

論文審査結果の要旨

長谷紘和の論文は草津一万座地熱地域の地質学的リモートセンシングと題し英文で四章からなっている。本論文においてフォッサマグナ中央部に位置する草津-白根火山帯ならびにその周辺に発達分布する堆積岩について論じたものである。火山については歴史的な活動回数について詳しく述べている。さらに火山帯に分布する温泉、噴気等の特徴、岩層ととの関係について詳しく論じている。

本地域の層位、構造地質学的研究を行ない、火成活動と地質構造との関連性について述べている。多くの火成活動は地質構造と密接な関係にあることを考察している。地形図並びに航空写真から判読出来ない小さな地質構造はフィルムサンドウィッチ法並びに熱赤外線撮像による解析が可能であることを明らかにしている。フィルムサンドウィッチ法は高度600mの空中で目的の写真を北、北東、南東、南、南西、西、北西の八方向より撮映し、そのネガを重ねて移動することによって出来る影によって細かい地質構造の判読が可能であることを実証している。

熱赤外線撮像法は高度2,000m(空中)からRadiationを利用して撮映し節理、割れ目、裂開、断層等の地質構造を見出すことの可能性を明らかにしている。これらの小さな地質構造の解明は地熱開発等に関係している。地熱開発については、目的地にコントロールを設置し、高度2,000mからSolar Radiationをさけるため早朝4時頃、熱赤外線撮像をとり、地熱を測定し、その測定値を曲線化し、他地域との比較を行なっている。この方法による地熱測定の可能性を指摘している。さらに上述した二つの方法により微細地質構造が大きな地質構造を反映するものであるから前者により後者を判断する好資料となることを考察している。

長谷の地質学並びに応用地質学の新しい分野の開拓により理学博士の学位論文として合格と認める。なお、発表済み論文10篇あるが主に熱赤外線の地熱開発に関するもので、本研究に重要なものである。学力審査は昭和48年2月12日論文発表、質疑応答を行なって確認した。よって長谷の学力は理学研究科博士課程修了者と同等以上であることを確認した。

論 文 内 容 要 旨

地熱機構の構造規制が広域的スケールで論じられた例は多いが地域的スケールで実証的に解釈された例は少ない。

浅地下—地表間の地熱機構は対象地域や地質および地質構造と密接に関連することが推定され、地域的問題として地熱機構を理解するためには、地熱エネルギーの地表への主要運搬経路となる断層・節理など開いた割れ目の把握とともに地表における地熱異常の面的広がりを明らかにすることが必要である。

断層・節理などの地表トレースを地質線構造として把握するためには空中写真による判読が有効な手段としてあげられる。また地熱異常の面的広がりを把握するためには、最近リモートセンシングの一手段として登場した熱赤外映像データの利用が有効であると考えられ注目されている。

本論文では、群馬県草津一万座地熱地域を対象地とし、空中写真および熱赤外線映像を併用して地質線構造の側面から地熱機構と地質構造との関連を地域的スケールで解釈することを試みた。

熱赤外線映像の地熱問題への利用は現在実験段階であり、本論文中には映像の解釈に関する研究が含まれている。すなわち熱赤外線映像を地殻熱流量との関連において定量的に解釈することを目的とし、映像によって地熱異常としてとらえられる限界を放熱量値によって経験的に求めた。

草津一万座地域は東北日本列島弧の南西端とが交わる地域に位置する。第三紀中新世以降本地域はグリーンタフ変動を受け地向斜区域となったが変動の初期に地背斜に転じ、以後今日まで陸上での火山活動が連続した地域に相当する。火山活動の形態は、初期の割れ目噴火の群生火山噴火から次第に個々の火山体を形成する噴火活動へと変化し、地域的においては、本白根および白根山の南北二頂をもつ草津白根火山が第四紀以降の噴火の中心となった。

本論文では初めて主として従来の地質学的・構造地質学的研究に基づき、草津一万座地域の基盤を形成する新第三系緑色凝灰岩類およびその上位の第四系火山岩類の層序、岩質について略述した。草津白根火山は有史以来たびたび火山活動をくり返し、過去90年間に10回の活動が記録されている。有史以来の火山活動はすべて白根山(南頂)頂上付近で行なわれた。活動形式は水蒸気爆発がおもで熔岩の噴出はなく、活動の休止期に近づいていると考えられる。今日白根山頂付近には噴気を判う地熱異常が観察され、有史以来の爆発の中心は山頂付近でかなり移動したことが報告されている。本論文では有史以来の活動の記録を、爆発の中心、割れ目帯の形成、湧泉など火山地質構造に焦点を置いて略述した。

