

暦の上では春とはいえ、温泉にでも行きたくなるような寒い日が続きます。

今回は、地熱発電のためのボーリングを行ったら、温泉ならぬマグマを掘り当ててしまった、というニュース記事を取り上げます。地質学者たちを沸き立たせたこの偶然の発見から、何が新たにわかったのかに注意しながら読んでみましょう。

## NEWS nature news

語数：424 words 分野：地球

Published online 17 December 2008 | Nature | doi:10.1038/news.2008.1317

<http://www.nature.com/news/2008/081217/full/news.2008.1317.html>



ハワイ島キラウエア火山の溶岩流。

# Drillers hit Hawaiian magma

Chance discovery allows up-close study of inner-earth processes.

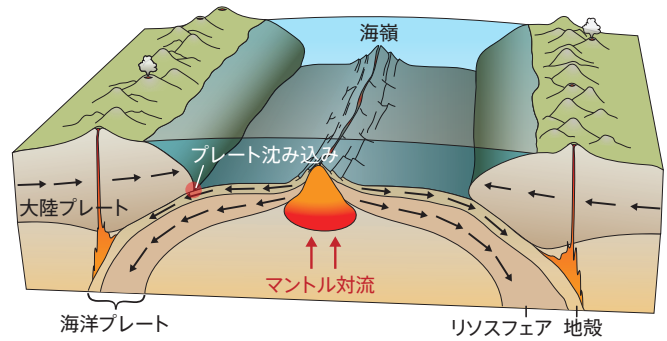
Rex Dalton

1. A **geothermal drill rig** in Hawaii has for the first time **tapped into** intensely hot, **granite-like** magma — allowing scientists to **observe in place** the process through which continents are born.
2. Researchers and an energy-services company **inadvertently** cut into the magma body at about 2.5 kilometres below the surface on the Big Island of Hawaii. They hope to turn the site — currently an operating geothermal development — into an observatory for scientific studies.
3. "I've worked in this field for more than 35 years, and I've never seen anything like this," says Bruce Marsh, a geologist at Johns Hopkins University in Baltimore, Maryland, who was called in for analysis.
4. **Pay dirt**  
Ormat Technologies, a firm based in Reno, Nevada, that led the drilling, hit the magma in 2005 at the Puna Geothermal Venture **well field**, which provides about 20 per cent of the electricity locally on the island. Team members presented their results on 16 December at the American Geophysical Union meeting in San Francisco, California.
5. The company generates energy from steam heated by Earth's interior to temperatures of about 350 °C. The magma, when the drillers hit it, was about 1,050 °C — so hot **it dislodged carbide teeth from the drill bit** and caused **the drill string to seize up**, says William Teplow, a consulting geologist with Ormat.
6. Most of Hawaii, a **volcanic island chain**, is composed of the dark iron-rich **lava** known as **basalt**. In contrast, the granitic magma was a clear, molten glass, composed of about two-thirds **silica**. Continents are made of such lighter material.
7. **Island discovery**  
At a news briefing, team members said the granitic magma **was sandwiched between** basalt layers — suggesting that it had **differentiated**, or chemically separated, out from the darker material over time. This may be the first time "the actual process of differentiation of continental-type rock from primitive ocean basalt has been observed **in situ**", the team said.
8. Much to the scientists' surprise, the magma was what Marsh called "a **docile** animal", with few bubbles from volatile gases. In a typical geothermal well, engineers must constantly monitor well conditions because pressures can run to 2,000 pounds per square inch, increasing the risk of blowouts. The Puna field is also surrounded by an extremely active **seismic zone**, which experiences 10 to 12 small earthquakes a day.
9. **Preliminary** geochemical analysis indicates that the magma may have **erupted onto the surface** in 1924, then undergone more chemical processing underground before erupting again in 1955. The team plans further analyses, of **lead** and **radon isotopes** in the magma, to **pin down** this timing.

## TOPICS

## magma とは？

マグマは、地球などの惑星の地下に存在する岩石の溶融体。性質は、二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>)、水、二酸化炭素などの含有量により異なる。通常、温度は 600 ~ 1300℃であるが、SiO<sub>2</sub> や水分が多くなるにつれ、粘性が高くなり温度が低くなる。SiO<sub>2</sub> の含有量によって、玄武岩質マグマと花崗岩質マグマに大別される(下記参照)。玄武岩質マグマは、マントル対流によってマントル上部に運ばれた岩石が、温度は低下せずに圧力が低下したために融解して生じる。このため海嶺(海底にあるプレートの裂け目)やホットスポット(マントルから地殻を突き抜けてマグマが上昇してくるところ)では、玄武岩質マグマが生じている。一方大陸では、上昇した玄武岩質マグマが、地殻上部の岩石を融解し、それが混ざったり、冷却されて成分の一部が結晶化したりして、花崗岩質マグマが生じるとされる。また海溝では、プレートが沈み込む際に発生したマントル上昇により下部から運ばれた高温のマントルが、沈み込むプレート中の海水を含んだ岩石と接触することで融解温度が下がり、花崗岩質マグマが生成されると考えられる。



