

土 木 研 究 所 資 料

土砂害防止のための 情報収集伝達システムの検討

昭和61年 3 月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

「Copyright © (1986) 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

土砂害防止のための 情報収集伝達システムの検討

砂防研究室 矢 沢 昭 夫
原 義 文
藤 田 昇

要 旨

土砂害防止のための情報収集伝達システムとはいかにあるべきかを考察し、システムを構築するための手順について検討した。また情報の価値として、誤りがなく量が適当であることのほか、情報を受け取る時期が重要であるので、システムの処理時間（スループットタイム）について検討した。さらにシステムを構成する装置、サブシステムについて解説し、現在おこなわれている総合土石流対策モデル事業について事例を紹介している。

キーワード：土石流，警戒避難，情報伝達，システム

まえがき

日本国内における自然災害によって失われる人命の中で土砂災害による割合が増加しているのは周知の事実である。逆に言えば土砂災害を防止することによって多くの貴重な人命を救えることになる。土砂災害による被害を防ぐ、いわゆる砂防には発生そのものを防ぐハードウェア対策と発生後の被害を防ぐソフトウェア対策が考えられる。災害を防ぐにはその原因となる事象そのものの発生を防止するのが最も効果的であるが、全国6万余箇所といわれる土石流発生危険渓流を始め、地すべり・崖崩れ危険地帯が多数存在し、それらのすべてに対し発生防止の対策を施すには膨大な資金、労力、時間がかかってしまうので、発生を完全に防止するのは困難である。人命はお金に代えられないというが、人命が失われるような災害（事故、病気等も含む）は土砂災害だけではなく、それらに対しても対策が必要であるので、砂防にかけられる資金、労力等には自ずと限界がある。したがって我々は限られた条件の中でより効率的な砂防を考えていかなければならない。それには砂防ダムの建築や山腹工などのハードウェアだけでなく、警戒避難体制の整備や土地利用の規制などのソフトウェアも含めた総合的な土砂災害防止対策が必要である。それを踏まえて、建設省では総合土石流対策強化手法検討会が組織され、その第1部会において、ソフトウェア対策である土石流警戒避難体制の整備がなされつつある。

本書は土石流警戒避難体制の中で情報収集伝達システムに焦点をあて、最適システムを構成する手法を得るために、モデルシステムを想定しながら、システムに要求される機能について検討している。なお本書記載のモデルシステムは検討に当たったの一つの案でありこれがすべてとはいえないし、実際にシステムを設置するとなると地域の特性などが異なるので、画一的なものにはならないことをあらかじめお断わりしておく。

最後に、総合土石流対策モデル事業資料を提供いただいた各地方建設局、開発局のみなさまに深く感謝の意を表わす次第である。

昭和61年3月

建設省	土木研究所	砂防部	砂防研究室
	室	長	矢 沢 昭 夫
	研 究 員	原	義 文
	部外研究員	藤 田	昇

目 次

まえがき

1. 概 要	1
1.1 概 説	1
1.2 情報とは	1
1.3 基本構想	1
1.4 基本モデル	2
1.5 人間の判断	5
2. システムの検討	7
2.1 概 説	7
2.2 検討項目	7
2.3 集中か, 分散か	10
2.4 スループットタイム (処理速度) について	10
2.5 モデルシステム	14
3. 通 信	18
3.1 概 説	18
3.2 要求性能	18
3.3 通信路の確保	18
3.4 利用可能な通信網	20
4. 装置紹介	26
4.1 概 説	26
4.2 雨量センサ	26
4.3 土石流センサ	27
4.4 河川情報センサ	28

4.5	マイクロスシステム	28
4.6	土石流発生監視装置	31
4.7	管理者への通報装置	31
4.8	住民への広報装置	32
5.	モデル事業紹介	33
5.1	概説	33
5.2	豊平川総合土石流対策モデル事業	33
5.3	日光総合土石流対策モデル事業	33
5.4	上高地総合土石流対策モデル事業	37
5.5	中津川総合土石流対策モデル事業	37
5.6	富士山総合土石流対策モデル事業	37
5.7	六甲総合土石流対策モデル事業	37
5.8	桜島総合土石流対策モデル事業	41
5.9	考察	43
	あとがき	48
	参考文献	48

1. 概 要

1.1 概 説

本書は、総合土石流対策における土石流警戒避難体制の中での情報収集伝達システムに焦点をあて、いかにして最適なシステムを構築するかについて検討している。システムというと漠然としているが、人間がある目的をもって作るハードウェアやソフトウェアあるいは両者の組み合わせと表現できる。システムの中には人間が含まれるし、いくつかのシステムを組み合わせで1つのシステムとすることもできる。土砂害防止のための情報収集伝達システムの範囲は降雨の測定から土石流の発生予知、警戒の発令、住民の避難行動までと広範囲にわたり、多くのサブシステムの組み合わせで構成される。

既存の同種の災害情報伝達システムとしては火災、水害、噴火などに関するものが挙げられる。火災、水害、噴火などはどちらかといえば発生後の情報伝達に重点が置かれるが、土石流における情報収集伝達システムの特徴は、発生予測情報が最重要であるという点である。というのは土石流が発生してから人家や構造物に到達するまでの時間が短くて、発生検知の情報を受け取っても対応に要する時間を確保できないからである。そのため情報伝達システムを検討するときは、とくに動作時間に留意する必要がある。

1.2 情報とは

情報とは、広辞苑によれば「あることがらについてのしらせ」とある。つまり人間の認識するすべてのことがらは情報であるといえる。現代は情報化時代などといわれ、通信技術とコンピュータの発達によって、いながらにしてたくさんの情報を収集できるようになり、それらの量は個人的に処理可能な量をはるかに超えている。情報の量は確立2分の1の情報を単位（ビットと呼ぶ）として表わせる。つまりYESかNOかだけで表わせる情報を1ビットという。例えばある数字が奇数（偶数）であるという情報は1ビットである。

ここで情報の価値について考えてみる。情報の価値とはその情報を受け取ることによってどれだけの利益を得られるかにある。情報の価値を高めるためには、誤りのない適度な量の情報を適切な時期に受け取らなければならない。誤りのないことはあたりまえの条件であるが、処理能力を超えるほど情報量が多すぎるのもいたずらに混乱を増すだけで意味がない。適切な時期というのは非常に重要で、土石流が流下してしまってから発生予知情報が入っても何らの価値もないし、発生前の1分前の避難情報は価値が少ないといえる。

1.3 基本構想

有効な情報収集伝達システムを構築するためには、まず基本構想を想定しなければならない。基本構想で検討すべき事項として次のものが挙げられる。

（1） 目 的

何を目的とするかをはっきりさせ、システムの性格を明確にしておく。

(2) 対象業務

目的を達成するためにはシステムはどのような業務範囲とするかを明確にする。

(3) 要求機能

業務を遂行するためにはどのような機能が必要かを明確にする。

(4) 構成

要求される機能を実現するためには必要なシステム構成を明確にする。ここでいうシステム構成は土石流発生監視装置などの機械類だけでなく、関係する人間も含めた総合的なものであることに留意しなければならない。

(5) 運用

構築したシステムを有効に利用するためには運用形態を明確にしておかなければならない。

(6) 保守

システムを構成する装置類は故障も有り得るし、消耗品の補充も必要とする。あらかじめこれらを考慮して対策方法を明確にしておかなければならない。そのためには装置類の信頼性を高める（平均故障間隔 MTBF を大きくする）とともに修復に要する時間（平均修復時間 MTTR）を少なくし、動作可能時間を多くするよう考慮しなければならない。

(7) システムアップ

世の中の情勢は一定ではないので、ある時期には最適なシステムを構築したとしてもそれが常に最適であり続けることはむずかしい。したがって情勢を判断しながらシステムの改良・改造あるいは新規システムへの移行を常に考えていかなければならない。

また、大きいシステムになると単年度に全システムを整備することは困難であるので、一般的には段階的に導入・設置していくことになるが、全システムが完成しないと機能しないのは好ましくなく、できれば初年度からそれなりの機能を発揮できるようにするのが望ましい。そのためにはシステムを構成する各要素はある程度独立して機能し、かつ追加・増設が容易にできるように考慮しておかなければならない。

1.4 基本モデル

土砂災害防止のための情報収集伝達システムの目的は、降雨を測定して降雨量を算出し、それを基に土石流発生の予知情報を責任者に伝達して責任者の判断で住民に的確な避難の指示を通報し、住民が安全に避難できることが基本であり、同様に避難解除に対しても機能しなければならない。さらに、このような災害発生時あるいは発生の危険性のあるときだけでなく、普段から防災の啓蒙や避難場所・避難方法の通知、防災訓練の用にも供されることが望ましい。

図 1.1 は降雨計測から住民の避難までの基本モデルの系統図である。このうち事前措置および事後措置は直接システムに組み込まれないが、システムを有効に機能させるためには重要なステージである。以下基本モデルの各ステージについて説明する。



図-1.1 基本モデルの系統図

(1) 事前措置 (事前ステージ)

土砂害防止のための情報収集伝達システムの最終目的である国民の生命・財産の保護を達成するためには、情報収集伝達システムを作るだけでなく総合的な対策が必要である。

(2) 降雨測定 (測定ステージ)

土石流の発生予知は降雨量を基にしているので正確かつ迅速に測定できる事が肝要である。降雨量には地上雨量計を使用した点雨量とレーダ雨量計を使用した面雨量がある。地上雨量計はある点の雨量を比較的正確かつ迅速に計測できるが、危険溪流全体から見ると極く一部の地点しか反映していないことになる。それに対して面雨量は溪流全体のみならず周辺地域の降雨状況を監視できるので雨量の測定だけでなく降雨予測にも利用可能であるが、レーダの特性上5分程度の平均化のための時間を要する。

(3) データ伝送 (伝送ステージ)

一般に降雨測定地点と発生予知装置 (サブシステム) のある地点は異なるので、雨量データの伝送が必要である。点雨量の場合はデータ量が少ないので無線回線を使ったテレメータシステムなどで容易に収集可能であるが、面雨量はデータ量が多いので伝送時間が数分かかることに留意しなければならない。

(4) 発生予知 (予知ステージ)

収集した雨量データを基に土石流の発生を予知する手法は次の資料に示されている。

『土砂災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針 (案)』

建設省河川局砂防部監修、砂防広報センター企画部発行

しかし資料自身にも記述されているようにこの手法が唯一最善のものとはいえない。システムの検討をおこなう上で、あるいはシステムを運用する上でよりよい土石流発生予知方法の研究を進めていく必要がある。

(5) 責任者への通報 (通報ステージ)

責任者の存在地と発生予知装置が同一場所であれば、責任者が直接発生予知装置を監視すればよいが、そうでないときは予知情報を伝送しなければならない。もし同一場所であっても常時監視するわけにはいかないので、複数の通報ルートを考えておかなければならない。

(6) 責任者の判断 (判断ステージ)

土石流発生予知が確実であれば発生予知装置から予知情報がくればただちに避難の指示をすればよいが、現在のところ予知精度が100%ではないので責任者の判断のもとに避難の指示を出すことが望ましい。

(7) 住民への広報 (広報ステージ)

避難の指示は対象となるすべての住民にすみやかに達しなければならない。

(8) 住民の決断 (決断ステージ)

避難の指示を受け取ってから機械的にすぐ行動を起こせばよいが、実際には避難を決断する前に家族や隣人に相談したり周囲の状況を見たりして、多少の時間を要するのが実状である。つまりここ

に何らかの判断を必要とする。

(9) 避難行動（避難ステージ）

豪雨の中あるいは夜間でも避難しなければならないので、避難距離・避難に要する時間は短い方がよいのはいうまでもない。そのため事前に安全な避難場所および避難経路を確保するとともに周辺住民に周知徹底させておく必要がある。

(10) 避難解除（解除ステージ）

避難した住民はいつまでも避難場所に住めるわけではなく、災害の危険性が去れば避難解除指令を出す必要がある。

(11) 事後措置（事後ステージ）

適切な避難の指示を出して住民が無事避難できれば、一応の目的を達成するわけであるが、今後のシステムアップを考慮して機能のチェック、報告書の作成などの作業を必要とする。もちろん災害が発生した場合は救援や復旧作業も事後措置の一つである。

1.5 人間の判断

システムの中に人間が判断しなければならない部分がある。責任者が避難勧告（命令）を出す出さないの判断および避難勧告（命令）を解除するしないの判断と、住民が避難の指示を受け取ったときに行動を起こすか否かの判断である。一般に時間的余裕が少ないので判断時間はできるだけ短い方がよい。判断者が迷わないようにするためには、まず正確な情報をすばやく入手することであるが、もう一つは性格の異なる情報を同時に入手することである。とくに周囲の状況とのずれが大きいとき、例えば雨が止んでいるのに発生予知情報を受け取った責任者は、それが正しいかどうかで迷ってしまったり、確認のためにあらためて情報の収集をしなければならないハメになる。

(1) 責任者の判断

多くの住民に避難勧告あるいは命令を出さなければならない責任者の判断は非常に重要である。土石流発生予知が完全無欠なら問題はないが現在のところ完全とはいえないので、責任者が予知情報を受け取ったときになんらかの判断を加え、できるだけ空振りや見逃しを減らすように努力しなければならない。

現在のところ解除の判断基準が明確でないが、解除の場合は比較的時間的余裕があると思われるので現場の状況や気象情報等を参照しておこなうことができる。

よい判断をするためには適切な判断材料が責任者に伝達できるシステムとする必要がある。必要な判断材料としては次のものが挙げられる。

- ① 気象庁の注意報、警報
- ② 気象レーダ情報
- ③ 衛星雲画像
- ④ 天気図
- ⑤ 台風情報

- ⑥ 対象溪流の現況
- ⑦ 河川の水位情報
- ⑧ 近隣地区および対象地区の土砂災害発生状況
- ⑨ 対象地区の被害状況
- ⑩ 住民の避難状況

(2) 住民の決断

土砂災害が起きるような雨というとは相当強い雨であろうし、今まで経験したことがないような豪雨であることが多いと考えられ、そのような雨の中で自分の家を捨て、家財を捨て避難するということは当人にとって一大決心であろうと思われる。そのようなときに住民が避難行動を起こすきっかけとしては

- ① 行政からの避難勧告、命令
- ② 隣人、知人、親類からのさそい、勧告
- ③ 周囲の状況を見て
- ④ ラジオ・テレビ放送を視聴して

などが考えられる。いずれにしても避難は家族が1つの最小単位となって行動すると思われ、その際は最小単位の長、いわゆる家長の判断のもとに行動を起こすことになる。家長は上記①～④の情報を基に決断するわけであるが、1つの情報よりも複数の情報の方が決断が早まると思われる。極端な例であるが、雨が止んでいるのに避難の指示を受けたときは行動を起こす前にまよったり、場合によっては個人の判断で避難を取り止めてしまうこともありうる。したがって避難勧告（命令）は、単独でなくその基となった情報も含めて伝達されるのが好ましいといえる。

なお避難勧告（命令）が出てから行動の準備をするのではますます時間的余裕が無くなってしまうので、避難勧告（命令）に先だって警報の発令が必要なのはいうまでもない。

2. システム検討

2.1 概 説

システムを構築するためにはまずシステムを設計しなければならない。システムを設計することとは基本構想を基にいかにして実現するかを決めることである。時間と費用に制限がなければ問題はないが、実際にはそれぞれ厳しい制限のもとにあるので、システムの入力、処理、出力の各機能をバランスよく整備する必要がある。本章ではシステム構築の手順および土砂災害防止のための情報伝達システムとしてとくに検討を要する事項について記述している。

2.2 検討項目

(1) 降雨測定方法

- ① システム構成 システム内に雨量計を組み込むか、外部システム（河川情報センター、マイコス等）からデータを入手するかの検討
- ② 雨量計形式 地上雨量計、レーダ雨量計
- ③ 測定精度 200 mm/H の降雨に対する誤差
- ④ 測定時間

(2) データ伝送方法

雨量データを土石流発生予知装置へ伝送する方法を検討する。雨量計と予知装置が同一場所であれば直接接続すればよい。システム内に雨量計を設置したときは伝送回線として有線と無線が考えられるが、一般に雨量計は山間部に設置されることが多いので災害時の通信の確保を考慮すれば、無線回線が好ましい。外部システムから雨量データを入手する場合は専用無線回線の設置は困難なので、一般に NTT 回線を利用することになるが、一般加入電話回線は災害時の回線ふくそう（輻輳）があるので専用線の使用を検討する。

- ① 収集方式 直接接続、ポーリング方式、自動立ち上がり方式、局数
- ② 通信回線 無線、有線、2重化、中継の有無
- ③ 無線回線 電波監理局申請、周波数、伝播試験
- ④ 有線回線 私設線、NTT 回線、加入回線、専用線
- ⑤ 伝送情報 雨量以外の情報の有無
- ⑥ 伝送方式 アナログ・デジタル、データ量、伝送速度
- ⑦ 伝送手順 トーン方式、HDLC、誤り検出、誤り訂正

(3) 土石流発生予知装置

基本的には雨量データを入力し、警戒避難情報が出力できればよいわけであるが、ローカル処理か集中処理かの選択、運用する上で必要なデータの表示や記録、定数の設定や変更方法、故障時のバックアップ方法など検討すべき項目がたくさんある。

