

## 1999年12月にベネズエラで発生した洪水・土砂災害

高橋 保

### 要 旨

1999年12月にベネズエラ北部のカリブ海沿岸で発生した洪水・土砂災害は、災害原因となった自然現象ではわが国で起こったものからかけ離れて大規模であったとは言えず、また、災害の起こり方においても、規模の差はあるものの、わが国で生じているものと同様であった。犠牲者数でわが国の災害と大差が生じた原因は、無秩序な土地利用と防災対策の立ち遅れであり、とくに都市流入人口によるスラムが危険地域に立地することが災害を激しいものにしている。本文では、災害発生の自然的・社会的条件の分析と、日本の状況との比較を通して上記の問題点を明らかにし、今後の対応策についても言及している。

**キーワード：**ベネズエラ災害、土砂災害、実態調査、比較、スラム、対策

### 1. 緒論

1999年12月、ベネズエラ北部のカリブ海に面した地域に当地の年間平均降水量の2倍に達する豪雨が発生し、ラテンアメリカで20世紀に起こった中で最悪と言われる災害をもたらした。災害はカリブ海沿岸とそれに近い8州に及ぶ広い範囲で起こったが、特に12月15日から16日にはカリブ海に面するバルガス州で崩壊・土石流が集中し、ここがもっとも激しい被害を蒙った。

我々は文部省の突発災害調査班として2000年3月に現地調査を行ったが、その時点での内務省防災局の正式被害統計では、被災家屋40,160、全壊家屋20,000、被災人口214,000、負傷者2,700、家を失った者54,892、死者248、行方不明2,850、避難民43,569となっている。しかし、メディアや地域の役所によれば、死者は25,000から50,000、国際赤十字も死者数を30,000程度と受け止めている。死者数が明確でない理由は、死体が土砂に埋まったり、海へ流失したりで確認できないことと、被害者の大

半を占めるスラム住民に関しては、住民登録もなく、全く把握されていないことによる。

わが国では、豪雨に伴って発生する災害で、何万人もの死者を出すようなものは少なくとも20世紀には発生しなかったが、わが国が似通った地形・地質条件を持ち、山腹斜面が開発された斜面都市を多く抱えている実状からして、なぜこのような激甚な災害になったのか、その原因を探り、両国の共通点と相違点を明確にすることは、両国にとって、今後の災害対応を考えて行く上に大変有意義であろう。我々はこのような観点から現地調査を行い、災害の分析を進めてきた。

我々災害調査班の正式の報告書はすでに英文で発行済みであるので(Takahashi et al., 2001)、詳細はそちらに譲ることとし、ここでは、災害の実態とわが国の災害との比較検討によって明らかになる問題点に絞って議論する。なお、特定河川についての土砂氾濫の再現と、そこでのハード対策の提案については、本年報のB-2号に掲載しているので、そちらについても参照していただければ幸いである。

## 2. 災害発生の自然的条件

災害が集中したバルガス州はカリブ海に面して細長い形状をしている。その中央部分はFig. 1に示されているように、カリブ海の海岸から州境を形成するアピラ山系の尾根までの距離がせいぜい10kmで、尾根の標高が2,000~2,700mと高く、極めて急勾配の諸河川がカリブ海にほぼ直角に流入している。図の左端付近にある Maiquetia 空港から、右端の Camuri Grande 川の間に存在する各河川の河口には大抵比較的規模の大きい扇状地が存在しているが、扇状地以外の海岸線は海まで迫る急峻な山腹が連続しており、そのような海岸線を縫うような形で東西

を結ぶ幹線道路が敷設されている。

Fig. 1の範囲における地質は(Chigira, 2001), 東西の帯状の構造が卓越しており、海岸線沿いの約1.5km幅の部分は風化の進んだ千枚岩を主体としたメランジェで、海岸に向かって25~40°の急崖を形成している。斜面は粘土を多量に含み透水性に乏しい。また、植生は人間の影響も強いと思われるが、灌木やサボテンの類で、根茎も地表から20~30cm程度にしか達していない。この地帯より南側は堅硬な片岩あるいは花崗片麻岩からなっている。

