

原始的河川における片堤防による 治水対策に関する考察

STUDY ON FLOOD MITIGATION MEASURES BY ONLY ONE RIVER SIDE DYKE

竹内洋市¹・須賀堯三²

Yoichi TAKEUCHI and Kyozo SUGA

¹正会員 川崎地質株式会社 (〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15)

²フェロー会員 工博 宇都宮大学教授 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

This paper deals with flood mitigation measures by only one side dike on almost primitive rivers. If those rivers are left at existing conditions, the lands might be improved at random with irrigation channels and drainage channels constructed without any relation to flood mitigation, at which conditions it will take a lot of cost and time to execute effective flood mitigation works. Here, it is proposed to be beneficial to make a flood mitigation plan by one side dike at early stage development of land through two examples on the Apure River and the Chama River in Venezuela.

KEY WORDS: *one side dike, flood control, channel stability, staged construction execution, economic analysis, Apure River, Chama River, Venezuela*

1.はじめに

河川改修が一部区間で始まっているがほぼ原始河川に近い河川では現状のまま放置しておくが無秩序な土地開発が進み、用排水路、交通路等が治水と無関係に建設され、その後の改修では多大な費用と時間を必要とすることがある。ここでいう原始的河川とは発展途上国の未改修河川を指すのではなく、河川による沖積作用が未発達で、土地利用が困難であり、ほとんど手つかずのまま現在まで残されて来た流域の河川を指す。ここでは、原始的河川での例として、土地開発が初期段階で、片岸堤による治水対策が優利な河川について、1994年の1人当たりのGNP2,760ドルからすれば中所得国のヴェネズエラのアプレ川とチャマ川の2つの例を通して考察する。筆者の竹内は2つの河川の計画調査業務に直接携わった者で、その後、報告書を再検討し、本論文においては著者らの新たな考察内容をここにとりまとめた。

2.片岸堤について

原始的河川においては、両岸堤(含む霞堤)は洪水波形伝播と河道安定上、無理なことが多い。そこで、ここでは片岸堤を検討する。片岸堤と両岸堤との比較

は表1、表2に示すように同一改修区域、区間内では片岸堤の方が堤防延長では両岸堤の半分、建設コストも約半分となり、重要地区を守るので効果的であり、洪水被害軽減面積も少なくはない。河道のピーク流量上昇への影響も片岸堤の方が両岸堤より少なく、従って河道内遊水量は片岸堤の方が多く、流水の堤防への抵抗は少ない。破堤した場合の被害総額も片岸堤の方がピーク流量も防御対象面積も少ない分だけ少額となる。河床上昇は片岸堤の方が少なく、両岸堤の方が多い。堤防建設は片岸堤の場合徐々に行っても問題は発生しないが、両岸堤で川の両側を護る場合、周辺にできるだけ影響を与えないように、両岸同時にかつ迅速に工事を実施しなければならない。堤防位置の選定に関しては、片岸堤は徐々に施工できることから、既存の堤防が河道に与える影響を確認しながら隣接する堤防の法線を決めることができるが、両岸堤の場合前述のような理由で法線を片岸堤のように決めることは困難である。堤防の維持管理は以上述べたような理由で片岸堤の方が容易である。経済効果は、片岸堤の方が両岸堤よりピーク流量増大率が少ないし、投資効率の高い方の側を護るため、効果は高い。いずれの堤防にしても築堤されるとその堤防で護られる土地では用水、

排水は困難となるので何らかの対策が必要となる。

表 1-片岸堤と両岸堤の比較 (1)

堤防	堤防延長	建設コスト	洪水被害 軽減面積	ピーク流 量増大	遊水量	流水抵抗
片岸堤	両岸の半分	両岸の半分	中	小	大	小
両岸堤	片岸の倍	片岸の倍	大	大	小	大

表 2-片岸堤と両岸堤の比較 (2)

堤防	破堤	河床 上昇	施工	堤防位置決定	維持 管理	経済 効果	用 排水
片岸堤	被害小	小	徐々にできる	築堤に応じて 徐々に	容易	大	必要
両岸堤	被害大	大	早くしなければ ならない	全区間を施工 開始前に	難	小	必要