- ① 予知方式 指針案方式、降雨予測の取り入れ、全自動、手動の範囲、処理時間

- ② 構成方式 ローカル処理, 集中処理, ソフトウェア・ハードウェアの分担
- ③ 設置方式 屋内, 屋外, 卓上, 架上
- ④ 供給電源 商用, 太陽電池, 乾電池
- ⑤ 停電対策 電池バックアップ, 発動発電機, 停電時間
- ⑥ 表示項目 警報状況, 降雨状況, 雨量データ, 定数, グラフ, けた数
- ⑦ 表示装置 CRT, LCD, LED, ランプ
- ⑧ 印字項目 警報状況, 降雨状況, 雨量データ, 定数, グラフ, けた数
- ⑨ 印字装置 感熱プリンタ, インパクトプリンタ, ハードコピー
- ⑩ 警報出力 現場出力, 外部出力, 出力形式, 出力方路
- ⑪ 定数設定 固定, 現場設定, 種類, けた数, 変更方法
- ⑫ 通話機能 有, 無, データと並列, 切替
- ⑬ 環境対策 温度, 湿度, 気圧 (とくに CRT を使用したとき)
- ⑭ 誤操作対策 操作性の向上, 複数挙動, 自動化
- ⑮ 故障対策 信頼性, フェイルセイフ, 修理時間, 2重化, 現用予備
- ⑯ 拡張性 システムの拡張性, 周辺装置の拡張性

(4) 責任者への通報

発生予知装置で得た予知情報はすみやかに責任者に伝えなければならない。予知システムと責任者が同一場所であり CRT などの出力装置を直接監視するのが最もよいが、必ずしも同一場所とは限らないし、休日や夜中であっても通報しなければならないので、なんらかの通報装置を用意する必要がある。なおローカル型では発生を予知したときに自動的に住民に対して直接広報するシステムがある。その場合でも広報する前に、あるいは広報後に責任者に通報するようなシステムとすべきである。

- ① 伝達方式 直接監視, 音響 (ブザー等) 方式, 電気的方式
- ② 通信回線 通報先数, 無線, 有線, 2重化
- ③ 無線回数 電波監理局申請, 周波数, 伝播試験
- ④ 有線回線 私設線, NTT 回線, 加入回線, 専用線
- ⑤ 通報情報 警戒・避難情報, 雨量データ, グラフ
- ⑥ 通報媒体 音声, 紙 (ファクシミリ), 光
- ⑦ 伝送方式 アナログ・デジタル, データ量, 伝送速度
- ⑧ 伝送手順 誤り訂正

(5) 責任者の判断

システムにおける責任者の判断は非常に重要である。すばやく間違いのない判断ができるような体制を確立しておかなければならない。

- ① 責任の所在 責任の明確化, 権限の明確化
- ② 責任者序列 複数の責任者, 不在時の対応
- ③ 判断材料入手 発生予知情報, 気象情報, 災害発生情報

(6) 住民への広報

住民への広報の方法として同報方式と順次方式がある。同報方式とはサイレン吹鳴やスピーカによる放送あるいはテレビ・ラジオ放送のように対象住民に対し同時に情報を伝えるもので、多くの人にすばやく伝えることができるが、伝わったことを確認することが困難である。順次方式は電話あるいは戸別訪問のようにある順序をもって情報を伝えるもので、情報を確実に伝えることができ、当然確認も可能である。しかし全対象住民に情報が伝わるまでに時間を要するので、対象数や伝達手順に考慮を要する。これらは以下の項目を検討の上決定するが、できれば両者の併用が望ましいといえる。

- ① 対象範囲 面積、地形
- ② 対象人員 人口、構成、自治会の有無
- ③ 広報情報 警戒・避難情報、降雨情報、災害情報、解除情報
- ④ 広報媒体 音声、サイレン音、光
- ⑤ 広報装置 拡声装置、サイレン、防災無線、戸別無線
- ⑥ 広報時間 全員に伝わるまでの時間
- ⑦ 事前措置 避難訓練、啓蒙パンフレット、看板

(7) 住民の決断

避難勧告（命令）を受け取ったときにただちに避難行動を起こせばよいが、家族との相談もあるだろうし、どこへ逃げるか、なにを持って逃げるかの判断もしなければならない。避難勧告（命令）の前に警戒の発令を受け取っていればよいと思うかもしれないが、たとえ準備をしておいてあっても、周囲の状況が変化すればそれに対応した行動をとらなければならないので、なんらかの判断は必要になる。そのため危険溪流周辺の住民は普段から防災意識の向上の心掛けておくことが望ましい。行政側は安全な避難場所をあらかじめ確保し、避難経路も含めて周辺住民に周知徹底しておく必要がある。さらに避難訓練の実施やパンフレットなどでの啓蒙活動が必要である。

(8) 避難行動

避難を決意したら決められた避難場所へ移動するわけであるが、一般には豪雨の中での移動であろうし夜半の場合もありうる。また避難経路が土砂害や出水で通行不能になることも考えられるので、避難場所や避難経路の複数指定を考慮する。また避難途中での状況変化に対応するためには屋外にいる人に対する情報伝達手段として移動無線装置などを検討しなければならない。

(9) 避難場所への情報伝達

指定した避難場所がいかなる場合でも安全かという点必ずしもそうではない。したがって2次避難、3次避難もありうるので、避難場所に対する情報伝達システムの検討が必要である。災害が去ったら避難解除情報を伝達する必要があるが、事後情報であるので警戒避難情報や災害発生情報などよりも要求機能を下げてよいと思われる。

(10) 事後措置

避難勧告（命令）を出したあとは災害の発生の有無にかかわらずシステムの機能をチェックし、必要なシステムの見直しができるような体制作りを検討する。

2.3 集中か、分散か

昨今の通信技術とコンピュータの発達は情報の収集・処理・判断を容易にし、中央の1箇所でそれらのすべてをおこなうことが可能になった。このような集中処理システムは総合的な判断をすることができ、また高価な電子装置や高度な判断能力を要求される人材の配置が1箇所で済むので、効率的なシステムとすることができる。

だからといって土砂害防止のための情報伝達システムが集中処理型がよいかという疑問が残る。というのは集中処理型にも欠点があり、災害情報という観点から見ると無視できない欠点であるからである。それはシステムの一部に障害を生じるとそれにつながる末端部は情報的に孤立してしまうからで、もし集中局に障害を受けた場合は最悪で、システム全体がダウンしてしまう。これは先ごろの電話局の火災で全国の銀行端末が使用不能になった例で明らかである。

集中処理型は図2.1のA図に示すように集中局からツリー状に通信回線が分岐（分岐点をノードといい、枝にあたるものをブランチという）しており、処理、判断能力を持つノードは集中局だけで、そのほかのノードは情報の中継だけをおこなう。

集中処理型に対して分散処理型がある。分散処理型は図2.1のB図に示すように地域ごとに処理・判断能力を持つ集中局（ローカル局）が存在し、それぞれのサブシステムの中で情報を処理する。特徴としてはその地域に合ったきめの細かい処理ができ、1つのサブシステムに障害を受けても全システムがダウンすることはない。また1つの地域を見れば初期投資が少なくて済み経済的である。反面、各システム間の情報のやりとりができず、総合的な判断が困難であるし、地域全体で見ると投資額は必ずしも経済的とはいえない。

そこで両者の利点を生かした複合型として図2.1のC図のように、総括局を頂点とした階層構造のシステムが考えられる。つまり地域特有の処理・判断は集中局（ローカル局）でおこない、総合的な処理・判断を中枢局や総括局でおこなう方式である。このようにすれば、サブシステムに障害を受けても全システムがダウンすることはなく、上位階層には途中で選択された情報だけが入るので、総合判断が容易になる。しかし、このシステムは通信回線がツリー状に構成されているので、隣接地域の情報は上位階層を通さないと入手できない、横のつながりが無いという欠点がある。

それを解決するためには、図2.2のように通信回線を網状化（ネットワーク化）し、いくつかのローカルネットワークを階層状に組み合わせればよい。もちろんネットワーク化は集中処理型・分散処理型に対しても有効である。

以上で説明したようにシステム構成にはいくつかの方式があり、さらに部分的な組み合わせシステムも考えられるが、災害の発生状況に地域性があるように、情報伝達システムにも地域性を考慮し、各方式の得失を踏まえてシステムを設計する必要がある。

2.4 スループットタイムの検討

スループットタイムとはあるシステムに情報を入力してから処理した情報を出力するまでの時間と

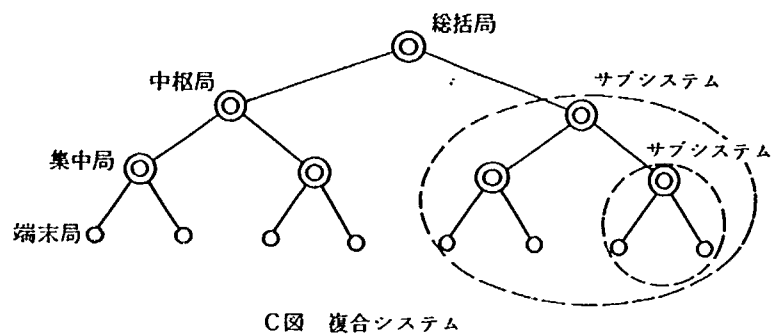
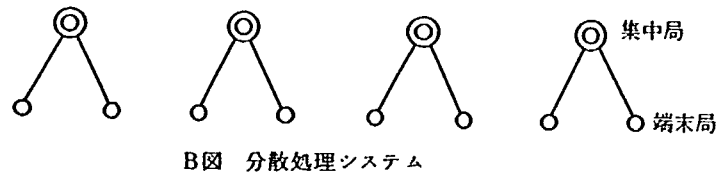
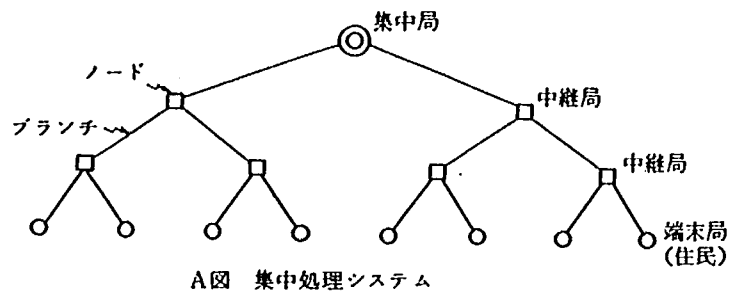
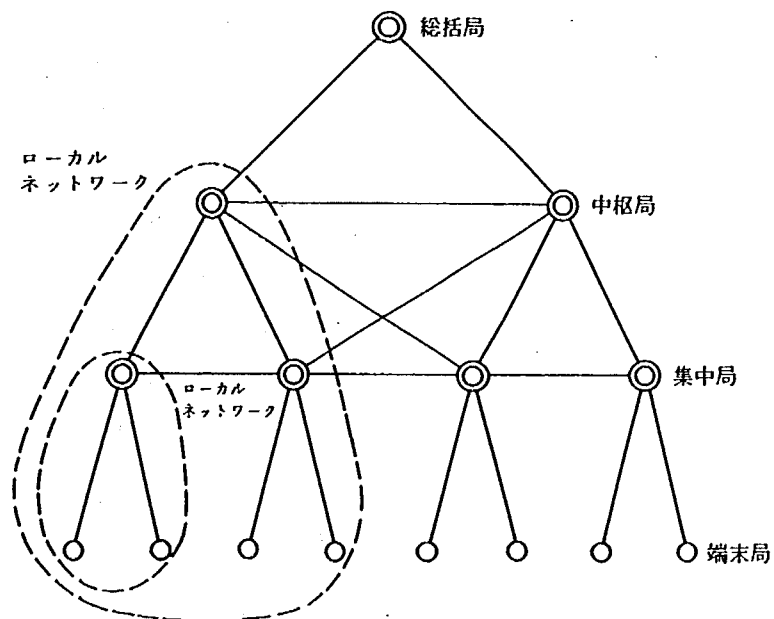


図-2.1 集中処理システムと分散処理システム



定義される。土砂害防止のための情報伝達システムでいえば、雨量を観測してから住民に避難指示が届くまでとなる。もう少し範囲を広げると、住民が安全な場所に避難しおわるまでとなる。スループットタイムはシステム構成によって変化する。ここでは基本モデルに各ステージの処理時間をあてはめて、システムとしての総合スループットタイムの適否を検討する。

2.4.1 各ステージの所要時間

(1) 測定ステージ

地上雨量計として1mm1転倒の転倒ます雨量計を使用した場合の雨量検出周期は、60mm/Hの雨量強度のときで1分となる。土石流が発生するような降雨は相当な強雨量強度と考えられるので測定時間は1分としてよい。

レーダ雨量計を使用した場合は、レーダの特性上5分程度の平均化時間を要するため、測定時間としては5分かかることになる。

(2) 伝送ステージ

雨量計と発生予知装置が直結されているシステムでは伝送時間は0である。

雨量データの伝送が必要な場合でも、地上雨量計のように点雨量の場合はデータ量が少ないので、伝送時間は1分以内であるが、テレメータシステムなどを利用していくつかの雨量計のデータを1箇所に収集するときは合計時間で考えなければならず、テレメータ方式としてボーリング方式を採用したときは5分程度の時間を要する。

レーダ雨量の場合は、面雨量のデータ量が多いので、一般に5～10分の伝送時間を要する。

(3) 予知ステージ

降雨量を基に自動的に土石流の発生を予知する場合は1分以内で予知可能であるが、短時間予知測降雨量を手動で入力するときは、数値の確認やキーボードの操作に5分程度の時間を要する。

(4) 通報ステージ

責任者が発生予知装置を直接監視する場合は、確認時間も含めて3分あればよいと思われる。

直接監視できない場合は予知情報を伝送しなければならないが、電話通報装置を使用したときは最少でも1分はかかるし、回線の混雑を考慮すれば3分程度をみる必要がある。

(5) 判断ステージ

責任者が発生予知装置から予知情報を受け取ってから避難勧告（命令）を出すまでには、気象情報などの確認、周辺現況の確認などをおこなわなければならない、さらに担当官どうしの相談なども必要であると思われるので、数分から10分程度の時間を要する。なお、ローカル型土石流発生監視装置のように自動的に広報までおこなうシステムでは判断時間は0分としてよい。

(6) 広報ステージ

同報方式の場合は、全住民に同時に情報を伝達できるので比較的短時間で済むが、同報システムへのアクセス時間を考慮すると、3～5分程度みる必要がある。なお、ローカル型土石流発生監視装置のように自動的に広報までおこなうシステムでは、アクセス時間が不要なので1～3分で伝達可能である。

順次方式の場合は、対象者数によって所要時間が変化するが、例えば電話によって10箇所に伝達す

るとすれば、10分以上かかると思われる。

(7) 決断ステージ

家族や隣人との相談、周囲状況の確認などで5～10分程度の時間を要すると思われる。

(8) 避難ステージ

避難場所あるいは避難経路によって変化するが、災害は夜昼を問わず、豪雨の中を老若男女すべての住民が避難することになるので、行動時間は長くても30分が限度であろう。

2.4.2 合計所要時間

合計所要時間は各ステージの構成によって変化する。次にいくつかの構成例をあげ、適当と思われる数値をあてはめて計算を試みる。

(1) ローカル土石流監視装置を中心としたシステムの例

ステージ	時間(分)		条 件
測定	1	1	転倒ます雨量計
伝送	0	0	雨量計直結
予知	1	1	
通報	0	3	左側は直接広報
判断	0	5	
広報	3	3	同報方式
決断	5	5	
避難	30	30	
合計	40分	48分	左側は自動方式の場合で、右側は責任者が介在する場合

備考 自動広報式のローカル土石流監視装置は降雨測定から避難完了までの時間が最短になると思われるが、それでも40分かかる。

(2) 集中型土石流監視装置を中心としたシステムの例

ステージ	時間(分)		条 件
測定	1		転倒ます雨量計1
伝送	1		自動立ち上がり方式テレメータ
予知	1		
通報	3		電話通報
判断	10		
広報	5		同報方式
決断	5		
避難	30		
合計	56分		

備考 この例だと降雨測定から避難完了までの時間が56分となり、土石流発生を1時間前に予知できるとすればほとんど余裕がないことになる。

(3) 降雨の測定にレーダ雨量計を使用したシステムの例

ステージ	時間(分)	条 件
測定	5	転倒ます雨量計 1
伝送	10	NTT 回線で伝送
予知	5	降雨予測値手動で入力
通報	3	電話通報
判断	10	
広報	5	同報方式
決断	5	
避難	30	
合計	73 分	

備考 この例では降雨測定から避難完了までの時間が 73 分かかるので、土石流発生を 1 時間前に予知したとすれば、発生までに避難を完了できないことになり、判断時間や避難時間などの再検討を要する。

2.4.3 スループットタイムの短縮

土石流発生予知のための基準雨量を設定するときは、土石流発生 の 1 時間前に予知情報を得られることを目標としているので、降雨測定から避難完了までに要する時間は 1 時間以内に限定される。また基準雨量そのものの精度を考慮すれば、さらに短い時間にする必要がある。システムの総合スループットタイムは構成方法によって変化するので、あるシステムを想定した場合は各ステージの所要時間(ステージスループットタイム)を検討し、少なくとも 1 時間以下の総合スループットタイムを確保しなければならない。

ステージによっては時間を短縮できないもの(例えばレーダ雨量計による測定時間)もあり、そういう場合はシステムの構成まで見直さなければならないこともある。いくつかのステージは人間の判断に時間を消費しており、また避難に要する時間が最も長くなっているが、判断時間や避難時間は訓練によって短縮できる可能性があり、そのための日頃の防災避難訓練が重要であるといえる。

なお、あらかじめ判断手順を作成しておけば、判断時間を大幅に短縮することが可能である。

2.5 モデルシステム

今までの検討事項をもとに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、システム設計の上での参考として扱ってほしい。

(1) 小規模システムの例

図 2.3 は小規模システムの例で、ローカル型土石流発生監視装置を中心としたシステムで、比較的安価で簡単に設置できる特長があり、孤立した危険溪流に適すると思われる。

(2) 中規模システムの例

図 2.4 は中規模システムの例で、集中型土石流発生監視装置を中心としたシステムである。複数の

雨量観測局を集中管理できるので、いくつかの危険溪流をかかえる自治体に適する。

(3) 大規模システムの例

図2.5は大規模システムの例で、集中型土石流発生監視装置をはじめ多くのサブシステムで構成されるが、中規模システムに付加機能を追加したものといえ、基本的な相違はない。

