

620分野 J

予警報システム

付属報告書

分野 J 予警報システム

目次

| | 頁 |
|------------------------------|-------------|
| 1. 現状調査 | J-1 |
| 1.1 緊急洪水予警報システムプロジェクト案 | J-1 |
| 1.1.1 テレメータ雨量観測システム | J-1 |
| 1.1.2 土石流監視警報システム | J-2 |
| 1.1.3 既設警報設備 | J-2 |
| 1.2 通信回線整備状況 | J-2 |
| 1.2.1 一般公衆電話(固定)回線 | J-2 |
| 1.2.2 携帯電話回線(GSM) | J-3 |
| 1.2.3 INMARSAT-C衛星通信回線 | J-4 |
| 2. システムの検討 | J-5 |
| 2.1 システムの設計要件 | J-5 |
| 2.1.1 システムの規模 | J-5 |
| 2.1.2 確実性 | J-5 |
| 2.1.3 操作性 | J-5 |
| 2.1.4 保守性 | J-5 |
| 2.1.5 自動化の有無・範囲 | J-5 |
| 2.2 防災情報センターの設置 | J-6 |
| 2.3 テレメータ雨量観測システムの設置 | J-6 |
| 2.4 テレメータデータ伝送回線の検討 | J-6 |
| 2.4.1 VHF/UHF単信無線回線 | J-7 |
| 2.4.2 GSM携帯電話回線 | J-7 |
| 2.4.3 一般公衆電話回線 | J-8 |
| 2.4.4 インマルサットC衛星通信回線 | J-8 |
| 2.5 土石流監視予警報システムの設置 | J-8 |
| 2.5.1 設置条件 | J-8 |
| 2.5.2 土石流発生の予報 | J-10 |
| 2.5.3 土石流観測局データ伝送回線 | J-11 |
| 2.5.4 土石流発生検知センサーの選択 | J-11 |
| 2.5.5 土石流到達時間の想定 | J-11 |
| 3. システム設計要件 | J-12 |
| 3.1 トータルシステムコンセプト | J-12 |
| 3.2 データ伝送回線の選択 | J-14 |
| 3.3 小江防災情報センター機能概要 | J-14 |

| | | |
|-----------|-----------------------|-------------|
| 3.3.1 | 洪水・土石流予警報装置..... | J-14 |
| 3.3.2 | 土石流警報監視制御装置..... | J-15 |
| 3.4 | テレメータ雨量観測局機能概要..... | J-17 |
| 3.5 | 土石流観測局・警報局機能概要..... | J-18 |
| 3.5.1 | 土石流観測局..... | J-19 |
| 3.5.2 | 遠隔制御土石流警報局..... | J-20 |
| 3.5.3 | 簡易型警報局..... | J-21 |
| 3.6 | 機材組み合わせによるシステム検討..... | J-22 |
| 3.6.1 | 予警報システム(基本構成)..... | J-22 |
| 3.6.2 | 土石流予警報システム..... | J-22 |
| 3.7 | 概算事業費..... | J-25 |
| 4. | システム維持管理..... | J-26 |
| 4.1 | 維持管理の必要性..... | J-26 |
| 4.2 | システムの保守・点検..... | J-28 |
| 4.3 | 維持管理体制..... | J-28 |
| 4.4 | 維持管理費用..... | J-28 |

巻末付表

巻末付図

表一覧

| | | |
|---------|------------------------------------|------|
| 表R J.1 | 基本計画の計画 | J-1 |
| 表R J.2 | 既設警報システム一覧表 | J-2 |
| 表R J.3 | 公衆電話回線の状況 | J-3 |
| 表R J.4 | 携帯電話通話状況 | J-3 |
| 表R J.5 | 雨量観測局リスト..... | J-6 |
| 表R J.6 | 土石流観測局候補リスト..... | J-9 |
| 表R J.7 | 土石流警報局リスト | J-9 |
| 表R J.8 | 土石流観測候補地における回線状況 | J-11 |
| 表R J.9 | 土石流到達予想時間 | J-12 |
| 表R J.10 | 基本計画修正内容 | J-12 |
| 表R J.11 | 監視局 演算装置(土石流監視装置)ディスプレイ画面一覧表 | J-15 |
| 表R J.12 | 監視局表示端末ディスプレイ画面一覧表..... | J-15 |
| 表R J.13 | 警報局グループ | J-16 |
| 表R J.14 | 洪水・土石流予警報監視制御局機器構成表 | J-17 |
| 表R J.15 | テレメータ雨量観測局機器構成表 | J-18 |
| 表R J.16 | 土石流観測局機器構成表 | J-19 |
| 表R J.17 | 土石流警報局機器構成表 | J-20 |
| 表R J.18 | 簡易型土石流警報局機器構成表..... | J-21 |
| 表R J.19 | 組み合わせ案比較検討表..... | J-24 |
| 表R J.20 | A案概算価格算定表 | J-25 |
| 表R J.21 | B案概算価格算定表 | J-25 |
| 表R J.22 | C案概算価格表..... | J-26 |
| 表R J.23 | D案概算価格算定表 | J-26 |
| 表R J.24 | 機材の整備概要..... | J-28 |
| 表R J.25 | 必要職員 | J-28 |
| 表R J.26 | 初期の維持管理費用 | J-29 |
| 表R J.27 | 3年後の維持管理費用..... | J-29 |

図一覧

| | | |
|---------|----------------------------|------|
| 図R J.1 | 中国移動通信によるGSMサービスカバレッジ..... | J-4 |
| 図R J.2 | インマルサットC地上衛星局設置図..... | J-4 |
| 図R J.3 | 雨量判定図の例(各雨量観測所毎に作成する)..... | J-10 |
| 図R J.4 | トータルシステムコンセプト..... | J-13 |
| 図R J.5 | 洪水・土石流予警報監視制御局ダイアグラム..... | J-16 |
| 図R J.6 | テレメータ雨量観測局ダイアグラム..... | J-18 |
| 図R J.7 | 土石流観測局ダイアグラム..... | J-19 |
| 図R J.8 | 遠隔制御土石流警報局ダイアグラム..... | J-20 |
| 図R J.9 | 簡易型土石流警報局ダイアグラム..... | J-21 |
| 図R J.10 | 土石流監視警報システム概念図(A案)..... | J-22 |
| 図R J.11 | 土石流監視警報システム概念図(C案)..... | J-23 |
| 図R J.12 | 土石流監視警報システム概念図(D案)..... | J-23 |
| 図R J.13 | 故障発生傾向と保守内容..... | J-27 |

巻末付表一覧

| | | |
|-------|-----------------------|-------|
| 表 J.1 | テレメーター用通信回線比較検討表..... | T-J-1 |
| 表 J.2 | 土石流発生検知センサ比較検討表..... | T-J-2 |

巻末付図一覧

| | | |
|-------|----------------------|-------|
| 図 J.1 | 小江流域予警報システムの観測網..... | F-J-1 |
| 図 J.2 | 土石流観測局・警報局位置図..... | F-J-2 |
| 図 J.3 | 予警報システムダイアグラム..... | F-J-3 |

J. 予警報システム

1. 現状調査

1.1 緊急洪水予警報システムプロジェクト案

小江流域は 3,058km² と広い地域を占めているが、流域内には本調査で設置した雨量計・水位計をあわせて 10 数箇所の観測所があるのみである。現在はこれらの観測データはシステムとしてデータを取り扱っておらず、個別に観測しているのみである。従って現状では小江流域内に雨量観測システム、洪水予警報システム及び土石流監視・警報システムはない。そのため基本計画ではこの課題を解決する緊急プロジェクト案を提案した。その内容を表 R J.1 に示す。

表 R J.1 基本計画の計画

| プロジェクト名(仮称) | 対象地域 | プロジェクトで想定される内容 |
|----------------------------|-----------------------------------|--|
| テレメータ雨量計を利用した予警報システムプロジェクト | 小江流域全体 (3,058km ²) | <ul style="list-style-type: none"> ●雨量テレメータの設置(8 箇所) ●防災情報センターの設置(1 基) ●土石流センサーの設置(东川市街地流域) ●警報局の設置(东川市街地) |

この計画を実施するに当たって当該流域における下記の施設の現状調査を行い、課題を抽出した。

1.1.1 テレメータ雨量観測システム

前述のごとく小江流域には組織的な雨量観測網は無い。また小江流域を集中管理する組織も無い。従って最終報告書 9.3.1 節で提案されている小江工程管理局の設立を提案し、その内に防災情報センターを設立する。小江流域は山岳地であり、かつ複雑な小流域に分かれており、かつ局所的な豪雨が多く、5km 離れた場所で降雨量が大きく異なる現象が降雨解析でも報告されている。前述のごとく本洪水予警報を地上雨量観測のみにより設計すると、仮に 50km² に 1 箇所とすれば、合計 60 箇所のテレメータ雨量計を必要とし、現実的に建設および維持管理が困難になる。このため長期計画では面積雨量観測を目標とし、小江流域全域の雨量を観測するために局所レーダー雨量計の導入を提案した。この局所レーダー雨量計の導入を前提に小江流域内外に雨量観測所を 6 箇所設置し、テレメータによるリアルタイム自動観測を行い、雨量観測データを东川区水務局の防災情報センターで収集する。局所レーダー雨量計を導入するまでの間、このテレメータ雨量観測局によるデータ収集を行い、雨量データを蓄積・分析し演算することにより、小江流域の洪水予警報システムを稼働させる。あわせて収集した雨量データにより気象局の気象観測データの精度を高め、あらかじめ設定する注意雨量、警戒雨量に達したときに洪水警報をその地域に限定して通知する。

1.1.2 土石流監視警報システム

小江流域では個々の溪流を対象とした構造物対策は多く見られるが、土石流監視予警報システムを導入した例は無い。土石流の研究のために設置された蔣家沟の例があるが、あくまでも試験研究と計器の開発試験が目的である。一方、東川区市東部の深沟と石羊沟の土石流危険流域は人口密集地域にあるため砂防えん提などによる対策を行う計画である。それに伴って計画洪水を超える降雨により発生する土石流や砂防えん提に補足した石礫の突発的な流出に対して下流保全対象の安全を図るため、この地域に土石流観測局及び土石流警報局を設置し、土石流警報システムの確立を図る。土石流監視警報システムは土石流発生検知による警報発令及び有効雨量強度と実効雨量による雨量判定図の算定技術を習得し、土石流発生危険基準線の設定にそなえる。特に后者は警報避難のリードタイムを多く取ることが出来る。本章で計画するテレメータ雨量データ(時間、日雨量)を収集・蓄積することによって可能となる。

1.1.3 既設警報設備

東川区市内の人民防空指揮部、村民委員会などでは従来各地区で拡声器とスピーカーまたはサイレンを装備しており、各種の目的のため運用している。但し近年は市街地騒音規制のため新設することは認められていない。村民委員会の拡声装置の設置は文化大革命まで遡る古い歴史を持っているが、当時に設置した拡声装置機材が老朽化している。一方人民防空指揮部は中央政府に直属する独立組織で施設設置の目的から防空警報以外の目的に利用することはほぼ不可能である。またサイレンによる吹鳴であるため異なった吹鳴パターンで土石流警報とすることで一般住民に広く認識させることは難しい。表 R J.2 に既設拡声装置、サイレン等の調査一覧を示す。

表 R J.2 既設警報システム一覧表

| 運用組織 | 形態 | 設置場所 | 数量 |
|---------|------|--------------|------|
| 人民防空指揮部 | サイレン | 東川区中心部 | 1 |
| 村民委員会 | 拡声装置 | 小組総計 103 組の内 | 35 |
| | | (山間部の小組に設置) | (29) |
| | | (市街地の小組に設置) | (6) |

1.2 通信回線整備状況

テレメータシステムの構築の際、プロジェクトの最適なデータ伝送方式を選定することが、システムの性能及び価格に大きく影響する。小江流域で緊急プロジェクトを構築するのに必要な、観測局周辺での商用電気通信状況の調査を実施した。

1.2.1 一般公衆電話(固定)回線

雨量観測所候補地について一般公衆回線の整備状況を調査した。本調査地域における一般公衆電話回線の普及率は高く、各村落には殆ど電話線が設置され、テレメータデータ伝送に使用することは可能である。但し通常の維持管理の状況、土石流などによる被害の状況及び被害にあったときの復旧時間などは不明である。通信品質はアナログ 56 KBPS (公称)であるが交換機からの線路長がかなり長いことため通信速度は 12KBPS から 26 KBPS 程度と推測される。但し伝送するデータが最長 16 バイト程度の短いものである。

ことから通信速度の低下は問題とならない。回線の信頼度を確保することが課題である。また新炭房では法者より新炭房村まで電話回線の工事が完了しているが、まだサービスは行っていない。東川区電話局によると年内には電話サービスを開始するとのことである。

表 R J.3 公衆電話回線の状況

| 局名 | 場所 | 一般公衆電話線 |
|-----|---------|-----------------|
| 東川区 | 東川区水務局 | 有り |
| 金源 | 中国水利ビル | 有り |
| 播卡 | 郷政府建物 | 有り |
| 大海 | 郷政府建物 | 有り |
| 新炭房 | 人民委員の家 | 有り、但しサービスはしていない |
| 駕車 | 郷政府建物 | 有り |
| 大火地 | 人民委員会 | 有り |
| 中殿 | 公共事務所無し | 有り |
| 元宝山 | 公共事務所無し | 無し |

1.2.2 携帯電話回線 (GSM)

雨量観測所候補地について GSM 携帯電話回線の整備状況を調査した。本調査地域での携帯電話サービスは中国移動通信 (CHINA MOBILE) と UNICOM の 2 社によって GSM 900 システムにより行われている。両者とも通常の音声通話のほか、ショートメッセージサービス (SMS) を行っており、電子メールやデータ通信を行うことができる。「中国移動通信」によるサービスカバレッジが当該地域では UNICOM より勝っていることから、中国移動通信ネットワークによる雨量観測局予定地での通信試験を行った。その結果、設置予定地では携帯基地局が近傍の山に設置されており、電波強度も良好である。但し、携帯電話基地局の設置方針が見通しのよい高い山で出来るだけサービスエリアを広げており、主要道路と集落を外れると通話不能となる地域がある。但し、本計画で雨量計を設置する場所は維持管理の観点から郷・鎮政府などの建物を予定しており、携帯電話によるデータ伝送は新炭房をのぞき可能である。

