

# ベネズエラ共和国の土石流災害

吉松弘行\*

南米のベネズエラ共和国のカリブ海に面するバルガス州で、1999年12月15日～16日にかけて年降雨量の約2.5倍にも達する豪雨があり、大規模な土石流災害が発生した。その被害は、死者が30,000名、行方不明者が7,200名、被災者が331,164名、崩壊家屋が23,234件、半壊家屋が63,935件（内務省防災局発表、12/22：推定値）と報告されている。この災害状況の把握と復興計画策定のために日本政府は2回に分けて（2月1日～14日、4月5日～6月4日）砂防専門家チームを派遣した。日本チームの担当した被災溪流は、当地区で最も扇状地面積の大きいサン・フリアン溪流とその西隣のカムリ・チコ溪流である。ここではその溪流に発生した土石流災害の実態について報告する。

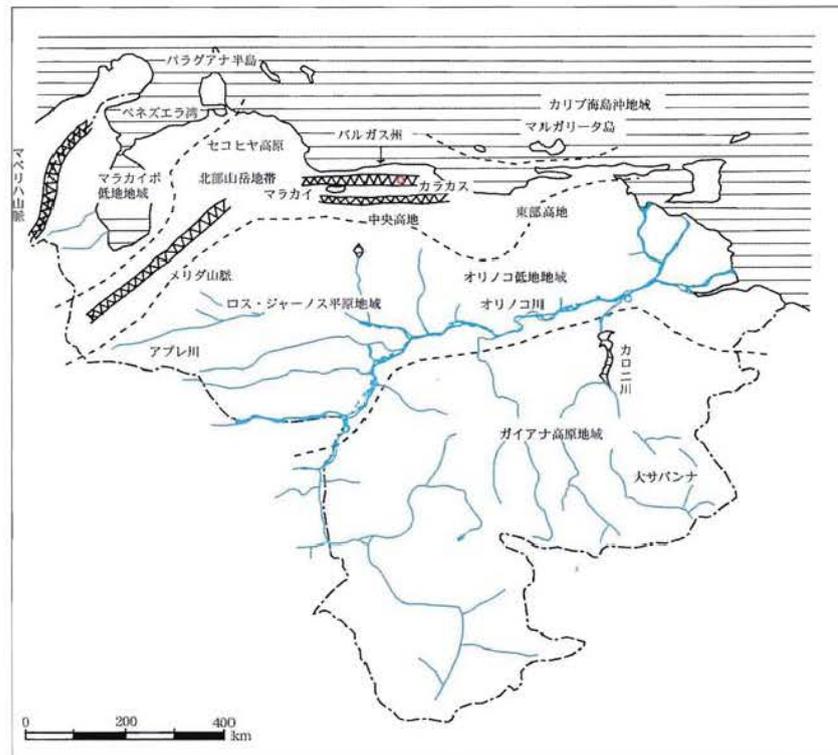


図-1 ベネズエラの地域区分

に位置する。ラコスタ山脈の最高峰は2,750mのナイガタ峰で、カリブ海までの水平距離が約10kmと短く、非常に急峻な地形をなしている（図-1）。

地質は、東部域は広大な先カンブリア紀の地層が広がっているが、大太平洋に連続するアンデス山脈は中生代末から、むしろその大半が第三紀の火山活動を起源とするものであり、アンデス山脈と先カンブリア紀の地層の間には、南北に細長く古生代、中生代の地層となっている。ロス・ジャーノス平原地域の中央部及び東部は主として洪積台地からなり、ミサ層と呼ばれる砂礫層が厚く堆積している。ガイアナ盾状地は、先カンブリア紀の変成岩が広く分布し、南米大陸最古の地層として、極めて地質的に安定した地域である。

気候は、5月～11月までが雨期、12月～4月までが乾期に区分される熱帯性気候であるが、標高によっ

## 1. ベネズエラ共和国の自然特性

ベネズエラ共和国は南米北端の北緯1～12°、西経60～73°の範囲に位置する、東部はガイアナ、南東部はブラジル、南西部はコロンビアと国境を接し、北部はカリブ海、東部は大西洋に面している面積約91万Km<sup>2</sup>の国である。

国土は、山地のアンデス地域、ガイアナ盾状地域、ロス・ジャーノス平原地域、マラカイボ低地に概ね区分される。今回の土石流災害の発生したバルガス州はアンデス地域に属し、アンデス山脈がコロンビアからカリブ海に平行にラコスタ山脈として東へ連続し、首都カラカス付近まで延びた、その北側斜面