(4) 情報の流れ

図2.6に情報の流れを示す。

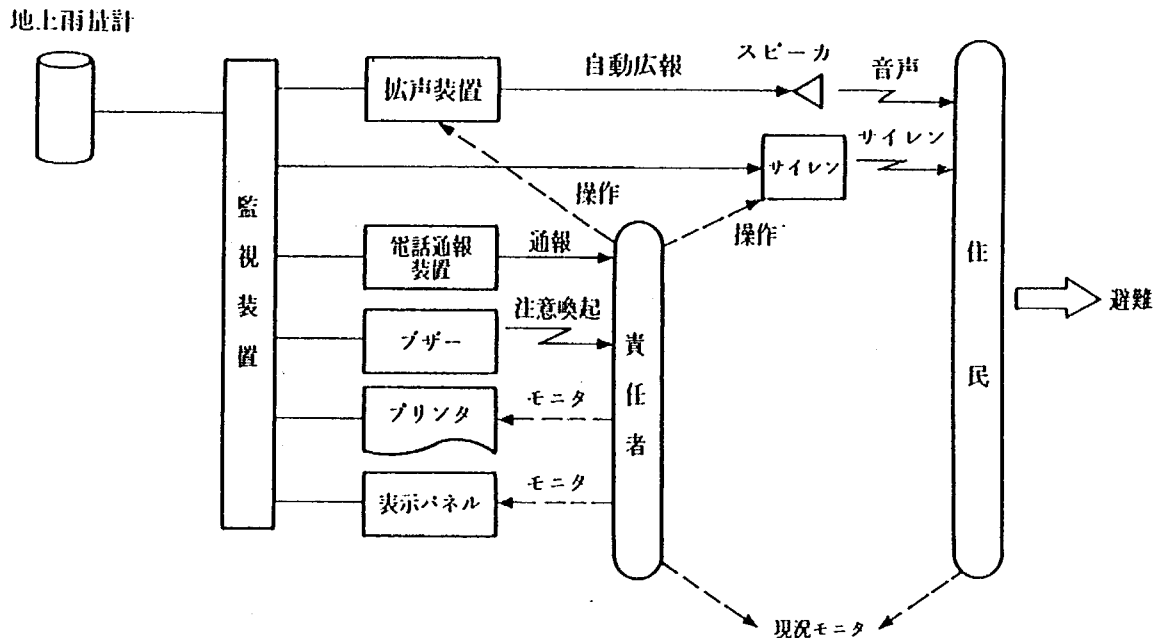


図-2.3 小規模システム (例)

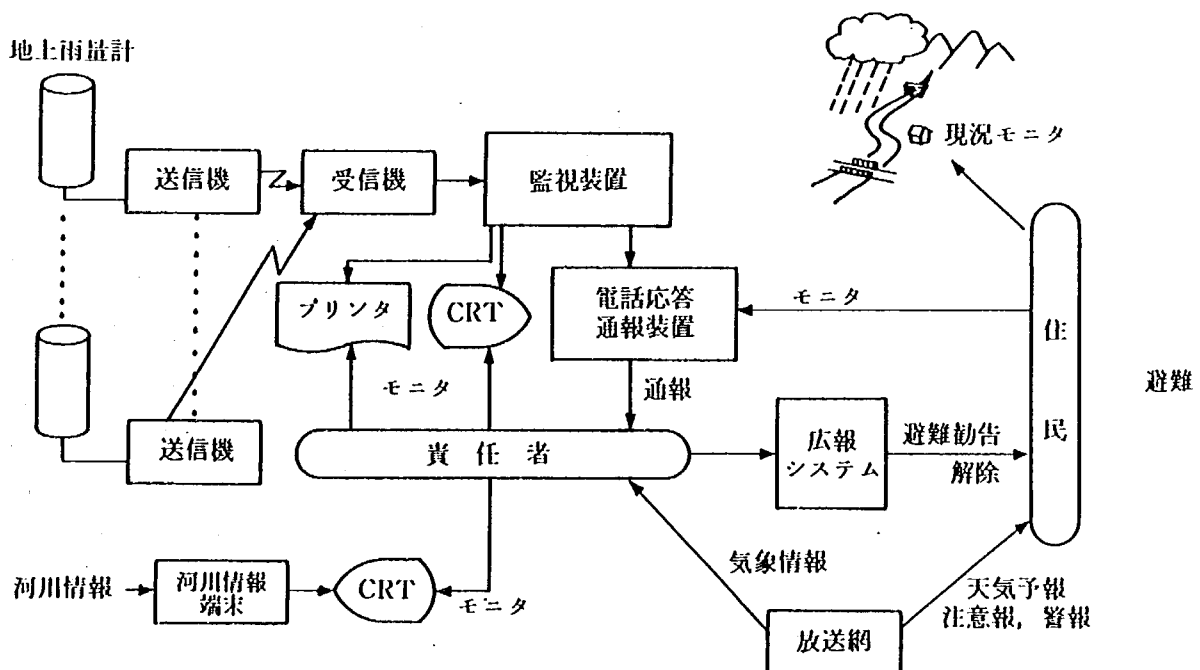
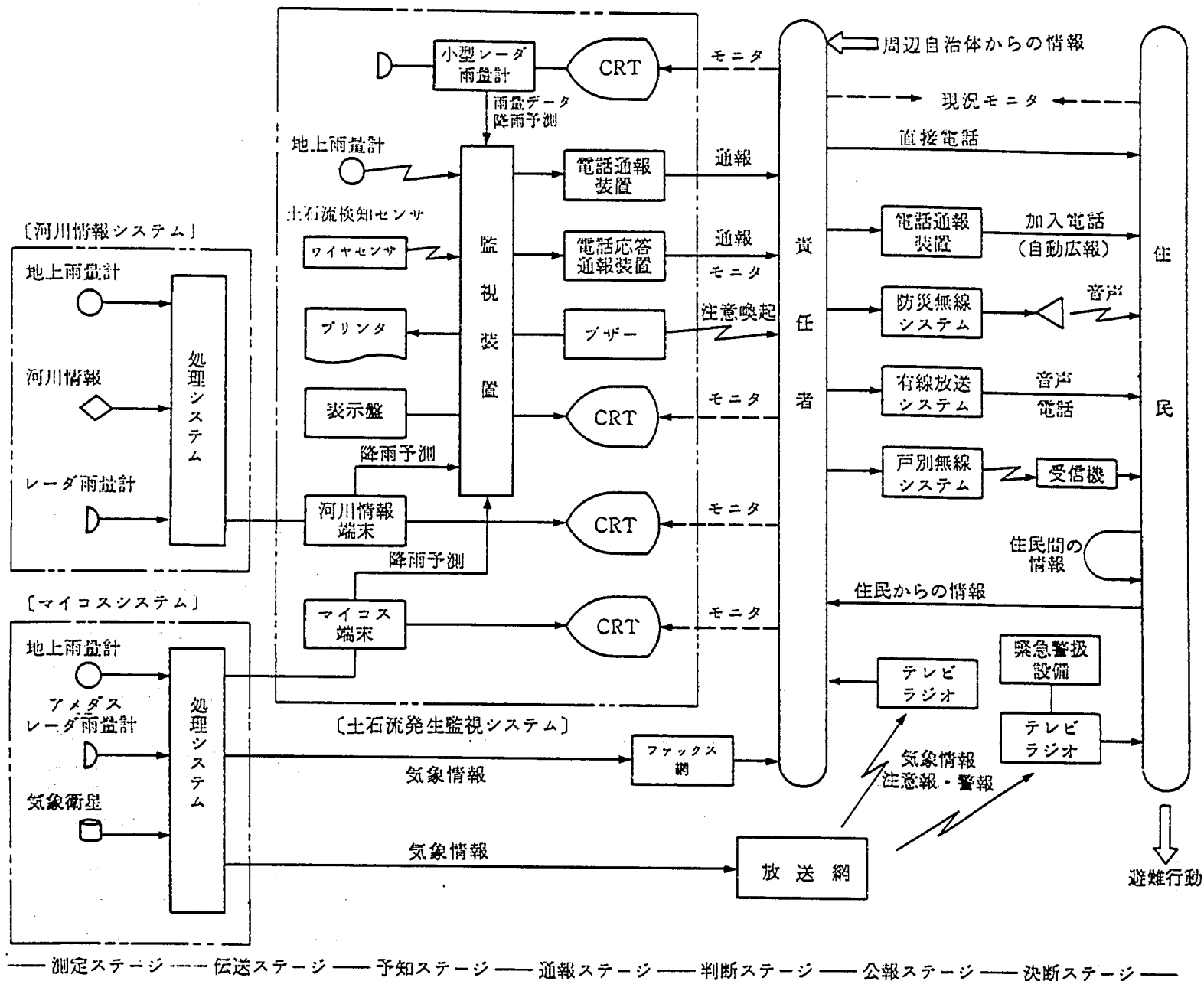


図-2.4 中規模システム (例)

図-2.5 大規模システム (例)



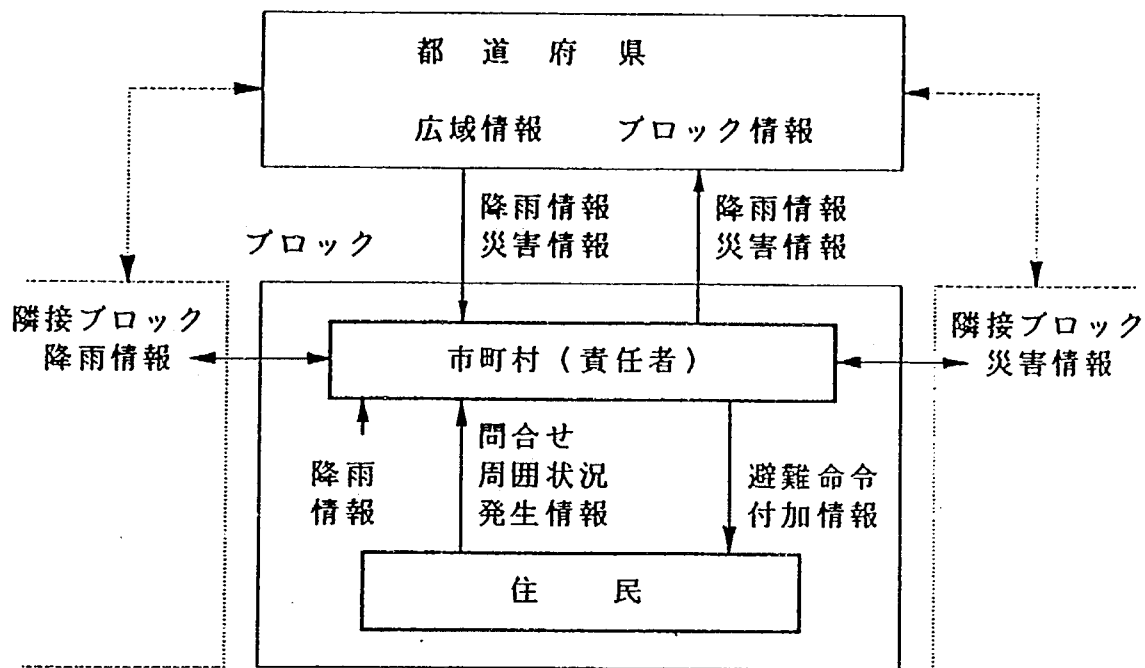


図-2.6 情報の流れ(例)

3. 通 信

3.1 概 要

災害時における情報の収集伝達のため通信は必要不可欠である。とくに無線通信は災害時において極めて有効な通信手段といえる。行政的にも種々の防災用無線通信網が整備されつつある（図 3.1 に防災関係の通信網を示す）。¹⁾

通信とは情報源と情報要求者の間を結ぶものであり、広義の意味では装置内部のデータのやりとりや電報・郵便までも含むが、ここでは降雨データの伝送、責任者への土石流発生予知情報の伝送および住民への避難情報の伝送について論ずる。これらの情報は原則としてリアルタイム性を要求されるから、通信手段としては電気的および光あるいは音波を応用したものにはほぼ限定される。

3.2 要求性能

通信に要求される要素として速度、量、精度がある。速度が早く量が多く精度が良ければ問題はないが、お互いにトレードオフつまりあちらを立てればこちらが立たずの関係にあり、さらにコストも考慮しなければならないので一概に各要素を決定することができない。そのためそれぞれの要素に対して必要にして十分な最小限の性能を持たせ、コストパフォーマンスのよい、バランスの取れたシステムとしなければならない。

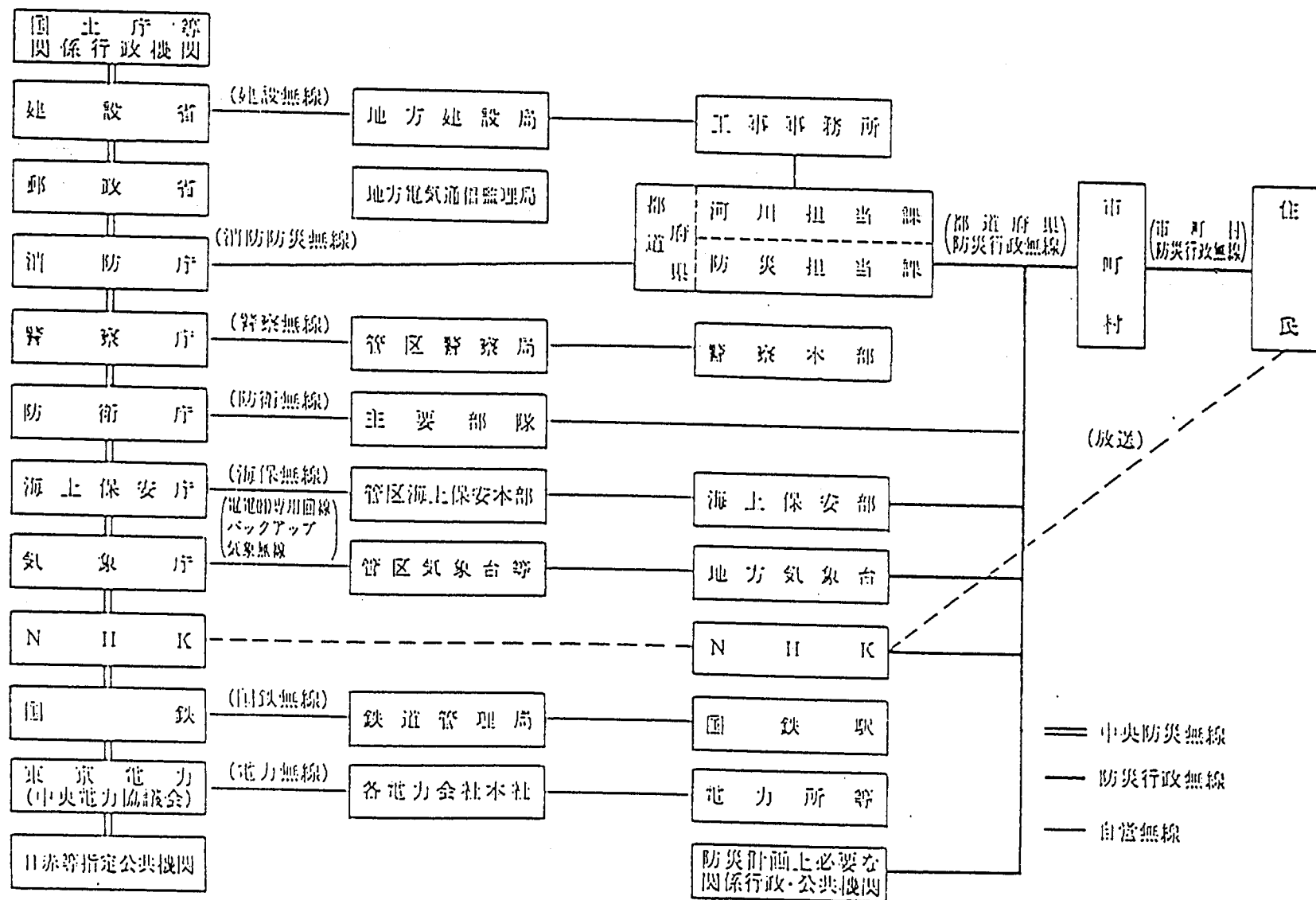
現在よく使用されている通信回線の帯域は音声帯域 1 チャンネル（電話回線 1 回線に相当し 300 Hz～3 kHz(3.4 KHz)の周波数帯域を持つ）であり、土砂災害防止のための情報伝達システムとしても主としてこの音声帯域を使用することになる。通信において帯域が限定されるということは伝送速度が限定されることになるので、伝送すべきデータ量が増えると時間がかかることになる。したがってデータ量はむやみにふやさず、高品位のものとしなければならない。

伝送する情報は住民への広報の音声のようなアナログ情報と、雨量データのようなデジタル情報がある。伝送精度はアナログ通信の場合は歪率（信号と雑音の比）で表わし、デジタル通信の場合は誤り率で表わすが、通常、有線無線にかかわらず電話回線は音声通話に支障のないレベルに保たれている。有線電話回線や無線電話回線をデジタル通信に使用した場合の誤り率は 10^{-4} ～ 10^{-6} BER（ビット当たりの誤り率）程度である。音声は一部が欠けても意味が取れるが、データ通信では 1 つのビット（情報の最小単位）が欠けても情報として成り立たなくなることがある。回線の誤り率そのものを低減すればよいが、0 にすることは不可能である。そのため初めから伝送上の誤りがあるものとし、誤ったときにそれが情報としての誤りにならないように、伝送誤りの検出機能あるいは修正機能が優れた通信手順を選択する必要がある。

3.3 通信路の確保

高品質な情報を早く、多量に、誤りなく、かつ安価に伝送できる通信回線を確保することは容易ではない。まして災害時にそれを確保することは至難のわざであるので、通信回線はできるだけ災害の

図-3.1 防災関係通信網



資料：各省庁調べより作成

(防災白書から転載)

