

氏名・(本籍)	たか 高	しま 島	いさお 勲
学位の種類	理	学	博 士
学位記番号	理 第	7 2 0	号
学位授与年月日	昭和58年1月26日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
最終学歴	昭和43年3月 埼玉大学文理学部卒業		
学位論文題目	Thermoluminescence dating of volcanic rocks and alteration minerals and their application to geothermal history (熱ルミネッセンス法による火山岩と変質岩の年代測定とその地熱活動史研究への応用)		
論文審査委員	(主査) 教 授 青 木 謙 一 郎 教 授 砂 川 一 郎 教 授 菅 木 浅 彦		

論 文 目 次

- I. Introduction
- II. Thermoluminescence dating method
- III. TL dating of volcanic and alteration rocks
 - III. 1. Dating of volcanic rocks by quartz phenocryst
 - III. 2. Dating of volcanic rocks by plagioclase phenocryst
 - III. 3. Alteration age dating by secondary quartz
 - III. 4. Alteration age dating by alteration minerals
 - III. 5. Problems and further study
- IV. Case study
 - IV. 1. Case study at Hachimantai geothermal field
 - IV. 2. Case study at Kuju geothermal field
- V. Summary

論文内容要旨

熱ルミネッセンス(Thermoluminescence以下TLと記す)法により、第四紀の火山岩及び地熱変質岩の年代測定を行ない、その結果から東北の八幡平及び九州の九重という日本の代表的地熱地域の地熱活動史を求めた。地熱資源は熱を主要な対象としているため、火山の年代、特に第四紀後半の数10-数万年という年代の決定が重要な意味を持っている。しかし、この範囲の年代測定は従来の K-Ar, フィッシュントラック, ^{14}C 法などの通常の適用範囲外である。これに対し、TL 年代測定は第四紀後半が主要な対象年代であり、地熱の熱源評価に最も適している。さらに、同法は熱水変質帯の変質年代を求めることが可能であり、地熱研究には欠くことのできないものである。しかしながら、TL 年代測定は方法そのものに不確実な要素が残されているため、これまで地熱地帯に実際に適用された例は無かった。筆者は地熱研究における有用性を生かすため、地熱地域を主体に各種岩石の TL 年代測定法の吟味を行ない、十分利用可能であるという結論を得た。

I. 序章

TL 年代測定と地熱活動の変遷に関するこれまでの研究を紹介し、本研究の目的と意義について述べた。

II. 熱ルミネッセンス年代測定法

TL 年代測定は土器の年代測定法としてはほぼ確立されているが、地質的な対象に対してはいくつかの問題点が残されており、重要なものとして TL 蓄積の直線性、捕獲されたトラップ電子の安定性、年間被曝量の評価、人工照射の条件、試料処理などがあげられる。それらの誤差要因を避けるため、各種の方法が提案されているが、本研究では一部を除き純粋な鉱物を分離し、その鉱物を270メッシュ以下に微粉末化したもので TL を測定した。また、年間被曝量は γ 線スペクトロメトリー法あるいは湿式法による放射性元素の分析から算出し、これらを総合した TL 年代は年代既知試料を標準として求め、誤差等の議論もそれらを基準に行なった。

III. 熱ルミネッセンス法による火山岩及び変質岩の年代測定

III. 1. 石英斑晶を利用した火山岩の年代測定

秋田・岩手両県に広く分布する玉川溶結凝灰岩及び山梨県北西部の黒富士火山の TL 年代を測定した。前者はフィッシュントラック法による多数の年代既知試料があり、他の地域の年代決定の基準とした。測定結果は120—200万年という範囲で TL 年代とフィッシュントラック年代は良い一致を示し、誤差として $\pm 30\%$ が得られた。また、試料処理、測定条件の変化などに対する TL の変動についても検討したが、重大な誤差要因となるものは認められなかった。玉川溶結凝灰岩は一部強い緑色変質が認められるが、そのような試料の TL 年代は原岩が古いに

もかわらず著しく若い年代を示し、変質年代を表すものと考えられる。黒富士火山の年代としては70—40万年という値が得られ、その活動年数30万年は噴出量32.5km³という中規模な火山のものとして妥当なものと考えられる。

III. 2. 長石斑晶を利用した火山岩の年代測定

長石はほとんどすべての火山岩に含まれているので、それを利用した年代測定は応用範囲が広い。しかし、風化や変質を受けやすく、結晶内に存在する放射性元素による年間被曝量の評価が難しいなどの問題点がある。また、TLの飽和も石英より早く20万年程度が測定の上限といわれている。この点を確かめるため、大分県野矢地熱地域に分布する各種火山岩について測定を行なった。6個の試料に対するTL年代は24—48万年であり、一部の試料を除いて既在の年代値と±30%以内の差に収まっている。但し、微粉碎処理に伴うTLがかなり多いため、その評価を行うことが必要である。

III. 3. 二次石英による変質年代測定

石英による変質岩の年代測定は硅化帯などの二次石英とディサイトなどの残留斑晶石英の二種類があるが、後者については火山岩の項ですでに述べた通りであり、ここでは前者について検討した。試料は岩手県栗駒山須川及び山形県吾妻の地熱変質岩から分離した二次石英である。須川から得られた3個の試料は母岩が第三紀のグリーントフと第四紀火山岩であり、全く異なっているがその変質年代は11, 16そして14万年とほぼ同じ値を示した。また吾妻の試料8個も母岩の時代に関係なく、火山活動の変遷と同様西から東へ向って若くなる傾向で313—5万年という年代が得られた。第四紀後半というような若い年代の変質岩についてはこれまでに年代測定が行われた例が無く、得られた年代を既知のものと対比することは不可能である。しかし、吾妻で示された火山活動との調和そして同一変質岩中の残留斑晶石英と二次石英とから別々に求めた値がほぼ同じであることなどから、誤差として火山岩とほぼ同じかやや劣る程度が見込まれる。

