

I S S N 0386—5878

土木研究所資料第2814号

土 木 研 究 所 資 料

火 山 泥 流 監 視 シ ス テ ム

平成元年11月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

「Copyright ©(1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

Technical Memorandum
of P.W. R. I. No. 2814
Nov. 1989

Volcanic Mudflow Monitoring System

Sabo Division, Sabo Department
Head of Division : Takahisa MIZUYAMA
Visiting Researcher : Masayuki ONIISHI

Abstract

Composition and components of volcanic mudflow monitoring and warning systems are studied. Examples on Mount Tokachi, Sakurajima, Mount Merapi and Mount Nevad del Ruiz are introduced. This book can be used as a manual for volcanic mudflow monitoring systems.

Key Words : volcano, mudflow, watching, sensor, telemeter, transmitting

火山泥流監視システム

砂防研究室 室 長 水山 高久
部外研究員 鬼石 雅之

要 旨

火山泥流の発生を監視し、その情報を伝達するシステムの構成と装置について検討したもので、十勝岳、桜島、メラピ山、ネバド・デル・ルイス山の例を紹介しており、マニュアルとして使用できる。

キーワード：火山，泥流，監視，センサ，テレメータ，通報

目 次

1. 概要	
1. 1 はじめに	1
1. 2 火山泥流とは	1
2. システムの検討	
2. 1 監視システムの目的	2
2. 1. 1 目的達成のための方策	3
2. 1. 2 監視システムの具備すべき機能	3
2. 2 監視システムの概要	3
2. 2. 1 機能概要	3
2. 2. 2 システムの構成概要	6
2. 3 監視システムの機能	8
2. 3. 1 データおよび情報収集機能	8
2. 3. 2 処理・解析機能	10
2. 3. 3 情報伝達機能	10
2. 4 問題点および今後の検討課題	11
2. 4. 1 システム運用上の問題	11
2. 4. 2 システム構築上の問題	11
3. 装置紹介	
3. 1 テレメータ装置	13
3. 1. 1 基本構成	13
3. 1. 2 動作概要	14
3. 1. 3 データ収集	17
3. 2 センサ装置	18
3. 2. 1 ワイヤセンサ	18
3. 2. 2 光電式センサ	19
3. 2. 3 振動式センサ	19
3. 2. 4 マイクロ波センサ	19
3. 2. 5 空振検知センサ	19
3. 2. 6 水位計	23
3. 2. 7 積雪深計	23
3. 2. 8 雨量計	23

3. 2. 9	雨雪量計	24
3. 2. 10	レーダ雨量計	24
3. 2. 11	流速計	26
3. 3	マイコスシステム	26
3. 4	住民への通報装置	27
3. 4. 1	サイレン	27
3. 4. 2	拡声装置	27
3. 4. 3	回転灯	27
3. 4. 4	電話通報装置	27
3. 5	カメラ（夜間撮影可能機器）	28
3. 5. 1	超高感度カラーカメラ	28
3. 5. 2	超高感度モノクロカメラ	28
3. 5. 3	赤外線カメラ	28
3. 5. 4	赤外線スキャナ	29
3. 5. 5	レーダ	29
3. 5. 6	カラーカメラ+I, I	29
3. 5. 7	カメラ開発の動向	29
3. 6	ヘリコプタによる即時収集システム	29
3. 6. 1	ヘリコプタを使用するタイミング	29
3. 6. 2	ヘリコプタからの映像伝送システム	30
3. 6. 3	映像位置確認システム	31
4.	火山泥流監視システム（案）	
4. 1	小規模システムの例	31
4. 2	中規模システムの例	31
4. 3	大規模システムの例	32
5.	資料：監視システムの事例	
5. 1	十勝岳	34
5. 2	桜島	39
5. 3	メラピ	45
5. 4	ネバド・デル・ルイス	51

1. 概 要

1.1 はじめに

1988年12月、十勝岳が噴火し、火山泥流の発生が懸念される状況となった。そこで急ぎ監視システムが検討され導入された。それらは、時間的、予算的制約から、必ずしも理想的なものではなかったようにも思える。日本および世界の他の火山についても泥流発生の可能性のあるものは多い。監視システムの設置には、それなりの時間と経費がかかることから、それらの火山においては事前に、泥流監視システムを具体的に検討しておき、平常時にも利用できる基本的な設備や、設置に時間と手間のかかる（たとえば積雪期には作業できないような）設備については事前に設置しておくのが望ましい。

この資料は、火山泥流監視システムの概要、装置の動作などを解説し、いくつかの事例を紹介するものである。火山泥流監視システムを検討される際に利用して頂ければ幸いである。

1.2 火山泥流とは

火山泥流には、火山の噴火そのものが誘因となって発生する泥流と火山噴出物の堆積物が降雨などの他の誘引で発生する泥流に分けることができる。前者の例としては、コロンビアのネバド・デル・ルイス火山（昭和60年11月13日）や、十勝岳（大正15年5月24日）のように火山の噴火による氷河や積雪の融解により発生した泥流、さらには、昭和55年5月18日アメリカのセント・ヘレンズ火山のように火山の爆発で生じた山体崩壊によりひきおこされた泥流などがある。後者の例としては、現在でも活発な活動が続ける桜島で頻繁に発生する泥流や、昭和52年8月の有珠山の噴火後に頻繁に発生した泥流などが挙げられる。

両者の代表的な泥流について1洪水の総流出量およびピーク流量で比較すると表-1.1のようになる。なお各泥流の観測点・推定点は、セント・ヘレンズではタートル川とカウリッツ川との合流点直下流のキャッスル・ロック、ネバド・デル・ルイスはラグニジャ川のアルメロ扇状地への流入点、十勝岳は富良野川とピリカフラヌイ川との合流点、桜島は野尻川の野尻橋直上流の地点、有珠山は有珠川および牡警温泉川2の沢である。

表-1.1 火山泥流の例とその規模

火 山	総流出量 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	ピーク流量 (m^3/s)
セントヘレンズ	約 76,000	約 3,300
ネバド・デル・ルイス	約 43,300	約 29,000
十勝岳	約 13,300	約 1,300
桜島	約 100~300	約 100~500
有珠山（太有珠川）	約 4.00	約 100
有珠山（牡警温泉川）	約 4.10	約 57

表-1.1から、火山の噴火に伴い発生した場合の1洪水の泥流の規模が、降雨等の誘因で発生した場合に比べはるかに大きいことがわかる。すなわち、降雨により生じる泥流は、泥流を構成する土砂の材料特性、流域面積、降雨強度、降雨の継続時間等によって多少異なるが、オーダ的にはほぼ桜島で観測された値に近い数値（大きくとも総流出量で数十万 m^3 、ピーク流量で数百 m^3/s ）をとり、火山の噴火に伴い生じる泥流はその10~1000倍大きな値をとる。

降雨により生じる程度の泥流の流動はダイラタント流体としての挙動を示すことが多く、まれに泥流の規模が小さく微細粒子を多く含むような場合はビンガム流体としての挙動を示す。火山の噴火に伴い発生する泥流では、その規模が大きく、マニング則がよく現象を説明し、乱流としての性質を持っているようである。

このように、火山地帯において発生する泥流はその発生の誘因・規模によって流動機構が大きく異なり、対象とする現象毎に予測・推定のためのモデルを構築する必要がある。火山泥流の発生誘因ごとに過去の泥流について整理すると図-1.1に示すように分類される。すなわち、火山の噴火・爆発にともない発生する1次火山泥流としては、① 噴火・爆発時の山体崩壊あるいは火砕流に河川等から大量の水が供給されることにより泥流化する場合。② 火口湖の決壊あるいは湖水のオーバーフローによる急激な給水で火山噴出物と混合し、さらにその堆積層が侵食されることにより泥流化する場合。③ 高温の火山噴出物が積雪・氷河を融解して泥流となる場合がある。また、火山噴出物堆積層の噴火以外の誘因による2次火山泥流は、主に降雨による泥流と、火砕流などの堆積層（特に天然ダム）の流動化（天然ダムの決壊）による泥流とに分けられる。

これら火山泥流は、固体粒子である土砂を高濃度を含み、土砂（固相）と水（液相）が一体となって流下するという共通の特徴を持っており、固・液混相流としての取扱が可能である。

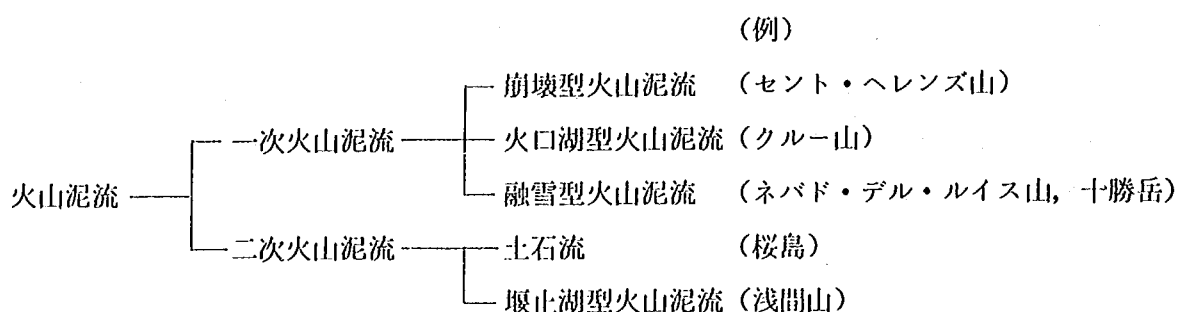


図-1.1 火山泥流の分類

2. システムの検討

2.1 監視システムの目的

噴火に伴う融雪を誘因とする火山泥流を監視し警戒、避難のための情報を得てその情報を伝達することにより安全を確保することを目的とする。

2. 1. 1 目的達成のための方策

- (1) 火山泥流はすべていつでも確実に検知し、その形態、経路、規模、流量、速度を計測する。
- (2) 24時間～3時間以前の前兆現象を捉え噴火を予知する。
- (3) 火山泥流の形態、経路、規模、流量、速度を予測する。
- (4) 情報化を図り砂防工事従事者に警報を発する。
- (5) 情報を関係機関に伝達する。

2. 1. 2 監視システムの具備すべき機能

泥流監視システムの具備すべき機能をまとめると図-2. 1のようになる。

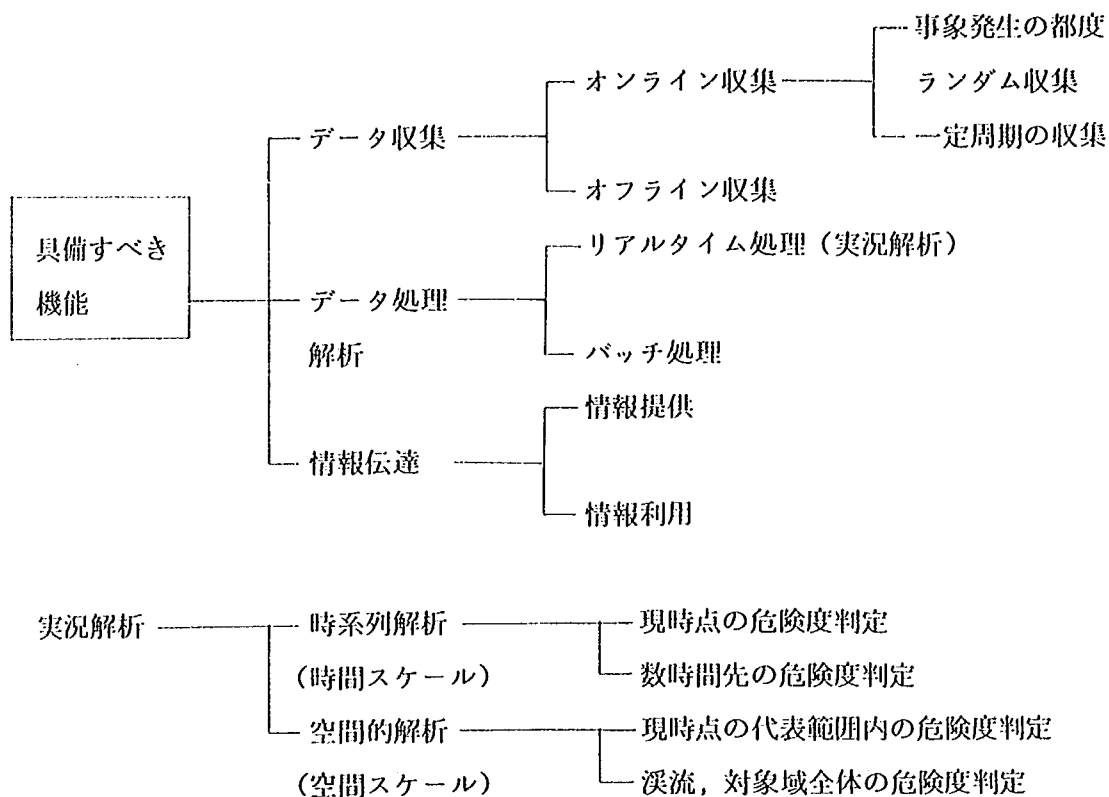


図-2. 1 泥流監視システムの具備すべき機能

2. 2 監視システムの概要

2. 2. 1 機能概要

警戒・避難に必要な情報は、時間および空間に関する情報によって構成される。時間に関する情報は、警戒避難体制における情報の時系列上の利用形態から次の各段階に分かれる。

- (1) 事前の段階 : 予備報 (Pre-event Warning)
- (2) 泥流発生の段階 : 避難警報 (Event Warning)
- (3) 事後の段階 : 警報 (Post-event Warning)

監視システムでは以上の各段階毎に的確な情報を収集し、伝達しなければならない。

空間に関する情報は

- (1) 噴火口および泥流発生渓流の位置
- (2) 火山泥流の流動経路と規模
- (3) 火山泥流の氾濫，堆積場所と規模

である。監視システムではこれら時間，空間に関する情報を収集，伝達するために次の基本機能を具備する必要がある。

- (1) データおよび関連情報の収集機能
- (2) 収集されたデータを加工するための処理，解析機能
- (3) 処理・解析した結果を伝達するための情報伝達機能

