

氏名（本籍）	横田 恭平（大阪府）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第37号
学位授与日付	平成22年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	屋久島における酸素同位体比の内陸効果・標高効果の推定と花崗岩地帯の地下水流動の推定
学位論文審査委員	（主査）教授 井伊 博行 （副査）准教授 江種 伸之 教授 平田 健正

論文内容の要旨

背景・目的

標高が高くなると酸素・水素同位体比の値が低くなる効果（高度効果）の研究は、日本全国で行われている。この高度効果は、単純に標高と酸素同位体比との関係を確認している。酸素・水素同位体の効果は、標高による効果以外にも沿岸からの距離が長くなると同位体比の値が低くなる効果（内陸効果）、降水量により同位体比の値が変化する効果（降水量効果）などがある。そこで高度効果を標高による効果、内陸効果、そして降水量効果に分離することができれば、標高と沿岸からの距離そして降水量を測定することにより、酸素・水素同位体比の値を算出することができる可能性がある。つまり多くの調査や研究を行わなくても酸素・水素同位体比の値を判断することが可能となる。それにより地下水の涵養域を求める指標として使用される酸素・水素同位体比の値を求める時間と予算の縮小に期待できる。また花崗岩地帯では、放射性廃棄物の処理場所として期待されているため、地下水の流れを知る必要がある。そこで、本研究の目的は、酸素・水素同位体比の標高による効果と内陸効果を分離することである。そして酸素・水素同位体比の結果を用いて花崗岩地帯の地下水の涵養域と流動を推定する。

調査地概要

本研究では、調査地を屋久島に選定した。図-1は、研究対象地の屋久島と屋久島周辺の地図である。屋久島を選んだ理由は、海上に浮かんでいる島なので①単純な地形であること、②酸素・水素

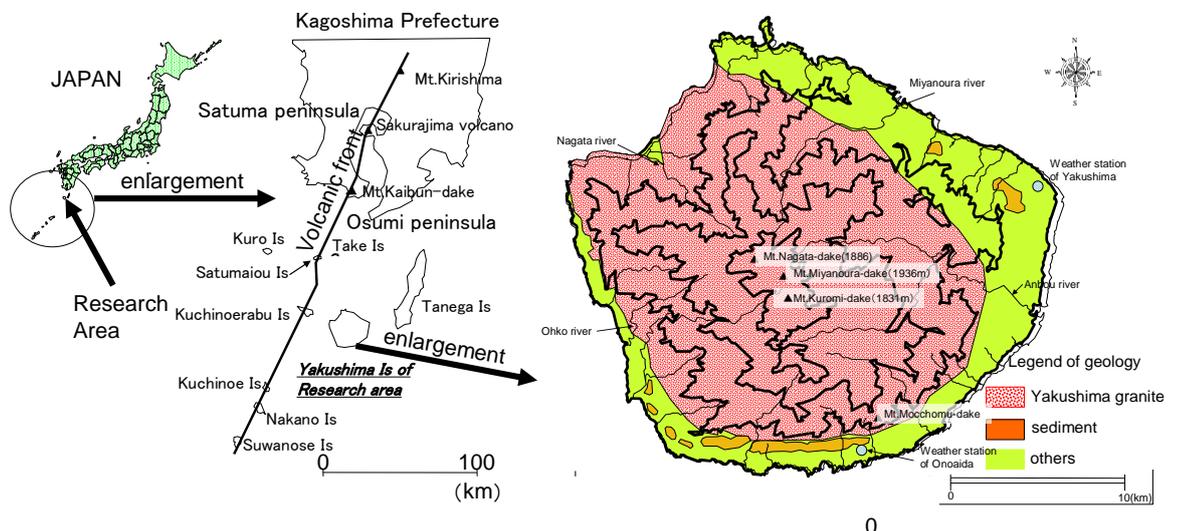


図-1 研究対象地

同位体比が海のある沿岸からの影響のみ受けることである。つまり屋久島以外の山地などの酸素・水素同位体比の値に影響を与える因子がないために同位体比の変化の確認をすることが容易である。そのため同位体の効果の影響を調べるのに適している。また屋久島は、③ほぼ花崗岩の岩体なので、一様な地質条件で地下水の様子を確認できる。屋久島は、周囲 132km、面積約 503km² で、中央部には九州最高峰の宮之浦岳(1936m)が聳え立っている。降水量は、山間部で 8000~10000mm/年であり、平野部でも 3000mm/年である。また、降水量は、東部で多く西部で少ない傾向にある。

