(4) 荒廃状況の概要

パライバ高原で現在崩壊地の見られる地区はパライブナ川の支流、リベイラ川（ＲＩＢＥ-ＩＲＡＯ）に面するサンタバーバラ（ＳＡＮＴＡＢＡＲＢＡＲＡ）の地域（輝緑岩ないし安山岩質のキャップロック）及びクーニャ（ＫＵＮＨＡ）から南に連なるパライブナ川源流附近の雲母片岩ないし石英片岩地帯である。

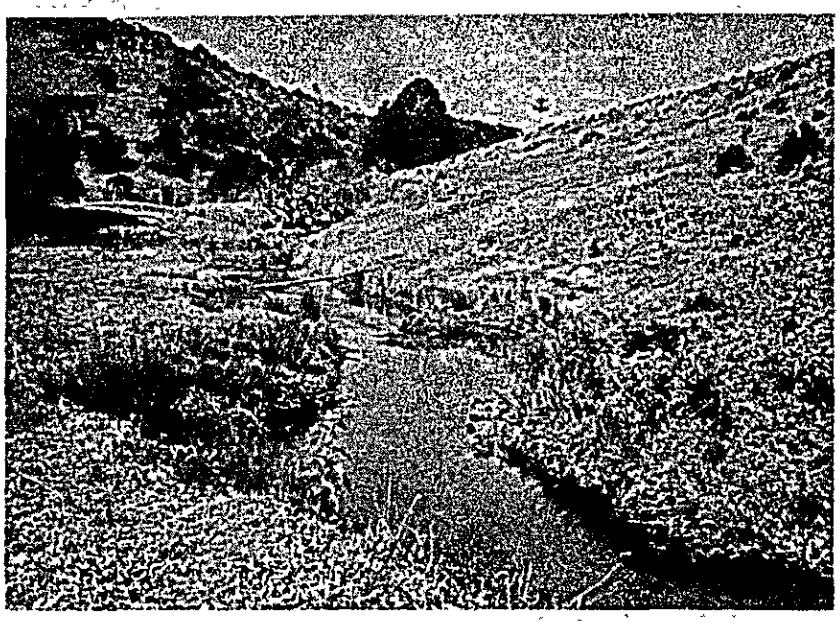
なおウナ川流域にはガリ状の荒廃地が見られる模様でまたパライバ川下流貯水池周辺の雲母片岩等の地帯には急斜地に地すべり性崩壊も発生している。

然しながら全体的に見て、現在のところ道路の切取り面や盛土面等人工の急傾斜地を除いては一般に荒廃地はそれ程多くはない。

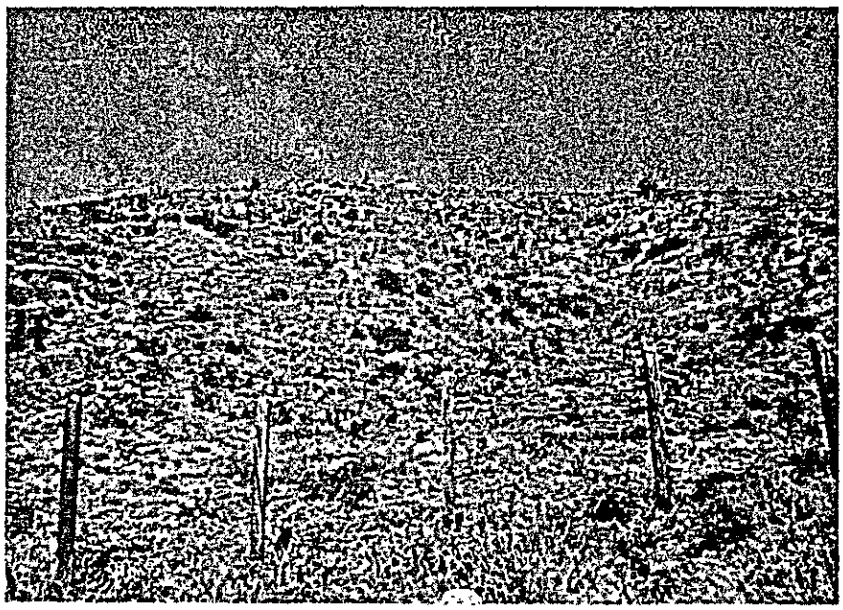
この地域は地質的には深いサプロライト層があり、土層は粗砂と粘土を主とし礫が少なく、いわゆる不連続風化であるため、森林植生が失われ、腐植質が流亡すれば容易に地表流による、土壌浸食及び中間流のパイピング現象等による浸食、崩壊を起しやすい体質をもっている。

流域管理上、最大の関心事は、広大な面積をもつ、牧野の過放牧による土層の破壊や、２０°以上の傾斜地における腐植層（Ａ層）の喪失と土壌の酸性化等による浸透能の劣化等に起因する潜在的な荒廃移行である。

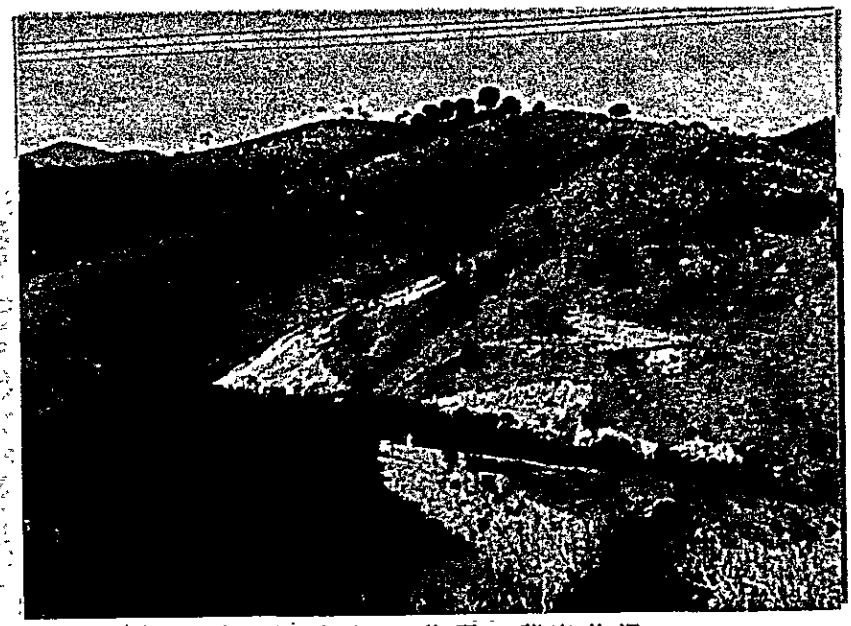
この腐植質の喪失→瘠悪化→表土の流亡→荒廃という悪循環を絶つ為には、土壌保全機能の高い樹種、林型の研究、森林と牧野との定期的切替え、混牧林、生産性の高い改良牧野による土地の集約利用、地形と土性に応じた適正な土地利用区分、簡易な土壌保全施設、階段工の施工など林政及び農政を一貫したきめ細かな総合施策の推進が要請される。



パライブナ上流　　牧野の荒廃状況

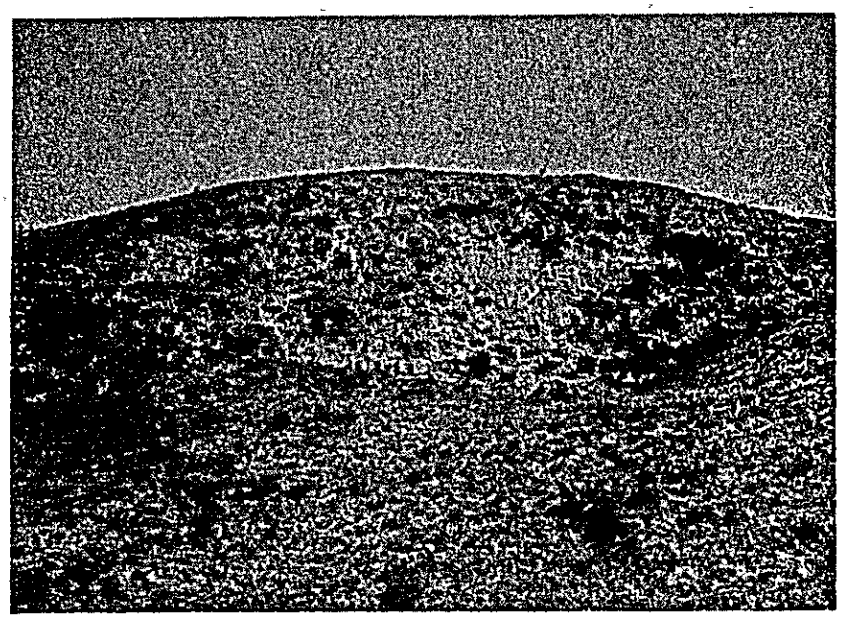


同　　上

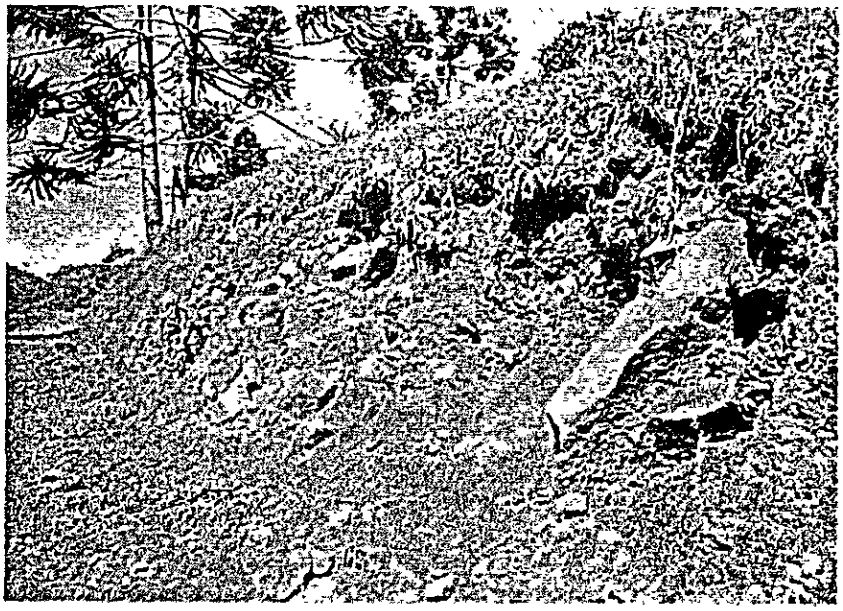


パライブナ上流　牧野の荒廃状況
あり塚は荒廃の指標となるか。

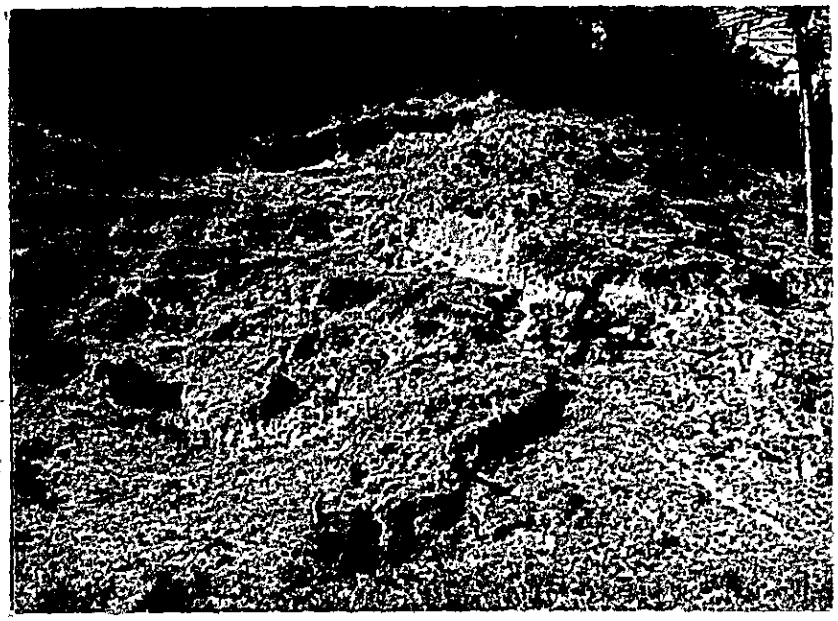
同　上　　牛道から荒廃がはじまる。



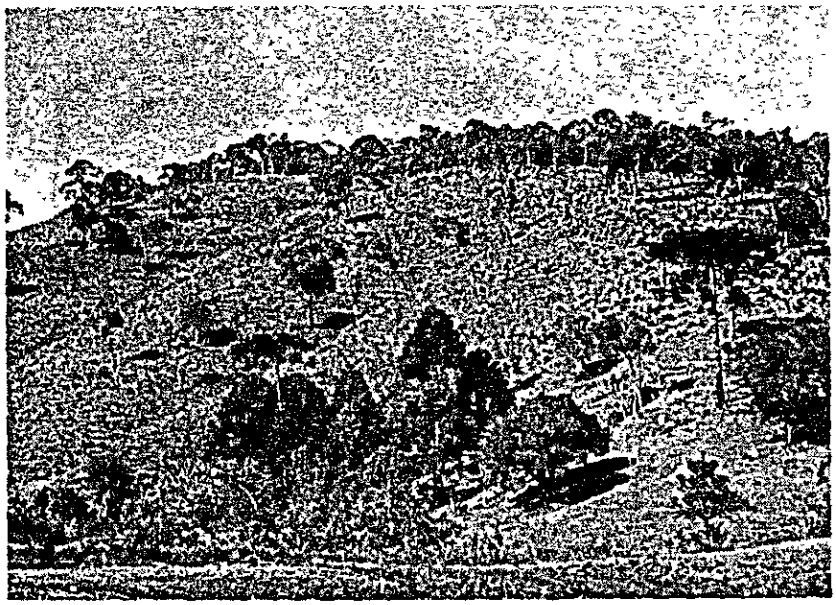
パライブナ川支流リベイラ川左岸、サンタバーバラ
輝緑岩地帯　　急傾斜牧野の荒廃状況