なお、片岸堤は輪中よりはスケールの大きい地区を対象としている。

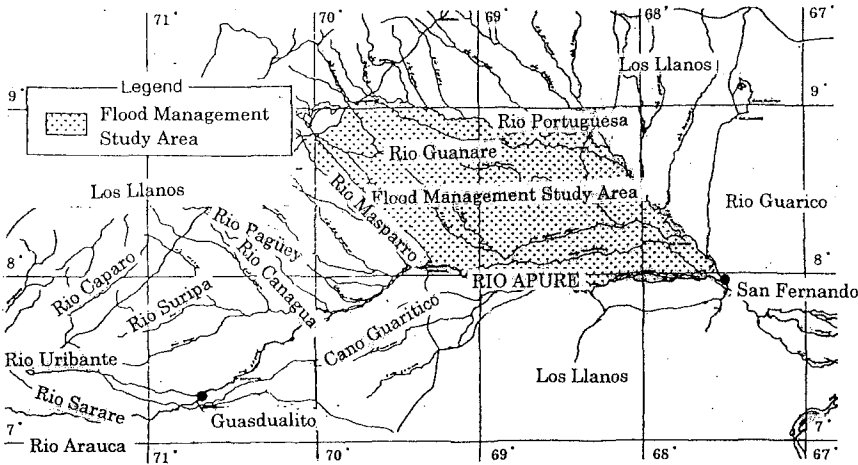


図 1-アプレ川流域位置

3.考察対象河川の自然概要

(1) アプレ川の自然概要

アプレ川流域は図 1 に示すようにオリノコ川の最大支川の一つで、ヴェネズエラ国のアンデス山脈南西端のコロンビア国境付近に源を発する。その流域は北緯 7 度から 10 度、西経 66 度から 73 度に位置する。流域の北部境界はコスタ (海岸) 山脈、西部境界はアンデス山脈、南部境界はアラウカ川と接し、東部境界はガリコ川と接する。

平地部は標高 50 m~200 m であり、雨期にはほぼ全域が 50 cm ほど湛水する。アプレ川の主要支川として、アンデス山脈からポルトゲッサ川、ガナーレ川、マスパロ川、バグエイ川、カナグア川、スリパ川、カパロ川、ウリバンテ川、およびサラレ川、右岸の平野部からガリティコ川が流入する。

アプレ川の流域面積は、サン・フェルナンド (図 1 参照) 上流で 111,800 km² である。アプレ川本川の延長は、オリノコ川との合流点からガスダリートのレモリーノ橋までの 681 km である。

山地部の地質はアンデス山脈では古生代、中生代、第三紀の岩で構成されており、コスタ山脈では中生代と第三紀の岩で構成されている。これら多くの岩層は多くの断層を伴っている。ロス・ジャーノス平野に属する平地部は沈下した後、厚い第四紀の堆積層に覆われているが、沖積層は十分発達していない地域である。

表 3-アプレ川年間流砂量一覧表

区間	延長区間 (km)	平均川幅 (m)	年流砂量 (10 ³ m ³ /年)
合流点~サン・フェルナンド	167.3	340	1.47
サン・フェルナンド~エル・サマン	180.8	342	1.52
エル・サマン~ブルスアル	94.1	522	1.45
ブルスアル~スリパ	81.4	501	1.30
スリパ~ガスダリート	139.8	265	1.43

流域の季節には降雨と乾期があり、雨期は 4 月から 1 月までである。年間降雨量は平野部で 1,200 mm

から 1,600 mm、山間部で 2,800 mm である。

アプレ川の水位は 8 月に最高、3 月、4 月に最低となる年周期の波形である。年最高水位と最低水位の差はサン・フェルナンドで約 6~7 m、ブルスアルで 4 m であるが、洪水期の月間変動は両地点ともわずか 0.5 m である。水位の日単位での変動はさらに少ない。サン・フェルナンド地点の既往最大流量は 1981 年 7 の 6,900 m³/s、河床勾配 1/7,200 で、河床材料