調査期間は、2006年3月、7月、10月、2007年2月、6月、2008年7月、9月、2009年9月である。

結果と考察

2006年10月は、Na⁺濃度をはじめ溶存イオンの濃度が他の季節と比較して高い傾向を示した。その原因は、降水量が少ないため地下水の割合が多くなったことに起因すると考えられる。酸素・水素同位体比の平面分布を作成するため本研究では、他の季節と濃度が異なった10月と標準偏差が分析機器の測定誤差(酸素同位体比は±0.1‰、水素同位体比は±1.0‰)より大きい表流水を削除した。図-2が、酸素同位体比の平面分布である。沿岸部は、東側で同位体比が高くなり、西側で同位体比が低くなる。内陸部においては、沿岸部より同位体比が低いことが分った。この結果を使って酸素・水素同位体比の標高による効果、内陸効果、降水量効果を推定する。降水量と同位体比には相関がなかったため、屋久島においては、降水量効果を確認できなかった。標高による効果と内陸効果を推定するために使用したデータは、酸素・水素同位体比の実測値、各調査地点の標高、各調査地点から南東の方向、東の方向、南の方向の沿岸までの距離である。酸素・水素同位体比の標高による効果と内陸効果は、南東の方向が $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = 0.59X - 0.030Y - 6.1$ 、 $\delta\text{D}(X,Y) = -2.6X - 0.15Y - 32$ 、東の方向が $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = -0.91X - 0.016Y - 6.1$ 、 $\delta\text{D}(X,Y) = -1.2X - 0.16Y - 32$ 、南の方向が $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = -1.0X - 0.015Y - 6.1$ 、 $\delta\text{D}(X,Y) = -6.5X - 0.022Y - 32$ (X:標高(km), Y:沿岸からの距離(km))である。この結果の精度を確認するため、紀伊半島で調査・研究された酸素・水素同位体比の結果を利用する。紀伊半島で調査された酸素・水素同位体比の実測値と上記の式を利用した計算値の誤差の平均を算出した。 $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = 0.59X - 0.030Y - 6.1$ を用いたときの酸素同位体比の誤差平均は、-0.08‰と分析機器の測定誤差より低い結果であった。それ以外の式の誤差の平均は、-0.42‰、1.1‰と機械の測定誤差より大きい値であった。水素同位体比の誤差の平均は、-8.7‰、-8.9‰、-11‰と分析機器の測定誤差より大きい値を示した。さらに精度を確認するため紀伊半島の実測値と計算値の平面分布の比較を行った。 $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = 0.59X - 0.030Y - 6.1$ のY(沿岸までの距離)に調査地点から南の沿岸までの距離を代入した計算値の平面分布は、実測値と似た分布を示した。つまり屋久島では南東、紀伊半島では南の方向で精度が高いことが確認できた。よって本式を用いる場合は、沿岸の方向に着目する必要があると考えられる。

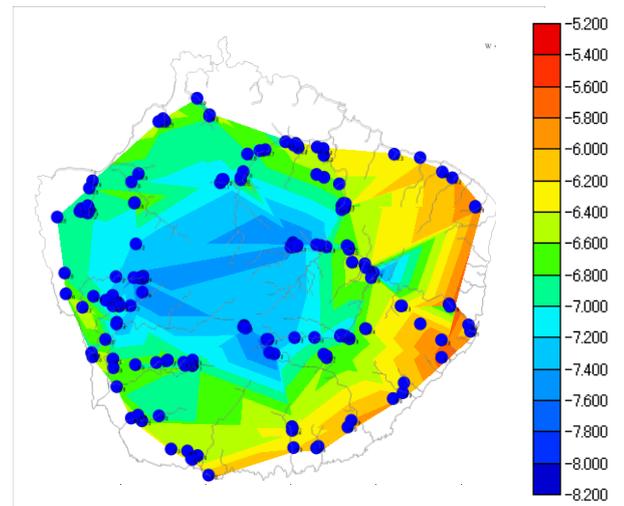


図-2 酸素同位体比の平面分布

高度効果の結果を用いて、屋久島の地下水の涵養域と流動を解明する。地下水として温泉水を利用した。温泉水の酸素同位体比の年間の変動幅は、0.2‰と機械の測定誤差の程度であるので、ほぼ一定な値である。高度効果は、Xを標高(m)、Yを酸素同位体比(‰)とすると南東が $Y = -5.8 - 0.0011X$ 、北東が $Y = -6.3 - 0.0011X$ であった。温泉水と高度効果の結果を利用すると涵養域の標高は、湧水地点より高い場所であることがわかった。最も高い温泉水の標高は、標高が約1400mである。この結果は、地温勾配の結果からもほぼ妥当であるといえる。次に、地下水流動を用いてもこの涵養域の標高を表現できるのかを確認した。ほぼ酸素同位体比で推定した涵養域の標高から流れてくる地下水流動が再現できた。しかしHCO₃⁻濃度が高い温泉水は、酸素同位体比で推定した標高からの水の供給が確認できなかった。

まとめ

酸素同位体比の標高による効果と内陸効果は $\delta^{18}\text{O}(X,Y) = 0.59X - 0.030Y - 6.1$ (X:標高(km), Y:沿岸からの距離(km))と推定できる。酸素同位体比の高度効果を用いて地下水の涵養域を推定するとその標高は、標高800m以上であると推定でき、地温勾配、地下水流動解析の結果からも妥当であると考えられる。

論文審査の結果の要旨

雨水の酸素・水素同位体比の標高効果、内陸効果、降水量効果を他の地形の影響を受けにくい海上に浮かぶ屋久島で、長期にわたり調査を行った。その結果、同位体効果を標高効果と内陸効果に分離した式を作成することができた。その結果、標高効果は内陸効果の20倍あることが判った。また、その内陸効果の方向は屋久島では、南東方向であることを明らかにした。また、この関係式を紀伊半島でも適用し、妥当な結果が得られ、一般性のある結果を導くことができた。

このような、同位体比の効果を野外調査によって明らかにしたことは、今後の同位体水文学の世界で、涵養域推定の発展に大きく貢献するもので、意義のある結果を導いた。

したがって、学位に値する研究内容と評価された。

また、タイトルを、内容を再度吟味して「詳細な酸素同位体比の内陸効果・標高効果の推定と花崗岩地帯における地下水の涵養域の推定」から「屋久島における酸素同位体比の内陸効果・標高効果の推定と花崗岩地帯の地下水流動の推定」に修正することを了承した。

最終試験の結果の要旨

雨水の同位体比の分布から同位体比効果を導くためには、野外での長期の調査と共に、多量のデータの整理、また、水質化学、気象学など多面的、かつ論理的な考察が必要で、学位に必要な論理的にまとめる能力があるものと評価された。