

減災・危機回避への方策・技術の応用

APPLICATION OF MEASURES AND TECHNIQUES TOWARD MITIGATION OF FLOOD DISASTER AND HAZARD AVOIDANCE

末次忠司¹、藤堂正樹²

Tadashi SUETSUGI and Masaki TODO

¹正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究室（〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1）

²正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社 河川部（〒 163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1）

Recently, tremendous flood disasters are decreasing due to river improvement and transmission of detailed weather information but urbanized areas have hazardous inundation damages. To mitigate these damages, we have to consider the factor that caused damages. As the result of research, we found that we must think of the balance of safety degree between rivers and sewers from viewpoint of risk potential. Moreover, transmission of observed water level in time, control of flooding water and practical training are necessary for the mitigation of flood disasters. In this paper, we made some proposals of the available techniques for flood disaster prevention and hazard avoidance.

Key words : Mitigation of flood disaster, hazard avoidance, flooding control, practical training

1. 研究の背景及び目的

長期的なトレンドで見て、家屋の全半壊・流失といった壊滅的な水害被害は減少傾向にあるが、近年都市水害が増大し、水害被害密度は増加傾向にある。こうした災害の減災に関しては、河川改修などのハード対策、情報伝達・避難などのソフト対策が実施されるとともに、新たな危機回避方策が展開されている。

1994 年からは市町村が主体となって洪水ハザードマップが作成され、2000 年には避難勧告・指示発令の基準化、動的な浸水情報の表示を図った作成要領の改訂が行われた。また、2001.7 には水防法改正が行われ、都道府県知事が洪水予報を行うとともに、浸水想

定区域を指定・周知させることとなった。

一方、1997 年には河川審議会に危機管理小委員会が設置され、情報伝達、氾濫流制御などについて議論、検討された。2000.11 には東海豪雨災害(2000.9)を受けて「都市型水害対策に関する緊急提言」がまとめられた他、2000.12 には河川審議会より、答申「今後の水災防止の在り方について」などが出された。

こうした研究背景に対して、前々報^{1), 2)}では減災のための理念、考え方、研究の方向性を示したので、本報では具体的、効果的な事例等を踏まえて、ハード・ソフト両面から見て、今後有効な減災方策・技術、対策実施にあたっての留意事項を中心に記述した。

表-1 近年における減災関連方策の展開

年 月	減 災 関 連 方 策
1994.6	通達「洪水ハザードマップの作成の推進について」
1997.6	河川審議会総合政策委員会に危機管理小委員会を設置
1998.5	被災者生活再建支援法
1999.8	地下空間における緊急的な浸水対策の実施について
2000.9 2000.9 ~ 2000.10 2000.11 2000.12 2000.12	建設省河川局治水課「洪水ハザードマップ作成要領 解説と運用」の改訂 都市型水害対策検討委員会で氾濫シミュレータ、複合水災対策について検討 玄倉川キャンパー事故を受けて提言「恐さを知って川と親しむために」が出される 東海豪雨災害を受けて「都市型水害対策に関する緊急提言」がまとめられる 河川審議会が「流域での対応を含む効果的な治水の在り方について」を中間答申 河川審議会が「今後の水災防止の在り方について」を答申
2001.6 2001.7	インターネット及びiモードを通じて河川情報提供 水防法の一部改正
2002.3	地下空間における浸水対策ガイドライン・同解説

2. 水害発生の原因

過去 10 年間に発生した豪雨を分析すると、総雨量が多い場合に大きな水害となっている訳ではなく、総雨量がある程度あり、かつ時間雨量が多い場合に都市域などで浸水家屋数が多い水害となっている。これはある程度河川改修が進捗してきたために、総雨量が多いだけでは被害が発生しないためである。一方、都市域では時間雨量が多い集中豪雨により局所的に浸水する場合がある。結局、水害発生には時間雨量が非常に関係することとなり、リアルタイムで時間雨量を知り、対策に活用できる仕組みが必要となる。

その意味では、面的に時間雨量を把握できるレーダー雨量計データを活用すべきである。ただし、レーダー雨量計データと地上雨量計データは平面的な位置関係が必ずしも対応している訳ではないので、今後精緻な評価・分析を行う必要がある。なお、昨年 6 月より i モードやインターネットを通じて、これらの情報が提供されているので、現地で情報を利用することも可能である。台風 15 号(2001)では 13 万件/時以上の i モードによるアクセスが行われた。