同　　上　　崖錐の崩壊（道路切取面）

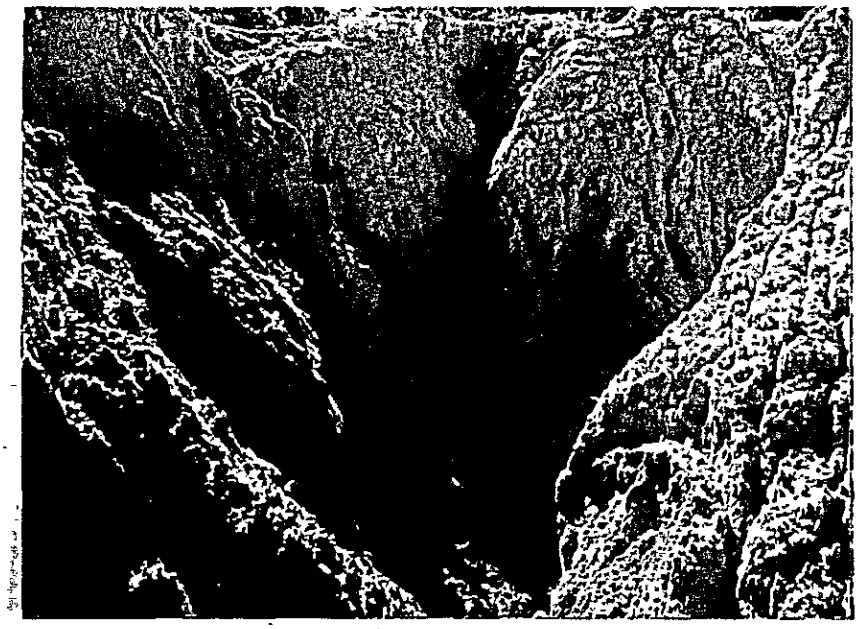


パライブナ川上流　　過放牧による荒廃状況

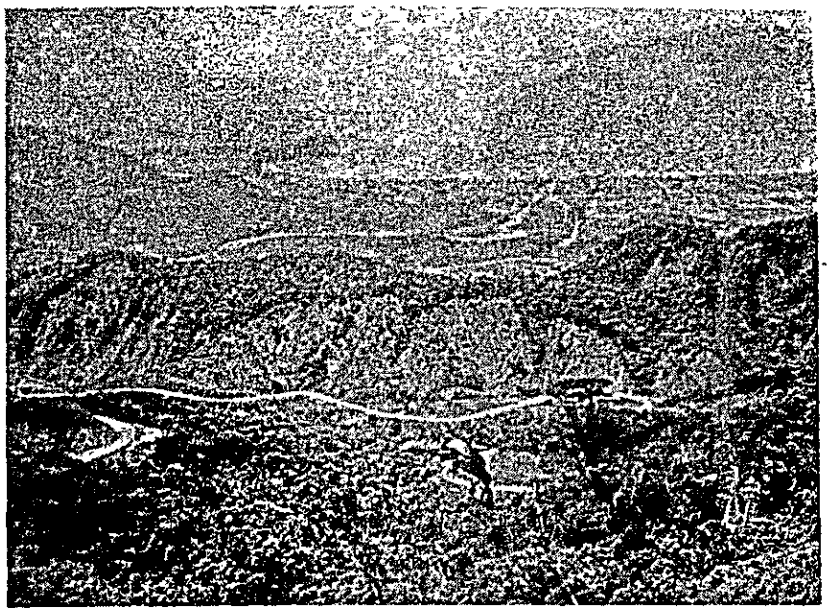


同　上　　牛道と蟻塚が見える。蟻塚は荒廃の指標か？
林木はアロウカリヤ

パライブナ川源流部　道路盛土面のガリ浸食
地質　ミグマタイト、土壌、赤黄色ポドゾル

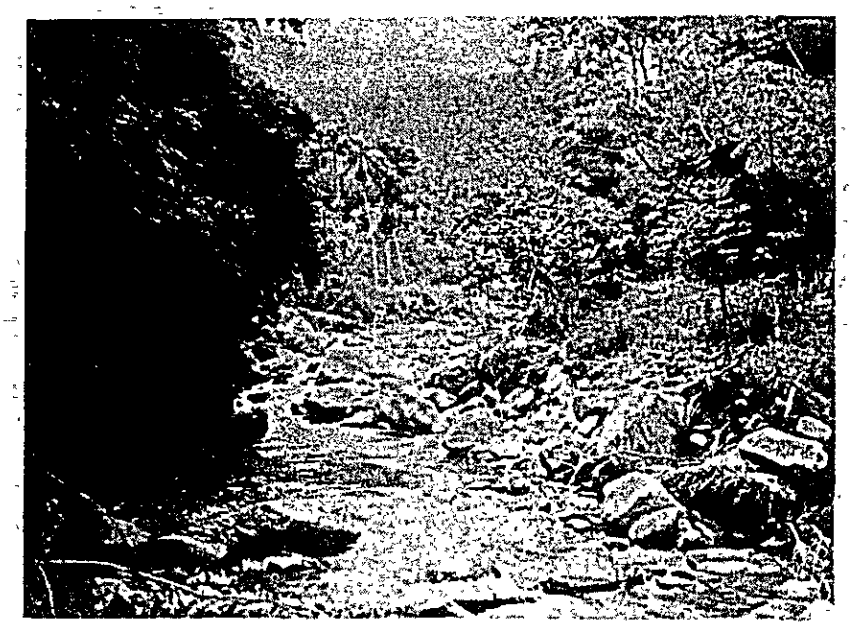


同　上

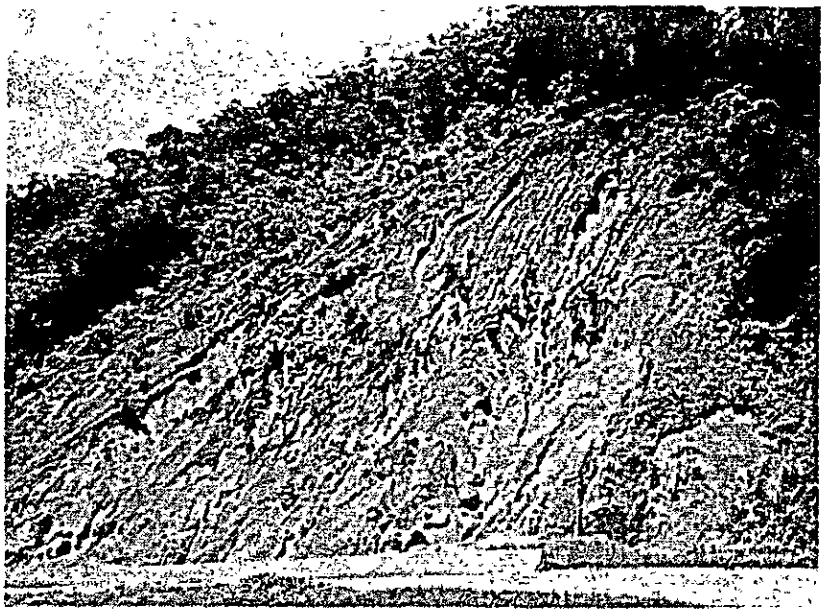


ウナ川（UNA）流域の荒廃山地
第三紀　タウバチ層（砂岩、シルト岩）

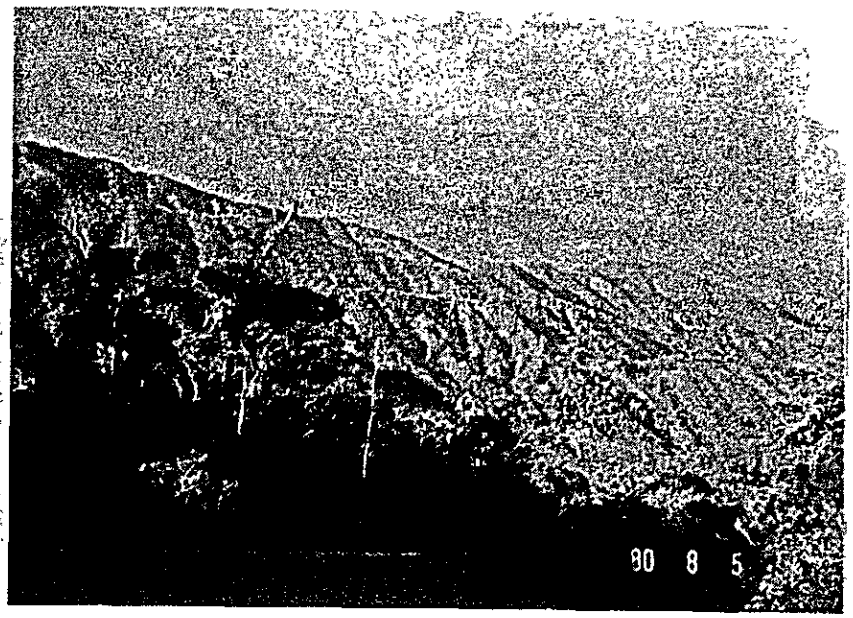
同　　上（人工林地内）



ウナ川流域　荒廃渓流

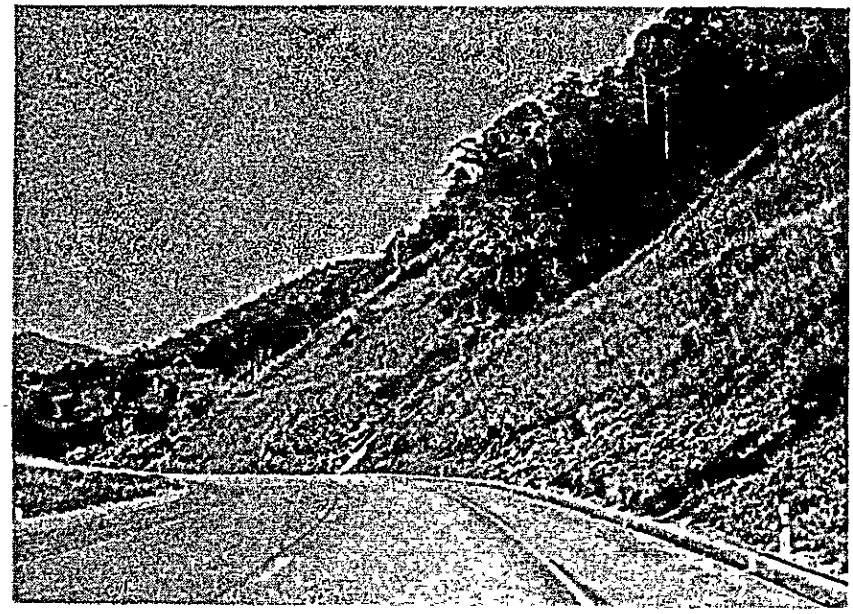


ウナ川流域　道路切取面の再崩壊
第三紀　シルト岩（タウバテ層）

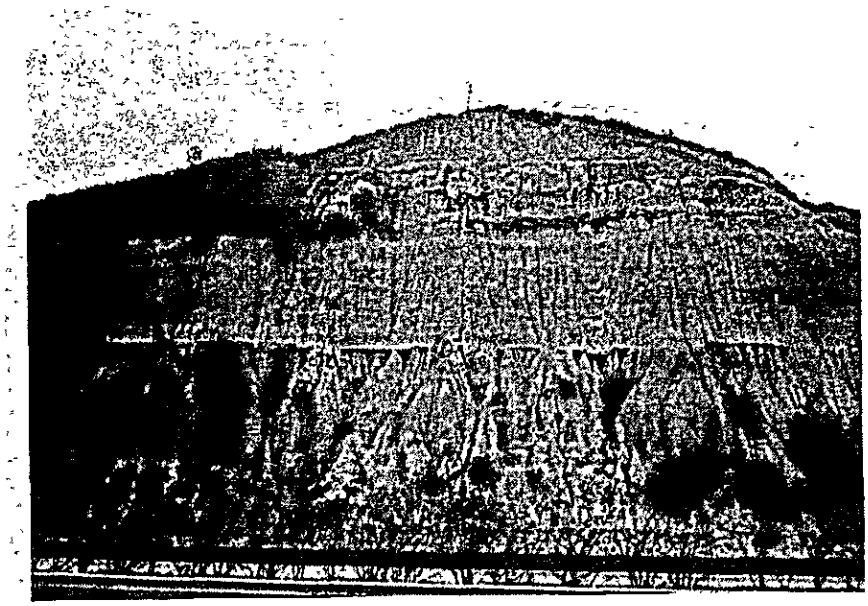



ウナ川流域の荒廃山地
第三紀　シルト岩、砂岩（タウバテ層）

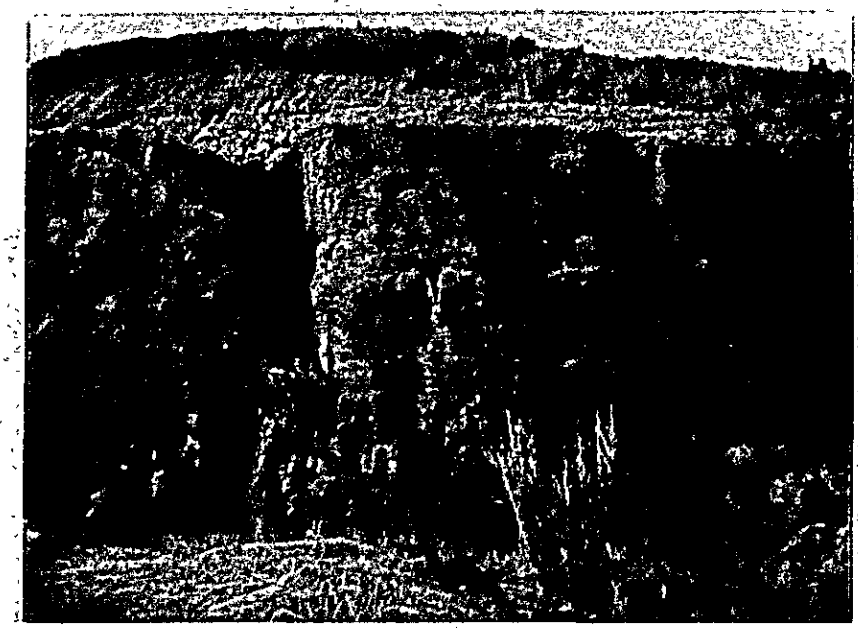
パライバ川中流ダム周辺の地すべり性崩壊
圧砕花崗岩（ミグマタイト）の地帯



同上　道路切取面の緑化状況
直高１０ｍ毎に水平階段が見える。



タウバテ附近　タウバテ層（シルト岩）切取面の浸食状況
中央部（シルト質）と上、下部（砂質）と
でエロージョンの形態が異なる。



パライバ川上流、道路切取面のガリ浸食

## 1－4　ウナ川（ＲＩＯ　ＵＮＡ）流域の概況

ウナ川はパライバ川の支流で、タウバテ市の東方でパライバ川の右岸地区に合流する流域管理上重要な水系である。

この水系については、森林院のウォルター・エメリッチ博士（Dr.ＷＡＬＴＥＲ　ＥＭＭＥＲ-ＩＣＨ）及び中野秀章博士（Dr.ＨＩＤＥＮＯＲＩ　ＮＡＫＡＮＯ）の両氏が調査され、１９７８年１２月にマナウス（ＭＡＮＡＵＳ）で開催された第３回森林会議に論文を提出されているのでその要旨を引用させて頂くこととした。

### (1)　概　　要

この流域は、タウバテ市に水を供給する役目を持っており、タウバテ市は、ブラジルの２大経済中心地－サン、パウロとリオ、デジャネイロ間に位置するため、地理、経済面で特別な重要性を持つ地域である。

この流域は、パライバ川の右岸、タウバテ市とピンダモニャンガーバ市間に在り、その地理的位置は、緯度２３度、経度４５度３０分である。

パライバ川流域は、５７,０００Km² の面積を有し、そのうち１３,５００Km² は、サンパウロ州に２０,９００Km² はミナスジェライス州に、２２,６００Km² はリオデジャネイロ州内に位置している。

前世紀の初頭から、この地域はコーヒーの大規模栽培を中心に飛躍的に発展した。

１８４０年頃、パライバ川流域は、サン・パウロ州全土のコーヒー生産の８０％を、又、同州の農業生産の３７％を産するほどであった。

しかしながら、この（黄金）時期は、同世紀末までは続かなかった。

急激に発展した土地は、荒廃化し、経済的に、この地域が魅力となり得ていた唯一の要因――― 奴隷労働も廃止された。

ウナ川の流域は４００Km² の面積を有し、その源は、降雨量の多いＱＵＥＢＲＡＣＡＮＧ-ＡＩＨＡ山脈を起点とする。

下流域は、温和な気候、穏やかな風、陽当りの良さ、標準的湿度が特徴である。

### (2)　起　　伏

ウナ川流域は、ケブラ・カンガーリャ山脈の高度５００ｍから９００ｍへと北西に伸び、また、南東では、ジャンベイロ山脈と境を分かつ。

この地域には、パライバ川のもう一つの支流、パライブナ川が流れており、この川は、マール山脈の標高1,７００ｍの所に源を発す。

マール山脈の中間高度９０.０ｍの箇所が川の分岐点となっている。

起伏は、流域の微気候、中間気候、陸水の態様、植生、土壌の形成に直接、影響を与えている。

植林、及び畜産農業地域の貢献度は直接的に起伏と結びついているのである。

起伏は、また、機械化を制限し、植付けを制約する要因の一つでもある。

都市計画においても、この起伏が、建物の設置場所及び建築コストに作用しているのである。

戸外での娯楽・保養の場でも起伏は、人をひきつける大きな魅力となっている。

(3) 地　　質

ウナ川流域の地層は、石灰岩、石英及びその他第三紀の岩石からなる。

第三紀の地層は、パライバ川流域の中央部分で優位を占めている。

２０Kmの幅を持つこの地層は、ウナ川流域を横断しており、イタイン小川やウナ川源流の斜面から、ずっと低地の所まで伸びている。

源流斜面、南西の地域では、「片麻岩」が、また中部から東部地帯では、「前デボン紀の岩石」が、そして、北部では「石英」が地層となっている。

「片麻岩」層は、一般的に酸性である。

石灰質岩は、深成岩とのまじわりで形成された結晶片岩であり、１９％のマグネシウム含有量があり、白雲岩に類似している。

(4) 土　　壌

ウナ川流域の土壌は、「赤黄色ポトゾル」の傾向を持つ。

流域の土壌を形成する岩石が、主要成分として、雲母片岩の混入している「片麻岩」を含んでいることから、この土壌は、サルモーラン（雲母、長石が部分的に分解したことにより生ずる土壌）及びマサッペ（黒い、肥沃な粘土質の土地）タイプの土壌であると言える。

低地においては、この土壌の深さは３ｍに達し、上層においても底土においても、その本質は粘土である。

斜面中腹の土壌は1.５ｍの深さでＣ層に達する。

上層においては、砂質泥粘土であり、心土（底土）では、砂質粘土及び粘土である。

この土壌に含まれている有機物の含有量は炭素量の1.７倍である。

低地の上層部においては、有機物含有量は4.３％、傾斜地でのそれは2.０％である。

地質、土壌のこれらの要因は、肥料成分の可給態の多少を左右することによって、植生に直接、影響を及ぼすものである。

なおこれ等の要因は土壌浸食、水の流出、蒸散、植生等を介して起伏、陸水の態様及び微気候に影響を与えているものである。

(5) 気　　候

気候という要因は、流域の表層植生や河川の陸水態様に直接的に作用している。

また長期にわたっては、土壌、起伏の形成にも影響を及ぼしているのである。

１２月から３月にかけての雨期での　ウナ川流域の最高気高は平均して、２７度から32.6度である。

最低気温は平均して１５度から１８.２度である。

年間を通じ、風は一般的に穏やかで、風速は０ｍから４ｍである。

短期間で見た場合、流域の風速は、４ｍから７ｍになることもある。

陽当りは良く、青く澄んだ空で、展望がきき、乾燥した気候である。

相対湿度は約７３.２％から７５.９％である。

年間平均降雨量は1,３０４㎜である。

最近、数年雹が特発的に降り、農作物に多少の害を与えたことがある。

冬期の数日間、霜が降りることがあるが、これは害を与えていない。

早朝及び午後から夜かけてに濃霧が立ちこめることは頻繁にある。

(6) 植　　生

ウナ川流域の原始植生は、前世紀の末コーヒー栽培の発展に伴い、完全に根絶してしまった。

１９７２年にＨＶＥＣＫは、この植生を「パライバ渓谷の半乾燥森林」と評している。

その理由は、ケブラ・カンガーリャ山脈の麓のこの植生群は、乾燥した孤島になり果ててしまっていたからである。

しかし、侵入困難な地域では、一般的に、まだ原始植生群の痕跡が無傷のまま保有されている。

## 2. 流域管理年次別試験計画

### 2－1 施設設置計画について

サンパウロ州政府から協力を要請されている試験研究のうり、パライバ川の流域管理に関する事項は次のとおりである。

(1) 水土保全のために望ましい樹種、施業方法の研究

(2) 水土保全のため森林を復活すべき重要地点の判定方法の研究

(3) 森林の水土保全機能を補完する簡易な治山工法の研究

(4) 流域管理の総合試験

以上のうち特に施設の設置を要するものは総合気象観測装置と水平ライシメーター、斜面流出試ほ施設及び量水試験施設、雨量観測網、簡易治山モデル施設であって、次のものが計画されている。

(A) 総合気象観測装置（露場）4ケ所

a 海岸山地多雨地域（クーニャ試験地）

b 西部低地小雨地域

c 中部波丘地地域（波状丘陵地）

d 東部波丘地地域

| | | | |
|---|---|---|---|
| 総合気象観測装置 | 各 | 1式 | 4台 |
| 積算雨量計 | 各 | 1 | 4台 |
| 大型蒸発計 | 各 | 1 | 4台 |

(B) 水平ライシメーター（10m×10m×2m） 3基

量水施設（自記水位計）つき

(C) 斜面流出試験施設（20m×30m×1.2m） 3基

量水施設、流出土砂測定施設つき

(D) 量水試験施設（A、B、Dの3流域） 3基

量水施設 各1 3基

自記雨量計又は積算雨量計 各3 9基

(E) 熱収支法による蒸発散測定 6ケ所

クーニヤ地区及び西部低地

少雨地域（2地域）

夫々、天然林（2次林を含む）

ユーカリ、マツ（短伐期種業）の3個所

長期自記日射計 各3台（内予備1台） 計18台

長期自記純放射計 各2台（内予備1台） 計12台

| | | | |
|---|---|---|---|
| 長期自記温湿度計 | 各 | 3台（内予備1台） | 計18台 |
| 〃　〃　地温計 | 各 | 4台（　〃　） | 計24台 |
| 〃　〃　地中熱流計 | 各 | 4台（　〃　） | 計24台 |
| 〃　〃　乾球温度計 | 各 | 2台（　〃　） | 計12台 |
| 〃　〃　湿球温度計 | 各 | 2台（　〃　） | 計12台 |
| 〃　〃　雨量計 | 各 | 3台（　〃　） | 計18台 |
| 〃　〃　風向風速計 | 各 | 3台（　〃　） | 計18台 |

注　量水試験施設を設置するA、B、Dの三流域は、標高、風向等により局所的に降水量にかなりの差異が予想されるので、各流域毎に尾根と谷頭部及び水位計設置個所に夫々、自記雨量計又は積算雨量計を設置し降水量を精確に把握する。

2－2　試験計画の方向

水土保全上望ましい森林とは、生長が盛んで、落葉、落枝、樹幹等林分総生産量が多く、かつ枯枝、落葉等が適当に腐植して土壌に還元され、肥沃で、通気、通水、保水性に優れた良好な森林土壌を醸成し、かつこれが永久に保続するものでなければならない。

この地域における天然林の極相は、マタと呼ばれている常緑広葉樹（高地ではアロウカリヤを含む）であるが、生長量や伐期令、材価及び更新等に問題があり、一般に造林されているものは外来種のユーカリとマツ類が主体を占めている。

ユーカリは5～15年で伐採され、萌芽更新を、マツ類は20年で皆伐更新されているが、地力の維持上から見て施業方法を改善する必要はないか。また日本における杉のように、或いはヨーロッパにおける唐檜属のような材質、生長量、地力維持、水土保全等総ての面で優れた樹種は見当らないか、アロウカリヤの造林、撫育方法の研究も含めて今後検討する余地は残されてないか。

以上の問題に関して、外来樹種及び在来樹種を含めて、先づプロット試験を実施し、比較的短期間に、林分水収支、地表流出量、土砂流出量、樹幹、落枝、落葉等総生長量、土層構造及びその理化学性の推移、土壌肥沃度の変化など比較試験し保全及び利用上、好ましい樹種と施業方法を概定する。

