

土砂災害を事前回避するための情報

天野 篤

アジア航測株式会社

(〒215-0004 川崎市麻生区万福寺 1-2-2 新百合トウエンティワン)

1. はじめに

2006年、長野県岡谷市をはじめ各地で豪雨による土砂災害が発生し、死者・行方不明者25名、負傷者32名の人的被害を生じた¹⁾。都度、「警戒避難体制」が問われ、もう少し何とかならなかったか、反省や教訓が指摘される。多くは、住んでいる地方に大雨の予報が流れ、防災気象情報や、一歩踏み込んで「自主避難の呼びかけ」等で風水害の恐れが伝えられつつも、回避行動に結びつかぬまま犠牲が繰り返されている。

水害、津波など事前避難がスムーズにいかないのはしばしばだが、中でも土砂災害はLocality(現場)と密接不可分だ。『いつ誰がどこへどう動けばより安全で無理や無駄がないか』、依然として防災機関からはそれに答えられるだけの具体的な判断材料が提供されていない。“受け手”の情報ニーズやリテラシーに対し、“出し手”や“伝え手”の限界からくるギャップやミスマッチが存在する。

本稿では、県砂防部局と地方気象台が連名で発表した「土砂災害警戒情報」の運用実態を検証し、土砂災害の予知や避難に固有の難しさを示すとともに、被災現場の実際を踏まえ、土砂災害ソフト対策に潜む減災上の課題に触れた。豪雨災害から人命を守るため、些かでも参考になれば幸いに思う。

2. 土砂災害警戒情報とは

「土砂災害警戒情報」は、2005年9月1日の鹿児島県を皮切りに、2007年出水期までに30府県程度、2007年度中にはほぼ全国で発表される計画となっている²⁾。

目的は、『大雨により土砂災害の危険度が高まった市町村を特定し、市町村長が防災活動や住民への避難勧告等の災害応急対応を適時適切に行えるよう支援する。また、住民の自主避難の判断等にも利用できるような内容とする』³⁾とされている。

予知手法は、国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部でまとめられた「都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き」(2005年6月)³⁾による。誘因である雨に基づく発生予測で、「連携案」の場合、i)レーダーと地上雨量計を組み合わせる観測された「解析雨量」、および「降水短時間予報」「降水ナウキャスト」と呼ぶ短時間降雨予測から、ii)地中に残留する水の量に相当する「土壌雨量指数」⁴⁾(長期指標)と、雨の強さを示

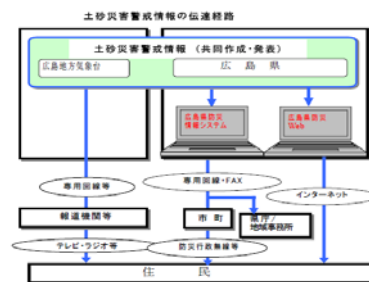


図-1 広島県・気象台の「土砂災害警戒情報」説明より

す「60分雨量」(短期指標)の2指標を求め、iii)1kmメッシュエリア毎の実況値と数時間先までの予測値が、対象とする過去の土砂災害発生限界(C.L.=Critical Line)を超す領域にプロットされるかどうか比較して危険を判定する。iv)それを基に、都道府県と地方気象台の担当者が合議して市町村単位で判断し、図-1に示すような情報文を作って一般向けに流す、というものである。

3. 土砂災害警戒情報の実態

これまで8府県、延べ51ヶ月間で発表された「土砂災害警戒情報」の一覧を表-1に示す。26降雨について、累計347.5時間、213号、6県203市町村が対象となった。全国展開、統一した仕組みづくりがまず優先される中、時期尚早かもしれないが、特徴的な既往事例を取りあげて、ユーザの立場から見た評価をつぶさに振り返る。

3.1 判定基準設定水準

① 全体的な確かさ(C.L.が「大雨警戒」基準より低い?)

