

河川流域防災計画の経済評価手法に関する考察 STUDY ON ECONOMIC EFFECT ON RIVER BASIN CONSERVATION PROJECT

竹内洋市* Yoichi TAKEUCHI, 須賀堯三** Kyozo SUGA

*正会員 川崎地質株式会社 **フェロー会員 工博 宇都宮大学教授

1. はじめに

この論文は国際プロジェクトにおける河川流域防災計画の経済評価手法について、国際協力事業団が1988年12月から1990年2月にかけて作成したヴェネズエラのチャマ川流域防災計画を例として考察を行ったものである。当初計画作成に際しては、便益費用比率(B/C)は広域防災と地域防災とを合わせ、更に治水事業、砂防事業、道路防災事業を1事業として算定した。総事業費が国の予算では膨大になり、今に至るまで工事は開始されていない。ここでは各事業目的毎に便益費用比率を算定し、効率の高い事業から工事を開始することの利点を論ずるものである。

2. 目的ならびに計画策定方針

当初事業計画の目的は土石流および土砂災害軽減、洪水防御を主としたチャマ川流域保全マスター・プランならびにアクション・プラン作りであり、1991年開始した場合の計画目標年次は30年計画のマスター・プランでは2020年、10年計画のアクション・プランでは2000年である。

検討対象地域は人口7.5万人のエル・ビヒア下流域とエル・ビヒア上流域とに区分し、保全対象としては、下流域にあつては農業地帯、上流域にあつては渓谷を川と平行して走る幹線国道7号線、スーリア県県道2号線ならびにメリダ、エヒドなどの都市域となっている。

3. 自然概要

チャマ側流域¹は北緯8度10分から9度2分、西経70度29分から71度32分に位置する。流域面積はエル・ビヒア上流で3,520 km²、幹線延長は約200

kmである。その源は流域東端のエル・アギラパス近く、標高4,400m付近の高地ピエ・ドラスプランカに発し、氷河により形成されたU字谷を約10 km南下し、標高3,400mのアパルタデロスに到達する。アルパタデロスから人口30万人のメリダを通り、エスタンケスまでの80 km区間では南西に向けて、ほぼ真っ直ぐに流下する。エスタンケスでは幹川流路延長40 kmの大きな左支川モコティエス川が、南西方向からトバル町を通過した後、合流する。チャマ川本川はエスタンケスとエル・ビヒア区間では、V字渓谷を北に向けて流れる。エル・ビヒア下流では、扇状地をさらに下流に進むに従って堆積域を発達させながら、エル・ビヒアから90 km下流のマラカイボ湖に流入する。

チャマ川流域では山腹崩壊や地すべりが多く見られる。山腹崩壊は主に變成岩地帯および粘板岩地帯で発生し、地すべりは第三紀ならびに中性代の堆積岩地帯で発生している。本川上流域には大規模な浸食谷がある。しかし、現在では植林や山腹工等により保全されており、浸食谷は拡大していない。メリダ下流約25 km付近で合流する左支川ヌエストラセニョーラ川流域で多くの山腹崩壊が起きている。これらの山腹崩壊は粘板岩地帯で起きている。地すべりが集中して起きているのは中生代から第三紀にかけての堆積岩のあるエスタンケスからエル・ビヒアまでの本川両岸地帯である。

ヴェネズエラ北部では一年は5月から11月までの雨期と12月から4月までの乾期の2季に大別できる。赤道収束帯の移動に伴って、チャマ川流域は、最上流ムクチエス川流域を除き、雨の降り型により

① キーワード：計画手法、公共事業評価法、防災計画、

河川計画

② *正会員、川崎地質(株)

(〒108-8337 港区三田 2-11-15 TEL03-5445-2077)

**フェロー会員、宇都宮大学、工学博士、

(〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 TEL028-689-6212)

雨期の中間期の月降雨量が減少し、あたかも年2回雨期があるようなパターンの降雨地域に入るのが通例である。チャマ流域全体の年平均降水量は1,030 mmであるが年降雨量は流域内では場所によって大きく異なる。