なお、集中豪雨(70mm/hr 以上)発生件数を過去 20 年間のアメダスデータ(約 1,300 箇所)で分析すると、経年的に増加している訳ではなく、また短中期的に見ると、都市化と豪雨発生との間に明確な因果関係がある訳ではない。末次ら³⁾は都市化(人工排熱)を想定して、局地気象モデルにより都市化に伴う降雨発生状況を解析した結果、20 ~ 30mm/hr 程度の降雨は発生したものの、豪雨発生までには至らなかった。

3. 水害発生形態の変質

20 世紀に入って死者・行方不明者数が千名以上の水害は 9 回発生したが、1959 年(伊勢湾台風)以降は発生していない。水害の発生形態は、戦後 ~ 1950 年代は大河川において破堤・高潮災害が発生して甚大な被害となった。特に 1953 年は史上最高の水害被害額となったし、伊勢湾台風では貯木場からの流木の影響もあって 5 千名以上の死者が発生した。1960 ~ 1980 年代は都市水害の嚆矢とともに、顕著な土砂災害が発生した。神田川流域では河川・下水道からの氾濫被害、鶴見川流域では流域開発及び河道改修の進捗を上回る都市化に伴う浸水被害、寝屋川・天白川流域では浸水地域の都市化に伴って都市水害が発生した⁴⁾。

特に 1990 年代からは都市水害が多くなり、鹿児島(1993)に始まり、新潟・埼玉・高知(1998)、福岡・山口(1999)と地方中核都市が相次いで被害を被った。そして、2000 年には東海豪雨災害により名古屋が浸水被害を被った。1990 年代後半以降、人口・資産が集積した都市域が被災したため、水害被害密度(一般家庭・事業所における水害被害額他/農地を除いた浸

水面積)が急増した点が特徴である。そのため、浸水面積は広くないが、総水害被害額は横バイ傾向となるとともに、各種都市機能がマヒするケースが見られた。

氾濫危険度は地形特性と氾濫流量により決まる。地形特性で言えば、谷底平野では高水深・高流速の氾濫流により家屋流失する危険性があり、自然堤防帯では平地面積の大小により浸水深が異なる。また山地河川においては流木・土砂に伴う水害が多発している。甲突川(1993)、余笹川(1998)、高知(2001)などが典型例である。特異な水害としては玄倉川におけるキャンパー事故(1999) やりん化石灰と氾濫水との反応に伴う危険物災害(1961)他が発生した。キャンパー事故では日常生活と水害が縁遠いものではなく、危機意識の欠如や自己責任が問題となった。また、浸水に反応する危険物は 56 種(爆発 4 種、ガス爆発 8 種、発火・ガス発生 5 種他)もあり、注意が必要である⁵⁾。

なお、地下水害は特異な水害と報道されたが、これまで多くの地下鉄(名古屋市営 5 駅、都営・営団各 3 駅他 14 駅)、地下街などで被害が発生しており、決して特異な事例とは言えない⁶⁾。地下水害を軽減するには情報伝達も重要であるが、安価な防水板・防水扉を開発して、出入口等における設置率を高めること、地下貯水槽による浸水貯留が効果的である。関根ら⁷⁾も地下街氾濫解析の結果、階段の平面配置により地下 2 階は浸水が早く進まない場合があり、かつ地下 2 階への浸水流入により地下 1 階の被害が軽減されることから、地下駐車場での浸水貯留を唱っている。

4. 水害被害と治水対策

水害被害のトレンドを見ると、近年水害による死者・行方不明者数、被災家屋数は減少している。水害による死者・行方不明者の約 2/3 は土砂災害によるものである。水害形態としては内水による床下浸水が多くなっている。栗城ら⁸⁾が消防庁と共同で、1982 ~ 91 年に発生した氾濫に伴う死者(土砂災害を除いた 265 名)の死因を分析した結果によると、

- ・高齢者の被災率は他災害に比べると少ない
- ・約半数が水辺付近(河川、堤防、橋、水路・側溝)で被災している
- ・高齢の女性は居住中に多く被災している
- ・自動車に関連する死亡事故(20 件)のうち、15 件は夜間に発生していた

ことが分り、氾濫による死因の特徴が明らかにされた。

調査事例以外では高知で集中豪雨に伴い、下水道のマンホール蓋がはずれて、2 名が転落死した。多くのマンホール噴出事故の原因は計画を上回る大量の雨が下水道に流入した結果、水圧や空気圧が急上昇し、蓋がはずれたものである。これに対して、建設省は圧力を開放するタイプ、金属製の中蓋による転落防止タイ

