

特集 記事

東海豪雨から10年—都市部と山間部における豪雨災害の教訓—

編集委員会

主査 辻野 和彦*

本特集の趣旨

辻野 和彦*

2010年9月で東海豪雨から10年が経過する。東海豪雨では、愛知県、三重県、岐阜県等を中心にして大規模な豪雨災害が発生した。当時の状況を振り返り、これまでの復旧・復興活動や、今後、豪雨災害が発生した場合を想定して、ハード対策とソフト対策の両面を整理しておくことは重要である。また、近年、短時間に局所的な集中豪雨、(いわゆるゲリラ豪雨)も頻発しており、都市型の豪雨災害が発生する可能性が高い状況となっている。このような背景のもと、東海豪雨災害の教訓を活かすことを目的として本特集を組むこととした。

東海豪雨は、都市型災害として位置づけられ、名古屋市で約38万人におよぶ人々に避難勧告が出された。庄内川・新川・天白川の下流域における浸水被害状況やボランティア活動等による復旧支援などのソフト対策について、当時の活動状況を振り返り、今後の豪雨災害に対する備えについて整理する。

一方、矢作川の上流域では、岐阜県恵那市(旧 上矢作町)を中心として、大規模な河川氾濫、道路の決壊、山腹の崩壊が発生した。これに対する住民の立場、行政の立場から当時の状況を振り返る。また研究面では、危険斜面を抽出するために力学的手法や統計学的手法が用いられてお

り、地理情報システム(GIS)を利用して広域斜面の危険度を評価する方法が検討されている。上矢作町において発生した土砂災害を事例としてこれまでに取り組まれた研究成果を紹介する。以上のように都市部と山間部の両面から東海豪雨災害を振り返ることで、今後の豪雨災害における対策の一助となれば幸いである。

1. 東海豪雨災害による被害と対応、その後の取組み

半田 修広**

1.1 被害状況と災害応急対策

(1) 概要

平成12年9月11日から12日にかけて、日本付近に停滞していた秋雨前線は、台風第14号からの暖かく湿った気流の流れ込みにより活動が活発となり、東海地方は愛知県を中心に記録的な大雨となった。

このため、市内河川では、西部を流れる一級河川新川で左岸堤防が破堤したのを始め、破堤3箇所、越水17箇所の被害が発生した。

浸水等による住家被害は、全壊4棟、半壊98棟、一部破損18棟、床上浸水9,818棟、床下浸水21,852棟(平成13年3月30日現在)に及び、市内の約37%が浸水し広範囲で内水・外水被害が発生するなど、伊勢湾台風に次ぐ浸水被害となった。

また、がけ崩れ(市内で87箇所発生)により1

* 福井工業高等専門学校環境都市工学科

** 名古屋市消防局防災部防災室

表1-1 平成12年9月11日から12日における
名古屋市内総降水量一覧

千種土木	568.5mm	港土木	431.0mm	柴田	477.5mm
東土木	486.0mm	南土木	513.0mm	鳴海	618.5mm
北土木	427.0mm	守山土木	549.0mm	宝神	430.5mm
西土木	435.0mm	緑土木	647.0mm	内出	423.5mm
中村土木	457.5mm	名東土木	552.5mm	高蔵	484.5mm
中土木	443.5mm	天白土木	585.0mm	当知	401.0mm
昭和土木	518.5mm	荒子川	548.5mm	南陽	382.0mm
瑞穂土木	571.5mm	頭首工	455.5mm	下塩田	590.0mm
熱田土木	474.5mm	東谷山	512.5mm	金城埠頭	409.5mm
中川土木	457.0mm	みどりが丘	570.5mm	市役所	422.0mm

名が犠牲になったほか、合計で51名の死傷者（死者4名、重傷者13名、軽症者34名）が発生した。

（2）市内の降雨量及び河川水位

名古屋地方気象台が観測した降水量は、日最大1時間降水量97.0mm、最大日降水量428.0mm、総降水量566.5mmであり、いずれも統計開始以来で最も高い値であった。表1-1には、平成12年9月11日から12日における名古屋市内総降水量一覧を示す。本市雨量観測所における雨量データでは、日最大1時間降水量105.5mm、最大日降水量499.5mm、総降水量647.0mmを観測し、16区全ての観測所において日最大1時間降水量50mmを超え、うち4箇所において100mmを超えるなど記録的な集中豪雨となった。

このため、市内を流下する河川においては急激に水位が上昇し、9月11日17時から22時にかけて警戒水位、出動水位及び計画高水位を超え、次々に水防警報準備、出動の指示がなされた。表1-2には、当時の河川の状況を示す。

さらに、表1-3は、平成13年3月30日現在の人的被害の状況、表1-4は、同年月日現在の住家被害の状況を示す。4名もの尊い命が失われた。ここに記してご冥福を祈る。

（3）災害対応

避難勧告の発令は、本市にとって初めてであったが、9月11日21時10分に緑区において8,884世帯22,978人を対象に発令したのを始めとして、11日から12日にかけて9行政区において、151,372

表1-2 河川の状況

河川名 (観測所)	水防警報発表基準水位	水位到達時間	備考
庄内川 (枇杷島)	準備5.6m	20時25分	
	出動6.3m	21時05分	
	計画高9.08m	2時20分	
庄内川 (志段味)	準備4.6m	21時03分	
	出動5.2m	21時51分	
	計画高7.5m	-	
矢田川 (瀬古)	準備3.3m	19時10分	
	出動5.0m	20時32分	
	計画高5.71m	-	
天白川 (天白)	準備6.66m	18時50分	
	出動7.66m	19時09分	
	計画高8.66m	19時50分	
新川 (久地野)	準備4.5m	18時00分	
	出動5.4m	-	
	計画高6.57m	19時30分頃	
	-	3時30分頃	新川左岸破堤 (西区あし原町)
堀川	-	17時30分頃	景雲橋堤防高越え
山崎川	-	18時40分頃	呼続・計画高
新地藏川	-	19時50分頃	生棚・計画高
	-	23時00分頃	新地藏川右岸破堤 (北区大我麻町)

表1-3 人的被害（平成13年3月30日現在）

区別	死者	行方不明者	負傷者		合計
			重傷者	軽傷者	
千種区					
東区					
北区			2		2
西区	1		3	25	29
中村区			1	1	2
中区					
昭和区					
瑞穂区					
熱田区					
中川区					
港区					
南区					
守山区				2	2
緑区	1		5	6	12
名東区					
天白区	2		2		4
合計	4		13	34	51

表1-4 住家被害（平成13年3月30日現在）

区 別	全 壊			半 壊			一部破損			床上浸水			床下浸水		
	棟	世帯	人	棟	世帯	人	棟	世帯	人	棟	世帯	人	棟	世帯	人
千種区										51	67	160	166	166	382
東 区										53	56	132	209	212	596
北 区										2,221	2,656	7,054	1,172	1,323	3,140
西 区	4	4	15	82	94	251				2,450	2,844	7,590	4,787	5,029	13,109
中村区										106	133	312	2,643	3,316	7,310
中 区										4	4	9	27	28	74
昭和区										31	48	90	281	282	516
瑞穂区							2	2	8	485	538	1,446	1,427	1,447	3,198
熱田区										107	109	271	651	651	1,550
中川区										266	275	709	2,603	2,766	6,772
港 区										77	77	212	874	874	2,246
南 区										1,974	1,974	5,220	5,389	5,389	13,363
守山区										117	131	365	377	379	1,137
緑 区				5	5	16	8	28	77	834	949	2,576	826	924	2,589
名東区							2	2	5	42	42	128	68	68	214
天白区				11	15	33	6	6	17	1,000	1,239	3,281	352	438	1,130
合 計	4	4	15	98	114	300	18	38	107	9,818	11,142	29,555	21,852	23,292	57,326

世帯380,533人に対して避難を勧告した。

救助・救出活動、水防工法活動として、消防局では、とくに浸水被害が甚大であった北区、西区、天白区等において、家屋又は車両等に閉じ込められた者4,013人を延べ800隊が舟艇等により救出した。各被災地において、延べ1,146人の消防職員・消防団員により、積み土のう工など水防工法活動を実施した。

愛知県を通じた自衛隊派遣要請による延べ1,763人の自衛隊員により、各被災地での水防活動、人命救助が実施された。

避難所の開設は、早い所で9月11日の19時30分頃から20時頃にかけて開設し始め、最大で14行政区、197避難所（避難者を収容した避難所数171）を開設し、延べ避難者数は46,016人であった。なお、避難所の開設日数は、最も長い避難所で75日間であり、閉鎖は11月30日であった。

被災者に対する食糧の提供は、発災直後から行った。始めに市立の小中学校に備蓄している乾パンを、次に区役所・支所で備蓄している食糧を提供した。その後、9月12日からは、既製食品の調達により食糧の確保に努めた。

また、輸送の方法についても、一刻も早く被災

者に届けるため、地下鉄を利用しての輸送、自衛隊のヘリコプターによる輸送、県警パトカーの先導によるトラック輸送など工夫したが、交通事情あるいはボートの不足等により、食糧の輸送に時間がかかった。

本災害が夜から未明にかけて発生したこともあり、発災直後から避難所において毛布の提供を行った。食糧と同様に、市立の小中学校や区役所・支所に備蓄しているものだけでは不足したため、本市備蓄倉庫からも各区に供給した。水が引くとともに、避難者は自宅に戻っていったが、長時間浸水していた地域においては、水没した家財、衣類等が使用不能となっていた世帯も多く、被服、日用品は該当区への提供が中心となった。また、災害救助法に基づき、各学校を通じて被災した児童・生徒を調査し、学用品（文房具セット・通学用靴）の提供を行った。

被災者の応急救護に当たるため、各区本部保健所班により医療救護班を編成し、避難所を巡回して医療救護活動を行った。被災者の多い西区、天白区では、24時間体制で避難所に保健婦を派遣するなど被災した負傷者のケア等に当たるとともに、名古屋市医師会の協力を得て医師会による医

療救護班を編成し、夜間・日曜日の診療を実施した。

(4) ボランティア組織

市内及び周辺の被災地に対する救援活動を行うための連絡調整機関として、愛知県、名古屋市、愛知県社会福祉協議会、名古屋市社会福祉協議会、そして「防災のための愛知県ボランティア連絡会」を構成する民間10団体によって、愛知・名古屋水害ボランティア本部を設置した。また、各被災地への支援活動を円滑に行うため、名古屋市北区、西区、南区、名古屋市周辺の大府市、新川町に水害ボランティアセンターを設置し、救援活動を実施した。

各被災地において、延べ5,000人以上のボランティアにより、清掃、家具・畳の搬出、ゴミの処理、家具・乾いた畳の搬入設置、ニーズの聞き取り等が行われた。

1.2 東海豪雨災害の課題への対応

(1) 施設整備による雨水対策

東海豪雨を受けて、とくに甚大な被害が集中し緊急の対策を要する地域、または都市機能の集中する地域を対象に緊急雨水整備事業を実施した。整備目標は、原則として1時間60mmの降雨に対処できる下水道の整備である。

平成13年度から概ね5年間の実施期間で計画していたが、平成16年9月の集中豪雨や平成20年8月末豪雨による浸水被害への対策も必要となり、現在も鋭意整備中である。最終計画は、現行、平成21年度から概ね10年間としている。

また、国土交通省中部地方整備局と愛知県は、平成12年度から概ね5年間で、庄内川、新川、天白川を対象に、緊急的な治水対策を実施する「河川激甚災害対策特別緊急事業」を実施した。

(2) 主なソフト施策

地域住民から被災情報が多く寄せられたが、問合せや苦情も殺到し対応に追われたため、災害対策に反映できず、災害の全体像が早期に把握できなかった。そこで、地域住民からの災害初期情報

を有効活用し、被害状況の把握を迅速にするため、市民観測情報システムを創設した。これは、事前登録した市民等ボランティアが、自宅やその周辺などの浸水状況を市に対し、ファックスやインターネットで情報提供するもので、提供された情報はコンピューターで集計処理し、市域地図上にリアルタイムでポイント表示される。処理された情報は、災害対策本部で活用するとともに、市民へもインターネットで提供する。

システム登録者数は、平成21年度現在で、住民、ガソリンスタンド、コンビニを合わせて約1,000ポイントである。平成20年8月末豪雨災害以降に登録者を増加した。

避難勧告等の災害情報の伝達手段は、テレビ・ラジオ、広報車による巡回広報が主なものであったが、地域住民には十分に伝わらなかった。そこで、サイレンや音声で災害情報を伝達することができるようデジタル同報無線を設置した。設計上市内全域にサイレン吹鳴が聞こえるよう、現在、177箇所を設置してある。

本市では初めて避難勧告を発令したが、基準が明確でないため、出すタイミングが判断しづらく、各公所との意思疎通や連絡調整が十分できないままの発令であった。そこで、時期を失することなく適切に避難勧告を発令できるよう、具体的な発令基準を設定した。また、避難勧告発令には至らないが、今後避難が必要となる可能性がある場合には、具体的な基準に従い「避難勧告準備情報（現在は避難準備情報）」を発表し、地域住民が余裕を持って避難行動ができるようにした。発表、発令の基準は、河川洪水、内水氾濫、土砂災害、地域特性の4つに分類し、詳細な数値基準を設定した。

当時、法的義務はなかったものの、河川洪水に関する防災知識・意識の普及啓発を進めるために、平成14年度に庄内川・新川、平成15年度に天白川の洪水ハザードマップを作成し、流域住民へ全戸配布した。マップには、浸水深を7段階で表示し、洪水到達時間、たん水時間、地下鉄駅の浸水想定、地下街の浸水想定、浸水深に見合った避難所などを掲載した。

1.3 平成20年8月末豪雨

東海豪雨災害の課題から各種施策を検討し、一定のレベルに達したつもりであったが、その8年後に「平成20年8月末豪雨災害」を受け、さらなる課題が浮き彫りになった。

(1) 平成20年8月末豪雨災害の被害

平成20年8月末豪雨は、総雨量は東海豪雨ほどではなかったものの、市内8箇所の観測所において東海豪雨を超える60分最大雨量を観測した。被害としては、幸いにして死傷者はなかったものの、床上浸水が1,175棟、床下浸水が9,929棟で発生し、大きな被害をもたらした。

(2) 災害対応

夜半のゲリラ豪雨であったことなどから、職員の非常配備に手間取り、災害態勢の確立が遅れた。しかし、数多くの119番通報による災害初期情報により地域的な浸水状況を把握し、該当区に避難準備情報を発表した。最終的には、内水氾濫などに係る避難準備情報を延べ19区に対して発表、さらに、延べ13区、366,381世帯に対して河川洪水又は土砂災害に係る避難勧告を発令した。

(3) 課題と対策

市内各地で浸水はあったものの、床上浸水が1,175棟であったのは、東海豪雨以降の緊急雨水整備による一定の成果が出ているものと思われる。施設整備は着実に進んでいるといえる。その反面、「災害情報の収集と伝達」の難しさがクローズアップされた。「災害情報の収集」の部分では、東海豪雨時と比較すると、殺到する119番通報からの被災情報はある程度整理できたものの、市民観測情報システムは実質的に機能しなかった。観測者からの情報提供がほとんどなかったのである。原因は様々にあると思われるが、観測者と市との意思疎通が平時からできていなかったことが大きな問題のひとつであったため、対策として、定期的に防災情報を送信することで意思疎通を図り、その中で災害時の市への情報提供も呼びかけている。

「災害情報の伝達」の部分では、同報無線にし

ても、テレビ・ラジオにしても、巡回広報にしても、伝達は困難であった。東海豪雨以降、基準により初めて避難勧告を発令したのだが、「避難勧告」という単語が飛び交っただけで、誰が避難の対象なのか、なぜ避難しなければならないのか、ということが伝わらなかった。本災害が、結果として内水氾濫だけであったからよかったものの、河川氾濫を伴っていたならば、避難勧告を出したにも関わらず必要な避難がなされずに死者が発生するという最悪の事態を招いた可能性もある。