海嶺とプレート沈み込み帯でのマグマの発生。

## SCIENCE KEY WORDS

- granite: 花崗岩**  
火成岩(マグマが固まってできた岩石)のうち、花崗岩質マグマがゆっくり冷えて固まり、含有成分が結晶化している深成岩。無色の石英や長石を多く含んでいるため、白っぽく見える。有色鉱物は主に黒雲母で、ジルコン、リン灰石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱などが含まれることもある。
- volcanic island chain: 火山島列**  
火山島が連なっているもの。ホットスポットで上昇したマグマが形成した火山島はプレートとともに移動していくが、ホットスポットの位置は変わらないので、別の位置に新しい火山島ができ、島が連なっていく。
- lava: 溶岩**  
火山が噴火する際に、地上に出てきたマグマと、それが固まったもの。玄武岩質マグマを起源とする溶岩は、流動的であるが、花崗岩質マグマを起源とする溶岩は、粘性が高く、しばしば爆発的な噴火を誘発する。
- basalt: 玄武岩**  
火成岩のうち、玄武岩質マグマが急激に冷えて固まった、SiO<sub>2</sub> の含有率 45 ~ 52%、Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 含有率 5% 未満の火山岩。非晶質のものと、細かい結晶、大きな結晶が混ざり、斑状組織とよばれる形質を示す。磁鉄鉱、輝石、カンラン石に富んでおり、全体的に暗い色をしている。
- silica: シリカ**  
二酸化ケイ素、無水ケイ酸ともいう。無色か白色の固体で、大陸地殻の約 60% を占める。腐食や摩耗に強く、ガラスの主成分でもある。
- in situ: 本来の場所で、自然の位置で、あるがままの状態**  
地球科学では、岩石や川、森などの研究対象が自然にある場所で行う調査・観測することをいう。

## WORDS AND PHRASES

- リード **chance discovery: 「偶然的発見」**  
リード **up-close: 「間近で詳細に」**  
up-close には「間近での」「詳細な」という 2 つの意味があるが、ここでは、両方とも当てはまると思われる。
- geothermal drill rig: 「地熱発電事業で使われているドリル掘削機」**  
drill rig はドリル掘削機のこと。geothermal は「地熱の」という意味だが、この記事では「地熱発電事業で用いる」という意味。
  - tap(ped) into: 「入り込む」「接触する」**
  - observe in place: 「現場で観測する」「その場で観測する」**  
7. の observed *in situ* と同義。
  - inadvertently: 「偶然に」**
- 見出し **pay dirt: 「掘り出し物」**
- well field: 「地熱井のある区域」**
  - it dislodged carbide teeth from the drill bit: 「掘削装置のドリルビットからカーバイド歯が脱落した」**

- seismic zone: 地震帯**  
地震の震源を世界地図にプロットしていくと、帯状に連なった地震頻発地帯ができあがる。これを地震帯という。
- lead: 鉛**  
原子番号 82、元素記号 Pb。青灰色の重金属。同位体として、<sup>204</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb、<sup>210</sup>Pb があるが、安定しているのは <sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb、<sup>208</sup>Pb で、残りの 2 つは放射性である。自然界に最も多いものは、<sup>208</sup>Pb である。
- radon: ラドン**  
原子番号 86、元素記号 Rn。無色無臭の気体で、最も重い希ガス元素。4 つある同位体はすべて放射性である。このうち、<sup>222</sup>Rn は <sup>238</sup>U (ウラン 238) が崩壊してできる。<sup>222</sup>Rn はさらに <sup>218</sup>Po (ポロニウム 218) へと崩壊し、<sup>210</sup>Pb を経て安定な <sup>206</sup>Pb になる。マグマから火成岩が形成される際、ウランなどは岩石結晶のすき間に析出する。ウランはラドンへと崩壊し、ラドンは鉛へと崩壊していくので、ラドンと鉛の同位体の比を解析すれば、噴出時期が特定できる。
- isotope(s): 同位体**  
陽子の数は同じだが中性子の数が異なる原子どうしのことをいう。化学的性質はほぼ同じである。鉛やラドンの項で記しているような、元素記号の左上付数字は、質量数を表す。質量数は陽子の数と中性子の数を合計したものである。同位体では、質量数が互いに異なっている。放射性同位体は不安定で、電子や中性子、陽子などを放出したり、自身が核分裂したりしてより安定な別の原子になる(崩壊)。

dislodge は「取り外す」という意味。drill bit は掘削機の先端部分の切削工具で、carbide teeth は、このドリルビットに差し込んで使用するカーバイド製の歯のこと。