これが為、ライシメーターと斜面流出試験施設及び蒸発散測定施設が使用される。

ついで概定された樹種、施業方法の現地適用試験を実施し樹種、樹令、施業方法別及び荒廃草地別に水土保全機能が比較検討される。

これが為、流域別の量水試験施設が活用され、土性、土壌調査、水質調査等が定期的に反復され、データーの解析と研究が進められる。

2－3　年次別試験計画

| 年　次 | 項　　目 | 設置施設及び測器 | 担　当 | 試験、測定計画 |
|---|---|---|---|---|
| 1979<br>まで | 全体構想の策定（測定方法，設置位置） | | | 試験地をクーニヤ，パライブナ上流州有林地内に決定 |
| | 綜合気象観測露場 | 1ケ月巻温湿度計　2台 | 供　与 | 予備的観測の実施 |
| | 蒸発散比較試験（ライシメーター） | ジョルダン日照計　1台 | 〃 | |
| | 地表流出試験 | 3ケ月巻雨量計　1台 | 〃 | |
| | 流域試験 | 3ケ月巻水位計　1台 | 〃 | |
| | 荒廃，洪水流出危険地判定調査方 | 流速計　1台 | 〃 | |
| | 法対象地区の選定 | 現地事務室，研究室，実 | 森林院 | |
| | パライバ川支流ウナ川 | 験室，宿泊室1棟400㎡ | 〃 | |
| | （RIO　UNA） | 地表流出試験施設 | 〃 | |
| | | 50×20 m　4基 | | |
| | | パライバ川支流モタス川（PIBEIRAO MOTTAS） | | |
| 1980 | 森林水文気象観測 | 観測露場　1ケ所 | 森林院 | 観測の実施 |
| | | 綜合気象観測装置　1式 | 供　与 | |
| | | 小型電算機　1台 | 〃 | データー整理解析法の確定 |
| | 蒸発散比較試験（ライシメーター） | 水平ライシメーター1基 | モデルインフラ | 予備観測実施 |
| | （水収支試験） | 仝上　2基 | 森林院 | |
| | | K式自記水位計　4台 | 供　与 | |
| | | （7日巻き，内予備1台） | | |
| | 地表流出試験（斜面） | 地表流出試験施設　1基 | モデルインフラ | |
| | | K式自記水位計　4台（内予備1台） | 供　与 | |
| | 量水試験 | 量水施設　1式 | モデルインフラ | |
| | | 水研62型自記 | | |
| | | （1ケ月捲）水位計　3台 | 供　与 | |
| | | 自記雨量計又は積算雨量計　9台 | 〃 | |
| | 簡易治山モデル施設 | | | 現地に適応した簡易治山モデル施設の検討と設計，仕様の検討 |
| | 附帯工事 | 資材運搬路改修26Km（木橋2を含む） | 森林院 | |
| | | ブルトーザー（4t）1台 | 供　与 | |
| | | スイングドーザー　1台 | 〃 | |
| | | クラッシャー　1台 | 〃 | |
| | | （ジョクラッシャー）（3t） | 〃 | シングルトツグル形，可搬式エンジン付250×180㎜ |
| 1981 | 森林水文気象観測 | 観測露場　2ケ所<br>西部低地少雨地域<br>中部波丘地地域 | 森林院 | 観測実施<br>データ整理，解析方法の再検討 |
| | | 綜合気象観測装置　2式 | 供　与 | |
| | | 積算雨量計　2個 | 〃 | |
| | | 大型蒸発計　2個 | 〃 | |

| 年　次 | 項　　目 | 設置施設及び測器 | 担　当 | 試験，測定計画 |
|---|---|---|---|---|
| | 蒸発散比較試験（ライシメーター） | | | 草地，低木，高木に区分し観測継続<br>水位，流量曲線式の作成<br>測定法，解析法の研究 |
| | 地表流出試験 | 試験施設　2基 | 森林院 | １９８０年度に施設したモデルインフラと併せ草地低木高木別に観測継続<br>水位，流量曲線表の作成<br>測定法，解析法の研究 |
| | 量水試験 | 量水施設（A流域　2式<br>B流域水位計等設置） | 森林院 | １９８０年度に施設したD地区の水位，流量曲線式の作成<br>測定法，解析法の研究<br>標高と降水量の関連の解析<br>地況条件調査方法の確定 |
| | 熱収支法による蒸発散測定<br>天然林，ユーカリ，早生マツの林分選定<br>（クーニヤ地区） | 長期自記日射計　9台<br>〃　純放射計　6台<br>〃　温湿度計　9台<br>〃　地温計　12台<br>〃　地中熱流計12台<br>〃　乾球温度計6台<br>〃　湿球温度計6台<br>〃　雨量計　9台<br>〃　風向風速計9台 | 供　与<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃 | 測器設置と測定方法の選択 |
| | 林地浸透能試験 | 山地浸透計<br>林試型　1台<br>林試東北試型　1台<br>マスグレーブ型　1台 | 供　与 | 測定法の指導<br>量水試験データの解析による流域浸透能の推定方法の研究 |
| １９８２ | 森林水文気象観測 | 観測露場　1ケ所<br>東部波丘地地域<br>綜合気象観測装置　1式<br>積算雨量計　2個<br>大型蒸発計　2個 | 森林院<br><br>供　与<br>〃<br>〃 | 観測実施<br>データ整理及び解析法の確定 |
| | 蒸発散比較試験（ライシメーター） | | | 林分粗生産量と土壌の理化学性及び有機物量の調査測定方法の研究 |
| | 地表流出試験 | | | 林相と水土流出の関連，林相と土性，土壌との関連等の調査解析法の確定 |
| | 量水試験 | | | A，B地区の水位，流量曲線表の作成（縮流係数）<br>水質調査法の確定<br>林況と水質，流出量との関連の解析法の確定 |

| 年　次 | 項　　目 | 設置施設及び測器 | 担　当 | 試験，測定計画 |
|---|---|---|---|---|
| | 熱収支法による蒸発散測定<br>（西部低地少雨地区）<br>天然生２次林，ユーカリ，早生マツの林分選定 | 長期自記日射計　9台<br>〃　純放射計　6台<br>〃　温湿度計　9台<br>〃　地温計　12台<br>〃　地中熱流計12台<br>〃　乾球温度計6台<br>〃　湿球温度計6台<br>〃　雨量計　9台<br>〃　風向風速計9台 | 供　与<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃<br>〃 | 蒸発散量測定方法の確定と測定の試行 |
| | 荒廃洪水流出危険地判定調査 | | | 山腹崩壊危険地区，地すべり発生危険地区及び渓流荒廃危険地区判定についてコンピューターを利用する判別解析法を日本で研修。 |
| | 簡易治山工作物の現地適用試験 | | | 地帯別に現地に適応した工法を選定し現地適用試験の施工。<br>簡易治山工作物の工種，資材，施工法効果判定法につき日本で研修 |
| 1983 | 森林水文気象観測 | | | 観測継続，データ整理解析 |
| | 蒸発散比較試験（ライシメータ） | | | 観測の継続，データの整理，解析 |
| | 地表流出試験 | | | 観測の継続とデータの整理，解析 |
| | 量水試験 | | | 流量観測及び水質試験の継続実施とデータの整理，解析 |
| | 熱収支法による蒸発散測定 | | | 測定の継続実施と解析 |
| | 荒廃洪水流出危険地判定調査 | | | 空中写真による地形及び地被状態判読データ，地質データ，地形解析による地形データとピーク流量，低水流量，土砂流出量と荒廃との重回帰解析，多変量解析による危険度判定の方法を研究開発する。 |
| | 簡易治山工法 | | | 地質，傾斜，土性，荒廃形態，重要度等に応じ，実態に即し有効適切な簡易治山工法の確定。 |

## 3. モデル施設の設計

### 3－1 設 計 方 針

施設は水収支試験施設（蒸発散比較試験施設－ライシメーター）3基、地表流出試験施設3基、量水試験施設4基とする。

流域管理にかかる技術協力の計画的推進をはかるため、年次別計画に基づき、次の施設は昭和55年度中に施工し観測をはじめる。

1. 水収支試験施設　　D地区　A
   （ライシメーター）
2. 地表流出試験施設　　D地区　C
3. 量水試験施設　　D地区

(1) 設置個所の選定と工法の選択

- ライシメーターについては、事務所に近く、かつ3基設置できる平担地として、D沢入口左岸地区を選定し、間隔を15m離して一直線線上に配置した。

  ライシメーター内の植相と周辺の植相とをなるべく一致させる為である。

  ライシメーターは漏水が許されないので、礫基礎とし充分突き固めて、基礎コンクリートを打ち、アスファルト版を張った上に側壁（止水壁使用）と床盤コンクリートを打つこととした。

  斜面流出試験施設は、D沢入口、事務所裏の山腹平衡斜面を選び最大傾斜角に直角に縦30m横20mを深さ1.2mL型コンクリート盤で上部と左右を区画し、下部に、地表流（中間流を含む）と流出土砂を測定する為の水土受けと量水施設を設定した。

  施設は3基とし、間隔はライシメーターと同様の理由で10～15m開けることとした。

- 量水試験施設はA地区～D地区の各入口附近に設けることとして測量した。

  A地区の入口附近は岩盤が露出し滝状で落差も得られることから、上部に土砂止めのダム、下部に量水ダムを設け三角ノッチ付き四角堰で流量を測定することとした。

  B地区は、基礎岩盤は求められるが、渓床勾配が緩で充分な落差が得られないことから、開水路方式とし、水路の上、下流に二個の低ダムを計画した。

  C地区の渓流は、巾広い扇状堆積地を形成し、勾配が緩で、開水路式、堰式、何れの量水施設とも、規模が大きくなりまた伏流水の締切りが困難で測定精度に問題がある。開水路方式で一応設計したが、今後検討を要す。

  D地区もC地区に似て、押出し堆積地で勾配が緩いが基盤層（固結砂礫層）の深さが、2m程度であることから、開水路方式によることとし、貯砂及び締切用のダム（基礎砂礫層に止水用として、セメントミルク及びベントナイトを注入）及び貯整池ダムを設け、水路の延長も20mとして観測精度を高めるよう計画した。

## 3－2　施設の築造基準

別途に算定された１００年確率降水量によるピーク流量を安全に流し、かつ渇水、低水、平水及び高水流量を可及的正確に測定し得る構造とする。

現地の渓床の状態、渓床勾配等に応じ、三角ノッチと四角堰の複合方式（ＢＡＣＩＡ－Ａ）及び開水路方式（ＢＡＣＩＡ－Ｂ，～ＢＡＣＩＡ－Ｄ）とし、貯砂及び湛水池としての小ダムを併設し測定精度の向上をはかる。

水位はフロート式自記水位計をもって測定し、水位と流量との相関式を算定する為、平均水位、平均流速、測定用の足場（丸太橋）及びノッチの流量測定の為の携帯用ビニール貯水施設（２ｍ×２ｍ×1.5ｍ　２個）及び送水用硬質塩ビ掛樋、量水桝等を準備する。

開水路の水位計は水路末端から２ｍ上流、流速等の測定の為の足場は更にその上流１ｍの地点とする。

ライシメーターについては、浸透水測定の為、三角ノッチ附き測定槽及び自記水位計を施設し、降水の浸透速度と降雨強度によっては地表面空間２０㎝の堪水域を溢れる水が予想されるので必要に応じ溢水量測定の為の量水施設を増設する。

地表流出試験施設については、地表流及び中間流測定の為、ライシメーターと同様の施設及び流出土砂測定の為の貯砂桝を設置する。

## 3－3　堰及び開水路等の規模

堰及び三角ノッチの許容流量のピーク流量に対する安全率は必要に応じ1.0～1.2とし、開水路の勾配は１％とする。

なお、開水路の受口部における水位の上昇等を考慮し、水路の深さに0.5ｍの余裕を見込むほか、開口部を漏斗状（長１ｍ側角４５°）に拡巾する。

詳細は次による。

(1)　設計雨量強度

- １００年確率日雨量の算定（遠藤泰造氏による）

  クーニャ試験基地の周辺にはいくつかの降水観測所（図－５参照）があるが、各観測地点によって、観測期間がちかい最も永いものはＥＩ－１の１８年（１９６１－１９７９）でその他は１０年以下である。

  また時間雨量は記載されていない。

  このような理由から観測地点ＥＩ－１の日雨量の最大値を用いＧＵＭＢＥＬの方法で確率日雨量を計算した。

  （図－６　及び表－７　参照）

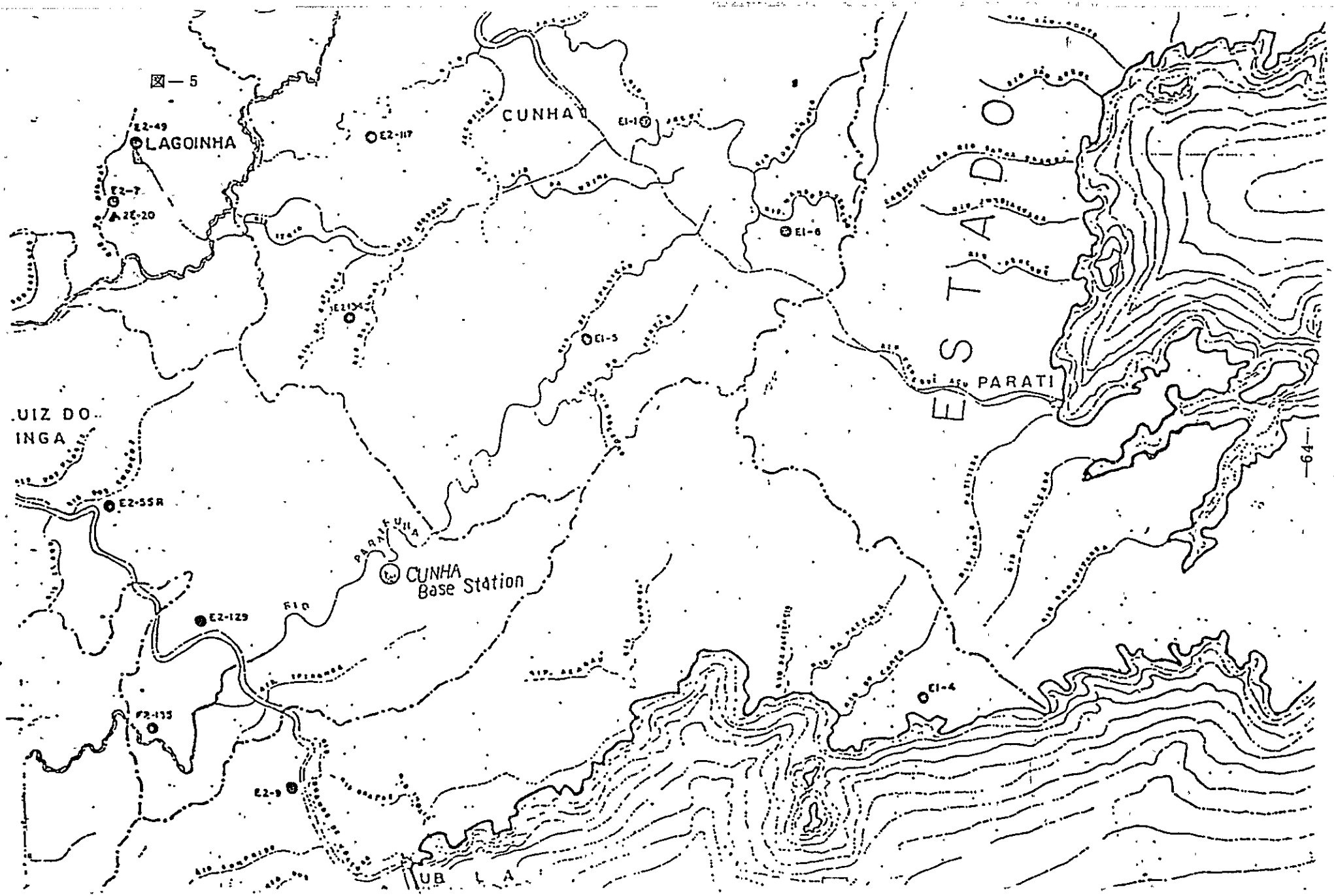
  これによると５０年確率日雨量は３５６㎜／ｄａｙ、100年確率日雨量は５１５㎜／ｄａｙとなる。

サンパウロ州の慣例にならって１００年確率日雨量を採用する。

○　１００年確率最大時間雨量の算定（仝上）

１００年確率日雨量の値から、T時間最大の雨量（$r$ ㎜／ｈ $r$）は次の式から求める。

$$r = \frac{R}{24}\left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$，Ｒ：１００年確率日雨量（㎜／２４ｈ $r$）


LAGOINHA
E2-49
E2-7
2E-20
E2-117
CUNHA
E1-1
E1-6
E1-5
ESTADO
PARATI
UIZ DO
INGA
E2-55R
CUNHA
Base Station
E2-129
E2-135
E2-9
E1-4
UB L A

図—5

表－７－１　観測地Ｅ１－１の年最大日雨量（㎜）

MUNICIPIO　　PREFIXO:E1-1　　ZONA

POSTO

| 月／年 | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | 年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1961 | 209.9 | 185.5 | 176.0 | 85.1 | 17.2 | 38.6 | 19.6 | 19.0 | 0.5 | 85.4 | 168.5 | 260.6 | 1265.9 |
| 1962 | 214.6 | 258.5 | 140.1 | 43.7 | 25.9 | 8.9 | 13.6 | 74.0 | 61.7 | 172.4 | 77.7 | 164.9 | 1256.0 |
| 1963 | 105.0 | 88.2 | 0.0 | 0.0 | 263.0 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 0.3 | × | 187.0 | 76.0 | (723.3) |
| 1964 | 186.6 | 211.1 | 95.5 | 42.9 | 49.4 | 31.7 | 25.1 | 16.4 | 56.4 | 158.9 | 103.7 | 167.5 | 1145.2 |
| 1965 | 330.9 | 168.8 | 212.8 | 105.0 | 46.2 | 111.3 | 39.5 | 9.5 | 46.9 | 176.2 | 131.2 | 215.5 | 1593.8 |
| 1966 | 188.3 | 132.8 | 173.4 | 50.1 | 49.8 | 0.1 | 6.1 | 106.5 | 59.3 | 165.7 | 290.5 | 215.2 | 1439.5 |
| 1967 | 341.9 | 263.6 | 189.7 | 36.1 | 3.6 | 61.2 | 14.1 | 0.9 | 98.2 | 203.8 | 200.5 | 169.8 | 1583.4 |
| 1968 | 197.0 | 77.8 | 111.1 | 128.2 | 32.8 | 14.7 | 25.4 | 39.0 | 32.2 | 50.6 | 43.4 | 272.6 | 1024.8 |
| 1969 | 271.8 | 186.4 | 96.1 | 68.1 | 30.8 | 31.7 | 9.9 | 52.0 | 28.1 | 119.9 | 189.5 | 241.7 | 1326.0 |
| 1970 | 290.0 | 189.5 | 126.4 | 73.0 | 29.3 | 39.1 | 31.4 | 125.0 | 96.0 | 71.3 | 150.8 | 227.6 | 1449.4 |
| 1971 | 144.8 | 263.0 | 280.7 | 64.1 | 33.3 | 71.4 | 18.8 | 47.7 | 62.3 | 234.4 | 131.5 | 230.1 | 1582.1 |
| 1972 | 332.1 | 135.4 | 101.4 | 26.1 | 15.4 | 6.0 | 57.5 | 67.3 | 55.8 | 85.1 | 106.4 | 120.2 | 1108.7 |
| 1973 | 244.0 | 130.0 | 157.1 | 94.6 | 89.6 | 12.4 | 43.9 | 12.3 | 33.5 | 95.1 | 86.7 | 273.7 | 1272.9 |
| 1974 | 248.5 | 112.2 | 150.4 | 44.1 | 21.7 | 87.9 | 0.1 | 3.4 | 21.4 | 45.8 | 73.9 | 282.3 | 1091.7 |
| 1975 | 184.2 | 248.8 | 124.5 | 41.6 | 57.7 | 11.5 | 16.0 | 0.0 | 18.9 | 94.1 | 122.0 | 171.1 | 1090.4 |
| 1976 | 231.6 | 187.2 | 154.3 | 115.3 | 156.4 | 61.8 | 107.1 | 101.8 | 143.0 | 51.9 | 185.4 | 276.9 | 1772.7 |
| 1977 | 80.6 | 11.1 | 68.5 | 44.5 | 13.1 | 15.9 | 9.2 | 5.7 | 20.2 | 15.5 | 29.9 | 31.2 | 345.4 |
| 1978 | 133.6 | 34.6 | 40.9 | 15.2 | 33.2 | 28.3 | 8.7 | 9.1 | 10.8 | 37.3 | 40.6 | 44.4 | 436.7 |
| 1979 | | | | | | | | | | | 35.0 | 35.8 | |
| 1980 | | | | | | | | | | | | | |
| 平均値 | | | | | | | | | | | | | |

表－７－２

| | | |
|---|---|---|
| 44 | −1.0799191 | 1.6443866 |
| 53 | 0.8115044 | 1.7201593 |
| 53 | 0.6129273 | 1.7259116 |
| 59 | 0.4434958 | 1.7715875 |
| 61 | 0.2889324 | 1.7867514 |
| 63 | 0.1420895 | 1.8000294 |
| 64 | 0.0014721 | 1.8034571 |
| 68 | 0.1450286 | 1.8318698 |
| 68 | 0.2914030 | 1.8344207 |
| 71 | 0.4433944 | 1.8506462 |
| 76 | 0.6041408 | 1.8790959 |
| 76 | 0.7775458 | 1.8830934 |
| 81 | 0.9689280 | 1.906335 |
| 89 | 1.1861931 | 1.9489018 |
| 94 | 1.4422774 | 1.9722028 |
| 134 | 1.7611315 | 2.1258065 |
| 187 | 2.1961947 | 2.2723058 |
| 263 | 2.9175275 | 2.4199557 |

```
          *** KAIKI BUNSEKI ***
  CASE    1
  *** MOTONO HENSU LIST
      VAR.NO HENSU
         1    Y
         2    DRAIN
  Y TO NICHISAIDAI URYO TO NO KANKEI(LOG(LOG-RAIN))
  *** HENSU HENKAN LIST
      VAR.NO.HENSU      I    HENKAN     J
        1    Y          1        0      0
        2    DRAIN      2        5      0
  *** YORIKOMI DATA   KOSU= 18
  *** GOKEI TO SEKIWA
```