通信技術・手段の限界がある中、どういった手段ならばどういった情報を伝えることができるのか、また、どういった情報を伝えるべきなのか、テレビのデジタル化などを意識しながら、多様な情報伝達手段を検討する必要がある。

1.4 避難行動は自助

避難勧告を受けた住民がどういった行動をとるのかは住民個々に委ねられる。避難勧告は、河川洪水は特に、早めのタイミングで広い範囲に出すため、平時から、自分が勧告の対象なのか、避難行動はいつとるべきか、自宅の2階に上がればいいのか、浸水のない避難所まで行くべきなのかを考えておく必要がある。

本市では、新たに、河川洪水だけでなく、内水氾濫予測も考慮した、洪水・内水ハザードマップを作成し、平成22年6月頃に全戸配布の予定である。今までも機会を捉えて啓発してきたが、このマップを基に、住民個々が避難について今まで以上に考えてもらえるよう、さらに普及啓発を行う予定である。

1.5 避難勧告を考える

平成20年8月末豪雨に引き続き、平成21年10月の台風18号でも避難勧告を発令した。今後も発令する機会が増えるかも知れない。現行の市が発令する避難勧告は「早く広く」である。情報伝達機能が今以上に発達し、対象の何十万もの住民に確実に情報が伝わるようになったとしても、「早く広く」という危機感のない情報では、いくら平時から普及啓発したとしても、残念ながら必要な人が

必要ときに避難行動をとるとは考えづらい。避難行動の基本は住民の自助であり、市の災害情報による支援には限界があるのは間違いないが、避難勧告が出るたびに、結果、何も起こらずに済んだということが続くと、避難が必要な場面であるにも関わらず避難がなされずに守れる命が守れないことが将来ありうるのではないかと危惧される。避難勧告は避難の勧めであり強制ではないものの、災害対策基本法により市町村長に付与された非常に責任の重い権限である。避難行動に係る普及啓発を推進する一方で、観測技術や災害予測技術の進展を意識しながら、より避難の実効性の高い災害情報が発信できるよう調査研究していかなければならないと思う。

東海豪雨災害は、当時100年に1度の災害と言われていたが、平成20年8月末豪雨や平成21年中の日本各地における豪雨災害を見ると、いつでもどこでも起こりうると感じる。河川堤防や下水道等施設整備を進める一方で、住民、行政双方のソフト施策のレベルアップを図り、災害による被害を最小限にしていきたい。

2. 東海豪雨水害時のボランティア活動を振り返る

栗田 暢之*

2.1 すべては川へのトラウマから始まった

2000年9月11日、当時私は名古屋市中村区内の某大学に勤務していたが、その職場の窓から見える雨脚は確かに強かった。しかし、これほどまでの大水害が発生するとは、そのときには予想していなかった。大学では、前期定期試験の成績発表の日で、夏季休暇中の学生たちもこの日は大勢キャンパスに来ていたように、昼間はいたって普通の日常であった。その後、少し残業をした19:00ごろ、隣町の大治町のアパートの自宅に車で戻るときであった。途中で渡る庄内川・新川が増水し、河川敷にあるはずのゴルフ練習場や野球場が水没し始めていたのである。こうした光景を目にする

のは2度目である。

1976年9月、実家（岐阜県穂積町、現瑞穂市）近くに流れる長良川が氾濫した。いわゆる安八水害である。あの時見た川は、昔よく遊んださわやかな水辺とは打って変わり、かがめば手が洗えるほどに増水し、まるで真っ黒な大蛇がうねりながら所狭しと暴れているようであった。私は当時小学校6年生だったが、自宅が寺ということもあり、周りに比べて少し盛り土がしてある分、ぎりぎり床下浸水で済んだ。しかし付近には濁流が流れ込み、床上浸水した隣近所の5世帯がお寺に避難され、総勢26人の共同生活が2週間も続いた。

「また切れるのか。」あの時のトラウマが蘇った。帰宅してすぐに、震災から学ぶボランティアネットの会（阪神・淡路大震災時に被災者支援を行った愛知県内の団体や個人で設立したネットワーク組織。レスキューストックヤードの前身。）の主要メンバーと連絡を取り合い、水害発生時の初動体制について意見交換した。ほどなく避難勧告が出された。アパートは2階だったので浸水の心配はほぼない。そして昔から「城を守るために左岸と右岸の堤防には高低差がある」との言い伝えを思い出し、職場の大学へ向かった。道中はワイパーを最速にしても視界がほぼないといっていいぐらいの豪雨であった。大学にも近隣の方が若干名避難されていて、教室を開放したり、気分が悪くなった方に薬を提供するなどの協力をした。

2.2 ボランティアの初動

翌12日朝7:00のニュースでは、新川決壊の悲惨な状況が映し出された。その映像を見た瞬間、「ボランティアが大量に必要になる」と感じた。それは、1995年阪神・淡路大震災で大学の学生ら延べ1,500人と2ヶ月間ボランティア活動に従事した経験から、当時同じように被災地に集結した全国のボランティア団体等とネットワーク化した任意団体「震災がつなぐ全国ネットワーク」が1997年に設立され、そのメンバーとして1998年福島・栃木の水害、同年の高知水害、1999年の広島・呉の水害の3つの水害現場の被災者支援活動に携わったからである。被災地では、特に水が引いた

* 特定非営利活動法人レスキューストックヤード
（当時）愛知・名古屋水害ボランティア本部長

後の家財道具や畳の搬出、室内外の清掃や廃棄物の搬送などに、被災者の地縁や血縁関係だけではやりきれない助っ人として、ボランティアが見事にその役割を果たした。やはり生の現場での経験知は大きい。

早速、愛知県防災課に「防災のための愛知県ボランティア連絡会（以下、連絡会）」の臨時招集を申し出た。この会は、愛知県での緊急時に際し、ボランティアの受け入れ体制を整備しておくべきだと、1996年から日本赤十字社愛知県支部や愛知県社会福祉協議会など、県内の11のボランティア関係団体・機関が集まって、県と「ボランティアの受入体制の整備とネットワーク化の推進等に関する協定」を締結し、平常時から「顔の見える関係」の構築に努めていた。

「協定で謳っている通り、ボランティアセンターの設置が必要になると思われます。」と提案したところ、電話の向こうの県の担当者は「本当にするのですか？」と実はかなりとぼけた回答であった。折しも9月1日に防災訓練を実施したばかりである。今度はまさにその本番だと強く申し入れをした。その後、その上司から折り返し電話があり、「県の災害対策本部もかなり混乱しているが、県内で甚大な被害で出ているのは確か。15:00に県庁に集合してください。」とのことであった。この日の朝の浸水被害ということで、当然すべての団体等の参加は無理ではあったが、私も含めて約10団体の代表者で対応策について早速協議を始めた（ちなみに私の職場には事情を説明して、とりあえず1週間程度の休暇の許可を得た）。

2.3 水害ボランティアセンターの設置

(1) 本部と現場の各水害ボラセンの設置

愛知県地域防災計画により、愛知県が災害ボランティア支援本部、各市町村が災害ボランティア地域支援本部を設置することにしている。早速、愛知県および愛知県社会福祉協議会により、愛知県下の市町村に問い合わせをしていただき、ボランティアセンター（以下、水害VC）の設置の意思の有無を問い合わせさせていただいた。その結果、図2-1のような水害VCが設置されることになっ

た。また、図2-2は、愛知・名古屋水害ボランティア本部組織図である。

ただし、ここで困ったことが生じた。政令指定都市の名古屋市と愛知県は行政区が違うので、指揮系統や諸々の情報ラインが別々なのである。しかし、被害は名古屋市やその周辺の市町村に広がっている。かといって2つの本部を充足するだけのボランティア側の人材はない。そこで、名古屋市の地域防災計画上の名古屋市水害ボランティア本部と合同で対策を進めることを申し入れ、名古屋市もその提案を受け入れたため、県と市の合同ボランティア本部として、通称「愛知・名古屋水害ボランティア本部（以下、本部）」が誕生することになった。ちなみにこのような対応は県政・市制史上初の試みとのことである。

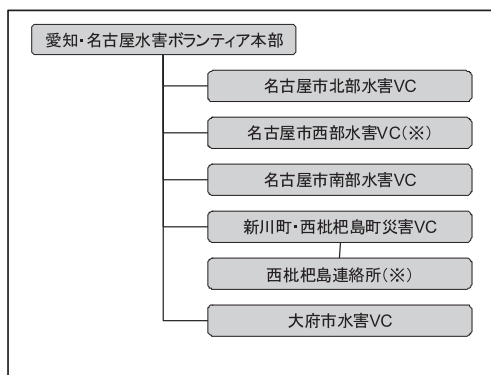


図2-1 当時、設置された水害ボランティアセンター（※名古屋市西部は3日後、西枇杷島は1週間後に新設）

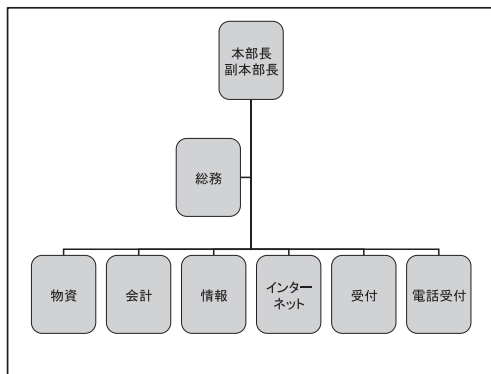


図2-2 愛知・名古屋水害ボランティア本部組織図

(2) ひと

本部には県との協定に基づき、連絡会のメンバーが詰めることにした。なお、協議の結果、現場経験を請われた私が本部長、県内の取りまとめ等に長けた愛知県社会福祉協議会地域福祉部長が副本部長として就任した。

また、肝心の各水害VCのスタッフとしての人材については、これまでに愛知県が「災害ボランティアコーディネーター養成講座」を4年に亘り開催し、修了者が約400名存在していたことから、本部からすべての修了者に電話連絡をして協力を募ったところ、約100名が応えてくれた。2日後の9月14日に愛知県庁に参集いただき、25名ずつ各水害ボラセン設立の応援団として参画していただいた。

なお、隣県の三重県の災害ボランティア関係者や震災がつなぐ全国ネットワークの各団体等、全国各地から随時応援に駆けつけてくれた。

(3) もの

水害VCを運営するために必要な文具や事務用品など、また災害ボランティア活動のための資器材などの調達が必要となった。前者に関しては、主に県庁等の備品等を活用したり、安価なものも購入するなどして対応した。後者については、当然ながら県や市の予算が確保してあるわけではなく、かといって有益なボランティア活動のためには不可欠である。困っていたところ、名古屋青年会議所から寄贈のお申し出をいただき、結果的に912万円分の豊富な資器材(スコップやデッキブラシ、一輪車など)の調達から搬送まで一手に担っていただいた。とても大きな支援となった。

ちなみに、「もの」といっても、いわゆる救援物資を扱うのは、過去の災害時の「救援物資は被災地を襲う第2の災害」といった教訓から、今回は本部としては扱わないことにした。

(4) かね

災害時の「かね」というと義援金が連想されるが、これは被災者に届けられる浄財なので、ボランティアが受け取ることはできない。一方で、ボラ

ンティア活動は無償が原則だが、ボランティア組織を設置・運営していくためにはそれなりの資金が必要となる。ただし、もの同様、行政からは期待できないことがすぐに判明したため、民間に求めた。幸いなことに間髪入れず、アイシン精機から500万円の寄贈の申し出があった。また、阪神・淡路大震災のお返しということで、コープこうべや兵庫県社会福祉協議会等、また日本財団の助成金支援や個人からの寄付もあり、総額1,400万円の支援金が寄せられた。これを原資としてパソコンなどを含めた事務用品、車やテントなどのレンタル代、そして一連の取り組みをまとめた報告書『思いがひとつに－東海豪雨ボランティア活動の記録－』の印刷製本代などにあてられた。

(5) 情報

阪神・淡路大震災の頃はまだパソコンやメール、携帯電話といったツールが一部の人のものであった。その後の技術革新は周知の通りで、ITに強いボランティア等の協力を得て、ほどなくホームページが立ち上がり、水害VCの設置状況や毎日の活動の様子を発信した。また、水害ボラセン設置について記者発表を行うと同時に、ほぼ毎日夕刻に記者会見を開き、マスコミによる周知啓発に努めた。

2.4 水害ボランティアセンターの運営

こうして様々に準備が整った地域から順次ボランティアの受け入れを進め、水害発生から4日後の9月15日にはすべての水害VCが開設された。この日は祝日であり、多くのボランティアの協力を見込んだ当初予定に何とか間に合わせる事ができた。その後、現場の状況に合わせて、名古屋市西区を中心とした活動拠点を3日後に増設し、また町世帯の2/3に浸水被害があり、役場自体も被災して初動が出遅れた西枇杷島町(現清須市)に集中的に支援が届くよう、連絡所を1週間後に開設した。

各水害VCの主な活動は、浸水した各家庭の後片付け、清掃、濡れた家財道具や電化製品、畳などの搬出・搬送、そのほか、親が掃除に専念したいた

めの子どもの遊び相手や公民館の後片付けなど大量に人員を必要とする場合に應えるなど、様々なニーズに対応した。ボランティアも全国各地から駆けつけてくれ、休日の多い日では1,000人を数えた地域もあった。

被災者からは「まさに地獄に仏」「本当に助かりました」「一生懸命作業してくれる姿を見てこちらにも励まされました」「最近の若者を見直した」など、数々の感謝の言葉をいただいた。

一方で、「もっと早く来てほしかった」「あまりに元気がいいので本当は捨てたくなかったものが言い出せなかった」「ボランティアさんにごここまでお願いできるのかが判らなかった」「ボランティアセンターができたこと自体を知らなかった」など、反省すべき点もあった。

本部は、現場の各水害 VC の円滑な運営に寄与するため、以下のような役割を担った。

- ・各地域の進捗状況に合わせたボランティアの人員調整
- ・平日のボランティア不足を解消するため、部長名で愛知県教育委員会を通じて各高校長に「公欠」による生徒の参加要請、県内の大学長宛に学生の参加要請
- ・ボランティアコーディネーターの交代要員等の調整
- ・災害ボランティア活動資器材の手配と搬送
- ・ホームページやマスコミ等での情報提供
- ・支援金の募集と各水害 VC への配分
- ・原則として毎晩開催した本部・各水害ボラセン代表者との情報共有のための打ち合わせ会の開催

一方、先述した名古屋青年会議所やアイシン精機などの企業や業界団体、連合愛知や生協など、県内外の持てるネットワーク力が大きな後方支援となって発揮され、現場のボランティアを支えることで、結果として被災者の一日も早い復旧に貢献できたといえる。また行政も愛知県は、数回にわたり災害対策本部に同席する機会を与えたり、多くの職員を電話番号などに派遣させた。また普段は休日冷房は入らないが、汗だくのスタッフを見て特別に入れていただくといったささやかだけれども心にも染み入る配慮もあった。名古屋市も

ボランティアの移動手段として、放置自転車を100台程度解放したり、市バスも出してくれた。このような支援の広がりには、ボランティアだからこそ成し得た成果だと思っている。

2.5 水害ボランティアセンターの閉鎖

こうして怒涛の日々が2週間ほど続き、ある程度被災地が落ち着くと判断した9月30日をもって、すべての水害 VC を閉鎖した。実にボランティア19,598人、ニーズ3,962件の活動であった。それを支えた全国初の「公設民営型」の取り組みは、その後の災害ボランティアの体制構築のひとつのモデルになっている。