実績26降雨のうち、避難の対象となるような大きな土砂災害を生じたのは5降雨ほど、打率は約2割だった。

一方、「土壌雨量指数」履歴順位から判定された「重要変更！」(大雨警報の切り替え＝「過去数年間で…」)が同時に示されたケースは、6分の4と7割近い。

避難勧告等を発出せねばならない自治体のニーズは、どちらかというところ「確実性」にある。この先どう雨が降り続くのか、いつもと違い発災にまで至るのか、結果が読めない中での決断は常に悩ましい。よく崩壊等の現象が出てから避難勧告等が発せられるが、それと同様、「予測」より「実況」でC.L.を超したかどうか決定的な情報が知りたい。ある市町村では実況で基準超過、他では2時間後の予想を指しているが、両者の違いが即座に読みとれない。数時間先のは、“降水短時間予報の誤差”と“土砂災害危険度判定の誤差”が二重にかかるため信憑性を下げている、発表継続時間が長くなる一因でもある。

解除時は、「土砂災害警戒情報」⇒「大雨警報」⇒「注意報」⇒「解除」のオーソドックスな経過(例えば「横浜・川崎」二次細分区域 06/9/18 5:06 注意報⇒7:59 警報⇒9:10 注意報⇒13:45 解除の並び)を辿らずに情報に引っ張られ、山形県の事例など、「土砂災害警戒情報」⇒(直)⇒「全解除」が見られる。広い市域なら、雨が殆ど降っていない時から大雨警報を超し、止んでしまっても警報継続中ということもあり得、既存の警報・注意報との整合に乏しい。

かつて廣井脩先生が提唱された「大雨警報」のさらに上「スーパー警報²⁾」の概念には、「重要変更！」のほうが近く、

「土砂災害警戒情報」は低目の水準にある。現状では、「予測」と「実況」と「重変！」の区別を明確にして発表したほうがより有効に機能させられそうである⁹⁾。

3.2 時空間分解能

② 鹿児島県の2005年台風14号時47時間45連続報

本邦初の「土砂災害警戒情報」は、2005年9月5日、ほぼ鹿児島県全域を覆う広さ(図-2が最大時)を対象に、約47時間にわたり45回発表された。

このとき人的被害が生じたのは垂水市内の3箇所。1番目の崩壊発生時刻は、最初に市役所へ届いた「土砂災害警戒情報」より1時間半前だった。2番目の土石流は13時間半後、3番目の崩壊は16時間半後で、さらにそれから18時間半を経てようやく発表が解除された。

