

日本工営（株） 防災部 勝呂 博之

はじめに

今日、火山山麓における防災体制については、世界的に関心もたれるようになり、我国の砂防技術者にとっては、本格的に議論する時機がきたように思われる。演者は、1986年5月中旬より、約1ヶ月半の日程で、インドネシアの東部ジャワ島にある、3ヶ所の火山を訪れる機会を得た。ここでは火山活動を現在でも続けているSemeru火山、現在は休止しているが、約20年前に大噴火し、山麓に大きな被害を与えた、Kelud火山およびAgung火山における火山砂防について報告する。

1. 火山活動

Semeru火山は、標高3,676mで、ジャワ島最高峰の活動中の成層火山である。活動の記録は、1818年以降残されており、それによると、活動期と休止期が交互に現われている。しかし、1940年以降は、間断なく活動しており、現在では、約30分に1回の割合で小噴火を起こしている。

Kelud火山は、標高1,731mで、ジャワ島に存在する火山の中で、最も低い火山で、山頂部には、大きなクレーターと火口湖が存在している。噴火は、

平均15年の周期で繰り返され、噴火時には、この火口湖の水が、火山灰等とともに噴出し、大規模な土石流・泥流を発生させているのが特徴である。最近では、1966年に噴火し、多数の犠牲者を出し、その後は休止している。

Agung火山は、バリ島最高峰の火山で、火山活動は、それほど活発ではないが、最近では1963年に大爆発を起こし、標高3,142mから、3,014mに低下している。

2. 災害の形態

いずれの火山も、被害は概ねLahar（火山噴出物の1次堆積物が、土石流・泥流となって流下する現象）による土砂災害で、主なガリー沿いにLaharが流下し、山麓の村落を直撃するケースが一般的である。なお、Kelud火山については、火口湖の水量が、Laharの規模に大きな影響を与えているようである。また、Agung火山については、Laharの他に、熱雲や火砕流による直接的な被害を発生させているようである。

3. 防災対策

Semeru火山山麓（主要3河川）での対策工は、火口から10km以上離れたところから行われている。対策工法は、①堤防、②砂防ダム、③護岸工、④水制工で、大半は堤防である。堤防は、フトン籠を重ねたタイプ、盛土の表面を石積みで保護したタイプが多く、いずれも経済性、施工性から、現河道の土砂・玉石を利用している。堤防の高さは、3～5m、長さは100～2,000mで、河川の片側に断続

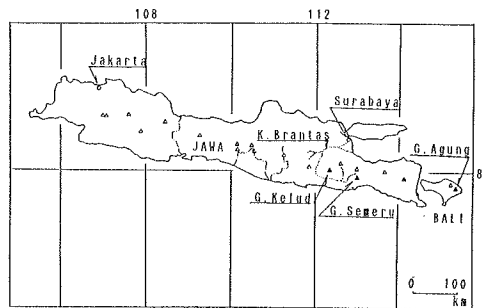


図.1 火山位置図

的に造られている。砂防ダム（練石積み、コンクリート）は、最上流側に築造されているが、その数は、3河川合わせても10基（1977～1986現在）に満たない。ダム（ $h = 7 \sim 10\text{m}$ ）は、いずれも満砂状態で、施工後2～3年で満砂している。一部のダムは、モルタルの品質が悪いせいか、天端・袖部での侵食が著しいものがあった。

Kelud火山は、プロジェクトによる砂防計画が比較的充実しており、対策工は、1901年以来続けられている。対策工法は、①床固工、②砂防ダム、③遊砂地、④流路工、⑤流路変更など、多様な工法が実施されている。とくに、火口湖については、排水トンネル（オランダ政府実施）が施工されており、水量を減ずる対策が講じられているが、噴火時に何度か被害を受けている。なお、この地区の特徴は、山体を流下する河川が、直接海に注ぐのではなく、山体を取り巻くように流れるBrantas川に流入していることで、細粒土砂による河床上昇は、この地区の大きな問題となっている。

Agung火山は、地元のコンサルタントにより、マスタープランが作成（ニュージーランドの専門家によるアドバイス）され、1982年より砂防工事が進められている。対策工法は、横工（砂防ダム、床固工）が主で、堤防はほとんど施工されていない。この地区では、床固工にかんがい用の取水口が設けられているもの、ダム天端に侵食防止の鉄板が組み込まれているもの、副ダム下流に、侵食防止用としてさらに階段工が施工されているもの、床固工を群として設け、流路を固定しているものなど、他の地区では見られない地域的な配慮がなされているのが特徴である。

以上が、砂防施設の概要であるが、避難体制としては、Tongtong（木筒）による伝達システムと高台への避難が一般的である。

4. インドネシアの火山砂防について

個性的な3火山を見て、この国の火山砂防の問題点と技術的な課題を列挙する。

- ① 土砂生産の多い活動中の火山については、土砂の貯留を目的とした砂防ダムの配置は、焼け石に水であり、とくに火口に近いほど、その効果を期待することはできない。
- ② 土石流・泥流は、概ね現在のガリー（河道）に沿って流出しており、現河道の整備（河床および流路の固定、段丘を含めた河道内の土地利用）は、必須条件である。
- ③ 拡幅部における土砂の氾濫、堆積、再移動は、流出土砂量の多い河川の至る所で見られており、拡幅部における流路の固定は、不可欠である。
- ④ 活動中の火山と休止中の火山については、流出土砂量にかなりの差があり、施設の効果および維持管理には、施工後も十分監視する必要がある。
- ⑤ 活動中の火山では、溶岩流出により、流域変更する場合があります。砂防計画を立てる上で、各河川の土砂移動特性を十分把握する必要がある。
- ⑥ 火山山麓では、細粒土砂による河道の閉塞や河床上昇が問題となっており、砂防計画では、あらかじめその除砂方法、分離方法、利用方法を検討しておく必要がある。
- ⑦ この国の火山砂防の体制は、保全対象の重要性に比例しており、地域性を反映していると感じたが、いずれにせよ、画一的ではなく、各河川に応じた砂防技術の適用が望ましい。
- ⑧ この国は、恵まれた気候条件と豊富な労働力により、災害後の回復力はめざましいが、それだけに、広大な土地利用を十分考慮した砂防計画が必要であろう。