

44 アグン火山噴火(1963)後のウンダ川 における土砂移動の変遷に関する研究

青森県八戸土木事務所 加藤清和

1. はじめに

火山の噴火活動に伴う土砂災害は、溶岩流、火砕流、火山泥流、土石流等が有り、それぞれについて近年研究がなされているが、火山噴火後の土砂移動の変遷に関する研究は見受けられない。土砂移動の変遷を把握することで、火山砂防計画のための対策工法の選択に対してヒントが得られると考え、インドネシア、バリ島、アグン火山の一流域であるウンダ川(Unda R.)を対象にして、土砂移動の変遷を既存資料及び現地踏査により検討したものである。

アグン火山の噴火の記録は1843年、1963年の2回で、その休止期間は120年有り、また1963年の噴火後26年を経て、現在河床低下傾向を見せていて、単一噴火後の変遷を把握するに好材料と判断し、研究対象とした。

なおアグン火山の1963年噴火の状況及び被害に関しては、新砂防 Vol. 43 No. 4(171) Nov. 1990を参照されたい。

2. ウンダ川の概要

ウンダ川はアグン火山の西面の溪流を集めて南流し、県都クルンクンを経て海に至る。流域はウンダ川とテラガワジャ川(Telagawadja R.)の二支川に分けられる。

アグン火山(3,142m)の南面を流下する小支川バラック川(Barak R.)、ランゴン川(Langon R.)、ニュリング川(Nyuling R.)、サブ川(Sabuh R.)は合流して支川ウンダ川となる。一方バトゥール火山の外輪山の最高ピークであるアバング山(2,152m)から発したテラガワジャ川は、アグン火山とアバング山の稜線から流下するランタン川(Lantang R.)、クラディアン川(Keladian R.)、イエ・サ川(Yeh Sah R.)を集めて流下する。2支川は県都クルンクンの上流で合流し、谷次数では5次谷となりインド洋に至る。

主流路はバラック川-ウンダ川で、流路延長 31.0km、平均勾配 1/9の溪流である。流域面積はウンダ川とテラガワジャ川合流点で、前者が 111.9km²、後者が93.7km²、河口での全体流域面積は 225.2km² である。

3. 土砂移動

アグン火山砂防事務所によると、噴火から現在までの土砂移動形態は、次のような順であった。

- a. 噴火により火山灰が降ると同時に火砕流が発生。
- b. 中流域(支川ウンダ川流域もテラガワジャ川流域も、小支川が合流する地点付近)へ土砂が流出し、橋や灌漑施設を破壊。
- c. 1971年までの8年間に泥流が徐々に流出し、河口付近の集落を埋没させ堆積。
- d. 河床低下が始まる。

このような把握に基づき各種の計測を1/50,000地形図を基本に実施した。

3.1. 噴火による土砂生産

1963年の噴火時の降灰量は図-1の等深線から算定した。火砕流は支川ウンダ川流域に集中し、テラガワジャ川流域では、支川ウンダ川流域に隣接したイエ・サ川へ流出した。この火砕流の停止位置は表-1のとおりで、標高 500~650m、溪床勾配 2~5° である。火砕流の堆積面積は35.0km² でその平均厚さは現地踏査により3.0mである。以上から噴火による土砂生産量は次のとおりである。

噴火による土砂生産量

降灰量 $44.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

火砕流量 $105.0 \times 10^6 \text{ m}^3$

計 約 $150.0 \times 10^6 \text{ m}^3$

3.2. 中流域への土砂流出

噴火後一年程度で中流域へ土砂が流出し、ベサキ寺院へ行くためのテラガワジャ川を渡る橋、バラック川、ランゴン川、ニュリング川、及びその他の川の橋がこれにより破壊された。

この土砂流出の露頭は、クラディアン川の砂防ダム直下流に河床低下によるものが見られ、石礫を多く含み、不均一で土石流痕跡と考えられる。

多くの支川にこれが発生しているが、アグン火山砂防事務所資料にその堆積位置が示されているのは、テラガワジャ川とサブ川だけであるので、堆積面積は2地域の計測とし、テラガワジャ流域 2.8km²、サブ流域 3.3km² である。堆積厚は前述の路頭から平均 2.0m である。