の平均粒径は 0.08 mm である。アプレ川における現状河道の年間流砂量を区間平均値として表 3 のとおり算定した。掃流砂は佐藤・吉川・芦田公式を用い、浮遊砂についてはブラウン公式を用い、流量は平均流量を用いた。サン・フェルナンド地点上流の年流砂量は 131 m³/km² である。

(2) チャマ川の自然概要

チャマ川流域は図 2 に示すように北緯 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標高 4,400 m 付近の高地ピエ・ドラスブランカに発し、U 字谷を約 10 km 南下し、標高 3,400 m 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。

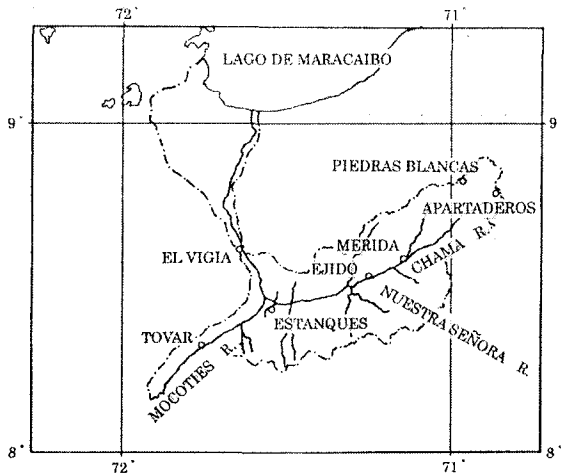


図2-チャマ川流域位置図

チャマ川流域では山腹崩壊や地すべりが多く見られる。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 25km 付近で合流する左支川ヌエストラセニョーラ川流域の粘板岩地帯で多くの山腹崩壊が起きている。エスタンケスからエル・ビヒアまでの中生代から第三紀にかけての堆積岩のある本川両岸地帯では地すべりが集中して起きている。

ヴェネズエラ北部では一年を 4 月から 11 月までの雨期と 12 月から 3 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、雨の降り方により雨期の中間期の月降水量が減少し、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 であるが年降水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。エル・ビヒア地点での河床勾配は 1/40 であり、平均河床粒径は 19 mm である。年平均流出土砂量は、JICA 調査団による調査結果では、エル・ビヒア地点で 2,750 m³/km² と算定されている。

洪水はエル・ビヒア下流の扇状地性沖積部では毎年生じ、災害を与えている。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被災を受けやすいが、その他の資産は被害を受けにくい。近年の顕著な洪水は 1972 年、1982 年ならびに 1988 年の洪水は深刻であり、その被害額はそれぞれ 2.53 百万ドル、3.03 百万ドル、4.58 百万ドルと算定されている。なお、1989 年 1 月時点換算で 1 ドル 40 ボリバルである。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。

1972 年に計画された放水路はエル・ビヒア下流 12km 地点右岸側から洪水流をすべてムクヘベ川に転流させ、マラカイボ湖に直接放流させるものである。放水路延長は 40km、放水路設計流量は 1,500 m³/s である。放水路工事は河口から 10km 施工されたが、チャマ川上流からの送流土砂対策が確立されなかったため工事は中断されているとのことである。

4.計画概要とその検討

(1) アブレ川治水計画

アブレ川の治水対象地域の面積は 21,000 km² でアブレ川本川の右岸側には堤防があり、農牧地として広大な土地利用が進んでいるが、本川左岸側には堤防がなく、大半が自然状態にあり、環境面に十分な配慮がなされている。計画は降雨確率年で、10 年とし 8 ヶ月期間降雨でアブレ川上流域 1,942 mm、ポルトゲッサ川流域 1,576 mm、全流域 1,742 mm で解析が進められた。そこで採用した工法は、経済効率が悪いが環境に優しい工法、片岸堤、尻無し堤、合流点付近無堤（自然遊水池）、既設道路を堤防に兼用する工法を採用し、環境により厳しい工法、ダム、両岸に連続堤をつくる工法ならびに自然堤防に沿って存在する樹木を伐採して流水断面を拡大する工法等は採択されていない。新設堤防はすべて道路兼用とするよう計画された。

