

# 自然科学のとびら

Newsletter of the Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

Vol. 18, No. 4

神奈川県立生命の星・地球博物館

Dec., 2012



## 神山山腹の奇妙な地形

知られざる噴火の形跡？

2012 年 9 月

足柄下郡箱根町強羅

勝山輝男 撮影

かつやまてるお  
勝山輝男 (学芸員)  
やましたひろゆき  
山下浩之 (学芸員)

箱根火山は約 40 万年前から活動を開始し、3,000 年前の冠ヶ岳<sup>かんむりがたけ</sup>の噴火が最後の活動とされてきました。最近、神山から大涌谷周辺の地質調査により、冠ヶ岳の活動よりも新しい、小規模の噴火の形跡がいくつか見つかりました。マグマを噴出するような噴火ではありませんが、水蒸気爆発が約 3,000 年前と約 2,000 年、12 世紀後半から 13 世紀にあったと考えられています。

これとは別に、神山の山腹にはあたかも噴火口のような形をした、凹状の地形がいくつか見られます。その中でも、早雲山の近くにあるくぼみ地形は、浸食な

どによりつくられた地形とは思えない、きれいな円形をしています。このくぼみは早雲山ピットクレーターと呼ばれ、あたかも水蒸気爆発の火口のように思われますが、詳細はまだわかっていません。

早雲山ピットクレーターは航空写真で見ると、円形をしているのですが、地上では樹林に囲まれていてどこにあるのか見当が付きません。地図であたりをつけて樹林内に分け入ると、急な崖にぶつかりました。どうやらこれがピットクレーターのようです。このクレーターが遠望できる場所を探して、ヤブをかきわけ、<sup>かんぼく</sup>灌木の間から撮ったのがこの写真です。



## 鳥類標本はどのように作られるのか

かとう  
加藤ゆき（学芸員）

博物館には、様々な質問が寄せられます。電話や電子メールで聞かれることもあれば、来館された方から質問を受けることもあります。鳥類の場合は、生態や種類に関するものが一番多く、次いで傷ついた鳥のこと、ヒナの保護のことなどが多いです。少数ですが、博物館の標本に関するものがあります。これは、講座で剥製などを教材として使用するときによく寄せられるものです。「(剥製の)中身はどうなっているの?」、「どうやって作るの?」、「どこにしまっているの?」といった内容で、標本に触れることにより、自然に出る質問なのでしょう。今回は、そのような鳥類標本の由来や種類、作り方、できあがった標本をどのように管理しているのかを紹介します。

### 標本はどこから?

剥製を前にして、「これは生きていた鳥を使って作っているの?」という質問を受けることがあります。標本の大部分は、生体に由来したものですので、そうだと答えます。そうすると、なんとなく気になるのが、その由来のようです。「標本にするために殺すの?」と直接聞かれることもあります。

博物館で収蔵している標本の由来はさまざまです。剥製になったものを寄贈されることもありますし、庭木に作られた巣が持ち込まれることもあります。しかし、最も多いのが、死体での受け入れ（以下検体と称します）です。動物の保護施設や動物園からのものもあれば、個人が道路や庭などで死んでいるのを見つけて届けてくれたものもあります。当館では、それらを剥製業者へ委託したり、あるいは学芸員やボランティア、標本土が加工したりして標本に仕上げます。

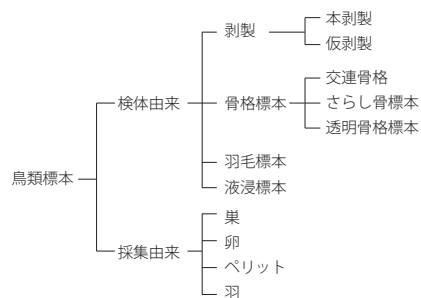


図1 当館で収蔵している鳥類標本の主な種類

### 鳥類標本の種類

現在、当博物館で収蔵している鳥類標本の種類を一覧にしました（図1）。「本剥製」はみなさんが目にする機会が最も多い標本でしょう（図2）。これは主に展示を目的として作られるもので、生体を真似て義眼を入れたり、姿勢や表情などにこだわったりします。ジオラマといって、生息環境を復元した模型と一緒に飾られることもあります。一方、みなさんがほとんど目にする機会のない「仮剥製」は、主に研究に供されます（図3）。羽の色や嘴の形など外部形態を調べるために使われることが多く、「気をつけ」の姿勢を基本とし、細かい羽の処理を行い、形態の復元にこだわって作られます。

骨格標本は3種類、全身の骨を組み立てた「交連骨格（図4）」と、組み立てない状態の「さらし骨標本」、「透明骨格標本」があります。交連骨格は、生きていたときの全身の骨の様子がよくわかるのですが、骨そのものを調べるには適していません。そのため、さらし骨標本も作製しています。透明骨格標本は、骨化が不十分のために標本にしにくかったヒナなどに適しています。特殊な薬品を用いて作るこの標本は、筋肉が透明になり、硬骨は赤色、軟骨は青色へと染まります。壊れそうな細い骨でも、鳥が生きていたときの状態で立体的に全身の骨格を観察できるという長所があります。短所は、用いる薬品が高価であること、検体の状態によって処理時間を細かく調整しなければならないため手間がかかること、大型の鳥類は作りにくいことなどが挙げられます。