Gumbel法による年最大日雨量の計算（確率日雨量の計算）

log(logQ)=a+by

Q：確率変数yに対する日雨量㎜／24hr

y：規準化変数

表－7－3

| | | | |
|---|---|---|---|
| | HEIKIN | 0.5197984 0E+00 | 0.2764267 2E+00 |
| 1 | Y | 0.1977236 0E+02 | 0.7578345 6E+00 |
| 2 | DRAIN | 0.7578345 6E+00 | 0.3063989 2E−01 |

*** SOKAN GYORETU

| | | 1 | 2 |
|---|---|---|---|
| 1 | Y | 0.9999998 4E+00 | 0.9736468 8E+00 |
| 2 | DRAIN | 0.9736468 8E+00 | 0.9999998 4E+00 |

*** GYAKU GYORETU

| | | 1 |
|---|---|---|
| 1 | Y | 0.5057565 E−01 |

*** BUNSAN BUNSEKI

| SOURCE | O.F. | S.S. | M.S. | F |
|---|---|---|---|---|
| KAIKI | 1 | 0.29046256E-01 | 0.0290 | 191.62 |
| ZANSA | 16 | 0.15936348E-02 | 0.0001 | |
| ZENTAI | 17 | 0.30639880E-01 | | |

*** SOKAN KEISU

R 0.9736 KIYO RITU 94.8 PERCENT

*** KAIKI KEISU

| NO | HENSU | HYOJUN-B | B | S.E. | T | HANTEI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Y | 0.97364704E+00 | 0.38327976E-01 | 0.22444256E-02 | 17.1 | ** |

KAIKI JOSU = 0.25650392E+00

500 log(log Qmix = 0.25650392+0.038327976y

１００年確率雨量は y＝4.6101526

log(logQ(100))=0.4332017

logQ(100) =2.71145

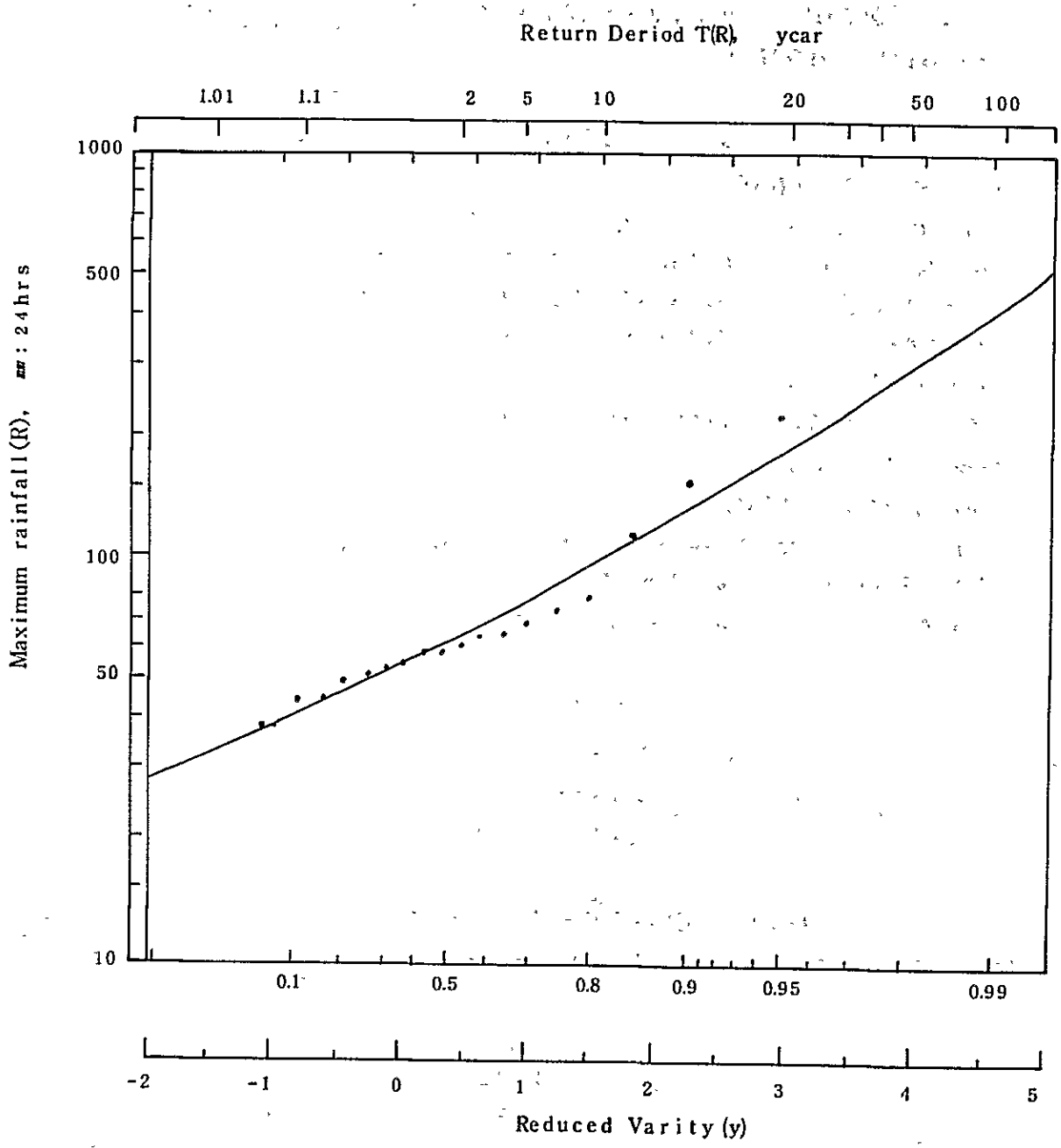
Q(100) =514.57㎜／day

log(logQ(50)=0256504+0.038328×3.921942

Q(50)=356㎜／day

| | y | Q | |
|---|---|---|---|
| | −1 | 1.65265 | 45 |
| | 0 | 1.805 | 64 |
| | 1 | 1.9717 | 94 |
| | 2 | 2.1536 | 142 |
| | 3 | 2.3523 | 225 |
| | 4 | 2.5693 | 371 |
| 図－6参考のこと | 5 | 2.7849 | 609 |
| | −2 | 0.179848 | 33 |

図－6


Return Deriod T(R), ycar
1.01
1.1
2
5
10
20
50
100
1000
500
100
50
10
Maximum rainfall(R), mm : 24hrs
0.1
0.5
0.8
0.9
0.95
0.99
-2
-1
0
1
2
3
4
5
Reduced Varity (y)

(2) 洪水ピーク流量

| 個所 | 面積 | 100年確率時間雨量 | 全特性係数 | 流出係数 | ピーク流量 | 全計算式 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A (ha) | $r$(mm/houy) | $\beta$ | $f$ | Q(m³/sec) | $Q=\frac{1}{360}\times r\times\beta\times f\times A$ (ラショナル式) |
| BACIA A | 37.50 | 179.0 | 30分 100年 1.587 | 0.4 | 11.8 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 1.587\times 0.4\times 37.5$ |
| BACIA B | 3668 | 179.0 | 30分 100年 1.587 | 0.4 | 11.6 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 1.587\times 0.4\times 3668$ |
| BACIA C | 40.73 | 179.0 | 30分 100年 1.587 | 0.4 | 12.9 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 1.587\times 0.4\times 40.73$ |
| BACIA D | 56.04 | 179.0 | 30分 100年 1.587 | 043 | 19.0 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 1.587\times 0.43\times 5604$ |
| ライシメーター R | 0.01 | 179.0 | 10分 100年 3302 | 1.0 | 0.016 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 3302\times 1.0\times 001$ |
| 流出試験 a | 傾斜32.7% 0.06 | 179.0 | 10分 100年 3.302 | 1.0 | 0.100 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 3302\times 1.0\times 006$ |
| 流出試験 b | 傾斜26% 0.06 | 179.0 | 10分 100年 3.302 | 1.0 | 0.100 | $\frac{1}{360}\times 1790\times 3.302\times 10\times 006$ |
| 流出試験 c | 傾斜31.4 0.06 | 179.0 | 10分 100年 3.302 | 1.0 | 0.100 | $\frac{1}{360}\times 179.0\times 3302\times 10\times 006$ |

注1. $r=\frac{R}{24}\left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$ 但しR；100年確率日雨量＝515mm／day 算出基礎は別紙による。

$=\frac{515}{24}\left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}}=179.0$ T；降雨継続時間

2. $\beta_{100}^{30}=\dfrac{\frac{R}{24}\left(\frac{24}{\frac{1}{2}}\right)^{\frac{2}{3}}}{\frac{R}{24}\left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}}}=\left(\dfrac{\frac{24}{\frac{1}{2}}}{\frac{24}{1}}\right)^{\frac{2}{3}}=2^{\frac{2}{3}}\fallingdotseq 1.587$

但し$\beta_{100}^{30}$は100年確率30分間雨量特性係数

$I_N=\beta_N\times R_N$，I；雨量強度，$\beta$；特性係数，R；1時間雨量

降水が観測地点までに到達する時間内の平均雨量強度を用いてピーク流量を計算することとし，流域面積及び河道の状態等から到達時間は30分とした。

3. $\beta_{100}^{10}$ は2.と同様の考え方から集水区域面積が小さいので到達時間を10分として特性係数を求めた。

$$\left(\frac{\frac{24}{\frac{1}{6}}}{\frac{24}{1}}\right)^{\frac{2}{3}}=6^{\frac{2}{3}}\fallingdotseq 3.302$$

4. $f$は地表の状態，傾斜，土質，降雨継続時間等を考慮し，林地は0.4その他は0.5とし，BACIA，A～Cは0.4，BACIA，Dは$0.4\times\frac{2}{3}+0.5\times\frac{1}{3}=0.43$とした。

なお，R，a，b，cは夫々1.0とし，地表流出，浸透流出は別途に算定することとした。

(3) 工作物の規模

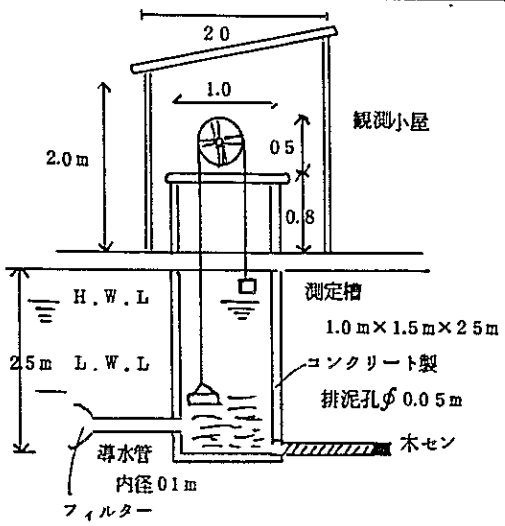
| 個所 | 面積 ha | ピーク流量 m³／sec | 開水路，放水路等の構造 | 許容流量 Q……m³／sec |
|---|---|---|---|---|
| BACIA A | 37.50 | 11.8 | 貯砂ダムの放水路<br>下巾B＝8.0 m，上巾B′＝10.0 m<br>側法1割<br>高h＝1.0 m，堤冠厚b＝1.0 m<br>溢流深h′＝1.0 m　$\frac{h'}{b}=1.0$ | $Q=\frac{2}{15}\cdot C\cdot h\cdot\sqrt{2gh}\cdot(3\times B+2\times B')$<br>C＝0.6と概定する。<br>$\frac{2}{15}\times 0.6\times 1.0\times\sqrt{2\times 9.8}\times 1.0\times(3\times 8.0+2\times 10.0)$ ＝15.6<br>広頂堰補正値<br>$Qc=(0.7+0.185\times\frac{h'}{b})\times Q$<br>$=(0.7+0.185\times\frac{1.0}{1.0})\times 15.6\fallingdotseq 13.8$ |
| | | | 量水ダム（三角ノッチ付き四角堰）<br>・四角堰<br>巾B＝8.0 m　法直<br>高h＝1.0 m，堤冠原b＝1.0 m<br>・三角ノッチ<br>$\theta=90°$　辺長$\ell$＝1.0 m<br>高$h'=\mathrm{Cos}\frac{\theta}{2}\ell$＝0.7071m<br>上巾$B'=\mathrm{Sin}\frac{\theta}{2}\ell\times 2$＝1.414m | $Q=\frac{2}{3}C\cdot\sqrt{2g}\times B\cdot h^{\frac{3}{2}}$<br>$=\frac{2}{3}\times 0.6\times\sqrt{2\times 9.8}\times 8.0\times 1.0^{\frac{3}{2}}=14.2$<br>広頂堰補正<br>$Qc=(0.7+0.185\times\frac{1.0}{1.0})\times 14.2=12.6$<br>水深h＝0.7071のとき<br>$Q=\frac{8}{15}\cdot C\cdot\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\cdot h'^{\frac{5}{2}}$<br>$=\frac{8}{15}\cdot 06\times\tan 45°\sqrt{2\times 9.8}\times 0.7071^{\frac{5}{2}}$<br>＝0.6<br>水深h°＝1.7071のとき<br>$Q_1=\frac{8}{15}\cdot C\cdot\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\cdot h°^{\frac{5}{2}}-\frac{4}{15}\cdot C\sqrt{2g}\times\tan\frac{\theta}{2}h^{\frac{5}{2}}\times 2-\frac{2}{3}C\sqrt{2g}\times B'\cdot h^{\frac{3}{2}}$<br>$=\frac{8}{15}\times 0.6\times\tan 45°\sqrt{2\times 98}\times 1.7071^{\frac{5}{2}}-\frac{4}{15}\cdot 0.6\sqrt{2\times 98}\times\tan 45°\times 1.0^{\frac{5}{2}}\times 2-\frac{2}{3}\times 0.6\times\sqrt{2\times 98}\times 1.414\times 1.0^{\frac{3}{2}}=5.394-1.417-2.504=1.473$<br>総流量<br>$Q^T=Qc+Q_1$<br>＝12.6+1.47≒14.1 m³／sec |
| BACIA B | 36.68 | 11.6 | 開水路<br>下巾B＝0.5 m　上巾B′＝4.5 m<br>側法1割　高h＝2.0 m<br>但水深h′＝1.5 m　とし0.5 mの余裕を見込むこととする。 | 平均流速$V=\frac{1}{n}\cdot I^{\frac{1}{2}}\cdot R^{\frac{2}{3}}$ (m／sec)<br>（マニング式）<br>n＝粗度係数＝0.015とする。<br>I＝水路勾配＝0.01<br>R＝径深$=\frac{A}{P}=\frac{30}{4.74}=0.633$ |

| 個所 | 面積 ha | ピーク流量 m³/sec | 開水路，放水路等の構造 | 許容流量 Q…… m³/sec |
|---|---|---|---|---|
| | | | 延長L＝8 m<br>勾配I＝1％＝0.01とする。 | A＝潤面＝$\frac{0.5+3.5}{2}\times1.5=3.0$ m²<br>P＝潤辺＝$0.5+1.5\times\sqrt{2}\times2=4.74$ m<br>V＝$\frac{1}{0.015}\times0.01^{\frac{1}{2}}\times0.633^{\frac{2}{3}}=4.9$m/sec<br>Q＝V・A＝4.9×3.0＝14.7 m³/sec |
| BACIA<br>C | 40.73 | 12.90 | 開水路<br>下巾B＝0.5 上巾B′＝4.5<br>側法1割 高h＝2.0 m<br>但水深h′＝1.5 mとし0.5 mの余裕を見込むこととする。<br>延長L＝20 m<br>勾配I＝1％＝001とする。 | 平均流速V＝$\frac{1}{n}\cdot I^{\frac{1}{2}}\cdot R^{\frac{2}{3}}$ （m／sec）<br>（マニング式）<br>n＝粗度係数＝0.015とする。<br>R＝径深＝$\frac{A}{P}=\frac{3.0}{4.74}=0.633$<br>A＝潤面＝$\frac{0.5+3.5}{2}\times1.5=3.0$ m²<br>P＝潤辺＝$0.5+1.5\times\sqrt{2}\times2=4.74$<br>V＝$\frac{1}{0.015}\times0.01^{\frac{1}{2}}\times0.633^{\frac{2}{3}}=4.9$m／sec<br>Q＝V・A＝4.9×3.0＝14.7m³/sec |
| BACIA<br>D | 56.04 | 19.0 | 貯砂ダムの放水路<br>下巾B＝10.0 m 側法直<br>高h＝1.2 m 厚b＝1.0 m | Q＝$\frac{2}{3}C\cdot\sqrt{2g}\times B\times h^{\frac{3}{2}}$<br>C＝0.6と概定する。<br>＝$\frac{2}{3}\times0.6\times\sqrt{2\times9.8}\times10.0\times1.2^{\frac{3}{2}}=23.3$<br>広頂堰補正値<br>Qc＝$(0.7+0.185\times\frac{h}{b})\times Q$<br>＝$(0.7+0.185\times\frac{1.2}{1.0})\times23.3=21.5$ |
| | | | 調整池ダム放水路及び開水路<br>下巾B＝1.0 m 上巾B′＝5.0 m<br>側法1割 高h＝2.0<br>但し水深h＝1.5 mとし0.5 mの余裕を見込むこととする。<br>延長L＝20 m<br>勾配I＝1％＝0.01とする。 | 平均流速V＝$\frac{1}{n}\cdot I^{\frac{1}{2}}\cdot R^{\frac{2}{3}}$（m／sec）<br>（マニング式）<br>n；粗度係数＝0.015とする。<br>I＝0.01<br>R＝径深＝$\frac{A}{P}=\frac{3.75}{5.24}=0.716$<br>A＝潤面＝$\frac{1.0+4.0}{2}\times1.5=3.75$<br>P＝潤辺＝$10+1.5\times\sqrt{2}\times2=5.24$<br>V＝$\frac{1}{0.015}\times0.01^{\frac{1}{2}}\times0.716^{\frac{2}{3}}=5.34$<br>Q＝V・A＝5.34×3.75＝20.0 m³／sec |
| BACIA<br>D<br>ライシメータ | 0.01<br>10m×10m<br>×2.5m | 0.016<br>浸透水<br>0.01 | ライシメーターの深さ 2.0 m<br>内上部空間0.2 m，土層深1.5 m<br>下部の透水層（サンドフィルター，礫） 0.3 m | 浸透水のピーク流量<br>Q＝A×v<br>A；面積＝100 m²<br>v；平均浸透速度＝$1\times10^{2}$ cm／sec |

