを調べることで、その地球の変動の歴史を解き明かすことができます。今回の航海でも、過去13万年間の日本海の歴史を記録した貴重な海底コアを得ることができ、メタンハイドレートとそれに関連した過去の環境変動などについて、これらのコアを使って研究が進められています。船を下りた後には、大量に採取されたデータや試料の処理が待っています。私の担当は、堆積物に含まれる小さな化石、有孔虫の殻を構成する元素の同位体を用いた古環境の復元。今もまだ大量の試料の処理に追われています。どんなふう処理をして、どんな成果を得られたのか、それについてはまた別の機会にご紹介したいと思います。

※この航海はメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)のサポートにより行われました

海辺に生きるハチたちの暮らし

かわしまいつろう
川島逸郎（学芸員）

蜂にとっての海辺

「海」と「蜂」とは、ちょっと結び付かないかもしれませんが、関わりこそ薄く見えますが、今を生きる種にとって、これほど重要な場とはそうそうないのでは、と思えるほどです。古来より「地蜂（スガリ、スガレ等々）」といった意味の言葉があるように、土や砂の賑れた地面は、多くのカリバチ、ハナバチ類にとっては、またとない営巣（＝子育て）の場です。しかし、蜂たちに成り替わったつもりで眺めると、現代はそうした露地がいかに少ないか、ということを痛感させられます。海辺にすむ蜂はいずれも、真の海浜性昆虫ではありません。しかし、砂地を好んで営巣する種にとって、内陸からその多くが失われつつある中、海岸の砂浜とは、今や最後の拠り所になっているかのようです。

私は、残された土地にしがみつこうに生きる蜂たちに惹かれ、その存在を記録し、また彼らの生き様を映像に切り取るべく努めてきました。ここでは、その姿の一端をご紹介します。

オオモンツチバチ

Scolia historionica japonica

ツチバチ科は、コガネムシ類やクワガタムシ類の幼虫を狩る仲間です。初夏の頃、雌よりも一足先に現れた多くの雄たちが後背植生の上を飛び交いますが、配偶行動には一度も出会っていません。



図1 獲物の存在を感受したか、砂を掻き分け、♀が地中へ潜り始めました。



図2 太く頑丈な脚や大顎を使い、獲物に向かってひたすらに、砂中を掘削してゆきます。



図3 産卵を終え、砂上に再び姿を現した♀。重労働であった証しか、しばらく静かに休息していました。

アカゴシクモバチ *Anoplius reflexus*

クモを専門に狩る仲間で、以前は「ベッコウバチ」と呼ばれていました。狩りの後に巣穴を掘り、幼虫には必ず1匹の獲物だけを与えます。アカゴシクモバチは、地表を走るコモリグモ類を標的にする種です。



図4 巣穴掘りの様子。左右の前脚を交互に前後させ、素晴らしい速さで砂を掻き飛ばしてゆきます。



図5 獲物の体下面に刺針を打ち込む♀。麻酔は常に的確で、クモは一瞬で不動状態に陥ります。



図6 この♀は、獲物の第一脚基部に刺針を打ち込みました。麻酔は一時的で、クモは半日足らずで不動状態から解けますが、狭い巣穴の中に詰め込まれるため、身動きのとれないままにハチの幼虫に食されます。