剥製にしなかった検体は、主に骨格



図2 ソリハシシギの本剥製 (KPM-NF2000346)。



図3 収蔵庫の仮剥製の棚。

標本に供しますが、結果として羽がまっすぐにまっすぐに作られているのが、羽毛標本です。翼を広げた形で整形したり、羽を1本ずつパネルに並べたりすることにより、剥製では分りにくかった羽の形や模様がはっきりと分かります。

野外に出かけ採集してきたものもあります。卵や巣、ペリット（食べたもののうち消化されずに口から吐き出された塊）、羽などがこれにあたります。たとえば、2011～12年には、外来種であるカナダガンの野外での繁殖・増加状況を調べるために、山梨県と静岡県から許可を得て卵を採集しました。採集したすべての卵を計測し、殻を割って発生の様子を細かく調べた後、殻は卵殻標本として、中身のヒナは液浸標本に加工して収蔵しました。

### 標本はどうやって作られる?

今まで紹介してきた標本はどのように作られると思いますか。標本によって作り方はさまざまですし、作る人によ

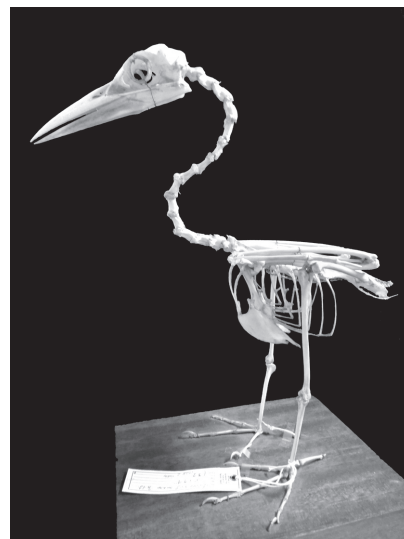


図4 ゴイサギの交連骨格 (KPM-NF2000509)。

でも技法はいろいろとあるようです。そこで、当館で一番多く行われている仮剥製とさらし骨標本を同一個体から作製する手法について、ごく簡単に紹介します。

まず検体を剥皮します。そのとき皮を破かないよう、できるだけ丁寧に行います。剥皮したら、胴の部分を取り出し、頭、上腕から先、大腿部から先を皮へ残すよう骨を切断します。取り出した胴の方は、除肉をしたあと、恒温槽に2週間程度入れ、脂肪などを洗い流して乾燥させると、「さらし骨」の出来上がりです。皮の方は、骨についている肉や皮の裏についている脂肪を除去し、中性洗剤で羽の汚れを洗浄します。きれいにした皮を乾燥させ、防虫のための薬品を塗った後、胴体と同じ形に作った詰め物を充填します。そして、おなかを縫い合わせて、羽や姿勢を整えて仮剥製の出来上がりです。

このように書くと、なんと簡単にできるのだろう、と思われるかもしれませんが、しかし、さらし骨標本は、乾燥まで入れると3週間程度はかかりますし、仮剥製は大きさによりますが、少なくとも2～4日はかかります。以前、鳥類ボランティアが作製したモモイロペリカンの仮剥製は、解剖から出来上がりまで、7か月かかりました（図5）。毎日作業ができなかったということもありますが、羽毛を洗浄したり、肉や脂肪を除去したりといった手間が予想以上にかかり、また嘴部分の処理に苦戦し、このような長丁場となったのです。

#### 標本にかかわる人たち

標本は誰によって作られると思いますか。剥製業者、という答えが一番多いかもしれません。あるいは学芸員が作る、と考え付くかもしれません。実は当館で数多く作っているのは、鳥類のボ

ランティアであり、彼らを指導していたでいる標本土の相川 稔さんです。標本土とは耳慣れない職業ですが、詳しく知りたい方は、「自然科学のとびら」第16巻3号をお読みください。当館のホームページからも閲覧、ダウンロードすることができます。

以前は、標本作りは剥製業者と学芸員が行っていました。しかし、予算的な制約に加え、検体数の割に作業にあたる時間が取れなかったことから、哺乳類担当の広谷学芸員と一緒に、標本作製を活動の主とするボランティアを養成することにしました。幸いなことに、2010年度から3年間にわたりJSPS科研費22601014による研究助成を、2011年度には独立行政法人科学技術振興機構から事業助成を受ける事ができ、標本に関するさまざまな講座や勉強会を開催してきました。ぐったりとしたように見える検体が、美しい羽をもった剥製に代わっていく過程は感動的らしく、剥製作りの講座は、予想以上の人気を博しました。

そのおかげで、哺乳類・鳥類ボランティアは33人にまで増員、新規登録者のほとんどは資料作製を行っています。彼らは、それぞれの都合に合わせて来館し、資料の状態や冷凍庫の在庫状況を判断しながら、作業をすすめています（図6）。

標本が出来上がった後も、作業は続きます。資料番号をつけてデータベースに情報を入力し、資料ラベルを作ったり、標本を収蔵庫へ入れたり（配架）と、思った以上に手間がかかります。ここでもボランティアは大活躍で、手分けをして作業を進めます。ただし、コンピューターの苦手な方が多いので、鳥類標本に関しては私自身がデータ入力をしています。