表 R J.4 携帯電話通話状況

| 局名 | 場所 | GSM 携帯電話 |
|-----|--------|-------------------|
| 東川区 | 東川区水務局 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 金源 | 中国水利ビル | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 播卡 | 郷政府建物 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 大海 | 郷政府建物 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 新炭房 | 人民委員の家 | 不可 |
| 駕車 | 郷政府建物 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 大火地 | 人民委員会 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 中殿 | 村の中央 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 元宝山 | 村の中央 | 良好 (CHINA MOBILE) |

図 R J.1 は、GSM が公表する「中国移動通信」GSM 900 システムによる昆明を中心としたサービスカバレッジ図である。プロジェクト対象地域のサービスカバレッジは東

川区市を中心にするともだら模様であるが、実際の通信実験の結果 GSM ネットワークによるテレメータ回線は可能である

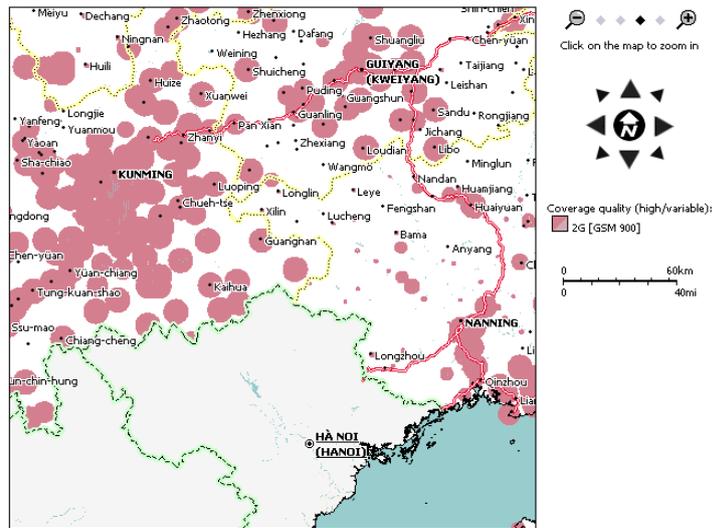


図 R J.1 中国移動通信による GSM サービスカバレッジ

1.2.3 INMARSAT-C 衛星通信回線

国際海事通信衛星機構（INMARSAT）の加盟国である中国は INMARSAT-A, B, C, M の全てのサービスを行っており、その衛星地上局是北京に装備され、中国ナビゲーションにより運営されている。INMARSAT-C は赤道上空に打ち上げられた 4 つの衛星により海事衛星移動通信として船舶・陸上間のデータ通信専用が開発された通信料の廉価なシステムである。国際海事通信衛星機構はこのシステムを陸上移動での運用を認めており各種のアプリケーションが運用されている。INMARSAT-C はパケットデータによる方式なので約 5 分から 10 分の遅延が発生するが広域な地域でのテレメータシステムによるデータ収集には南方上空が開けている地域であれば適している。

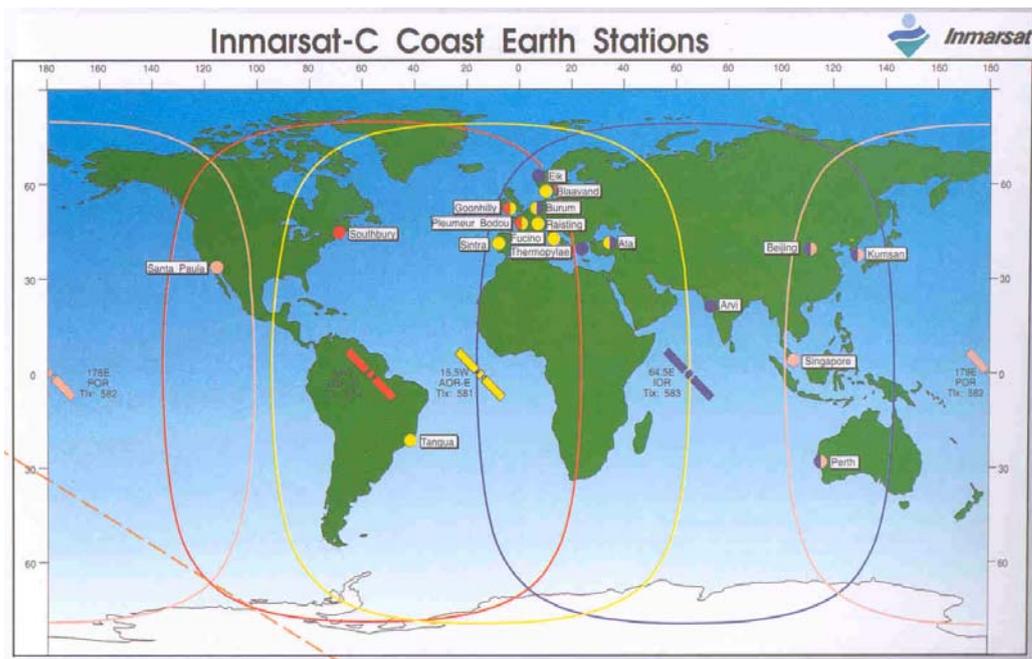


図 R J.2 インマルサット C 地上衛星局設置図

2. システムの検討

1 章で必要性を検討した防災情報センター、テレメータ雨量観測局、土石流検出・警報局に関して、設置の概要、置局計画、データ伝送システム検討、土石流検出センサーなどの比較・検討を行い代替案の中から最適案を選定する。

2.1 システムの設計要件

2.1.1 システムの規模

導入を計画するシステムはおおむね洪水予警報及び土石流予警報システムに分類される。本章で検討する洪水予警報システムは既に基本計画で局所レーダー雨量計導入を前提に小江流域全域となっており、当面テレメータ雨量観測局 8 局によって洪水予警報システムを稼働させる。

一方、土石流予警報システムは東川区東側の土石流危険溪流による土石流氾濫地域がもっとも住民が多く危険であるためこの地域の危険溪流に注力する。このためこの溪流群を目標に集中型監視システムを導入する。各溪流での雨量観測精度を高めるためテレメータ雨量観測局 8 局のうち 3 局をこの地域に集中して設置する。

2.1.2 確実性

洪水予警報及び土石流予警報システムを導入する場合最も重要なことは動作の確実性である。防災システム機器は過去の稼働実績を重視し、過酷な環境でも確実に動作する品質のものを選択する。特に土石流観測局は土石流発生時に想定される被害によりシステム動作が停止しないように、電源、構造物、伝送回線などを設計する。

2.1.3 操作性

洪水予警報・土石流予警報システムの雨量観測および土石流発生検知は全自動でデータ収集、格納、演算分析を行うことにより操作性を高める。基本的に PC ベースの画面によって操作を行う。

2.1.4 保守性

上記の条件を満たすことが出来れば出来るだけ中国製品を多く導入し、システムが稼働した後の保守をメーカーに任せられるものが望ましい。

2.1.5 自動化の有無・範囲

洪水予警報・土石流予警報システムにより警戒値、避難値に達した場合警報局に対して自動的に警報を発令する機能を持つことが出来る。警報発令責任者などが不在で確認できなかった場合一定時間経過後警報発令を自動的に行う方法であるが、雨量判定図が完成するまでこの自動警報発令は行わない。

2.2 防災情報センターの設置

防災情報センターは东川区水務局の建物内に必要な機材を装備し、土石流・洪水予警報システムを集中運用・管理するシステムの中核として以下の業務を行う機能を有するものとする。防災情報センターの主要業務は次のとおりとする。

- 収集した雨量データの洪水・土石流発生の解析・分析及び格納
- 土石流検出観測局よりの土石流発生信号の表示・印字・記録
- 东川区市街地に設置する警報局の制御（警報の発令）
- 郷・鎮政府に対する電話・FAX などによる洪水・土石流予報・警報の発令

インターネットによる水文情報・土石流情報を东川区防洪指揮部や东川区関係機関、および郷・鎮政府へ提供する。あわせて隣接する寻甸県および曲靖市に属する会泽県の防洪指揮部や関係機関、および郷・鎮政府へ提供する。

2.3 テレメータ雨量観測システムの設置

テレメータ雨量観測局は付図 J.1 雨量データ観測網に示すとおり配置する。観測局候補地の詳細は以下のとおりである。くわえて、东川区地域の特異な降雨特性から土石流予警報システムの精度を高めるため当該3溪流に一箇所ずつのテレメータ雨量計を計画したため基本計画で提案したテレメータ雨量観測局より2局増加しているが、大火地雨量観測局で代表することも検討する。

表 R J.5 雨量観測局リスト

| 局番 | 局名 | 場所 | 緯度 | 経度 | 高度(m) | 備考 |
|----|----------|-------------|--------------|---------------|-------|-------------|
| | 防災情報センター | 东川区水務局 | N26° 05' 149 | E103° 11' 068 | 1,258 | 东川区 |
| 1 | 金源雨量観測局 | 金源中国水利ビル | N25° 50' 939 | E103° 07' 592 | 1,662 | 小江流域 |
| 2 | 播卡雨量観測局 | 郷政府建物 | N26° 25' 444 | E103° 02' 063 | 1,794 | 小江流域 |
| 3 | 大海雨量観測局 | 郷政府建物 | N26° 17' 600 | E103° 13' 777 | 3,152 | 小江流域 |
| 4 | 新炭房雨量観測局 | 村の中心、公共建物無し | N26° 06' 745 | E102° 54' 666 | 2,764 | 小江流域 |
| 5 | 駕車雨量観測局 | 郷政府建物 | N25° 59' 334 | E103° 21' 765 | 2,673 | 小江流域 |
| 6 | 大火地雨量観測局 | 村の中心、公共建物無し | N26° 06' 880 | E103° 13' 798 | 2,321 | 小江流域 深沟 |
| 7 | 中殿雨量観測局 | 村の中心、公共建物無し | N26° 07' 094 | E103° 12' 295 | 2,022 | 小江流域 老干沟 |
| 8 | 元宝山雨量観測局 | 村の中心、公共建物無し | N26° 05' 080 | E103° 13' 450 | 2,004 | 小江流域 石羊沟 |

2.4 テレメータデータ伝送回線の検討

調査地域内のテレメータ雨量局設置箇所は南北で約110km、東西で約47kmの山岳地で高低差は1,490mに及ぶ複雑な地形である。また雨量局は比較的高所に設置する計画で

ある。これら観測局を東川区市の防災情報センターに接続するため現在中国云南省で利用可能な各種のネットワーク方式を調査・検討する必要がある。

データ伝送速度はイベントリポート方式を採用することから各局の同時起動によるデータ衝突を極力減らすために 1,200BPS 以上を目標とし、定時回線利用頻度は雨期・降雨時は 10 分間隔とし、乾期には 1 時間間隔とする。

テレメータデータ伝送方式について VHF/UHF 単信無線回線、GSM 携帯電話回線、公衆電話回線及びインマルサット C 衛星回線について検討した。

2.4.1 VHF/UHF 単信無線回線

リアルタイムのデータ収集が可能で、かつ災害時の信頼性が高い。無線回線の形成が楽な地域では最適である。その観点から見ると本調査地域は高山岳地であり全ての観測局を無線で接続するためには最低でも 4 箇所の中継局が必要になり、初期投資が大きくなる。この方式のデータ伝送速度は回線の信号対雑音比(S/N 比)によるが、最大 1,200BPS を確保できる。また通信頻度に関しては常時使用しても通信料に関係なく運用できる利点がある。

2.4.2 GSM 携帯電話回線

機材の初期投資が小さく、雨量データのような少量のデータ伝送にはショートメッセージサービス(SMS)などを使用することにより通信料金も軽減できる。データ伝送速度は最大 9,600BPS で回線利用頻度が高くなれば通信料金も比例して上がる。観測局が GSM 携帯電話サービスエリアにあれば使用可能であるが防災システムでの実績が少なく災害時の通話の輻輳などの問題がある。

データ伝送を GSM ネットワークで行う場合次の方式がある。

1) ショート メッセージ サービス (SMS)

GSM の基本的なサービスで 160 キャラクターの短いメッセージを送受信できる。相手電話番号に対して SMS プロトコルでメッセージを送信すればすぐに相手に着信する。個別呼び出しによるポーリングやイベントレポートを必要とするテレメータシステムに適している。この方式では通信を行うときだけモデムを使用するため消費電流が比較的少ない利点がある。

2) サーキット スイッチド データ (GSD または GSM データ)

最高 9,600bps のデータ通信が可能で、AT コマンド(PC のモデムと同等の機能)によるモデムを使用する。監視局・観測局に GSM モデムを設置し、相手の電話番号に直接電話をかけ、接続処理を行った後、1 対 1 の無手順通信が可能である。但し複数の観測局データを同時に受信することが出来ないためイベントリポート方式には不向きである。これを解決するためには監視局・観測局ともインターネットに常時接続する必要がある。

3) ハイスピード サーキット スイッチド データ (HSCSD)

CSD のアップデートバージョンで最高 57.6kbps の通信が可能である。そのほかの条件は CSD と同等である。

4) ジェネラル パケット ラジオ システム (GPRS)

パケット単位でのデータ送受信が可能であり、通信速度は最大 115KBPS と高速である。ヨーロッパや中国を中心にインターネット接続サービスが普及しつつあり、料金体系は殆どのキャリアでパケット課金制が採用されている。監視局、観測局に GSM モデムを設置し、インターネットプロバイダーに接続して、インターネット経由で IP データ通信を行う。監視局から同時に複数の観測局へ観測指令を出したり、複数の観測局からのデータを同時に受信できる。この場合観測局はインターネットに接続していないとデータ通信が出来ないため、観測局は常時インターネットに接続しているのが条件である。