影響を受けにくいものを選択しなければならない。有線回線は比較的災害の影響を受け易いので注意しなければならない。したがって重要な回線はできるだけ無線化することが望ましいといえる。

また、通信回線の一部あるいは大部分が機能しなくなった場合を考慮してシステムを構築しなければならない。それには通信装置の2重化や無停電化とともに通信回線の多重化を考慮すべきである。

無停電化は当然必要で、予想される災害継続時間とそれに伴う停電時間を考慮して無停電電源装置の容量を決定する。通信装置の2重化はコスト的に困難な面もあるが、少なくとも日常の保守の困難な場所、例えば無線中継局などは2重化が必要と思われる。

土砂害防止のための情報伝達システム専用として複数の通信回線を持つことはコストおよび法制上の面で困難であるので、専用主回線の他に既存の通信網を副回線とし、そのときの状況に合わせて利用すべきである。とくに住民に対する通報は相手が多数なこともあり、一般家庭に災害のためだけに定常的な通信網を用意することは困難なので、あらかじめ複数の通信路を考慮しておきたい。

3.4 利用可能な通信網

(1) 中央防災無線網¹⁾

指定行政機関、指定公共機関等防災関係機関相互の間を結ぶ無線網であり、1984年末現在、すべての指定行政機関、18の指定公共機関、内閣総理大臣邸、衆・参議院、内閣法制局および宮内庁との間に電話およびファクシミリによるネットワークが完成している。

(2) 消防防災無線網¹⁾

消防庁と都道府県との間を結ぶ無線網で、全都道府県に対して電話およびファクシミリによる一斉通報等がおこなわれている。1984年11月から大規模地震等の災害による地上通信系の障害回避のため衛星通信を利用した回線多ルート化がおこなわれている。

(3) 都道府県防災行政無線網¹⁾

都道府県防災行政無線網は都道府県と市町村との間において、地域防災計画に基づく災害情報の収集・伝達をおこなうために整備が図られており、このシステムは一般に固定系無線、移動系無線およびテレメータ系無線で構成されている(図3.2参照)。

(4) 市町村防災行政無線¹⁾

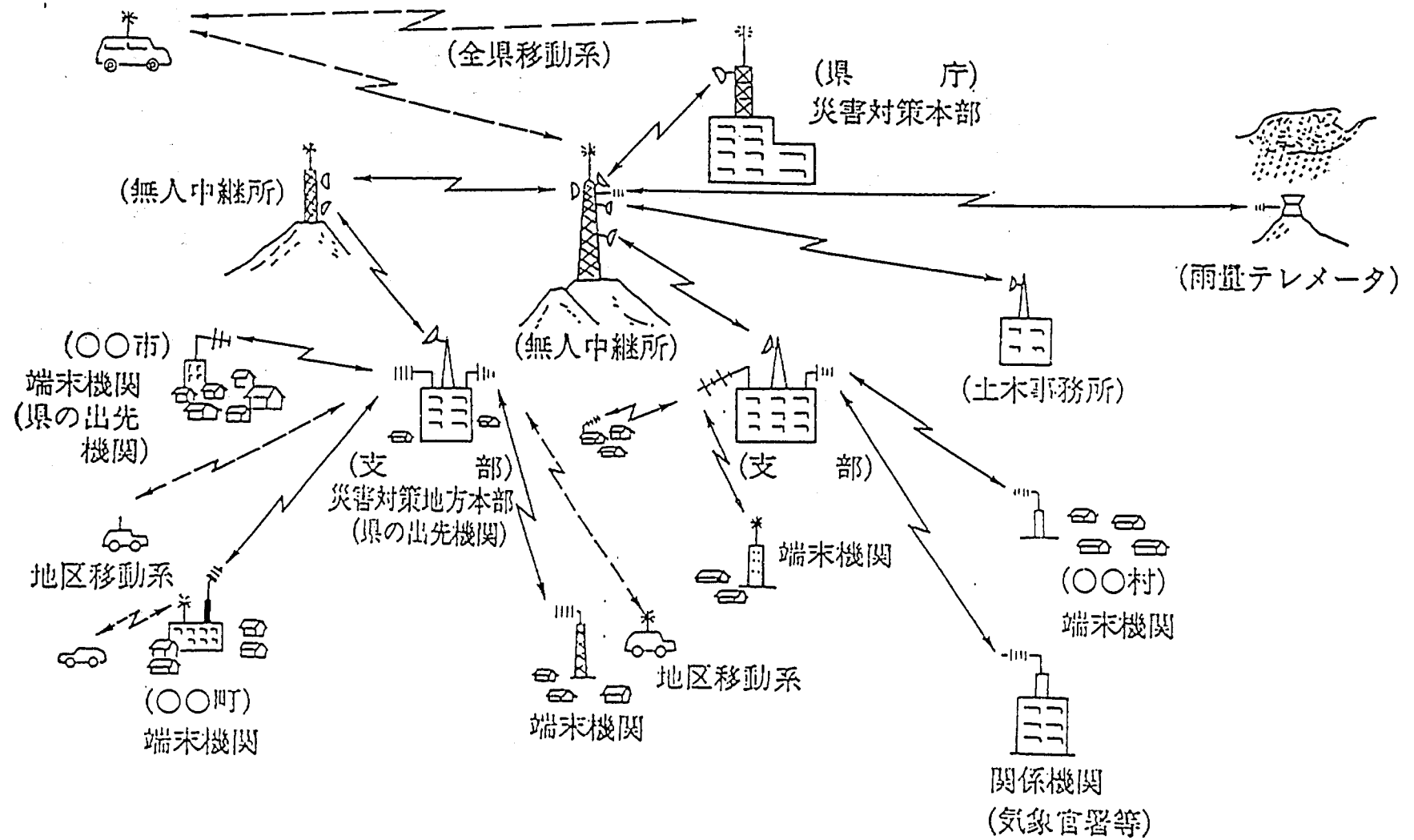
市町村防災行政無線は市町村が住民に対し災害情報の周知徹底を図り、また災害情報を収集するために整備が進められており、このシステムは一般に同報系無線、移動系無線等で構成されている(図3.3参照)。

(5) 防災相互通信用無線網¹⁾

防災相互通信用無線網は大型石油コンビナート等における災害等に備え、行政機関、公共機関、地方公共団体および地域防災関係団体が、機関相互間で防災情報の交換をおこなうために設置されている移動系無線である。

(6) 一般放送網

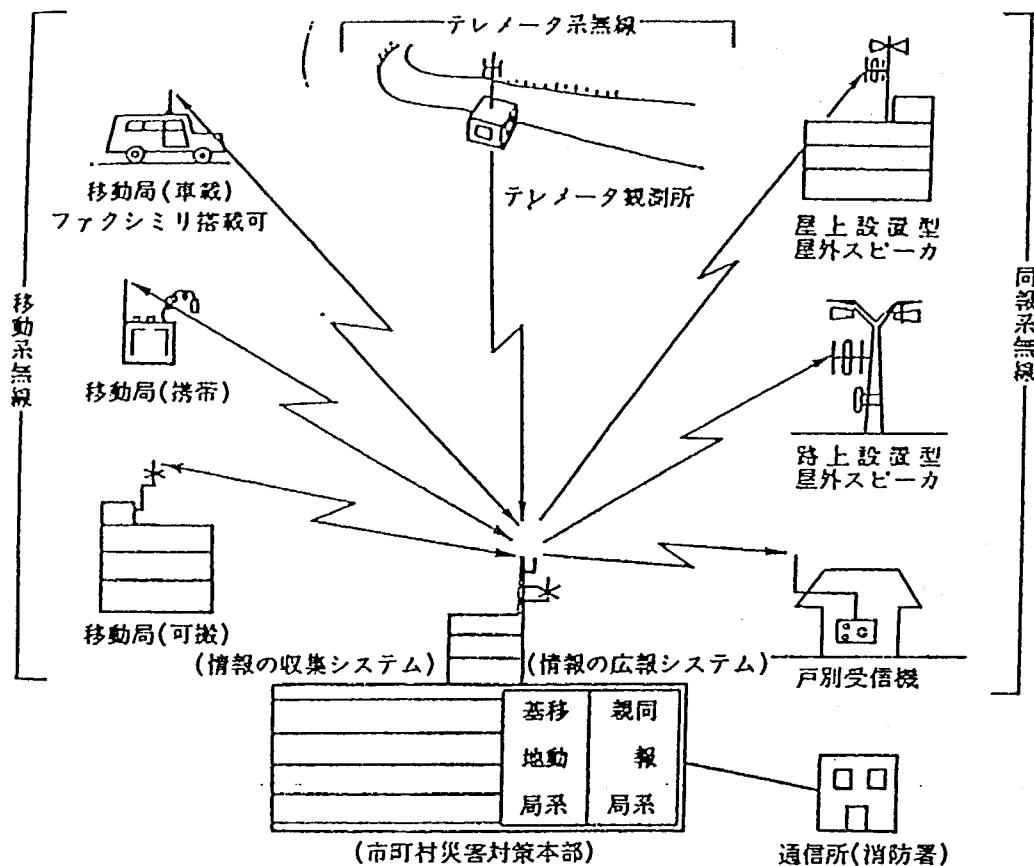
テレビ、ラジオなどの放送網は全国がカバーされており、受信機の普及とあいまって非常に有効な



資料：郵政省

(防災白書から転載)

図-3.2 都道府県防災行政無線網のシステム概念図



資料：郵政省

図-3.3 市町村防災行政無線網のシステム概念図（防災白書から転載）

通信網の1つである。もちろん通常から天気予報などの情報源として利用しているわけであるが、大災害発生時に当該地のローカル放送局を災害専用として機能させればより有効に利用できるといえる。過去の災害でも個人的消息情報などを放送した例があるが、あらかじめ防災担当者と放送局とで協定などを結んでおけば、スムーズな運用が可能になるし、事後の情報だけでなく避難の指示などの事前情報にも利用可能かと思われる。

(7) 緊急警報放送システム²⁾

災害情報の伝達における放送の効用を一層高めるために緊急警報放送システムが1985年6月に法制化され、同年9月に一部運用が開始された。このシステムは受信者が緊急警報受信機を用意し、あらかじめ待ち受け受信の状態にしておけば、ラジオ放送（中波、短波、FM）あるいはテレビ放送による災害に関する放送の前に放送局が緊急放送信号を送ることにより、自動的に警報音が発生し引き続く放送が受信できるものである。本システムの導入によって、放送終了後の深夜や日中でも視聴者が放送を視聴していないときにおける災害情報の受信がより確実なものになると期待される。（図3.4参照）

(8) 加入電話

ほとんどの家庭に普及しているので安易に利用できる通信網であるが、端末部分が有線であるので、災害時に機能を確保できない可能性が高い。避難の指示などの連絡は災害発生前なので支障はないと

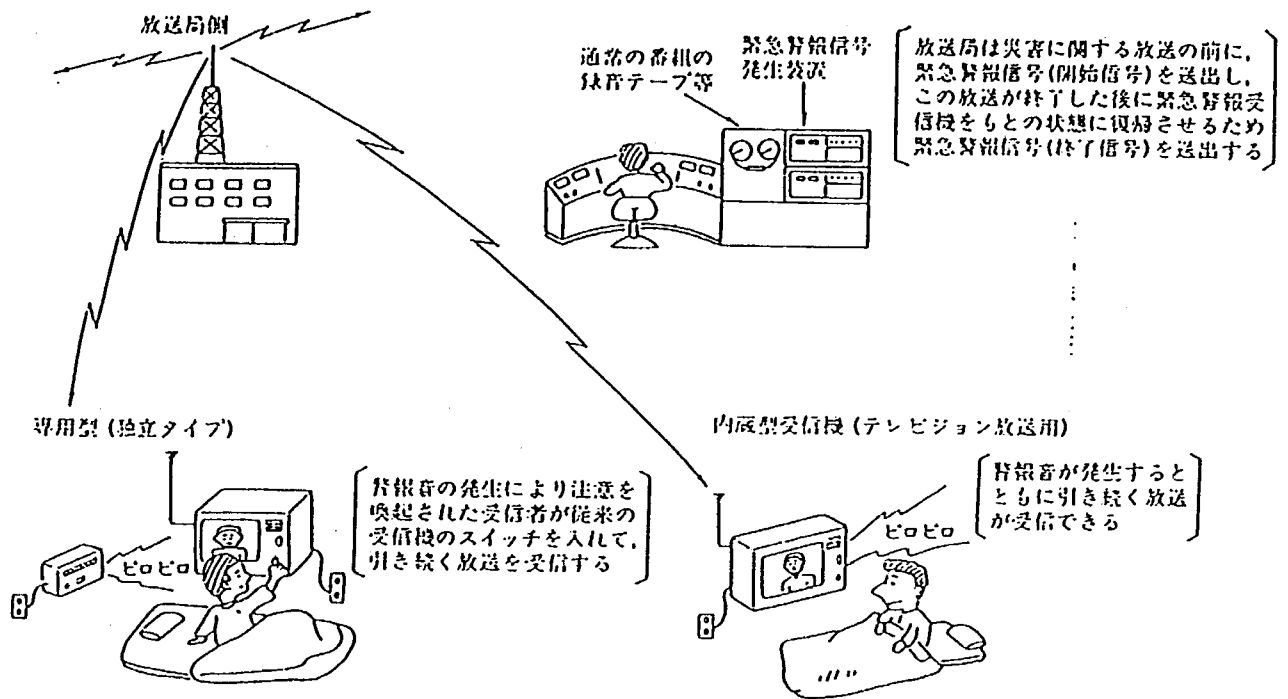


図-3.4 緊急警報放送システム (通信白書から転載)

思うかもしれないが、そうではない。つまり災害が起きるような大雨が降るときは災害が発生するしないにかかわらず、問い合わせなどの一般通話で回線がふくそう（輻輳）し、回線がつながるまでの待ち時間が大幅に増加して必要な通話ができなくなる可能性が強いからである。したがって重要な情報伝達手段として加入電話だけに頼ることは避けなければならない。

(9) 民間会社無線

民間会社にもタクシー会社や運送会社のように独自の通信網を持っているところがあるので、いざという場合は非常用として運用を考慮しておくといよい。

(10) 個人無線

個人無線としては、パーソナル無線、市民無線、アマチュア無線がある。全国ではそれぞれ数十万局以上あり、災害時には有効な通信手段となりうる。パーソナル無線、市民無線は個人的免許を必要とせず安易に使用可能であるが、有効通達距離が短い（一般に数 km 以下）のと局数の増加と共に混信が多い欠点がある。アマチュア無線は免許を必要とするが、有効通達距離が長く（周波数、設備によっては全国をカバーする）、運用者が通信技術・電氣的技術を有しているので、有効であると思われる。いずれにしても災害時通信としてスムーズな運用をするためには訓練が必要であり、地域の防災訓練などに組み込んでおくことが望ましいといえる。

3.5 ニューメディアについて

高度経済成長にともない通信に対するニーズは高度化、多様化しており、それに対応する高付加価値を持ったいくつかの通信システムが実用化され始めた。これらをニューメディア（直訳すれば新しい媒体、情報を媒介するもの）と称している。それに合わせるように国内の通信の自由化が進められ、

1985年4月1日には電電公社が民営化されて日本電信電話株式会社（NTT）になった。それまで電電公社に独占されていた通信サービスが一般に開放され、建設省を中心とした日本高速通信^{（株）}、国鉄を中心とした日本テレコム^{（株）}、電子機器メーカーを中心とした第二電電^{（株）}の3社が地上における公衆通信を目的とした第一種電気通信事業（通信回線設備を有する）として発足した。このほか衛星通信サービス事業あるいは第二種電気通信事業（第一種電気通信事業の通信回線設備を利用して情報サービスをおこなう）に多くの企業が参入し、ニューメディアの提供をおこなおうとしている。

土砂災害を防止するための情報収集伝達システムとしても、これらのニューメディアを利用を考えていなければならないと思われる。いまのところニューメディアは大都市に偏在しているが、いずれ全国がカバーされるであろうし、現在でも都市周辺の土砂災害対策には利用可能である。

以下に現在サービス中あるいは実験中のニューメディアのいくつかを紹介する。

（1）宇宙通信²⁾

近年宇宙開発が進み、日本においても衛星通信の有する同報性、広域性を生かした通信サービスがなされており、テレビ放送や離島通信に使用されている。衛星通信は地上の災害の影響が少ない特長があるので、土砂災害を防止するための情報伝達システムの地上系回線の補間的利用に適する。もちろん衛星通信をシステムの主回線としてもよいのだが、現在のところ設備や使用料に費用がかかり、回線数にも限界があるため、今後の製品開発・技術開発を待ちたい。

（2）ビデオテックス²⁾

ビデオテックスは、企業や家庭にあるテレビ受像機、パソコン等と情報センタを電話回線で接続して、情報センタに蓄積された情報を文字あるいは図形で提供するもので、情報の検索は会話形式でおこなえるので利用者手動で情報を得ることができる。国内ではキャプテンシステムの名称で1984年11月から大都市を中心にサービスが開始されている。（図3.5参照）

（3）有線テレビジョン（CATV）²⁾

有線テレビジョンは、従来テレビ放送の辺地難視聴および都市部における受信障害解消を目的とする小規模なものが多かったが、最近では大規模・多チャネル・多目的の都市型システムの設置が見られるようになった。音や文字だけでなく動く映像まで伝送できるので災害発生状況の伝送などに威力を発揮すると考える。（図3.6参照）

（4）INS

INSは高度情報通信システム（Information Network System）の略で、デジタル化した全国通信回線網を作ろうとするNTTの計画システムで、今までのアナログ回線である電話やファクシミリを含めてすべての情報をデジタル通信で伝送できるようになり、高速・高精度の情報伝送が期待できる。現在東京三鷹地区でモデル実験中である。