#### 大切な標本の情報

標本の作製にあたり「種名」、「性別」、「年齢」はもちろんですが、各部位の測定値、採集データなどを「資料作製シート」に記入しています（図7）。なぜなら、標本になることによって失われる情報が数多くあるからです。たとえば、鳥類は雌雄が同じ羽色の場合、性別は体内部の生殖器を確認しないと判断できません。標本にするときは、一部の例を除き、内臓などはすべて除去、廃棄しますので、後日では、特殊な手法を用いない限り確認できなくなります。種によっては、羽色や頭骨の骨化、目の虹彩の色が年齢の判断基準になることもあります。

このように標本の情報は非常に重要な意味を持ちます。どのような鳥が、どこに、いつ生息しているのかといった手掛かりにもなります。雌雄による羽色や骨格の比較など、この情報をなくしては形態的な研究をすることもできません。採集日や採集場所も重要で、冬鳥と思われていたものが、実は夏にも生息していた、といった生態的な手掛かりになる可能性もあるのです。

博物館で収蔵している動物標本には、研究や教育に活用されるとともに、その形や情報を後世に伝えるという重要な役割があります。そのため、博物館では死んだ動物を標本に加工して、収蔵庫で保管しているのです。これはどの分野でも行われており、たとえば哺乳類標本に関しては、「自然科学のとびら」第16巻4号に詳しく書かれています。

2012年冬に、哺乳類と鳥類の標本をテーマにした企画展を開催します。この展示で、標本にかかわるいろいろな人たちの活動と、その成果物である標本、そして標本作りの現場を体感していただければと思います。



図5 モモイロペリカン (KPM-NF2001647) の仮剥製作製風景。



図6 ボランティアの活動の様子。



図7 クイナの仮剥製・さらし骨標本とその資料作製シート (KPM-NF2001519)。



## ツキノワグマ出没の理由を探る

こさかいちなつ  
小坂井千夏（学芸員）

### クマ出没！

北海道に「クマ出没注意！」という大きな口を開けた、いかにも怖そうなクマのロゴマークがありますが、今年は博物館のある神奈川県でもクマ出没！というニュースが、テレビや新聞を賑わせています。ただし、北海道に生息するのはヒグマ、神奈川県を含む本州、四国に生息するのはヒグマよりは小さなツキノワグマです。とはいえ、どちらも鋭い犬歯やツメ、山中を縦横無尽に歩き回る太く立派な手足を持っていますので、あのロゴマークのように怒って向かってきたとしたら人間は怪我をしたり、時には死亡してしまうことも事実です。

けれども、クマは四六時中怒っている動物ではありません。のそのそと山の中を歩く姿や（図1）、岩の上で親子そろって気持ちよさそうに寝そべる姿（図2）を見たら、きっと皆さんのクマに対するイメージは変わるのではと思います。ただ、残念ながらクマに限らず、野生動物の普段の暮らしぶりが私たちの目に触れることはほとんどありません。一方で博物館は、彼らがどのように暮らしているのか、どんな姿をしているのか、さらにはどんな骨格をしているのか、皆さんの目で見て、知ることができる場所です。

### 企画展示コーナーにクマあらわる

生命の星・地球博物館では2012年10月5日から「ツキノワグマ出没の理由を探る」という企画展示を行いました。なぜ、クマが人里に出てきてしまうのか？

本当にドングリの不足だけが原因なのか？ について、野生のツキノワグマを追跡した研究をもとに解説し、併せて毛皮やコグマの剥製<sup>はくせい</sup>を展示しました。小さなコーナーですが、今回の展示をきっかけにして、多くの人がクマという動物とその暮らしぶりについて知り、さらに出没の理由となる山の植物（クマの食べ物）の特徴について理解を深めていただければと企画したものです。展示は期間限定でしたので、この誌面上で概要を紹介したいと思います。

### クマは意外と近くにいます

日本は狭い土地に多くの人間が暮らしています。その一方で、大型の野生動物も多く生息しています。皆さんが知らないだけで、実は市街地のすぐ近くにも彼らは棲んでいるのです。そして、近年では数年おきにツキノワグマが人里に大量に出没してトラブルを起こしています。農作物が食べられたり、人間が怪我をしたり、死亡してしまうこともあります。一方で、地域によっては出没したクマの多くは捕殺されます。1頭を捕殺しても、また次の1頭が出没するかもしれません。捕殺だけの対策ではトラブルの根本的な解消にはなりません。

### 出没の背景① クマの生物としての特徴

クマは他の大型獣は行わない冬眠により冬を乗り切ります。飲まず食わずの冬眠に入る前、つまり秋には、たっぷり脂肪を蓄える必要があります。秋のク

マ達は1日の活動量を増やし、必死に食べ物を探し回っているようです。

### 出没の背景② 冬眠準備に欠かせないドングリ

ツキノワグマが住む日本の森に多くあり、冬眠準備、つまり脂肪を蓄えるのに都合の良い食べ物はドングリ類です。秋に実る他の果実よりも効率よく脂肪を蓄えることができます。ただし、地域によってクマがよく食べる「主食ドングリ」の種類は異なります。したがって、まずは自分の住んでいる周辺ではどのドングリを主食としているかを知るこ