1999年12月にカリブ海沿岸に約20日間にわたって停滞した寒冷前線により、Maiquetiaで合計1,207mmの降雨があった。とくに14~16の3日間

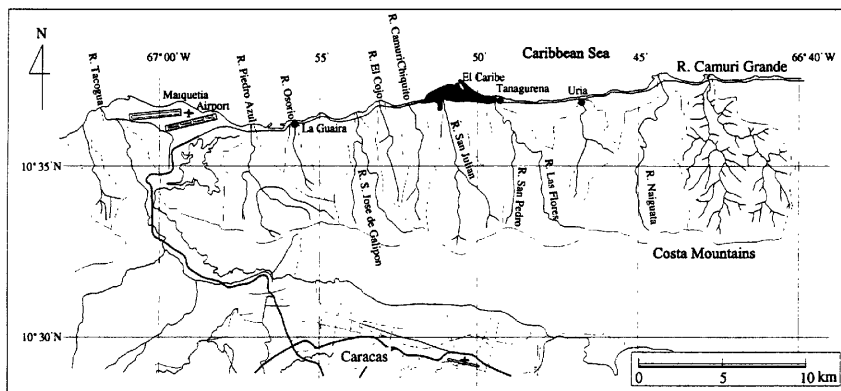


Fig. 1 Central part of Vargas State and the metropolitan Caracas

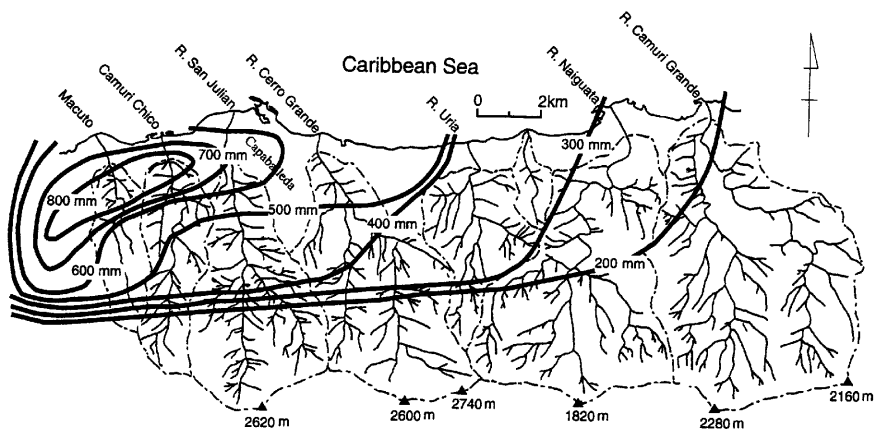


Fig. 2 The major river systems in Vargas State and the isohyetal lines of the rainfall

には914.7mmが降った。Maiquetiaの約10km東方に位置するMacutoでの1951年から1997年の記録によれば、年平均降雨量は589.2mmである。今回の降雨の地上記録はMaiquetiaのものが唯一であるが、USGS-CINDI (Center for Integration of Natural Disaster Information)がホームページ(USGS-CINDI team, 1999)上で、GOES-8衛星を用いた15日から17日の(地上記録では17日には2.9mmしか降っていないので、事実上は15~16日の降雨量である)降雨量平面分布の推算値を、極めて小縮尺ながら与えている。それによれば、Maiquetia付近の降雨量が300~480mmとなっているので、同期間の地上雨量記録774mmとの差を単純な倍率として補正し、図を大きく引き伸ばして雨量分布を求めた結果をFig. 2に示す。衛星を用いた雨量推算値と地上記録に大きな誤差がある上に、小縮尺の分布図を大きく拡大して求めた結果であるので、この等雨量線図の信頼性はかなり低いと言わざるを得ないが、降雨状況の大局は把握できるものと考ええる。

Fig. 2において、MacutoはMaiquetiaの東方約8kmに位置しているが、この付近に最も強い降雨域があり、東へ行くに従って降雨が少なくなっているようである。また、降雨の強い地域は海岸よりで、南側に屏風のようにそびえるアピラ山系の尾根部に近づくほど降雨が弱かったようである。この尾根の反対側にはベネズエラの首都であるカラカスが位置しているが、カラカス側では1溪流で多少の洪水が発生したが、顕著な被害がなかったことから、豪雨の中心は海岸沿いであったと判断できる。なお、上記ホームページの図では、カラカスの東方に、別の強い降雨域が存在している。この降雨による洪水によって、ミランダ州のGuapo川にあるダムが決壊したが、我々は調査しなかったため、詳細は他の文献に譲る(池田ら, 2001)。

我々がやや詳細に地上踏査を行ったのは、Fig. 2の東端に近いNaiguata川およびCamuri Grande河流域であるが、この地域について上記衛星データから恩田(Onoda, 2001)が推定した時間降雨分布はFig. 3に示すようである。Naiguata川での聞き取り調査によれば、災害が発生したのが16日の午前6時頃であったので、ほぼ第2の降雨ピークに対応していることがわかる。

上記のような地質特性と降雨特性が今回の崩壊と土砂流出特性を支配している。すなわち、海岸に近い風化千枚岩を主体とする急勾配斜面では、Photo 1で明らかなように、崩壊密度が非常に高くなっているが、崩壊1個当たりの規模は小さく、幅20m、長さ100m以下のものがほとんどである。海岸の崖

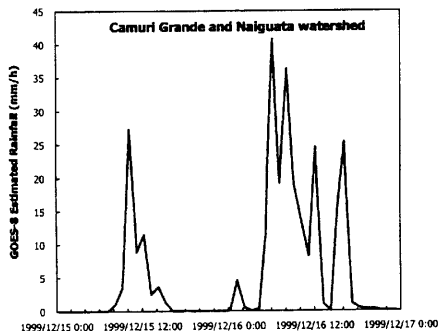


Fig. 3 Estimated rainfall rate in the area of the Camuri Grande and the Naiguata River basins