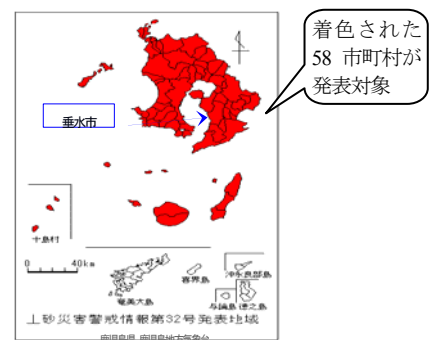


図-2 鹿児島県「土砂災害警戒情報」第32号の対象市町村

表-1 「土砂災害警戒情報」既往発表一覧

県	No.	発表日時	解除日時	経過時間	発表回数	市町村数	災害発生	重要変更	事例No.
鹿児島 2005/09/01～	1	05/09/05 10:40	05/09/07 09:25	46:45	45	58	○	●	①②④
	2	05/11/13 18:48	05/11/14 06:20	11:32	7	2			①④
	3	06/06/01 19:25	06/06/02 14:45	19:20	8	4			①④
	4	06/06/06 09:48	06/06/06 19:45	9:57	8	5		○	①④
	5	06/06/12 12:50	06/06/12 23:45	10:55	8	6		○	①④
	6	06/06/15 06:40	06/06/15 15:45	9:05	7	10			①
	7	06/06/18 06:15	06/06/18 09:50	3:35	3	1			①
	8	06/06/24 07:20	06/06/24 11:45	4:25	3	7			①
	9	06/06/29 08:25	06/06/29 13:30	5:05	4	1			①
	10	06/07/02 09:10	06/07/02 13:55	4:45	4	9	△		①
	11	06/07/03 04:00	06/07/03 10:30	6:30	4	3			①
	12	06/07/05 21:10	06/07/06 11:30	14:20	10	14	○	○	①③
	13	06/07/07 06:42	06/07/07 12:45	6:03	4	4			①
	14	06/07/21 09:57	06/07/24 09:45	71:48	40	15	○	○	①
沖縄 2006/04/28～	1	06/08/06 10:56	06/08/06 18:37	7:41	6	8			①⑤
	2	06/09/04 07:42	06/09/04 09:47	2:05	2	1			①
	3	06/09/05 18:06	06/09/05 19:50	1:44	2	1	△		①
	4	06/11/22 15:20	06/11/22 17:40	2:20	4	5			①
島根 2006/06/01～	1	06/06/22 11:50	06/06/22 16:35	4:45	3	5			①
	2	06/07/08 22:50	06/07/09 05:00	6:10	3	2			①
	3	06/07/17 06:55	06/07/19 10:35	51:40	12	19	○	○	①⑦
広島 2006/09/01～	1	06/09/16 20:30	06/09/17 04:35	8:05	5	7			①⑦
長崎 2006/09/01～	1	06/09/17 14:52	06/09/18 04:00	13:08	8	7			①⑥
山形 2006/09/01～	1	06/10/06 17:55	06/10/07 11:00	17:05	7	4			①
	2	06/10/09 02:00	06/10/09 04:35	2:35	2	1			①
	3	06/10/24 12:00	06/10/24 18:05	6:05	4	4			①

※ 大阪府(2006/09/01～)、宮崎県(2006/09/11～)は、2006年12月31日現在までの発表無し

本例を3.1では成功に数えたが、時間的にも面的にもごく限られた範囲で当たったにすぎず、大部分「空振り」だった。暴風雨域が広く発達しゆっくり進んだ台風で、新設情報故の周知不足の側面もあったが、自治体の避難勧告等に直結せず、住民の「自主避難」も容易でなかった。自治体や住民などユーザからは、i)避難すべき対象の危険エリアが具体的に絞られていない(市町村単位の判定、広域合併も影響)、ii)「空振り」が多く精度が低い(発表基準が低め)、などの注文が出た⁷⁾。実際の防災行動に反映されてこそ意味があるわけだが、長時間・広域にわたる大まかな発表を受けても現実に避難のしようがない。

とはいえ、雨量ひとつとっても風雨の激しい条件下、1kmメッシュに耐える精度で把握されるかどうか。わかる以上に精緻な情報をただ作ればよいというものでもない。降雨予測や土砂災害発生予知は技術的に難しく、必ずしも要求を満たせる水準にないというのが正直なところだ。

③ 垂水市の2006年梅雨前線時全市避難勧告

垂水市は2006年にも再度被災した。複数の記事によると、『(1万9千人に避難勧告 大雨で、鹿児島県垂水市)垂水市は、7月5日22時、大雨の影響で道路の冠水や土砂崩れが起きているとして、市内全域の8,334世帯、19,101人に対し避難勧告を出した。垂水市によると23時現在、43世帯、97人が公民館や小学校の体育館などに避難した。/6日9時現在、273人が市内21カ所の避難所に避難している。/11時現在、86人が避難している。水迫市長は「昨年の台風14号災害の記憶が市民に強く残っていたこともあり、避難は比較的順調に進んだ」と話した。』と報道された。

避難者数は、知人宅等への避難が加わり報道に基づく表-2より多いかもしれないが、いずれ数%台だろう。2007年1月13日千島列島沖地震の津波警報で避難率が8.7%にとどまることが問題視された⁸⁾のと同様、全市一斉に避難勧告等を発出したとしても、実効性が上がるかどうか疑問が残る。結局、市町村単位の判定情報では広すぎ、警戒を呼びかけるまでならいいが、即「避難」につなげようとするには無理があろう。いつこの誰が危険な対象が絞られるべきところ、それが困難な技術的限界を踏まえ、逆に実力相応の使い方を考える必要性が示唆される。