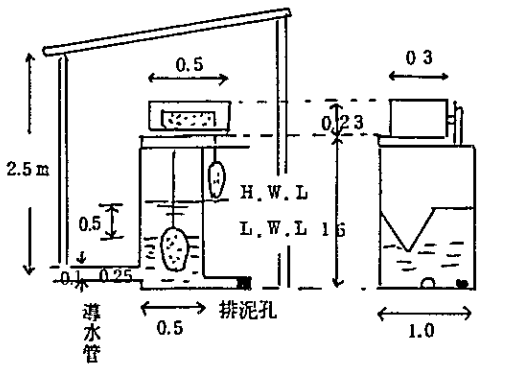
| 個所 | 面積 ha | ピーク流量 m³/sec | 開水路，放水路等の構造 | 許容流量 Q…… m³/sec |
|---|---|---|---|---|
| | | | | $100\times\frac{0.01}{100}=0.01\ m^3/sec$ |
| | | | 送水管（硬質塩ビ管）<br>直径（内径）D＝0.1 m<br>勾配 I＝3％＝0.03<br>（屈曲その他の損失水頭1％を含む） | Q＝a×v<br>a；潤面$=\frac{\pi D^2}{4}=\frac{3.14\times0.1^2}{4}$<br>$=8\times10^{-3}$<br>v；平均流速<br>$v=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}\cdot I^{\frac{1}{2}}$<br>n＝0.01，$R=\frac{D}{4}=\frac{0.1}{4}$<br>I＝0.02（損失水頭を除く）<br>$=\frac{1}{0.01}\times(\frac{0.1}{4})^{\frac{2}{3}}\times0.02^{\frac{1}{2}}=1.2m/sec$<br>$Q=8.0\times10^{-3}\times1.2\fallingdotseq0.01\ m^3/sec$ |
| | | | 三角ノッチ<br>$\theta=60°$ 辺長$\ell$＝0.2 m<br>高$h=\cos\frac{\theta}{2}\ell=0.1732m$<br>上巾$B=\sin\frac{\theta}{2}\ell\times2=\sin30°\times0.2\times2=0.2m$ | $Q=\frac{8}{15}\cdot C\cdot\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\cdot h^{\frac{5}{2}}$<br>$=\frac{8}{15}\times0.6\times\tan30°\sqrt{2\times9.8}\times0.1732^{\frac{5}{2}}$<br>$=0.01\ m^3/sec$ |
| BACIA D 斜面流出試験 a，b，c 共通 | 0.06 20m×30m深1.2m | 0.1 地表流及び中間流 | 水土受け<br>敷巾0.8 m，側法2分<br>高0.8 m，上巾1.12 m<br>勾配0％，延長20.0 m<br>総容量$=\frac{0.8+1.12}{2}\times0.8\times20=15.36\ m^3$<br>土砂は年6回程度測定排土する。 | 流出土砂量<br>裸地0.03 m×600 m²＝18 m³<br>草地0.015 m×600 m²＝3 m³<br>林地0.001 m×600 m²＝0.6 m³ |
| | | | 三角ノッチ<br>$\theta=60°$，辺長$\ell$＝0.5 m<br>高$h=\cos\frac{\theta}{2}\ell=0.433$ m<br>上巾$B=\sin\frac{\theta}{2}\ell\times2=0.5$ m | $Q=\frac{8}{15}\cdot C\cdot\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\cdot h^{\frac{5}{2}}$<br>$=\frac{8}{15}\times0.6\times\tan30°\sqrt{2\times9.8}\times0.433^{\frac{5}{2}}$<br>$=0.1\ m^3/sec$ |
| | | | 送水管（硬質塩ビ管）<br>直径（内径）D＝0.25 m<br>勾配 I＝3％<br>（損失水頭1％を含む） | Q＝a×v<br>a；潤面$=\frac{\pi D^2}{4}=\frac{3.14\times0.25^2}{4}=0.05m^2$<br>v＝平均流速<br>$v=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}\cdot I^{\frac{1}{2}}$<br>n＝0.01，$R=\frac{D}{4}=\frac{0.25}{4}$　I＝0.02<br>$v=\frac{1}{0.01}\times(\frac{0.25}{4})^{\frac{2}{3}}\times0.02^{\frac{1}{2}}=2.3\ m/sec$<br>$Q=0.05\times2.3=0.12\ m^3/sec$ |

(4) 水位計等の構造規格

| 個所 | ピーク流量 m³/sec | 水位変動巾 cm | 量水施設 | 水位計 | 附帯設備 |
|---|---|---|---|---|---|
| BACIA A | 11.8 | 0～171 | 量水ダム 直角三角ノッチ 辺長1.0m 四角堰 高1.0m | 水研62型自記水位計 TYPE1—021, フロート式 測定範囲0～150cm 紙送り速度18mm/H 動力 ゼンマイ時計 | |
| BACIA B | 11.6 | 0～150 | 貯砂ダム付き開水路 下巾0.5m 高20m 側法1割 | 記録期間1ヶ月 フロート径250mm 寸法553mm(w)×310mm(H)×255mm(D) 重量23Kg | |
| BACIA D | 19.0 | 0～150 | 貯砂,調整ダム付開水路 下巾1.0m 高2.0m 側法1割 | プーリー径313mm | |
| BACIA D ライシメーター a, b, c 共通 | 0.01 | 0～17.3 | 60°三角ノッチ 辺長20cm | K式自記水位計 Type1—200 シリーズフロート式 測定範囲水位0～50cm紙送り速度48mm/D動力ゼンマイ時計記録期間7日 | |
| BACIA D 斜面流出試験 a, b, c 共通 | 0.1 | 0～43.3 | 60°三角ノッチ 辺長50cm | フロート径180mm 寸法502mm(w)×250mm(H)×294(D)mm 重量12.7Kg | |




測定槽はコンクリート製 厚20cm
フロート径25cm 高10cm




巾 長 高
測定槽 鉄板製 0.5 × 1.0 × 1.6
厚3mm程度

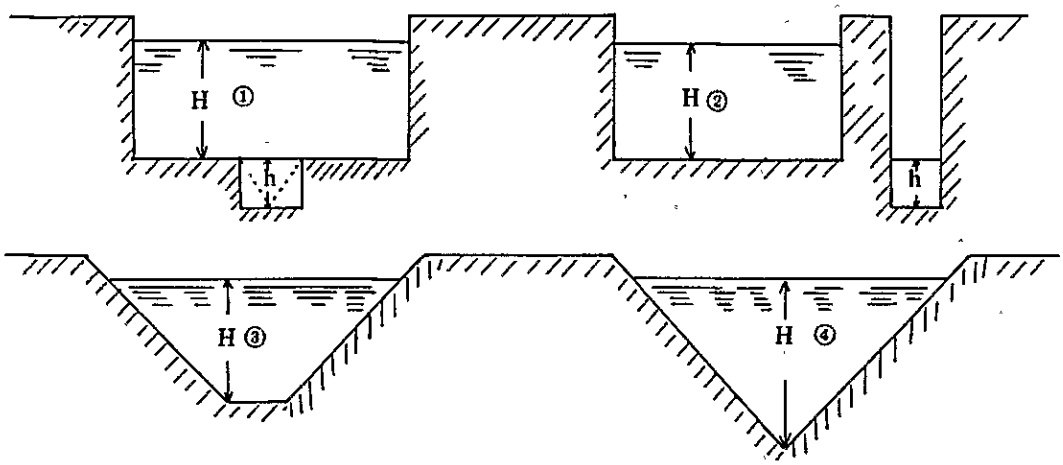
なお蒸発散水(0.3ℓ/day程度)を補充し無降雨時にも一定の水位を保つために養鶏用の自動給水装置に準じた給水施設を設置する。

〔参　考〕

D地区の開水路の構造について

(1) 渓流の勾配が１％程度で、かつ堅固な基礎地盤が得られず、高いダムの設置が困難で、充分な落差が得られないことから量水ダム（三角ノッチつき四角堰）の方式はとらず開水路方式を選んだ。

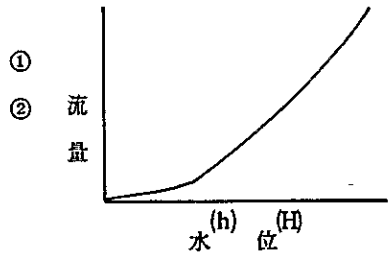
(2) 開水路方式において、低水流量と高水流量の双方を可及的正確に計測する方法としては、次のような複断面方式、分離方式及び三角断面方式がある。

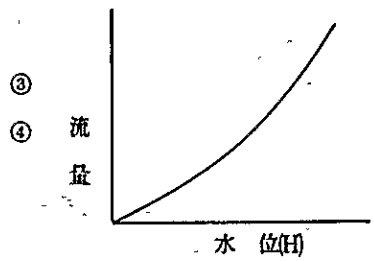



(3) 各水路型式の特失

①、②は複断面方式で、水頭がｈ以下の低水位時は比較的精密に測定し得るが、水頭がｈを僅かに上下する時期は水位と流量との関連が正確にキャッチできない。

水位流量曲線は次のようになる。




③、④は単一断面方式で、低水時高水時を通じて、水位の変化と流量の変化が漸移的である。

(4) ③方式採用の理由

D流域は当初は②の方式を採用する予定であったが乾期においても常時 0.5～1.0 ㎥／sec の流量があり、雨期には 1.0～5.0㎥／sec（ピーク流量は１９㎥／sec）の間で絶えず流量の変化が予想され複断面方式とした場合、概ね、１㎥／sec程度を境として流量曲線の変化が激しく現われること。

また、高水時には水位差により流速に差異が生ずるので①においては平均流速の測定が困難であるし、②においては流速の変化により水頭に差が生じ、本水路と副水路の取入部において、不規則な渦流が生じ、それが測定精度に影響を及ぼすおそれがあること。

及び②においては2台の自記水位計を設置する必要があるなど、経費的にも問題があること。

などにより、施工、測定ともに容易でかつ、精度上も好ましい③方式を採用することとした。

この方式はスイス等において、広く採用されている模様である。

(5) ダム等の安定

財団法人林業土木コンサルタンツ発行「重力式コンクリートダム、コンクリート土留工断面表」の諸元を準用し、コンピューターを用い安定計算を行なった。（別添資料参照）

## 3－4 設計積算

設計書及び図表はⅢ、「実施設計図書」のとおりである。

経費の積算は森林院の直営方式とし、歩掛りと単価は現地の実態に応じて決定した。

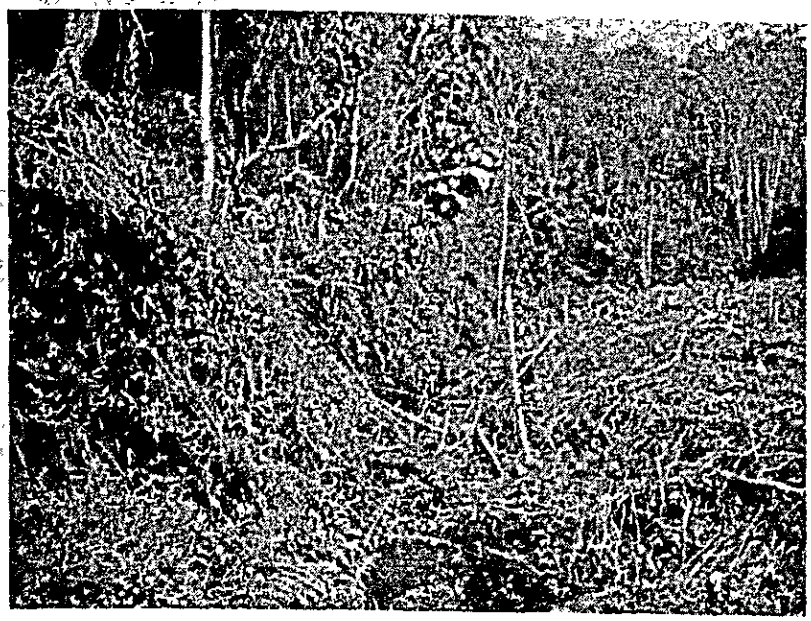
すなわち労賃は工事に従事する職員の山泊手当のみを計上し、資材単価は8月4日付サンパウロの物価版（CONSTRUCÃO SÃO PÃULO，4de agosto 1980）によった。

レートは53 cr/$，224円／$，4円23／crとして積算した。

総事業費は57百万円、このうち50年度に実施予定のD地区内モデル施設は20百万円である。

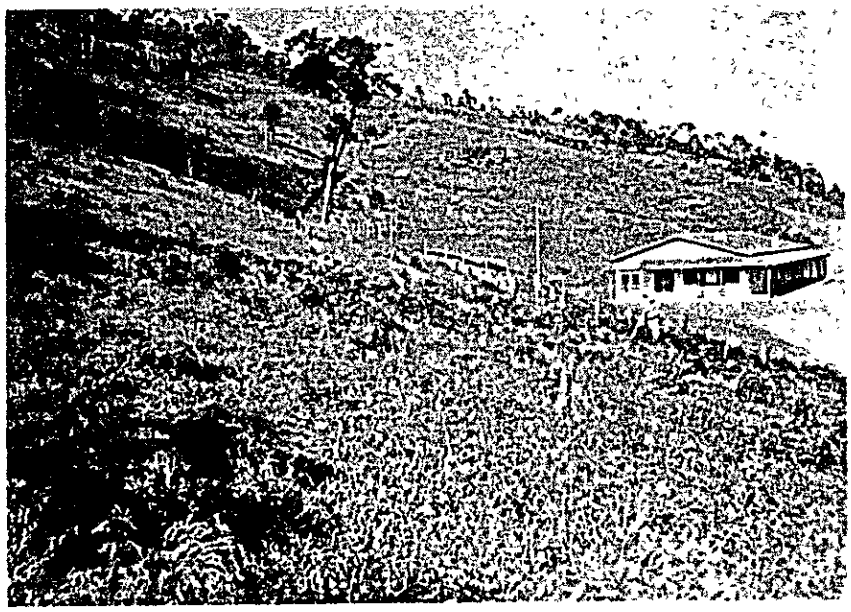
A地区　量水ダム設置個所

B地区　量水ダム設置個所



B 地区　貯水ダム設置個所（渓床）

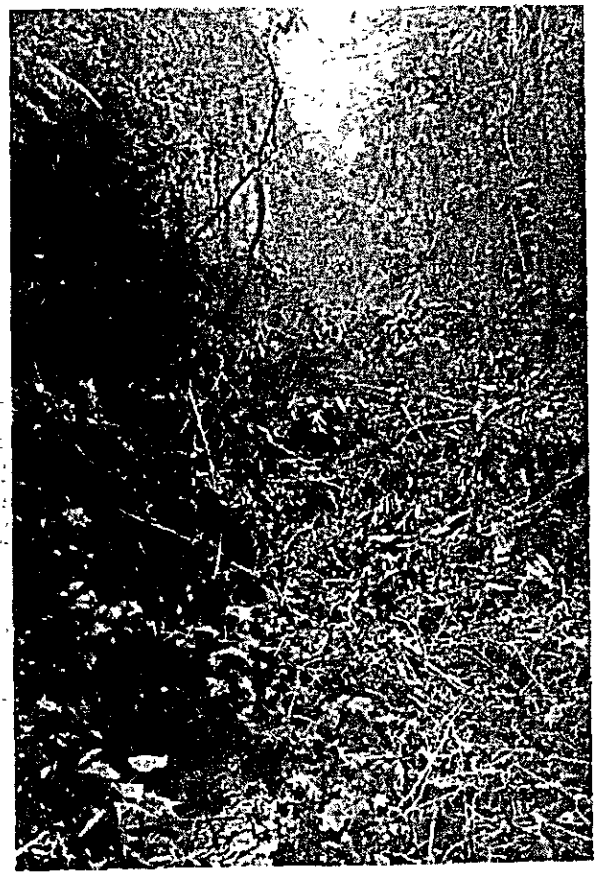
C 地区　渓　床　の　状　態



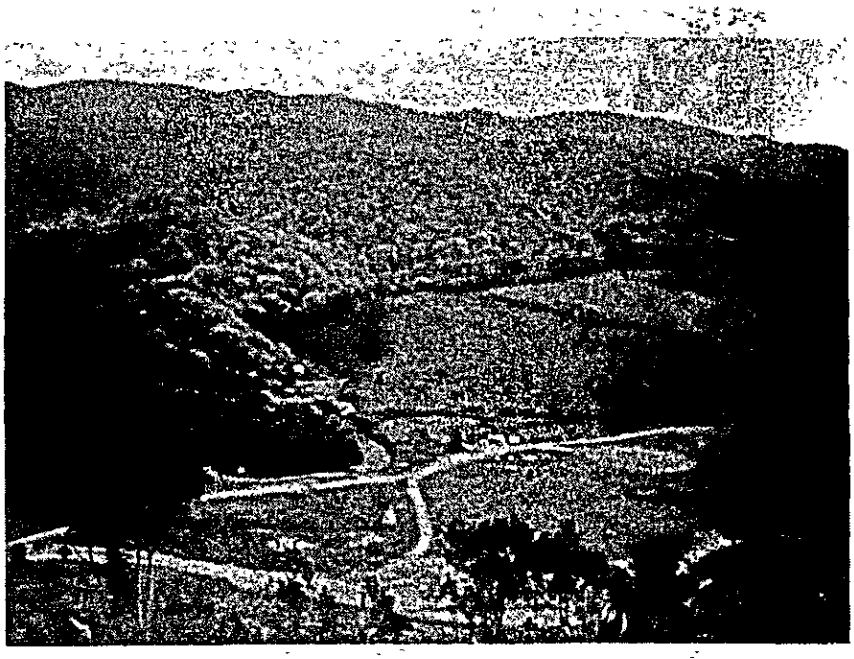
斜 面 流 出 試 験 計 画 地

D地区　量水ダム　　設置個所

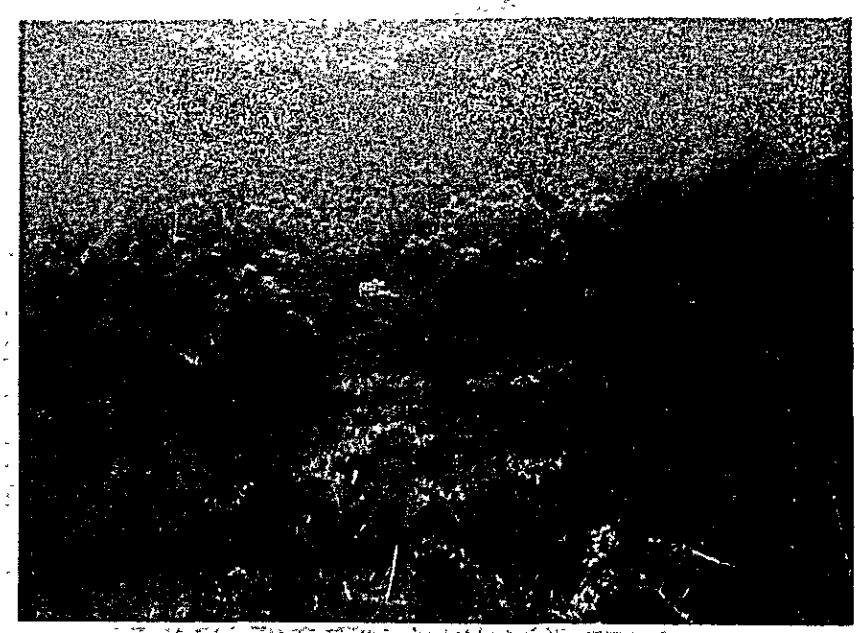
D流域　上流の湿原



D流域　中流、渓床に岩盤が見える。



D地区　露場附近の状況



D流域　上流の林相（二次林）

## 4. 簡易治山工法の調査検討

### 4－1　目　　的

サンパウロ地区は２１世紀当初までに、世界一の濃密かつ快適な居住圏に生長すると云われている。

四季を通じ快適な気候、広大な高原波丘地、数多い天然の良港、周辺に広がる限りない可耕地、豊富な鉱物資源、及び優れた人物資源など恵まれた多くの条件が整っている。

然しながら、海岸線に近くこれと平行して数条の山脈が屹立し、これがため雨は海岸寄りに偏在し、かつ亜熱帯地方特有の降雨パターンで時間的にも季節的にも偏っている。

地域全体の平均降水量は年間1,６００㎜程度であるが日照時間が長く（月平均１５０時間）蒸散量は年平均1,２００㎜以上となることなど「水と土」の保全の問題は流域管理上最も重要な課題の一つとしてクローズアップされる。

簡易治山工法は、この研究プロジェクトの命題である流域管理計画の重要な一部門として、今後各部門の調査研究の成果の上にたってはじめて具体的な計画と工法が策定されるものである。

したがって現段階においては、現地における水、土保全に対する行政需要に対応して、土壌保全、水質汚濁防止、荒廃山地の復旧、防止等治山対策の基本的方向づけ及びそれに関連する調査研究テーマの選択とその進め方等を検討する。

### 4－2　荒廃の要因と対策

(1)　荒廃の要因

荒廃山地は、瘠悪地（荒廃移行地）、はげ山、崩壊地、地すべり地にわけることができる。

瘠悪地は、山火や過度の伐採、過放牧火入れや乱掘、等により土壌の腐植質が失われ、その理化学性（保水性、ＰＨ等）が劣化したものでその儘放置すれば、土壌浸食がはじまりはげ山等に移行する。