Photo 1 Densely distributed landslides on the hill slopes near coastal line

沿いを走る幹線道路上にいたるところで崩壊土砂が堆積し、道路決壊が生じて、道路は壊滅状態となった。しかし、崩壊密度が高い地域はMaiquetiaの東からNaiguataの西側付近までであり、降雨分布が影響しているものと推定される。片岩および片麻岩地域の崩壊は岩盤すべりと呼べるもので、ヘリコプターによる視察では、崩壊部分とそれに連なる河床部分を通じて岩盤面が露出しているところが多くなっている。この地域は良好な樹林で覆われており、斜面勾配は非常に急峻であるが、降雨が海岸地域より少なかったこととあいまって崩壊密度はさほど大きくはない。

災害後の海岸は黒い砂で覆われている部分が多くなっている。その発生源は海岸に近い急崖帯であり、この部分の崩壊が多いこと、および扇状地部を除いたほとんどの海岸線がこのような急崖になっていることが寄与していると推定される。しかし、主要な扇状地に堆積している巨礫を含む大量の土砂はほとんどが白い片麻岩である。また、千枚岩地域の崩壊

による土砂供給時刻は、河川上流から土石流または土砂流として土砂が供給された時刻より先行していたと見られ、片麻岩の堆積物上に千枚岩の崩壊堆積物が崖錐状に堆積している事例は少ない。

Fig. 2 に示されている El Cojo, Camuri Chiquito, San Julian, Cerro Grande, Uria, Naiguata, および Camuri Grande の 7 河川合計で、扇状地上の堆積土砂量は、およそ 6~7 百万  $m^3$  程度であると推定される。7 河川の合計流域面積は 154.6  $km^2$  で、その主要部分を占める片岩と片麻岩の地域の崩壊面積率は 1% より小さいと推察されることから、主要な流出土砂の源を新規崩壊に求めることは困難である。現地調査時の聞きこみによれば、1951 年に顕著な降雨があり、その際には河川上流部の土砂堆積が著しかったとのことである。今回は、河川上流部の河床がほとんど岩盤まで侵食されていることから、今回の流出土砂の大部分は上流部の河床堆積物であったと推定される。

### 3. 災害発生の社会的条件

ベネズエラの人口は推定 2,350 万人であり、国土面積は 91.2 万  $km^2$  で日本の約 2.4 倍である。しかし、国土の 75% は熱帯雨林のオリノコ川流域であり、人口のほとんどは北部の高地や峡谷に集中している。首都カラカスは標高約 900m の盆地状の高地に立地し、推定人口は 228 万人で国全体の約 10% に達している。市街地を取り巻く斜面はほとんどスラム住宅でびっしりと覆われているような状態である。

バルガス州中央部は、Fig. 1 で見たように、カラカスとは尾根を隔てた位置関係にあり、ベネズエラの中心的国際空港である Maiquetia 空港はバルガス州にあって、カラカスとは 20~30km の距離を高速道路で結ばれている。また、Maiquetia の東の La Guaira は国際貿易港として発展している。さらに、カリブ海に面し、背後に美しい山並みを控えている風光と交通至便の条件は、リゾートとして絶好であ



Photo 2 Many houses locate on steep slope



Photo 3 A shantytown in the valley bottom

り、各河川の河口付近に発達する扇状地には高級ホテルや高層マンションが立地し、海岸にはヨットハーバー等の施設が設けられている。こうしたバルガス州の諸条件は、首都カラカス同様に、職を求めて、隣国のコロンビア等からのものを含めて、大量に流入する人口をひきつける要件を満足している。しかしながら、上述のように、バルガス州では平地は狭小であり、各河川の扇状地に展開する都市周辺のわずかな空地を求めて、極めて稠密なスラムが立地している。それらは急峻な斜面上であったり (Photo 2)、洪水危険度の高い谷底平野部であったり (Photo 3) する。急斜面のスラムでは、下水施設もままならず、崩壊を助長するような構造も生じている。

### 4. 発生災害の類型

上述の自然的条件と社会的条件が重なって、言わば必然的に災害が発生した。したがって、災害の類型は大きく三種に分けられる。

#### 4.1 斜面崩壊の直撃による災害

極めて急峻かつ脆弱な斜面に密集している住居が斜面崩壊の直撃を受けたり、上方から崩れた家屋が落ちてきて壊されるケースである。海岸に近い急崖で発生した崩壊個々のスケールは小さいが、崩壊密度が非常に大きいため、斜面上にある家屋を巻き込んで崩壊が発生する確率が非常に大きいものとなったことに起因する災害である。今回崩れなかった斜面部や崩れた部分でも風化速度が速いため、さらには今回の崩壊の周縁部など不安定部分が残っており、近い将来に災害を繰り返す危険が大きい。