図7 麻酔を施した獲物を運搬する際は、必ずクモの脚の付け根をくわえて運びます。体のどこかを闇雲にくわえることはしません。



図8 十分に生育した幼虫は、柿渋の和紙のような繭を紡ぎます。砂粒を巢材に用いることはありません。

ニッポンハナダカバチ

Bembix niponica niponica

砂浜にすむカリバチの中でも代表的ともいえる種で、アブやハエを専門に狩ります。狩りに先立って産卵し、幼虫の孵化後も獲物を運び入れるという特異な習性を持ちます。



図9 およそ1年の時を経ての翌夏、地下で眠り続けた砂繭から新成虫が羽化してきました。



図10 巣穴を掘る♀。クモバチ類とは異なり、長い刺毛列（ベクテン）をそなえ、レーキの役を果たす前足を左右同時に前後させ、砂を後方へ放り投げてゆきます。



図11 キンバエ類を運搬する♀。その大きさに関わらず、獲物を仰向けにし、必ず中脚で左右から挟むように抱きかかえます。その方式に例外はありません。

ヤマトスナハキバチ

Bembecinus hungaricus japonicus

ニッポンハナダカバチに近縁の種ですが、はるかに小さく、体長は1cm足



図12 きれいな砂地を営巣地と定めた♀は、その上をしきりに飛び回って、巣穴掘りを始める地点を慎重に探索します。

らずしかありません。ヨコバイなどの同翅類（半翅目）を狩りますが、狩りに先だって産卵する習性は、ニッポンハナダカバチと似ています。



図13 体こそ小ぶりですが、巣穴の掘り方は、近縁であるニッポンハナダカバチと同じです。やはり両方の前脚を揃え、砂を後方へと飛ばします。

キヌゲハキリバチ *Megachile kobensis*

ハナバチの仲間であるハキリバチ類の多くは、その和名の通り、葉を切り取って巣材に用います。採取した花粉は、



図14 白い花粉はハマゴウ *Vitex rotundifolia* のもの。本種がもっとも好み、強く依存する花です。花から花へと飛び移る途中で一瞬、雄蕊と雌蕊とを抱えるように止まることがありますが、その時雌蕊の先は花粉が貯えられたスコوباにちょうど触れる位置に来ます。

脚ではなく腹部下面にある毛の束（スコوبا）に貯めて運びます。管や既存の穴に営巣するほか、本種のように自ら巣穴を掘るものまでみられます。



図15 他のハキリバチとは異なり、砂地を掘って巣穴を造ります。幼虫のための育房の壁には、やはりハマゴウの葉片を用いますが、それらをしっかりと組み合わせ接合させて、壺の形に仕上げてゆきます。

キスジツチスガリ

Cerceris arenaria yanoi

ハナダカバチとともに、「ファーブル昆虫記」に登場することで有名な仲間です。甲虫やハナバチ類を狩るものが多く、本種は海浜性のヒョウタンゾウムシ類を専門に狩ります。



図16 ハマヒルガオ *Calystegia soldanella* の根際から、獲物であるトビイロヒョウタンゾウムシ *Scepticus uniforme* を探し出し捕捉した場面。直後に麻酔に入りました。



図17 獲物を運搬する♀。必ず、一方の前脚だけをくわえて保持します。ここでも例外はありません。



図18 営巣地を飛び交う♂は、帰巣する♀を見つけるとその背に飛び乗ります。体を高く持ち上げて丸め、左右の翅を開く♀の拒否姿勢は本種独特のものです。

私たちのすむ神奈川海辺に生きるハチたちは、年を追うごとに悪化する海浜環境、とりわけ人による過度の利用や改変に追われてその数をますます減らし、例えばニッポンハナダカバチのように、その生存はもはや風前の灯となってしまう種もいます。私は、これからの海浜環境とその利用のあり方について考えるべく、ほかの多くの海浜昆虫とともに、海辺のハチたちへの見守りと観察とを続けたいと思っています。

特別展

大空の覇者 —大トンボ展—

期間／11月4日（日）まで

体長13cmを超える世界最大のトンボ、2cmしかない世界最小のトンボ、美しい羽のトンボなど、1500種を超える当館所蔵の世界的なトンボのコレクションを公開します。日本で記録のあるすべての種類の標本が見られるほか、化石、生態写真、ビデオ、トンボをモチーフにした美術品など、あらゆる角度からトンボの世界を紹介します。また、絶滅が心配されるトンボたちと彼らを守る保全活動、地球温暖化によって急速に北上する種類、外来種問題とトンボなど最新の環境問題もわかります。

あなたも魅力あふれるトンボの世界にふれてみませんか？

観覧料（常設展含む）／	20～64歳（学生を除く）	710円
	20歳未満・学生	400円
	高校生・65歳以上	200円
	中学生以下	無料

企画展

博物館資料ができるまで （仮称）

期間／12月15日（土）

～2013年2月24日（日）

博物館には、いろいろな自然誌資料を収集・保管し、次代に引き継ぐという重要な使命があります。この企画展では、標本の作製や整理に重要な役割を担っている標本土や学芸ボランティアの活動と、彼らが作製した哺乳類や鳥類の剥製、骨格標本、透明標本などを紹介します。