時系列の利用形態と本システムの機能の関係を図-2.2に示す。

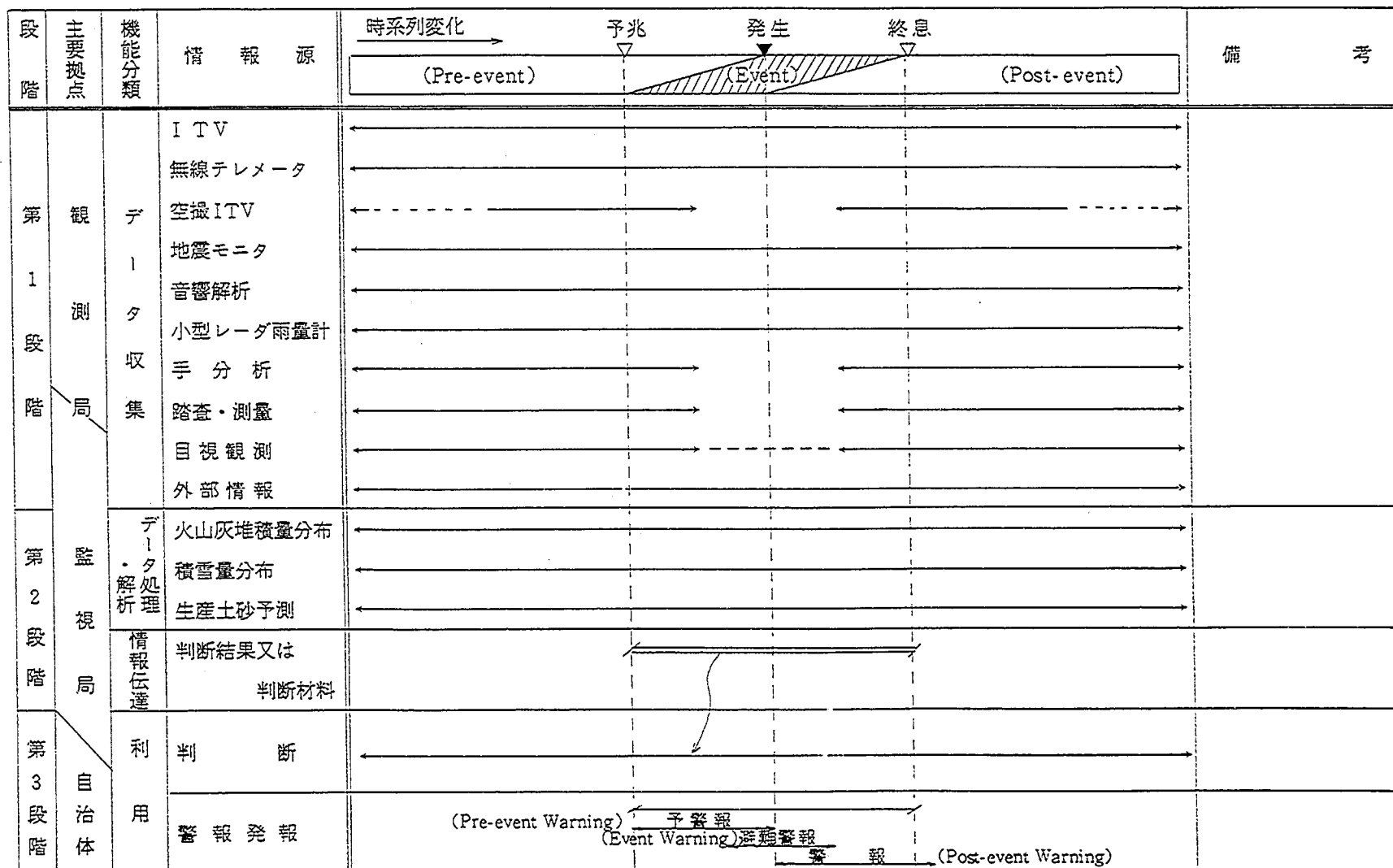


図-2.2 火山泥流監視システム機能分担図

2. 2. 2 システムの構成概要

監視システムは、機能別に分割された階層化構造を持つシステム構造とし次の各系によって構成される。

(1) データ収集系

フィールドに展開されたデータ収集を目的とした観測局群および、これらのデータを統括して収める火山泥流監視局により構成される。

(2) データ処理系

収集したデータを処理・解析する火山泥流監視局により構成される。

以上の構成および系統を図-2. 3に示す。また、システムモデルの例を図-2. 4に示す

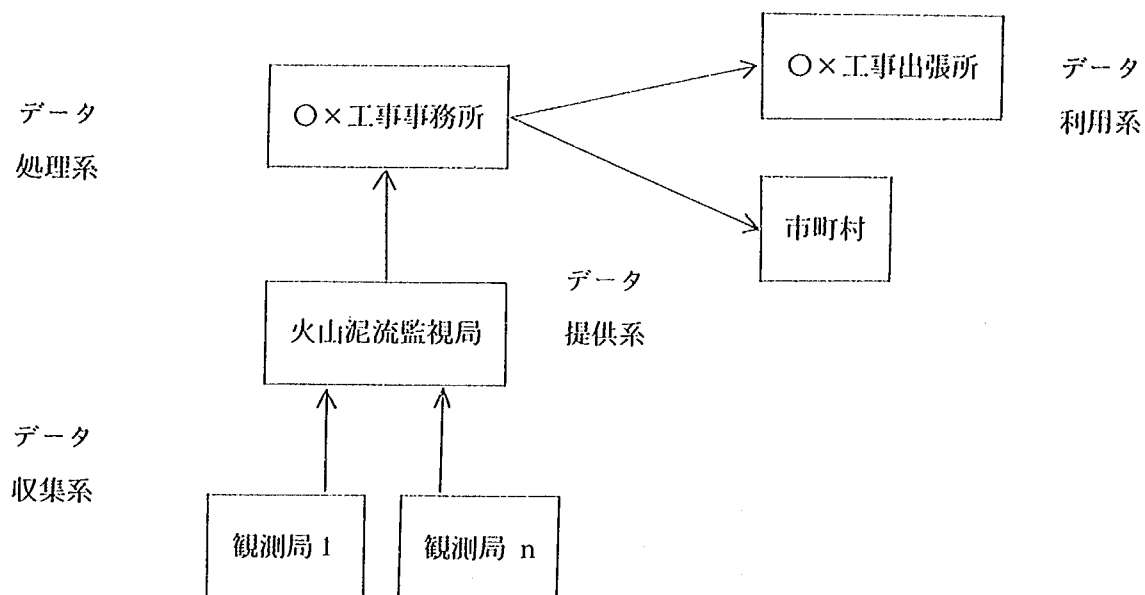


図-2. 3 システム構成図

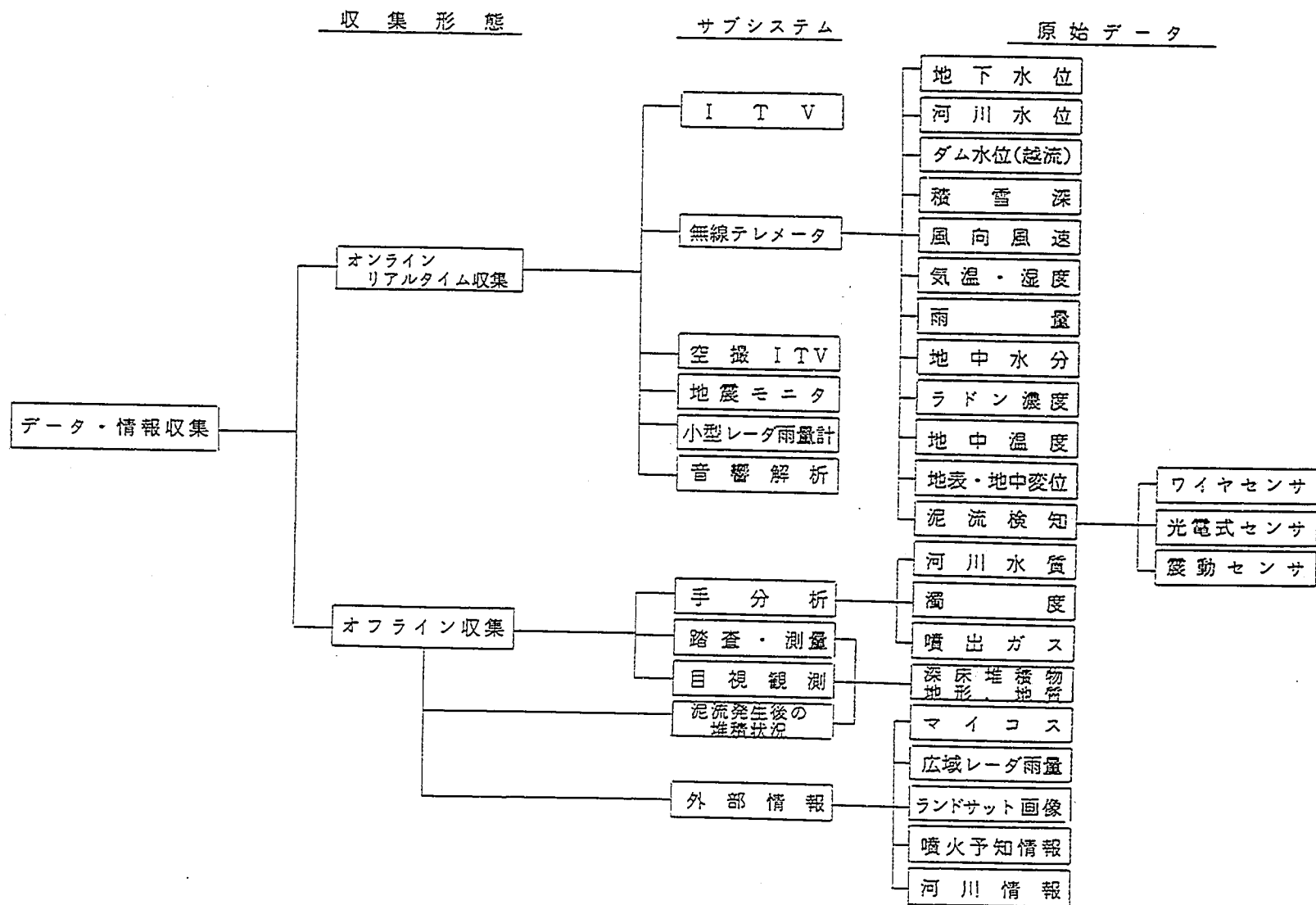


図-2.4 火山泥流監視システム系統図

2. 3 監視システムの機能

2. 3. 1 データおよび情報収集機能

監視システムにおいて収集すべきデータおよび関連情報は次のとおりである。

- (1) 火山活動状況把握のためのデータ・関連情報
- (2) 火山泥流発生予測のためのデータ・関連情報
- (3) 火山泥流発生状況把握のためのデータ・関連情報
- (4) 火山泥流氾濫・堆積状況把握のためのデータ・関連情報
- (5) 災害発生状況把握のためのデータ・関連情報

これらの情報は、利用形態から①実況性が求められる情報と②実況性よりもむしろ正確性が求められる情報に大別される。実況性が求められるデータ・情報収集はオンライン化されたリアルタイムの収集でなければならない。また実況性よりも正確性が求められるデータ・情報収集機能はオンラインまたはオフラインの収集が必要となる。従って監視システムのデータ・情報収集機能は、オンラインリアルタイム系の収集機能とオフライン系の収集機能を同時に保有する必要がある。以上の各系はデータの量および質の観点からそれぞれいくつかのサブシステムに分かれる。

本システムのデータ・情報収集系の構成図を図-2. 5に示す。

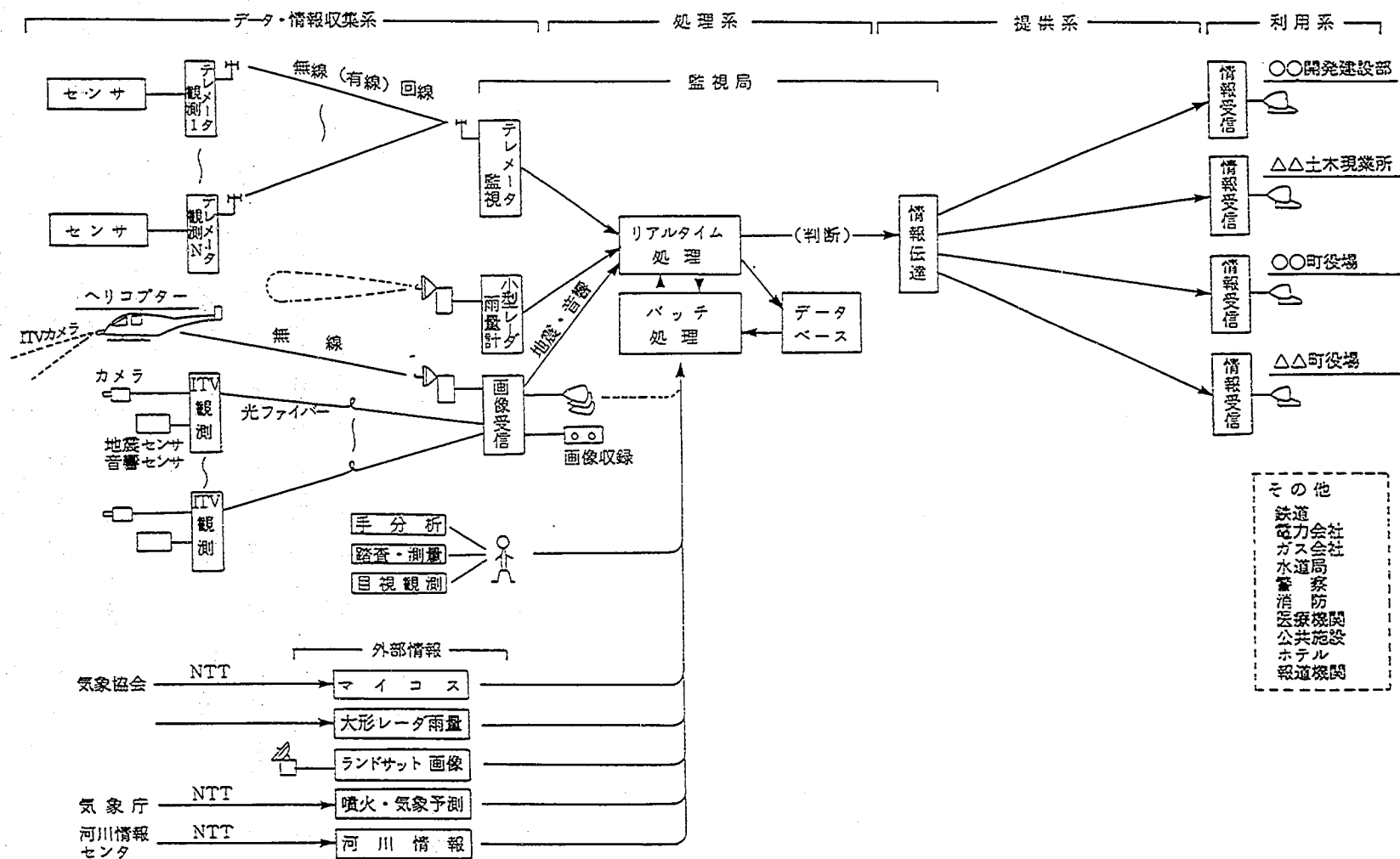


図-2.5 データ・情報収集系構成図

2. 3. 2 処理・解析機能

データの処理および解析はデータ収集系の入力形態に対応してリアルタイム処理とバッチ処理に大別される。

(1) リアルタイム処理

リアルタイムで処理する内容は次のとおりとする。

- ① 泥流発生検知
- ② 火山活動指標の時系列処理
- ③ 関連データの外挿入力処理
- ④ 泥流発生危険度判定

(2) バッチ処理

- ① オフライン収集による諸データ処理
- ② 関連情報の外挿入力処理
- ③ 各種統計処理
- ④ 火山灰堆積量分布
- ⑤ 積雪量分布
- ⑥ 生産土砂量予測

(3) データベース

- ① 泥流発生履歴
- ② 泥流特性データ
- ③ 火山活動関連データ

2. 3. 3 情報伝達機能

(1) 伝達すべき情報の質と量

情報伝達機能は伝達すべき情報の質、量によって異なる。

情報の質は、警戒・避難に必要な判断材料であるか判断結果であるかによって決定される。また情報の量は情報の質的相違によって従属的に決定され、情報提供系と利用系の間には次の関係がある。従って判断主体および情報の質について検討しなければならない。

情報の質	判断主体		情報量	備考
	提供系	利用系		
判断材料	○	◎	比較的多くなる	◎：主体的判断
判断結果	◎	○	比較的少ない	○：補助的判断

(2) 情報の伝達方式

伝達される情報は表現形式によって定量化情報と定性的情報に大別される。定量化情報は主として数値・文字情報であり、定性的情報はI T V等による画像情報である。

① 定量化情報の伝達方式

次の3方式がある。

- a) データ伝送
- b) 画面伝送
- c) ダウンロード方式による画面伝送

② 定性的情報

次の3方式がある。

- a) 動画伝送
- b) 準動画伝送
- c) 静止画伝送

③ 情報の伝達のタイミング

情報伝達のタイミングとは、

- a) いつ伝達するか
- b) どの程度の頻度（周期）で伝達するか

ということであり情報の伝送路の問題を含め検討が必要である。伝達される情報の性格上火山活動が静穏状態では需要が少なく、活発化するに従って需要が増大しかつ輻輳する傾向がある。従ってこのれら特殊性に対応可能な伝送形態を定めておく必要があり、次の2方式がある。

a) リクエスト方式

利用系からの要求により提供系が情報を任意時刻に伝達する。

b) 一定間隔方式

提供系で情報の処理が終了した都度、一定間隔で伝達する。

2. 4 問題点および今後の検討課題

2. 4. 1 システム運用上の問題

(1) 火山泥流発生危険度判定の検討

提供系と利用系のいずれを主体とするか明確にしておく必要がある。

(2) 危険度判定基準の策定

危険度判定に必要な指標の決定と共に判定基準を策定する必要がある。

(3) 警戒・避難体制の確立

2. 4. 2 システム構築上の問題

(1) 環境条件

① 周囲温度（低温）の対策

観測装置を構成する電子部品の動作温度は、一般に $-10\sim+50^{\circ}\text{C}$ 程度でありそれ以上低温にならないようにしなければならない。

② 積雪および着氷対策

③ 火山噴出物落下の対策

(2) 電源

① 商用電源の布設

② 電力自給システムの検討

(3) システムの信頼性設計および設計基準の検討

(4) データ・情報収集

① 光ファイバケーブル布設方法の検討

② 光ファイバケーブルのバックアップ手段の検討

③ 時間および空間サンプリングスケールの検討

a) 連続計測と隔測

b) 各局の置局計画

c) センサ数

④ センサの所要精度の検討

⑤ 無線周波数割当

a) テレメータ用

b) データおよび情報伝送用

c) 移動体通信用（ヘリコプタ）

d) 小型レーダ雨量計用

(5) データ処理・解析

① 泥流量予測手法の検討

a) 火山灰堆積量分布

b) 積雪量分布

c) 生産土砂量および流動経路の予測

② 氾濫・堆積域予測手法の検討

③ 溪床堆積物の定量的評価方法の検討

④ 泥流発生危険度指標の検討

(6) 情報伝達

① 伝達方式の検討

a) 定量化データ

b) 定性的データ

c) 伝達のタイミング

② 伝達内容の検討

(7) 計測項目とセンサの関係

① 計測対象項目の検討

② その項目と対応するセンサの検討

③ 既存センサで対応できない場合のセンサの開発

④ 画像処理によるイメージセンサの位置づけ

(8) メンテナンス対策

① 低温対策とメンテナビリティのバランスの検討

② メンテナンス周期, 内容および費用の検討

2. 4. 3 経済性の問題

(1) 導入に際しての年次計画策定

(2) 各種方式の比較検討

(3) バックアップ方式の検討

3. 装置紹介

3.1 テレメータ装置

3.1.1 基本構成¹⁾

火山泥流監視テレメータシステムの基本構成は、図-3.1に示すようになる。1システム当りの観測局数は、1監視局当り、最大16局までである。データは、災害時や異常気象時にも安定に収集する必要があるため、伝送路は無線によることを原則としている。電波伝ばん上必要に応じ、途中に中継局を設ける場合がある。また、監視局以外の地点でデータを必要とする場合は、傍受局を設けることにより、監視局と同等のデータ受信が可能となる。この場合、傍受局には、テレメータ用無線回線、多重回線、または有線回線等を使用して、データを送ることができる。