#### 4.2 谷底平野部における流失災害

谷底の狭隘な平野部がスラムに占拠されていたところ、河川を流下してきた土石流あるいは土砂流が旧河道からあふれ出て谷底一杯に流れたために被災

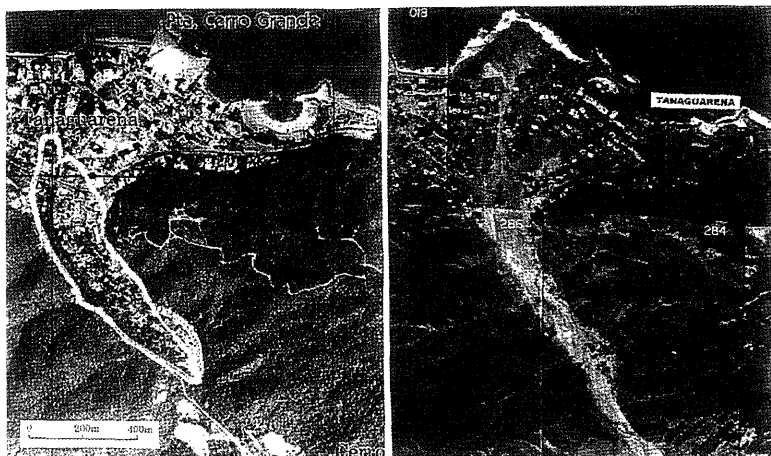


Photo 4 The Cerro Grande River before and after the disaster

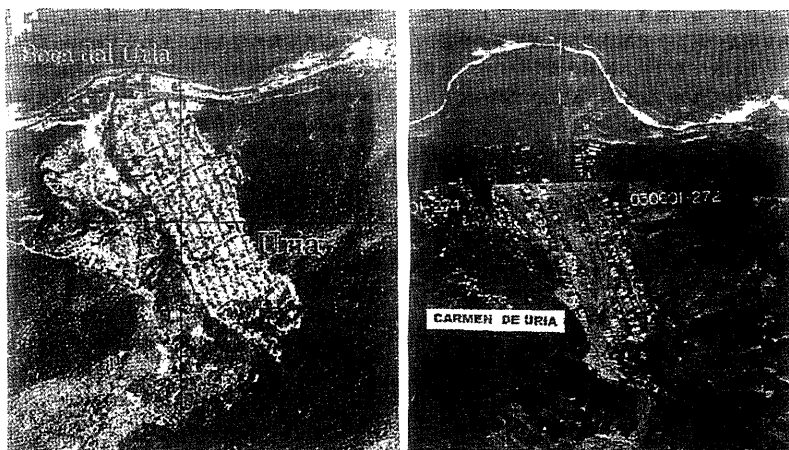


Photo 5 The Uria River Valley before and after the disaster

するケースである。この例は Cerro Grande 川 (Photo 4) および Uria 川 (Photo 5) で見られる。前者では、扇頂部から少し山間に入った部分が延長約 800m にわたって幅約 200m の谷底平野を形成している。この部分が全て住居に占有されていたが、今回の土石流の流出によってほとんど全ての家屋が流失した。

また、後者では、海岸線に沿っている山地がこの部分でえぐられたように窪んでできている奥行き約 700m、幅約 220m の谷底平野が住居によって埋め尽くされていた。この川は Fig. 2 でもわかるように奥行きが浅く、災害以前は扇状地がほとんど存在せず、付近の砂浜も貧弱であった。このようなことが



Photo 6 Damaged houses in Uria

原因してか、ここはほとんどスラムのみが立地する地域であった。土石流はこの町の中央部を襲い、ほぼ 700m の全長にわたって 2 ブロック相当幅（全幅が細い通路で 5 ブロックに分けられていた）の家屋群を流失させた。残っている建物も、Photo 6 で見るように、少なくとも 1 階部分は壊滅状態である。ここだけでも 5 千名以上の死者が出たと言われている。

#### 4.3 扇状地上の土砂氾濫による災害

この類型の典型例は San Julian 川の扇状地および Camuri Grande 川の扇状地で見られる。San Julian 川の扇状地はおよそ 1.2 km<sup>2</sup> の広きにわたって、直径数メートルに及ぶ巨礫を含んだ土砂氾濫を被った (Photo 7)。本扇状地はバルガス州中央部の扇状地の中で最も広大であり、首都や空港にも近いという地の利も手伝って、リゾート開発が高度に進み、高級ホテル等の高層ビルが林立し、それらの建物の間や周辺の斜面を低層住宅や低所得層の住居が埋めている状況であった。高層ビルの中には、巨礫の直撃を受けて 1 スパン全体が屋上まで壊れてしまったものもある (Photo 8)。