しかし、ここまでの取り組みが決して武勇伝となつてはならないと考えている。それは、水害 VC の存在の有無にかかわらず、たった2週間で被災者が元の生活に戻れるわけがないからである。むしろ、片づけが終わってからが復興の本番である。ただし、この作業に「公設民営」はそぐわない。私たちは民間のボランティア団体として、以降、独自の判断で様々な支援の継続と今回の取り組みの検証を実施していくことになる。

2.6 支援の継続

「本会は官民協働の『愛知・名古屋水害ボランティア本部』と現場の『各ボランティアセンター』の設立・閉鎖・残務整理にかかわり活動してまいりました。このような大きなネットワークでの活動は終わりましたが、水害による被災者の復興はまだ終わっていません。私たちは小回りの利く一民間団体として、できることから息長く活動を続けていくつもりです。特に、これまで家の片付けに疲れ果て、かつなかなか進まない家の修繕、そして思うように買い替えのできない生活用品等の問題を多く聞かれる高齢者や、公園等の遊び場は工事中、家のファミコンも水害で失い、ストレスがたまっている子どもなどに焦点を当て、様々な支援活動を継続してまいる所存です。2000年10月・震災から学ぶボランティアネットの会」

このような文章を内外に宣言し、西枇杷島町内に専属のスタッフが常駐する拠点を設置して、支

援を継続した。なお、この財源は当然ながら本部に寄せられた支援金とは別であり、本会の趣旨に賛同していただいた方からの支援金や助成金を新たに募って実施した。

事業名を「忘れないよ 水害プロジェクト」とし、被災者の生の声を集める訪問活動や拠点を活用した憩いの場、なんでも相談所、茶話会を開催するなどした。また以下のような被災者向けのイベントを開催した。

○「ニコニコフェスティバル」

リサイクル品即売、バザー、抽選会、ステージ演奏、相談コーナー他

○「福よ来い！もちつき大会」

もちつき、子ども交流コーナー、来場できない高齢者宅へもちを届けながら近況の調査

○サンタのお宅訪問大作戦

趣旨に賛同した全国の方からのプレゼントを被災した世帯の小学生・独居老人等にお届け

○バスツアー 1

希望のあった被災児童41名で「南知多グリーンバレイ」で思いっきり遊ぶ

○バスツアー 2

希望のあった被災者40名で「内海観光ホテル」へ温泉ツアー

○Kid's プロジェクト

趣旨に賛同した全国の方からの絵本や紙芝居を、被災町内3箇所の幼稚園・保育園に寄贈

2.7 検証作業

今回の一連の取り組みを検証し、よかった点や改善すべき点を出し合い、今後の緊急時に生かしていくよう以下のテーマに分けて開催した。

(1) ボランティアコーディネーター・ボランティアセンター

約2万人のボランティアが活動した「数の実績」や「ボランティアさんありがとう」といった漠然とした成果に終始させることなく、次の災害のためにも今回の教訓をきちんと議論する。

日時：2001年6月9日（土）18：30～20：30

場所：名古屋市総合社会福祉会館

登壇：野川祐史（名古屋市北部水害VC）、石黒司（名古屋市西部水害VC）、鈴木一弘（名古屋南部水害VC）、内海勝彦（大府市水害VC）、鹿山秀樹（新川町・西枇杷島町水害VC）、栗田暢之（愛知・名古屋水害ボランティア本部）

出されたキーワード：「地域との連携」「平常時からの話し合いと訓練」「次の災害時も協力し合おう」「ボランティアの自発性を生かす」

(2) 行政との連携

ボランティアが果たした役割や課題、ボランティア本部の体制、平常時からのNPOと行政との連携のあり方等、将来の災害に備えて課題の整理を行う。

日時：2001年7月1日（日）13：00～16：30

場所：名古屋都市センター

記録ビデオの上映：佐藤 勲（西枇杷島町在住）

登壇：鷺見雅一（西枇杷島町総務部主幹）、松田 敦（愛知県消防防災課主査）、栗田暢之

総合司会：昇 秀樹（名城大学都市情報学部教授）

出されたキーワード：「信頼関係の構築」「顔の見える関係づくり」「行政の補完ではない」「産官学民のさらなる連携」

(3) 障害者に対する支援活動

阪神・淡路大震災でいわゆる「災害弱者」が問題になった。私たちはそこから多くを学び、悲劇を繰り返さないようにするはずであった。しかし、東海豪雨水害でその学びは生かされたのか。災害ボラセンはその「視点に欠けていた」のではないのか。徹底的に検証する。

日時：2001年8月11日（土）13：00～16：00

場所：安田火災名古屋ビル

登壇：横山明泰（愛知県社会福祉協議会）、水谷 真（AJU わだちコンピューターハウス）、大川美知子（コンビニハウス）、斎藤亮人（わっぱの会）戸水純江（重度障害者通所施設友の家）、伊藤由紀（重度障害者活動拠点1980夢）

出されたキーワード：「大丈夫かだけではいけない」「安否確認のしくみがない」「民間ネットワークの必要性」「諦めている当事者の声を拾う」

(4) 被災地サミット

2000年は東海豪雨水害のほか、有珠山噴火災害、三宅島噴火災害も発生した。また過去には阪神・淡路大震災をはじめ、全国各地で地震や噴火、水害が後を絶たない。また、そのたびに災害ボランティアが現場に駆けつけ、被災者支援を行ってきた。過去の被災地から様々なゲストが一堂に会し、今後のあるべき姿を模索する。

日時：2001年9月2日(日)10:00~17:00

場所：名古屋国際センター

基調報告：金宣吉(KOBE 外国人支援ネットワーク)、ゲスト：有珠山噴火災害、福島・栃木水害、三宅島噴火災害、東海豪雨水害、阪神・淡路大震災、新湊川水害、高知水害、広島水害、芸予地震の各被災地から14名、コーディネーター：中川和之(時事通信社神戸総局)、コメンテーター：若松利昭(日本福祉大学教授)

出されたキーワード：「被災者の被災者による被災者のためのボランティアセンター」「都市型と農村型との違い」「復元力」「忘れない・学ぶ・つなぐ」「社会のしくみの転換」

(5) 被災者から見たボランティア

東海豪雨水害から1年。あの時は十分に語り合えなかった被災者とボランティアの関係の素直な意見交換の場を持ち、今後も被災者が「まち」の復興の主役となって、ボランティア、行政や企業等とのパートナーシップを深めていく。

日時：2001年9月8日(土)13:30~16:30

場所：カルチバ新川

登壇：鹿取 満(新川町在住)、戸水純江(西枇杷島町在住)、柴沢随謙(小牧市在住)、奥村尚子(名古屋市天白区野並在住)、鈴木一雄(大府市在住) コーディネーター：市橋正光(西枇杷島町商工会) 出されたキーワード：「ボラセンを知らなかった」「自分でがんばりすぎた」「人は一人では何もできない」「被災者も次はボランティア」「がんばる気持ち共有できた」

(6) 集まれ! 災害ボランティア

災害大国「日本」は豪雨だけではなく、まさに

東海・東南海地震が警戒されているこの地においては、さらなる災害ボランティアの普段からの連携が必要である。東海豪雨水害で構築した「顔の見える関係」を、さらに「心の通う関係」にしていきたい。

【名古屋会場：名古屋工業大学】

日時：2001年11月17日(土)14:00~17:00

【三河会場：豊橋市内コンベンションホール】

日時：2001年11月25日(日)14:00~17:00

基調講演：谷口仁士(名古屋工業大学教授)

参加団体：災害ボランティア団体等26団体

出されたキーワード：「災害前の減災ボランティア」「東海地震は必ずやって来る」「民間の交流ネットワークの構築」「仲間を増やそう」

2.8 その後の取り組み

こうして発災直後の大きな体制と復興を支える小さな被災者とのふれあいを経験し、さらに支援した側・された側双方からの本音を共有できたことは、その後の私たちの活動の方向性に大きな影響を与えることになる。早速ネットの会を発展的に解消し、NPO法人レスキューストックヤードとして新たなスタートを切った。「被災者支援」という奥深い活動をさらに追及していくために、腹をくくったということだ。

2002年には名古屋市からの受託で「名古屋市災害ボランティアコーディネーター養成講座」を開催し、現在までに12期・約700名が受講した。そしてその修了者が主体となって、各区に災害ボランティア団体を順次設立させ、現在では16区すべてに出揃った。これら各区団体や当法人、名古屋市、名古屋市社会福祉協議会等が、「なごや災害ボランティア連絡会」を構成し、災害ボランティアに関する相互協定を締結した。また、名古屋青年会議所が寄贈してくれた資器材は、名古屋建設業協会との間で応援協定を締結し、建設会社の倉庫で保管していただいている。緊急時は惜しみなく全国各地に搬送し、これまで約20箇所の災害現場で活用していただいている。2008年の8月末豪雨では、なごや災害ボランティア連絡会のメンバーが中心となり、資器材を片手に浸水した地域を丹

念に練り歩き、118件の被災者ニーズに対応したところである。

そしていつの間にか東海豪雨水害から10年である。しかしその学びは現在進行形で続いていると言える。次の災害はない方がいいが、来るならかかってこい。

3. 恵南豪雨災害における町民の声

後藤 順一*

3.1 はじめに

岐阜県上矢作町（現在は恵那市）では、9月11日午前2時頃から降り始めた雨が12日午前9時まで激しく降り続き、総雨量が423.5mmという500年に一度の異常豪雨を記録した。この豪雨により、河川の氾濫、土石流が相次ぎ、上矢作町全域で道路が寸断し多くの橋梁が流出した。また民家の全壊・流出・浸水、農地の流失・冠水、山林や林道の崩壊など、町始まって以来の未曾有の大災害となった。

一時は町内全戸が停電・断水となり、道路等の不通により127世帯430人が孤立した。12日午前3時46分には全戸に避難勧告が出され、66世帯157人が小学校、公民館などに避難した。とくに、道路の寸断により孤立した達原地区の住民19世帯73人は、県の防災ヘリコプターで小学校に避難した。ここでは、参考文献¹⁾を参照しながら当時の区長、消防団員、町民など様々な立場において災害の状況を振り返りたい。

3.2 当時の上矢作町民の声

(1) 漆原地区元区長の体験

近年、地震、火山噴火、集中豪雨など様々な自然災害が日本国土を襲っている。私が区長に推薦された時、真っ先に考えたことは「災害」についてであった。以前から町や区で防災についての議論が無いまま過ごしていた。区長の立場になると、自然災害が一時も頭から離れることが無かった。

平成12年9月11日から12日、400mmを越す豪雨が上矢作町を襲った。戦後、荒れ果てた森林は、国民の努力によって植林と手入れがされた。平坦地が少ない我が国は、森林が自然災害を防ぐ役割を担い、水資源を養い国民の生活に潤いと安らぎを与えてきた。しかし、林業の低迷により、スギ、ヒノキを植林した人工林で間伐や枝打ちの手入れをしないひよろひよろとした線香林が多くなった。

林地に下草が無く、雨水が表土を流出させ、林地を崩壊させ、流失した土砂は川を埋める。集中豪雨では民家や道路、農地に土石流と流木が押し寄せてきた。森林からの流木が被害を大きくした。土砂で河床が上がった川は、橋に流木がかかり水の逆流が被害を大きくした。

今までにない最大級の自然災害を受け、私たちが生活している場所が大きく変貌してしまった。社会が成熟化した現代、災害が我々に大きな課題を投げかけた。適切な森林の管理、森林資源の持続的な利用、林業の振興と適地適木の原点にたった山にあった山づくりが必要である。林業をどうするかではなく、地域社会をどうしたらよいかを考える必要がある。

災害を未然に防ぐために、被災現場に出向き、そこに問題解決のヒントを見つけることが大切である。現地に住んでおられる高齢者などの身体に蓄えられた知識や情報を、災害の修復、復興工事をしていく事が大切だと思う。

(2) 小田子地区元区長の体験

9月12日夜中、午前1時30分頃、電話のベルが鳴り出した。今頃何だろうと出ると、「消防団員が出動して道路まで出た。土砂にはまり動けないので来て欲しい。」との事。激しく降っている雨の中、雨衣を着て出かけていくと、消防自動車も来ていて団員の人たちも道路に流れ出した土砂を除去していた。私も一緒になり、土砂を除去した。2時間も色々工夫しながらやっただろうか。消防団員の人たちが帰っていき、降り続いた雨も小降りになり、土砂の流れも少なくなってきて薄明かりがさして来た。

*恵那市上矢作支所

ホッとしてスコップを持った手を休めていると、突然、雷とも地震とも判らないほどの音が、地響きと共に谷の上の方からした。「土石流だ！逃げろ！」と散り散りに走った。

ゴーッと音がして、山が流れ出して川まで行った。その瞬間は数分の間だったと思う。山が行ったと言っても過言では無い。道路にも田にも畑にも流木や土砂が残った。どうしようも無いと呆然とした後で気がつく。「皆いるか」と数えてみると、さっきまで黙々と土砂をかき出していた洞の横の夫婦がいない。「おーい、おーい」と呼んだ。いない。流れてしまったか、大変な事態だと感じた。そのうちに「おーい」と声が出た。良かった。腰が抜けそうになった。大変だが仕方無いから家に帰ろうと皆に帰宅してもらった。

自分も家まで帰って来たとき、そうだ、自分は区長だと思ひだし、区民の人たちはどうなっているかと徒歩で出かけた。土砂の入った田畑、上村川を見ると、川の真ん中で流木が山となり、濁流が渦巻いて物凄い勢いで流れていた。

四つ辻の所へ行くと、ふれあい広場で年配の人達が、セキレイ橋にドスン、ドスンと流木が当たるのを、すごいと言って見ていた。恐ろしいもの見たさはわかるが、流されたら大変なことになるから安全な所に避難して欲しいと伝えた。乙原へ行きかけたが、セキレイ橋を渡るのはためらった。町側へ行くときは無かった土石流の抜けた箇所が三箇所もできていた。大災害になったと実感した。

(3) 消防団員の体験①

雨が降り始め、やむ気配もなくどんどん降り続いてゆく。時間が経つにつれ、用水路の水が増え、次第に道路にも水が流れ出す。水だけでなく、草、木、石も流れ始めた。どこが崩れたのか？そう思った時には数箇所が一斉に土砂崩れを起こしていた。今までの姿が一気に変わり、何をどうすれば良いのか判断するには時間がかかった。

とにかく住民の方々と家屋の安全を第一に作業を始めた。しかし、道路が寸断され思うように作業が進まない。少ない人数のせいもあり、作業よ

りも被害の方が進んでゆく。そこへ、住民の方々が一緒に作業を始めてくれた。心強かった。そうするうちに雨は弱まり流れる水量が減り始めた。この時は、被害状況の確認ができなかったが、結果的に1名の命が失われた。残念であった。

この災害で学んだことは、人々の温かさ、心の優しさだったと思う。お互いに助け合い、みんなが力を合わせることによって、作業が進んだ。みなさん、本当にありがとうございました。

(4) 消防団員の体験②

2000年秋に発生した恵南豪雨災害を振り返ってみて、まず問題として考えられるのが防災無線機である。各家庭での設置状況は様々だと考えられるが、今回のような深夜にかけて発生した災害の場合は、問題が多いと思われる。毎年行っている予防査察の際に、各家庭の防災無線機の設置状況を調査し、どこに設置すべきか指導していく必要がある。

また、防災無線機そのものについても改善すべき点がある。防災無線機の設置場所によるところが大きいが、消防団員の召集の無線が入った時に気づかず寝ていた団員がいたり、避難勧告が出た時にも気づかずにいた住民がいたりという話を耳にした。非常通報の際には、音量が大きくなる無線機や取り替えるのを忘れがちな乾電池ではなく、内蔵バッテリーのタイプにして停電時でも24時間以上は無線の受信が可能なるものをメーカーに注文してでも改善すべきである。