3.3 判定精度

④ 奄美の発表5と発災1すべてハズレ

奄美大島では5度の発表すべてが空振り。片や発災した2006年6月5日の龍郷町中勝の崩壊は見逃された。当たらない印象が度重なることで、狼少年化が懸念される。表-3に、過去の統計に基づく判定基準設定と、将来の観測に基づく運用時のデータの量的違いを生じる要因を示したが、奄美のケースでは、設定時に根拠とした過去のレーダー・アメダス解析雨量と、新たに導入された部外雨

量計(県砂防部局のテレメータ)観測値とに系統的な差がありはしないか疑われる。ドップラーレーダ導入など雨量観測網の高度化は進められつつあるが、過去データまで直しようもなく、離島故の雨量観測・予測の難しさにも起因して悩ましい。見直すための蓄積時間が必要だ。

⑤ 沖縄の限定的な対象現象への指摘

2006年6月、沖縄県中城村等で発生した地すべり災害は記憶に新しい。「沖縄タイムス」は社説で表-4のとおり批評を述べ、その後、気象庁ホームページに表-5の注記が付け加えられた。

表-2 報道記事から拾われる避難者数

日時	区分	人数
7月5日22時	避難勧告	19,101 (100%)
23時	避難者数	97 (0.5%)
7月6日09時	〃	273 (1.4%)
11時	〃	86 (0.9%)

表-3 土砂災害警戒情報のもつ雨量観測上の誤差要因

項目	基準設定段階	運用段階
①雨量観測	5kmメッシュのレーダー・アメダス解析雨量	1kmメッシュの国土交通省解析雨量
		短期指標は大傾向、長期指標はやや小傾向に
②観測時間間隔	毎正時1時間	10分(土壌雨量指数は30分)ずらし60分
		短期指標は必ず大に
③キャリブレーション	アメダス局(一部国交省等有り)	県などの他所管地上雨量観測局を追加
		相違あり

表-4 沖縄タイムスの社説より

■【土砂災害】 後手に回ったとしか
 大雨による地盤沈下や地すべりなど土砂災害が各地で起きている。今年は雨が多く、5月14日の梅雨入り後の雨量は平年の約2倍に及んでいる。大量の水で地盤が緩み、崩落の危険にさらされている場所も多い。(中略)腑に落ちないのは、県と沖縄気象台が4月末に導入した「土砂災害警戒情報システム」による情報をなぜ発表できなかったかということだ。システムは、積算雨量や土壌内の雨量を分析し、土砂崩れなど危険が予測される市町村に警戒情報を送ることになっている。道路が決壊し生活基盤を壊すほどの影響があるのに、きちんとした警報がなかったのはおかしい。確かにその日に大雨洪水警報が発令されていなかったり、「注意を要するレベルにあるものの、発表に至る基準に達していなかった」(気象台)という理由はあるかもしれない。だが相手は自然である。細心の注意を払うのは当然ではないか。災害を防ぎ、住民の安全を守るのがシステムの目的であれば、対応が後手に回ったのは明らかであり、油断があったとみられても仕方がない。(後略)

表-5 気象庁「土砂災害警戒情報」ホームページの注記

■利用上の留意点
 「土砂災害警戒情報」は、降雨から予測可能な土砂災害のうち、避難勧告等の災害応急対応が必要な「土石流」や「集中的に発生する急傾斜地崩壊」を対象としています。技術的に予測が困難である「地すべり等」は、「土砂災害警戒情報」の発表対象とはしていません。また、個別の災害発生箇所・時間・規模等を詳細に特定するものでもありません。

厳密な技術的に正しい説明はあるほうがいいが、「受け手」が果たして現象(土石流・集中的崩壊・地すべり)の違いを理解できる知識を持ちあわせているか、大雨時に命の危険がある自然災害を網羅して欲しいのではないか、さらに、最後の文に書かれた内容こそ避難の判断に一番求められているのではないか、など気がかりだ。