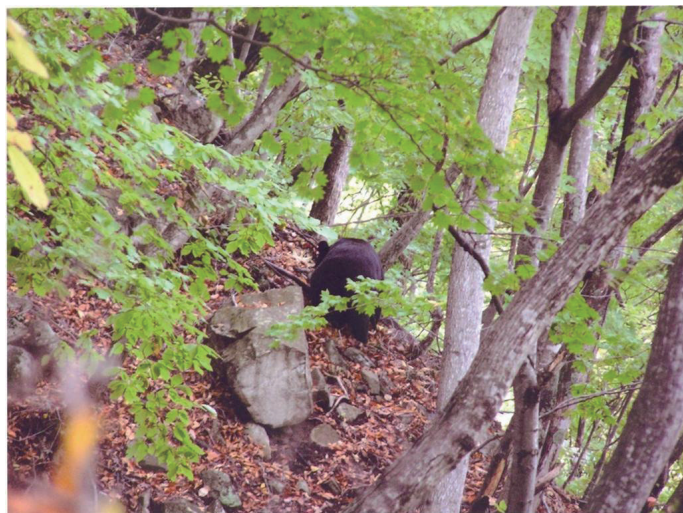
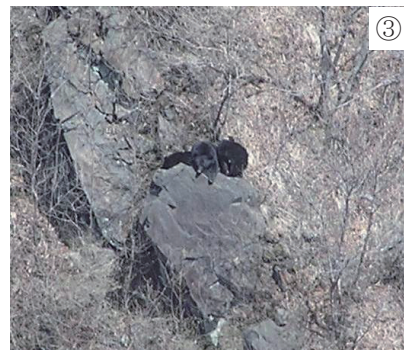


図1 ドングリの森を歩くツキノワグマ。

図2

- ① ある早春の日、この写真のどこかに親子のクマがいます。
- ② ①の写真中央の黒い点をアップすると...! この黒いかたまりは...!?
- ③ 午後13時、親子（母グマ1頭、1歳の子グマ2頭）で岩の上でお昼寝。





図3 麻酔で眠らせて GPS 首輪を装着。タオルは麻酔中に目を傷つけないようにするためのもの。胸のツキノワ模様は1頭1頭違う。ほとんど見られない個体もある。

とが大切です。主食ドングリの実りが悪い、つまり結実する量が少ない年にはクマ達は遠くまで「出稼ぎ」に出かけるからです。そして同時に、主食ドングリが少ない場合の替わりとなるドングリやドングリ以外の果実が何かを知ることも大切です。出稼ぎ先とこれらの「ドングリの分布標高」は深く関わっているのです。なお、普段クマ達がいる場所周辺に多い種類のものが主食ドングリになると考えられます。

#### 出没年は低標高に出稼ぎ

北関東（栃木・群馬県）で GPS を装着したクマ（図3）の追跡を行ったところ、彼らは出没が多い年、つまり主食ドングリの実りが悪い年には、オスで 97 ~ 193km<sup>2</sup>、メスでも 28 ~ 103km<sup>2</sup>

に及ぶ広い範囲を移動していました（図4）。さらに、クマ達の出稼ぎ先は低い標高の場所だったことも分かりました（図5）。標高の低い場所にはコナラやクリなどのドングリが多く分布しています（図5）。出没が多い年、これらのドングリはこの地域の主食ドングリであるミズナラより実りが良かったのです。クマ達は「次の手」として、いつもとは違う種類のドングリで冬眠の準備を始めることにしたようです。

つまり、クマ達は「山に何も食べ物がない」からではなく「標高の低い場所に替わりの食べ物がある」ために長い距離を移動して来ることが分かりました。しかし、低標高地には私達、人間も多く生活しています。クマ達は最初は主食の替わりになるドングリが目当てでも、

人里でカキやクリ、田畑の作物などを見つければ、その美味しさに病みつきになるでしょう。人間の食べ物は山の食べ物より大きくて、甘くて、栄養満点です。冬眠の準備に必死なクマ達は、何度も何度も食べ物のある場所を訪れます。

#### どのような対策や知見が必要か

ここまでで紹介したのは北関東でのツキノワグマの行動を追跡した事例です。しかし、神奈川県でも同じような状況が起こっている可能性は十分にあります。出没は決して異常なことではありません。クマ達が元から持つ能力を発揮すれば、当然起こることなのです。ですから、人里に来てほしくないのならば、クマの食べ物になるものを彼らに食べられないよう徹底的に管理する必要があります。また、その地域のクマの食べ物や行動を把握し、さらに食べ物になる植物や農作物の分布の特徴を山地全体や隣接県（クマに県境は関係ありません）も含んだ広い視野で把握して対策をとることが重要です。