2.4.3 一般公衆電話回線

プロジェクトエリア内の観測局予定地は公衆電話回線が設置されているので回線を形成することは可能である。但し災害時に電話線に被害が及ぶことがあり回線信頼性に欠ける。また一度土石流などに被害を受けると修復にかなりの時間を必要とする。データ伝送速度は交換局と加入者間の電話線路長が長距離であることから 200BPS 程度の低速通信となる。

2.4.4 インマルサット C 衛星通信回線

回線の形成は簡単であるが通信費が高く運用コストに問題がある。通常通信時間差をなくすために観測局のインマルサット端末と衛星地上局間の ONE-HOP 回線を利用するがこの場合北京のインマルサット衛星地上局と東川区防災センター間に専用電話線が必要となりさらに運用コストが増加する。これを避けるため東川区防災センターにもインマルサット端末を設置する TWO-HOP 回線にすると衛星地上局よりの折り返し通信になるため 5 分から 10 分の遅延が発生するため、データの即時性が損なわれる。特に土石流検知データの伝送は 1 秒を争うため、このシステムは適当でない。データ伝送速度は 600BPS と比較的低速であるので、少容量データの伝送で時間遅れを問題にしないシステムに向いている。

テレメータ用通信回線の詳細比較検討を付表 J. 1 に示す。

2.5 土石流監視予警報システムの設置

2.5.1 設置条件

東川区市の東側の市街地流域のうち土石流危険溪流と指定した深沟と石羊沟の土石流の発生による被害を予想される地域 8 箇所に土石流発生検出のための観測局を設置し、テレメータ雨量観測データと、この土石流情報により東川区市街地の土石流氾濫危険地域 8 箇所に土石流発生予報を通知する警報局を設ける。土石流観測局候補地を、表 R J. 6 にまとめる。

土石流警報システムは土石流発生検知装置、警報装置より構成される。土石流発生検知装置は土石流が頻発する溪流の砂防ダムに設置する。土石流の流下速度は毎秒 7m～12m と高速なため、発生から土石流が住民居住地域に達する時間は極めて短時間である。このため土石流検出で警報を出しても避難時間を確保できない。従って土石流観測局の主目的は正確な発生時間を自動的に東川区防災センターに通報し、センター内の警報表示盤や表示端末で警報を発すると共に、正確な降雨情報と土石流発生時刻を収集することにより、雨量判定図の確度を高め空振り警報頻度を低減するために使用する。

警報局は土石流氾濫予想地域に適宜 9 箇所の警報局を設置し、防災情報センターで雨量判定図により「警戒」及び「避難」値に達する最低 1 時間前に警報局を起動し、「警戒」「避難」警報を放送する。

表 R J.6 土石流観測局候補リスト

| 溪流・局名 | 場所 | 緯度 | 経度 | 高度(m) |
|-----------|------------------|--------------|---------------|-------|
| 深沟 NO. 1 | 大菜园既設 No.1 ダム | N26° 06' 636 | E103° 12' 942 | 1,598 |
| 深沟 NO. 2 | 祝国寺東側 新設ダム | N26° 06' 693 | E103° 12' 038 | 1,732 |
| 深沟 NO. 3 | 小石城北部 新設ダム | N26° 05' 573 | E103° 11' 936 | 1,400 |
| 深沟 NO. 4 | 中村東部 新設ダム | N26° 05' 400 | E103° 12' 069 | 1,433 |
| 深沟 NO. 5 | 中村東部 新設ダム | N26° 05' 325 | E103° 12' 092 | 1,432 |
| 石羊沟 NO. 1 | 大高粱地西側 | N26° 05' 028 | E103° 12' 626 | 1,590 |
| 石羊沟 NO. 2 | 东川区市街地 北東地域 | N26° 04' 563 | E103° 12' 155 | 1,424 |
| 石羊沟 NO. 3 | 东川区市街地 北東地域 | N26° 04' 389 | E103° 11' 883 | 1,390 |

市街地の土石流警報局は东川区市街地の泥石流ハザードマップを基礎として、0.2m 以上の深度に達すると想定させる地域に設置を計画した。警報局に装備するスピーカーは 200W の出力で 2 方向に放送するが、平常時半径約 500m の音達距離があるため、1km 間隔で警報局を設置する。泥石流ハザードマップによると泥石流氾濫地域は大きく 4 つのグループに分類できる。警報発令はこの 4 つのグループに分けて発令する必要がある。また东川区全域に対する一斉警報機能も持たせることにした。表 R J.7 に泥石流氾濫グループ、関連警報局及び関連する土石流観測局の一覧を示す。

表 R J.7 土石流警報局リスト

| 泥石流氾濫グループ | 関連警報局数 |
|------------|-----------|
| 深沟 1 | No. 2、3、9 |
| 深沟 2 (老干沟) | No. 1 |
| 深沟 3、4、5 | No. 4、8 |
| 石羊沟 1、2、3 | No. 5、6、7 |

一方、东川区市内の都市建設局、村民委員会などでは従来各地区で拡声器とスピーカーまたはサイレンを装備しており、各種の目的のため運用している。但し近年は市街地騒音規制のため新設することは認められていない。土石流警報局を新設する場合、これら既設拡声装置との運用調整が必要になり、市政府、村民委員会などとの調整打ち合わせを行わなければならない。

付図 J.2 「土石流観測局・警報局位置図」に土石流観測局及び警報局の位置を示した。

2.5.2 土石流発生の予報

危険渓流で発生した土石流の流下速度が速く、センシングワイヤーで検出して警報を発令しても住民が避難するだけの時間を確保できない。土石流発生が降雨と密接な関連を持つことから土石流発生危険基準線を設定することにより、土石流の発生を予測することが出来る。

過去の雨量データ、またはこのシステムを設置してからの雨量データを蓄積し、その期間に発生した土石流の土石流発生時刻を記録する。その上で降雨がありながら土石流が発生しなかったときの雨量、及び土石流が発生したときの雨量を収集し、土石流発生・非発生を雨量の関係で整理し土石流の発生の目安となる雨量を予測し、危険境界線(CL)を設定する。各地点での避難に必要な時間を想定し、その時間以上前(たとえば1時間前)に避難警報を出すように既往最大雨量値から設定することにより警戒または避難警報を出すことが出来る。

図 R J. 3 は有効雨量強度と実効雨量による雨量判定図の例である。危険境界線は最低1年間の土石流発生実績から決められるが、渓流や周囲環境の変化から一定でないため連続してデータを収集し、そのつど危険境界線を更新する。

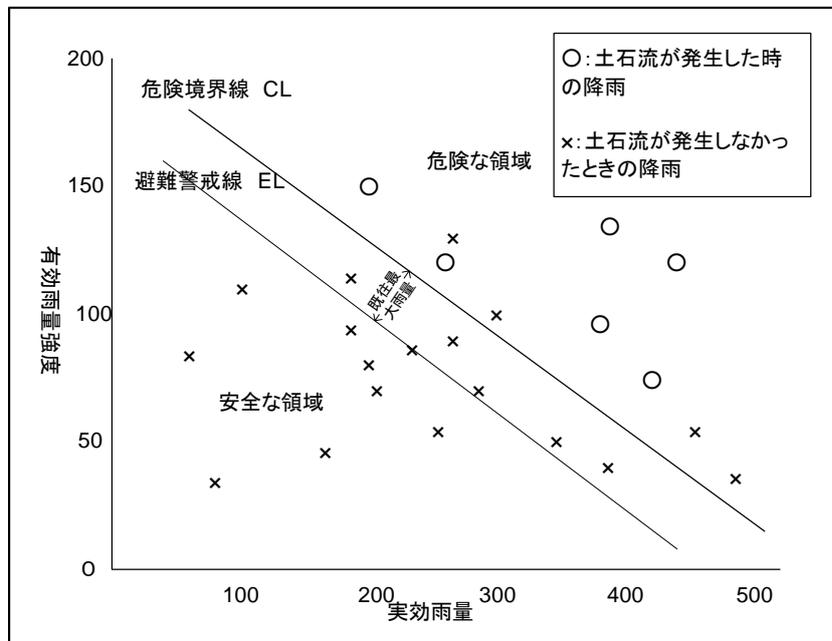


図 R J.3 雨量判定図の例(各雨量観測所毎に作成する)

雨量判定図は過去の時間雨量データや土石流発生記録などが無いと作成できない。土石流発生検知装置（ワイヤーセンサー）を設置することで土石流が発生した正確な時刻を観測することが可能になる。正確な時刻を計測することで、発生するまでの降雨量を観測できる。この降雨情報から、土石流発生危険を検出するための雨量判定情報の見直しを行う。緊急システムを導入してから詳細のデータを収集・蓄積するが、運用当初は蔣家沟などの警戒雨量を仮に設定して試験運用する。システム導入後、詳細データを収集するたびに、修正を加えていく。日本では土石流発生監視システムとしてこの方法を採用し、常時雨量を観測して設定した雨量に達すると自動的に警報を出すシステムが実用化されている。

2.5.3 土石流観測局データ伝送回線

土石流検出データは発生時即時に防災情報センターにデータを送出する必要がある。2.4 節で検討したテレメータデータの伝送回線検討のうち使用可能なものはデータの即時伝送の理由から VHU/UHF 単信無線回線、GSM ネットワークまたは公衆電話回線に限定される。現地調査の結果、全ての候補地が GSM 携帯電話カバレッジ内にある。以上の結果を踏まえて土石流観測局より防災情報センターへのデータ送出手は GSM 携帯電話回線で行うことにした。

表 R J.8 土石流観測候補地における回線状況

| | 局名 | 場所 | GSM 携帯電話 |
|---|-----------|----------------|-------------------|
| 1 | 深沟 NO. 1 | 大菜园既設 No. 1 ダム | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 2 | 深沟 NO. 2 | 祝国寺東側新設ダム | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 3 | 深沟 NO. 3 | 小石城北部新設ダム | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 4 | 深沟 NO. 4 | 中村東部新設ダム | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 5 | 深沟 NO. 5 | 中村東部新設ダム | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 6 | 石羊沟 NO. 1 | 大高梁地西側 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 7 | 石羊沟 NO. 2 | 东川区市街地北東地域 | 良好 (CHINA MOBILE) |
| 8 | 石羊沟 NO. 3 | 东川区市街地北東地域 | 良好 (CHINA MOBILE) |

2.5.4 土石流発生検知センサーの選択

土石流発生検知センサーは現在使用されているもので6種類程度ある。センサーは接触型と非接触型があるが現状では接触型センサーの動作確率が高いため数多く施工されている。付表 J. 2 に各種センサーの比較検討を示す。現在実用に供されている土石流センサーはワイヤーセンサー、振動センサー、音響センサーなどがある。振動センサーや音響センサーは設定値を決めるまでに何度かの土石流を経験しないと最適値が出ないため、誤動作が多い。一方非接触型であるため連続した観測が可能である。土石流監視カメラも有効な手段であるが夜間の監視のための照明灯や光ケーブルの敷設などコスト高であり、土石流が夜間に発生する傾向にあるこの地域の監視のために夜間のモニターのための人員配置など、建設や運用上に問題が多い。本システムでは土石流発生渓流の形状、土石流の種類など及び建設予定の砂防えん提の構造などを検討の結果、誤動作が少なく検知が確実なワイヤーセンサーを採用することにした。ワイヤーセンサーはセンシングワイヤーを砂防ダムの水通し部分を横断するように設置し、土砂が越流してワイヤーセンサーを通過する際に切断することで検知するもので、確実性が高く、施工実績が多い方式である。一般的には最大5条のワイヤーを2kmまでの距離に設置できる。但しこのセンサーは1度土石流を検知するとワイヤーが切断されるため、連続的な観測が出来ず、ワイヤーの張替えが必要である。

2.5.5 土石流到達時間の想定

緊急計画で設置を検討している土石流警報装置の警報発令のリードタイムを計算した。観測局で土石流を検出してから避難すべき住民が住んでいる地域で警報局を設置する中心点まで土石流が到達する時間を想定した。ただし降雨、河川の状況やその他の条件でこの単純計算値の妥当性は大きく変動するので目標値として扱う。それによると最短時間は深沟 NO. 3 の95秒(1分35秒)、最長時間は深沟 NO. 1 で347秒(5分47秒)であり、ワイヤーセンサー切断情報での避難行動は時間があまりに短く、困難である。それぞれの地点での到達時間を表 R J. 9 に示す。

表 R J.9 土石流到達予想時間

| 溪流・局名 | 場所 | 距離 (m) | 流下速度* (m/秒) | 到達予想 時間(秒) |
|-----------|-------------------|-----------|----------------|---------------|
| 深沟 NO. 1 | 大菜园既設 No. 1 ダム | 4,300 | 12.4 | 347 |
| 深沟 NO. 2 | 祝国寺東側 新設ダム | 2,600 | 7.8 | 333 |
| 深沟 NO. 3 | 小石城北部 新設ダム | 800 | 8.4 | 95 |
| 深沟 NO. 4 | 中村東部 新設ダム | 900 | 6.9 | 130 |
| 深沟 NO. 5 | 中村東部 新設ダム | 900 | 9.7 | 93 |
| 石羊沟 NO. 1 | 大高梁地西側 | 2,500 | 11.4 | 219 |
| 石羊沟 NO. 2 | 东川区市街地 北東地域 | 2,200 | 8.3 | 265 |
| 石羊沟 NO. 3 | 东川区市街地 北東地域 | 2,000 | 6.5 | 308 |

*：流下速度として土石流氾濫計算結果を用いている

以上の結果から土石流観測局が土石流を検出した時点で警報局に警報を出す方式は採用できない。また土石流観測所周辺に局地的な警報局を設置することも、周辺の住民が少ないことから得策でない。

3. システム設計要件

2章の代替案の検討の結果選択された各方式にしたがってトータルシステム、テレメータ雨量・土石流監視制御局、テレメータ雨量局、土石流観測局、土石流警報局の機能要求、機器構成を設計要件として検討する。