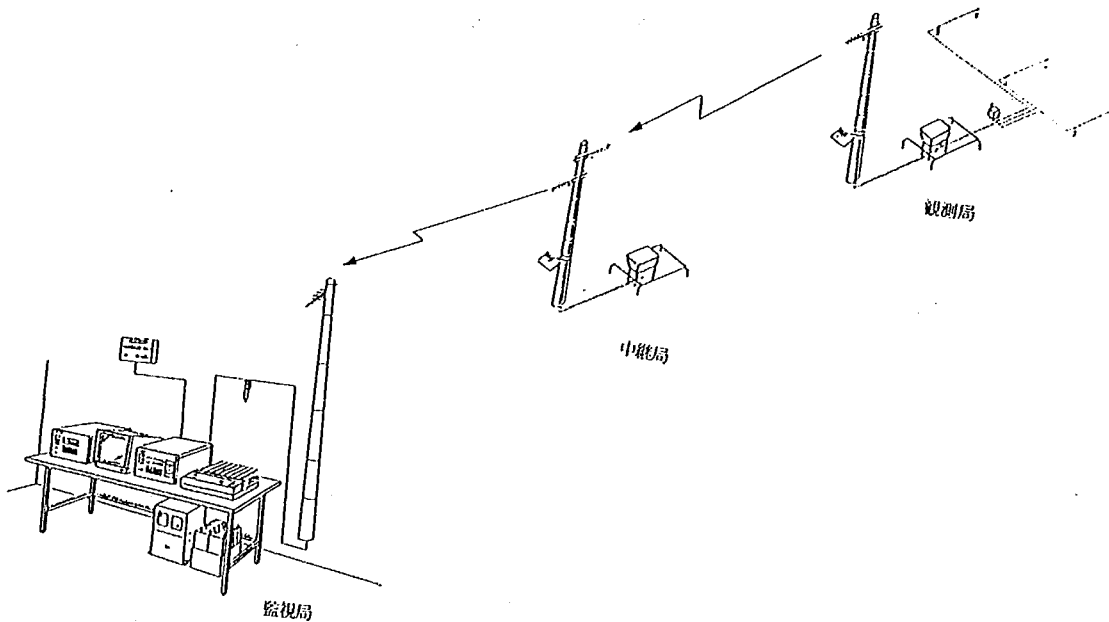


図-3.1 火山泥流監視システム基本構成例

3. 1. 2 動作概要

(1) 観測局

観測局装置は、観測局での電源設備を簡単にするため省電力型で設計されている。即ち観測局では常時は待ち受け状態にあり受信機およびセンサ出力検出回路以外の電源をすべて断にしておく。電源は電波を受信したときおよびセンサからの信号を検知したときのみ投入される。電波を受信したときは監視局からの自局に対する呼出信号であるかを判断しその場合にはセンサからの出力を読み取り符号化してそのデータを監視局に返送する。自動立ち上がり方式の場合はセンサからの信号を検知したときにセンサからの出力を読み取り、符号化して監視局に送信する。火山泥流観測装置の代表的構成を次に示す。

主要機器構成

- a) 観測装置
- b) 無線送信装置（観測装置に内蔵）
- c) センサ装置
- d) 空中線装置（同軸避雷器付）
- e) 電源装置

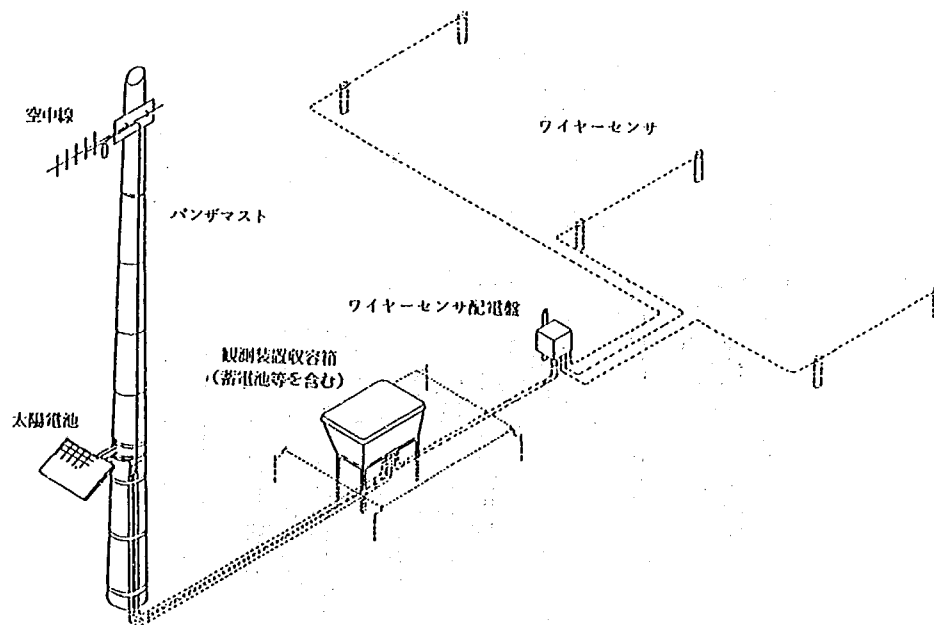


図-3.2 観測局構成図（例）

(2) 監視局

監視局では、観測局からの返送信号を復調してパルス符号に変換し、センサからのデータおよび観測局の状態（電源電圧異常、センサ異常、保守中など）をプリンタに印字記録を行い、異常発生の際はブザー・表示器で警報を発する。

監視局装置の代表的構成を次に示す。

主要構成機器

- a) 監視装置
- b) 無線受信装置（監視装置に内蔵）
- c) プリンタ
- d) C R T 表示器
- e) 電話応答通報装置
- f) 空中線装置（同軸避雷器付）
- g) 電源装置

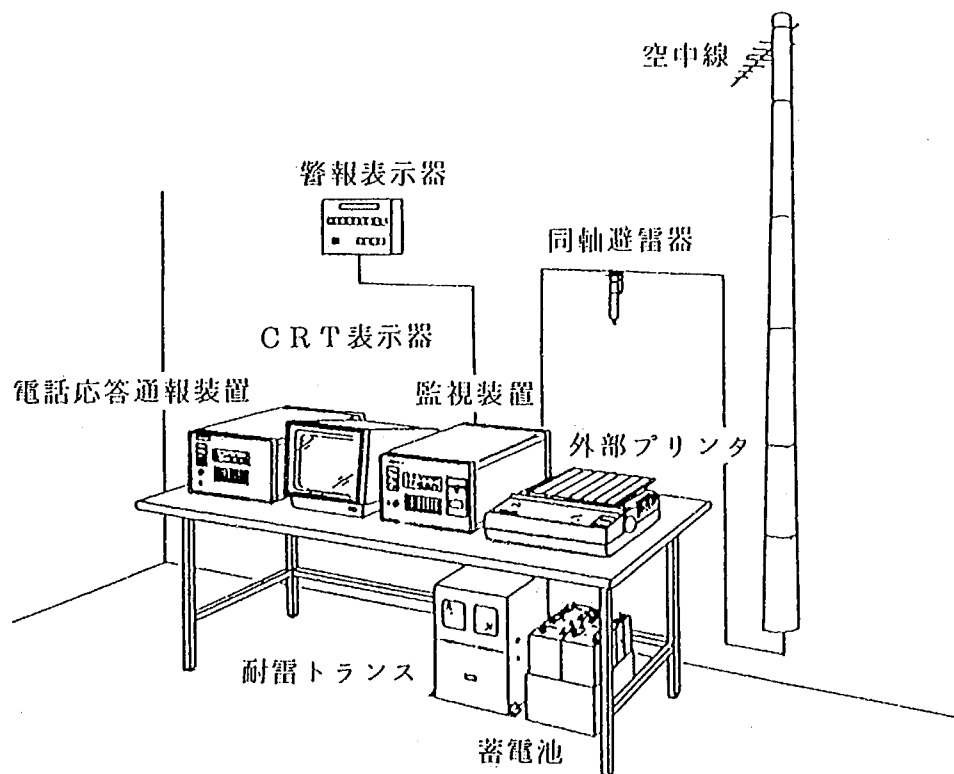


図-3.3 監視局構成図（例）

(3) 中継局

一般に火山泥流監視テレメータは火山の山腹に観測局を設置するため地形的な影響により電波伝搬上、監視局と観測局との間に直接無線回線を構成することが困難な場合がある。

中継局装置はこのような電波障害を克服し、監視局観測局間の信号の受渡しを確実にするものである。中継局装置の代表的構成を次に示す。

- a) 中継装置
- b) 無線装置（中継装置に実装）
- c) 空中線装置（送信用受信用各1，同軸避雷器付）
- d) 電源装置

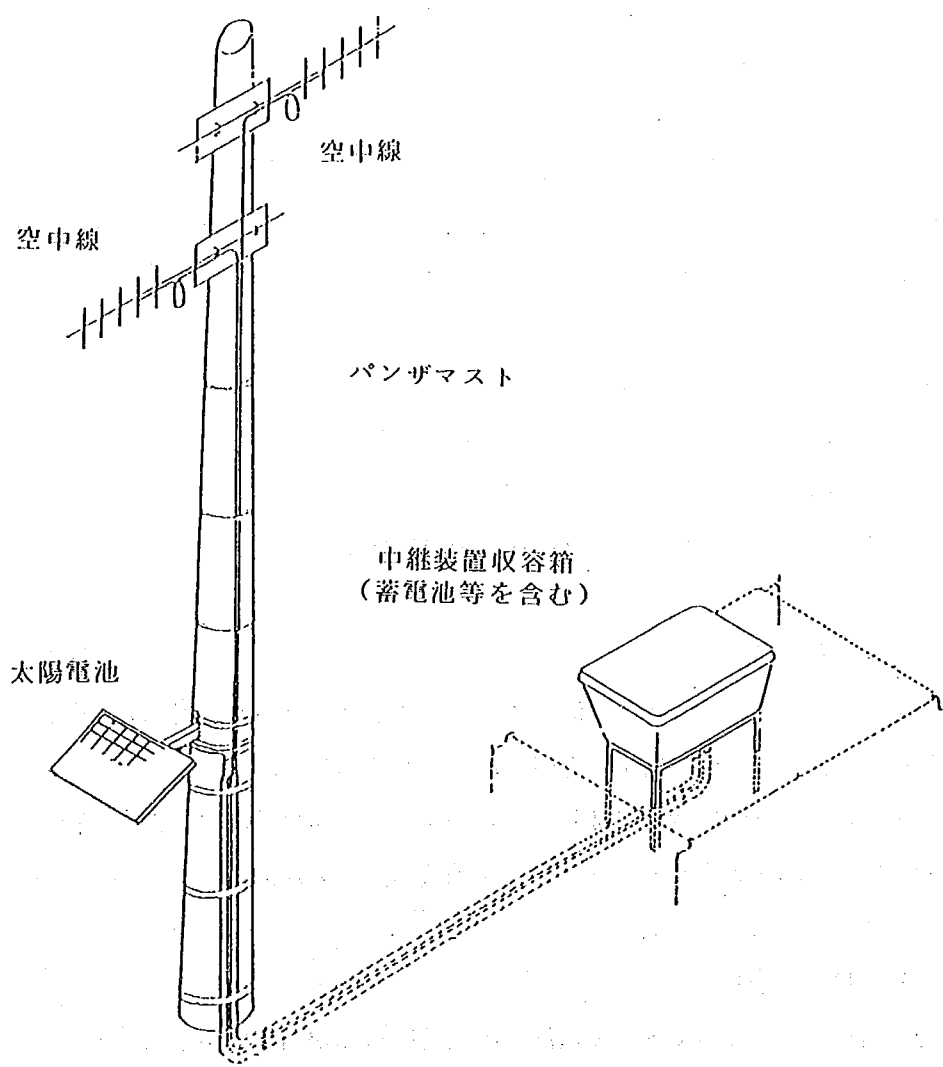


図-3.4 中継局構成図（例）

3. 1. 3 データ収集³⁾

(1) ポーリング方式

原則的には一つの監視局と複数の観測局で構成され、監視局は観測局に向けて呼出信号を送出し、観測局は呼び出しに応じてデータを送り返す方式で、建設省の雨量・水位観測システムに多用されている。観測局は常に監視局からの呼出信号を受信できるように、いつでも受信状態にある。

ポーリング方式の特徴を次に示す。(◎：利点，×：欠点)

- ① 呼出間隔や呼出順序の変更の自由度がある。(◎)
- ② 監視局と観測局間の通信ができ、故障発見が容易である。(◎)
- ③ 観測局が多いと呼出のための時間がかかり、収集時間が長くなる。(×)
- ④ 最初に呼び出した観測局と最後の局ではデータに時間差が出る。(×)
- ⑤ 常時、ある程度の電力を消費するので乾電池動作は困難である。(×)
- ⑥ 送信競合がない。(◎)

(2) 自動立ち上がり方式(その1)

観測局でイベントが発生したとき(泥流観測ではワイヤセンサが切断したとき、または振動センサが振動を検出したとき)に、自動的にデータを返送する方式であるがこの方式は、監視局からの呼出がないので観測局に受信部を必要とせず、ポーリング方式に比べて安価である。

特徴を次に示す。(◎：利点，×：欠点)

- ① 事象発生を即時送信できる。(◎)
- ② 観測局の消費電力を軽減でき、乾電池での長時間稼働が可能である。(◎)
- ③ 監視局と観測局間のメンテナンス通話ができない。(×)
- ④ 確率的に送信競合が起こり、データエラーの可能性がある。(×)
- ⑤ 価格が安い。(◎)

(3) 自動立ち上がり方式(その2)

時刻管理機能を持つ観測局に、送信可能な時間帯と送信すべき時刻を指示しておき、観測局でイベントを検出したとき、あるいは送信すべき時刻になったら自動的に送信する方式である。観測局は送信終了後わずかな時間だけ受信状態になり、監視局からの次の送信すべき時刻指示を受ける。通常(待ち受け時)は受信部が動作していないので、消費電力を大幅に減らすことができる。

特徴を次に示す。(◎：利点，×：欠点)

- ① (2)の①に同じ。(◎)
- ② 観測局の消費電力を軽減でき、乾電池での長時間稼働が可能である。(◎)
- ③ 各観測局間のデータの時間差をなくすることができる。(◎)
- ④ 監視局と観測局間のメンテナンス通話ができ故障発見が容易である。(◎)
- ⑤ データ収集間隔に自由度がある。(◎)
- ⑥ 送信競合がない。(◎)

- ⑦ 回線制御方法が複雑である。(×)
- ⑧ 価格が高い。(×)

3. 2 火山泥流観測監視センサ

センサには泥流の発生を検知するのが目的のものと、火山活動の前兆現象を捉えて噴火を事前に察知するのが目的のものがある。前者は、ワイヤセンサ、光電式センサ、振動センサ、マイクロ波センサ等がそれであるが現在特に火山泥流用のセンサはなく土石流用を流用している。また、後者は空振検知センサがあげられる。表-3. 5にセンサの原理図を、また表-3. 1にセンサの特徴を示す。

3. 2. 1 ワイヤセンサ⁴⁾

この方式は、泥流の通過予定路を横断するようにワイヤを張り、ワイヤには常時電流を流しておき、これを泥流が切断して電流が遮断されるのを検出するものである。設置が容易で比較的確実に泥流の発生を検知できるが、ワイヤが切断した場合は再度張りなおさなければならないため、連続して流下する泥流は検知することができない。また常時ある程度の電力を消費するので、商用電源あるいは太陽電池電源設備を必要とする。

3. 2. 2 光電式センサ⁴⁾

この方式は、泥流の横断方向に一定の高さで常に光線を通じておき、その光線を泥流がさえぎることにより検知するシステムである。非接触方式のため泥流流出ごとの補修が不要で、連続して流下する泥流も検知することができる。