洪水流の規模に関しては、本川中流部流域面積1,130 km²のエヒド地点における実測の既往最大流量は1972年4月の420m³/sである。1988年9月洪水の実測ピーク流量ではエヒドで360m³/s、流域面積3,520 km²のエル・ビヒアで720m³/sが観測されている。

4. 被災状況

(1) 下流部における災害 洪水は下流部では毎年起きている。下流部の土地利用はほとんどバナナ農場と牧草地である。氾濫による主な被災資産はバナナ、牧草、家屋、農業機械等である。この中で、バナナは湛水に弱いので被災を受けやすいが、その他の資産は被害を受けにくい。

1972年、1982年ならびに1988年の洪水は深刻であった。その被害額はそれぞれ101百万ボリパール、121百万ボリパール、183百万ボリパールと算定されている。なお、1989年1月時点換算で1ドル40ボリパールである。災害報告書ならびに現地住民からの聞き込み調査結果を総合すると、バナナ農地の洪水氾濫面積はそれぞれ4,900ha、5,900ha、8,900haであった。各洪水の被害総額はバナナ被害額とバナナ被害額の2割と災害復旧費用を加えたものの和の50%として算定されている。この被害率50%は毎年同一である。バナナ被害額に2割を掛けたものはバナナ資産以外の直接被害と間接被害を加えたものである。バナナの被害額はバナナ農地湛水面積に単位当たり収穫量12,000 kg/ha/年を掛け、さらに単価2.5ボリパール/キログラム掛けた積である。バナナ農地の災害復旧費用は単位面積当たりの被害額4,200ボリパール/haに農地湛水面積を掛けた積である。

(2) 上流部における災害

この地区の斜面崩壊、土石流記録ならびに災害記録に基づき、年平均被害総額は2.2百万ボリパールと算定される。算定根拠は1988の推定国道7号線被災復旧額1.8百万ボリパールに、その他の被害額は

交通途絶の間接被害額のみでも交通量、輸送物資の種別、地域の産業種別等の調査結果にもとづき算定されなければならないが、さらに溪流の氾濫による市街地の被害、溪流の斜面崩壊の被害も追加加算しなければならないが、ここでは単に国道の直接被害を除く、その他総ての被害額を国道被害額の20%と仮定し、加算されたものである。

5. 計画策定の基本方針

(1) マスタープランとアクションプラン

洪水防御事業と砂防事業からなる流域防災計画の計画期間30年間のマスタープランを最初に作成し、このマスタープランを構成する事業の中から緊急事業を選び、計画期間10年間のアクションプランが作成されている。

(2) 広域防災計画と地域防災計画 災害防止工事の計画対象3区域は個々に被害規模、被災内容が異なるため、同一レベルで災害防止工事を計画することは難しい。そこで、流域防災計画を広域防災計画と地域防災計画の2計画を表一1の通りに分別し、検討されている。ただし、計画の評価は内部収益率と便益費用という同一基準行われている。

表一1

計画	対象資産	計画区域	目的
広域防災計画	エル・ビヒア下流農業・住宅地域が主体	全流域	洪水防御・砂防
地域防災計画1	メリダ市、エヒド市市街地	溪流	洪水防御
地域防災計画2	国道7号、県道2号線上	溪流・斜面	砂防

6. アクションプラン

緊急計画のアクションプランはマスタープランの枠組みに沿って2000年までに完成するよう、マスタープラン施工計画の最初の10年間に含まれる工事内容として選定されたものである。これらの工事はチャマ川流域の洪水や土砂による災害を防ぐため、社会的、技術的、経済的見地から最優先で実施すべきものとされた。