ブを提案した。以上のように、豪雨時の転落事故も多く、関川水害(1995)時のアンケート調査結果でも、約2割の回答者が「水路や側溝に転落した又は転落しそうになった」と回答している⁹⁾。

近年大規模な水害が発生しなくなった理由として、河川改修の進捗ときめ細かな気象情報の伝達があげられる。直轄区間で見れば、完成堤防は過去20年間で40%(1980)から54%(2000)へと14ポイント増加している。暫定堤防を加えると、整備率は70%から82%に増加している。都市水害に対しては1979年より総合治水事業が実施され、現在は伏籠川、鶴見川など17河川が対象となっている。総合治水として流出抑制施設も整備され、貯留量換算で松戸市5万 m^3 、練馬区3万 m^3 (集合住宅等)、横浜市4万 m^3 (公共・公益施設)と多く設置されている¹⁰⁾。しかし、総合治水は私権・地価を含む都市発展への制約、受益と負担・利害関係の不明確さ、法的裏付け等の課題を内包している。

気象情報は予報区域が細分化されるとともに、アメダスの整備に伴って、特に気象警報(暴風雨、大雨、高潮、洪水)はアメダス整備前の6~7倍も発令されるようになった。大雨警報、洪水警報は各々年間300~400回発令されている。2004年からは更にきめ細かな市町村単位の警報が発令される予定であるが、情報の受け手の反応はと言えば、必ずしも十分ではない。

5. 治水安全度バランスと洪水疎通能力の向上

大河川と中小河川、本支川で治水安全度が異なると、安全度の低い区間で氾濫被害が発生する。大河川や本川の整備率が低い場合は、こうした安全度を変えた(序列化された)治水計画が採用される。しかし、ある程度の安全度が確保された場合には、その安全度があまり損なわれない範囲で、支川や中小河川の安全度もあげていき、シビルミニマムを達成(不平等感を解消)すべきである。安全度バランスの評価では、川池ら¹¹⁾が提唱している下記の下水道流出を含めた統合型氾濫解析モデル又は高水対応の水循環モデルを開発し、精度向上を図る必要がある。こうしたモデルにより全体被害額を軽減、または防災・都市機能の損失を最小限にできるバランスのとれた治水計画が策定できる。

都市域では河川と下水道の安全度バランスも問題となる。下水道氾濫は下水道の流下能力が低い(雨水管の計画確率は1/7~1/5)ために発生することが多く、下水道が流下能力を有していても、排水先の河道水位が高い場合は氾濫する場合がある。国土交通省が設置した都市型水害対策検討委員会では氾濫原特性が異なる神田川、鶴見川流域他を対象に河川と下水道の安全度バランスについて検討している。たとえば下水道から氾濫するとしても浅く、広く氾濫するよう、マンホール内に一定以上の圧力が作用すると、マンホールから

の氾濫を防止する「逆流防止施設」も検討された¹²⁾。

一方、洪水疎通能力を向上させるために築堤、河道掘削が行われる。しかし、過大な築堤は水害ポテンシャル(潜在的危険性)を増大させるので必要最低限にする必要があるし、河道掘削時には河床材料が細かい材料に変化しないかどうかをチェックしなければならない。掘削により河床材料が細かくなると、洪水により一気に河床低下が進行する場合がある¹³⁾。

6. 河川構造物の安全度向上

水害被害を軽減するには河川構造物、特に河川堤防が洪水により被災しないことが重要となる。構造物の安全度を評価するには適切な外力設定とともに、その外力に対する安全性を照査する必要がある。河川堤防の場合、設定外力としては越水、浸透、侵食がある。各外力に対して安全性を照査するとともに、外力を軽減する手法、減災対策が必要となる。例えば、

- ・越水対策：難破堤堤防により特に裏法尻を強化する、また天端舗装は耐越水・耐浸透に有効である
- ・浸透対策：川表の透水性を低くする(鋼矢板、遮水シート他)、川裏の透水性を高くする(ドレーン工他)、堤体断面拡幅により浸透経路を長くする
- ・侵食対策：流速・洗掘深を評価し、これに耐えうる護岸・根固め工を設置する。具体的には「護岸の力学設計法¹⁴⁾」に示された方法を用いる

