

P2 インドネシア・メラピ火山南西山麓における浅層地下水(Ⅱ)

—Putih川近傍における地下水温特性—

東京大学農学部 沼本晋也

1 研究の目的と方法

火山地域の特性は、その広大な山麓斜面と豊富な地下水に対して土地利用や水資源の面での要求が高い場であるのと同時に、大量の不安定土砂に地表や地中の水移動が作用して引き起こす土砂災害発生の場合もあるという点にあり、このふたつに共通する水移動に関する研究が火山地域における重要な課題である。一般に火山体は浸透能が高く大部分の水は地下水の形態で移動するが、それはたとえ成層火山であっても地下水流動を起こす構造は様ではない。本研究では未だ明らかでない火山体の地中の水の動向のなかでも、特にこの課題に直接関わる浅層地下水流動系の実態を明らかにすることを目的とする。

試験地は、乾期と雨期が明瞭に分けられるインドネシアで現在も火砕流を頻発している成層火山のメラピ火山である。このメラピ火山南西山麓において1kmメッシュ毎に最低1点の観測点を設け、山麓斜面の複数の流域を含む広範囲で地下水及び湧水と河川水を対象として地下水位と水質を測定して解析を行なった。

2 地下水広域観測と測定の結果

広域調査の結果、まず山麓斜面で深さ20m以内の浅井戸の分布する限界が、標高およそ800m付近であること、またガリー一部において山体内の地下水が地表にあらわれる湧水点の分布上限が、斜面方向により若干異なるが標高およそ700m~1100mであることがわかった。次に地下水面の地表からの深さの平面的分布を見たところ、試験地中央部の火砕流堆積物に覆われて形成されているPutih川近辺に水位が低い楕円状の区域が見出された(Fig. 1)。地下水位経時変化を見ると、雨期にはこのPutih川近辺で大きく水位が上昇している(Fig. 2)。

そこで、地下水位を同等高線沿いにプロットし地下水面の断面形として見てみると、全体にガリーが刻まれている深さよりも地下水面の方が浅い位置にあるが、Putih川近辺ではガリーよりも地下水面が低く、しかも600mラインの断面では、両隣の流域からの集水を引き起こす地下水盆の形状をしている様子が見られる(Fig. 3)。同時に、雨期における地下水位上昇幅についても、Putih川近傍の区域では大きいこともわかる。

また、EC平面分布、pH平面分布でも水位平面分布と同じ場所に値の低い場所が現れ、全方向にほぼ一様な斜面形をもつ成層火山山麓であるにもかかわらず、浅層地下水の流れは様ではないことが確認できた。しかし、地下水温についてはその平面分布に明瞭な特徴がみられるまでには至らなかった。

3 水質からの考察

地下水位の平面分布で明瞭であったPutih川近傍の区域が地下水温の平面分布では不明瞭であったため、雨水涵養から地下水流動にいたる水の移動経路による地下水温形成機構の違いよりもむしろ、その場のそれぞれの標高による気温の違いの方が、浅層の地下水温形成に対してより大きく影響している可能性も考えられた。そこで観測井の標高と地下水温の関係をプロットしたところ、①全体の分布から見て水温は標高と相関関係がある。②その地下水温の標高が高くなることによる減率は、気温の減率 $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ にほぼ等しい。③Putih川近傍・その他の井戸・湧水の3種のプロットの存在範囲に違いがあらわれ、この順番に地下水温が高い。④雨季に水温が上がるが、その変化幅が異なりPutih川近傍に比べ他の井戸の地下水温の変化が大きい、など地下水位・EC・pHの平面分布でみられたPutih川近傍の特性が、水温についても確認され、またその性質により3つのグループに分類することができた(Fig. 4)。

水温と標高の関係において有意な結果が得られたため、EC・pHについても同様の解析を試みた。ECでは①乾期の湧水ECは標高によらず $0.2\text{mS}/\text{cm}$ 以下と低く、Putih川近傍の地下水ECも同様に低い値であるのに対して、その他の井戸の地下水では $0.5\text{mS}/\text{cm}$ までの高いものもある。②この性質は雨季においても同様であるが、全体に倍近い値となる(Fig. 5)。pHでは①Putih川近傍の地下水pHがその他の井戸の地下水に対して低い値をとり、また湧水のpHはばらつきが大きい。②全体では乾期 $6.0\sim 7.0$ 、雨季 $6.5\sim 7.5$ というような分布域の違いを見せる(Fig. 6)ことなどが読み取れた。特に、EC①は流動系を考えると水の起源に関する重要な情報になりうると考えられ、これらの水質情報の相互関連について詳しく調べる必要がある。