3.1 トータルシステムコンセプト

以上の検討の結果、緊急計画対象地域を小江流域のテレメータ雨量局と东川区市街地優先小渓流の深沟、石羊沟の土石流警報に集約し、テレメータ雨量計、土石流検知・警報システムを整備し、運用することを提案する。調査の結果、雨量テレメータを2箇所追加して8局に、土石流観測局を2箇所追加して8箇所に、警報局を9箇所にそれぞれ変更した。従って基本計画を若干変更し、表 R J. 10 の要件を緊急プロジェクトに含めることにした。

表 R J.10 基本計画修正内容

| プロジェクト名(仮称) | 対象地域 | プロジェクトで想定される内容 |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| テレメータ雨量計を利用した予警報システム | 小江流域全体 (3,058km ²) | <ul style="list-style-type: none"> ●雨量テレメータの設置(6箇所) ●防災情報センターの設置(1基) |
| テレメータ雨量局と土石流センサーを利用した土石流予警報システム | 东川区市街地優先 小渓流(深沟、 老干沟、石羊沟) | <ul style="list-style-type: none"> ●雨量テレメータの設置(2箇所) ●土石流観測局の設置(8箇所) ●土石流警報局の設置(9箇所) |

前述の各コンポーネントの検討の結果、システムは情報収集サブシステム、情報処理サブシステム及び情報伝達サブシステムに分類される。

- 情報収集サブシステム
 - 8箇所の雨量観測局のデータを GSM 携帯電話ネットワークにより防災情報センターの伝送し、雨量データの格納と初期処理を行う。また土石流観測局の土石流発生を検知情報を収集する。
- 情報処理サブシステム
 - 収集した雨量データ、土石流データを演算処理しサーバーに格納する。処理データはグラフィック、またはファイルで印字及び表示装置で拡大表示することが出来る。さらに、処理されたデータはウェブサーバーに転送され、インターネットを経由して、関係組織がアクセスできる。
- 情報伝達サブシステム
 - 土石流発生予測による警報の発令を行い、9 箇所の警報局の警報音を吹鳴し、必要な情報を放送する。土石流観測局で土石流を検出した場合は防災情報センターに発生情報を送る。これら一連の洪水・土石流情報を電話または FAX で防洪指揮部及び関連機関、そして該当地域の郷・鎮政府に伝達する。この情報はインターネット経由近隣の尋甸県及び会澤県の防洪指揮部及び関係機関に情報を提供する。

以上の全機能を纏めたシステム構成図を付図 J.3 に示す。

洪水・土石流予警報システムの全体のコンセプトを図 R J.4 に示す。

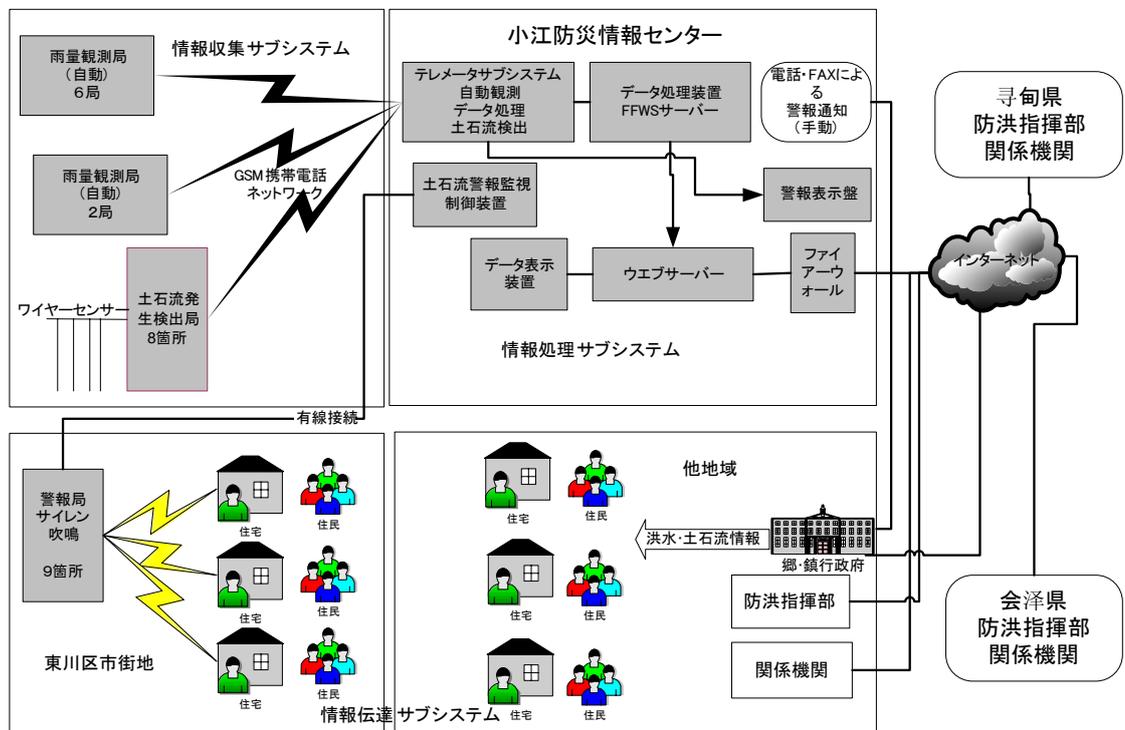


図 R J.4 トータルシステムコンセプト

3.2 データ伝送回線の選択

防災システムは即時性と信頼性に最も重点を置き設計しなければならない。その観点から VHF/UHF 単信無線回線があらゆる点から最適であるが、初期投資が高く、かつ自前の維持管理を行う必要があることから、現段階での採用に難点がある。従ってレーダー雨量計を導入するまで初期投資が安いこと、及び回線の維持管理を免れる GSM 携帯電話回線による SMS または GPRS 方式を提案する。2.3 節で検討したテレメータ雨量データの伝送回線検討のうち使用可能なものはデータの即時伝送の理由から VHF/UHF 単信無線回線、GSM ネットワークまたは公衆電話回線に限定される。土石流観測局設置候補地は谷あいにあるため、通信状態が心配されたが、現地調査の結果、全ての候補地が GSM 携帯電話カバレッジ内にある。またこの地域に公衆電話回線を設置すると土石流発生時に電柱が倒壊したりする事故が予想され適当でない。従って伝送システムは単信無線回線に比較して若干の遅延が発生するが、経済性、維持管理の容易さから GSM 携帯電話ネットワークの利用が適切であることが判明した。以上の結果を踏まえて土石流観測局より防災情報センターへのデータ送出手は GSM 携帯電話回線で行うことにした。

防災情報センターと警報局のデータ伝送方式は局間の距離が短く、市内の電柱にケーブルを共駕できることから、水務局の提案もあり建設費の安い専用線を敷設する方式とした。

前述のごとく商業通信ネットワークを防災システムに組み込むことは信頼性の観点から見ると最善ではない。従って、レーダー雨量計システムを導入する際に防災システムに最適な自営の VHF/UHF 単信無線回線に変換することが望ましい。但し自営回線は維持管理を行うために組織・技術が必要である。当面 GSM ネットワークによるテレメータシステムの運用を行い、維持管理技術に習熟することにより、局所レーダ雨量計の導入時までに関係者の維持管理に対する体制や能力が向上することを期待する。

3.3 小江防災情報センター機能概要

3.3.1 洪水・土石流予警報装置

テレメータ監視装置および演算装置（土石流監視装置）・表示端末・カラーレーザービームプリンタ・ウェブサーバーから構成される。

テレメータ監視装置は、観測局から自動起動方式で伝送される雨量情報および土石流検知情報（ワイヤーセンサー情報）を受信し、LAN を経由して受信した情報を演算装置（土石流監視装置）に出力する。

演算装置（土石流監視装置）は、テレメータ監視装置から入力した雨量情報から、雨量情報を求め、警戒値に基づいた警報判定を行うことで土石流発生の危険性を判定する。また、雨量情報および判定結果・土石流検知情報を演算装置（土石流監視装置）のハードディスクに3年間分保存する。演算装置（土石流監視装置）におけるハードディスクは RAID 5 構造とする。

表示端末は演算装置（土石流監視装置）と LAN で接続し、演算装置（土石流監視装置）に保存された情報を画面に表示するとともに、保存した情報の表示およびカラーレーザービームプリンタに対する印字制御を行う。

ウェブサーバーは演算装置（土石流監視装置）と LAN で接続し、演算装置（土石流監視装置）に保存された情報を Web 画面化し、インターネット向けに出力する。

LAN に接続したカラーレーザービームプリンタは、表示端末の制御を受け、日報・月報・年報の報告書印字および表示端末に表示された CRT 画面の印字を行う。

演算装置（土石流監視装置）に接続したMOドライブは、演算装置（土石流監視装置）もしくは表示端末の指示により、演算装置（土石流監視装置）に保存した情報を1ヶ月単位でコピーし蓄積する。

表 R J.11 監視局 演算装置(土石流監視装置)ディスプレイ画面一覧表

| | 画面名称 | 表示内容 | 様式 |
|---|--------|-----------------------|----|
| 1 | 画面メニュー | 画面メニュー | 文字 |
| 2 | 状況一覧表 | システム状況及び降雨状況を一覧表として表示 | 文字 |
| 3 | 情報修正 | 演算処理した雨量情報を修正 | 文字 |
| 4 | 定数設定修正 | 演算定数及び判定定数の設定変更 | 文字 |

表 R J.12 監視局表示端末ディスプレイ画面一覧表

| | 画面名称 | 表示内容 | 様式 |
|---|---------|--|-----|
| 1 | 画面メニュー | 画面メニュー | 文字 |
| 2 | 状況図 | 地図上に雨量及び設備の状況を表示 | 地図 |
| 3 | 雨量グラフ図 | 時間雨量を棒グラフ、連続雨量を折れ線グラフで表示 | グラフ |
| 4 | 雨量現況表 | 全雨量データの現況を表示 | 文字 |
| 5 | 雨量一覧表 | 観測局ごとに雨量情報を一覧表表示 表示間隔は10分、20分、30分、60分 | 文字 |
| 6 | 一括雨量一覧表 | 雨量データの24時間データ表示 表示間隔は10分、20分、30分、60分 | 文字 |

次いで土石流発生情報処理を行う。土石流観測局別に以下の情報を処理し、印字、表示及び警戒音を警報表示盤で表示・吹鳴する。

- 観測時間
- ワイヤセンサー 1、2、3、4、状況（接続・切断・エラー）
- 切断警報音

3.3.2 土石流警報監視制御装置

土石流警報監視制御装置は監視制御装置、PC ベース操作卓、プリンター及び GSM モデムなどで構成される。洪水・土石流予報装置で土石流予測データの演算を行い、土石流警戒値に達した場合、警報または避難情報を東川区内の土石流氾濫危険地域に設置した土石流警報局にサイレン警報の発令指示を送り、サイレン擬似音で警報を発する。呼出制御を受けた警報局から返送される返送信号により、警報局の動作状況の印字、および表示を行う。警報局は個別に警報局を動作させるほか、氾濫区域ごとに下記のグループに分け、グループごとの警報を発することが出来る。また必要に応じて警報局全てから警報を発する一括警報を行う機能を持つ。主要な機能は次のとおりである。

- 制御方式
 - 個別制御
 - グループ制御
 - 一斉制御

- 制御内容
 - サイレン擬似音吹鳴パターン1 (警戒値到達時)
 - サイレン擬似音吹鳴パターン2 (避難警報時)
 - マイクまたは録音テープによる放送 (避難解除時または適宜)
- 信号伝送
 - 4ワイヤー有線。各局個別接続
- 警報局動作情報返送
 - 動作確認信号
 - 点検情報

表 R J.13 警報局グループ

| 土石流氾濫地域 | グループ | 警報局数 |
|--------------|------|------|
| 深沟下流东川区中部地区 | 1 | 2 |
| 老干沟下流东川区北部地区 | 2 | 1 |
| 深沟下流东川区東部地区 | 3 | 1 |
| 石羊沟下流东川区南部地区 | 4 | 3 |
| 东川区土石流氾濫地域全域 | 一括警報 | 7 |