\* (財)砂防・地すべり技術センター斜面保全部長

てかなり気候が異なっている。平均気温は全体的に25℃以上であるが、標高900mの首都カラカスでは21℃と快適である。今回土石流災害が発生したバルガス州の国際空港のあるマイケティアでは26℃の年間平均気温を示す。

年間の降水量は、北部のカリブ沿岸地帯が1,500mm以下の半乾燥地帯となっているが、南下するにつれ降水量が多くなり、ブラジル国境では年間降水量が3,000mmを超える。土石流の発生したバルガス州のマイケティアでは約500mmの年間降水量となっている。

人口は1998年の中央統計局によると約2,324万人で、全人口の86%以上がメリダ山脈からラコスタ山脈へと繋がる北部山岳域を中心とした都市部に集中している。これらの都市は多くが山岳地であり、土砂災害の発生しやすい扇状地や山腹斜面の限られた土地を利用したものである。今回のバルガス州の土石流災害は、標高そのものはカリブ海に面しているため高くはないが、ラコスタ山脈からの溪流によってカリブ海沿岸に形成された極めて小面積の扇状地に形成された都市が被害を受けたものである。

## 2. 集中豪雨の概要

誘因となった集中豪雨は、約20日間も同国のカリブ海沿岸部にそって停滞した寒冷前線によるものである。この降雨量による観測記録は観測所が今回の土砂災害によって破壊流出しているため少ないが、国際空港マイケティアの雨量観測所のデータでは、12月16日の日雨量が410.4mm、14日～16日までの3日間の連続雨量が911.1mmとなっている。なお同地区の48年間の平均降雨量は523mmである（図-2）。

このマイケティアの雨量観測所の標高は40mであり、サン・フリアン及びカムリ・チコ溪流の流域の中央地点の標高約800mの降雨は日雨量でマイケティア観測所のその約1.5倍の値が得られており、降雨強度及び連続雨量ともに観測記録値よりも大きかった可能性がある。

## 3. サン・フリアン溪流における土石流災害

地形的には花崗片麻岩より構成される標高約2,500mを越える海岸山脈がカリブ海に急激に落ち込むところであり、当溪流はほぼ南北に長さ約10kmの区間を急勾配となってカリブ海へ流下している。このため、山地は急激な地形開析が見られ、