また、今回の活動を通して装備不足も気になった。スコップや土のう袋などは役場に取りに行ったりするのではなく、ある程度の数は各器具庫に装備しておくべきである。今回は長時間に渡って停電が続いたため、無線のバッテリーが切れる状態になった。携帯電話も通話不能になり連絡手段が無くなった。このような事態を防ぐためにも各器具庫に発電機を設置することも検討すべきである。

(5) 町民の体験①

ものすごい雨の量。上村川が増水し、川の石がゴロゴロと鳴り、地面に響き出したのが12時頃

だった。窓から川を見ると水量が増えていく。室戸台風や伊勢湾台風の時でも下の道路までは水はつかなかったため、あまり心配せずに仮眠をとり、1時間おきに川の様子を見ていた。

3時半頃、家内が突然大きな声で「電気が切れた。早くブレーカー」と叫んだ。急いで2階から階段を降りようとしたら、すでに階段の5段目まで水につかって降りられなかった。貴重品、服、タオル、携帯電話などをリュックに入れ、二人で玄関まで出た。バケツをひっくり返したようなものすごい雨で、県道には10cm くらいの水が水路のように流れ、身動きもできない。天を仰ぎ、雨が早く止み水量が減ることを祈った。

「心配するな」「大丈夫だ」二人で励まし合い、玄関に長いすを置き、腰を下ろして避難のチャンスを待っていた。4時頃、お隣のAさんが保育園に車で避難するところに同乗させてもらった。国道257号線は、30cm あまりの水が川のように流れ、車が大丈夫か心配だった。ものすごい勢いで水しぶきをあげながら保育園に着いた。

避難先で7、8人に会った時、ほっとした。他からの少ない水害情報を聞くたびに家のことや川のことがか心配でたまらなかった。このとき、親戚と携帯電話で連絡を取り、避難先を確認し合った。

夜明けを待ったが長い時間だった。やっと、夜が白々と明け始めたとき、家を見に行くために国道に出たが流木と濁流で歩けなかった。山側の土手を歩いて家に向かった。一階の部屋は全部、土蔵、作業部屋も土砂で埋まり、書籍や家具は流出し車庫の車は二台とも屋根だけ出していた。あまりにも変わり果てた情景に愕然とした。保育園に帰って家内には「家に行くな」と言った。あの悲惨な状況を見せたくなかった。年老いて、どうしたら良いか、苦悩の涙が止まらなかった。

炊き出しの朝食を頂き、家に帰ってきたが、電気、ガス、水道、電話も使えなかった。自分にできることは水の確保だと思い、沢のタンクを掃除して洗いの用の水が来るようにした。飲料水は幸いブロックの隙間から出る湧き水で臨時の水道をひくことができた。私たちは二階が生活の場であったため、日用品や食器、衣料品は大丈夫で何とか生活で

きる状態であった。砂出しや片付け作業は二日目から行い、ボランティアの方たちの献身的な働きによって砂や泥を搬出することができた。

(6) 町民の体験②

今回の災害で私は自然の偉大さを知った。今までの増水は、石がゴロゴロ流れる音、あの夜はゴーツとまるでジェット機のような音に聞いたことが無いだけに、不安な一夜であった。夜が明け、川の水にびっくりしているうち、洞からの土砂の押し出しで目の前の民家が倒れてしまった。「あーっ！」と見ているだけで、どうすることもできなかった。

そんな時、私の裏山にあるスギ、ヒノキを植栽した青木山(人工林)が山頂から見事に崩れ落ちた。青木山は根が弱いと聞いてはいたが、その姿を見ると本当に弱さを痛感した。しっかりと山に根を下ろしてくれる木々が育ってほしいと思った。

川の増水でたくさんの被害を受けた無惨な姿を都会に出た子供たちに見せたくないという記事を新聞で読んだ。しかし、たくさんの人達の暖かい救援を受け、子供達を呼び寄せたと書かれていた。一時はこの町を出ることも考えたが、子供達の生まれ育った家を残して欲しいという気持ちを受け入れ、家を直したという記事を読んで胸が熱くなった。その家は私にとっても思い出深いだけに、本当にうれしい記事であった。

この災害で多くを失ったが、また大切なことも得られたと思う。災害により、自然の美しさと大切さを知り、今後の課題として取り組むことが大切だと思われる。

3.3 おわりに

この未曾有の大災害を体験した町民の脳裏には、10年が過ぎようとする今でも当時の状況が鮮烈に焼き付いている。元区長の一人は、消防団とともに災害現場を駆け巡り、住民の避難、危険区域からの退去指示、安否確認などに奔走し活動した当時のことを今も熱く語りかける。

岐阜県の発表によると、この災害の特徴は大量の雨により人工林(青木山)の山腹崩壊が起こっ

て土石流が発生し、その結果、大量の倒木が河川に流入して大氾濫を引き起こしたとされる。当地域の森林面積の8割はスギ、ヒノキの人工林であり、この人工林を森林組合が間伐するなどして整備し良質材の生産と災害に強い山づくりを進めている。また、防災訓練については、毎年、恵那市、自治連、消防団を核に地震を想定した訓練を実施している。さらに風水害などを想定した防災訓練も検討されている。体験文にもあった消防無線、発電機については、車両などの更新に併せて装備の充実が図られている。

上矢作町は、この大災害後、大規模な復旧工事により見事に立ち直ることができた。今後は、大災害から学んだ多くの体験、教訓を次世代に引き継ぐ必要がある。

- ・間伐等の山の手入れをしない人工林（青木山）は崩れやすい。

- ・洞口には家を建てるな

などの先人の教えに加え、最新の森林管理、土木情報等を取り入れ、台風や集中豪雨などの災害に備えて被災しても被害が最小限に食い止められる対策が必要と思われる。

参考文献

- 1) 上矢作町：2000.9.12 恵南豪雨災害記録誌、2001.10

4. 恵南豪雨災害から10年

清水 墨*

4.1 はじめに

2000年9月11から12日にかけて東海地方を襲った集中豪雨は、一般的に東海豪雨災害という名で知られているが、岐阜県では恵那郡上矢作町（図4-1：2004年10月に合併し現在は恵那市上矢作町。以下は当時の郡市町村名で示す）を中心とする東濃地方の恵南地域（恵那郡南部）で被害が大きかったことから恵南豪雨災害と名付けている。以下にその概要を示す。

11日未明、日本上空に停滞していた秋雨前線に向かって、北上する台風14号からの暖かく湿った空気が流れ込んだ（図4-2）。雨は午前0時から降り始め、3時20分には東濃地方に大雨洪水雷注意報、20時17分には大雨洪水警報が発令された。警報が発令された頃、上矢作町槍ヶ入観測所（図4-1：矢作川水系飯田洞川の最上流部）ではすでに総雨量が137mm（雨量は国土交通省観測所データによ

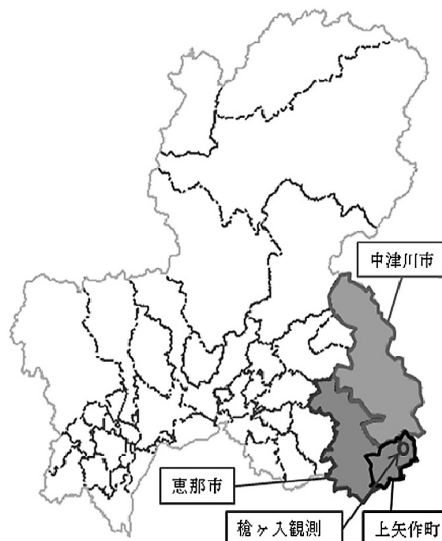


図4-1 岐阜県上矢作町の位置

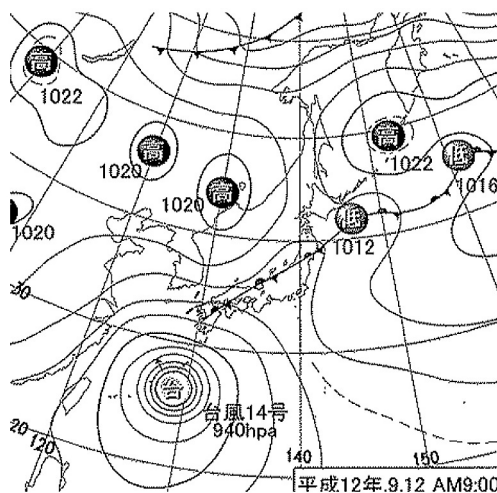


図4-2 天気図（2000年9月12日9時）
気象庁提供

*岐阜県恵那土木事務所

る、以下同じ)に達していた。21時頃からはさらに雨足が強まり、23時～24時までの1時間に80mmという非常に激しい雨量を記録した。その後も12日の2時～6時までの4時間に233mm(平均時間雨量58mm)の雨が降り続き、降り始めからの総雨量は595mm(11～12日の2日間)に達した(図4-3)。

槍ヶ入観測所の年間総雨量は2001年に2,398mm、2002年に1,902mmであることから、恵南豪雨の2日間で年間総雨量の約4分の1の雨が集中的に降ったことになる。参考文献¹⁾によると、このような超豪雨の起因は前述の気象条件だけでなく、上矢作町付近の地理的状況にも原因があると推測している。記述によれば、この付近は傾斜度の高い稜線の山々に囲まれ、上空では湿気を帯びた空気が溜まりやすい状態にあり一度に多量の空気がこの領域に侵入すれば局地性のまとまった雨が降ることになるとある。こういった要因が重なり、未曾有の大災害となったものである。

4.2 被害状況

恵那土木事務所管内(図4-1:恵那市、中津川市:合併後)の被害は、死者1名、全壊・流出家屋11戸、半壊家屋12戸、床上浸水13戸、床下浸水98戸をはじめ、あらゆる分野におよんだ。道路では国道257号線、418号線、主要地方道瑞浪大野瀬線・瑞浪上矢作線、一般県道月瀬上矢作線が決壊

や流出、土砂堆積により通行止めになった。河川では矢作川水系上村川、飯田洞川を中心に溢水や内水の排水不能等による浸水被害が発生した。またその支流で土石流が発生し、道路決壊や山腹崩壊などの被害を拡大させた。上矢作町では一時、全戸が停電・断水となり、全世帯に避難勧告が出されたほか、道路決壊等により127世帯430名¹⁾の住民が外部との連絡が絶たれ、一時孤立する状態となった。この災害の主な特徴としては以下のようになる。

- ・大量の雨が上矢作町中心に局地的に降った。
- ・矢作川水系上村川及びその支流が大氾濫をおこした。
- ・人工林の山腹崩壊等により大量の流木が被害を拡大させた。
- ・流れ出た倒木が住家、農地、道路、橋梁などの被害を拡大させた。
- ・地層を形成している風化花崗岩(マサ土)が山腹崩壊、道路決壊などを拡大させた。特に国道418号線沿いの被害を大きくした。

図4-4には上矢作周辺地図を示す。また、写真4-1には井取洞における被災状況、写真4-2には、豪雨により流され矢作ダムに堆積した流木の様子を示す。

4.3 災害復旧について²⁻⁴⁾

恵那土木事務所管内で被害を受けた県の公共土木施設は283箇所にとどまった。被災施設の復旧工事は地域住民の民生の安定のため、早期復旧を目指し工事着手を行った。復旧事業としては、災害復旧事業(県・市町村事業)と災害関連事業、災害関連緊急事業に区分される。災害復旧事業とは、河川・砂防設備・道路・橋梁それぞれの施設が被害を受けたことにより、従前の機能を果たせなくなった場合に原形復旧を原則として実施される。それに対して災害関連事業は原形復旧のみでは不十分な場合に再度災害を防止するために未災箇所を含めて一連の施設について行う。また災害関連緊急事業は緊急的に施設整備する必要がある場合に行われる。

表4-1には、災害復旧事業(県事業)の箇所数と

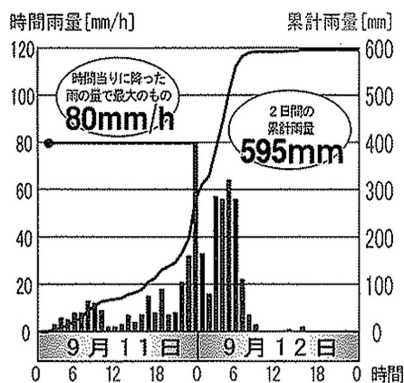


図4-3 槍ヶ入観測所の降雨量
(2000年9月11～12日)
気象庁提供

事業費、表4-2には、災害復旧事業（市町村事業）の箇所数と事業費、表4-3には、上矢作町と串原村における災害関連緊急事業の箇所数とを示す。上矢作町の被害は県の公共土木施設で117箇所、恵那土木事務所管内被害箇所数の約40%にのぼる。事業費ベースでは約87%を占める。国道418号線の災害関連事業（表4-4）では、豪雨により削り取られた道路部分を護岸工事で強化し、再度災害防止を図った。削り取られた土砂はトンネル工事で排



写真4-1 井取洞（上矢作町小田子）被災状況（2000年9月11日～12日）

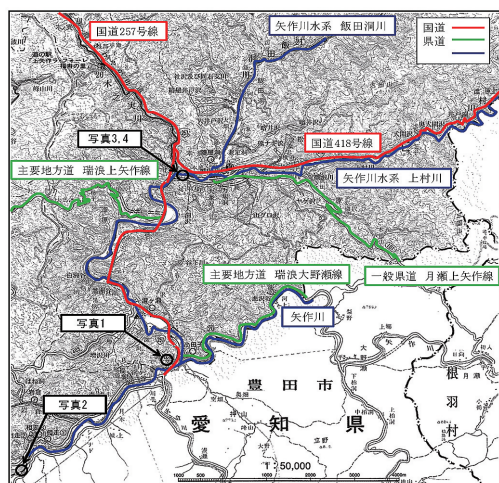


図4-4 上矢作町周辺地図



写真4-2 矢作川ダム湖（串原村大野）流木堆積状況（2000年9月11～12日）

表4-1 災害復旧事業（県事業）箇所数・事業費

旧市町村名	河川		砂防設備		道路		橋梁		合計		
	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額	
中津川市	中津川市	38	772,691	6	245,921	13	107,494			57	1,126,106
	坂下町										
	川上村			2	35,225					2	35,225
	加子母村										
	付知町										
	福岡町	1	7,069	3	12,440					4	19,509
恵那市	鯉川村	6	29,401	2	10,222					8	39,623
	恵那市	22	128,165	1	27,067	6	22,720			29	177,952
	岩村町	10	84,045	1	3,274					11	87,319
	山岡町	6	57,711							6	57,711
	明智町	18	239,652			4	16,010			22	255,662
	串原村	12	471,883	4	80,584	8	36,727			24	589,194
上矢作町	42	3,985,064	7	45,560	48	2,992,052	6	94,726	103	7,117,402	
合計	155	5,775,681	26	460,293	79	3,175,003	6	94,726	266	9,505,703	

(千円)

表4-2 災害復旧事業（市町村事業）箇所数・事業費

旧市町村名	河川		道路		橋梁		合計		
	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額	
中津川市	中津川市	30	172,219	16	63,113	1	7,268	47	242,600
	坂下町								
	川上村	3	8,114					3	8,114
	加子母村								
	付知町								
	福岡町								
恵那市	蛭川村	4	17,829					4	17,829
	恵那市	13	31,101	12	24,598			25	55,699
	岩村町	6	10,175	6	44,929			12	55,104
	山岡町	13	26,309	5	13,674	1	2,253	19	42,236
	明智町	6	27,578	3	10,685			9	38,263
	串原村	11	86,616	14	98,292			25	184,908
上矢作町	33	677,364	38	374,352	9	388,326	80	1,440,042	
合計	119	1,057,305	94	629,643	11	397,847	224	2,084,795	

(千円)

表4-3 災害関連緊急事業 箇所数・事業費

旧市町村名	砂防		急傾斜地崩壊対策		合計	
	件数	金額	件数	金額	件数	金額
上矢作町	12	3,333,000			12	3,333,000
串原村	2	396,000	1	72,000	3	468,000
合計	14	3,729,000	1	72,000	15	3,801,000

