

土木研究所 矢沢 昭夫

原 義文

○藤田 昇

### 1. はじめに

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。ここでは、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た。

### 2. 必要な情報

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。このような日常的行動においては、記憶している情報（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。しかし、非日常的な現象に遭遇した場合は的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陥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なうためには、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。

### 3. システム設計

システムとは、ある目的を持って構成される複数の要素（理論・手段・機器など）の集合体であるが、一つの目的を達成する組み合わせというは必ずしも一つとは限らず、通常は数多くの組み合わせが存在する。つまり、土砂災害防止いわゆる砂防という目的に対するものとしていろいろなシステムを想定することができる。システムを設計するときにはそれらの多くの組み合わせの中から最適な組み合わせを選択しなければならない。

選択のよしあしはそのシステムの価値の大小で判断され、システムの価値は性能・費用・納期・信頼性の主要4項目によって左右されるが、これらの4項目はお互いにトレードオフの関係にあり全項目を同時に最適化することができないので、システムを設計する際にはこれらの項目のバランスをいかにとるかが重要な課題となる。システムが大きくなると、性能・費用・納期・信頼性のそれぞれに対して要求事項を明確にすることは非常に困難であるので、具体的なシステムを作るためには最初に主要4項目に対して要求事項を想定し、その想定に対して検討を加えながら実際のシステムを構築していくことになる。そこで、図1に示す総合防災センター（仮称）を中心とした防災システムを想定する。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なおうとするも

のである。図中の\*印の部分が砂防に関連深い部分で、この部分を抜き出すと図2になる。

図2では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している。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ことはなく、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. 情報の収集

必要な情報の種類は非常に多いが、その中でも降雨は土砂災害発生の誘因として大きな部分を占めており最も重要な情報の一つである。ここでは降雨情報を中心としたデータ収集システムについて述べる。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捉えられる。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があり、システムには空間的・時間的に連続した展開が要求され、①測定地点、②測定密度、③測定精度が適切であることが要求される。①測定地点についていえば、対象とする土砂災害発生危険地帯のそれぞれで測定することが望ましく、土石流災害でいえば現在公表されている6万余箇所の危険溪流に雨量観測所を配置する必要がある。しかし、

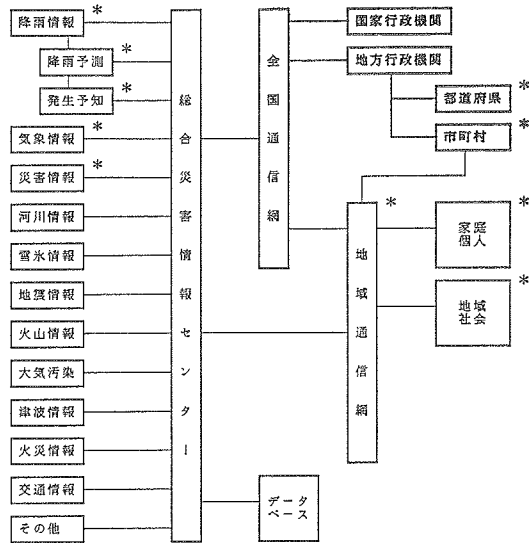


図1 総合防災情報収集伝達システム

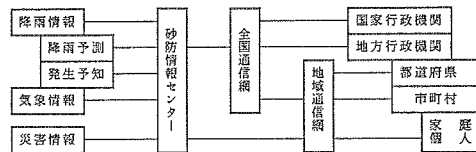


図2 砂防情報収集伝達システム

表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深くなる。
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	伝送距離・段階が短いので即応性が高い。 ① 収集時間→短 ② 伝送時間→短	分散処理より即応性が劣る。 ① 収集時間→長 ② 伝送時間→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、整備完了まで長期間を要する。
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。	センターの機器が故障は、全県に影響をおよぼす。
回線信頼性	伝送距離が短いので、回線に障害を受けやすい確率は小さい。	伝送距離が長く、回線に障害を受けやすい確率が高い。
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。

降雨予測を正確に行なおうとすれば、対象地域だけでなくその周辺地域の降雨情報も必要とするので、さらに多くの観測地点を必要とする。

そこで問題となるのが②測定密度である。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。降雨量の集中の度合い（雨量勾配）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50mm/kmとなる。

土石流の発生には溪流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。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、実際の降雨は雨量勾配が非常に大きい場合があるので、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ば、大きな降雨量の相違が出てしまうことになる。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10mm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を設置密度を決定しなければならない。

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100km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10km<sup>2</sup>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。

③測定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単体誤差、設置方法に起因する環境誤差および流域雨量としての流域誤差がある。土砂災害の発生原因は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、流域誤差を小さくすることは重要な課題である。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。たとえば、1km<sup>2</sup>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。それに対しレーダ雨量計の場合は、測定メッシュを小さくしさえすれば設置密度の問題はあまりない。しかしながら、レーダ雨量計の流域誤差を問題とするときには平均誤差で表わされることが多く、現状のレーダ雨量計の単体誤差は十分良好とはいえない段階なので注意を要する。平均誤差は、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ある。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と認識し、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. 情報の伝達

収集した情報は処理・加工して、最終的には不特定多数の避難対象者に伝達する必要がある。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が、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る。このような目的には市町村防災無線やラジオ放送などいくつかのシステムが挙げられるが、ここでは非常に有効な情報伝達手段と思われるテレビシステムの利用方法について述べる。

テレビの長所としては、①普及率が高い、②視聴率が高い、③情報量が多い、④映像しかも動画を伝達できる、などがある。①普及率の高い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、さらに、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視聴率が高く③情報量が多いということは多くの人々に同時に情報を伝達するのに適する。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が、④映像しかも動画を伝達できるということは、情報要求者へのアピール度が非常に高いということで、この点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。

欠点としては、①揮発性情報である、②広域情報である、③停電対策が必要である、などがある。①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。②広域情報である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心掛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。多くの防災計画では携帯ラジオの整備と避難時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作しないことと大きいので持ち歩くことができないことが挙げられる。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。今後、このような液晶型携帯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。

## 6. おわりに

砂防情報センターという全国規模の情報収集伝達システムを仮想して検討を試みたが、現在のところは全国規模の砂防情報センターの具体的な計画があるわけではなく、市町村単位あるいは都道府県単位でシステムが整備されつつある段階である。これらのシステムはそれぞれ独立したものであり、有機的な結合はなされていないが、土砂災害という広範囲な事象を対象とする情報収集伝達システムは全国的展開が必要であるので、いずれは全国規模のシステム展開が望まれるようになると思われる。したがって、今後システムを整備していく上では全国規模のシステムを考慮した設計・設置を進めていくことが課題となろう。