はげ山とは表土層が流亡し、Ｂ層或いはＣ層が露出したもので、サプライトや３紀のシルド岩地帯等に好発しその儘放置すると降水による表面浸食、雨溝浸食、雨裂浸食など豪雨時激しい浸食を起こす。砂質土では特に土の流亡が激しい。

崩壊地は比較的土層の深い急斜面に発生し、中間流のパイピング現象、浸透水の間隙水圧、野渓の谷頭浸食及び渓流の浸食等により豪雨時に主として発生する。

地すべりは、地質的要因が主因となり主として被圧地下水及び脚部の浸食、法先の堀削等によって誘発される。

地すべりは別として、荒廃の現象は、土性によって、その形態が大きく左右される。

粘性土は、地表流による浸食に強く、また適度の水分を保持しておれば、粘着力が大きく、一時的には、垂直に近い切り取り面でも維持される。

然しながら、乾燥すると固結して、植生の侵入が困難となり豪雨時には、ガリやリルができて、土の流亡が進行する。

これに反し砂質土は、透水性に優れている為に、地被植生が失われ、根系の緊縛力がなくなると、地表流による激しい浸食を受け、深いガリができる。

砂質の土壌は、通気性や透水性に優れ水分経済上植物の生育に適しているので地表流の集中流下を防ぎ或いは簡単な張芝水路等を施工して、ガリ浸食を防止すれば植生の復活は比較的容易である。

土壌の粘性と、土壌浸食の関係は、地質的問題にまで及ぶ場合がある。例えば花崗岩類において、有色礦物を多く含み粘土礦物をより多く生産する花崗閃緑岩の地帯は黒雲母花崗岩の地帯より一般に表面浸食に強く、したがって山腹の勾配は急となる傾向がある。

ただし、これは日本の中緯度地方における弱いポドゾル土壌でしかも凍土の影響を受ける場所の例で、これがその儘、どちらかと云えばラトゾル系の土壌化が行なわれているサンパウロ地方に当てはまるかどうかわからない。

パライバ高原、及びタラバテ盆地は殆んど全域に亘り前世紀の当初、原生林（マタ）を切り開いて、コーヒーの栽培が行なわれ、密林のもとに多年温存されてきた、厚い腐植層と理学性に優れた肥沃土の上に世界に誇るコーヒー王国が建設された。

然しながら、この繁栄は、仝世紀末まで続かず、コーヒー園は、紫色の肥沃土テラロッシャ（石灰質）を追って、北方の波丘地に移動し放置された跡地の大部分は草地として、粗放な放牧が行なわれ、一部は農地或いはユーカリ等の造林が行なわれるようになった。

コーヒーの栽培が一世紀足らずで駄目になった理由は、地力の減退にあったと云われている。

この地方の減退の内容とそのメカニズムはどのようなものであったか、ここでも考えてみることとしたい。

この問題は現在研究の進められている流域管理→水土の保全と重要なかかわりのある問題で、或いはその方向を決定づけるものであるかも知れないからである。

地力が減退したということは、コーヒーの栽培に適する土地とはどういうものであろうか。（勿論気象条件は除外して）その答えは簡単である。

それは現在パライバ高原の州有林に残されている「マタ」の林或いはその二次林等で伐採後数１０年以内の土地ということになる。

すなわち、今回の調査した土壌断面のA～Dの文字を冠したサンプルそのものである。

この中でA～Cは二次林のなか、D１～３は牧草地のなかである。

この土壌は、前に述べたとおり酸性ラドゾルと赤黄色ポドゾルの中間型で、A層は弱酸性を示し、B層は中性を示している。

A層は黒褐色で腐植に富み、層厚は林内で２０～３０cm牧野は１０cm程度である。

やゝ粘土がかった砂質壌土で適潤状態では、軟かく根系は1m程度まで達している。

次に、コーヒーの栽培に適さない土地とはどのようなものであろうか。

クーニャの試験基地附近で、裸地化している個所の土壌を調べたところ、A層は3cm程度、B層は黄白色で固く、PHは5.5で酸性ラトゾルと判定された。

すなわち、この土がコーヒー栽培に適さなくなった土そのものであろう。

パライバ高原の土壌は、露出して日光や空気にさらすと急速に固化し、酸性を帯びる性質がある。

このことは土壌の化学的及び物理的性状によるものである。粗腐植質の層に覆われ、かつ地表が樹冠等で太陽の直射から遮ぎられた状態において、はじめて植物生　上また水土の保全上好ましい土壌が醸成される。

コーヒーの栽培はその後、石灰質の多いテラロッサの土地（北寄りの波丘地で雨量はパライバ高原よりはるかに少ない。）に移ったことから見て、地力の良否は、肥効成分そのものよりも土壌酸度がより決定的な影響を持っているように思われる。

コーヒー園は開墾の時には、おそらく森林を伐採して火入れが行なわれたであろうから、その時表層の腐植層は一応失なわれたものと想像される。それでも約1世紀に亘り、コーヒーが栽培されたということは、土壌の劣化の道行速度がそれ程早くはなかったものと考えられるが、それなりに除々に進行し、遂に決定的な時期を迎え、撤退を余儀なくされたものと想像される。

コーヒー園の跡地が草地化されてから、早くも約1世紀がたとうとしている。

土壌の理学性の劣化速度は、コーヒー園より、草地の方が一層早いと見るのが妥当である。

現在既にその兆しの見えている地域もある、カンポスと称する放棄された草原及びセラードと称する低質潅木林もその範ちゅうにはいるかも知れない。

草地が駄目になれば、後には瘠悪地と裸地が残り、土性はますます劣化して、荒廃団地を形成し、土地利用は勿論、水土保全上由々しい問題を起こすことは目に見えている。

急傾斜地や瘠地など、荒廃のおそれのある個所は、早急に林地化し自然の力を利用して、腐植質による土壌改良をその緒につけるか或いはピートモスやバーク堆肥或いはその他の肥料や土壌改良剤を施用して、人為的に土壌の理化学性を改良するか何れかのみちを選ぶべきであろう。

(2) 荒廃防止対策

荒廃防止とは、荒廃する前に、未然にこれを防止することで、荒廃しかけたもの（瘠悪地や移行地）を復元するものと、荒廃を未然に防止する予防対策とが含まれる。

災害は未然に防ぐことが最も肝要で、効果の面においても亦、経費の面においても「予防」こそは最善の策と云える。

荒廃を未然に防止する為には、先づ、荒廃の要因を研究して、そのメカニズムを究明し、

荒廃要因の把握と対策の一例

| 項目 | | 荒廃の危険性が大きい | 荒廃の危険性が中程度 | 荒廃の危険性が少ない |
|---|---|---|---|---|
| 基岩 | | 圧砕花崗岩<br>輝緑岩，安山岩<br>砂岩，シルト岩（タウバテ層） | 雲母片岩，片麻岩<br>石英片岩，花崗岩 | 沖積層（土砂） |
| 地形 | 縦断勾配 | 30°以上 | 20°～30° | 20°以下 |
| | 横断面形 | 集水地形 | 平衡地形 | 凸地形 |
| 土性 | 基盤面までの深さ | 1m以下 | 1m～2m | 2m以上 |
| | 土性 | 酸性ラトゾル・ | 赤黄色ポドゾル | その他 |
| | 粘度 | 砂質土 | | 粘質土 |
| | 酸度 | P．H 5.5以下 | | 6以上 |
| 対策 | 天然林<br>二次林 | 伐採の禁止<br>伐期延長<br>林相改良 | 伐採の制限<br>伐期延長<br>樹種変更 | |
| | 人工造林地 | 長伐期作業<br>保全上望ましい樹種に変更，<br>肥料木樹栽<br>施肥撫育 | 択伐作業<br>樹種変更<br>撫育管理，施肥<br>伐採搬出方法の規制 | |
| | 灌木林セラード等 | 地床植生の育成<br>施肥撫育<br>補植，改植 | | |
| | 牧野<br>カンポス | 林地に転換<br>造林，施肥，撫育 | 切替牧野<br>混牧林（肥料木）<br>テラス，階段工，施肥，<br>草種改良 | 施肥<br>改良牧野 |

次に現地の実態を調査して、対策を要する場所をリストアップし、夫々の現状に対応し、最も効果的な対策を立案し実行に移すことである。

荒廃のメカニズムを研究するに当っては、基礎的な研究のほか、山腹の縦断形（勾配）横断形（集水性）地質、及び、土壌（理化学性、特にＰＨ、透水性、粒度の組成、土壌の厚さ、腐植の含有量、土壌微生物等）、植生（林相、草種）土地利用状況等を調査解析し、実施可能な対応策を想定しながら、手際よく、タイプ分けし、整理することが実際的である。

調査項目と内容及び具体的対策の一例を示すと次表の通りである。

したがって研究に当っては、この調査内容と対策に関連する事項をリストアップし、現地の実態に応じて適正妥当な対策が導き出されるようにすればよい。

なお、荒廃防止対策は、法的措置（制限林）或は行政指導（助成金制度）等の形で推進されることが多い。

したがって、土地の権利者の理解を得ることが重要であり、地元民とのコミュニケーションが重要なポイントとなる。

(3) 荒廃地復旧対策

荒廃は未然に防止すべきものであるが、異常天然現象等により、或いは地形的、地質的要因等により荒廃し、自然復旧が期待されないものについては、なるべく早く、復旧緑化し土層の流亡と土性の劣化をくいとめなければならない。

はげ山や崩壊地あるいは地すべりなどいわゆる荒廃地を復旧緑化する為には、通常、先づ最少限の土木的工作物の施工を必要とする場合が多い。

崩壊跡地は、表層の風化土層が失なわれＢ層やＣ層が露出し、勾配が急であったり、或いは豪雨時地表水が集中流下してガリや浸蝕渓を生じ、激しい浸食がくり返される。

緑化工事を施行しても、当面はイネ科の草本類による、ごく表層の土砂移動の防止しか期待できないから、土層の力学的な安定は土留工等でまた地表流による浸食に対しては、安全に流下さす為の水路、或いは、集中流下を防止して浸食力を弱める階段工やテラス工の基礎工が必要となる。

また、特に堅硬な粘性土や風化岩等に対しては、緑化の基盤を作る為の階段工や穴工、日光の直射を遮ぎりまた降雨のシートエロージョンを防止する為の被覆工が必要な場合がある。

一般に準平原地形で、谷の開析が比較的進んでおらず、また地表水の浸食に対し、抵抗性のある粘性土が多く、渓流の勾配が緩で縦横浸食のおそれが少ないなどのため、基礎工事の規模は、簡易なもので足りる場合が多い。

パライバ高原において、想定される、荒廃形態とこれに対する復旧対策を基礎工と緑化工に分けて、その概要を例示する。

(4) 土壌保全と森林

石灰を含む、特殊な地帯は別として、２０° 以上の傾斜を持つ山腹を、長期に亘って農牧

| 荒廃形態 | 地質 | 土性 | 傾斜 | 横断面形 | 復旧対策 |
|---|---|---|---|---|---|
| 地すべり及び浸透水型崩壊 | 輝緑岩（脈岩）と結晶片岩との接触面等 | モンモリロナイト及びイライト系粘土 | | 集水地形 | 暗渠排水<br>ボーリング排水<br>フトン籠土留工 |
| 中間流型崩壊（パイピング） | 片麻岩，雲母片岩，石英片岩，花崗岩，輝緑岩安山岩 | 砂質土 | 20°以上 | 集水地形 | 張芝水路工，植生袋工，木柵工，編柵工，土のう積工，積苗工，筋工，植栽工 |
| ガリ侵食 | タウバテ層（砂岩）片麻岩，雲母片岩，輝緑岩 | 砂質土<br>粘性土<br>盛土面 | 20°以上 | 集水地形及び平衡斜面 | 張芝水路工，階段工(テラス工)，伏工，編柵工，土のう積工，積苗工，筋工，植栽工 |
| シートエロージョン | タウバテ層（シルト岩） | 粘性土<br>切取面 | 30°以上 | 平衡及び凸斜面 | 種子吹付け工<br>伏工<br>階段工（テラス）<br>苗木植栽 |
| 放牧地 | | 粘性土 | 20°以上 | 集水地形 | 編柵工<br>苗木植栽，施肥 |

用地として、利用することは不可能のようである。

腐植質の流亡とともに、土性が劣化し地力が衰退して、やがて土壌浸食が激しくなるからである。

そしてこの現象は低緯度地方において特に顕著である。

フィリピンのバナウエの世界的に有名なライステラスは1,０００年も前から、３０度以上の急傾斜地に水田が開けているが、これは斜面そのものを利用するものではなく、水平階段を作って利用しているものである。

インディオが住む、アンデスの山地もまた、日本の傾斜畑も長期間維持されている耕地は総てテラスとして利用されている。

２０度以上の斜面における生態系のクライマックスタイプは通常森林の場合が多い。

うつ閉林は生長の為に、水や養分を消費するが、その反面年々大量の枯枝、落葉等有機物を生産し、樹冠の被蔭のもとにこれを肥料化し、また、理化学的に、生育上好ましい土壌を醸成して行くからである。

従って、永い目で見た場合、管理された良好な森林は木材の生産のほか、水源のかん養、土砂流出の防止等大きい保全効果を発揚し、斜面の土地利用形態として最も好ましいものである。

傾斜地の森林土壌は一度び破壊されると、復元は非常に困難である。

土壌の理化学性の改善には長い年月を要し耕うんや施肥を前提とする農業経営とは本質的な違いがある。

山地の急傾斜地における林業経営は、長期の展望に立って、計画的な施業が、要請される所以である。

## 4－3　簡易治山工法の設計

日本において実施されている山腹基礎工事のうち、簡易なもの及び山腹緑化工事の設計と仕様の概要を別紙に示す。

## 1　主な山腹基礎工の工種、概要と特性

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| のり切工 | のり切工 | 崩壊地頭部および崩壊地内の急傾斜で不安定な土層を切取る。切取り勾配は、周辺の山腹斜面の傾斜を考慮しながら、なるべくその場所の表土の安息角（普通の土では25°～45°）以下に傾斜を緩和する。 | ①　のり切は安息角に近く十分に行わないと、自後における山腹工事の破損の原因になる。<br>②　山腹上部の崩壊や丘陵性のはげ山では、ある程度自由に切取角度を決めることができるが、急斜面の中腹以下の崩壊では、のり切角度は周辺の地形によって制限される。この場合周辺部の山腹の傾斜も考慮して角度を決める。<br>③　均一な角度に切り取ると、崩壊の周辺あるいは内部に残存する林地を切り落すことになり、肥沃な土壌が失われ、その後の森林造成に多くの努力を要することになる。このことは景観上からも好ましくない。崩壊の上部は急に、下部は緩になるようのり切が必要である。<br>④　多くの経費、労力を必要とする場合が多い。 | 山腹斜面における不安定な土層を切り取り、安定した斜面を造成する必要がある場合に施工する。<br>第3紀砂層などの断崖状の高い崩壊では、強いてのり切は行わない。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | コンクリート土留工 | 山腹コンクリート土留工の場合は、高さは原則として4.0m以下とするが、築設個所の諸条件によっては、4.0m以上のものも必要な場合もある。このような場合には十分安全を考慮して断面を決めなければならない。<br>断面は背面土圧が大きい場合は、天端厚0.3m、表のり3分、裏のりは土圧に対応して決定し、背面土圧が比較的小さい場合は、天端厚0.3m、表のりを3分、裏のりは逆1分を標準とする。<br>裏込礫の厚さは、原則として0.3m以上とする。<br>原則として水抜きを設ける。伸縮継目は延長20mをこえる場合は、原則として10～15mに1個所程度設けるものとする。 | ① 背面土圧が大きく、十分な安定性を必要とする場合に適する。<br>② 堅固な地山では高さを4.0m以上に設けることができる。<br>③ 基礎が堅固でないと破損の危険が大きいので十分な補強が必要である。 | 十分な、安定性を必要とする場合、または山腹斜面の土層が移動するおそれがあり、土圧が大きく、練積土留工や他の土留工では安定が期待できない場合に採用する。また、玉石が容易に得られる個所では、断面を比較的大きくして玉石コンクリート土留工とする場合もある。<br>原則として堅固な地山でなければならない。やむを得ず地盤の軟弱な個所に設ける場合には、基礎杭、胴木などにより補強する。<br>家屋の裏山等に使用する。 |
| | 鉄筋コンクリート土留工 | 構造上は工型を基準とする。高さは、原則として8.0m以下とし、天端厚の最小値は0.3mとする。<br>裏込礫の厚さは、原則として0.3mとし、各部等厚とする。 | ① 堅固な地山では、高さを高くすることができる。<br>② 基礎が堅固でないときは、十分な補強が必要である。<br>③ 断面が経済的である。 | 高さが高く施工条件等から他の工種によることが不適当な場合に採用する。<br>家屋の裏山等に使用する。 |
| | 石積土留 | 積石の控部分に胴込コン | ① 現地で良質な石材が | 良質な石材が得やす |