観覧料／無料（常設展は別料金）

博物館ちよこつと体験コーナー （愛称：ちよこな）

開催日／毎週土曜日・日曜日（毎月第1・3週を除く）・祝日

開催時間／10:00～12:00、13:00～15:00

*時間は、変更となる場合があります。

〈申込み方法〉当日受付

小さなお子様から大人まで楽しめる体験型のミニプログラムです。プログラム内容は日替わり制で、そらとぶたね、けんぴきょう観察、動物ぬりえなどがあります。

子ども自然科学ひろば 「よろずスタジオ」

3・7・8月を除く毎月第3日曜日
13:00～15:00

さまざまな実験や観察を通して、子どもたちが自然科学を身近に感じられるイベントです。※友の会との共催です。

折り紙ひろば

毎月第1日曜日

13:00～15:00

学習指導員と一緒に、折り紙でさまざまな恐竜を折ります。

第103回サロン・ド・小田原 「海底の地層から探る 地球の歴史」

2012年12月1日（土）17:30～18:30

講師：石浜佐栄子（学芸員）

サロン・ド・小田原は、第1部講演会・第2部交流会を通じて、学芸員や自然史の達人等と気軽に語り合う集いです。※友の会との共催です。

交流会（18:40～）は有料。事前申込が必要です。（Fax:0465-23-8846 または葉書にて〒250-0031 小田原市入生田499、友の会事務局へ）

入館者 500 万人突破記念 ミニコンサート

日時／10月7日（日）13:00～15:30

出演／神奈川フィルハーモニー管弦楽団

弦楽四重奏、小田原男声合唱団

観覧料／無料（常設展は別料金）



入館者 500 万人記念式典
（2012年8月3日）

催し物のご案内

●野外観察「身近な自然発見講座」

[博物館周辺]

日時／①10月17日（水）②11月21日（水）③12月19日（水）

各10:00～15:00

対象／どなたでも

申込／当日受付

持ち物／筆記用具、昼食、帽子、軍手、タオル、雨具等。あればルーペ、双眼鏡も。歩きやすい服装で。

※各回とも同内容の講座ですが、講師によりコース等が多少変わります。

●室内実習と野外観察「秋のきのこ観察講座」

[博物館周辺]

日時／10月20日（土）10:00～16:00

対象／小学4年生～大人 25人

申込締切／10月2日（火）

●野外観察「動物ウォッチング～動物のしぐさを観察しよう～」

[横浜市野毛山動物園]

日時／10月27日（土）10:00～15:00

対象／小学生とその保護者 20人

申込締切／10月9日（火）

●野外観察「秋の地形地質観察会～真鶴半島の地形と地質～」

[真鶴半島]

日時／11月3日（土・祝）10:00～15:00

対象／小学4年生～大人 40人

申込締切／10月16日（火）

●室内実習「アンモナイトの壁をしらべよう」

[博物館]

日時／11月17日（土）10:00～15:00

対象／小学生とその保護者 12人

申込締切／10月30日（火）

●講義と室内実習「骨のかたちをくらべよう～大人編～」

[博物館]

日時／12月15日（土）10:00～15:00

対象／大学生・大人・教員 12人

申込締切／11月27日（火）

●室内実習「いん石をさぐる」

[博物館]

日時／12月24日（月・振休）10:00～15:00

対象／小学4年生～高校生とその保護者 30人

申込締切／12月4日（火）

●野外観察「冬芽の観察」

[小田原市または湯河原町]

日時／1月12日（土）10:00～16:00

対象／中学生～大人 24人

申込締切／12月18日（火）

●室内実習「ダイバーのための魚類学講座」

[博物館]

日時／①1月13日（日）・14日（月・祝）

②2月10日（日）・11日（月・祝）各9:30～16:00

対象／中学生～大人 各回10人

申込締切／①12月18日（火）②1月22日（火）

催し物への参加について

講座名、開催日、代表者の住所・電話番号、申込者全員の氏名・年齢を明記の上、往復はがきにて郵送、または博物館ホームページからお申込ください。応募者多数の場合は抽選となります。抽選で落選した方に対し、キャンセル待ちの対応を行います。ご希望の方は、お申込時に、その旨をご記入ください。参加費は無料ですが、講座により傷害保険（1人・1日50円）への加入をお願いすることがあります。小学3年生以下の場合は、保護者の付き添いをお願いいたします。複数日にわたる講座は、全日程への参加が条件です。野外観察は雨天中止です。