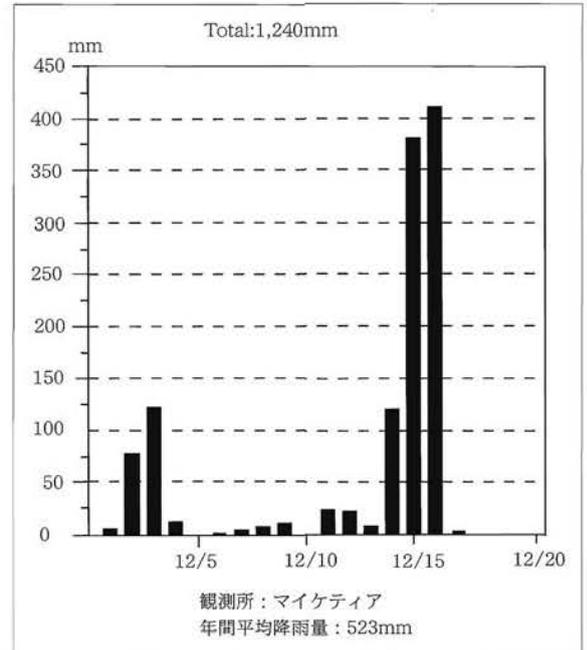


図-2 降雨量

ほぼV字形の谷地形が発達するとともに、カリブ海の海岸線に沿って溪流からの土砂流出により約4～5°の勾配を有する扇状地が形成されている。

サンフリアン溪流は、流域面積約20haで概ね南北に流下する比高差2,500m、約長さ10kmの溪流であり、扇状地での土石流は扇頂部において土石流の堆



図-3 サン・フリアン溪流の土石流の氾濫堆積状況

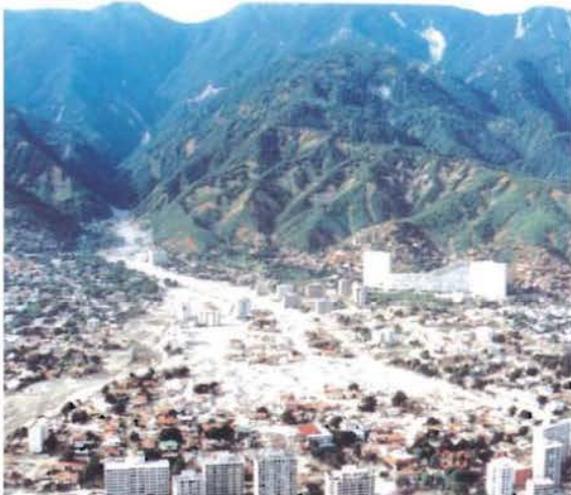


写真-1 サン・フリアン渓流の土石流堆積状況（下流より）



写真-3 サン・フリアン渓流の土石流により被災したコンクリートの建物

積が始まったため、概ね3流路に沿って流下・氾濫・堆積している（図-3、写真-1）。その氾濫堆積土量は約1,627,000m<sup>3</sup>、土石流の氾濫堆積面積は扇頂部から海岸線まで1,750m、幅約500mにわたる約0.6km<sup>2</sup>に達する。大転石から構成される土石流フロントの堆積が標高20m、40m、50m及び110mの4箇所で見られており、土石流の流下は少なくとも複数回の流下があったことが推察され、地元の聞き込み調査によると3回にわたって土石流が発生したことが確認されている。

土石流の堆積は、標高20m以下では巨石の堆積が一部には見られるものの、砂が多くなり、巨礫は標高20m以上で堆積している。標高125m以下が土石流の堆積区域であり、それ以上の標高では河床洗掘現象が見られ、所によっては古い河床堆積物の10m以

上もの侵食が見られている。

土石流の堆積に伴う氾濫は、川道屈曲部、既設流路工の屈曲部、流路工の落差工が設置されている河床勾配の変化部で発生しており、土石流は、この堆積氾濫により方向が4方向に別れて流下している。土石流の流量はその痕跡より942m<sup>3</sup>/secと推定されている。

土石流の氾濫により、扇状地上の建物は破壊あるいは埋塞をしており（写真-2）、この中で土石流の直撃を受けた8階建てのコンクリートのビルがある。この建物では片側の3階部分までが失われ、上部階の床が垂れ下がった状態となるとともに、3階までの壁が完全に消失し、2階部分に約4m径の大転石の残存が見られ、土石流の流下が激しいものであったことを伺い知ることができる（写真-3）。



写真-2 サン・フリアン渓流の土石流堆積による建物の被害状況

#### 4. カムリ・チコ渓流における土石流災害

カムリ・チコ渓流は、サン・フリアン渓流の西方に位置する流域面積が約10haで、概ね南北に流下する比高差2,300m、長さ6kmの渓流である。標高250m～140m地点においては概ね南北方向から東西方向に流下方向を変化させ、災害後の海岸線より1,400mの距離に位置する高さ約30mの片岩から構成される滝を介在して、南北方向に流下方向を変える。

