

学 位 論 文 題 名

Genesis of the Kitami Epithermal Gold Province,
Southwestern Kuril Arc

(千島弧南西端北見浅熱水性金鉱床区の成因)

学位論文内容の要旨

環太平洋地域の浅熱水性金鉱床区は、従来、島弧、島弧背弧、衝突帯、リフト帯のテクトニックセッティングのもとで、カルクアルカリ質、またはアルカリ質の中性から珪長質火成活動に伴われ形成されることが知られてきたが、どのような作用が実際に働き鉱床が形成されたのかを明らかにした例はほとんど報告されていない。本研究では、中新世の浅熱水性金鉱床の集中する北海道の北見地域について、地質、地質構造、火成岩の化学組成、鉱床の特徴を明らかにし、鉱床形成時のテクトニックセッティングに関する新しいモデルを提案する。

北見地域を含む北海道北東部の中新世火成活動・構造運動・鉱化作用は次のような特徴を持つ。

(1)火山活動は約14Maから5Maにかけて現在の千島弧の背弧側で約200kmという幅広い地域に生じた。約5Maには背弧側の火山活動は終了し、現在の千島弧の火山フロントでの火山活動に引き継がれた。

(2)火山活動は、先行する安山岩主体のユニモーダルな活動と流紋岩に卓越する流紋岩と玄武岩とのバイモーダルな活動に区分される。安山岩の活動は約14Maから11Maにかけて海溝側に広がり、その背弧側でバイモーダル火山活動が生じた。バイモーダルな活動域も安山岩の活動に引き続き、海溝側に移動した。

(3)安山岩はカルクアルカリ質とソレアイト質のものからなり、島弧横断方向での系統的なカリウム含有量の変化は認められない。安山岩にはアイスラングイトと粗面安山岩が含まれる。

(4)流紋岩は過アルミナ質で磁鉄鉱とチタン鉄鉱を両方含み、磁鉄鉱系列の特徴をしめす。全岩化学組成は、アルミナ・カリウム・ルビジウムに富み、ナトリウムに乏しい傾向を示す。初生ストロンチウム同位体比は0.7033~0.7050を示し、この地域の上部地殻を構成する堆積岩類や花崗岩類の値よりも低く、下部地殻を占める海嶺玄武岩の同比に類似する。

(5)火山活動は千島弧に平行な方向にバリエーションが認められる。東部は西部の地域に比べ、地溝の存在、より長期の火山活動、より活発なバイモーダル火山活動、ソレアイト質岩、アイスラングイト、粗面安山岩の存在で特徴づけられる。

(6)火山岩の分布域にはN70°Eの右横ずれ断層群(上支湧別構造帯)とN30°Eの右横ずれ断層群(サロマ構造帯)が存在し、前者は約13Maから10Ma、後者は10Maから5Maに活動した。上支湧別構造帯の断層活動域は北部から南部に移動した。

これらの特徴は、太平洋プレートの沈み込み方向の変化により、千島弧に沈み込むスラブの角度が変化し、スラブの背弧側に熱いアセノスフェアが貫入したとするスラブ急角度化モデル (slab-steepening model) で説明される。太平洋プレートの沈み込みの方向は14 MaのN33° Wから10.6 MaのN90° Wに反時計回りに回転し、千島弧での沈み込みの様式は直交沈み込みから斜め沈み込みに変化した。この変化に伴い、千島弧での火山フロントでの安山岩を主体とする火山活動は、約14 Maから11 Maにかけて海溝側に前進した。この結果、安山岩は千島弧横断方向に広い範囲にわたって分布した。これらの安山岩はいずれも火山フロントにおいて同様の条件で形成されたために、島弧横断方向にカリウムの含有量の変化は認められない。スラブの角度が急になり海溝側に移動したために、それまでスラブの占めていた領域に下部から熱いアセノスフェアが上昇し、その上部の上部マントルや下部地殻は部分熔融を起こし、上部マントルの熔融のために玄武岩質マグマが、下部地殻を占めていた白亜紀末～古第三紀に千島弧にトラップされたオフィオライトの熔融のために珪長質マグマが形成され、バイモダル火山活動が背弧で生じた。千島弧のバイモダル火山活動の時期 (約13-6 Ma) は計算上火山フロントが海溝側に前進していた時期に相当する。北海道北東部の海嶺玄武岩には頻繁に堆積岩が挟在されることから、流紋岩はアルミナやカリウム・ルビジウムに富む傾向を示すものと推定される。この玄武岩および堆積岩には金が数ppb含まれている。アイスラングイトや粗面安山岩はバイモダル火山活動の時期に主として噴出しており、アセノスフェアの上昇に関連することが予想される。一方、約13 Ma以降、千島弧では太平洋プレートの斜め沈み込みのために火山フロント付近に右横ずれ断層 (上支湧別構造帯) が形成され、火山フロントの移動とともに、断層運動の位置も海溝側に移動した。この断層運動のために、千島弧前弧はスリバーとして、西に移動し、その先端部の日高変成帯において地殻の厚化・上昇・剝削が生じた。約10 Maには、スリバーは、その幅を広げる運動に転換し、サロマ構造帯の断層を形成した。