問合せ先

神奈川県立生命の星・地球博物館

企画情報部企画普及課

所在地 〒250-0031 小田原市入生田499

電話 0465-21-1515

ホームページ <http://nh.kanagawa-museum.jp/>

箱根火山と地震

ゆくたけようへい
行竹洋平（神奈川県温泉地学研究所）

箱根火山は今からおよそ50万年前に噴火活動をはじめた、伊豆半島の北端に位置する火山です。周囲が直径約10kmの外輪山で囲まれる、カルデラ地形を有しています。外輪山の北側には金時山や明神ヶ岳が、カルデラの中央には中央火口丘を構成する神山、駒ヶ岳、早雲山などがそびえ立ち、カルデラの西部には芦ノ湖が広がります（図1）。また、中央火口丘の北側斜面の大涌谷や早雲山ではもくもくと湯気がたちあがる噴気活動が見られます。

雄大な地形に囲まれ魅力的な側面を持つ一方で、箱根は活火山であり自然の怖い一面もあわせ持っています。箱根で溶岩の噴出を伴う大規模な噴火が起こったのは、直近の活動では約3,000年前です。その後溶岩を噴き出す噴火は起こっていませんが、12世紀には大涌谷で水蒸気爆発が起きていたことが最近の研究で明らかになりました。

箱根火山は現在でも活動的で、カルデラの地殻内の非常に浅い場所で地震が発生しています。箱根は地震多発国である日本のなかでも特に地震が活発で、ここ17年間で発生した地震の数は14,000個を超えます。こうした背景から、温泉地学研究所（以下、温地研と呼びます）では長年にわたって箱根火山で発生する地震について、観測及び監視をするとともにその発生原因について研究してきました。ここでは、箱根の地震について焦点をあて、特徴や地震観測の歴史、最近の研究で明らかになってきた発生原因についてご紹介します。

箱根の地震の特徴

箱根で発生する地震の多くは、短時間に多数の地震が集中的に発生する



図1 カルデラ西部から箱根中央火口丘を望む。手前は芦ノ湖、左にそびえるのは駒ヶ岳。

特徴があります。こうした特徴をもつ地震活動のことを、群発地震と呼びます。このほかに本震－余震型と呼ばれる活動もあります。これは大きな地震（本震）が起こって、それに引き続いて余震が起こり時間の経過とともに減少していくというものです。箱根で主に発生する群発地震は、こうした本震－余震型の活動様式とは特徴が異なります。

箱根の地震は地震の規模を表すマグニチュードが1以下の微小なものが多く、たいていは揺れを感じることはありません。ただし、箱根の地震は非常に浅い場所で起こるので、たまにマグニチュードがもう少し大きな地震（概ねマグニチュードが1.5以上）が発生すると、カルデラ内にいる人には下から突き上げるような揺れを感じる場合があります。

地震観測の歴史

箱根の地震で最も古い記録は、江戸時代後期に杉田玄白が書いた「後見草」の中に記されています。その後何度も、鳴動、強震や崖崩れをとまなう群発地震が発生してきた記録がさまざまな文書に残っています。

箱根火山において最初に地震計のデータに基づいて震源位置を推定したのは、東京帝国大学（現在の東京大学）の大森房吉教授でした。彼は1917年の群発地震活動の際、箱根宮ノ下の富士屋ホテルに地震計をおいて地震を観測しました。その後、1959年から60年にかけての群発地震活動の際には、東京大学地震研究所の水上武教授らにより地震観測が行われ、その観測網の一部は神奈川県小田原土木事務所に引き継がれました。さらに、1966年に大きな群発地震活動が発生し、翌年に温泉の顕著な昇温現象が観測され、温泉と火山活動を総合的に研究することの重要性が認識されたため、1968年に地震観測網は神奈川県温泉研究所（現在の温地研）に移管されました。当時の観測網は中央火口丘中心に設置されていましたが、1989年に観測網が再整備され、カルデラ内およびその周辺域に地震観測網が拡大しました（図2）。