Photo 7 The alluvial fan of the San Julian



Photo 8 A building destroyed by debris flow

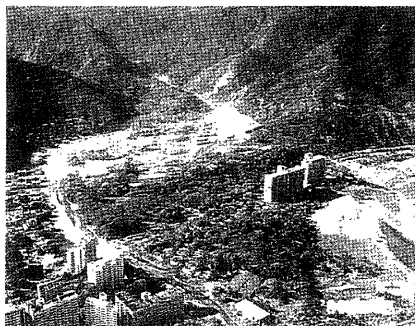


Photo 9 The alluvial fan of the Camuri Grande

Photo 9 は Camuri Grande 川とそれに匹敵する規模の Miguelena 川との合流点付近から下流の扇状地における土砂氾濫状況を示している。Miguelena 川からの土砂流出は僅かで、土砂災害は主として写真の中央部に見える Camuri Grande 本川からの土砂流出によっている。本川は扇状地直上流で東へ向けて（向かって左手へ）大きく湾曲し、Miguelena 川との合流後、再びほぼ直角に北（写真手前）へ向かって流れるというクランク状の平面形状を持っていた。河川左岸側の広大な領域は Simon Bolivar 大学の敷地である。

直径 1m 以上の巨礫を大量に含む土石流（おそらく先端部）は上記クランク部に少し入った Miguelena 川合流点より上流部に堆積しており、後続流れの大部分は直進する形で大学構内に入って堆積し、教室等の建物を破壊あるいは屋根まで埋没している。この部分はまた巨大な流木を多数含んでいる。一部の流れはクランク部を超えて進み、Miguelena 川の流れと一緒に旧河道の右岸側に建てられている鉄筋コンクリート製のアパート群の 1 階部分を埋没し、さらに山裾部に沿って流れて、密集家屋群を破壊・埋没し、海に達している。旧流路沿いにも大量の土砂が流れ、主要道路との交差点上流付近の家屋を流失させながら海に達し、海岸線を約 250m 前進させている。

#### 5. 各河川の土砂流出特性比較

Fig. 2 に示したバルガス州の 7 河川流域における土砂流出状況を Table 1 で比較している。土砂流出の程度は、しばしば比流出土砂量（流域 1km<sup>2</sup> 当たりの流出土砂量）で議論されるが、ここでは流域 1km<sup>2</sup> 当たりの土砂氾濫面積（比氾濫面積と名付ける）で比較している。ちなみに、平均堆積厚が 1m であるとすれば、比氾濫面積 0.02 は比流出土砂量

Table 1 Sediment runoff from the seven rivers in the Vargas State

|                 | Basin area(km <sup>2</sup> ) | Average river slope | Inundation area (km <sup>2</sup> ) | Specific inundation area |
|-----------------|------------------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|
| El Cojo         | 6.49                         | 0.298               | 0.13                               | 0.02                     |
| Camuri Chiquito | 10.21                        | 0.304               | 0.37                               | 0.036                    |
| San Julian      | 21.29                        | 0.247               | 1.24                               | 0.058                    |
| Cerro Grande    | 25.39                        | 0.237               | 0.36                               | 0.014                    |
| Uria            | 10.82                        | 0.332               | 0.22                               | 0.02                     |
| Naiguata        | 35.06                        | 0.220               | 0.22                               | 0.006                    |
| Camuri Grande   | 45.34                        | 0.184               | 0.79                               | 0.017                    |

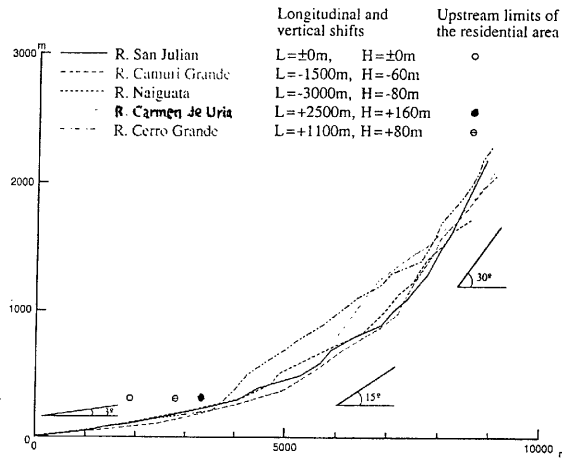


Fig. 4 Comparison of the longitudinal profiles of the major rivers

20,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>に相当している。なお、土砂氾濫面積は災害後の空中写真から土砂氾濫区域を読み取って求めたものである。

流出土砂量を支配する要因は、流域の勾配や地質分布などの素因と誘因である降雨特性であるが、San Julian川やCamuri Chiquito川の比氾濫面積を大きくしている主要因は、Fig. 2の等雨量線図の特性からして、降雨量であると思われる。また、Uria川では、降雨が比較的少なかったことと氾濫域が地形的に限られていたために、勾配が急であるにも関わらず比氾濫面積が小さくなったと考えられる。Naiguata川およびCamuri Grande川の比氾濫面積を小さくした原因は、流域平均勾配（とくにMiguelena川は途中で緩勾配の領域があり、土砂を途中で貯留する効果があったと推定される）と降雨の両方が他の流域より小さいことによっているのであろう。