4 まとめ

本研究の結果、メラピ火山南西山麓斜面における浅層地下水を中心とした観測により、Putih川近傍では地表の流域界とは異なる広がりをもった区域でその性質が違うことが見出だされた(Fig. 7)。ここで、過去の地形面と地表の流域界(Fig. 8)と比較すると、現在のPutih川近傍の浅層地下水の流域が新たな火砕流堆積物によって形成された様子がわかるが、この区域の地下水流動系の流域はむしろこの過去の地表面の流域界に近い形状をしている。またさらに、地下水温・EC・pHによる解析の結果からも地下流域の存在が裏付けられ、少なくとも3種類の異なる性質をもつ浅層地下水が存在することが実証された。換言すれば、地表の流域界とは違った形をもった地下水流動の系が認知されたということになり、メラピ火山南西山麓の中部斜面における浅層地下水流動系について、まずその実態が明らかになった。今後は降雨と地下水位変動や河川水位変動の応答の面などからもさらにこの浅層地下水流動の特性を明らかにしてゆく必要がある。

謝辞

本研究は、科学技術庁から砂防学会への受託研究「火山地域における土砂災害予測手法の開発に関する共同研究」のうち「火山体の水収支に関する研究」の一部として行なった。関係各位に謝意を表する。特に東京大学、芝野博文助手には多大の指導と助言を頂いた。またEC・pH、水温測定に関しては東京農工大、窪田順平助手より測定機器を貸して頂きここにお礼を申し上げる。