3. 2. 3 振動式センサ⁴⁾

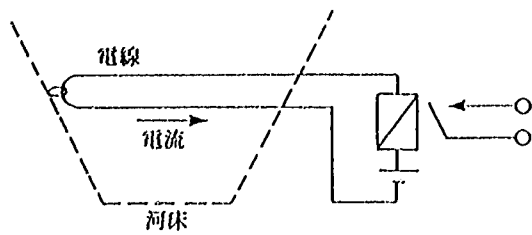
この方式は振動計（加速度センサ）が泥流による地面の振動をとらえ、そのレベルが予め設定した値以上になると警報を発する方式である。現在のところ泥流による振動とそれ以外の振動（地震、火山活動、自動車などの人工振動）の区別が困難であるので、今後周波数スペクトラム等の違いを解明するなど、精度の向上が望まれる。

3. 2. 4 マイクロ波センサ⁴⁾

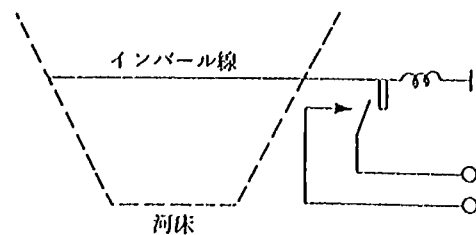
現在研究中のもので、マイクロ波送受信機を設置し、泥流の移動をドップラ効果を利用して検知しようとするものである。測定は非接触でおこなえ、泥流の移動速度もあわせて検出できるので現象の解明にも有用であり実用化が期待される。

3. 2. 5 空振検知センサ

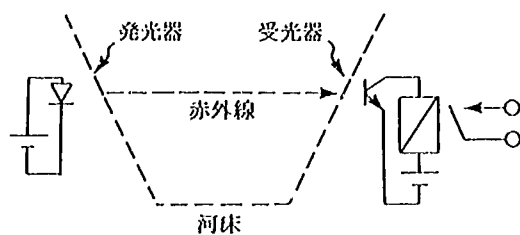
火山活動が活発になって来ると、人間には聞こえない低周波の音が発せられることが知られており、それをとらえて噴火の予知をしようとするものである。



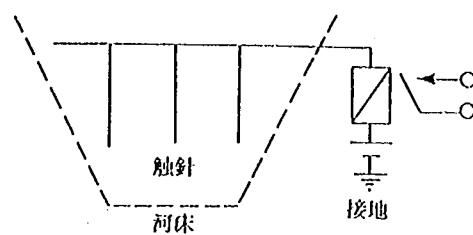
A図 ワイヤセンサ



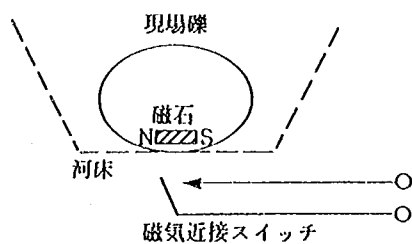
B図 インバールセンサ



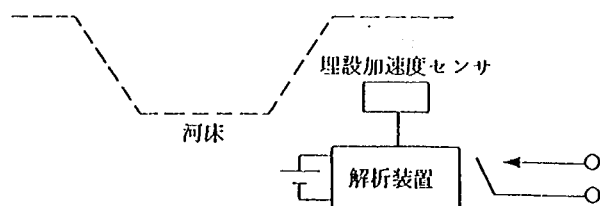
C図 光電式センサ



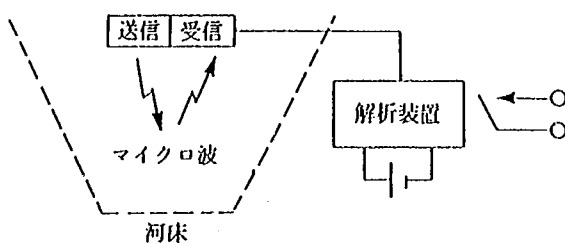
D図 接触式センサ



E図 礫移動式センサ



F図 振動計式センサ



G図 マイクロ波センサ

凡例

—|— : 電池 (電源)

↖ : 接点による検知出力

図-3.5 土石流センサ原理図

表-3.1 火山泥流検知センサー一覧表

監視形態 計測方式 比較諸元	局 部 監 視			広 域 監 視				備 考
	ワイヤセンサ	光 電 セ ン サ	振 動 セ ン サ	熱 赤 外 線 カ メ ラ 画 像	空 撮 画 像 (カラー、熱赤外)	リ モ ー ト セ ン シ ン グ		
						ランドサット画像	高 高 度 空 撮 画 像	
1. 測 定 原 理	横断方向に展張した 検知線の切断を検知	横断方向に照射した 光線の遮断を検知	泥流が流下する時の 振動を検知	放熱体の温度分布を面 的に測定	同左 および コントラストによる 画像識別	同 左	同 左	
2. 特 徴								
(1) 長 所	直接検知が可能 最も簡便	繰返し検知可能 (非接触)	同 左	非接触、広域監視	同 左	同 左	同 左	
(2) 短 所	後続流の検知不可 検知線の張替え要 他の原因による切断有 り	光学系の保守要 他の原因による遮断有 り	他の振動による検知 あり	固定焦点	長時間の定点監視は 不可能	分解能 30m 常時監視不可	実況性、高分解能	
3. 検知機能								
(1) 分 解 能	センサの設置間隔によ る	同 左	同 左	焦点距離、画角、カメ ラ設置台数による	焦点距離、画角による	約 3 0 m	ランドサットに比べ高分 解能となる	
(2) 実 況 性	即 時	即 時	即 時	即 時	即 時	な し	即 時	
(3) 検知情報収集周期	事象発生時&定時	同 左	同 左	常 時	不定期（事象発生時）	16日、18日に1回	常 時	
4. 動態監視項目								
(1) 先端部の現在位置	推定可能（センサの設 置間隔による）	同 左（同 左）	不 可	特 定 可 能	同 左	同 左（分解能による）	特 定 可 能	
(2) 流 速	推定可能	同 左	不 可	時系列画像処理により 可能	同 左	不 可	時系列画像処理により 可能	
(3) 流 量	推定可能	推 定 可 能	不 可	推 定 可 能	同 左	同 左（実況性なし）	推 定 可 能	
5. 技術開発状況	既 存	既 存	既 存	既 存	既 存	既 存	実用化は 6～7 年後	

3. 2. 6 水位計

水位計は、泥流が通過するであろう溪流に設置し、それを常時監視することによって泥流の波高および発生開始、終了などを知ることができる。

水位計には、次のような種類がある。

(1) フロート式水位計

フロート（浮き）式水位計は、水位測定用井戸内の水位の変化を機械的に伝えるものでフロート、玉付きワイヤ、カウンタウェートおよび水位符号発生部（A/D変換器）が組み合わされたものである。

フロート式水位計は単純な構造で水位の測定には電力が不要であるが、水位測定用の井戸を設置しなければならない。河川およびダムの水位を計測するのに向いているが泥流や土石流の水位を測るのには向かない。

(2) 音波式水位計

細長いパイプ（音波管）の一端を水のなかに沈め、管の上部から音波パルスを発し、管内の水面に当たって返って来る時間で水位を計測する。工事は比較的大変である。電源が必要である。河川の水位を計測するのに向いているが泥流や土石流の水位を測るのには向かない。

(3) 超音波式水位計⁶⁾

超音波送受波器を河川水面の鉛直上方に水面を向けて取り付け超音波パルスを発射し、その超音波が、水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水面と超音波送受波器との距離を計測することができる。予め、送受波器と河床との距離を設定し、設定値と計測距離との差をとることにより、水位を求めることができる。電源が必要である。非接触型であり、音波管が不要であるため泥流や土石流の波高を測るのに向いている。

(4) 水圧式水位計（圧力式水位計）

センサを河床に沈めその水圧で水位を計測する。工事は比較的簡単である。電源が必要である。河川の水位を計測するのに向いている。泥流や土石流の波高を測るのには向かない。

3. 2. 7 超音波式積雪深計

火山の山腹に積もった雪の量を把握するために積雪深を計測するためのもので、この積雪深計は超音波を積雪面に対して発射し、その反射時間を測定して積雪深を知るものである。超音波式水位計と原理は同じである。

3. 2. 8 雨量計

雨量計は転倒ます形雨量計がよく使用される。転倒ます形雨量計は口径200mmφの受水口より雨を導き、降雨により転倒ますを動作させ、降雨量1mmごとまたは0.5mmごとに雨量パルス信号を出力する。また伝送路に光ファイバを使用した光雨量計があり誘雷の多いところには有効である。いずれの雨量計も電源を必要としない。

3. 2. 9 雨雪量計

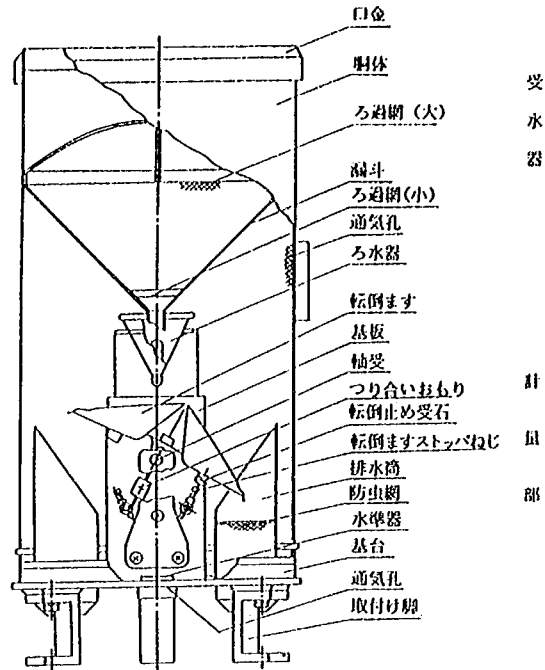
雨量計に凍結防止用のヒータを組み込んだものが雨雪量計である。ヒータ用の商用電源が必要である。

3. 2. 10 レーダ雨量計³⁾

レーダ雨量計の原理は、アンテナから電波を発射し、空中の雨滴にあたって反射（後方散乱）してくる電波を受信して、受信電力の強さおよび送信から受信までの時間を測定して雨滴の量を測り、降雨量をコンピュータ処理によってデジタルデータとして表示するものである。

(1) レーダ雨量計の利点

- ① 地上雨量計では点でしかとらえられなかった雨量が、面でとらえられるようになる。
- ② 地上雨量計では測定が困難だった降灰地区での降雨測定が可能になる。
- ③ 地上雨量計の設置が困難だった急な山岳地帯や海上での降雨測定が可能になる。
- ④ 降灰量の測定に応用できる可能性がある。



備考 この図は、単に名称を示すものであって、設計の詳細を示すものではない。

図-3.6 転倒ます雨量計の構造 (JIS B-7309から転載)

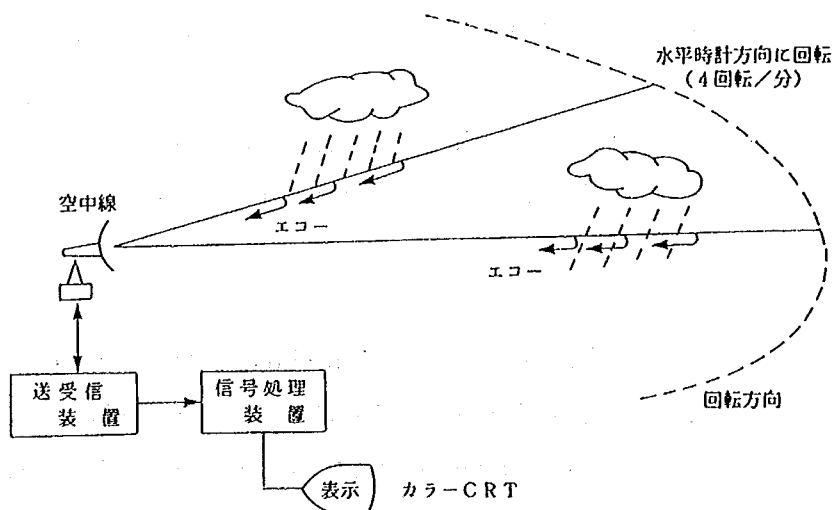


図 3.7 レーダ雨量計概念図

- ⑤ 平面的な降雨量の測定だけでなく、雨滴の垂直分布や移動方向を測定する技術が開発されつつあり、降雨予測への応用はもちろんのこと、まったく新しい応用の可能性を持っている。

(2) 問題点

- ① 砂防対象地域の面積が測定メッシュより小さいことが多い。
- ② 降雨域が測定メッシュより小さいことがある。
- ③ 山岳地帯ではレーダの電波が山にじゃまされるため不感帯を生じることがある。
- ④ 山の障害を避けるために、ある程度上空の雨滴を測定しようとするすると、正確な地上雨量の測定が困難である。

これらの問題点は建設省や気象庁などで設置しているレーダ雨量計が半径100～200km広範囲を測定しようとするために起こる不都合であり、対象面積を限定すれば、より高い精度を期待できる。そこで、より小型かつ安価で容易に設置できるような小型レーダ雨量計が開発されている。

(3) 小型レーダ雨量計の利点

- ① 大型レーダ雨量計では影になる山間部での測定精度が向上する。
- ② 大型レーダ雨量計より低高度の空間雨滴を測定できるので、比較的地上雨量に近いデータを得られる。

表-3. 2 小型レーダ雨量計と大型レーダ雨量計の機能比較表

項 目	小型レーダ雨量計	大型レーダ雨量計
1. レーダ仕様		
(1) 周波数	9 GHz	5 GHz
(2) 波 長	約 3 cm	約 6 cm
(3) 送信電力	40kw	250kw
(4) パルス幅	1 μ s	2 μ s
(5) 繰り返し周波数	750pps	260pps
2. アンテナ仕様		
(1) 回転数	4 R P M	5 R P M
(2) ビーム幅	< 2 度	< 1.5度
(3) 利 得	>37 dB	>42 dB
(4) 仰 角	0 ~ 40度 (半固定)	0 度前後
3. 処理仕様		
(1) 収集範囲	東西80km×南北60km	半径 120km (定量) 半径 198km (定性)
(2) 処理メッシュ数	64000 (320×200)個	12544 個
(3) 処理メッシュ大きさ	東西250m×南北300m	約 3 km× 3 km
(4) 表示メッシュ数	4000 (80×50) 個	5120個
(5) 表示メッシュ 大きさ	拡大 東西250m×南北300m 標準 東西500m×南北600m 全体 東西 1 km×南北1.2km	約 3 km× 3 km
(6) データ平均時間	5 分	5 分
(7) クラッタ消去	MT I (ソフト処理)	MT I (ハード処理)
4. その他		
(1) 価 格	安価 (大型との比較)	高価 (小型との比較)
(2) 寸 法	小 (大型との比較)	大 (小型との比較)
(3) 消費電力	小 (大型との比較)	大 (小型との比較)

備考1. 小型レーダ雨量計の機能・仕様はメーカーのカatalogを参考にした。

2. 大型レーダ雨量計については、土木研究所報告第167号（石崎他著，建設省土木研究所1986年1月発行）を参考にした。

3. メーカーや機種の違いによって機能・仕様に多少の相違がある項目は代表値を記入した。

3. 2. 11 流速計⁶⁾

流速計には多種多様な機種があるが，一般的に使用されているのは回転式と呼ばれるもので水車を水中に沈めてその回転数から流速を知るものであるため，泥流や土石流等土砂を含む流速を測定するのには向かない。そのため流れに対して非接触で流速を測る電波流速計が開発された。この電波流速計は流水表面に一定角度の方向で極超短波ビームを発射し，その反射をとらえてドップラ効果により流速を知る方法である。

3. 3 マイコスシステム³⁾

火山周辺の広域的な気象情報があらかじめわかれば，泥流対策も余裕をもってあたることができる。その気象情報を提供してくれるのが以下に述べるマイコスシステムである。

財団法人日本気象協会のオンライン気象情報提供システムはマイコス（MICOS：Meteorological

Information Comprehensive Online Service) システムと呼ばれ気象庁のADESS (気象資料自動編集集中継装置), AMeDAS (地域気象観測システム) などと直結し国内の気象情報のほか世界の気象情報, 地震情報を即時に収集し, 解析・配信するシステムである。当初は東京のセンターからすべてのデータを配信していたが, 全国各地にサブセンターを設け, 地域的な情報需要に対応できるようにシステムアップされた。気象協会はこのシステムをマイコスラン (MICOSLAN: Local Area Network) と称している。得られる情報は雨量データのほか注意報・警報発表状況, 気象レーダ情報, ひまわり雲画像, 天気図, 台風情報などがあり, とくに経験豊かなスタッフによる降雨予測情報は泥流発生予知のために有用だと思われる。現在, それらの情報はNTT回線を通して24時間体制で配信されており, 利用者はオンライン端末を設置するだけでよい。センターから送信されるのは生データ (未処理のデータ) であり, 表示や演算などの処理は受信側のパソコンで行う方式であるので, プログラムを用意すれば端末側でデータを加工することも可能である。

3. 4 住民への通報装置

泥流発生時に地域住民に対して, 警戒, 避難の情報を伝達する必要がある。その手段として次に挙げる方法がある。

3. 4. 1 サイレン⁵⁾

表-3. 3 モータサイレン音達距離 (目安)