| 工　種 | 種別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | 工<br>（練積） | クリートおよび裏込礫をつめたもので、高さは3.0ｍを限度とし、のり面の傾斜は安全性および施工の難易等を考慮して3分を原則とする。<br>コンクリートの使用量は積石面積1㎡当り0.25～0.3㎥とし、背後に裏込礫を入れる。原則として水抜きを設ける（2㎡当り1個所程度）必要に応じ縁切りを設ける。（20ｍ以上のときは10～15ｍに1個所程度） | 得やすい個所では、その活用ができる。<br>② 積石の技能をもつ石工が少なく、多くの労力が必要である。<br>③ 大きな土圧が作用する場合には適さない。高さに制限がある。 | く、背面の土圧が比較的小さい個所で、安全性、適当である場合に採用する。 |
| | 石積土留工<br>（空積） | 主として雑間知、雑割石を積んだもので、高さは2.0ｍが限度である。裏込礫のみでコンクリートは使わない。<br>のり面の傾斜は原則として3分とする。 | ① 良質な石材が得やすい個所では、その活用ができる。<br>② コンクリートを使わないで施工できる。<br>③ 石工が少なく、堅ろうな積石が困難である。 | 良質な石材が得やすく、背面の土圧がとくに小さい場合に採用する。 |
| | コンクリートブロック積土留工 | コンクリートブロックには従来の積石（間知石）と同様な形状をしていて、使用方法も同じものと、コンクリートブロック建築に用いられるような角型で、モルタルの接着力と鉄筋によって、全体を一体化させるものおよび両者の中間型の3種類がある。どれを使用するか | ① 規格品であるので施工に便利である。<br>② 積石のように特殊な施工技術が必要でなく、一般の土工で若干経験すれば容易に施工できる。<br>③ 仕様は練積土留工に準ずるが、労力が多くかかる。<br>④ 大きな土圧のかかる | コンクリートブロックが現場に搬入し易く、背面の土圧が比較的小さい個所で安全性、適合性等、他の工種と比較して適当である場合に採用する。<br>道路や家屋の裏山等に使用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | | は現場の条件によって決める。本工種採用の目的、条件および仕様は練積土留工と同様である。コンクリートの代りにソイルコンクリート（土砂にセメントを混ぜて固結させたもの）を使用する場合がある。 | 個所には適さない。 | |
| | 蛇籠土留工 | 鉄線蛇籠に玉石を詰め、積上げる構造のもので、止杭を用い固定する。高さは2.0m以下とし、それが崩落しても被害を及ぼすことのない規模のものとする。蛇籠の規格は原則として日本工業規格等による。形状、寸法は現地の状況に応じたもので決める。網目の大きさは使用する中詰石の大きさ等を考慮して適切な寸法を決定する。<br>止杭は腐朽しにくいマツ、クリ、クヌギなどを用い、杭間隔は2.0mを標準とする。<br>中詰石は径0.15～0.3mのものを空隙のないよう詰める。 | ① 地盤が不安定で不等沈下や滑動で破壊されやすい個所でも施工が可能である。<br>② 現地に玉石、転石が十分ある場合は経済的である。<br>③ 鉄線が腐食しやすく、永久工作物ではない。<br>④ 高さは2.0mが限界であり、土圧に対して弱い。 | 地盤が不安定な個所で、他の土留工では不適当な場合に採用する。 |
| | 丸太積土留工 | 山腹斜面に止杭、扣木の間隔1.0m以内、長さ0.8m以上の扣木を使っ | ① 強度を必要としない個所で、丸太の供給が容易な場合には比較的 | 丸太が容易に得られ、比較的強度を要しない個所に採用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | | て組立て、丸太の裏側に、そだ、雑草株を埋め込み、ヤナギ、ウツギ等の枝条を挿木して、盛土を十分搗き固め、早急にこれらの植生によって盛土を固定せしめる。<br>高さは、原則として1.0m以下とし、のりは3分以上とする。 | 経済的に施工できる。<br>② 腐朽し易い。<br>③ 丸太と丸太の間の空隙が大きいため、軽しような土壌地帯では、充てんした土砂が雨水によって流失し易い。<br>④ 土圧に弱く、破壊されやすい。 | 雨水の集水しにくい個所における斜面勾配の修正等に適用する。 |
| | 方格枠土留工 | 製品としてできているコンクリートの角棒（鉄筋入）を方形に組み立て、内部に礫を詰める工法である。<br>方格枠土留工は、枠内に充てんした石礫の重量によって土圧に対抗するので、土圧が大きい場合には、それに対応した安定度が必要となる。<br>高さは原則として3.0m以下とする。高さが3.0m以上必要な場合には、間隔をあけて2段に積むか控を長くして安定性を検討しなければならない。<br>中詰石は風化しにくい亀裂の少ないもので、枠から抜け出さない径とする。<br>しかしながら地盤の変動も少なく、枠が不規則に移動するおそれのない個 | ① 地すべり地帯の地下水、表面水などを土塊中より分断排除するため、背面土圧を軽減する。<br>② 中央部に集中してくる土圧は、方格枠と玉石が分散し、連結梁の状態に運動するため破壊に対して安全率が高い。<br>③ 単位重量がコンクリート構造物に比べ軽く、又堤底巾も広く、工作物自体に自在性があるので、沈下、滑動に対して安定し、床掘も深掘の必要がない。<br>④ 施工に当り、方格枠組立、玉石填充、共に単純作業であるため、降雨等に大きく影響されず、工期が短縮でき | 地盤が軟弱な箇所や、地下水の排除が必要な箇所に適する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | | 所にあっては目潰し砂利を混じ使用しても差し支えない。 | る。<br>⑤ 落石等によって比較的容易に折損するので、その対策を十分検討する必要がある。<br>⑥ 填充する玉石、礫があれば、きわめて経済的である。<br>⑦ コンクリート工事の施工が困難な場合には、方格枠材を運搬するだけで施工できるので有利な場合が多い。 | |
| | コンクリート板土留工 | コンクリート板土留工として通常使用されている板は、鉄網入りのコンクリート表板（1.0m×0.4m×0.03m）と控板（0.25m×0.2m×0.30m）を長さ0.5mの控棒で連結し、その間に土砂、石礫を詰める。<br>山腹土留工として施工する場合には、表板と控板との間にソイルコンクリート等を充てんし、補強する必要がある。高さは、原則として4段（1.6m）までとする。 | ① 簡単に組み立てられる。<br>② 比較的軽量であり、運搬、取扱いが簡単である。<br>③ 土圧に対する抵抗は他の土留工（練積、コンクリート、蛇籠土留工）に比べて小さい。高さは、土の摩擦あるいは板にかかる土石の重さによって、ある程度まで積み重ねることが可能であるにすぎない。1.6mが限界である。 | 背面土圧の小さい箇所に採用する。<br>山腹面における部分的な小規模な土留として用いる。 |
| | 鋼製自在枠土留工 | 鋼製の枠組の中に石材を詰め込んで、外力に抵抗させようとする枠工に自在性を加えたものである。 | ① 普通の重力式構造物としての条件を満たすことができ、衝撃等によって部材の折れ曲り | 地すべり地の根固工および軟弱地盤の土留工として採用する。<br>とくに岩屑などの捨 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 土留工 | | タイプはH－１００、H－２００、I－３００の３種類がある。 | や多少の変形が生じても、構造全体の安定は変らない。<br>② 基礎地盤に対する要求度が低い。<br>③ 従来の重力式構造物では施工不可能な軟弱地盤にも施工できる。<br>④ 取り扱い組立てが簡単で、工期の短縮と省力が可能。<br>⑤ 現地における運搬が容易であり、中詰に現場発生材料が使用できる。<br>⑥ コンクリートを全く使用しないため、季節上の工期的な制約をうけない。 | 土が多く、これを中詰として利用し得る箇所に適する。 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 埋設工 | コンクリート埋設工 | 原則として、コンクリート土留工に準ずる。 | コンクリート土留工に準ずる。 | コンクリート土留工に準ずる。 |
| | 石積埋設工（練積） | 原則として、石積土留工（練積）に準ずる。 | 石積土留工（練積）に準ずる。 | 石積土留工（練積）に準ずる。 |
| | 石積埋設工（空積） | 原則として、石積土留工（空積）に準ずる。 | 石積土留工（空積）に準ずる。 | 石積土留工（空積）に準ずる。 |
| | コンクリートブロック積工 | 原則として、コンクリートブロック積土留工に準ずる。 | コンクリートブロック積土留工に準ずる。 | コンクリートブロック積土留工に準ずる。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 埋設工 | 蛇籠埋設工 | 原則として蛇籠土留工に準ずる。 | 蛇籠土留工に準ずる。 | 蛇籠土留工に準ずる。 |
| | 丸太積埋設工 | 原則として丸太積土留工に準ずる。 | 丸太積土留工に準ずる。 | 丸太積土留工に準ずる。 |
| | 方格枠埋設工 | 原則として方格枠土留工に準ずる。 | 方格枠土留工に準ずる。 | 方格枠土留工に準ずる。 |
| | 柵工に類する工種種別 | 重力があり、または杭を使用するなど、土圧に対する抵抗力の強い構造で、かつ耐久性のある資材を用いる工種種別。 | | 石材に乏しく、かつ地中に杭の打ちこみ得る場合に採用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | コンクリート水路工 | 形状は、原則として台形とし、底および側壁の厚さは現地に応じ適当な厚さとする。<br>一般的な構造は、底厚0.2～0.3m、両側壁の天端厚0.2m、側壁の表のり3～5分および裏のりは直または逆1分である。<br>側壁部に相当の土圧がかかるおそれのある場合、0.3mを限度として裏込礫を使用する。<br>また、コンクリート水路工は、台形断面の場合、重量が非常に大きく、不等沈下等により水路が破壊されるのを防ぐためには、底部に必要な厚さの裏込礫を敷き、十分搗き | ① 張石に比べてかなり省力的であり、必要に応じて断面を加減することが容易である。<br>② 粗度係数が練張水路工に比し小さく、流速が早いので、帯工等を設けて勾配をゆるくする等の配慮が必要である。 | 常水がある箇所、または降雨時の流量の多い個所等で、良質な石材が乏しく、張石水路より経済的な場合に採用する。 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | | 固める必要がある。<br>主として幹線水路工として採用され、良質な石材が乏しい個所で、張石水路より経済的な場合に施工される。 | | |
| | 練張水路工 | 形状は、台形もしくは弧形とする。石材の規格は原則として控0.25m以上の雑割石または野面石等を用いる。<br>胴込コンクリートを使用する。<br>裏込礫は、水路の不等沈下、または浸透水による水路床の浸食防止に使用する。<br>原則として厚さは0.2mとする。<br>幹線的水路工として採用する。 | ① 良質な石材が得やすい場合に有利である。<br>③ 張石技術者が不足している。<br>④ 単価が高いので施工個所はある程度限定される。 | 常水のある個所、または降雨時の流量の多い個所等で、石材が得やすい場合に採用する。 |
| | 空張水路工 | 形状、石材などは、原則として練張水路工に準ずるが胴込コンクリートを使わない。裏込礫は、原則として厚さ0.2mとし、胴込礫は張石の控まで充てんする。（裏込礫は径0.05～0.15mのものが適度に混入したもの）。 | 練張水路工に準ずる。 | 常水がなく、勾配が比較的急な個所等に採用する。 |
| | U字コンクリート管、コン | この種の水路工は、各種の断面を有する水路の既製品を用いる。 | ① 省力的である。<br>② 施工が容易である。<br>③ 断面の大きいものが | 常水のある個所または降雨時の流量が多い個所等に採用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | クリートブロック水路工 | 一般には小規模な崩壊地、支線水路等の断面が比較的小さい個所に使用される場合が多い。<br>断面の大きいものが必要な場合には、コンクリートブロック水路、コンクリートの板状ブロック等が施工される場合が多い。 | 必要な場合は、その重量も大きくなるから、その搬入、布設が容易でない。その固定方法について十分注意する必要がある。 | |
| | コルゲートU字溝水路工 | 各種の断面を有する水路の既製品である。<br>コンクリート半円管水路工よりも軽量であり、地すべり地帯などに施工される。<br>基床材として山砂（径0.005m以下）を使用する場合が多い。基床材の厚さは0.2mを標準とする。 | ① 省力的である。<br>② 施工が容易である。<br>③ 地すべり地帯にも使用できる。 | 常水のある個所または降雨時の流量の多い個所、地すべり地帯の地表水の地下浸透防止の必要な個所等に採用する。 |
| | 張芝水路工 | 断面は弧形とし、その長さは原則として1.2m以内、深さ（矢高）は0.3mを限度とする。<br>切芝の規格は、一般に巾0.2m、長さ0.33mのものが多い。また厚さは一般に土壌条件の極めてせき悪な崩壊地に使用されるので厚いものが望ましい。新鮮なものを使用しなければならない。<br>目串には、萌芽性のもの | ① 切芝が得られる個所では簡単に施工でき経済的である。<br>② 土砂が流下する個所や芝が生育できないような土質条件の個所では適当である。<br>③ 流下水の浸透も著しいので、その床拵えは十分搗き固めて堅固な基礎をつくる必要がある。 | 常水がなく、降雨時の流量が少なく、土砂の流送のない個所等に採用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | | を用いる。切芝の代りに、植生盤、植生袋等を使用する場合もあるが施工時期等について十分注意する。<br>一般に小規模な崩壊地の水路、はげ山地帯の山腹水路として用いる場合が多い。 | | |
| | 編柵水路工 | 一般には、山腹下部の勾配のゆるい堆積部に施工される。傾斜の大きい場合には帯工等を設けて水路勾配を修正して施工する必要がある。<br>杭は腐朽しにくいもの、帯梢はなるべく萌芽性のあるものを用いる。編柵の間に、挿穂する。<br>編柵のかき高は０５ｍ、杭の間隔は0.7～1.0ｍを原則とする。<br>水路の底部には、そだ、雑石等を敷かねばならない。<br>最近では、編柵の代りに鋼板を使用する場合もある。 | ① 材料が簡単に得られる個所では有利であるが、労力を比較的多く必要とするので十分施工性、経済性等を検討する必要がある。 | 流量が少なく、比較的勾配が緩な個所に採用する。 |
| | 蛇籠水路工 | 地盤が軟弱なところ、不規則な移動の生ずるおそれのある個所に、蛇籠の柔軟性という特性を生かした水路工である。蛇籠 | ① 地盤が不安定な個所には蛇籠の柔軟性を生かした良い工種である。<br>② 水路工を築設する山腹斜面に中詰用の玉石、 | 地盤が不安定な個所で、他の水路工では不適当な場合に採用する。 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | | の規格はJISA5513による。<br>断面は、原則としてフトン籠を用いる場合は長方形に、丸蛇籠を用いる場合は弧形とする。変形蛇籠等を使用し台形断面にすることもある。<br>蛇籠の移動を防止するため止杭を打つ。<br>集水された水をできるだけ地下に浸透させず、速かに排除するために水路床に、ビニール等を敷き保護する必要がある。<br>中詰石の径は一般に0.15～0.3mの玉石が使用されるが、岩屑の処理の面からは、風化しにくい亀裂の少ないものを選別して用いなければならない。 | 礫が豊富にある場合は経済的に施工できる。<br>岩屑類の処理が要求される場合にも有効な工法である。 | |
| | 土のう水路工 | 張芝水路工に代るべきもので、材質はポリエチレン、巾長は0.41×0.60m（種肥付は0.40×0.60m）、客土量は約18ℓ、黒色の土のうを台形（底巾0.50m上巾1.27～1.37m、深さ0.25～0.32m）に仕上げる。<br>種肥付のものを使用するので土のう全体から発芽、生育する。（種子、肥料、 | ① 種子が土のう全体から発芽、生育する。また、種子が降雨により流亡するのを防ぎ、かつ乾燥を防止する。<br>② 工場製品であるので品質が安定している。<br>③ 種子、肥料が落ちやすい。 | 常水がなく、降雨時の流量が少ない箇所等に採用する。 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 水路工 | | 保水剤を土のうの内面半分に接着したもの）。<br>土のうの厚さは0.1～0.12m、使用する土は、石礫の混じっていない良質土を使用するものとし、良質土のない場合は、有機質肥料、土壌改良剤等を混合する。<br>土のうは内部半面のみに種子等がつけてあるので、この面が表面になるよう施工する。 | | |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 暗渠工 | 礫暗渠工 | 断面は、地下水、湧水等の量、表土の状況および暗渠の密度によって決定するが、一般に高さ0.5～1.0m、底巾は0.3～0.7mである。<br>地山の浸食を防止するため、底にビニール等不透水性のものを敷く。また、周囲からの土砂の流入で詰石の間隙を閉塞させないために、詰石の上部をそだ等で覆う。<br>詰石は0.5～0.15m程度の礫が良い。 | ① 現地材料である礫を使用することができる。<br>② 一度目詰まりすると、以後機能が発揮できない。 | 礫が多く、かつ集水量が比較的多い場合に採用する。 |
| | そだ暗渠工 | 断面は礫暗渠と同じ位が標準である。<br>特に、そだは腐りやすく、 | ① そだの入手しやすい個所、湧水の少ない個所には有効 | 礫が乏しく、かつそだの入手しやすい個所で、また湧水の少 |

| 工種 | 種別 | 概要 | 得失 | 参考 |
|---|---|---|---|---|
| 暗渠工 | | また間隙が閉塞されやすいため、それ程長い期間その効用を維持することは困難であるので、小規模な暗渠排水として採用する。（径0.7m内外のそだ束を1.0m毎に杭（長1.6m、径01m）で打込み安定させる。） | ② 腐りやすいので長い期間その効用は維持できない。<br>③ 集水量の大きい場合には不適当である。 | い個所で、また湧水の少ない個所に採用する。 |
| | 蛇籠暗渠工 | 蛇籠は、原則として円筒形蛇籠を用いるものとし、ＪＩＳ規格のものでなければならない。<br>中詰石は、風化しにくい、亀裂の少ないもので、使用する蛇籠の網目以上の径を有するもの。<br>地盤が軟弱なところ、不規則な移動の生ずるおそれのある個所に施工する。<br>蛇籠暗渠の構造は、礫暗渠と全く同様で、ただ礫がばらばらにならないよう蛇籠によって固定し地層が変動しても、礫の連続を維持し、暗渠としての効用を果すようにしたものである。 | ① 中詰石が現場付近にある場合は経済的である。<br>② 地盤が不安定な個所にも施工が可能である。<br>③ 山腹傾斜が急な場合でも、安定した形に固定する。 | 地盤が不安定な箇所で、他の暗渠工では不適当な場合に採用する。 |
| | コンクリート集水管暗渠工 | 断面は集水した水量を安全に流し得る大きさを有することが必要である。<br>構造は、底部に集水管を布設し、その上部に礫を | ① 集水量が多い場合は有効である。<br>② 経費が多くかかる。 | 集水量が多く、他の暗渠工では不適当な場合に採用する。 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 暗渠工 | | 充てんし、そだ等で覆うもので地下の湧水、浸透水を集水し、速かに地表水に導くもので，常水が多く、他の暗渠工では十分その効果が期待できない場合に採用する。<br>断面は、高さ0.5～1.0m、底巾は使用する集水管の外径によって決定する。<br>幹線暗渠、支線暗渠により集水管の径を使い分ける必要がある。<br>礫は礫暗渠に準ずる。<br>集水管には、コンクリート管、ヒューム管、合成樹脂製の管に集水孔のあるものと、ポーラスなコンクリート管で浸透性のあるものとがあり、その集水機能に相違があるので、地下水の状態、土壌の性質等によって種類、大きさを使い分ける必要がある。 | | |
| | その他 | 最近、プラスチックを原料として、パイプ状、扁平状、立体構造体等に加工した暗渠排水用製品がある。<br>内径は0.05m～0.2m、長さは2.0m～4.0mの | ① これらの製品は、柔軟性があり、軽くて強靭な特性をもっており、施工も容易である。<br>② 土中、水中等では半永久的で安定するが、強い太陽光線に長年月 | 浸透水を排水する必要ある個所に採用する。 |

| 工　種 | 種　別 | 概　　要 | 得　　失 | 参　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 暗渠工 | | ものが多い。<br>特に暗渠排水において、暗渠がつまらぬよう注意する。 | さらすと次第に劣化する。 | |

# 2　山腹基礎工の設計

## 2－1　蛇籠土留工

蛇篭土留工の設計は，次の各項による。

1）地盤が不安定で，不等沈下や滑動などのため破壊されるおそれがあるときなどに適用する。

2）高さは，原則として2.0 m以下とし，また，のりは3～4分を原則とする。

3）止杭はマツ等の生丸太とし，その寸法は末口径0.06 mを標準とする。長さは工作物の高さに応じ1.8～3.0 mとする。

4）地盤が軟弱な場合は，そだ，砂利等を敷設し，沈下を防止する。

5）材料の標準使用量は別表を参考とする。

蛇篭（ふとん竜）土留工の材料標準使用量（10 m当り）

| 構造 | ふとん篭，使用網目0.13m 亜鉛引鉄線#10，長10m，高2.0m | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材料 | 形状 | 数量 | 単位 | 摘要 |
| ふとん篭 | 4.0×0.5×1.2 m | 10.0 | 本 | 断面の構造等により決定する。 |
| 止杭 | 末口径0.16 m<br>長3.0 m松生材 | 10.0 | | 長さ2.0 mごとに1本使用，心杭<br>控杭 |
| 亜鉛引鉄線 | BWG．#10 | 25.0 | Kg | 10 m²当り12 Kg使用 |
| 中詰石 | 径0.15～0.3 m | 25.0 | m³ | ふとん篭1個当り2.5 m³ |
| そだまたは砂利 | | | | 基礎安定用，必要に応じ使用 |

(1)　鉄線蛇篭土留工は，その柔軟性を利用して，地盤の軟弱な個所の土留工として用いられるが，とくに施工地内に岩屑，礫などが豊富な個所では，それらの整理活用にもなる。基礎が沈下したり，移動しても，極度に破壊することがない点が，他の土留工に比し大きな特色である。しかし，その高さはなるべく低くし，限界高を2.0 mとする。

(2)　蛇篭土留工として一般的に多く用いられているものとして，ふとん篭，丸蛇篭の2つのタイプがあるが，これらは地形，土質，堆積土砂の多寡などによって選定する。

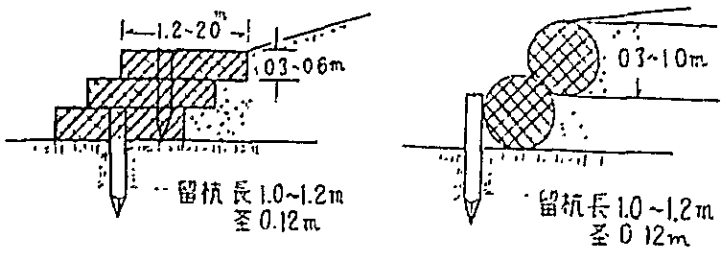
(3)　蛇篭は，酸性の強い所では早く腐触し，破壊するので，そのような場所および永続的な効果を期待する場合は設計しないほうがよい。