#### おしまいに

ツキノワグマは 30 万年 ~ 50 万年前頃の氷河期に大陸から日本にやってきたと考えられています。昔からクマと人間の間にトラブルはあったと思いますが、何とか今日まで同じ日本で暮らしてきました。しかし、現代の日本には、クマのことをよく知っている人間があまりにも少ないように思います。相手のことを知らなければ、どう付き合えばいいのか分かりません。これからも研究を続け、彼らと上手く付き合うコツをお伝えしていきたいと思っています。

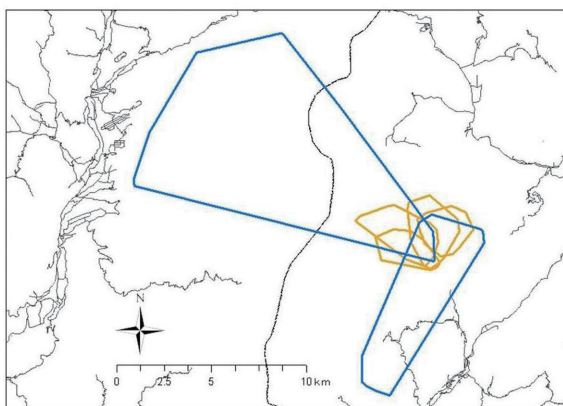


図4 ツキノワグマが移動した範囲（メスの例）。線で囲った部分が1頭のクマが移動したエリア。出没少ない年（オレンジ）の面積は5 ~ 8 km<sup>2</sup>。

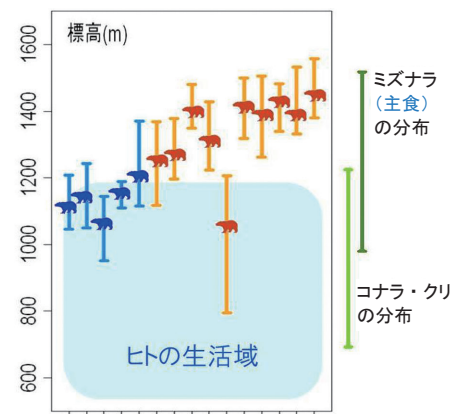


図5 ツキノワグマが利用した標高とドングリの分布。



## 企画展

### 博物館の標本工房

- Atelierum specimum animalum in museo -

期間／12月15日（土）

～2013年2月24日（日）

動物標本は、研究や教育で活用されるとともに、その形や情報を後世に伝えるという重要な役割があります。そのため、博物館では死んだ動物を加工して、収蔵庫で保管しています。その由来もさまざまなら、剥製、骨格標本、液浸標本のように形も多様です。この展示では、哺乳類や鳥類のいろいろな標本と、それを作る人たちの活動を紹介します。

観覧料／無料（常設展は別料金）

### 第104回サロン・ド・小田原

#### 「みんなで残す自然史資料」

2013年2月16日（土）17:30～18:30

講師／加藤 ゆき（当館学芸員）

講演会や交流会を通じて、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 生命の星・地球博物館内 友の会事務局へ）

### ミュージズ・フェスタ2013

2013年3月16日（土）・17日（日）

ミュージズ・フェスタは博物館の開館記念日を祝うお祭りです。ワークショップなど参加型の催しが盛りだくさんに用意されています。子どもも大人も楽しめるイベントですので、どうぞ皆さまお気軽にお越しください。

ミュージズフェスタ2013では、（独）海洋研究開発機構との合同講演会も開催されます。

### 博物館ちよこっと体験コーナー

（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・12月26日～28日、1月4日

開催時間／10:00～12:00、13:30～15:00

\*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す。

### ＜講演会＞

#### 「博物館で標本にかかわる達人たち」

2013年1月27日（日）13:30～16:00

（当日受付：先着70名）

場所／博物館講義室

演者／遠藤 秀紀氏

（作家・東京大学総合研究博物館教授）

西澤 真樹子氏

（なにわホネホネ団 団長）

相川 稔氏（標本士）

加藤 ゆき（当館 鳥類担当学芸員）

### ＜講演会＞

#### 「共生 海洋生物の知られざる相互関係」

2013年2月9日（土）13:00 開場

場所／博物館 SEISA ミュージアムシアター

演者／吉田 尊雄氏

（（独）海洋研究開発機構）

瀬能 宏（当館 学芸員）

〈申込み方法〉当日受付

（独）海洋研究開発機構と生命の星・地球博物館による、第一回「海と命をめぐる公開講座」です。

## ライブラリー通信

### 虫のいい嘶

さかいようこ

坂井陽子（司書）

数年前に落語を聴いて以来、その巧みな話術と面白さに魅了された私としては、見逃せない本と出会いました。それは『虫のいい嘶』<sup>はなし</sup>（名和秀雄著 1996年出版）です。自然系博物館である生命の星・地球博物館のライブラリーには、さすがに落語に関連する図書はないだろうと思っていたので、驚いて思わず手に取りました。執筆当時、岐阜県にある名和昆虫博物館館長・名和昆虫研究所所長であった著者は、朝日新聞の日曜紙面にて昆虫よもやま話「虫のいい嘶」を執筆して欲しいと依頼を受けます。連載予定は3ヵ月でしたが大好評を得て4年にわたって延長され、その中から選ばれた70匹分の話が一冊の本になっています。それぞれの虫ごとに、著者撮影のカラー写真や①和名②虫の形・大きさのシルエット③日本での主な分布④学名⑤生息地・特徴などの情報も掲載されていて、簡単な図鑑としても利用できます。実際の落語は出てきませんが、大の落語好きな著者の昆虫解説はユーモアに溢れていて、その虫が深く印象に残ります。昆虫博士ならではの面白エピソードも満載で、目からウロコがぼろぼろと落ちること請け合いの一冊です。