上記機能を満足するためのハードウェア構成を図 R J.5 に示す。

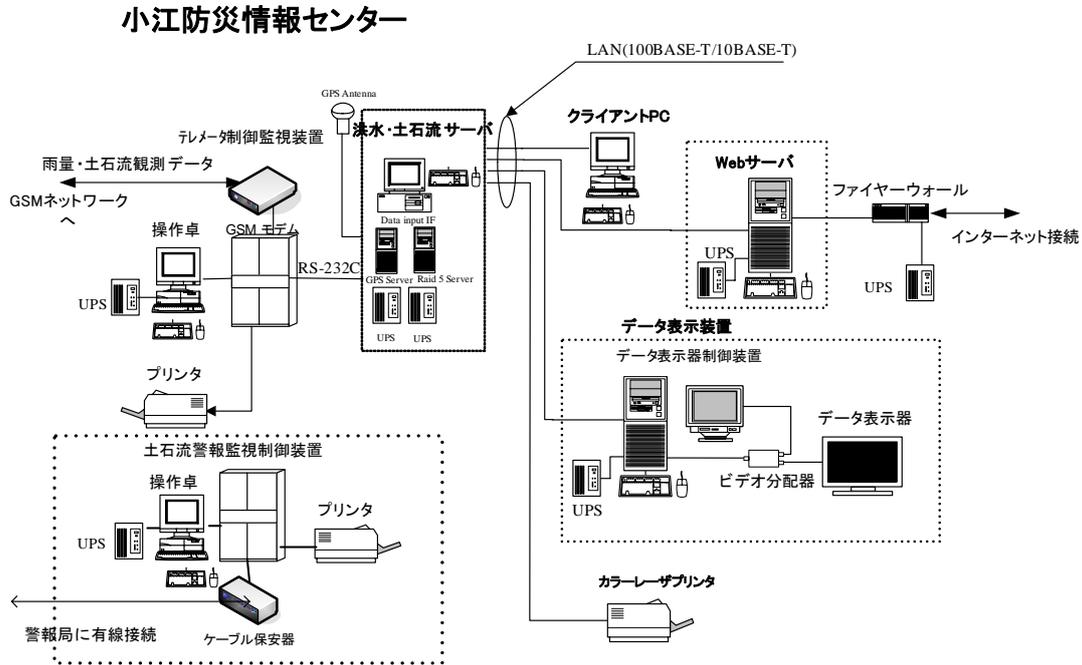


図 R J.5 洪水・土石流予警報監視制御局ダイアグラム

また东川区防災情報センターに設置される主要機器は表 R J.14 に示す。

表 R J.14 洪水・土石流予警報監視制御局機器構成表

| 名称 | 用途・主要仕様 | 数量 |
|-----------------------|---|----|
| GPS モデム | 監視制御装置よりのデータを GSM ネットワーク経由観測局に接続するモデム | 1 |
| 電話モデム | 監視制御装置よりのデータを公衆電話回線経由観測局に接続するモデム(新炭房用) | 1 |
| テレメータ(雨量・土石流情報)監視制御装置 | ポーリング及びイベントレポートによる雨量観測局のデータの収集と土石流観測局よりの土石流発生情報の受信を行う | 1 |
| テレメータ監視装置操作卓 | テレメータ監視制御装置の操作を行う PC | 1 |
| GPS | システムタイマーを GPS 時間で統一するため GPS 受信機を設置する | 1 |
| 洪水・土石流サーバー | 監視制御装置で収集した雨量データのフィルへの格納、演算を行い、表示、印字情報をサーバーに格納し、ウェブサーバーと表示装置に出力する | 1 |
| 情報表示装置 | 洪水、土石流サーバーの出力をプラズマディスプレイにグラフィックで表示する | 1 |
| 情報表示装置制御装置 | 情報表示装置を制御する PC | 1 |
| クライアント PC | 手動観測雨量データの入力や、シミュレーションなどに使用する PC | 1 |
| Web サーバー | 洪水・土石流サーバーの出力をインターネットに接続するサーバー。選択した公開データに郷・鎮政府よりアクセスして洪水・土石流情報を取得できる。 | 1 |
| 警報監視制御装置 | 雨量データを演算した結果、警戒値に達した場合、警報局に警報を發し、サイレン擬似音を吹鳴させる。 | 1 |
| 操作卓 | 警報監視制御装置の PC ベース操作卓で、警報局の呼び出し、返送信号の記録などを行う。 | 1 |
| ルーター | Web サーバーとインターネットを接続する。 | 1 |
| スイッチングハブ | 防災情報センター内の機材を LAN で接続するハブ | 2 |
| シリアルプリンター | テレメータ・警報監視制御装置の生データ、動作状況などの印字を行う。 | 2 |
| レーザープリンター | システムプリンター | 1 |
| 無停電電源装置 (UPS) | サーバー、PC などの停電時 10 分間バックアップ | 6 |
| 直流電源装置 (UPS) | テレメータ及び警報監視装置を最低 12 時間バックアップする直流電源装置 | 2 |
| 自動電圧調整器 (AVR) | 情報表示装置の安定化電源 | 1 |
| 耐雷トランス | システム機器全体を雷のサージより保護するトランス | 1 |

3.4 テレメータ雨量観測局機能概要

テレメータ雨量観測装置は全て山間僻地の高地に有り、かつ冬季には積雪、夏季には高温になる場所である。このため観測装置は機材の保護及び維持管理の容易さから出来

るだけ郷・鎮政府の建物内に設置することにする。そのような建物を確保できない観測局は耐天候屋外防水筐体とし、局舎の建設は極力行わない。テレメータ雨量観測局は観測装置、GSM モデム、転倒柵雨量計及び太陽電池電源で構成される。転倒柵雨量計で計測した雨量データはパルス信号として観測装置に入力する。雨量データ最低3ヶ月内蔵のICメモリに蓄積し、バックアップデータとして利用する。観測装置は防災情報センターのテレメータ監視制御装置よりのポーリングによる観測指令に従って最新データをGSM モデム経由ショートメッセージ形式で送出する。また観測装置は降雨開始信号を検出すると監視制御装置に観測開始を促し、自動的にそのデータを送出するイベントレポート機能を有する。観測局は商用電源を使用せず太陽電池によって動作する。この地域での雨季の無日照時間が長いことから太陽電池・蓄電池は30日の無日照に耐える容量とする。図R J.6にテレメータ雨量観測局のダイアグラムを示す。

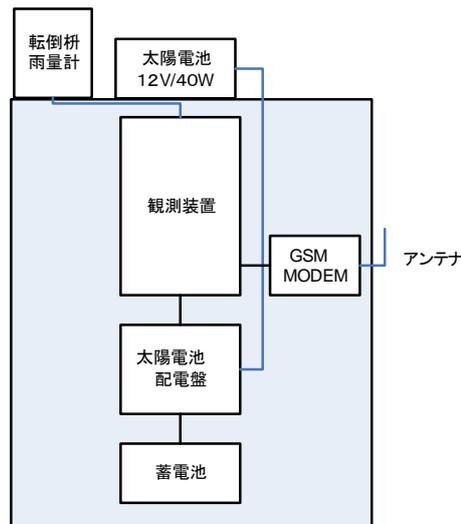


図 R J.6 テレメータ雨量観測局ダイアグラム

また主要機材構成は表 R J.15 のとおりである。

表 R J.15 テレメータ雨量観測局機器構成表

| 名称 | 用途・主要仕様 | 数量 |
|---------------|--|----|
| GSM モデム | 観測装置よりのデータを GSM ネットワーク経由監視制御局に接続するモデム | 1 |
| 観測装置 (データロガー) | 監視制御局のポーリングに応答して雨量データを送出する。降雨開始時にイベントレポート起動を行う機能を持つ。また3ヶ月間のデータを記録するデータロガー機能を持つ | 1 |
| 転倒柵雨量計 | 降雨 0.5mm を転倒柵で計測しパルス信号で観測装置に送る | 1 |
| 太陽電池 | 太陽光発電パネル、12V, 14W | 1 |
| 太陽電池配電盤 | 太陽電池と蓄電池を接続し、蓄電池の充電を制御する。過充電防止装置つき | 1 |
| 鉛蓄電池 | 全ての電子機器に電源を供給する鉛蓄電池で、無日照30日間に耐えるもの。12V, 60AH | 1 |

3.5 土石流観測局・警報局機能概要

このシステムは二つの機能を持つ。下流に設置される警報局に対して土石流警報発令と小江防災情報センターに対しては土石流発生報告を行う。土石流観測局は現地調査の

結果、2.5, 1 節に示す 8 箇所とした。土石流観測局の建設は土石流を検知する溪流沿いで、かつ土石流による被害が及ばない場所に設置する。

3.5.1 土石流観測局

土石流観測局の基本的には土石流観測装置、ワイヤーセンサー制御装置、GSM モデム、ワイヤーセンサー、分岐部及びケーブル保安器、そして太陽電池電源より構成される。ワイヤーセンサーは基本的には砂防ダムの堰堤部分に下部に 2 条、上部に 2 条設置し、接続箱に接続する。接続箱より観測装置までは最大 2Km の距離をとることができるため、観測局を土石流の影響を受けない高台に建設する自由度が高まる。土石流が発生してワイヤーセンサーが切断すると、制御部で切断情報を検知し、観測装置に伝達する。ワイヤーセンサーの切断信号を受けた観測装置は直ちに切断情報を防災情報センターへの伝送及び土石流発生検出センサーによる土石流警報の自動発令と防災情報センターへ GSM モデムを経由して伝送する。図 R J. 7 は土石流観測装置のダイアグラムを示す。

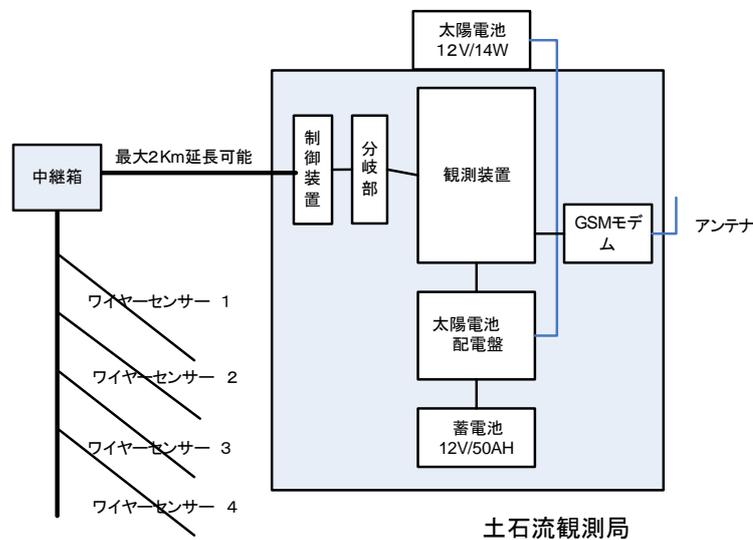


図 R J.7 土石流観測局ダイアグラム

また土石流観測局とローカル警報局の主要機材構成を表 R J. 16 に示す。

表 R J.16 土石流観測局機器構成表

| 名称 | 用途・主要仕様 | 数量 |
|--------------|--|----|
| GSM モデム | 観測装置よりのデータを GSM 回線経由監視制御局に接続する | 1 |
| 土石流観測装置 | 土石流発生時イベントリポート起動を行い、即時に発生情報と局状態情報を監視制御局に伝送する | 1 |
| ワイヤーセンサー制御装置 | ワイヤセンサーの切断情報をデジタル信号に変換して観測装置に伝送する | 1 |
| 太陽電池 | 太陽光発電パネル、12V, 14W | 1 |
| 太陽電池配電盤 | 太陽電池と蓄電池を接続し、蓄電池の充電を制御する。過充電防止装置つき | 1 |
| 鉛蓄電池 | 全ての電子機器に電源を供給する鉛蓄電池で、無日照 30 日間に耐えるもの。12V, 60AH | 1 |

3.5.2 遠隔制御土石流警報局

遠隔制御土石流警報装置は警報装置(音声増幅器含む)、スピーカー及びケーブル保安器、及び直流電源装置により構成される。警報局はその信号によって拡声器を起動し、サイレン擬似音による警報を放送する。擬似音サイレン吹鳴時間は土石流が発生し、継続している間、鳴らすこととし、当該地の過去の継続時間の経験から5分、10分、15分の任意時間に設定可能なものとする。またサイレン吹鳴パターンは連続または断続の単純な種類とする。警報局の電源は土石流発生時に起こる商用電源の停電に備え、直流電源装置と蓄電池を設置し、土石流発生時確実の動作する電源を採用する。スピーカーの出力は最大200W程度とする。本警報装置は防災システムであり、土石流発生時に確実の動作する信頼度の高い機器が要求される。不幸にして土石流災害が発生した場合、警報局が確実に動作していなかったとき行政の責任が問われる。そのため、以下の機能を有する。

警報動作時に動作確認信号を警報監視制御装置に、機器が指令された通りの動作をした情報を返送する。警報監視制御装置はその情報を格納するとともにプリンターで印字する機能を持つ。

毎朝9時に全警報局の自動点検シーケンスが動作し、警報局が正常な状態にあることを点検し、記録する機能を持つ。

土石流警報局ダイアグラムを図R J.8に示す。また主要機材を表R J.17に示す。

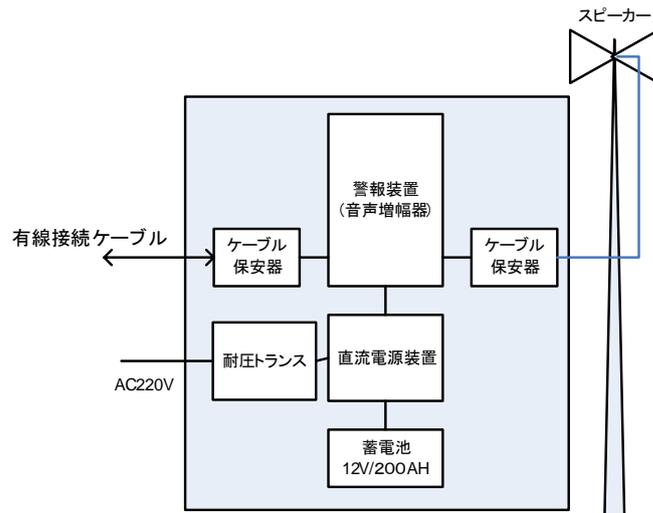


図 R J.8 遠隔制御土石流警報局ダイアグラム

表 R J.17 土石流警報局機器構成表

| 名称 | 用途・主要仕様 | 数量 |
|---------|--|----|
| 有線接続装置 | 警報監視制御装置よりの信号を警報装置に接続する | 1 |
| ケーブル保安器 | 有線信号線を保護する | 1 |
| 警報装置 | 警報監視制御装置よりの信号でサイレン擬似音を吹鳴し、音声を放送する | 1 |
| 音声増幅器 | 出力200Wの音声増幅器でサイレンと同じ400HZの擬似音を拡声、放送する | 1 |
| スピーカー | サイレン擬似音の放送のため、50W出力ホーン形 | 4 |
| ケーブル保安器 | スピーカーケーブルに誘起する雷サージより機器を保護する | 1 |
| 直流電源装置 | DC12V、50Aの安定化電源、充電器 | 1 |
| 鉛蓄電池 | 全ての電子機器に電源を供給する鉛蓄電池で、3日間の停電に耐えるもの。 12V, 200AH | 1 |
| 耐圧トランス | AC220V 1kW容量 | 1 |

3.5.3 簡易型警報局

上記警報局案は遠隔制御を行う高性能なもので、現在中国で同種のシステムは生産も稼動もしていない。日本における同種システムが稼動実績を含めて最も安定したシステムであるが、コスト高である。そのため代替案として中国でも生産可能な簡易型を提案する。簡易型警報局は基本的に音声増幅器、スピーカー、電源装置及びケーブル保安器で構成されるもので、防災情報センターと有線専用回線で接続する。機能は単純に入力されたサイレン擬似音、または音声を増幅、放送するものである。

