

## メラピ火山南西山麓における広域水収支

東京大学農学部 芝野博文 執印康裕 沼本晋也  
名古屋大学農学部 田中隆文  
岩手大学農学部 太田岳史  
東京農工大学農学部 窪田順平  
静岡大学農学部 土屋 智  
九州大学農学部 井倉洋二

### 1. はじめに

応用的な見地から火山地域で発生する土砂災害の防止対策を講ずるうえで、火山体における水収支に関する情報が不可欠の項目であることはいうまでもない。特に、土石流を引き起こす高水については、その発生機構、予想される降雨に対応するハイドログラフの予測など火山水文学の解決すべき課題は重大である。一方、純粋に火山地域の水循環を記述するうえで、未知のものが多く科学的な興味の尽きない領域である。その基本をなす部分が火山体における広域水収支であり、本研究ではメラピ火山南西山麓を対象にした調査結果を報告する。

### 2. 広域水収支の枠組み

火山体においてその水収支を求める場合、花崗岩地帯に設けられた従来の量水試験地を対象とする水収支の枠組みとは異なる次の条件を考慮する必要がある。

(1) 地形的分水界と地下水分水界が異なる。

(2) 雨量から流量を差し引いた残差は蒸発散量のみではなく、深部浸透量を大量に含む。

条件(1)から、地下水分水界と地形的分水界との不一致を解消する意味で、対象とする流域を広域に設定する理由が生じた。条件(2)から、蒸発散量を収支式の残差項としてではなく独立に求める必要が生じた。そして、収支式の残差項は地表における測定では捕捉の困難な深部浸透量として最後に求められる量である。ある期間の収支式を示すと次のようになる。(降水量  $P$ [mm], 実蒸発散量:  $ET$ [mm], 流量:  $Q$ [mm], 深部浸透量:  $G$ [mm], 貯留量の変化量:  $\Delta S$ [mm])

$$P = Q + ET + G + \Delta S \quad (1)$$

対象とする流域は図-1に示したとおり、メラピ火山南西面であり、メラピ火山頂上を扇の要とし、扇の先端を標高400mラインの国道に沿う線とする形状をもっている。この扇形流域は4つの主要な河川 (R. Blongkeng [Gulon], R. Putih [Tegalsari], R. Batang [Krakitan], R. Krasak [Kopen]) に対応した流域と扇形流域の先端部低標高地に位置する複数の小河川からなる残流域に細分される。

### 3. 観測項目

#### 3-1. 流量

流量は自然河川断面で得られた水位記録をもとに換算された。定期的の実測した水位-流量の関係は、放物線断面形状とマンニング式を仮定して求めた、水位-流量の関係式によく適合した。流量の流域別・月別変化を図3に示す。

#### 3-2. 雨量

雨量は5つの降雨観測点[BABADAN, G. MARON, MRANGGEN, GIRIKERTO, G. PLAWANGAN]に対して、流域のメッシュの雨量を観測点までの距離の自乗の逆数で重み付けして算定し、流域で積分して流域雨量とした。雨量の流域別・月別変化を図2に示す。

### 3-3. 蒸発散量

衛星画像から分析した土地利用情報を用いて流域のメッシュ毎にPENMAN-MONTEITH式のパラメータを、また、衛星情報・地形情報から日射量などの気象要素を決定して実蒸発散量を求め、流域で積分して月別の流域実蒸発散量とした。実蒸発散量の流域別・月別変化を図4に示す。

## 4. 流域水収支

式(1)において深部浸透量を無視して地下水かん養量を求めると、図5がえられる。プラスは地下水へかん養された量、マイナスは貯留された地下水を消費した量を表す。流域外に流去する深部浸透量は考慮されていないためプラスに偏ったグラフとなっている。流域別・月別でかん養量に大きな変動があることが理解できる。