堆積位置は、テラガワジャ川では標高 800~450mで堆積開始点勾配 2.4°、終点勾配 1.1°、平均勾配 1.6°、サブ川では標高 600~450mで堆積開始点勾配 2.8°、終点勾配 1.6°、平均勾配 2.2° である。

中流域への土砂流出量 $12.0 \times 10^6 \text{ m}^3$

3.3. 河口部に堆積した土砂

噴火後たびたび泥流災害を発生させながら流下した土砂は、河口付近の集落を押し潰した。今回航空写真から堆積範囲を計測した。航空写真には堆積の範囲が明瞭に表現されており、面積は 3.2km² で、厚さは 5.0m である。堆積開始点はクルンクン砂防ダムの建設されている位置（河床勾配 1.0°）で、海まで至っている。谷の出口から堆積しているので、面的な広がりが増加している

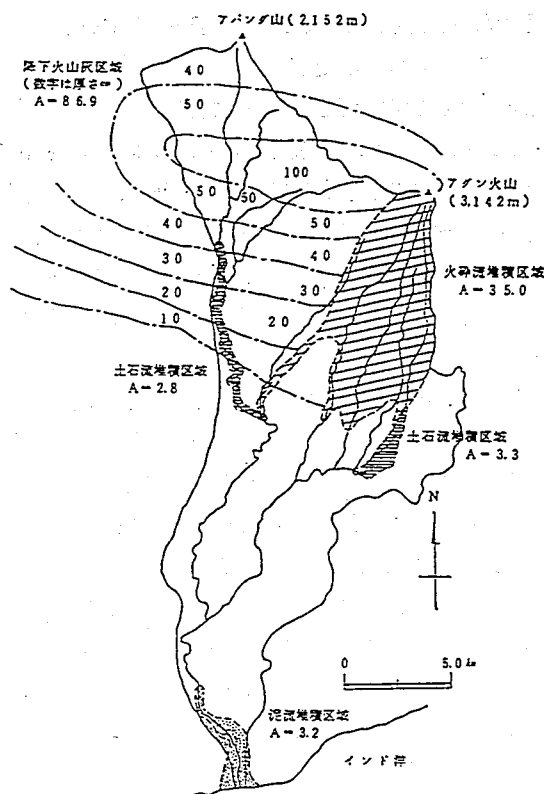


図-1 噴火時の降灰山、火砕流及び土砂堆積位置
Skema pengendalian material pada das Unda
(Proyek gunung Agung) に加算

表-1 火砕流の停止位置

渓流名	標高(m)	溪床勾配(度)
Yeh Sah R.	550	3.3
Barak R.	525	3.4
Langon R.	525	2.6
Nyuling R.	650	4.9
Sabuh R.	550	2.3

思われる。流路はこの堆積面を数回移動している。

河口部に堆積した土砂量 $16.0 \times 10^6 \text{ m}^3$

3.4. 現在の河床状況と既設砂防設備

流域には砂防ダム11基、床固 3基、サンドポケット 1箇所、流路工 1箇所の都合16設備が設置されている。流路工は河口部の泥流堆積の下流部分に位置し、築堤形式で水制と護岸を組み合わせた物であるが、現在河床低下による施設被災が散見される。

砂防ダム、床固及びサンドポケットは標高450m～750mの中流域に配置されている一群の12基と、それより低い位置に有る貯砂効果の高い 3基に分けられる。

3.5. 現在の流出土砂量の推定

現地調査と聞き取りにより、既設砂防設備の堆砂量と堆砂期間を求め、年平均比堆砂量を推定した。設備諸元は、「Inventarisasi Bangunan Pengendali Sedimen (設備台帳)」²⁾により、貯砂量は平均河床幅と有効高とから計算する簡便法を用いた。また堆砂勾配は 1/2とした。