土石流警報局ダイアグラムを図 R J.9 に示す。また主要機材を表 R J.18 に示す。

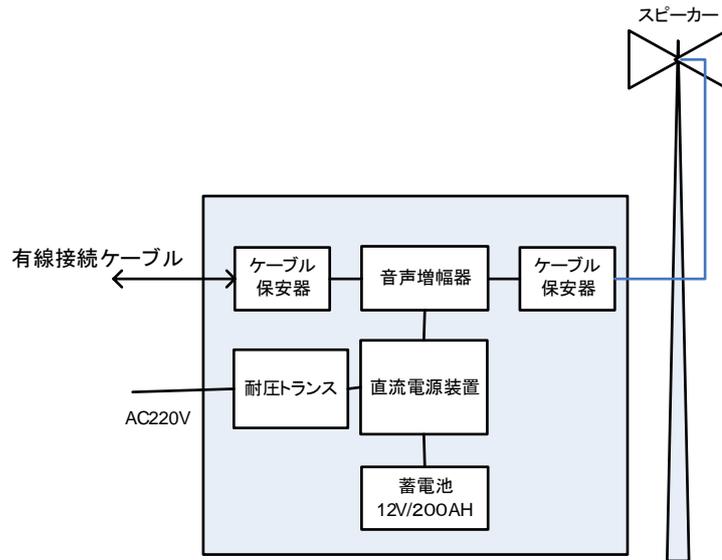


図 R J.9 簡易型土石流警報局ダイアグラム

表 R J.18 簡易型土石流警報局機器構成表

| 名称 | 用途・主要仕様 | 数量 |
|---------|--|----|
| 有線接続装置 | 警報監視制御装置よりの信号を警報装置に接続する | 1 |
| ケーブル保安器 | 有線信号線を保護する | 1 |
| 音声増幅器 | 出力 200W の音声増幅器でサイレンと同じ 400HZ の擬似音を拡声、放送する | 1 |
| スピーカー | サイレン擬似音の放送のため、50W 出力ホーン形 | 4 |
| ケーブル保安器 | スピーカーケーブルに誘起する雷サージより機器を保護する | 1 |
| 直流電源装置 | DC12V、50A の安定化電源、充電器 | 1 |
| 鉛蓄電池 | 全ての電子機器に電源を供給する鉛蓄電池で、3 日間の停電に耐えるもの。12V、200AH | 1 |
| 耐圧トランス | AC220V 1kW 容量 | 1 |

3.6 機材組み合わせによるシステム検討

土石流警報システムについて前述したシステムと各機材を組み合わせることにより、本プロジェクトに最も効果的かつ経済的なシステムを選択する。また既設の設備の活用も考慮する必要がある。以下の機材の組み合わせによるシステムを検討した。

3.6.1 予警報システム（基本構成）

テレメータ監視制御装置を防災情報センターに設置し、データの収集。演算・格納・配信を行う。

- テレメータ雨量観測局を流域内に 8 箇所設置し、防災情報センターに送出する。
- テレメータデータは GSM SMS ネットワークで伝送する。
- 但し下記の C 案では警報監視制御装置が必要なくなる。

3.6.2 土石流予警報システム

- 土石流監視警報装置を防災情報センターに設置する。
- 土石流観測局及び警報局は以下の機材組み合わせ 4 案から選定する。
 - A 案 テレメータ雨量システム+土石流観測システム+遠隔警報システム

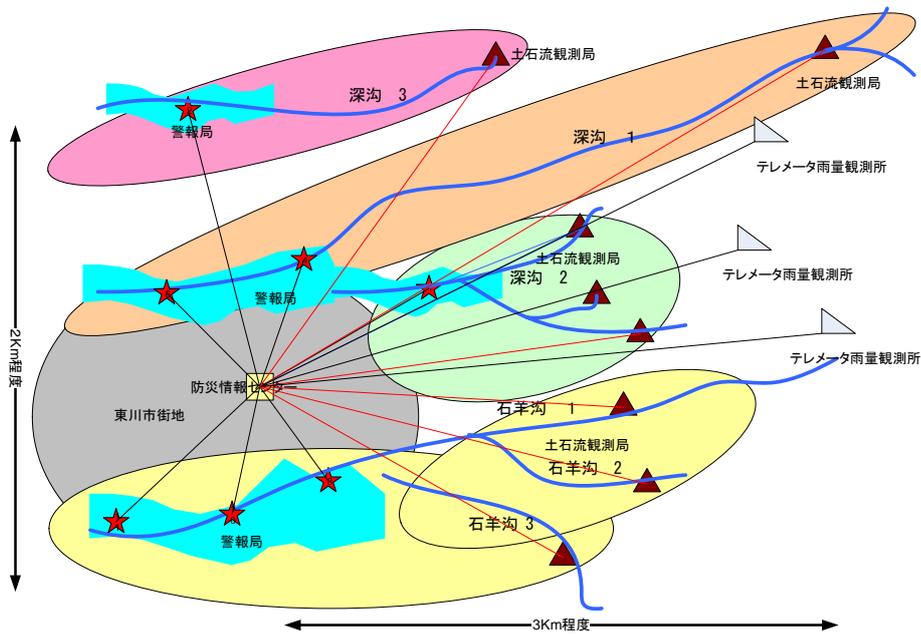


図 R J.10 土石流監視警報システム概念図(A 案)

- B 案 テレメータ雨量システム+土石流観測システム+簡易警報システム(概念図は A 案と同様)

- C案 テレメータ雨量システム+簡易警報システム

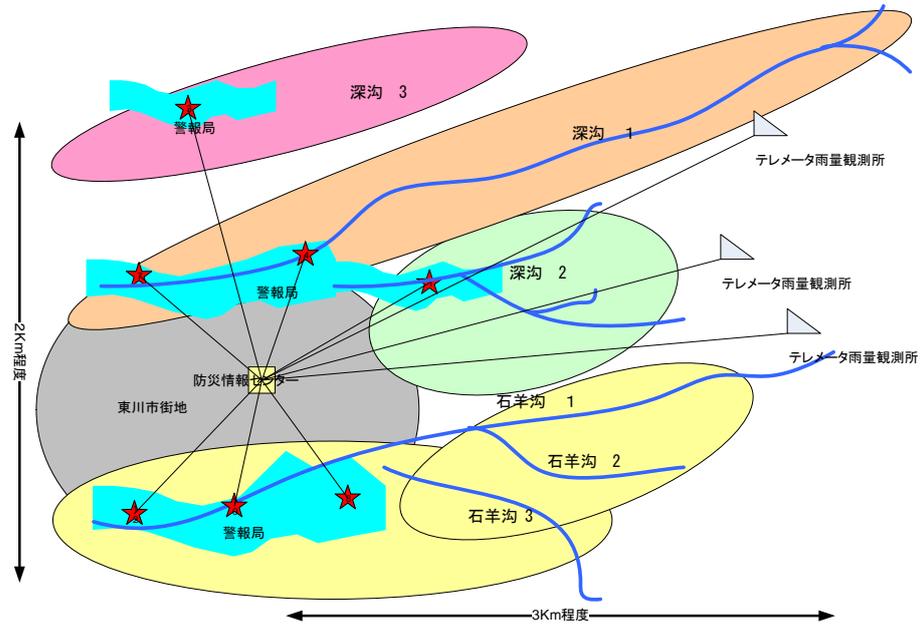


図 R J.11 土石流監視警報システム概念図(C案)

- D案 テレメータ雨量観測システム+土石流観測システム

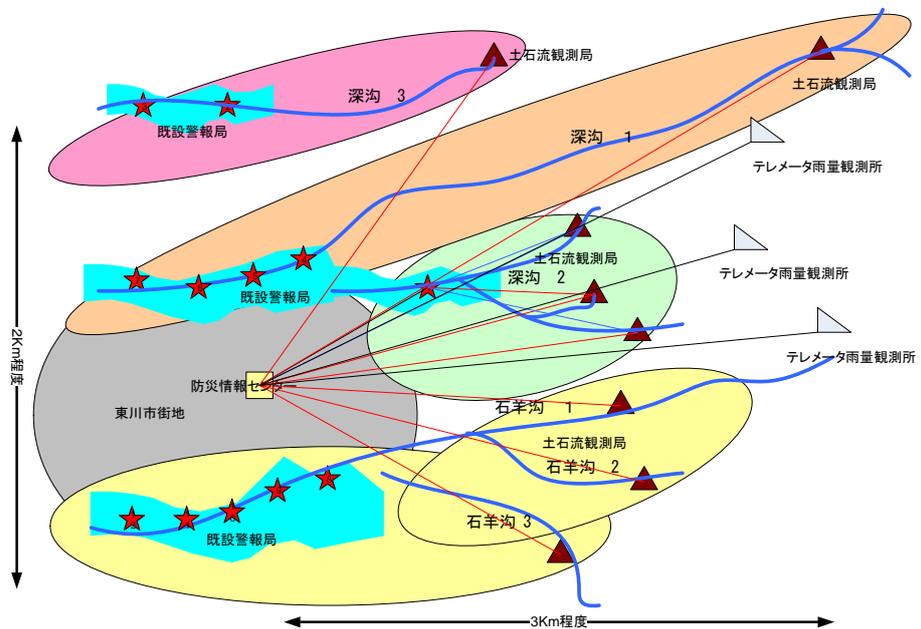


図 R J.12 土石流監視警報システム概念図(D案)

上記4案の比較検討を表 R J. 19 が示すように行った。その結果 B 案のテレメータ雨量観測システム、土石流観測システムを導入し、警報システムは簡易警報とする方式が性能、価格及び将来の局所レーダー雨量計導入のためにも望ましい案であり、11月17日に行ったシステム説明会で中国側の賛同を得た。

表 R J. 19 組み合わせ案比較検討表

| システム | 長所 | 短所 | 判定 |
|------|---|--|--------|
| A 案 | テレメータ雨量観測、土石流観測、土石流警報システムの全てを備える。降雨データと土石流発生を即時に捕らえることにより正確な土石流予測を行うことが出来る。このため長い避難のリードタイムを得ることが出来、警報局によって住民に警戒・避難通報が出来る。 | 多くの機材を導入するため、設備投資が大きく、またシステムが複雑で運用が面倒である。同じ理由で維持管理費が高くなる。 | 適案 |
| B 案 | 上記と同じ構成で警報局のみ簡易型の拡声器装置としたため設置価格が大きく下がる | 警報局の動作確認や自動点検などが出来ないため、警報発令の記録や、動作の確認を別の方法で行う必要がある。 | 最適案 |
| C 案 | テレメータ雨量観測データから土石流を予報する方式で、システム設置コストが安い | 土石流の発生時刻を把握できないため雨量判定図の作成が困難で予報確度を上げるのが難しい。空振り警報が多くなる。 | 推薦できない |
| D 案 | テレメータ雨量観測、土石流観測、土石流警報システムの全てを備える。降雨データと土石流発生を即時に捕らえることにより正確な土石流予測を行うことが出来る。このため長い避難のリードタイムを得ることが出来る。 | 既設警報の設置状況が土石流氾濫地域に分布していないため効果的な警報が出せない。また各警報が作動すると内容が異なる放送が時間差を持って始まるため内容が理解できない | 推薦できない |

3.7 概算事業費

事業費概算の算出する条件は以下のとおりである。

- 洪水・土石流予警報システムに使用する機材は原則中国製とする。

洪水予警報、土石流予警報、テレメータ監視装置、警報監視制御装置などに必要なソフトウェアの制作は全て中国とする。

- 中国で生産していないものは日本または、ヨーロッパなどの外国製を使用する。
- 現在製品はあるが研究段階で使用実績の乏しいものは外国製を使用する。
- 中国製品に関しては出来るだけ見積もりを取ったが一部推定価格である。

前章で検討した A, B, C, D 4 案についてそれぞれ概算価格を算出した。

- A 案 テレメータ雨量システム＋土石流観測システム＋遠隔警報システム

表 R J.20 A 案概算価格算定表

| | 機材名 | 数量 | 単価(元) | 合計(元) |
|---|-----------|----|---------|-----------|
| 1 | 監視制御局装置 | 1 | | 1,118,400 |
| 2 | 雨量観測局装置 | 8 | 28,000 | 224,000 |
| 3 | 土石流観測局装置 | 8 | 67,000 | 536,000 |
| 4 | 遠隔制御警報局装置 | 9 | 306,000 | 2,754,000 |
| 5 | 予備品・付属品 | 1 | | 139,000 |
| 6 | 据え付け工事費 | 1 | | 463,000 |
| | | | | |
| | 合計 | | | 5,234,400 |

- B 案 テレメータ雨量システム＋土石流観測システム＋簡易警報システム

表 R J.21 B 案概算価格算定表

| | 機材名 | 数量 | 単価(元) | 合計(元) |
|---|----------|----|---------|-----------|
| 1 | 監視制御局装置 | 1 | | 552,000 |
| 2 | 雨量観測局装置 | 8 | 28,000 | 224,000 |
| 3 | 土石流観測局装置 | 8 | 67,000 | 536,000 |
| 4 | 簡易警報局装置 | 9 | 103,000 | 927,000 |
| 5 | 予備品・付属品 | 1 | | 67,000 |
| 6 | 据え付け工事費 | 1 | | 224,000 |
| | | | | |
| | 合計 | | | 2,530,000 |

- C案 テレメータ雨量システム＋簡易警報システム

表 R J.22 C 案概算価格表

| | 機材名 | 数量 | 単価(元) | 合計(元) |
|---|---------|----|---------|-----------|
| 1 | 監視制御局装置 | 1 | | 552,000 |
| 2 | 雨量観測局装置 | 8 | 28,000 | 224,000 |
| 3 | 簡易警報局装置 | 9 | 103,000 | 927,000 |
| 4 | 予備品・付属品 | 1 | | 51,000 |
| 5 | 据え付け工事費 | 1 | | 170,000 |
| 6 | | | | |
| | 合計 | | | 1,924,000 |