北海道北東部の熱水性金鉱床は、次のような特徴を持つ。

- (1) 熱水性鉱床は、浅熱水性金・銀鉱床が主体で中性の熱水により形成された低硫化系の特徴を持つ。これらは珪長質岩の分布する北見地域に集中する。一部の鉱床では珪長質の貫入岩が熱水の流路の中心であることが確認される。
- (2) 鉱化作用は約14 Maから4 Maにかけて起こり、珪長質岩の活動域の移動に伴い、北から南に向かい鉱化作用の時期も新しくなる。
- (3) 鉱脈は東北東-西南西方向のものが卓越し、鉱床の型 (中熱水性・浅熱水性)、金属種 (金・銀・銅・鉛・亜鉛・水銀) を問わず一定である。鉱脈の走向は地溝やカルデラ等の地域的な地質構造に影響を受けていない。
- (4) 個々の鉱床での鉱脈の卓越方位と年代との関係から、鉱脈は次の3つのグループに区分される。(Aグループ) 約14 Maから11 MaにかけてN50° WからS70° Wに反時計回りに回転するもの、(Bグループ) 約13 Maから11 MaにかけてN70° E方向に一定のもの、(Cグループ) 9 Maから5 MaにかけてN60° E～N40° E方向のもの。Aグループの鉱脈は太平洋プレートの沈み込み方向から約20-30° ずれており、プレートの沈み込みに伴う圧縮応力により形成された右横ずれ断層、Bグループは上支湧別構造帯、Cグループはサロマ構造帯の断層運動に伴い形成されている。

熱水性鉱床の形成には、(1) 金属元素の供給、(2) 熱水を生み出すマグマ活動、(3) 熱水沈澱の場の3つの要素が必要である。北見地域の浅熱水性金鉱床の場合、金の供給源は下部地殻を構成するオフィオライトと考えられ、珪長質マグマの形成時に金はマグマにより運搬されたと推定される。珪長質マグマにより運搬された金はマグマ上昇時に、マグマから熱水に放出され、それが上支湧別構造帯その他の断層に流れ込み、浅熱水環境で金を沈澱した。以上より、北見浅熱水性金鉱床区は(1) 金の起源物質 (オフィオライト)、金の抽出および運搬 (珪長質岩)、(3) 鉱床形成の場 (横ずれ断層; 特に上支湧別構造帯) の3要素から構成される。この中で(2)と(3)は熱いアセノスフェアの上昇および横ずれ断層をもたらし

太平洋プレートの沈み込み方向の変化に起因している。従って、太平洋プレートの沈み込みの様式の変化（直交沈み込み→斜め沈み込み）が北見地域の浅熱水性金鉱化作用の最も基本的な原因であると結論される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 石 原 舜 三

副 査 教 授 渡 邊 暉 夫

副 査 助 教 授 松 枝 大 治

学 位 論 文 題 名

Genesis of the Kitami Epithermal Gold Province, Southwestern Kuril Arc

(千島弧南西端北見浅熱水性金鉱床区の成因)

北見地域を含む北海道北東部の中新世火成岩類の研究は道南や本州に比べて著しく遅れていた。筆者はこの地域の火成活動・構造運動の特徴をまず明らかにした。(1)約14Maから5Maにかけて現在の千島弧の背弧側の約200kmの幅広い地域に火山活動が生じ、先行する安山岩主体のユニモーダルな活動と流紋岩に卓越する流紋岩と玄武岩とのバイモーダルな活動に区分される。安山岩の活動は約14Maから11Maにかけて海溝側に広がり、その背弧側でバイモーダル火山活動が生じた。(3)安山岩はカルクアルカリ質とソレアイト質のものからなり、島弧横断方向での系統的なカリウム含有量の変化は認められない。安山岩にはアイスランダイトと粗面安山岩が含まれる。(4)流紋岩は過アルミナ質で磁鉄鉱とチタン鉄鉱を両方含み、磁鉄鉱系列の特徴をしめす。全岩化学組成は、アルミナ・カリウム・ルビジウムに富み、ナトリウムに乏しい。初生ストロンチウム同位体比は0.7033~0.7050を示し、この地域の上部地殻を構成する堆積岩類や花崗岩類の値よりも低く、下部地殻を占める海嶺玄武岩の同位体に類似する。(5)北海道北東部のうち、東部は西部の地域に比べ、地溝の存在、より長期の火山活動、より活発なバイモーダル火山活動、ソレアイト質岩、アイスランダイト、粗面安山岩の存在で特徴づけられる。(6)火山岩の分布域にはN70° Eの右横ずれ断層群(上支湧別構造帯)とN30° Eの右横ずれ断層群(サロマ構造帯)が存在し、前者は約13Maから10Ma、後者は10Maから5Maに活動した。上支湧別構造帯の断層活動域は北部から南部に移動した。

