

# 土 木 研 究 所 資 料

## 土砂災害防止のための 情報収集伝達システムの検討(II)

昭和62年 2 月

建設省土木研究所  
砂防部砂防研究室

Copyright © (1987) 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、複写は、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。

# 土砂災害防止のための 情報収集伝達システムの検討(II)

砂防部 砂防研究室

室 長 矢 澤 昭 夫

研 究 員 原 義 文

部外研究員 藤 田 昇

## 要 旨

土砂災害を防ぐためには、砂防ダムや流路工などの構造物によるハードウェア対策と、警戒避難体制を中心とするソフトウェア対策を組み合わせた総合的な砂防対策の整備が重要である。警戒避難体制を整備し、的確に運用するためには、正確な情報を迅速に収集伝達する必要がある。本書では、情報の収集伝達を担うシステムとはいかにあるべきかを考察し、それに基づく系統立った情報収集伝達システムの設計方法について検討している。

キーワード：システム、情報伝達、土砂災害、土石流、警戒避難

## まえがき

土砂災害に対する警戒・避難体制を整備する上で、情報を正確かつ迅速に収集伝達することは、最も重要なことの一つである。本報告書は、この土砂災害防止のための情報収集伝達システムについて述べたものであるが、これを検討するにあたって、まず避難行動と情報およびシステムの係わりについて考えてみる必要がある。

一般に、人間が行動するときにはなんらかの情報をもとにするものである。その情報には内なる情報と外部から取り入れる情報がある。内部に有する情報には過去の経験をもとにした記憶情報と、生まれながらに組み込まれた情報（生物としての情報、遺伝子）がある。外部からの情報とは人間の五感を通して随時入ってくる情報（刺激）である。なお、外部からの情報も一旦は内部に取り入れられ、判断を加えられてはじめて機能する。例えば、人間が道を歩くときは目で見た道路状況を判断して障害物をよけながら記憶している道順に従って歩いていく、このような日常的な行動においては、蓄えられた内部情報を有効に使って外部からの情報を素早くかつ的確に判断し、スムーズに行動することができる。定型的な行動であれば、得られる外部情報が少ない場合、すなわち、判断材料が少ない場合でもある程度の確な判断が可能で、行動に支障をきたさないといえる。

しかし、非日常的な現象に遭遇した場合は定型外の情報が入ってくるための確な判断が困難になり、スムーズに行動できなくなってしまう。ましてや、このときに外部からの情報を断たれると行動不能におちいってしまうことになる。災害というのはまさに非日常的な現象で、本人が直接見たり聞いたりして直接得られる情報は定型外であり、それまで得られてきた間接的な情報は、通信網や交通網の障害などによって途絶してしまうので、的確な判断、スムーズな行動が困難になる。逆にいうと、災害時に適切な警戒避難などの防災活動を行うためには、タイミングのよい正確な情報の収集および伝達が必要であり、災害下でも機能する情報収集伝達システムの整備が不可欠であるといえる。

このような見地に立って、各所で災害時の情報収集伝達システムの研究が進められており、システムの整備が行われている。ところが、災害といっても様々で、自然災害に限っても土砂災害、水害、地震災害、火山噴火などがあり、それぞれによって求められるシステムの機能は異なってくると思われる。当砂防研究室では、土砂災害に関する情報収集伝達システムの研究を進めており、昨年度は土木研究所資料第2360号「土砂災害防止のための情報収集伝達システムの検討（1986年3月）」として発表している。その中でシステムの動作時間（スループットタイム）の短縮が重要な課題であり、それにはシステムと人間の結びつき、いわゆるマンマシンインターフェイスが肝要であると述べ、システムの中の人間の占める役割は非常に大きいと結論しているが、システムに対しては表面的な設計方針を示したに留り、システムの中身の詳細については言及できなかったきらいがある。それを踏まえて、本報告書では、土砂災害防止のため情報収集伝達システムすなわち砂防情報収集伝達システムはどうあるべきかを系統的に考察し、いかにして最適なシステムを構築するかについての検討を試みることにする。

本報告書は11章に分かれており、各章の主な内容は次に示すとおりである。

1章は、一般的にシステムとはどういうものかについて記述し、システムの設計・構築方法、すなわちシステム工学について説明している。システムという言葉はよく使われるが、その概念を正確に理解している人は少ないと思われ、できるだけわかりやすい説明を心掛けたつもりである。

2章は、総合的な砂防対策の中でソフトウェア対策の果たす役割とハードウェア対策の果たす役割を明確にし、砂防情報収集伝達システムを取り巻く環境条件について検討している。

3章では、砂防情報収集伝達システムの目標は、情報を伝達することによって被害を未然に防止あるいは被害を最小限にすることであるとし、情報の存在を空間的・時間的に分類して、どんな情報が必要かを検討している。また、災害から避難するときに避難行動を開始するきっかけとはなにかについて考察している。

4章は、1章で述べたシステム設計方法に従って具体的な砂防情報収集伝達システムの基本構想をまとめている。その中で、土砂災害防止システムの中心として砂防情報センターの設置を提案している。

5章は、砂防情報収集伝達システムの中のサブシステムの一つである雨量データ収集システムについて記述している。この中では、とくに、地上雨量計・レーダ雨量計に要求される測定精度について言及している。

6章では、降雨量以外の情報収集システムについて記述しており、災害モニタリング、土砂移動現象検知、河川情報、気象情報などについて検討している。

7章は、土砂災害発生の予知・予測方法について考察を加え、土石流発生監視装置とはどういうものかを説明している。

8章は、不特定多数の情報要求者に対する伝送手段、いわゆる広報システムについて検討している。この中で携帯テレビの有用性を取り上げ、今後の利用方法について考察している。

9章は、過去の災害の中で既存の防災システムがどのように動作したかについて情報収集伝達から見て考察している。災害事例としては三重県美杉村（1982年）と島根県三隅町（1983年および1985年）および長崎県長崎市を取り上げ、さらに、土石流発生監視装置の動作例として、1983年以降に長崎県に設置されているシステムを取り上げている。

10章では、筆者らがシステム設計者になったものと仮定して、秋田県をモデルとして仮想の砂防情報収集伝達システムの設計を試みている。

11章は、砂防情報収集伝達システムに関する重要項目を取り上げ、今後の課題を提供している。

最後に、本資料をまとめるにあたって多大の御協力をいただいた、秋田県砂防課の皆様に深く感謝いたします。

昭和62年 2月

# 目 次

## まえがき

### 1. システムとは

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1.1 システムとはなにか .....     | 1  |
| 1.2 システムの基本動作 .....     | 3  |
| 1.3 システムはどこまで広がるか ..... | 4  |
| 1.4 システムの価値とは .....     | 6  |
| 1.5 システムは動いている .....    | 9  |
| 1.6 システムの一生 .....       | 9  |
| 1.7 システム設計 .....        | 10 |
| 1.8 システムの製作から運用まで ..... | 13 |
| 1.9 システムの改良 .....       | 15 |
| 1.10 システムの終焉 .....      | 15 |

### 2. システムを取り巻く環境

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 2.1 システムの環境 .....                | 18 |
| 2.2 総合土石流対策 .....                | 18 |
| 2.3 ソフトウェアとハードウェア .....          | 19 |
| 2.4 土石流対策対象溪流 .....              | 20 |
| 2.5 ハードウェア対策の効果と限界 .....         | 21 |
| 2.6 砂防におけるソフトウェア対策の位置付け .....    | 23 |
| 2.7 砂防以外のソフトウェア・ハードウェア対策の例 ..... | 24 |
| 2.8 住宅移転について .....               | 25 |
| 2.9 警戒避難体制と情報収集伝達システム .....      | 25 |

### 3. 土砂災害防止のための情報とは

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.1 情報とは .....              | 30 |
| 3.2 情報の伝達とは .....           | 30 |
| 3.3 情報の価値 .....             | 31 |
| 3.4 情報は時と場合によって価値が変わる ..... | 32 |
| 3.5 どんな情報が必要か .....         | 34 |
| 3.6 避難対象者について .....         | 35 |

|     |              |    |
|-----|--------------|----|
| 3.7 | 避難のきっかけとなるもの | 36 |
| 4.  | システム設計       |    |
| 4.1 | 基本構想         | 40 |
| 4.2 | 通信回線         | 43 |
| 4.3 | スループットタイムの検討 | 45 |
| 5.  | 雨量データ収集システム  |    |
| 5.1 | 雨量データ収集      | 50 |
| 5.2 | 雨量測定地点と設置密度  | 51 |
| 5.3 | 雨量測定精度       | 55 |
| 5.4 | 雨量測定時間       | 57 |
| 5.5 | 地上雨量計について    | 57 |
| 5.6 | レーダ雨量計について   | 61 |
| 5.7 | 雨量計の将来動向     | 71 |
| 5.8 | 雨量データの伝送     | 72 |
| 6.  | 情報収集システム     |    |
| 6.1 | 降雨以外の情報      | 75 |
| 6.2 | モニタリング       | 75 |
| 6.3 | 土砂移動現象の発生検知  | 76 |
| 6.4 | 河川情報         | 77 |
| 6.5 | 気象情報         | 80 |
| 6.6 | リモート・センシング   | 85 |
| 7.  | 発生予知システム     |    |
| 7.1 | 土砂災害発生予知について | 90 |
| 7.2 | 予知と予測        | 90 |
| 7.3 | 土石流発生監視の歴史   | 91 |
| 7.4 | 土石流発生監視装置    | 93 |
| 7.5 | 単体型と集中型の比較   | 95 |
| 8.  | 広報システム       |    |
| 8.1 | 広報システムの役割    | 98 |

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 8.2  | 同報方式と順次方式 .....      | 98  |
| 8.3  | 広報情報について .....       | 98  |
| 8.4  | 災害時の広報システム .....     | 100 |
| 8.5  | テレビの利用に対する考察 .....   | 105 |
| 8.6  | 広報システムの選択 .....      | 107 |
| 9.   | 既存システムの動作例           |     |
| 9.1  | 既存システムの動作例 .....     | 108 |
| 9.2  | 美杉村の例 .....          | 108 |
| 9.3  | 三隅町の例 .....          | 111 |
| 9.4  | 長崎県の例 .....          | 117 |
| 9.5  | システム動作例についての考察 ..... | 125 |
| 10.  | 秋田県のシステム設計例          |     |
| 10.1 | 概 説 .....            | 127 |
| 10.2 | 目標設計 .....           | 127 |
| 10.3 | 環境条件 .....           | 128 |
| 10.4 | 目的の明確化 .....         | 142 |
| 10.5 | 基本構想 .....           | 142 |
| 10.6 | 鳥海町のサブセンター .....     | 145 |
| 10.7 | 考 察 .....            | 152 |
| 11.  | まとめと今後の課題            |     |
| 11.1 | ソフトウェア対策の充実 .....    | 154 |
| 11.2 | 総合土砂災害対策 .....       | 154 |
| 11.3 | 予知精度の向上 .....        | 154 |
| 11.4 | 測定精度と速度の向上 .....     | 155 |
|      | あとがき .....           | 156 |

# 1. システムとは

## 1.1 システムとはなにか

### (1) システムの定義

システムとはなんだろうか。ウェブスター辞典によれば、「システム：有機体または組織された全体であり、ある結合する全体を形成するところの諸理念、諸原理などの複合、規則的な相互反応または相互依存のある形態によって構成された組み立てである。」と定義されている。また、日本工業規格 JIS (Z-8121：オペレーションズリサーチ用語) では、「体系（＝システム）とは、多種の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの。とくに人間の機能を構成要素とする体系を組織という。大きい体系の一部分となっている体系を部分体系（サブシステム）という。」と定義している。

後者は、工業規格ということもあって工学的（人工システム）な定義付けとなっているが、大気循環システムや食物連鎖システムなどといった使用例に見られるように、自然界に存在する組み合わせ、いわゆる目的のない（わからない、神のみぞ知る）組み合わせをもシステムということがあるので、単にシステムといったときはより広い意味を持っていると考えた方がよい。その点では前者の定義の方がより適切であろう。

前者の定義を簡潔にいうと、「システムとは複数の要素の集合体である。」としてもよさそうである。ここでいう要素とは、形のある物体のみならず、原理・概念・知識などの無形のものも含むのである。また、物体は小は素粒子から大は宇宙の星までのすべてを含み、当然人間も含まれる。つまり、太陽系・銀河系などの大宇宙から分子・原子構造に至るまでの、世の中に存在するもののすべてがシステムであると解釈することができる。

### (2) システムを意識する範囲

システムの大きさを一義的に順序付けることはできないかもしれないが、展開の範囲の広さから見ると、最上位のシステムは宇宙構造であり、最下位のシステムは原子構造あたりと考えられる。他の多くのシステムはこの間に位置し、宇宙構造以外のシステムは自然システムであろうと人工システムとすべてサブシステムであり、また、すべてのシステムは原子構造というサブシステムで構成されるということになるだろう。

しかし、一般的に我々がシステムという言葉を使うときには、宇宙構造の中の一つのサブシステムということを意識しないし、原子構造がサブシステムであるを意識することもない。なぜなら、我々がシステムを論ずるときは、システムの解析やシステムの構築などのなんらかの意図を持って論ずるわけで、その場合には、意図のおよぶ範囲だけを意識すればよいからである。逆にいうと、範囲を広げすぎると人間（人類）の思考能力を超えてしまうので、範囲を限定せざるをえないともいえる。つまり、意識するしないにかかわらず、対象とするシステムはある範囲に留まることになる。その範囲はどの程度であるかは後で検討する。

### (3) 自然システムと人工システム

システムは自然システムと人工システムに分けられる。自然システムは文字どおり自然に派生した体系や構造であり、人工システムとは人間が所定の目的を達成するために選定・配列され、連係して動作する一連の機能要素の集合体である。人工システムの規模が大きくなってくると、自然システムとの分離が明確でなくなってくる。例えば、人間社会は人工システムともいえるが、人間が意識して組み立てたものとはいいがたく、その点では自然システムということもできる。

さて、本書の表題の「土砂災害防止のための情報収集伝達システム」は、土砂災害防止という目的を持つ人工システムであるので、以降、単にシステムというときは人工システム、を指すものとする。

### (4) 具体的なシステムとシステム工学

前述した、「システムとは、複数の要素の集合体である。」という定義でいくと、世の中がシステムだらけになってしまうし、システムとはどんなものをイメージすることも困難であろう。ここで、具体的なシステム例として家庭内のオーディオ装置を取り上げて説明してみよう。

オーディオ装置は、家庭内で音楽などの音を楽しむことを目的とするもので、大きく分けると次の機能要素（サブシステム）に分解できる。

- ① ソース      磁氣的・光学的・機械的などの方法によって音を記録した媒体あるいは伝送媒体としての放送電波。磁気テープ、CD（コンパクトディスク）、レコードなどがある。
- ② プレーヤ      媒体から記録された音を読み出し、電気信号に変換する装置。放送を受信する装置はチューナという。
- ③ アンプ      プレーヤからの微弱な電気信号をスピーカを駆動する電力まで増幅する装置。
- ④ スピーカ      電気信号を空気の振動、つまり人間が聞くことのできる音に変換する装置。

これらはそれぞれ有機的に結合されており、いずれが欠けても動作しない。つまり、これらはオーディオシステムとして構成されているということである。

それでは、このシステムを作るにはどうしたらよいのだろうか。

①のソースと②～④の機器類は性格上、分離して考えるべきであろう。まず、ソースであるが、市販のものを購入するのが一般的であり、自分の好みのクラシックなりポピュラなりを選択することになる。媒体の選択も自由であり、新規に選ぶとすれば音質のよいCDが最適であろうが、FM放送などを利用して自分で録音するなら磁気テープが適する。次に、機器類であるが、②～④を一体型にしたシステムが市販されているし、システムコンポなどと称する個別の装置としても色々なものが市販されている。

我々はシステムに必要な機能要素を、性能も値段も異なる多くの市販品の中から選んで購入することになる。（部品を買ってきて自分で組み立てることも可能であるが、ここでは、話を簡単にするため完成品購入を前提にする。）

さて、予算がたくさんあれば、あらゆる種類のソースを揃え、最高級の機器を設置することも可能であるが、現実には予算に限りがあるので、購入できるものは限られてくる。かといって、ソースはCDを揃え、プレーヤとしてカセットデッキを買ったのでは、システムとして動作しない。また、大出力の

アンプを用意してもその出力に見合ったスピーカを設置しなければ持てる性能を発揮させることができず、スピーカを破壊するおそれさえ出てくる。もし、最高級の機器を揃えられるほどの予算があったとしても、住宅に収まりきれないようなものでは、家庭内のオーディオシステムとして不適當であるといえる。

このように、限られた予算と、住宅の例に見られるような周囲の制約条件の中で、最適なシステムを作るためには、バランスのとれた組み合わせとしなければならない。この方法論がシステム工学（system engineering: SE）と呼ばれるもので、システムを作るためには非常に重要なものである。以下、本書での情報伝達システムの検討はSEの技法にのっとって進めて行くものとする。

## 1.2 システムの基本動作

### (1) 入力と出力

システムを単純化して図示すると、図1.1のように入力と出力があり、システムは入力をなんらかの処理をして（処理しない場合も考えられる）出力するという動作をする。複雑なシステムになると図1.2に示すフィードバックという制御機能が付加される。

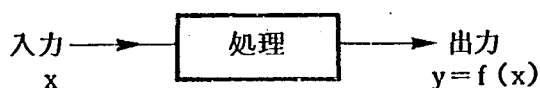


図 1.1 システムの基本動作

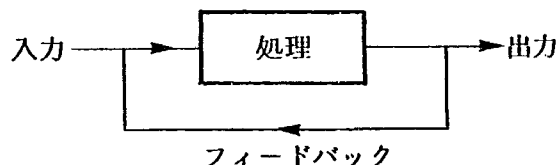


図 1.2 フィードバックを持つシステム

### (2) フィードバック

フィードバックとは、処理された結果を測定・検知し、それが目標・基準にあっていないかどうかを調べて、あっていない場合はどのように調節する作用をいう。フィードバックはシステムを安定動作させるのに有効なもので、例えば、自動車の車速を一定に保つオートクルージングシステムは図1.3のようなフィードバック制御が行われている。

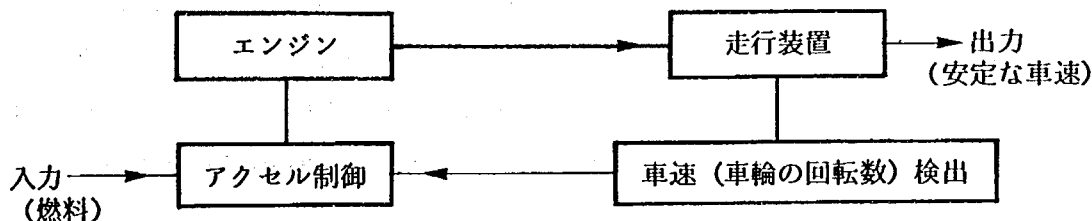


図 1.3 オートクルージングシステム

実際のオートクルージングシステムは操作性や安全性などを考慮してもっと複雑なものとなっているが、基本的には車速を監視しながらアクセル開度を調整する働きをする。つまり、指定の速度より車速が遅くなるとアクセルを開き、車速が速くなるとアクセルを閉じて燃料供給量を調節し、常に指定された一定の速度になるように制御する。この場合は車速→大、燃料→小というように入出力の方向が逆

(逆位相)になっているが、このような制御をネガティブフィードバックという。反対に、車速→大、燃料→大という入出力が同方向(同位相)の制御をポジティブフィードバックという。もし、オートクルージングシステムにポジティブフィードバックを用いれば、車速が上がると燃料が多く供給され、速度はどんどん速くなってしまいうことになる。しかし、エンジンの容量以上には燃料を供給することができないので、速度もある限界以上に上がることがない。この限界をシステムのダイナミックレンジと称する。(なお、厳密にいうと自動車の場合は摩擦抵抗の増加などによるネガティブフィードバックが存在し、必ずしもダイナミックレンジによる制限だけではないが、ここでは説明の都合上それらを見捨している。)

このダイナミックレンジはいかなるシステムにも存在し、システムの出力が無限に大きくなることはない。したがって、ポジティブフィードバック機能を有する範囲は限定されてしまい、どちらかといえば特殊な条件に属する。そのため、本書では単にフィードバックというときはネガティブフィードバックを指すものとする。

### (3) 環境の影響

さて、システムに外部から入ってくる入力、そのシステム内で制御できるものばかりとは限らないし、出力も必ずしも制御可能とは限らない。図示すると図 1.4 のようになり、間接入力はこのシステムでは制御不可能なもので、いわばシステムの置かれた環境にあたるものである。間接出力は目的としていない出力で、システムが存在することによって環境に与える影響にあたるものである。これらは、前述のオーディオシステムの例においては、住居の大きさによってシステムの大きさに制限を受けたり、大きな音を出すことによって周囲に騒音をまきちらすようなものである。

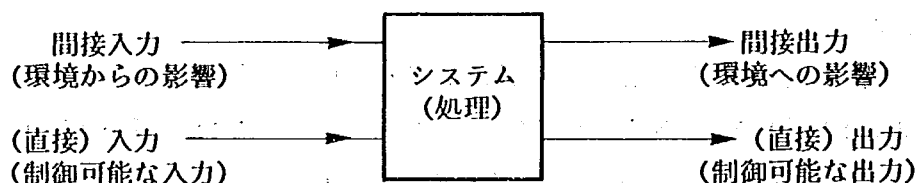


図 1.4 制御不可能な入出力

小さいシステムであれば置かれた環境による制限も環境に与える影響も少ないので、制御可能な入出力だけを考慮すればよいが、システムが大きくなると周囲に与える影響が大きくなり、その範囲も広がってくる。したがって、大きなシステムを構築しようとするときは、周辺環境からの影響と周囲に与える影響について考慮する必要がある。言い換えれば、大きいシステムは周辺からの制約条件が多く(きつく)なるということである。

## 1.3 システムはどこまで広がるか

### (1) システムの境界

システムは集合体であるので、その周辺には必ず境界が存在し、システムの入出力はその境界を通過してやりとりされるものということになる(図 1.5 参照)

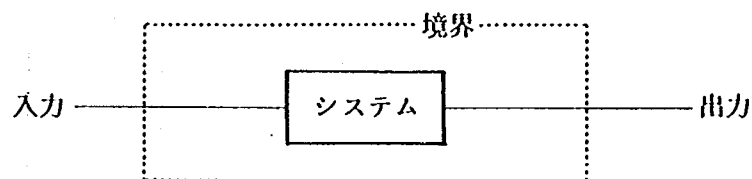


図 1.5 システムの境界

## (2) 境界の外側

それでは、システムの外側、つまり境界外はどうなっているのでしょうか。ここで、小売店の会計システムを例にとって考えてみよう。会計システムは小型コンピュータを内蔵したもので、売り上げ価格などを店員が入力して、領収書や集計表などの伝票を発行するシステムである（図 1.6 参照）

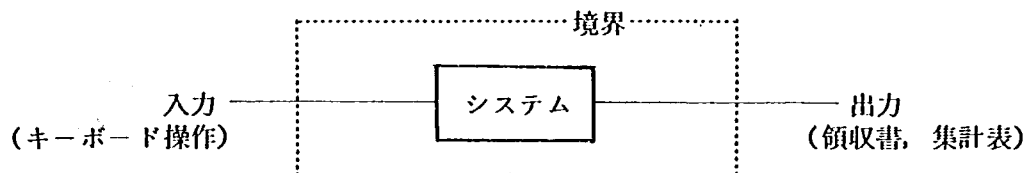


図 1.6 小型会計システム

この会計システムは小売店システムという大きなシステムの中の一部と考えることもできる（図 1.7 参照）。小売店システムの中での会計システムは、商品管理を目的とする一つの道具として使われている。このようにシステムの中に含まれる小さいシステムをサブシステムと呼ぶ。

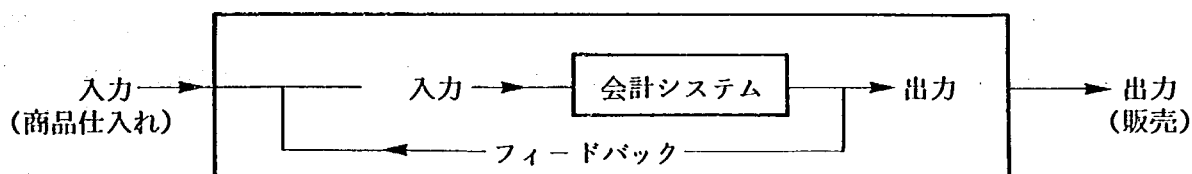


図 1.7 小売店システム

さらに、この小売店システムも流通システムの中の一部と考えればサブシステムということができる。小売店システムの影響範囲は比較的狭い地域であるが、流通システムは全国的なものであり、商品によっては流通システムの影響は地球規模のものとなる。このように、ほとんどのシステムはより大きなシステム、いわゆる上位システムの中のサブシステムとして位置付けられる。つまり、システムの外側にはさらに大きなシステムがあることになる。

図 1.5 には入力としてキーボード操作しかないが、実際には機械を動かす電力が必要であるし、伝票のための用紙も供給しなければならない。電力を供給するのは発電システムであり送配電システムである。用紙を供給するためには木材から紙を作るシステムが必要である。これらもそれぞれサブシステムを形成しているが、会計システムは発電システムの中のシステムということにならない。つまり、サブシステムといっても必ずしも上下関係にあるとは限らず、並列的な関係のサブシステムも存在する（図 1.8 参照）。

図 1.8 において、システム A はサブシステム①～③の上位システムであり、サブシステム②はサブシ

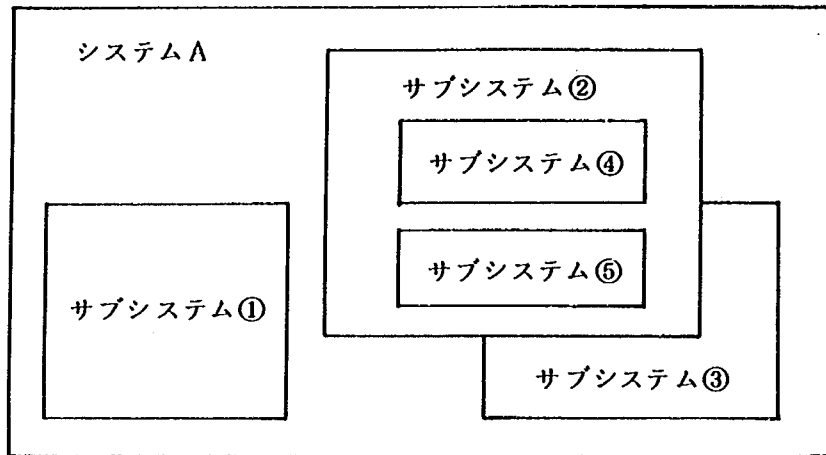


図 1.8 サブシステムの関係

システム④と⑤の上位システムであるが、サブシステム①～③あるいはサブシステム④と⑤は並列的存在である。また、サブシステム②と③は共通部分を有する並列的サブシステムといえる。あるシステムの中をサブシステムとして区分けしようとする場合は、下位のサブシステムをコンポーネントやデバイスあるいはパーツと呼ぶことがある。

### (3) 最大のシステムは

システムの外側にはシステムがあるといったが、限界があるのだろうか。人工システムに限れば、最上位のシステムというのは人類社会システムであり、その目的は人類の平和と繁栄にあるといってよいのではなかろうか。これ以外のシステムはすべてサブシステムであり、人類の平和と繁栄という目的の一部を担うことになるのである。自然システムも含めて考えると、境界は宇宙規模に広がり限界を明確に規定することができなくなる。

このようにシステムの枠を広げようと思えば際限なく広がってしまい、逆に狭くしようとすればいくらでも狭くすることができるが、あるシステムを作ろうとしたときに、関連する最大システムや最少のシステムまで考慮しなければならないとしたら、いくら予算や時間があってもシステムを完成することができなくなってしまう。となれば、システムになんらかの枠、いわゆる境界を設けてシステムの範囲を限定し、限定外の上位システム（あるいは下位システム）との接続関係にある一定の割り切りのもとに規定してしまわなくてはならない。この接続に係わる条件をシステムの境界条件という。

## 1.4 システムの価値とは

### (1) システムの価値はなにで決まるか

あるシステムを作ろうとする場合には、当然、より価値のあるシステムであることを目標にしなければならない。ここでいう価値とはシステムの価格が高いということではなく、そのシステムがいかにより有用かということである。端的に言えばシステムの価値は所定の目的（一つまたは複数の）を達成しているかないか（あるいは達成度）で決まる。システム工学の発展に寄与したことで有名なアメリカのアポロ計画で例えれば、最終目的である人類の月面到達を実現したので価値があるといえる。

しかしながら、システムの価値とはそれだけであろうか。もし、そうなら月面到達を達成しさえすればどんなシステムを用いても同一価値ということになってしまい、アポロシステムとしての価値を評価していないことになる。アポロ計画の目的をもう少し細かくみると、1960年代が終わるまでに、人類を月面に到達させ、無事に地球につれもどすとなり、それに要する費用はアメリカ国家予算の制約内で行うということになる。つまり、このシステムの価値は、

- ① 月に行ける性能を実現すること      高性能（機能）
- ② 予算内に費用をおさめること      低費用
- ③ 期限内に実行すること      短納期
- ④ 安全性を確保すること      高信頼性

の4つの要素で評価され、それぞれが達成できたからこそアポロ計画の価値があるといえるのである。なお、①の中で性能に対して機能という言葉を使うこともあるが、機能とは基本的動作を指し、性能はその動作の性質を表わすもので、飛行機を例にとれば、飛ぶことは機能であり、飛ぶ速度が速いというのは性能であるというような使い分けをする。しかし、両者の区分は必ずしも明確でなく、本書では両者をあわせて性能としている。

## (2) 価値を高めるためには

高性能で信頼性の高いシステムを安い費用かつ短納期で作れば問題はないが、性能・費用・納期・信頼性の4要素はお互いに関連性を持ち、すべての項目が最良なシステムを作ることは不可能である。例えば、高性能にすれば費用がより多くかかり、費用を節約すれば高性能を持たせるのがむずかしくなる。このようにあちらを立てればこちらが立たずの関係をトレードオフ（trade off：同時には達成できない要因の釣り合い）という。これらの関係を図1.9に示す。

なお、納期というとユーザが注文してからメーカーが納入するまでという意味に取りがちだが、ここでいう納期は需要に対するタイミングと考えた方がより正確である。

システムを設計するということはトレードオフ関係にある多くの要素をバランスよく決定することとってよい。断わっておくが、バランスを取るというのは、相反する関係にあるものは単純にいずれか一方要求を諦めればよいということではない。もし、そうならば性能がよくて価格が安い製品の開発などはできなくなってしまう。バランスを取るということは最新の技術を駆使した上で、なおかつ相反するものの分岐点をどこに置くかを決定することである。戦闘機を例にとれば、最高速度と旋回能力はトレードオフの関係にあり、最高速度を優先すれば旋回能力が犠牲になり、旋回能力を追及すれば最高速度が遅くなる。かつての日本海軍の零戦は最高速度と旋回能力を非常によくバランスさせた例の一つである。もっとも零戦は防弾性能や快適さなどを犠牲にしており、トータルバランスが悪い、すなわち最適なシステム設計ではなかったといえる。

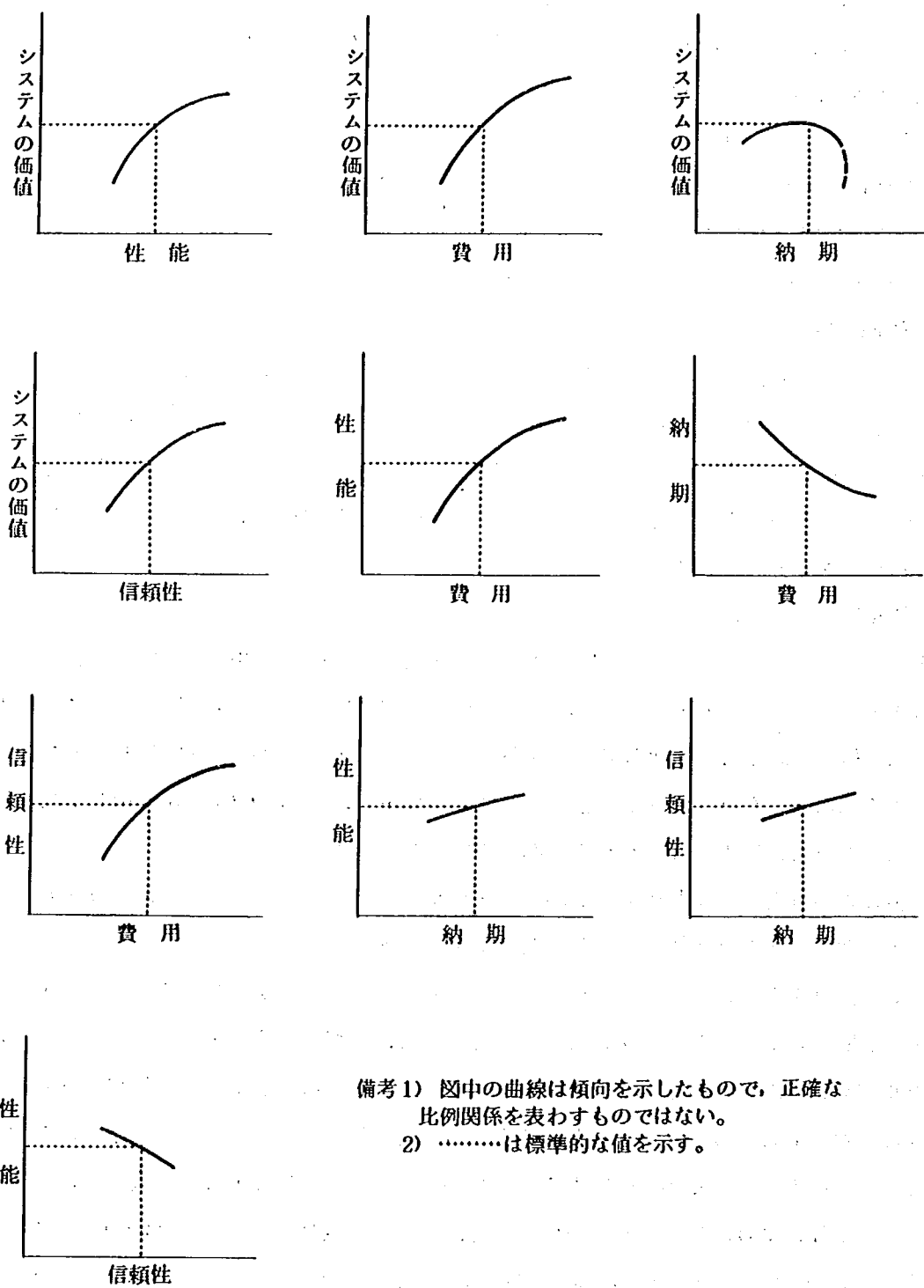


図 1.9 トレードオフ関係にある要素

## 1.5 システムは動いている

入出力の量が時間的に一定なシステムを静的システム (static system) といい、入出力時間的に変動するシステムを動的システム (dynamic system) という。時系列でみると人間社会は常に変動しており、定常状態を保つことはないといつてよく、その中に作られたシステムからみると、社会の変動はシステム環境の変化、すなわち入出力の変化としてとらえられる。社会変動は比較的ゆっくりしているが、システムの寿命が0でなければ多かれ少なかれ入出力は変動することになり、社会的にあるすべてのシステムは動的システムと考えられる。システム環境が変化すればそのシステムの価値も変化するのが一般的である。そのため、ある時点で計画されたシステムがどんなに高い目標を設定してあったとしても、システム完成までに非常に長い時間(環境の変動に対して)がかかるとすれば、計画時の価値を完成時点で保っていることは困難である。

自動車に例をとれば、1973年のオイルショック以前の車は大型豪華な車体で大出力のエンジンを搭載したものがもてはやされたが、オイルショック以降の車は低燃費が最優先となった。さらに、日本では1978年には厳しい排ガス規制が実施され、高性能エンジンとされてきたDOHC型エンジンは大部分が製造中止に追い込まれてしまった(最近、技術の発展によって諸問題が解決され、以前にまして普及されている)。このようにある時点で社会の価値観が変わってしまい、システムに大きな影響を与えることがあるのである。

したがって、システムを計画するときは、あらかじめ環境の変化を予測してそれに対応できるようなものとして置くことが望ましい。とくに、システムの規模が大きくなればなるほど環境の影響を強く受け、かつ完成までの時間も長くなり、時間経過による価値観の変動幅が大きくなる可能性が高くなるので、より高い予測精度を要求される。

## 1.6 システムの一生

### (1) システムの一生

システムの一生は、解決すべき問題が発生したとき(あるいは提起されたとき)に始まり、そのシステムが廃棄されたときに終わる。その経過は一般に図1.10のようになる。

### (2) システム設計の範囲

図1.10のうち、②の目標の設定から⑥の設計評価までは、広義の意味でシステム設計と呼ばれるもので、システムを作る上で非常に重要な段階である。システム設計者はこのシステム設計をつかさどることになるが、その考察範囲は②の目標の設計から⑥の設計評価までに留まることなく、システムの終焉までを範囲としなければならない。なお、図は一連の流れを有するが実際に設計するときは、必ずしもこの順序になるとは限らない。

一般に設計とは、限られた費用と納期の中で、ある目的のために要求された性能と信頼性を実現する方法を具体化することをいうが、システムを設計しようとする場合にはすべての費用と納期が最初から決定されているとは限らないし、ある目的のために必要な性能と信頼性があらかじめ決定されていると

も限らない。また、大きなシステムになると目的そのものも漠然としており、詳細部分については明確に示されないことが多い。つまり、システムを設計するためには、目的の明確化を進めながら、費用・納期・性能・信頼性の4要素をシステム設計者が決定しなければならないことになる。

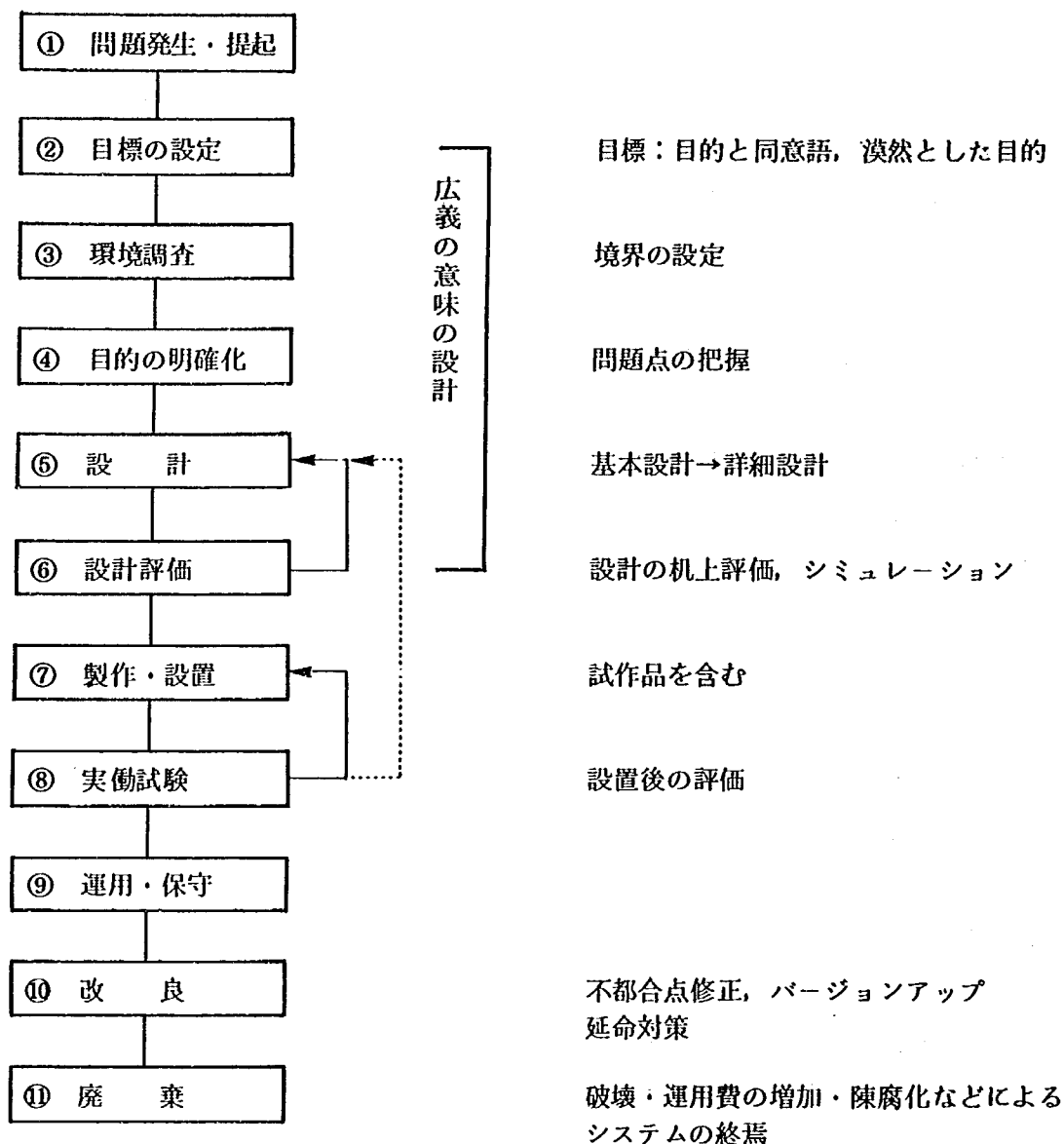


図 1.10 システムの一生

## 1.7 システム設計

### (1) 目標の設計

目標とは目的と同意語であるが、より漠然としたものを指す。いわばシステムの最終目的といったものである。問題の大きさや種類にもよるが、一般に最初に提示・想定される目標は大枠を示すにすぎないことに注意しなければならない。

## (2) 環境の調査

あるシステムに対する環境とは、そのシステムにとっては上位システムの一つで、一方的な入出力関係で結ばれていると考えることができる。すなわち、システム側からみると環境からの入力を直接制御することができないし、環境側からみるとシステムの環境への出力を制御することができない。

物理的な環境としては、温度・湿度・気象現象・圧力・振動などがあり、社会的環境としては、組織・法律・技術水準などがある。システムはその環境の中に置かれることによって環境から影響を受け（間接入力）、同時に環境に影響を与える（間接出力）。物理的な間接入力は技術力によってある程度対応することが可能であるが、社会的な間接入力は対応が困難であるし、対応するまでの時間もかかるので注意を要する。

一般に、システム設計の前段階としては間接入力の方に重点を置いて調査を進めることになる。しかし、システムの規模が大きくなってくると間接出力も大きくなり、環境に大きな変化を与える場合が出てくるので、あらかじめ十分な調査が必要である。このような例としては、超音速航空機の衝撃波（スーパーソニックブーム）や高速鉄道建設による周辺住民への影響などがある。小さな例では、住宅のエアコンが出す騒音問題がある。

逆にいうと、システムをうまく動作させるためには、そのシステムに適した環境を整える必要がある。つまり、法的条件、運用組織などがシステムのレベルに見合ったものでなければならない。例えば、無線通信システムを構築しようとするときには、そのシステムに割り当てるべき電波（周波数）があるかどうかをあらかじめ調査しなければならない。周波数の割り当ては電波法令で規制されるので、そのシステムにとってどうしても周波数が必要なら、電波法令を改定することから始めなければならない。

## (3) 設計のアプローチ

最適なトータルバランスを考えたシステム設計を進める方法の一つとして、既存のシステムを分析して長所・短所を解析し、よりよいシステムを作り上げる方法が考えられる。

現状調査→分析→詳細目的設定→新システムの基本構想→システム作成

この方法は帰納的アプローチと呼ばれ、既存のシステムの改良のためには有効な方法であるが、これから作ろうとするシステムがまったく新しいシステムで、既存にない場合はこの方法は取れないことになる。逆に考えると既存システムがあるなら、改めてシステム設計をする必要はないことになる。

システム設計のもう一つの方法として、まず最初に過去のしがらみにとらわれずに理想的なシステムを設計してしまうことが考えられる。一般には、技術的制限や社会的制限があって、その理想システムをそのまま実現することは不可能であるが、最初に想定した理想システムを実際の制限に対応させながら、実現可能なシステムまで機能ダウンしていくという方法である。

詳細目的設定→新システムの基本構想→制約とのマッチング→システム作成

この方法は演繹的アプローチと呼ばれ、既存にないシステムにも適用でき、さらに、最初から理想シ

システムが想定されているので、システム全体の設計思想の統一が容易であるという特徴を持つ。本書ではこの方法を中心に検討を進めている。

#### (4) 現状調査・分析

帰納的アプローチをとる場合は、当然現状システムの解析・検討が必要である。つまり、現状システムを把握し、新システム設計のてがかりとするわけである。それには、現状システムの特長と欠点を十分に認知しなければならない。

なお、演繹的アプローチをとった場合でも、現状システムをまったく無視するわけにはいかない。なぜなら、新システムといえども完全に既往のシステムと切り離して考えられることは少なく、とくに規模の大きなシステムになるとサブシステムとして既往のシステムを利用する機会も多いからである。

#### (5) 基本構想

目標と環境条件から基本構想をまとめる必要がある。基本構想では次の項目を明確化しなければならない。

- ① 詳細目的
- ② システムの範囲
- ③ 目的を達成するために必要な性能・信頼性
- ④ システム構成

これらは必ずしも順序立ってするものではなく、前後しながら最適バランス点を探すことになる。

#### (6) 詳細目的の設定とサブシステムへの分解

システムの目標は一般的に漠然としたものが示されているにすぎない。したがって、それを達成する方法は必ずしも一つではなく、むしろ複数の方法が存在するのが普通である。例えば人が東京から大阪へ移動するという目的のためには、航空機、鉄道、自動車、船舶というように利用できる交通機関がたくさんある。さらに、鉄道には新幹線、在来線の選択余地があり、自動車では高速道路を使うこともできるし一般道を走ることもできる。我々はそのときの環境条件によって、移動のための多くのサブシステムの中から最適なものを選択して利用するわけである。移動時間を短縮するというのが最優先条件なら航空機を選ぶし、ひとりが安くという条件なら在来線鉄道になるであろう。あるいは、人によってはヒッチハイクを選ぶかもしれない。数人家族で経済的にというなら自動車（自家用車）を選択することになるであろう。もっとも自動車を使う場合は免許証を持ち、かつ自家用車を有していることが前提になる。

このように、システムは目標達成の過程に存在する環境条件の変化によって詳細目的に多様性を持つことになる。要求のすべてを満足するシステムを、ある一つの方式で作り上げるのは技術的・経済的に困難であるので、システム全体をサブシステムに区分けし、各サブシステムごとに目的を設定するのが効率的といえる。

サブシステム化する理由はもう一つある。システムの規模が大きくなると影響をおよぼす範囲が広くなり、ひとりあるいは小数のシステム設計者が、性能、費用、納期、信頼性のすべてに関与することは

困難になる。つまり、人間の処理能力を超えてしまう。例え、処理能力を超えなくても、限界近くの能力を使うということはミスを生ずる可能性が高いといえる。そのため、全体をサブシステムに分解して個々の性能、費用、納期、信頼性を考えながら全体を考えた方が能率的である。

#### (7) サブシステムの設計

サブシステムといえどもシステムに変わりはなく、単に規模が小さいにすぎない。したがって、サブシステムの設計も図 1.10 と同一手順で進めることになる。

#### (8) 設計評価

あらゆる動作条件でもシステムが良好に機能するように設計するのは至難のわざであり、完璧と思われる設計にもミスが潜んでいる可能性がある。また、設計されたシステムを導入設置する過程でミスが入り込むこともありうる。そのため、システムの設計を進めていく途中の段階での動作確認を必要とし、さらに、システムを設置し運用を開始する前に試験をして動作を確認する必要がある。設計途中では図面のチェックや机上確認あるいはシミュレーションによる動作確認が有効である。システム完成後の試験はシステムを実際に動作させるのが最もよい。試験で不都合が見つかったら設計へのフィードバックあるいは改修をすることになる。最初から理想のシステムを設計構築するのは困難であり、思考錯誤しながら理想のシステムに近づけていくことが必要である。システム設計に際しては、あらかじめ試験方法を考慮しておくことが好ましい。

### 1.8 製作から運用まで

#### (1) 製作

システムを設計したら、システムを構成するハードウェア・ソフトウェアを製作し、設置しなければならない。ハードウェア・ソフトウェアを製造する方法もシステム工学の範中であるが、製造メーカーにまかせるものとしてここでは説明を省略する。また、システムは多くのサブシステムやコンポーネントからなるが、それらも一つ一つをみればシステムということになり、それぞれ設計・製造作業を伴う。一般的には、システム設計者がこれらの下位部分の設計に直接携わることはないと思われるので、ここでは説明を省略する。

#### (2) 段階的導入

大きなシステムになると設計にも相当な時間がかかるが、システムを製造し、設置するのに莫大な費用と時間がかかる。予算が年度によって区分されるような場合には、単年度に全システムを整備することは困難な場合がある。そのときは、一般的には段階的に導入・設置していくことになる。使用できる予算額にもよるが、全県規模あるいは全国規模の情報収集伝達システムともなれば、完成までに数年あるいはそれ以上の年月がかかるであろう。そのときに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あらかじめ考慮しておかなければならない。

### (3) 実働試験

システムを試験するためには、そのシステムを構成する機械、組織、人間などのすべての要素を動員し、システム設計時に想定した各種条件のもとで動作させてみるのが最もよい。システム規模が小さくて、そのシステムが動作することによる外部への影響が少なければ、実際にシステムを動作させて試験することができる。しかし、システム規模が大きい場合は、実際にシステムを動作させると費用の面もさることながら、社会的影響が大きくなり無用な混乱を起こすことにもなりかねない。

本書で検討している情報伝達システムを実動作で試験しようとするれば、本当に大雨を降らせ、土砂災害を起こさなければならないことになるが、非常に危険を伴うし、経済的・技術的な面から見ても非現実的である。したがって、実際に動作させて試験することは事実上できないことになる。そのため、システムを構成する機器はそれぞれ十分な試験をしなければならない。なお、サブシステム単位で試験できるならば、それぞれのサブシステムで試験することになる。

### (4) 運 用

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。どんなに優れたシステムを導入しても、それがうまく運用されなければ無駄になってしまう。逆にいうと、あらかじめ運用形態を想定してシステム設計を行う必要がある。

例えば、災害という異常事態でのシステムを運用する場合は、システムを構成する各機器が正常に動作しなければならないことは当然であるが、運用者が熟練していることも必要かつ重要な条件である。人間は異常事態の中で普段の能力を発揮するのがむずかしく、肝腎なときにシステムの機能をうまく利用できないおそれがある。これを避けるためには、システムのマンマシンインターフェイス部分にフルプルーフ機能を持たせる（いわゆるバカチョン式にする）とともに、人間側も熟練度を磨く必要がある。そのためには、システム運用中に随時防災訓練を行ったり、防災知識の普及・防災意識の向上などに努めなければならない。これらの活動もシステム運用のうちといえるのではないだろうか。

### (5) 保 守

一般に、システムは多くのサブシステムで構成され、それぞれのサブシステムは多くの機器（サブシステムというときもある）で構成される。それらの機器に対しては、故障をできるだけ少なくするために、信頼性を高める（平均故障間隔MTBFを大きくする）とともに、故障を前提とした対応方式、いわゆるフェイルセーフ機能を取り入れるなどの対策を講じなければならない。それでも、形あるものは必ず壊れるといわれるように、機器がまったく故障をしないということは考えられない。そのため、故障の未然の防止および早期発見のための定期点検体制や、機器が故障した場合にただちに修復できるような保守体制を整備（人員および予算の確保）しなければならない。機器の設計に際しては、修復に要する時間（平均修復時間MTTR）を少なくし、システムの実可動時間をできるだけ多くするよう考慮しておかなければならない。

また、機器によっては、プリント用紙やインク、潤滑油、フロッピーディスク、電池などの消耗品を必要とする機器がある。また、機器の中にはヒューズや避雷素子のようにある確率で壊れる部品も存在す

る。これらはその都度、追加・交換する必要があるので、あらかじめその手当て方法を考慮しておかなければならない。

システムを構成する機器の寿命は、想定したシステムの寿命と一致するのが好ましいといえるが、プリンタやディスクドライブのような機械的可動部分を有する機器、カラーディスプレイ装置のようにCRTを利用した機器、充電式電池のような化学的組成を有する機器などは、一般電子機器に比べて寿命が短い（実際の寿命は使用条件や環境で大幅に前後する）のが現状である。そのため、同時期に機器を導入しても一部の機器の寿命が早くつきる場合が出てくる。この場合は部品単位でなく、機器単位で交換を要することになる。機器の交換は消耗品の交換と違ってかかる費用が大きいので、予算面等をあらかじめ考慮しておく必要がある。

## 1.9 システムの改良

### (1) 社会情勢の対応

十年一昔というが、現代の技術は日進月歩の勢いで進んでおり、今日の最新技術も明日には旧式技術になってしまう。また、システムを取り巻く社会情勢も刻々と変わっており、システムに要求される機能・性能もそれに従って変遷していくのが普通である。そのため、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、システムを長期間に渡って使用するとすると、周辺情勢を判断しかつ将来を予測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考えていかなければならない。

### (2) 組織と人員の変動

システムには社会組織および人間が絡んでおり、当然組織の変更はありうるし、人事移動などによってシステムを構成する人員の変動も考えられる。システムとしてはこれらの変更にも対応できなくてはならない。

## 1.10 システムの終焉

祇園精舎の鐘のこゑ、諸行無常のひゞきあり。沙羅双樹の花のいろ、盛者心衰の理をあらはす。奢れる人久しからず。たゞ春の夜の夢のごとし。猛き者もつひには亡びぬ。ひとえに風の前の塵に同じ。

（平家物語の一部）

技術論文に似つかわぬ書き出しになってしまったが、いかに価値あるシステムも無限の寿命を持つとはなく、いずれはそのシステムとして価値が無くなる時、いわゆるシステムの終焉が訪れる。このときは、そのシステムは廃棄されることになるが、もし残存価値があれば、条件や目的を変えて再使用されたり、売却されたりする場合もある。例えば、石油輸送という目的をまっとうできなくなった老朽タンカーは、鉄屑として処分され、自分の好みに合わなくなった自家用車は中古車として放出される。

あるシステムが終焉を迎えたときに、そのシステムによって解決されてきた問題が残っていれば、当然、システムを更新する必要がある。システム設計者がシステムの終焉に直接立ち会うことは少ないか

もしれないが、システムを設計するときにはシステムの最後まで、つまり残存価値量や更新の方法まで考慮しておくことが好ましいといえよう。

さて、システムが終焉を迎えるとき、つまり、あるシステムが廃棄・更新されるときとはどんな場合であろうか。それは、次の3つの形態に大別される。

- ① 価値の消失
- ② 絶対価値の減少
- ③ 相対価値の減少（陳腐化）

これを自家用車で例えれば、①の価値の消失とは事故による破損のためスクラップにすることである。②の絶対価値の減少とはあちこちが傷んできて修理費用がかさむようになったり、車検費用が増加したりして、新車に換えた方が経済的になることである。③の相対価値の低下とは技術の進歩やモデルチェンジによって現有車の価値が相対的に低下してきたために買い替えることにあたる。

#### (1) 価値の消失

システムの価値の消失は、システムの根本的破壊（修理不可能な）によって起こる。システムの価値の消失した場合は、所定の目的を達成できなくなるばかりか、処分価格としての価値もなくなることが多い。例としては航空機の墜落、船舶の沈没があり、身近なものとしては使いきった乾電池や切れた電球がある。特殊な例としては、ミサイルや爆弾のように破壊することによってシステムの目的を達成するものがある。さらに特殊な例として、システムが解決しようとしてきた問題そのものの消滅が考えられ、捕鯨を禁止された後の捕鯨システムなどはこれにあたる。

#### (2) 絶対価値の減少

一般に、システムは稼働時間の経過とともに故障が増えてきたり、一部の摩耗や破損などによって所定の性能を発揮できなくなったりする。システムによっては、整備したり、修理したり、摩耗部分を交換したりして保守を行えば寿命を大幅に延ばすことができるものがある。この場合、長時間システムを運用後には、保守費用が増大や所定の性能を発揮できないことによる損失を勘案すると新しいシステムに更新した方が経済的になる。例としては自動車やテレビ受像機のように修理費用が増大するもの、工具や工作機械のように精度や切れ味が落ちるものがある。

#### (3) 相対価値の減少

同じ目的を持つ新しい方式のシステムが出現した場合は、一般に現用システムよりも新システムの方が高い価値を持つといえる。現システムを廃棄して新システムを導入した方が経済的な場合は、現システムが使用に耐えるにもかかわらず、更新されることになる。前2者の価値の消失および絶対価値の減少によるシステム更新は、まったく同一のシステム（機械）と入れ替えることによって対応可能であるが、この場合は異なるシステムと交代することになる。例としては蒸気機関車を電気機関車・ディーゼル機関車に更新する場合や、プロペラ旅客機をジェット旅客機に更新する場合があげられる。

## 1章参考文献

本章を記述する上で次の文献を参考とした。

- (1) 吉谷隆一：システム設計入門，日本経済出版社，1976年
- (2) 児玉陽一：システムダイナミックス入門，講談社，1984年
- (3) EDPS入門シリーズ⑥・新版システム設計入門，日本能率協会
- (4) JIS，Z 8101，品質管理用語
- (5) JIS，Z 8121，オペレーションズリサーチ用語

## 2. システムをとりまく環境

### 2.1 システムの環境

土砂災害防止のため情報収集伝達システム、いわゆる砂防情報収集伝達システムは、防災システムの中のサブシステムとして位置付けられ、環境は図2.1のように表わされる。

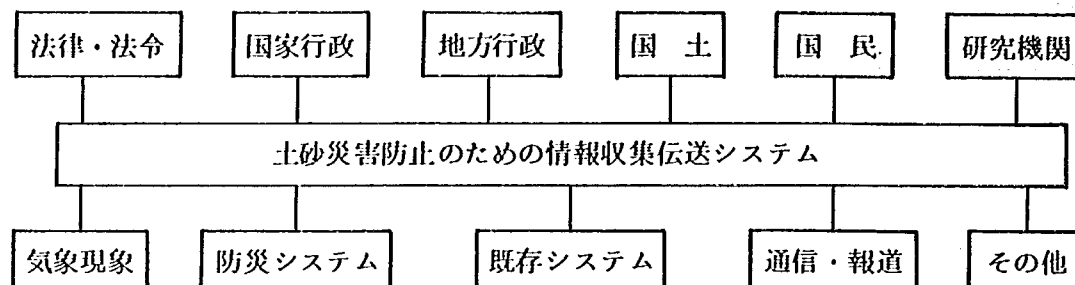


図 2.1 土砂災害防止のため情報収集伝達システムをとりまく環境

システムを作るためには、これらの環境を明確にし、境界条件を決定しなければならない。

### 2.2 総合土石流対策

総合的な土石流対策について昭和57年8月の建設事務次官通達（建設省河砂発第54号，地方建設局長・都道府県知事宛て）に示されている。要旨を次に示す。

#### ① 土石流に対処するための砂防工事の推進

土石流に対処するための砂防工事のより一層の促進を図る。

#### ② 土石流危険渓流の周知等

地域防災計画に土石流危険渓流を組み込む。土石流危険渓流に関する資料を関係住民に提供する。  
土石流危険渓流である旨を現地表示する等土石流危険渓流の周知徹底を図る。