- D案 テレメータ雨量観測システム＋土石流観測システム

表 R J.23 D 案概算価格算定表

| | 機材名 | 数量 | 単価(元) | 合計(元) |
|---|----------|----|--------|-----------|
| 1 | 監視制御局装置 | 1 | | 480,000 |
| 2 | 雨量観測局装置 | 8 | 28,000 | 224,000 |
| 3 | 土石流観測局装置 | 8 | 67,000 | 536,000 |
| 4 | 予備品・付属品 | 1 | | 37,000 |
| 5 | 据え付け工事費 | 1 | | 124,000 |
| | | | | |
| | 合計 | | | 1,401,000 |

4. システム維持管理

4.1 維持管理の必要性

テレメータシステムの導入と同時に持続的な運用を可能にする保守組織の組成が必須条件となる。テレメータ機器は近年の技術革新できわめて長時間の耐用年数を持っているが、環境や周囲条件でその耐用年数は大きく変化する。日本や東南アジアのように高温・高湿度の環境と乾燥地帯での高温・低湿度の環境では耐用年数は違ってくる。湿度の低い地帯のほうが機材保存には向いているが、微細な砂埃による問題もあり一様な条件ではない。一般的に耐用年数は使用されている電子部品の MTBF（平均故障発生率）で計算される。日本国内では通常 10 年間を機器寿命としているが、多くの官庁では効率的な故障防止保守点検を行い、15 年位まで更新期間を延長している。海外のシステムでも少なくとも 10 年以上良好な状態で運用するためには保守組織を確立し、十分な保守予算を確保して継続した保守を行う必要がある。多くの途上国で年次保守予算の確保が出来ず、不具合を放置し、最後には運転不能に陥り、システムそのものを放棄する例がある。

通常テレメータシステムの運用は 3 つの段階に分かれ、各段階で相応の故障が発生する。

- 第1段階:試用期間 (無償保守期間)
 - この段階では機材の装備工事の不具合, 機器設計の不良, 機器素子の不良そして取り扱い不良などで故障が多く発生しやすい。この段階での故障を取り除くことで機材は安定領域に入るため, 無償保障期間として納入業者が無償で修理することになる。
- 第2段階:運用期間 (有償保守期間)
 - 試運転期間に発生した故障を全て改善すると機器は安定領域に入り, 適切な保守作業を行えばシステムは長期間無故障で動作する。但し, 落雷などのために大規模な故障が発生する可能性はある。コンピュータシステムが導入されているシステムではハードディスク、フロッピーディスクドライブなどメカニカル部分の寿命が3~5年であることからこの期間に交換が発生する。
- 第3段階:更新期間
 - システムを適切に保守しても10年から15年経過すると機材は修復不能なくらい故障が多くなる。この時点を経験更新時期とするが, 出来ればその前からシステム更新を計画し, ダメージの大きい部分から更新していくのが望ましい。そしてある時期に全ての機材を更新する。

保守計画を立てるとき上記のシステムの寿命を考慮しておくことが重要である。これにより年間の保守予算,更新時期の予算など中長期の計画が建てられる。

図 R J.13 に通称「バスタブカーブ」といわれるシステムの故障の発生傾向を示す。

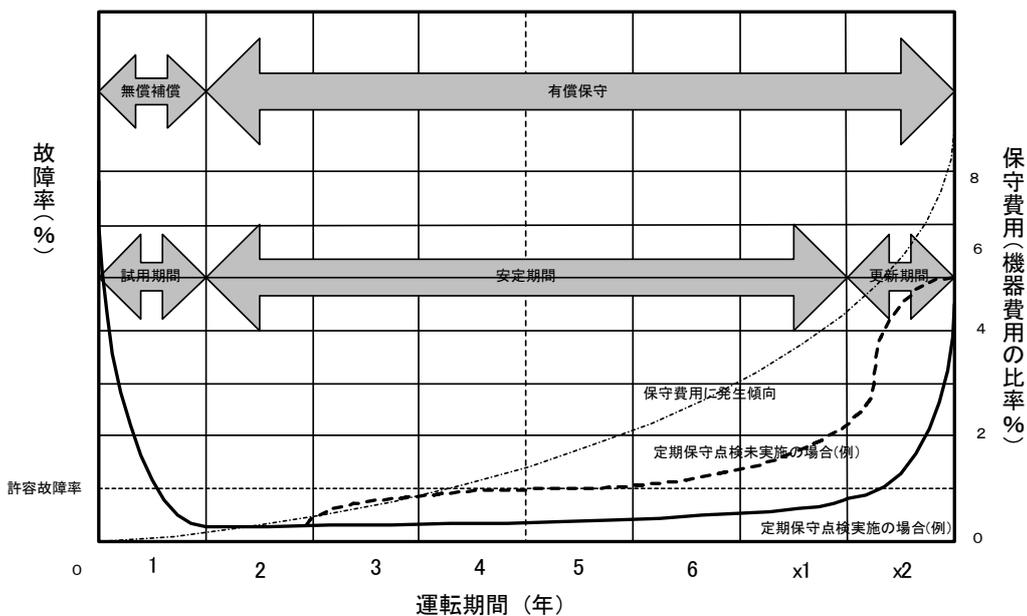


図 R J.13 故障発生傾向と保守内容

従って年間の保守費用が幾らであるかを求める場合何年間の平均値で答える事になるため、各年次での数字と異なることが普通である。上記の例の場合、年間費用の最小値が 0.2%、最大値が 10%、平均値は 3.7%である。ただしこの中には機材の盗難、落雷による大規模な損傷などに掛かる費用は含まれていない。

4.2 システムの保守・点検

本システムを可能な限り永続的に、さらに確実に運営するためには、システムの保守・点検が重要である。小江流域工程管理局(仮称)の防災情報センターが全システムの維持管理を行う。表 R J. 24 に本システムの保守点検の種類・内容・時期、対象システムを示す。

表 R J.24 機材の整備概要

| 種類 | 対象局 | 保守・点検内容 | 時期 |
|---------------|------------------------|---------------|------|
| 日常保守 | 防災情報センター | 機材の清掃、外観点検、 | 洪水時 |
| 定期点検 3ヶ月点検 | テレメータ観測局 土石流観測局、警報局 | 清掃、外観点検、簡易テスト | 非洪水期 |
| 定期点検 1年点検 | テレメータ観測局 土石流観測局、警報局 | 清掃、外観点検、詳細テスト | 非洪水期 |
| 異常時点検 | テレメータ観測局 土石流観測局、警報局 | 詳細テスト | 必要時 |

洪水期に実施する日常保守と非洪水期に実施する 3ヶ月定期点検(年 4回)は、防災情報センター職員が実施する。また、年 1回、洪水期前に実施する 1年定期点検および異常時の点検には、高度な専門技術が必要とする。関連機関の技術者を専門の点検修理のため訓練する方法や新たに技術者を雇用することは実際的ではないと判断される。そこで、これらの点検は、外部委託により実施するものとする。中国の通信・コンピュータ専門業者により 1年点検および異常時点検は可能である。

4.3 維持管理体制

防災情報センター担当者による運用・維持管理に必要なと想定される職員の人数を表 R J. 25 に示す。

表 R J.25 必要職員

| 機関 | 責任者および 副責任者 | 水理・水文技師 (河川技師・砂防技師) | 電子機器・ コンピュータ技師 |
|--------------|----------------|------------------------|-------------------|
| 防災情報 センター | 2名 | 2名 | 1名 |

4.4 維持管理費用

本システムを洪水予警報に活用する期間は、5月から10月の雨季6ヶ月であり、この期間に年間降雨量の87%の降雨がある。この降雨期間に洪水・土石流待機のためほぼ24時間態勢の勤務が要求されるため同種の技師が最低2名必要となる。但しコンピュータ・電子機器技師は常時待機の必要が無いいため1名とする。その他の期間は定期点検や洪水・土石流予報の精度向上検討を実施する。

長期的に見た維持管理費は機器寿命によって一定ではない。設置当初の1年間は納入業者による無償補償保守が実施されるため人件費と電気代程度の金額となる。一方コンピュータ関連機材のうちハードディスクドライブ、CDドライブ、ディスプレイなど機械的な部品は3年から5年に掛けて交換が必要になる。このため維持管理費用は大きく「設置から3年まで」「3年目以降」の2種類に分けて準備する必要がある。

設置から3年までの年間必要延べ職員数およびスペアパーツ購入費、保守点検のための年間外部委託費を表 R J. 26 に列記する。

表 R J.26 初期の維持管理費用

| 組織名 | 年間必要職員数 | システム案 | 予備品購入 および電気代 | 外部委託費用 (元) | 合計必要経費 (元) |
|--------------|---------|-------|-----------------|---------------|---------------|
| 防災情報 センター | 60人・月 | A案 | 69,400 | 92,600 | 162,000 |
| | | B案 | 34,000 | 45,000 | 79,000 |
| | | C案 | 26,000 | 34,000 | 60,000 |
| | | D案 | 18,600 | 24,800 | 43,400 |

4年目以降の維持管理費はシステムの保守の状態にもよるが、おおよそ表 R J. 27 に示した金額が想定される。従って3年後の維持管理予算は下表を参考にして見直す必要がある。

表 R J.27 4年目以降の維持管理費用

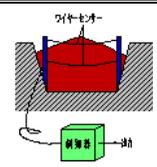
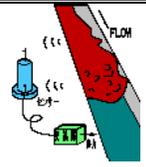
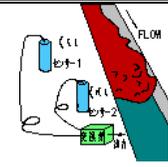
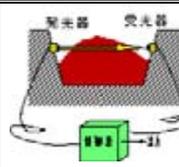
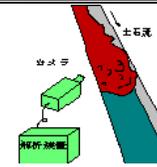
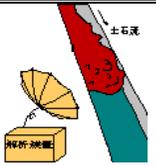
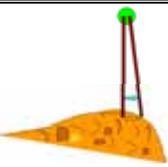
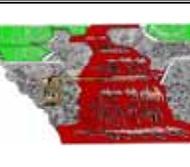
| 組織名 | 年間必要職員数 | システム案 | 予備品購入 および電気代 | 外部委託費用 (元) | 合計必要経費 (元) |
|--------------|---------|-------|-----------------|---------------|---------------|
| 防災情報 センター | 60人・月 | A案 | 139,000 | 231,000 | 370,000 |
| | | B案 | 68,000 | 112,000 | 180,000 |
| | | C案 | 51,000 | 85,000 | 136,000 |
| | | D案 | 37,000 | 62,000 | 99,000 |