北海道北東部の熱水性金鉱床は、次のような特徴を持つ。(1)浅熱水性金・銀鉱床が主体で中性の熱水により形成された低硫化系の特徴を持つ。これらは珪長質岩の分布する北見地域に集中する。(2)鉱化作用は約14Maから4Maにかけて起こり、珪長質岩の活動域の移動に伴い、北から南に向かい鉱化作用の時期も新しくなる。(3)鉱脈は東北東-西南西方向(上支湧別構造帯の断層の方位)のものが卓越し、鉱床の型、金属種を問わず一定である。鉱脈の走向は地溝やカルデラ等の地域的な地質構造に影響を受けていない。

これらの特徴は、太平洋プレートの沈み込み方向の変化により、千島弧に沈み込むスラブの角度が変化し、スラブの背弧側に熱いアセノスフェアが貫入したとするスラブ急角度化モデルで説明される。太平洋プレートの沈み込みの方向は14MaのN33° Wから10.6MaのN90° Wに反時計回りに回転し、千島弧での沈み込みの様式は直交沈み込みから斜め沈み込みに変化した。この変化に伴い、千島弧での火山フロントでの安山岩を主体とする火山活動は、約14Maから11Maにかけて海溝側に前進した。この結果、安山岩は千島弧横断方向に広い範囲にわたって分布した。スラブの角度が急になり海溝側に移動したために、それまでスラブの占めていた領域に下部から熱いアセノスフェアが上昇し、その上部の上部マントルや下部地殻は部分熔融を起こし、上部マントルの熔融のために玄武岩質マグマが、下部地殻を占めていた白亜紀末~古

第三紀に千島弧にトラップされたオフィオライトの溶融のために珪長質マグマが形成され、バイモータル火山活動が背弧で生じた。北海道北東部の海嶺玄武岩には頻繁に堆積岩が挟在されることから、流紋岩はアルミナやカリウム・ルビジウムに富む傾向を示すものと推定される。アイスランドイトや粗面安山岩はバイモータル火山活動の時期に主として噴出しており、アセノスフェアの上昇に関連することが予想される。一方、約13Ma以降、千島弧では太平洋プレートの斜め沈み込みのために火山フロント付近に右横ずれ断層(上支湧別構造帯)が形成され、火山フロントの移動とともに、断層運動の位置も海溝側に移動した。この断層運動のために、鉱脈形成の場となる多くの割れ目が生じた。

北見地域の浅熱水性金鉱床の場合、下部地殻を構成するオフィオライトから金が供給されたと考えられ、珪長質マグマの形成時に金はマグマに取り込まれた。マグマ上昇時に、金はマグマから熱水に放出され、それが上支湧別構造帯その他の断層に流れ込み、浅熱水環境で金を沈澱した。以上より、北見浅熱水性金鉱床区は(1)金の起源物質(オフィオライト)、(2)金の抽出および運搬(珪長質マグマ)、(3)鉱床形成の場(横ずれ断層；特に上支湧別構造帯)の3要素から構成される。この中で(2)と(3)は熱いアセノスフェアの上昇および横ずれ断層をもたらした太平洋プレートの沈み込み方向の変化に起因している。従って、太平洋プレートの沈み込みの様式の変化(直交沈み込み→斜め沈み込み)が北見地域の浅熱水性金鉱化作用の最も基本的な原因であると結論された。

本論文は、著者が北大在学中以来、国立研を含めて12年余の長きに亘り実施した北見地方の金鉱床と火山岩類の研究成果を、構造運動と火成活動の両側面から集大成したものである。それら特性を近代手法で明らかにすると共に、その成因をスラブ急角度モデルと言う新しい概念で見事に説明した。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。