

学位論文要旨

学位論文題目：

第四紀成層火山（御嶽山）の地下水涵養・流動・流出プロセス
－火山体の開析と地下水流動特性の関係－

Groundwater recharge, flow and discharge processes on Quaternary stratovolcano (Mt. Ontake) in central Japan, with reference to dissection of volcano body

申請者名：浅井 和由

世話専攻：生命環境科学専攻

世話教官：佐竹 洋

学位論文要旨：

第四紀火山は“黒いダム”と形容されるように、豊富な湧水を有し、他の地質からなる山地と異なる水環境を形成していることから、日本の山地水循環を理解する上での重要な研究対象となっている。

一般的に、火山体の地下水は、複雑な内部構造を反映して不均一に流動するため、火山の地下水調査には、環境同位体によるトレーサー手法が有効とされている。しかし、国内での環境同位体手法の適用例は数例で、かつ火山体全域を対象とした調査は八ヶ岳を除いて行われていない。そのため、日本の成層火山の地下水涵養・流動・流出プロセスについての情報は少なく、研究例を蓄積する必要がある。一方、火山の保水力（地下水を貯留する能力）は、火山毎に大きく異なることが、火山周辺の湧水流量の値に基づいて、従来から推測されている。しかし、これまでの火山の地下水調査は、短期間に

実施され、河川流量の長期的な観測は行われていない。そのため、火山体の保水力の正確な評価はされておらず、火山間の保水力の違いの原因についても検討されていない。その一方で、近年、地理学の分野から、成層火山の地下水流動状況に、火山体の開析（侵食）が影響を与えているという報告があり、これは火山による保水力の違いを説明する1つの視点として注目される。

本研究では、火山体の北部と南部で侵食状況の異なる御嶽山を研究対象として、環境同位体手法と河川流量観測を併用し、第四紀成層火山体の地下水涵養・流動・流出プロセスを把握すると同時に、火山体の開析との関係を明らかにすることを目的とした。

地下水流動の全体的な特徴を明らかにするために、湧水期において火山全域において沢登りによる湧水調査を実施し、湧水の流出量と水質の測定を行った。その結果、流出量が50 L/sを超える大きな湧水は、すべて新期火山地域に位置しており、御嶽山の地下水の多くは山体の上部を構成する新期火山の溶岩流中に貯留されていることが分かった。新期火山地域では、北部の湧水が山麓部の溶岩流末端に集中し、流出量も最大280L/sと大きいのに対して、南部の湧水は侵食谷にそって高い標高まで分布し、湧水量も100 L/s以下と北部よりも小さい。このことから、火山体の開析が、地下水流動に対して大きな影響を与えていることが示唆された。火山体の山麓部に露出する古期火山地域では、湧水の流出量が小さく、新期火山地域の湧水と異なる水質特性を有するため、新期火山体の地下水と連続していないと推測された。これらの特徴に基づいて、御嶽山の地下水流動は、新期火山北部地域・新期火山南部地域・古期火山地域の3地域に分類された。

地下水の涵養標高や滞留時間に関する情報を得るために、火山体全域を対象として、2003年1月から2005年12月の3年間にわたって降水と湧水を集中的に採取し、その安定同位体比とトリチウム濃度を分析した。降水の安定同位体比は、標高の上昇にしたがって低下する傾向（高度効果）と、夏季の卓越風向の風下斜面で相対的に低い傾向（山陰効果）を示した。湧水の安定同

位体比は、降水の高度効果や山陰効果を反映した地理的分布を示した。地形的に涵養域が限定されている地下水を用いて、各斜面の地下水の高度効果(地下水涵養線)を求め、その関係式に湧水の $\delta^{18}\text{O}$ 値を代入して、地下水の平均涵養標高を求めた。湧水の平均涵養標高とトリチウム濃度から、新期火山北部地域には、溶岩流の流れに沿って滞留時間の長い大規模な地下水流動系(距離:約4000 m)が存在することが明らかになった。それに対して、新期火山南部地域では、比較的小規模な地下水流動系(距離:約2000 m)が山体上部から山麓部までの広い標高の幅に存在することが明らかになった。山麓部に露出する古期火山地域の地下水は、地域内に降った雨によって涵養されており、流動系は局地的(距離:1000 m以内)であることが明らかになった。これらの結果から、地下水流動系の規模は、火山体の開析によって小さくなることが示された。

火山体の保水力を把握するために、火山全域において豊水期と渇水期の河川基底流量の測定を行った。渇水期における河川比流量の平均値は、新期火山北部(5.7 mm/day)・新期火山南部(4.5 mm/day)・古期火山地域(2.1 mm/day)の順に低下し、同時に豊水期と渇水期の流量の変動比が大きくなった。この結果から、火山体の保水力は、開析にともなって低下することが明らかになった。

火山体の降雨流出プロセスや地下水涵養量を把握するために、新期火山北部地域に冷川流域、新期火山南部地域に白川流域の2つの試験流域を設定し、河川の流量とEC(電気伝導度)を長期的に観測した。ECをトレーサーとして河川ハイドログラフを降水成分と地下水成分の2成分に分離した結果、降水量の大きいイベントでは、両流域ともに流出ピーク時の降水成分の割合が80%を超え、降雨時の河川流出に対して降水の直接流出の寄与が大きいことが明らかになった。20ヶ月の長期的な河川流量と雨量のデータとハイドログラフの成分分離の結果を基に、降水の直接流出率と地下水涵養量を見積もった。その結果、新期火山北部地域の降水の直接流出率は11%、地下水涵養量

は80%であるのに対して、新期火山南部地域ではそれぞれ18%・69%となり、火山体の開析の進行に伴って、降水の浸透能が低下し、地下水涵養量が減少することが明らかになった。

以上のことから、火山体の開析に伴って、(1) 侵食谷が発達して地下水流動系の規模の低下が起こること、(2) 山体上部の崩壊によって地下水涵養量が低下することの2つが起きており、これらが結果的に開析にともなう山体の保水力の低下をもたらしていることが分かった。このように御嶽山の地下水涵養・流動・流出プロセスの消長と火山体の開析の間には密接な関係がある事が認められた。

本研究によって、火山体の開析の進行によって、地下水流動系の規模が縮小し、保水力が低下することが明らかになった。この結果は、火山毎の保水力の違いの原因を解明する上で、極めて重要な視点を与えるものである。