電動モータを使うモータサイレンと電子回路とスピーカを組み合わせた電子サイレンがある。モータサイレンは容易に大出力 (数kw以上も可) が出せるが一般に商用電源を必要とし, 無停電化が困難である。電子サイレンは制御が容易で音声放送と設備を共用でき, バッテリ動作も可能であるが, 出力は数百W程度が一般的である。

形 式	容 量	音 達 距 離		
		静かなる 平野地帯	都市住宅 地 帯	山 間 部 地 帯
無指向性 サイレン	0.75 K W	1.8 K m (R)	1.2 K m (R)	0.6 K m (R)
	2.2 K W	2.5	1.7	0.9
	3.7 K W	3.0	2.0	1.0
	5.5 K W	3.4	2.3	1.2
	7.5 K W	3.7	2.5	1.4

3. 4. 2 拡声装置⁵⁾

音声増幅器とスピーカを組合せ, 合成音声やマイクを使った音声放送をする装置である。警戒・避難情報を言葉を使って伝達できるので不特定多数の人に同時に知らせることができる。また災害時に限らず避難訓練や日常の連絡用としても使用可能である。ローカル型土石流発生監視装置と組み合わせて使用している実績があり, 防災行政無線システムにも組み込まれている。

3. 4. 3 回転灯⁵⁾

拡声装置やサイレンのように音で伝達するものは, 暴風雨の中で, しかも締め切った屋内にいる人には聞こえない恐れもある。そのようなときは補助手段として回転灯の併用が考えられる。

3. 4. 4 電話通報装置⁵⁾

あらかじめ登録してある通報先に自動的に電話をかける装置である。責任者への通報の場合は通報先の数が限定されるが, 住民への広報は相手先が多いため全通報先に通報を完了するまでの時間が問

題となる。そのため電話通報装置へ接続する回線数を増やすなどの対策が必要である。

3. 5 カメラ（夜間撮影可能機器）¹⁾

泥流検知センサが泥流の発生をとらえたとき、その確認手段としては実際に目でみて確かめるのが一番確実であると思われる。以下にテレビカメラについて紹介する。

一般のテレビカメラは昼間の屋外で、または照明を十分に施したスタジオ内で使用することを前提として製作されており、その仕様は照度2000ルクスのときレンズ絞り $F=1.6\sim1.4$ 、電気的ゲインアップ+18~24dBで最低被写体照度15ルクス程度を実現している。これはかなりの高感度と言えるが、投光器による照明を行って撮影することを前提としており、投光器無では夜間撮影に適しているとは言い難い。夜間撮影可能機器には、現状として次のようなものがある。

3. 5. 1 超高感度カラーカメラ¹⁾

撮像管にS I T (Silicon Intensifier Target)管を使用したカメラで満月 (0.1ルクス~0.2ルクス程度) の照明で撮影可能である。その他の撮影デバイスを使ったカメラでは、薄明、薄暮 (15ルクス20ルクス程度) の照明で撮影可能である。

3. 5. 2 超高感度モノクロカメラ¹⁾

モノクロカメラはカラーカメラに比べて感度が高く、星明り (0.001ルクス程度) まで撮影可能である。最近では各社から数機種が商品として出されている。なお、赤外投光カメラは、投光距離が短く実用的でない。

表-3. 4 赤外線カメラ一覧

名 称	検出波長域	重量	メーカー	備 考
I R-5120	3~5 μm	6.0	三菱電機㈱	
T V S-3000	3~5	2.8	日本アビオニクス	
サーモビジョン	3~5, 8~12	2.5	AGEMA	㈱ナック
インフラアイ5000	3~5	3.5	富士通㈱	
インフラビジョン	8~12	20.0	Flir Systems	伊藤忠アビエーション
I R-18	8~13	7.4	Barr&Stroud	ニコン (株)
J-SCAN-AT-2H	8~14	60.0	中日本航空㈱	スキナー

3. 5. 3 赤外線カメラ¹⁾

表-3. 5 高感度小型カメラ一覧

赤外線カメラは、撮影対象物から放射される熱赤外線を受光して撮影する。このため昼夜を問わず撮影できることおよび普通のカラーカメラで撮影できない赤外域の撮影が可能のためその利用は工業計測から環境計測へと広範囲にわたっている。

名 称	撮影デバイス	最低照度	S/N	解像度	重 量	メーカー	備考
HL-791 S	S I T	0.2 Lux	58 dB	500 本	11.0 kg	Ikegami	超高感度
HL-95	ブランピコン	15	60	650	3.4	Ikegami	
EP-3	CCD	15	62	700	3.3	NEC	
BVP-5	CCD	15	58	550	3.2	SONY	
BVP-50	CCD	15	60	500	3.2	SONY	
FP-C1	CCD	20	56	600	4.0	H I T A C H I	
FP-C2	CCD	15	57	620	3.7	H I T A C H I	
PK-60B	ブランピコン	20	58	600	4.2	Toehiba	
WV-6000	サチコン	20	50	420	4.4	National	
WV-1900	ニュービコン	0.003	45	600	6.6	National	+ I・I
CTC9000	S I T	0.01	40	500	6.0	Ikegami	
ナイトカム	I・I	0.0001			10.0	A P	赤外投光

3. 5. 4 赤外線スキャナ⁷⁾

熱の分布等の把握には特に効果的であるが、現状では無線中継で伝送することが困難なほか、後処理に若干の時間が必要である。

表-3. 6 SN比と画質

40 dB 以上	雑音があることがほとんどわからない。
32 dB~40 dB	雑音が少し目につくが、実用上問題にならない。
26 dB~32 dB	雑音が気になるが、実用になる。
26 dB 以下	雑音の中に画像がある感じで、実用にならない。

3. 5. 5 レーダ⁷⁾

全天候型であるが機器も大きく後処理に時間がかかる。また、カメラに比べて解像度も落ちるうえ現状では無線中継による伝送も課題が多い。

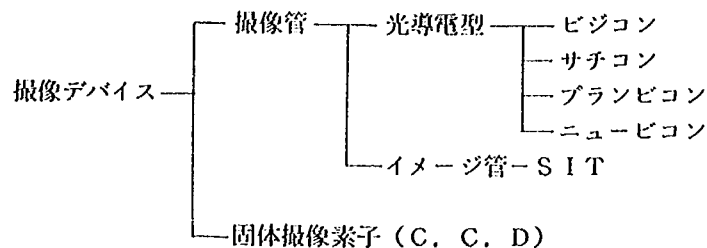


図-3. 7 撮影デバイス

3. 5. 6 カラーカメラ+I . I (Image Intensifier) ⁷⁾

従来の撮影デバイスを使用したカメラにI . Iを組み合わせたもので、I . Iの光増倍効果で星明り程度の照度で撮影可能であるが、I . Iのレンズマウントが異なるため放送用カメラには利用できない。その他モノクロ画像であることと画質の低下をさけられない等の問題がある。

3. 5. 7 カメラ開発の動向⁷⁾

(1) CCD (Charge Coupled Device)+I . Iカメラ

最低被写体照度1ルクス程度を目的にした小型計量のカメラである。

(2) CCD+MCP (Micro Channel Plate)+I . Iカメラ

最低被写体照度0.1ルクス程度を目標にした小型軽量のカメラで、特に高画質を主眼に開発中である。

(3) HARP (High-gain Avalanche-Rushing amorphous Photoconductor)カメラ

最低被写体照度3ルクス程度を目標にした小型軽量のカメラで、特に高画質を主眼に開発中である。

(4) 高品位カメラ

高画質のハイビジョン用カメラは、各メーカーで開発されているが、小型軽量化が大きな課題とされている。

3. 6 ヘリコプタによる情報収集システム

火山噴火災害は、多大な被害をもたらす火山泥流、溶岩流、火砕流等があり、それらは、ほぼ地形に支配されて流下するため、災害対策として火山周辺での地形情報が重要である。そのためヘリコプタによる上空からの調査が有効である。

3. 6. 1 ヘリコプタを使用するタイミング

ヘリコプタを使用するタイミングとしては次のようなものが考えられる。

(1) 噴火の前兆が現れたとき。(火山性地震、噴煙、山鳴り等)

同一火山は、過去において、同じような様式で、噴火を繰り返していることが地質調査や歴史資料から知られている。そのため過去の噴火の時の火口や溶岩の流れ下った跡などを中心に調査する。火口の位置と大きさ、噴煙の位置、山体の谷の状況(泥流は谷に沿って流れることが多いため)なども重要な情報である。

(2) 噴火が始まったとき

小規模な噴火でヘリコプタを飛ばせる状況であれば、泥流が発生する恐れがないかまた、新たに噴火口が出現して当初の予想とは異なる方向に、泥流が流下する恐れがないか確認する必要がある。

(3) 噴火により災害(泥流)が発生したとき

大規模噴火により泥流が発生したときは、泥流の形態、経路、規模、速度、先頭部の位置および泥流の到達場所の予想など広範かつ迅速な情報収集を要求される。そのためにはヘリコプタによる空からの調査が必要である。地上における災害情報収集は、泥流による路面の損傷、自動車事故などにより混乱が予想される。

3. 6. 2 ヘリコプタからの映像伝送システム^{a)}

図や文書による調査報告では情報量および即時性に限界があるためビデオによる動画像の情報が不可欠である。またそのビデオ画像も対策本部に無線中継でリアルタイムで伝送し、本部からヘリコプタに指令を送れるようにする。無線中継による伝送システムは、報道機関を中心に高度なシステムが構築されており、図-3.10は報道機関における伝送システムの例である。

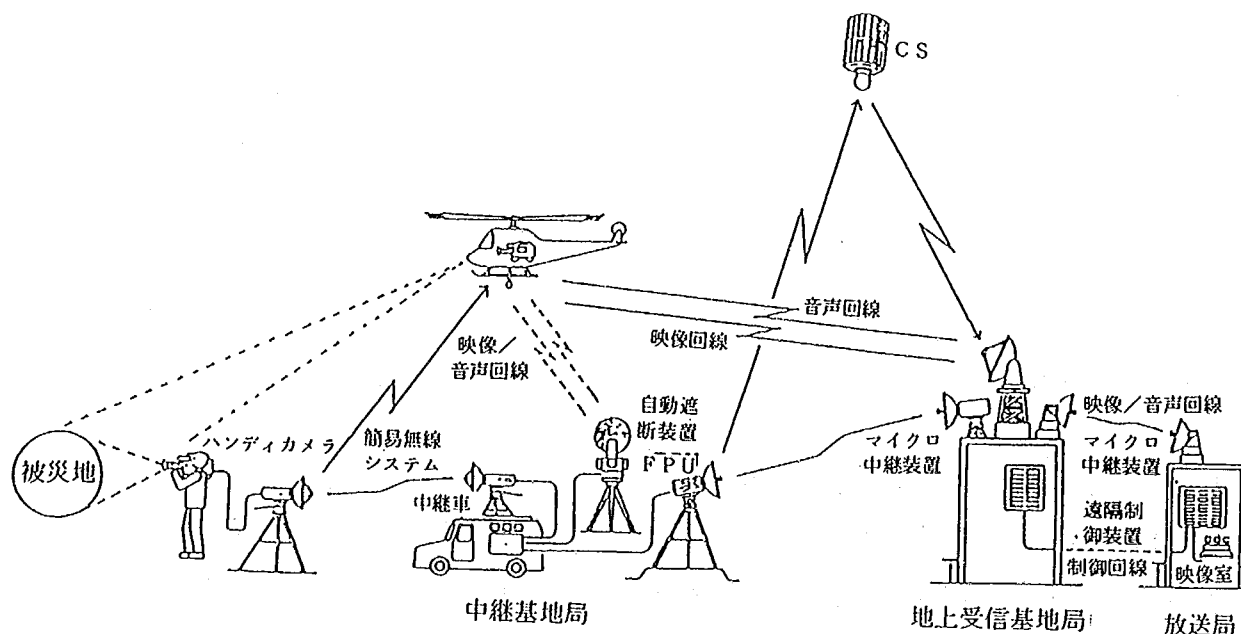


図-3.10 伝送システム

3. 6. 3 映像位置確認システム^{a)}

火山の山麓は、広大な面積にわたることが多いためヘリコプタ等による上空からのビデオ撮影では地上のどの位置の映像を撮影したのかが重要である。そのため現在ではGPS（グローバル・ポジショニング・システム；汎地球測位システム）等を使用した映像位置確認システムが実用化されている。また地図をコンピュータでデジタル処理をしたデジタルマップとヘリコプタからの映像位置情報を重ねあわせることによって災害対策本部で、被災位置やその状態を地図上で確認できるシステムも考えられている。

4 . 火山泥流監視システム（案）

今までの検討事項をもとにして、いくつかのモデルシステムを挙げるが、これらのシステムはあくまでも例であり、システム設計のうえでの参考として扱って欲しい。

4. 1 小規模システムの例

4. 1. 1 概 要

図－4.1は小規模システムの例で、比較的安価で簡単に設置できる特長があり、緊急を要する場合に適する。

4. 1. 2 構 成

ワイヤセンサ・振動センサで泥流の発生を監視するもので、ワイヤセンサは展張方法によっては広い範囲をカバーするため流下経路を予測しにくい火山泥流には適合するが、架線するため積雪などにより断線誤動作する恐れがある。振動センサは地中に設置するため気象条件には影響されないが監視範囲が狭く、火山性地震により誤動作する恐れもあり単独の設置による監視は難しい。他のセンサも一長一短があり現在ではワイヤセンサと振動センサの組合せによる監視が適切と考えられる。

4. 2 中規模システムの例

4. 2. 1 概 要

図－4.2は中規模システムの例で基本的には小規模システムと同じように泥流発生検知を主体としたものである。

4. 2. 2 構 成

サブシステムとして積雪深計、雨量計、泥流の流速を測定する電波流速計、泥流の波高を測定する超音波式水位計、泥流の発生状況を目で捉えられる超高感度テレビカメラなどがある。また住民避難勧告のための警報システムも必要である。