(1) 広域防災計画

(a) 洪水防御

アクションプランの洪水防御計画は財政負担を軽減し、事業実施を容易にするため、計画規模として

10年に1回起こる確率流量が採用されている。河川改修区間はマスタープランでの施工延長 53.4 kmの内、24.7km区間に片岸のみに堤防を作り、川幅600 mの通水断面を確保する。同時に、既設左岸堤防 12 kmの片岸堤補強を行う。この堤防建設に必要な堤防材料は、現地調査した結果から、堤防建設予定ヶ所周辺から得られる河床材料が充分使用できるものと判定した。堤防の侵食、決壊防止のため、流水の早い区間には蛇籠の水制を設置し、水衝部には護岸を施す。プエルト・チャマ橋の基礎を河床低下から保護するため、橋下流部周辺に粗石コンクリートによる床止め工を行うものとした。

(b) 砂防

アクションプランで実施する砂防の事業量はマスタープランにおける砂防事業量の3分の1を目標とし、この中に含まれる主な砂防施設は砂防ダム3基、低ダム18基および擁壁340基である。これらの施設に適用可能な構造物タイプおよび使用材料について検討した結果C-1およびN-1ダムには重力式タイプで材料には粗石コンクリートが採用され、ポコノ断層上に建設予定のC-5ダムは鋼製型枠タイプが採用されている。また、低ダム群および擁壁にはすべて重力式タイプ練り石積みが採用されている。

(2) 地域防災計画

(a) 洪水防御

アクションプランではメリダ、エヒド市の洪水被害軽減には、マスタープラン中に含まれる事業からアルパレス川1 km、ミジャ川3 kmとボルトゲッサ川1.4 kmの河川改修が採用されている。

(b) 砂防

アクションプランでは幹線道路を土砂災害から防ぐため、マスタープランと同様100年確率規模の降雨量で発生する可能性のある災害発生可能地域を対象に対策工事が計画されている。この対策工事に含まれる施設はチェックダム88基、擁壁6基、護岸6基である。これら施設は重力式練り石積みである。

(3) 事業費

アクションプランの事業費はマスタープラン同様1989年1月時点単価を求めた。事業費は次のようである。

広域防災計画	1,055 百万ボリパール
地域防災計画 1、2	48 百万ボリパール
計	1,103 百万ボリパール

(4) プロジェクト評価

アクションプランの建設事業開始から施設費を償却し、事業終了するまでの期間を40年間としたケースでは、建設事業が1991年に開始され、建設が完了する翌年の2001年時点以降では、年平均便益は133百万ボリパールとなる。このケースの内部収益率(IRR)、便益費用比率(B/C)、便益費用差(NPV)を求めたものは次に示す通りである。一般に公共事業は民間事業と比較して便益費用比率が低く、1までは実施可能限度と考えられている。この事業の便益費用比率は1.58で実施による経済収益性は高い。

内部収益率	: 13.2%
便益費用比率	: 1.58
便益費用差	: 346.5 百万ボリパール

7. 経済的側面からの考察

1988年から1990年にかけて実施したチャマ川計画作成調査結果ならびにその後、環境天然資源省が実施したチャマ川流域防災工事実績を見て、次に述べるような経済的側面から事業分割についての考察を行った。

(1) 現時点では、農産物を洪水から守るという治水経済評価は確立しているが、砂防という国土保全目的事業は経済評価が難しい。なほ、砂防事業の治水経済に関する検討は日本でも進められているが、現時点で経済的評価手法は確立していない。このチャマ川流域防災計画では、本来分離すべき経済効果であるにも拘わらず、評価可能な治水事業対象と経済効果評価が出来ない砂防事業対象とをを一体として評価している。言い換えれば、チャマ川流域防災計画では、砂防事業による国土保全効果を皆無とし、費用のみ計上しているのに近い。従って、チャマ川流域防災計画での、治水経済効果は日本で一般的に行われている治水事業より低く評価されている。さらに、上流域における砂防事業は国土保全が目的で治水と言うより、土砂対策であり、治水効果のみでは評価できないものと考えられる。

特に、アクションプラン中のエル・ピヒア下流の治水対策では片岸にしか堤防を作らないため、流水

断面はほとんど変化しない。従って、河道の流送土砂機能に変化が生じたり、河川改修区域で新に堆砂が増大することは著しく少ない。アクションプランでは上流砂防事業を実施しなくとも、エル・ビヒア下流の治水効果の低減は無視しうる。