(千円)

表4-4 災害関連事業 箇所数・事業費

河川：上村川 L=11.4km
道路：国道418号 L=1,178m

旧市町村名	河川		道路		合計	
	件数	金額	件数	金額	件数	金額
上矢作町	1	5,626,376	1	2,662,908	2	8,289,284

(千円)

出される削り土などにより埋め戻しを行った。護岸部分は主に自然石を用い、法面には植物の種を蒔くなど自然の景観に配慮し施工した。上村川の災害関連事業では主に、河床の掘削、護岸の改修、橋の架け替え工事を行い、今後増水時の溢水を防ぐ。写真4-3および写真4-4は、上矢作町本郷における被災時と復旧後の様子を示す。

4.4 ソフト対策について⁵⁾

恵那土木事務所管内の土石流危険渓流は640渓流、急傾斜地崩壊危険箇所は753箇所、地すべり危険箇所は33箇所存在する。このような危険箇所に対して土砂災害を未然に防止し、人命保護の観点から砂防施設等のハード対策を進めている。しかし、整備を進めるには多大な時間と費用を要するため、その整備率は未だに低い状況にある。こういった状況からハード対策のみでは危険箇所周辺の住民の生命、財産を守ることが困難であると

言える。そこで、頻発する土砂災害に対し、ハード対策と比較して短時間かつ広域的に対応できる警戒、避難といったソフト対策も実施している。ソフト対策では防災意識の普及や警戒避難体制の整備を促進し住民の理解と関心を深めるため、様々な対策を行っている。

(1) 土砂災害危険区域図（防災マップ）

恵那土木事務所では、事前に危険箇所を住民に周知させるために土石流危険渓流や急傾斜地崩壊危険箇所、地すべり危険箇所等を記載した防災マップ（図4-5）を配布している。また、現地には土石流危険渓流等の危険箇所表示板（写真4-5）を設置し、平常時から災害発生の危険性を呼び掛けている。もし豪雨等により現地で災害の前兆現象があれば住民から行政機関に通報してもらい、行政側は雨量や警戒避難情報等を住民に伝達する。このように住民と行政が土砂災害関連情報を相互



写真4-3 上村川 被災時 (上矢作町本郷)



図4-5 土石流災害危険区域図 (防災マップ)



写真4-4 上村川 復旧後 (上矢作町本郷)



写真4-5 土石流危険渓流の危険箇所表示板

に通報（共有）し合うことで、早期警戒避難体制が可能となり人的被害を未然に防止することを目指している。

(2) 土石流災害監視システム・土石流災害警戒情報^{6,7)}

土石流災害は降雨と密接な関係にあり、大雨が降ることにより災害の発生する確率が高くなる。土石流災害の特徴として、河川の増水のように目で見て危険性がはっきりわかるものではなく、現在どういった状況かを把握するのは難しい。災害直後には二次的な被害を防ぐため局所的に土石流センサー等を設置するが、常時県下全域の土石流災害発生危険度を示す客観的な指標が必要と言える。そこで岐阜県では警戒避難基準の目安となる雨量を土石流災害監視の判定指標とする「土石流災害監視システム」を整備している。このシステムは県下を5 km メッシュに分割し、過去10年間（1995～

2004）の降雨データと土石流災害発生との関係から危険度を判定するものである。図4-6のように縦軸を60分間積算雨量（短時間降雨による危険性）、横軸を土壌雨量指数（長時間降雨による危険性）とし、土石流災害が発生した降雨と発生していない降雨をプロットしていく。そして土石流災害発生の目安となる土石流災害発生避難基準（CL：クリティカルライン）を設定する。すると土石流災害の発生しやすい領域（右上）と比較的発生しにくい領域（左下）とに分けられる。降雨があれば、スネイクラインと呼ばれる雨量予想線が発生し、それがCLの右側へ達すれば土石流災害発生の可能性が高くなるということである。図4-7に示すように岐阜県では、このような土石流災害の危険度や雨量情報をマップ化してインターネットや携帯電話で情報提供している⁸⁾。

ただし、対象とする土石流災害は表層崩壊等による土石流災害のうち土石流や集中的に発生する急傾

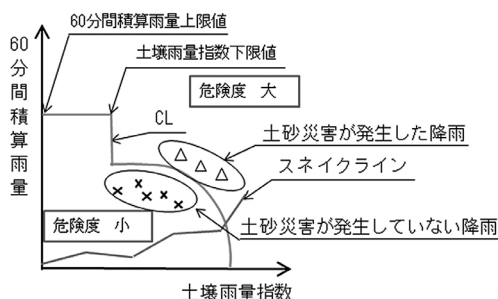


図4-6 土砂災害発生避難基準の設定方法



図4-7 岐阜県土砂災害警戒情報ポータル⁸⁾

斜地の崩壊であり、技術的に予知・予測が困難な斜面の深層崩壊や地すべり等は対象外なため注意する必要がある。危険度は現在、1～3時間以内に土砂災害の危険があるかでレベル1～4に区分して表示している。一般に土砂災害は発生してから避難までの時間的余裕がないため、事前避難を念頭においた警戒避難体制を構築することが重要となるが、本システムでは3時間後まで危険度時間予測をしているため、この点において有効である。さらに平成19年11月30日から県と岐阜地方気象台が共同して土砂災害警戒情報の発表を開始している。これは、大雨警報の発表中、さらに土砂災害の危険度が高まった時に発表される。発表は解析雨量及び降水短時間予報を1 km メッシュで行い判定している。市町村単位で発表されることにより市町村の警戒避難体制の一助となる情報を提供することができる。また土砂災害は雨量のみ

でなく、その他の自然現象（地震、火山活動、林野火災、風倒木等）によっても影響を受けるため、その場合は岐阜県と岐阜地方気象台が協議の上、土砂災害警戒情報の暫定基準を設定することになっている。

○インターネット

<http://alert.sabo.pref.gifu.lg.jp/>

○携帯電話

<http://alert.sabo.pref.gifu.lg.jp/h/>

(3) 土砂災害（特別）警戒区域の指定⁹⁾

平成13年4月に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」（以下土砂災害防止法とする）が施行された。この法律は土砂災害防止のためのソフト対策について定めている。主な内容としては、まず土砂災害の発生し得る箇所について基礎調査と呼ばれる斜面の高さや堆積土の状況、勾配などを測量する簡易的な調査を行い、その結果に基づき危険区域を指定する。危険区域は、土砂災害のおそれがある区域「土砂災害警戒区域」と、中でも特に危険な区域「土砂災害特別警戒区域」とに区分される。このような区域に指定された場合は、警戒避難体制の整備や建築行為・開発行為に対する規制、既存建築物の移転誘導などが生じてくる。この情報を使用しての避難体制の整備により、従来のものよりも細かな体制が整備できる点が良いところである。また危険箇所に対してハード対策が追いつかないばかりか開発行為等によって危険箇所が増加し、整備済み箇所と危険箇所との差が広がる現状に対しても一定の効果があると言える。また、4.4節に記した土砂災害監視システム・土砂災害警戒情報は個別の災害発生箇所を特定したものでないため、個々の危険度を調査した本区域と併用することでさらに効果的にこの情報を利用することができる。なにより危険区域を明確にすることで住民が土砂災害に関心を持ち、対策を行政任せにせずに「自分の命は自分で守る」という意識が生まれることが重要である。恵那土木事務所では、管内旧2市7町5村のなかで上矢作町を含む3町1村で指定済である（2010年3月現在）。今後も基礎調査を進め管内一円を指定していく予定である。

4.5 おわりに

恵南豪雨から10年。恵南豪雨、またそれ以前に発生した災害の教訓を踏まえ、これからもハード・ソフト対策を進めていき、住民・行政が一体となり、地域全体として今後来る自然災害に備えていきたい。

参考文献

- 1) 上矢作町：2000.9.12 恵南豪雨災害記録誌，pp. 2-6, 2001. 10.
- 2) 社団法人全日本建設技術協会：平成21年度災害手帳，p221, 2009. 5.
- 3) 社団法人全国治水砂防協会，砂防関係事業の概要，<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/panf/gaiyo-pdf/2/31-32.pdf>，2010年2月17日
- 4) 社団法人全国治水砂防協会，砂防関係事業の概要，<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/panf/gaiyo-pdf/2/35-36.pdf>，2010年2月17日
- 5) 岐阜県県土整備部建設政策課，建設行政の概要，<http://www.pref.gifu.lg.jp/pref/s11650/kensetsugaiyo16/s6.pdf>，2010年2月17日
- 6) 向井利明：斜面判定士講習会資料，pp. 8-19, 2008. 1.
- 7) 岐阜県県土整備部砂防課，土砂災害警戒情報発表基準について，<http://alert.sabo.pref.gifu.lg.jp/WebDosya.pdf>，2010年2月17日
- 8) 岐阜県県土整備部砂防課，土砂災害警戒情報，<http://gis.sabo.pref.gifu.lg.jp/map/kikendo.do>，2010年2月17日
- 9) 松林久行：土砂災害防止法解説，株式会社大成出版社，pp. 11-12, 2000. 12.

5. 力学的アプローチによる豪雨および地震時における山地斜面の安定性評価

杉井 俊夫*・山田 公夫*・浅野 憲雄**

5.1 はじめに

斜面災害は直接被害だけでなく、土石流によって民家を始めとする構造物及び道路の破損やライフラインなどの遮断をも引き起こす。さらには、河道閉塞などを引き起こす場合もあり、2次の被

害の危険性も高い。狭隘な日本の国土条件から、斜面を切り開きながら宅地開発が進まなければならないために、今や斜面災害は山岳地だけの問題ではなくなってきている。これに対して1999年の広島豪雨災害を契機に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が制定された。また気象予測の精度向上や防災対策の伸展によって土砂災害に起因する死者・行方不明者は減少傾向¹⁾にあるが、ゲリラ豪雨や巨大地震の頻発など、既往以上の大きな外力発生によって大きくは減少していない。

2000年9月の東海地方を襲った東海豪雨・恵南豪雨では時間雨量90mm以上、総降雨量500mmを越える豪雨となり、河川の氾濫や多くの山地災害が発生した²⁻⁴⁾。しかし、ゲリラ豪雨という言葉が聞かれる近年ではもはや珍しい降雨とは言えなくなっている。また2004年の新潟県中越地震は、その発生直前に台風23号の上陸による豪雨を伴い、斜面崩壊が多発し、これまで想定されなかった豪雨と地震の複合災害にも目を向ける災害となった。

これからの自然災害に対しては、危険箇所の特定制(優先順位づけ)による減災対策が有用である。無数にある自然斜面の中から危険斜面の抽出には、統計的手法⁵⁾や力学的手法⁶⁾が考えられるが、その合理性から主に統計的手法によって行われてきた。しかし、発生する降雨や地震外力の大きさという点から既往外力から外挿される予測評価の信頼性や、リアルタイム予測の実施において統計手法には限界があることが挙げられる。一方、力学的な個々の斜面の安定性評価は、極限平衡法である円弧すべり解析や有限要素法による方法⁷⁾が用いられるが、多くの斜面について繰り返し計算や断面の要素分割などは非現実的であり、広域の斜面を管理するGISでは不向きである。本研究では、豪雨や地震時の多くの自然斜面の中から危険性を有する斜面を抽出するために、簡便な力学的アプローチにより、同時に多くの斜面の安定計算が可能でGIS上での管理や危険予測が可能なる方法の提案を行った。

* 中部大学工学部都市建設工学科

** 浅野事務所 (中部大学大学院博士後期課程)

5.2 安全率による危険斜面抽出モデル

(1) 提案する斜面安定解析計算のつり合い式

本研究では、危険斜面抽出法として半無限斜面のすべり計算に基づく力学的アプローチによる考え方を採用した。本解析法は、地下水位上昇や降雨による斜面表面からの浸潤による飽和層の拡大、水平震度による地震力を考慮した安定計算が容易にできる特徴を有している^{8,9)}。

半無限斜面のすべり面計算と同様に斜面に平行に土塊がすべりだすとき(図5-1)、ある崩壊長さ(破線で示す水平面)での力のつり合いが崩れて土塊がすべり飛び出す簡便なモデル化を行った。斜面の崩壊長さを L 、崩壊深さ z とする。地震力として水平震度 k_h に重量を乗じた力を考慮し、傾斜している底面でのせん断強度 T_1 よりも大きな力が作用し、左下への力(FF_1)が発生した場合、法先の水平面(破線部)でのせん断強度(T_2)と外へすべり出す力(FF_2)との力のつり合いから安全率を計算する。この関係より安全率 F_s は式(1)のように表わされ、分母、分子とも崩壊深さ z の2次関数の形となる。

$$F_s = \frac{\textcircled{1}z^2 + \textcircled{2}z + \textcircled{3}}{\textcircled{4}z^2 + \textcircled{5}z + \textcircled{6}} \quad (1)$$

1) 浸潤による飽和層厚 $H \leq$ 崩壊深さ z のとき、

- ① $\gamma (D \sin \theta + \cot \frac{\theta}{2}) \tan \phi$
- ② $\{c \cot \phi + H(\gamma_{sat} - \gamma)\} \cot \theta + \{DH(\gamma_{sat} - \gamma) + E\gamma\} \sin \theta + c \tan \phi$
- ③ $\{EH(\gamma_{sat} - \gamma) - cL\} \sin \theta + H^2 \cot \theta (\gamma_{sat} - \gamma) / 2 \tan \phi$

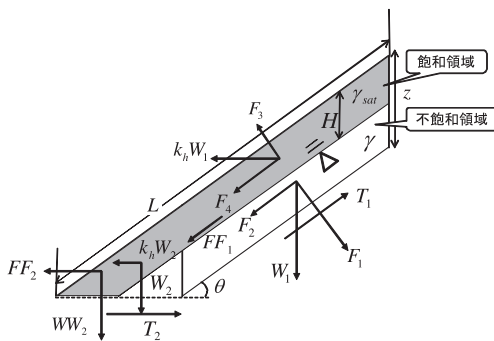


図5-1 提案法における斜面内の力のモデル化

- ④ $(\cos \theta + k_h \sin \theta) D \gamma$
- ⑤ $(\cos \theta + k_h \sin \theta) \{DH(\gamma_{sat} - \gamma) + E\gamma\} + c(\cot \theta + k_h)$
- ⑥ $(\cos \theta + k_h \sin \theta) \{EH(\gamma_{sat} - \gamma) - cL\}$

2) 浸潤による飽和層厚 $H >$ 崩壊深さ z のとき

- ① $\gamma_{sub} (D \sin \theta + \cot \frac{\theta}{2}) \tan \phi$
- ② $\{c \cot \phi \cot \theta + E\gamma_{sub} \sin \theta + c\} \tan \phi$
- ③ $-cL \sin \theta \tan \phi$
- ④ $(\cos \theta + k_h \sin \theta) D \gamma_{sub}$
- ⑤ $(\cos \theta + k_h \sin \theta) \gamma_{sub} E + c(\cot \theta + k_h)$
- ⑥ $-cL(\cos \theta + k_h \sin \theta)$

ここに、

$$D = -\cos \{1 + k_h \cot \theta + (k - \cot \theta) \tan \phi\}$$

$$E = L \cos \theta \{(\sin \theta + k_h \cos \theta) - (\cos \theta - k_h L \sin \theta) \tan \phi\}$$

崩壊斜面長： L (m)、崩壊斜面深さ： z (m)、斜面傾斜角： θ° 、土の飽和単位体積重量： γ_{sat} (kN/m^3)、湿潤単位体積重量： γ (kN/m^3)、水中単位体積重量 γ_{sub} (kN/m^3)、粘着力： c (kN/m^2)、内部摩擦角 ϕ である。