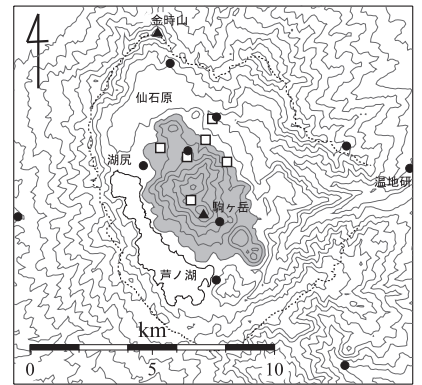


図2 箱根カルデラ内の地震観測網。□は1980年代までの、●は現在の地震観測点の位置を示す。

最近17年間の地震活動

現在の観測網が整備されてから、箱根で発生する群発地震の発生場所や規模が精度よく決定できるようになりました。図3は、温地研によって決定された1995年4月から2011年12月の期間に発生した、地震の震源分布を表します。この期間内に約14,000個の地震の震源位置が決定されました。地震はカルデラ内を北は金時山から南は芦ノ湖南岸の元箱根付近にかけて南北に帯状に分布する特徴があります。また一部の活動域は、芦ノ湖の西側まで延びています。ほとんどの地震が深さ6kmより浅い場所で発生します。こうした震源分布の特徴は、現在の地震観測網が構築された1989年以前の、1960年代や70年代においても類似していたことが最近の研究により明らかになっています。

次に、1995年4月から2011年12月までの地震の積算数の時間推移を図4に示します。図4(a)～(e)の灰色で記した期間は、特に活発な地震活動があった時期を表しています。これらのなかでも2001年の活動は、近代的な地震観測がはじまって以来、もっとも活発なものでした。このときは地震活動の活発化だけではなく、地表においても大涌谷の北側斜面に新たな噴気域が出現し、温泉を造成するための蒸気井が暴噴するといった現象がおきました。大涌谷の新たな噴気域については、現在も活動が続いています。また、2001年、2006年および2008年の活発な群

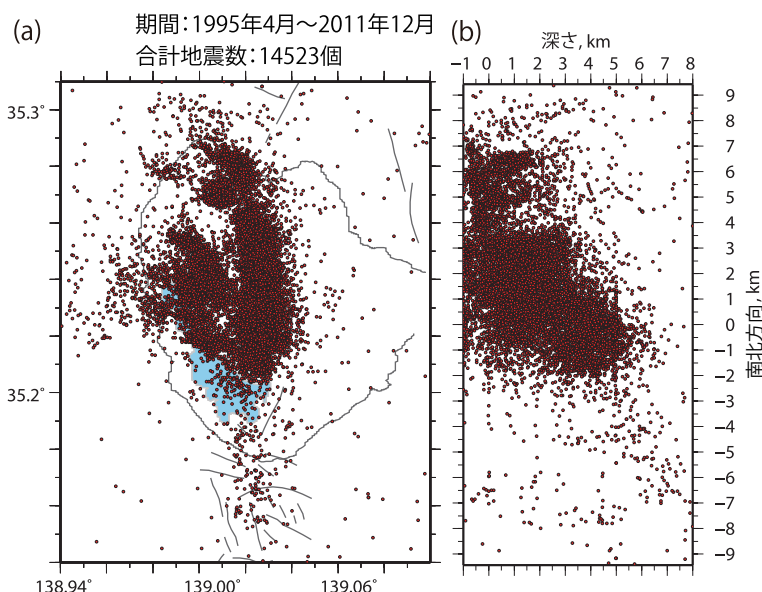


図3 1995年4月から2011年12月までに箱根火山で発生した地震の震源分布。赤丸○それぞれが一つの地震の震源位置を表す。(a)地図上プロット、(b)南北方向の断面に投影した震源分布図。

発地震の際には、箱根火山の山体が東西方向にわずかに膨張する地殻変動も観測されています。この地殻変動を引き起こした力源については、箱根火山の下深さ約10km付近にあることが分かっています。

最近では、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の直後から約2ヶ月間、箱根火山での地震活動が活発化しました。この地震活動は、これまで発生した地震活動の特徴とは異なる点があることが明らかになりました。地震の発生数が時間とともに急速に減少していくという、本震－余震型の特徴が見られました。この地震活動の原因は、東北地方太平洋沖地震の地震動により箱根火山が激しく揺らされたこと、東日本を中心に広い範囲で地盤が変形を受けたことだと考えられています。

地震の発生原因について

箱根の群発地震の発生原因については古くから議論されてきました。1970

年に当時の温地研の大木靖衛所長は、1966年の群発地震と温泉温度の異常な上昇との関係から、地震発生には、地下深部のマグマから発生した高温・高圧の熱水が重要な役割を果たしているとするモデルを提案しました。