## 催し物のご案内

### ●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）

### ●講義と室内実習「鳥の羽のしおりを作る」[博物館]

日時／1月26日（土）①10:00～12:00②13:30～15:30

対象／未就学児～小学3年生とその保護者 各12組（1組4人以内）

申込締切／1月8日（火）

### ●講義と室内実習「骨のかたちをくらべよう～こども編～」[博物館]

日時／2月23日（土）①10:00～12:00②13:30～15:30

対象／①小学校1～3年生とその保護者②小学校4～6年生とその保護者 各回12人

申込締切／2月5日（火）

### ●野外観察「早春の地形地質観察会」[横浜市西区周辺]

日時／3月3日（日）10:00～15:00

対象／小学4年生～大人 40人

申込締切／2月12日（火）

### ●「博物館ボランティア入門講座」[博物館]

日時／2月9日（土）～24日（日）のうち3～4日間

対象／植物、菌類、魚類、昆虫、無脊椎動物（貝・カニ類）、鳥類、古生物、地学（火山灰）、展示解説、ミュージアムライブラリーの10分野 各分野3～5名

申込締切／1月22日（火）

## 子ども自然科学ひろば

### 「よろずスタジオ」

3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。

## 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してください。「博物館ボランティア入門講座」は、希望分野を第2希望まで記入してください。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/>



## 箱根火山と温泉

きくがわじょうじ  
菊川城司 (神奈川県温泉地学研究所)

箱根温泉は、箱根町内に湧出する温泉の総称であり、地理的には神奈川県西端に位置する箱根火山カルデラの内側に湧出する温泉です。箱根温泉の熱や溶存成分は、箱根火山の熱水活動によって、また、箱根温泉の水は、箱根火山に降る雨や雪が地下に潜ることによってたらされています。箱根温泉は、まさに箱根火山のめぐみによって生まれたものといえます。

2012年3月末現在、箱根温泉の源泉は353ヶ所（神奈川県全体では616ヶ所）、湧出量は約21,500L/min（県全体では約38,000L/min）で、源泉数、湧出量ともに県全体の約57%を占めています。箱根町が神奈川県の面積に占める割合は約4%ですので、非常に狭い地域に沢山の温泉が湧出していることがわかります。

箱根温泉は神奈川県でもっとも大きな温泉地であるとともに、全国的に見ても国内有数の温泉地です。2007年の環境省の統計によれば、箱根温泉の源泉総数は全国第7位、高温の源泉数（42℃以上）は全国第5位、総湧出量は全国第7位など、源泉の数、湧出量ともに全国で上位に位置づけられています。さらに、宿泊施設数では静岡県伊東温泉に次いで全国第2位、年間の宿泊者数は約470万人で全国第1位です。

### 箱根温泉の歴史

箱根温泉の歴史は古く、738年に湯本温泉が発見されたのが始まりといわれています。この源泉は現在でも湧出しており、箱根湯本の旅館で利用されています。江戸時代には、湯本、塔之沢、宮ノ下、堂ヶ島、底倉、木賀、芦之湯の七ヶ所の温泉場を合わせて箱根七湯と呼び、広く人々に知られ温泉場がにぎわっていました。1811年には「七湯の枝折」が書かれました。これは、現在の温泉旅行ガイド書のようなもので、温泉地ごとにその特徴や効能が書かれ、当時から七湯それぞれの個性が認識されていたことがわかります（表1）。

明治以降、交通網の整備による温泉宿の増加、施設の大型化などとともに、

表1 七湯の枝折に書かれた各温泉の感覚と効能。

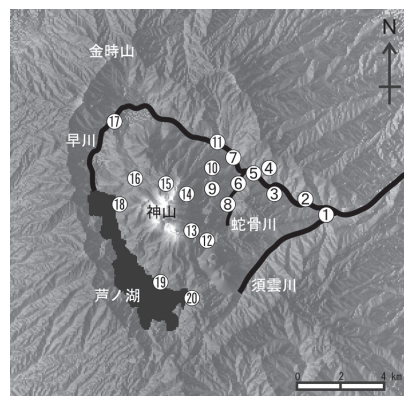
| 温泉場 | 感 覚            | 効 能                  |
|-----|----------------|----------------------|
| 湯本  | 冷湯、気味なし        | 脚気、すじけ、骨痛、痔疾、瘡毒 など   |
| 塔之沢 | 温湯、辰砂湯、気味かろし   | 中風、脚気、筋痛、冷症、頭痛 など    |
| 堂ヶ島 |                | 痰痛、脚気、血塊、痔、頭痛、めまひ など |
| 宮ノ下 | 温湯、辰砂湯、味気しほはゆし | 頭痛、腰痛、脚気、中風、疝気 など    |
| 底倉  | 熱湯、気味至而鹹し      | 痔疾、淋病、疝気、中風、帯下 など    |
| 木賀  | 熱湯、気味鹹し又酸みあり   | 気血不順、気虚、久咳、脚気 など     |
| 芦之湯 |                | 打身、すじけ、脚気、腋気、瘡毒 など   |