(2) 斜面崩壊長さ L と崩壊深さ z の感度分析

式(1)で示す安全率は、斜面崩壊長さ L と崩壊深さ z の関数であるが、両者は未知数であるために安全率は求まらない。そこで、ひとまず内部摩擦角 ϕ 、粘着力 c の安全率への L 、 z の感度を調べた。 z をある深さで固定したとき、 L の増加に伴い単調に安全率が減少していくことは、斜面長が長くなるほど自重が大きくなり、図5-2のように安全率は減少することは当然である。次に、例えば崩壊長さ $L = 20$ mで固定したとき、 z の F_s への影響について内部摩擦角 ϕ を変えて示したのが図5-3である。 L が一定で z を変化させると最小安全率 F_{smin} が表れる。これらの結果より、斜面崩壊長さ L を固定すると最小安全率を示す斜面崩壊深さ z が決まることがわかる。崩壊長さ L は、破壊モードを決定する重要なパラメータであり、本方法では破壊モードに合わせた安全率を求めて評価を行うこととした。

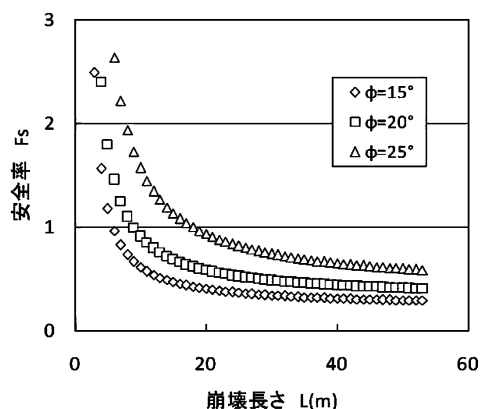


図5-2 崩壊長さによる安全率の変化

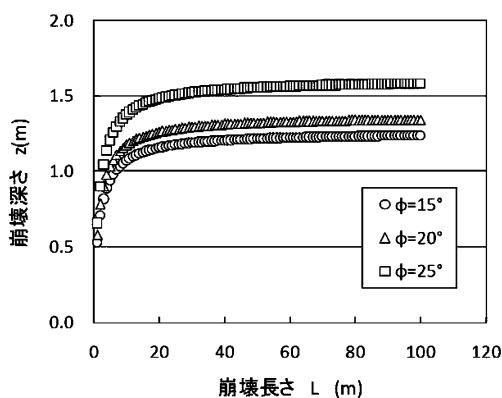


図5-4(A) 最小安全率時の崩壊長さとの崩壊深さの関係

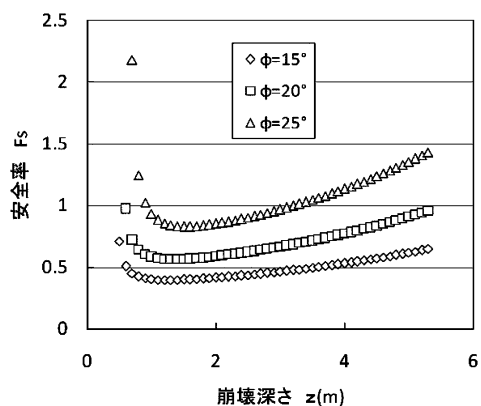


図5-3 崩壊深さによる安全率の変化

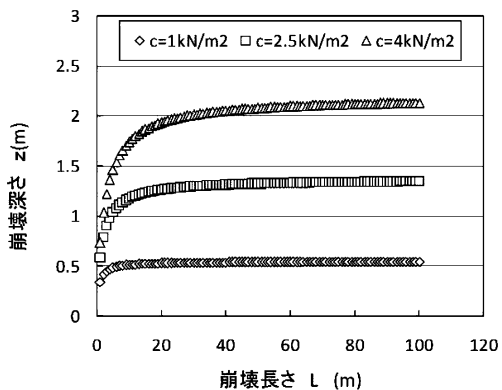


図5-4(B) 最小安全率時の崩壊長さとの崩壊深さの関係

(3) 斜面崩壊長さとの崩壊深さの関係

一般に、がけ崩れといわれる表層崩壊は深さ約1～2 mと浅い表面で観測されている。今回、最小安全率となる時の崩壊深さ z を c , ϕ を変えて調べてみた。結果を図5-4(A)及び図5-4(B)に示す。安全率が1ではなく最小安全率で示しているため、崩壊深さと断言できないが、両図から崩壊長さや強度定数 (c , ϕ) が変化しても崩壊深さは、崩壊長が長くなるにつれてほぼ一定になり、実際の現象をよく説明しているものと判断できる。なお、植生の存在も考慮する必要があるが、実際の斜面崩壊時の崩壊深さも力のつり合いのバランスで決まるため、土の強度定数と土の単位体積重量

の大きさのバランスから約1 mの深さとなる崩壊が発生し易いものと考えられる。

(4) 従来の円弧すべり面法との比較

従来法の Fellenius 法との比較を試みた。崩壊長を同じとした場合の崩壊深さと安全率の関係を傾斜角の異なる斜面で比較し、それぞれ図5-5(A)では破壊規模を、図5-5(B)では安全率の比較結果を示した。図5-5(A)から最小安全率では Fellenius 法の方が深いすべりとなるが、同じ安全率ではほぼ破壊規模は等しい結果となった。また、図5-5(B)の安全率については Fellenius 法と比べて提案法の安全率が小さく評価されている。Fel-

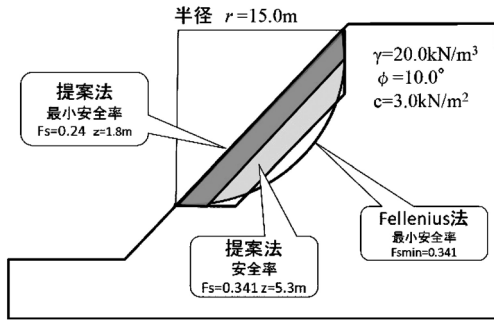


図5-5(A) 同じ崩壊長さに対する提案法と Fellenius 法の破壊モード

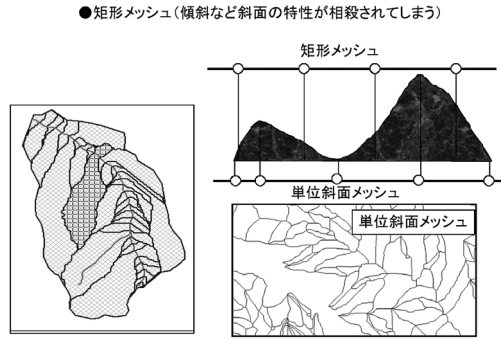


図5-6 矩形メッシュと単位斜面メッシュ

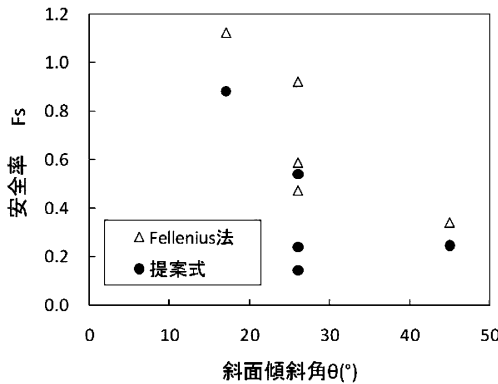


図5-5(B) 同じ崩壊長さに対する提案法と Fellenius 法との安全率

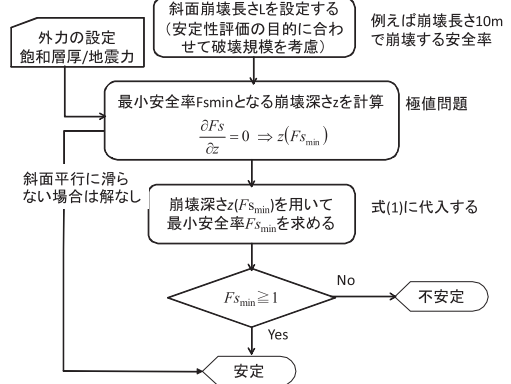


図5-7 提案する山地斜面の安定性評価の手順

leniusu 法は、Bishop 法や対数螺旋法に比べて安全率が小さく算出される傾向にあることが知られているが、提案法はそれよりも小さく安全側の評価になっていると判断される。

5.3 GIS を用いた斜面の安全性評価

(1) 単位斜面によるメッシュ

GIS によるハザードマップなどは矩形メッシュが一般的であるが、斜面の起伏、斜面長、傾斜角などの特性が相殺され精度の高い予測は困難である。そこで本研究では、斜面の形状毎に分割された単位斜面によるメッシュを用いている (図5-6)。10m の DEM データを使って作成された岐阜県林政部治山課のメッシュを用いている。ここでは、岐阜県中津川市を対象にし、本メッシュから斜面

の勾配や斜面長をデータとして取得した。

(2) 評価の手順

崩壊長さが長くなるほど安全率は低下することは図5-2で示した。崩壊長さが決まらないため、評価の目的に適した崩壊規模 (モード) で崩壊長さを決定する。たとえば崩壊長さを斜面長とすると、斜面の最小安全率 F_{smin} が 1 以上であれば、その斜面は崩壊長さが減少しても最小安全率を下まわることなく安定斜面と判断でき、安全な斜面を見極めることができる。または逆に、被害の大きさから崩壊長さ10mとした場合には、 $F_{smin} < 1$ となった斜面は、そうでない斜面に比べて脆弱であることを示すこととなる。絶対的な崩壊危険度を計算するには、 $F_{smin} = 1$ となる崩壊長さ L をま

ず決定することになるが、式(1)から L と崩壊深さ z が未知数であり $F_{s_{min}}$ が決まらないため、ここでは崩壊長さ L を仮定した場合の計算を行っている。次に、最小安全率となる崩壊深さは図5-3に示したように最小となる極値を持つことから式(1)を z で微分し求めることができる。式(1)の分母、分子は z について2次関数となっているため、式(2)を満たす z は同じく2次関数となり、それぞれの係数を用いて2次方程式の解の公式から表計算ソフトでも容易に求めることが可能である。

$$\frac{\partial F_s}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

図5-7には本評価手法のフローチャートを示した。安定斜面と崩壊危険性を含む斜面を区別し、2次評価として詳細な解析や試験を実施することを想定している。

(3) 豪雨による飽和層の増加による斜面安定性

豪雨時に地表から雨水が浸透し飽和層が増加していく際の安全率の変化を評価した。解析に必要な土質定数の粘着力、内部摩擦角、透水性、不飽和浸透特性については、本研究室で別途、植生情報や地形地質情報の相関から浸透マップを作成しているが、ここでは強度定数や浸透性は全斜面一律一定としている。不飽和層で $c=5\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=20^\circ$ 、飽和層で $c=2.5\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=20^\circ$ と仮定して解析を行った。図5-8(A)及び図5-8(B)は飽和層が1m、2mそれぞれ浸潤した時の安全率による安定斜面、不安定斜面の評価結果である。なお、崩壊長さは10mとした。長くすれば安全率は低下するが、危険性の順位としてみた場合、崩壊長さが短くても崩壊すると評価された斜面はそれだけ脆弱であり、危険性の順位が高いと考えることが可能である。全単位斜面メッシュ23,868個に対して評価した結果、飽和層1mのとき、0.6%の崩壊斜面数、2mのとき1.1%の崩壊斜面数の増加があり、僅かであるが危険性が変化することや山の麓での崩壊が高い傾向が得られた。また、図中には地すべり地数が2回以上の報告があり、斜面の面積の5割以上の地すべりがあった箇所を示している

が、強度定数の仮定の問題があるが、図5-8(A)及び図5-8(B)の評価結果と一致するところが多い傾向にあり、本評価法の妥当性を示す結果であることがいえよう。

(4) 地震力を受けた斜面の安定性

次に、地震時の安定性について検討を行った。地震時の慣性力には、設計震度として用いられる水平震度 k_h として入力した。水平震度 $k_h=0.2$ (水平に重力の20%が作用)として図5-9に評価結果を示している。崩壊の評価がなされた斜面の位置から判断すると、地震時には豪雨時に比べて山頂付近においての崩壊が多い傾向を示している。

安全率 $F_s=1$ を下回る崩壊の危険性のある斜面数の割合は18.2%に上り、豪雨よりもその危険性が高い傾向を示している。兵庫県南部地震以降、K-Netなどの地震波形観測のネットワークが確立されており、地震発生時に斜面の方向に対する波形が計算することが可能であることから、崩壊箇所の推定にも繋げることができると考えられる。

5.4 先行降雨を受けた斜面の地震時の安定性の変化

2004年の新潟県中越地震で先行降雨の影響が、被害を拡大したことが取り上げられ、豪雨と地震による複合災害についても減災の考えからは対処できるようにしておく必要があると考えられる。そこで、豪雨により表層2mが飽和状態である場合に、地震時の慣性力 $k_h=0.2$ を受けた場合の崩壊危険性のシミュレーションした結果を図5-10に示す。地震時の山岳中心部だけでなく、麓付近にも崩壊の傾向が現れ、崩壊斜面の割合は24.1%に上昇した。豪雨のみであれば1%増の危険斜面の増加であるが、地震が加わることにより、約6%増の斜面が危険になることが分かり、先行降雨の影響が大きいことが今回の結果からも確認できた。