などの対策が考えられる。難破堤堤防はこれまで那珂川、新川他で施工されているが、裏法のシート下に越流水が流入しないように設置できれば、3時間程度の越水に耐えられることが土木研究所の実験により分かっている。排気性のある吸い出し防止材であれば、空気による揚圧力が増大しないし、越流水による裏法侵食の進行を遅らせる効果がある¹⁵⁾。

ただし、堤防は閾値を超えて一気に破壊する訳ではなく、辻本ら¹⁶⁾が検証したように堤防の粘り強さを評価しておく必要がある。検証の結果、破堤に対する粘り強さは堤体断面積に比例し、また堤内地の舗装は破堤口の拡大を遅延させることが分かった。

侵食対策に関して、関根・藤堂ら¹⁷⁾は芝が堤防を被覆すると、2m/s程度までの流速に対して、表面侵食や土砂の吸い出しは起こらないことを実験的に評価した。竹内ら¹⁸⁾はかみ合わせ、連結効果を考慮したブロックの移動限界流速を求めた他、根固め工の設置が水制工の流失を軽減することを実験により確認した。また、藤堂ら¹⁹⁾は練石張護岸の耐衝撃強度を測定した結果、40cm程度の控え厚を有し、裏面に空洞がなければ、巨石の衝突によって護岸が破壊することはないことを証明した。

一方、流況がそれほど厳しくない区間では「美しい山河を守る災害復旧基本方針²⁰⁾」他を参考に環境に

配慮した工法を検討する。環境護岸ブロックについても、通常の護岸ブロック同様、今後揚力係数や抗力係数等の水理特性評価が行われる必要がある。化繊シートにより河岸侵食を防止する侵食防止シートについては、最大で 4m/s の流速に対して侵食防止することが判明し、土木研究所の共同研究成果として、設計・施工・維持管理に関するマニュアルが作成された。

また、最近想定していない原因により構造物が被災しているケースがある。例えば、越流水の揚力により越流堤が被災したり、また床止めや堰のブロック等が部分的に流失し、その後の洪水により被災が発生した事例が見られた。これらは落差流の水位差に伴う過剰揚圧力の発生が一因である恐れがある。こうした原因分析を行って、対策に活かしたり、設計基準に反映させることも非常に重要である。現在、国総研河川研では施設設計等に活かせるよう、分析結果のとりまとめを行っている。

今後建設投資額の伸びがないケースでは、2025 年には維持・更新投資額が全体の 42 %に達すると試算される等、“環境の時代”の後には“維持管理の時代”が到来すると予想される。そのため、専門家でなくても診断可能な手法が開発される必要がある。土木研究所では新たな維持管理手法として、樋門を対象に現地観察(堤体拔上り、護岸不等沈下など)及び資料調査(基礎形式、地質条件、止水矢板など)結果より健全度評価を行い、詳細調査の必要性を判定できた²¹⁾。

7. 水害ポテンシャルから見た河道マネジメントのあり方

河川整備基本方針における治水安全度は流域面積、想氾区域の面積・人口・資産他に基づいて設定されているが、今後は防災・都市機能、弱者・危険物施設に基づく水害ポテンシャルを評価する必要がある。例えば、堤防の安全度がそれほど低くなくても、破堤した場合の機能停止の影響が致命的となる区間は優先的に改修する必要がある。従って、水害ポテンシャルと河道疎通能力及び堤防安全度評価結果より、河道改修の優先順位を決定する。

想氾区域面積は全国土面積の 10 %にすぎないが、想氾区域内には都道府県庁(57 %)、市区役所・町村役場(43 %)、消防署(60 %)、鉄道線路延長(36 %)、病院・保健所(49 %)、空港(20 %)などがあり²²⁾、一旦浸水すると防災・都市機能がマヒする危険性がある。例えば、山陰水害(1983)では三隅町役場が浸水し、情報伝達は役場の放送局から町民のアマチュア無線に切り替えられた。また、想氾区域内シェアが小さい空港であっても仙台空港(1994)、宇部空港(1999)などは浸水被害を被り、旅客輸送に影響が生じた。また、電力・水道・電話などのライフライン施設は被害額とし

ては小さいが、関連する波及被害は大きく、これまでに
・神田川及び目黒川からの溢水等により配電設備等が被災(1982)→32,180 軒停電

・那珂川支川逆川氾濫により NTT 茂木電報電話局の交換機室が浸水(1986)→約 4,300 の加入電話不通
・東海豪雨に伴い、3 変電所が冠水(2000)→愛知県内 26,400 戸停電