El Cojo, Camuri Chiquito, および San Julianの各流域では、その順に比氾濫面積が大きくなってお

り、降雨分布と平均勾配からすれば順番が逆のようにも思われるが、San Julian川流域は上流の片麻岩からなる地域が相対的に大きく、1951年の降雨によって生産され、上流域に堆積していた土砂が流出した結果であると推定される。

各河川の扇状地に堆積している土砂の粒径や災害の態様に関しても顕著な差異が認められる。すなわち、San Julian, Cerro Grande, および Uria 川の各流域に立地する集落には巨礫を含む土砂が大量に流入し、鉄筋コンクリートの建物が壊れるなど強大な破壊力を見せたが、Naiguata 川および Camuri Grande 川扇状地では、巨礫の流入はまれで、むしろ細かい砂に埋没した家屋が目立っている。このような差が生じた原因を探るために、各河川の縦断形状と集落の立地状況を調べてみた結果が Fig. 4に示されている。ただし、この図は San Julian 川の縦断図を基準にして、各河川の縦断形状が重なるように、各河川縦断図の原点（河口）の位置および標高をずらして描いたものである。各河川とも上流部は

極めて急勾配で、土石流発生勾配を十分満足している。図中に丸印で示しているのは、San Julian, Cerro Grande および Uria 川流域の居住地域の上流側境界位置である。これら 3 河川の何れの流域においても、居住地域が勾配  $4^{\circ}$  以上の大規模土石流が流動できる範囲に立地していることがわかる。とくに Uria および Cerro Grande 川では谷底平野部で流れが集中し易い所に住居群があり、しかも急勾配の土石流発生・発達・流下領域の近傍に立地していることから、ほとんどの家屋が流失することになったと考えられる。このようなことは復興計画の上にも十分勘案されなければならない。

## 6. 日本における類似事例との比較

ベネズエラにおける今回の土砂災害は到底起こり得ない特殊なものであったのであろうか。災害発生の社会的条件には顕著な差があることは確かであるが、自然的条件に関してはどうかであろうか。

Fig. 5 はバルガス州各河川の比流出土砂量と流域面積の関係を示したものである。ただし、バルガス州諸河川の流出土砂量は空中写真から求められたおよその土砂氾濫面積に一律 2m の堆積厚さを仮定して求めたものである。この図から、バルガス州諸河川の土砂流出量は、わが国の災害時の土砂流出量と比較して、最大級ではあるが、決してかけ離れて大きい値では

ないことがわかる。すなわち、このような規模の土砂流出は、災害への対応を考える際には、わが国でもベネズエラでも、共通に想定しておくべき外力規模であると言える。

わが国においても、急斜面に住宅が立地している例は珍しくない。例えば、1982 年の長崎水害では、鳴滝地区の急斜面にあった家屋群がその上方で発生した崩壊土砂に押し流され、9 世帯 24 名が犠牲になっている。崖の直下に家屋が建てられている例に至っては極めて数多く、 $30^{\circ}$  以上の斜面勾配と 5m 以上の崖の高さがあり、その直下に 5 戸以上の民家があるという条件で抽出された急傾斜地崩壊危険箇所は現在 86,000 箇所以上になっている。

谷底の僅かな平地が住宅地になっている例も多い。例えば、前記長崎水害では、川平地区で谷底に沿って建てられていた家屋群を土石流が襲い、19 世帯 37 人の犠牲者を出したし、芒塚地区では同様に 17 名の犠牲者を出している。また、1998 年の南東北および北関東の集中豪雨に際して、那珂川上流の一支川である余笹川は、災害前の河道幅の 3~5 倍にも拡張し、浅い谷底平野一杯に流れて、全く新しい河道が形成されるなどにより、そこに立地していた家屋群が流された。