#### ③ 警戒避難体制の確立

土石流危険渓流周辺の警戒避難体制の整備を早急に図る。

#### ④ 住宅移転の促進

人命財産等を土石流から保護するため必要となる住宅の移転を促進する。

#### ⑤ 情報の収集・伝達，防災意識の普及

土石流に関する情報の収集・伝達，日常の防災活動，降雨時の対応等について地域住民に周知徹底する。

#### ⑥ 以上の諸施策を総合的かつ効果的に実施するため，地方建設局および都道府県の砂防担当部局は関係機関および関係部局と協議を行い十分な連絡・調整を図る。

ここで③の警戒避難体制の確立をするためには②の土石流危険渓流の把握と⑤の情報の収集・伝達および防災意識の普及が必要となり，情報収集伝達システムが重要な意義を持つ。当然，⑥の関係機関・

関係部局と協議・連絡・調整を図るためにも情報収集伝達システムが重要な役割を果たすことになる。

### 2.3 ソフトウェアとハードウェア

最近、新聞やテレビなどで、ソフトウェアあるいはハードウェアという言葉が見受けられる。これらの言葉は、砂防部門においても使われており、たとえば、「毎年全国で発生する土石流に対して、限られた時間と費用を用いたハードウェアによる対策では人命を守ることすら無理があり、ここにソフトウェアによる対策、すなわち、警戒避難体制の確率云々」<sup>1)</sup>といったぐあいである。ここでは、砂防においてソフトウェア、ハードウェアという言葉がどのような意味で使われているかを明確にし、ソフトウェア対策の意義について考察を加える。

本来、ソフトウェア、ハードウェアという言葉はコンピュータ用語で、広辞苑によれば次のように書いてある。

ソフトウェア (Software) 電子計算機のプログラムの総称。ある目的のためにつくられ、かつテストされたプログラム一式を一つの物件としてこう呼ぶ場合が多い。対語：ハードウェア  
ハードウェア (Hardware) 電子計算機システムで、トランジスタ・集積回路等から組み立てられた計算機自体を、情報媒体に記録されたプログラム (ソフトウェア) と区別して呼ぶ語。金物。

しかし、最近では必ずしもコンピュータ用語だけに使用が限定されていない。1986年版現代用語の基礎知識 (自由国民社) には、次のように書かれている。

ソフトウェア (Software) コンピュータが出現してから初めて作られた言葉であるが、最近ではコンピュータ以外の種々の領域においても用いられ、しかも多用される傾向にある。この言葉は、コンピュータが他の機械と違って、多くの異なる仕事を自動処理するものであるため、単に金物 (ハードウェア) である機械では全く役に立たず、それを種々の目的に合わせて自動運転できるように、それぞれのプログラムをつくる必要があるという特質から生まれたものである。この無形のプログラム技術を指して、ソフトウェアと呼んだわけである (ソフトとは有形の機械に対してそれに付随する無形のものあるいは無形の技術を意味する)。しかし、その後コンピュータの進歩に伴ってソフトウェアの意味も広くなり、コンピュータの利用技術すべてを意味するようになり、業務のコンピュータ化に必要な一切の知識・技術も含まれるようになった。コンピュータ以外の領域でも機器そのもの以外の関連するものに広く用いられている。  
ハードウェア (Hardware) コンピュータシステムを構成する有形の装置、機器の総称。プログラムやコンピュータ利用に必要な技術体系など無形のソフトウェアの対称語。

それでは、一般用語としてのソフトウェア・ハードウェアという言葉の意味は、どのように定義付けすればよいのだろうか。最も広義に解釈すると「ソフトウェアとは情報という無形のものであり、形を有するものの全てがハードウェアである。」ということになる。もう少しわかりやすくいうと、ソフト

ウェアとは人間の知識や法則、自然の原理などであり、ハードウェアとは世の中の全ての物質となる。

しかしながら、これらの言葉を実際に使用するときは、使用する人の所属する分野あるいは対象とするものによって意味を使い分けているようである。たとえば、コンピュータ開発メーカにとっては、プログラムはすべてソフトウェアであるが、ユーザ側のプログラマにとっては基本プログラム（OS：オペレーティングシステム）はコンピュータ本体つまりハードウェアと同義である。さらに、コンピュータの中で使用されるICにはプログラム（マイクロコード、ファームウェアなどと呼ぶ）を内蔵しているものもあるが、これはICメーカにとってはソフトウェアであるが、コンピュータ開発メーカにとってはハードウェアそのものといえる。また、自動車を例にとると、自動車そのものはハードウェアであり、運転技術や運用技術はソフトウェアということになる。自動車本体を取り出せば、設計技術や製造技術というソフトウェアがハードウェアである自動車に含まれているということになる。このように、ときと場合によってソフトウェアとハードウェアが使い分けられ、その境界は必ずしも一定ではない。

前記した「毎年全国で発生する土石流に対して、限られた時間と費用を用いたハードウェアによる対策では人命を守ることすら無理があり、ここにソフトウェアによる対策、すなわち、警戒避難体制の確率云々」という引用例は、コンピュータを使って土石流対策をしようということではないようである。引用文献の全文を読むと、ハードウェアによる対策は砂防ダムや流路工の構築を意味し、ソフトウェアによる対策は警戒避難体制整備や土地規制政策などを意味しており、ある境界を設けてソフトウェア対策とハードウェア対策を区別している。つまり、構造物は見るからに硬く、いかにもハードウェアであり、それに対し警戒避難体制や土地規制は知識や利用技術であり、ソフトウェアであるとしている。

以下、本書ではハードウェア対策とは構造物による砂防対策、ソフトウェア対策とは構造物によらない砂防対策と使い分けることとする。

このような意味で前に示した総合土石流対策の各項目を分類すると次のようになる。

- |                      |          |
|----------------------|----------|
| ① 土石流に対処するための砂防工事の推進 | ハードウェア対策 |
| ② 土石流危険渓流の周知等        | ソフトウェア対策 |
| ③ 警戒避難体制の確立          | ソフトウェア対策 |
| ④ 住宅移転の促進            | ソフトウェア対策 |
| ⑤ 情報の収集・伝達、防災意識の普及   | ソフトウェア対策 |

## 2.4 土石流対策対象溪流

現在、土石流対策対象地域として62,272箇所土石流発生危険渓流を指定しているが、これは対象人家数5戸以上あるいは主要公共施設に流入する溪流を、ある基準を設けて調査し、その基準を満たす箇所のみを拾い出したもので、人命に危険をおよぼすおそれのある場所すべてを網羅しているわけではない。ちなみに秋田県を例に取り人家数と溪流数を図に表わすと図2.2のようになり、最低基準である人家数5戸の溪流数が最も多く、全体のほぼ50%を占める。これは基準点を低くすると対象溪流数が大幅に増加することを意味しており、人家数4戸・3戸・2戸・1戸の溪流数がそれぞれ5戸の溪流と同

程度の数とすれば、合計すると現在指定数の3倍以上になると考えられる。これは全国的にみても同様な傾向になると思われ、人的被害を完全に無くすことを目標とするためには、おそらく全国20万箇所程度の溪流に対して砂防対策を行わなければならないことになる。

62,272箇所を基準にしても土石流発生危険溪流の整備率は十数%しかなく、年間の整備進捗率が1%程度なので、整備完了まで数十年を要する。ましてや整備を必要とする溪流数が3倍に増えれば整備完了まで百年以上を要し、その間人命が危険にさらされることになる。なお、ここでいう整備率とはハードウェア対策つまり構造物による対策によるものを指しており、ソフトウェア対策の整備率は入っていない。整備完了を速めるには整備進捗率を上げればよいが、ハードウェア対策は現場ごとの工事を必要とし、また、ある地域のハードウェア対策がすめば周辺地域もその恩恵を受けるというものでもない。限られた予算と期間（工数）では限度がある。ちなみに、建設省の第6次治水事業5箇年計画によると、計画開始の昭和56年度末の整備率14%を昭和61年度末の目標整備率18%にするのに5年を要することになっており、年間の整備進捗率はわずか1%足らずにしかないことになる<sup>2)</sup>。

## 2.5 ハードウェア対策の効果と限界

ここで、砂防事業の効果を富士川の例でみてみよう<sup>3)</sup>。富士川は甲府盆地を貫流する一級河川で、上流部は南アルプスの急峻な山岳地帯を含み、また、流域を縦断してフォッサ・マグナが通るため、おびただしい土砂礫を流出する急流荒廃河川である。とくに、昭和34年8月には台風7号などの豪雨（最大時間雨量54mm、日雨量301mm）に伴う多量の土砂流出によって、死者・行方不明者52名、被害家屋777戸という大きな被害を受けた。このため、昭和34年から直轄事業により砂防ダムをはじめとするハードウェア対策を集中的に施工し、昭和34～56年度の累積投資額は約410億円（57年度価格）に達している。その結果、昭和57年7月には、最大時間雨量80mm、日雨量564mmと、34年のそれぞれ約1.5倍、約1.9倍に達する豪雨であったにもかかわらず人命被害0、被害家屋もわずか3戸にとどまった。これらの砂防施設は単に直接的な被害を減少させただけでなく、耕地面積や居住面積の増加などの経済面でも貢献したはずである。

このようにハードウェア対策が土砂災害防止に有効なのは間違いないところである。しかし、あらゆる条件でも有効かという疑問が残る。というのは、砂防施設の施工に際しては、過去の降雨量や土砂流出量をもとに確率的に最大計画流出量を算出して設計基準としているため、その計画流出量以上の土砂が流出した場合は、すべての被害を防止できない可能性が強いからである。土砂流出量は降雨量の影響を強く受けられるが、降雨というのは自然現象であり、これが限界であるという明確な上限がない。計画に使用する最大降雨は過去の降雨観測記録をもとに確率的に算出しているが、過去の降雨観測記録期間は高々100年程度に過ぎないので、さらに大量の降雨がないとは誰もいえないのである。

想定以上の自然現象に遭遇したときはどうなるであろうか。土砂災害においては明確な事例がないので、すこし長くなるが利根川の水害を例<sup>4)</sup>に取ってみよう。

利根川は坂東太郎と呼ばれ、昔から流域一帯に多大な被害を与え続けてきた。江戸時代初期の東遷

(東京湾に流入していた本流を東は向け、銚子から太平洋に注ぐようにした)以来、国をあげての治水事業が行われてきた川でもある。利根川水系全域を対象として本格的な治水事業が開始されたのは明治33年であった。このときの計画高水流量は栗橋地点で毎秒  $3,750 m^3$  (明治29年の洪水水量を目安に定めたといわれる)として事業を開始し、銚子から沼の上(本川と烏川の合流点)まで築堤を主体とする改修工事が進められた。

ところが、明治43年8月に利根川流域は未曾有の大水害に見舞われ、栗橋での最大流量は毎秒  $7,000 m^3$  と推定され、計画高水流量の2倍近くに達した。このため治水計画が練り直され、栗橋地点の計画高水流量は毎秒  $5,570 m^3$  と上方修正された。

この工事は開始以来30年を経過して昭和5年に完了した。それにもかかわらず、昭和10年9月の台風により利根川流域に大洪水が発生した。烏川と本川合流点での最大流量は毎秒  $10,000 m^3$  達したと推定されたが、改修区間の本川堤防は破堤を免れた。しかし、上流部や支川で破堤し、かなりの被害を生じた。

そこで新たに利根川増補計画が昭和14年から始められ、計画高水流量は栗橋地点で毎秒  $9,200 m^3$  とされた。この計画では堤防の嵩上げ、河幅の拡張などとともに本川下流部から東京湾へ洪水を抜くための放水路の計画が加わった。これらの計画は太平洋戦争勃発あるいは敗戦のせいもあり予定通りには進行せず、未完了のうちに迎えた昭和22年9月のカスリン台風により、またもや大洪水に見舞われた。このときの最大流量は毎秒  $17,000 m^3$  と推定された。明治33年の計画高水流量の4.5倍にも達したのである。

治水計画はまたまた練り直され、進行中であった増補計画を打ち切り、新たに改修計画が立てられた。上流ダム群による洪水調節機構や遊水地による調節機構などが加えられ、栗橋での計画高水流量は毎秒  $14,000 m^3$  となった。当然、これはカスリン台風のときの流量を処理できる計画となっている。なお、この計画は未だに完了しておらず、昭和61年8月の台風10号では支川の小貝川で破堤し氾濫を起こしているような状態である。

明治以降、利根川の計画高水流量は、

$$3,750 m^3/s \rightarrow 5,570 m^3/s \rightarrow 9,200 m^3/s \rightarrow 14,000 m^3/s$$

と変更されてきた。このように幾多の変遷を繰り返す、その度に上方修正を余儀なくされてきた原因のひとつとして、最大流量ひいては最大降雨量の見込み違いがあげられるであろう。しかし、流域状況の変化も見逃すことのできない原因のひとつと思われる。つまり、築堤が上流および支川まで進んだ結果、降雨水は短時間で本川に流れ込むことになりピーク流量を増加させる。また、道路の舗装や下水道の整備によっても降雨水の流下は速まることになる。さらに、水田面積の減少によって本来持っていた遊水能力が現象したこともピーク流量を増加させる一因となっていると思われる。

振り返って、砂防における渓流域状況の変化を考えると、宅地の造成や林道の開通あるいは樹木の伐採などの土砂災害発生の原因となるような変化が進みつつあり、今後、この傾向が留まるとは考えにくい。また、河床内の堆積土砂量も年々変化し、その量を正確にコントロールすることはむずかしい。さらに、偶発的な現象、たとえば地震や山火事によって渓流域状況が大幅に変動する可能性もある。そのため、

最大降雨量の想定が適切であったとしても、計画以上の土砂流出はありえるのである。

つまり、ハードウェア対策は計画規模以下の災害現象に対しては非常に有効に機能するが、計画規模をはるかに超える大災害に対しては防止効果が薄いと考えるのが常識であり、このような大災害が起こる可能性はいつでも潜在していることになる。この辺がハードウェア対策の限界といえるであろう。

## 2.6 砂防におけるソフトウェア対策の位置付け

コンピュータにおいてはソフトウェアのないハードウェアはただの箱であり、また、ハードウェアがなければソフトウェアは動きようがない。つまり、どちらも必要不可欠なものでどちらかが優先するということはありえない。

それでは、砂防におけるソフトウェア対策（構造物による対策）とハードウェア対策（構造物によらない対策）には優先順位があるのだろうか。2.3節の引用例もそうであるが、土石流対策とは、まずハードウェア対策すなわち構造物による対策を行い、それが間に合わない場合はソフトウェア対策を行う、あるいはハードウェア対策を行うことが困難な場合にソフトウェア対策で間に合わせる、つまり、ハードウェア対策の方が優先順位が高いというような考え方がよく見受けられる。

この考えは、「ハードウェア対策が完成すればすべての土石流災害を完全に押さえられる」ことを前提としていると思われる。しかしながら、前節に示したようにハードウェア対策には限界があり、それによって全ての土石流災害を完全に押さええることは不可能である。砂防ダムにしても流路工にしても、ある想定規模の災害に対して設計するものであって、設計規模以上の災害に対しては理論上防御できない。そればかりか、より大きな被害を引き起こすこともありうる。というのは、ハードウェア対策を施すことで可住面積・可耕作面積が増加し、流域の人口・財産（個人的財産、社会的財産）が増加したところに、設計規模を超える災害が発生すると、今までよりも大きな被害を生じる可能性が高いからである。そのため、今後ハードウェア対策を進めていっても流域の被災を完全に無くすことはできず、人命および財産への被災の危険性は最後まで残ることになる。さらに、資金には限度があり、許される時間もそれほど多くないのが現実であるので、われわれは、それらの制限の中で、より有効な土石流対策を講じなければならないことになる。

それには、想定災害規模まではハードウェア対策で対処し、それを超える災害に対してはソフトウェア対策で対処するのが適当であると考え。ここで想定する災害規模とは、ハードウェア対策によって得られる利益と投資額のバランス（BC比：Benefit/Cost）によって決定される。利益には、可耕作面積の増加、財産の被害低減などの純経済的なものと人間に対する安全性がある。投資に対する純経済比較といっても非常に複雑であり、定量的に解析することは困難であるので、実際のバランスはそのときそのときの社会情勢などに強く影響を受けられると思われる。しかし、人命に関する安全性は経済比較することができないので、いつでも人命優先の対策を必要とされ、この意味でもソフトウェア対策は重要である。

## 2.7 砂防以外のソフトウェア・ハードウェア対策の例

土砂災害以外の災害においても、防災対策としてソフトウェアとハードウェアを併用しており、一方だけというのは見当たらないようである。また、どちらかに優先順位を持たせていることもなく、互いに補間しながら総合的に機能を発揮するような構成となっていると思われる。以下にいくつかの例をあげるが、これらは土砂災害におけるソフトウェア・ハードウェア対策の使い分けの参考になるであろう。また、いずれも災害を防ぐのが最終目的であるので、それぞれの警戒避難体制や情報伝達システムには、組織や人あるいは設備などに共通点が含まれることになる。今後は、互いのシステムの共用性や融通性を高め、より経済的な複合システムとすることをこころがけるべきであろう。

### (1) 洪水災害

洪水災害においては、堤防の構築などの河川の改修を進めながら洪水警報システムを整備するというように、最初からソフトウェア対策とハードウェア対策の併用を前提としている。堤防の大きさは確立規模の洪水に対して設計しているので、それを超える出水に対しては破堤してあたりまえということになる。人類は大昔から洪水による被害を受けてきており、洪水に対する民間レベルの防御対策方法が継承されている。これらの中には連絡組織など土砂災害と共通のものも含まれており、有効な利用が望まれる。

### (2) 地震災害

地震災害を現状のハードウェア対策（耐震構造など）で完全に防ぐことは困難なので、警戒避難体制整備などのソフトウェア対策に重点が置かれているようにみえる。この点は砂防と逆であるが、地震の場合は誰がみてもハードウェア対策の困難さが明確なので、問題点としての検討対象になってこなかったものと思われる。しかし、地震エネルギーの分散放出などのハードウェア対策の研究が進行中であり、今後の進展が期待される。

### (3) 火 災

火災を防ぐためには耐火建築や防火シャッターあるいはスプリンクラ設置などのハードウェア対策とともに、火災報知機や避難口の整備あるいは消防組織の充実などのソフトウェア対策を併用している。たとえ全国すべての建物が耐火建築になり、スプリンクラが設置されたとしてもソフトウェア対策がなくなることはないであろう。火災は必ずしも自然災害ではないが、現象の発生から実際に被害を受けるまでの時間が短いことや、避難形態などに土石流災害と類似点が見いだせる。火災は発生頻度が高いため、防災対策が発展していると考えられるので、システム作成のよい見本になりうると思われる。

### (4) 交通事故

ハードウェア対策としては道路の整備（拡幅、ガードレール、立体交差など）や車両整備（構造強化、安全ベルト、アンチロックブレーキなど）があり、ソフトウェア対策としては安全教育、違反摘発、標識整備などがある。一般に交通事故は人災といってよいのであろうが、近年、土砂災害の中で自動車を利用中に災害にあう例が数多く見受けられる。また、避難行動に自動車を使用することも考えられ、今後の土砂災害の中での交通行政に一考を要するであろう。

## 2.8 住宅移転について

総合土石流対策に関する通達にソフトウェア対策のひとつとして住宅移転の促進が示されているが、土地規制と併用して危険地域に住宅が存在しないようにすれば災害をなくすることができるのは自明である。もし、現在危険地域に在住している人たちが安全な地域に移住することができれば、ほとんどの土砂災害を未然に防止できるであろう。

しかし、世界でも有数の人口密度の高い国である我が国は38万km<sup>2</sup>足らずの狭い国土に1億2千万人を超える国民がひしめいており、しかも国土の67%を森林、15%を農用地が占めており、宅地面積はわずか4%にすぎない（残りは水路、道路、原野等）。しかも、この宅地面積4%には工業用地も含まれているのである。したがって、簡単に全ての危険地域から住宅を移転することは物理的にもむずかしいといえる。たとえ、移転できたとしても人口過密などの別な問題を引き起こす可能性が出てくる。

また、現在危険地域といわれる土地に住む人々の多くは長い歴史を経てきたものであろうし、生活上の便利さなどのなんらかの事情があってそこに居住しているのであろうから、そうした生活基盤を覆してまで住民が移転を決意するためには、それなりの理由がなければならない。土石流が発生して生命の危険にさらされるというのは十分その理由になると思うが、現実的には必ず発生するといえないので全ての住民が納得するとは考えにくい。つまり、住宅移転政策はある条件を満たす一部の地域・住民には有効であるが、全ての危険地域の全ての住民に適用することは事実上不可能に近いといわざるをえない。

最近、鹿児島県桜島での集団移転が話題になったが、過去の集団移転の実施例としては表2.1に示すものがあげられる。災害予防のための移転は例が少ないようであるし、現実的には島根県高島の例に見られるように過疎地からの脱出という意味合いが含まれる場合もあるようである。

## 2.9 警戒避難体制と情報収集伝達システム

警戒避難体制とは災害発生を予知し、事前に避難しようとするもので、広い意味では住宅移転も警戒避難体制の一部で、危険度を判断する基準と移動する時間の単位が異なるだけといえる。住宅移転対策の危険度の判断は、危険地帯の存在そのもの（いわゆる土砂災害発生素因の有無）で行い、実際の災害発生が予想される時期の相当以前に避難（移転）し、一度移転すると短い期間のうちに同一場所に戻ることはない。それに対し、警戒避難体制の危険度の判断は、危険地帯での土砂災害発生誘因の大きさの程度で行い、避難は一時的で同一場所に戻ることを原則としている。

警戒避難体制の目的は住民が適切な避難行動を取れることであり、適切な避難行動とは避難対象者、避難時期、避難場所が適切であるということである。つまり、ある場所で災害発生の危険を予知したからといってその周辺の非常に広い範囲の住民が避難しなければならないのは非現実的であるし、災害発生時刻の1週間も2週間も前に避難するのも非能率的である。また、災害発生の数秒前に避難を開始したのでは災害に巻き込まれてしまう。当然、避難先は災害を受けない安全な場所でなければならないし、避難距離があまり長くなってはならない。さらに、住宅移転の場合と同様に、居住地での生活を中断して避難を決意するためには、それなりの理由がなければならない。

被災地におけるアンケート調査では、避難した理由として①自己・家族の判断、②近所の人と相談、③消防団の指導などが、避難しなかった理由として①周辺状況を見て大丈夫と判断、②避難してはかえって危険、③避難する時間的余裕がなかった、④家を守るために残った、⑤避難場所を思いつかなかったなどがあげられている（図2.3～図2.5参照）。いずれの理由にも自己（あるいは家族）の判断によるものが大きな割合を占めている。つまり、スムーズな避難を行うためには、避難の決意をうながす情報を住民に伝達する必要がある、行政機関からの的確な避難命令は最も有効な情報の一つといえよう。

なお、災害対策基本法第六十条（市町村長の避難の指示等）には、「災害が発生し、または発生するおそれがある場合において、人の生命または身体を災害から保護し、その他災害の拡大を防止するためとくに必要があると認めるときは、市町村長は、必要と認める地域の居住者、滞在者その他の者に対し、避難のための立退きを勧告し、および急を要すると認めるときは、これらの者に対し、避難のための立退きを指示することができる。」となっており、避難命令という言葉は使われていない。しかし、実質的には避難の勧告あるいは避難の指示は避難命令と同等と思われ、さらに、一般的には避難命令という言葉が多用されて（1986年11月の大島三原山噴火からの避難の際にも、新聞報道は避難命令としている。）いるので、本書では避難の勧告あるいは避難の指示というかわりに避難命令という言葉を使用している。

的確な避難命令の発令には、何時何分に必ず大きな土砂災害が発生するというような正確な予知・予測が不可欠であるが、現実には発生時刻・場所・規模の予測はいずれも正確でなく、今後、技術が発展してもある程度のあいまいさが残るのは避けられないと思われる。そのため、避難命令の発令者である責任者（市町村長等）がある手法をもとにして予知情報（たとえば、土石流発生監視装置からの警戒・避難情報）を得たとしても、それをただちに避難命令の発令に結び付けるのは、空振りの多発や見逃しにつながるおそれがあり、最適とはいいがたい。責任者は、予知情報以外にもなんらかの判断材料を収集し、それらの総合的な判断のもとに避難命令を発令しなければならないといえる。

また、住民にとっても一部にあいまいさを残した避難命令だけでは、避難の決意をうながす情報としては不足であり、近隣の災害発生状況や降雨現況といった付加情報を合わせて入手した方がよりスムーズな避難につながるとと思われる。

このように、警戒避難体制の中での情報のやりとりは不可欠であり、情報収集伝達システムの担う役割は非常に大きいといえよう。

## 2章参考文献

- (1) 池谷 浩：土石流VI，土木技術資料23-11，1981年，pp47～52
- (2) 防災白書（昭和61年度版），国土庁編 大蔵省印刷局発行，1986年，pp6
- (3) 建設白書（昭和61年度版），建設省編 大蔵省印刷局発行，1986年，pp6～7
- (4) 高橋 裕：国土の変貌と水害，岩波新書，1971年，pp13～28

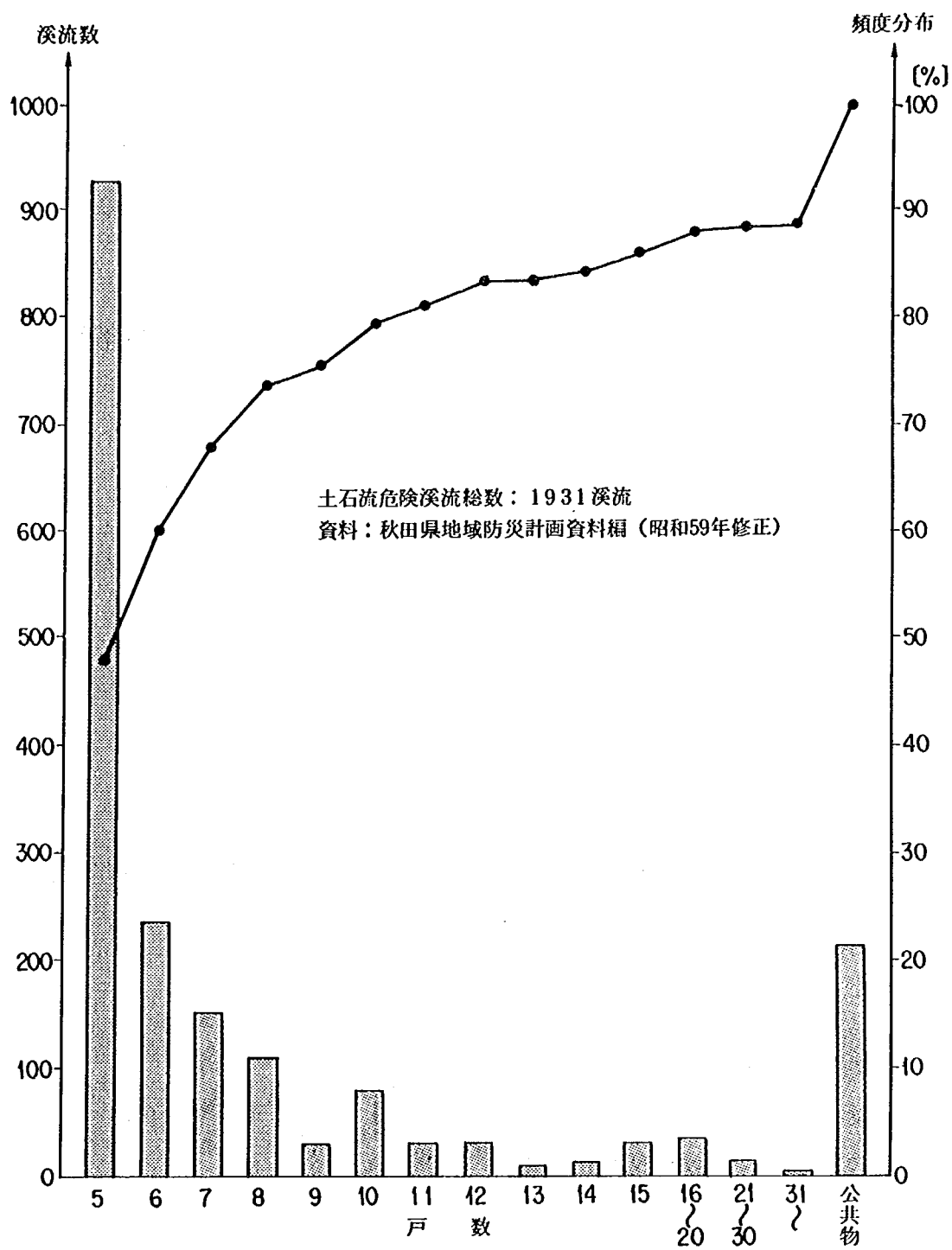


図 2.2 保全対象人家数と危険渓流数（秋田県の例）

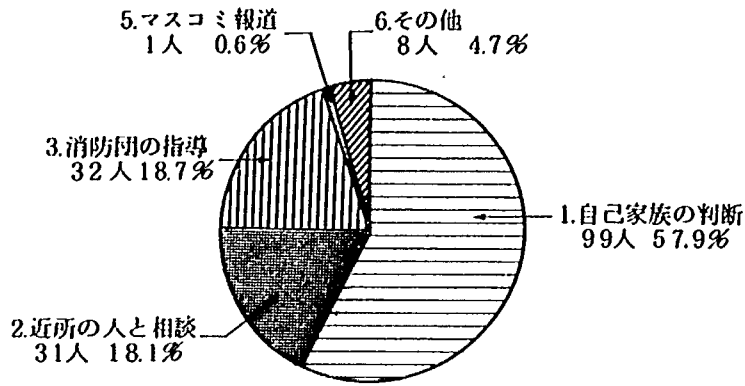


図 2.3 避難を決定したいきさつ  
(長崎豪雨に伴う被害実態調査報告書, 九州地方建設局, 1983年3月)

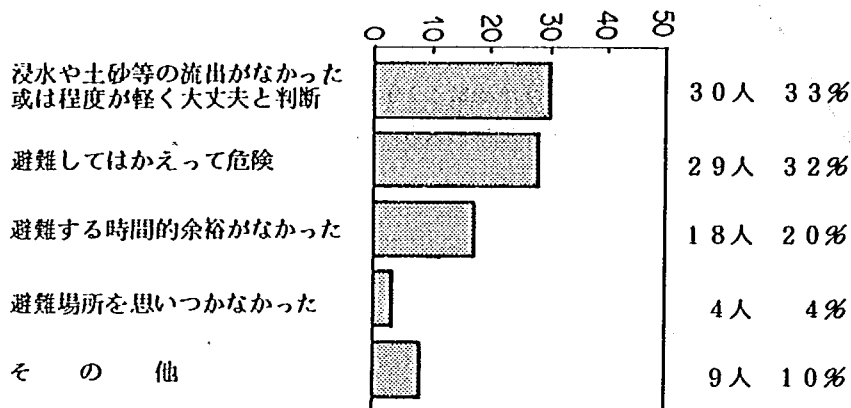


図 2.4 家族の一部のみ避難した理由  
(長崎豪雨に伴う被害実態調査報告書, 九州地方建設局, 1983年3月)

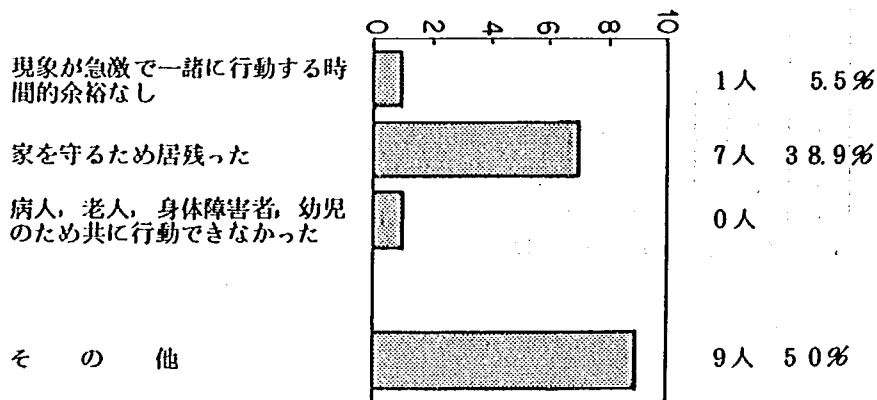


図 2.5 避難しなかった人の理由  
(長崎豪雨に伴う被害実態調査報告書, 九州地方建設局, 1983年3月)

表 2.1 防災集団移転集落の類型

(水谷武司, 災害危険集落の集団移転, 防災科学センター研究報告書 29, 1982)

| (県) | 市町村名 | 移転地区名<br>(実施年度)          | 移転<br>戸数 | 団地<br>内<br>移転 | 移転の<br>契機となつた<br>災害 | 移転区域内の被害 |       |          | 全半壊数<br>移転区域<br>戸数 | 被災戸数<br>移転区域<br>戸数 | 地形等の条件        | 集落<br>移転の<br>形態 | 住宅団<br>地との<br>距離 | 移転<br>類型 |
|-----|------|--------------------------|----------|---------------|---------------------|----------|-------|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------|------------------|----------|
|     |      |                          |          |               |                     | 死・<br>不明 | 全半壊   | 床上<br>浸水 |                    |                    |               |                 |                  |          |
| 宮崎  | 北郷町  | 板谷 (48)                  | 14       | 13            | 山崩れ                 | 0人       | 0戸    | 0戸       | 0                  | 0                  | 山地内谷底に散在する集落  | 全戸              | 20km             | 災害予防的移転  |
|     | 姪浜町  | 百済寺甲 (48~49)             | 59       | 59            | 山崩れ                 | 0        | 5     | 3        | 8                  | 13                 | 山地内の孤立集落      | "               | 10               |          |
|     | 島根   | 益田市 高島 (48~49)           | 11       | 11            | 山崩れ                 | 0        | 2     | 0        | 18                 | 18                 | 小離島の小集落       | "               | 15               |          |
|     | 山形   | 平田町 小林 (49)              | 16       | 10            | 地すべり                | 0        | 0     | 0        | 0                  | 0                  | 地すべり地の辺地集落    | 一部              | 7.13             |          |
|     | 徳島   | 神山町 府殿 (49~50)           | 25       | 20            | 山崩れ                 | 0        | 4     | 2        | 13                 | 19                 | 地すべり山地に散在する集落 | "               | 19               |          |
|     | 青森   | 佐井村 矢越, 中磯谷 (50~51)      | 20       | 20            | 山崩れ                 | 0        | 0     | 0        | 0                  | 0                  | 山が迫った海岸べりの漁村  | 全戸              | 1.25             |          |
|     | 福島   | 熱塩加納村 与内畑 (53~54)        | 14       | 10            | 地すべり                | 0        | 0     | 0        | 0                  | 0                  | 地すべり地内集落      | 一部              | 3                |          |
| 秋田  | 河辺町  | 福田 (47~48)               | 11       | 11            | 山崩れ                 | 0        | 4     | 3        | 36                 | 64                 | 丘陵内谷底の孤立集落    | 全戸              | 6                | (中間的)    |
|     | 徳島   | 穴吹町 下森, 鍵掛左手・四合地 (52~53) | 70       | 35            | 山崩れ                 | 2        | 19    | 0        | 27                 | 27                 | 地すべり山地に散在する集落 | 一部              | 6~9              |          |
|     | 兵庫   | 相生市 坪根 (52~53)           | 23       | 21            | 山崩れ                 | 0        | 11    | 0        | 48                 | 48                 | 山が迫った海岸べりの漁村  | "               | 0.4              |          |
|     | 新潟   | 守門村 大倉                   | 21       | 20            | なだれ                 | 8        | 6     | 0        | 29                 | 29                 | 豪雪地帯の山間集落     | "               | 1                |          |
| 宮崎  | えびの市 | 西内堅 (47~48)              | 23       | 13            | 土石流                 | 4        | 23    | 0        | 100                | 100                | 山地内の谷底底地      | 一部              | 4                | 災害復旧的移転  |
|     | 愛知   | 小原村 平畑 (48~49)           | 22       | 20            | 山崩れ                 | 7        | 12    | 7        | 55                 | 86                 | 花崗岩丘陵斜面       | "               | 0.2~1            |          |
|     | "    | 藤岡村 御作* ( " )            | 27       | 24            | 山崩れ                 | 0        | 27    | 0        | 100                | 100                | 花崗岩丘陵の斜面, 崖下  | "               | 0.5~1            |          |
|     | 山形   | 大磯村 赤松 (49~50)           | 20       | 13            | 山崩れ                 | 17       | 20    | 0        | 100                | 100                | 第三紀層山地の山麓     | "               | 0.5              |          |
|     | 青森   | 岩木町 百沢 (50~51)           | 16       | 13            | 土石流                 | 22       | 17    | 0        | 100                | 100                | 火山放射谷の溪口部     | "               | 0.3              |          |
|     | "    | 黒石市 黒森, 石名坂 (51)         | 44       | 43            | 河川氾濫                | 0        | 29    | 9        | 66                 | 86                 | 開析谷底内低地       | 全戸              | 0.2              |          |
|     | 宮城   | 仙台市 緑ヶ丘* (54)            | 27       | 20            | 地震地すべり              | 0        | 25    | 0        | 89                 | 89                 | 丘陵開析谷を埋土した宅地  | 一部              | 4                |          |
| 北海道 | 虻田町  | 桜が丘ほか*                   | 21       | 15            | 噴火に伴う地盤変動           | 0        | 21    | 0        | 100                | 100                | 活動的な火山の山麓     | "               | 3.5              | (復旧移転)   |
|     | 熊本   | 倉岳町 { 9地区 } (48~49)      | 50       | 49            | 土石流                 | (28)     | (134) |          |                    |                    | 山地内谷底, 小扇状地   |                 | ~3               |          |
|     | "    | 姫戸町 { 28地区 } (48~49)     | 176      | 149           | "                   | (45)     | (162) |          |                    |                    | "             |                 | ~1.5             |          |
| "   | 竜ヶ岳町 | { 20地区 } (48~49)         | 329      | 324           | "                   | (36)     | (299) |          |                    |                    | "             |                 | ~0.5             |          |

(注) \* 移転地区が市街地, 集落内に散在, \*\* 他に未移転世帯あり (全体で14戸) ( ) 町全体の被害

### 3. 土砂災害防止のための情報とは

土砂災害防止のための情報収集伝達システムは防災システムの中の一つのサブシステムとして位置付けられ、このシステムの目標は、情報を伝達することによって被害を未然に防ぐあるいは最少に抑さえることにある。しかし、このような漠然としたものでは具体的なシステムを設計することができない。システム設計者は防災システムの中で情報がどのような役割を果たすかを認知した上で、情報収集伝達システムの規模（展開範囲）を限定し、詳細目的を明確にする必要がある。

本章では、誰が、どこの誰に、どんな情報を、どれくらい、いつ、どうやって伝達すればよいのかを検討する。

#### 3.1 情報とは

広義の意味では人間の認識することはすべて情報といえる。似たような使い方をされる言葉にデータがあるが、これらはどのように使い分けるのだろうか。JIS（C-6263：情報処理）によれば、データとは「人間または自動的手段によって行われる通信、解釈、処理に適するように形式化された事実、概念または指令の表現」であり、情報とは「データを表現するために用いた約束に基づいて、人間がデータに割りあてた意味」と定義されている。JISの定義は情報処理のための定義であるが、土砂災害防止のための情報収集伝達システムは、単に情報の収集・伝達だけを行うのではなく処理までも含むと考えられるので、このシステムを情報処理システムの一つと考えれば、JISの定義に従うのが適切であろう。

#### 3.2 情報の伝達とは

##### (1) 情報伝達とデータ伝送

情報は概念的なものであり、情報を伝達するといっても概念だけを伝達することはできない（架空の話であるが、概念だけを伝達するのがテレパシーであろう）。そのため、情報は言葉や文字などのデータに置き換えて伝送することになる。つまり、情報伝達とデータ伝送は同義語であるといってよい。

##### (2) 情報収集伝達システムの動作

情報収集伝達システムの基本動作をモデル化すると図3.1のように表わせる。

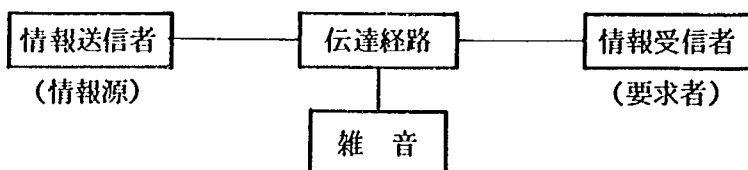


図3.1 情報の伝達

簡単なモデル例としては個人対個人の会話があり、音声媒体として空間が伝達経路となる。土砂災害は空間的広がりを持つので、実際のシステムは複数の送受信者と複数の伝達経路を有する複雑なものとなる。

## (2) 情報発信者・受信者

送信者（発信者ともいう）は情報を収集し、伝達経路を通して受信者に伝達する。情報送信者・受信者は必ずしも人間とは限らず、機械的に送信・受信する場合もある。

## (3) 伝達経路

一般的には情報（データ）を電氣的な信号に置き換えて伝送するが、口伝えによる伝達やサイレンなどのように音響信号を用いる場合もある。電氣的な伝達経路は通信回線といい、複雑な通信回線は通信網と呼ばれる。

## (4) 雑音

本来、伝達経路は送信者からの情報をそのまま受信者に伝達することを理想とするが、実際には途中で妨害を受け、送信した情報と受信した情報は完全には同一にならない。この妨害を雑音と称するが、雑音は必ずしも音声ということではなく、電氣的通信の場合は雑音電力を意味する。個人間の会話に例えれば、周辺の騒音によって正確な意志の疎通ができないようなものである。

### 3.3 情報の価値

情報の価値は、その情報を受け取ることによってどれだけの利益を受けられるかにあり、情報収集伝達システムとしては価値の多い情報を扱う必要がある。

情報の価値を左右するのは、

- ① 内容
- ② 費用
- ③ タイミング（適時性）
- ④ 信頼性（正確度）

の4項目である。（これらは、システムの価値を左右する性能・費用・納期・信頼性の4項目に対応していることに注目されたい）

①の内容は情報の質や量のこと、当然質のいい情報が望まれる。情報量が受信者の処理能力を超えれば多すぎると、いたずらに混乱を招くので、必ずしも多い方がよいとはいえない。逆に情報量が足りないと受信者が正確な意味を取れないおそれがある。したがって情報量は適度な量であることが重要である。なお、情報量の多寡とは情報の種類の多寡も意味している。情報化社会などといわれている現代は色々な情報が氾濫している状態であり、防災情報においても情報伝達システムが整備されればされるほど多くの情報が伝達されるようになってくると思われる。そのため、情報送信者は伝達する情報の質や量をコントロールする必要がある、情報受信者としては多くの情報の中から本当に必要な情報を選び出す能力を備える必要がある。

②の費用は情報を得るために必要な費用のことである。

③のタイミングとはいつ情報の授受を行うかということであって、情報を受け取る時期によって情報の価値は大幅に異なってしまう。例えば、ある会社の株価が高騰するという情報を逸早く入手すること

ができれば大きな利益を得ることができ、逆に株価の暴落を知らないでいると大きな損害を受けることになる。株価情報の場合のタイミングとは他人より早い時期ということであるが、防災情報の場合の伝達タイミングは災害発生時期に対する時間的距離が重要である。

④の信頼性は内容の正確さであり、当然正確であればあるほどよい。

災害時において、的確な内容・タイミング・信頼性を持つ情報が得られない場合には、流言やデマの流布を招き、パニックを誘発する原因となりかねない。過去の災害においても流言やデマが流された例があり、著名な例では関東大地震の際の朝鮮人撲殺事件のようにパニックに発展したことがある。なお、流言とは比較的広範囲の人々のあいだに、口伝え・聞き伝えによって連鎖反動的に広がっていくコミュニケーションであり、その中身は人間集団が情報的曖昧な状況に置かれたときに心理的安定さを求めるために作り出された情報である。それに対し、デマとは特定の意図（とりわけ政治的な）のもとに流布される事実無根の捏造言説をいい、両者を区別して考える必要がある。

情報の内容、費用、タイミング、信頼性の4つの項目は多かれ少なかれトレードオフの関係にあり、すべてを最適にするのは不可能である。したがって、システム設計に際してはこの4項目の最適なバランス点を見つける必要がある。

### 3.4 情報は時と場合によって価値が変わる

ある情報の伝達を考えたときに、その情報の価値は、受け取る人（受信者）によって異なるものであるし、同一人であってもそれを受け取る時期によっても変わってくる。したがって、情報の価値を考えるとときには、情報の伝達を空間的（地理的）および時間的にとらえて検討しなければならない。（表3.1参照）

3.4.1 情報の流れを時系列でみると、防災活動における情報収集伝達は次のように分類できる。

- ① 平常時（事前）
- ② 警戒期
- ③ 応急期
- ④ 復旧期
- ⑤ 平常期（事後）

ここで、①の平常期（事前）とは災害を受ける前の段階で、防災計画の作成、防災体制の整備、防災のための調査研究を行う期間である。この平常期における情報の伝達は比較的時間的に余裕があるが、伝達範囲は広範囲に渡ることになる。

②の警戒期は災害が発生する前兆を掴んでから災害が起きるまでの期間で、土砂災害でいえば梅雨前線の発達や台風の上陸あるいは実際に豪雨が降り始めた時期である。このとき収集伝達すべき情報としては災害発生を予知するための降雨データや的確な避難を行うための情報があり、いずれも短時間で処理する必要がある。この警戒期においては降雨量などからの発生の予知と、避難命令を発令するかしないかの判断が非常に重要である。

幸いにして被害が出るほどの降雨量に達しなくて、災害が発生せず、避難も行われなかった場合は③④を飛ばして⑥の平常期（事後）になる。

③の応急期は避難命令の発令から避難の解除までの期間で、スムーズな避難行動を行うための情報伝達が必要になる。このとき問題となるのは劣悪な条件で如何にして伝達経路を確保するかである。災害が発生したときに情報伝達経路が正常に機能しないと、往々にして流言が流布し、無用な社会的混乱を起こすことがあるので応急期の通信確保は重要な課題である。

④の復旧期は避難の解除から被害の復旧が済むまでの期間で、避難解除指令の伝達とライフラインとしての通信網の確保に努めなければならない。

⑤の平常期（事後）は災害復旧が済み再び平常期に戻った時期で、基本的には事前と同じである。しかし、災害を経験する前と後では住民の意識の変化を考えられるし、システムの不備が見つかるかもしれない。さらに、極端な場合は地形すら変わってしまうこともあるだろう。事後平常期にはこれらを考慮して防災計画の強化やシステムの見直しを図らなければならない。

### 3.4.2 情報の流れを空間的に見る

情報の流れを空間的つまり地域的広がり の範囲としてとらえると、防災における情報収集伝達活動は次のように分類できる。これは行政階層別の分類ともいえる。

- ① 国家レベル
- ② 地方レベル
- ③ 都道府県レベル
- ④ 市町村レベル
- ⑤ 自主防災レベル
- ⑥ 個人レベル

ここで、①の国家レベルとは国家機関などを中心とする全国的な情報の伝達であり、諸官公庁の通達や研究成果の発表あるいは報道機関による啓蒙活動などの平常期の情報伝達が主である。一般に、情報の量としては非常に多いが伝達する速度は比較的遅くてもよいことが多い。しかし、災害規模が非常に大きくなると警戒期や応急期あるいは復旧期にも全国的な情報伝達が必要になり、伝達速度を要求される場合も出てくる。

②の地方レベルとは北海道や関東などの広域における情報伝達であり、国家レベルと同じく平常期の情報伝達が主であるが、より地域性が加えられる。なお、この地方区分は必ずしも固定したものではなく、例えば関東地方・中部地方と分けることも、関東甲信越地方・東海地方・北陸地方と分けることも可能である。

③の都道府県レベルとは地方レベルにさらに地域性を持たせたものといえる。警戒期や応急期あるいは復旧期には管轄内の市町村間の情報伝達を担う。

④の市町村レベルとは比較的狭い範囲の場所での、いわゆる地域性のある情報伝達である。土砂災害は比較的地域性が強いので、この市町村レベルと次にしめす自主防災レベルおよび個人レベルが警戒期

表 3.1 空間的・時間的に分類した情報源

|             | 平常期, 事前                            | 警戒期                                      | 応急期                                                          | 復旧期                    | 平常期, 事後                                  |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| 国 家<br>レベル  | 政 令<br>指 針<br>研究発表<br>防災啓蒙<br>天気予報 | 大雨注意報<br>大雨警報<br>広域気象情報                  | 災害報道<br>大雨注意報<br>大雨警報<br>広域気象情報                              | 災害復旧政令<br>災害報道<br>天気予報 | 政令, 指針<br>災害原因解析<br>研究発表<br>防災啓蒙<br>天気予報 |
| 地 方<br>レベル  | 防災啓蒙<br>研究発表<br>天気予報               | 大雨注意報<br>大雨警報<br>広域気象情報                  | 災害報道<br>広域被害状況<br>広域気象情報<br>大雨注意報<br>大雨警報                    | 災害報道<br>広域被害状況<br>天気予報 | 防災啓蒙<br>天気予報<br>災害原因解析<br>研究発表           |
| 都道府県<br>レベル | 防災啓蒙<br>危険溪流表示                     | 広域雨量情報<br>広域水位情報<br>気象情報                 | 広域災害<br>発生情報<br>広域被害状況<br>気象情報<br>防災活動状況                     | 広域被害状況<br>復旧情報         | 防災啓蒙<br>災害原因解析                           |
| 市町村<br>レベル  | 防災啓蒙<br>危険区域表示<br>避難場所表示<br>避難経路表示 | 警戒情報<br>避難命令<br>雨量水位情報<br>土砂災害発生<br>検知情報 | 避難場所指示<br>避難経路指示<br>被害状況<br>安否情報<br>土砂災害発生<br>検知情報<br>防災活動状況 | 被害状況<br>避難解除指示<br>復旧情報 | 防災啓蒙<br>災害原因解析                           |
| 自主防災<br>レベル | 防災啓蒙                               | 避難のさそい<br>周辺状況                           | 災害発生情報<br>被害状況<br>安否情報                                       | 被害状況<br>安否情報<br>復旧情報   | 防災啓蒙                                     |
| 個 人<br>レベル  |                                    | 周辺状況                                     | 避難状況<br>安否情報<br>災害返生情報<br>被害状況                               | 被害状況<br>安否情報           |                                          |

および応急期における警戒避難などの情報伝達の中心となるものである。とくに警戒避難体制においては市町村長が最前線の防災責任者となるので、このレベルの情報伝達は非常に重要である。

⑤の自主防災レベルは自主防災組織や町内会における情報伝達で、地方自治体と個人間のつなぐ役割を持つ。とくに警戒避難情報に関しては重要な役割を占めるであろう。

⑥の個人レベルとは文字通り個人に伝えられる情報で、防災情報の多くは最終的には個人にまで伝える必要がある。

### 3.5 どんな情報が必要か

#### (1) 情報の種類

伝達すべき情報は空間的・時間的分布によって異なるが、ここでは0次・1次・2次情報に分類して

考える。0次情報とは法律や政令などの社会が作り出す情報であり、1次情報とは降雨量や水位などの自然現象の観測情報である。2次情報とは、降雨量の観測値から警戒避難情報を作り出すように、1次情報を人間または自動的手段によって加工（情報処理、データ処理）して作り出した情報である。情報伝達システムの役割としては、単に情報の伝達だけでなく1次情報の加工まで含めて考慮すべきと思われる。

- ① 0次情報 法律、政令、指針、論文、報告
- ② 1次情報 雨量、水位、土石流発生情報、被害状況
- ③ 2次情報 発生予知情報、警戒避難情報、演算雨量（連続、実効等）

## (2) 情報要求者と必要な情報

本来防災情報は全国民が必要とするものであるが、とくに必要とするのは警戒期および応急期における市町村レベル・自主防災レベル・個人レベルの人たちである。中でも地域住民に警戒避難情報を発令する立場の防災責任者（市町村長）と避難の対象となる住民は情報要求者の中心となるものである。防災責任者は1次情報を収集し、その情報を加工・判断して避難対象者に伝達しなければならない。

## (3) 情報の流れ

情報収集システムを設計するためには、どこから（情報源、送信者）、どこに（要求者、受信者）、いつ（速度、タイミング）、なにを（種類、量）伝えるかといった動作形態をはっきりさせなければならないが、これらはシステム動作の時間的および空間的な分類によって異なるものが要求される。表3.1に情報発生源の時間的・空間的分布を示す。

平常期の情報伝達は速度は速くなくてよいが、空間的には広範囲に伝達しなければならず、情報の種類と量が多い。平常期は周囲条件がよいので既設の通信網や新聞・テレビ・ラジオなどの報道機関を有効に利用すべきであろう。

警戒期・応急期の情報伝達は速度を要求され、とくに市町村レベル・自主防災レベル・個人レベルは分秒を争う高速度とタイミングを要求される。情報の種類と量はある程度限定されるとはいえ、情報伝達システムとして最もきつい動作条件となる。

復旧期は受けた災害の大きさによっても異なるが、伝達速度や情報量は平常期と警戒・応急期の中間的なものを要求される。

## 3.6 避難対象者について

危険地域に存在する人々としては、必ずしもその土地に在住する人（居住者、住民）だけでなく、就労・就学者および旅行者などの滞在者（一時的滞在者）がいる。災害が起こるような気象条件のときに、危険地域に一時的滞在者が存在する確率は少ないかもしれないが無視することはできない。逆に、危険地域が観光地内にある場合は旅行者が主な対象になるといえる。そのため、情報伝達システムは住民への情報伝達だけでなく、不特定多数の人々への情報伝達も考慮しなければならない。そのため、本書では住民と滞在者（一時的滞在者）を含めて避難対象者としている。

### 3.7 避難開始のきっかけとなるもの

#### (1) 避難の判断

土砂災害時における避難行動は避難対象者個人（家族の場合は家長）に依存しており，たとえ災害発生予知情報に基づく避難命令が発令されたとしても避難する・しないの判断は個人の判断に左右される部分が多い。（なお，行政による強制退去も考えられるが，土砂災害においては時間的余裕や周辺状況の制限から現実的でないといえる。）

避難対象者が，ある災害の発生を予知したときあるいは予知情報を入手したときには，その災害に対して次に示す対処方法を選択しうる。

- ① 原因削除 災害現象の発生原因そのものを取り除く。
- ② 現象縮小 発生した災害現象の規模を小さく抑さえる。
- ③ 避難 災害から避難する。
- ④ 災害受容 災害はあまんじて受ける。

発生時期に対して予知時期が非常に早ければ，災害の原因を取り除くことも可能である。土砂災害においても，地すべり災害のように現象の進行速度が遅い災害に対しては，事前にハードウェア対策が試みられており効果を上げている。しかし，土石流や崖崩れのように急激な土砂移動現象の場合は，発生を予知してから原因を取り除くのは不可能であるし，発生した現象を縮小する対策を取ることにも困難である。いずれにしても，避難対象者が個人的に対応できるようなものではない。したがって，土石流災害における個人的対処方法としては避難するか，被害をあまんじて受けるかの選択しかない。被害を受けるくらいならば誰でもだまって避難すると思うかもしれないが，必ずしもそうではない。なぜなら，避難をするためにはなんらかの費用を必要とし，そのため想定される災害が小さければあまんじて被害を容認するという判断も出てくるからである。なお，ここでいう費用とは，単に金銭的なものではなく，労力や心理上の負担も含まれるため，避難に要するエネルギーといった方がよいかもしれない。また，発生の予知はあくまで予知であり，必ず発生するとはいえないので，避難しないと必ず被害にあうとは限らず，避難する・しないは確率的な危険度の大きさと避難に要するエネルギーの大きさとの比較判断になる。確率的に災害を受けないと判断するのも災害受容の一つであろう。

過去の災害事例においても，避難命令が出ているにもかかわらず危険区域の家に残る例が見られ，とくに老人や家長にその傾向が強いようである。1986年11月の大島三原山の噴火では全島民約1万人に対し避難命令が出され，船舶の手配など十分な配慮のもとに避難が行われたが，数十人が残留し行政側の説得にもなかなか応じなかった例がある。噴火，とくに溶岩流の場合は比較的時間の余裕があるが，土砂災害，とくに土石流や崖崩れは時間的余裕が少なく，いつ避難するか判断を誤るとあたら貴重な人命を失うことになるので，避難対象者の判断としては迅速かつ正確なものが要求される。

適切な避難命令，すなわち適切な時期に正確な予知に基づく避難命令を出せば，避難対象者個人としての判断を必要としない（必要性が少ない）が，現状ではそれほど正確でないし，近い将来に正確にできるようになるという見込みも少ない。そのため，避難命令以外にも多くの判断材料を提供する方が

より好ましいといえる。ここでは、災害を予知したときに避難命令以外にどのような情報があれば避難することを決意しやすいか、なにが避難行動を起こすきっかけ（トリガ；引き金）となるかについて検討する。

## (2) 火災の例

火災は発生（発見）から実害を受けるまでの時間が比較的短く、一旦大火災になると個人的防御活動が不可能であること、あるいは火災検知器や警報システム・避難システムなどのソフトウェア対策の性格に土石流災害と類型点が多い。火災は、比較的発生頻度が高く、多くの人にとっては土石流災害より（言葉に語弊があるかもしれないが）身近なものに感じると思われるので、火災を例にとって避難行動開始のきっかけについて考察する。

火災の場合は一般的な予知はできないが、自分（自宅）を中心に考えると火災警報ベルを聞いたとき、あるいは近隣で発生した火災を発見したときが予知したときといえよう。その場合の対処方法として

- ① 原因削除 発生箇所の火を消しに行く。
- ② 現象縮小 家財を運び出す。身の周りの消火活動をする。
- ③ 避難 火災から避難する。
- ④ 災害受容 なにもしない。災害をあまんに受ける。

が考えられるが、火勢がある程度強くなると逃げるしかないし、旅館やデパート、地下街などの公共建物あるいは勤め先などにおいて火災警報に接した場合は、まず避難を考えなければならない。しかし、いつ逃げるかの判断はむずかしく、国内で年間2000人前後の焼死者を出しているのが現状である。原因としては警報設備や避難経路の不備による場合もあるが、避難を決意する時期が遅れて煙にまかれる例も多いようである。表3.2によれば番号④⑤⑥の3項目は迅速かつ正確な判断ができれば助かった人数と思われ、放火自殺者を除く死者全体の約30%に達している。

火災の予知情報といえる火災警報レベルを聞いたときに人々はどのような判断経過をたどるのであるか。勤労者は勤め先で火災警報ベルを聞いたことがある人が多いと思われるが、ベルの音を聞いただけでただちに避難行動に移る人は少ないようである。というのは火災警報機の誤動作が非常に多く、ベル鳴動が本当の火災につながらないことを体験的に知っているからである。現に、土木研究所でも年2～3回の誤動作を経験している。

筆者らの経験によると、大部分の人は警報ベルの音を聞くと火災を疑うが、最初は回りに人の行動を観察し、それから周辺状況（煙や異音の有無）に注意する。異常が感じられなければ防災担当者に電話をかけてベル鳴動の原因を確認し、誤動作とわかると火災検知システムの悪口をひとしきり言い合う。そして次の警報ベルに対してさらに鈍感になるという経過をたどるようである。