（5）VAN

VANは付加価値ネットワーク（Value Added Network）の略で、特定の通信網をさすものではなく、いままでの通話を主体とした通信網に対しより多くの価値ある情報をサービスできるものの総称である。したがって上記のビデオテックスやINSもVANといえる。

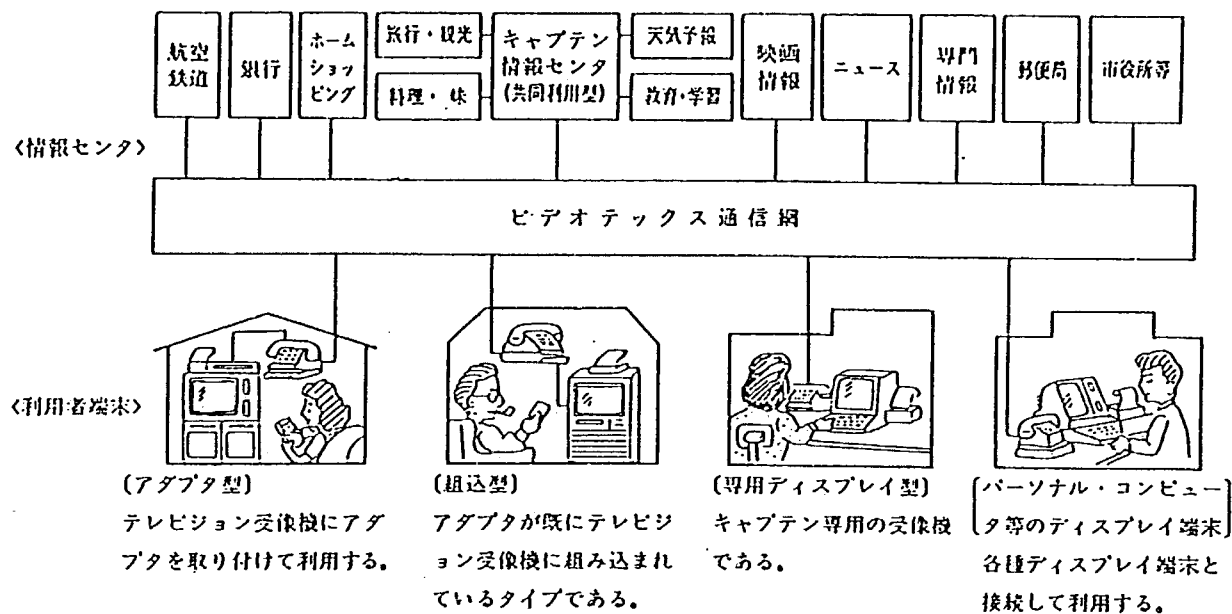


図-3.5 ビデオテックス概念図 (通信白書から転載)

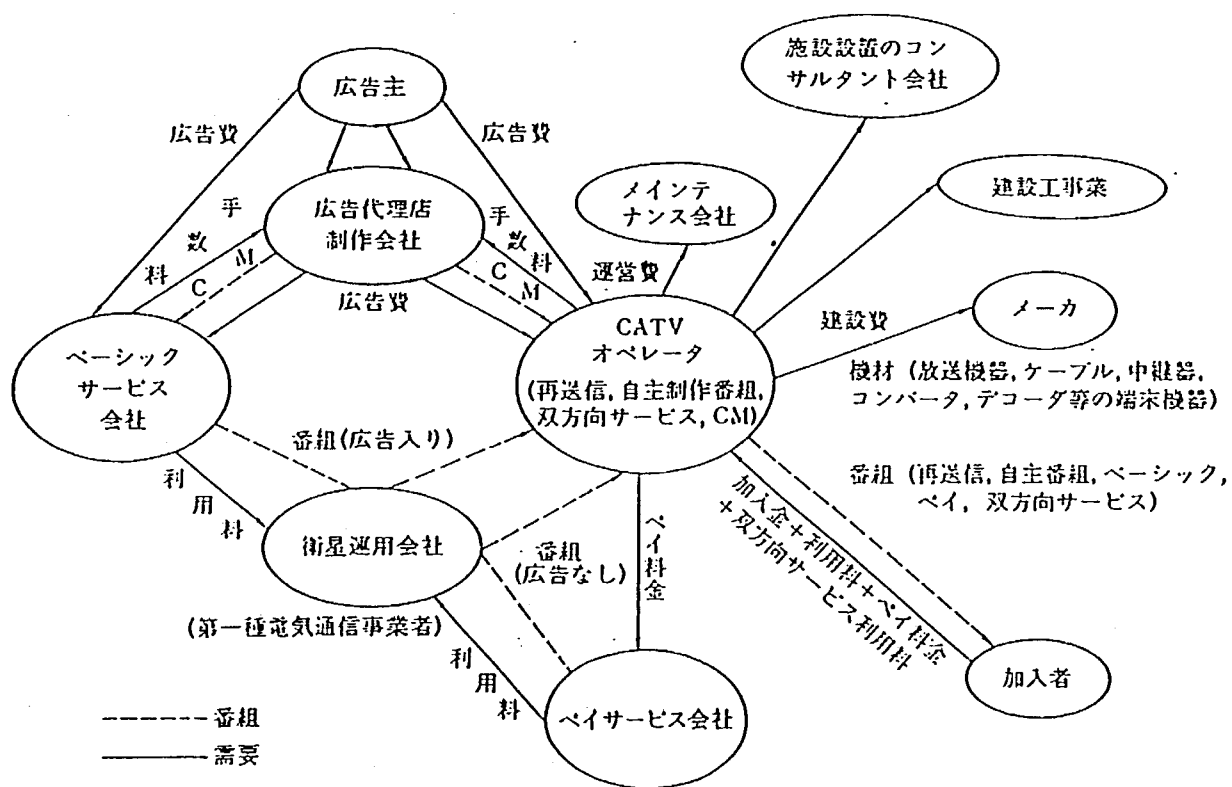


図-3.6 有線テレビジョン放送サービス関連市場の構造 (通信白書から転載)

4. 装置紹介

4.1 概 要

本章では土砂害防止のための情報収集伝達システムを構成する各種装置、サブシステムに概要を紹介する。

4.2 雨量センサ

(1) 地上雨量計

地上雨量計は、文字どおり地上に降った雨の量を測定するもので、転倒ます型が一般的で、貯溜型も一部使用されている。いずれも直径 200 mm の受水口で受けた降水量を測るもので、ある地域の雨量を測ろうとするときは雨域の大きさに応じた密度で雨量計を設置しなければならない。気象庁アメダスの例だと設置密度は 1 台/300 km² 程度（約 17 km 四方）である。

転倒ます型雨量計は構造が簡単で比較的精度が高く、電力が不要という特長があり、また出力がパルス（1 mm/1 転倒、0.5 mm/1 転倒）なので遠隔計測が容易であるが、雨量強度が大きく（100 mm/H 程度以上）になると誤差が増す欠点がある。これは転倒ますの機構に起因するもので 1 mm/1 転倒タイプより 0.5 mm/1 転倒タイプの方が誤差の増す度合いが大きい傾向にある。

これに対して貯溜型雨量計はタンクに溜めた雨水の容積（重量）を測定するため雨量強度による誤差の増大傾向はないが、構造が複雑で電力を要する欠点がある。

(2) レーダ雨量計

レーダ雨量計は、空中の雨滴に電波をあて、雨滴からの反射波の強度で雨量強度を測定するもので、地上雨量計が点の雨量を測るのに対し面の雨量を測るという特徴がある。本来レーダの反射波の強度はアナログ値であるが、人間が認識しやすくかつコンピュータによる解析等を容易にするために、信号をデジタル処理して測定範囲を網の目（メッシュ）状に分割し各メッシュの平均雨量強度として出力している。なおレーダの反射波は短時間の強度変化が大きいいため、時間的平均化処理をしているので、データが出力されるまで 5 分程度の時間がかかる。また空間の雨滴を測定しているため必ずしも地上雨量計での測定値と一致せず、山岳地帯のように電波に対する妨害物がある地域では誤差が増える欠点がある。

メッシュの大きさは大型レーダ雨量計で 3 km×4 km、小型レーダ雨量計で 250 m×300 m 程度であり、地上雨量計よりも相当高密度の雨量データを収集できる。大型レーダ雨量計と小型レーダ雨量計は測定範囲（大型は半径 100 km～200 km、小型は半径 30 km 程度）で区別しており、原理的には同一である。現在、大型レーダ雨量計による全国レーダ網が整備されつつあり、より高密度の観測あるいは山岳地帯の高精度観測には小型レーダ雨量計の普及が期待される。

最近、ドップラレーダが実用化され注目されている。これはドップラ効果（移動物体からの反射波あるいは輻射波は移動速度に比例して周波数が変化する）を利用したもので、雨量強度とともに雨滴の移動速度、移動方向を測定できるので、そのデータを使って降雨予測精度向上への応用が期待でき

る。

4.3 土石流センサ（土石流発生検知装置）

（１） ワイヤセンサ³⁾

溪流を横断するようにワイヤを張り、ワイヤには普段電流を流しておき、これを土石流が切断して電流が切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土石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、連続して流下する土石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。（図 4.1 A 参照）

（２） インバール線センサ³⁾

ワイヤセンサと同様に溪流を横断するようにインバール（鉄ニッケル合金、線膨張係数が小さい）線を張り、これに土石流が当たって発生する張力によってスイッチを駆動するものである。常時電流を流す必要がないので省電力ではあるが、土石流でインバール線が切断された場合は再度張りなおさなければならない。なおスイッチの切断ができればよいので必ずしもインバール線である必要はない。（図 4.1 B 参照）

（３） 光電式センサ³⁾

ワイヤセンサのワイヤの代わりに溪流を横断して光線（一般に赤外線）を通じておき、その光線を土石流がさえぎることにより検知するものである。非接触方式のため土石流流出ごとの補修が不要で、連続して流下する土石流も検知することができる。しかし光線を常時通じておかなければならないので、ある程度の電力を消費する。また濃霧のときは誤動作するおそれがあり、インバール線センサと併用などの対策が必要である。（図 4.1 C 参照）

（４） 接触式センサ³⁾

溪流上部から電極を垂らしその電極に土石流が接触することで検知するもので、水と土砂の混合体である土石流の導電性を利用している。土石流流下後の張り代えを必要とせず、また常時電流を流す必要がないので省電力ではあるが、溪岸の高さが要求されるなど設置条件が限定され、V(U)字谷への設置に適する。（図 4.1 D 参照）

（５） 礫移動式センサ³⁾

河床に磁気近接スイッチを設置し、その上に磁石を埋め込んだ礫（現場礫）を置いて、土石流とともにその礫が移動するのを検知するものである。大きさの違う複数の礫を設置することで土石流の規模にある程度対応できる。土石流流下後は礫が流されてしまうので再設置が必要で、連続して流下する土石流は検知することができない。（図 4.1 E 参照）

（６） 震動計式センサ³⁾

河床あるいは溪流近くの地面に振動計（加速度センサ）を設置し、土石流の流下による地面の振動をとらえようとするものである。振動計の出力がある一定のレベルを超えたときを発生とするが、現在のところ土石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などの違いを解明しての精度の向上が待たれる。(図 4.1 F 参照)

(7) マイクロ波センサ

現在研究中のもので、溪流上部にマイクロ波送受信機を設置し、土砂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、土砂の流動速度も合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。(図 4.1 G 参照)

4.4 河川情報センター⁴⁾

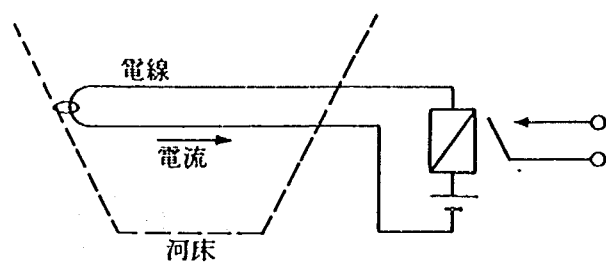
河川情報センターとは、河川およびその流域に関する情報の収集、処理、加工および提供に関する調査研究、技術開発をおこなうことにより、情報管理および情報提供の手法を確立して、その成果を広く国民社会に活用し、もって水災害による被害の軽減ならびに河川の適正な管理、利用の増進に役立たせることを目的とする財団法人である。具体的業務内容として次の各項目が挙げられており、土石流発生予知のための広域データの収集あるいは降雨予測情報の入手に有効であると思われる。

- (1) 河川・流域情報の収集、処理、加工および提供に関する調査研究
- (2) 河川・流域情報の収集、処理、加工および提供に関する技術開発およびシステム等の標準化
- (3) 河川・流域情報および関連情報の収集、処理、加工ならびに提供
- (4) 河川・流域情報および関連情報の提供に関するシステムの管理
- (5) 河川および流域に関する広報
- (6) 河川・流域情報に関する国際協力
- (7) 前各号に関する受託業務
- (8) その他この法人の目的を達成するために必要な業務

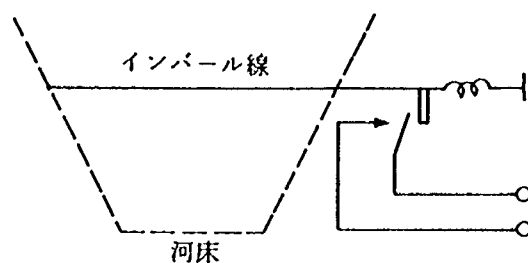
なお河川情報センターは 1985 年末に設立したばかりであり、実際に情報サービスを開始するのは 1986 年 6 月の予定で、サービスメニューを準備中である。そのためサービス開始までに砂防独自の情報のメニュー追加を希望すれば早期に採用してもらえることも考えられるし、サービス開始後も利用者の要求を取り入れる用意があるとのことなので、今後の発展に期待したい。(図 4.2 参照)

4.5 マイコスシステム⁵⁾

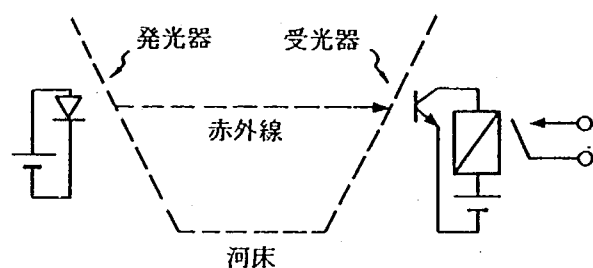
マイコス (MICOS : Meteorological Information Comprehensive Online Service) は、気象庁の ADESS (気象資料自動編集中継装置)、AMeDAS (地域気象観測システム) などと直結し国内の気象情報のほか世界の気象情報、地震情報を即時に収集し、解析・配信するシステムである。得られる情報は雨量データのほか注意報・警報発表状況、気象レーダ情報、ひまわり雲画像、天気図、台風情報などがあり、とくに経験豊かなスタッフによる降雨予測情報は土石流発生予知のために有用だと思われる。現在それらの情報は NTT 回線を通して分配されており、利用者はオンライン端末を設置するだけでよい。端末としてパソコンを利用した場合はプログラムを用意すればローカルでデータを加工することも可能である。(図 4.3 参照)



