

P3 インドネシア・メラピ火山麓における地下水流動

—河川水の基底流量の涵養機構の解明—

東京大学農学部 ○熊谷朝臣・芝野博文・大沢和久・権田 豊

1. はじめに

1. 1 調査の目的

火山体では、基盤自体が幾度にも及ぶ降下火山灰や溶岩流、火砕流堆積物から形成されているため、基盤の透水性が高くなり、結果として一般の山体に比して地下水成分の比率が高くなっている。また、その経路は複雑である。さて、本研究の最終的な目標は、メラピ火山体における水循環過程を時間スケール・空間スケールにおいてできるだけ精密に記述することである。よって、上述のような特性を持つ火山体では、地下水流動系、その中でも浅層の地下水の分布特性と河川の基底流出の関係を把握することが重要事項となる。沼本らの研究は浅層地下水の平面的分布を水質、水温等を用いて明らかにした¹⁾。しかし、河川水の基底流量の滞水層からの涵養機構については定量的に解明するには至っていない。この定量的解明を目的として、測量によって対象地域の水位分布を精密に記述し、これに水理学的考察を加えることで河川の基底流量に対する浅層地下水からの涵養量を試算した。

1. 2 調査地の概要

本調査は、雨期にあたる1992年12月～1993年1月に、メラピ山南西斜面において600m等高線に沿ったK. KRASAK～K. PUTIHの地域とK. BATANG上の標高370mの地点の集落であるKRAKITANで実施された。メラピ火山の地質は、山頂付近に分布する高粘性の安山岩質溶岩と中腹より上方斜面に広く万遍なく分布する火砕流堆積物、中腹より下方斜面の火山性扇状地にまで広がるラハール堆積物で特徴づけられる²⁾。調査地の位置とその近辺における地質の様子を図1に示す。

2. 調査方法について

2. 1 小区画内 (KRAKITAN) における調査

この地域には多数の生活用の井戸が存在するが、これらの井戸における自由水面の三次元座標上での位置を確定できれば、この地域における地下水の流動特性を把握することができるはずである。そのために各井戸の位置について、水平方向の位置をコンパスで、垂直方向の位置を、より正確を期すためにレベルで測量を行った。そして各井戸において水位を測定すること

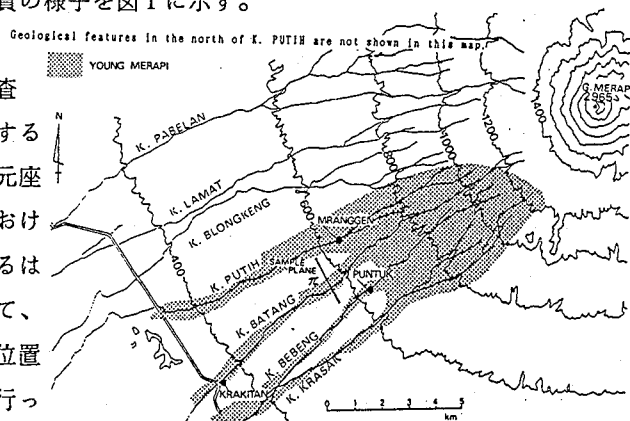


図2 調査地、地質概略図

で、その位置での自由水面の位置を三次元座標上で確定した。(図2参照)

2. 2 600m等高線方向 (K. KRASAK～K. PUTIH) における調査

基本的には2. 1と同じであるが、調査地がKRAKITANと比べて広範囲に渡るため、測量は光波セオ

ドライトによるトラバース測量を行い、適当な測点からコンパスによって、対象となる井戸の測量を行った。(図1参照)

2. 3 地下水流向流速計による調査

地下水流向流速計を使用して、KR. 9, KL. 3 (KRAKITAN) 及び PUNTUK (600m等高線) において計測を行った。(図1、図2参照) ここで得られる地下水流速と、2. 1、2. 2で得られる地下水面形状から読みとられる動水勾配から、各地域における透水係数をダルシー則より算出する。

3. 調査結果と考察

3. 1 KRAKITANにおける調査について

KRAKITANにおける地下水位分布を等水位線図として図2に示す。左岸において、等水位線はK. BATANGとなだらかな角度で交わっている。また、366m以上の等水位線はK. BATANG上の水位と連続的であるが、それ以下の等水位線はK. BATANG上の水位と不連続である。よって、左岸では、地下水が斜面下方へ向かいながらK. BATANGへ流入している傾向が推測できる。また、366m等水位線を境にして滞水層構造の変化が推察される。右岸においては、今回の調査で考察できるのは365m以下の等水位線のみである。これらの等水位線はK. BATANGに垂直に近い角度で交わっており、この地域での地下水流動成分はほとんど斜面下方に向かっていていることがわかる。また、これらの等水位線はK. BATANG上の水位は無視して両岸で連続的であり、この地域の下流側での滞水層構造の連続性が推察される。以上より、KRAKITANにおける地下水の流動形態として、上流側と下流側の分離、右岸側と左岸側との分離、という状況が挙げられる。これらの状況は単独もしくは複合的に存在しているであろう。メラピ火山における表層地質の構造は、斜面下方では比較的新しいラハール堆積物が河川に沿って分布し、古い火砕流堆積物・ラハール堆積物の上を貫いて縦断方向に連続しているが(図1参照)、ここKRAKITANでもこのような複雑な地質分布が知られており、上述の複雑な地下水流動形態の原因と考えられる。小区画内での調査でありながら、実に複雑な地下水の流動形態が示された。