もし、警報がベルの音だけでなくもう少し具体的な情報が入ってきたらどうであろうか。筆者らはたまたま出張先のホテルで、夜間に非常電話の音声（非常事態発生、ただちに避難してください）による火災警報を受けたことがある。そのときはベルの音よりも緊迫感が強く、さらに回りの部屋でもさわぎ始めたので、避難しなければならないかなと思い始めた（確認しようにも電話機は非常通報に切り替

表 3.2 焼死に至った経過

消防白書（昭和60年版，消防庁編集，1985年11月発行）pp 52, 53 から

| 番号 | 焼死に至った経過                                                                 | 1983年 |      | 1984年 |      |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|
|    |                                                                          | 〔人〕   | 〔％〕  | 〔人〕   | 〔％〕  |
| ①  | 発見が遅れ，気付いた時は火煙が回り，既に逃げ道がなかったと思われるもの。<br>（まったく気付かなかった場合を含む。）              | 259   | 22.5 | 315   | 23.5 |
| ②  | 判断力に欠け，あるいは，体力的条件が悪くほとんど避難できなかったと思われるもの。                                 | 207   | 18.0 | 263   | 19.7 |
| ③  | 延焼拡大が早かった等のため，ほとんど避難できなかったと思われるもの。                                       | 77    | 6.7  | 60    | 4.5  |
| ④  | 逃げれば逃げられたが，逃げる機会を失ったと思われるもの。                                             | 108   | 9.4  | 131   | 9.8  |
| ⑤  | 避難行動を起こしているが逃げきれなかったと思われるもの。<br>（一応自力避難したが，避難中，火傷，ガス吸引により病院等で死亡した場合を含む。） | 155   | 13.5 | 242   | 18.1 |
| ⑥  | いったん，屋外へ避難後，再進入したと思われるもの。出火時屋外にいて出火後進入したと思われるもの。                         | 29    | 2.5  | 39    | 2.9  |
| ⑦  | 着衣着火により死亡したと思われるもの。                                                      | 153   | 13.3 | 155   | 11.6 |
| ⑧  | 放火の巻添え・犠牲                                                                | 21    | 1.8  | 13    | 1.0  |
| ⑨  | その他                                                                      | 143   | 12.4 | 120   | 9.0  |
|    | 小 計                                                                      | 1152人 | 100％ | 1338人 | 100％ |
| ⑩  | 放火自殺（心中の道づれを含む。）                                                         | 676   | 37.1 | 751   | 36.0 |
|    | 合 計                                                                      | 1828人 | 100％ | 2089人 | 100％ |

わっていて通話できなかった）。ついで，ホテル従業員の避難誘導の声が聞こえ始めたので，あわてて荷物をかき集めてこわきに抱え，ネマキのまま廊下に飛び出した。しかし，煙もなく火も見えなかったもので，この寒さの中（真冬であった）で屋外へ出るのかと逡巡（しゅんじゅん）しているうちに，警報システムの誤動作（あとで宿泊客の誤操作と判明）だという連絡を受けた。この間5分くらいだったと思われるが，非常に緊張した時を過ごし，思いがけない避難訓練をしてしまった次第である。

これらの経験からいえることは，避難のトリガとしては警報ベルの音だけよりも音声の方が強く，その上で周辺状況に異常が，それも複数の異常が認められれば，さらに強いトリガとなることである。

### (3) 土石流災害における避難のきっかけ

話を戻して，土石流災害の場合の避難行動開始のきっかけについて考えると，避難命令は強力なきっ

かけとなり得るが、空振り（避難命令を出したが、実際には避難するほどの災害が起きないこと）が続くと、火災警報の誤動作に対するような慣れが生じ、本当に避難が必要な際に行動が遅れる（あるいは行動を起こさない）おそれが出てくることに注意しなければならない。

伝達手段としては、サイレンなどのように単純な伝達方法よりも情報量の多い音声を使用した方が強いきっかけとなるし、映像をまじえるとより強いきっかけになると思われる。次に有効なきっかけになると思われる情報を示す。

- ① 的確な避難命令および避難命令の前段階としての警戒発令。
- ② 他人の行動状態。
- ③ 近隣の災害発生状況。
- ④ 危険度を数値化したもの 各種雨量数値、水位データなど。
- ⑤ 危険度を映像化したもの グラフ、動画など。

さて、実際に避難行動を開始するときには、本人が危険な状態にあることを認識し、理論的に納得して避難する場合と、避難せざるをえないような心理状態に追い込まれて避難する場合がある。どちらが主体になるかは避難対象者の年齢構成や各人の性格などによって異なり、同一人でも時と場合によって異なるとと思われる。そのため、避難対象者には複数かつ異種のきっかけとなる情報を伝達することが必要であり、情報伝達システムにはきっかけとなる情報の収集と伝達をすることが要求されることになる。

### 3章参考文献

本章を記述する上で次の文献を参考とした。

- (1) 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
- (2) 土砂崩れの恐怖と対策，土砂害対策研究会編，鹿島出版会，1983年
- (3) 情報科学講座・情報の伝播，共立出版
- (4) 災害と情報，東京大学新聞研究所編，1986年
- (5) 豪雨災害情報の収集・伝達から見た防災システムに関する基礎資料

科学技術庁資源調査所，資料第116号，1984年2月

## 4. システム設計

### 4.1 基本構想

#### 4.1.1 システムの範囲

第2章において砂防情報収集伝達システムの環境について考察を加え、第3章においては伝達すべき情報を明確にした。その結果、情報は空間的・時間的に広範囲に展開していることがわかった。しかし、ある一つの土砂災害発生に注目すると、その地理的範囲および継続時間は限定されてくるので、情報密度は一定でないといえる。そのため、砂防情報収集伝達システムには広範囲な展開を必要とするとともに、地域的および時間的に高密度な情報を扱うことも要求される。

さて、具体的なシステムを作るためには、対象とするシステムの規模を明らかにする必要がある。単純に考えると、全国規模の情報伝達を行うのであるから、システムも全国規模にすればいいことになるが、情報密度が高い部分を中心に考えた方が効率的であるので、ここで設計する砂防情報収集伝達システムは都道府県レベルおよび市町村レベルのシステムを対象とする。しかし、小さなシステムを作ろうとするときでも、常に上位システムを考慮しながらその中の一部のシステムとして考える方がより効率的であるので、都道府県レベルのシステムの設計に際しても全国規模のシステムの一部だという意識を持ってかかることが望ましいといえる。

#### 4.1.2 上位システム

上位システムを意識するといっても、どこまで意識したらよいのであろうか。あまり上位のシステムまで意識してしまうとシステムとしてのまとまりが無くなってしまう。例えば、家庭にシステムキッチンを購入するのには、設置スペースと上下水道や都市ガスの有無あるいは電気配線の容量などの住宅周辺の環境を調べる程度でよく、上水道の取水設備や下水処理設備、発電電システムにまで意識する必要がないということである。

ここで検討する都道府県レベルの土砂災害防止のための情報収集伝達システムとしては、全国レベルの総合防災情報収集伝達システム程度までを意識するのが妥当と思われる。しかしながら、現段階では、このような総合防災システムが明確化されていない。そこで、図4.1に示すような防災システムを想定して、その中で対象システムの動作を確認することとする。

図4.1は総合防災センター（仮称）を中心として防災に関する情報の収集伝達を行うもので、将来の理想形を想定したものである。このセンターは災害に関する全ての情報を収集伝達し、効率的に防災活動を行おうとするものである。図中の網かけ（)の部分の部分が砂防に関連深い部分で、以降、この部分を中心に設計を進める。

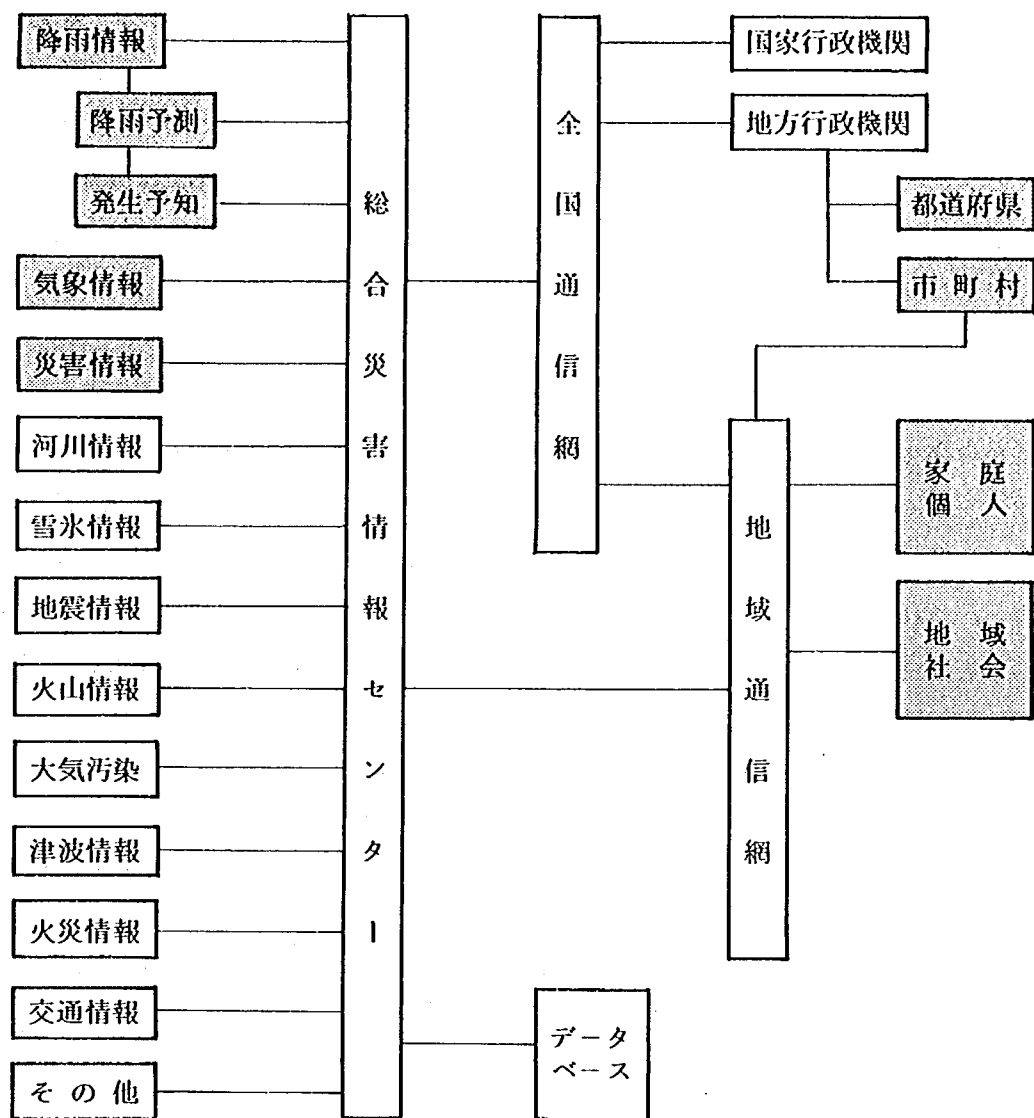


図 4.1 総合防災情報収集伝達システム

#### 4.1.3 砂防情報センター（仮称）

(1) 砂防情報センターとは

図 4.1 から土砂災害関連を抜き出すと図 4.2 のようになる。

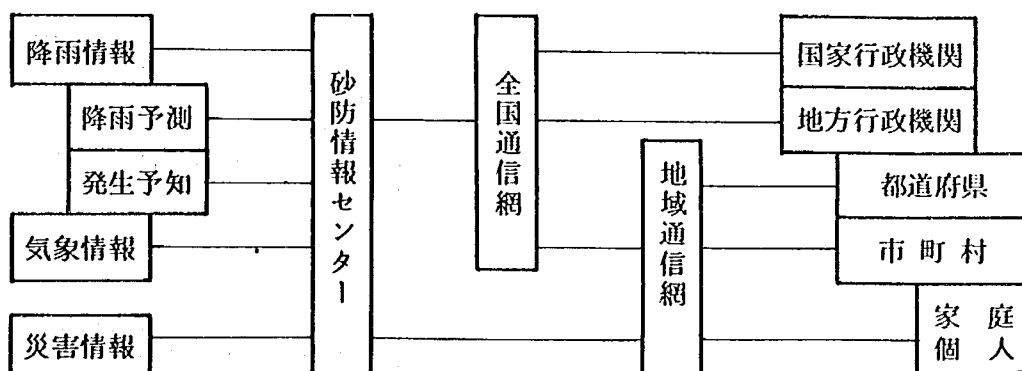


図 4.2 砂防情報収集伝達システム

図 4.2 のように、土砂災害防止のための情報収集伝達の中心地に、砂防情報センターを想定する。このセンターは必ずしも独立した機関である必要はない。例えば、現在推進中の総合土石流対策モデル事業（警戒避難体制）では、各種情報を建設省の工事事務所に集めているが、この場合は工事事務所が砂防情報防災センターの役割を果たしているといえる。しかし、現行のモデル事業は過渡的なものであり、建設省の工事事務所で情報収集や土石流発生予知を行うが、避難命令の発令は市町村が出すことになっている。将来はこれらを統合し、一つのセンターとしてまとめるべきと思われる。

## (2) 砂防情報センターの設置場所

砂防情報センターをどこに設置するかというのは一つの問題である。情報の中心ともいえる避難命令が市町村長から発せられることから、まず、市町村単位に設置する案が考えられる。しかし、土砂災害の発生範囲は一般に一つの市町村内に収まることは少ないのと、発生予知のために比較的広範囲の情報を必要とすることから、都道府県単位に設置する案も考えられる。表 4.1 に示したように両者それぞれに特徴を有し、これだけでは、いずれが最適とはいえない。市町村・都道府県の面積・人口・危険地帯の分布状態などを総合的に判断して決定すべきである。もちろん、いずれか一方でなければならないと

表 4.1 砂防情報センター設置場所比較

|            | 市町村（分散処理）                                   | 都道府県（集中処理）                            |
|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| 地域性        | 地域社会に密着した情報の収集伝達ができる。                       | ある地域からみると情報密度が薄くなる。                   |
| 広域性        | 広い範囲の情報が入りにくい。                              | 広い地域を総合した判断が可能である。                    |
| 相互連絡       | 隣接市町村との連絡がスムーズに取れないこともありうる。                 | 横の連絡がスムーズに取れる。                        |
| 危険判断者      | 各市町村毎に高度な判断力を有する人材を確保するのが困難である。             | 高度な判断力を有する人材を中央に集中できる。                |
| 即応性        | 伝達距離・段階が短いので即応性が高い。<br>① 収集時間→短<br>② 伝達時間→短 | 分散処理より即応性が劣る。<br>① 収集時間→長<br>② 伝達時間→長 |
| 納期         | 各市町村ごとに整備できるので、危険性の大きい所からの段階的導入が可能である。      | 全県レベルで整備しないと、能力が発揮できず、整備完了まで長時間を要する。  |
| 機器故障に対する耐性 | センターの機器が故障した場合でも影響範囲は当該市町村に限られる。            | センターの機器の故障は、全県に影響をおよぼす。               |
| 回線信頼性      | 伝送距離が短いので、回線に障害を受ける確率は小さい。                  | 伝送距離が長く、回線に障害を受ける確率が高い。               |
| 機器費用       | 一つのセンターとしては安価だが、全市町村の合計は高価である。              | 一つのセンターとしては高価だが、県全体を考えれば安価である。        |

とはなく、県内のいくつかの市町村に設置した上で、さらに県に設置する方法もとれる。

一般的に言えば、ある都道府県の全市町村が土砂災害に対して同じような危険性を有することはないので、危険地帯が多く存在する市町村にはサブセンターを設け、その他の市町村は都道府県に総合センターを設けて対応する方式が好ましいと思われる。

#### 4.1.4 サブシステムへの展開

砂防情報収集伝達システムはいくつかのサブシステムに展開することができる。ここでは、次のように展開する。

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| ① 降雨データ収集システム  | 地上雨量計，レーダ雨量計，降雨予測 |
| ② 各種情報収集システム   | 災害情報，河川情報，気象情報など  |
| ③ 土砂災害発生予知システム | 土石流発生監視装置         |
| ④ 広報システム       | 避難対象者への情報伝達       |
| ⑤ 通信システム       | 全国通信網，地域通信網       |

このうち、①～④については章を改めて検討する。

## 4.2 通信回線

### 4.2.1 通信回線とは

情報は媒体上のデータとして伝送される。通信回線とは情報をのせた媒体の通路（伝送路）である。媒体は、ほとんどの場合は電氣的信号（電磁波を含む）が使用されるが音波を使用するときもある。また、広義の意味では郵便や電報も通信であり、それらの運搬システムを通信回線と呼べなくもないが、ここでは、電氣的信号による通信に限定する。

伝送路は無線と有線に分類され、さらに使用する媒体によっていくつかに分けられる。それぞれの特徴を表 4.2 に示す。

表 4.2 伝送路の特徴

| 伝送路 | 媒 体      |        | 代表使用例 | 特 徴              |
|-----|----------|--------|-------|------------------|
| 無 線 | 電 磁 波    | 中 波    | ラジオ放送 | 広域伝送             |
|     |          | 短 波    | 船舶通信  | 超広域伝送            |
|     |          | 超 短 波  | テレビ放送 | 広域，大容量伝送         |
|     |          |        | 移動無線  | 機動性のある通話         |
|     |          | マイクロ波  | 多重通信  | 1：1 通信，大容量       |
|     |          | 光      | 空間伝送  | 近距離通信，大容量伝送      |
| 有 線 | 電 気 信 号  | ベースバンド | 電 話   | 小容量伝送，近距離伝送，多数端末 |
|     |          | 搬 送 波  | 多重通信  | 大容量伝送            |
|     | 光（光ファイバ） |        | 多重通信  | 超大容量伝送，対雑音性大     |

#### 4.2.2 通信回線の役割

情報を伝達するためには通信回線が必要であり、通信回線の役割は情報源からの情報を要求者に伝達することにある。情報の価値は、

- ① 内 容
- ② 費 用
- ③ タイミング
- ④ 信頼性（正確さ）

の4要素で決まり、通信回線はこの情報の価値をそのまま伝えるのが好ましいが、まったく価値を落とさずに伝送することはほとんど不可能である。4要素の優先順位は時と場合によって異なるので、順位に応じて通信回線を使い分けることが経済的な方法である。

##### (1) 内容の伝送

内容をそのまま伝えるためには、情報源の情報量より大きい回線容量が必要である。情報を伝送するにはデジタルデータとして伝送する場合とアナログデータとして伝送する場合がある。危険のある・なしのように最初からデジタル的なものはデジタルデータ伝送でよいが、情報には音声や動画のように時間的に連続して変化するアナログデータもあり、このような場合は一般にアナログデータとして伝送する。しかし、最近はデジタル技術の進歩によりアナログデータをデジタルデータに変換して伝送する例が増えてきた。これは、デジタルデータ伝送の方が伝送途中での劣化が少ないためである。

デジタルデータの情報量はビット（確率2分の1の情報を1単位としたもの）で表わし、回線容量は単位時間当たりのビット数で表わされる。アナログデータの回線容量は回線の周波数帯域幅で表わし、音声を伝送する電話回線1チャンネルの帯域幅は4kHzとなる。音声伝送に対して動画伝送は単位時間当たりの情報量が多く、それを伝送するためには非常に多くの回線容量を必要とし、音声だけの伝送に比較すると1000倍にもなる。

##### (2) 費 用

情報要求者から見ると伝達に要する費用も情報を得るための費用に含まれるので、通信費用は安価であることが好ましい（当然といえば当然だが）。

##### (3) タイミング

タイミングを逸しないためには、伝達速度が速くなければならない。伝達速度が速いということは回線の容量が大きいという意味ではなく、情報源から要求者までの伝達に要する時間が短いということである。また、通信設備の障害はタイミングを遅らせることになる。

##### (4) 信頼性（正確さ）

通信回線には必ず雑音源が存在し、情報は多かれ少なかれその影響を受ける。一般に影響の度合いは伝送距離が長いほどあるいは回線容量が大きいほど大きくなる。

#### 4.2.3 無線回線と有線回線

NTT回線をはじめとする有線回線網は全国を網羅しており、容易に全国レベルの砂防情報通信網を

構成可能である。しかし、土砂災害が発生するような気象条件下では地上にある施設は障害を受けやすく、点と点の間の通信である無線通信と、点と点を線で結んでいる有線通信を比べると、当然、有線通信の方が障害を受ける可能性が多い。したがって、災害前後での通信を確保するためには無線通信網の整備が不可欠である。

### 4.3 スループットタイムの検討

#### 4.3.1 スループットタイプ

警戒期、応急期における砂防情報収集伝達システムは、迅速な情報の収集伝達動作を要求される。つまり、情報を収集してから、その情報が要求者に届くまでの時間が問題となる。システムの入力から出力までの処理時間はスループットタイムと呼ばれるが、具体的にはどの程度の時間であればよいのだろうか。ここでは、時間的要求が最も厳しいと思われる土石流災害における避難命令の発令に関して検討してみよう。

一般に避難命令の発令は図 4.3 の経過をとるが、現在行われている土石流発生予知方法は、降雨を連続的に観測することによって、土石流の発生が予想される時刻の 1 時間前に避難情報を検出することを目標にしている。したがって、システムのスループットタイムは、1 時間より短くなければならない。<sup>1)</sup>

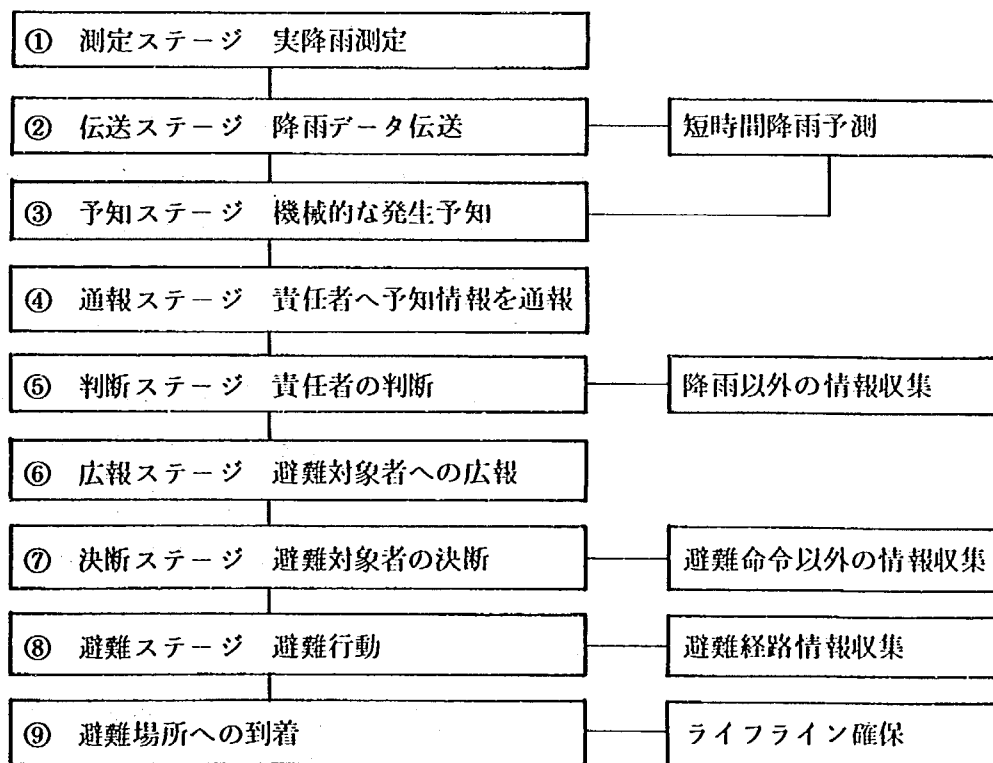


図 4.3 避難命令の発令経路

#### 4.3.2 各ステージのスループットタイム

##### (1) 測定ステージ

地上雨量計として 1mm 1 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分としてよいであろう。レーダ雨量計を使用した場合は、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ポ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。レーダ雨量計の場合は、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行わなければならないが、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、単体型土石流発生監視装置のように自動的に広報まで行うシステムでは判断時度は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、単体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

避難命令を受け取ってから避難行動を開始するまでの時間で、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。

#### 4.3.3 合計所要時間

各ステージの所要時間をまとめると表4.3のようになる。

表4.3 スループットタイムの試算

| ス テ ー ジ | 所要時間        | 備 考                        |
|---------|-------------|----------------------------|
| ① 測定    | 1 ～ 5 分     | 責任者の判断時間<br><br>避難対象者の決断時間 |
| ② 伝送    | 0 ～10分      |                            |
| ③ 予知    | 1 ～ 5 分     |                            |
| ④ 通報    | 1 ～ 3 分     |                            |
| ⑤ 判断    | 5 ～10分      |                            |
| ⑥ 広報    | 1 ～10分      |                            |
| ⑦ 決断    | 5 ～10分      |                            |
| ⑧ 避難    | 5 ～30分      |                            |
| 合 計     | 最短19分，最長83分 |                            |

#### 4.3.4 スループットタイムを短縮するためには

表4.3に示すように各ステージの最短時間だけを取ると、システムのスループットタイムは19分となり、発生予知の1時間に対して十分な余裕を取れる。しかし、各ステージの最長時間だけを取ると83分となり1時間をオーバーしてしまう。合計所要時間は各ステージの構成によって変化するが、少なくとも1時間以内になるように各ステージの所要時間を調整する必要があるし、予知精度を考慮すればさらに短い時間の方が好ましい。以下に各ステージごとのスループットタイムの短縮方法について考察する。

##### (1) 測定ステージ

転倒ます雨量計の測定時間は十分短いといえるが、レーダ雨量計は平均化時間を要するため、数分かかってしまう。もし、測定精度を落とさずに平均化時間を短くできればしたいところである。

##### (2) 伝送ステージ

今後は正確な流域雨量の測定を求められるようになり、必然的にデータ収集時間がのびてくる。大容量通信回線と高速データ収集システムの整備が望まれる。

##### (3) 予知ステージ

指針案の方式による予知方法ならば、データをそろえさえすれば即時に予知情報を算出することができる。予測降雨量を採用するときは予知したデータを自動的に入力できるような構成とすべきである。

##### (4) 通報ステージ

土砂災害が発生しそうな気象状況のときは防災責任者が砂防情報センターに集まり、直接機器を監視するのが理想であるが、現実には集合が間に合わないことも考えられる。そのため、なんらかの通報手段を必要とし、現段階では自動的な電話通報が最適と思われるが、有線の加入電話回線は回線障害のおそれもあるので、複数の伝達経路を確保すべきである。

#### (5) 判断ステージ

土砂災害発生予知情報だけでなく、災害情報や気象情報などをいかに早く収集するかが判断時間の短縮につながる。また、あらかじめ的確な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。ただし、このステージのスループットを極端に短くすると判断を誤る可能性が出てくるので注意しなければならない。誤判断を避けるためには、情報の収集だけでなく責任者の訓練も重要である。

#### (6) 広報ステージ

避難対象者全員にできるだけ短い時間で漏れなく伝達する必要があるが、情報要求者が広範囲に分布しそれぞれが異なった環境に存在するので、同一形態の伝達方法では情報を受け取れない人が出てくる可能性が高い。例えば、スピーカによる屋外放送だけでは、住宅の防音性や周囲雑音の大小によって聞き取れない人もいるであろう。極端な例をいえば耳の遠い人に対しては屋外放送はほとんど役に立たないといってよい。そのため、複数の伝達形式を同時に使用するのが好ましい。

#### (7) 決断ステージ

正確な予知に基づく避難命令であれば、避難を決断するのに時間を要しないことになるが、現在のところ予知精度は満足できるほど高くない。そのため、避難命令以外の避難行動開始のきっかけとなる情報の伝達を必要とする。

#### (8) 避難ステージ

避難行動時間を短縮するためには、避難距離を短くする方法と避難速度を速くする方法がある。避難距離を短くするためには、居住地の近くに避難場所を作ればよい。しかし、山間部で適切な避難場所と避難経路を設定することは非常に困難であり、場合によっては行動距離が相当長くなってしまうことも考えられる。土砂災害は鉄筋コンクリートなどの頑丈な住居にすることで防げることが知られているが、全ての個人住宅を鉄筋化するのは現実的でない。それよりは、火山地域における火山弾避難所のように頑丈なバリアを新たに建築の方がよいであろう。また、集会所などのような公共建物に耐土砂災害性を持たせる方法も考えられる。

単純に避難速度を上げるには避難者の歩く速度を上げればよく、避難訓練などによって避難時間の短縮も可能であるが、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、道路冠水などの最悪の条件を考えるとそれほど多くの向上は望めないであろう。

火山災害の例に見られるような自動車などの交通機関の利用も考えられるが、土砂災害の場合は道路が破壊される可能性が強いし、冠水によって走行不能になることもある。そうすると避難途中で立ち往生した車両が避難行動を阻害するので、原則としては自動車の使用は禁止すべきであろう。しかし、早い時期の避難であれば、道路の冠水に対して比較的強いバスによる避難が考えられ、災害の発生時期が夜間にかかる可能性があるときなどは、例えば老人子供だけでも早めに避難させるときに有効な方法と思われる。ちなみに、乗用車の場合は床上（20～30cm）程度の道路冠水で機構に障害を受け、それ以上になると浮いて流されてしまうが、バスはエンジンを止めさえしなければ90～100cmの道路冠水でもな

んとか稼働できると報告<sup>2)</sup>されている。

#### 4章参考文献

- (1) 矢沢昭夫, 原 義文, 藤田 昇: 土砂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, 1986 年 3 月。
- (2) 高橋和雄, 西中間孝一: 昭和57年 7 月長崎豪雨時の路線バスの対応, 1985 年 3 月。  
(昭和57年 7 月長崎豪雨災害の解析及び防災対策に関する研究, 長崎大学土木工学科)

## 5. 雨量データ収集システム

### 5.1 雨量データ収集

#### (1) システムの動作

雨量データ収集システムは、情報収集伝達システムのサブシステムの一つとして位置付けられ、基本動作は、図 5.1 のようになる。

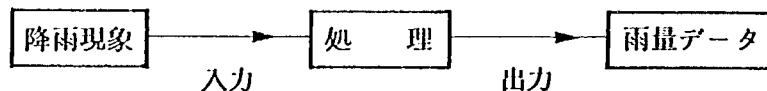


図 5.1 雨量データ収集サブシステムの基本動作

システムの入力は自然現象の降水量であり、出力はそれを数値化したものである。すなわち 1 次情報の降水量を処理し、2 次情報として出力するものである。2 次情報は、

- ① 現在の数値     リアルタイムデータ
- ② 過去の数値     データ蓄積（ファイル化）
- ③ 未来の数値     予測降雨量

の 3 つに分類できる。このうち、データ蓄積（ファイル化）および予測降雨量は現在の数値をもとにして作られるものであるので、システムの役割としては、まず現在の数値（リアルタイムデータ）を出力することが求められる。そのため、ここでは、リアルタイムデータの収集を中心にしてシステムの検討を進めるものとする。

#### (2) 必要なデータ

降雨はある特定の地域だけに降るものではなく、量の大小はともかく日本全国どこにでも降る。また、降り始める時間・降り続く時間は一定していないし、雨量強度（単位時間）当たりの降雨量も時々刻々と変化する。すなわち、降雨現象は空間的・時間的に広く分布しており、その分布状況を測定することによって、初めて降雨現象の全体をとらえられるのである。したがって、降雨現象を数値に表わすためには、空間的・時間的に連続したデータが必要であり、システムには空間的・時間的に連続した展開が要求される。

降雨を空間的にとらえるということは、ある地域全体に降った降雨量（流域雨量）を測定することであり、降雨を時間的にとらえるということは、雨量強度の変化時間より十分短い観測間隔で測定することである。

#### (3) 検討項目

本章では、既存システムの問題点をあげながら、土石流発生予知のために必要な機能について検討する。検討すべき事項としては、次の各項目があげられる。

- ① 地点………どの場所で雨量を測定するか
- ② 密度………単位面積当たりのデータ量

- ③ 精度……………とくに豪雨に対する精度
- ④ 時間……………測定結果が出るまでの時間
- ⑤ 計器……………どのような測定機を使用するか
- ⑥ 伝送……………測定したデータの伝送

## 5.2 雨量測定地点と設置密度

### (1) 土石流発生予知における代表観測所

現行の指針案によれば、過去の降雨解析のための降雨量は代表観測所での測定値を用いることになっているが、代表観測所の雨量と個々の溪流流域の雨量が同一である保証はなく、互いの距離が離れていれば異なって当然といえる。代表観測所で代表される範囲というのは、その範囲内で雨量の差があまり大きくないということで、概ね想定される降雨域の大きさと同じとってよい。降雨域の大きさは気象条件によって異なるが、土砂災害が起き易い集中豪雨の場合は比較的小さいと思われる。過去の降雨量解析においては、長期間のデータを有する古くからの観測所が少なかったこともあり、代表範囲は10km四方程度としていた。もし、解析に用いた過去の降雨域がこの範囲より小さかったとしたら、代表観測所の雨量の解析結果を個々の溪流に適用して発生予知をしようとする、警戒避難の検出誤差が大きくなるおそれがある。誤差としては空振りの頻度が増える場合と見逃しの可能性が出てくる場合とがあり、とくに見逃しを誘発する誤った代表範囲の想定は避けなければならない。

### (2) 降雨密度

近年、レーダ雨量計の導入などに伴う雨量観測密度の増加によって、災害時の降雨パターンが以前よりも詳細に観測されるようになった。1986年7月10日の鹿児島市における集中豪雨災害では中心部では300mmを超える連続雨量となっているが、わずか5km離れた地点では50mm以下の連続雨量でしかない(図5.2、図5.3参照)。また、同年7月21～22日に京都府南山城地方を襲った集中豪雨災害では笠置町役場で21日12時00分の連続雨量250mmを記録しているが、約10km離れた木津町では同時刻の連続雨量は96mmにすぎない。22日9時00分で比較しても笠置町役場370mm、木津町194mmとなっており、いずれも笠置町役場の方が格段に多い(図5.4～図5.7参照)。これらはまさに馬の背を分ける雨である。

降雨量の集中の度合いを2点間の1km当たりの降雨量の差で表わすと、鹿児島の場合は $(300\text{mm} - 50\text{mm}) / 5\text{km} = 50\text{mm}/\text{km}$ となり、さらに、鹿児島市の等雨量線図(図5.2)をみると最も急な雨量勾配は $100\text{mm}/\text{km}$ を超えている。また、笠置町の場合は $(250\text{mm} - 96\text{mm}) / 10\text{km} = 15\text{mm}/\text{km}$ (21日12時の比較)となる。この1km当たりの降雨量の差を2点間の雨量勾配ということにする。

### (3) 設置密度

土石流の発生には溪流の流域全体の降雨量が影響すると考えられ、発生を予知するためには、流域全体の降雨量を測定しなければならない。例えば、地上雨量計(転倒ます型雨量計)で雨量の測定をする場合は流域全体の降雨量を直径わずか20cmの円の面積で代表させることになる。降雨の空間的および時間的分布が流域全体で一様ならばそれでもよいが、前述したように実際の降雨は雨量勾配が非常に大き

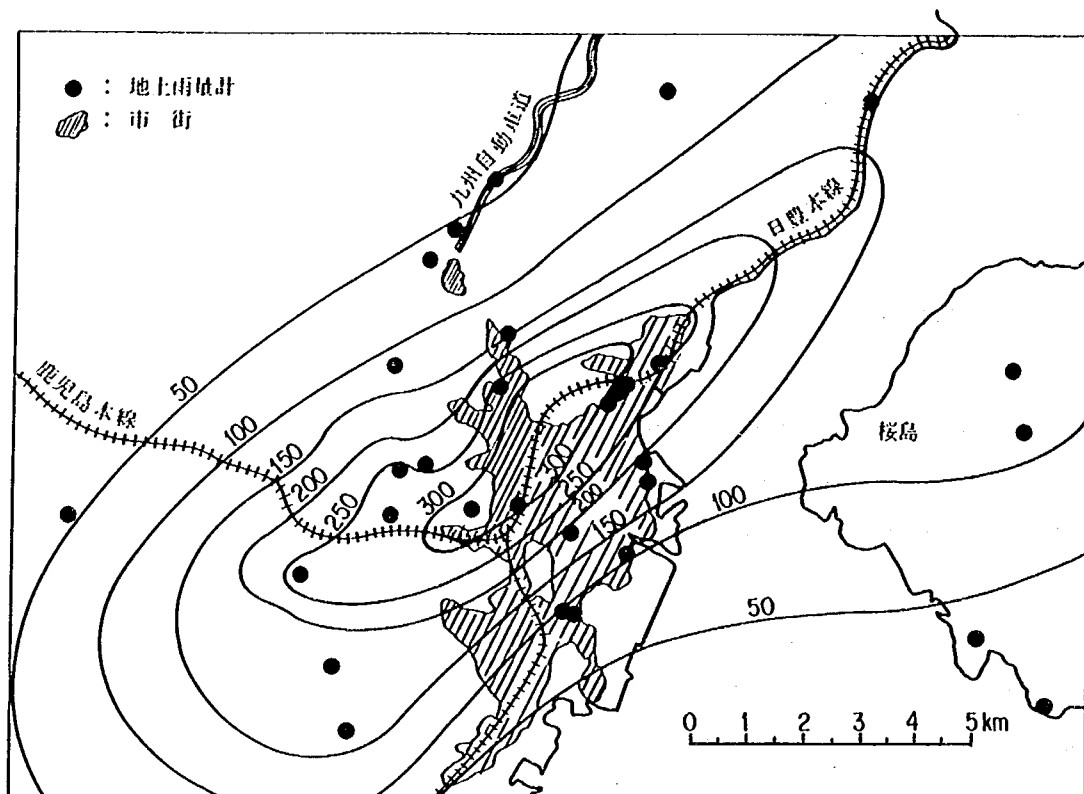


図 5.2 鹿児島市の等雨量線図（1986 年 7 月 10 日，連続雨量）

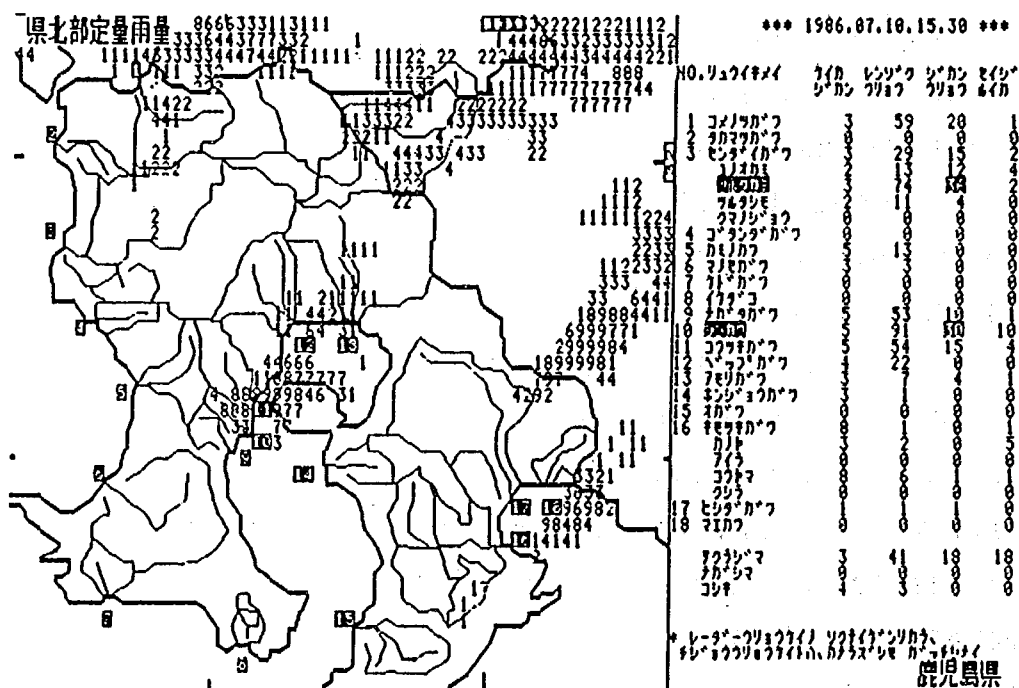


図 5.3 鹿児島市のレーダ雨量計表示画面（1986 年 7 月 18 日，河川情報端末）

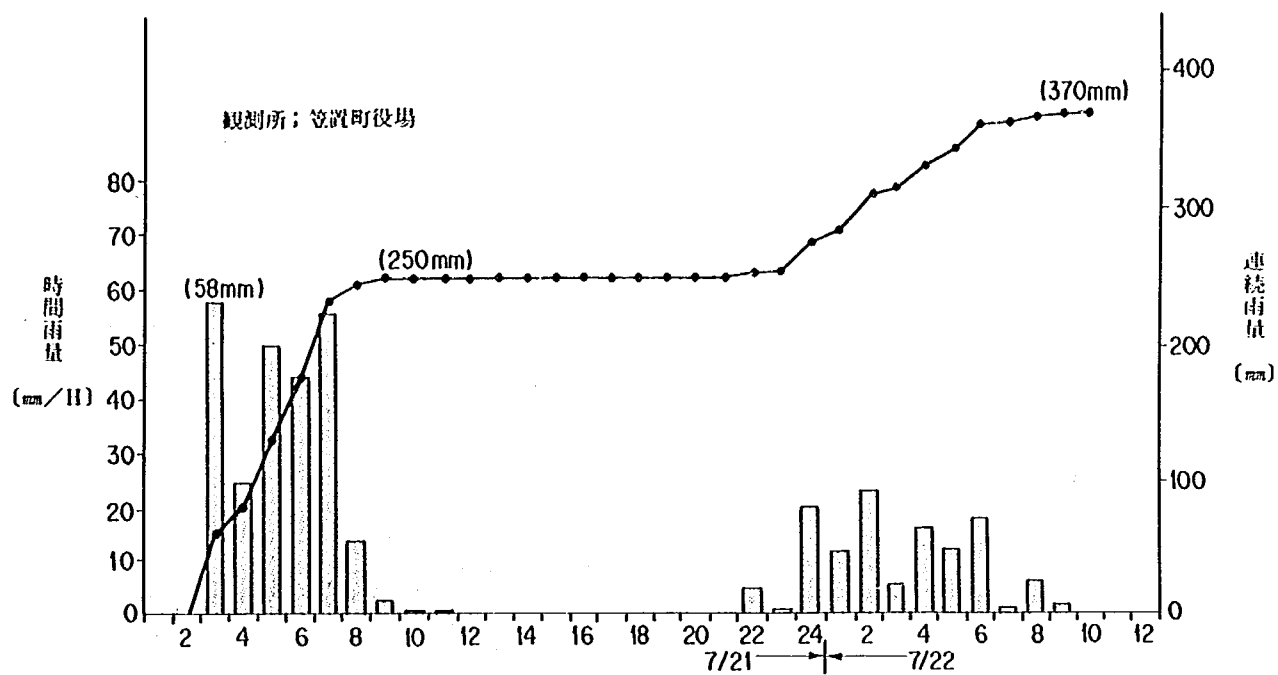


図 5.4 笠置町役場降雨 (1986 年 7 月 21~22 日)

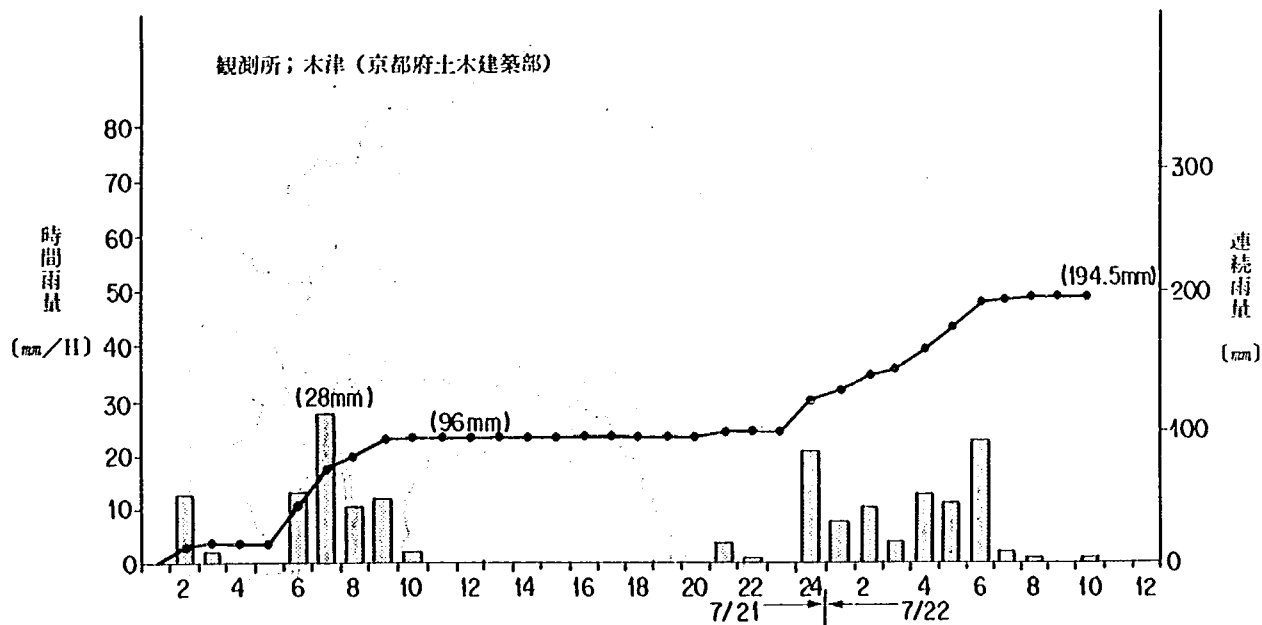


図 5.5 木津町降雨 (1986 年 7 月 21~22 日)

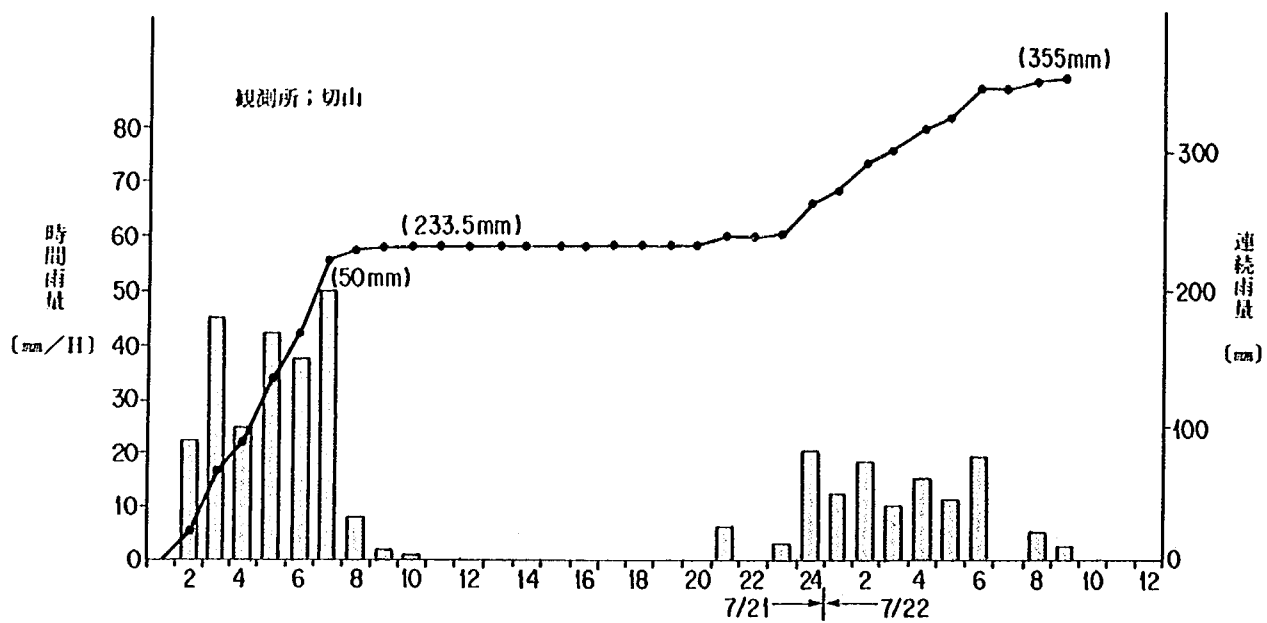


図 5.6 笠置町切山降雨（1986 年 7 月 21～22 日）

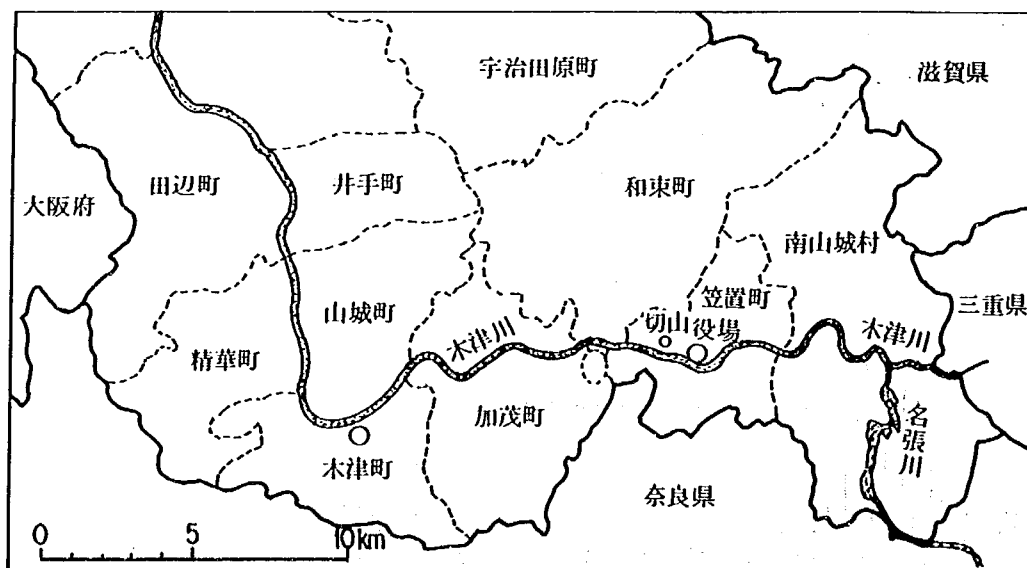


図 5.7 笠置町周辺概略図

い場合があるので、流域面積が大きい溪流では、同じ流域内でも測定地点からの距離が離れれば、大きな降雨量の相違が出てしまうことになる。もし、連続雨量の雨量勾配が $50\text{mm}/\text{km}$ であったとすれば、 $2\text{km}$ 離れた地点では $100\text{mm}$ の差を生ずることになる。実際の流域降雨量と測定値の差異が大きくなると、土石流発生予知精度が悪くなってしまう。この差がどこまで許されるかを数値で規定することは困難であるが、おそらく数 $10\text{mm}$ 以上の差異は許容できないであろう。したがって、流域の面積と雨量勾配を考慮して、流域内の誤差があまり大きくならないように雨量計の設置密度を決定しなければならない。もし、想定される連続雨量の雨量勾配が $50\text{mm}/\text{km}$ もある場合には雨量計1台あたりの面積は $1\text{km}^2$ 以下にする必要がある。

転倒ます型雨量計に代表される地上雨量計は点雨量を計測するが、それに対してレーダ雨量計はある単位面積（メッシュ）内の平均雨量を測定している。すなわち面雨量計ということになる。レーダ雨量計の測定範囲としては半径 $100\text{km}$ 前後との非常に広いので、設置台数としては非常に少なく済み、日本全国を20台程度でカバーすることができる。しかし、点雨量計における設置密度に相当するものは、レーダ雨量計では単位面積の広さになる。実用されているレーダ雨量計の単位面積は $10\text{km}^2$ 程度のものが多いが、雨量勾配が大きい場合には正確な降雨量を測定できないおそれがある。さらに、対象とする溪流の流域面積が単位面積よりも小さい場合には正確な流域雨量を測定できない。

点雨量計については雨量計1台あたりの担当面積の大きさ、面雨量計については測定単位面積の大きさが評価のポイントとなる。

### 5.3 雨量測定精度

#### 5.3.1 誤差の分類

精度がよいということは誤差が少ないということであるが、雨量の測定誤差には雨量計の計測機構そのものの誤差（単体誤差）と、設置方法に起因する誤差（環境誤差）がある。さらに、土砂災害の発生原因は溪流流域全体の降雨量に強く影響を受けると考えられるので、流域雨量としての誤差（流域誤差）も問題となる。測定した降雨量の誤差は、その降雨量に基づく土石流発生予知情報の精度に影響するので、雨量測定システムとしては総合的な誤差を小さくすることが要求される。

##### (1) 単体誤差

雨量計単体に誤差があると必然的に環境誤差・流域誤差に影響するので、単体誤差は必要十分に小さくしなければならない。一般に土砂災害は豪雨で発生するので、雨量計は強雨領域（時間雨量 $100\sim 200\text{mm}$ 程度）での精度を必要とする。

##### (2) 環境誤差

地上雨量計の場合は、受水口が地表にない（一般に地上高数 $10\text{cm}$ から数 $\text{m}$ ）ので、風の影響などで必ずしも真の地上雨量を測定できない。また、斜面に設置した場合は水平の受入口では真の雨量を測ることができないことになる。さらに、周辺の地形や構造物の影響を受け、落ち葉や降灰も誤差の原因となる。

レーダ雨量計の環境誤差としては、周辺の地形や構造物の影響（グランドクラッタ）の他に上空の雨滴を測定しているための誤差がある。つまり、上空の雨滴は風などの影響で必ずしも真下に落ちないことに起因する誤差である。たとえ真下に落ちたとしても、測定した時刻と地上に降った時刻に差が出てきてしまう。これらの誤差を避けるためには地上すれすれの雨滴を測定すればよいが、そうすると地形の影響が強くなるとともに測定範囲が狭くなって面雨量計としてのメリットを失うことになる。

### (3) 流域誤差

点雨量計の場合は、設置密度を相当上げたとしても極くわずかの面積の降雨量で流域全体の降雨量を推しはかっているため、ある程度の誤差が出るのはやむをえない。たとえ、 $1\text{ km}^2$  に1個の雨量計を設置したとしても、雨量勾配が大きいときは10%以下に納めるのは困難であろうと思われる。それに対し面雨量計の場合は、設置密度の問題はなく、測定メッシュを小さくしさえすれば流域誤差を十分小さくすることができる。

#### 5.3.2 許容誤差

誤差がどこまで許容されるかを数字で示すのは非常に困難である。というのは最終的に必要な流域雨量の正確な値を測定することが現在のところできないので、ある雨量測定システムにどれだけ誤差が含まれるのかを知ることができないからである。したがって、現段階で誤差を云々するときは、地上雨量計（普通雨量計または転倒ます雨量計）の測定値に対する誤差をシステムの誤差としている。真の降雨量を知ることができたと仮定すれば、それに対する許容誤差は10%以下を確保したいところではある。

#### 5.3.4 平均誤差ではだめ

流域雨量の測定誤差を問題とするときに、平均誤差をいうときがある。これは、相対する複数の雨量測定方法で得られた多数の測定値の相対誤差を、時間的あるいは空間的に平均化するもので、例えば、次のような場合である。

- ① ある面積内に地上雨量計を $1\text{ km}$ 間隔でメッシュ状に多数設置し、その全数を使用したときの測定値と一部を間引いた（例えば $2\text{ km}$ メッシュにする）ときの測定値の相関を1年間を通した平均誤差で表わすとき。
- ② レーダ雨量計の測定範囲内にいくつかの地上雨量計を設置し、両者の測定値の相関を1年間を通した平均誤差で表わすとき。

このような平均化をすると一地域あるいは一時期のデータに大きな誤差を含んでいてもトータルすると小さな誤差になってしまう。長期間に渡るデータや広範囲のデータを扱うときにはこのような方法で算出しても支障はないが、土石流発生予知のように極く狭い地域の短時間の降雨量を対象とするときは大きな問題となる。

つまり、災害というのは平均値で起こるものではなく、むしろ特殊な場合に起こるものだ認識し、必要とする精度がどのようなものであるかを十分理解した上で、発表された測定精度を確認しなければならないということである。

## 5.4 雨量測定時間

ある地点での降雨を考えると、雨量強度は時間とともに変化するので、降雨現象全体を把握するためには、雨量強度の変化時間より十分短い間隔で測定を行わなければならない。そのため雨量の測定に要する時間はできるだけ短いことが要求され、さらに、測定値を速やかに伝送できなければならない。この点から見ると転倒ます雨量計は容易にテレメータ化できるが、普通雨量計は人の手を要するので好ましくないといえる。レーダ雨量計は最初から遠隔測定を考慮してあるが、平均化のために5分程度の時間がかかるのと、データ量が多いため伝送時間がかかる（電話回線を使った場合は10分程度）ことに留意しなければならない。

## 5.5 地上雨量計について

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、普通雨量計や転倒ます型雨量計が一般的で、貯水型雨量が一部で使用されている。最近、省力型自記雨量計が開発されている。自動記録や遠隔測定を必要とする場合に、転倒ます型雨量計を使用するのが一般的である。いずれも直径200mm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。ちなみに建設省の雨量観測所は1箇所/50km<sup>2</sup>を目標としており、気象庁のアメダスの例では設置密度は1台/300km<sup>2</sup>程度（約17km四方）である。

### 5.5.1 地上雨量計の種類

#### (1) 普通雨量計

普通雨量計は受水口（直径20cm，地上高は20cmと決められている）で受けた雨水を貯水ビンに溜め、それを人間が専用の雨量ますで測定するものである。測定精度は良好と思われるが、人手を要するため、短時間降雨を継続して測定することや観測データのコンピュータ処理は困難である。

#### (2) 転倒ます型雨量計

転倒ます型雨量計は構造が簡単で比較的精度が高く、出力がパルスなので、自記記録計との組み合わせによる自動記録やテレメータ装置と接続しての遠隔計測が容易である。さらに雨量計自体には電力が不要という特長があり、建設省のテレメータシステムや気象庁のアメダスシステムなどに多用されている。詳細仕様については5.5.2で説明する。

#### (3) 貯水型雨量計

貯水型雨量計はタンクに溜めた雨水の水位によってフロートが動き、フロートに連動するペンで雨量を自記記録するもので、構造上遠隔計測はできない。この型は転倒ます型の自記雨量計が開発される前に使用されていたが、今ではほとんど見掛けないようである。タンクの雨水がある水位に達するとサイフォンの原理で自動的に排出する構造になっている。最近、受水口を大きく（1m<sup>2</sup>程度）して、タンク内の水位をデジタル的に測定する方式の貯水型雨量計が開発された。排水は小さな穴から連続的に漏洩させる方式（いわゆるタンクモデル方式）で遠隔計測も可能であり、強雨時の精度も良好と思われるが、価格と保守に難点がある。