等の事例がある²³⁾。停電が発生した時、1 例として
停電→コンピュータ停止→信号機停止→交通渋滞→
冷凍食品・生鮮品の損失→物価上昇

といったように 2 次、3 次と被害が波及していく。また、全国には乳幼児、高齢者、身体・精神障害者など、全人口の約 2 割に相当する災害弱者がおり、多数の災害弱者施設がある。特に高齢者や乳幼児がいる家庭は避難開始が遅れる場合があり²⁴⁾、危機回避から見て情報を優先的に伝達する必要がある。

他のソフト対策としては、流域治水としての氾濫流制御²⁵⁾がある。例えば、吉田川流域に建設されている二線堤、雄物川中流部に建設中の輪中堤、大井川流域に見られる防災樹林帯(舟型屋敷)、水路ネットワークなどがある。二線堤は氾濫原勾配が 1/1000 より緩く、資産較差が 3 倍以上が効用を発揮する目安となる²⁶⁾が、設置に伴って局所的に浸水深が増大する場合があるので、全体被害が軽減するよう計画する。輪中堤は桜川や雄物川に建設されているが、兼用道路や二線堤等による輪中堤化が基本となる。築堤方式との比較により、工費・工期の点で優劣を判断する。

氾濫が発生した場合、排水ポンプは浸水排除に有効であるが、過剰な排水は洪水位の上昇を招くので、基準水位を定めて排水規制を実施する必要がある。また、浸水深が高くなった場合、ポンプ機能が停止することがあるので、耐水性を高めたり、電源のバックアップ・システムを整備しておく必要性が新潟下越水害に指摘されていた²⁷⁾。しかし、同種のポンプ機能停止が東海豪雨の際に発生した。

8. 危機回避手法

実践的な危機回避を行うには、先ずシナリオ作りが必要となる。シナリオは時間・被災レベルに応じた体制(役割分担)を明らかにするとともに、活動組織・内容などを明示することが重要である。すなわち、被災がどの範囲までおよんだ(又はおよびそうな)段階で、誰が責任を持ってどういう行動をとるかについて、明示しなければならない。特に複数の都府県に被害がおよぶ広域水害に対しては、1997 年以降淀川、信濃川他計 9 河川において、洪水危機管理検討委員会が設置され、危機管理体制、情報の開示・提供、氾濫流制御などについて検討されている²⁸⁾が、広域防災計画の策定とともに、危機発生時において利害関係が生じた

場合の対応策も計画シナリオに盛り込み、自治体・住民も含めた協議を行っておかないと、災害時に混乱が生じ、被害を助長させる危険性がある。

洪水・水害発生時に危機回避を有効に実施するには国と自治体、自治体と自治体、工事事務所と水防団といった有機的な組織連携がポイントとなる。そのためには、防災拠点化を図って、各機関のメンバーが一同に集合し、情報共有・連携をしながら、臨機応変な行動(作戦行動)をとることが重要である。この防災拠点が参謀本部の役割を担い、作戦行動に関する指示を出す。自治体間で災害時の応援協定を締結しておけば、一層有機的に組織連携できる。

しかし、平常時にできないことは災害時にはできないので、あるシナリオの下で実践的危機管理トレーニングを行っておく。また、隣接した市区町村で発生した水害に対して防災活動に協力することも災害防止とともに実践的な防災訓練となる。本省災害対策室では警報・越水の恐れなどを想定して、時間を追って約200の付与条件(災害対策本部への移行、避難勧告、災害発生、マスコミ対応など)下で、状況への対応を臨機応変に行う危機管理トレーニング・プログラムを実施した。鈴鹿市・寺家町(三重県)では想定被害状況を地図上の透明シートに書き込み、被害に対してどのように救援活動を行うかといったブレインストーミングを図上訓練した。この手法はDIGと呼ばれ、神戸市、新宿区、品川区などでも住民を対象に実施された。

阪神大震災(1995)でも明らかのように、災害時に防災機関が広範囲に活動を展開するのは困難であり、結局ある程度までは個人の責任で対応する必要がある。その意味で、水害発生時の個人の対応技術やサバイバル技術が重要となる。具体的な技術は栗城ら²⁹⁾及び末次³⁰⁾に示しているので参照されたい。

9. 即時対応技術(被災前)