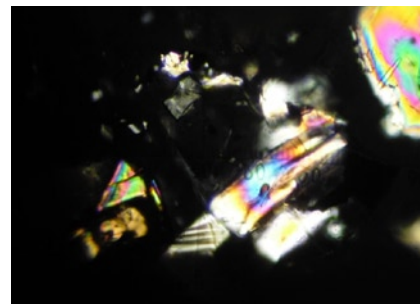
- the drill string to seize up: 「ドリルストリングが動かなくなった」**  
drill string は、ドリルビット、ドリルカラー、掘り管などをつないで掘削するために坑井内に降ろされた一連のパイプのこと。seize up は「動かなくなる」「故障する」という意味。
- (be) sandwiched between ~: 「～の間に挟まれている」**
- differentiate(d): 「分化する」**
- docile: 「従順な」**
- preliminary: 「これまでの」**  
「最終結果の出していない、暫定的な」といったニュアンスをもつため、文脈に合った訳し方をする必要がある。
- erupt(ed) onto the surface: 「地表に噴出する」**
- pin down: 「特定する」「明確にする」**

## 参考訳

## ドリル掘削機がハワイでマグマを掘り当てた

偶然の発見が、地球内部過程を間近で詳細に研究することを可能にする。

レックス・ダルトン



今回発見された花崗岩質マグマの偏光顕微鏡写真。二酸化ケイ素が結晶化している箇所が光っているのがわかる。

1. ハワイで地熱発電のためのボーリングを行っていたドリル掘削機が、非常に高温の花崗岩質マグマを掘り当てた。マグマが掘り当てられたのは初めてのことであり、これにより、大陸が誕生する過程を現場で観察できるようになる。
  2. 今回、研究者チームとエネルギーサービス会社が、はからずもマグマ体を掘り当ててしまったのは、ハワイ島の地下約2.5キロメートルのところである。この土地では現在、地熱発電事業が進められているが、彼らはこの場所を各種科学研究のための観測所に転用することを望んでいる。
  3. 分析を依頼されて現地を訪れたジョンズホプキンス大学（米国、メリーランド州ボルティモア）の地質学者 Bruce Marsh は、「この分野で35年以上も研究をしてきましたが、こんなものを見たのは初めてです」と話す。
- 掘り出し物**
4. マグマが掘り当てられたのは2005年のことだった。場所はハワイ島の電力の約20%を供給するプナ・ジオサーマル・ベンチャーの地熱井のある区域で、掘削を行っていたのはオーマット・テクノロジーズ社（米国、ネバダ州リノ）である。研究チームのメンバーは、2008年12月16日にカリフォルニア州サンフランシスコで開催された米国地球物理学連合の大会で、この発見について得られた結果を発表した。
  5. オーマット社は、地球内部の熱により約350℃に加熱された蒸気を利用して発電を行っている。同社の顧問地質学者の William Teplow によると、マグマが掘り当てられたときの温度が約1050℃と非常に高かったため、掘削装置のドリルビットからカーバイド歯が脱落し、ドリルストリングが動かなくなってしまったという。
  6. ハワイ諸島は火山島列であり、その大部分は、鉄分を豊富に含む黒っぽい溶岩（玄武岩という）からできている。これに対して、花崗岩質マグマは透明なガラスの溶融体であり、その成分の約3分の2がシリカ（二酸化ケイ素）である。大陸は、こうした軽い物質からできている。
- マグマの正体**
7. 研究チームのメンバーは記者会見の席で、この花崗岩質マグマが玄武岩層の間に挟まれていたことは、より黒っぽい物質から時間の経過とともに分化してきた（化学的に分離してきた）ことを示唆していると語った。今回の発見は、「原始的な海洋型玄武岩から大陸型岩石が分化してくる実際の過程が本来の場所で観察された」初めてのケースであるかもしれない、と彼らはいう。
  8. 研究チームにとって非常に意外だったのは、このマグマが、揮発性ガスに由来する気泡をほとんど含まない「従順な代物」（Marsh の表現）であったことである。典型的な地熱井では、地熱流体の圧力が1平方インチあたり2000ポンド（1平方センチメートルあたり約140キログラム）まで上昇して、突然噴出するおそれがあるため、エンジニアが地熱井の状態を常に監視していなければならない。このプナの地熱井は、極めて活発な地震帯に囲まれており、小地震が1日に10～12回も発生する。
  9. 予備的な地球化学的分析からは、このマグマが1924年に地表に噴出し、地中でさらに化学処理されて、1955年に再び噴出したという可能性が示唆されている。研究チームは、マグマ中の鉛同位体とラドン同位体のさらなる分析を行い、噴出時期を特定することを計画している。