図6は標高400m付近の2つの井戸の年間の水位変化と図5のなかから残流域(扇形の流域から4つ主要河川の流域を排除した流域)の月別変動をとり出したものを示している。乾季の減水の速さは平均的にみて-8.5mm/dayであり、比産出率を0.35とすると年間で排水される地下水貯留量は1086mm程度と見積もられる。

年単位で収支計算を行い、流域別に整理したものが図7である。全流域を束ねた扇形の流域での収支は降雨3491mm、蒸発散量1336mm、流量1061mm、深部浸透量1094mmとなり、火山体特有の深部浸透量が膨大であることが理解できる。また、これは上述の帯水層からの年間排水量とほぼ同じ値である。

流域別の深部浸透量はBLONKENG川が264mm、PUTIH川が1768mm、BATANG川が674mm、KRASAK川が1293mmでばらつきが激しい。これを各流域で一定として収支の再計算をすると図8に示したように流域間で水のやりとりが見えてくる。PUTIH川からBLONKENG川へ、KRASAK川からBATANG川へ大量の地下水が渡され、流域外にやがて流去することがわかる。

## 5. 結語

メラピ火山を対象とした1993年の水収支の大枠が紹介され、年間1094mmが流域外に流去していること、この量が帯水層の乾季の減水の速度とよく対応する可能性が見出された。これだけの大きさの深部浸透量を排水するには大規模な帯水層によらなければならない、大量の地下水が火山体に賦存していることを予想させる。

水収支を求める横断面として標高400mラインのケースを紹介したが、今後、600mライン、1000mラインでの収支を求めて、地下水かん養機構を立体的に考察し、分布型の流出モデルを実行に移す考えである。

### 謝辞

本研究は科学技術庁振興調整費「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。末筆乍ら、事務局、砂防学会、YOGYAKARTA STCの関係各氏に深甚の謝意を表する次第である。

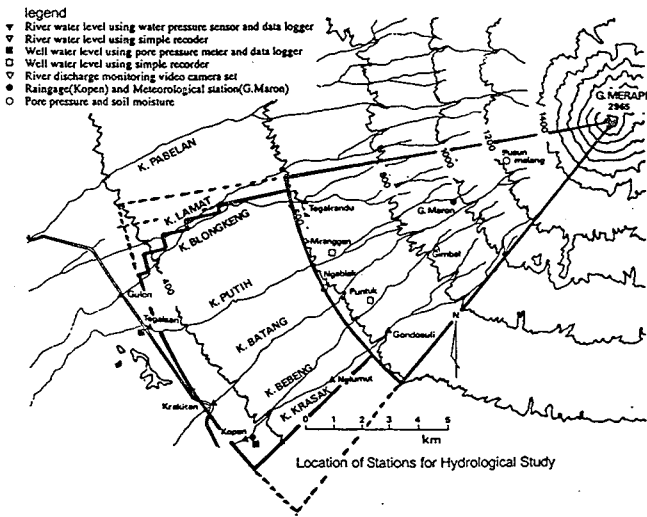


図1 流域の地形

Comparison of Rainfall between 4 Main Rivers and Other Small Rivers [1993]