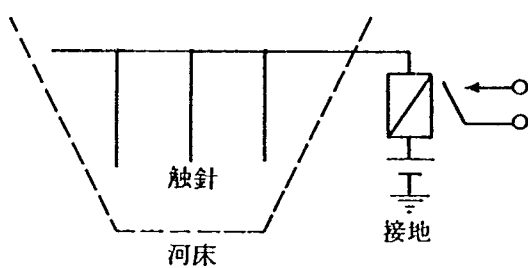
A図 ワイヤセンサ



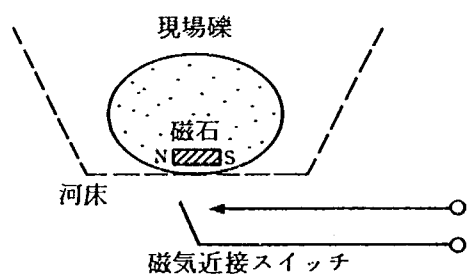
B図 インボールセンサ



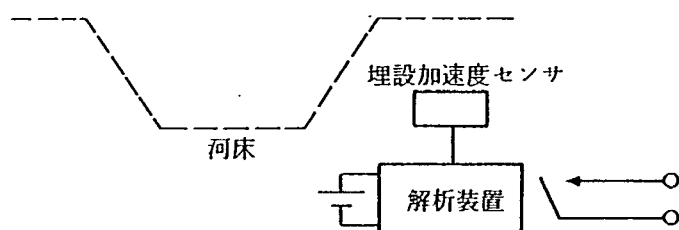
C図 光電式センサ



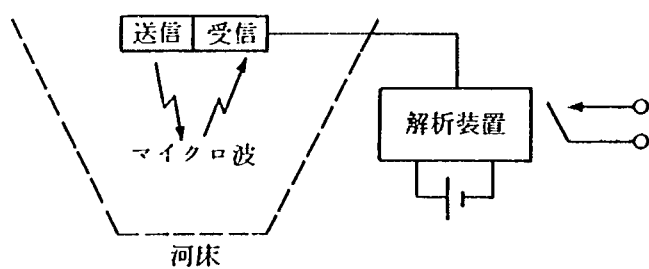
D図 接触式センサ



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

図-4.1 土石流センサ原理図

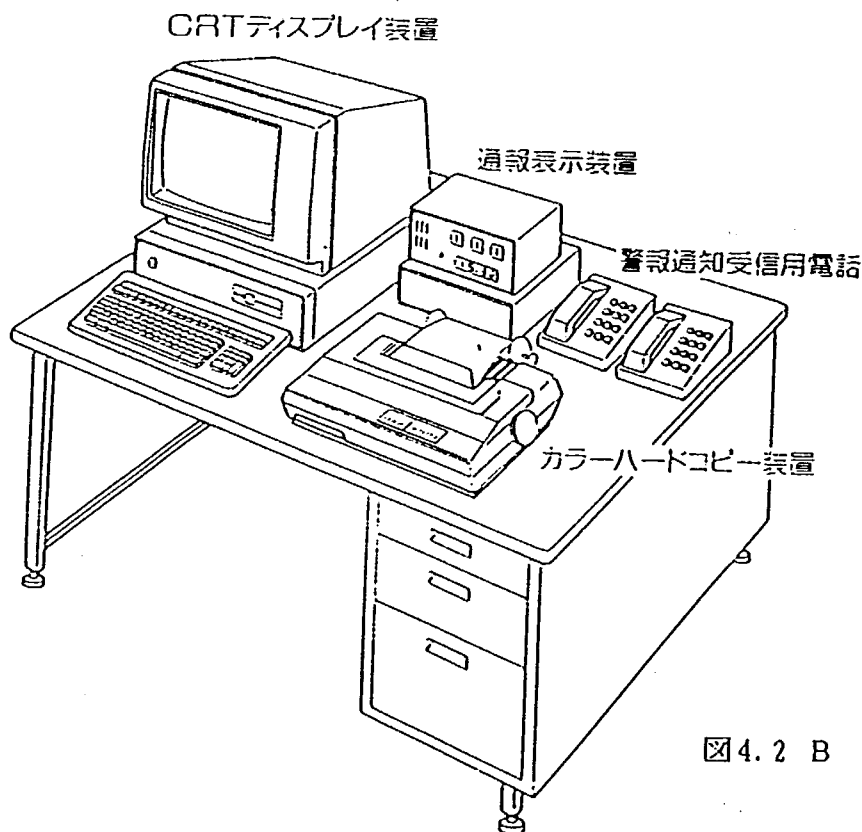
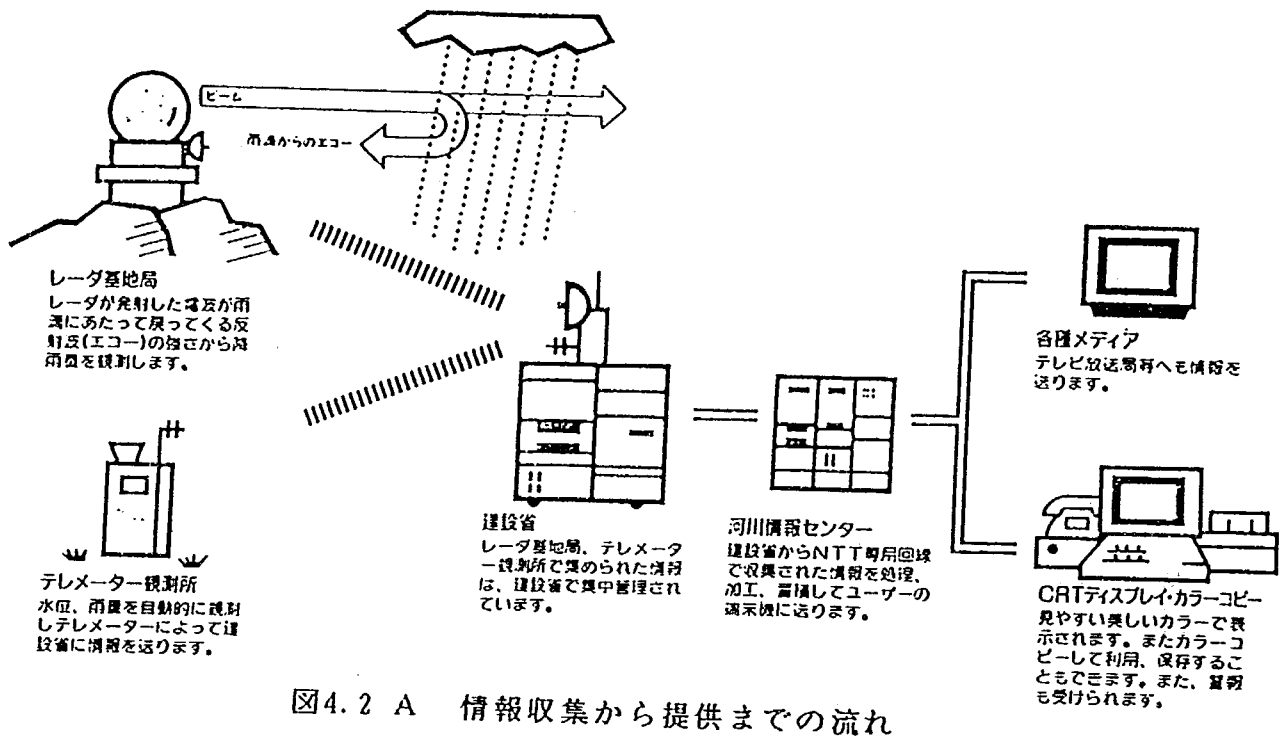


図-4.2 河川情報システム（河川情報センターパンフレットから転載）

オンライン気象情報提供システム

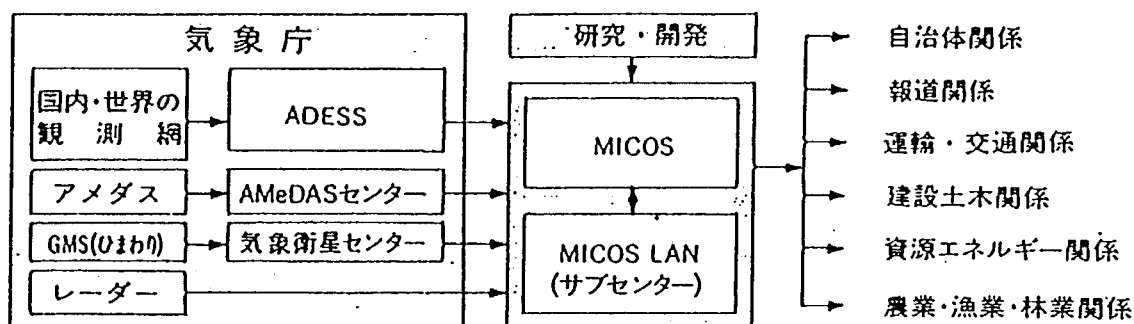


図-4.3 マイコスシステムの概念図（マイコスシステムパンフレットから転載）

4.6 土石流発生監視装置

降雨を計測，解析して土石流発生を予知し住民に広報あるいは責任者に通報することを目的としたシステムである。ローカル型と集中型があり，それぞれ建設省の建設技術評価規定に基づいた装置が開発されている。

(1) ローカル型土石流発生監視装置

土石流発生危険溪流近傍に雨量計，予警報装置および広報装置（あるいは通報装置）を設置し，その場で土石流発生を予知し，ただちに住民に広報（あるいは責任者に通報）するシステムである。システムが小規模であるので安価で設置が容易であり，雨量測定から住民への広報までのスループットタイムを短くできる特長がある。

(2) 集中型土石流発生監視装置

いくつかの土石流発生危険溪流を1箇所で見守りしようとするもので，各溪流近傍に設置した雨量計のデータを収集して各々の溪流に対して土石流発生を予知できる。一般に予知した情報は責任者に通報するのみで住民に直接広報することはない。

4.7 責任者への通報装置

(1) 電話通報装置

警戒・避難などの予知情報を受け取ると公衆加入電話回線を通して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。通報は音声録音テープあるいは合成音声でおこなうので特別な訓練を必要とせずに使用できる。

(2) 電話応答通報装置

通報に関しては上記電話通報装置と同等の機能であるが，この装置に対して電話をかけると雨量データ等を合成音声で応答する機能が追加されているものである。指定の電話番号を公開すれば責任者に限らず何時でも誰でも雨量データ等を聞くことができる。

(3) ファクシミリ装置

電話回線を利用して画像を送送する装置で、音声電話の場合は通報記録が残らない欠点があるが、本装置を使うと紙に記録されるので有用である。現在、予警報装置などで自動的にファクシミリ伝送できるものはないが、今後の開発が待たれるところである。

4.8 住民への通報装置

(1) 電話通報装置

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ふやすなどの対策が必要である。

(2) 拡声装置

音声増幅器とスピーカを組み合わせ、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) サイレン

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、バッテリー動作も可能であるが、出力は数百 W 程度が一般的である。

(4) 表示盤

拡声装置やサイレンが警戒・避難の情報だけを伝えるのに対し、降雨データもいっしょに数字表示できる特長がある。

(5) 回転灯

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おそれもある。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、とくに夜間は有用と思われる。

5. モデル事業紹介

5.1 概 説

土砂災害予知のための監視システムを整備するため、昭和 59 年度に総合土石流対策モデル事業が発足した。初年度は 4 箇所を実施を開始し、60 年度に 3 箇所追加され、今後とも追加実施が見込まれる。現在、これらのモデル事業は各地域特性に合わせた整備が進められ、必ずしも全モデル統一された仕様になっているとはいえない。本章ではこれらのモデル事業の概要を紹介し、それぞれのシステムの特徴を知らしめるとともに今後の新規システムの参考に供したい。

5.2 豊平川総合土石流対策モデル事業 北海道開発局 石狩川開発建設部

5.2.1 システム概要

本システムは、150 万都市札幌を縦貫して石狩川に注ぐ豊平川の上流部に位置し、対象溪流数 26、保全対象人口約 7 百人となっている。

5.2.2 特徴および課題

- (1) 土石流発生予知方式は指針案 B 方式を使用しようとしているが、今後降雨予測値の入力機能を持たせて、発生予知精度の向上を望みたい。
- (2) 土石流発生監視局を札幌河川事務所と札幌市役所の 2 箇所に設置する。
- (3) 災害形態が土砂流的なものまで対象としており、水位観測局を設置してピーク流出を把握して一つの指標とする。
- (4) 河川情報端末装置との情報交換を考慮している。
- (5) 新興住宅地であり、ほとんどの住民に災害経験がないので、住民に対する啓蒙が重要である。

5.2.3 システム系統

市役所の監視局がメインで、避難情報の伝達は消防署、警察署および市役所の出先機関を利用しようとしている。(図 5.1, 5.2 参照)

5.3 日光総合土石流対策モデル事業 関東地方建設局 日光砂防工事事務所

5.3.1 システム概要

本システムは、人口約 2 万 2 千人の日光市市街北西部の女峰山および赤薙山の南斜面に位置する 13 溪流、面積約 1 平方 km の中の約 2 千 6 百人を保全対象とする。

5.3.2 特徴および課題

- (1) 河川情報センターあるいはマイコスシステムを利用した降雨予測の導入を考慮している。
- (2) 土石流発生に関する記録が少なく、基準雨量の精度が問題となる。

5.3.3 システム系統

土石流発生予知情報が日光砂防工事事務所から市役所に伝達されると、災害対策本部を設置して対処する。(図 5.3 参照)

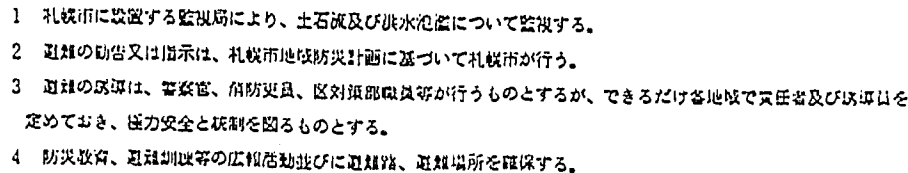
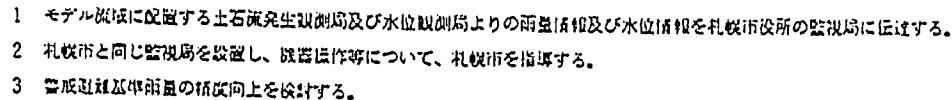
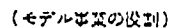
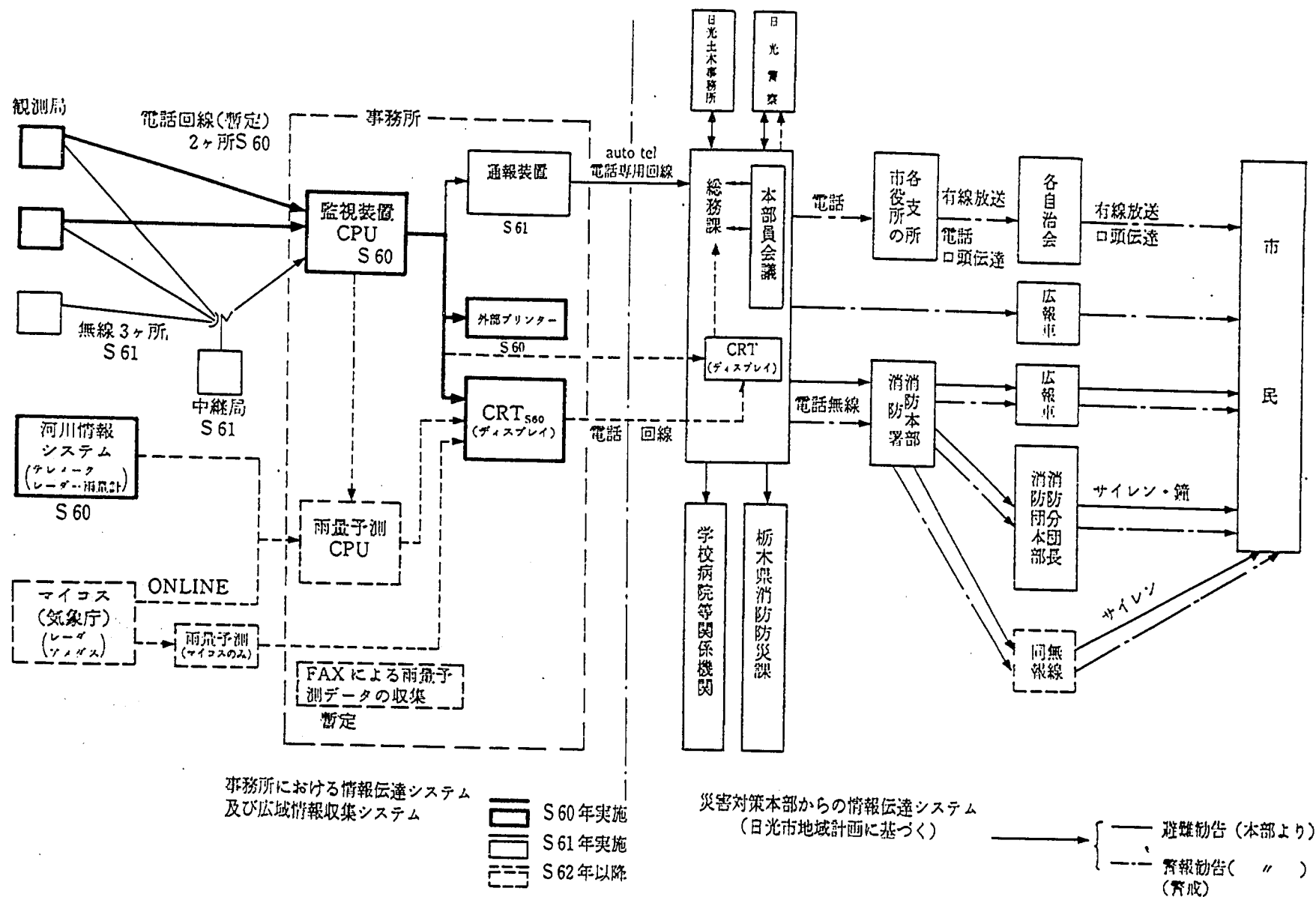


図-5.3 日光総合土石流対策モデル事業 システム系統図



5.4 上高地総合土石流対策モデル事業 北陸地方建設局 松本砂防工事事務所

5.4.1 システム概要

本システムは北アルプスの狭谷に形成された谷底平地の上高地に設置されており、8 溪流、約 13 平方 km を対象としており、年間 70 万人といわれる観光者、登山者および宿泊施設が主な保全対象者である。

5.4.2 特徴および課題

- (1) システムの中に土石流検知センサを組み込んでいる。
- (2) 土石流発生予知方式は指針案 A 方式であるが、注意・警戒・避難の 3 点を検出している。
- (3) 降雨予測および気象情報の収集手段としてマイコスシステムの利用を検討している。

5.4.3 システム系統

(図 5.4, 5.5 参照)

5.5 中津川総合土石流対策モデル事業 中部地方建設局 多治見砂防工事事務所

5.5.1 システム概要

本システムは木曾川浴いに開けた人口約 5 万 3 千人の中津川市に設置され、木曾川左岸の 4 支川、約 155 平方 km の中の住民約 1500 人を対象として順次整備することとしている。

5.5.2 特徴および課題

- (1) 工事事務所、中津川出張所と市役所に土石流発生監視装置を設置して、3 箇所へ同時に降雨データを送信して動作させている。

5.5.3 システム系統

(図 5.6, 5.7 参照)

5.6 富士山総合土石流対策モデル事業 中部地方建設局 富士砂防工事事務所

5.6.1 システム概要

本システムは、富士山南西部に位置する人口約 11 万 4 千人の富士宮市に設置され、大沢川を始めとする 3 溪流、約 32 平方 km の中の住民約 8000 人を対象としている。

5.6.2 特徴および課題

- (1) 工事事務所に設置した土石流発生監視装置から、市役所へデータを転送するシステムである。

5.6.2 システム系統

(図 5.8 参照)