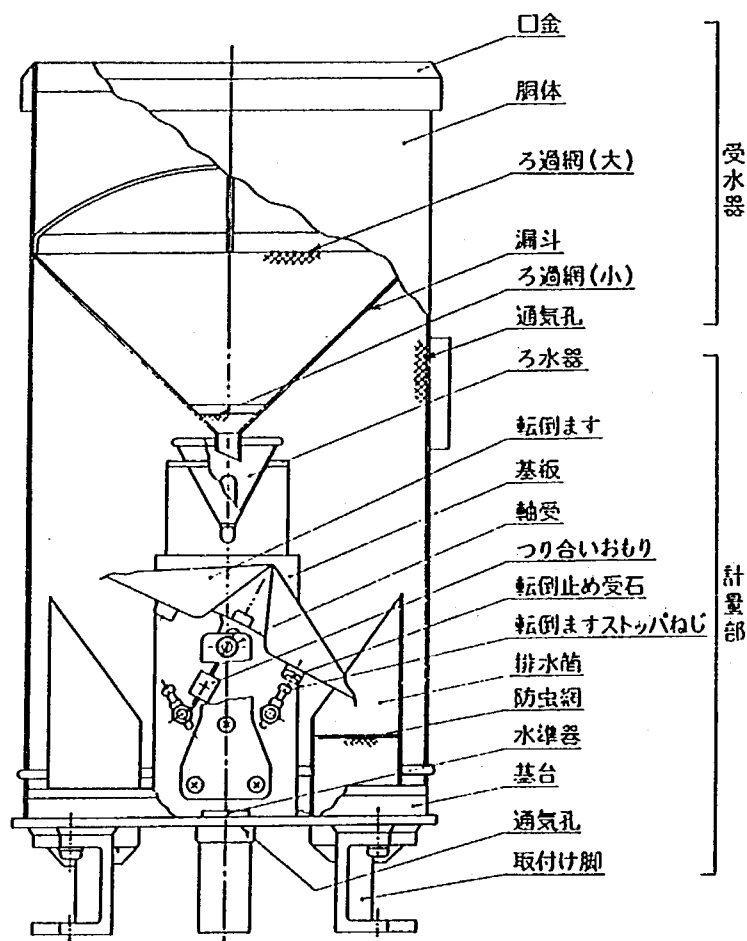
#### (4) 省力型自記雨量計

省力型自記雨量計はタンクに溜めた雨水の容積（重量）を圧力センサなどで測定し、雨量に換算して電子的記録器（DMP：データメモリパックと呼ばれる）に記録するものである。排水は電磁弁で行う。DMPはICメモリなどで作られた小型軽量のパックで、コンピュータとのインターフェイスを考慮しているので、観測後のデータ処理が容易である。精度が高く、雨量強度による誤差の増大傾向もないが、構造が複雑で電力を要する欠点がある。付加装置を付ければ遠隔計測も可能である。

#### 5.5.2 転倒ます型雨量計

##### (1) 構造と各部の名称

構造と主要各部の名称を図5.8に示す。



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5.8 転倒ます雨量計の構造（JIS B-7309 から転載）

##### (2) 動作

まず、受水器（口金、胴体、ろ過網、漏斗などで構成される）で受水した雨水を転倒ますに導く。通常、転倒ます（中央部を仕切った3角形の容器）は一方に倒れており、上部側に雨水が入る。規定の雨量（一般に0.5mmか1mm）に相当する量がたまると、転倒して排水し、反対側に雨水が入るようになる。転倒した瞬間に水銀スイッチなどを利用して接点パルスを出力する。

### (3) 0.5mm/1転倒タイプと1mm/1転倒タイプ

日本国内で使用されている転倒ます型雨量計は受水口が200mmで、1転倒当たりの雨量が0.5mmと1mmのものがほとんどである。気象庁では0.5mm/1転倒タイプを使用しており、JIS規格には0.5mm/1転倒タイプの規格(B 7309)しかないので、どちらかといえば0.5mm/1転倒タイプの方が標準的といえる。建設省のテレメータ雨量観測局では1mm/1転倒タイプの使用例の方が多いが、これはテレメータ信号処理の容易さからきているものと思われる。0.5mmと1mmではどちらでも処理の容易さに変わりがないようであるが、細かくみると0.5mmの端数を伝送するためにはデータ桁数を増さなければならず、回路の複雑さと伝送時間の増加をもたらすので、テレメータ黎明(れいめい)期の技術レベルでは対応がたいへんであったものと推測される。

### (4) 誤差の規格

0.5mm/1転倒タイプの転倒ます雨量計の誤差は、JISによれば、20mm/Hおよび80mm/Hの時間雨量に相当する速度で水を滴下し、雨量50mmに相当する水量に達したときの転倒回数は100±3回と規定されている。これは誤差±3%ということであり、1mm/1転倒タイプの誤差も同程度と考えられる。

### (5) 運用上の誤差

ある量以上の雨水が転倒ますにたまらないと計数できないので、微小降雨の降り始めや降り終わりを検出することが困難である。また、途中までたまった段階で雨がやんでしまうと、ますの雨水が蒸発してしまい誤差の増加となる。しかし、土砂災害に関するような降雨ではこれらの影響は無視できると考えられる。なお、上面に受水口が開口しているので、落ち葉などのごみが入りやすく、フィルタが詰まると誤差の原因となるので、定期的な清掃が必要である。

### (6) 強雨による誤差の増加

転倒ます型雨量計の誤差は20mm/Hおよび80mm/Hの時間雨量に対して規定されているが、雨量強度が大きくなると転倒中のますに流れ込む雨水の影響でマイナス方向に誤差が増える傾向にあり、時間雨量200mm/H程度になると誤差が-5%あるいはそれ以上に増えるようである。この傾向は転倒回数の多い0.5mm/1転倒タイプの方が1mm/1転倒タイプより強い。この不都合の解決方法として、

- ① 調整によって強雨域での誤差を減らす(弱い雨のときの誤差を犠牲にする)。
- ② 受水口を大きくし、1転倒当たりの水量の大きい雨量計を開発する。
- ③ コンピュータ処理で誤差を補正する。
- ④ 貯水型などの別方式の雨量計を採用する。

などが考えられるが、③のコンピュータ処理で誤差を補正する方法は費用をかけずに高精度を実現できる有効な方法と思われるので、今後の研究が望まれる。

## 5.5.2 簡易雨量計

避難対象者が雨の程度を知るとはスムーズな避難行動を起こすための一つの要因である。広範囲の降雨量はテレビなどの広報システムを通して得ることができるが、個人個人が自分の周辺の雨を観測することができれば、警戒期における身の回りの危険度を察知できるとともに、平常期の自主防災意

識の向上に活用できると思われる。雨の強さは雨音や地上に落ちる様子を観測することによって、ある程度推測できる。<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>

各文献を総合したものに筆者らの経験を加えた雨量強度体感の一覧を表5.1に示す。しかし、体感では数値的な正確さは期待できないし、個人差も大きい。また、瞬間瞬間の雨量強度の見当はついても、降り始めからの積算値（連続雨量）を感覚的に知することは非常にむずかしい。したがって、人間の感覚だけで雨量を判断するのは危険を伴うといえる。

それに対し、バケツやタライにたまった雨水の深さを物差しで計れば、降雨量（連続雨量）を簡単に

表5.1 雨量強度の体感

| 1時間雨量強度     | 音             | 地 面                | 雨とい・下水             | そ の 他                 |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| ～ 1 mm      | ほとんど雨音が聞こえない。 | なかなかぬれない。          | といからほとんど流れない。      | 傘なしで間に合う。雨粒がゆっくり落ちる。  |
| 1～ 2 mm     | かすかな雨音が聞こえる。  | 地面が湿る。雨粒が跳ね返らない。   | といから雨水が流れ始める。      | あめ粒の落ちるのが見える。         |
| 2～ 5 mm     | 雨の音がはっきり聞こえる。 | 少し水たまりができ、雨粒が跳ね返る。 | といからちょろちょろ流れる。     |                       |
| 5～ 10 mm    | トタン屋根の音がうるさい。 | あちこちに水たまりができる。     | といからざあざあ流れる。       |                       |
| 10～ 20 mm   | 話声がよく聞こえない。   | 一面に水たまりができる。       | といがいっぱいになる。        |                       |
| 20～ 50 mm   |               | 地面を水が流れる。          | といからあふれる。下水があふれ出す。 | 雨の向こう側が見にくくなる。        |
| 50～ 100 mm  |               |                    | 都市河川があふれる。         | バケツをひっくりかえたような大雨。     |
| 100～ 200 mm |               |                    |                    | 視界が全くきかない。車のワイパがきかない。 |
| 200～ mm     |               |                    |                    | 想像を絶する豪雨。             |

備考 1. 体感では降雨の息継ぎのピークの部分を感じ取るため、そのピーク雨量が1時間連続するものを仮定して換算した1時間雨量強度で分類している。

2. 人間の感覚にはバラツキが多く、必ずしもこの表のようにならないが、目安としては利用できると思われる。

知ることができる。また、一定時間間隔で計れば雨量強度を測定でき、個人的な雨量データ収集方法として活用すべき方法ではある。しかし、豪雨時の測定の困難さや排水の面倒さ、あるいは容器の耐性などに問題があり、実用性が高いとはいえない。昭和40年代に京都府で、口径15cmの受水口と直径3cmの透明ビニール管を組み合わせた簡易雨量計が製作、設置されたことがあったが、材料の耐性などの問題から極くわずかの期間しか使用されなかったようである。<sup>7)</sup>

もし、ある程度実用的な精度を有し、運用と保守が容易な雨量計が安価に製作・販売できるなら、個人的な雨量情報収集手段および全国的な雨量データ収集密度向上の補助手段として有効に活用できると思われる。

## 5.6 レーダ雨量計について

### 5.6.1 レーダ雨量計の動作

近年、レーダを利用した降雨量測定技術が発達し、建設省あるいは気象庁などで設置しているレーダ雨量計によって、ほぼ全国がカバーされるにいたった。それらのレーダ雨量計は半径100～200kmの範囲を測定するもので面的な雨量を短時間に測定でき、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ことができる。そのため、降雨域の移動・消長の観測が容易になり、降雨予測などに有効に利用されている。

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、その雨滴が地上に降るものとして降雨量を知るものである。図5.9にレーダ雨量計の概念図、図5.10に表示画面例を示す。受信電力の強さと空間に分布する雨滴の量の関係は次のように求められる。

レーダから発射された電波が反射目標の雨滴に反射して帰ってくる受信（ $p_r$ ）は次の式によって近似される。

$$p_r = \alpha \cdot C \cdot F \cdot Z / r^2 \quad \dots\dots\dots (式 5.1)$$

$p_r$ ：平均受信電力

$C$ ：レーダ定数（送信電力、空中線利得、波長などで決定される）

$F$ ：レーダ補正係数（近似、仮定によって生ずる誤差の補正項）

$Z$ ：レーダ反射因子（目標の大きさ、種類）

$r$ ：目標までの距離（電波の往復時間で換算する）

$\alpha$ ：大気および途中降雨による減衰係数

反射因子  $Z$  は目標の雨滴粒子の直径がレーダの波長に対して充分小さいときは、

$$Z = \Sigma D^6 \quad \dots\dots\dots (式 5.2)$$

が成立する。 $\Sigma D^6$  は単位体積中の雨滴の粒度分布である。

粒度分布  $\Sigma D^6$  と降雨強度  $R$  との間には次の経験則が成り立つ。

$$\Sigma D^6 = B \cdot R^\beta \quad \dots\dots\dots (式 5.3)$$

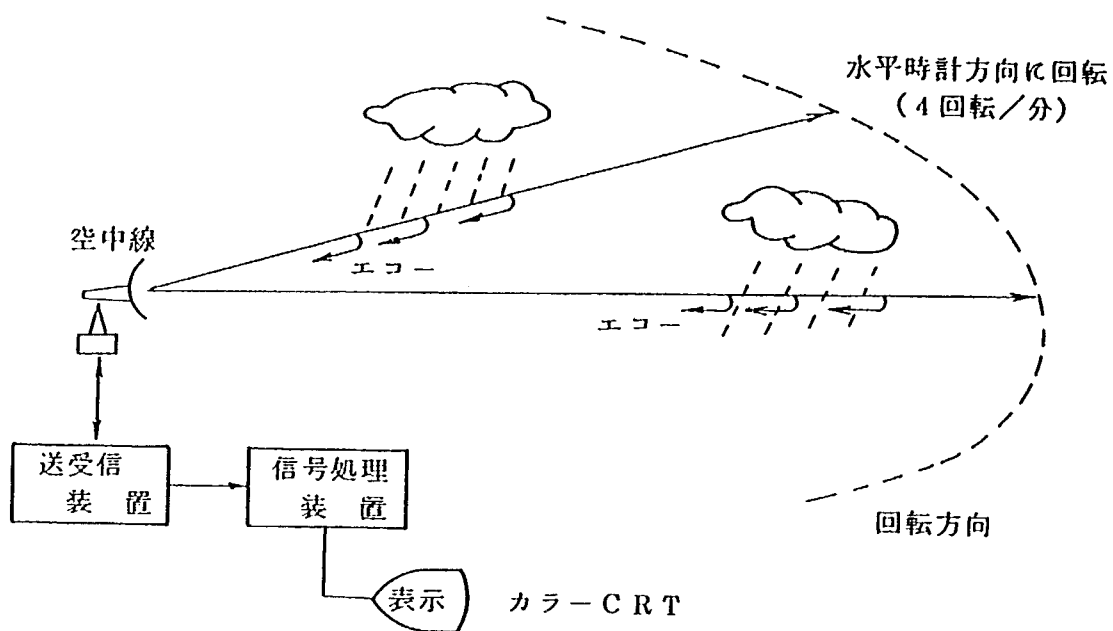


図 5.9 レーダ雨量計概念図

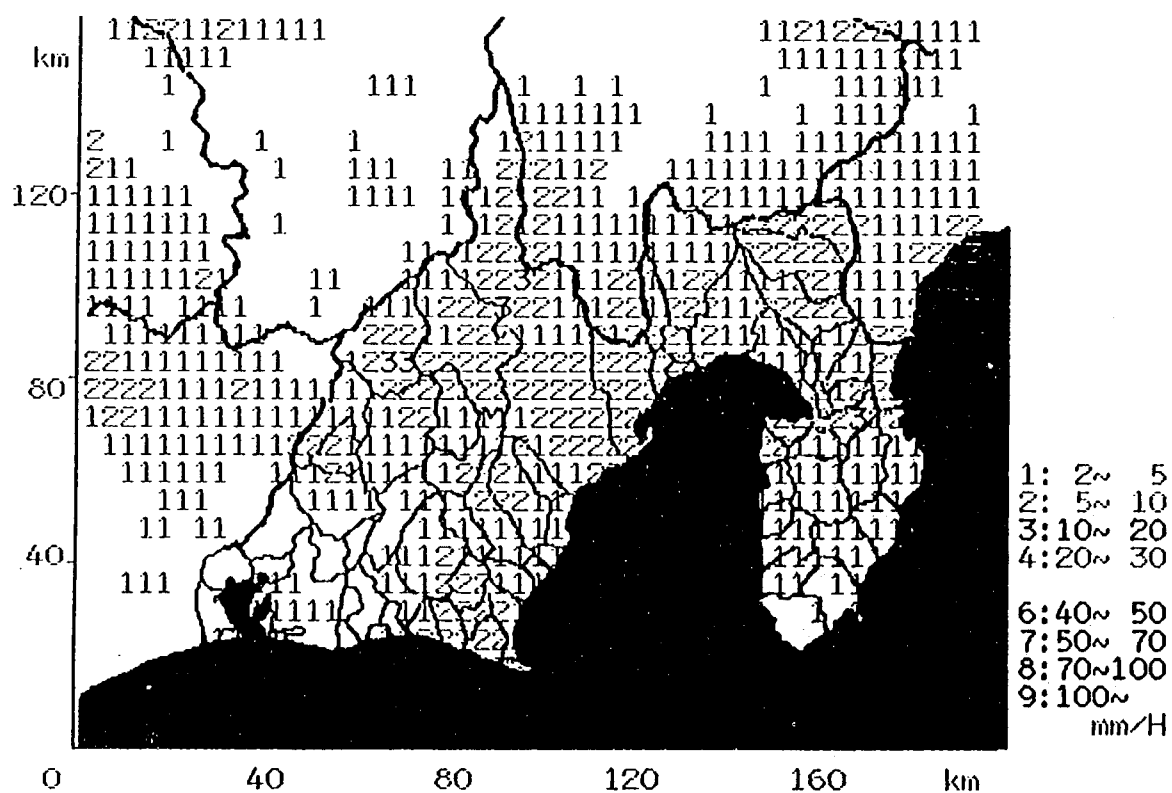


図 5.10 レーダ雨量計表示例

B,  $\beta$  : 雨の粒子径分布と落下速度による定数

式 3.1 ~ 3.3 から平均受信電力と雨量強度の関係を次式で表わせる。

$$P_r = \alpha \cdot C \cdot F \cdot B \cdot R^\beta / r^2 \quad \dots\dots\dots (式 5.4)$$

式 5.4 はレーダ方程式と呼ばれている。ここで、B,  $\beta$  は雨滴の粒径分布と各粒径の落下速度による定数であり、降雨形態によって異なるものであることに留意しなければならない（経験的に  $B = 70 \sim 700$ ,  $\beta = 1.5 \sim 1.8$  程度の数値が使用されている）。

なお、レーダ雨量計の詳細動作原理については多くの資料（例えば、気象研究ノート No 112, No 139 : 日本気象協会）が発表されているので本書では割愛する。

現在、総合土石流対策事業における警戒避難体制の整備が進められており、レーダ雨量計のデータを利用する方法も検討されているが、現状のレーダ雨量測定システムは河川管理あるいは気象予測を主要途として考えられているため、小面積溪流あるいは微地形が問題となる土石流予知のための降雨測定となると、少なからぬ不都合な点を含んでいる。

しかしながら、レーダ雨量計は多くの特長を有し、雨量計測定システムとしては極めて優れたものと考えられる。ここでは、砂防にレーダ雨量計を利用する場合の得失をあげ、レーダ雨量計の導入・運用方法について検討を加えるものとする。

#### 5.6.2 レーダ雨量計の有用点と問題点

##### (1) 有 用 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峻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。
- 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

全国的に整備されつつあるレーダ雨量測定システムを、砂防、とくに土石流予知のための降雨測定に利用しようとする、次の問題点がある。

- ① 砂防対象溪流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 砂防対象地域は山岳地帯が多く、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、正確な地上雨量の測定が困難である。

これらは、いずれも、1箇所で広範囲の雨量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。以降、対比上始めに説明したものを大型レーダ雨量計というが、大型、小型の区別は原理上のものでなく、おもに測定範囲の大小の違いである。

### (3) 小型レーダ雨量計の有用性

現状の大型レーダ雨量計に加えて、砂防に小型レーダ雨量計を導入すると次のメリットが出てくる。

- 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。
- ③ その地域独自のプログラムを組むことによって、危険溪流ごとの降雨量（流域降水量）を容易に測定できるので、流域降水量と溪流の流量および土石流発生の関係などをつかむことができ、新しい発生予知方法あるいは発生現象の解明に役立つ可能性がある。

表 5.2 に小型レーダ雨量計と大型レーダ雨量計の機能比較表を示すが、両者を組み合わせて利用すれば、より優れた雨量測定システムとすることができると考える。

表 5.2 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          | 40 kw                                                                      | 250 kw                         |
| (4) パルス幅          | 1 $\mu$ s                                                                  | 2 $\mu$ s                      |
| (5) 繰り返し周波数       | 750 pps                                                                    | 260 pps                        |
| 2. アンテナ仕様         |                                                                            |                                |
| (1) 回転数           | 4 RPM                                                                      | 5 RPM                          |
| (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 80 km × 南北 60 km                                                        | 半径 120 km（定量）<br>半径 198 km（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 250 m × 南北 300 m                                                        | 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<br>大きさ | 拡大 東西 250 m × 南北 300 m<br>標準 東西 500 m × 南北 600 m<br>全体 東西 1 km × 南北 1.2 km | 約 3 km × 3 km                  |
| (6) データ平均時間       | 5 分                                                                        | 5 分                            |
| (7) クラック消去        | MTI（ソフト処理）                                                                 | MTI（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。

### 5.6.3 レーダ雨量計の誤差

レーダ雨量計の誤差が定量的に発表された例は非常に少ない（あるいはない）ようである。これはレーダ雨量計のような面雨量を評価する有効な基準が得られず、現在のところ地上雨量計に対しての誤差でしか評価できないせいもあると思われる。レーダ雨量計で得た降雨量を降雨予測のデータに利用するにしろ、土石流の発生予知データに利用するにしろ、誤差は小さいことが要求されるし、誤差の大きさを明確に知る必要がある。たとえば、明確な数字で示されなくても、どのような原因で誤差が生じるかを知ることによって、より有効にレーダ雨量計を利用できるようになると考える。

#### (1) 誤差の要因

レーダ雨量計は基本的には、アンテナ、送受信機、処理装置、表示操作装置、記録装置の各部で構成される。誤差の要因としては、装置の性能すなわちハードウェアに起因するものと、測定原理やデータ処理方法などのソフトウェアに起因するものがある。

ハードウェアに起因する主な誤差要因としては、

##### ① アンテナ

レベル変動、ビーム幅、前後比、サイドローブなど（図 5.11、図 5.12 参照）

##### ② 送受信機

レベル変動、経年変化、周波数変動、パルス幅、ダイナミックレンジなど

##### ③ 送受信機と処理装置のインターフェイス

A/D 変換誤差、ダイナミックレンジ、分解能など

##### ④ 処理装置に起因するもの

平均化処理、フィルタリング処理、メッシュの大きさなど

が考えられるが、現時点でも実用的なレベル（数%以下の誤差）に達しているようであるし、費用をかけさえすればさらに精度を向上させることができ、また、将来的には技術の進歩によってさらにコストと誤差を低減できるものと思われる。

ソフトウェアに起因する主な誤差要因としては、

##### ① レーダ方程式

$B\beta$  の設定、雨滴径分布、雨滴落下速度など

##### ② グラウンドクラッタ

MTI 法、減算法など

##### ③ データ処理方式

平均化方式、フィルタリング方式など

##### ④ 降雨による電波減衰

途中降雨による減衰、アンテナ近傍降雨による減衰など

##### ⑤ 障害物によるビームカット

物理的障害物、ブライトバンドなど

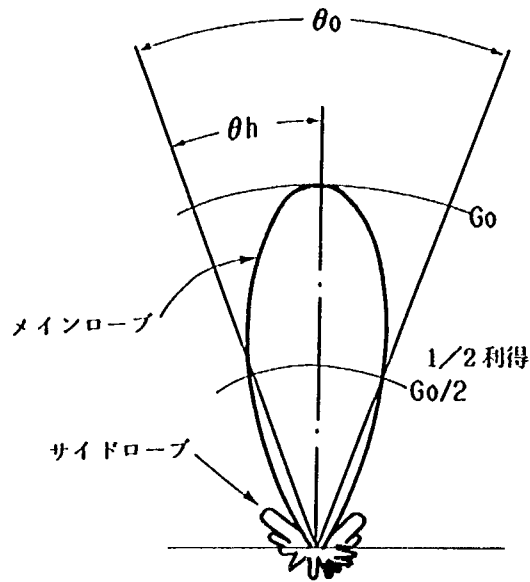


図 5.11 レーダ雨量計空中線指向特性（極座標表示）

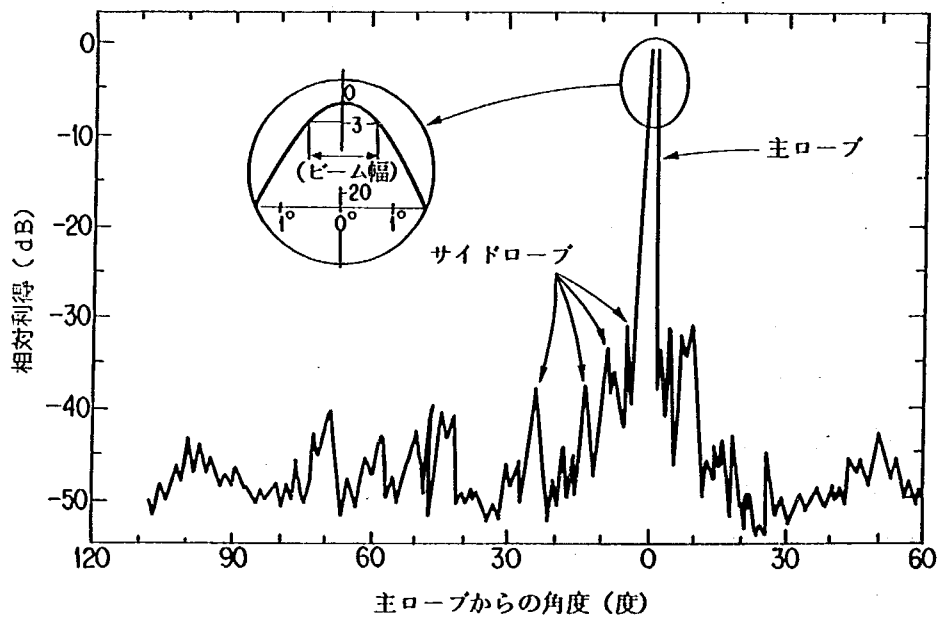


図 5.12 レーダ雨量計空中線指向特性例

#### ⑥ 空間雨量と地上雨量の本質的違いによるもの

が考えられる。上記①～⑤はレーダ受信波の信号処理に関するもので、吉野ら<sup>8)</sup>は降雨による電波減衰の影響が大きく、この減衰を評価することによって、レーダ雨量の精度を向上させようとしている。いずれにしても、現在の精度で十分満足できるとはいいがたく、今後の研究に期待がよせられる。

さて、⑥の空間雨量と地上雨量の本質的違いによるものであるが、土砂災害防災に必要な雨量データは地上雨量であって空間雨量ではないことを認識しなければならない。つまり、レーダ雨量計で正確な地上雨量を計測することを要求されるのである。

## (2) 空間雨量と地上雨量の違い

レーダ雨量計はある空間に浮かんだ（落下中の）雨の粒の総量を計測して、その空間の直下の地上の降雨量を算出している。もし、その雨滴が垂直かつ瞬時に落下するならば空間雨量の測定値をそのまま地上雨量とできるが、実際には風などの影響で真下に落下するとは限らないし、落下速度は有限なので落下時間も0にはならない。

真下に落下しない原因としては

- ① 水平方向の風による雨滴の移動
- ② 落下途中での蒸発
- ③ 落下途中での凝縮（雲からの、あらたな雨滴の生成）

が考えられるが、落下途中での蒸発・凝縮は互いに補間するものであるし、土砂災害に関するような大雨では、その影響は小さいと考えられる。風による雨滴の移動は風速や雨滴径によって異なり、風向風速の測定や雨滴の移動そのものを計測することによって対応しなければならない。なお、測定メッシュが数km程度のときは、風による雨滴移動の影響は少ないようである。

落下速度の影響による誤差の原因は、レーダで観測している地上から数千m上空の雨滴が地上に降るまでには10分以上の無視できない時間がかかることにある。つまり、上空雨量と地上雨量に時間的誤差が出ることになる。観測点がレーダ雨量計設置地点から離れると地球の曲率の影響で、レーダビーム中心軸の高度が高くなるので時間的誤差が増え、さらに、ビーム幅も増えるのでビーム内での雨滴落下時間も問題となってくる。表5.3に標準的な設置条件に基づくビームの広がりや高度の変化およびレーダ雨量計観測空間からの雨滴落下時間を示す。なお、表中の雨滴落下速度は図5.13～図5.15によって地上における最終速度の毎秒5mを用いている。高空の空気密度の減少による速度の増加も考えられるが、雲中の上昇気流の影響の方が強いと思われ、実際には毎秒5mより遅い可能性が考えられる。

ところで、空中の雨滴の高度分布は数千m以下にあり、それ以上の高度では氷滴として存在するため、水と氷の電波反射率が異なることや形状が不定なので正確な降雨量の算出ができなくなってしまう。この高度帯をブライトバンドといい、季節や地形などに影響されるが3,000～7,000mの高度に分布するといわれる。このため、ビーム高はブライトバンド以下にする必要がある。ビーム高を低く抑さえるためには、ビーム幅を狭くするとともにアンテナ仰角を小さく（あるいは俯角にする）しなければならない。

表5.3に示すように観測地点からの距離が100km程度以上になると、ビーム高が高くなりビーム幅も広がってくるので、定量的なデータを得ることが困難になる。建設省で設置している大型レーダ雨量計の観測範囲は半径約200kmであるが、約100km以遠は定性観測領域として定量観測域と区分している。

## (3) 誤差の校正

レーダ雨量計の観測精度を向上させるために地上雨量計で校正しながら運用するという試みがなされており、絶対精度は必ずしも十分でないが面的な相対的変動を良好に観測できるレーダ雨量計と、その逆の性質を持つ地上雨量計を組み合わせることによって総合的な観測精度を向上させることができるも

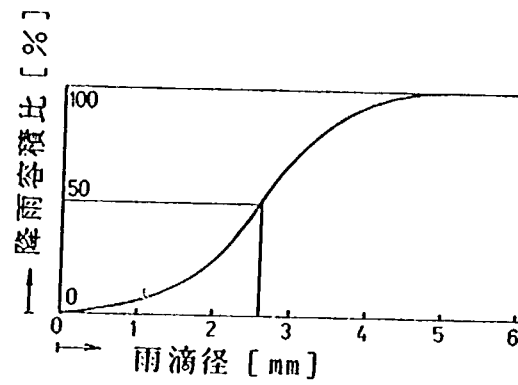


図 5.13 雨滴径と降雨容積比の関係  
(Milos Holly, EROSION and ENVIRONMENT から)

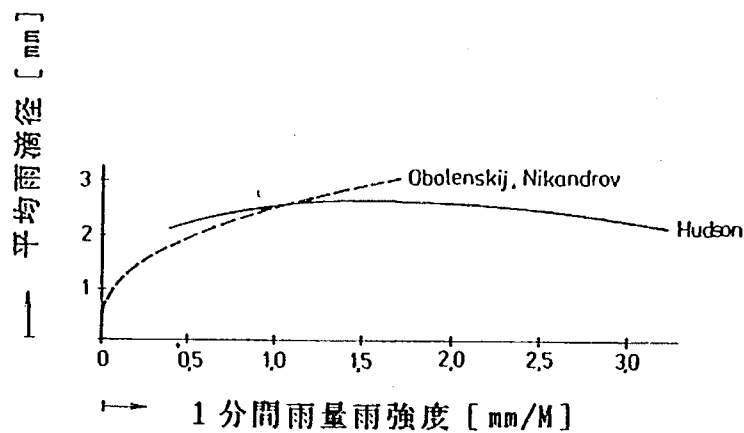


図 5.14 平均雨滴径と降雨強度の関係  
(Milos Holly, EROSION and ENVIRONMENT から)

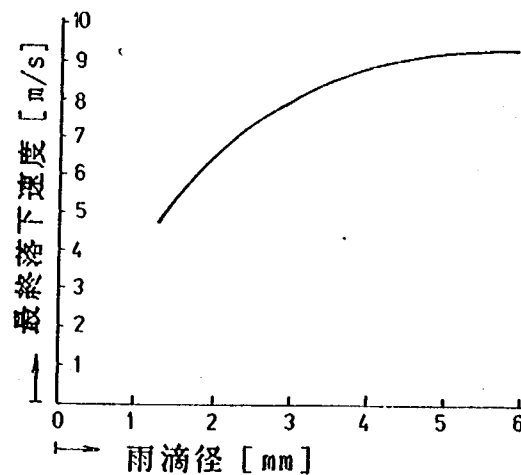
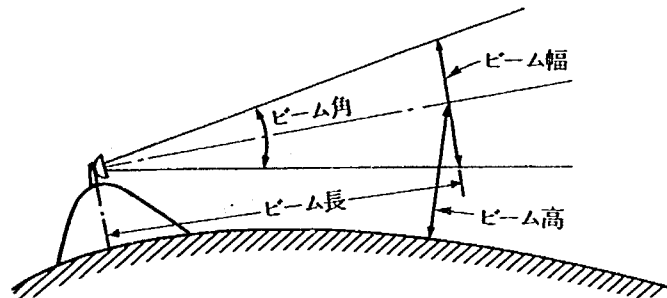


図 5.15 雨滴落下速度と雨滴径の関係  
(Milos Holly, EROSION and ENVIRONMENT から)

表5.3 レーダビームの高度と雨滴の落下時間

| ビーム長                                  |      |       | 5km    | 10km   | 20km   | 50km   | 100km  | 150km  | 200km   |
|---------------------------------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| ビームの<br>広がり                           | ビーム角 | 0.5°  | 44 m   | 87 m   | 175 m  | 436 m  | 873 m  | 1309 m | 1745 m  |
|                                       |      | 1.0°  | 87 m   | 175 m  | 349 m  | 873 m  | 1746 m | 2617 m | 3491 m  |
|                                       |      | 1.5°  | 131 m  | 262 m  | 543 m  | 1309 m | 2619 m | 3928 m | 5237 m  |
|                                       |      | 2.0°  | 175 m  | 359 m  | 698 m  | 1746 m | 3492 m | 5238 m | 6984 m  |
| ビーム高度<br>(設置場所<br>基準)                 | 仰角   | 0°    | 2 m    | 8 m    | 31 m   | 196 m  | 784 m  | 1764 m | 3135 m  |
|                                       |      | 1°    | 89 m   | 183 m  | 380 m  | 1069 m | 2530 m | 4382 m | 6626 m  |
|                                       |      | 2°    | 177 m  | 357 m  | 729 m  | 1942 m | 4276 m | 7002 m | 10119 m |
| ビーム高度<br>(設置場所<br>の高度<br>2000m)       | 仰角   | -0.5° | 1958 m | 1921 m | 1856 m | 1760 m | 1911 m | 1455 m | 3390 m  |
|                                       |      | 0°    | 2002 m | 2008 m | 2031 m | 2196 m | 2784 m | 3764 m | 5135 m  |
|                                       |      | 1°    | 2089 m | 2183 m | 2380 m | 3069 m | 4530 m | 6382 m | 8626 m  |
|                                       |      | 2°    | 2177 m | 2357 m | 2729 m | 3942 m | 6276 m | 9002 m | 12119 m |
| 雨滴の<br>落下時間<br>(設置場所<br>の高度<br>2000m) | 仰角   | -0.5° | 6'32"  | 6'24"  | 6'11"  | 5'52"  | 6'22"  | 8'11"  | 11'18"  |
|                                       |      | 0°    | 6'40"  | 6'42"  | 6'46"  | 7'19"  | 9'17"  | 12'33" | 17'07"  |
|                                       |      | 1°    | 6'57"  | 7'17"  | 7'56"  | 10'14" | 15'06" | 21'16" | 28'45"  |
|                                       |      | 2°    | 7'15"  | 7'51"  | 9'06"  | 13'08" | 20'55" | 30'00" | 40'23"  |



備考1. ビーム高度は地球の直径は6378kmとして計算している。

2. 落下時間計算時の雨滴の落下速度は5m/sとし、ビームの中心から高度0mの地点までの時間を表わした。

3. 落下時間の6'32"は、6分32秒を意味する。

のと期待される。しかし、前述したようにレーダ雨量計によって得られた雨量と地上雨量計によって得られた雨量とでは、時間的な誤差があり、しかもその時間差は時と場合によって異なるので、校正は非常に困難といえる。現在、気象庁で行われている1時間前のアメダス雨量でレーダ雨量計を校正しようとする試みも、必ずしも高精度とはいえないようである。

とくに、リアルタイムでの校正は困難で、落下時間による時間差が10分以上もある現状システムでは、土石流発生予知に使用できる程度の精度を確保することはほとんど不可能に近いと思われる。これを解決するためには、観測流域の上空全域における雨滴の移動や落下速度を含めて観測できる高性能レーダ雨量計の開発を要する。

#### 4.6.4 導入から運用まで

レーダ雨量計は大きなシステムであり、パソコンやテレビのように販売店から持って来た日からすぐに動かせるものではない。最初に、導入方法から管理運用方法までを十分に検討しなければならない。以下に小型レーダ雨量計を導入するときに必要な検討項目を記述する。

##### (1) 設置場所の選択

設置場所は観測対象地域が見渡せることが必要で一般に山頂が望ましいが、盆地などでは中央部分に設置して、アンテナに仰角をつけて観測することも可能である。いずれにしても設置予定場所からのプロファイル図を作成して、観測に支障のないことを確認しなければならない。また周辺に電波の障害となるような樹木や建造物があってはならない。なお、搬入・管理用の道路および電源の入手が容易なことも選択条件の一つである。もし、レーダ雨量計の設置場所と観測者のいる位置が地理的に離れている場合は、データ伝送回線について考慮しておく必要がある。

小型レーダ雨量計は全装置が屋外設置用の筐体に収容されているので、設置面積は少なくて済み、かつ設置工事が比較的容易である。筐体の外形寸法は2500(H)×2200(W)×1800(D)〔mm〕程度で、トラックによる搬入が可能である。

積雪の多い地域ではレーダアンテナの防雪対策として、レドーム（アンテナの覆い）の付加やヒータの設置を考慮しておかなければならない。設置予定場所が国立公園などの環境上問題になりそうな場所の場合は、あらかじめ所轄官庁との協議を必要とするので注意を要する。

##### (1) 電 源

電源はAC220Vまたは100V、±10%、単相、50/60Hzで、空調設備や付属設備によって異なるが、数kwの電力を必要とする。連続観測を必要とするときは、停電などの影響を受けないように発動発電機あるいはバッテリーとインバータなどの無停電電源設備を用意しなければならない。

##### (2) 電監申請

レーダ雨量計は電波を発射するので、電波監理局の許可が必要である。一般に、申請してから許可がおりるまで数か月を要するので、申請は早めに行わなければならない。

##### (3) 管 理

小型レーダ雨量計は無人運転を原則としているが、測定したデータの数日分を内蔵のハードディスク装置などに記録（容量を超過して新しいデータを入れると古いデータから消える）できるだけであるので、連続してデータを収集するためには、一定間隔でデータを磁気テープなどに移し換える必要がある。また、機械の保守や消耗品の交換もしなければならない。導入するにあたってはこれらの要員および費用（電力料金を含む）を確保する必要がある。

##### (4) 運 用

砂防における小型レーダ雨量計は雨量観測の一つの手段であり、目的ではない。したがって得られた雨量データをいかに利用するかが問題である。レーダ雨量計のデータはしょせん数値データでしかないので、それを処理し、降雨予測や土石流発生予測などに利用できるようなシステムを構築しなければな

らない。このような処理機能を小型レーダ雨量計自体に持たせる方法も考えられるが、システムのバージョンアップなどを考慮すれば別のサブシステムとするべきであろう。

#### 4.6.5 レーダ雨量計の今後の課題

小型レーダ雨量計はもちろんレーダ雨量計そのものの歴史も新しく、発展途上にあるとあってよく、性能的に多くの特長を有するが欠点も多く、装置の価格も高い。小型レーダ雨量計でも1式が数千万円から1億円を越す価格となっている（価格については生産量が少ないせいもある）。

本章では、レーダ雨量計の特長よりも欠点の方を強調してしまったようであるが、レーダ雨量計が優れた雨量計観測システムであることは疑いのない事実である。今後は欠点の改良とともに、次に示すような新方式のレーダ雨量計（これらは実験用としては既に実用になっている）の開発および新しい応用方法の研究が望まれる。

##### (1) 垂直スキャンレーダ雨量計

ビームを垂直方向にスキャン（掃引）するもので、縦方向の雨滴分布や落下速度を測定できる。さらに、同時に水平・垂直両方向にスキャンすれば立体的な降雨の観測をすることができる。

##### (2) ドップラレーダ雨量計

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。

##### (3) 二重偏波レーダ雨量計

電波の偏波面を切り替えながら測定することで、雨滴の形状寸法を区別できるので、 $B\beta$ （経験式定数）の設定が容易になる。また、降雪や降灰の測定への応用が期待できる。

### 5.7 雨量計の将来動向

#### (1) レーダ雨量計について

今後の雨量測定には流域雨量の精度向上が望まれる。それにはレーダ雨量計が有効と思われ、早期の全国観測網の完成が望まれるが、現状のレーダ雨量計の測定精度はまだ満足できるものではないので、高性能レーダ雨量計の開発もあわせて力を入れていく必要がある。建設省土木研究所では二重偏波レーダとドップラレーダの機能を合わせ持ち、かつ水平・垂直スキャンが可能なレーダ雨雪量計の研究・開発を進めており、1987年早々には試作機による実地試験が開始されることになった。このレーダ雨雪量計が完成すれば測定精度の向上が大いに期待できる。

#### (2) 地上雨量計について

正確な地上雨量の測定のためには今後とも地上雨量計は必要であるし、レーダ雨量計のデータの確認・校正手段として欠かせないものである。高性能レーダ雨量計にはそれに対応した地上雨量計の設置密度が必要である。現在の地上雨量計の設置密度は数十 $km^2$ に1台程度であるが、雨量勾配の大きい降雨を正確にとらえようとする1 $km$ メッシュまたはそれ以下の高密度設置を必要とする。日本の国土面積は約38万 $km^2$ であるから、1 $km$ メッシュとしても38万台という膨大な数の観測設備を必要とし、安価な雨量

計の開発とデータ数に見合った収集手段の開発が望まれる。

## 5.8 雨量データの伝送

雨量データの収集網は全国各地をカバーする必要がある、雨量観測点は原則として全国均一に分散して存在する。観測点の雨量計で測定した雨量データは、最終的には処理加工されて防災担当者や避難対象者に伝達されることになる。そのためには、まず1次データとしての雨量データを収集しなければならない。ここでは、その1次データとしての地上雨量計による雨量データ収集のための伝送システムについて考察を加える。

### 5.8.1 収集範囲について

広範囲の気象情報収集を目的とした気象庁のアメダスシステムは、全国に展開した雨量観測所の地上雨量計データを1箇所に集めており、収集間隔は1時間となっている。また、建設省の河川管理やダム管理システムでは流域単位で雨量データを収集しており、流域が非常に広い場合はいくつかに分けして、それぞれで1次雨量データを収集し、編集後さらに統合監視局に伝送している。データ収集間隔は1時間が標準であるが、最短10分間隔のデータ収集が可能である。

これらに対し、土砂災害は比較的狭い地域での降雨が問題となるので、小流域の雨量データを、より短い時間間隔で収集できることを要求される。そのため、設置密度が高く、かつレスポンス（応答特性）のよいシステムとしなければならない。過去の土砂災害の発生範囲や行政上の観点から、収集範囲は市町村単位が適当と思われ、面積としては概ね数十 $\text{km}^2$ から数百 $\text{km}^2$ になる。同じ市町村内でも危険地域が分散している場合は収集システムとしても分割設置が可能である。最大の降雨勾配を考えると必要な雨量計数は相当多くなるので、既設の建設省や気象庁の観測システムも有効に利用すべきである。

### 5.8.2 収集方式

市町村内の狭い範囲といっても、人手によるデータメモリパックや記録用紙の回収では、時間的に不适当であるので、必然的に伝送回線を利用した電氣的な収集方法、いわゆるテレメータ方式を取らざるをえない。テレメータ方式は一般にポーリング方式か自動立ち上がり方式が使用されているが、最近、両者の特長を併せ持った新方式が考察されており、実用化が望まれている。

#### (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び出し信号を送出し、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び出し信号を待ち受けなければならないので、いつでも受信状態にある。

特徴を次に示す（◎：利点、×：欠点）。

- ① 呼び出し間隔や呼び出し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 観測局が多いと呼び出し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

観測局でイベント（雨量観測では1mmごとの降雨パルス）が発生したときに、自動的にデータを返送する方式で、現在推進中の総合土石流対策モデル事業の土石流発生監視装置はこの方式を採用している。監視局からの呼び出しがないので、観測局に受信設備を必要とせず、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 降雨開始の検出が容易である。(◎)
- ② 観測局の消費電力が少なく、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通信ができず、故障発見が困難である。(×)
- 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。(×)

## (3) 新自動立ち上がり方式

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 降雨開始の検出が容易である。(◎)
- ② 観測局の消費電力が少なく、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無くすることができる。(◎)
- ④ 監視局と観測局間の通信ができ、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。(×)

新自動立ち上がり方式のテレメータシステムは、このように多くの特徴を有するので、雨量のみならずあらゆるデータ収集システムに有効と思われる。

## 5.8.3 通信回線

回線の信頼性を上げるためには、本質的に信頼性の高い回線を使う方法と回線の複数化がある。通信回線としては有線と無線が考えられるが、災害時の悪条件化でも通信機能を保たなければならないことを考慮すると、一般に無線回線の方が信頼性が高いといえる。無線回線を2重化すれば、高信頼性を得られると思われるが、限られた電波資源を使用する無線回線は、郵政省電波監理局の免許を必要とし、無制限に数を増やすわけにはいかない。そのため、有線回線の2重化や無線回線と有線回線の併用が考

えられる。

もし、諸般の事情で回線の2重化が困難な場合は、装置の2重化という手がある。テレビ・ラジオの放送局や保守の困難な山中の無線中継局は、無線装置を2重化して回線の信頼性を確保している。雨量収集システムにおいても重要なポイントには、この方式を取り入れる価値があると思われる。

## 5 章参考文献

- (1) 最近の気象学 (第2集), 気象協会, 1952年, p194
- (2) 続台風災害を防ごう, 日本気象協会, 1969年, p28
- (3) 斎藤鍊一: 集中豪雨・新しい災害と防災, 日本放送出版協会, 1973年, pp77~78
- (4) 戸田利彦: 防災前線, 全国加除法令出版(株), 1977年, p60
- (5) 二宮洸三: 集中豪雨の話, 出光書店, 1977年, pp16~19
- (6) 宮沢清治: 防災と気象・気象災害を防ぐには, 朝倉書店, 1982年, p41
- (7) 戸田利彦: 防災前線, 全国加除法令出版(株), 1977年, pp66~69
- (8) 吉野文雄他: レーダ雨量計における降雨減衰項の評価, 土木技術資料28-7, 1986年

## 6. 情報収集システム

### 6.1 降雨以外の情報

降雨データの収集については第1章に記述したので、ここではそれ以外の情報として、

- ① モニタリング（災害発生状況の監視）
- ② 発生検知（土砂移動現象の検知）
- ③ 河川情報
- ④ 気象情報
- ⑤ リモート・センシング

について検討を加える。

### 6.2 モニタリング

#### (1) モニタリングとは

災害から避難するときに考えると、実際に災害が発生したのを自分の目で確かめることが、もっとも強力な避難行動のきっかけとなる情報と思われるし、防災責任者にとっても避難命令を発令する・しないの判断基準として非常に有効な情報と思われる。火山噴火の場合の溶岩流のように現象発生から被害発生までに時間的余裕がある場合は、とくに有効であり、過去にも適切な避難行動を取れた例が多い。しかしながら、土石流や崖崩れのように移動速度の速い災害の場合は、災害を発見してからでは避難する時間的余裕を取れないことがある。本人が災害に遭遇してしまったのでは避難の意味がなくなってしまう。

雨は一般に移動しながら降るものであり、当然、その降雨を原因とする土砂災害の発生場所も雨の移動に従って移動すると考えられる。例えば、ある地域の近隣地域で土砂災害が発生し始めたとすれば、その後で、その地域にも土砂災害が発生し始める危険性が大きいことになる。また、土石流や崖崩れが発生しても災害に結び付かないこともあり、例えば、無人の山中で発生し終結した土石流は直接人命に影響をおよぼさない。このような現象を素早く感知できれば危険度の判断材料として非常に有効であろう。

このように、周辺地域をモニタリング（監視）し、ある程度離れた地域で土砂災害あるいは現象が発生したという具体的情報を入手できたなら、強力な避難行動のきっかけあるいは避難命令発令のきっかけとなる。なお、近隣地域での災害、すなわち他人の被災を自分の避難のための情報とすることに人道上の違和感を感じるかもしれないが、当然逆の立場に立つこともあり、社会全体を見たトータル的な防災の一環であると考えるべきであろう。

#### (2) 災害の検知と伝達

河川洪水のように平面的な場所で起こり、かつ変化速度の遅い現象ならば、居住場所から周囲を観測することによって危険の度合いを推測することが可能であるが、土石流や崖崩れのように山間部や狭い

地域で発生する現象は直接観測することは困難である。また、避難の時間を確保しようとするれば比較的距離の離れた地域の災害発生情報を必要とし、広く隣接自治体まで含めた地域のモニタリングが要求される。そのため、なんらかの方法によって災害発生を検知し、その情報を距離の離れた要求者に伝達しなければならない。

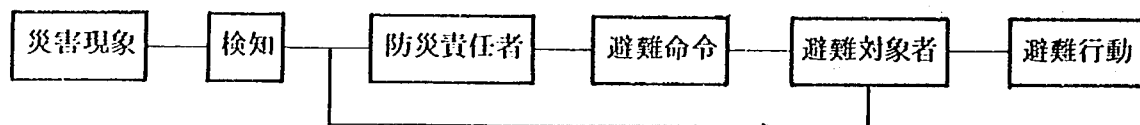


図 6.1 モニタリング情報の伝達

災害の発生を検知するには人間が直接見ることがもっとも正確だと思われるが、直接見れる立場にいる居住者は被害を受ける可能性が非常に高いので、その人に情報の伝送までも要求することはむずかしいであろう。そのため消防・警察などの防災関係者による検知が期待されるが、人間のモニタリングだけでは、その範囲は限られてしまうので、できるならば機械による自動監視が望まれる。

### (3) 土石流災害のモニタリング

土石流災害を例に取って、市町村単位のモニタリングシステムを考えると図 6.2 のようになる。図では崖崩れの監視も含まれているが、降雨による土石流においてはその前駆現象として崖崩れを伴うことが観測されているので、土石流災害のモニタリングシステムとしては崖崩れの監視も含めるべきと考えるからである。

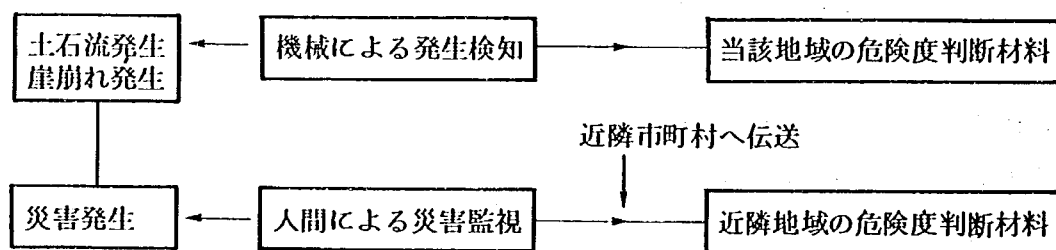


図 6.2 土石流災害モニタリングシステム

## 6.3 土砂移動現象の発生検知<sup>1)</sup>

### (1) 発生検知情報の利用

ここでいう発生検知とは、土砂災害の原因となる土砂移動現象そのものを検知することをいう。土砂移動速度が遅いものであれば、土砂移動現象を観測して災害の発生を予測し、防御対策を取ることができる。例えば、地すべり災害地では軽微な土砂の移動を検知してからハードウェア対策を実施している。しかし、土石流や崖崩れのように土砂移動速度が速いものは、移動開始を検知してからでは、ハードウェア対策を施すことはほとんど不可能であるので避難のための情報として利用することになる。

発生検知の実例としては、土石流が頻繁に発生する桜島では溪流に発生検知装置を据えつけて発生を

監視し、下流道路の交通規制に使用した例があるし、上高地の焼岳や鳥取県の大山では土石流の動態研究のために発生検知装置を設置している例がある。しかし、発生頻度が少ない全国7万余箇所の危険渓流の殆ど全部では、検知を行っていない。前節のモニタリングの項で述べたように発生の検知は警戒避難体制にとって有用であるので、今後の普及が望まれるところである。

## (2) 発生検知装置

土砂移動を検知する装置は色々な機種が開発され、実用となっている。例として表6.1に土石流発生検知装置の性能比較表を示す。しかし、土砂災害が発生する危険性がある地域が非常に多く、すべての危険箇所に発生検知装置を設置するのは、費用の面で困難である。今後は安価で設置の容易な検知装置の開発が必要である。また、個々の危険箇所に対応するのではなく、広い範囲を同時に監視できるリモート・センシング技術の導入が望まれる。

表6.1 土石流センサ（土石流発生検知装置）の比較表

| センサ名   | 原理図 | 測定項目 |    |    | 連続観測 | 水の識別 | 霧の影響 | 積雪耐力 | 電力 |    | 技術程度 | 費用 |    |    |    | 実績 |
|--------|-----|------|----|----|------|------|------|------|----|----|------|----|----|----|----|----|
|        |     | 流速   | 流高 | 有無 |      |      |      |      | 待受 | 動作 |      | 機材 | 設置 | 運用 | 保守 |    |
| ワイヤ    | A   | ○    | ○  | ◎  | ×    | △    | ○    | ×    | ○  | ○  | ◎    | ◎  | △  | ○  | ×  | ◎  |
| インパルス線 | B   | ○    | ○  | ○  | ×    | △    | ○    | ×    | ◎  | ○  | ◎    | ○  | △  | ○  | △  | ○  |
| 光電式    | C   | ○    | ○  | △  | ○    | ×    | ○    | ○    | ○  | ○  | △    | △  | ○  | ○  | ○  | ○  |
| 接触式    | D   | ○    | ○  | △  | ○    | ×    | ○    | ×    | ◎  | ○  | ○    | ○  | △  | ○  | ○  | ○  |
| 疎移動式   | E   | ×    | ×  | ○  | ×    | △    | ○    | ◎    | ◎  | ○  | ○    | ○  | △  | ○  | ×  | ○  |
| 震動計式   | F   | ×    | ×  | ○  | ○    | ○    | ○    | ◎    | ×  | ×  | ×    | ×  | ×  | ○  | ○  | △  |
| マイクロ波  | G   | ◎    | ○  | △  | ○    | △    | ○    | ○    | △  | △  | ×    | △  | △  | ○  | ○  | —  |

備考1. 相対的評価で、◎が最も良く、○、△、×と続く。

備考2. 技術程度は、×が最も高度な技術を要するものである。

備考3. マイクロ波センサの実績はない。

## 6.4 河川情報

### 6.4.1 土砂災害と河川情報

土砂災害が発生するような大雨のときには、河川災害も併せて発生する可能性が高い。例えば、河川災害にならなくても河川の増水状況などは土砂災害発生の予知のための情報となりうる。したがって、砂防情報収集伝達システムの役割として、河川関連情報の収集は必要な項目の一つである。しかしながら、砂防のためだけにあらためて河川情報を収集するのは効率的とはいえない。さいわい、総合的な河川関連情報の収集と伝達のために、財団法人河川情報センターが設立され、1986年6月から運用を開始したので、ここではこのセンターの利用方法について考察する。

### 6.4.2 河川情報センターシステム<sup>2)3)4)5)6)</sup>

財団法人河川情報センターは、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、技術開発を行うことにより、情報の管理および情報提供の手法を確率し、その結果を広く国民社会に活用することによって、水災害による被害の軽減ならびに河川の適正な管理、利用の増進の助けとすることを目的とする。

この目的のために全国的な情報収集伝達システムを構築し、レーダ雨量計やテレメータシステム等で収集したデータをセンター局で処理し、端末局からの要求に応じてデータを配信する業務を行っている。このシステムを用いることによって、端末装置を用意さえすれば、全国の総合水文情報をいながらにして入手することができる。

#### 6.4.3 河川情報センターシステムの特徴

河川情報センターシステムの特徴としては次のものがあげられる。

- (1) リアルタイムで全国各地の総合水文情報を得られる。
- (2) 必要なときに端末側からデータを要求する方式である。
- (3) 固定画面情報とデータ部分を分けて送信するので伝送に要する時間が短い。
- (4) 処理はセンター局で一括して行うので、システムのグレードアップが容易である。
- (5) 河川情報端末は完全な専用機で、他の用途はまったく考えていない。ユーザのプログラム変更はできず、パソコンのかわりにしようなどは論外である。

#### 6.4.4 河川情報センターシステムの構成

##### (1) システム構成

システム構成は図 6.3 のようになっており、全国に複数の地方センターを設置し、地域性を有する情報を提供できる仕組みになっている。地方センターは札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、大阪、広島、高松、福岡に設置する予定であり、1986 年 6 月から東京、名古屋、大阪、福岡の 4 局が情報提供業務を開始した。各センターは機能的に独立しており、メイン・サブの関係にはない。

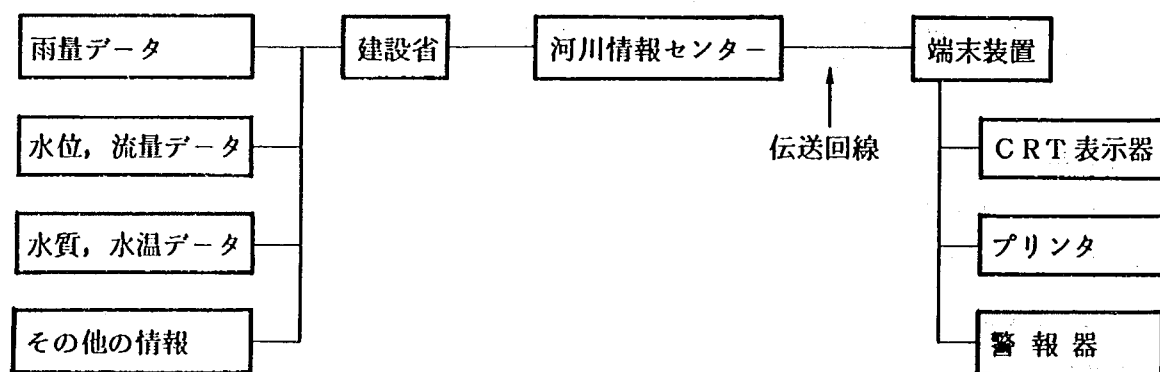


図 6.3 河川情報センターシステム構成

センターと端末装置間の伝送回線は建設省マイクロ回線およびNTT電話回線を使用しており、1986 年 6 月時点の各センターの端末局数と接続回線数は次のとおりである。

- ① 東京 現在：約 250 局、回線数：50 回線

- ## (2) 回線構成

① NTT専用回線

センター

関東地建

③ マイクロ回線

建設省事務所等

(15回線)

(15回線)

② NTT加入回線

地方自治体等

(23回線)

図 6.4 東京センターの回線構成

|              |                           |
|--------------|---------------------------|
| (1) データ受信間隔  | 最少2分間で手動要求。               |
| (2) データ受信時間  | 約2分／1回                    |
| (3) データ種類    | 表6.2に示す。                  |
| (4) データ範囲    | 日本全土（現在は関東、中部、近畿、九州のみ）    |
| (5) データ記録・再生 | センター局でデータ記録を行うため端末での記録不可。 |
| (6) 表 示      | カラーグラフィック                 |
| (7) ハードコピー   | キャラクタ、カラーグラフィック           |

|           |                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------|
| レーダ雨量情報   | 雨量分布図，１時間雨量分布図，雨域移動図，履歴再生                            |
| 地上雨量情報    | 毎時雨量一覧表，観測所別毎時雨量図表，平均雨量表，地域雨量分布図，累加雨量分布図，過去の大雨との比較   |
| 水位情報      | 毎時水位一覧表，観測所別毎時水位図表，水系別水位状況図，市町村別水位状況図，過去の出水との比較図     |
| 警 報       | ダム放流の通報，警報発令状況，河川にかかわる緊急情報                           |
| ダム諸量      | 毎時ダム放流量表（洪水等），ダム諸量表（日単位・低水時）<br>ダム群貯水容量曲線図（低水時）      |
| 水質・水温情報   | 河川別水質概況，毎時水温一覧表，観測所別毎時水温図表，水質事故情報                    |
| センターニュース等 | 河川に関する行政のトピックス，河川関係の行事・催事情報河川敷グラウンド等利用状況，河川の工事状況，その他 |