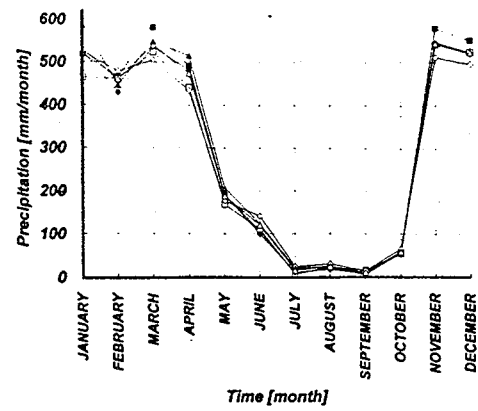


図2 流域別・月別降水量

Comparison of Discharge between 4 Main Rivers and Other Small Rivers

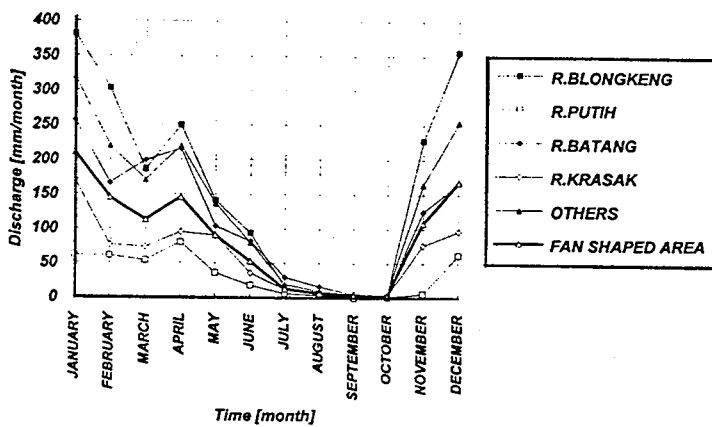


図3 流域別・月別流量

Comparison of Evapotranspiration between 4 Main Rivers and Other Small Rivers [1993]

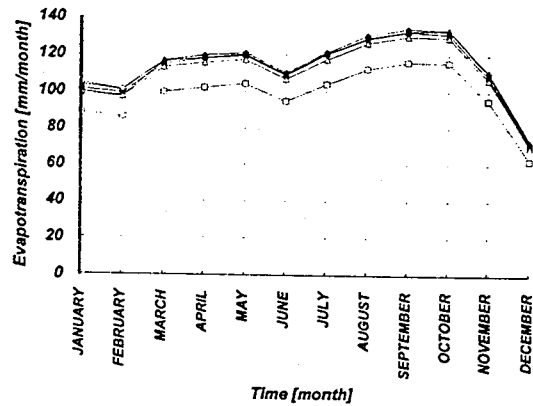


図4 流域別・月別蒸発散量

Monthly Budget of Groundwater on 4 Main Rivers and Other Small Rivers

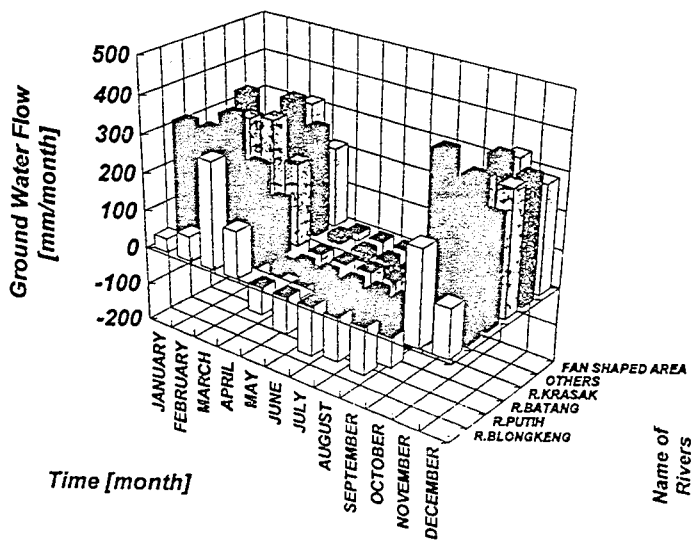


図5 流域別・月別地下水かん養量

Monthly Groundwater Flow and Groundwater Fluctuation [1993]