附表

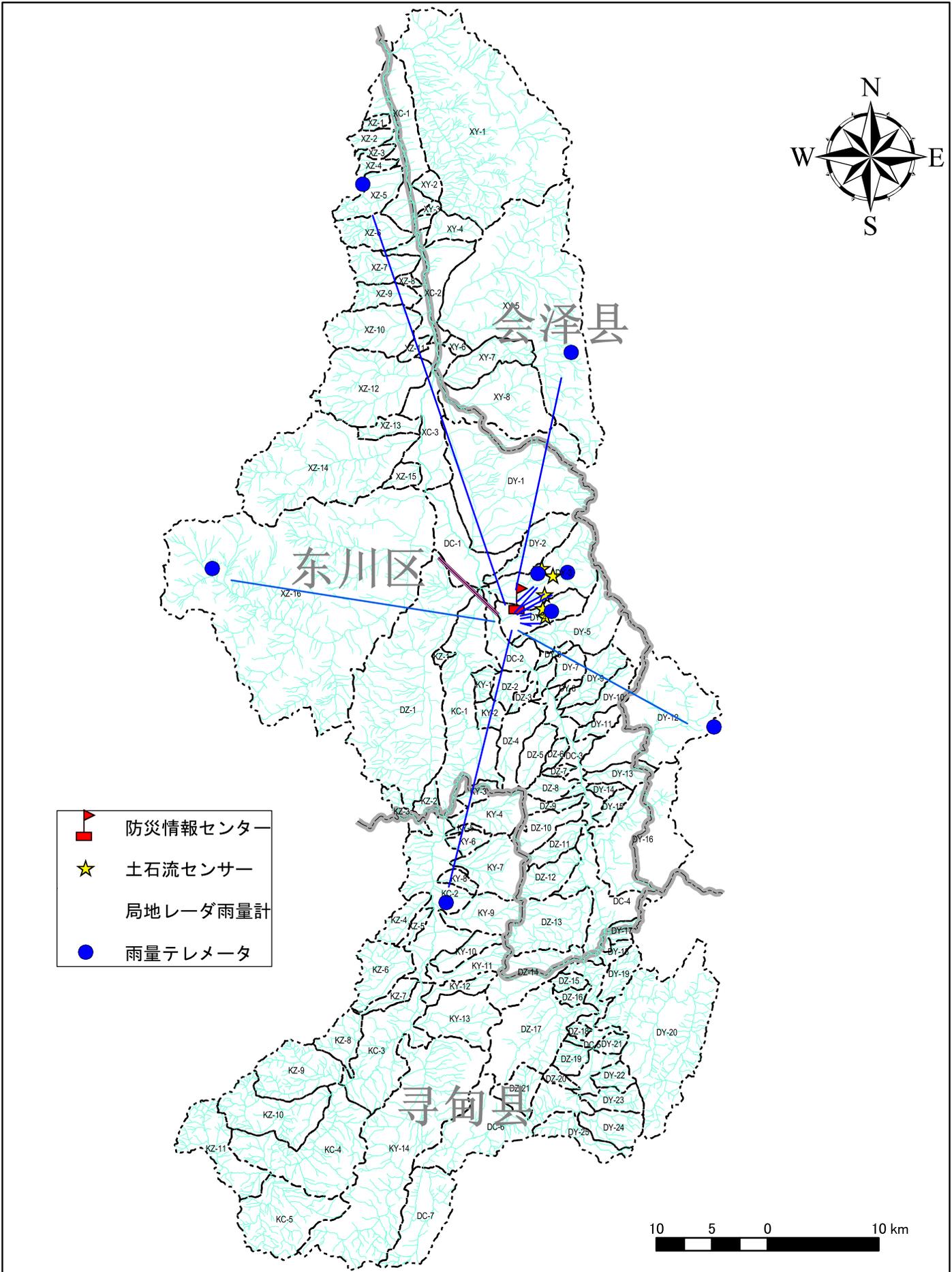
表 J. 1 テレメータ用通信回線比較検討表

| 比較項目 | | VHF/UHF単信無線回線 | インマルサットC衛星回線 | GSM携帯電話回線(SMS) | 一般公衆電話回線 | 備考 |
|-----------------|---|--|--|---|--|---|
| 概 要 | 回線構成 | 監視局と観測局間の通信回線をVHF/UHF単信無線回線 | 監視局と観測局間の通信回線を海事衛星(インマルサット)ネットワーク | 監視局と観測局間の通信回線をGSM方式携帯電話回線網で構築 | 監視局と観測局間の通信回線をPSTN(公衆電話回線) | |
| | データ収集方式 | ボーリング方式 | セルフレポーティング方式 | セルフレポーティング方式 | ボーリング方式またはセルフレポーティング方式 | |
| | 通信方式 | 半二重通信方式 | デジタルパケット通信方式 | デジタルパケット通信方式 | デジタルパケット通信方式、または半二重通信方式 | |
| | 通信速度 | 1,200bps | 600bps | 9,600bps | 9,600~22,800bps | |
| | 無線局申請/回線契約 | 電波監理局への周波数取得手続き(無線局申請)が必要。 | 無線局申請不要。海事衛星運用会社との契約が必要。 | 無線局申請不要。携帯電話会社との契約が必要。 | 無線局申請不要。電話会社との契約が必要。 | |
| 設備寿命 | ◎ 設計寿命15年程度。 | ○ 設計寿命10年程度。但し、海事衛星の残寿命や継続衛星の調査が必要。 | △ モデム等の民生品の設計寿命は5年程度。但し、技術動向による電話会社の次のサービス内容等を調査する必要がある。 (1) 当該国での第3世代携帯電話(CDMA)導入によるGSMからCDMAへの移行期間やGSMの継続運用期間。 (2) GSMのパケット通信方式であるGPRS(General Packet Radio System)の導入によるショートメッセージサービスの継続運用期間。 | △ モデム等の民生品の設計寿命は5年程度。 | 一般的にGSMモデムや電話モデムは劣悪環境での使用を顧慮していないことから設計寿命が短い。 | |
| 通信距離 | ○ 無線区間が見通しであれば概ね30km~60km。無線区間の地形条件により中継局が必要となる。机上回線設計と電波伝搬実験による実証が必要である。 | ◎ 広域。但し、インマルサット衛星と観測局間が見通しであることを確認する必要がある。 | ○ 電話会社のサービスエリアによる。ショートメッセージ利用によるデータ取得率の検証が必要である。 | ○ 電話会社のサービスエリアによるため観測局をカバーしているか調査が必要。但し、観測局をカバーしていない場合は、PSTNのケーブルが引き込み工事が必要となる。工事費の負担(電話会社か利用者か)の調査が必要。 | | |
| 電源容量 | ◎ 一般的に低消費電力設計のため電源容量は小さい。 | △ 監視局からの制御コマンド受信するために常に受信モードとする。受信モード時のインマルサット端末の消費電流が大きいため電源は大容量となる。 | ○ 監視局からの制御コマンド受信するために常に受信モードとする。GSMモデムの消費電流の大きさから電源は中容量となる。 | ○ 監視局からの制御コマンド受信するために常に受信モードとする。電話モデムの消費電流の大きさから電源は中容量となる。 | 制御コマンドとはセルフレポーティングの送信周期の設定。1時間周期に設定すれば1時間毎に観測局からデータを監視局へ送信する。 | |
| データ収集時間(リアルタイム) | ◎ 通常 ◎ 災害時等の緊急時 | ◎ 数分以内(ほぼリアルタイムで収集可能) | ○ 5分~15分(回線トラフィック量により収集時間が変動) | ◎ 公衆回線 △ 公衆回線 | ◎ 公衆回線 △ 公衆回線 | |
| 信頼性 | ◎ 災害罹災 | ◎ 一般的にVHF/UHF無線回線は災害時に特に起きやすい電源障害に対して十分な無停電対策を考慮して設計するため災害罹災の可能性が低い。 | △ 衛星通信系は無線のため災害罹災はない。地球局-監視局間は地上回線(有線の切断や電源障害による交換機障害)のため災害罹災の可能性が高い。 | △ 公衆回線 △ 災害による通話の輻輳や基地局への電源供給断や基地局地上回線の切断により回線接続不能となるおそれがある。 電源障害時の対応策や無停電保証時間の調査が必要。 | △ 公衆回線 △ 災害時に回線の輻輳による回線断やケーブルの断線等によって回線が不通となる可能性が高い。 | |
| 保守性 | ◎ 故障対策 | ◎ 自営回線のため自力復旧が可能である。予備品や予備装置により復旧時間は短い。 | △ 衛星が故障の場合、予備衛星が無いと通信不能となる。維持管理体制は海事衛星サービス会社と電話会社による。地上局や地上回線の重大故障の場合には一般的に復旧に費やす時間が長い。 | △ 携帯電話会社の維持管理体制に依存する。災害時の重大障害の場合、一般的に復旧に長い時間を必要とする。 | △ 電話会社の維持管理体制に依存する。災害時の重大障害の場合、一般的に復旧に長い時間を必要とする。 | |
| 経済性 | 通信機器費 | △ 機器費はVHF/UHF無線設備の初期投資である。インマルサットC無線設備、GSMやPSTNより高い。 | ○ 機器費はインマルサットC無線設備の初期投資である。VHF/UHF無線設備よりは安い。GSMやPSTNよりは高い。 | ◎ GSMモデムは汎用品であるため安価である。 | ◎ 電話モデムは汎用品であるため安価である。 | |
| | 工事費 | △ 工事費は空中線柱の材料や建柱がある。工事費はインマルサットC端末設備、GSMやPSTNより高い。 | ○ 工事は空中線取り付けである。工事費は、VHF/UHF無線設備よりは安い。携帯電話回線、PSTNよりははや高い。 | ◎ GSMの無線設備の工事が無いため工事費は一番安い。 | ◎ 工事はPSTNの切り分け器とのケーブル接続であるため工事費は安価である。但し、PSTNのケーブル引き込み工事が利用者負担になると工事費が高くなる。引き込み工事費の負担について調査が必要。 | |
| | 保守費 | ○ 保守費は定期保守点検費、緊急修理点検費や無線設備の予備装置である。維持管理要員の確保や要員の教育・訓練が必要である。また、設備の一元管理が行えるため機器の障害発生を早期に発見できる。 | ◎ 海事衛星サービス会社や電話会社が保守サービスを行うために一般的に保守費は発生しない。但し、保守サービスが回線使用料とは別契約になることもありうるので調査をする必要がある。 | ◎ 携帯電話会社が保守サービスを行うために一般的に保守費は発生しない。但し、保守サービスが回線使用料とは別契約になることもありうるので調査をする必要がある。 | ◎ 携帯電話会社が保守サービスを行うために一般的に保守費は発生しない。但し、保守サービスが回線使用料とは別契約になることもありうるので調査をする必要がある。 | |
| ランニングコスト | ◎ 自営回線であるため回線使用料金の費用は発生しない。 | △ 衛星回線の(使用料+基本料金)+地上回線の(使用料+基本料金)が必要である。当該国でのインマルサット回線使用料を調査する必要がある。一般的にインマルサットC及び地球局からコントロールセンター間は長距離電話となるためランニングコストは高い。 | △ 公衆回線 △ 回線使用料金が発生する。当該国でのGSMのショートメッセージサービス料金(使用料+基本料金)の調査が必要である。 | △ 公衆回線 △ 回線使用料金が発生する。当該国でのPSTNの回線使用料+基本料金の調査が必要である。 | ランニングコストには電気料金、消耗品、人件費や回線使用料金などがある。電気料金、消耗品や人件費は共通であるため回線使用料金について比較する。 | |
| 総合評価 | | (1) 初期投資費は高いがランニングコストが発生しないことから総合的な経済性は高い。 (2) 災害時において信頼性の高い回線とリアルタイム性を確保できる。 (3) 故障時、短時間の自力復旧や予防保守などによる維持管理面での保守性が高い。 | (1) 初期投資はやや高いが15年間のランニングコストを考慮すると総合的に経済性が劣る。 (2) 地球局とコントロールセンター間の地上回線において災害罹災のおそれがあるため信頼性が劣る。 (3) 回線障害に自力復旧ができないため保守性が劣る。 | (1) 初期投資は小さいが15年間のランニングコストを考慮すると経済性はやや劣る。(設備寿命が短い。電話会社のサービス提供の変更のおそれ) (2) 回線の災害罹災のおそれがあり、通話の輻輳による回線不通のおそれがあるため回線の信頼性が劣る。 (3) 回線障害に自力復旧ができないため保守性が劣る。 (4) GSMは広域洪水予警報システムへの実績がない。 | (1) 初期投資は小さいが15年間のランニングコストを考慮すると経済性はやや劣る。(設備寿命が短い。電話会社のサービス提供の変更のおそれ) (2) 回線の災害罹災のおそれがあり、通話の輻輳による回線不通のおそれがあるため回線の信頼性が劣る。 (3) 回線障害に自力復旧ができないため保守性が劣る。 | 総合評価は、回線の総合的な経済性(初期投資+15年間のランニングコスト)、信頼性及び保守性の観点から行っている。また防災テレメータ回線は、一般公衆回線から独立した専用回線が望ましい。 |
| | | ◎ | △ | ○ | ○ | |

表 J.2 土石流発生検知センサ比較検討表

| 名称 | ワイヤーセンサ | 振動センサ | 音響センサ | 光センサ | オプティカル方式 土石流検知センサ | 光ケーブルセンサ | レーダ土石流センサ | はねるセンサ | 遮断機センサ |
|-------------|--|---|--|--|--|--|--|---|---|
| センサ イメージ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 基本原理 | 渓流を横断するケーブルセンサを土砂が通過する際に切断することで検知 | 土石流等の流下による振動を検知 | センサで土石流の流下音を検知 (2個1組で、渓流の左右岸・上下流に設置) | 赤外線レーザーを対岸に発射し、土砂の流下でビームが遮断されることで検知 | 連続画像から各点(画素)の時空間的变化を調べ、移動方向と移動速度を求め、あらかじめ設定した流速以上になった場合に土石流発生と見なす | 渓流を横断する方向に設置した光ケーブルを土砂が通過する際に切断することで検知 | 電波が土石流に衝突し跳ね返ることにより土石流の発生を検知 | 渓流に垂直に設置した振り子状の棒が土石流に接触し揺れることにより土石流を検知 土石流が過ぎ去ると振り子が設置位置に戻り再度観測可能 | 渓流に接触センサを設置し土石流の接触によりセンサが動くことで土石流を検知 接触センサは土石流が接触すると縮み、一定時間後に再度センサを伸展する |
| センサ 種類 | 接触型センサ | 非接触型センサ | 非接触型センサ | 接触型センサ | 非接触型センサ | 接触型センサ | 非接触型センサ | 接触型センサ | 接触型センサ |
| 長 所 | <ul style="list-style-type: none"> ・確実性が高い ・施工実績が多い | <ul style="list-style-type: none"> ・連続した計測が可能 ・振動の波形から土石流規模の推定が可能 | <ul style="list-style-type: none"> ・連続した計測が可能 ・音の波形から土石流規模の推定が可能 | <ul style="list-style-type: none"> ・連続した計測が可能 | <ul style="list-style-type: none"> ・連続した計測が可能 ・視覚による直接的な現象の確認ができる ・視覚による直接的な現象の確認ができる | <ul style="list-style-type: none"> ・確実性が高い ・観測箇所接続ボックスを設置することで、長距離の延長が可能 ・観測箇所電源が不要 ・雷などの外部雑音に強い | <ul style="list-style-type: none"> ・連続した計測が可能 ・土石流流量・流速等の諸元が把握できる ・水位・流速も計測可能 | <ul style="list-style-type: none"> ・確実性が高い ・振り子の角度から流速なども測定可能 ・繰り返し観測が可能 | <ul style="list-style-type: none"> ・確実性が高い ・繰り返し観測が可能 |
| 短 所 | <ul style="list-style-type: none"> ・一度切断すると張り替えるまで検知不能 ・現地の状況把握ができない | <ul style="list-style-type: none"> ・大きな振動による誤作動 ・センサの設定値を決定する必要あり、土石流頻発渓流にしか向かない ・現地の状況把握ができない | <ul style="list-style-type: none"> ・他の音(洪水)による誤作動 ・センサの設定値を決定する必要あり、土石流頻発渓流にしか向かない ・土石流発生最終確認は現地に行って確認するほかない ・現地の状況把握ができない | <ul style="list-style-type: none"> ・霧および降雪、強雨等によりビームが遮断されることによる誤作動が多い。 ・現地の状況が確認できない ・土石流発生最終確認は現地に行って確認するほかない ・発光器および受光器のレンズにホコリが付着し誤動作する | <ul style="list-style-type: none"> ・霧および豪雨、降雪等モニター画像が良好でない場合は検知できない ・夜間対応として照明施設が不可欠である | <ul style="list-style-type: none"> ・一度切断すると張り替えるまで検知不能 ・現地の状況把握ができない ・現場までの光ケーブル敷設工が必要 | <ul style="list-style-type: none"> ・研究段階であり、製品化されていない ・レーダで測定した結果を数値に変換する演算が複雑である | <ul style="list-style-type: none"> ・研究段階であり、製品化されていない | <ul style="list-style-type: none"> ・研究段階であり、製品化されていない |
| 電 源 | DC12V (リチウム電池、太陽電池等) | DC12V (リチウム電池、太陽電池等) | DC12V (リチウム電池、太陽電池等) | 商用電源またはDC12V | 商用電源 (AC100V) | 商用電源 (AC100V) (ただし監視局側) | 商用電源 (AC100V) | 商用電源 (AC100V) | DC12V (リチウム電池、太陽電池等) |
| 誤作動の 少なさ | | | | × | | | | | |
| 検知の 確実性 | | | | | | | | | |

付図



中華人民共和国
 云南省小江流域総合土砂災害対策
 及び自然環境修復計画調査
 独立行政法人 国際協力機構

図 J.1
 小江流域予警報システムの観測網