

熱水性金鉱床を形成する金の吸着・沈殿メカニズムの解明 Investigation of Gold Adsorption/Precipitation Mechanism During the Formation of Hydrothermal Gold Deposit

米津 幸太郎^a, 大橋 弘範^b, 川本 大祐^c, 安東 宏晃^c,
本間 徹生^d, 横山 拓史^c

Kotaro Yonezu^a, Hironori Ohashi^b, Daisuke Kawamoto^c, Hiroaki Ando^c,
Tetsuo Honma^d, Takushi Yokoyama^c

^a九大院工, ^b九大基幹教育院, ^c九大院理, ^d(公財)高輝度光科学研究センター

^aFaculty of Engineering, Kyushu University, ^bFaculty of Arts and Science, Kyushu University,

^cGraduate School of Sciences, Kyushu University, ^dJASRI/SPring-8

ビームライン BL14B2 にて、鹿児島湾海底で採取したスティブナイトに含まれる金について、X線吸収スペクトルを測定した。通常用いられる Au L₃ 吸収端は As K 吸収端に非常に近く妨害されるため、Au L₂ 吸収端 XANES を蛍光法で測定した。濃度が非常に低かったため、ノイズが多かったが、価数を持った状況(おそらく Au(I))の状態が存在していることが強く示唆された。このことは、海底下の上昇して来る熱水中で金が Au(I)の状態が存在し、そのまま固体(スティブナイト)中に取り込まれたことを示すものである。

キーワード： スティブナイト、XAFS、鹿児島湾海底、金

背景と研究目的：

日本における金属鉱物資源の供給地は極めて限られており、現在稼行中の鉱山は鹿児島県菱刈金鉱山のみである(その他含金ケイ石として小規模鉱山3つが鹿児島に操業中)。この菱刈金鉱山は、世界でもトップクラスの金品位を誇っており、その鉱床の生成機構には多くの注目が集まり、鉱床発見以来30年にわたって多くの研究例が報告されてはいるが、そのほとんどは地質学的、鉱物学的、地球科学的なアプローチであり、金鉱物を直接、分光学的手法によって分析し、その金鉱物の沈殿の機構に踏み込んだ研究は極めてまれである。世界の金鉱床においても同様に、研究例はほとんどない。熱水性の金鉱床において、金の存在状態において従来の研究で明らかとなっていることは、顕微鏡下で観察できるほどに大きな金鉱物に関しては、その元素分析により金銀合金鉱物：エレクトラムとして産出することが知られているほか、黄鉄鉱などの鉱物中に非常に小さな金、「invisible gold(見えない金)」として存在していることが広く知られている。しかしながら、自然界の鉱床形成において熱水中の金がどのように、どれくらいの大きさで invisible gold として取り込まれるのかといった情報は得られていない。本研究ではこれらを明らかとするために、近年、もう1つ注目を集めている海底熱水活動に伴う硫化物鉱床中の金の存在状態を解明する。この鉱床中の金の存在状態についても不明であり、現世の活発な熱水活動から沈殿した金の存在状態を明らかにすることは、過去の熱水活動でできた菱刈金鉱床の生成機構の解明にもつながることから、ここでは鹿児島湾で採取したスティブナイト中の金の存在状態・大きさも明らかにすることを目的とした。

これら、自然界での金の沈殿・濃集機構の解明は、第二、第三の菱刈金鉱床の発見や海底熱水鉱床の開発可能性につながるだけでなく、金の人工的な濃集、すなわち金のリサイクルプロセスを考える上で重要な機構を見出す可能性が大いにある。

実験：

スティブナイトは鹿児島県鹿児島湾で採取したものをを用いた。採取したスティブナイトを5つの画分に分け、それぞれを粉末にした後、SPring-8のBL14B2ビームラインにてAu L₂端のXAFSを測定した。測定はSi(311)結晶、多素子半導体検出器(19SSD)を用いて蛍光法により測定を行った。

結果および考察：

通常用いられる Au L₃ 吸収端は As K 吸収端に非常に近く妨害される。これは、スティブナイトが Sb₂S₃ で表される鉱物であり、天然ではしばしば、周期表同族のヒ素(As)が取り込まれるからである。そこで、他の元素の妨害が考えにくい Au L₂ 吸収端を用いて、各画分について XAFS スペクトルの測定を試みた。しかしながら、ほとんどのサンプルで金の吸収は観測できず、状態分析をするに至らなかった。その中でも、金濃度が天然試料中で比較的高かった試料の画分については、非常にノイズ成分が大きい XANES を取る事ができた。スティブナイト中の金の XANES スペクトルを他の標準物質のスペクトルとともに Fig.1 に示す。この XANES スペクトルから、Au(0)の特徴的なピークが観測されず、少なくとも金は価数を持った状態で存在することがわかった。熱水中の各化学成分、温度・圧力などを考慮すると、熱水中では金は 1 価の錯体で存在すると考えられることから、熱水中の Au(I)イオンがスティブナイト表面で表面錯体を形成して吸着したか、Sb を置換する形で取り込まれ、固定されたことが考えられる。菱刈金鉱山でもスティブナイトは見られる鉱物であるが、その周辺でも金濃度は周囲より比較的高いとされている。一般的に黄鉄鉱などが invisible gold の主要ホスト鉱物と考えられているが、スティブナイトのような硫化鉱物にも金を濃集させるメカニズムが存在することが明らかとなった。この結果を他の金鉱床や海底熱水鉱床と比較することで、金の濃度が著しく高い鉱化帯の生成メカニズムをより詳細に考えることができるかもしれない。他の分光分析やモデル実験の結果を含めて、今後詳細な検討が必要である。

今後の課題：

今回は、他の画分のスペクトルからも、このスティブナイト鉱床から EXAFS 振動を取るだけの金濃度はこれ以上期待できないと考えられる。丹念に XRF 分析をすることで、金濃度が今よりもっと高い画分が得られたときに、もう一度チャレンジしたい。またモデル実験として、Au(I, III)イオンを合成スティブナイトへ吸着させる実験を通して、天然物との比較を行い、スティブナイト鉱床生成のメカニズムを明らかにすることが必要であると考えている。

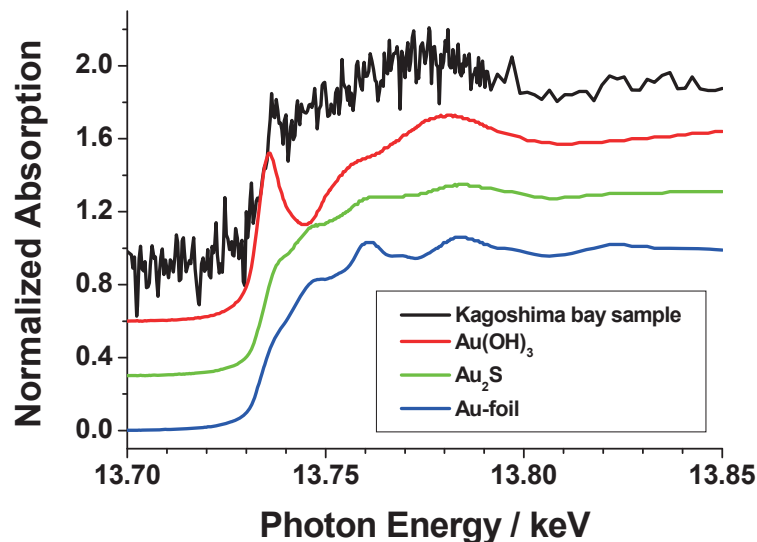


Fig.1. Au L₂ 吸収端の XANES スペクトル.