(4)　構造および作業手順の大要は次のとおりである。

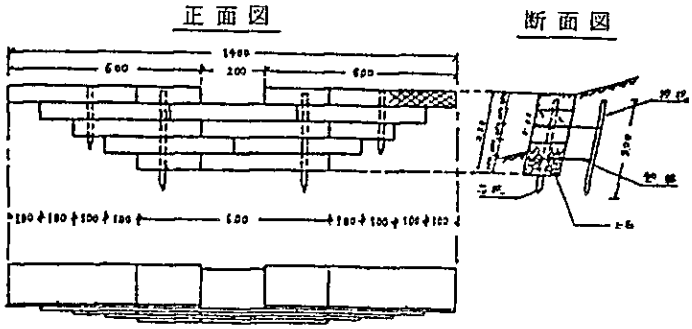
ア．中詰石を空隙のないよう蛇篭に詰めこむ。詰石は網目から出ない大きさとし，かつ外まわりになるべく大きい石を用いる。

イ．詰石後，篭を形成するものと同一規格の鉄線で開口部を緊結する。

ウ．止杭を2.0ｍごとに打ち込み，篭を地表に固定する。併せて鉄線で篭間を連結する。




蛇篭土留工構造例




蛇篭土留工構造例

2－2　丸太積土留工

丸太積土留工の設計は次の各項による。

1）他の土留工に比し強度を必要としない場合で，材料の丸太が容易にえられ，かつ他の材料の入手，搬入が困難な場合に適用する。

2）高さは，原則として1.0ｍ以下，のりは3～5分とする。

3）材料の品質，規格は次による。

| | | |
|---|---|---|
| 止杭 | 長　0.7～1.0ｍ | 径0.09～0.10ｍ |
| 控木 | 〃　0.7～1.0〃 | 〃0.1ｍ　以上 |
| 横木 | 〃　2.0ｍ以上 | 〃0.1ｍ　以上 |

樹種は腐朽しにくいものとする。

根株，雑草木株，挿穂（長0.3ｍ，径0006～002ｍ程度），萌芽性の高いもの

(1) 小規模な崩壊地の脚部など，大きな強度を必要としない個所で，斜面勾配の修正などを目的とする場合に適する。丸太は数年で腐朽するので，破壊しても他に被害を及ばないよう，なるべく低くする。

(2) 丸太の間の埋土は十分つき固め，のり面には雑草木の根株の埋込み，さし木などを行い，早急に緑化させる工夫が必要である。また，雨水が集中流下すると埋土が流出する

ので注意する。

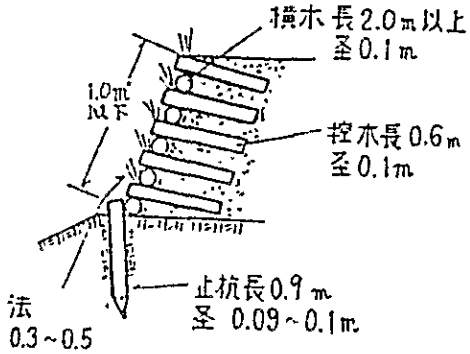
丸太積土留工の材料標準使用量（ 1.0㎥当り ）

| 構　造　高さ　1.0 m以下　法4分 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材　料 | 形　状 | 数　量 | 単位 | 摘　要 |
| 横　木 | 長 2.0m　径 0.1m | 2.5 | 本 | |
| 控　木 | 長 0.6m　径 0.1m | 7.5 | 〃 | |
| 止　杭 | 長 0.9m　径 0.1m | 1.0 | 〃 | 1.0 m間隔 |
| 雑草木株 | 径長 0.3m 打違 1.0m縄〆 | 1.0 | 束 | |

構造および作業手順の大要は次のとおりである。

ア．床掘整地の上，1.0 m間隔に，垂直に止杭を打ち込み，これに接して横木を入れ,その上に控木を間隔 1.0 m以内に並べ，ボルト，鉄線等で横木に緊結する。

イ．横木と控木の間隙に土砂を詰め，つき固める。




丸太積土留工構造例

2—3　コンクリート板土留工

コンクリート板土留工の設計は，次の各項による。

1）背面土圧が小さい個所に適用する。

2）高さは，原則として1.6 m以下とし，のりは3分を原則とする。

3）コンクリート板，パイプ等はJIS規格に適合したものを用いる。充填材にソイルコンクリートを用いる場合は，これを別途設計する。

4）基礎地盤が軟弱な場合は，栗石，目つぶし砂利等を用い補強措置を講ずる。

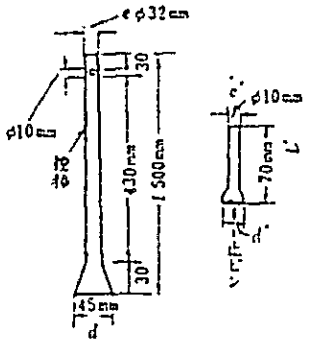
(1)　コンクリート板土留工は比較的軽量で，運搬に便利であり,また，施工が簡単なために多く用いられているが，構造的に大きな土圧には耐えられないので，とくに勾配の修正，緑化基盤の造成を主目的とする小規模な土留工に適用する。

(2)　高さは，原則として1.6 m（ 4段積 ）以下とし，各段に若干の間隔をとり，表面を結ぶ線の勾配が3～5分となるようにする。

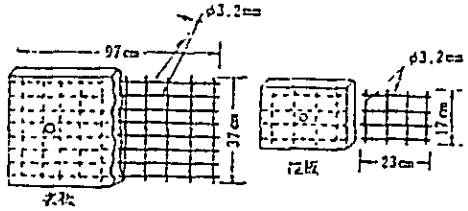
コンクリート板土留工の材料標準使用量（ 1.0㎡当り）

| 構造　高　1.6 m以下に適用 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材料 | 形状 | 数量 | 単位 | 摘要 |
| コンクリート板 | 0.4×1.0×0.03m | 2.5 | 枚 | |
| 控板 | 0.2×0.25×0.03m | 5.0 | 〃 | |
| 控棒 | 長 0.5 m　径 0.03m | 5.0 | 本 | |
| 止ピン | 長 0.07m 径 0.01m | 5.0 | 〃 | |
| 裏込礫 | 径 0.15～0.5 m | 0.3 | ㎥ | |
| 礫またはソイルコンクリート | | 0.37 | 〃 | 中込用 |
| 栗石等 | | | 〃 | 基礎地盤が軟弱なとき，必要に応じ使用。 |

(3) 施工方法は，コンクリート板等の部品を組立て，礫またはソイルコンクリートを規定の厚さに詰込み，十分つき固め，表板，控板を緊張させる。これを繰りかえし，各段ごとに間隔をとりながら，所定の高さまで積上げる。

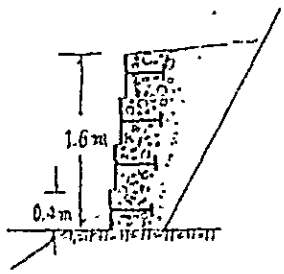



控棒・止ピンの標準寸法

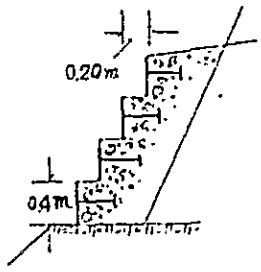



金網素線の標準寸法

コンクリート板の規格




中込めにソイルコンクリートを，裏込に礫を用いのりを急に積み上げる。




各段に 0.2 m の間隙をおき中裏込めに礫を用い，のりを緩に積上げる。

コンクリート板土留工構造例

## 2－4　方格枠土留工

方格枠土留工の設計は次の各項による。

1）地盤が軟弱で不等沈下，あるいは不規則な土圧を受けるおそれがある場合，地下水を排除する場合等に適用する。

2）高さは，原則として3.0ｍ以下とし，のりは5分を原則とする。

3）方格材は，JIS規格に適合したものとする。その寸法は0.15×0.15×0.5～2.0ｍを標準とする。

4）基礎地盤が特に不良な場合には，地盤を補強する。

方格枠土留工の材料標準使用量（１基当り）

| 構　造　高さ2.0ｍ，上巾2.5ｍ，下巾3.5ｍ　のり5分　延長4.0ｍ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材　料 | 形状・寸法 | 数　量 | 単位 | 摘　要 |
| 方格材 | 鉄筋コンクリート製 | 1.0 | 基 | 1基当り　4.80ｍ |
| ボルト | φ16㎜ | 60.0 | 個 | |
| 三角座金 | φ16㎜用 | 60.0 | 個 | |
| 結束線 | 亜鉛引＃8 | 7.8 | Kg | |
| 詰石 | 径0.15～0.50ｍ | 17.6 | ㎥ | 前掛木天端まで詰め込み $(\frac{1.86+2.79}{2}\times1.87\times4.07)-(0.15\times0.15\times4.07)$ |

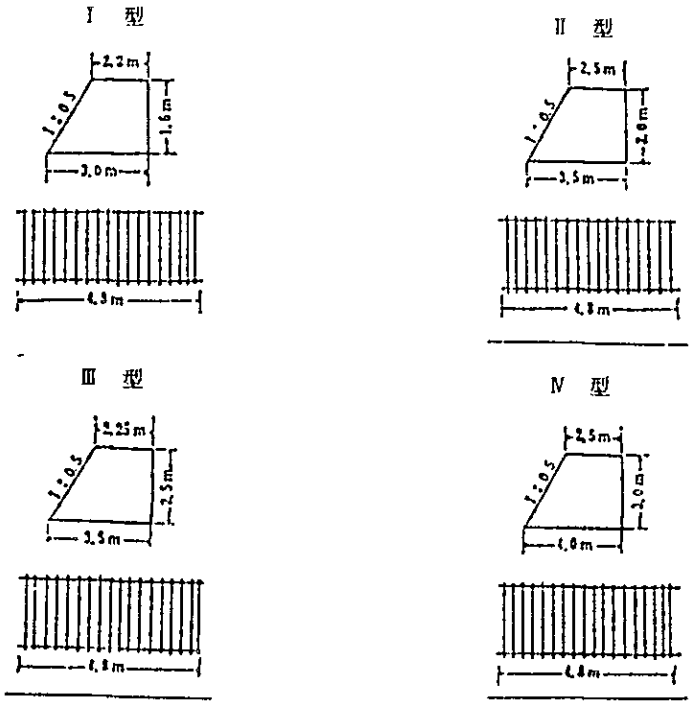
(1)　方格枠土留工は単に枠を鉄筋で連結し，その中に玉石を詰めてあるにすぎないので可動性があり，地盤の不等沈下や不規則な移動に破損することが少ない点が大きな特徴である。

また，方格枠の組立ては簡単であるので，中詰の玉石，岩屑，礫などが現場で容易にえられる場合には，経済的である。

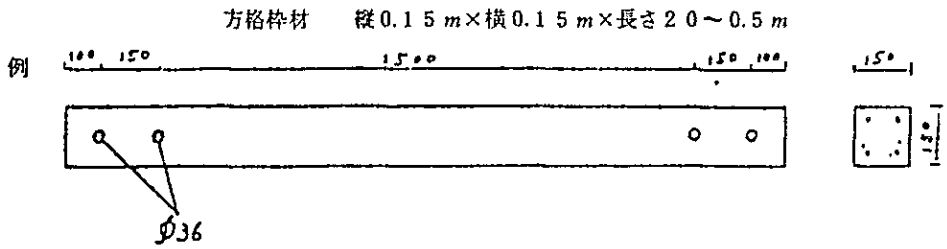
(2)　方格枠の枠材は，鉄筋コンクリート柱，鉄筋コンクリート管，木材など種々なものがあり，また構造形式も多様である。一般には鉄筋コンクリート方格材を，梯形，方形に組立てた片のり枠，方格枠，３角に組立てた合掌枠などが使われている。これらは，枠内に充填した石礫の重量により土圧に対抗できる構造になっているので，とくに土圧が大きい場合には，これに対応できる断面のものとすることが必要である。

(3)　方格枠土留工は，土圧に対する安定上支障がない限り表のりを急にすれば，落石などによりのり面が破損されることが少なくなる。しかし天端は落石などで折損することが多いので，そのおそれのある所では，天端にふとん蛇篭等を並べ保護することが必要である。

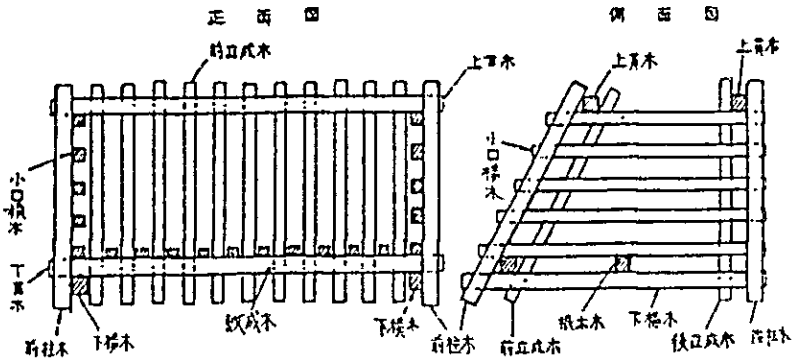
方格枠土留工の構造には，次のようなものがある。



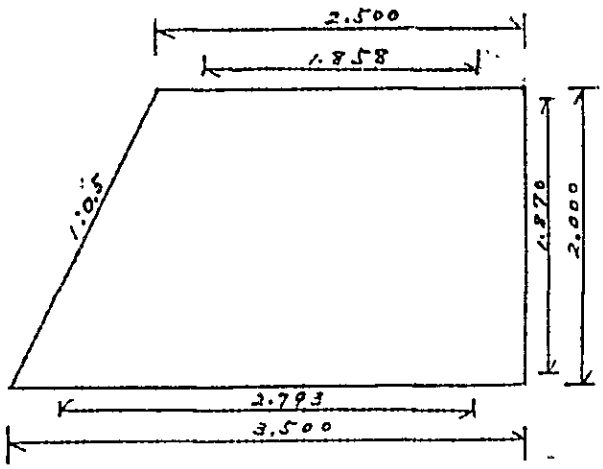

鉄筋コンクリート方格枠（片のり枠）の種類




方格枠の規格




方格枠土留工構造例




方格枠土留工構造例

## 2－5　鋼製自在枠土留工，鋼製枠土留工

| |
|---|
| 鋼製自在枠土留工および鋼製枠土留工の設計は，次の各項による。 |
| 1）地盤が軟弱で不等沈下，あるいは不規則な土圧を受けるおそれがある場合に適用する。 |
| 2）高さは，原則として3.0ｍ以下とし，のりは直～３分とする。 |
| 4）鋼製枠は，ＪＩＳ規格に適合したものとする。 |

(1)　自在枠土留工は，自重により土圧に抵抗させようとするものである。また枠の構造に自在性をもたせ，地盤の多少の変動に対応できる点が大きな特色である。すなわち，重力式構造物としての条件を満足するほか，枠組を一種のセルを形成する容器として使用し，衝撃等によって部材の折れ曲りや多少の変形が生じても，中詰石が流出してしまわない限り構造全体の安定は変らない特徴をもっている。

重力式構造物では危険な軟弱地盤にも施工ができる。また，取り扱い，組立てが簡単で，コンクリートを使用しないため，季節的制約をうけない利点もある。

(2)　鋼製自在枠工は，とくに外力の方向に対し，直角方向に自在性をもたせた配置に設計することが必要である。それは，セルのせん断変形に対する抵抗モーメントの安定計算に関連するからである。

(3)　安全性を考慮して限界の高さを2.0ｍとする。2.0ｍ以上の高さが必要であるときは数基を配置して高さを確保する。

(4)　中詰石は玉石のほか岩屑などの利用が可能である。なお，中詰石の粒径が小さい場合は，型枠の間隙から中詰石が流れ出ないようエキスパンドメタル等を用いることが望ましい。

(5) 土留工として通常用いるのはLタイプである。

(6) 基礎地盤は自在枠の自重および外力による最大圧縮力に対応できなければならないのは他の土留工と同様である。しかし，床掘は自在枠の特性を考慮し，若干浅くてもよい。

(7) 鋼製自在枠土留工と類似のものに，鋼製枠土留工がある。鋼製の枠組に中詰石を詰め，枠組を背面に傾斜させ，せり持ち壁としたものである。

(8) 適用条件，築設方法などは鋼製自在枠工に準ずる。

鋼製自在枠土留工の材料標準使用量（１組当り）

| 構　造　高さ　1.0，2.0，3.1 m　法，直 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材　料 | 形状・寸法 | 数　量 | 単位 | 摘　要 |
| 鋼製型枠，Lタイプ<br>H－100<br>H－200<br>I－300 | 天端高 × 堤敷巾<br>1.0 × 1.5 m<br>2.0 × 1.5 〃<br>3.1 × 1.5 〃 | <br>450.4<br>677.2<br>1,116.1 | <br>Kg<br>〃<br>〃 | <br>単体<br>〃<br>鉛直２段積 |
| 中詰石 | 径 0.05～0.15 m | 2.70<br>5.40<br>8.47 | m³<br>〃<br>〃 | H－100のとき<br>H－200 〃<br>I－300 〃 |
| エキスパンドメタル | | 8.38<br>16.76<br>25.98 | Kg<br>〃<br>〃 | H－100のとき<br>H－200 〃<br>I－300 〃 |

（注）エキスパンドメタルは一面張，m²当り 4.19 Kgの場合である。

鋼製枠土留工の材料標準使用量（１組当り）

| 構　造　高さ，1.5，2.0 m　法３分 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 材　料 | 形状・寸法 | 数　量 | 単位 | 摘　要 |
| 鋼製型枠<br>Lタイプ | 高さ×長さ×巾<br>1.5×2.0×0.8 m<br>2.0×2.0×1.0 m | <br>259<br>319 | <br>Kg<br>〃 | |
| 中詰石 | 径 0.05～0.15 m | 2.16<br>2.88 | m³<br>〃 | Lタイプ高さ 1.5 m<br>〃　〃　2.0 m |

## 2－6　水路工の設計

### 2－6－1　水路工の通水断面

水路工の通水断面は，集水区域の最大流量を安全に流し得る十分な大きさとすることが必要である。

流量の算定，通水断面の決定は，計算による。

なお，山腹斜面では安全率を５倍程度みこんで設計する。

集水区域は施工地内のみでなく，周辺の地形的条件等を考慮することが必要である。

水路断面の形状は，通常梯形および弧形のものが多い。一般に梯形水路は水量の多い個所に，弧形水路は水量の少ない個所に採用する。

2－6－2　水路工の位置，勾配，帯工及び水受など。

1）水路工の位置は，山腹の凹部など，最も効果的に集排水できる個所を選定する。
2）勾配は斜面全体を通じ，なるべく無理のない凹形になるよう設計する。ただし1スパンの間の勾配は一定にする。また，水路工を合流させるときは，その角度はスムースに合流するようにする。
3）水路工の長さが20mを超える場合は，その支保のため帯工等を設ける。
4）土留工，帯工などにより，その上，下部の水路工に落差が生ずる場合には，下部の水路工に受口を設ける。

(1)　水路工は，山腹工の完成後の斜面形状を想定し，最も合理的に集排水が可能な位置に設けなければならない。横断面形が平面的で，巾が広く，面積が大きいときは併列的に設け，凹状地形では最凹部分に幹線水路工を通し，これに支線水路工を設ける。

(2)　対象地の上部から脚部に至る全体的な水路勾配が，無理のない凹形になるよう設定しなければならない。

しかし，水路工の中途部分や，水路工と土留工の取付部分の勾配が急激に変ると，緩傾斜部分に土砂が堆積し水路の機能を失なう場合があるので1スパンの間は，一定の勾配にすることが必要である。このため水路工の勾配や方向の変換点には，土留工，帯工を設け，落差を付するようにする。この落差工は水の力を弱めて流下させる効果もある。

なお，水路工を合流させるときは，水が円滑に流入するよう取り付ける。この場合を含め曲流部では，遠心力による越流を防止するため，次の式により外縁部を高くする必要がある。

$$h = \frac{BV^2}{gr}$$

h ：上昇高 m
V ：流速 m/sec
B ：水路の上幅 m
r ：カーブの半径 m
g ：重力の加速度

(3)　水路工の長さが20mを超える場合は，地盤の沈下や越流によって破壊されないよう帯工等を設けること。

(4)　土留工，帯工等により落差ができるときは，流水を完全に受けるよう下部の水路工に受口を設ける必要がある。

水受の長さ（$\ell$）は下記による。