3. 2 600m等高線方向における調査について

斜面横方向での水位分布と、それにとまう地表面の形状をみるために、XY平面に垂直に交わる平面 π を考える。(平面 π の位置については図1参照) なお、平面 π と地表面とが交わってできる曲線は550mに近似している。平面 π 付近に位置する水位調査点(図3におけるW12~N6)を、この地域の傾斜に対応させて平面 π 上に投影した図

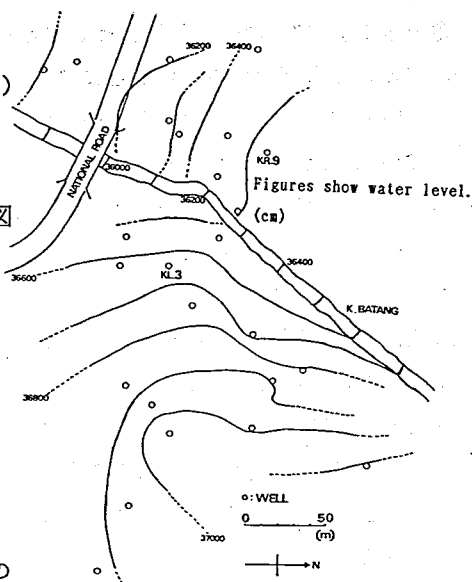


図2 KRAKITANにおける等水位線図

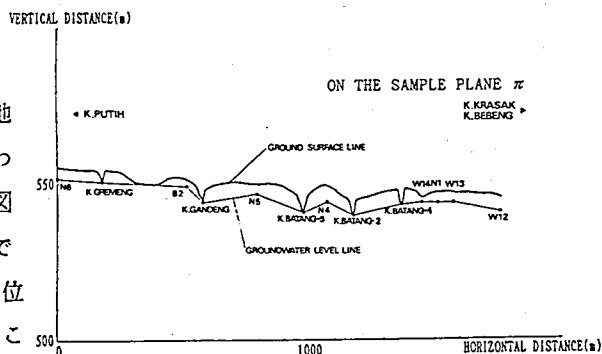


図3 平面 π による断面図

が図3である。すなわち、図3はこの地域を平面 π で切った場合の断面図である。地図の読みとり、河床勾配と水位の実測値からの計算により、図3上でK. PUTIHの水位を仮想したとき、549~552mと推

で表される。また、上述のように、区域外から十分な水量の供給がなされていることから、図5において q はどのような x においても等しいと考えられる。よって

$$\frac{dH(x)}{dx} H(x) = \text{const.} \quad (2)$$

という条件式が導かれる。この条件式を解くと、

$$H(x) = \sqrt{\alpha x} \quad (3)$$

となる。この式が表す曲線は河川に垂直に交わる平面上での地下水位分布を表し、 α はその分布に左右される定数である。よって、(1)式、(3)式より、

$$q = \frac{1}{2} \alpha k \quad (4)$$

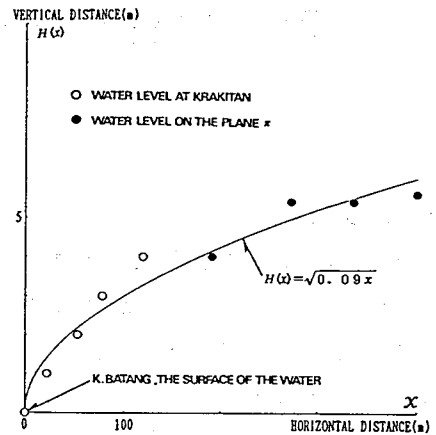


図6 (3)式の適用例

が成立する。この区間での河川への流入量は(4)式を区間延長で積分したものとなる。図3の水位分布曲線から α を算出し、 k としてこの区間での平均的な値である $3.0 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ (表1参照)を用いて(4)式を計算し、これに単純に区間延長6300mを掛けると、 $0.255 \text{ m}^3/\text{sec}$ なる流入量が得られる。これは、極めて単純な仮定から出発して得られた値としては実測値 $0.164 \text{ m}^3/\text{sec}$ によく対応しているといえよう。参考までに、(3)式の適用例を図6に示した。ここで、水位分布が理論式に比較的良好に適合していることが確認される。

おわりに

メラピ火山山麓部でK. BATANGを対象に河川の基底流量涵養のメカニズムを考察してみた。今後、同様の調査を精密に実施する必要があるが、結論として次の点を挙げる事が出来る。

- ①河川の基底流量を涵養しているのは浅層の地下水(切谷面より上部)である。
- ②浅層地下水の水面形は河岸近くで放物線を描き、これは理論的に求めたパラメータ α を当てはめて求めることができる。あわせて、現場での透水係数を測定することにより、涵養量を概算できる。
- ③水田等、上部からの水の供給が大であると推測される。

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の予測手法の開発に関する国際共同研究」のうち「火山体の水収支に関する研究」の一部として行った。関係者各位に謝意を表す。また、調査に際して、東京農工大院生、木平英一氏に多大のご協力を頂いた。ここにお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 沼本晋也・芝野博文：インドネシア・メラピ火山南西山麓における浅層地下水、平成4年度砂防学会研究発表会概要集、pp. 352～pp. 355、1992
- 2) VSTC, JICA : GEOMORPHOLOGY OF MERAPI VOLCANO, JULY, 1989