過去の土石流によって形成された扇状地が新たな土石流の直撃を受けて被災する事例は、わが国の山間部では扇状地が唯一の宅地として利用できる場所

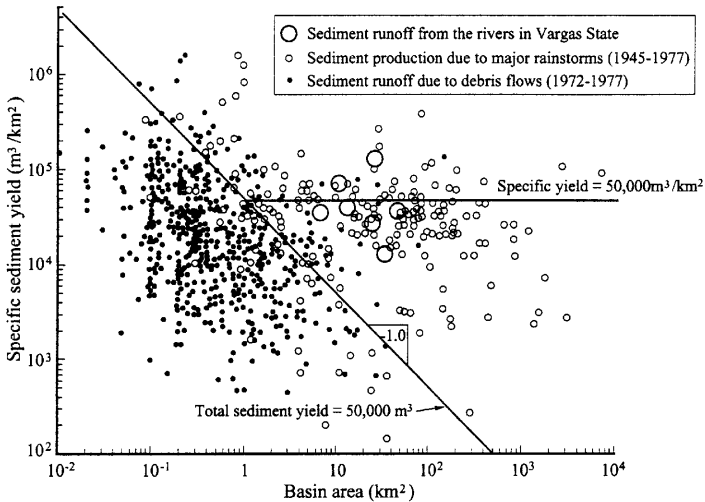


Fig. 5 Relationship between the specific sediment yield and the basin area



である場合が多いことから、土石流災害の中で最も普通の類型であると言える。

このように、被災家屋数には大きな差があるが、今回のベネズエラ災害と同様の類型に属する災害は、わが国でも決して珍しいものではない。

とくに地形の類似性から想起されるわが国の類似災害は1938年の阪神大水害であろう。Fig. 6は六甲山系から発する河川網、7月3日から5日の積算雨量分布、および土砂氾濫・堆積範囲を示した図である。東西方向の顕著な災害の範囲や、海岸から尾根までの距離がFig. 2のバルガス州の災害範囲と似ていることに気づく。ただ、尾根の最高峰は六甲では931mで、バルガス州の2,740mとは大きく異なっている。しかし、バルガス州では山が海に迫っており、氾濫域はほとんど海岸部であったのと相違して、六甲では谷の出口が海岸から2~3kmに位置していて、それより奥では、谷の縦断勾配はバルガス州の河川同様に急勾配を呈している。

阪神大水害の土砂流出量は、バルガス州のそれと匹敵する  $5\sim 7.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  であったが、災害の程度は死者616、流失家屋1,410、埋没家屋854、半壊家屋2,213で、バルガス州のそれと大きく異なっている。これは、当時の阪神地域の開発が未だそれほど進んでいなかったことと、開発地域が土石流発生地域から比較的遠く離れた勾配の緩い地域に限られていたことによっていると考えられる。

六甲山系においては、阪神大水害後、砂防ダム等の防災工事が集中的に実施された。この地域では、1967年に降雨範囲、降雨量共に、1938年の雨に匹敵する豪雨が発生した。これによって、六甲山系で

は1938年の時と同様の数の崩壊が発生したが、当時すでに174基の砂防ダムが完成しており、それらが有効に土砂を蓄えた結果、扇状地まで流出した土砂は約  $0.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  にとどまり、河川からあふれ出した土砂は  $0.17 \times 10^6 \text{ m}^3$  に過ぎなかった。これにより、1967年の災害では、死者・行方不明が98、全壊家屋367であった。ただし、1967年の場合、死者の発生場所がほとんど山間部となっており、1938年のそれが谷出口より下流であったのと大きな特徴の差が見られる。これは居住地が山間部にまで進出した結果を反映しているもので、無秩序な開発が大災害をもたらしたバルガス州の例は他山の石とすべきである。

## 7. 今後の対応策

バルガス州の諸河川においては、上流部河道における土砂堆積は少なくなっている。したがって、当分上流部の堆積土砂がある程度の量に達するまでは、今回の災害に匹敵するような土砂流出を見ることはないかもしれない。しかしながら、今回の土砂流出量がわが国の例に照らしてみてもかけ離れて大きいものではなかったと判断されることから、このような規模の土砂流出現象は防災計画に組み込むことは妥当であると思われる。

バルガス州で今回と同規模の土砂流出現象に対して大幅に災害を減らすためには、海岸近傍の急斜面に立地するスラムをまず排除する必要がある。ベネズエラ政府は恒久的政策として、農地と家屋を遠方の州に準備する移住策をアナウンスしたが、地方

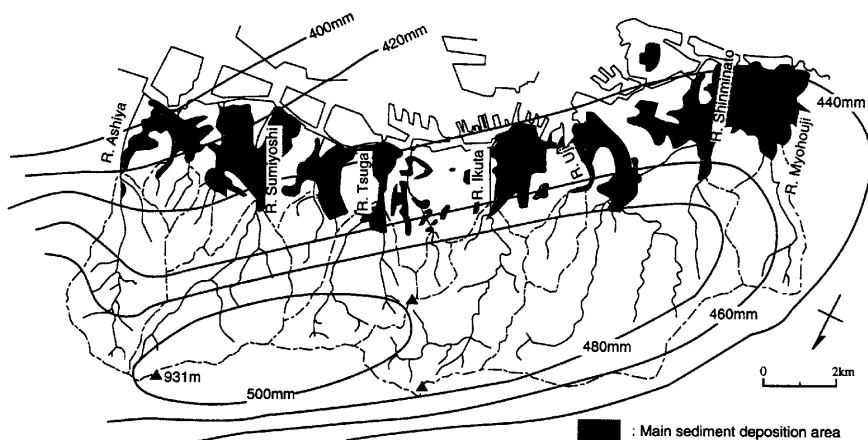


Fig. 6 The sediment disaster of 1938 in Kobe district, Japan

の生活苦が原因で都会のスラムへ人口が流入している現状を考えると、このような策の成功はおぼつかないと言わざるを得ない。

Uria 川および Cerro Grande 川の谷底平野は土石流の直撃を受ける場所であるから、上流に十分な容量をもった砂防ダムが築造されるのであれば、居住場所として不適切である。