掘削技術の進歩、揚湯方法の進歩もあり、源泉数は激増しました。源泉数の増加は、箱根温泉のさらなる発展を担う一方で、温泉の枯渇化という問題を引き起こしました。現在では、先述したように源泉数は350ヶ所以上になり、温泉場も20カ所となって「箱根二十湯」と呼ばれています（図1）。

### 箱根温泉の泉質

箱根温泉は、温泉場や源泉数が多いだけでなく、温泉自体の温度や泉質も非常にバラエティに富んでいます。これは、箱根火山の形成史が単純ではなく、温泉湧出地の地質が複雑であること、それ故、湧出機構も複雑であるためと考えられます。

現在用いられている泉質の分類法（主要な陽イオンと陰イオンの組み合わせや特殊成分による命名法）に則れば、箱根温泉では現在までに48種類の泉質が確認されています。



- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| ① 湯本 (77)  | ⑧ 小涌谷 (22) | ⑮ 大涌谷 (44) |
| ② 塔之沢 (10) | ⑨ ニノ平 (34) | ⑯ 姥子 (5)   |
| ③ 大平台 (9)  | ⑩ 強羅 (30)  | ⑰ 仙石原 (8)  |
| ④ 堂ヶ島 (7)  | ⑪ 宮城野 (4)  | ⑱ 湖尻 (9)   |
| ⑤ 宮ノ下 (21) | ⑫ 芦之湯 (11) | ⑲ 蛸川 (5)   |
| ⑥ 底倉 (35)  | ⑬ 湯ノ花沢 (4) | ⑳ 芦ノ湖 (1)  |
| ⑦ 木賀 (15)  | ⑭ 早雲山 (2)  | ※括弧内は源泉数   |

図1 箱根二十湯と各温泉場の源泉数。源泉数は小田原保健福祉事務所による2012年3月末のデータ。

箱根温泉で最も多い泉質は単純温泉（アルカリ性単純温泉を含む）で全体の約半数を占め、次いでナトリウム塩化物泉（Na-Cl 泉）が全体の約四分の一を占めます（図2）。

泉質の分布については、箱根全体で均一ではなく、地域によって分布に特徴があります。例えば、Na-Cl 泉は、湯本温泉の須雲川沿いと強羅付近に集中して分布しています。また、硫黄を療養泉の基準値以上含有する源泉は、中央火口丘とその周辺のみ分布します。このような泉質分布の偏りは、これまでの研究で、温泉の生成機構と密接に関連していると考えられています。

### 温泉と地質の関係

温泉の湧出機構は、湧出する場所の地形や地質、地下構造などによって決まります。したがって、温泉の成因や流動などの研究には湧出地やその周辺の地質学的知見が不可欠です。

湧出地の地質や温泉の成因からみると、箱根温泉は、箱根火山の基盤岩から湧出する温泉と、箱根火山地下のマグマに由来する温泉とに二分できます。

湯本や塔之沢、大平台の温泉は、全て早川凝灰角礫岩などの基盤岩から湧出する温泉です。この基盤岩は、箱

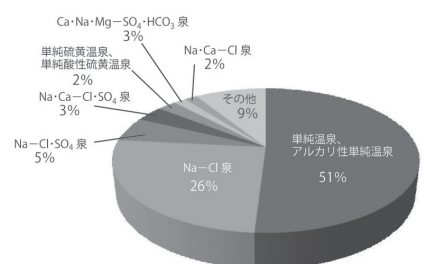


図2 箱根温泉の泉質別占有率。2006年から2008年に採水、分析した257源泉の泉質から作成。

根火山ができる前からあった古い地層です。堂ヶ島では、掘削された源泉は基盤岩の温泉ですが、自然湧泉は箱根火山の溶岩から湧出しています。湯本、塔之沢、大平台、堂ヶ島以外の温泉場では、ほぼ全ての源泉が箱根火山の溶岩から湧出しています。

箱根火山の成り立ちについては、これまで、一つの大きな成層火山の2度にわたる噴火によってカルデラ構造が形成されたと考えられてきました。そして、箱根温泉の成因などに関する研究もこのモデルに即した形で研究が行われてきました。

しかし、近年、箱根火山の形成史が見直され、箱根火山は単一の火山の活動によるものではなく、小さな火山の集合体であり、潜在的なカルデラ構造の存在など、複雑な形成史を持っていることがわかりました。そして、箱根温泉の湧出機構に関する研究も、この新しい形成史に基づいて行われるようになりました。

#### 従来の箱根温泉成因モデル

1970年代はじめに、それまでの箱根火山の地質、形成史に基づく温泉研究を総括した箱根温泉の成因モデル（いわゆる大木・平野モデル）が完成しました。この成因モデルは、1967年に強羅で観測された温泉温度の昇温現象の調査研究が大きなヒントとなりました。