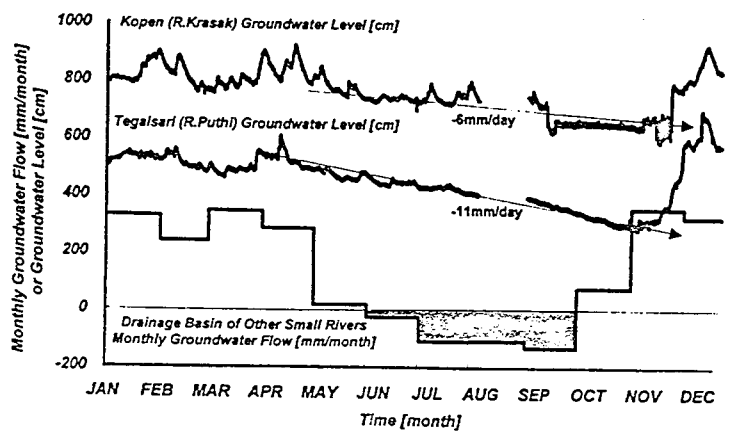


図6 井戸水位の長期変動と残流域における地下水かん養量

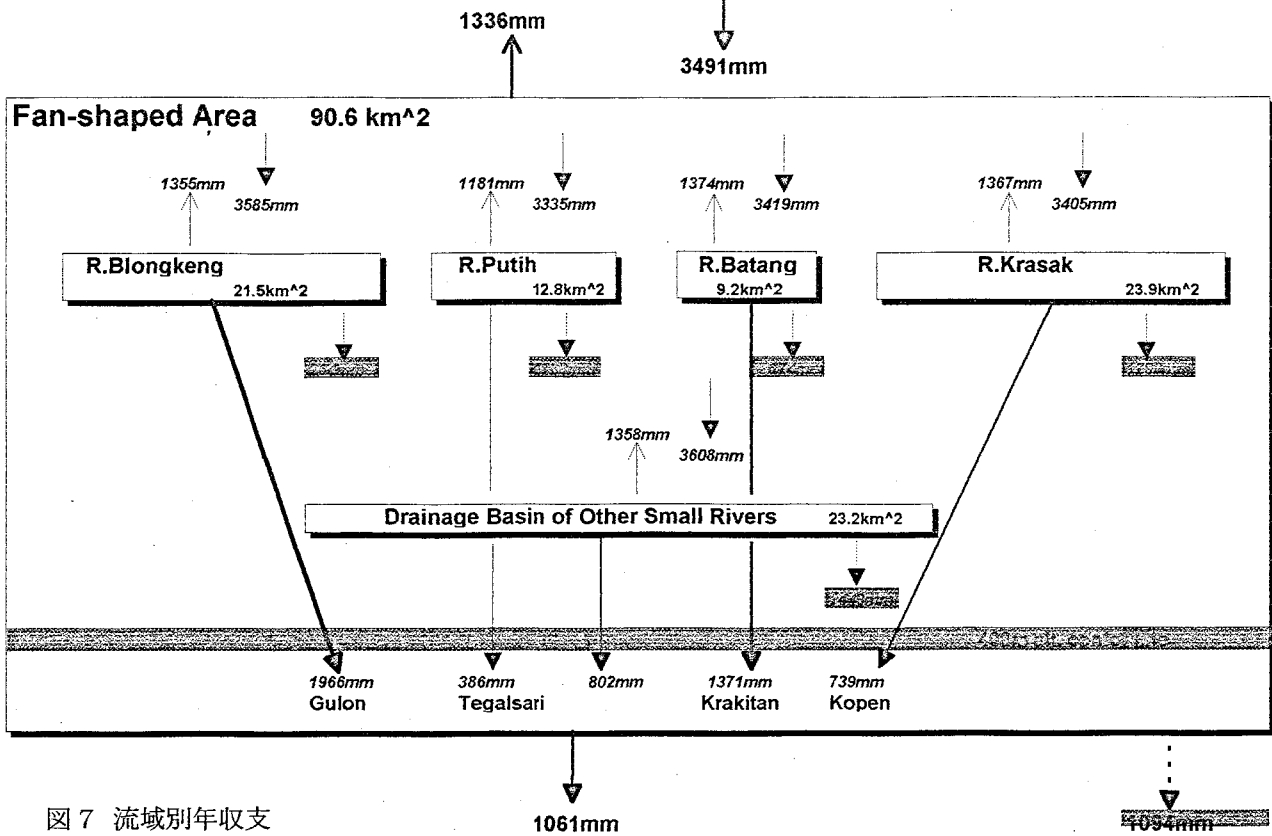


図7 流域別年収支

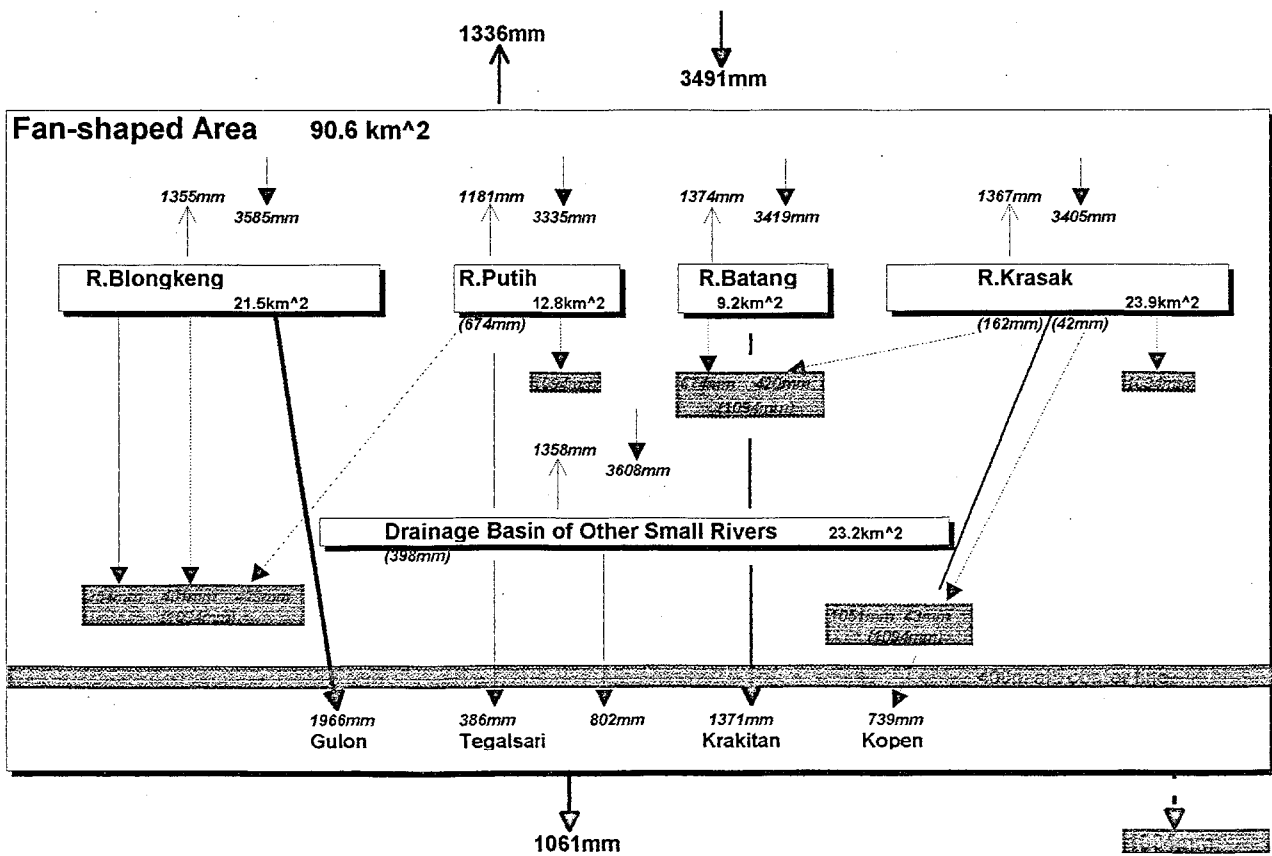


図8 流域間での地下水の受け渡し