San Julian 川の扇状地は、大規模土石流であれば通過できる勾配をもっているため、十分な疎通断面を持った流路を築造するならば、扇状地の大部分のところは安全性が確保できる可能性がある。ただし、河口付近に至って土石流は必然的に堆積するから、その部分を起点として上流の遠いところまで堆積が遡及することのないように、河口付近に十分広い氾濫原を用意しておく必要がある。もちろん、代替案あるいはさらに望ましい案として、上流に十分な容量の砂防ダムを築造することが考えられる。

Camuri Grande 川扇状地は勾配が緩いので、土石流はほとんど扇頂部より上流で堆積し、扇状地部には細かい砂を主体とする土砂流が氾濫する。土砂流もやはり緩勾配では堆積するので、一見十分な疎通能力のある流路を築造しても、流路内に堆積した後、扇面一杯に氾濫・堆積する可能性が高い。扇頂部に十分な容量を持つ砂防ダムの築造が必要である。砂防ダムは普段の出水で満砂状態になることがないよう、透過型にするのがよいであろう。

流路主体の対応策をとるにしても、ダム主体の対応策をとるにしても、対策の機能評価や扇状地の安全度評価には、コンピュータシミュレーションが有効である。そのような検討の方法および結果については本年報 B-2 中の論文に譲る。

## 8. 結論

今回のベネズエラ土砂災害は、降雨量・降雨強度、および土砂流出量において、わが国で過去に生じた災害に比較して抜きん出て激しいものであったとは言えず、発生災害の類型においても似通ったものがある。しかしながら、被害の程度において大きな差が生じている。その原因は無秩序な土地利用、開発行為と防災対策の立ち遅れにあるといえる。とくに都市に集中してくる人々によるスラムが非常な災害危険地域に立地する状況に何らかのブレーキをかけなければ事態の改善は難しいと思われる。政府による被害の正式発表では死者数が数百であり、数万人に及ぶ犠牲者の実状が全く把握されていないような事態はわが国では考えられない事柄である。

今後の復旧策に関しても、日本をはじめ、オーストリア、イタリア、フランス、スペイン、中国が災

害直後に現地調査に入り、ベネズエラ政府はそれらの国々に専ら調査すべき河川を割り当てて、成果が出るのを待つ姿勢が見受けられた。今後の防災・減災の実を挙げるためには、政府自身の当事者意識がまず必要であろう。

## 謝 辞

本文は、文部省科学研究費特別研究促進費「1999 年ベネズエラ国で発生した洪水・土砂災害に関する調査研究」（課題番号 11800020、代表・高橋 保京都大学防災研究所教授）の補助を受けた。現地調査を一緒に行った共同研究者の千木良雅弘、中川 一、恩田裕一、牧 紀男、Julian Aguirre-Pe, Eduardo Jauregui の各氏、現地調査時に大変なお世話になった JICA 専門家の岡野一郎氏、環境資源省の Carrillo 氏をはじめ日本大使館、環境資源省のスタッフの多くの方々に厚く謝意を表するものである。

## 参考文献

- 池田駿介・中北英一・清水義彦 (2001): ベネズエラ土砂・洪水災害報告 (エルグアポダムの決壊と氾濫痕跡調査を中心として、平成 12 年度河川災害に関するシンポジウム, pp.17-27.
- 水山高久 (1985): 土石流の概念, 土砂災害の予知と対策, 土質工学会, pp.249-256.
- Chigira, M. (2001): 1999 landslide disasters in Venezuela, in Flood and sediment disasters caused by the 1999 heavy rainfall in Venezuela, pp.7-14.
- Onda, Y. and Shibayama, T. (2001): Rainfall and landslide distribution in Naiguata river and Camuri Grande on the 1999 disaster in Venezuela, in Flood and sediment disasters caused by the 1999 heavy rainfall in Venezuela, pp.1-6.
- Takahashi, T. (Head), Chigira, M., Nakagawa, H., Onda, Y., Maki, N., Aguirre-Pe, J. and Jauregui, E. (2001): Flood and sediment disasters caused by the 1999 heavy rainfall in Venezuela, Research Report on Natural Disasters, Supported by the Ministry of Education, Science, Sports and Culture, pp.1-141.
- USGS-CINDI team (1999): Venezuelan disaster December, <http://cindi.usgs.gov/venezuela/>

## **Flood and Sediment Disasters in Venezuela, December 1999**

Tamotsu TAKAHASHI

### **Synopsis**

A severe rainfall in December 1999 caused numerous landslides, debris flows and flash floods on the Caribbean coast of Venezuela, and it killed 25,000 to 50,000 people. The natural phenomena themselves were as large and severe as the ones used to occur in Japan, and the types of hazards were also similar. The reason for the far larger number of casualties than the Japanese cases is attributable to the lawless land utilization and the lagging of the countermeasures. The most important and difficult problem among others is how to cope with the slums that locate on the most dangerous areas

**Keywords:** Venezuelan disaster; sediment hazards; field investigation; comparison; slum; countermeasures