現況堆砂量は1989年 2月に現地調査を実施するとともに、満砂設備については満砂時期を聞取った。堆砂開始時期は施設の建設開始時期とし、満砂時期は聞取れた年の 4月とした。なぜならば現地の季節は雨季(10月～ 4月)と乾季の2季で、乾季にはほとんど降雨は無く、土砂流出が無いためである。年平均比堆砂量の計算は次の仮定でおこなった。

- 計算する施設の堆砂スピードは一定。
- 上流ダムが未満砂の場合、下流ダムは上流ダム流域からの土砂流出は無く、残流域からの土砂のみを貯砂する。

表-2 ウンダ川流域砂防設備の年平均堆砂量

河 流 名	施 設 名	流域 面積 (km ²)	貯砂容量 (m ³)		堆積の状況(1989. Feb)		堆 砂 期 間 (年)			年平均堆砂量 Cm ³ /km ² ・年
			貯砂量	即制量	状 況	堆砂量	時 期	期 間		
Barak R.	Aneut 砂防ダム	13.4	79,000	52,000	水通より 2.0m 下	29,000	1982. 7～1989. 2	6.7	323	
	Selat 砂防ダム	14.3	11,000	38,000	1982年満砂	11,000	1977. 2～1982. 4	5.1	151	
	Selat 床固工	16.8	22,000	20,000	1984年満砂	22,000	1980. 10～1984. 4	3.5	1,616	
Langon R.	Langonサンド・ポケット	5.1	5,200	8,400	1984年満砂	5,200	1979. 8～1984. 4	4.7	217	
	Langon砂防ダム	5.7	6,900	7,100	1985年満砂	6,900	1980. 8～1985. 4	4.7	473	
Unda R.	Sidaseen 砂防ダム	65.0	380,000	120,000	水通より 0.5m 下	350,000	1981. 8～1989. 2	7.5	980	
Telagawadja R.	Buyan 砂防ダム	41.0	77,000	29,000	水通より 5.0m 下	23,000	1977. 11～1989. 2	11.3	50	
Teladian R.	Teladian砂防ダム	11.2	15,000	9,500	1985年満砂	15,000	1978. 8～1985. 4	6.7	200	
	Teladian床固工	12.5	1,000	2,000	1985年満砂	1,000	1979. 8～1985. 4	5.7	136	
Telagawadja R.	Pawpetan床固工	54.5	13,000	10,000	1980年満砂	13,000	1977. 8～1980. 4	2.7	486	
	Telagawadja 砂防ダム	76.7	86,000	59,000	1977年満砂	86,000	1972. 8～1977. 4	4.7	238	
Yeh Suh R.	Yeh Suh 砂防ダム	12.8	24,000	18,000	1975年満砂	24,000	1972. 8～1975. 4	2.7	694	
Telagawadja R.	Muncan砂防ダム	90.1	86,000	55,000	1989年満砂	86,000	1985. 8～1989. 2	3.5	500	
Unda R.	Akah砂防ダム	207.1	100,000	87,000	1989年満砂	100,000	1985. 8～1989. 2	3.5	544	
	Klungkung 砂防ダム	213.9	171,000	90,000	1977年満砂	171,000	1974. 8～1977. 4	2.7	480	

以上から年平均比堆砂量は表-2 のようになる。この年平均比堆砂量を各設備の堆砂時期で重ね合わせると全体平均で $400 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{年}$ (最大 582、最小 151)。

3.6. 土砂移動の総括

これまでの検討を総括し、表-3 と図-2 に土砂移動の変遷を、また図-3 に主流路バラック川ーウンダ川の縦断面図にその位置関係を示す。

表-3 ウンダ川全体流域 (A=225.2 km²) における土砂移動

期 間	移動事由	総量 (m ³)	年平均比移動量 (m ³ /km ² ・年)
1963.3~5	3ヵ月 噴火による土砂生産	150.0×10 ⁴	2.5×10 ⁴
1963.3~1964.3	1ヵ年 土石流の堆積量	12.0×10 ⁴	5.3×10 ⁴
1963.3~1971.3	8ヵ年 泥流の堆積量	16.0×10 ⁴	9.0×10 ³
1972.8~1989.2	17ヵ年 砂防設備の堆砂量	1.5×10 ⁴	4.0×10 ²

