

筑波山北側斜面での自然電位測定から推定される地下水流動系の推定

Implication of Groundwater Flow at Mt. Tsukuba by using Self-Potential Measurements and Hydrological Studies.

後藤 忠徳[1], 近藤 和也[2], 伊藤 里奈[3], 江崎 啓介[2], 大内 康雄[4], 安部 豊[5], 辻村 真貴[6]
Tada-nori Goto[1], Kazuya Kondo[2], Rina Itou[3], Keisuke Esaki[2], Yasuo Oouchi[4], Yutaka Abe[5], Maki Tsujimura[6]

[1] JAMSTEC, [2] 愛教大・地球環境, [3] 愛知教育大学・地球環境科学, [4] 愛教大, [5] 筑波大・生命環境研・地球環境, [6] 筑波大・地球

[1] JAMSTEC, [2] Dept. Environ. Earth Sci., Aichi Univ. Educ., [3] Dept.Environmental Earth Sci.Aichi Univ.Educ., [4] Aichi Univ. Educ., [5] Geo-Environmentai Sci., Life and Environmental Sci., Univ. of Tsukuba, [6] Inst. of Geosci., Univ. of Tsukuba

<http://www.jamstec.go.jp>

山地斜面沿いの自然電位分布は、斜面に沿って流れる地下水によって引き起こされていると考えられてたが、これは定性的な解釈である。そこで本研究では、筑波山において自然電位測定を行い、水文学的観測結果との比較を行う。

山頂から山麓までの自然電位分布を調べたところ、標高 700 ~ 350m の地域では、上流側から下流側に行くに従って電位が上がる傾向が分かった。また標高 350m ~ 250m の地域では下流ほど電位が下がる傾向にある。自然電位分布と比流量を比較したところ、両者の増減の様子は類似しており、地下水の涵養・湧出が山地斜面での自然電位分布を形成していると考えられる。

山地斜面に沿って自然電位を測定した場合、上流側よりも下流側に相対的に正の異常が現れることが知られている(例えば Y. Sasai et al., 1997)。地下水が流動するとき、陰イオンは固体壁面に吸着するが、陽イオンは液層と共に移動するために電位差が発生し、これが地表での自然電位異常を作りうる。(Ishido and Mizutani, 1981)。つまり山地斜面沿いの自然電位分布は、斜面に沿って流れる地下水によって引き起こされていると考えられてきたのである。しかし、これは定性的な解釈である。比流量などの水文学的観測結果と自然電位分布の比較は、従来ほとんどなされていないが、山地斜面の自然電位分布を定量的に考える際に必要である。また山地斜面の地下水流動の研究に新たな手法を加える事にもつながる。そこで本研究では、多くの水文学的観測(例えば Sanjo, 1991)がなされている筑波山において自然電位測定を行い、水文学的観測結果との比較を行い、筑波山斜面での地下水流動について議論する。

自然電位測定は 2000 年 8 月 20 日 ~ 22 日に筑波山北側斜面に沿って行われた。山頂(標高 780m) から山麓(標高 130m)に至る南北約 3km、東西約 1km の地域において、主に道路沿いに 11 測線を設定し、電極間隔 12 ~ 120m のかえるとび法により電位測定を行った。電位センサーにはペットボトルやポリスキャップを用いた自作の銅-硫酸銅電極を使用した。測定に際しては並行側線を複数配置するようにし、測定精度の議論もできるようにした。また測定開始・終了時および測定途中の数力所で電極 2 本を近接して並べ、その間の電位差が数 mV 以下であることを確認している。さらに表層の比抵抗構造を知るために、本地域の 8 地点で 2000 年 11 月 18 日に電気探査を行っている。

山頂から山麓までの自然電位分布を調べたところ、平面的広がりや 100m 以内と局所的で、かつ大きな電位異常が数力所で確認された。この電位異常は並行する複数の測線で共通してみられることから、測定による誤差ではないと考えられる。本研究ではまず、筑波山北側斜面全体の自然電位分布の特徴をつかむために、測定値に対して 9 点の移動平均を行った結果について議論を行うこととした。

自然電位分布の特徴としては、標高 700 ~ 350m の地域では、上流側から下流側に行くに従って電位が上がる傾向が分かった。このうち標高 470m 付近では電位が若干下がる部分が認められる。また標高 350m ~ 250m の地域では下流ほど電位が下がる傾向にある。標高 130m より下流側の測定値がないためにはっきりとはしないが、標高 200m から下流では電位が再び上昇する傾向があるように見える。

次に自然電位分布と比流量を比較したところ、両者の増減の様子は類似していることが分かった。本地域の比流量(安部, 2001)は標高 700 ~ 500m では増加傾向、標高 430m 付近は減少傾向である。また標高 350m 付近で比流量は再び増加するが、標高 250m 付近では再び減少し、標高 200m 付近で増加傾向に転じる。従って、地下水の涵養・湧出が山地斜面での自然電位分布を形成していると考えられる。複数の測線から求められた自然電位の空間的分布から、筑波山北側斜面域には標高 450m 付近に弱い涵養域、350 ~ 300m 付近に強い湧水域、300 ~ 200m 付近に強い涵養域、200m より下流に湧水域があると考えられる。猪木他(1990)によれば、標高 330m より下流には礫岩層が分布している。また電気探査の結果から、この地域の地下水面は上流側よりも深部に位置していると考えられる。これ

らの結果からも標高 300m より下流に涵養域が広がっていることが示唆される。

一方、標高 700 ~ 760m の地域では上流側に行くほど電位が上がる傾向がある。本地域には湧水域はなく、熱水上昇もあるとは考えにくい。安川・茂木(1998)の数値計算によれば、透水係数の異なる物質からなる山地領域では、山頂部に期待される自然電位の負異常のピークは、透水係数の高い地域にずれる傾向にある。標高 700 ~ 800m の地域は斑れい岩が分布しており(猪木他, 1990)、下流の礫岩地域よりも透水係数が低いと考えられる。従って安川・茂木(1998)の示すように、筑波山山頂部の負異常が下流側へずれていたために、標高 700m より上流で正の電位異常が観測された可能性がある。従来は、活火山山頂部で認められる正の電位異常を熱水上昇に結びつけて解釈する事が多かったが、本研究の結果は、山体周辺の透水係数を十分に考慮して熱水上昇と関連づける必要性を示唆している。