5.5 おわりに

GISによる広域を対象とした危険斜面の抽出のために簡便な安定解析手法を提案し、豪雨および

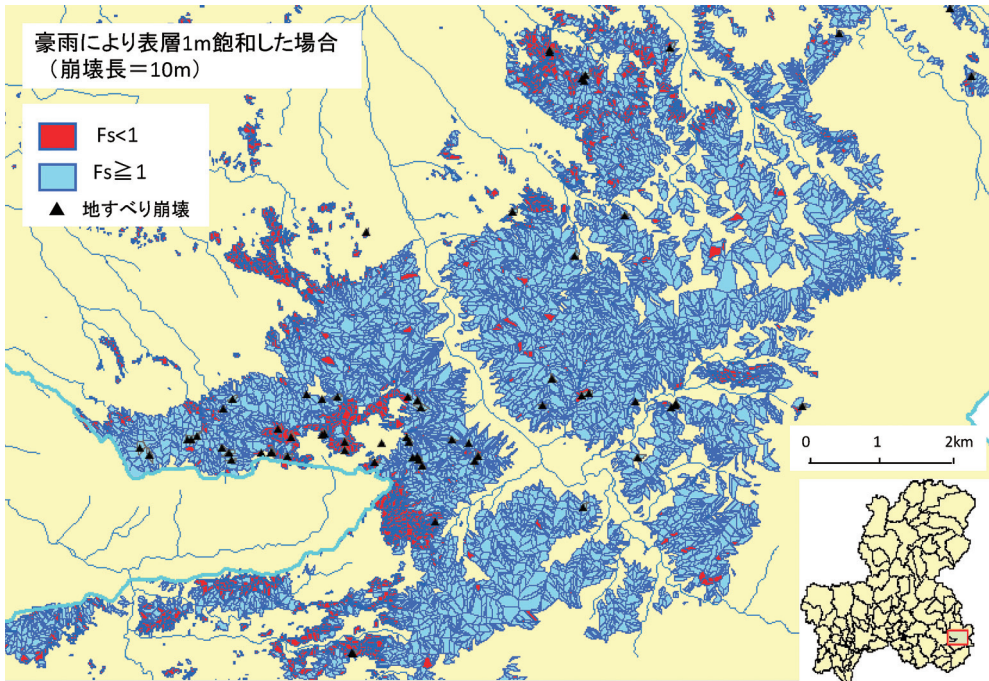


図5-8(A) 豪雨により表層飽和1 m の場合の安定性

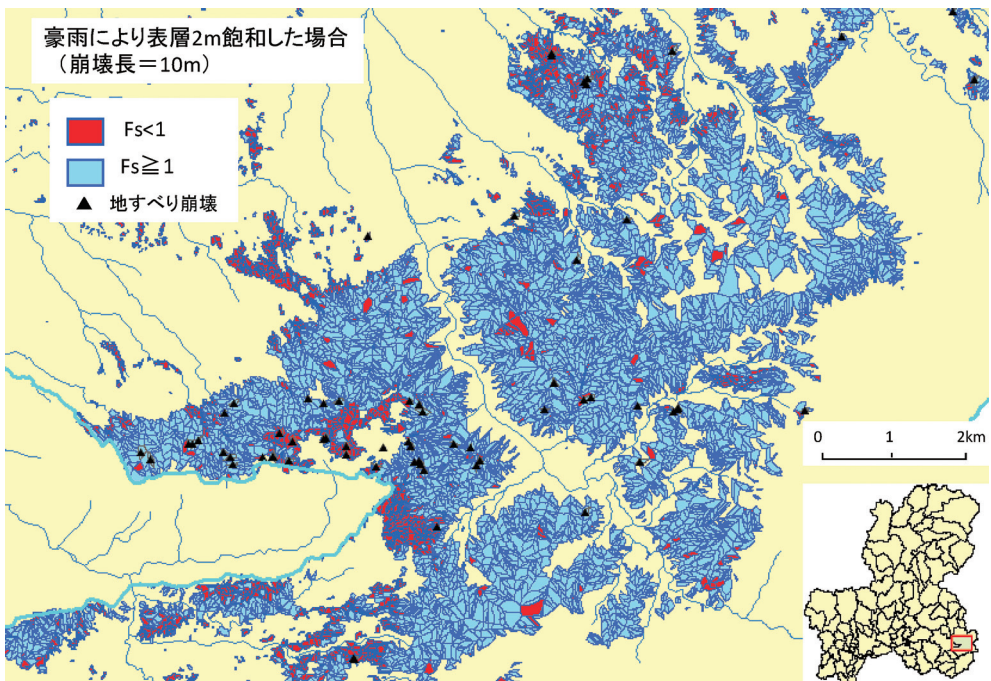


図5-8(B) 豪雨により表層飽和2 m の場合の安定性

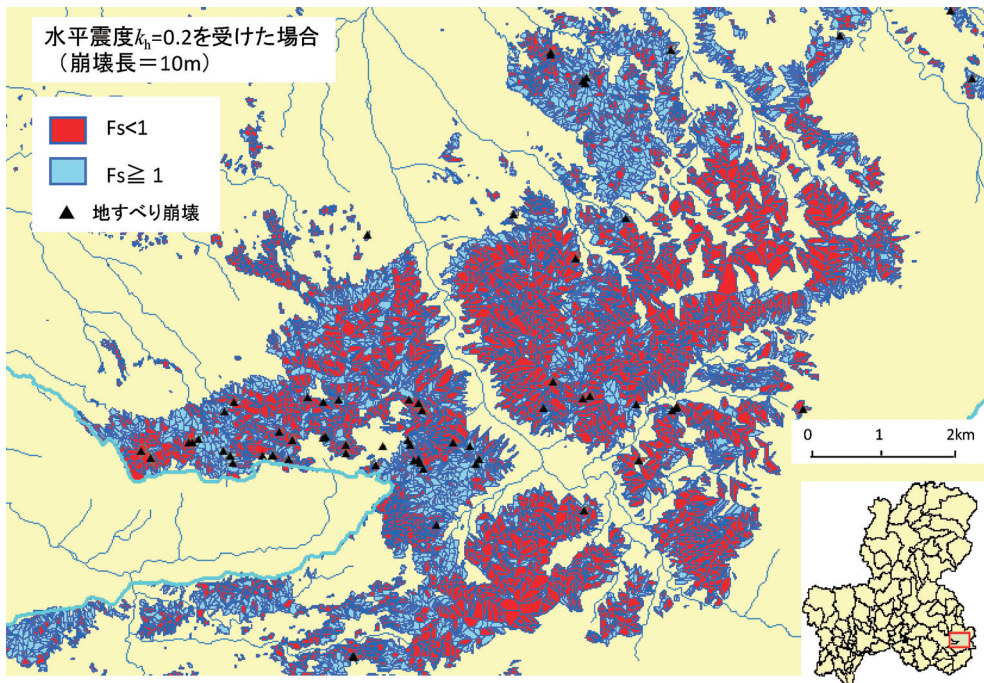


図5-9 地震力（水平震度 $k_h = 0.2$ ）の場合の安定性

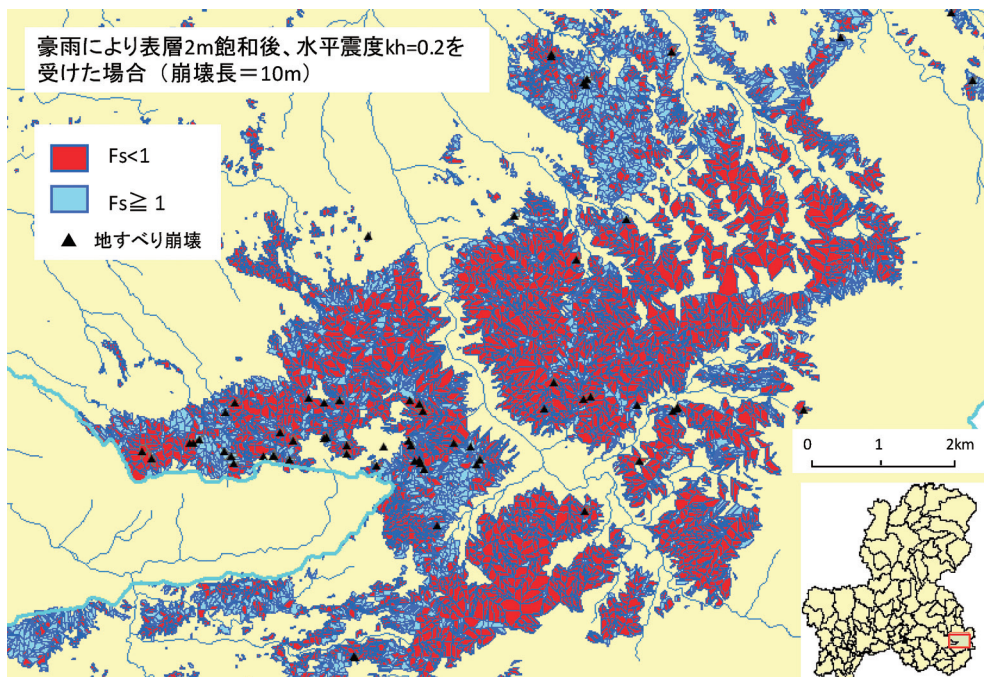


図5-10 豪雨により2 m 表層飽和後に地震力（水平震度 $k_h = 0.2$ ）が作用した場合の安定性

地震時の危険度について検討した結果、次のいくつかの知見を得ることができた。(1)崩壊深さは、崩壊長さが長くなってもほぼ一定の深さになること、また強度に依存し、特に粘着力の影響が内部摩擦角より顕著である。(2)提案法による安全率は、Fellenius法より安全率は小さい傾向を示し、安全側の評価になる。(3)強度や飽和層厚などの仮定はあるが、地すべり箇所との比較の結果、概ね危険個所の評価が可能である。(4)豪雨や地震外力を容易に安定計算に考慮することだけでなく、一度に多くの斜面の安定評価が可能で、GISでの斜面管理に有効であることが得られた。

現在、本研究室では森の健康診断を含めた植生情報、地質情報および現地調査と原位置・室内試験の結果の相関関係から透水係数、不飽和浸透特性を推定する浸透マップの構築がされている¹⁰⁾。今後、強度定数に関するデータベース構築とともに、リアルタイムに対応できる斜面崩壊リスク予測システムを構築することを目指している。

謝 辞

本研究は平成19-21年度科学研究費（基盤（C）No.19560498）及び中部大学特別研究（A）の援助を受けた。また、本研究で使用した単位斜面メッシュは、岐阜県林政部治山課に、また安定解析及びGIS作業の補助として東海旅客鉄道㈱の三尾康太君（本学卒業生）、本学大学院修士課程の松原祥平君の協力を得た。ここに記して皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 沼本晋也・鈴木雅一・太田猛彦：日本における過去50年間の土砂災害被害者数の減少傾向，砂防学会，Vol. 51，No. 6，pp. 3-12，1999.
- 2) 地盤工学会中部支部：東海水害の教訓－誰が何をすべきか？－，地盤工学会中部支部，pp. 38-42，2001.
- 3) 岐阜県恵那建設事務所：恵南豪雨水害の記録平成12年9月11～12日，2001.
- 4) 清水泰弘・岡田富士夫・釜井俊孝：集中豪雨による山地斜面災害調査，土と基礎，Vol. 49，No. 11，pp. 13-15，2001.
- 5) 例えば，杉井俊夫：ロジックモデルによる地域特性を考慮した山地危険度評価，降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム発表論文集，pp. 379-384，2009.
- 6) 例えば，沖村 孝・市川龍平：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度予測法，土木学会論文集，358，pp69-75，1985.
- 7) 地盤工学会：入門シリーズ32 斜面の安定・変形解析入門－基礎から実例まで－，pp. 29-32，2006.
- 8) 杉井俊夫・伊藤智則：自然斜面における危険斜面抽出法の開発の試み，土木学会第64回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-29，pp. 57-58，2009.
- 9) 杉井俊夫，山田公夫，浅野憲雄：地震時における山地災害危険度評価法に関する検討，総合工学（中部大学総合工学研究所紀要），pp. 93-98，2010.
- 10) 杉井俊夫・南 基泰・上野 薫・松原祥平：植生及び地形・地質情報を考慮した浸透マップの構築，地盤工学会第45回平成22年度地盤工学研究発表会，印刷中，2010.

6. 災害特性分析に基づく土砂災害対策支援 GIS の構築

辻野 和彦*・河邑 眞**

6.1 はじめに

山間部における、豪雨による土砂災害の対策を実施する場合には、どの地点が危険であるかをあらかじめ特定する危険度評価を的確に行うことと、被害を軽減するために避難、応急復旧、砂防施設の建設などの平常時の対策を合理的に行うことが求められる。前者の災害危険度評価に関する問題としては、①広域に渡る降雨情報、災害記録、および地形、地質、植生といった詳細なデータベースが得がたく、広域災害特性の分析を行い、正確な危険度評価を行うことが困難であること、②降雨という誘因と、地形、地質、植生といった素因との両方を考慮して面的な危険度評価を行うことが困難であること、③崩壊域を特定し、土石流と斜面崩壊という二つのタイプに分けて災害特性を分析し、両者の個々の危険度を評価

* 福井工業高等専門学校環境都市工学科

** 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系

した総合的な危険度評価を行うことが困難であることといった点が挙げられる。

また、後者の避難、応急復旧、防災施設計画などの対策に関する問題点としては、①個々の地点における危険度評価が困難なため、各地点における素因、誘因の特性を考慮した避難勧告を行うことが困難である、②避難、防災施設計画などの対策によって、素因、誘因の取り扱いが異なるため、統一的な基準に基づく総合的な対策が困難である、③広域にわたる詳細な災害状況の把握が困難なため、広域にわたる合理的な応急復旧計画の早急な立案が困難である、④信頼できる危険度評価データが不足しているために、広域にわたる合理的な施設計画が困難であるといった問題点がある。

本研究では、上述した問題を解決するための広域特性分析結果を考慮した土砂災害対策支援GIS¹⁾について検討した。具体的には、2000年東海豪雨における岐阜県山間部における土砂災害特性の分析結果とその分析結果に基づく危険度評価結果を示す。また災害対策支援GISの事例の一例としてリスクアナリシスによる砂防施設計画を示す。

6.2 システムの概要

このシステムは、広域災害特性分析に基づく危険度評価と異なるフェーズにおける災害対策支援を総合的にを行い、行政における災害対応者が意思決定をする際の支援をすることを目的とした。ここで対象とする領域は、約100km²の面積をもつ地域である。システムの概要を図6-1に示す。本システムは、GIS-DBMS（データベース管理システム）、分析・画像解析モジュール、意志決定支援の3つのパートで構成される。

GIS-DBMSは、データの検索、閲覧、入力、編集などを行う。なお、GISのアプリケーションには、Arc GISを用いた。ベクター型のデータはshape形式、ラスター型のデータはimg形式とした。ベクター型データとしては、森林計画図、河川、道路、建物、気象、土砂災害履歴を用いた。また、降雨データについては、リアルタイムで取得される観

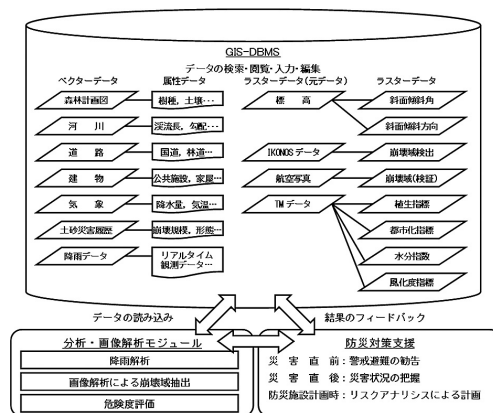


図6-1 土砂災害対策支援 GIS の概要

測データも含まれている。ラスター型データとしては、標高データ、航空写真、IKONOS データおよび LANDSAT TM データを用いた。

この GIS-DBMS から必要となるデータを分析・画像解析モジュールに渡し、降雨特性分析、衛星画像による土砂崩壊の検出、崩壊記録と森林データベースによる崩壊地特性分析、および素因・誘因を考慮した危険度評価を行う。また、分析結果は、DBMSに主題図などとしてフィードバックする。意志決定支援として、本研究では、3つの時刻（災害発生直前、災害発生直後、防災対策計画時）に着目し、土砂災害の警戒避難支援、災害状況の把握・応急復旧支援、砂防施設の計画支援を行うことができる。

6.3 広域災害特性分析²⁾

(1) 解析対象地

本研究では、岐阜県山間部の土砂災害に着目し、解析対象地を図6-2に示す領域に設定した。同図に示す四角で囲まれる領域は、上矢作町の IKONOS データの観測範囲に対応する。これらの領域に、林班のポリゴンを重ね合わせた。岐阜県から提供を受けた森林計画図の林班数は228、小班数は22,437であった。このうち、IKONOS データと重なる林班の数は150であり、小班の数は、15,189であった。以下の分析では、IKONOS データの図郭と重なる林班および小班を用いた。

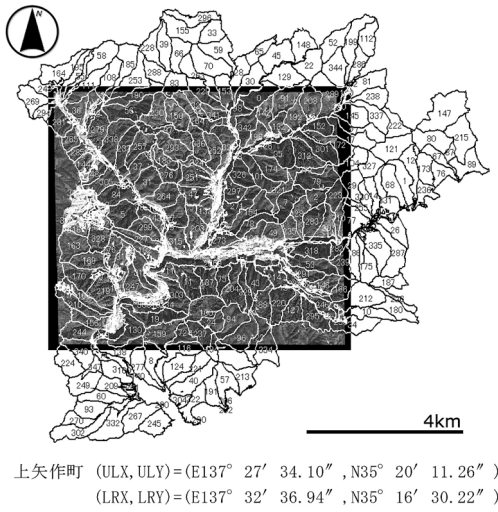


図6-2 解析対象域

(2) 高分解能衛星画像を用いた土砂崩壊の検出

筆者らは、IKONOS データを用いて土砂崩壊箇所を検出する手法を検討し、2000年東海豪雨を誘因とする土砂崩壊に対して適用した例を示した。提案手法は、崩壊域陰影部の問題点を克服する手段として、崩壊域採光部として抽出された領域から崩壊域陰影部を推定する方法を示している。運動形態による崩壊タイプの分類、検出手法の詳細、検出結果に関しては、参考文献³⁾を参照されたい。