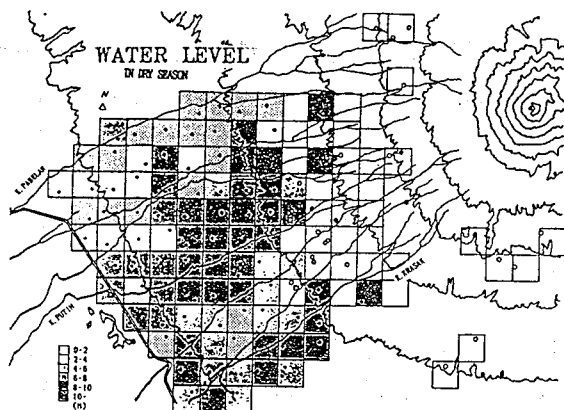


Fig. 1 乾期における地下水位の分布
中央部 Putih川近傍に比較的水位の低い区域が見える

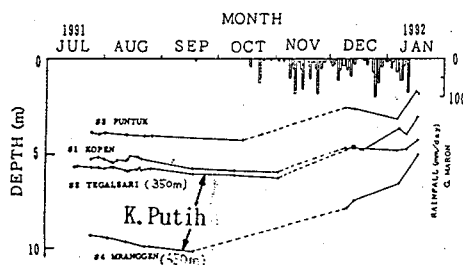


Fig. 2 地下水位の季節変化
メラビ山麓地下水位はおよそ乾期 -10m、
雨期 -5m以内の浅層に存在する。

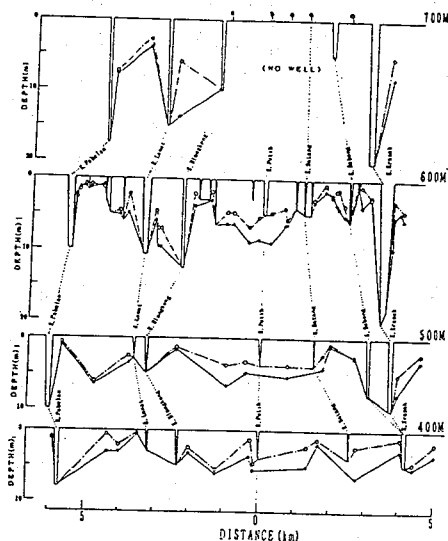


Fig. 3 各等高線沿いの地下水位分布
中央部 Putih川近傍に地下水盆地の形状の
断面が、標高600m-500mの区間で連続する。

○—○— 雨期の地下水位
●—●— 乾期の地下水位

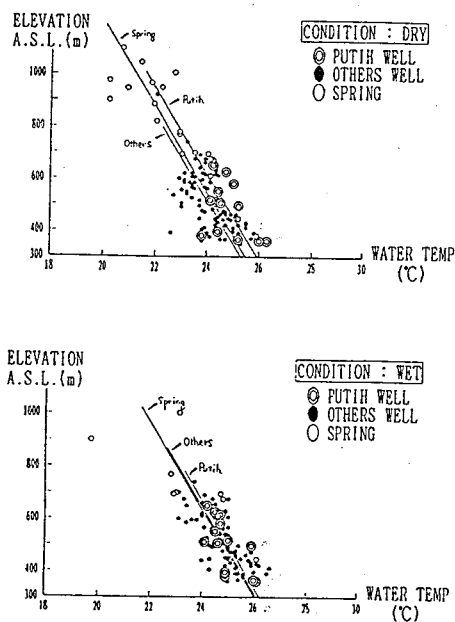


Fig. 4 水温の標高に対する分布

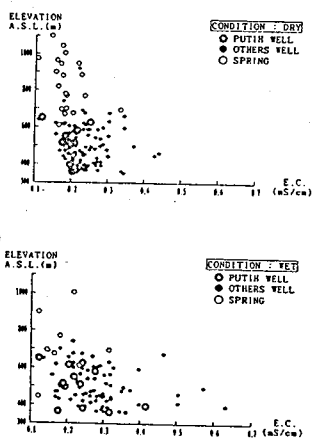


Fig. 5 E.C.の標高に対する分布

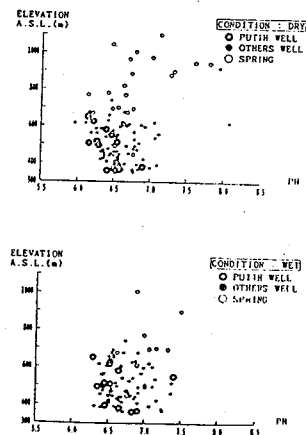


Fig. 6 PHの標高に対する分布

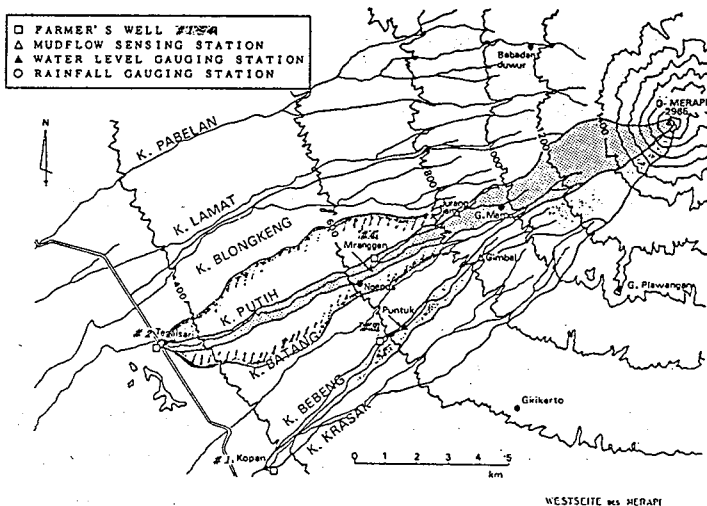
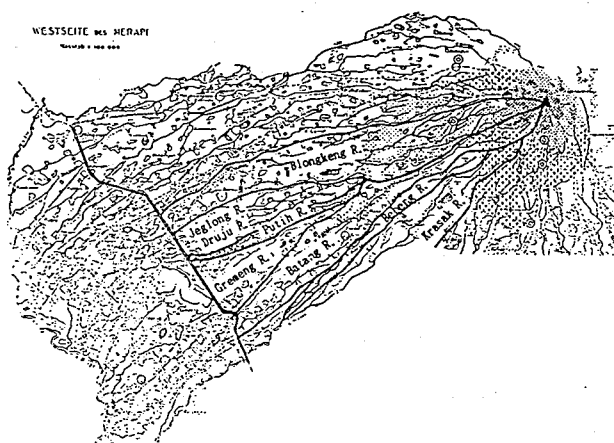


Fig. 7 現在の地表の流域界。着色流域は火砕流堆積物で覆われた Putih川とBebeng川。囲い区域は地下水盆。

Putih川-地下水盆

Fig. 8 1934年の流域界。Putih川とBebeng川は小流域だった。地下水盆は、Putih川と隣接する残流域を併せた区域と一致する。



参考文献

- 1) Schmidt, K.G. (1934): Die Schuttströme am Merapi auf Java nach dem Ausbruch von 1930.
- 2) JICA(1980): Master Plan for land erosion and volcanic debris control in the area of Mt. Merapi, Directorate of Rivers, Directorate of General of Water Resources Development, Ministry of Public Works.
- 3) 砂防学会「火山体の水収支研究班」(1992): 火山体の水循環—関係論文と既往研究レビュー集、砂防学会「火山体の水収支」研究班編
- 4) 砂防学会「火山体の水収支研究班」(1992): 平成3年度 科学技術庁振興調整費「火山地域における土砂災害予測手法の開発に関する国際共同研究」火山体水収支に関する研究および総合的災害評価手法に関する研究、調査成果報告書、砂防学会
- 5) The Japan Society Of Erosion Control Engineering, Volcanic Sabo Technical Centre, Reserch Institute For Water Resources Development(1992): Reserch in the rainy season 1991-1992 on erosion control through volcanic hydrological approach.
- 6) The Japan Society Of Erosion Control Engineering, Volcanic Sabo Technical Centre, Reserch Institute For Water Resources Development(1992): Reserch in the dry season 1991-1992 on erosion control through volcanic hydrological approach.