4.3 大規模システムの例

4.3.1 概要

図-4.3は大規模システムの例で中規模システムをさらに発展させたものである。

4.3.2 構成

中規模システムにレーダ雨量計，マイコス，アメダスなどの外部情報収集用サブシステムを付加したものである。

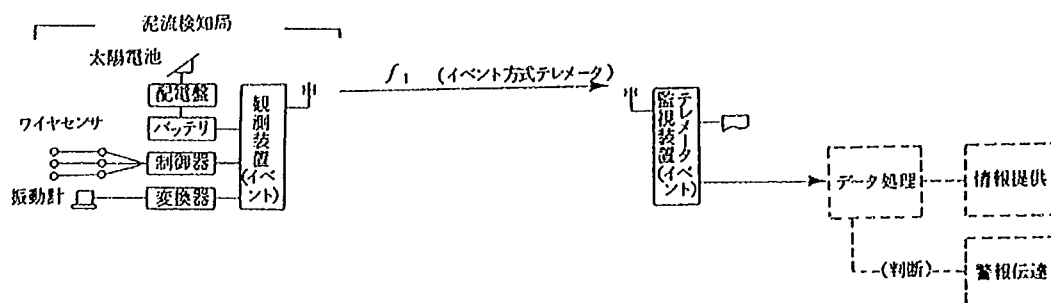


図-4.1 小規模監視システム（例）

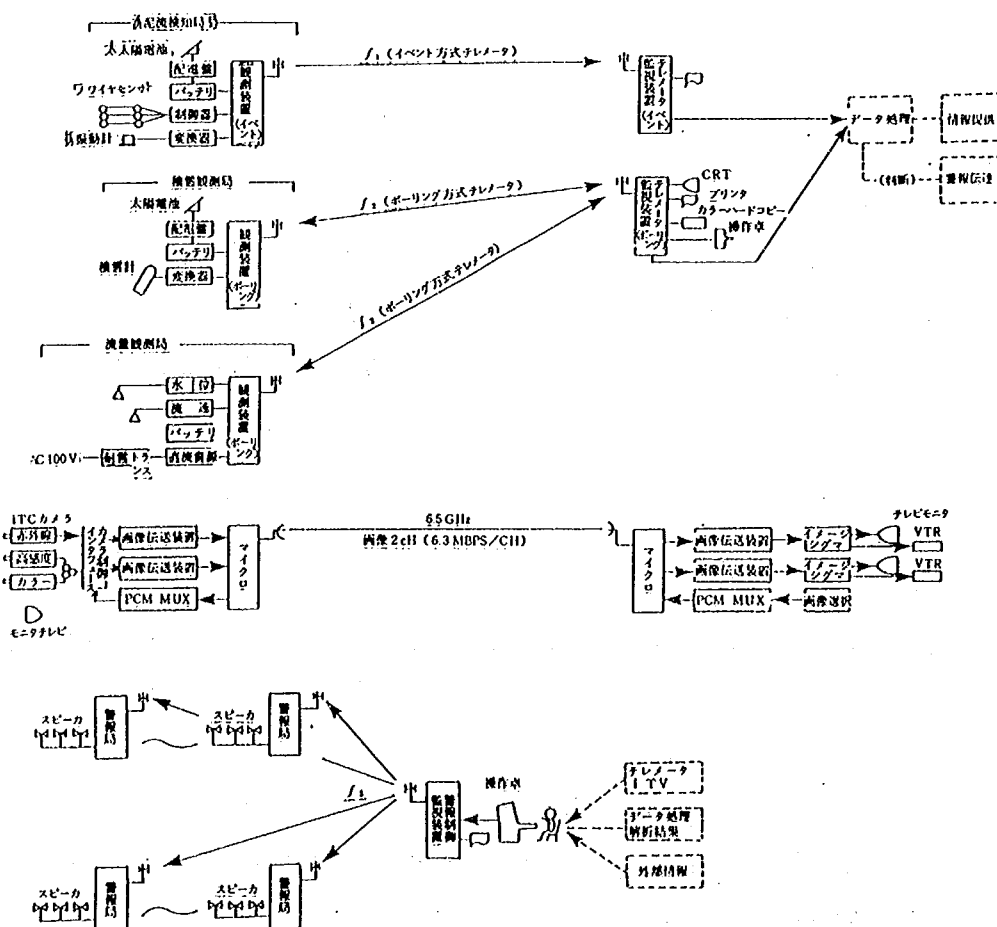
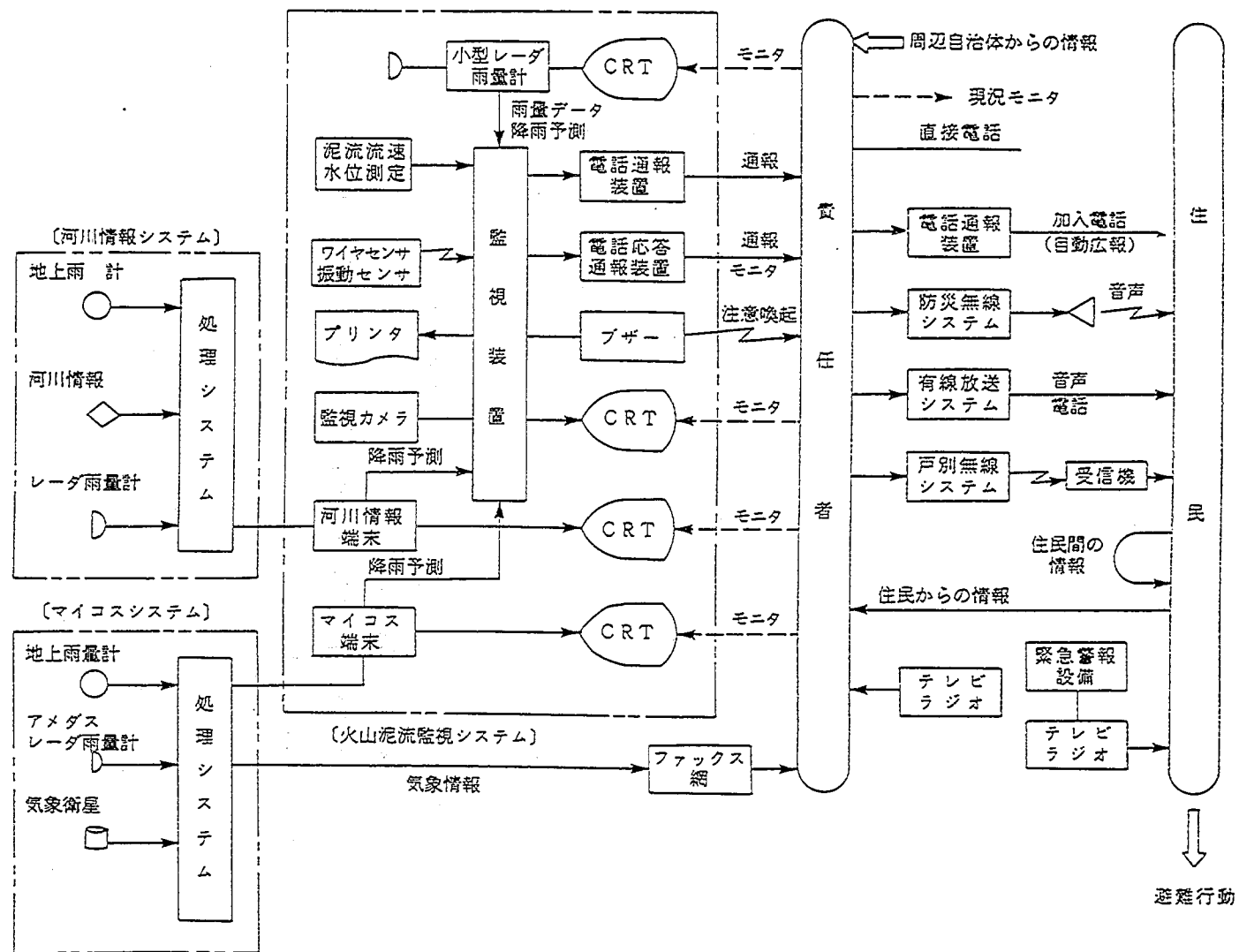


図-4.2 中規模監視システム（例）

図-4.3 大規模監視システム(例)



5 . 資料 : 監視システムの事例

5. 1 十勝岳泥流監視システム¹⁾

5. 1. 1 概 要

十勝岳は噴火による火山泥流災害をもたらす普遍性と積雪地帯に位置する活火山としての特殊性を持っている。このため積雪中に火山活動が活発化した場合、融雪を伴う泥流が発生する可能性が高く被害規模がさらに拡大する恐れがある。昭和63年12月の噴火を契機にし、次の状況を把握して警戒・避難のための情報を得るために監視システムが導入された。

- (1) 火山活動状況
- (2) 火山泥流発生要因および誘発要因
- (3) 火山泥流発生状況
- (4) 流動および堆積状況

5. 1. 2 システムの全体計画

火山泥流監視システムの目的は次のとおりである。

- (1) 警戒・避難のための情報を得ること。

十勝岳の火山活動および火山泥流発生状況を常時監視し、泥流発生情報を得る。また火山灰堆積量および積雪量等から泥流の発生規模および氾濫・堆積域を予測して警戒・避難に必要な情報を得る。

- (2) 警戒・避難のための情報を伝達すること。

警戒・避難体制に必要な情報を迅速かつ正確に伝達する。

- (3) データベースを構築すること。

システムの導入以降、将来にわたり火山活動および泥流特性を示すデータを蓄積し、泥流発生予測精度の向上を図る。¹²⁾

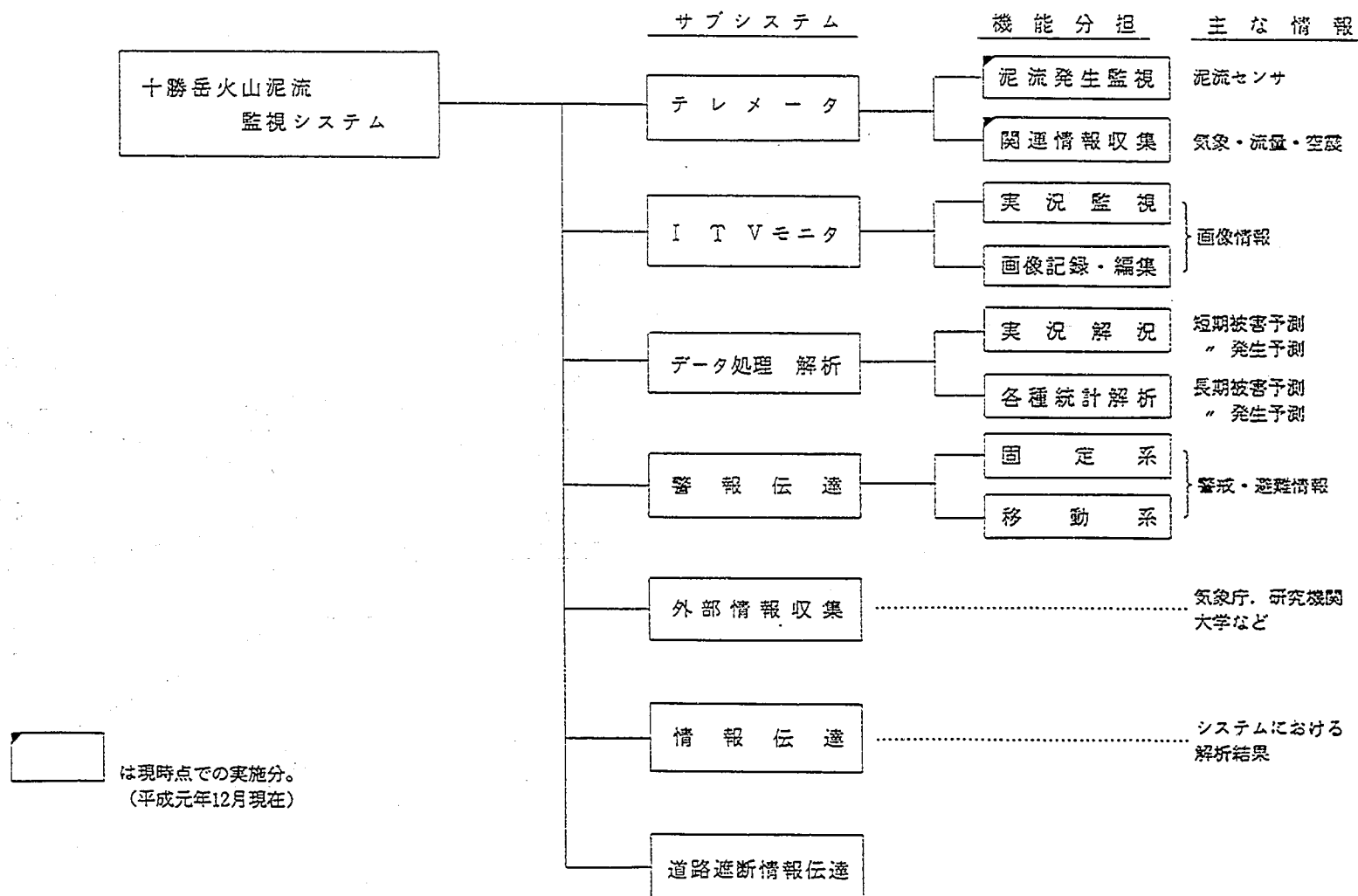


図-5.1 十勝岳火山泥流監視システム機能構成計画図

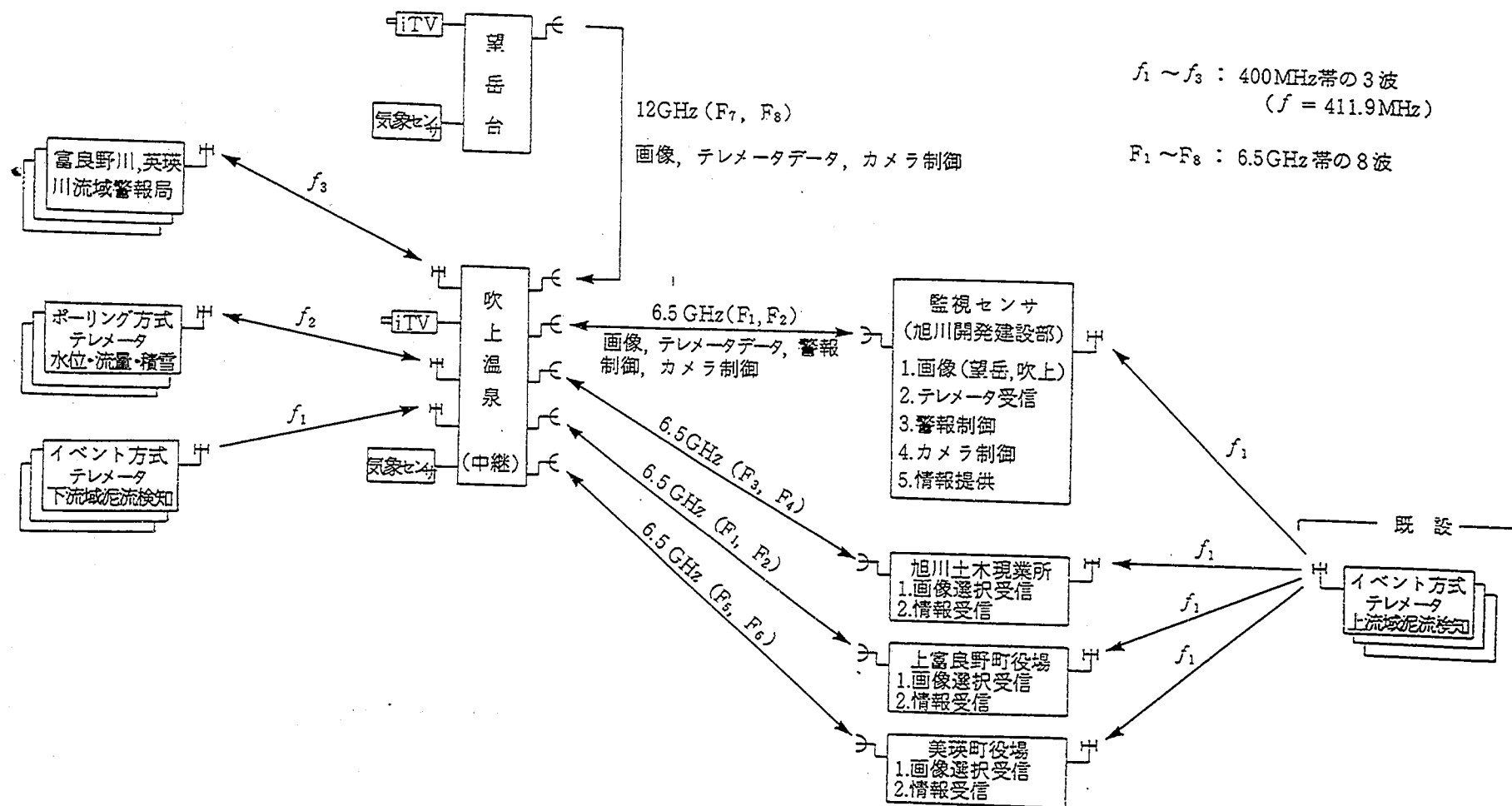


図-5.2 十勝岳火山泥流監視システム概念図(計画)

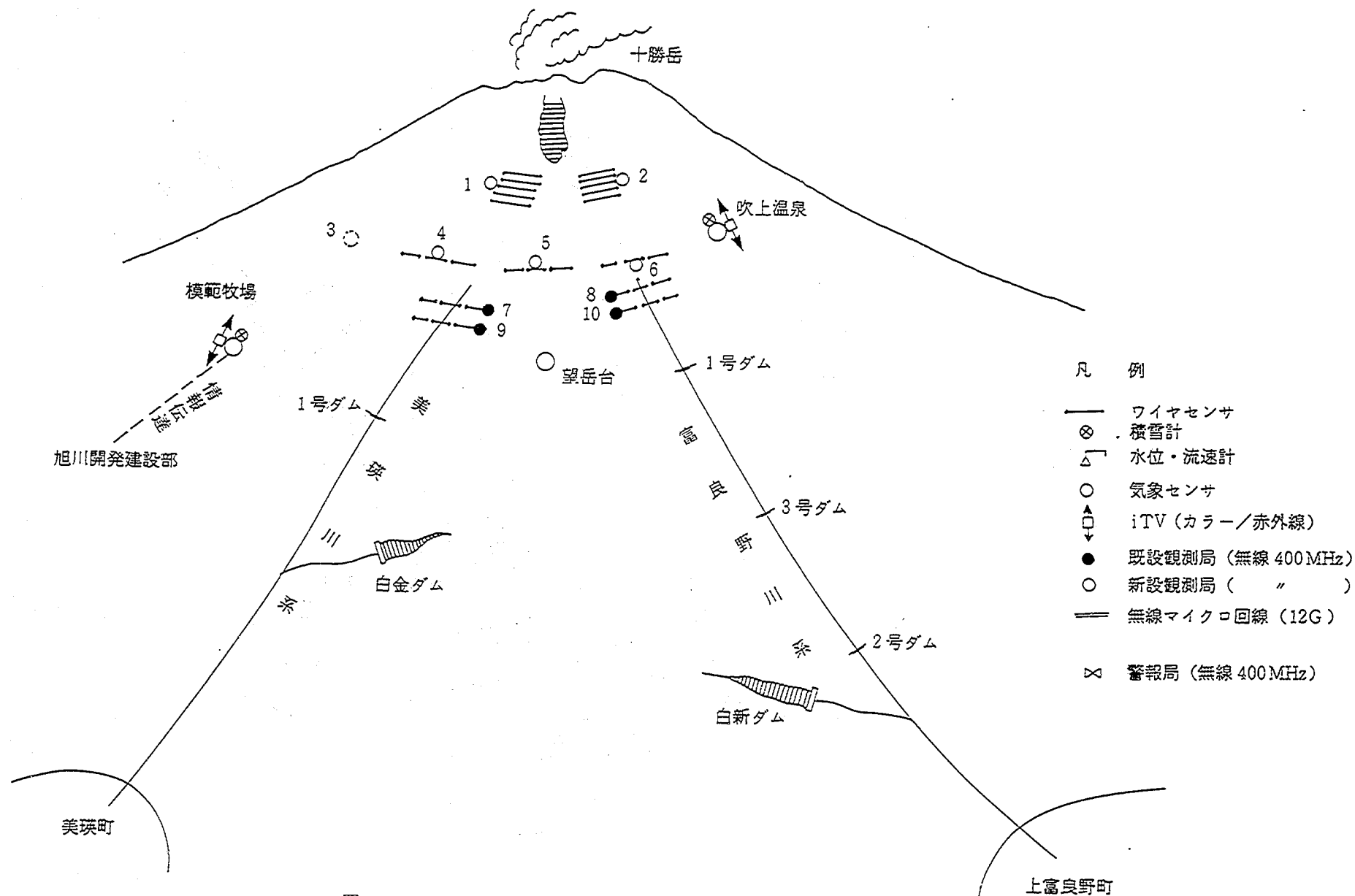


図-5.3 十勝岳火山泥流監視システム構成図 (平成元年12月現在)