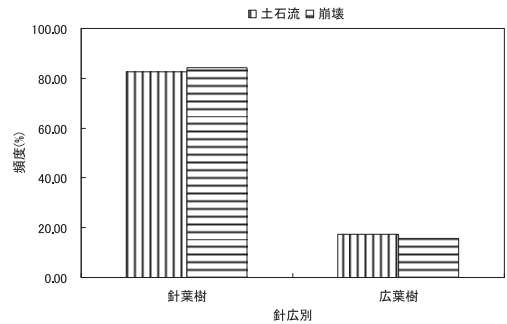
提案手法により土砂崩壊の検出を行った結果、崩壊域すべてが陰影部である箇所を検出することはできなかったものの、崩壊箇所数では、85%が検出可能であった。本研究では、東海豪雨直後に観測された航空写真を用いて崩壊箇所の判読を行い、検出結果に崩壊域すべてが陰影部である崩壊箇所を加えて土砂災害記録を作成した。ただし、土石流の形態において、曲がりくねって流下する場合、樹木や深い谷地形の影の影響を受け土石流が途切れて見える場合もあった。したがって、連続性が確実に判断できた数をカウントした。その結果、斜面崩壊が124箇所、土石流が141箇所であった。斜面崩壊と土石流の区別は、流総距離の違いによる崩壊形状から判別した。ここで、崩壊形状が円形、もしくは楕円に近い場合は斜面崩

壊、線状の場合は土石流とした。

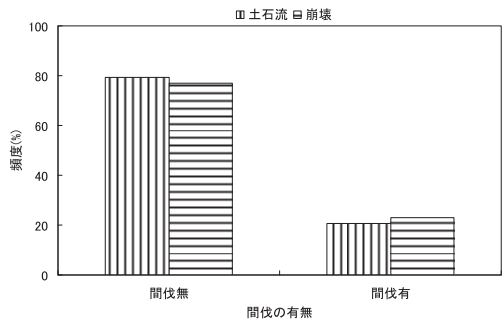
(3) 土砂崩壊発生域の特性分析

土砂崩壊の発生域において、土石流、斜面崩壊の二つの崩壊タイプについて崩壊特性分析を行った。土砂崩壊発生域の特性分析結果の一例を図6-3に示す。同図 (a) は針広別に対するカテゴリー分布である。ここで針広別とは、針葉樹と広葉樹の区別であり、森林簿に記載されている表現である。土石流の発生域が含まれる小班のうち、約83%が針葉樹であり、斜面崩壊の発生域が含まれる小班のうち、約84%が針葉樹であったことが分かる。

同図 (b) は、間伐の有無に対するカテゴリー分布である。管理が行き届かない林は、崩壊が発生しやすいと考えられるが、間伐がされておらず、管理が不十分な箇所において土石流、斜面崩



(a) 針広別のカテゴリー分布



(b) 間伐のカテゴリー分布

図6-3 土砂崩壊発生域の特性分析の一例

壊ともによく発生していることが、この図より分かる。

$$AR = \frac{Ad}{Ao} \quad (1)$$

(4) 数量化理論を用いた土砂災害危険度評価

数量化理論による分析に使用した属性データを表6-1に示す。植生、地質、地形、気象、衛星画像データより作成した各指標、土砂災害履歴、東海豪雨の降雨量特性の各項目に関する19のアイテムを用いた。これら素因と誘因を含む19のアイテムを説明変数とし、東海豪雨による崩壊の有無を外的基準として数量化Ⅱ類による危険度評価を行った。この危険度評価は土石流と斜面崩壊の二つのタイプの崩壊に対して個別に行った。

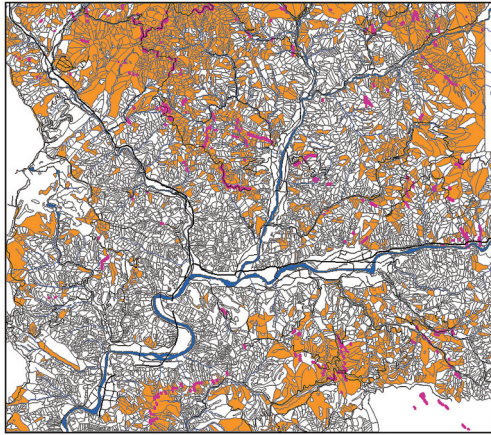
数量化Ⅱ類によって土石流の危険度評価を行った結果を図6-4に、斜面崩壊の危険度評価結果を図6-5に示す。これらの図において、危険と評価された小班は、やまぶき色、安全と評価された小班は、白色で示す。また、土石流の発生箇所は紫色、崩壊の発生箇所は青で示す。これらの危険度評価の精度を検証するために、本研究では以下の式を用いた。

ここで、ARは適合度、Adは予測が適合した小班の総面積(km²)、Aoは実際の土砂災害発生域を含む小班の総面積(km²)である。東海豪雨による土石流、斜面崩壊の危険度評価結果に対して適合度を計算したところ、0.89、0.79と良好な結果が得られた。

本研究では、従来詳細な情報を得ることができなかったデータについて森林簿のデータを活用し、広域にわたる降雨情報、災害記録、地形・地質・植生のデータベースを解析に利用している。また、素因と誘因の両方を同時に考慮するという新たな考え方にもとづき、面的に危険度評価を行っている。さらに、崩壊域を高分解能衛星画像解析から詳細に特定するという新たな技術を導入し、土石流と斜面崩壊の二つのタイプに分けて災害特性を分析し、両者の危険度評価を実施している。詳細な災害特性分析結果に基づき、素因、誘因の両者を考慮して行った危険度評価は高い信頼

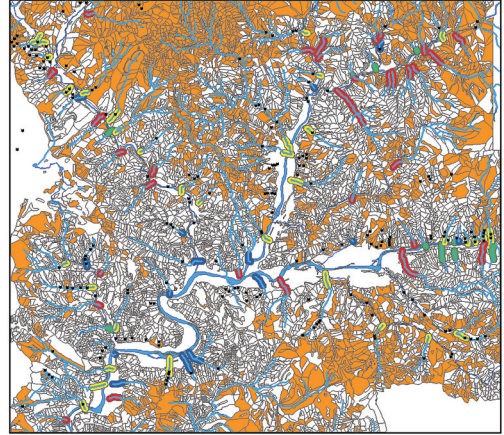
表6-1 数量化理論解析に用いた属性データ

分類	アイテム	カテゴリー
植生	針広別	針葉樹、広葉樹
	樹種	スギ、ヒノキ、カラマツ、クロマツ、その他針葉樹、クリ、トチ、ケヤキ、コナラ、その他広葉樹、人工林伐採地、天然林伐採地、草地、崩壊地、荒地、岩石他、その他未立木地、タケ
	粗密度	0から10まで11段階(値が大きくなるに従って密になることを意味する。)
	間伐	間伐の有無(1981年から2000年)
地質	地質型	未固結堆積物、礫・粘土(第三紀)、花崗岩(中生代)、結晶片岩類
	土壌型	褐色森林度(BB, BC, BD, BE, BF), 黒色土(BLD), 受触土(Er), 未熟土(Im)
地形	標高	0から1250mまでを50m毎に区分
	斜面傾斜角	0°から55°を5°毎に区分
	斜面傾斜方向	北、北東、東、南東、南、南西、西、北西、平坦地
気象	年平均降水量	年平均降水量1901mmから2600mmを50mm毎に区分
	年平均気温	年平均気温8.6℃から13.0℃を0.5℃毎に区分
	最深積雪量	最深積雪量16cmから85cmを5cm毎に区分
衛星画像	植生指標	DN値(0から255)を等間隔に区分、値が高いほど植生活性度が高いことを意味する。
	都市化指標	DN値(0から255)を等間隔に区分、値が高いほど都市化していることを意味する。
	水分指数	DN値(0から255)を等間隔に区分、値が高いほど水分量が高いことを意味する。
	風化度指標	DN値(0から255)を等間隔に区分、値が高いほど風化が進んでいることを意味する。
土砂災害	災害履歴	過去の土砂崩壊発生の有無
東海豪雨	累積雨量	411mmから500mmを10mm毎に区分(2000年9月10日20時00分から9月12日21時00分)
	最大時間雨量	46mm/hから65mm/hを5mm/h毎に区分(上矢作観測所最大時間雨量2000年9月12日0時00分)



■土石流の発生箇所, ■数量化理論によって危険と評価された
 小班, □数量化理論によって安全と評価された小班

図6-4 数量化理論Ⅱ類による
 土石流発生危険度評価



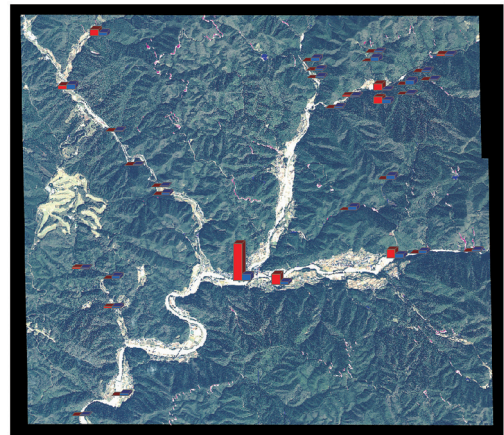
■危険度 A, ■危険度 B, ■危険度 C, ■危険度 D,
 砂防施設

図6-6 崩壊土砂流出被災危険度評価



■崩壊の発生箇所, ■数量化理論によって危険と評価された
 小班, □数量化理論によって安全と評価された小班

図6-5 数量化理論Ⅱ類による
 崩壊発生危険度評価



■被災額全体に占める割合, ■対策費用全体に占める割合

図6-7 リスクアナリシスによる
 対策優先箇所の選定

性を持つものと考えられる。また、危険と判断されて崩壊や土石流が発生しなかった小班は、土砂崩壊の発生した小班と特性が類似しているため、土砂崩壊の発生確率が高い場所であると考えられる。

6.4 リスクアナリシスによる砂防施設計画

本研究で構築した災害対策支援 GIS の適用事例

の一つとして、リスクアナリシスによる砂防施設計画について述べる。数多くの土砂災害危険箇所には砂防施設などの施設を計画しハードな対策を行うことは、時間、経済的に大きな制約がある。したがって、優先的に対策すべき箇所を選定する必要がある。そこで本節では、土砂災害発生に伴う損失期待値と対策にかかる費用の比較を行うリスクアナリシスにより優先対策箇所の選定を行う方

法を示す。

リスクアナリシスの前提となる危険度の評価としては、災害後防災施設計画時における、外的基準と説明変数により各小班の危険度評価を行った。また、この防災施設計画時における土石流危険度評価結果と既存の砂防・治山施設（2003年3月末まで）の有無の組み合わせにより、溪流の崩壊土砂流出被災危険度の評価を91の溪流に対して行った結果を図6-6に示す。崩壊土砂流出被災危険度は、数量化によって危険と判定された溪流に砂防施設が無い場合を危険度A(赤色)、これに砂防施設がある場合を危険度B(黄色)、数量化によって安全と判定された溪流に砂防施設がない場合を危険度C(緑色)、これに砂防施設がある場合を危険度D(青色)とした。その結果、危険度Aは32箇所、危険度Bは34箇所、危険度Cは10箇所、危険度Dは15箇所であった。危険度Aに対応する32の溪流に対して防災施設計画の優先順位を検討する。土砂災害の被害を推定するためには、建物、道路等に被害が及ぶ崩壊土砂堆積域の推定を行う必要がある。ここで、対象域において、実際に発生した崩壊の堆積域の幅を調べた。その結果、最も規模が大きかった崩壊で、50mの幅が確認された。また、この堆積域は、最上流部と最下流部の標高差の10%程度であった。ここで得られた結果を基に、最上流部と最下流部の標高差に対して、最下流から標高差の10%の標高に相当する部分を求め、その部分に対して河道の中心から両側50mの幅をもつ領域をバッファ処理によって求め、これを堆積域として設定した。

溪流ごとの土砂堆積域内に存在する家屋戸数、避難施設・国道の有無を土砂堆積域ごとに整理し、被災規模の推定を行った。被災推定額は、家屋1戸当り1,500万円と算定した。なお、避難施設は、崩壊土砂流出危険度の高い箇所には無かった。

また、国道の被害額は算定が困難であったため除外されている。また、期待損失を計算するための土石流発生確率としては、前述の土石流危険度予測の適合度を参照して、0.8とした。この値は、類似した特性をもつ小班の内、防災施設の耐用年限内に実際に土石流が生じた割合を示す値に相

表6-2 砂防・治山ダムの概算設計仕様

項目	内容
ダム高さ	溪流長が長く溪流勾配が急なほど、土砂堆積量が多いと考え、溪流長と溪流勾配の組み合わせからダム高さを5 m、10m、15mとした。このダム高さに根入れ深さ2 mを加算した。
ダム幅	等高線から横断面図を作製し、谷幅がもっとも狭くなっている箇所を計測した。
ダム奥行き	3 m
コンクリート単価	無筋コンクリート (40,000円/m ³)
設置位置	推定堆積域の最上流部近傍
推定施工金額	ダム高さ×ダム幅×ダム奥行き×コンクリート単価

当すると考えて、土石流発生確率として用いた。

本研究では、砂防ダムを防災施設として取り上げ、その施工費を対策に要する費用として、対策費用の概算を行った。概略的に砂防・治山ダムの設計規模を決定するためには、ダム高さ、ダム幅、ダム奥行きを決定しなければならない。概算に用いた仕様を表6-2に示す。

上述の危険度Aの溪流に対して、崩壊危険度の高い溪流を抽出し、被災額と対策費用の比較した結果を図6-7に示す。図中の棒グラフは、すべての溪流についての被害額(期待損失)の合計に対する各溪流の被害額の割合、もしくは対策費用の合計に対する各溪流の費用の割合を示している。被災額全体に占める割合が多く、かつ、対策費用全体に占める割合の少ない箇所が優先度の高い対策箇所の候補となる。このようなリスクアナリシスの手法を取り入れることにより、広域にわたってハードな防災対策を行う場合に、各小班、各溪流における災害発生特性を定量化し、対策費用と比較することにより合理的に施設計画を遂行することが可能となる。

6.5 まとめ

本研究では、2000年東海豪雨における降雨記録、災害記録、および森林データベースを用いて広域災害特性を分析した結果を示すとともに、分析結果に基づき、素因、誘因の両者を考慮した総合的な土砂崩壊危険度評価手法を示した。また、構築した災害対策支援GISの一例として、リスクアナリシスによる砂防施設計画を示した。

広域に点在する土砂災害の発生箇所を把握する際、現在は航空写真に頼られる。本研究では、高分解能の光学センサーを用いているが、被災直後において雲等の影響により地表面が観測できない場合もある。展望として、雲等の影響を受けない TerraSAR-X などの高分解能 SAR 画像を用いた斜面崩壊検出が挙げられる。

謝 辞

本研究で使用した衛星データは、愛知県による平成12年度緊急雇用対策先進的地理情報システム開発事業の補助を受けた「高解像度衛星画像を用いた道路災害監視 GIS に関する研究」において、ナカシャクリエイティブ株式会社が購入したものである。また、検証データ作成に使用した航空写真、降雨データは、国土交通省豊橋工事事務所より提供を受けた。さらに、森林データベースやこれに関連する資料は岐阜県農山村整備局森林課から提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 河邑 眞, 辻野和彦, 大辻善典: 広域災害特性分析結果を用いた2000年東海豪雨による土砂災害対策支援GISの検討, 自然災害科学, Vol. 25, No. 1, pp. 35-50, 2006.
- 2) 河邑 眞, 辻野和彦, 辻子裕二: 高分解能衛星画像と森林GISを用いた2000年東海豪雨による土砂崩壊の特性分析, 自然災害科学, Vol. 23, No. 2, pp. 245-258, 2004.
- 3) 河邑 眞, 辻野和彦, 辻子裕二: 高分解能衛星画像を用いた陰影部を含む土砂災害域の検出, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 41, No. 5, pp. 20-28, 2002.