最近になって、地震の観測技術が進歩し、非常に高精度に群発地震の震源位置が決定できるようになり、発生原因についての理解が深まってきました。図5の例は、2009年8月に箱根芦ノ湖の北岸湖尻で発生した活発な群発地震の震源位置を、高品質な地震観測データをもとに高精度に決定した結果です。この図からは、群発地震の震源が線状に並んで分布していることが明瞭に分かります。この図は震源位置を地図上に2次元プロットしたのですが、深さ方向も含めて3次元でプロットした場合には、地震はほぼ鉛直な面の上に集中して分布していることが分かりました。さらに、地震活動域の時間変化に着目すると、活動域が時間の経過とともに拡

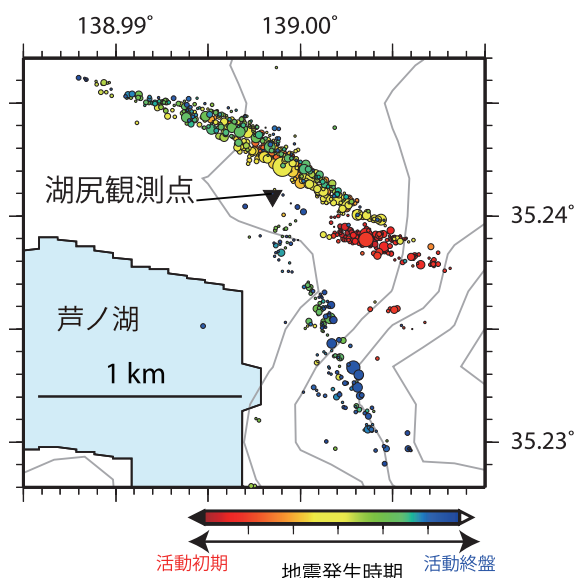


図5 2009年湖尻で発生した群発地震震源分布。○は震源位置、色は発生時期を表す。

散的に広がっていく様子が確認できたのです。このことから、微小な断層などの亀裂のなかを地下深部から供給された高温高圧の熱水が移動する過程で群発地震は起こるのではないかと考えられるようになりました。

一方、温泉分野の研究から、箱根の温泉には地下深くに存在するマグマ溜りから発生した物質が含まれているということが分かってきました。こうしたことから、地震を引き起こす原因となる高温の熱水は、地下深部のマグマ溜りから供給され、群発地震を起こしながら浅い場所に移動し、その一部は地表付近で地下水と混合し箱根の温泉の一部になっていると考えられます。群発地震活動は箱根火山の活動的な一面を象徴する現象ですが、一方で地下の深いところから温泉のもととなる熱水を地表まで供給し温泉の恵みを与えてくれている、ポンプのような働きもしているのかもしれない。

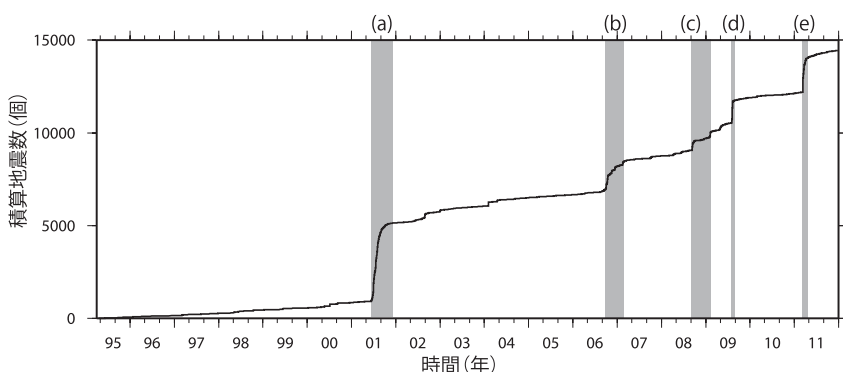


図4 図3で示した地震の積算数の時間変化。灰色は特に活動が活発な期間を表す。

自然科学のとびら

第18巻3号 (通巻70号)

2012年9月15日発行

発行者 神奈川県立生命の星・地球博物館
館長 斎藤靖二

〒250-0031 神奈川県小田原市入生田499

Tel: 0465-21-1515 Fax: 0465-23-8846

<http://nh.kanagawa-museum.jp/>

編集 企画普及課 山下浩之

印刷所 (株)あしがら印刷

© 2012 by the Kanagawa Prefectural Museum of Natural History.

R100

VEGETABLE
OIL INK