※砂防設備の堆砂量以外の年平均比移動量は期間と全体流域面積で除したものである
※砂防設備の堆砂量の総量は期間と全体流域面積で乗じたものである

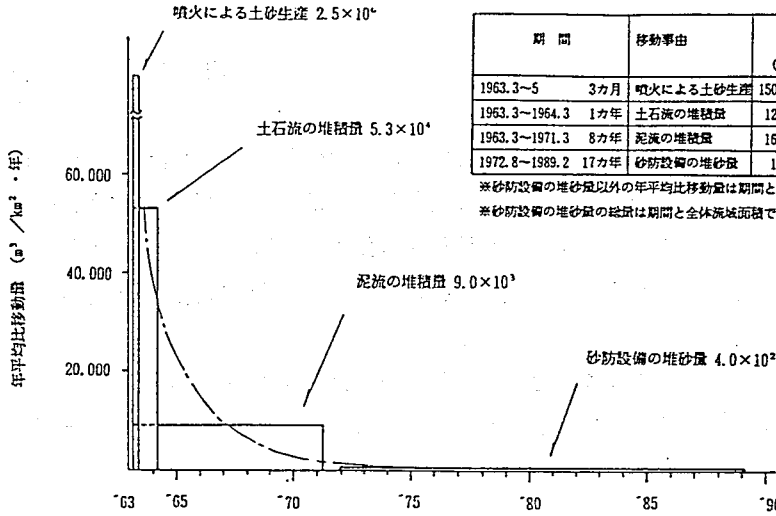


図-2 ウンダ川全体流域における土砂移動の変遷

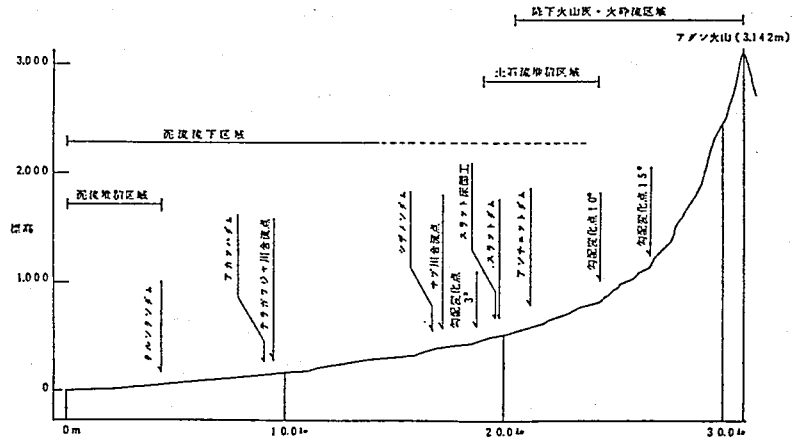


図-3 パラタング川-ウンダ川合流断面

4. 考察

従来から火山噴火後10年程度で土砂移動が急激に減少するとされているが、ウンダ川においても同様な傾向が見られた。この理由は植生回復等が影響していると思われるが、今後の調査、研究が待たれる。

火山噴火による土砂災害は、短時間に急激に変貌していく。対策をこの変貌に対応させることは火山砂防計画立案において、重要な事と考える。一事例でしかないが本研究により火山の土砂移動の変遷を明らかにできたと思っている。今後このような事例を積重ねるとともに、土砂移動の変遷の中での対策方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 加藤清和; アグン火山、新砂防 Vol. 43 No. 4(171) Nov. 1990
- 2) Volcanic sabo technical centre; Inventarisasi Bangunan Pengendali Sedimen, Proyek gunung Agun, 1985