⑥ 対馬の発表と解除の繰り返し

長崎県対馬市の場合、2006年9月17日17時55分の第4号で発表⇒20時30分(約2時間半後)の第5号で一旦解除⇒21時25分(約1時間後)の第6号で再度発表⇒翌朝4時00分(約6時間半後)に解除、という経過を辿った(図-3)。短時間の発表・解除の繰り返しは、緊急時の防災対応に支障を来し、手法に潜む問題のひとつ⁹⁾だが、離島の難しさも手伝って頭わになった例だ。ほかにも、RBFN出力値がX切片付近で外挿され過大になる(履歴1位よりもC.L.が大)性質があるとの危ない指摘を聞く。

3.4 情報提供の表現と県境問題

⑦ 一般への情報公開の先行事例

広島県と島根県は、ホームページ上で地図表現の5kmメッシュ「土砂災害危険度情報」を公開している。図4は、2006年9月17日0時30分の両県提供画面だが、広島県側で島根県境メッシュが判定基準(実況・2時間後)に達しているのに、島根県側には現れていない。両県とも実は「土砂災害警戒情報」は発表されなかったが、基準に差がありそうだ。今後、全国展開された際、隣県同士のズレがあちこちに生じ、適正な水準合わせが論議を呼ぼう。

また、画面では3時間先の予測まで示されているようにいて消長・移動のベクトルがわからない。どう対処行動をとるか判断する際に必要な時間変化、つまり、「今、事態は危ない方向に向かっているのか? 収まりつつあるのか?」どちらに向いてどれ位の速さで雨域が動いているのか?といった前後比較ができない。過去、現在、将来を時点毎に描き表すのがよく、気象庁ホームページのレーダー雨量のような複数画面動画表示や、メッシュ毎の時系列折れ線グラフが要る。元来、「連携案」手法は、時期の予知に必須な時系列を重視せず開発した弱点を抱えていて⁹⁾、いずれ改善を図るべき点のひとつといえる。

3.5 切迫度合いの不明

⑧ 関連して専門的になるが雨量判定図の良し悪し

図-5に、1998年福島南部、高知の豪雨災害事例¹⁰⁾を用い、「連携案」雨量判定図等を模式的に示した。右上の見慣れない散布図が、スネーク曲線によるC.L.判定図で、時間軸がない。解析用ともいえる判定図上の領域をRBFN出力等値線に沿って仮に5分し、時点毎の通過位置を読みとり時間軸にプロットし直したのが、左上の便宜的改良表示²⁾である。また左下は、そもそも土砂災害

発生予測用が開発された単一降雨指標、「土壌雨量指数」のみ用いた経時変化図で、危険変化をよく表している¹¹⁾。

「連携案」判定図の縦軸側は、短く区切った時間内の雨量という離散値なため、危険度の推移を直接読みとれない。つまり、上下方向の動きをも含めて先の切迫性を捉えようとする(≒左上図への展開)のは誤りで、専ら横方向の位置に意味がある。スネーク曲線のプロットが下がったとしても左に寄らない限り同じく危険が続いていることを読み違えてはいけない。片や「土壌雨量指数」は、はじめから総合化された連続の累積的降雨指標なため、リードタイムの概念が不可欠な警戒・避難への利用に適している。

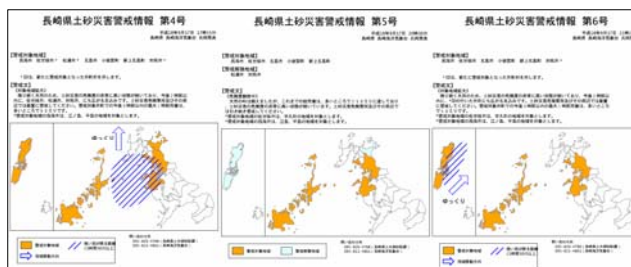


図-3 長崎県「土砂災害警戒情報」第4~6号 (地図左端の対馬が途中55分間だけ解除された)



図-4 先進県の情報提供ホームページ(2006/9/18 0:30)