#### 6.4.6 回線輻輳について

河川情報センターシステムは端末からの呼び出しによってデータを配信しているため、回線の込みぐあいによっては回線を補足できない場合が出てくる。これは回線数と端末数による確立計算になり、計算式は電話回線などで一般化されているが、災害時には必ずしも計算どおりにならないことが懸念される。現に1986年8月の台風10号による関東地方の豪雨において回線がマヒし、河川氾濫や堤防決壊による被害の大きかった栃木県や茨城県などに十分な情報を提供することができなかった。<sup>7)</sup>この原因としては、必ずしも回線の輻輳（ふくそう：1箇所に込み合うこと）だけではなく、センターに設置してあるコンピュータの処理時間がオーバなども考えられるが、いずれにしても災害時に必要とするデータが得られないならば、システムとしての価値が半減してしまう。端末数は今後増加する予定なのでそれに先だって回線数の増加、処理容量の増加を望みたい。

### 6.5 気象情報

#### 6.5.1 土砂災害と気象情報

土砂災害の主要誘因である降雨は気象現象の一つである。したがって降雨を直接計測するだけでなく、気象全般の情報を知った上で降雨をとらえた方がよりの確に土砂災害に対応できると考えられる。とくに降雨量を予測するためには広い範囲の気象現象をつかまえる必要がある。しかしながら、河川情報の場合と同様に砂防のためだけにあらためて気象情報を収集するのは効率的とはいえない。気象情報の収集・処理・配信には気象庁が力を入れており、誰でも利用可能なシステムの整備を進めている。ここでは、このオンライン気象情報提供システムの利用方法について考察する。

#### 6.5.2 マイコスシステム<sup>8)9)</sup>

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(気象資料自動編修中継装置)、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。当初は東京のセンサ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(MICOS LAN: Local Area Network)と称しているが、ここでは単にマイコスという。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。

#### 6.5.3 マイコスシステムの特徴

- (1) リアルタイムで全国各地の総合気象情報を得られる。

- (2) 導入費用はともかく、運用費用が高い。将来ユーザが増えれば、利用料金は下がる可能性がある。
- (3) ひまわり画像や雨量レーダ画像も得られるが、伝送時間および処理時間がかかる。
- (4) リアルタイムといっても観測から受信・処理完了まで、アメダスの場合で20～30分程度の時間がかかり、完全リアルタイムとはいえない。
- (5) 必要とするデータに応じてあらかじめプログラムを作成する（送信側、受信側とも）ので、データ量によってプログラム費用が異なる。あとで追加や変更しようとするば、新たにプログラム費用がかかることになる。
- (6) 通信回線はユーザ側、アメダス端末側が有線なので、回線障害などによって災害時の通信を確保できない場合がある。
- (7) 現在このシステムのユーザ端末は、約50端末（プリントアウトのみのユーザを含めると約100端末）あり、地方自治体、放送局、電力会社等に導入されている。

#### 6.5.4 マイコスシステムの構成

##### (1) システム構成

東京にセンター局があり、パケット通信網でサブセンターと結ばれる。サブセンターは札幌、仙台、東京、新潟、金沢、名古屋、大阪、松江、広島、高松、福岡、那覇と広範囲に展開している。

##### (2) 回線構成

端末局への回線は一般にNTT専用線が使用され、データはたれながし方式である。一般加入回線を使って端末局から呼び出す方式も取れるが、この場合は回線を呼び出すという意味であって、データはたれながし方式であり、任意のデータを任意の時間に入手できるというものではない。ただ、回線使用料の節約にはなる。

現在、呼び出し方式は15回線使用されており、それ以外は専用線となっている。

##### (2) 回線容量

呼び出し方式に必要な東京センター局のNCU装置は最大120回線まで実装可能である（現15回線実装）。端末回線の伝送速度は2400BPSである。

#### 6.5.5 端末局構成

マイコス端末局の構成は次のとおりである。

- ① パソコン本体           PC-9801 シリーズ等
- ② モデム               2400 bps
- ③ CRTディスプレイ   カラー
- ④ プリンタ           ハードコピー用
- ⑤ ハードディスク      大量データ処理用
- ⑥ ソフトウェア

#### 6.5.6 マイコスシステムの機能

- (1) データ受信間隔      アメダスデータ：1時間に1回、他：種類によって異なる。

表 6.3 マイコシステムのデータ種類  
(出典：マイコシステムパンフレット)

| 第 1 レベル                                                         | 情 報 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 入 配 信 シ ス テ ム                                                                             |        |        |        |             |             |                  |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|----|---|---|---|---|---|---|---|--|---|--|----|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|----|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|----|---|---|---|---|---|---|---|--|--|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|---------|
| 解説を付加しない情報の伝達<br>気象庁発表の地点毎実況又は、予報をそのまま伝達します。情報に対するコメントは特に加えません。 | 1. 実況通報（気象庁観測の実況に限定）<br>●地上気象観測……全国各地の気象台、測候所、海上定点の観測結果<br>●高層気象観測……全国各地の高層気象台の観測結果<br><br><table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>天<br/>気</th><th>風<br/>向</th><th>風<br/>速</th><th>気<br/>温</th><th>湿<br/>度</th><th>降<br/>雨<br/>量</th><th>降<br/>雪<br/>量</th><th>最<br/>高<br/>気<br/>温</th><th>最<br/>低<br/>気<br/>温</th><th>高<br/>層<br/>気<br/>象</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>03</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>06</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td>○</td><td></td></tr> <tr><td>09</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>12</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td></tr> <tr><td>24</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table><br>2. 予警報伝達……気象庁・各地方気象台発表の天気予報及び各種注意報、警報<br>4. 天気予報……全国各地について必要の地点のものを発表の都度配信します。<br>06時（今日）（今夜）（明日）（降水確率）<br>09時（今日）（今夜）（明日）<br>12時（今夜）（明日）（明後日）（降水確率）<br>17時（明日）（明後日）<br>21時（明日）（明後日）<br><br>ロ. 注意報、警報……発表の都度配信する<br><br>3. 地震・台風情報 |                                                                                           | 天<br>気 | 風<br>向 | 風<br>速 | 気<br>温      | 湿<br>度      | 降<br>雨<br>量      | 降<br>雪<br>量      | 最<br>高<br>気<br>温 | 最<br>低<br>気<br>温 | 高<br>層<br>気<br>象 | 03 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  | 06 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  | ○ |  | 09 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  | ○ | ○ | 12 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  |  | 15 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  | 18 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  |  | 21 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  | ○ | 24 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |  | L-ADESS |
|                                                                 | 天<br>気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 風<br>向                                                                                    | 風<br>速 | 気<br>温 | 湿<br>度 | 降<br>雨<br>量 | 降<br>雪<br>量 | 最<br>高<br>気<br>温 | 最<br>低<br>気<br>温 | 高<br>層<br>気<br>象 |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 03                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           | ○                |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 06                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           |                  | ○                |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 09                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           |                  | ○                | ○                |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 12                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           |                  |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 15                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           | ○                |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 18                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           |                  |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 21                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           |                  |                  | ○                |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 24                                                              | ○                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ○                                                                                         | ○      | ○      | ○      | ○           | ○           | ○                |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |
| 第 2 レベル                                                         | 1. 天気図類（気象庁発表の各種天気図類）<br>●地上天気図 国内地上天気図、極東地上天気図、北半球地上天気図<br>●高層天気図 850mb, 700mb, 500mb<br><br>2. 実況分布図（アメダスの解析）気象庁観測時刻毎のデータにコンターを引く<br>●気温分布図<br>●風向風速分布図<br>●雨量分布図……前 1h, 3h, 6h, 12h, 24h, 一降水<br>●降積雪分布図<br>●湿度分布図<br><br>3. ひまわり実況図<br>●現況写真<br>●過去からの連続写真データ……日本気象協会のデータバンクから提供<br><br>4. 予想天気図など<br>●地上予想天気図……16時に提供<br>●台風経路図及び進路予測図……気象庁発表の都度<br><br>5. 各種気象予測……地点の予測<br>●気温予測……最高・最低<br>●風向風速予測<br>●雨量予測<br>●降雪量予測                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CDF, L-ADESS, テレファックス<br><br>AMeDAS データのプロット（自動）<br>デジタイザにより入力（自動+人力）<br><br><br><br>SDUS |        |        |        |             |             |                  |                  |                  |                  |                  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |    |   |   |   |   |   |   |   |  |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |         |

| 第 3 レベル                                                                                                                                                        | 情 報 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 入 配 信 シ ス テ ム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>気象予測、12時間以内の短時間予測</p> <p>気象庁、日本気象協会のデータを集計して特定ユーザー向けの短時間又は長時間の量的、空間的予測を気象業務法に基づき、提供します。</p>                                                                 | <p>1. 特定目的気象予測解析(量的・空間的予測)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●火災発生予測……………実効湿度(消防署・自治体)</li> <li>●高速交通気象予測……………降雨・降雪(集中豪雨等)、気温・天気、風速(国鉄新幹線、高速自動車道)</li> <li>●路面凍結予測……………接地温度(一般自動車道)</li> <li>●ダムコントロール予測……………(河川、ダム単位流域の雨量予測)</li> <li>●電力気象予測……………(天気、気温、雨量、融雪、積雨、電線着雪)</li> <li>●土石流予測</li> <li>●視程障害(霧の発生予測)</li> <li>●沿岸波浪予測……………現況図と予測分布<br/>海上交通・接岸バース・工事現場</li> <li>●大気汚染予測……………光化学・オキシダント濃度・酸性雨</li> <li>●農業気象予測……………おそ霜予測、病虫害発生指数、農作業適否指数、接地気温、風速、湿度、低温、地中温度</li> <li>●生活気象予測……………食中毒指数、天気、気温、不快指数<br/>照度、洗濯指数</li> <li>●観光地気象予測……………夏山・山岳気象<br/>スキー場気象<br/>行楽地気象、行楽指数<br/>海水浴情報</li> </ul> <p>2. 生産性向上気象予測(付加価値向上)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●長期量的予測……………24時間以上72時間の予測<br/>週間天気予報<br/>一ヶ月気象予測<br/>三ヶ月気象予測</li> <li>●産業別生産性向上気象予測……………衣料<br/>食糧生産<br/>住居生産<br/>工事工程管理<br/>株式投資</li> </ul> <p>(注) 特定ニーズについては、事前調査を実施すると、さらにきめ細かな予測や指数解析ができます。</p> | <p>REDIS</p> <p>1. 気象庁のデジタルレーダー情報を解析する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●3m30sに1回毎のレーダー情報(マニュアル観測時のみ)</li> <li>●7m30sに1回毎のレーダー情報(気象庁観測がMODE3の時のみ)</li> <li>●2.5kmメッシュで解析(気象庁は5kmメッシュ)</li> <li>●拡大機能 250kmに拡大(気象庁は1000km)</li> <li>●県境、国鉄、国道、河川毎のマップ合成(気象庁は県境のみ)</li> <li>●垂直エコー解析</li> <li>●合成……弥彦、東尋坊、名古屋、富士山のレーダーを合成</li> </ul> <p>2. AMeDASとの合成キャリブレーション</p> |
| 第 4 レベル                                                                                                                                                        | 情 報 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 入 配 信 シ ス テ ム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>防災監視リアルタイムシステム(会員制)</p> <p>会員の方だけに配信する防災監視、生活向上のためのシステム。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●気象現象を常時監視します。</li> <li>●気象情報リアルタイム応答システムです。</li> </ul> | <p>1. 気象監視及び防災システム</p> <p>気象現象を常時監視し、危険度合に応じて警報を通報し、防災対策をシステム化します。</p> <p>2. 気象応答リアルタイムシステム</p> <p>あらゆる気象現象、気象情報をプールし、会員の方の任意リクエストにリアルタイムで応答します。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>●第1レベル、第2レベルのデータを日本気象協会データバンクにプールします。</li> <li>●会員はコードNoを登録、会員のキーコード操作により応答します。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |
| 第 5 レベル                                                                                                                                                        | 情 報 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 入 配 信 シ ス テ ム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>地球の裏側までグローバル情報をリアルタイムでお届けします。</p>                                                                                                                           | <p>1. 世界の気象(世界の気象は今の様になっているか、任意地点の気象現象をリアルタイムでお届けします。)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●7つの海の波、海水温……世界の海の波高・海水温の分布をリアルタイムで。</li> <li>●4つの静止衛星雲分布……地球の裏側の雲を静止衛星からながめて気象情報をお送りします。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

- (2) データ受信時間 約20～25分／1回（正時からこの時間遅れる）
- (3) データ種類 表6.3に示すように5つのレベルに分けて供給される。
- (4) データ範囲 日本全土，場合によっては海外も可。
- (5) データ記録・再生 フロッピーディスク，ハードディスク
- (6) 表 示 カラーグラフィック
- (7) ハードコピー キャラクタ，カラーグラフィック

#### 6.5.7 回線輻輳について

専用回線が主であり，たれながし方式であるので，回線輻輳は原理的にないといえる。

#### 6.5.8 河川情報センターシステムとの比較

両システムとも比較的新しいシステムであるので，今後改良が加えられていくと思われるが，現在はそのような差異がある。（表6.4参照）

表6.4 河川情報センターとマイコスの比較表

| 項 目            | 河川情報センターシステム                                          | マイコスシステム                                                        |
|----------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| システム構成         | 複数センター，複数端末局                                          | 複数サブセンター，複数端末局                                                  |
| 現在の構成          | センター4局，端末約1000局                                       | サブセンター12局，端末約100局                                               |
| 端末局構成          | 専用端末装置，カラーディスプレイ，カラープリンタ，警報器                          | パソコン，カラーディスプレイ，カラープリンタ，MODEM                                    |
| 利用回線           | NTT加入回線，マイクロ回線                                        | NTT専用回線／加入回線                                                    |
| データ処理          | センターで一括処理                                             | センターで整理，端末で処理                                                   |
| データ配信方式        | 端末局からの呼び出し方式                                          | 生データたれながし方式                                                     |
| データ送信時間        | 約2分／1種類                                               | 10分～30分（データで異なる）                                                |
| データ源           | レーダ雨量計，河川情報，雨量・水位テレメータなど                              | アメダス，気象レーダ，気象衛星など                                               |
| データ種類          | レーダ画像（定量，定性），降雨パターン，水位情報（観測局別，水系別），ダム諸量，水防警報状況，水質情報など | 気象情報（雨量，風向，風速，日照，積雪，気温，気圧など），気象レーダ画像，気象衛星画像，天気図，台風情報，警報・注意報状況など |
| 自動受信           | 不可，警報音で人間が操作                                          | 可，ただし専用回線必要                                                     |
| 初期費用           | 回線接続費                                                 | 回線接続費，ソフトウェア費用，機器購入費用                                           |
| 運用費用（回線使用料を除く） | 約130万円／年<br>データ料，機器リース料<br>（消耗品を除く）                   | 約360万円／年（約30万円／月）<br>データ料<br>（消耗品を除く）                           |

備考 構成は1986年現在のもの。

### (1) 降雨情報の入手

河川情報センターシステムは詳細な水文情報をすばやく入手できる特徴があり、マイコスシステムは広範囲の気象情報を入手できる特徴がある。砂防のためには地上雨量情報やレーダ雨量情報は重要な情報であるが、両システムともに提供可能である。

### (2) リアルタイムデータの入手

リアルタイムのデータを必要とするときは河川情報センターシステム、降雨予測をしようとするときはマイコスシステムが適すると思われる。

### (3) 降雨予測について

現在は、気象業務法で押さえられている関係もあり、両システムとも降雨予測情報を配信していない。もし、気象業務法が改正されたとすれば、総合気象情報システムであるマイコスの方が、より正確な降雨予測情報を配信できる可能性が高い。

### (4) 価格について

運用価格だけをみると河川情報センターシステムの方が運用費が安く経済的である。しかし、マイコスシステムの端末にはパソコンを利用できるので、現在パソコンを持っているユーザあるいはパソコンを他の用途と共用使用とするユーザにとっては、マイコスシステムの方が有利であるかもしれない。

## 6.6 リモート・センシング<sup>10)</sup>

### 6.6.1 リモート・センシングとは

#### (1) リモート・センシングの定義

リモート・センシング (Remote Sensing) とはなんだろうか。1986年版現代用語の基礎知識 (自由国民社) によれば、「人工衛星や航空機から特殊な波長帯の光 (電磁波としてもよい\*) によって地上の映像情報をとり、これを解析処理して地上の植物の活力度、資源の有無、環境破壊の状況、地表や海面の温度分布など各種のデータを得ること。遠隔探査といわれる。リモート・センシングも広義には、テレメータリング (Tremetering) にはいるが、狭義には離れたところから非接触で色々なセンサを利用して、地表から放射・反射されてくる電磁波の特性をとらえて地上の物象を観測することをリモート・センシングと呼んで区別している。」と書かれている (\*印筆者追加)。

上文では観測面を地表に限定しているが、物体表面としてもよいであろう。つまり、リモート・センシングとは、被測定物に機械的に接触せず測定 (観測) することと定義される。この定義によれば、被測定物とセンサ間の距離の大きさは関係なくなり、例えば、赤道上空 35,800 km の人工衛星から地球を観測しても、机の上の試験片の温度分布を赤外線の色で測定してもリモート・センシングであるといえる。なお、センサとはある物理 (化学を含む) 現象をべつの物理現象に変換するものであり、各種の物理現象を、扱いが容易な電気信号に変換するセンサが圧倒的に種類が多い。

#### 6.6.2 リモート・センシングの原理

あらゆる物質は、電磁波や音波などの波動あるいは粒子線を受けると、その波長などに対し、物質の

種類・形状などに応じて反射あるいは吸収する性質を持っている。また、物質の温度の違いによって特有な波長の電磁波（赤外線など）を放射したり、放射性物質のように粒子線を放射したりする。このような性質を利用すると、物質から反射あるいは放射する電磁波などを検知して強度や成分を分析することによって、その物質の性質、形状、時間的・空間的分布などを推測できる。

レーダやソナーのように観測装置から電波や音波などの媒体を発射し、対象物からの反射を測定するのがアクティブリモート・センシングである。パッシブリモート・センシングは写真のように対象物から反射あるいは放射される自然媒体を測定するものである。パッシブリモート・センシングは雲の有無や夜昼の別などの自然条件に観測の可否が左右されるが、アクティブリモート・センシングではそれらの影響が少ない。

ここで留意しなければならないのは、アクティブリモート・センシングにしろパッシブリモート・センシングにしろ、得られる測定値は「推測」ということである。つまり、直接測定していないので、なんらかの方法でデータを校正する必要がある。地表探査の場合はこの校正作業をグラントルースと呼んでいる。レーダ雨量計における地上雨量計での校正もグラントルースといえる。

#### 6.6.3 リモート・センシングの特徴

被接触で現象を測定することにより、次のような特徴を有する。

##### (1) 同時広域観測

対象物から離れて測定できるため広範囲を同時に観測できる。

##### (2) 同一地域（部分）の反復観測

高速測定が可能で反復観測が容易なので、時間経過にともなう現象の観測に適する。

##### (3) 迅速な数量処理と効果的表現

センサとコンピュータを組み合わせることによって大量のデータを迅速に処理でき、しかもデータが映像や地図の形で得られるので、効果的表現が可能である。

##### (4) 非破壊観測

観測対象物に直接触れないので対象物を破壊することがない。ただし、電子顕微鏡の場合は媒体の粒子エネルギーによって対象物が破壊されることもある。

##### (5) 危険地域での測定

例えば火山地帯のように、環境条件が悪く人間が危険でちかよれなかったり、測定機を持ち込めないような場所での観測に適する。また、宇宙構造の観測のように現時点では人間はもちろん観測機器が到達しえない空間ではリモート・センシングだけが唯一の観測手段となる。

#### 6.6.4 リモート・センシングの歴史

リモート・センシングという言葉が使われ始めたのは比較的最近で、1960年前後のことと思われるが、リモート・センシングの定義を被測定物に機械的に接触せず測定（観測）することとすれば、それらの技術はより以前から存在し、1839年の写真技術の発明をもって最初のリモート・センシングといえてよいであろう。

その後、航空機の発達とともに航空写真技術が進歩し、第2次大戦中にはレーダやソナーが開発された。第2次大戦後は高性能フィルムやレンズの開発あるいはマルチスペクトルスキャナなどのセンサ技術の進歩によってリモート・センシング技術はおおいに進んだ。しかし、リモート・センシング技術の進歩に対する最大の貢献はコンピュータであるといつてよい。コンピュータは人工衛星の打ち上げや航空機の制御などにも有効に使用され、その点でも役に立っているが、リモート・センシングの核心であるデータ処理はコンピュータなくしては存在しえないといつて間違いない。

これからのリモート・センシング技術は、センサ技術（ハードウェア）とコンピュータによる解析技術（ソフトウェア）の両者を共に発達させ、それらをいかに組み合わせていくかが課題である。なお、新聞や雑誌などによれば、最近の軍事偵察衛星によるリモート・センシングの地上における精度は、人間の存在を識別できるほどだといわれている。また、航空機（SR71など）によるリモート・センシングはさらに精度が高いと思われる。これらの技術は、今すぐ利用するにはコスト面からも困難であるが、せっきくの高度な技術であるので、一般化され、平和利用されることを期待したい。

#### 6.6.5 砂防への応用

ランドサットによる地形図や地質図などのように、現在でも間接的には砂防においてもリモート・センシングを利用しているといえる。また、気象衛星（ノア、ひまわりなど）による気象情報あるいはレーダ雨量計による降雨情報は、警戒避難検出のための判断基準として導入が検討されている段階である。

ここでは、砂防で必要と思われるリモート・センシングに対する要求機能および現状のシステムの得失をあげ、リモート・センシングの利用方法を検討する。

##### (1) 利用形態について

警戒避難の検出のように短時間で処理をしなければならない場合はリアルタイム処理となり、危険地域調査や災害の被害調査のように処理に比較的時間をかけてもよい場合はバッチ処理が可能である。

リアルタイム処理はデータの収集、処理および出力を並行して行うもので、オンライン処理ともいう。バッチ処理はまずデータの収集をし、ある程度データがそろったところで処理および出力を行う方式で、オフライン処理ともいう。

警戒避難の検出処理の場合は一定の場所を定常的に観測する必要があるが、その点では静止衛星システムが最適である。しかし、現在の技術では地上分解能が数kmと低いため砂防への応用には限度がある。軌道衛星の場合は、地上分解能は数十メートルと高いが、同一地点の上空を衛星が通過する周期が長くリアルタイムとは言い難い。ランドサットの例では16日の周期であり、4号・5号の2台を利用しても8日周期である。

航空機によるリモート・センシングは数メートル以下の分解能を有するが、反復観測に難点があり、一般にバッチ処理に限られる。また、衛星や航空機を利用する場合は雲の有無によって左右される場合が多く継続観測は困難であるといえる。

地上からのリモート・センシング（例えばレーダ雨量計など）は、観測範囲を限定することにより分解能を上げることができ、リアルタイムの広域反復観測が可能で砂防にとって有効な方法の一つである。

## (2) 考えられる観測対象と要求機能

### ① 地形・地質調査，災害調査

航空機によるリモート・センシングは，現在でもある程度実用になっているが，継続観測のためには人工衛星からの観測が望まれる。しかし，現時点では分解能と継続観測を同時に満足する衛星はなく，今後の技術の進歩が待たれる。

### ② 気象観測

気象衛星，気象レーダ，レーダ雨量計が実用になっているが，より分解能の高いデータでのリアルタイム処理が望まれる。分解能としては数百m程度以下，データ収集周期としては5分間程度以下が好ましいといえる。

### ③ 土石流発生検知

リモート・センシングによって，土石流を発生した瞬間にとらえられれば警戒避難のために有効である。発生地点と人家などの防災対象の距離が近い溪流の場合は，その溪流における土石流発生検知は避難時間が確保できないため有効性が減るかもしれないが，地域全体を考えればおおいに役に立つと思われる。

リモート・センシングはワイヤセンサのように再設置が不要で，継続検知が容易にできかつ集中監視が容易である。

## 6.6.6 将来の利用方法

リモート・センシングは，大は宇宙構造の解析から，小は分子構造の解析にまで利用されている，非常に分野の広い技術であるが，現在，砂防においてはその極く一部の恩恵にあずかっているにすぎない。しかし，これからの理論の発達あるいは機械技術や応用技術の進歩によって，大いに利用価値が上がると思われるので，今後とも調査・研究を進めていく必要がある。なお，リモート・センシングを利用する場合は，現象を測定するセンサ技術も重要であるが，最も重要なのは解析技術，つまり，リモート・センシングで得られた間接的なデータをもとに実態を把握する技術であることに留意しておかなければならない。以下に，今後の技術の進歩によって考えられる砂防への利用方法について考察を加える。

### (1) 人工衛星，航空機によるリモート・センシング

人工衛星からのリモート・センシングは天気予報のほか，植生区分や植物の活性度調査，鉱物探査などにも利用されている。また，地図，土地利用図の作成や傾斜地の測量あるいは流出土砂量や氾濫域の調査などに，航空機からのリモート・センシングが利用されている。これらは地質的脆弱地域の発見・調査あるいは地下水の存在や移動の観測によって危険性の消長の調査に役立つ可能性がある。さらに，植生の区分や植物の活性度を測定するので，地すべり地帯の発見や危険性の消長の調査に役立つ可能性がある。

静止衛星によるリモート・センシングは，同時広域かつ反復観測という点からは大きなメリットがあるが，分解能に限度（最少数km程度）があり，砂防にはなじみにくい。また，軌道衛星や航空機によるリモート・センシングは即時性あるいは反復性に劣り，今後ともバッチ処理的な使われ方をされていくと思われる。

## (2) 地上レーダ

砂防関連では雨量計として既に実用になっているが、レーダはアクティブタイプのリモート・センシングの典型である。レーダは発射周波数を選ぶことによって高い分解能（距離と方位）を得ることあるいは気象条件の影響を避けることも可能で、地形探査等に応用できると思われる。発射周波数を高くすれば分解能を上げことができるが、電波の直進性が強くなり山岳地帯での使用が困難になる。

レーダで土石流をとらえようとする場合は、現象が大きいので分解能はそれほど必要とせず、むしろ谷間の土石の流れをいかにとらえるかが問題となる。一つの方法として短波あるいは超短波帯レーダ考えられる。短波帯レーダはOTH（Over The Horizon：超地平線）レーダとして軍事方面で使用されており、地平線のかなたの航空機やミサイルの発見に有効なようである。短波は回折現象で障害物をのりこえるので山岳地帯の現象を観測するのに適する。短波帯レーダは指向性があるので巨大なアンテナを必要とし、さらに、グラウンドクラッタが多くなり消去が困難であるが、対象物を土石流などの大型移動体に限れば検出可能と思われる。

## (3) ソナー

レーダが空中の物体の探査に使用されてきたのに対し、ソナーは水中の物体を探査するために開発されたものである。当初は潜水艦探索用であったが、現在は魚群探知器などにも応用されている。ソナーを陸上で使用することを考えると、空気中の音波に対する減衰が水中に比べて大きいので広範囲の探査はむずかしいが、近距離ならレーダと同じように使用できると思われる。音波は法制上の規制が少ないので技術的問題が解決されれば採用は容易である。

レーダと同様の使用方法是アクティブソナーということになるが、パッシブソナーの応用も考えられる。地面の音波伝播を利用して土石流流下音（振動）を検知するものはパッシブソナーであり、一部で試験が開始されている。もっとも現時点は振動の検知技術の開発段階で、リモート・センシングの真髄である解析技術の開発までは手がまわっていないのが現状である。

## 6章参考文献

- (1) 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
- (2) 河川情報センターシステムパンフレット，河川情報センター
- (3) 河川流域総合情報システム提供画面解説書，河川情報センター・東京センター
- (4) 河川流域総合情報システム提供画面解説書，河川情報センター・名古屋センター
- (5) 河川流域総合情報システム提供画面解説書，河川情報センター・大阪センター
- (6) 河川流域総合情報システム提供画面解説書，河川情報センター・福岡センター
- (7) 毎日新聞，1986年8月8日夕刊（茨城版）
- (8) マイコスシステムパンフレット，日本気象協会
- (9) マイコスLANシステムパンフレット，日本気象協会
- (10) リモートセンシングデータの有効リモートセンシング用に関する調査  
科学技術庁資源調査所，資料第124号，1984年11月

## 7. 発生予知システム

### 7.1 土砂災害発生予知について

土砂災害は土砂の移動によって発生し、その移動形態によって土石流、地滑り、急傾斜地崩壊などと呼称される。いつ、どこで、どのくらいの土砂が移動するかをあらかじめ予測することができれば、被害の軽減・削減に役に立つ。正確な長期間の予測ができれば効率的なハードウェア対策を行うことができるし、正確な短期間の予測ができれば有効な避難行動がとれることになる。

土砂移動は、地形、地質、植生などの素因に、降雨、地震、火山活動などの誘因が働いて起こると考えられ、土砂災害の発生を予測するためには、これらの素因・誘因の変動と土砂移動の相互関係を知った上で、素因・誘因を監視すればよいことになる。しかし、現時点では素因・誘因と土砂移動の相互関係は必ずしも明確でなく、土砂移動に関していえば、予測というよりも予知といったほうがよいと思われる。

地滑りに関しては移動現象が遅いこともあって比較的正確な予知ができており、有効なハードウェア対策が進められている。それでも短期間予知精度が十分とはいえず、1985年7月26日の長野市地附山の地滑りでは死者26名を出す大きな災害となっている。土砂移動現象が速い土石流や崖崩れはさらに予知がむずかしいといえる。

現在、土石流発生を予知することによってスムーズな避難を行うための体制作りが進められており、降雨量を測定して土石流発生を予知するシステムが開発されて一部で運用が開始されている。このシステムは砂防情報収集伝達システムの重要な部分を占めるサブシステムといえる。本章では、この土石流発生予知システムに対して考察を加える。

### 7.2 予知と予測

予知と予測にはどのような違いがあるのだろうか。広辞苑によれば、予知とは「あらかじめ知ること」であり、予測とは「あらかじめ推測すること・前もっておしはかること」で、両者ともほとんど同一の意味に思える。しかし、現実には、地震予知とか短時間降雨予測などと使い分けているので、両者を区別していることになる。ここで、予知と予測の定義付けを試みてみよう。まず、予測とはつぎのように定義することができる。

ある時点において、ある変数と他の変数の間に時間的・空間的に不変な対応関係がある場合、それ以外の任意の（未来の）時点において、その対応関係にある変数（独立変数）の値が既知であるという条件の下で、他の変数（従属変数）の値を推測することである。

これに対して予知とは、現在持っている知識・技術では予測できない未来の事象を知ることである。つまり、明確な対応関係にある変数（相関のある変数）を見いだせない場合は予測ではなく、予知であるといえる。いずれにしても、相関の有無に厳密な判断基準を決めることはできないので、予知と予測は明確に区別できるのではなく、その使い方には習慣的な要素も入ってくると考えられる。

現在の科学では地震の発生と明確に対応する変数を見いだせないで、地震予知の場合は予知といういい方はあっていられる。また、短時間降雨予測の場合は数時間後の降雨を推測するわけだが、現時点の降雨量や風向・風速など強い相関を持つ変数を使用できるので、予測といってもよいのであろう。土石流についていえば、過去の災害発生事象とその時の降雨量を対応させて、現在の降雨量から発生を推測しようとしているが、発生と降雨量の関係は必ずしも明確でなく、予知の方があっていられる。

### 7.3 土石流発生監視装置の歴史

#### (1) 黎明期

降雨を測定して土石流等の土砂災害の発生を予知しようという考えは古くからあった。例えば、網干（1972）は過去の災害事例を2週間の先行降雨と当日の雨量で整理し、発生予知を試みた<sup>1)</sup>。また、池谷（1974）は降雨強度と降雨パターン（降雨開始からの累加雨量曲線の形状）を考慮した予知方法を提唱している<sup>2)</sup>。しかし、その予知精度の程度問題あるいはリアルタイムで解析を行うことの困難さなどから、実際に危険地帯で発生予知をするまでにはいたらなかった。

その後も予知方法の開発や予知精度の向上に努力が払われてきたが、そうこうしているうちに1982年7月23日に長崎地方を未曾有の豪雨が襲い、多くの人々の命が土砂災害によって奪われた。この長崎豪雨災害（57災と呼ばれる）によって、あらためて土砂災害、とくに土石流災害の恐ろしさがクローズアップされ、人命を守るための警戒避難体制の重要性が叫ばれるようになった。また、交通の混乱あるいは通信の途絶などによって、避難命令などの災害最中の情報の伝達に支障をきたし、自動的に土石流発生の予知・住民への通報を行えるシステム導入への要求が強まった。

それを受けて長崎県は、早くも翌83年6月には急遽開発された数式の土石流発生監視装置を危険地帯に導入し運用を開始した。この装置は、当時は土石流予警報装置と呼ばれていたが、現在の単体型土石流発生監視装置にあたるもので、雨量計で降雨を測定し、マイクロコンピュータで解析・予知を行うものであった。予知結果は、スピーカで直接住民に伝える方式のものと、防災責任者に自動的に電話で通報する方式のものがある。予知方式は図7.1に示す方式で、現行の指針案による方式と少し異なってい

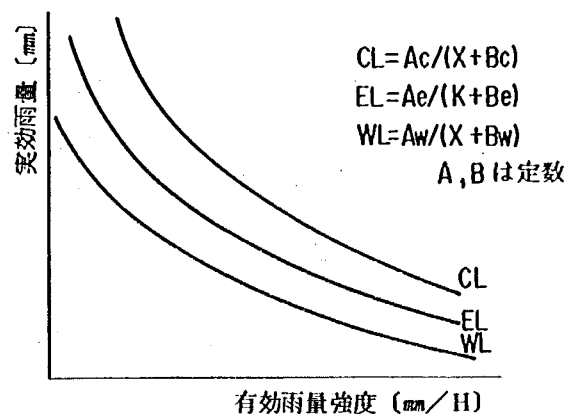


図 7.1 長崎県の土石流発生予知方式

るが、長崎県では1986年現在でもこの方式を用いている。これらの装置は導入初期とそ初期不良や運用の不慣れによる動作不良の発生も見受けられたものの、その後改良が進められるとともに増強され、1986年3月現在で長崎県下だけで40式が設置されている。

また、長崎県以外にも建設省直轄あるいは補助事業によって土石流発生監視装置が設置され試験運用が開始された。

## (2) 評価制度の実施

長崎豪雨災害の翌年同月同日には山陰地方で豪雨災害（58災と呼ばれる）が発生し、またしても多くの人命が失われた。このときも通信の途絶が起こり、自動的に土石流発生の予知・住民への通報を行えるシステム導入への要求がさらに強まった。また、それに応じて、一部導入が始められていた土石流発生監視装置に対し、適正な統一的技術評価が望まれるようになった。

建設省では建設技術評価規定に基づいて土石流発生監視装置の開発促進・評価に乗り出し、1983年の建設省告示第2014号に対して電子機器メーカー10社が応募した。各メーカーによって開発された機器は1984年に厳しい評価試験がなされ、9社11機種に対して建設大臣の名で評価書が発行された（1985年）。評価制度による機種は、ある一つの危険渓流を対象とする単体型と、複数の危険渓流に対応する集中型に区分けされており、いずれも予知方法は指針案による方式である。

## (3) 指針案の発行<sup>3)4)5)</sup>

建設省土木研究所によって降雨を指標とする土石流発生予知方法が進められてきたが、1984年6月建設省河川局砂防部監修のもとに「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）」が発行された。これは過去の災害事例と降雨量の関係を実効雨量と有効雨量で整理し、現在の降雨に対して整理結果をあてはめて発生を予知しようとするもので、A方式とB方式のふたつの方式があり（図7.2，図7.3参照），それぞれ整理の仕方や判定方式に工夫を凝らして運用しやすいものとしている。この指針案により予知精度は100%とはいえないが、実用的なものとして現行の土石流発生監視装置の標準的なものとなっている。

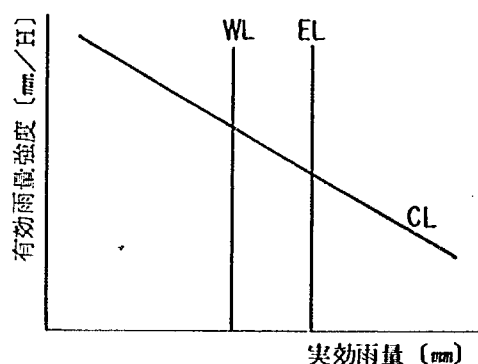


図 7.2 指針案A方式

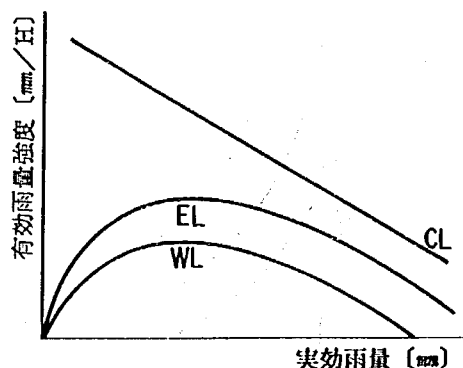


図 7.3 指針案B方式

## (4) モデル事業の発足

土石流発生監視装置の黎明期には一つの危険渓流を1台の装置で対応する、いわゆる単体型土石流発

生監視装置が主流であった。ところが、現行の予知方法では特定の溪流に対する予知精度を上げるのが困難なと、市町村内には一般にいくつかの危険溪流が存在するため多くの機器を管理するのが困難なとで、1箇所では複数の溪流を監視できる集中型が主流になりつつある。また、住民に直接広報する方式の単体型は避難命令の発令に防災責任者が関知できない問題もある。本来、予知精度が十分に高ければ、直接広報が理想的と思われるが、当分それは望めそうもないので、避難命令の発令には防災責任者の判断が必要と思われる。

建設省は1984年から総合土石流モデル事業を発足させ、各地で試験運用が開始され、あるいは開始が予定されているが、いずれのシステムも集中型となっている。

#### (5) 現在と将来

1986年3月現在で稼働中のシステムは単体型と集中型を合わせて約70式に達する。このうち、半数以上が長崎県内に集中していることになる。いずれの地においても、予知精度等の性能に関しては必ずしも100%満足できるものではなく、今後の予知精度の向上とともに装置価格の低下や故障率の低下に努力を要する。

### 7.4 土石流発生監視装置<sup>6)7)</sup>

#### (1) 土石流発生監視装置とは

土石流発生の危険がある溪流流域の降雨を測定し、そのデータをもとに土石流の発生を予知し、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。

現在普及しているシステムの多くは土石流発生の危険度（ポテンシャル）を2段階に分け、それぞれを〔警戒〕、〔避難〕と名付けている。システムは、累加雨量あるいは雨量強度が増加してくると、まず、〔警戒〕を検出し、さらに増加すると〔避難〕を検出し、予知情報として〔警戒〕情報および〔避難〕情報を出力することになる。直接広報式の単体型土石流発生監視装置の場合は、〔警戒〕あるいは〔避難〕を検出すると、ただちに避難対象者に広報してしまうが、この〔避難〕検出が必ずしも避難命令の発令に結び付かないことに留意しなければならない。というのは、砂防情報収集伝達システムから見ると、土石流発生監視装置の〔避難〕の検出は避難命令発令の際の判断材料としての情報の一つにすぎないからである。

#### (2) 土石流発生監視装置の構成

土石流発生監視装置の概念図を図7.4に示す。

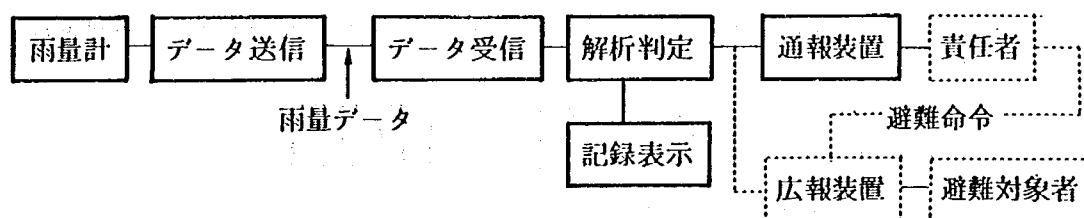


図7.4 土石流発生監視システム概念図

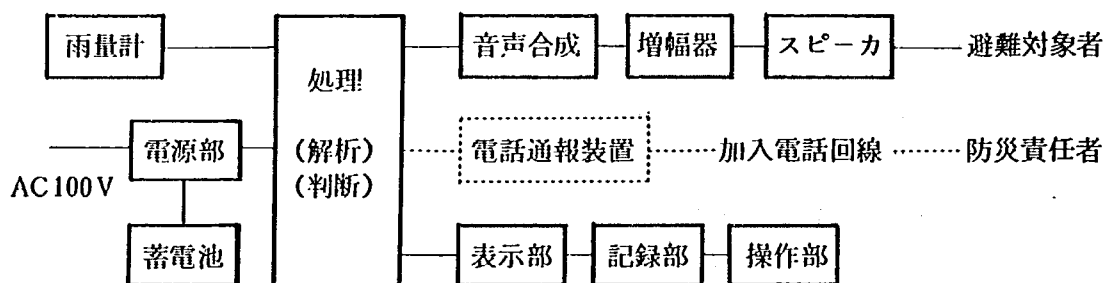
### (3) 単体型と集中型

土石流発生監視装置には単体型と集中型があり、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。単体型土石流発生監視装置は、土石流発生危険渓流近傍に雨量計、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。集中型土石流発生監視装置は、いくつかの土石流発生危険渓流を1箇所で監視しようとするもので、各渓流近傍に設置した雨量計のデータを収集して各々の渓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。したがって、広報装置はシステムに含まれないし、装置として避難情報を検出しても、防災責任者の判断によっては避難命令を発令しないこともありうる。

### (4) 単体型の基本構成

単体型土石流発生監視装置には、避難情報を検出したときの動作で分類すると、避難対象者に直接広報することを主体とするものと、防災責任者に通報することを主体とするものに分けられるが、両者ともオプションの追加によって広報と通報を合わせ持つことができるので根本的な違いはないといえる。

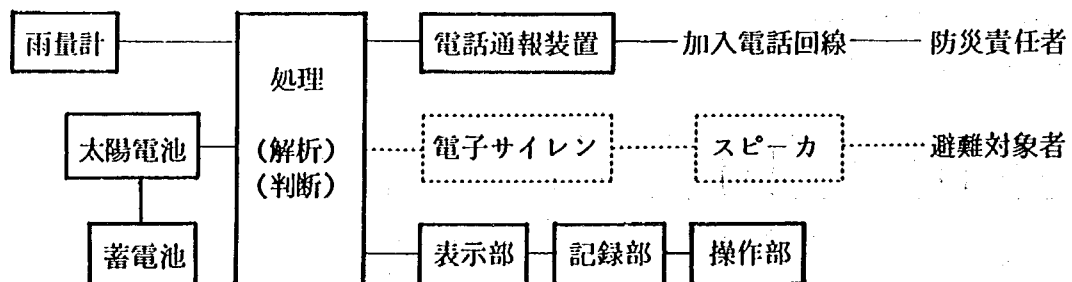
図7.5、図7.6にそれぞれの方式の代表的な構成例を示す。



備考1. 点線部はオプション装備。

2. 音声合成はICメモリに音声を記録し、コンピュータによって合成・再生するものである。

図7.5 単体型土石流発生監視装置構成例（広報主体）



備考1. 点線部はオプション装備。

図7.6 単体型土石流発生監視装置構成例（通報主体）

## (5) 集中型の基本構成

図 7.8 に代表的な構成例を示す。

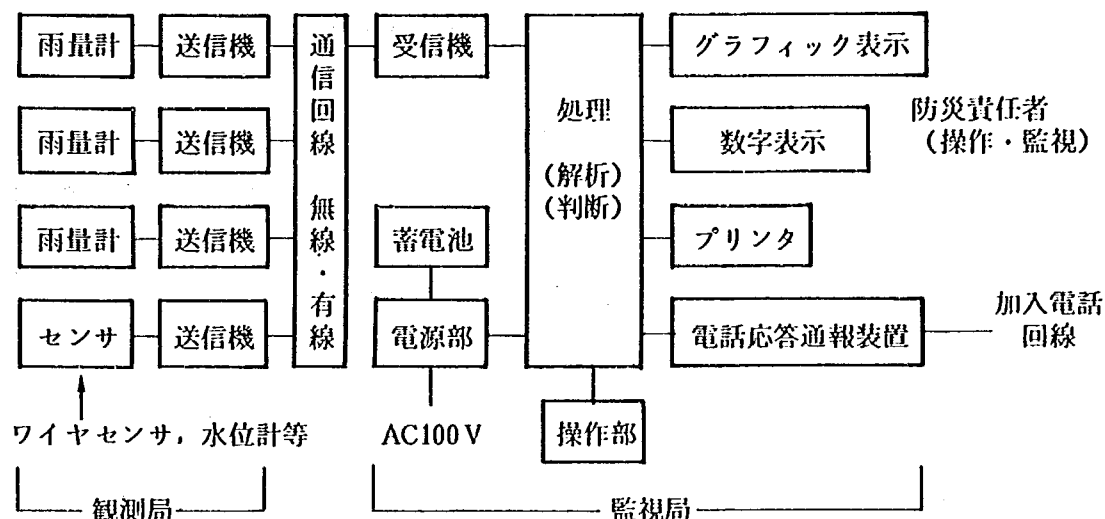


図 7.8 集中型土石流発生監視装置構成例

## (6) 責任者とのインターフェイス

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、単体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が、その場合でも広報する前あるいは広報後に責任者に通報するシステムとすべきである。

## 7.5 単体型と集中型の比較

土石流発生監視装置の設置数を比較すると 1986 年 3 月時点では単体型の方が圧倒的に多く、集中型は 2 割に満たない。しかし、集中型は一つのシステムでいくつかの溪流を監視していることを考慮すればこの比はもう少し縮まることになる。

さて、砂防情報収集伝達システムを考えたときに、どちらの方式がより好ましいのであろうか。表 7.1 に両者の性能比較表を示すが、土石流発生予知方式はいずれも指針案方式を採用しているので予知性能には違いがなく、大きな違いは対象溪流が単数か複数かということとある。ある一つの市町村を考えれば、管理すべき土石流発生危険溪流の数の多い少ないが選択基準になり、危険溪流の数が多い場合は集中型、少ない場合は単体型ということになるだろう。分岐点はシステムの環境条件で異なるので必ずしも明確に規定できないが、3 溪流程度ではなかろうか。

将来を予想すれば、集中型は砂防情報収集伝達システムの中核としてネットワーク化が進み、単体型は小型・安価で個人でも購入・利用できるようなものになると思われる。

表 7.1 土石流発生監視装置性能比較表

|              | 単 体 型                 | 集 中 型                                  |
|--------------|-----------------------|----------------------------------------|
| システム構成       | 1 台                   | 監視局：1 台（複数可）<br>観測局：10 台前後             |
| 雨量計の数        | 1 台                   | 10 台前後（観測局ごとに 1 台）                     |
| 雨量以外のデータ収集   | 不 可                   | 河川水位やワイヤセンサの接断情報も併せて収集可能。              |
| 設置形態         | 屋外に設置                 | 監視局：屋外に設置<br>観測局：屋外に設置                 |
| 通信回線         | 不要（雨量計を延長するときは必要）     | 無線回線（郵政省の許可が必要）<br>有線回線（借用のときは使用料が必要）  |
| 供給電源         | 商用電源，太陽電池             | 監視局：商用電源<br>観測局：乾電池，太陽電池               |
| 停電補償時間（商用電源） | 1～2 日程度               | 数時間程度，CRT 等周辺機器まで無停電化するときには発火等の別装置が必要。 |
| 通報装置         | 電話通報装置                | 表示・記録を直接監視，電話応答通報装置                    |
| 広報装置         | 合成音声放送，電子サイレン，モータサイレン | 無し（別システムを使用する）                         |
| スループット       | 短い，測定から発報まで～3 分程度。    | 広報システムが別になるため，単体型より長い。                 |
| 拡張性          | 集中型に比べて少ない。           | 単体型に比べて多い。                             |
| 警戒期における操作・管理 | 原則として無人運転のため不可。       | 河。警戒期・応急期における連続した情報源として利用できる。          |
| 記録紙管理        | 一定間隔で人間が収集            | 全観測局のデータを自動帳表記録                        |
| 導入費用         | 安価（200～500 万円）        | 最少構成でも 1000 万円程度                       |
| 運用費用         | 安価（電気代，記録用紙代，記録紙回収費）  | 全体は高価になるが，観測局が多くなると 1 箇所当たりの費用は安くなる。   |

## 7 章参考文献

- (1) 網干寿夫：集中豪雨とマサ土斜面の崩壊，施工技術，Vol. 5，No. 11，1972 年，p 45
- (2) 池谷 浩：降雨強度比による土砂害からの避難基準に関する一私案  
新砂防 94 号，1974 年，pp 7～11
- (3) 総合土石流対策(Ⅱ)・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案(案)，  
建設省河川局砂防部監修，砂防広報センター，1984 年 6 月

- (4) 瀬尾克美，原 義文，五代 均：土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究  
土木研究所資料，第 2215 号，1985 年 3 月
- (5) 矢沢昭夫，原 義文，藤田 昇：土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究(Ⅱ)  
土木研究所資料，第 2361 号，1986 年 3 月
- (6) 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
- (7) 建設省告示第 2014 号に対する評価書（11機種），建技評第 84301～84311，1985 年

## 8. 広報システム

### 8.1 広報システムの役割

広報システムは、情報収集システムの中のサブシステムの一つで、広く国民へ各種情報を伝達するシステムである。単に広範囲の人々に情報を伝えることが目的であるなら、マスコミュニケーションの発達した現代ではその手段の選択に事欠かない。したがって、平常期においては既存の通信システムをそのまま利用してなんら不都合がない。しかし、災害という特殊条件の中で本来の機能を発揮できるシステムとなると限定されてしまう。

本章では、このような条件を踏まえて、災害時に広報に使用できるいくつかの通信システムについて考察を加える。

### 8.2 同報方式と順次方式

#### (1) 同報方式

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広報対象者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、一般に伝わったことを確認することが困難である。

#### (2) 順次方式

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、かつ確認も可能である。しかし全対象者に情報が伝わるまでに時間を要するので、対象者数や伝達手順に考慮を要する。

#### (3) 同報と順次の使い分け

ある情報要求者の集合を考えたときに、伝達に時間を要するということは、集合の一部は情報を入手したが他の一部は情報を得られないという時間帯が生じ、統一した防災行動ができなくなってしまう。意味の異なる情報が時間差を持って伝達されたときは、さらに、混乱することになる。例えば、最初に北に逃げろという指令を出し、それが全員に伝わらないうちに情勢が変化して、あらためて南へ逃げろという指令を出したとすれば、北へ逃げようとする人々と南へ逃げようとする人々が混在し大混乱してしまう。したがって、避難命令の伝達のように緊急を要するものは同報方式が適するといえる。しかし、順次方式でも全員に伝達するまでの時間が十万短いことが期待できるなら、問題はない。また、避難解除情報や防災啓蒙情報の伝達には順次方式でも十分である。

### 8.3 広報情報について

伝達すべき情報としては、まず、危険が差し迫った場合に避難対象者が適切な避難行動を行うための情報があげられる。それには警戒発令、避難命令、降雨状況、災害発生状況などが含まれる。これらは緊急を要するものであり、伝達時間はできるだけ短くする必要がある。この他に、避難場所への災害情

報の伝達や避難解除指令の伝達がある。さらに、緊急時間以外には防災意識啓蒙のための情報伝達が考えられる。

これらの情報は、いずれも情報受信者は避難対象者であるので単方向通信（発信者から受信者への一方通信）でもよい。それに対し、危険地域周辺の災害発生状況については、その地域の避難対象者がとりまなおさず第1次情報収集者となる。この場合は避難対象者が情報発信者となるため、広報システムは双方向通信も考慮する必要がある。

伝達する情報の価値は①内容、②タイミング、③正確度（信頼性）、④費用に左右されるが、広報システムは情報の価値を減少させないで多くの人々に伝達するこれらの持つ重要性は災害発生時に対する時間的距離によって異なってくる。

### 8.3.1 平常期

#### (1) 内 容

平常期に伝達すべき情報としては、防災施設運用に関する情報、防災意識を向上させるための情報などがあり、情報の種類と量は膨大である。災害にも地域性があるように、必要な情報にも地域性がある。たとえば、ある地域の避難場所の位置情報などはその地域特有のものであるので伝達範囲もある程度限られてくる。事後平常期は、情報の内容は基本的には事前と変わらないが、もし、災害を受けた後であれば、まったく同じ内容の情報でも受信側の受け取り方が変わってくることが考えられる。

#### (2) タイミング

平常期の情報の伝達タイミングはこの瞬間でなければならないということではなく、伝達時期に幅を有する。そのため、伝達速度が速いことはあまり要求されず、順次方式の伝達方法が使用可能である。

#### (3) 確 実 性

当然正確な情報を要求されるが、タイミングの規制が少ないので伝達吟味する時間を確保することができ、また、繰り返し伝達が可能なので十分な正確さを期待できる。

#### (4) 費 用

平常期の情報要求者は災害を受ける可能性のある人すべて、つまり全国民ということになるので、個人が負担する費用は低く抑さえる必要がある。全国的な情報伝達には、ラジオ・テレビ・新聞などの報道システムあるいは書籍などを利用するのが費用的に好ましいといえる。地域的な情報伝達には有線放送やケーブルテレビあるいはパンフレット配布や看板設置などが適する。町内会などで利用している回覧板は典型的な地域情報伝達システムといえよう。さらに、家庭内や学校で防災教育を実施することは防災意識の向上に有効と思われる。広い意味では学校教育も広報システムの一つである。

### 8.3.2 警戒期

#### (1) 内 容

避難対象者に危険が迫っていることを認識させる情報、避難行動開始のきっかけとなる情報、防災活動のための判断材料となる情報を伝達する必要がある。それに警戒発令、避難命令、避難経路の指示、降雨状況、近隣地域の災害発生状況などが含まれる。さらに、地域的な情報を要求されるので、地域に

密着した通信網の整備が必要である。

#### (2) タイミング

警戒期の情報は緊急を要し、伝達時間はできるだけ短くする必要がある。そのため、同報方式の伝達方法が望まれる。また、災害現象に対するタイミングが非常に重要で、停電や断線などの通信網の障害はタイミングの狂いを生じるので注意を要する。

#### (3) 確実性

タイミングの規制が厳しく、情報そのものの正確さとともに短い時間で確実に受信者に伝達する必要がある。

#### (4) 費用

費用は少ないにとしたことはないが、災害時に機能させるためには十分な障害対策を必要とし、それに伴う投資額増加はやむをえない。なお、ここでの投資は応急期・復旧期に対するものである。つまり、警戒期に機能する広報システムは応急期・復旧期においても機能するということである。

### 8.3.3 応急期

#### (1) 内容

応急的な防災活動を行うための情報を必要とする。

#### (2) タイミング

この時期になって避難命令が発令されることも考えられ、警戒期に準じた伝送速度を要求される。また、この応急期は屋外での活動が増加するため、通信設備にも機動性の高いものが要求される。

#### (3) 確実性

災害最中には情報量が減少し、流言・デマが流布するおそれがある。そのため、正確な情報の伝達を繰り返し伝達する必要がある。

### 8.3.4 復旧期

#### (1) 内容

被災者の安否情報、施設（とくにライフライン）の復旧情報などである。

#### (2) タイミング

警戒期・応急期に比べればタイミング規制が緩く、伝送速度は遅くてもよいが、情報量は多くなる。

#### (3) 確実性

当然正確な情報を要求されるが、タイミングの規制が少ないので伝達吟味する時間を確保することができ、また、繰り返し伝達が可能なので十分な正確さを期待できる。なお、危険が本当になくなったかどうかの判断が重要である。

## 8.4 災害時の広報システム<sup>1)2)</sup>

### 8.4.1 防災行政無線

#### (1) 防災行政無線とは

災害時の通信システムとしては、まず最初に防災行政無線があげられよう。防災行政無線には都道府県防災行政無線と市町村防災行政無線がある。前者は都道府県と市町村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行うための通信網で、1970年から整備が始められ、1985年12月時点で40都道府県が運用中で2県が整備中である。後者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のシステムで、一般に同報方式の放送ができるため同報無線とも呼ばれるが、同報系以外にも移動系、テレメータ系を併設できる（図8.1参照）。市町村防災行政無線は1978年から整備が始められ、1985年6月時点で全国3276市町村中1026市町村に同報系が整備され、移動系だけのシステムを含めると1973市町村が整備済みである。

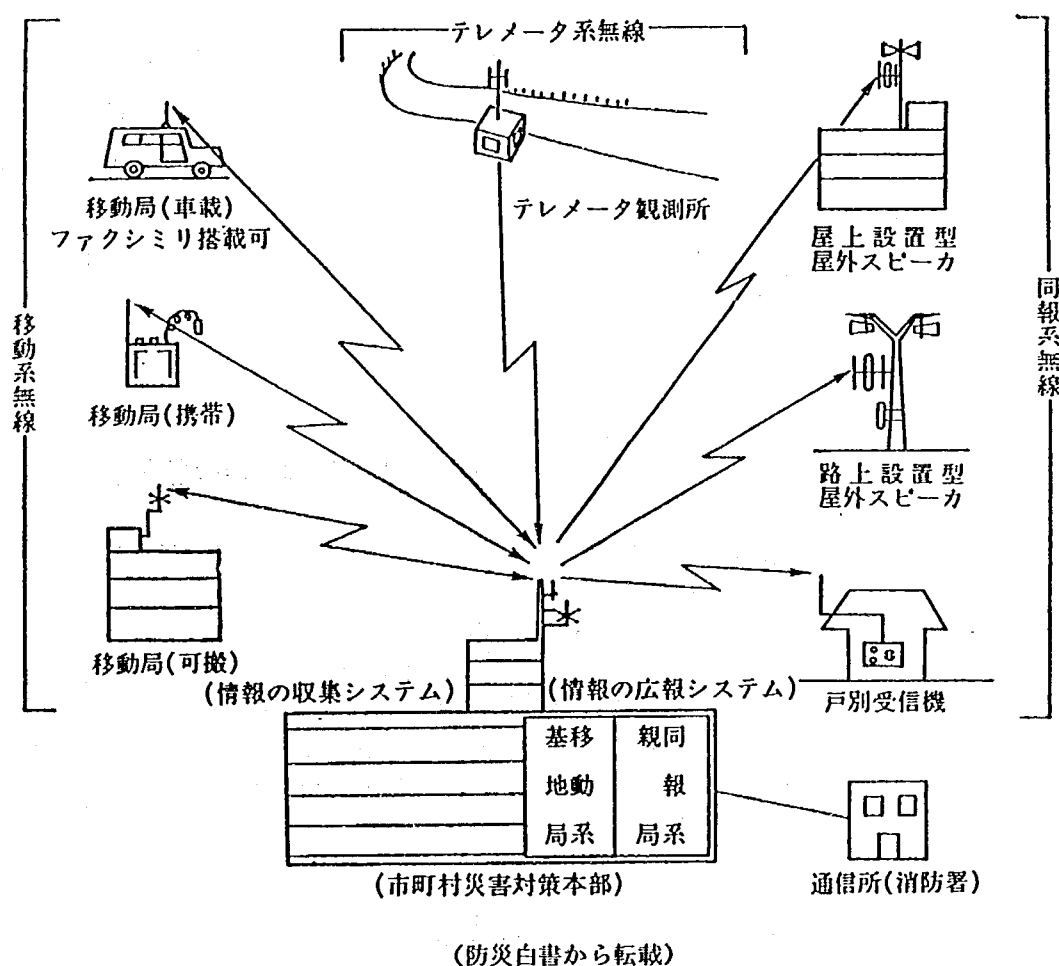


図8.1 市町村防災行政無線のシステム概念図

## (2) 同報設備

広報のためには市町村防災行政無線の同報機能を活用することになるが、同報設備には屋外スピーカによる放送と、戸別受信機による放送がある。この2つは放送対象者が地域内の複数の家庭か、1軒の家庭かの違いだけで、構成は同一である（図8.2参照）。