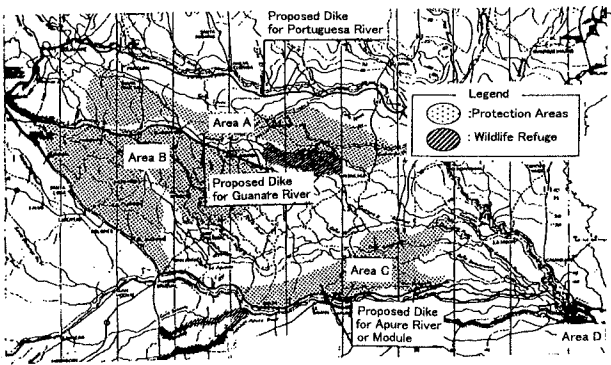


図3-アブレ川治水計画図

アブレ川治水計画は図 3 に示すようで、大きく次の 3 事業に分かれる。

A 事業：ポルトゲッサ川右岸堤の延長 187 km 建設

B 事業：ガナレ川右岸堤の延長 145 km 建設

C 事業：アプレ川左岸堤延長 155 km 建設

表 4 に前記 3 事業の実施順位、堤防延長、事業費年平均便益比率が示されている。事業の優先順位は経済評価ならびに環境評価から A、B、C 事業の順位とされた。事業費は 1993 年 2 月時点の為替レートを用了。堤防の建設後の耐用年数は 50 年として算定された。

表 4－事業別経済比較一覧表

事業	優先 順位	堤防延長 km	事業費 US\$ 百万	年平均便益 US\$ 1,000	費用便 益比率
A事業	1	187	4.19	4,482	1.39
B事業	2	145	25.55	3,473	1.45
C事業	3	155	34.11	4,042	0.82
全体		487	93.85	11,286	1.15

(2) チャマ川洪水防御計画

チャマ川洪水防御計画では計画対象流量として 10 年に 1 回起こる 1,450 m³/s が採用されている。堤防築堤区間は改修予定区間の 30 % として、洪水時には無堤ヶ所から氾濫が生じ、この氾濫域の貯留効果によって、100 年確率計画流量 2,300 m³/s は 10 年確率流量まで低減するよう計画されている。

河川改修区間は図 4 に示すようにマスタープランでの施工延長 53.4 km の内、右岸側 10.4 km、左岸側 10.3 km、計 24.7 km 区間に片岸のみに堤防を新築し、川幅 600 m の通水断面が確保された。同時に、既設左岸堤防 10.4 km の片岸堤補強を行うこととされた。この堤防建設用材料には堤防建設予定ヶ所周辺から得られる河床材料の使用が予定されている。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

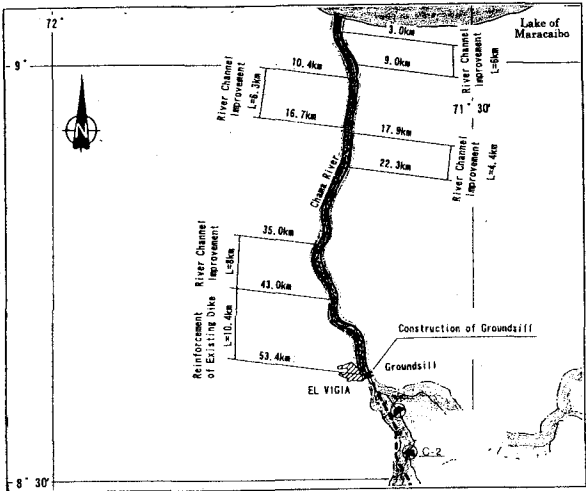


図 4－チャマ川洪水防御

し、水衝部には護岸を施す。また、パン・アメリカン道路上の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された。チャマ川洪水防御計画ではムクヘベ川への放水路工事案は送流土砂対策より転流工の建設費ならびに維持・管理費が多大な費用が予想されたことから採択されなかった。