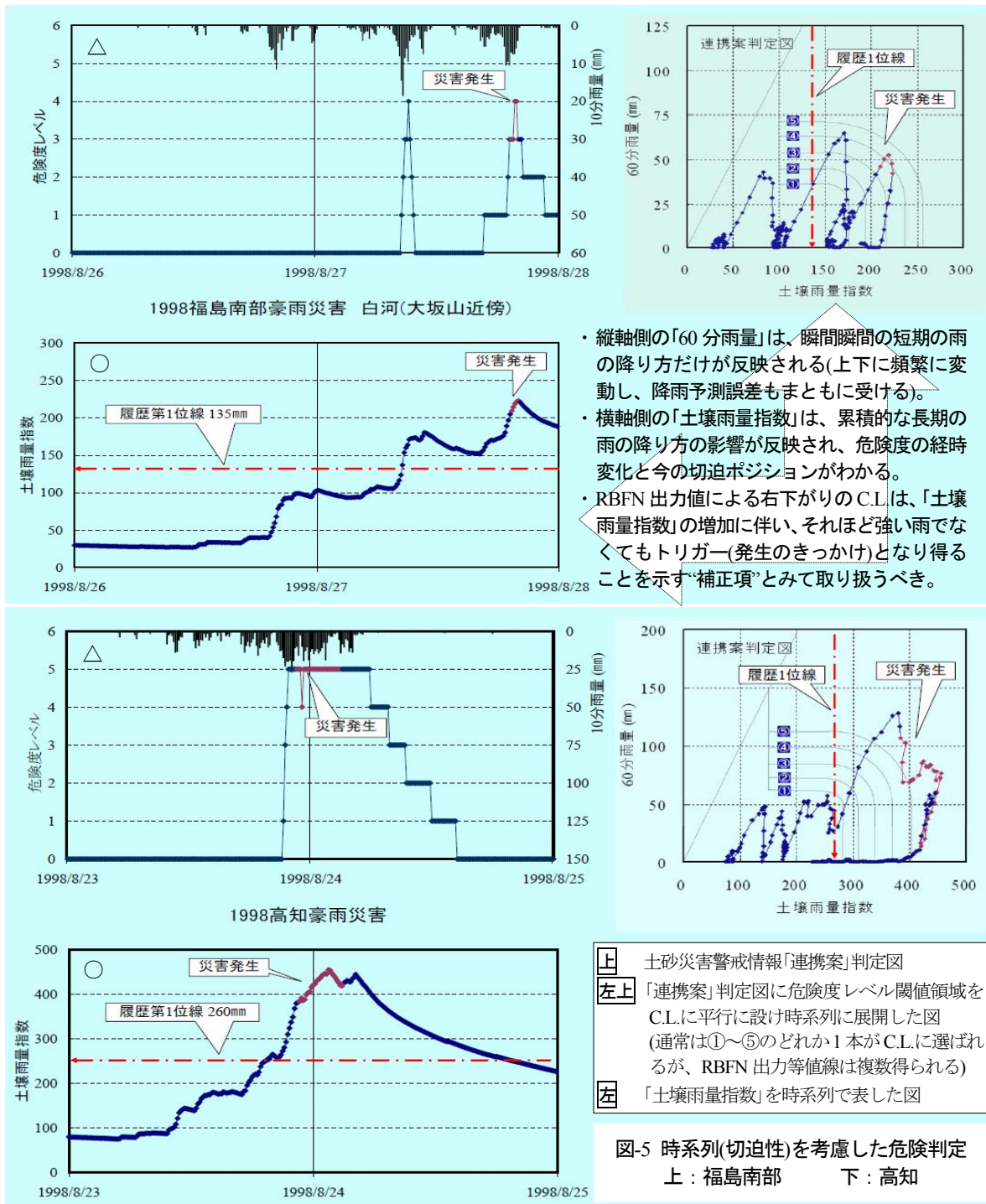
もし、右上図の縦軸と横軸とを入れ替えたならば（別にどちらでも構わないので）、関係者であっても見てすぐにはピンと来まい。誰もがわかり意味のある情報提供を心がけたい¹²⁾。