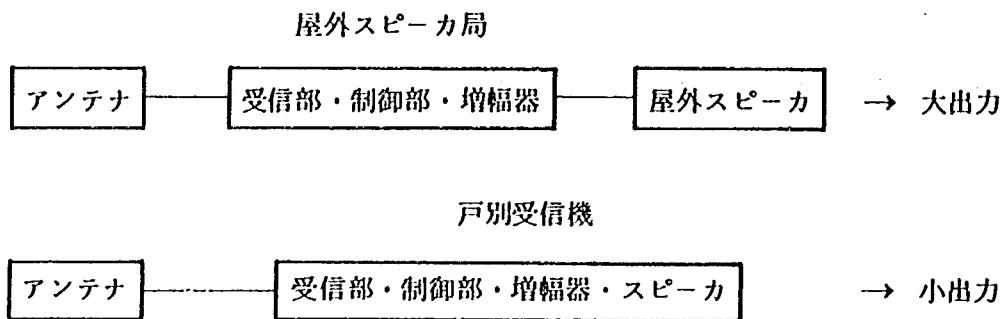


図 8.2 同報システム受信設備構成図

### (3) 伝達範囲

豪雨の中での屋外スピーカ放送による伝達範囲はあまり広くなく、スピーカの出力の大きさにもよるがせいぜい数百mであるので、スピーカの設置密度に留意しなければならない。図 8.3 はアンケート（1984 年 3 月 7 日焼津市）による同報無線の聴取度調査結果であるが、豪雨中でなくても内容を聞き取

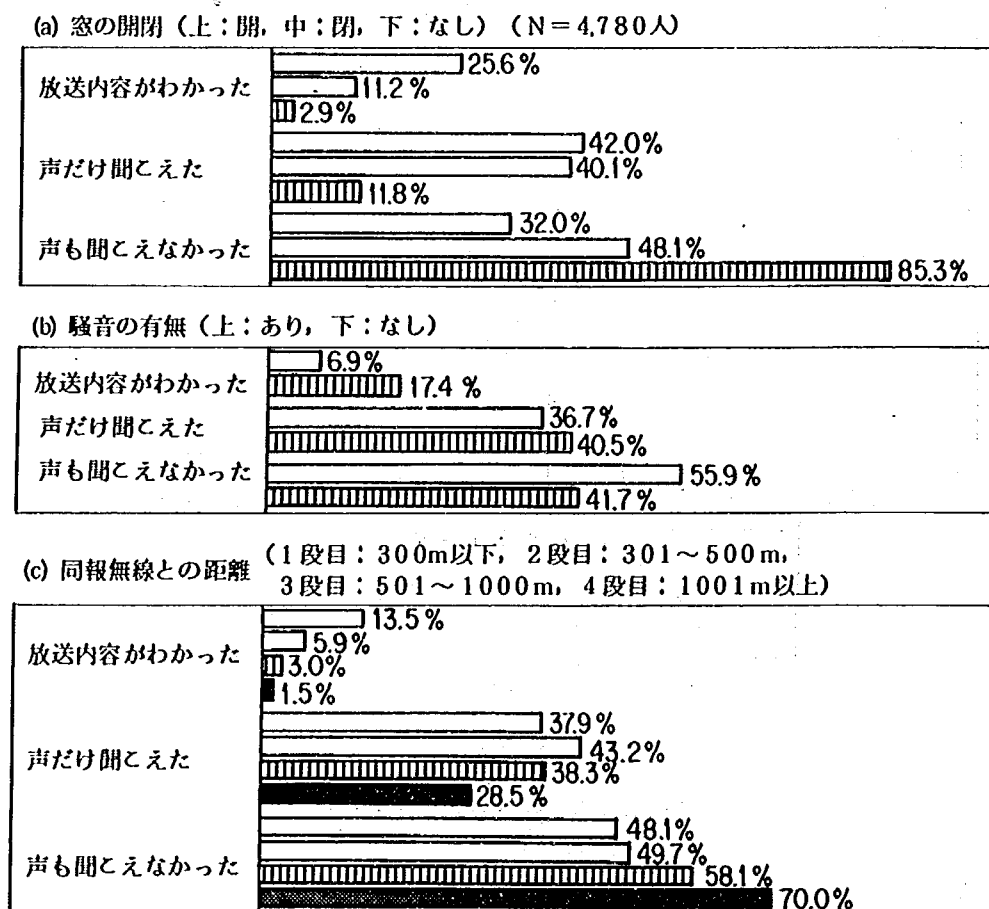


図 8.3 同報無線の聴取度（郵政省資料）

れなかった人が非常に多いことがわかる。逆に豪雨中であれば注意を傾けるので視聴度が上がることも考えられるが、豪雨による騒音と相殺されるので大幅な向上は望めそうもない。したがって、屋外スピーカによる同報無線を設置したからといって広報システムが万全だとはいえない。

これに対し戸別受信は屋内で聴取できるため聞き取れないという不都合はなくなる。しかし、各戸に受信機を設置しなければならず、個人的費用負担がかかる。行政側の補助があっても数万円の個人負担となるので、現段階では普及率はあまり多くないようであるが、今後の普及に期待したい。なお、戸別受信機は屋外での使用が困難なので、屋外活動者のためにはスピーカ同報との併用を必要とする。

#### 8.4.2 ラジオ・テレビ

ラジオ・テレビ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通信網の一つである。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。とくにラジオ放送はほとんどの受信機が電池動作で携帯可能なため、停電時や屋外での使用が容易で、過去の災害でも情報の入手に大いに活用されてきた。しかし、情報量の多さ、アピール力の強さからはテレビの方が優れており、今後の利用増進が期待される。テレビの利用については8.5節で詳細に検討している。

#### 8.4.3 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。また、各家庭ごとに順番にダイヤリングしなければならず、情報要求者の数が多くなると時間がかかる。したがって、緊急時の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。

なお、回線に障害を受けたときの対応手段として孤立防止無線がある。孤立防止無線はあらかじめ配置しておいた無線機を使って障害を受けた有線回線部分を無線回線によって結合し、無線機から直接加入電話回線に接続することができるシステムである。回線数は通常1チャンネルしかなく、無線周波数をほかの通信設備と共用するときもあり、その場合は回線輻輳を起こす欠点がある。また、通信衛星を使って本格的な呼び回線を形成できる移動交換設備が用意されているが、警戒期や応急期のように緊急を要するときは間に合わない可能性が強い。

#### 8.4.5 電話応答通報装置

この装置は応答と通報の2つの機能を持つ。応答機能は情報要求者がこの装置に対して電話をかけると、あらかじめ収集した雨量データあるいは警戒避難の情報などを合成音声で答えるもので、任意のときに自宅にいながらにして情報を入手できる便利さがある。また、音声で答えるので特別な訓練を必要とせず誰にでも利用できる。現在実施中の総合土石流対策モデル事業にはこの電話応答通報装置が組み込まれているが、六甲システムの例では数十mmの降雨があると20～30回の問い合わせがあり、有効に利用されているとのことである。

通報機能はあらかじめ登録しておいた通報先に自動的に電話をかける機能である。各通報先に対して

順番に電話するので全員に情報を伝えるまで時間がかかる欠点があるが、通報先が小数でよい場合は有効に利用できる。

#### 8.4.6 広報社

特定のコースを走行しながら車載のスピーカで放送するもので、同報方式と順次方式の複合といえる方法であるが、特長を合わせ持つというよりも欠点を合わせ持つといった方がよく、全避難対象者に情報を伝達する速度が遅く、情報の正確さもあまり期待できない。しかし、手軽で運用コストが安いので、伝達範囲の大きさや巡回方法に工夫すれば有効に利用できるであろう。なお、土砂災害によって道路が破損する場合があるので、他の手段の補助的なものとして考えるべきであろう。

#### 8.4.7 サイレン・半鐘

サイレンには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程度が一般的で広い伝達範囲は望めない。半鐘は昔から火災警報などに有効に利用されてきたが、最近は都市部での使用は減ってきたようである。

いずれも音による情報伝達であり容易に使用可能であるが、伝達範囲は狭く、伝達できる情報量も少ない。また、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ので、補助的な伝達手段と考えるべきであろう。

#### 8.4.8 表示盤・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があるが、そのようなときは、補助手段として表示盤・回転灯の併用が考えられ、とくに夜間は有用と思われる。しかし、意識して注目しないと情報を入手できないので、設置場所や運用方法に留意する必要がある。

#### 8.4.9 個人無線

個人的無線としては、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・電気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、あらかじめ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。

#### 8.4.10 口頭連絡

自主防災組織などによる口頭連絡は狭い範囲の地域的情報の伝達に適するが、災害規模が大きくなると人の往来も困難になり機能させることがむずかしくなる。また、情報が伝わっていくうちに内容が変わってしまう可能性が強いので、正規の伝達手段として利用しようとするときは、伝達範囲や構成人員

などに十分留意する必要がある。

#### 8.4.11 その他のシステム

伝達手段としては上記の他に、ファクシミリ、有線放送、衛星通信、各種文字通信などたくさん考えられるが、ここでは説明を省く。

### 8.5 テレビの利用に対する考察

テレビ（受像機）は全国各家庭にはほぼ100％普及しており、音声とカラー映像の両方を伝送できるため短い時間で多くの情報量を伝達できる。このテレビ放送システムを災害情報伝達に利用できれば、非常に有効な広報手段となりうる。すぐに一般社会に組み入れられたテレビ送受信システムを災害防止のための情報伝達システムとして有効に利用するためにはシステムの長所欠点を知り、さらに長所を延ばし欠点をなくすような対策を講じなければならない。

#### 8.5.1 テレビの長所

##### (1) 普及率が高い

あらためて最初からシステムを造るためには多くの費用と時間がかかるが、できあいのシステム、いわゆる既存の社会資本を利用すれば費用時間を大幅に節約できる。一般家庭への普及を考えた場合、個人支出に負担がかかるとなると普及に制動がかかりやすいが、すでに普及しているということは早期のシステム整備にとって非常に有用である。

##### (2) 視聴率が高い

テレビは生活にとけこんでいて普段から視聴率が高く、災害時にはさらに多くの人々が視聴する傾向にある。

##### (3) 情報量が多い

音声と同時に映像を伝送できるので、ラジオや同報無線のスピーカによる放送に比べて格段に多い情報を伝えることができる。

##### (4) 映像を伝達できる

情報は単に多く伝送できればよいというのではなく、情報要求者がその伝送された情報を認知できなければ意味がない。映像は直感にうったえられるので、情報の認知のためには非常に有効である。

##### (5) 動画を伝送できる

映像には静止画と動画がある。写真や図表を伝送するだけなら静止画でもよく、ファクシミリなどを利用しても伝達できる。しかし災害現場の映像などは動画の方が情報要求者へのアピール度ははるかに高い。動画に関してはテレビに勝るものはないといってよいであろう。

#### 8.5.2 テレビの欠点

##### (1) 揮発性情報である

音声・映像ともに瞬間的情報であり、受信したときに注目していないと消えてしまう。もちろん、ビデオテープなどに録画しておくことも考えられが、いつ放送されるかわからない情報を四六時中待ち受

けることは困難であるし、たとえ録画できたとしてもそれを必要なときに再生することは困難である。

## (2) 広域情報である

テレビ放送網は広範囲の地域を放送対象としている。多くの住民に同時に情報を伝達できることはある面では長所といえるが、土砂災害の発生は比較的狭い地域の場合が多く必要な情報も地域に限られるので、その特定地域から見ると情報密度が薄くなってしまう。とくに土石流発生予知情報などは非常に狭い範囲に限定されるので、個々の発生予知情報の伝達にテレビ放送網を利用することは困難である。

## (3) 停電対策が必要

一般に放送局は無停電化されており、商用電源が停電しても放送業務に支障がないようになっている。しかし、各家庭に普及しているテレビ受像機は商用100Vを電源としているものがほとんどで、電池動作のものの普及率はまだ非常に小さい。そのため商用電源が停電すると大部分のテレビ受像機は動作しなくなってしまう。土砂災害が発生するときは豪雨中であることが多く、送電システムに障害を受ける確立が相当高いといえる。停電しない送電システムを作るのも対応策のひとつであるが、完全に停電を無くすことは今後の技術の発達を考慮しても非常に困難である。

### 8.5.3 有効に利用するために

#### (1) 揮発性情報

揮発性情報であることは欠点には違いないが、災害時には多くの人がテレビのスイッチを入れ、放送に注目すると考えられるので大きな欠点とはいえない。さらに、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ているので、有効に利用すれば必要な情報を見逃さずに受信できるようになる。なお、この緊急警報放送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能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。

#### (2) 広域情報

広域情報というのは欠点でもあるが長所でもある。今後、ローカル局の利用などをこころがけていけば地域的な情報伝達に対応していけると思われる。

#### (3) 停電対策

多くの防災計画では携帯ラジオの整備と避難時の携帯ラジオの携行を呼びかけているが、テレビの携行は勧めていない。その理由としては、テレビは停電してしまうと動かないのと大きいので持ち歩くことができないことがあげられる。しかし、最近、技術の発達によって液晶をつかった携帯型のカラーテレビが安価に売り出されるようになり、機動性と無停電性を同時に得られるようになった。現段階では携帯テレビはレジャーとファッション性が強調されているくらいがあるが、今後液晶テレビが普及すれば、現在の携帯ラジオの地位と入れ替わることが期待される。さらに、この携帯テレビに緊急警報放送システムが組み込まれれば非常に有効な情報伝達手段となりうるであろう。

## 8.6 広報装置の選択

各広報システムの比較表を表8.1に示すが、それぞれに特徴があり、これが最適だ、これさえあればよいといったものはない。この表は◎、○、△、×で評価しているが、◎の数が多いからといってそのシステムが優れているとはいえない。例えば、携帯テレビは◎の数が1番多いが、地域性に難点があり、ある地域の避難命令の伝達には向かないといえる。また、口頭連絡は伝達性能が劣るがコスト的には非常に安く済む。

このように、ある地域に広報システムを設置しようとするときは、その地域の面積・人口・地勢などにマッチしたシステムを選択するとともに、災害発生時点からの時間的距離によって複数のシステムを使い分ける必要がある。極端なことをいえば、表8.1に示すすべてのシステムを用意し、時と場合に応じて使い分けるのが理想であろう。

表8.1 広報システム比較表

| 広報システム  | 情報量 | 伝達速度 | 伝達範囲 | 広域性 | 地域性 | 確実性 | 自動化対応 | 屋外対応 | 耐道路破損 | 耐回線障害 | 停電対応 | 費用 |    |    |
|---------|-----|------|------|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|------|----|----|----|
|         |     |      |      |     |     |     |       |      |       |       |      | 初期 | 運用 | 個人 |
| スピーカ同報  | ○   | ◎    | ◎    | △   | ◎   | △   | ○     | ◎    | ◎     | ○     | ◎    | ×  | △  | ◎  |
| 戸別受信機   | ○   | ◎    | ◎    | △   | ◎   | ◎   | ○     | △    | ◎     | ○     | ◎    | ×  | △  | ×  |
| ラジオ     | ○   | ◎    | ◎    | ◎   | △   | ◎   | △     | ◎    | ◎     | ○     | ◎    | ◎  | ◎  | ○  |
| テレビ     | ◎   | ◎    | ◎    | ◎   | ×   | ◎   | △     | ×    | ◎     | ○     | ×    | ◎  | ◎  | ○  |
| 携帯テレビ   | ◎   | ◎    | ◎    | ◎   | ×   | ◎   | △     | ◎    | ◎     | ○     | ◎    | ◎  | ◎  | △  |
| 加入電話    | ○   | △    | ◎    | ×   | ◎   | ◎   | ×     | ×    | ◎     | ×     | ◎    | ◎  | ◎  | ○  |
| 電話応答通報  | △   | ○    | ◎    | △   | ○   | ○   | ◎     | ×    | ◎     | ×     | ◎    | △  | ○  | ○  |
| サイレン    | ×   | ◎    | △    | ×   | ○   | △   | ◎     | ◎    | ◎     | ◎     | △    | △  | ○  | ◎  |
| 表示盤・回転灯 | ×   | ◎    | ×    | ×   | ○   | ×   | ◎     | ◎    | ◎     | ◎     | △    | △  | ○  | ◎  |
| 広報車     | △   | △    | △    | △   | ◎   | △   | ×     | ◎    | ×     | ◎     | ◎    | △  | ×  | ◎  |
| 個人無線    | ○   | △    | ○    | ×   | ○   | ×   | ×     | ○    | ◎     | ○     | △    | ◎  | ◎  | △  |
| 口頭連絡    | △   | ×    | ×    | ×   | ◎   | △   | ×     | ○    | △     | ◎     | ◎    | ◎  | ◎  | ◎  |

備考1. 相対的評価で、◎が最も良く、○、△、×と続く。

## 8章参考文献

- (1) 矢沢昭夫, 原 義文, 藤田 昇: 土砂害防止のための情報伝達システムの検討  
土木研究所資料第2360号, 1986年3月
- (2) 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

## 9. 既存システムの動作例

### 9.1 既存システムの動作例

災害対策基本法（昭和36年11月15日法律第223号）によって地方自治体は地域防災計画を作成している。その中で「当該地域に係わる防災のための調査研究，教育および訓練その他の災害予防，情報の収集および伝達，災害に関する予報または警報の発令および伝達，避難その他の計画を定めること（第40条，42条の抜粋）」と規定している。これらはソフトウェア対策に属するものであり，情報収集伝達システムにも深く関与するものである。

本書では，砂防情報収集伝達システムを新しいシステムとして設計を進めてきたが，これまで情報収集伝達システムがまったく存在しなかったということではなく，個々の地方自治体にはなんらかのシステムが存在し，過去の災害においても機能してきたはずである。ここでは，既存のシステムが災害に対してどのような動作をしたかを調査してその特長・欠点を抽出し，砂防情報収集伝達システム設計の参考にすることとする。

### 9.2 美杉村の例<sup>1)</sup>

三重県一志郡美杉村は面積  $207.27 \text{ km}^2$ ，人口 10495 人，世帯数 2981 戸（1980 年）の県中央部に位置する村で，北は名張市，青山町，白山町（はくさんちょう），東は一志町（いちしちょう），嬉野町（うれしのちょう），南は飯南（いいなん）郡，西は奈良県に接している。村は布引山地の東斜面に位置し林野が全体の 9 割近くを占める。村の中央を南西から北東へ雲出（くもず）川が貫流しており，集落のほとんどは雲出川とその支流が形成する河岸段丘や扇状地上にある。

#### (1) 気象状況

1986 年 7 月 24 日に南鳥島の南南東約  $1000 \text{ km}$  の海上で発生した台風 10 号は，29 日 09 時に最も発達した状態で，父島の南南東  $800 \text{ km}$  の海上に達した。このときの台風は，中心気圧  $900 \text{ mb}$ ，最大風速  $65 \text{ m/s}$  で，風速  $25 \text{ m/s}$  以上の暴風域の半径は  $400 \text{ km}$  に及んでいる。8 月 1 日 09 時に潮岬の南約  $450 \text{ km}$  の海上に達した。台風 10 号はその後北進したので，紀伊半島の南部や伊豆諸島では 1 日 17 時頃から暴風域に入った。なおも北上を続けた台風が愛知県渥美半島の西部に上陸したのは 2 日 00 時頃である。上陸時の台風は，中心気圧  $970 \text{ mb}$ ，西側  $200 \text{ km}$  であり，大型で並の強さであった。台風は上陸後の北上を続け，2 日 05 時頃能登半島に達した。日本海に出た後に急速に衰え，同日 15 時に秋田市の西方の日本海中部で温帯低気圧となった。

この台風は，美杉村を中心として三重県中央部に  $600 \text{ mm}$  を超える多量の雨をもたらした。雨は 7 月 29 日 20 時頃から強く降りだし，8 月 1 日明け方には一時小降りになったが 10 時頃から強くなりだし，20 時には時間雨量  $80 \text{ mm}$  を超える豪雨となった。美杉村役場で観測された連続雨量（7/31～8/1）は  $800 \text{ mm}$  を超えており，同地点の年平均降水量（ $1716 \text{ mm}$ ）の半分近くに達している。

## (2) 災害実態

被害は土石流と崖くずれによるものが顕著であった。村内には土石流危険渓流に指定されている渓流が168箇所あったが、今回の豪雨で被害をもたらしたものはその内の27箇所におよぶ。また、危険渓流以外の渓流でも土石流は多数発生しており、土石流と崖崩れを合わせた発生箇所は451箇所にもなる。この他にも家屋への浸水、道路、橋梁、鉄道の破壊等被害は広範囲におよんでいる（表9.1参照）。重県全体の犠牲者は24人にのぼり、美杉村に隣接する嬉野町では9人の犠牲者を出しているが、豪雨の中心地であった美杉村の犠牲者は1人であり、その1人も村民ではなく、電力会社の職員が巡回中に道路上で土石流に遭ったものである。

表9.1 美杉村の被害状況（嬉野町、県全体を含む 1982年8月12日現在三重県調べ）

|    | 項 目      | 美 杉 村        | 嬉 野 町        | 県 全 体           |
|----|----------|--------------|--------------|-----------------|
| 1  | 死者，行方不明者 | (1) 人        | 9 人          | 24 人            |
| 2  | 重 傷 者    | 1 人          | 1 人          | 8 人             |
| 3  | 軽 傷 者    | 17 人         | 2 人          | 23 人            |
| 4  | 家屋全壊     | 13戸， 42人     | 10戸， 42人     | 67戸， 238人       |
| 5  | 家屋半壊     | 41戸， 152人    | 11戸， 34人     | 103戸， 377人      |
| 6  | 床上浸水     | 92戸， 328人    | 311戸， 1,159人 | 1,982戸， 6,597人  |
| 7  | 床下浸水     | 388戸， 1,348人 | 498戸， 1,808人 | 9,058戸， 30,726人 |
| 8  | 道 路      | 843 箇所       | 81 箇所        | 3,521 箇所        |
| 9  | 橋 梁      | 17 箇所        | 8 箇所         | 118 箇所          |
| 10 | 河川堤防     | 428 箇所       | 57 箇所        | 2,157 箇所        |
| 11 | 土石流，崖崩れ  | 451 箇所       | 300 箇所       | 1,918 箇所        |
| 12 | 全 人 口    | 10,495 人     | 15,887 人     | 1,665,033 人     |
| 13 | 世 帯 数    | 2,981 戸      | 4,221 戸      | 476,665 戸       |

## (3) 警戒避難実態

津地方気象台 1 日12時45分発令の大雨洪水警報を受け取った美杉村は13時に災害対策本部および6支部を設置した。6つの支部というのは、美杉村は1955年に7箇村が合併して現在の村となったため、本部と6つの支部が旧7箇村にあたる地域を担当することになっているからである。16時50分に津地方気象台から暴風雨・洪水・波浪警報が発表されたので、関係者は第1配備体制につき、19時16分には第2配備体制に入り、消防団員は全員出動して非常体制をとった。

村役場に設置してある雨量計の雨量と県防災行政無線（県と市町村を結ぶ無線回線）で伝達された雨量レーダエコーのスケッチを判断の根拠として15時00分と16時30分に避難命令を発令した。避難命令の広報には有線放送設備を使っている。三重県としては県防災行政無線が整備されていたが、美杉村には村と住民の結ぶ市町村防災行政無線は整備されていなかった。16時50分の津地方気象台から暴風雨・洪

水・波浪警報を受けると同時に3回目の避難命令を発した。

避難先は村指定の集会所等であったが、前記したように、村民の犠牲者を1人も出すこともなく豪雨災害に対処することができた。この理由として、避難命令が早期に発令されたこと、避難時刻が夕刻でまだ明るい時間帯であったことなどが考えられるが、次の項でくわしく検討する。

#### (4) 美杉村に対する考察

豪雨の中心部であったにもかかわらず美杉村民の犠牲者は0であった。それでは、美杉村の災害が少なかったかというそうではない。人的被害が全くなかったわけではなく、負傷者の数は県全体の31人のうち18人にも達しており、さらに、家屋の破壊や土砂災害の発生件数など、人的以外の被害は相当数にのぼる。このように、大きな災害であったにもかかわらず犠牲者を出さないで済んだ理由として、確かな避難が行われたことがあげられ、的確な避難の要因として

- ① 比較的早期に避難命令が発令された。
- ② 避難命令発令時刻が15時から17時であってまだ明るい時間帯であった。
- ③ 防災担当者、住民のそれぞれが豪雨災害の恐ろしさを知っていた。

などが考えられる。

①については、第1配備体制に入る2時間前、第2配備体制（全員配置）に入る4時間も前に最初の避難命令が発令されているくらいであり、行政側としては非常に早い対応であった。一般に、自治体が避難命令を出そうとするときは、避難に伴う費用負担や空振りに終わった場合に加えられるであろう批判への危惧が意志決定に抑制力として働き、避難命令の発令が遅れる傾向にある。それにもかかわらず非常に早い時期に避難命令を出せたのは、つい2週間前に起きた長崎災害の大惨事をテレビでまのあたりに見ており、さらに新聞等の報道で警戒避難の重要性をあらためて認識していたことが大きな理由となっていると思われる。

②については、津地方気象台の大雨洪水警報がたまたま昼間であり、雨の降るようすや溪流状況等を目視できたので危機感をつのり、足元の明るいうちに避難できたといえる。もし、豪雨が真夜中に開始し、警報が深夜あるいは早朝になったとしたら、昼間と同じように避難できたかどうかという疑問は残る。

③については、過去の被災経験の影響が強かったためと思われる。美杉村は1969年の伊勢湾台風によって死者12人、重軽傷者63人、家屋の被害442棟などの大被害を受けているため、全住民に災害に対する意識が強く浸透したと思われ、さらに、美杉村は山村であるため住民の出入りが少なく、この伊勢湾台風の経験を有する50才以上の人口比率が42%と非常に高いことが、今回の災害に対する警戒避難体制のスムーズな運用につながったと考えられる。ちなみに50才以上の人口比率は全国で24%、三重県全体で27%、隣接の嬉野町で30%となっている。（比率は1980年の数値）

#### (5) 美杉村の情報収集伝達システム

美杉村の災害では、広域情報の収集に県防災行政無線を利用し、住民への避難命令の伝達には有線放送設備を使用している。いずれも有効に機能したといってよいであろう。全国的に見ると、ここ10年来、

農林漁村地帯の有線放送設備の減少が続いているが、無線による市町村行政防災無線が普及するまでは、災害情報の広報システムとして有効に活用すべきシステムである。

唯一の犠牲者として巡回中の電力会社職員の殉職があげられるが、避難対象者として住民だけでなく滞在者も考慮した広報設備があったなら、これも避け得た可能性が高い。今後の広報システムの在り方を示唆していると考ええる。

この災害では、たまたま直前に起こった長崎災害（1982年7月23日）のテレビ報道が、避難命令の送信側、受信側の両者にプラスの方向に働いた。つまり、偶然に、最も有効な防災啓蒙情報を災害直前に受け取れたことになる。今後は偶然性によらない防災啓蒙情報の活用をところがけるべきであろう。

### 9.3 三隅町の例<sup>2)</sup>

島根県那賀郡三隅町は面積128.3km<sup>2</sup>、人口9618人、世帯数2919戸（1985年6月末）の日本海に面する町で、西部で益田市、東部で浜田市、南部で美都町（みとちょう）、弥栄（やさか）村に接している。表形は全体として日本海に向かって傾斜した比較的急な斜面になっており、町の中央を南から北へ2級河川三隅川が縦貫している。昭和58年（1983年）の山陰豪雨災害（以降58災という）では33人の犠牲者を出した。その傷も癒えない昭和60年6月・7月にも豪雨に会い、構造物等に被害（以降60災という）を受けているが人命の犠牲はなかった。ここでは2つの災害を比較しながら、三隅町の人たちがいかに災害に対処したか、そして、情報はいかに伝達されたかを記述する。

#### 9.3.1 気象状況

##### (1) 58災の気象状況

7月19日ボッカイ湾付近にあった低気圧が、20日日本海を東進するとともに梅雨前線が顕在化し次第に南下、山陰地方に接近してきた。14時頃から県東部山沿いを中心に雨が強まり、夜は降ったりやんだりであった。21日早朝、梅雨前線が陸地にかかり、02時頃から雨が強まって、波佐1時間雨量40mmになるなど07時頃まで強い雨が降った。日中は梅雨前線が瀬戸内付近まで南下したので、雨はやんだ所もあり一時小康状態だった。その後梅雨前線は再び北上して活発となり、20時頃から雨が強まり22時の1時間雨量は波佐で55mm、弥栄53mmの激しい雨が降ったが夜半前には弱まった。22日に入ると雨域は東部沿岸、隠岐にも広がったが、時間雨量は大田で03時の27mmを最高に20～25mmの所が多かった。この後梅雨前線は山陰沖まで北上し、雨がやんだ所も多くなった。降り始めから22日24時まで県西部では平野部で200～250mm前後、山間部で200～280mm程度の雨量があった。北上した梅雨前線上の低気圧が22日夕刻から夜半にかけて山陰沖を東進した後、梅雨前線は寒冷前線の形態で南下し島根県にかかった。22日夜から23日午前中にかけて台風4号はフィリピンの東海上を北西進し、日本の南海上から高温多湿な気流が前線付近に流入して前線活動が活発になり、この前線上を小低気圧が通過するとき、県西部で23日00時から雨が強まり所により1時間雨量50mm以上の激しい雨が断続的に降り、益田90mm（06～07時）など記録的なものだった。三隅のアメダスデータは23日04時以降、電話回線の障害のため欠測となってしまったが、建設省の雨量計によると20～23日の総雨量は742mm、最大日雨量462mm（23日）となって

いる。

## (2) 60災の気象状況

6月7日の入梅以後島根県には降雨がなかったが、21日から本格的に降り始め、25日までに津和野の日雨量257mmを最高に県西部で300～500mm、東部で150～250mmの降雨があった。また、27日からふたたび西部を中心に大雨が降り、21日からの合計雨量は津和野・六日市では700mmを超えた。さらに5日までに県内全般に100～200mmの降雨があり、引き続き5日深夜から西部には最も激しい雨が降り、三隅では時間雨量61mmを記録し、昭和58年豪雨に匹敵する大雨であった。

## 9.3.2 災害実態

### (1) 58災の災害実態

市街地では洪水による被害がみられ、山間部では土石流および崖崩れによる被害が顕著であった。町全体の死者は33名（島根全県では107名）にのぼり、そのうち土砂災害による死者は28名（町全体の約85％）であった。三隅町は三隅川の扇状地あるいは河岸段丘に発達した町で、山間部の住宅地は山ぎわに建てられ平地は農地になっているため、その宅地裏の崖が崩れた所が多く、被害を大きくした。（表9.2参照）

### (2) 60災の災害実態

各所で浸水があり、また崖崩れ・土石（土砂）流が発生して人家への被害が出た。また、58災による被災箇所の復旧途中だった河川護岸に大きな被害を受けた。幸いにして人命への被害はなかったが、負傷者が数名出た。（表9.2参照）

表9.2 三隅町の被害状況（広報みすみ，No331，No354から抜粋）

|    | 項 目      | 58 災           | 60 災           |
|----|----------|----------------|----------------|
| 1  | 死者，行方不明者 | 33 人           | 0 人            |
| 2  | 重 傷 者    | 14 人           | 3 人            |
| 3  | 軽 傷 者    | 5 人            | 2 人            |
| 4  | 家屋全壊     | 495 戸， 1,424 人 | 9 戸， 29 人      |
| 5  | 家屋半壊     | 314 戸， 1,049 人 | 116 戸， 462 人   |
| 6  | 床上浸水     | 622 戸， 2,067 人 | 317 戸， 1,113 人 |
| 7  | 床下浸水     | 344 戸， 1,136 人 | 364 戸， 1,228 人 |
| 8  | 道 路      | 745 箇所         | 239 箇所         |
| 9  | 橋 梁      | 32 箇所          | 4 箇所           |
| 10 | 河川堤防     | 148 箇所         | 77 箇所          |
| 11 | 土石流，崖崩れ  | 203 箇所         | 15 箇所          |

## 9.3.3 警戒避難実態

### (1) 58災の警戒避難実態

松江気象台23日00時35分発令の大雨洪水警報を受け取った県は各市町村に県防災行政無線（県と市町村を結ぶ無線回線）で連絡した。三隅町では00時53分にそれを入手、町としての防災活動が始まった。警報を受け取った宿直者は町防災行政無線（町と住民を結ぶ無線回線）を通して警報発令の旨を各戸に連絡するとともに、防災担当者へ電話連絡した。23日02時前頃、総務課員と役場付近の職員を動員し、23日02時頃に第2次体制発令（全員動員）とともに災害対策本部を設置した。しかし、時間帯が深夜でもあり、道路被災による通行不能等で全職員の25%弱しか集合できなかった。

05時18分、町長の判断で避難命令を発令した。避難命令の広報には町防災行政無線を使っており、発令の前後にもほぼ5分おきに被害の通報、避難の呼び掛けをしていたが、07時半すぎに役場の1階が浸水し、防災行政無線は動作不能となった。約87%の住民が避難しており、そのうちの約6割は災害発生以前に避難している。

避難行動を取ろうとした住民は裏山の危険を避けようとしても避難路の平地は洪水で遮られ難渋したようである。まさに前門の虎、後門の狼である。また、避難した先で土砂災害に遭った例も見受けられたが、これは過去の災害は水害が多く、避難地も水害に対する避難を主としていたためと思われる。

## (2) 60災の警戒避難実態

降雨が激しくなってきた7月6日00時に第1次体制発令され、ついで02時に第2次体制発令とともに災害対策本部を設置された。（災害対策本部の解散は7月15日17時であった）

町長、助役、総務課長、建設課長の判断の基に、計5回にわたって避難命令が発令された。それぞれの時刻は、6日02時40分・04時10分・04時40分・05時00分・05時25分で、住民へは町防災行政無線を使って広報された。その文面は、『58年災害と状況はまったく同じです。58年災害の経験を生かし、安全な場所へ必ず避難してください。』となっている。

避難命令の広報には防災行政無線を使っており、最終決定から対象全住民に伝達されるまでの時間は2～3分で済んでいる。なお、避難命令を出す判断したときの最大のきっかけとしては、三隅川水位の増水状況があげられている。避難対象地域は町内全域で、実際に避難した人は379世帯1193人とそれぞれ全体の約13%にのぼっている。また、避難命令発令の前に自主的に避難した人も相当数いたようで、58年災害がよい教訓になっているものと思われる。

### 9.3.4 三隅町に対する考察

三隅町では58災以前から町防災無線の整備を済ませており、さらに、58災を契機に、大雨災害に対する警戒避難体制作りに熱心に取り組んでおり、全国でもトップクラスの防災体制の整備された地域となっている。三隅町の情報伝達系統は、まず、気象台、関係機関（警察、消防など）および三隅町役場庁舎屋上に設置した雨量計などから、降雨・水位に関する情報および災害発生情報などを収集することになっている。次に、それらの情報を総合判断した上で、土砂災害あるいは水害の危険性があるときは、関係課長会議を開いて災害対策本部を設置し、避難命令の発令は連続雨量を指標とした基準雨量やその他の情報を参考にして、町長の判断で行うことになっている。

60災は58災に匹敵する豪雨であったにもかかわらず人的被害が少なかったのは、土石流や崖崩れなど

の災害発生数が58災と比較して少なかったのも一つの要因であるが、住民のすばやい避難行動も大きな要因であった。これは、避難命令が発令される以前に、自主的に避難した住民にみられるように、58災の経験がうまく生かされた結果であると考えられる。60災は、58災からわずか2年という短い期間で繰り返されたものであるので、住民の記憶が新しく、また、新たな転入者も少なかったと思われ、急造ともいえる災害文化（被災社会が産み出す防災上の考案・工夫）が十分に機能した例といえる。

### 9.3.5 三隅町の情報収集伝達システム

#### (1) 防災行政無線

58災以前から三隅町には町防災行政無線システムが設置済みで、スピーカ警報局12箇所のほか、移動無線機を9台有している。また、戸別無線が2651戸に設置されており、その整備率は90.3%になる。このように全住民に、同時に連絡できるようになっているので、避難命令の伝達などの災害時の情報伝達システムとして良好に機能している。また、スピーカ警報局だけでなく、9割以上の世帯に戸別無線を整備しているのは、豪雨時の情報伝達手段として好ましいといえる。一般に、同報無線は1方向通信になってしまうが、移動型無線機を使用することによって、避難場所などからの双方向通信を確保できるようになっている。このように、三隅町の防災行政無線は、災害時の情報伝達手段として有効に機能するような構成をとり、かつ有効に利用している。ただし、58災では防災行政無線の統括局が置かれている町役場建物1階部分が水没し、応急期の後半は情報伝達に支障をきたしている。統括局を構成する機器は形が大きく重量も重いので、地階あるいは一階部分に設置される例が多く見られ、とくに無停電化のための発電機や蓄電池にその傾向が強い。これは建物の強度や耐震性あるいは搬入や保守の容易さを考慮するからであるが、水害時の動作を考えるならば少し工夫が必要である。

#### (2) 土石流発生監視装置

1984年7月に室谷地区に単体型土石流発生監視装置が設置され、試験運用を開始している。なお、発生予知方式は指針案B方式となっている。60年災当時は、既にこの装置が稼働中であり、実際に災害発生に先だって避難情報を検出して、住民への自動広報も行われている。しかしながら、避難情報の検出時期は7月3日未明と災害発生の約3日も前で、有効な避難行動開始のきっかけとはならなかった。さらに、それ以前の6月21日から断続的に降り続いていた降雨によって、6月23日、26日、30日にもそれぞれ警報および避難の自動発令を繰り返していたので、周辺住民の信頼を失っていたことも有効に利用されなかった理由としてあげられる。（図9.1，図9.2参照）

土石流発生監視装置のハードウェアとしての動作は正常であったのににもかかわらず本来の機能を発揮できなかった要因としては、装置に設定してあった基準雨量の精度があげられる。基準雨量は見逃しを避けるために安全側に設定しがちで、60災のときのような長雨では、方式上、空振りする傾向が強くなっている。

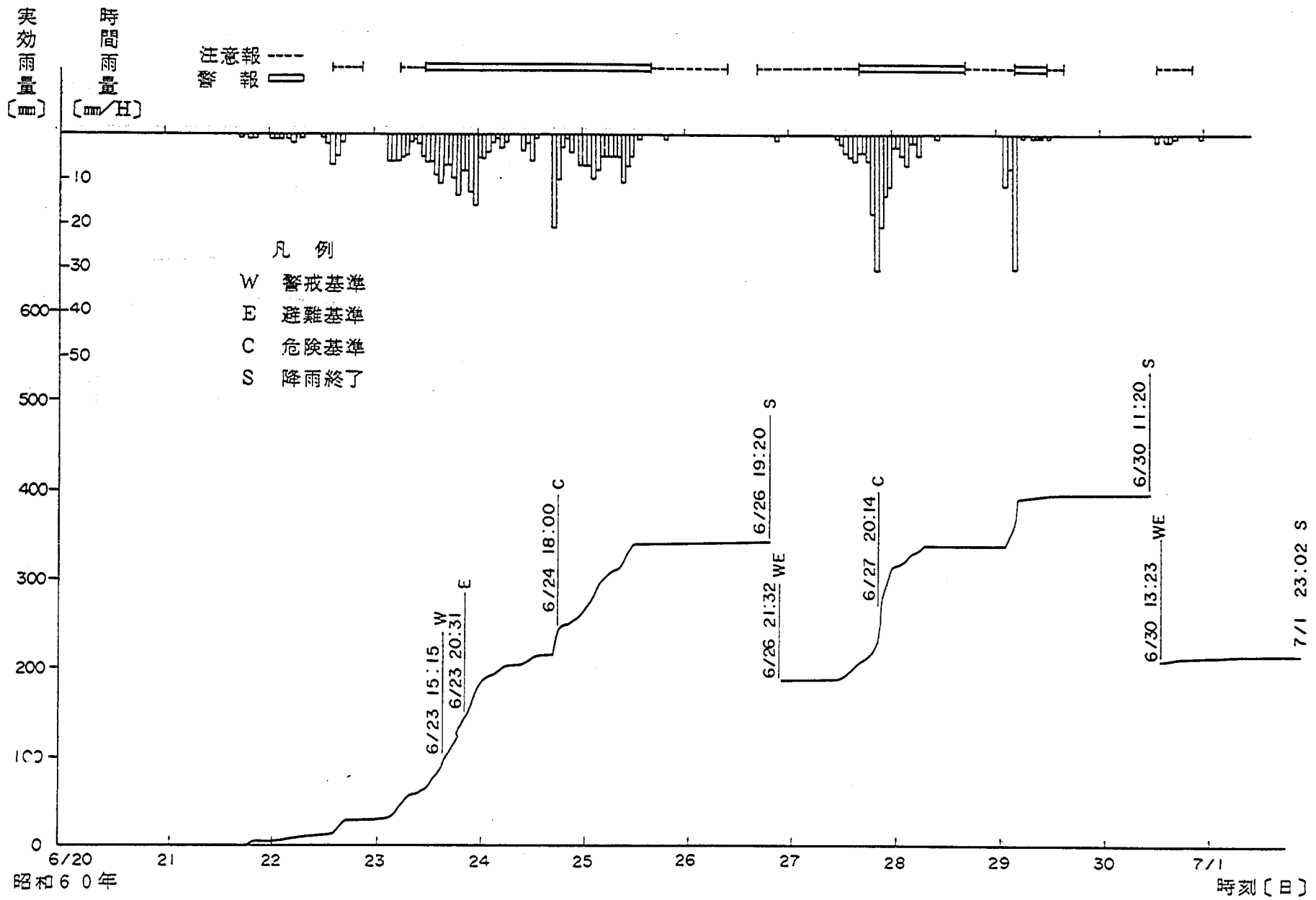


図 9.1 土石流発生監視装置の動作状況（土木研究所資料第2359号から転載）

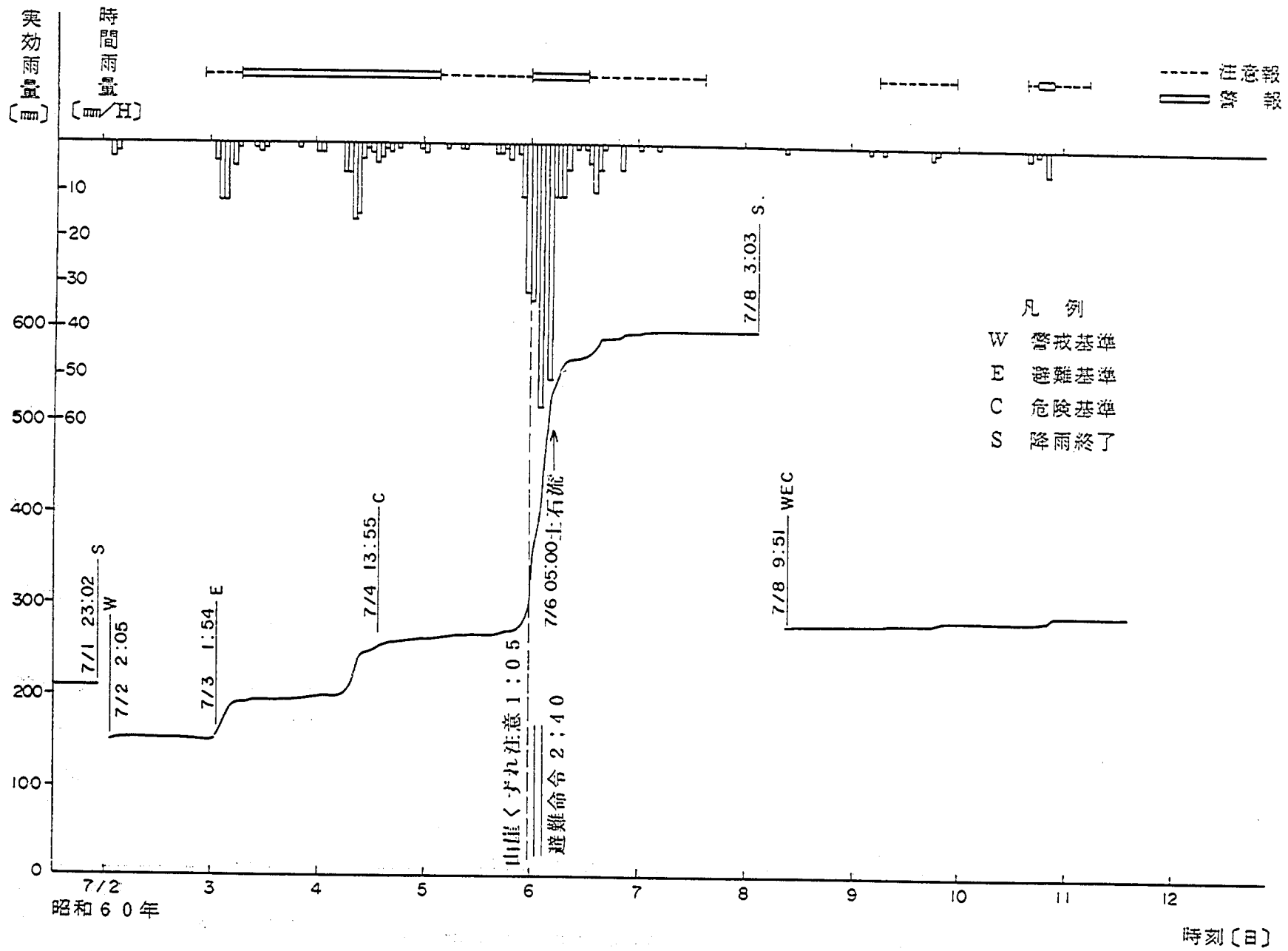


図 9.2 土石流発生監視装置の動作状況 (土木研究所資料第2359号から転載)

#### 9.4 長崎県の例

長崎県は、大陸から東進する低気圧と南洋から北進する台風がまっ先にぶつかる位置にあり、古くから多くの風水害を受けてきた。とくに、1957年7月には諫早市を中心とした大水害いわゆる諫早豪雨災害が発生し死者行方不明者782名を数えている。そして、1982年7月23日長崎豪雨災害（57災と呼ぶ）が長崎市を襲った。この災害は長崎市内の死者行方不明者264名（県下の死者行方不明者299名）という数の多さもさることながら、死者行方不明者全体に対し土砂災害による死者行方不明者の占める割合が約9割と非常に大きいことに特徴があった。全国的に見た場合でも近年の風水害の中で土砂災害による死者行方不明者の相対的割合の増加は認められるものであるが、この長崎災害を契機に土石流という言葉が一般化され、土石流の研究や警戒避難の重要性がクローズアップされたことは特筆すべきであろう。

57災の災害状況に関しては多くの報告書<sup>3)4)5)6)7)</sup>があるので、ここでは人的被害を中心とした特徴的なものの記述に留め、情報収集伝達システムの問題点について考察を加えるものとする。また、57災以降、長崎県に多数の土石流発生監視装置が設置されたが、その動作状況について紹介する。

##### 9.4.1 57災の特徴

###### (1) 長崎市への集中

降雨量は必ずしも長崎市が最大というわけではないが（図9.3参照）、死者行方不明者は県下299名のうち264名が長崎市内に集中している（図9.4参照）。理由としては、人口が最も多く、人口密度も最大であることがあげられる。表9.3に死者（行方不明者を含む）を出した市町村の一覧表を示すが、人口密度の多い少ないは必ずしも死者数に関係していないようである。なお、人口千人当たりの死者数および面積1km<sup>2</sup>当たりの死者数で見ると、長崎市の他に飯盛町にも集中していることがわかる。

###### (2) 土砂災害による被害の多さ

長崎県下の死者・行方不明者299名のうち、土砂災害による被害者が262人と約9割を占める。また、長崎市内の死者・行方不明者264名のうち、土砂災害による被害者が231人と同じく約9割を占める。

###### (3) 自動車の被害の多さ

車内で死者が発見された例が9件あり、この他にも車内にあって被災した人は相当数にのぼると思われる。また、長崎市内で冠水あるいは流出した自動車は2～3千台にのぼるとみられる。また、県全体では、冠水あるいは流出した自動車は数千台に達したとみられる。今後、世の中の自動車が増えることはあっても減ることは当分考えられないので、自動車被災の軽減対策は今後の課題であろう。

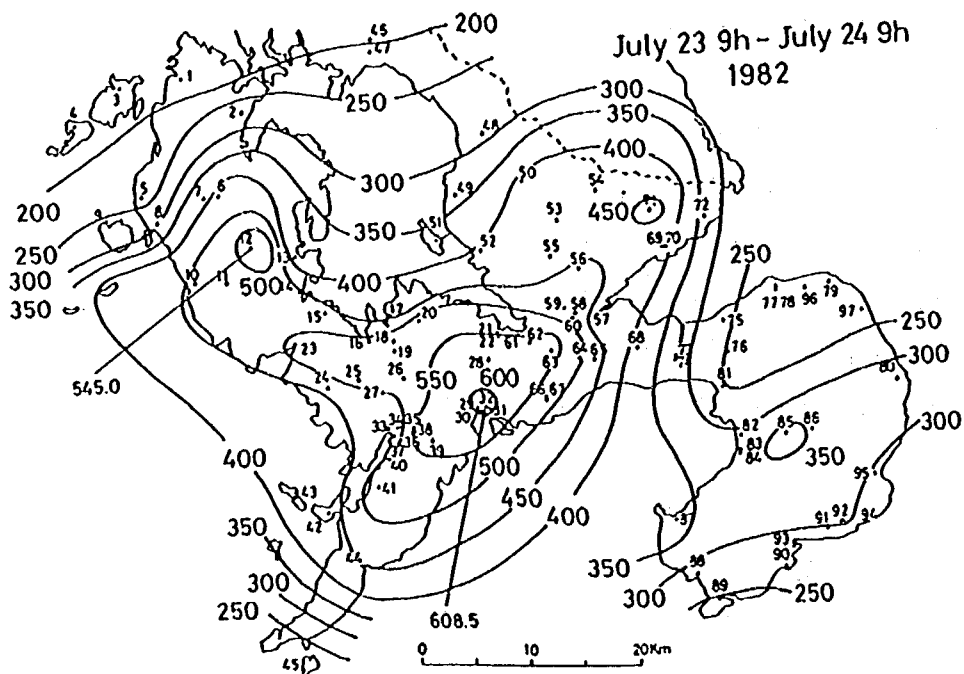


図 9.3 24時間降水量 単位：mm，1982年7月23日09時～24日09時

(出典：昭和57年7月長崎豪雨による災害の調査報告書，長崎大学，1982年11月)

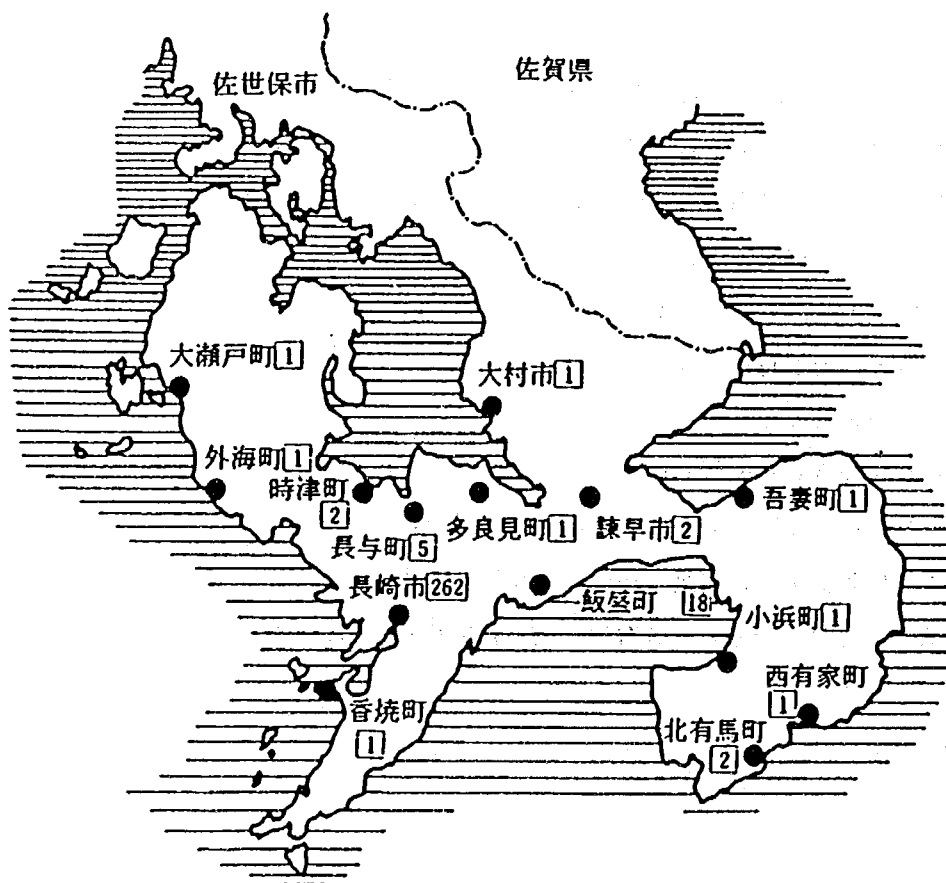


図 9.4 長崎県下の死者・行方不明者発生箇所

(出典：昭和57年7月長崎豪雨による災害の調査報告書，長崎大学，1982年11月)

表 9.3 長崎県内の死者（行方不明者を含む）の分布

| 市町村名<br>(数字は JIS (C-6261) の<br>市町村コードを示す) | 死 者<br>人 | 人 口<br>人  | 面 積<br>km <sup>2</sup> | 人 口<br>密 度<br>人/km <sup>2</sup> | 千人当<br>たりの<br>死者数 | 1km <sup>2</sup> 当<br>たりの<br>死者数 |
|-------------------------------------------|----------|-----------|------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 201 長崎市 (ながさき)                            | 262      | 447,091   | 240.43                 | 1,859.5                         | 0.586             | 1.090                            |
| 204 諫早市 (いさはや)                            | 2        | 83,723    | 146.80                 | 570.3                           | 0.024             | 0.014                            |
| 205 大村市 (おおむら)                            | 1        | 65,638    | 126.46                 | 518.3                           | 0.015             | 0.008                            |
| 301 香焼町 (こうやぎ)                            | 1        | 5,454     | 4.61                   | 1,180.5                         | 0.183             | 0.216                            |
| 306 多良見町 (たらみ)                            | 1        | 11,531    | 37.71                  | 305.8                           | 0.087             | 0.027                            |
| 307 長与町 (ながよ)                             | 6        | 28,824    | 28.55                  | 1,009.6                         | 0.174             | 0.175                            |
| 308 時津町 (ときつ)                             | 2        | 20,377    | 20.32                  | 1,002.8                         | 0.098             | 0.098                            |
| 314 大瀬戸町 (おおせと)                           | 1        | 10,326    | 78.12                  | 132.2                           | 0.097             | 0.013                            |
| 315 外海町 (そとめ)                             | 1        | 11,715    | 46.72                  | 250.7                           | 0.085             | 0.021                            |
| 342 飯盛町 (いもり)                             | 18       | 8,073     | 24.96                  | 323.4                           | 1.537             | 0.721                            |
| 364 吾妻町 (あづま)                             | 1        | 4,333     | 32.96                  | 131.5                           | 0.231             | 0.030                            |
| 367 小浜町 (おばま)                             | 1        | 8,748     | 52.30                  | 167.3                           | 0.114             | 0.019                            |
| 372 北有馬町 (きたありま)                          | 2        | 2,944     | 26.59                  | 110.7                           | 0.679             | 0.075                            |
| 373 西有家町 (にしありえ)                          | 1        | 5,218     | 29.08                  | 179.4                           | 0.192             | 0.034                            |
| 合 計                                       | 299      | 713,895   | 895.61                 | 797.1                           | 0.416             | 0.334                            |
| 長崎全県                                      | 299      | 1,590,564 | 4,107.36               | 387.2                           | 0.188             | 0.073                            |

備考 1. (図) は上位 3 つを示す。

2. 人口は 1980 年風勢調査によった。

## 9.4.2 警戒避難体制の問題点

長崎市では、大災害にもかかわらず地方自治体としての避難命令は発令されていない。もし、適切な避難命令が発令・伝達されていたら、これほどの人的被害を受けなくて済んだと考えられる。また、通信機能に障害を受けたため、県庁・市役所・消防署・警察署・報道機関などの防災機関相互の連絡が悪く、統一した防災体制が取れなかったようである。避難命令を発令できなかった理由としては、

- ① 災害発生が急激で防災体制の組織化が遅れた。
- ② 通信網・交通網がマヒし、災害対策人員の確保が困難であった。
- ③ 正確な降雨情報が収集できず、発令の判断ができなかった。
- ④ 被災情報の収集ができず、的確な対策がとれなかった。

が考えられる。上記の理由のうち、②～④は情報の収集に支障をきたしたことが主要な原因であり、もし、有効な情報を適切なタイミングで収集していれば、おそらく避難命令を発令できたものと推定される。

### 9.4.3 情報収集伝達システムの問題点

#### (1) 情報を収集できなかった理由

長崎市地域防災計画（昭和57年修正）には情報伝達系統が図9.5，図9.6のように定められている。図でみるように、各機関相互の通信手段は加入電話を中心としているので、ケーブル断線や電話機水没あるいは交換機浸水などによる機器の障害と、通話要求の殺到による回線輻輳のために通信機能を確保できなくなった。

#### (2) 回線輻輳の原因

回線輻輳の原因は、機器の障害によって回線数が減少したこともあるが、市民から警察や消防署あるいは放送局への通信手段は加入電話しかないため、多くの市民からの発信が集中し、電話回線容量をオーバーしてしまったことが主因である。市民からの発信のうちで災害発生情報や被災状況の報告などは、避難命令発令や救助活動の判断材料として重要なものであるが、中には家族の所在確認や床下浸水の報告のように全体から見ると軽微な情報が含まれており、重要な通信を阻害したものと推定される。また、災害後半には遠隔地からの安否確認が輻輳に輪を掛けている。7月23日23時頃には電電公社（現NTT）がテレビ局を通して緊急以外の通話の自粛を呼びかけている。しかし、軽微なもの・緊急以外のものといっても被災者本人が災害の全体像を知っていなければ判断できない。床下浸水でも初めて経験した当事者にとっては重大な被害と感じるに違いない。また、現地通信の混乱状態を知らなければ、知人の安否情報を尋ねることになんら疑問を持たないと思われる。したがって、国民全体の意識向上とともに災害全体像の収集・伝達というのは非常に重要である。