チャマ川流域防災計画は最初に建設期間 30 年間のマスタープランを作成し、この事業の中から緊急事業を選び、建設期間 10 年間のアクションプランが作成されている。流域防災計画は被害内容と被害規模に従い、広域防災計画と地域防災計画に区分された。広域防災計画はエル・ビヒア上流の砂防計画とエル・ビヒア下流のチャマ川洪水防御計画とに細分されている。

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	26.38 百万ドル
地域防災計画	1.20 百万ドル
計	27.58 百万ドル

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、10 年間の建設が完了する翌年の 2001 年時点以降では、年平均便益は 3.33 百万ドルとなる。このケースの便益費用比率 (B/C) は 1.58 で実施による経済収益性は高い。

アクションプランで図 4 に示すようにエル・ビヒア下流の洪水防御事業のみを実施する計画の事業費は 13.35 百万ドルである。

5.計画の問題点と考察

(1) アプレ川治水計画

(a) 調査時には既設のアプレ川本川右岸堤の洪水時安全性について完全なものと見なされているが、実態は厳しいものと認識されている。そのため、調査対象区間外の 1990 年の国勢調査による人口 28.5 万人のアプレ県の全既設堤防の安全性について検討する必要があると考えられる。特に、当調査では新規事業の必要性がないとしている人口 7.6 万人のサン・フェルナンド市の D 地区を護る堤防の検討が必要である。

(b) 計画概要では、アプレ川治水計画の C 地区における事業はアプレ川左岸堤 155 km 新築と述べているが、最終的にはアプレ川左岸堤 155 km の新築あるいはアプレ式モジュール(後述)を建設し、C 地区を護る計画とされた。C 地区はアプレ川左岸堤の建設のみが当初計画されていたが、環境面からの問題で、調査範囲が広大で、調査期間も短く、十分な環境調査を実施していなかったため、アプレ式モジュールの建設コスト、効果、環境影響評価など一切行わずに、両方式併記という計画になった。C 地区は 1979 年当時アプレ川右岸の無堤の処に、堤防を建設したため洪水時の浸

水深は以前より深くなっており、その補償工事が欠かせないと考えられる。アプレ式モジュールは、農牧用道路、治水効果ならびに乾期の牧畜用水供給効果が有るとして格子状築堤が建設されたもので、洪水期には堰堤上に牧畜が避難し、乾期の水が不足する時には築堤用土取り場跡地の溜池を牧畜の水飲み場として使用するものである。しかし、アプレ式モジュールは農業用道路としての効果は確実に期待できるが、現実には牧畜用水供給効果も乾期の期間が長い場合には水不足となっており、環境への影響度合いも河川堤防と比較した場合、どちらが多いかは現時点では明らかでない。アプレ式モジュールはその効果について再検討する必要がある。

(c) アプレ川で兩岸堤築堤が困難な理由には片岸堤の一般論で述べた以外に、アプレ川左側支川合流点流末部では、河道が不安定で河床粒径はシルトで細かく、堤防基礎地盤は極めて悪く、築堤後、沈下が予想され、更に土地利用も湿地帯で条件が悪いことが挙げられる。

(d) アプレ川左岸では、河道が平衡状態からほど遠く、安定性に欠ける。このような状態のところに堤防を造ると維持費が嵩む可能性が高い。

(e) アプレ川左岸に築堤するには水防林を造り、堆砂促進等による河道安定が望ましい。

(f) ボルトゲッサ右岸堤、ガナレ川右岸堤ならびにアプレ川左岸堤は道路として兼用できるのかかわらず道路としての経済評価は当調査では行っていない。道路としての経済効果を治水効果に合わせて算定すれば、築堤建設事業は経済価値が高まり、現時点で治水効果のみではB/Cが0.82で1以下のアプレ川左岸堤もB/Cが1以上になる可能性もある。

(g) 道路を治水対象地域に計画する場合、この3本のA、B、C事業の堤防天端上に道路を最初に建設することが望ましい。これら3本の堤防に接続するか、あるいは横断する道路は堰堤の治水効果を減らさないよう計画する必要がある。