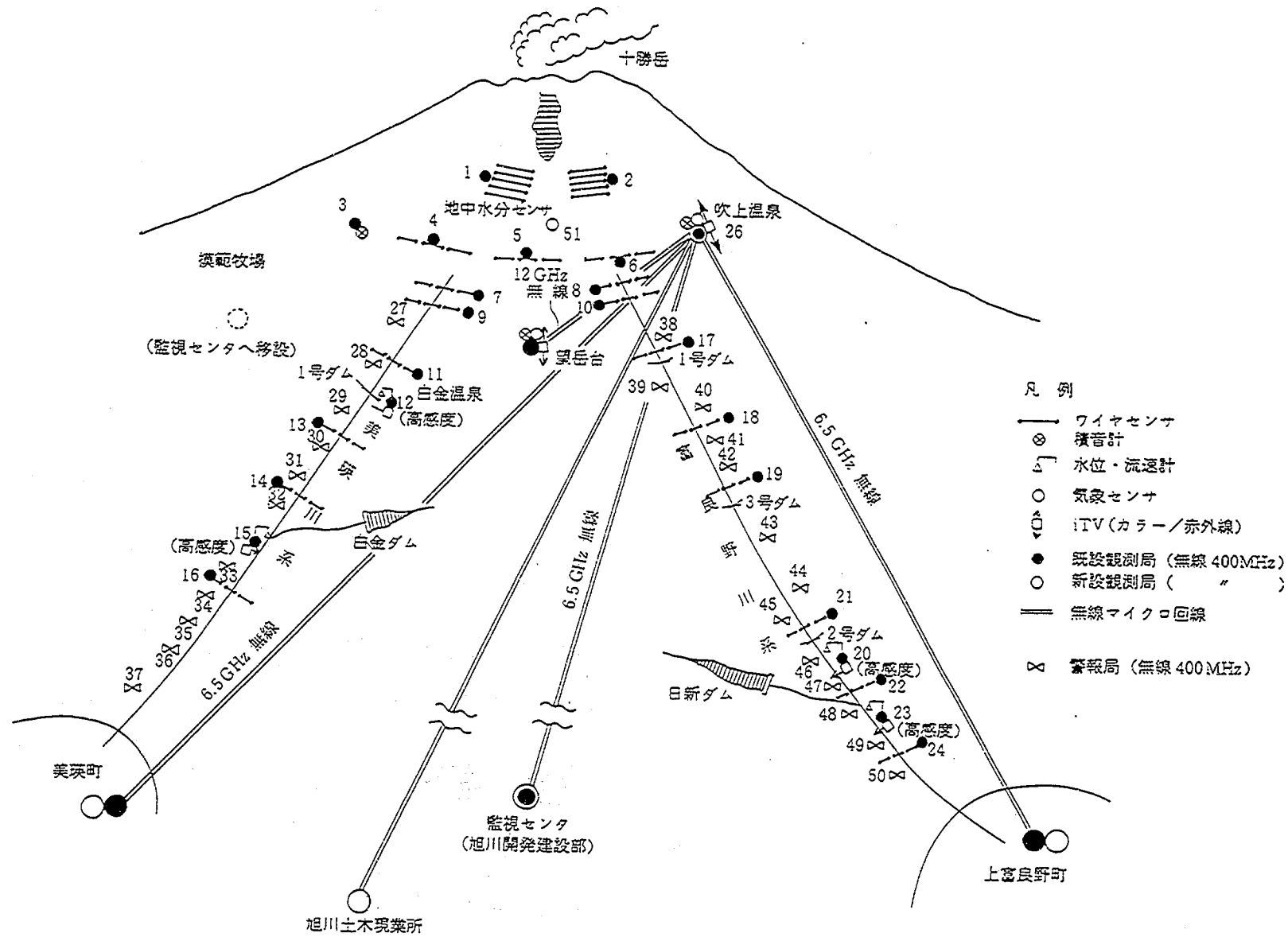


図-5.4 十勝岳火山泥流監視システム(計画)

5. 2 桜島土石流監視システム¹⁰⁾

5. 2. 1 目 的

現在わが国で最も活発な活火山桜島南岳を流れ下る桜島の建設省直轄7河川は、土石流発生頻度と流出土砂量がケタはずれに著しく、その破壊力も強大である。これまで、この強大な土石流に対して様々な砂防対策がとられてきたが、必ずしも完全な対応がなされていないというのが現状である。その原因の一つとして土石流の実態が正確につかめなかったことがあげられている。そのため、「桜島土石流監視システム」は、土石流の実態把握と発生メカニズム解明に要する多量のデータを計測・収集することを目的とする。なお、データの流れなどを図-5.4に示す。

5. 2. 2 設備の概要

(1) 出張所

出張所は、伝送回線を通して送られてくる監視用映像のモニタおよび記録、各種データの収集・記録および処理を行うものである。

(2) 5号ダム観測所

5号ダム観測所は、野尻川上流流域のカメラ映像および計測データを集中し、伝送回線を通して野尻川橋観測所経由で出張所に伝送するものである。

(3) 野尻橋観測所

野尻橋観測所は、野尻川下流域および春松川流域のカメラ映像および計測データを収集し、伝送回線を通して出張所に伝送するものである。さらに、5号ダム観測所の映像および計測データをモニタする機能を有する。

(4) 持木観測所

持木観測所は、持木川流域のカメラ映像および計測データを集中し、伝送回線を通して出張所に伝送するものである。

(5) 古里観測所

古里観測所は、第一古里川、第二古里川および有村川流域のカメラ映像および計測機器データを集中し、伝送回線を通して出張所に伝送するものである。

(6) 黒神川観測所

黒神川観測所は、黒神川流域のカメラ映像および計測データの現場記録を行うものである。計測データ（水位）は、テレメータ観測装置によって既設「桜島系雨量テレメータシステム」の監視局（出張所）に伝送する。

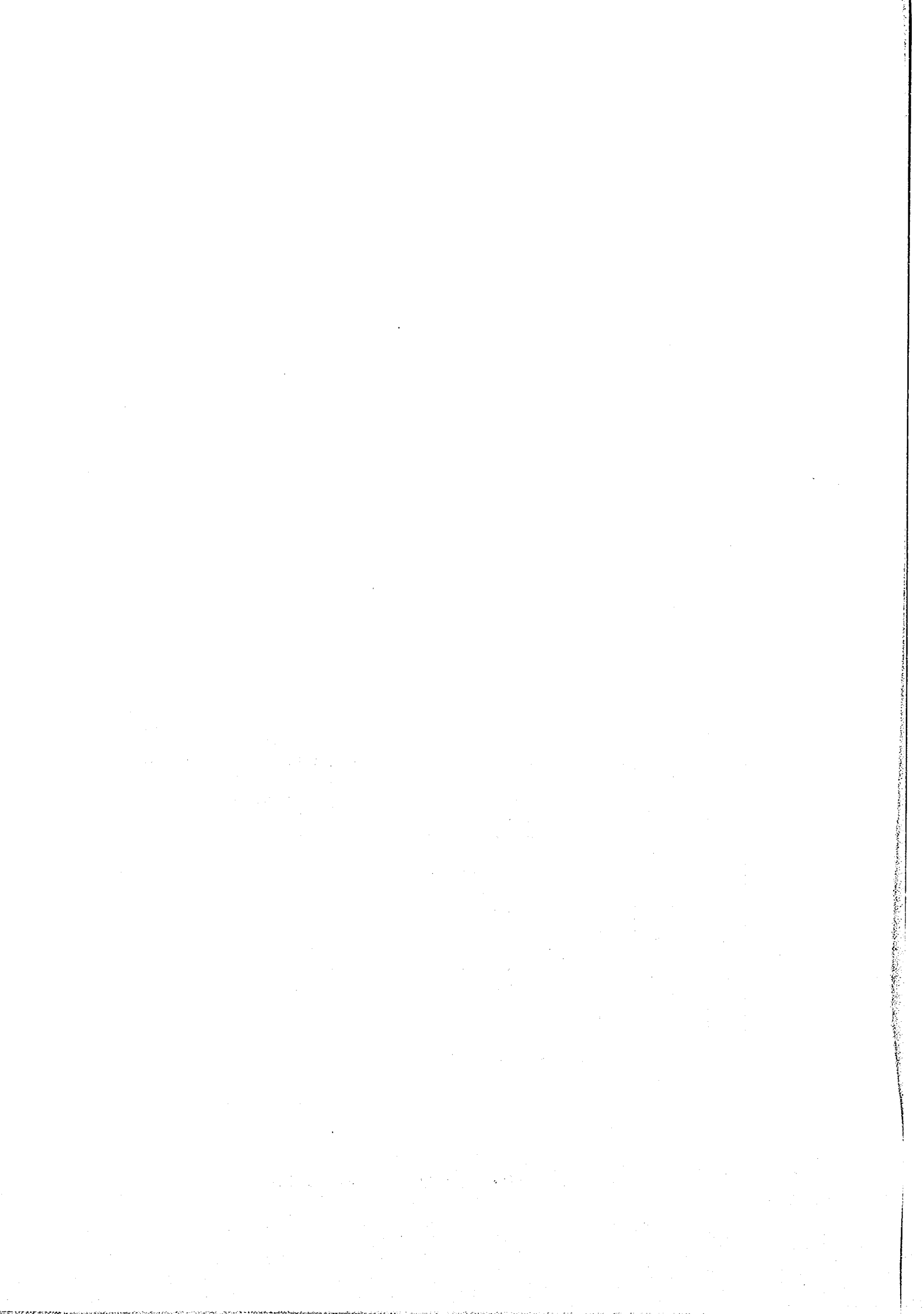
(7) 第一黒神川観測所

第一黒神川観測所は、第一黒神川流域のカメラ映像および計測データの現場記録を行うものである。

5. 2. 3 計測設備

次の計測設備が設置されている。

計 測 場 所		計測項目	計測機	観 測 所	量 数	備 考
野尻川上流	7 号 ダ ム	土石発生	発 生 セ ン サ	5 号ダム	1	
	引ノ平山腹	地中水分	地 中 水 分 計		8	
	6 号 ダ ム	流 体 力	流 体 力 計		1	
	5号ダム付近	雨 量	地 上 雨 量 計		1	
野尻川下流	流路工上流	水 位	超音波式水位計	野 尻 橋	1	
	流路工上流	流 速	超音波式流速計		1	
	流路工上流	圧 力	圧 力 計		1	
春 松 川 上 流		水 位	超音波式水位計		1	
持 木 川 上 流		水 位	超音波式水位計	持 木	1	
第二古里川1号ダム		水 位	超音波式水位計	古 里	1	
第一古里川上流		水 位	超音波式水位計		1	
有 村 川 上 流		水 位	超音波式水位計		1	
黒 神 川 橋 上 流		水 位	超音波式水位計	黒 神 川	1	
第一黒神川上流		土石発生	検 知 線	第一黒神	1	



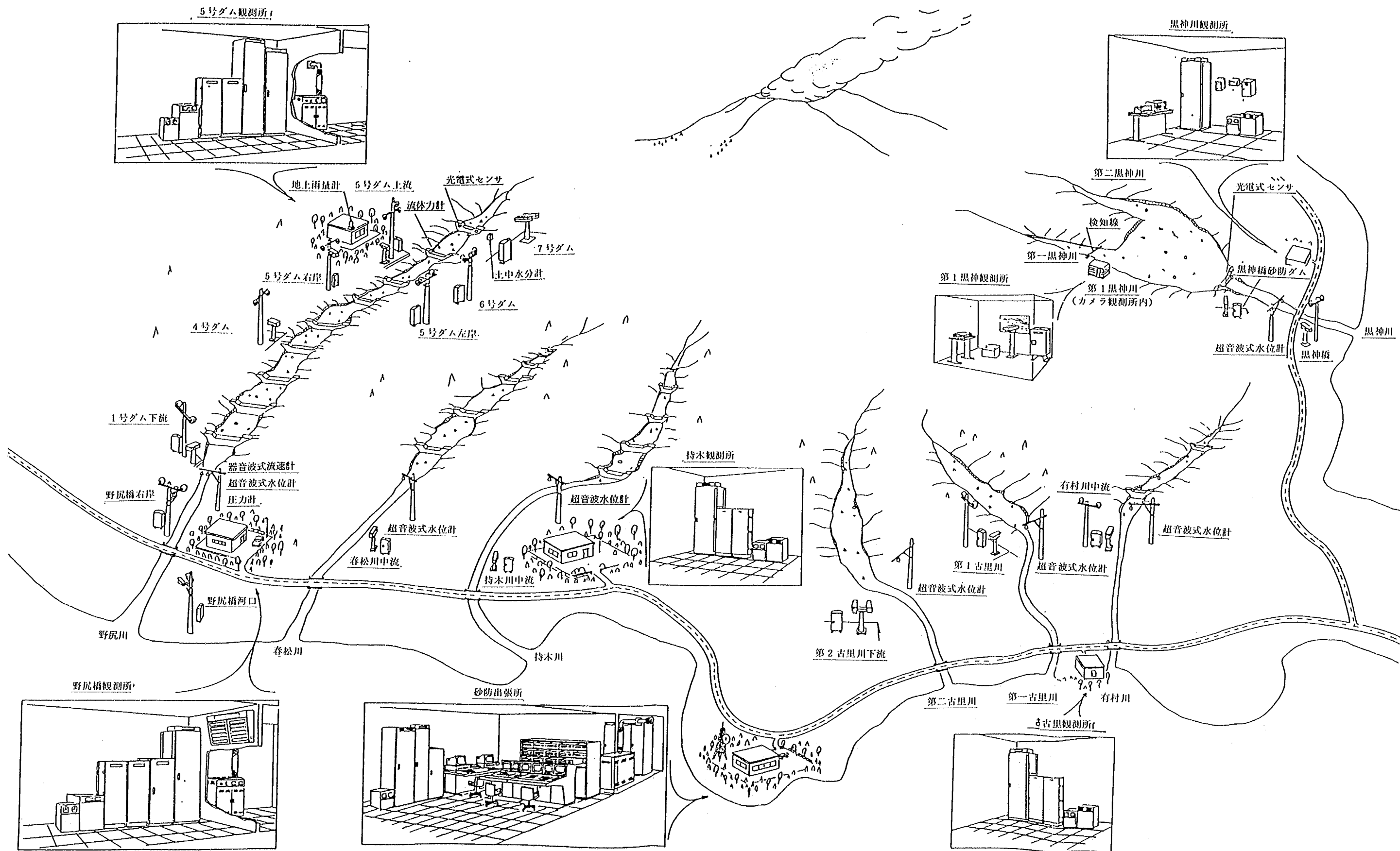


図-5.6 桜島土石流観測システム設置概要図（計画図） 計画図

5.3 メラピ火山泥流監視・予警報システム¹¹⁾

5.3.1 概要

インドネシア国は、世界有数の火山国であり、活発な火山活動による火山灰等が斜面に堆積している。毎年雨期になると、豪雨による泥流が発生し流域住民の生命財産を奪う災害が起きている。メラピ火山はインドネシア群島に点在する128火山の一つで、ジャワ島の中央ジャワ州と特別ジョグジャカルタの北境に位置する標高2911mの活火山である。山頂は溶岩におおわれ、南西に深く開いたクレータをつくっている。堆積物をいただいた山腹はなめらかな稜線をえがきながら広大な山麓へとくだっている。山麓の南面、南西面には泥流の危険を有した河川、K. BLONGKENG, K. KRASAK, K. PUTIH等9河川が流下している。また、YOGYAKARTA市街をはじめSALAM, MUNTILAN等の村落が泥流の被害を受けている。雨期は11月ごろ始まり4月迄続き、年間雨量の80%がこの期に集中する。