このモデルでは、海拔0mの等温線図が同心円状でなく、カルデラの西側で狭く東側で広がっていることに着目して、西から東への地下水流動があるためと考え、有機物起源の炭酸に富む地下水が、芦ノ湖の方から東の早川溪谷まで標高差により流れているとしていました。そして、中央火口丘の深部から上昇する塩化ナトリウムなどを含有した高温高圧の火山性水蒸気と、この中央火口丘を西から東に流れる地下水とが混合して温泉が形成されているとしました。こうして、箱根温泉を熱水の分化をもとに4つのグループに分類した成因モデルが作成されました。

大木・平野モデルは、火山活動の活発化とナトリウム―塩化物泉の昇温現象を結びつけるとともに、箱根温泉の多様な泉質を成因と関連づけて統一的にシンプルに分類したものでした。このモデルは、火山性温泉の典型的な成因モデルとして広く世界に知られることとなり、その後の

温泉研究に大きな影響を与えました。

#### 新しい形成史に基づいた湧出機構

箱根火山の形成史見直しを受けて、箱根温泉の生成機構に関する研究も大木・平野モデルの見直しなどを含め新たなステージに入りました。

中央火口丘周辺温泉の分布は、潜在カルデラ構造と密接な関係があります（図3）。強羅潜在カルデラ構造と湖尻潜在カルデラ構造には、掘削時に得られた地質資料から湖成層が見つかりました。この湖成層がキャップロック（不透水層）となり、深部の熱水に雨水が過剰に混合することを妨げているため、潜在カルデラ構造では高温の温泉が湧出するものと考えられます。潜在カルデラ構造以外の地域でも温泉の開発は行われていますが、このようなキャップロック構造がないため、湯本などの基盤岩中から湧出する温泉の他は、比較的泉温の低い温泉が多く見受けられます。

潜在カルデラ構造と温泉の成因との関係については現在も研究が進行中ですが、強羅潜在カルデラ構造内に湧出する温泉について、既にいくつかの成果が出てきています。強羅潜在カルデラ内に分布する温泉の水利水頭分布について解析した結果からは、潜在カルデラ構造の温泉の涵養源のほとんどは、同地域内の降水であり、温泉の温度や成分は強羅の地下でもたらされたものであることがわかりました。また、中央火口丘西側の地下水は神山が分水界となり、強羅温泉など東側に湧出する温泉水の供給源とはならないこともわかりました。さらに、同地域内の代表的な温泉である高温のナトリウム―塩化物泉の帯

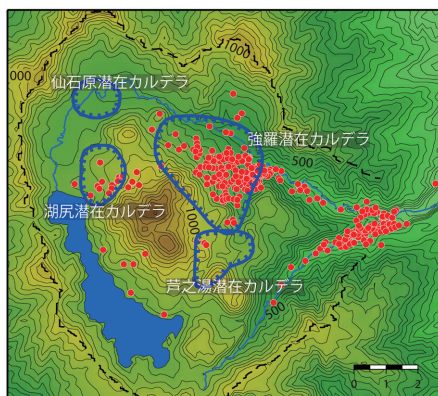


図3 温泉の分布と潜在カルデラ構造。●は源泉を表す。潜在カルデラ構造は4つあると考えられており、基盤岩から湧出する温泉以外は、主に潜在カルデラ構造内に分布する。

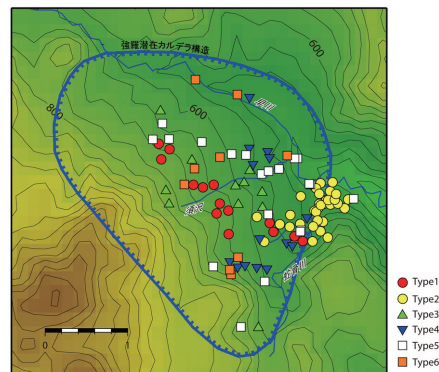


図4 強羅潜在カルデラに湧出する温泉のタイプとその分布。タイプは泉温と陰イオンの比率から分類され、タイプ間の相違は成因の違いを反映している。

状分布そのものが、温泉の熱、成分の供給源地を示していることも推察されました。この帯状の温泉供給源は、広域テクトニクスによって形成された開口割れ目系によるものである可能性も考えられます。強羅潜在カルデラ内の温泉成分や酸素、炭素などの安定同位体比の解析からは、この地域の温泉が成因の違いから6つのタイプに分類できることや（図4）、温泉に含まれる炭酸の起源として有機物よりも火山ガスの寄与が大きいことも明らかになっています。

箱根火山は首都圏に近いこともあり、温泉地としては日本一の数の観光客で賑わってきました。一方で、それを支えるため温泉の開発が進み、温泉の枯渇化が大きな問題となりました。危機的な枯渇化の進行は、県の定めた温泉保護対策要綱により緩やかになりつつありますが、回復は認められず、今後も温泉保護対策を継続しながら、将来を見据えた利用を進めていくことが重要です。そのような中で、温泉生成機構の解明、経年変化の把握などの研究成果は、温泉保護を支える科学データとしてこれからも重要な役割を果たしていくに違いありません。

自然科学のとびら

第18巻4号（通巻71号）

2012年12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