(h) すでに治水対象地区の北部に位置するアカリグアを中心とするツリン農業開発事業では河川改修計画と無関係に道路を入れているためコヘデス川を流出土砂で埋没させるような事態を発生させている。これら道路の入っている所では水害が今後より多く発生することが予想される。

(2) チャマ川洪水防御計画

(a) アクションプラン中のエル・ビ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、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。

(b) エル・ビヒア下流では、河道は過去 10～20 年間の観察からすると、急激な変化は少なく、それなりに河道のバランスが出来上がりつつあるように見られる。

(c) 河川改修に際し、本川エル・ビヒア下流で川幅を過去の河道蛇行範囲 600m (平均流路幅 100m) と広くすれば、兩岸に堤防を築堤しても流水断面は変化せず、流送土砂量も変化せず、急激な堆砂は起こらないことが予想される。

(d) チャマ川本川エル・ビヒア上流には狭窄部があり、上流からある一定規模以上の大量土砂が送流されてきた場合でも、その遊砂機能が働き砂防ダムが無くても、相当部分が一時的に貯留され調整される。

(e) 現時点で住宅、資産が少ない土地利用状況の対岸に片岸堤を築堤することは問題ないと思われる。

(f) 片岸堤の対岸には河道が安定するまでの当分の間は築堤しない方がよい。

(g) 将来河道安定後、その片岸堤の対岸の扇状地部分には、霞堤あるいは導流堤を築堤するなどして、扇状地の河床上昇を抑えるように維持管理を行えば、平野部には兩岸に築堤しても問題はないと思われる。

(h) チャマ川の計画年流出土砂量は $2,730\text{m}^3/\text{km}^2$ と算定されている。これは天竜川上流の三峰川の計画年流出土砂量とほぼ同じである。しかし、チャマ川の計画年流出土砂量は流域の航空写真による崩壊状況、地質、降雨から算定した結果であり、三峰川の計画年流出土砂量は実測値である。チャマ川のエル・ビヒア地点は流域面積が $5,090\text{km}^2$ ある天竜川の流域面積 $4,880\text{km}^2$ の鹿島地点に相当する。目測による両地点の河床状況比較、実測既往最大流量から判断するとチャマ川の計画年流出土砂量算定値は過大であると判断される。

表5 一年平均流出土砂量

流域名	地点名	流域面積	年平均雨量	実測既往最大流量	年平均流出土砂量
三峰川	美和ダム	311km^2	1,285mm	$1,320\text{m}^3/\text{秒}$ (1982.8)	$2,530\text{m}^3/\text{km}^2$
チャマ川	エルビヒア	$3,511\text{km}^2$	1,032mm	$720\text{m}^3/\text{秒}$ (1988.9)	$2,730\text{m}^3/\text{km}^2$

表6 流出土砂と構造物による調節

流域名	調節地点	A=年流出土砂量	B=調節量	B/A
三峰川	美和ダム上流	$786,000\text{m}^3$	$287,000\text{m}^3$	36.5%
チャマ川	エル・ビヒア上流	$9,600,000\text{m}^3$	$7,140,000\text{m}^3$	74.4%

たとえ、表5に示すよう年流出土砂量が両河川とも等しいとしても、天竜川流域より土地利用度が低く、流域人口も少ないチャマ川流域の方が表6に示すように構造物による土砂調節量、調節比率とも天竜川流域

より高いのは計画上再検討の余地があると思われる。

(i) 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、土地利用の高度化が進んでから開始するのが望ましい