#### (3) 住民への伝達

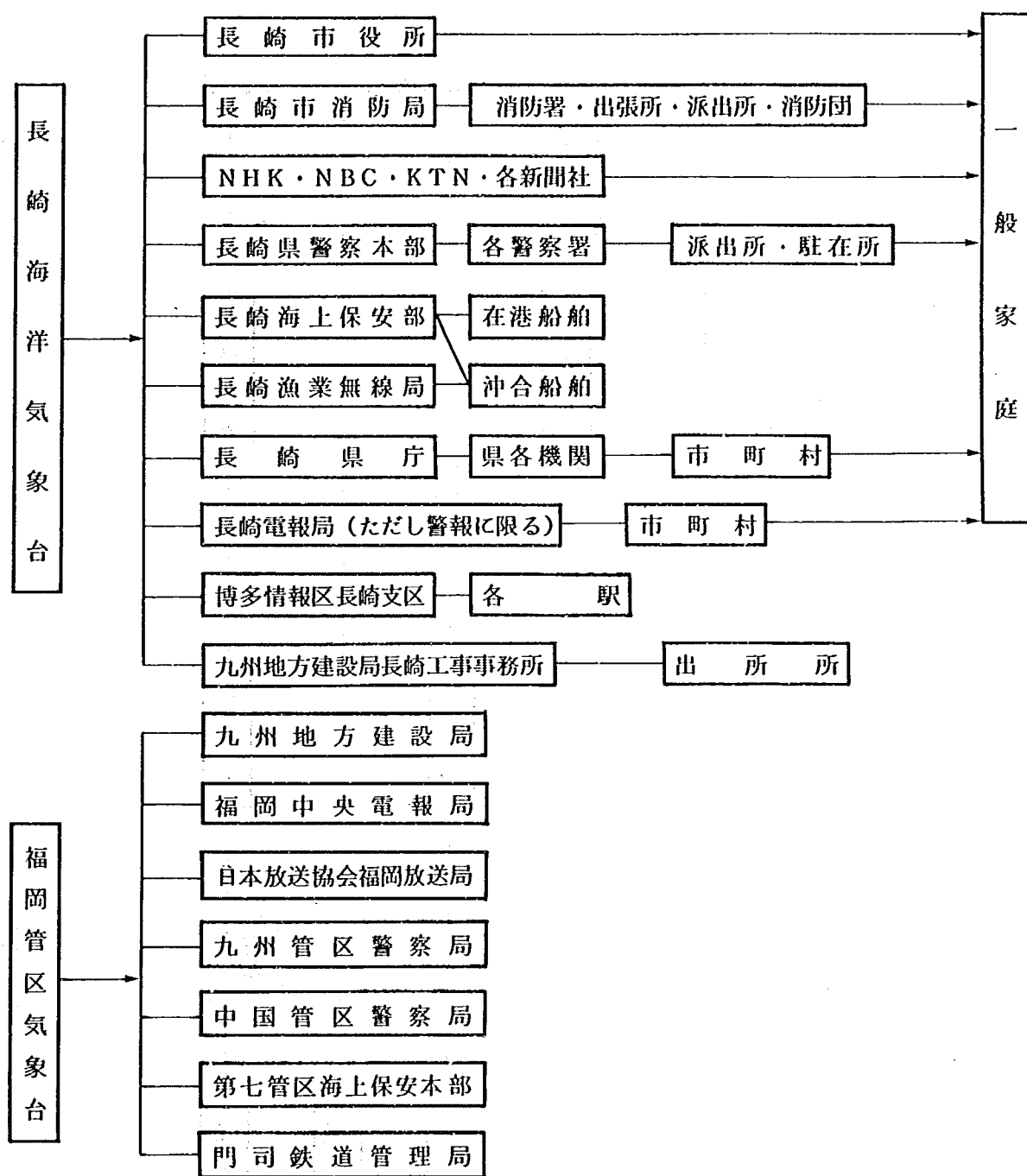
長崎市地域防災計画（昭和57年修正）によれば、住民への情報伝達は拡声機・サイレン・巡回によっているが、いずれも豪雨災害時の伝達手段としては好ましいものではなく、しかも伝達ラインの途中には加入電話回線が存在しているので、例えば、避難命令が発令されていても適切なタイミングでの伝達はできなかったと思われる。

### 9.4.3 どうすればよいか

適切な避難命令を発令できなかったのは、災害時の情報収集伝達がうまく機能しなかったのが大きな理由であるので、解決方法としては①自動的な避難命令システムの整備か、②総合的な情報収集伝達システムの整備が考えられる。

#### (1) 自動的な避難命令発令システム

単体型土石流発生監視装置は、その場で降雨の計測・危険度の判断から避難対象者への広報まで行ってしまうので、災害による障害を受ける可能性が少なく、かつ、比較的安価に整備可能な対処方法である。長崎県では、まずこの方式による対処方法を選択、実施したわけであるが、第7章で述べたように、保守・管理の困難さや設置台数が多くなるとトータル費用が高くなるなどの欠点もあり、県内のすべての地域を単体型土石流発生監視装置でまかなうことは経済的な方法とはいえない。



(注) 津波予報は、各機関の内部組織を通じて末端現場へ、また、放送及び市町村役場などを経由して住民に伝達される。

図 9.5 注意報・警報の伝達系統（出典：長崎市地域防災計画，昭和57年修正）

警 報 伝 達 系 統 表

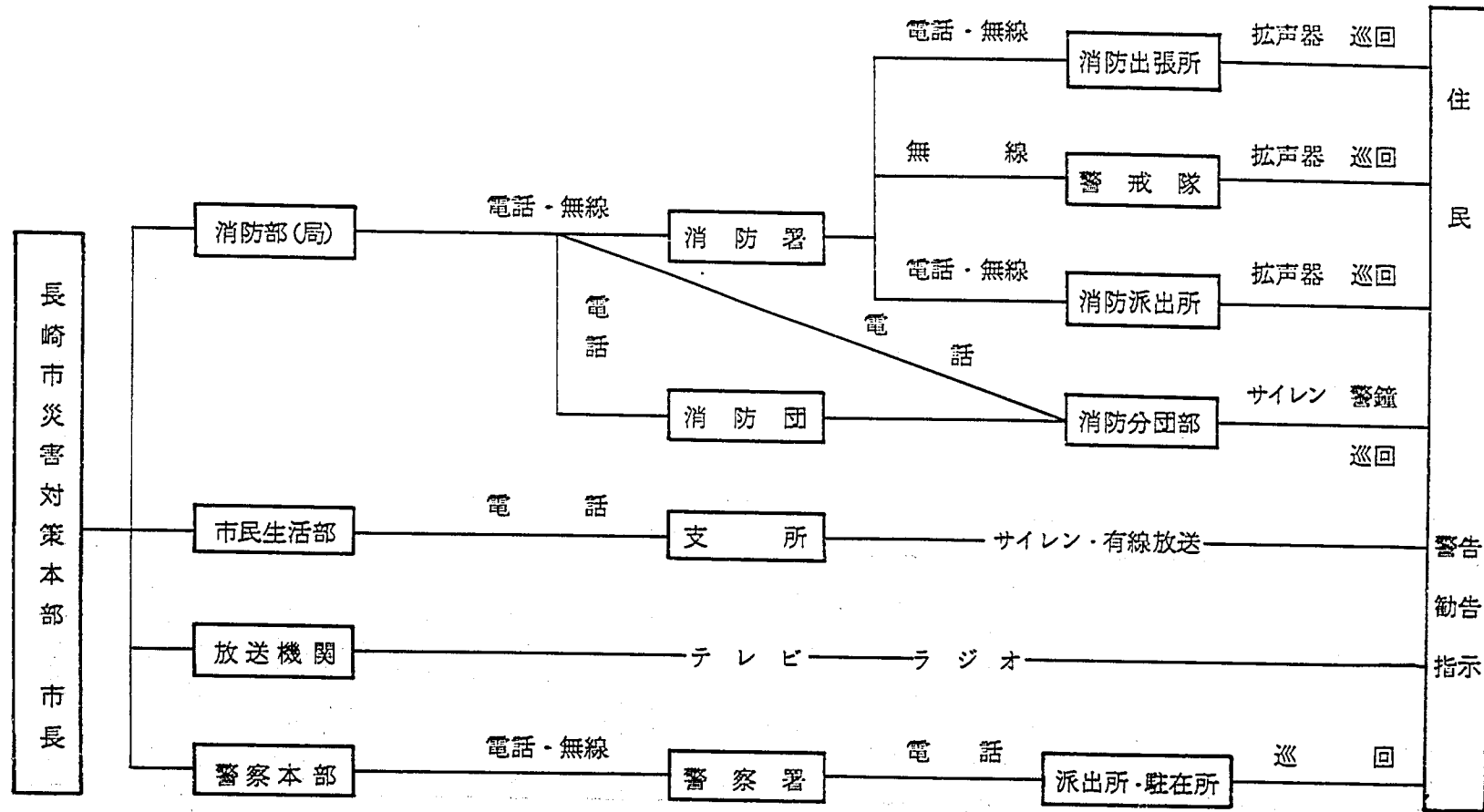


図9.6 警報伝達系統 (出典：長崎市地域防災計画，昭和57年修正)

## (2) 情報収集伝達システムの整備

単体型土石流発生監視装置による自動的な避難命令発令システムが整備されても、個々の小さな地域での防災活動が防災活動に効果があるだけにすぎない。効率的な防災活動を行うためには、防災機関相互の連絡を取りながら総合的かつ広域的な防災活動を必要とする。そのためには加入電話を中心としたものではなく、無線回線を主体とした情報収集伝達システムの整備を進めていかなければならない。また、家庭内の住民だけでなく移動中の交通機関への情報伝達手段を整備する必要がある。

### 9.4.5 土石流発生監視装置の動作例<sup>8)</sup>

57災以降、長崎県および長崎市ではハードウェア対策とともに、土石流発生監視装置を中心としたソフトウェア対策を推進することになり、災害の翌年には急速開発された単体型土石流発生監視装置が14基設置された。土石流発生監視装置はその後毎年増強を続け、1986年3月には設置台数40基の多きに達している。

ここでは、これらの土石流発生監視装置の動作状況を述べる。

#### (1) 設置場所

現在、表9.4に示す各市町村に設置されており、今後さらに増強される予定である。

表9.4 長崎県内の単体型土石流発生監視装置の設置場所（1986年3月）

| T装置（責任者へ通報する方式）   |    | N装置（住民へ直接広報する方式）   |    |
|-------------------|----|--------------------|----|
| 設置場所              | 台数 | 設置場所               | 台数 |
| 201 長崎市（ながさきし）    | 4  | 201 長崎市（ながさきし）     | 7  |
| 202 佐世保市（させぼし）    | 1  | 203 島原市（しまばらし）     | 2  |
| 207 平戸市（ひらどし）     | 1  | 204 諫早市（いさはやし）     | 1  |
| 208 松浦市（まつうらし）    | 1  | 205 大村市（おおむらし）     | 1  |
| 305 三和町（さんわちょう）   | 1  | 309 琴海町（きんかいちょう）   | 1  |
| 307 長与町（ながよちょう）   | 1  | 323 波多見町（はさみちょう）   | 1  |
| 310 西彼町（せいひちょう）   | 1  | 342 飯盛町（いいもりちょう）   | 1  |
| 312 大島町（おおしまちょう）  | 1  | 362 国見町（くにみちょう）    | 1  |
| 313 崎戸町（さきとちょう）   | 1  | 367 小浜町（おばまちょう）    | 1  |
| 314 大瀬戸町（おおせとちょう） | 1  | 369 加津佐町（かづさまち）    | 2  |
| 315 外海町（そとめちょう）   | 1  | 372 北有馬町（きたありまちょう） | 1  |
| 322 川棚町（かわたわちょう）  | 1  | 376 深江町（ふかえちょう）    | 1  |
| 366 千々石町（ちちわまち）   | 1  | 406 若松町（わかまつちょう）   | 2  |
|                   |    | 410 奈良尾町（ならおちょう）   | 1  |
|                   |    | 441 厳原町（いつはらまち）    | 1  |
| T装置合計             | 16 | N装置合計              | 24 |

備考1. 台数は、総合土石流強化手法検討会第一部会のアンケート調査によった。

2. 市町名の前の数字は、JIS(C-6261)の市町村コードによった。

3. 表のほか、国見町に集中型が1式設置されている。

#### (2) 発報回数

57災以降、長崎県には死傷者を伴うような土石流災害は発生していない。しかしながら、土石流発生

監視装置の予知判定にかかるような降雨は何回もあり，表 9.5 に示すように警報あるいは避難が相当数発表されている。

表 9.5 警戒・避難の発報回数（長崎県：単体型土石流発生監視装置）  
出典：高橋，小山内：総合土石流対策の効果，砂防と治水第54号

| 年 度    | 実働台数 | 警 報 発 報 |      | 避 難 発 報 |      | 避難／警報  |
|--------|------|---------|------|---------|------|--------|
|        |      | 回 数     | 回／台  | 回 数     | 回／台  |        |
| 昭和58年度 | 15 台 | 30      | 2.0  | 14      | 0.93 | 46.7 % |
| 昭和59年度 | 20 台 | 9       | 0.45 | 2       | 0.1  | 22.2 % |
| 昭和60年度 | 29 台 | 67      | 2.31 | 40      | 1.38 | 59.7 % |
| 合 計    |      | 106 回   |      | 56 回    |      | 52.8 % |

### (3) 避難行動

表 9.5 によれば過去56回の避難発報がなされているが，図 9.7 に示すように実際に避難行動を起こした人は30～50％程度に留まっている。図において58年度の避難比率が少ないのは設置初期でもあり，装置の初期不良などが影響していると思われる。また，図 9.8 に長崎市とそれ以外の地域の避難率を示すが，57災を経験した長崎市の避難率が際だって大きいことがわかる。しかし，実際に災害が起こらないのに避難行動を繰り返していると慣れを生じ，避難率が落ちてくることが懸念される。今後は，住民の危険意識をいかに保っていくかということに留意するとともに予知精度を向上させることが課題となろう。

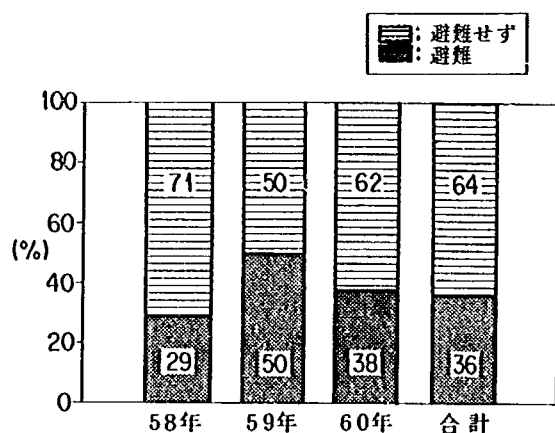


図 9.7 ELに対する避難率

（高橋，小山内：総合土石流対策の効果，砂防と治水第54号から転載）

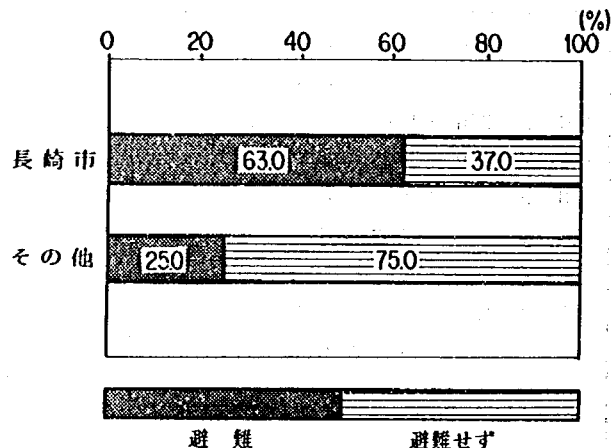


図 9.8 昭和60年度避難状況

（高橋，小山内：総合土石流対策の効果，砂防と治水第54号から転載）

## 9.5 システム動作例についての考察

### (1) 災害事例について

三隅町の場合は市町村防災行政無線が災害通信設備として有効に稼働した好例といえよう。しかし、58災では基地局が水没してしまい、災害後期には稼働できなかった。また、公衆電話回線は通話の輻輳と電話局の水没のため通信不能となり、災害通信網としての欠点をさらしてしまった。今後のシステムとしては耐災害性が強く要求される。

美杉村の場合は早い時期の情報の入手と行政側のすばやい判断が有効な警戒避難につながっており、伝達システムとしては伝達速度が重要なことがわかる。なお、美杉村では村民以外に犠牲者（見回りの電力会社職員）を出してしまったが、このような一時的滞在者に対しても村民と同様な警戒避難体制および情報収集伝達システムがあったなら、危険を回避できたのではないと思われる。今後は避難対象者（住民）だけでなく、一時的滞在者に対しても有効な情報収集伝達システムを構築しなければならない。

長崎市の場合は、日常使用されている通信システムが災害に対していかに脆弱かということを尊い人命を犠牲をはらって教えられたことになってしまった。この経験を今後の防災に生かすことで犠牲者への供養としなければならない。

ところで、美杉村と三隅町の両者の共通点として被災経験があげられる。つまり、過去に被災した人々あるいは行政組織が次の災害に相対したときに、被災経験を生かし、より適切な対策・行動を取れた例といえる。また、土石流発生監視装置の避難発報に対する長崎市の住民と長崎市以外の住民の避難率にも被災経験の有無による違いが見られる。

このように、非常に大きな災害や度重なる災害は、被災した人々やその地域社会・組織などに、災害に対する耐性あるいは免疫性を備えさせる契機となる。この被災社会が産み出す防災上の意匠（考案、工夫）は災害文化と呼ばれている。この災害文化による免疫性・耐性は、同種の災害に対しては有効と考えられるが、異種の災害（例えば洪水と崖崩れ）に対して必ずしも有効とはいえない。その例として、58災の三隅町において洪水を避けようとして高台に避難し、土砂災害に遭ったことがあげられる。また、同種の災害でも極端に規模が異なる場合、つまり、過去の経験をはるかに超える大災害に対しては役に立たないばかりか、かえって有害になる可能性もある。災害文化には2面性があり、いつでも、いかなる災害にでも有効に機能するとはいえないことに留意しなければならない。

### (2) 土石流発生監視装置の動作事例について

長崎県には最も多くの土石流発生監視装置が設置されており、その装置の発生予知情報を住民の避難に直接利用しているほとんど唯一の地域である。避難発報回数に対する避難率が30～50％程度というのが妥当かという判断はむずかしいが、予知精度が十分高いとはいえない現時点での数値としては評価できるものといえる。とくに長崎市の75％（60年度）の避難率は驚嘆に値する数値であり、57災の被災経験の恐怖がうすれていないことを意味しているものと思われる。逆にいえば、被災経験のない地域、いわゆる災害文化を有しない地域では避難率が小さく、装置の機能が発揮されていないということになる。

土石流発生監視装置を有効に利用するため、ひいては警戒避難体制を有効に作動させるためには、予知精度を向上させることはもちろん必要であるが、被災経験のない地域に災害文化を確立することも重要である。しかし、そのために全国の人々が災害を経験するわけにはいかない。既存の災害文化を有効に生かすためには、それを1つの地域社会の中に留めてしまうことなく、全国共通の文化として一般化する必要がある。また、経験による文化は風化するものであり、科学技術の進歩・人間活動範囲の拡大によって周辺環境も年々変化していくものであるので、それに対応した災害文化の熟成に努めていかなければならない。広い意味では、災害文化の熟成・普及も砂防情報収集伝達システムの役目といえるであろう。

## 9 章参考文献

- (1) 1982年台風第10号と直後の低気圧による三重県一志郡の土石流災害および奈良県西吉野村和田地すべり災害調査報告, 主要災害調査第22号, 科学技術庁国立防災科学技術センター, 1983年3月
- (2) 矢沢昭夫他: 昭和60年7月鳥根県における土砂災害現地調査報告書  
土木研究所資料第2359号, 1986年3月
- (3) 昭和57年7月長崎豪雨に伴う被害実態調査報告書, 建設省九州地建, 1983年3月
- (4) 7・23長崎大水害の記録, 長崎県, 1984年3月
- (5) 昭和57年7月長崎豪雨による災害の調査報告書, 長崎大学学術調査団, 1982年11月
- (6) 昭和57年7月及び8月豪雨災害対策調査報告書(2), 自治省消防庁, 1984年3月
- (7) 昭和57年7月豪雨災害に関する調査研究, 自然災害科学研究班, 1983年3月
- (8) 高橋龍城, 小山内信智: 総合土石流対策の効果, 治水と砂防第54号, pp 22~25

## 10. 秋田県のシステム設計例

### 10.1 概 説

秋田県では、現在、災害対策基本法に基づく地域防災計画が作成されており、情報収集伝達システムも整備されている。一部の地域には単体型土石流発生監視装置が設置されており、さらに、昭和61年度から建設省の補助を受けた総合土石流対策モデル事業を県南部の由利郡鳥海町で開始しようとしている。なお、この雄勝・十和田に設置した単体型土石流発生監視装置の動作は良好であるが、避難発報の実績はないとのことである。

このように、現実には砂防情報収集伝達システムの整備が進みつつあるが、ここでは、これまで本書で検討してきたシステム設計法をもとに、筆者らがシステム設計者の立場に立ったものと仮定して、あらためてシステム設計を試み、基本構想をまとめてみることにする。なお、ここで設計を試みるシステムはあくまで仮想のシステムであるので、実際のシステムと同一になり得ないこと、および、ここでの設計例は実際のシステムの設計・構築に対しなんら拘束を与えるものではないことをあらかじめお断わりしておく。

### 10.2 目標設定

#### (1) 最終目標

砂防情報収集伝達システムの目標は、情報を伝達することによって秋田県内の土砂災害を防止、軽減することにある。この砂防情報収集伝達システムの作成にあたっては、現状の防災システムと融和を図りながら段階的に構築を進めるものとする。

#### (2) 予 算

なにかを作ろうとすれば当然なにがしかの費用がかかるが、仮定のシステム設計者にとっては予算の想定をするのは非常にむずかしいことである。しかし、なんらかの費用の目安を持たないとシステムを考えることができない。なぜなら、費用がいくらかかってもよいとするとシステムの枠をいくらでも大きくすることができ、まとまりがつかなくなってしまうからである。逆に、費用をできるだけかけないことを条件にすれば、なにもしないのが一番よいことになる。そこで、ここでは、過去の砂防事業費をもとに予算の想定を試みるものとする。

昭和58年度版砂防便覧によれば、秋田県の昭和57年度の砂防事業費は補助事業：約46億円となっており<sup>1)</sup>、今年も年間40～50億円程度の予算を確保できると推定できる。この40～50億円は総予算であり、この中からハードウェア対策費用とソフトウェア対策費用をまかなうことになる。過去のハードウェア対策費用とソフトウェア対策費用の比は調査していないが、ハードウェア対策に関連する費用の割合が相当大的いものと想像される。しかし、ここで検討する砂防情報収集伝達システムはまったく新しいシステムであるので、過去の割合から費用を算定することは正しくない。かといって、明確な基準があるわけではないので、とりあえず、数%をこのシステムのために使用できると仮定して設計を進めること

とする。つまり、年間数億円の予算ということになる。

### (3) 完成期限

システムの完成時期は早いとさないが、年間の使用可能予算が押さえられている場合は、完成までの期間を短く想定するとトータルの予算額が少なくなるのでシステムの規模が小さくなってしまい、目標の達成度が低くなってしまうおそれがある。だからといって、非常に長い期間を想定することは、将来の技術の進歩や社会情勢の変化を正確に予測することが要求され、さらに、完成までの危険地域住民の危険負担をどのように考えるかが問題となる。年間の予算額にも関連し、明確な完成期間を規定することは困難であるが、10年を超えるというのは長すぎると思われるので、ここでは、数年から長くても10年先をシステムの目標完成時期と仮定する。したがって、トータル費用は少なくみると数億円、多めにみれば数十億円ということになる。

## 10.3 環境条件

### (1) 秋田県の沿革

秋田県は東北地方北西部に位置し、西は日本海、東は岩手県、北は青森県、南は山形、宮城両県に接している。面積は約  $11,611 \text{ km}^2$ 、人口は約 126 万人（1980 年国勢調査）で人口密度は  $108.3 \text{ 人/km}^2$  であり、森林面積は  $8,250 \text{ km}^2$  と全県面積の 7 割以上を占める。県都は秋田市（人口約 28.5 万人）、面積の大きさからみれば北海道、岩手県、長野県、福島県、新潟県について全国 6 位にあたるが、人口は 30 位、人口密度は全国 45 位（ちなみに 46 位岩手県、最下位北海道）であり、どちらかといえば過疎地帯にあたる。産業は林業、農業が盛んで、第 2 次産業は振るわない。

気候は対馬暖流と北西季節風の影響を受ける裏日本式で、同緯度の岩手県に比べれば温かく、冬期の内陸は積雪が多い。秋田市での年平均降水量は  $1787 \text{ mm}$  である。一般に北日本の降水量は  $1000 \text{ mm}$  前後、西日本の降水量は  $2000 \text{ mm}$  前後で、全国平均の降水量が  $1500 \text{ mm}$  程度であるので、秋田市は多い部類に属する。しかし、県内でも海岸部と内陸部、北部と南部では地域差があり、秋田市の雨量が県全体を必ずしも代表していない。

地勢的にみると、県の東部、青森県、岩手県、宮城県の県境には第三紀層の褶曲山脈である奥羽山脈と那須火山帯が縦走し、八幡平、駒ヶ岳、栗駒山などの火山と十和田湖、田沢湖のカルデラ湖をつくり、その西寄りには出羽山地と烏海火山帯が並走している。大河川としては県北に米代（よねしろ）川、県南に雄物（おも）川が流れ、それぞれ能代平野、秋田平野を形成して日本海に注いでいる。

交通は奥羽本線を中心とする国鉄線、7 号および 13 号を中心とする国道があり、いずれも幹線は南北方向の縦貫線である。最近、東北縦貫自動車道の青森浦和間が全通したが、その支線の東北横断道路秋田線は工事中である。

地方マスコミ機関としては秋田魁新報、北羽新報、秋田放送（テレビ、ラジオ）、秋田テレビがある。

### (2) 現状の防災体制

現状の防災体制組織を図 10.1 に、動員伝達系統を図 10.2 に、気象予警報等の伝達・通報系統を図 10.3

に、災害情報の収集連絡報告等の伝達系統を図 10.4 に示す。

### (3) 現状の通信網

現状の県防災行政無線系統を図 10.5 に、孤立防止無線機配置図を図 10.6 に、警察無線通信網を図 10.7 に、気象無線通信網を図 10.8 に、建設省無線通信網を図 10.9 に、電力無線通信網を図 10.10 に、港湾建設局無線通信網を図 10.11 に示す。なお、秋田県の県防災行政無線は既に整備が進められており、1978 年から運用中である。しかし、市町村防災無線の整備は遅れており、全市町村に対する整備済み市町村の割合は 13%（1984 年末の数値、ちなみに同時期の全国平均整備率は 28.5%）にすぎない。

### (4) 現状の雨量観測設備

気象庁管轄の気象観測設備を図 10.12 に示す。参考として気象台の気象注意報・警報発表基準を表 10.1 に示す。

### (5) 過去の気象災害

異常気象別の被害発生状況を表 10.2 に示す。

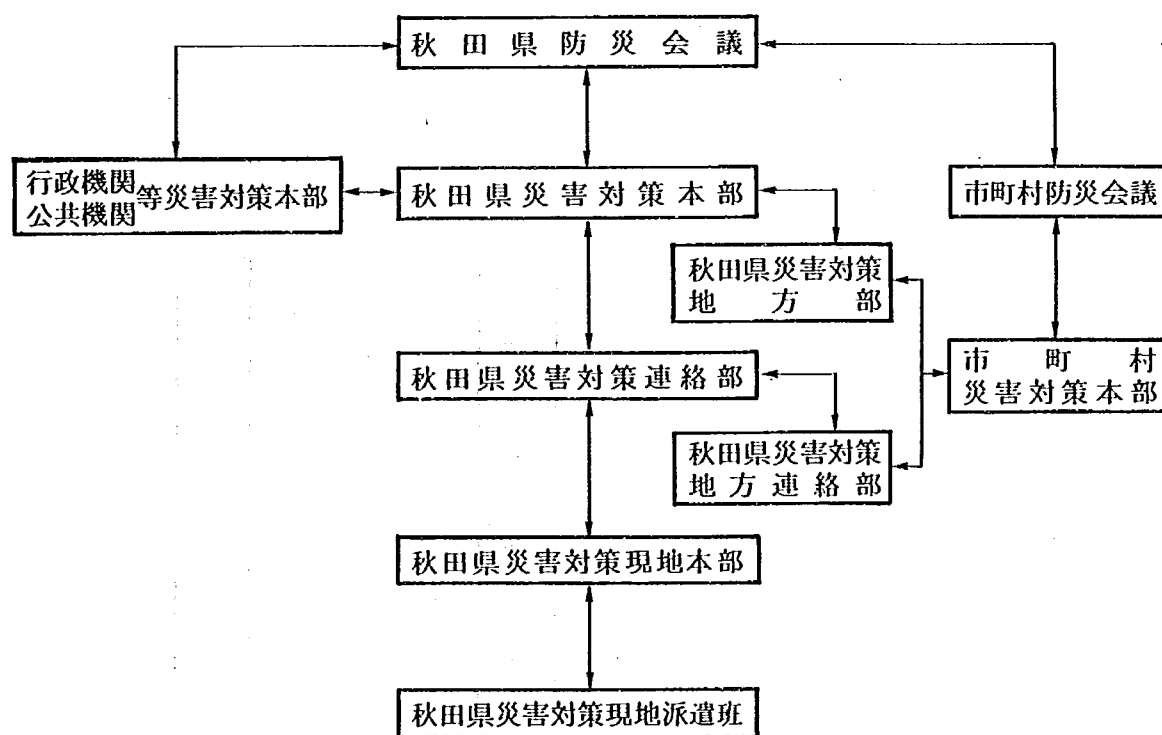


図 10.1 秋田県の防災体制組織

（出典：秋田県地域防災計画，計画編，昭和59年修正）

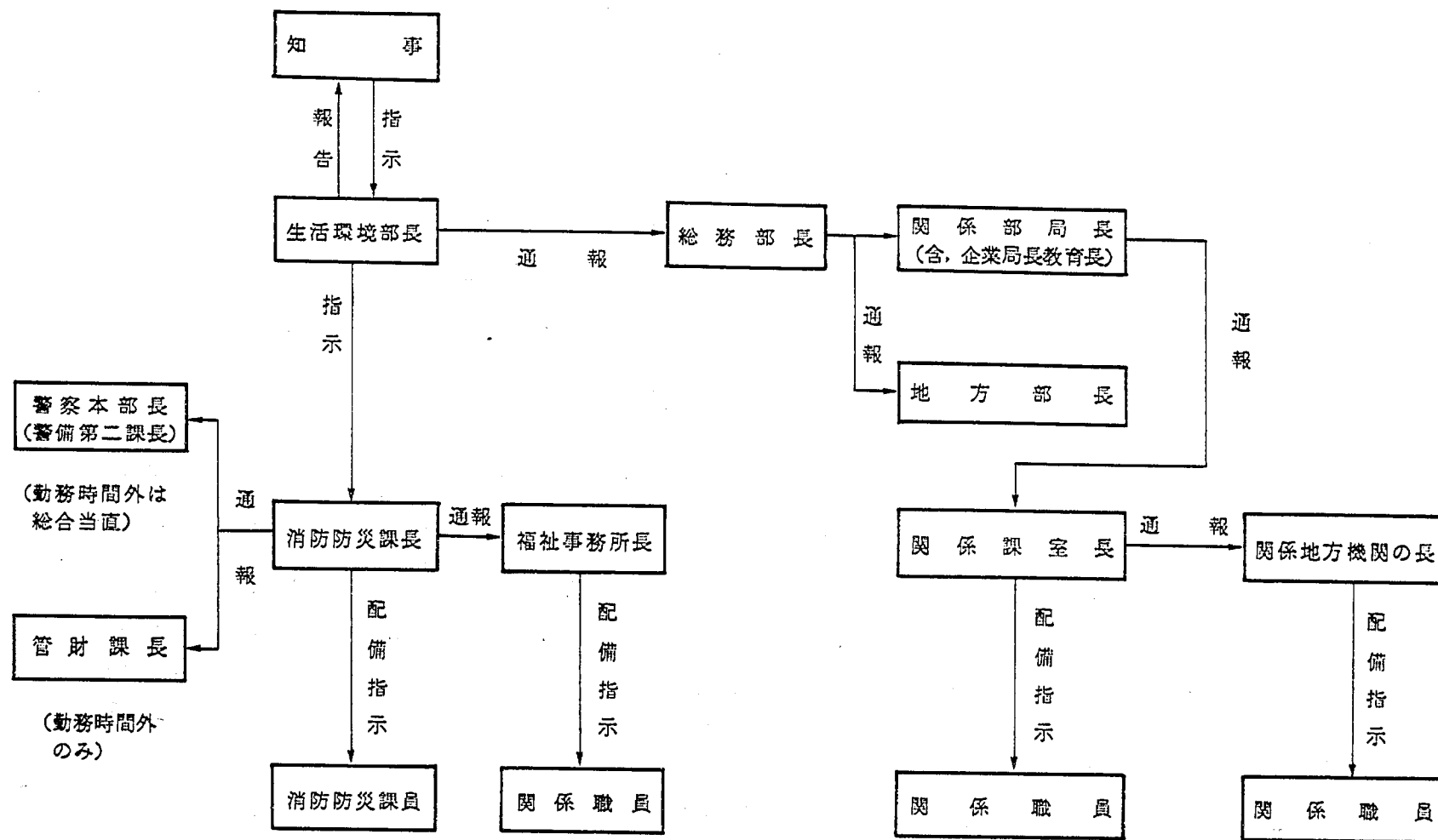


図 10.2 秋田県の動員伝達系統

(出典：秋田県地域防災計画，計画編，昭和59年修正)

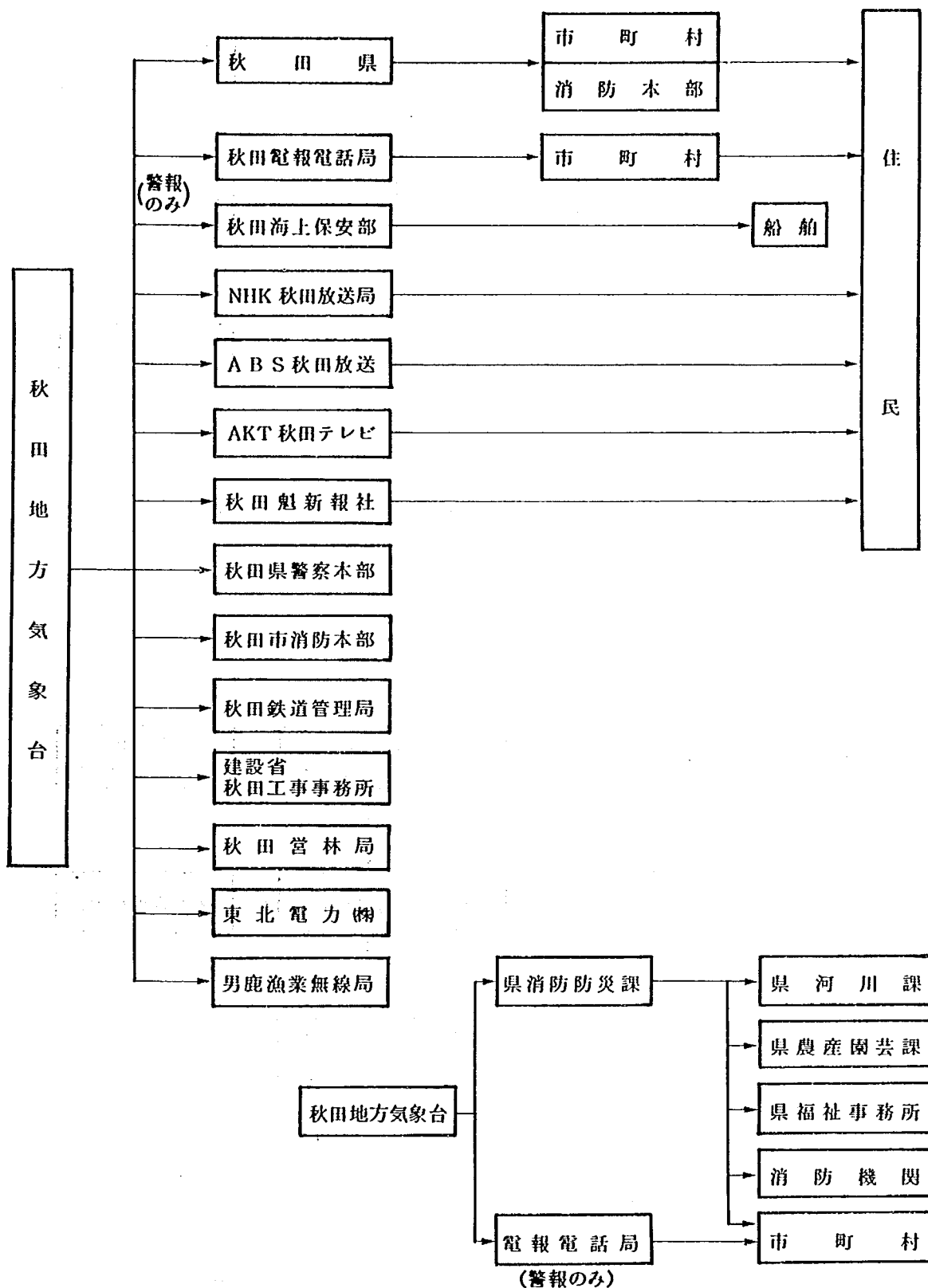
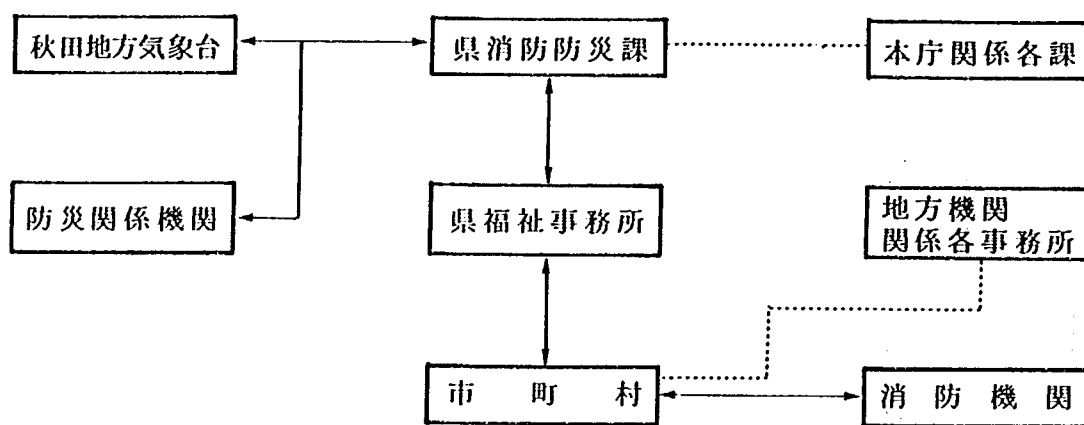


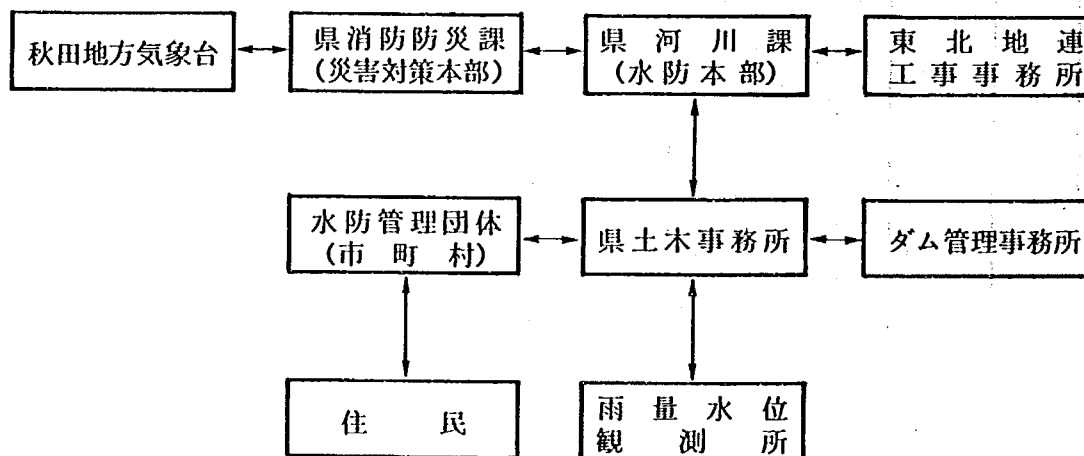
図10.3 秋田県の気象予警報等の伝達・通報系統  
(出典：秋田県地域防災計画，計画編，昭和59年修正)



注 1. ……は必要により報告

2. 県本庁関係各主管課のうち、土木部は河川課とする。

(a) 災害等に関する情報，連絡系統図（含火山情報）



(b) 水防活動時の伝達系統図

図 10.4 秋田県の災害情報収集・連絡・報告等の伝達系統  
（出典：秋田県地域防災計画，計画編，昭和59年修正）

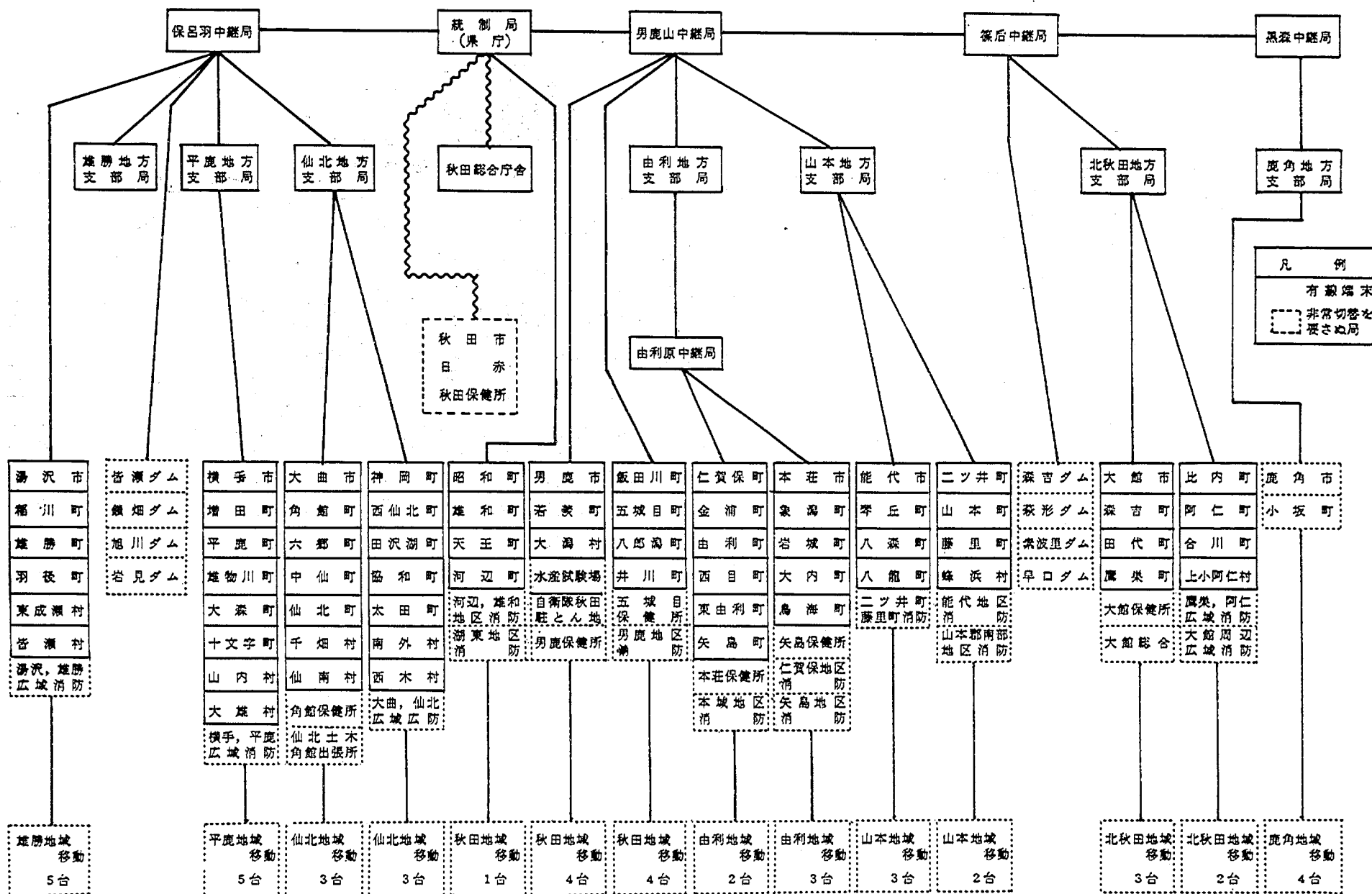


図 10.5 秋田県防災行政無線系統

(出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正)

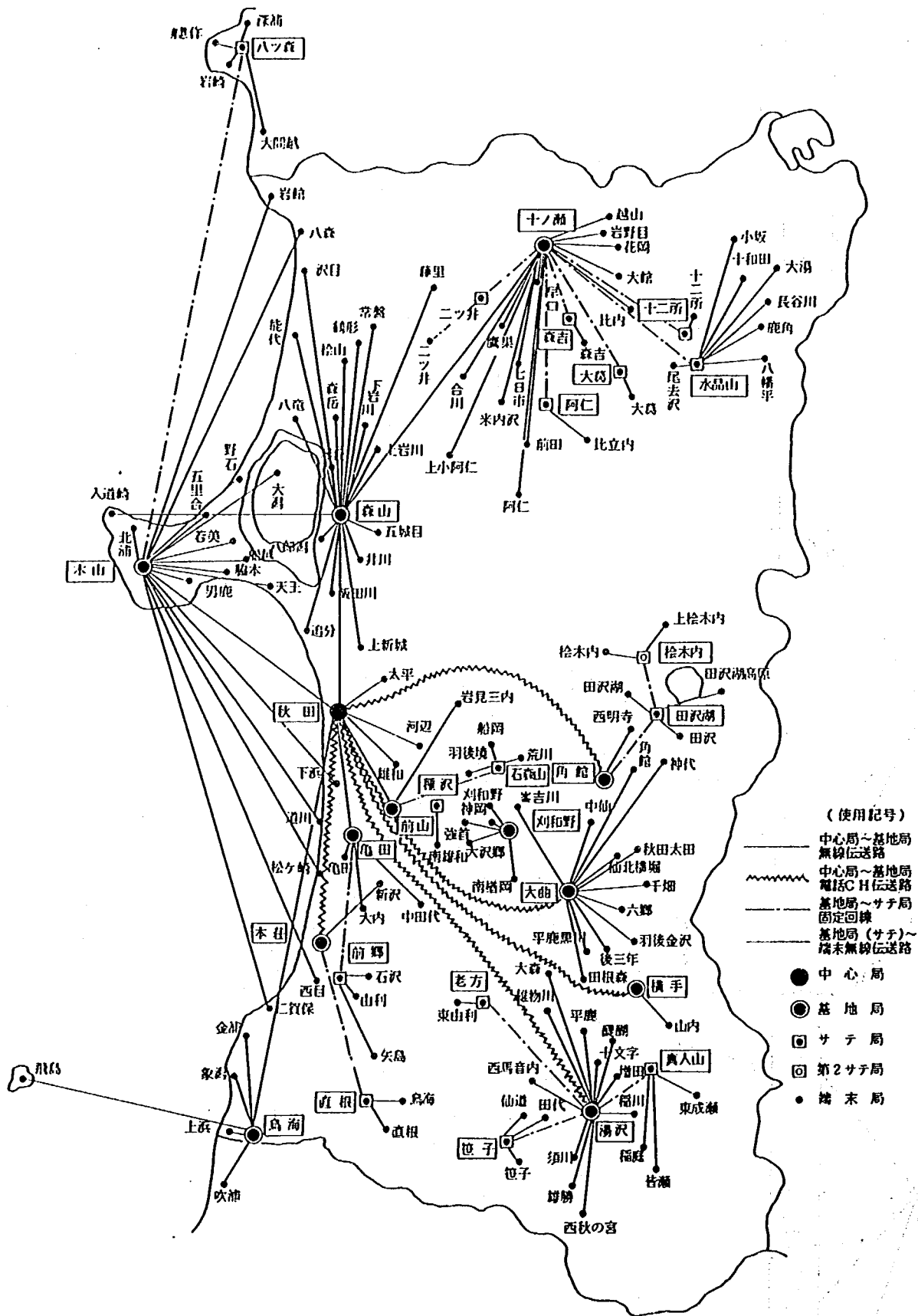


図 10.6 秋田県の孤立防止無線機配置図

(出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正)

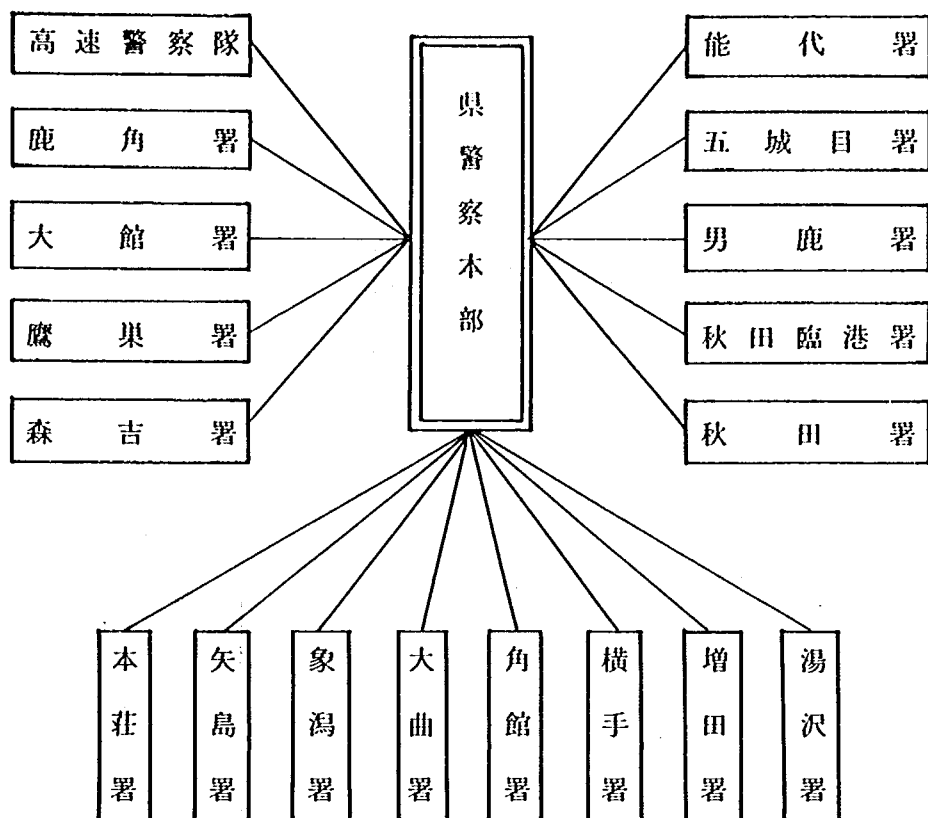


図 10.7 秋田県の警察無線通信網（秋田県警察本部）  
 （出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正）

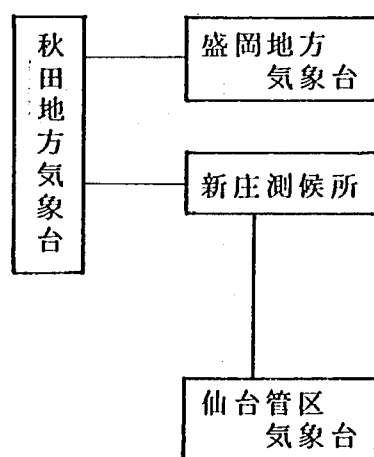


図 10.8 秋田県の気象無線通信網（秋田地方気象台）  
 （出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正）

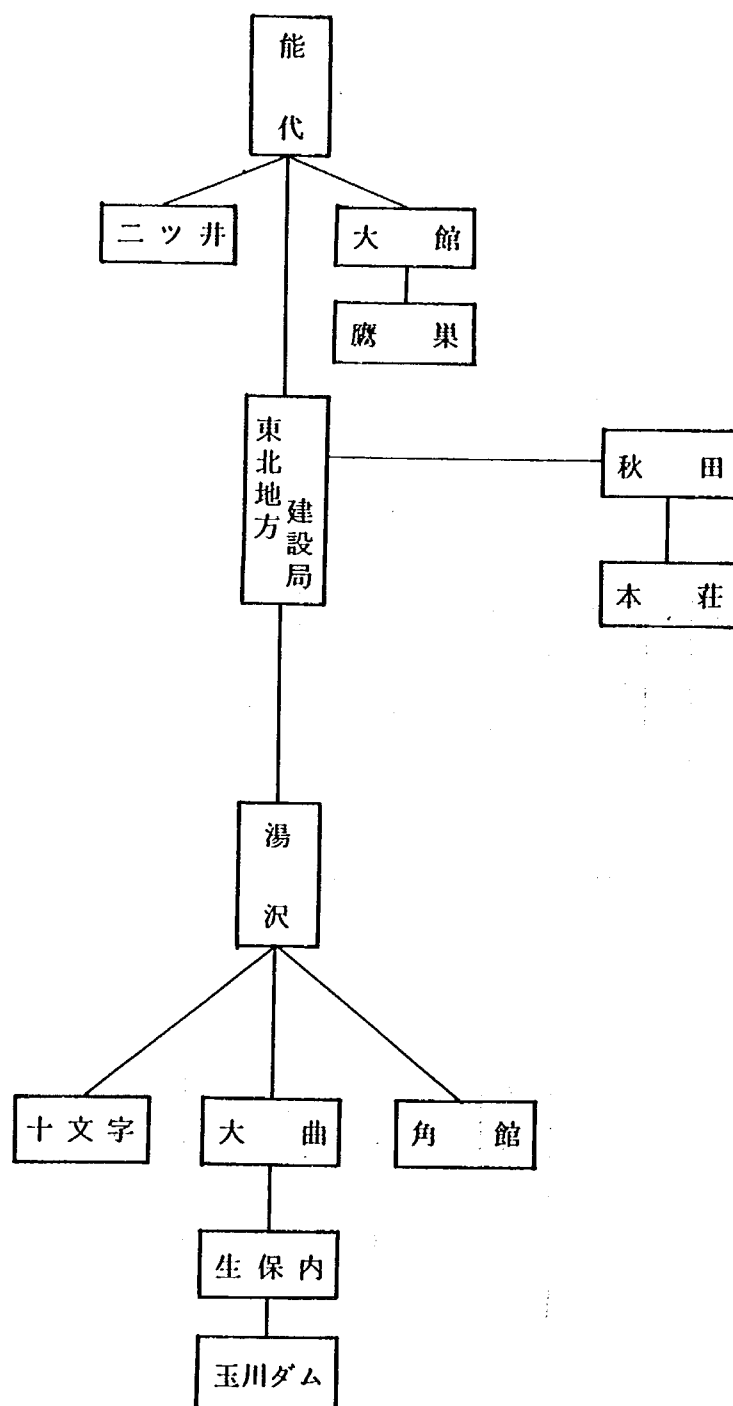


図 10.9 秋田県の建設省無線通信網（東北地方建設局）  
（出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正）

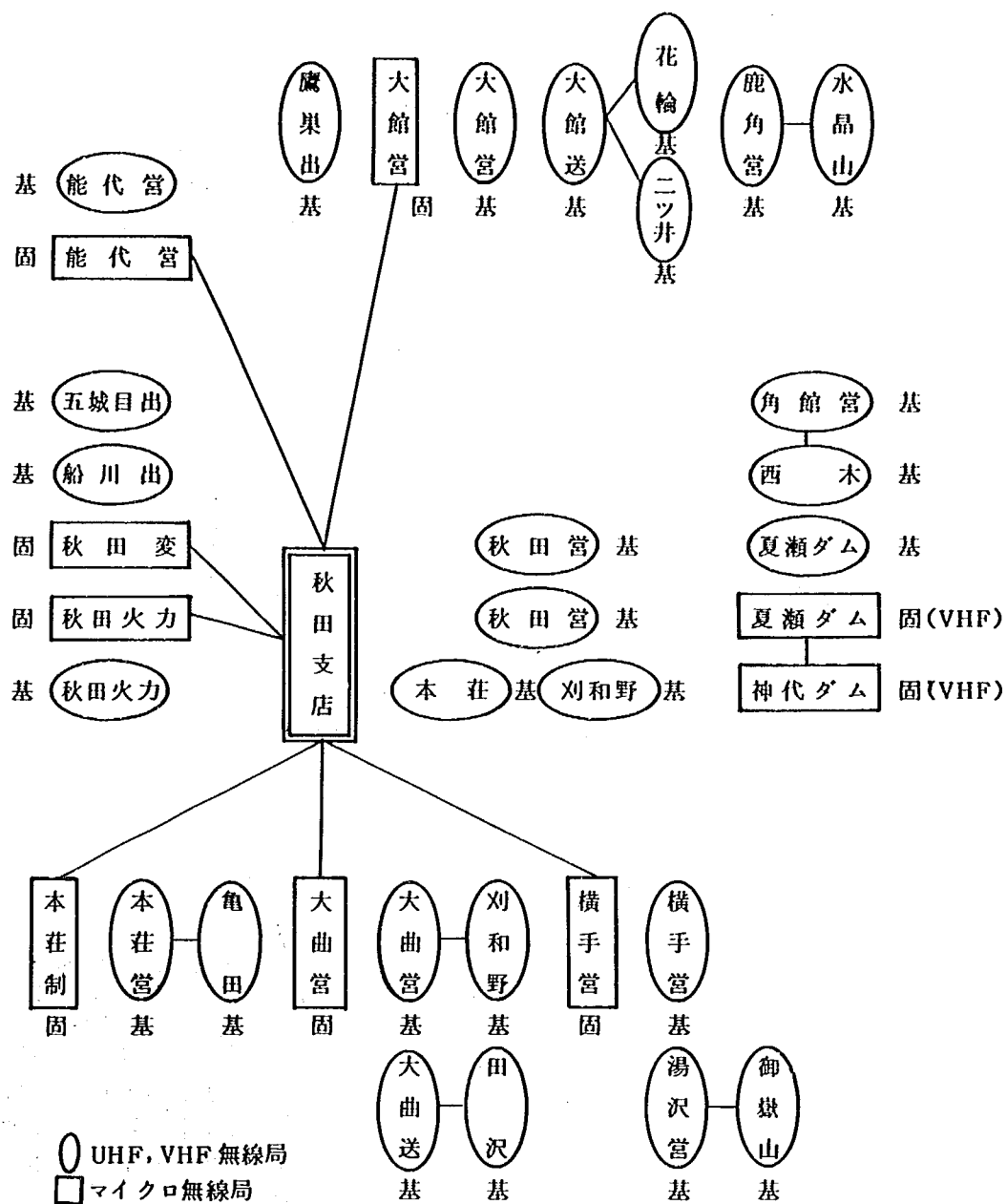


図 10. 10 秋田県の電力無線通信網（東北電力）  
（出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正）