VSTC (VOLCANICSABO TECHNICAL CENTER) は1982年10月 YOGYAKARTAの郊外、東方に設立開所された。当センターは砂防技術者の養成、火山泥流の予警報技術の開発並びにインドネシア独自の砂防技術の開発等を目的に設立された。このための研究機材および予警報システムのための各種機材が1982年度から日本国政府より供与されている。

メラピ火山泥流予警報システムは、K. PUTIHを中心とした実験流域に設置され、泥流発生の実態を把握し、緊急時の避難体制を開発することを目的としたシステムである。本システムは1984年11月に小型レーダ雨量計をはじめ雨量・水位テレメータおよび緊急通信用無線電話装置等が設置され稼働している。VSTCではレーダ雨量計にて降雨状況を把握し、テレメータにより雨量および水位の実測値を自動的に収集・記録し、泥流の発生に備えている。また、泥流が発生するとそれを自動的に通報する泥流感知装置が上流部に設置されている。これらのシステムによって収集したデータを基に泥流の発生とそれまでの総降雨量、降雨強度との関係、レーダ雨量計とテレメータによる雨量とのキャリブレーション、雨域の移動傾向の把握および雨量と水位との相関等について整理解析して得られる情報から泥流発生の危険度を予測する。この結果に基いた警報情報を関連機関に伝達して地域住民の避難を行い、泥流による災害、人命災害を未然に防止する。システム全体の概要図を図-5.6に示す。

5.3.2 システムの構成

本システムは、泥流の発生原因となる降雨の状況、雨量の観測、泥流発生の検知および収集データの整理・解析等を行い、泥流発生の予測、情報伝達を行うために次の各サブシステムから構成される。

- (1) 小型レーダ雨量計サブシステム
- (2) テレメータ観測サブシステム
- (3) 泥流検知サブシステム
- (4) 警報サブシステム
- (5) 小型計算機

(6) 発動発電機

① 小型レーダ雨量計サブシステム

VSTCに設置され、半径1.2mのパラボラアンテナ、出力40kwの送受信装置、レーダ映像を処理する信号処理装置、20インチ・カラーのCRT表示装置およびハードコピー等から構成され、降雨状況を画面で即時に観測できる。

② テレメータ観測サブシステム

本サブシステムは、雨量データ、水位データを収集するために、テレメータ監視制御局、観測局が次のように設置されている。

a) テレメータ監視制御局 1局

VSTCに設置され、観測制御する監視制御装置、操作やモニタ表示を行う操作卓およびタイプライタ等から構成される。

b) 雨量観測局 4局

G. MARON, G. PLAWANGAN, GIRIKERTO, NGANDON に設置され、データを送進する観測装置および1mm転倒マス雨量計等から構成される。

c) 雨量水位観測局 1局

NGEPOSに設置され、観測装置、転倒マス雨量計(1mm)、非接触型の超音波式水位計および320Wの太陽電池電源装置等から構成される。

d) 水位観測局 2局

KOPEN, TEGALSARIに設置され、観測装置、超音波式水位計等から構成される。

e) 自記水位観測局 1局

K. PUTIHの下流合流点に設置され現場記録のみ行う。

③ 泥流感知サブシステム

泥流の発生を感知し、VSTCに通報するもので同時にVTRで現場録画する。

a) 泥流感知局 1局

JURANGJERO

④ 警報サブシステム

本サブシステムは収集した情報を関連機関へ伝達する通信装置で、次のように配置されている。

a) VHF固定局 1局

VSTC

b) UHF固定局 1局

VSTC

c) VHF移動局 5局

d) VHF携帯局 2局

e) UHF移動局 1局

⑤ 小型計算機

OAオフィスコンピュータ 1式

⑥ 発動発電

VSTCの各装置に供給する予備電源である。

a) ディーゼル機関発電装置 1式

5. 3. 3 システムの機能

メラピ火山泥流予警報システムは、次のサブシステムを有し、各種データを収集するとともに泥流発生予測および関連機関への伝達を行う。

(1) 小型レーダ雨量計サブシステム

VSTCに設置されているレーダ雨量計は、当センターを中心に半径40kmの広範囲の降雨状況を即時に観測でき、次のような機能を有する。

- ① 降雨強度および流域区分雨量を半径40kmの範囲で300m×250mのメッシュにして測定する。
- ② CRT画面にその降雨量が明確に表示され、目で見ながら状況を確認できる。また、降雨強度画面は観測範囲として80km×60km (MAX), 40km×30km (NORMAL) および20km×15km (ENLRGE) の3種類があり選択表示できる。
- ③ 局地的な降雨量が明確に捉えられる。
- ④ 更に降雨域の移動状況も観察できるため降雨パターンを統計解析することができる。
- ⑤ 降雨量を数値で表示するため泥流発生と降雨のメカニズムの解明に役立つことができる。
- ⑥ これらの各種降雨データを磁気ディスクに5分毎に8日分記憶し、操作により再現するとともにフロッピディスクには8時間分、ハードコピーでは任意に記録できる。

(2) テレメータ観測サブシステム

本サブシステムはレーダ雨量計の観測範囲に設置されて、雨量データおよび水位データをテレメータによって観測する。各地点のデータは無線でVSTCに伝達されテレメータ監視制御装置にて処理され、タイプライタで印字記録する。

- ① 雨量観測局はテレメータ監視制御局から一定の時間間隔で自動的に呼び出されて雨量データを送出する。また、テレメータ監視制御局から手動にて任意に呼び出して観測することができる。雨量観測局は、降雨があった場合自動的に起動して降雨検出信号を監視制御局に送出するため、迅速に降雨の有無を確認できる。
- ② 水位観測局は、時々刻々変化する水位を自動的に記録するとともに監視制御局からの呼び出しに応じて水位データを送出する。また、水位観測局は予め設定された警戒レベルに水位が達すると、監視制御局へ警戒信号として検出信号を送出する。
- ③ 監視制御局は検出信号を受信すると自動的に10分間隔の自動観測に移行する。

(3) 泥流検知サブシステム

本サブシステムは振動計およびワイヤセンサを使って泥流の発生を検知する。検知すると、観測装置は監視制御局へ検出信号を無線で送信する。また同時にVTRが起動して泥流の状況を現場録画するとともにレコーダで振動の波形記録をする。

(4) 警報サブシステム

本サブシステムはVHF無線電話装置、携帯用無線電話装置等を使って情報の伝達を行い関連機関との連絡を十分にする。

(5) 小型計算機

事務処理言語COBOL、科学技術計算言語FORTRAN等が使用できデータ処理、グラフ処理等ができる。

(6) 発動発電機

VSTCに設置され商用電源が停電した場合、各装置に電源を供給する。発電容量は75kVA, AC220V 50Hz, 1φである。

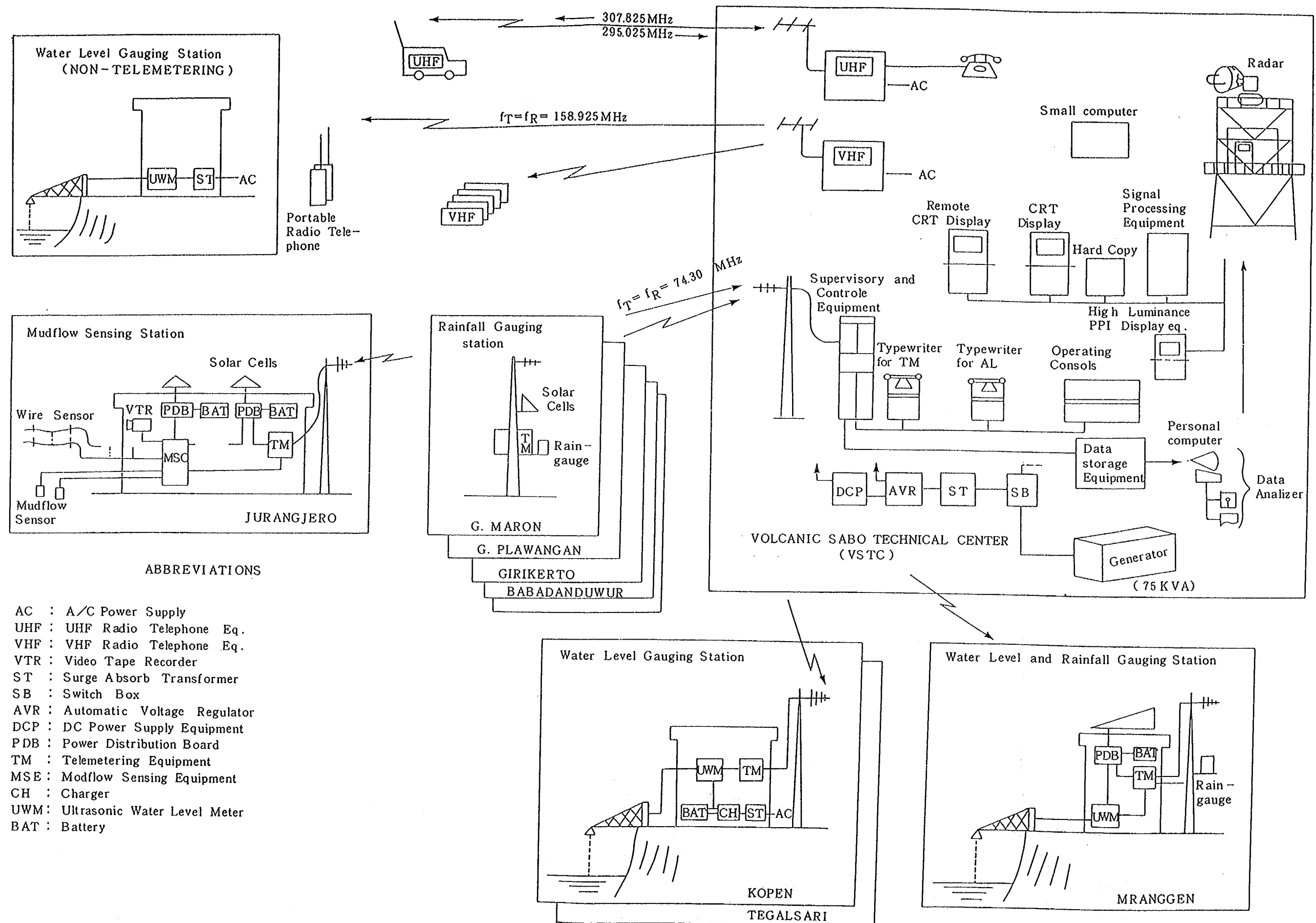


図.-5.7 メラピ火山泥流監視システム概要図

5. 4 ネバド・デル・ルイス火山泥流監視システム¹⁾

5. 4. 1 概要

(1) 国名 : コロンビア

(2) 対象火山 : ネバド・デル・ルイス火山

(3) システムの目的

火山泥流の発生を監視する。

(4) 泥流発生検知方法

河川の横断方向にワイヤセンサを展張し、泥流によってワイヤが切断されたことを電氣的に検知する方法。

(5) システム構成

監視局 × 2

観測局 × 4

中断局 × 2

(6) システムの機能

観測局では、常時ワイヤセンサの状態を監視し切断された場合は直ちに情報を送信する。監視局では観測局から送信された情報を受信し、ワイヤが切断された場合は直ちに可聴可視の警報を発する。また後日、泥流発生状況を確認するために監視装置に内蔵しているプリンタに次の情報を印字記録する。

① 発生 月 日 時 分 秒

② 発生観測局番号および切断ワイヤセンサ番号

なお、中継局は観測局と監視局間で直接無線回線を構成できない場合に設置されるものである。

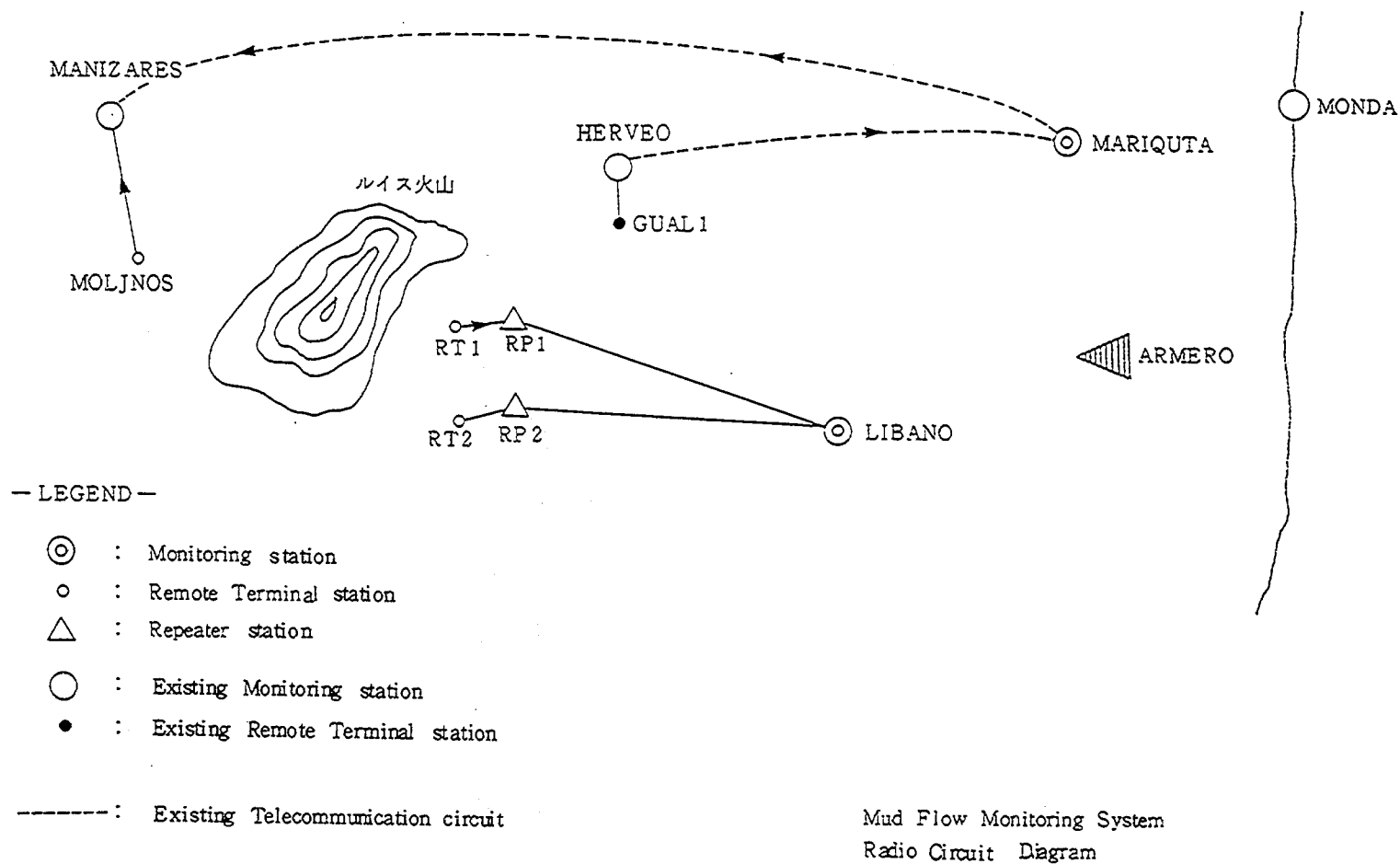


図-5.8 ネバド・デル・ルイス火山泥流監視システム概要図

参考文献

- 1) 建設省土木研究所砂防部砂防研究室：火山噴火に伴う泥流災害の予測と対策に関する研究，土木研究所資料第2601号，昭和63年2月
- 2) 建設省電気通信室：雨量・水位テレメータシステム設置計画のために
- 3) 建設省土木研究所砂防部砂防研究室：土砂災害防止のための情報収集伝達システムの検討（Ⅱ），土木研究所資料第2445号，昭和62年2月
- 4) 池谷浩他：土砂災害防止のための情報システム，全国治水砂防協会，1985年
- 5) 建設省土木研究所砂防部砂防研究室：土砂災害防止のための情報収集伝達システムの検討，土木研究所資料第2360号，昭和61年3月
- 6) 中浅測器株式会社：自然を測る《総合カタログ》，1984年12月
- 7) 建設省：総合技術開発プロジェクト 昭和62年度研究開発概要報告書 災害情報システムの開発，昭和62年10月
- 8) 建設省土木研究所：財団法人国土開発技術研究センター：災害情報システムの開発 報告書，昭和63年3月
- 9) 財団法人砂防・地すべり技術センター
- 10) 建設省大隅工事事務所
- 11) 社団法人国際建設技術協会
- 12) 建設省：第43回建設省技術研究会論文集，平成元年11月

要 旨

火山泥流の発生を監視し、その情報を伝達するシステムの構成と装置について検討したもので、十勝岳、桜島、メラピ山、ネバデルルイス山の例を紹介しており、マニュアルとして使用できる。

キーワード：火山、泥流、監視、センサ、テレメータ、通報



郵便はがき

305-□□

四十一円切
手をはって
下さい。

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

砂防部砂防研究室

御中

No. _____

No. _____

土研資料

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2814号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印