地形的にはサン・フリアン渓流と同

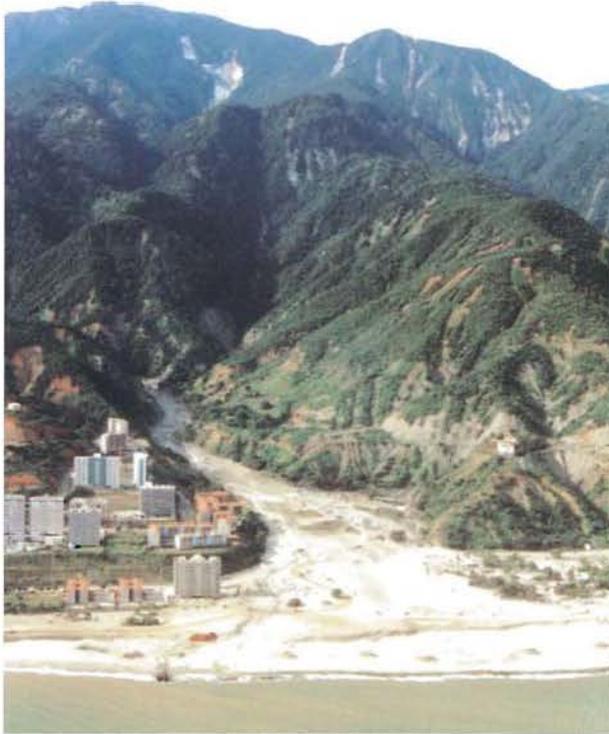


写真-4 カムリ・チコ渓流の土石流堆積状況（下流より）

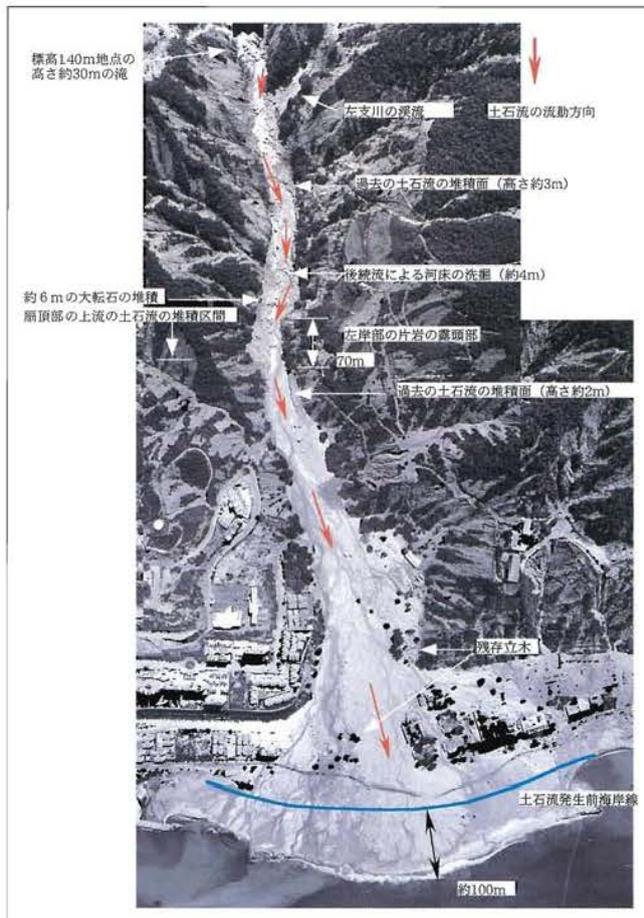


図-4 カムリ・チコ渓流の土石流の氾濫堆積状況

じであるが、流域面積が小さいこと及び流域の山体開析がサン・フリアン渓流に比較してそれほど進行していないため、この地区の扇状地の面積は小さい。土石流はU字形状をなす溪流中内で堆積を始めたため、サンフリアン地区と相違して単一の流路に沿って流下・氾濫・堆積している（写真-4）。その堆積量は $730,000\text{m}^3$ 、堆積面積は $0.23\text{km}^2$ と推定されている。このため海岸線は沖合いに約100m前進している。

土石流の堆積は、標高20m、70mの2箇所であり、前者は溪流幅が急激に拡大する地点で、後者は河床勾配の変化点となっている。このことからカムリ・チコ渓流では土石流の発生は2波以上が発生、流下したと推定されている。当溪流の土石流の堆積は扇状地の扇頂部に達する溪流部内で発生したため、極端な流路の首振り現象は見られず、土石流の主な流下方向は一方向だけとなっている（図-4）。標高70mから下流地点では片岩から構成される巨石が見られるものの、その数は少なく、堆積は粒径の小さな砂礫が多くなっている。

土石流の洪水痕跡から土石流のピーク流量は $312\text{m}^3/\text{sec}$ と推定されている。これら土石流の流下量は14%にも及ぶ崩壊面積率の山腹崩壊から $406,000\text{m}^3$ が、河道侵食により $273,000\text{m}^3$ が発生したものと推定されている。

## 5. あとがき

今回の土石流災害は、砂防施設の整備されていない都市化された扇状地で発生した典型的な都市化災害であると言われている。扇頂部の溪岸をみると過去の土石流による堆積面が数面観測でき、当地区が土石流災害を受けやすい特性を有していることが判る。今回の災害を通して過去の地形開析及びその発達過程を検討して災害発生の頻度、規模等の評価を行うことの重要性を一段と強く感じた。現在、日本チームによりその復興計画が警戒避難体制などのソフト対策も含めて提案されている。今回の土石流災害からの早急な復興を祈念する次第である。