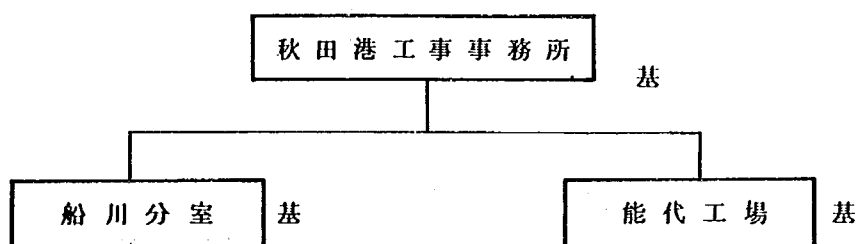


図 11. 11 運輸省第一港湾建設局無線通信網（秋田港工事事務所）  
（出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正）



表 10.1 秋田県の気象注意報・気象警報等の種類と発表基準  
(出典：秋田県地域防災計画，資料編，昭和59年修正)

| 種 類                                                                                 |              | 発 表 基 準                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 注<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>意<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>報 | 風雨注意報        | 風雨によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>並雨以上の雨を伴い，平均風速が10 m/sec（ただし秋田市は13 m/sec）をこえ<br>ると予想される場合                                                                                                  |
|                                                                                     | 風雪注意報        | 風雪によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>降雪を伴い平均風速10 m/sec（ただし秋田市は13 m/sec）をこえると予想され<br>る場合                                                                                                        |
|                                                                                     | 強風注意報        | 強風によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>平均風速が10 m/sec（ただし秋田市は13 m/sec）をこえると予想される場合                                                                                                                |
|                                                                                     | 大雨注意報        | 大雨によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br><div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> 1 時間雨量 30 mm<br/> または 3 時間雨量 45 mm<br/> または 24 時間雨量<br/> 平地60 mm，山地80 mm </div> をこえると予想される場合 |
|                                                                                     | 大雪注意報        | 大雪によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>24時間降雪の深さが30 cmをこえると予想される場合                                                                                                                               |
|                                                                                     | 濃霧注意報        | 濃霧によって交通機関等に著しい支障が生ずるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>濃霧によって視程が陸上100 m 以下，海上500 m 以下になると予想される場合                                                                                              |
|                                                                                     | 雷雨注意報        | 激しい雷雨が起こって落雷などの被害が予想される場合                                                                                                                                                                            |
|                                                                                     | 異常乾燥<br>注意報  | 空気が乾燥し火災の危険が大きいと予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>最小湿度40%以下で，実効湿度65%以下，または，実効湿度70%以下で，風速<br>10 m/sec 以上になると予想される場合                                                                                   |
|                                                                                     | なだれ<br>注意報   | なだれによって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>山沿いで24時間降雪の深さが40 cm以上，または積雪が50 cm以上で，日平均気温<br>5℃ 以上の日が継続すると予想される場合                                                                                       |
|                                                                                     | 着氷(雪)<br>注意報 | 着氷(雪)によって通信線や送電線等に被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>大雪注意報の条件下で気温が-2℃より高いと予想される場合                                                                                                                  |
|                                                                                     | 霜注意報         | 霜によって農作物に著しい被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>早霜，晩霜期に最低気温が2℃ 以下になると予想される場合                                                                                                                        |

| 種 類   |                     | 発 表 基 準                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 注 意 報 | 異常低温<br>注意報         | 異常な低温によって農作物等に著しい被害が、また水道凍結など大きな被害が起これと予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>夏期：最高、最低又は平均気温が平年より4～5℃以上低い日が数日以上続くと予想される場合<br>冬期：最低気温が-7℃以下、または-5℃以下が数日続くと予想される場合                                                                                                                                                                    |
|       | 融雪注意報               | 融雪が急激に起こり、被害が予想される場合                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|       | * 地面現象<br>注意報       | 大雨、大雪等による山くずれ、地すべり等によって被害が予想される場合                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|       | 高潮注意報               | 台風等による海面の異常上昇について、一般の注意を喚起する必要がある場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>潮位が東京湾平均海面(T.P)上1.0mをこえと予想される場合                                                                                                                                                                                                                                  |
|       | 波浪注意報               | 風浪、うねり等によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>波高3～6mと予想される場合                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|       | * 浸水<br>注意報         | 浸水によって被害が予想される場合                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|       | 洪水注意報               | 洪水によって被害が予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br><div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> 1時間雨量 30mm<br/> ただし総雨量 60mm<br/> または3時間雨量 45mm<br/> ただし総雨量 60mm<br/> または24時間雨量 平地60mm<br/> 山地80mm </div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">}</div> <div>をこえと予想される場合</div> </div> |
| 警 報   | その他の<br>異常現象<br>注意報 | 異常な気象現象が起これて被害が予想される場合、その気象現象名を冠して行う。                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|       | 暴風雨警報               | 暴風雨によって重大な災害が起これるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>平均風速20m/sec(冬期間23m/sec)をこえと予想される場合(降雨を伴わない場合も含む)                                                                                                                                                                                                                     |
|       | 暴風雪警報               | 暴風雪によって重大な災害が起これるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>平均風速23m/sec(冬期間以外は20m/sec)をこえと予想される場合(降雪を伴わない場合も含む)                                                                                                                                                                                                                  |

| 種 類 |              | 発 表 基 準                                                                                                                                                              |  |
|-----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 警 報 | 大 雨 警 報      | 大雨によって重大な災害が起こるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>1時間雨量 50mm<br>ただし総雨量 80mm<br>または3時間雨量 80mm<br>または24時間雨量 平地 110mm<br>山地北部 150mm<br>山地南部 130mm<br>をこえると予想される場合 |  |
|     | 大 雪 警 報      | 大雪によって重大な災害が起こるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>24時間降雪の深さが60cmをこえると予想される場合                                                                                   |  |
|     | *地面現象<br>警 報 | 大雨、大雪等による山くずれ、地すべり等によって重大な災害が起こるおそれ<br>があると予想される場合                                                                                                                   |  |
|     | 高 潮 警 報      | 台風等による海面の異常上昇によって重大な災害が起こるおそれがあると予想<br>される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>潮位が東京湾平面海面(T,P)上 1.5 mをこえると予想される場合                                                            |  |
|     | 波 浪 警 報      | 風浪、うねり等によって重大な災害が起こるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>波高が6 mをこえると予想される場合                                                                                      |  |
|     | *浸水警報        | 浸水によって重大な被害が起こるおそれがあると予想される場合                                                                                                                                        |  |
| 報   | 洪 水 警 報      | 洪水によって重大な災害が起こるおそれがあると予想される場合<br>おおむね次の条件に該当する場合である。<br>1時間雨量 50mm<br>ただし総雨量 80mm<br>または3時間雨量 80mm<br>または24時間雨量 平地 110mm<br>山地北部 150mm<br>山地南部 130mm<br>をこえると予想される場合 |  |

- 注 1. 発表基準欄に記載した数値は秋田県における過去の災害発生頻度と気象条件との関係を調査してできたものであり、気象要素によって災害発生を予想する際のおおむねの目安である。
2. \*印の注意報、警報は課題をださないで、その内容を他の気象注意報、警報の本文に含めて行う。

表 10.2 異常気象別被害発生状況

(出典：日本の河川像を求めて，建設省河川局河川計画課編，1983年)

| 項目          |          | 洪水年月日  | 22.7<br>21~24  | 43.9<br>16~17  | 26.8<br>6 | 31.7<br>22~23 | 33.7<br>27~29 | 88.8<br>12 | 40.7<br>14 | 45.<br>1/30~<br>2/2 | 47.7<br>7~9 | 54.<br>8/30~<br>4/1 | 56.8<br>21~24 |
|-------------|----------|--------|----------------|----------------|-----------|---------------|---------------|------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------|
|             |          | 気象別    | 豪 雨            | 台風水<br>害       | 豪 雨       | 大雨洪水          | 大雨洪水          | 集中豪<br>雨   | 集中豪<br>雨   | 暴風雨<br>雪            | 豪 雨         | 暴風雨                 | 大 雨           |
| 人的被害<br>(人) | 死者       | 33     | 2              | 9              | 2         | 3             |               |            |            |                     |             | 10                  | 10            |
|             | 負傷者      | 5      |                | 8              | 3         |               |               |            | 3          | 1                   |             | 7                   | 1             |
|             | 行方不明     | —      | 7              |                |           | 2             |               |            |            |                     |             |                     |               |
|             | 計        | 38     | 9              | 17             | 5         | 5             |               | 3          | 1          |                     | 17          | 11                  |               |
| 物的被害        | 全壊家屋     | 733    |                | 42             | 32        |               |               |            | 9          |                     | 70          | { 2,167             | { 1,213       |
|             | 半壊家屋     |        | 3              | 16             | 21        | 20            |               | 30         | 2          | 73                  |             |                     |               |
|             | 床上浸水     | 19,185 | 695            |                | 342       |               | 121           | 2,884      | 8          | 2,915               | 208         | 15.63               |               |
|             | 床下浸水     | 21,072 | 2,453          | 1,121          | 1,537     | 3,541         | 554           | 10,163     | 99         | 3,058               |             |                     |               |
|             | 田畑流失埋没   | 70,867 | 257            | 7,800          | 24        | 804           |               |            |            | 673.2               | 30,081.6    | 3,695.3             |               |
|             | 田畑冠水     | 64,948 | 8,420          |                | 1,929     | 24,306        | 830           |            |            | 30,081.6            |             |                     |               |
|             | 橋梁流失     | 862    | 194            | 95             | 44        | 81            | 7             |            |            | 70                  | 461         |                     |               |
|             | 道路決壊     | 660    | 16             | 67             | 28        | 186           | 40            |            |            | 461                 |             |                     |               |
|             | 堤防決壊     | 964    | 487            | 107            | 59        | 32            | 8             |            |            |                     | 21,654      |                     |               |
|             | 被害額(百万円) |        |                |                |           |               |               |            |            |                     |             |                     |               |
| 計           |          |        |                |                |           |               |               |            |            |                     |             |                     |               |
| おもな被害区域     |          | 全県域    | 仙北<br>平鹿<br>雄勝 | 由利<br>河辺<br>仙北 | 県北部       | 由利郡           | 県北            | 県中央<br>・南  | 県内         | 中央~北部               | 全県域         | 全県域                 |               |
| 雨量          | 観測地      | 院内     | 増田             | 大正寺            | 小坂        | 岩見三<br>内      | 陽楽            | 大曲         | 粕毛         | 藤琴                  | 藤里          | 限場                  |               |
|             | 雨量       | 204.4  | 79.2           | 115.0          | 120.5     | 190.0         | 165.0         | 126.0      | 164.8      | 261                 | 91          | 132                 |               |

## 10.4 目的の明確化

システムの目標は，情報を伝達することによって秋田県内の土砂災害を防止，軽減することにあるが，この目標は非常に漠然としており，このままでは具体的なシステムを設計することができない。そこで，次のように目標を細分化し，それぞれに対して検討を加えるものとする。

- ① 全県の砂防情報を統合管理する砂防情報センターの整備
- ② 雨量観測網の整備
- ③ 土石流発生予知システムの整備
- ④ 通信網の整備

## 10.5 基本構想

### 10.5.1 砂防情報センター

#### (1) システム構成

県に砂防情報センター（メインセンター）を設けて全県を総括するとともに，土砂災害発生の危険性の高いあるいは危険箇所の多い，いくつかの市町村にサブセンターを設けるものとする。サブセンター

のない市町村のメインセンターが対応する。サブセンターをどこにいくつ設けるかは予算と危険度の兼ねになるが、ここでは代表地として鳥海町を選んで検討を加える（図10.13参照）。これ以外のサブセンターも同様手法で設計できる。

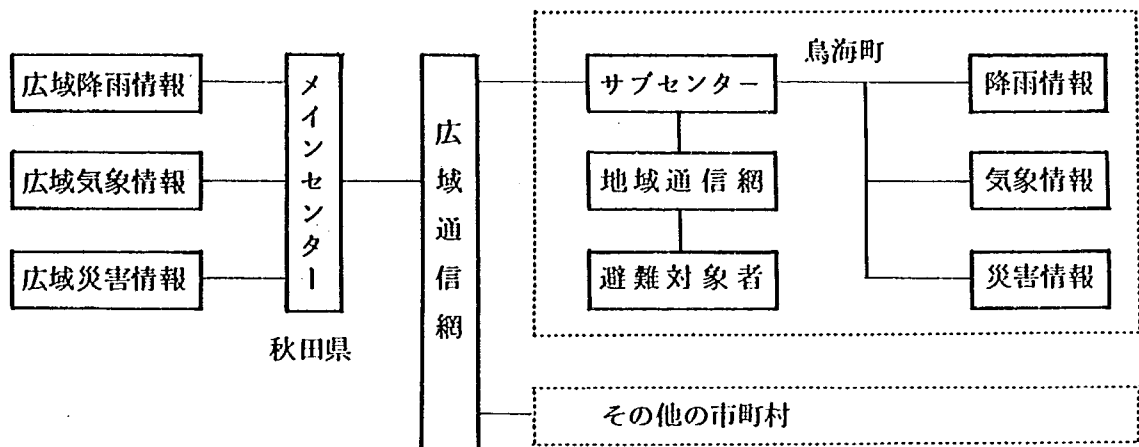


図10.13 秋田県のシステム構成(案)

## (2) メインセンターの設置場所

災害対策本部が設置される場所、つまり県庁にメインセンターを設置する。

## (3) メインセンターの役割

- ① 県内全域の情報を収集・処理し、サブセンターに広域情報を供給する。
- ② 秋田市およびサブセンター未設置市町村に対し、警戒・避難情報を提供する。
- ③ 各種情報の整理・保管・管理を行う。

## 10.5.2 雨量観測システム

### (1) 地上雨量計

図10.12に示した観測所の他に建設省河川・ダム管理用の雨量観測所が数十箇所存在するので、県内合計100箇所前後の雨量観測所があることになる。しかし、そのなかには、自記あるいは普通雨量計を含んでいるので、リアルタイムデータ収集が可能な雨量観測所は50箇所程度と思われる。秋田県の面積は約11,611km<sup>2</sup>であるので、1局当たりの面積は200km<sup>2</sup>程度になるが、土砂災害予知のためにはより高密度の設置を要求される。理想的な設置密度をいえば、1km<sup>2</sup>あたりに1観測所を設置したいところであり、1万箇所以上のテレメータ雨量観測所を必要とする。しかし、テレメータ雨量観測所は1局当たり数百万円の費用を要し、1万箇所というのは予算面からみて実現不可能な数値なので、危険度の大きい地域に重点的に設置することになる。

### (2) レーダ雨量計

地上雨量計を高密度に設置するのは費用がかかるが、レーダ雨量計は1箇所で大範囲の地域の雨量を測定できるので、経済的に雨量観測システムを構築できる。東北地方には、まだ建設省のレーダ雨量計が設置されていないが、近い将来に整備する予定であり、河川情報センターを通して容易にデータを手に入れるようになる。しかし、このレーダ雨量計は1つの測定メッシュが10km<sup>2</sup>程度と比較的大きく、

さらに、秋田県はレーダサイトからの距離が離れているので、高精度の測定を期待できない。そのため、小型レーダ雨量計との併用が望まれる。なお、レーダ雨量観測網が整備されても、地上雨量計の必要性は無くならない。なぜなら、レーダ雨量計の測定精度を上げるためには正確かつ高密度の地上雨量測定が不可欠であるからである。

### (3) 整備手順

大型レーダ雨量計は砂防以外でも利用するので、本体は砂防予算を使わなくても整備でき、端末設備を用意するだけでよい。そのため、とりあえず地上雨量計の整備を推進することとし、危険地域には10km<sup>2</sup>程度に1台を目標とする。さらに、小型レーダ雨量計の砂防における有効性の確認作業を進めるものとする。その方法の一つとして代表地を選んでの試験導入も考えられる。

## 10.5.3 土石流発生予知システム

指針案による土石流発生予知は個々の溪流ごとに行うものであるので、原則的にはサブセンターに予知システムを設置し、メインセンターとしては各サブセンターに対して雨量解析技術等の協力を行うことになる。ただし、サブセンターは県内すべての市町村に設置するわけではないので、設置していない市町村に対してはメインセンターで対処することになる。

## 10.5.4 通信システム

### (1) 関係機関相互の通信

長崎市の57災で経験したように、災害最中に防災活動の中心となるべき県庁所在地の防災機関相互の連絡がとれないと統一的な防災活動がとれなくなる可能性が大きい。現在、秋田県では県防災行政無線が整備されているが、建設省事務所・警察署・消防署・気象台などの防災関連機関相互の通信は有線回線である電話（加入および専用）回線が主流となっている。また、防災担当者個人への連絡は加入電話に頼っているのが現状である。有線回線が災害に弱いのは周知の事実であるので、これらを無線化する必要がある。

### (2) 広報装置

まずは、市町村防災無線（同報無線）の整備を進めるべきであろう。同報方式にスピーカ放送と戸別受信機が考えられるが、過疎地域は戸別受信機を主体とすべきである。

## 10.5.5 メインセンターの構成

メインセンターの構成(案)を図10.14に示す。

## 10.5.6 データベースについて

土砂災害発生の予知・予測をするためには、因果関係を有する多くのデータの相互関連を調査・研究する必要がある。今後、予知・予測精度を高めていく過程で各種データの管理が重要な課題となろう。砂防情報収集伝達システムを運用していくことによって副次的に多くのデータを収集することができるが、これを有効に利用するためには利用しやすい形態のものとしておく必要がある。そのためにはコンピュータを使ったデータベースを構築するのが好ましい。幸い、パソコンの普及によって安価にデータベースを構築できる時代となってきているので、メインセンターに自動的にデータを収集・蓄積・管理

できるシステムを設けるものとする。

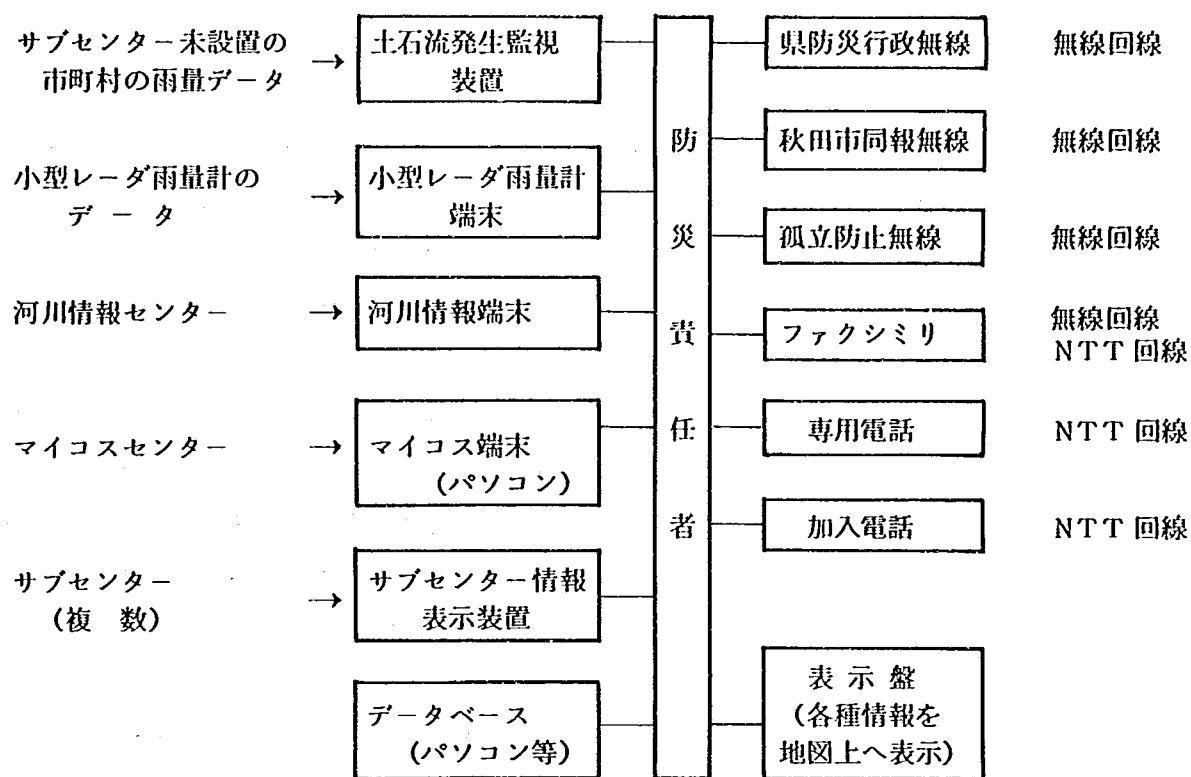


図 10.14 メインセンター機器構成 (案)

## 10.6 鳥海町のサブセンター

サブセンターの代表として鳥海町を選び、検討を加える。なお、ここで設計を試みるシステムはあくまで仮想のシステムであるので、実際のシステムと同一になり得ないこと、および、ここでの設計例は実際のシステムの設計・構築に対しなんら拘束を与えるものではないことを重ねてお断りしておく。

### 10.6.1 目標設定

#### (1) 最終目標

砂防情報収集伝達システムの目標は、情報を伝達することによって鳥海町の土砂災害を防止、軽減することにある。また、県内最初のサブセンターとして他の市町村の手本となるようところがける。この砂防情報収集伝達システムの作成にあたっては、現状の防災システムと融和を図りながら段階的に構築を進めるものとする。

#### (2) 予 算

全県の砂防情報収集伝達システムに対する年間予算が数億円程度なので、鳥海町としては1億円前後と考えればよい。

#### (3) 完成期限

他の市町村の手本にするためには、できるだけ早期にシステムを完成させる必要があるので、ここで

は2～3年後の完成を目標とする。年間予算が1億円程度とすれば、トータル費用は2～3億円ということになる。

#### 10.6.2 鳥海町の環境条件

##### (1) 鳥海町の遠隔

由利郡鳥海町（1985年11月1日町制施行）は、鳥海山を背景にその北東山麓に位置し、東は雄勝（おがち）郡羽後町と雄勝町に、西は由利郡矢島（やしま）町と山形県飽海（あくみ）郡遊佐（ゆざ）町に、南は山形県飽海郡真室川町と八幡（やわた）町に、北は矢島町に隣接する、子吉（こよし）川支流の各河川の流域に集落が発達した町である。人口は8,563人、1,980世帯（1985年国勢調査）、面積は322.54 km<sup>2</sup>で、人口密度27.02人/km<sup>2</sup>（いずれも1985年国勢調査）となっている。

鳥海山の東には兜山、丁（ひのと）岳、甌（こしき）山などの1,000 m以上の高峰が立ち並び、子吉川水系と最上川水系の分水嶺となっている。子吉川水系の支流は笹子（じねご）川、子吉川（鳥海川）およびその樹枝状に広がる数多くの溪流から構成され、笹子川は比較的流れが緩やかで、淵の多い川であり、一方の子吉川は鳥海山9合目付近にその源を発し、激しい自然の侵略の痕跡を留めながら、険しい山岳を縫う幾多の急流を集めて流れ、栗沢で笹子川と合流、遠く日本海へ注ぐ。

##### (2) 現状の防災体制

鳥海町の防災体制組織を図10.15に、動員伝達系統を図10.16に、気象予警報・災害情報等の伝達・通報系統を図10.17に、災害時の通報・指示伝達系統を図10.18に示す。

##### (3) 現状の通信網

鳥海町の通信系統を図10.19に示す。なお、秋田県とは県防災行政無線で通信回線が結ばれているが、市町村防災無線（同報無線）はまだ整備されていない。

##### (4) 現状の雨量観測設備

地域防災計画に記載されている雨量観測所は町内に次の3箇所しかない。

- ① 鳥海町役場                      自記雨量計
- ② 気象庁笹子観測所            普通雨量計
- ③ 県土木部笹子観測所        普通雨量計

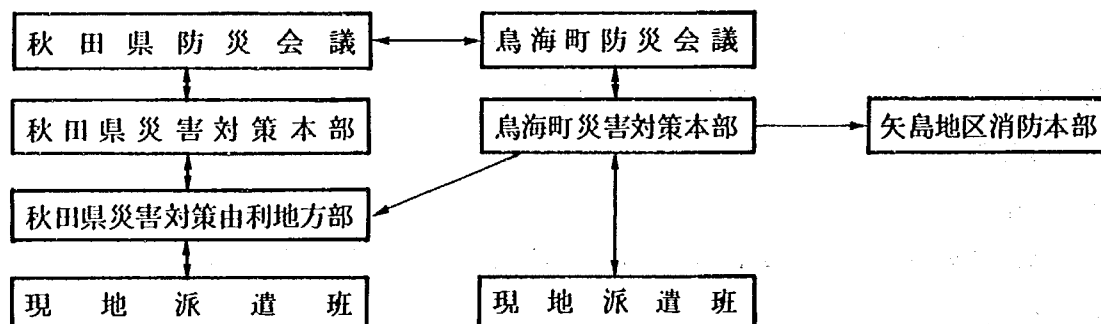
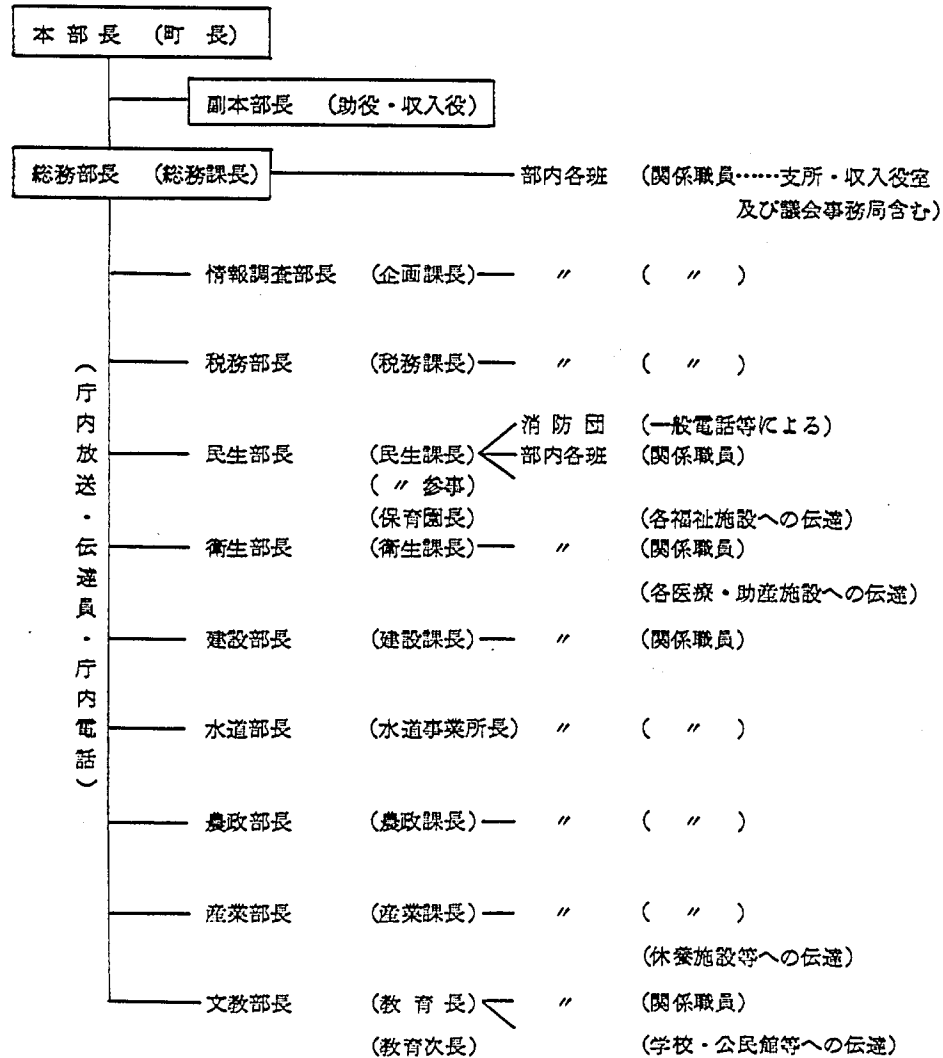
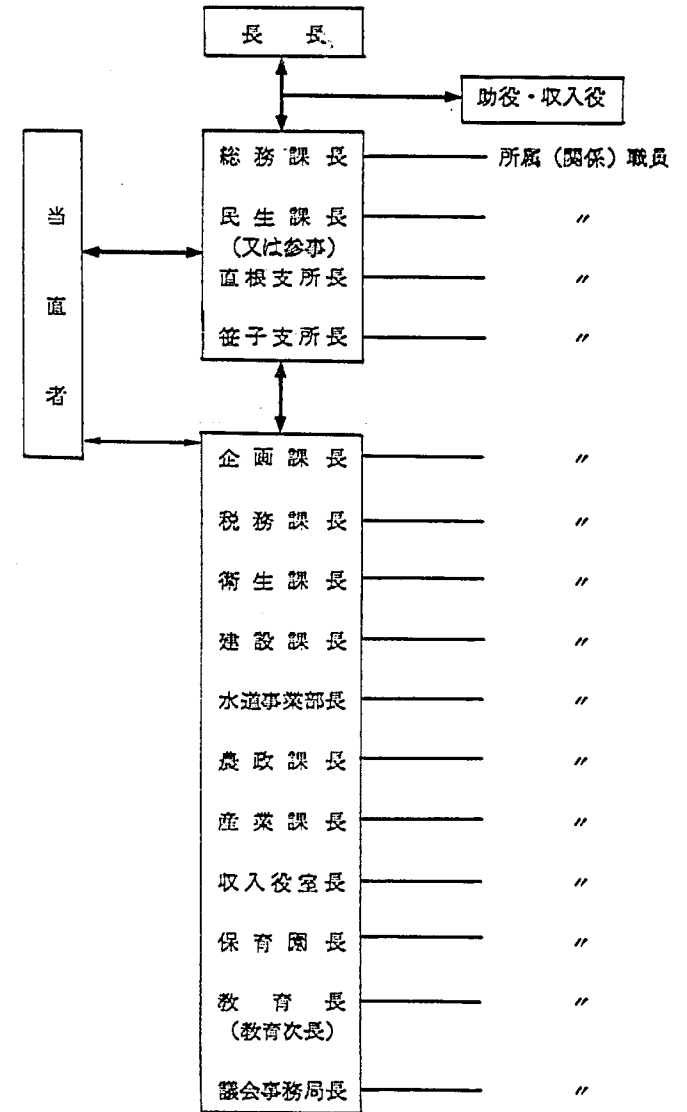


図10.15 鳥海町防災体制組織

（出典：鳥海町地域防災計画，計画編，昭和60年修正）



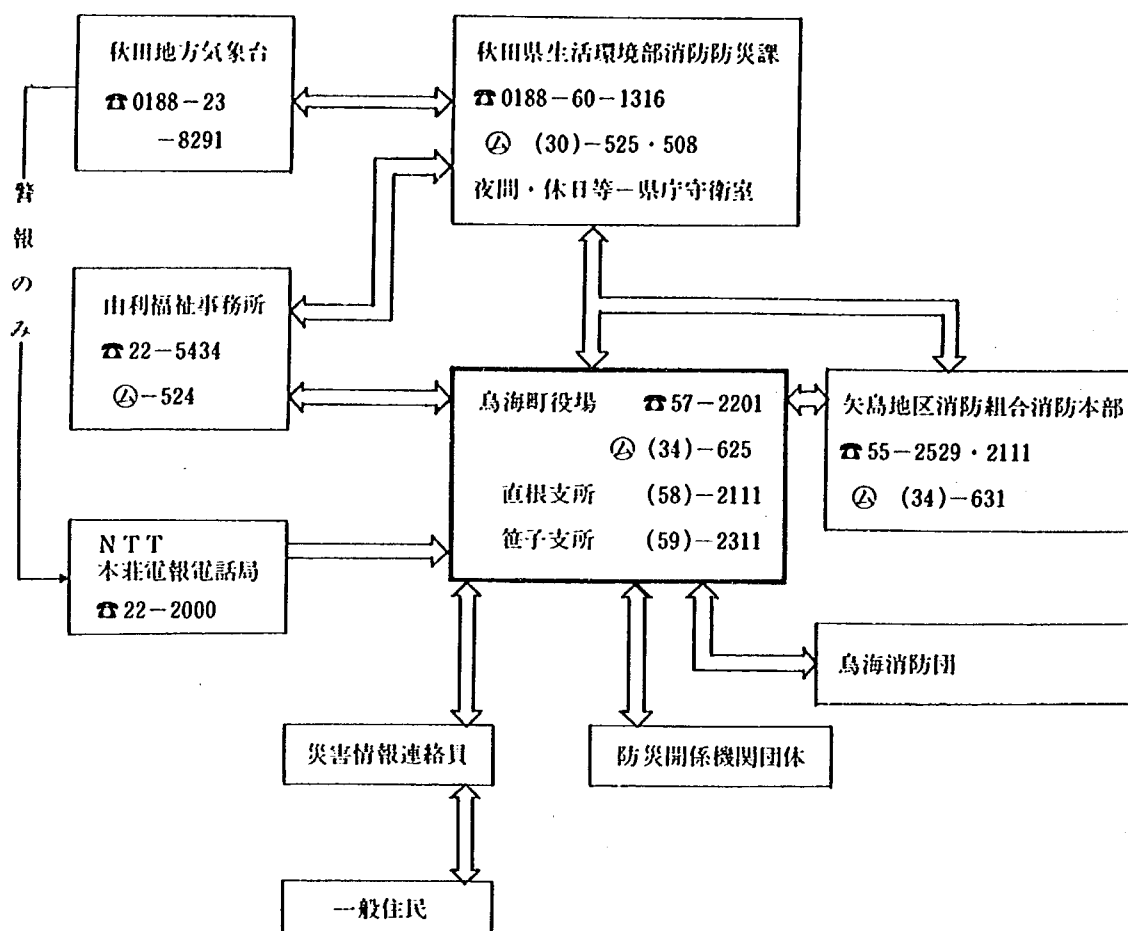
(1) 勤務時間内の伝達系統 (災害対策本部設置時・( )内は平常時勤務時)



(2) 当直者からの伝達系統

図 10.16 鳥海町の動員伝達系統

(出典：鳥海町地域防災計画，資料編，昭和60年修正)



※㊤=秋田県防災行政無線

図 10.17 烏海町の気象予知警報・災害情報の伝達系統  
(出典：烏海町地域防災計画，資料編，昭和60年修正)

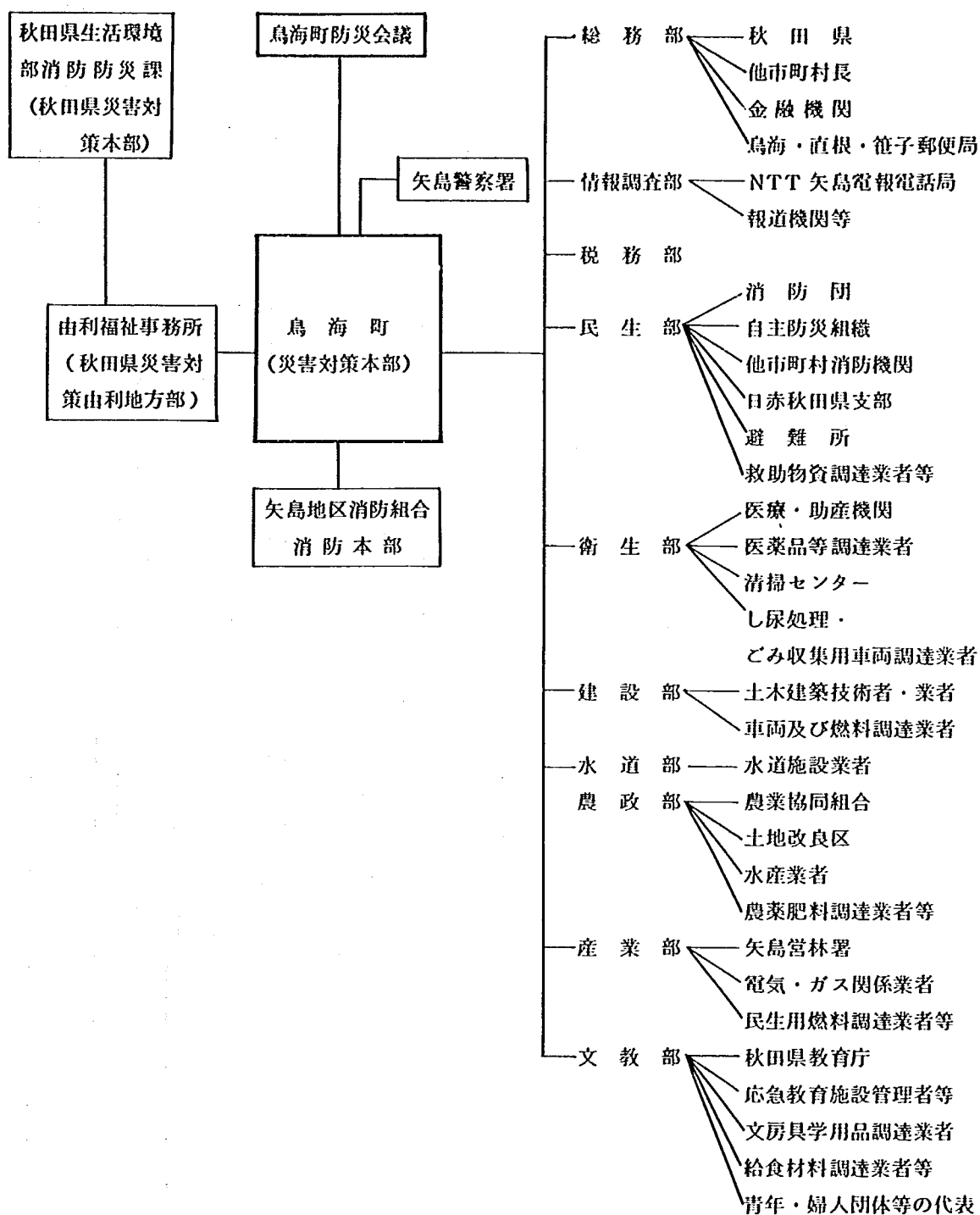


図 10.18 鳥海町の災害時の通報・指示（命令）伝達系統  
（出典：鳥海町地域防災計画，資料編，昭和60年修正）

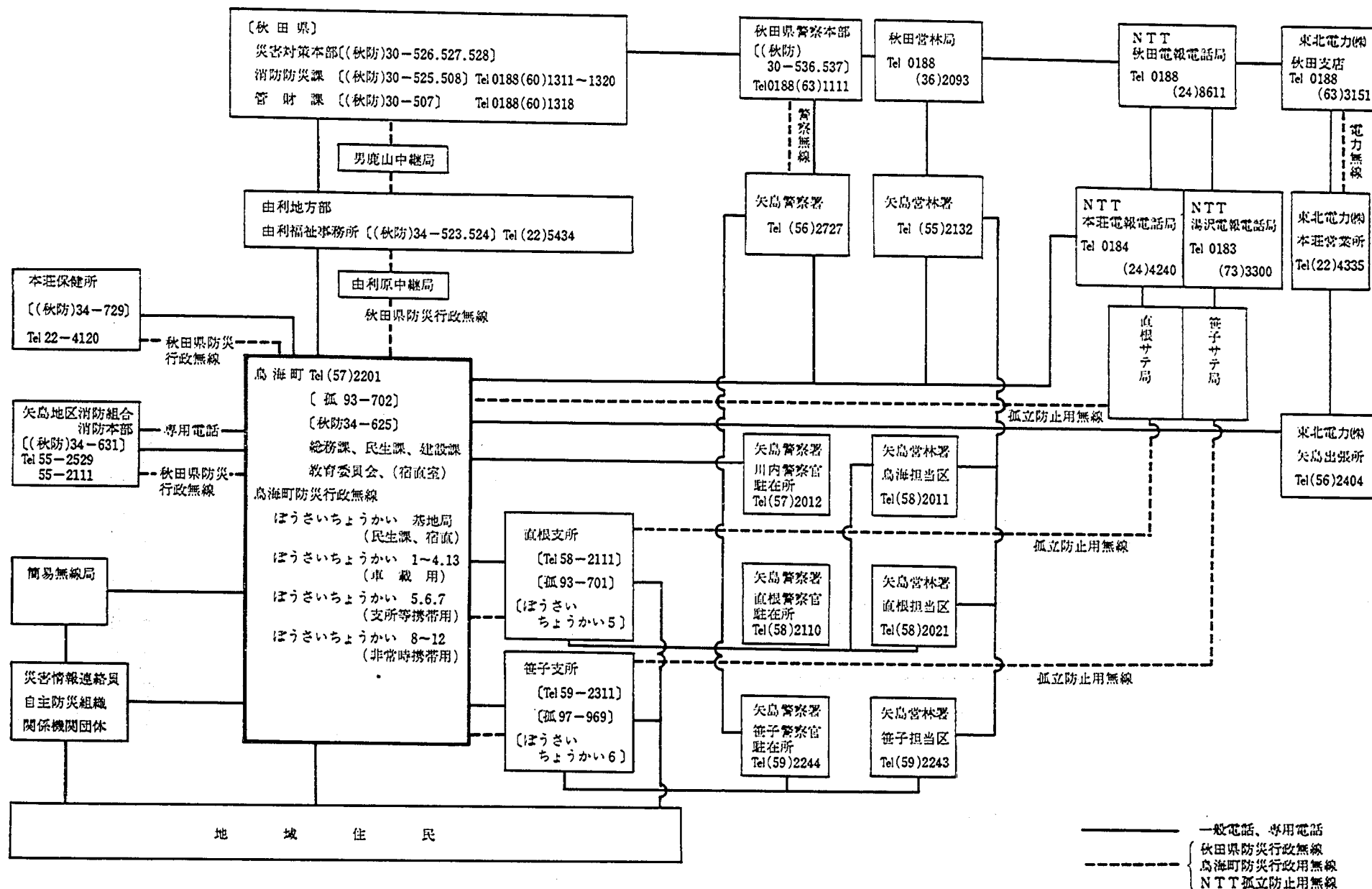


図 10.19 島海町を通信系統

(出典：島海町地域防災計画，資料編，昭和60年修正)

### 10.6.2 目的の明確化

次のように目標を細分化し、それぞれに対して検討を加えるものとする。

- ① 全町の砂防情報を統合管理する砂防情報サブセンターの整備
- ② レーダ雨量計を含む雨量観測網の整備
- ③ 土石流発生予知システムの整備
- ④ 広報システムを中心とした通信網の整備

### 10.6.3 基本構想

#### (1) 砂防情報サブセンター

役場に砂防情報センター（サブセンター）を設けて、町内全域の情報を収集・処理し、メインセンターと協力しながら住民に警戒・避難情報を提供する。また、各種情報の整理・保管・管理を行う。サブセンターの構成は図 10.20 のようになる。

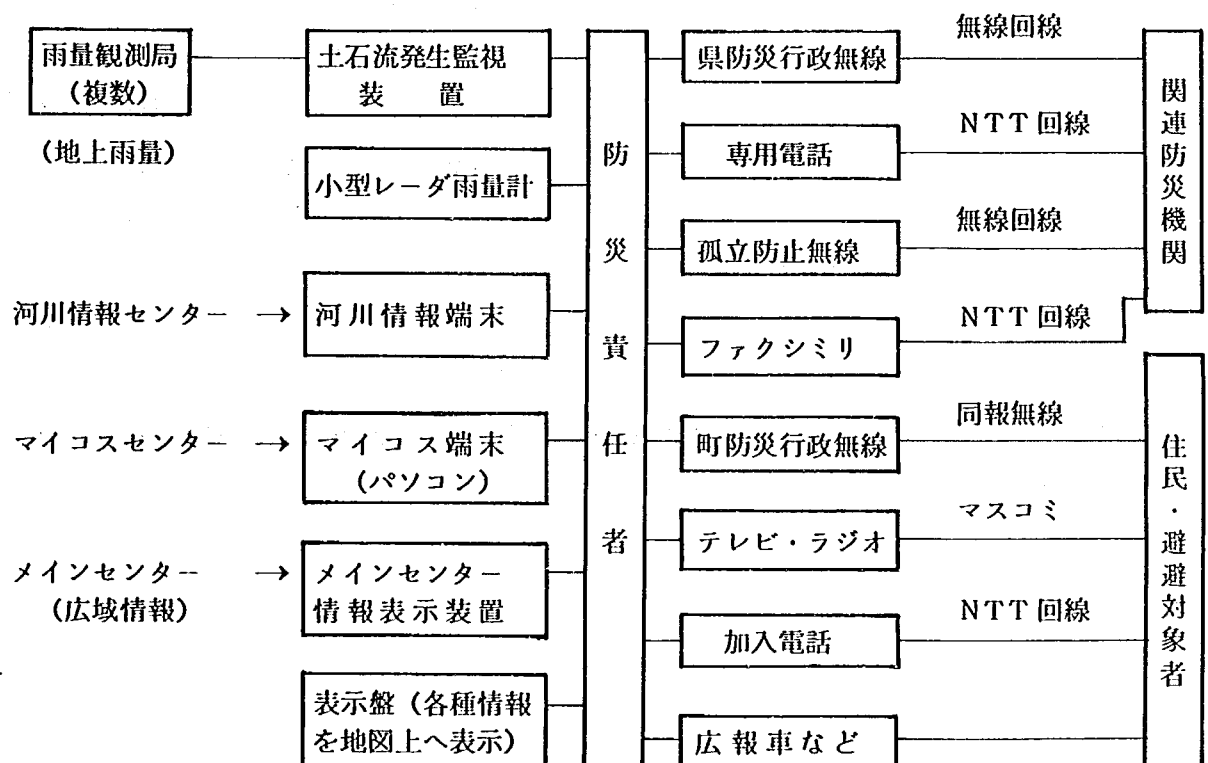


図 10.20 サブセンター機器構成(案)

#### (2) 地上雨量観測システム

町の面積は  $322.54 \text{ km}^2$  であるので、 $10 \text{ km}^2$  当たりには 1 台の地上雨量計とすれば 30 台程度の雨量観測局を必要とし、流域全体の降雨量を把握できるように、町内全域に平均的に配置する。

#### (3) レーダ雨量計

小型レーダ雨量計の観測範囲は半径  $30 \text{ km}$  程度なので、1 台設置すれば町内全域をカバーできる。 $10 \text{ km}^2$  当たりには 1 台という比較的設置密度の高い地上雨量観測システムと組み合わせて運用すれば、より精度

の高い流域雨量の測定を期待できる。

#### (4) 土石流発生監視装置

図 10.21 に示すように危険溪流は広範囲に分布しているので、土石流発生監視装置としては集中型が適する。

#### (5) 関係機関相互の通信および広報装置

県防災行政無線および孤立防止無線が整備されているので、県中央との連絡は確保できると考えられるので、当面は町防災行政無線（同報無線）の整備に努力を注ぐべきであろう。鳥海町は人口密度が低く、集落が分散しているので戸別受信機を主体とし、人口集中域および公共施設周辺に対してはスピーカ放送で対応する方式が好ましい。

### 10.7 考 察

この情報収集伝達システムは他の多くの防災システムと複雑に絡み合うので、具体的なシステムを設計するためには砂防分野以外のシステムを詳しく知らなければならず、また、予算面・運用面などでは相当行政側に入り込んだ検討が必要である。ここでは、いくつかの仮定のもとに、秋田県における砂防情報収集伝達システムの基本構想をまとめてみたが、仮のシステム設計者である我々の検討はどうしても表面的なものになりがちなので、ここでの設計例がどの程度役に立つかは定かでないが、実際のシステム作成の上でなんらかの指標となれば幸いである。

### 10 章参考文献

- (1) 砂防便覧（昭和58年度版），建設省河川局砂防部編集，全国治水砂防協会，1983年1月，p136

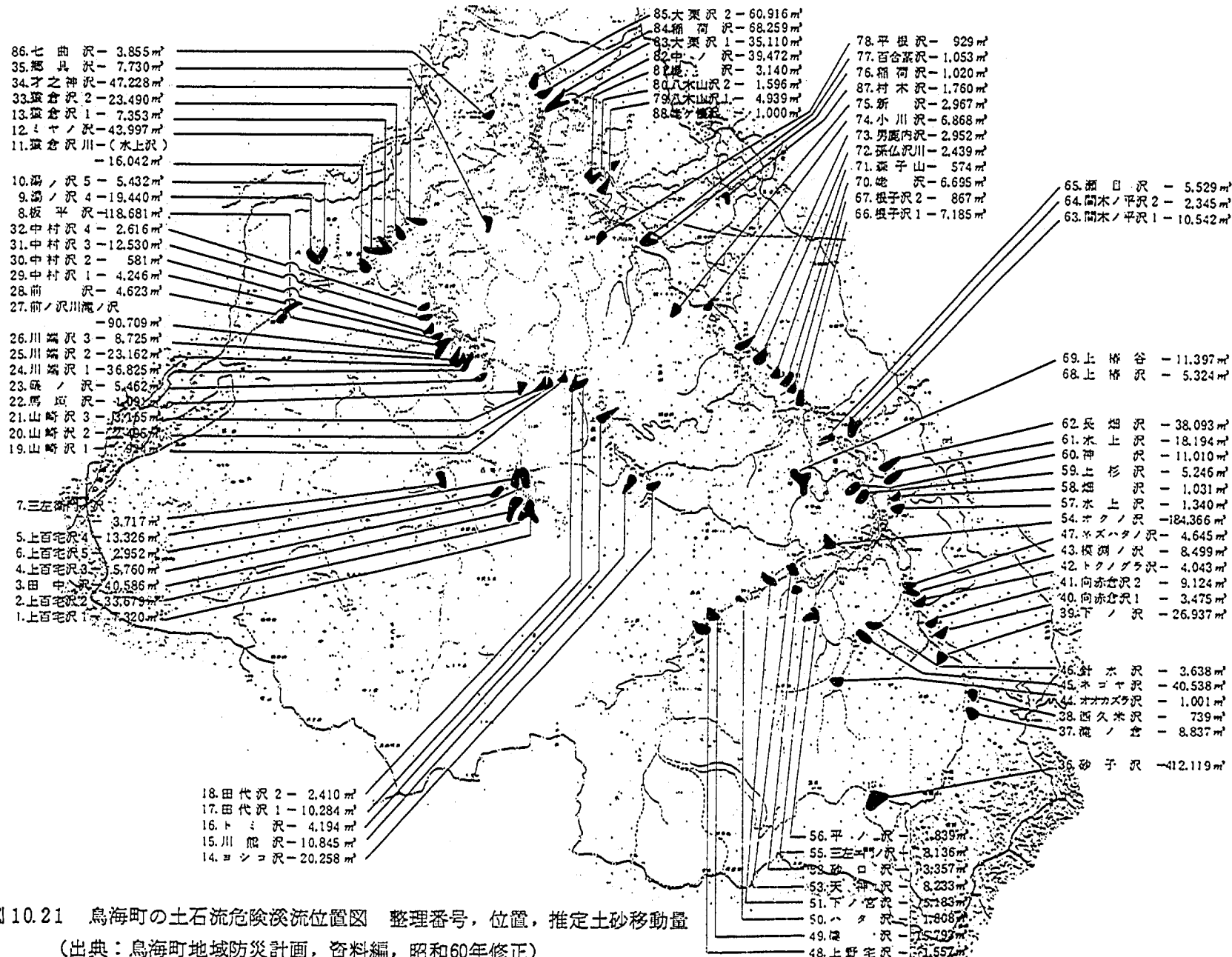


図 10.21 鳥海町の土石流危険渓流位置図 整理番号, 位置, 推定土砂移動量

(出典: 鳥海町地域防災計画, 資料編, 昭和60年修正)

## 11. まとめと今後の課題

### 11.1 ソフトウェア対策の充実

土砂移動にともなう災害を防ぐために、砂防ダムの建築や山腹工などによるハードウェア対策と警戒避難体制の整備や土地利用の規制などによるソフトウェア対策の両対策が並行して推進されているが、長い歴史を持つハードウェア対策が法的規制や設計基準の整備が進んでいるのに対し、ソフトウェア対策その中でもとくに土石流における警戒避難体制は土石流発生現象の特殊性も絡んで整備が遅れているのが現状である。

ソフトウェア対策は人的被害低減に効果（効率よく対応できる）があり、ハードウェア対策は人命・財産（個人的財産、社会的財産）の両方の被害低減に効果があり、かつ土地利用の増進が期待できる。もし、無制限の資金と時間があれば、ハードウェア対策における想定災害規模を相当大きくできるので、ハードウェア対策だけではほとんどすべての災害を防止でき、さらに、実質的な経済効果を期待できる。しかしながら、どんなに想定災害規模を大きくしても所詮確立計算であり、災害を完全に0にすることはできない。また、資金には限度があり、許される時間もそれほど多くないのが現実であるので、われわれは、それらの制限の中で、より有効な土石流対策を講じなければならないのである。そのためには、ソフトウェア対策とハードウェア対策を効果的に組み合わせた総合砂防対策を推進していく必要がある。

過去の砂防事業は投資比率からみてもハードウェア対策の方を偏重していたきらいがあるように思われる。もしそうであったとすれば、この辺で修正の必要があるのではないだろうか。投資配分も含めた両対策の適切な組み合わせの研究が今後の課題である。

### 11.2 総合土砂災害対策

本書の表題は土砂災害防止のための情報収集伝達システムであり、土砂災害全般に対するシステムであるべきなのに、内容は心ならずも土石流防災が中心となってしまった。土砂災害には土石流だけでなく崖崩れや地すべりもあり、土砂災害防止のためというからには、いずれの災害に対しても有効なシステムとしていかなければならない。

崖崩れ災害や地すべり災害に対しハードウェア対策の整備は進められているが、ソフトウェア対策はこれからの研究成果によるというのが現状である。崖崩れや地すべりも降水を主な誘因としており、この点では土石流における警戒避難体制と同様なソフトウェア対策を用いることができると考えられる。ただ、地すべり災害については、今降っている雨が必ずしも地すべりの発生に結びつかず、相当以前の降雨の影響も強いようであるので、土石流災害のような基準雨量の設定は困難と思われる。今後は土砂移動減少を理論的にとらえることによって、適切な指標を見つける必要があろう。

### 11.3 予知・予測精度の向上

土砂災害発生がいつ、どこで、どの程度の規模で起こるか、いわゆる時刻・場所・規模の予知・予測

の3要素を適切なタイミングで予知・予測でき、かつ、その予知・予測精度が十分に高ければ、ソフトウェア対策にしろハードウェア対策にしろ経済的な対策方法を取ることができる。

発生場所および発生規模はある程度の精度で予知・予測可能で、場所についていえば、既に土石流発生危険渓流や急傾斜崩壊危険箇所などが調査の上、指定されている。規模については渓流堆積物の量や斜面の大きさなどから想定できる。しかしながら、調査精度には疑問が残り、現実の災害は指定外の場所で発生するのが多々見られる。また、自然はきまぐれであり、災害は予想を超えて起こるのが常で、大災害の後に防災関係者の「これほどの災害になるとは想像もできなかった」という談話がよく聞かれるのは周知の事実である。つまり、場所・規模においても予測精度はまだまだ不十分ということになる。これが、発生時刻の予知・予測となるとさらに精度が落ちるのが現状で、予知の域を出ていない。

砂防情報収集伝達システムと予知・予測精度は直接の関係はないが、伝送する情報の価値は予知・予測精度に大きく左右される。つまり、予知・予測精度のよしあしはシステムそのものの価値を左右するといってよい。したがって、砂防情報収集伝達システムを有効に動作させるためには、予知・予測精度を高める努力をしていかなければならない。

#### 11.4 測定精度と速度の向上

土砂移動現象の解明のため、あるいは現地における発生予測のために、多くの測定機が開発され実際に使用されているが、空間的・時間的に広く分布する土砂災害という現象あるいはその要因・誘因を測定することは容易でない。なぜなら、測定装置も同じように空間的・時間的に広く配置しなければならず、各々の精度を確保しながら短時間でデータを収集するには莫大な費用を要するからである。しかし、物質・現象の測定は技術の基礎であり、測定できなければ技術は成り立たない。そのため、測定機の開発・測定方法の研究は欠かせないものであり、各関連機関のなお一層の努力が望まれる。

## あ と が き

あるシステムが完全に独立して存在するということとはありえないといってよく、他のシステムとなんらかの関係があるのが普通である。その関係も並列的な関係と上下関係があり、複雑に絡み合っている。並列関係とは、報道システムで例えれば、テレビ・ラジオ・新聞がそれぞれの特徴を持ちながら並立しているようなものであり、上下関係にあるシステムとは一方が他方のサブシステムに位置付けられるものである。砂防情報収集伝達システムは防災システムの中でいえば一つのサブシステムとなり、その防災システムも日本の社会システムから見ればサブシステムの一つといえる。通信システムなどは砂防情報収集伝達システムの中のサブシステムでありながら、社会システムに対してのサブシステムでもある。また、砂防情報収集伝達システムを構成する多くの機械類の一つ一つもシステムとして見ることができ、さらに、機械を構成する部品でさえシステムとして見ることができる。このように、上位システムを見ると際限なく大きくなり、下位システムを見ると際限なく細かくなってしまふので、あるシステムを考えようとすれば、なんらかの枠、いわゆるシステム境界を決めつけなければならない。システム境界をどこまで広げていけばよいかということを判断するのは非常にむずかしい問題であり、最適な検討範囲を明確に決定するのは困難であるが、システムを設計・構築しようとするならば、なんらかの境界を決めつけざるをえない。本書においても、砂防情報収集伝達システムとしての境界をある範囲に決めつけて検討を進めたつもりであるが、少し広げ過ぎたきらいがあり、記述範囲が相当広範囲に渡ってしまった。境界を広げて考えること自体は悪いことではないが、上位システムとの関連あるいはサブシステムの詳細部分などに検討不足の感が残るのは否めない。今後、さらに研究を重ね、より優れたシステム設計を推進していく必要がある。

ところで、防災システムが有効に働くためには個々のサブシステムが有機的に結合して有効に働くとともに、それらを使いこなす人間の知識が必要である。つまり、どんなに優れた設備を持っても、それを動かす人間の知識が熟成されていないと役に立たない。しかも、その知識は防災関連者など一部の人間だけが有するのではなく、災害に関連するすべての人々が系統だった知識を有することによってシステムの能力を最大に発揮と考えられる。我々防災に殉ずる者としては情報収集伝達システムの整備だけでなく、全国民（大きくいえば人類）の防災意識の普及・向上を心掛け、災害のない社会を作り上げる努力をしていかなければならないと考える。本書がそのための一助となれば幸いである。

最後になったが、資料提供などに多大な御協力をいただいた秋田県を始めとする関係部門の各位に深く感謝の意を表わす次第である。

土砂災害防止のための情報  
収集伝達システムの検討(II)

ISSN 0386-5878

土研資料第2445号

昭和62年2月(1987)

矢 澤 昭 夫， 原 義 文  
藤 田 昇

要 旨

土砂災害を防ぐためには、砂防ダムや流路工などの構造物によるハードウェア対策と、警戒避難体制を中心とするソフトウェア対策を組み合わせた総合的な砂防対策の整備が重要である。警戒避難体制を整備し、的確に運用するためには、正確な情報を迅速に収集伝達する必要がある。本書では、情報の収集伝達を担うシステムとはいかにあるべきかを考察し、それに基づく系統立った情報収集伝達システムの設計方法について検討している。

キーワード：システム，情報伝達，土砂災害，土石流，警戒避難

郵便はがき

四十円切手  
をはって  
下さい。

305-□□

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. \_\_\_\_\_

土研資料第2445号

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 2445 号

土砂災害防止のための情報収集伝達システムの検討 (II)  
部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印