5.7 六甲総合土石流対策モデル事業 近畿地方建設局 六甲砂防工事事務所

5.7.1 システム概要

標高 700 m~900 m の六甲山系は風化の進んだ花崗岩からなり、住吉川を始めとする中小河川が瀬戸

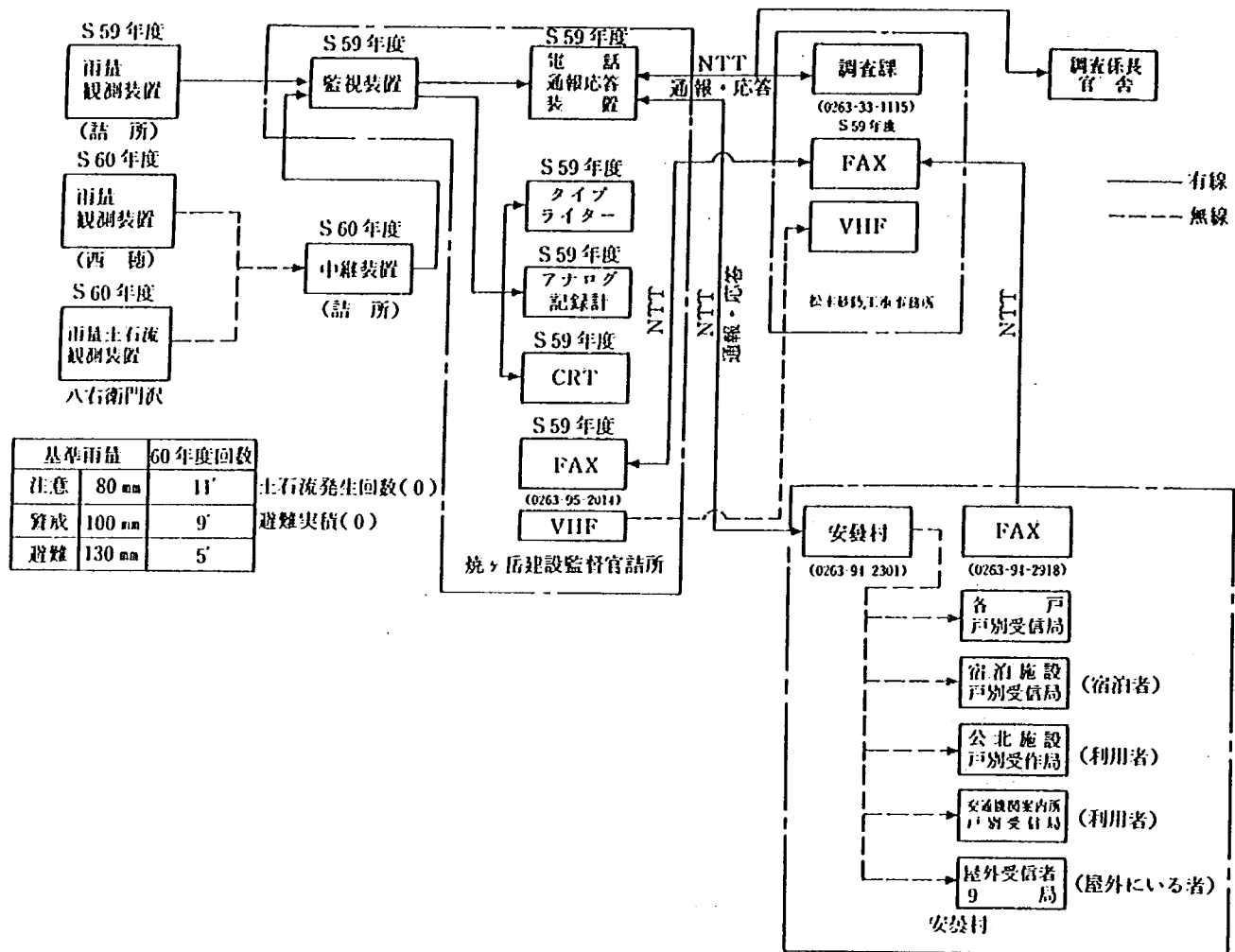


図-5.4 上高地総合土石流対策モデル事業 システム系統図

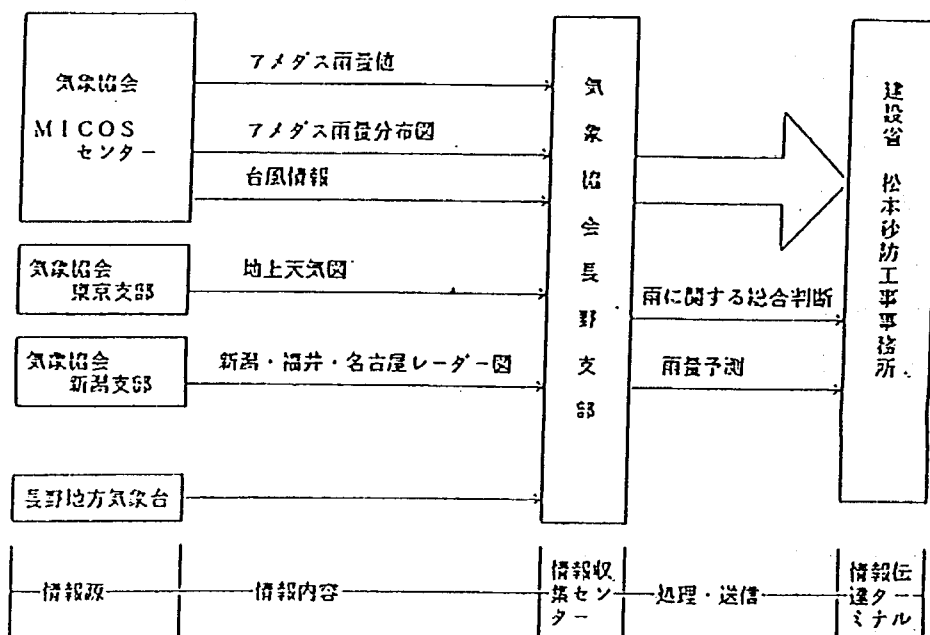


図-5.5 上高地総合土石流対策モデル事業 伝達系統図

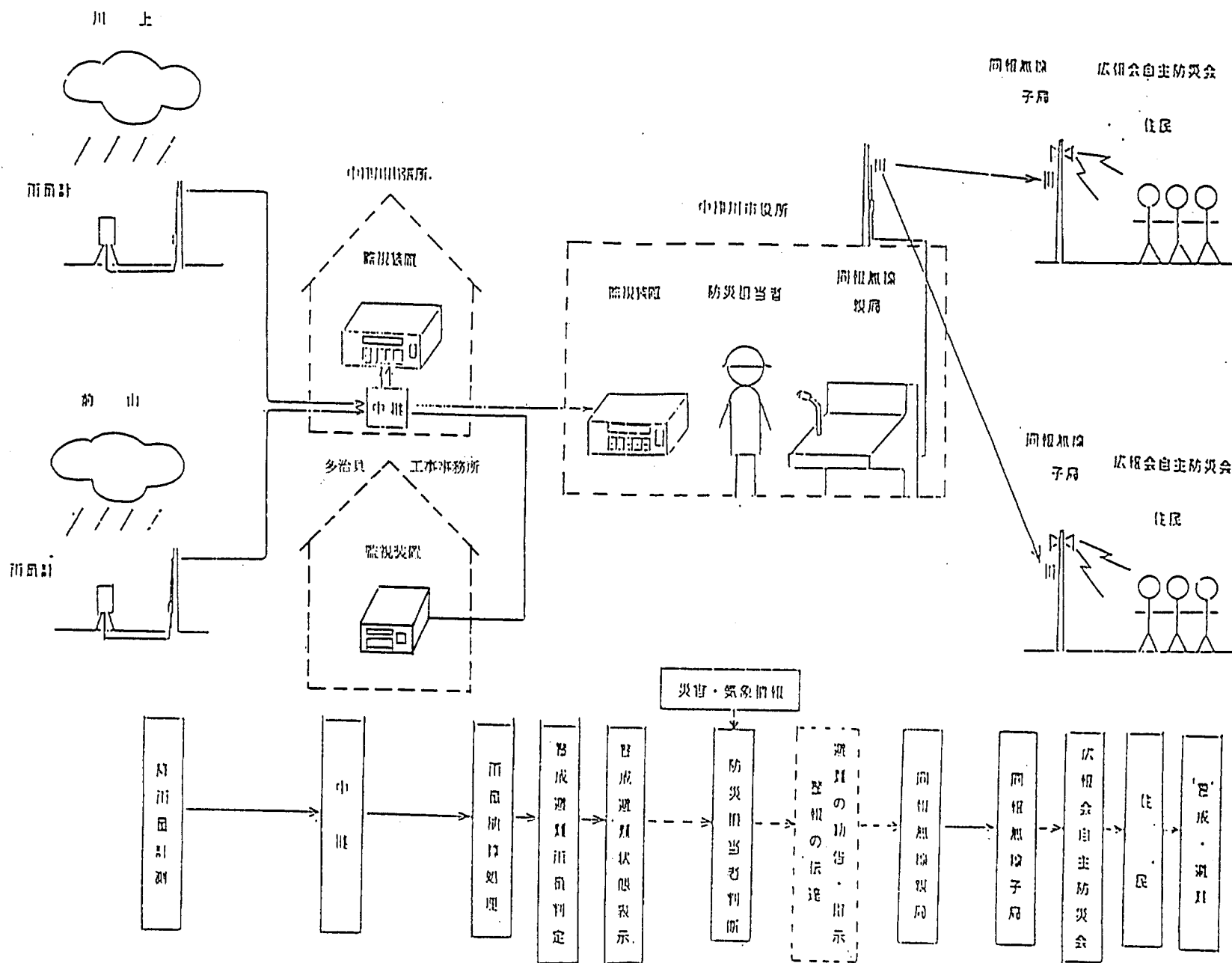
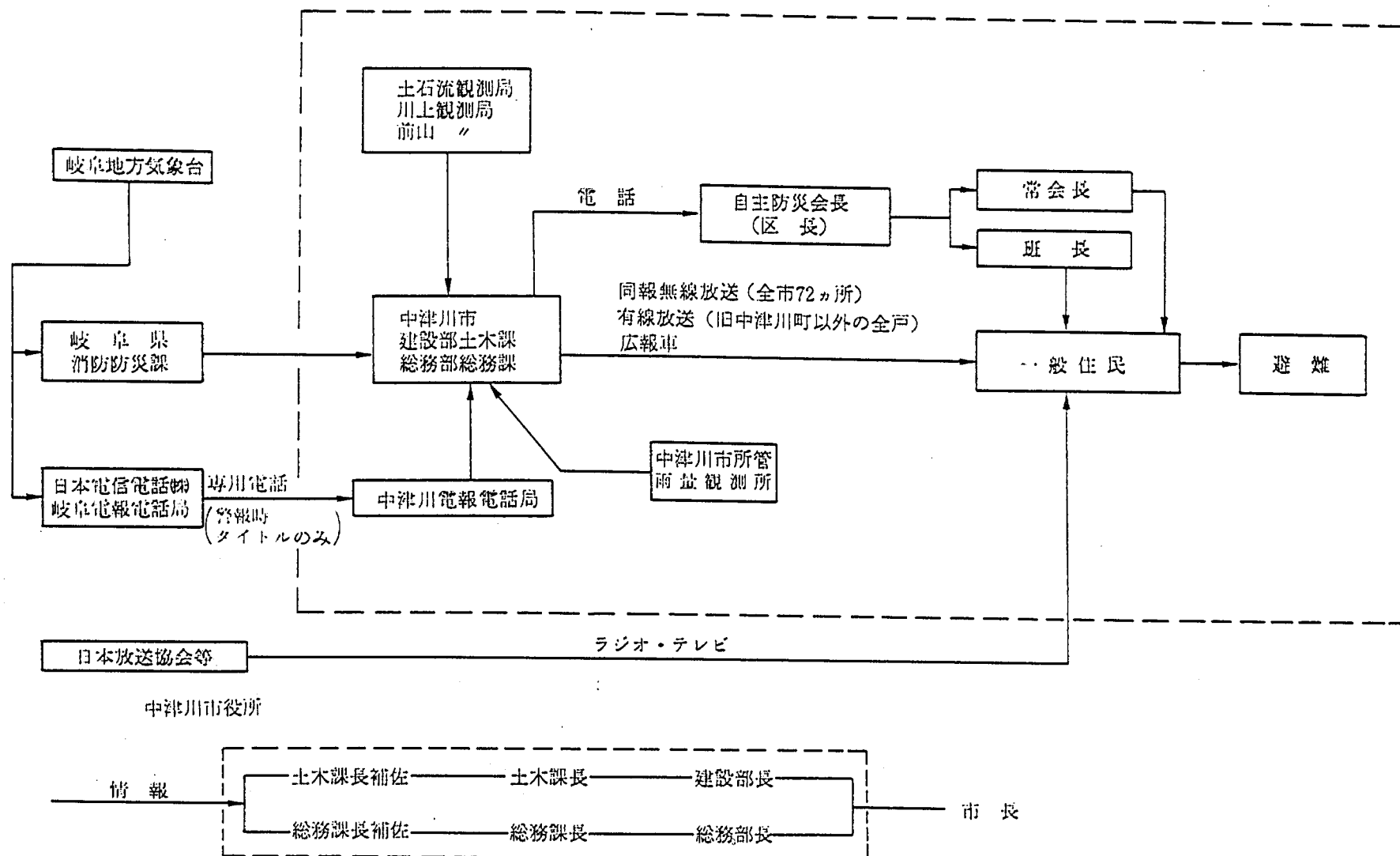


図-5.6 中津川総合土石流対策モデル事業 システム系統図

図-5.7 中津川総合土石流対策モデル事業 伝達系統図



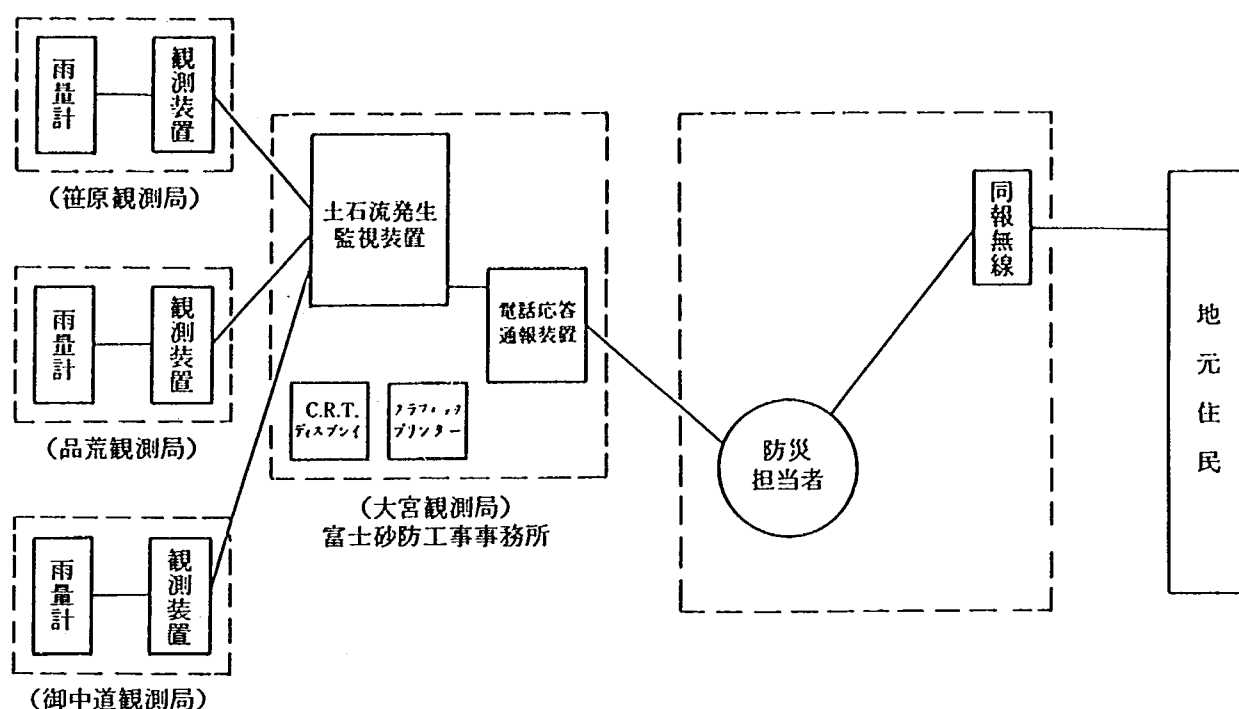


図-5.8 富士山総合土石流対策モデル事業 システム系統図

内海に流下している。六甲山系の南側には瀬戸内海に挟まれた細長い地域に、百万都市神戸市を始め、芦屋市、西宮市、宝塚市が控えており、総人口は2百万人を超えている。危険溪流はその中に点在しているので、本システムは相当広範囲の地域を対象としている。

5.7.2 特徴および課題

- (1) 対象家屋、人口が多い。
- (2) 危険地域周知のため、ハザードマップ（危険区域地図）の作成手法の検討を進めているが、対象人口が多いため運用方法が問題となる。
- (3) 広範囲な降雨情報の収集・伝達体制を確立するため、各市の施設を含めた集中監視システムの整備を検討している。

5.7.3 システム系統

(図5.9参照)

5.8 桜島総合土石流対策モデル事業 九州地方建設局 大隅砂防工事事務所

5.8.1 システム概要

本システムは日本一活動が活発な桜島の南側に位置し、野尻川を始めとする9溪流、約17平方kmの中の住民約2000人を対象としている。この地域は絶え間ない降灰のため土石流の発生回数が年間数十回と極端に多い。