また、右上の図で、必ずしも客観的に決まらない基準設定（RBFN 出力値のどれを採用するか）に問題があり、実際のユーザである市町村（長）らに加わってもらい、どのような時点の状況を指し示す情報に味付けするのが望ましいか「さじ加減」をよく議論してもらい、情報の発表に伴いいかなる対処行動をとるのが適切か明確化したい。どうも「避難」という言葉だけが浮いているようにみえる。

4. まとめ

「土砂災害警戒情報」は、所期の目的どおり使えない事例で幕を開けた。今の努力に水を差すわけではないが、この情報だけをもって土砂災害減災効果がにわかには上がるとは言い難い。情報防災は「知らせる努力」と「知る努力」、そして当事者意識の向上、さらにはそれぞれの地域に見合った避難しやすい具体策構築がいずれも必要だ。

ソフト対策はハード対策と違い、「竣工」「概成」と呼べる時点がなく、永続的にPDCA サイクルを回してトータルな定着具合や効果を追跡、確認し、焦らずに先を見据えて走りながら改善していくことが肝要だろう。



4.1 土砂災害予知の難しさ

使えない原因の一番は、ニーズに十分答えられない技術水準にある。土砂災害に対する警戒・避難の観点からは、発表エリアとタイミングの予知精度、時空間分解能が重要だ。狭い対象範囲毎で扱えれば、“受け手”自らの身に危険が及ぶ実感は高まり、より限定的な時間帯のみ対象となり、発表が長時間に及んでタイミングがずれる一因が解消へ向かう。しかし、狭域の降雨予測や土砂災害発生予知はそこまでの能力がない。自然現象である崩壊や土石流は、あいまいで目に見えない地中の変化に伴って、先が読めないまま突如発生し、同様な場所でも一律に起きるわけではないなどという不公平さを持っている¹³⁾。

当面の対策とし、情報の判定単位はそのままに、避難勧告等の対象を「土砂災害警戒区域」等に限定していくことが考えられる。このとき、道路沿い人工斜面をはじめ砂防部局以外の所管エリアや、豪雨時に同時に生起する川の氾濫、高潮等による低地の浸水など、他の被災形態もカバーしないと片手落ちとなる。土砂災害個々の現象は点的で、水害よりもハザードが特定されにくく、火山災害より頻繁な分だけ厄介だ。結局、その地域で豪雨時にいったいどのような禍に見舞われる可能性があるかから発想し、縦割りを排したハザードの総ざらいを行い、その結果に基づいた避難体制を組むべきだろう。そして、避難等の判断基準も、その地におけるハザード特性や環境、要援護者対策を含む避難体制等と見合ったものとして定めていくべきだ。要は、ミクロな地域防災こそ求められていると言える。これに類する先進的な取り組み事例としては、片田が取り組んだ群馬県みなかみ町¹⁴⁾や、広島市安佐南区²⁾、岐阜県旧清見村¹⁵⁾などがある。

4.2 「避難」を現実のものに

そして、予知情報さえ流れれば人の命が守れるかというとうそう簡単でない。吉井は、水害時早期避難の6条件とし、i)市町村による避難準備・勧告・指示の時間的余裕を持った決定、ii)適切な内容の避難準備・勧告・指示情報の作成、iii)情報伝達手段の整備、iv)安全で近い避難所・避難路の整備、v)住民の避難準備・勧告・指示の受容、vi)災害時要援護者の避難誘導體制の整備、を挙げ、これらが満たされたとしてもなお避難しない住民が存在し、それを前提とした対応戦略が必要、としている¹⁶⁾。

とくに後ろ寄りの条件ほど全国一律には解決できず、Localityに即し、土砂災害から事前に避難するための具体的な運用体制を準備せねばならないが、こういった取り組みがいっこうに進んでいない。中山間地では指定避難所まで何kmも離れていて行きようがない、あるいは無事たどり着けるかどうかかえって危ういという状況が至るところにある¹⁷⁾。つまり、そういう地域性をよく考慮し、情報の発信、伝達、受容だけでなく、現実的な回避方法が伴うようにしなければならない。