6.片岸堤に関する考察

(1) 以上の検討経過を通して、片岸堤の考察対象となったアプレ川とチャマ川の現況比較をすると表7、表8に示すよう共通な特徴は堤防が少し存在することのみである。

表7－チャマ川とアプレ川の現況比較（1）

河川	流域面積	河川勾配	河川粒径	流量	流送土砂
アプレ川	大	緩	細かい	大	小
チャマ川	小	急	荒い	小	大

表8－アプレ川とチャマ川の現況比較（2）

河川	流域地形	土地利用度	堤防の存在
アプレ川右岸	平坦な湿地帯	点在する農牧地	一部
チャマ川左岸	扇状地状沖積地	広大な農牧地	一部

両河川における片岸堤計画の直接目的は表9に示すように建設コスト減とそのための河道設計流量の減少を意図したものであるが、アプレ川では環境対策に役立ち、チャマ川では流送土砂対策に役立っている。

表9－アプレ川とチャマ川における片岸堤の目的

河川	直接目的	間接目的	設計手法
アプレ川	河道設計流量減と建設コスト減	環境対策	雨量確率
チャマ川	河道設計流量減と建設コスト減	土砂対策	流量確率

アプレ川左岸側の各支川流末部は不安定であり、この部分を除き、河川の安定性や土地利用状況から見て、アプレ川、チャマ川共に片岸堤築堤の治水効果は大きい。

(2) 原始河川において、最も安価な洪水防御対策は自然地形を利用するもので、自然堤防など周囲の土地より高いところを利用し、家の周りに洪水の流れを弱める樹木を巡らす、家屋を高くするなど消極的なものである。

連続堤を大河川に築堤することは機械施工可能でない時代にあっては、たとえ片岸堤といえども技術的にも経済的にも築堤は困難であった。輪中堤やヴェネズエラにおける輪中堤に類似したアプレ式モジュールのような流水の抵抗の少ない構造物しか築造することは出来なかった。しかもその輪中堤も完全に閉じた輪中より、水の勢いの強い上流側だけに堤防を造り、下流側が開いた尻なし堤の方が水の抵抗が少ない。この

尻なし堤も、河床勾配の比較的急なチャマ川のようなところでは十分役に立ったが、低湿地で水郷地帯のアプレ川のようなところでは、尻なし堤は洪水に対して無力である。なお、この輪中堤原始状態では、取水・排水に工夫が必要となる。

川筋全体すなわち地域全体を例え片岸堤と雖も連続堤防で囲むという工事は、流水が広い範囲を乱流していた自然河道を堤防で固定し狭くし、滞留している水を減少させ、ピーク流量を増大させる。流水が堤防に及ぼす力も自然河道の時より増大する。従って、ヴェネズエラは開発途上国ではないが、開発途上国における原始的大河川では当初から兩岸に築堤することは経済的にも技術的にも得策でなく、開発ポテンシャルの高い片岸側のみに連続堤を築堤することが環境にも優しい工事となり得策と考えられる。ただ、連続堤を造ると、この堤防の天端は洪水時の緊急避難場所ならびに常時交通路として使用できる別の利点があるが、支派川を締め切る事は避けられず、堤防で囲われた土地への用水不足と排水困難をもたらす。

7.結論

(1) 原始的大河川で河川改修事業を実施する場合、最初は輪中堤による事業、次いで規模の大きな事業としては、兩岸堤でなく、少なくとも当初は片岸堤のみで改修を行うのが技術的、環境上、経済的にも得策である。最終的には河川、社会と土地利用の発達段階に応じ兩岸堤による河川改修を進めることが望ましい。

(2) 片岸堤は必要な、経済効果の高い部分のみ築堤し、支派川との分・合流地点付近では無堤とするのが得策である。

(3) 片岸堤は必ずしも連続堤を意味しない。最小の工期・工費で最大の効果を期待するものである。チャマ川では左岸側が主体であるが、右岸側にも築堤が計画されている。ただし、道路等の他利用の支障を最小に抑えなければならない。

(4) 土地開発を実施する場合、事前に交通路用や排水路と合わせて堤防の有効性を兼ねた河川改修計画を作成するのが望ましい。

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
2) 三峰川に関するデータは建設省三峰川総合開発工事事務所ならびに天竜川ダム統合管理事務所提供
3) ヴェネズエラ共和国アプレ川河川改修計画調査 最終報告書要約 1993年11月 国際協力事業団
4) 世界開発報告 1996年版 世界銀行

(1999.9.30受付)