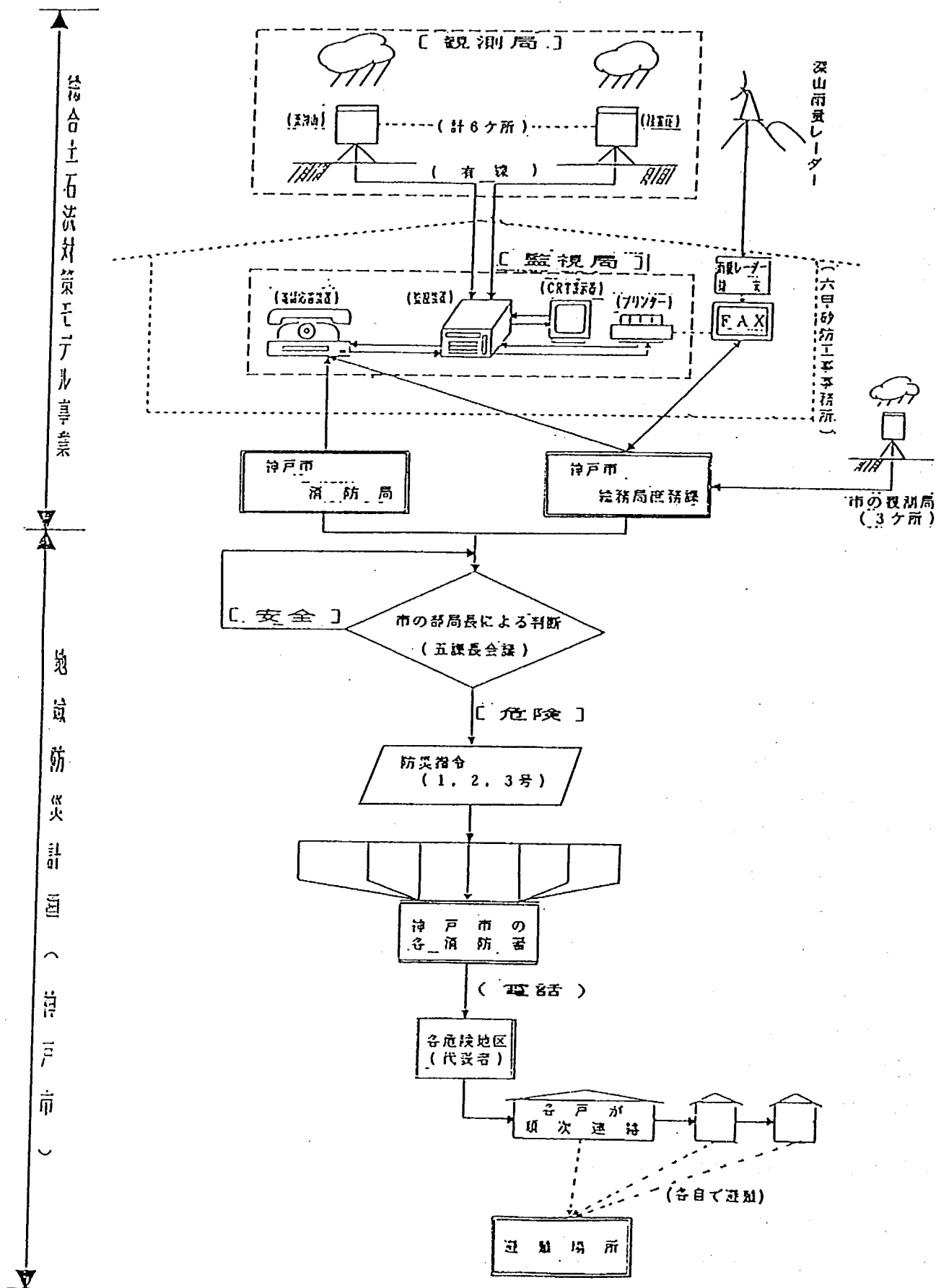


図-5.9 六甲総合土石流対策モデル事業 システム系統図 (神戸市の例)

5.8.2 特徴および課題

- (1) 火山活動による激しい降灰のため、山頂部での地上雨量測定が困難である。そのためレーダ雨量計を用いた土石流発生予測手法の導入が望まれる。
- (2) 急峻な山体の裾野から海までの狭い区域に保全対象が集中しており、そのほとんどが土石流氾濫区域内なので避難場所・避難経路の確保が課題である。

5.8.3 システム系統

(図 5.10, 11 参照)

5.9 考 察

目的が同じなので、各システムとも似たような構成となっているが、細かい点にそれぞれのシステムの特長がある。(表 5.1 参照)

表 5.1 はシステムの諸元を一覧表にしたもので、全体計画を示しており、すでに施工済みのものおよび昭和 60 年度中に施工予定のものを () 内に記入してある。○印は使用 (予定を含む) しているものを表わし、△は検討後決定しようとするものである。また六甲システムの保全対象は全体が非常に大きくなるので現状のみを記入してある。

(1) 保全対象について

保全対象人口は数百人から数千人であるが、六甲システムは大都市周辺のため最終的には数万人から数十万人になると思われ、避難場所や避難経路とともに避難命令を発令したときのパニックの防止を考慮しなければならない。

(2) 土石流発生監視装置について

いずれのシステムも集中型を中心としているが、桜島システムは既設のローカル型も組み込んでいる。

(3) センサについて

雨量計は当然全システムに設置されているが、豊平川システムは水位計も設置して、水位も指標としようとしており、発生予知精度を向上するための一つの方法として評価できる。また、水位を測定することは、降雨量と流量あるいは土石流発生と流量の関係の研究に対しても有用と思われる。

土石流検知センサは、上高地システムと桜島システムに組み込まれている。上高地のものはワイヤセンサの切断信号を無線テレメータで送信するもので、降雨と土石流発生の関係を知ることを主目的としている。桜島のものは、上高地と同じくワイヤセンサを使用して発生を検知しているが、下流部の道路管理も併せておこなっている。

(4) データ伝送について

昭和 59 年度設置のシステムは有線回線を使用していたが、順次無線化してくる計画である。センサは山間部にあるので、通信の確保に対し無線回線が有効である。

(5) 降雨予測について

全システムとも河川情報あるいはアメダスシステムの導入を考慮している。それぞれに特長があり、

図-5.10 桜島総合土石流対策モデル事業 システム系統図

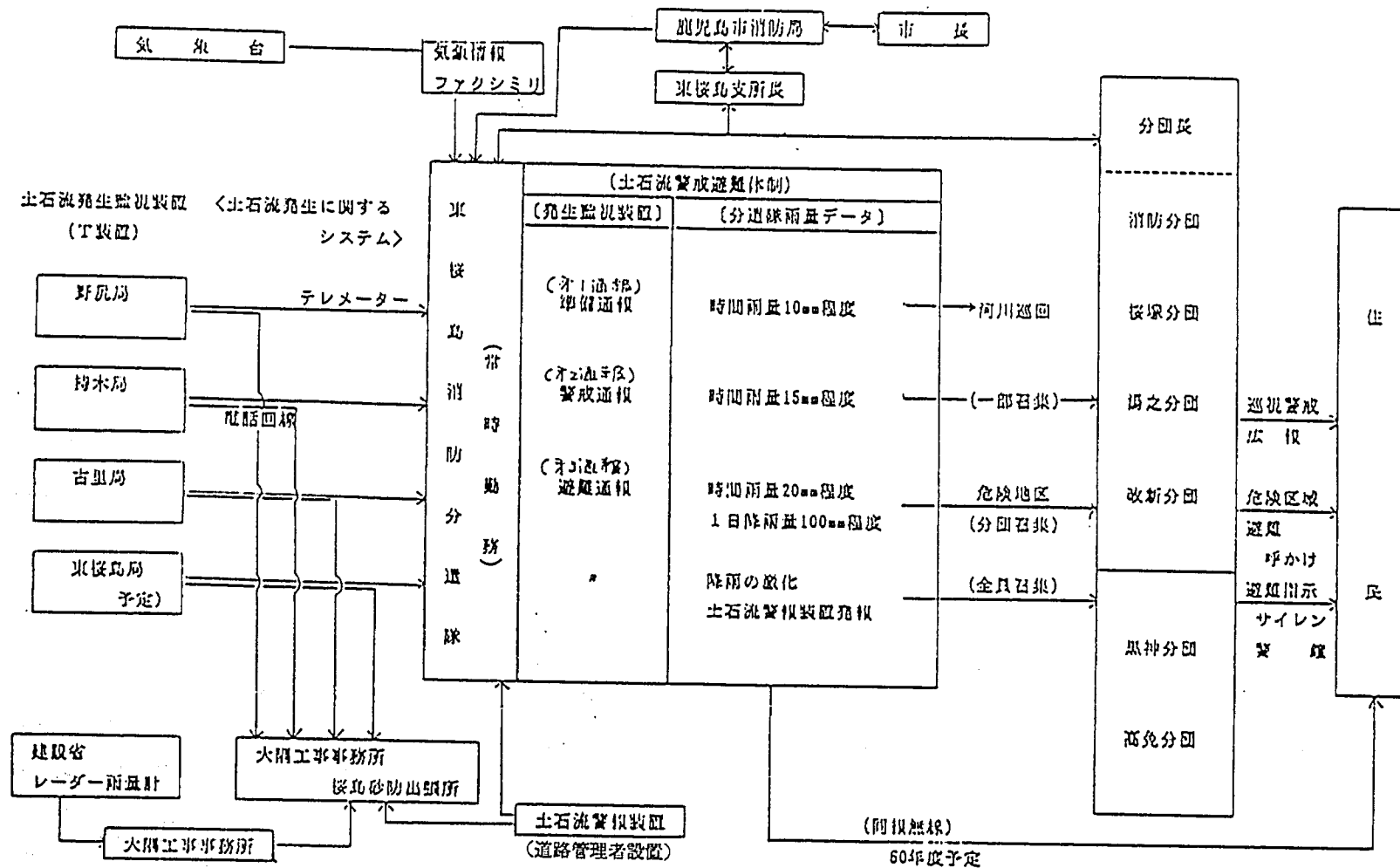


図-5.11 桜島総合土石流対策モデル事業 伝達系統図

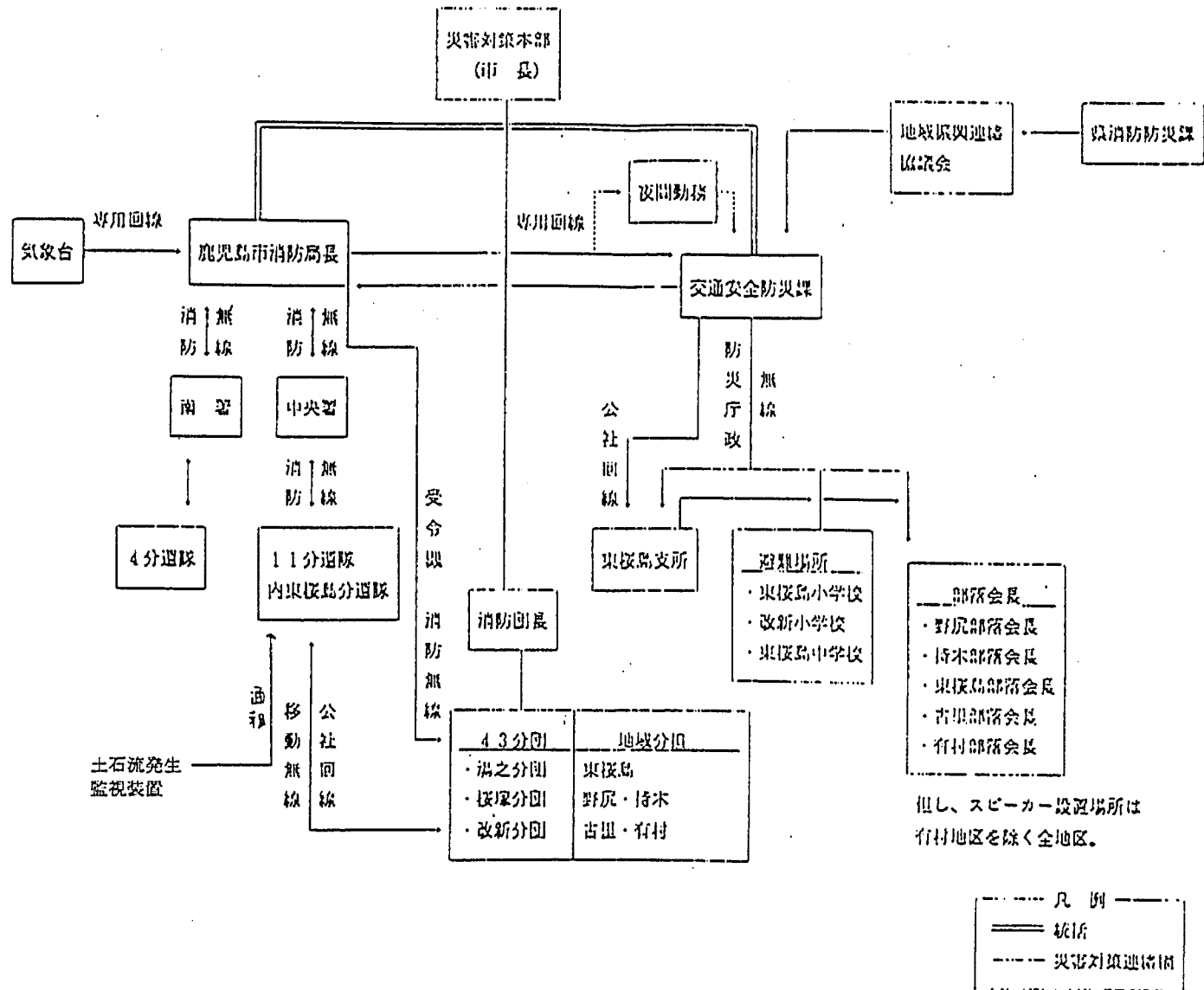


表-5.1 モデル地区一覧表

()内の数値は60年度までに実施したもの

項 目		豊平川	日 光	上高地	中津川	富士山	六 甲	桜 島
保全対象	対象地区	札幌市	日光市	上高地	中津川	富士山	神戸市	桜 島
	対象渓流数	26	13	8	4支川	3		9
	対象家屋(戸)	163	305		380		(498)	743
	対象人口(人)	652	2586	460	1500	8000	(1494)	1997
土石流発生監視システム	集中型監視装置	2(1)	1(1)	1(1)	3(3)	1(1)	1(1)	2(0)
	CRT, プリンタ有無	○	○	○	○	○	○	
	ローカル型監視装置							(3)
	雨量観測局 有線	(2)	(2)					
	〃 無線	4	3	3(3)	4(2)	3(1)	(2)	4(0)
	水位観測局 有線							
	〃 無線	4						
	土石流検知 有線							○
	〃 無線			2(1)				
	無線中継局	1		1(1)				
降雨予測データ	河川情報 NTT	○	○		○	△		○
	〃 自前専用線							
	アメダス NTT		○	○		△	○	
	小型レーダ					△		
通報システム	電話通報 NTT	○	○	○		○	○	○
	〃 自前専用線							
	ファックス NTT			○				○
	〃 自前専用線							
	直接監視	○			○			
広報システム	同報無線スピーカ		○	○	○	○		○
	〃 戸別無線			○				
	消防無線	○					○	○
	有線放送				○			
	NTT 電話	○		○			○	○
	口頭連絡	○	○				○	○
	広報車				○			
	サイレン		○					○

両方を設置するのもよい方法である。小型レーダ雨量計を設置した所はまだないが、山間部の小流域の降雨計測に非常に有効と思われるし、桜島のように降灰地区は通常の地上雨量計を使用することが困難なので、小型レーダ雨量計による予測システムの方で検討が必要であると思われる。

(6) 責任者への通報について

ほとんどのシステムがNTT回線による電話通報を採用しているが、災害発生時あるいは発生直前の回線輻輳という欠点を残している。豊平川、中津川などの各システムのように市役所等に監視装置を設置する方法も有用であるが、データ伝送にNTT回線を使用している限り上記の欠点は避けられない。今後は通信回線として建設省の多重無線回線などのような専用無線回線の利用を検討すべきである。

(7) 住民への広報について

いずれのシステムと複数の手段を採用しているのはよいことであるが、NTT電話回線は通常の場合と同様に災害発生時あるいは発生直前の回線輻輳という欠点があり、実際の災害発生時には使用できなくなる可能性が強いので注意しなければならない。

(8) 住民への啓蒙活動について

適切な警報を出した場合でも、住民の防災意識が少ないと効果が半減する。既にいくつかのモデル事業で実施しているパンフレットの発行や避難訓練などの住民への啓蒙活動が非常に重要といえる。

あとがき

有効な土砂災害情報伝達システムが機能している間は十分な情報を収集・伝達でき、処理や判断も考え得る最適なものができるので、個人的な処理や判断の度合いは少ないと思われる。もちろんシステム自体は十分な信頼性を持たせ、機能を維持できるように保守を心掛け、時代に対応して改良（システムアップ）をしていかなければならないのはいうまでもない。しかしながら一旦災害が発生した場合はシステムが最後まで機能し続ける保証はどこにもない。現に過去の災害において通信回線の切断や停電によって情報伝達に支障をきたした事例が多い。システムが障害を受けたときの最後のより所は個人の判断であり、自分の命は自分で守るという心掛けである。したがって土砂災害情報収集伝達システムのようなソフトウェアや砂防ダムなどのハードウェアの整備も重要であるが、同時に各個人の防災意識の確立のための啓蒙も併せてを望みたい。

参考文献

- | | |
|---------------------|----------|
| 1) 昭和 60 年版 防災白書 | 国土庁編 |
| 2) 昭和 60 年版 通信白書 | 郵政省編 |
| 3) 土砂災害防止のための情報システム | 全国治水砂防協会 |
| 4) 河川情報システム パンフレット | 河川情報センター |
| 5) マイコスシステム パンフレット | 日本気象協会 |

土砂害防止のための情報
収集伝達システムの検討

I S S N 0386-5878
土研資料第2360号
昭和61年3月
砂防研究室

砂防研究室：矢沢 昭夫，原 義文，藤田 昇

要 旨

土砂害防止のための情報収集伝達システムとはいかにあるべきかを
考察し，システムを構築するための手順について検討した。また情報
の価値として，誤りがなく量が適当であることのほか，情報を受け取
る時期が重要であるので，システムの処理時間(スループットタイム)
について検討した。さらにシステムを構成する装置，サブシステムに
ついて解説し，現在おこなわれている総合土石流対策モデル事業につ
いて事例を紹介している。

キーワード：土石流，警戒避難，情報伝達，システム

○
郵便はがき

3 0 5 - □ □

さいは
し。つ
て切
下手

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防部砂防研究室御中

No. _____

No. _____

配布先住所

配布先氏名

○

○

土木研究所資料第 2360 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

○