また、4.1で問題にした精度の向上につながる即効薬的処方のひとつは、防災の運用体制と連携して、避難に要する時間を縮めることだ。i)「避難準備情報」等を活用し、避難行動に要する実時間短縮を図る。ii)身近なところにすぐ避難できるようにすることで、「空振り」も「逃げ遅れ」も減らすことができる。また、土砂災害が発生し始める頃には、周囲で異常が捉えられることが多いので、地域地域でこういった先駆現象のモニタリングを行い、予知情報の精度不足を補うといった総合的な対処システムが構築できれば、被災回避の助けとなる。

5. おわりに

土砂災害から事前避難するために求められる情報は、いつどこでどのような現象が生じ、今のままでは被災するおそれがあるのか、より安全に身を処するためどう動くべきなのか、などが具体的に指し示されていなければならない。「土砂災害警戒情報」は、これらを満たさないうちでスタートした。このため、いかに運用していくかがさしあたり活用の鍵となる。今のようなマクロな予知情報が流れれば円滑な事前避難行動ができるというわけではなく、大事に至らないためには、よりミクロなリアリティある個別予知、および事前避難の具体策確立が求められる。コミュニティ喪失が進んでいる中、ヒューマンウェアによるリスクコミュニケーションにも期待したい。

最後に、快く資料を提供いただいた気象庁、現地調査等でお世話になった皆様方に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省河川局砂防部(2007):平成18年の土砂災害,p.15
- 2) 国土交通省河川局砂防部(2007):土砂災害警戒避難ガイドライン検討委員会資料
- 3) 国土交通省河川局砂防部,気象庁予報部(2005):都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き,p.18
- 4) 岡田憲治(2000):土砂災害の軽減に向けた「土壌雨量指数」の開発,消防科学と情報60,pp.22-28
- 5) 廣井 脩(2002):座談会「天災と人災-自然災害と防災情報-」,予防時報209,pp.20-29
- 6) 天野 篤,有馬正敏,弘中秀治(2006):「土砂災害警戒情報」の検証,日本気象学会2006年度秋季大会講演予稿集,pp.195
- 7) 天野 篤,藤吉洋一郎,有馬正敏,水上知之(2006):台風0514号時の鹿児島県「土砂災害警戒情報-垂水市の事例を省みて-」,平成18年度砂防学会研究発表会概要集,pp.4-5
- 8) 府政防第60号,消防防第48号(2007):千島列島を震源とする地震による津波避難の状況と今後の対応について,p.7
- 9) 天野 篤,湯川典子(2005):「土砂災害危険情報」に適する姿,日本災害情報学会第7回研究発表大会予稿集,pp.7-14
- 10) 気象庁(2000):気象庁技術報告第121号「平成10年新潟,栃木・福島,高知の豪雨調査報告」,p.170
- 11) 天野 篤,湯川典子,岡田憲治(2005):土壌雨量指数にみる崩壊ポテンシャル,平成17年度砂防学会研究発表会概要集,pp.182-183
- 12) 岡野和行,牧 澄枝,湯川典子,天野 篤,菊井稔宏(2003):時系列表現によるわかりやすい土砂災害予報情報表示,日本災害情報学会第5回研究発表大会予稿集,pp.227-234
- 13) 廣井 脩(2004):「土砂災害と避難行動」講演,平成16年度砂防・地すべり技術センター講演会
- 14) 片田敏孝(2006):「効果的な土砂災害教育のあり方と効果の効率的波及に関する研究」講演,平成18年度砂防・地すべり技術研究成果報告会
- 15) 瀬尾克美,小野弘道,湯川典子,天野 篤(2001):住民にわかりやすい地域防災学習マップの取り組みについて,日本災害情報学会第3回研究発表大会予稿集,pp.1-7
- 16) 吉井博明(2006):避難勧告・指示と住民の避難行動-水害の被災現場から学ぶこと-,日本災害情報学会誌「災害情報」№4,pp.13-22
- 17) 天野 篤,藤吉洋一郎,水上知之,湯川典子(2006):中山間集落における大雨避難-台風0514号時の宮崎・大分県下事例-,日本災害情報学会第7回研究発表大会予稿集,pp.173-180