さらに、本計画では広域防災計画と地域防災計画とを同一事業としてプロジェクト評価しているが、広域防災の主たる対象はバナナであり、地域防災の主たる対象の道路と異なり、また事業費も地域防災分は広域防災分の僅か 5% 近くに相当し著しく少なく、重みも異なるので、これも広域防災計画のみに分離すべきと考える。

アクションプラン中で、広域防災計画の場合に、砂防事業を実施しないときの事業費は、洪水防御工事のみとなり 538.82 百万ボリパールであり、便益費用比率 (B/C) は 3.42 と増大する。

(2) 広域防災計画中の砂防事業ならびに地域防災事業は、広域防災計画中の洪水防御事業とは対象や効果が異なるので切り放し、道路にあっては交通量を考慮するなど流域の社会、経済状況に即応した別の評価をした計画を作成することが望ましいと考える。

8. 結論

(1) 当初計画で全工事を 1 つの事業として計画されたが、それは下流域の治水工事の経済効果が高く、他工事の経済効果ゼロとし一事業としても十分実施可能な程度であったためである。しかし、総事業費が大きくなり過ぎ、国際金融機関が借款を認める事業とならず、ヴェネズエラの国内予算のみでは実施できずに現在に至っていると考えられる。

(2) アクションプラン中の下流域の洪水防御事業のみを他事業から切り離すと、総事業費は 1989 年 1 月時点換算で 538.82 百万ボリパール、1 ドル 40 ボリパールでドル換算すると、13.47 百万ドルで、当初アクションプラン総事業費 1,103 百万ボリパールの半分以下となる。便益費用比率も 1.58 から 3.42 と向上するので工事が早期に着工しやすい。

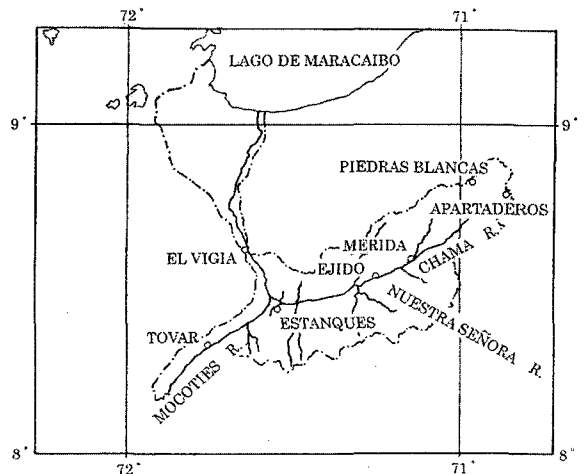
(3) 下流域の治水事業を他事業から分離した場合、総事業費は減少し、経済効果は高くなる。他事業、特に砂防事業は経済効果が現時点では算定できなく、経済上の理由からの事業実施は困難となり、

長期間にわたって事業が実施されない可能性が高いと考えられる。しかし、他事業については現状の災害復旧事業のみ継続すればアクションプラン実施期間のみにおいては重大な事態は発生しないと予想される。

(4) 山地での土砂崩壊は多いが土地利用が粗放的であるため直接被害は少ない。崩壊土砂の下流部への影響は流域の自然条件で調整され影響はすくない。従って、砂防事業は当面、現行の災害復旧事業に近い砂防事業、浸食河道の山脚固定等にとどめ、本格的砂防工事はエル・ビヒア下流のアクションプランの洪水防御事業が完成し、土地利用の高度化が進んでから開始するのが望ましい。

(5) 対策事業を実施しない上流域の地域防災にあっては、市街地の洪水対策では費用のかからない土地利用規制、道路防災では交通規制による管理で当面对処することが望ましい。

【参考文献】 1) ヴェネズエラ共和国チャマ川流域防災計画書 主報告書 1990 年 2 月 国際協力事業団



チャマ川流域位置図