III. 4. 変質鉱物による変質年代

変質帯の試料は多くの場合、いくつかの鉱物の集合体であり、分離が困難なものも少ない。このような試料に対し、風化部分を除いただけでそのままTL年代測定に使用可能かどうかを検討した。試料は大分・熊本県九重地域及び静岡県伊豆地域の変質岩であり、石英、セリサイト、カオリン、明ばん石等の混合物から成っている。九重の9試料に対しては19—155万年、伊豆の6試料に対しては40—411万年という値が得られた。年代基準が無いため、結果について確実な評価はできないが、二次石英の場合と同様、周辺火山の年代や火山層序と調和的であることから、予備的な議論には使用できるものと考えられる。

III. 5. 問題点と今後の方向

TL年代測定の精度、誤差については、化学分析、TL強度測定のように定量的に評価できるものもあるが、年間被曝量の評価など確実に解明されていない要素も含まれている。従って、当面は年代既知の標準試料との比較により信頼性、誤差を確めるのが実際的である。火山岩についてはこのような手法で±30%という誤差が算定されたが、変質岩については基準が無く、確実な評価は困難である。この点については火山層序との対比、古い時代の試料についてのK-Ar年代の対比が重要である。

IV. 地熱地域への応用

IV. 1. 八幡平地域

本地域は日本の7地熱発電所のうち3発電所が設置されている大地熱地域である。この地域の地熱活動史はTL年代、既在の火山岩年代等から次のようにまとめられる。

- (1) 200—100万年前までの玉川溶結凝灰岩の噴出の後、そのマグマによる大規模な熱水活動が70万年前ごろまで続いた。
- (2) その後、40万年前ごろから焼山によるとみられる熱水系が形成された。現在活発な地表地熱活動を示す地域は焼山と同様新期の火山と関連すると考えられ、その変質年代は20万年より若い。

以上のようなことから、浅部で地熱の期待できる変質帯の古さとして20万年程度が考えられる。マグマの体積が大きいと、熱の残留が期待されている玉川溶結凝灰岩に関連する地熱活動は70万年前に終了しているが、深部の熱源としてどの程度寄与するかという点の評価は今後の研究課題である。

IV. 2. 九重地域

九州の大地熱地域である九重地域の地熱活動史とそこから推定される現在の地熱の存在形態、地質構造との関係などは次のようにまとめられる。

- (1) 第三紀末—第四紀初頭の変質帯が区別されるが、その地域では地熱の残存する確率は少ない。
- (2) 50—40万年前及び40—30万年頃活動した変質帯が認められた。これらの分布地域には小規模な噴気と高温の温泉が存在するが、地下にどの程度の熱が残存するかという点は今後の探査ボーリングにより実証されるであろう。
- (3) 20万年前頃から活動を始めた地熱地域には現在も活発な地表地熱活動があり、熱源の大きさ、水理地質条件にもよるが一般にこの程度の年代は優勢な地熱活動が続くことを表すものと考えられる。
- (4) この地域の現在の断裂系は東西性であるが、変質帯の分布方向からは約40—30万年前に南北性の伸びを示す活動があったことが推定される。この方向は、北部九州の火山列の方

向と調和し，衛星写真による大規模構造解析ではかなり認められることから，その時代に一時地殻応力場の変化があったことも考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文は熱ルミネッセンス法(TL法)によって八幡平と九重地域の第四紀火山岩や地熱変質岩の年代測定を行い、これらの地域の地熱活動史を明らかにしたものである。

第四紀後半、数10万年～数万年については、従来のK-Ar、フィッシュン・トラック、C¹⁴法などによって正確かつ迅速に絶対年代を求めることは極めて困難な仕事である。そこで、これらの方法に代り、岩石中から分離した石英や長石についてTL年代測定を適用する方法を開発した。

基礎実験として石英による八幡平地域、玉川溶結凝灰岩の年代を求めると、120～200万年であり、フィッシュン・トラック法や層位年代と良い一致が認められる。長石の場合、大分県野矢地域については24～48万年であり、他の方法による年代値とは±30%以内の誤差で一致する。しかし、この場合、微粉碎処理に伴うTLがかなり多いため、更に吟味が必要である。熱変質岩については栗駒山と吾妻山地域の硅化帯の二次石英を用い、年代を求めると、前者は11～16万年、後者では西から東へ向って若くなり、313～5万年と変化する。これも火山層序から得られた相対年代とは大きく矛盾しない。

地熱地域へ応用すると、次の事項が明らかとなった。八幡平地域では200～100万年前、玉川溶結凝灰岩が活動し、その後70万年前まで熱水活動が続いた。40万年前から安山岩類の火山活動が始まり現在まで連続しているが、地熱活動地域の熱源は、これに起因している。九重地域では第三紀末～第四紀初頭の変質帯が区別されるが、地熱の残存する確率は少い。50～40万年と40～30万年前活動の変質帯が認められたが、小規模である。20万年前から活動を始めた地熱地域には現在も活発な地表地熱があり、これが有力な地熱源となっている。

以上の新知見は博士学位論文として適当であると認められる。また高島勲は自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有していることを示している。よって高島勲提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。