草津一万座地域は代表的な火山性地熱地域として特徴づけられ地域内には多くの地熱異常地、温泉が分布する。これらのうちでとくに顕著な地熱異常地である殺生河原、草津温泉、および万座地熱異常地の地熱現象について説明を加えた。殺生河原は透水性無水帯に発達する地熱異常地で、高地温地表面と噴気によって特徴づけられる。殺生河原の南側斜面において積雪を熱量計として利用し、地熱異常地表面の融雪パターンを降雪後の時間経過とともに作図することによって等放熱量図を作成した。すなわち、 $1,320 \mu \text{ cal/cm}^2 \text{ sec}$ と $800 \mu \text{ cal/cm}^2 \text{ sec}$ の等値線とほかに2本の定性的補助線が得られた。

地熱異常に関連の深い地質構造として断層・節理があげられる。広域にわたる lineagenic な構造解析には空中写真を利用した。既存の縮尺およそ4万分の1および2万分の1の空中写真を用いて、立体視観察により北部フォツサマグナ地域の主要地質線構造の把握をおこなった。写真地質構造解析において問題となるのは微弱な地形的な特徴や土壌の写真階調のわずかな違いによって識別される地質線構造を判読することである。ここではWellerによって提唱されたフィルムサンドウィッチ法を適用することによってこの問題の吟味をおこなった。野外調査では基盤岩が露出する万座地域を中心に断層面・節理面の走向傾斜を主要露頭ごとに測定し、写真地質線構造解析結果と合せてlineagenicな地質構造を考察した。

本地域に発達する地熱異常の面的広がり把握する目的で空中熱赤外線撮像飛行がおこなわれた。飛行は1971年12月18日早朝と、1972年8月19日夜明け前におこなわれた。撮像装置の検知器はIn: Sbで波長5.1 μ までの赤外放射エネルギーが温度映像として変換表示される。また万座地域の「からふき」地熱異常地を対象に地上用熱赤外線撮像装置を用いて地熱異常地表面の詳細な温度分布がとらえられた。この装置の検知器はHg: Cd: Teが用いられ、8~14 μ の遠赤外波長領域が温度映像に変換される。

1971年12月の撮像結果は飛行コースのずれにより地熱異常分布をとらえることができなかったが、1972年8月の撮像結果によれば、地域内の主要な地熱異常地が赤外線映像に表示された。得られた映像の解釈のために現地調査が行なわれ、また、殺生河原および白根山頂中央火口湖「湯釜」の熱赤外線映像については、カラー自動画像解析装置を用いて温度分布の画像解析が試みられた。

以上の調査の結果および手法によって得られたおもな結論は次のとおりである。

1. 千曲川以東の北部フォツサマグナ地域において、地表で線構造としてとらえられる断層・節理ののびには北西-南東方向の顕著な方向性がみとめられる。このlineagenicな構造特徴は北部フォツサマグナ地域におけるグリーンフト変動の構造上の長軸方向とほぼ直交する。しかしながら独立した火山体が発達する地域では地域的な特徴をもった線構造が卓越する。草津白根火山では東西方向の地域的線構造がみとめられる。

2. 白根山山頂付近では中央火口群をとりまくような半環状の地熱異常パターンが熱赤外線映像によって識別された。この地熱異常パターンは1932年の爆発の際に形成された噴気を判り割れ目帯に接続する。中央火口群の周囲をとり巻いて地熱異常を示す環状割れ目が発達するらしい。

3. 万座および殺生河原のように噴気と高地温異常で特徴づけられる地熱異常地の分布には地域的ではあるが方向性が認められる。万座では南北性の万座断層・殺生河原では東西性の草津断層と調和する地熱異常の配列を示し、両断層は地熱機構を考察する上で重要な断層として認識された。

4. 画像解析装置によって解析された熱赤外線映像によれば肉眼では識別できない映像濃度差(表面放射温度差)がとらえられた。殺生河原において周囲の温度パターンから識別できる地熱異常の広がりには積雪による放射熱測定によって得られた800 μ cal/cm²secの等値線より外側(低放熱領域)にあり、熱赤外線映像による地熱異常のマッピング調査に一つの定量的可能限界値を与えた。

5. フィルムサンドウィッチ法によって解析された微弱な線構造ののびの方向は主要地質線構造の方向と一致する場合が多い。万座地域での地表調査結果によれば微弱な線構造は小断層・節理系を示すらしい。