水害被害を軽減するには、洪水発生時に防災機関が技術的にどう対応するかがポイントとなり、水文現象の把握とともに、水文現象の時間特性を変化させる要因を把握しておく必要がある。重要なのは水位情報の伝達であり、洪水位は直轄河川では通常高々1m/hrしか上昇しないが、中小河川では2～4m/hrが多く、10m/hr以上の場合もあることに注意する。こうした水位情報をテレメータで収集し、迅速に防災機関へ伝達できるシステムが理想ではあるが多大なコストを要する。そこで、中小河川などでの情報伝達手法として、ダイバー水位計(精度±5cm)などを用いた警告がある。この安価な水位計を用いてオンサイトで、例えば水位が堤防天端から1m以内になれば、自動的にサイレンが鳴るとか、警告灯が点滅するといった情報伝達である。また水位計が少ない河川では、防災機関職員

が担当河川の水位状況を連絡したり、市民からの通報システムを構築することも考える。

水位予測は予測された降雨量に基づいて、貯留関数法により行われることが多いが、ポンプ排水量が多い都市河川の場合などは必ずしも予測精度はよくない。しかし、東海豪雨の際、庄内川(枇杷島)で行われた洪水予測結果を見ると、1時間後予測水位は予測開始時は精度がよくないものの、ピーク前後の5時間で見ると、その差は最大で20cm程度と、かなりの精度で予測されていた。

洪水時対応としては、光ファイバー等を用いたセンシング技術の開発があり、洪水時に被災の予兆を察知したり、施設の粘り強さを計測できる。これまでに

- ・漏水：阿武隈川、仁淀川、肱川、川内川他
- ・洗掘：信濃川

の河川において、現地施工されている。洗掘センサーは河岸侵食や護岸の裏込め流失に対して、レスポンスが高くなるよう、光ファイバーの錘を調整しておくことが土木研究所の実験より明らかとなっている。なお、光ファイバーではないが、黒部川には工事事務所で河床洗掘状況をオンラインで把握できるセンサーが5箇所設置されている。これは河床下の樹脂ブロックが洗掘により流失すると信号が発信され、時間経過毎の洗掘深が分かるので、洪水時の侵食状況をリアルタイムで検知できる有益なツールとなりうる。

他に、重要な即時対応技術として水防活動がある。末次ら³¹⁾の全国水防管理団体の調査結果によれば、水防体制の問題点は①後継者不足による団員確保、②水害被害の減少等による住民の意識低下が多かった。また、水防訓練の実施率が低下しており、災害への出動団員数は火災時の1～2割であった。今後は団員の確保及び意識高揚を図ると同時に、水防ノウハウの伝承方策を考えていく。また、水位計は河道計画・管理のために設置されてきたが、今後防災活動のために、重要水防箇所等への水位計設置も必要となろう。

避難については、既存事例より防災行政無線(各戸受信方式)と広報車を組合せた方式により避難勧告・指示を伝達することが有効である。ただし、避難勧告・指示の出し方が避難行動の迅速化を左右する(島根県三隅町：山陰水害(1983))し、農村域では町内会長を通じた伝達も効果がある他、香川県内海町のように住民10～20人に1人の割合で避難誘導員を配置している自治体もある³²⁾。一方、阿部³³⁾は危機管理の課題として①避難勧告等に対して避難行動をとる住民が少ない、②災害に対する認識不足が意識風化を起こす、③避難のための情報提供不足などをあげている。

大規模避難の成功例として、五ヶ瀬川及び大瀬川洪水(1993)に対して、延岡市では30分以内に5千人以上の住民を安全に避難させた。成功要因は①市・消防・警察の連携、②避難所一覧の配布、③機敏な避難所

受け入れ体制であると分析された。他の成功例として、台風 18 号に伴う高潮(1999)に対する熊本県竜ヶ岳町の事例がある。同町他で 123 名の死者・行方不明者が発生した土石流災害(1972)を教訓にして、インターネットで気象情報を収集し、雨量・風速も独自に観測する体制を整えた。また、全戸に防災無線を設置したため、約 80 戸が浸水したにもかかわらず、軽傷 1 名ですんだ。避難活動を迅速に実施できるよう、ハザードマップに氾濫水や高潮の到達時間等の動的情報を記載しておくことも重要である。

10. 即時対応技術(被災後)

浸水情報は即時対応にとって重要である。氾濫水は沖積河道区間では概ね 1km/hr 以下で伝播するが、急流河川の扇状地では 4 ～ 5km/hr で伝播する場合もある。一方、浸水位に関して浸水センサーは開発されているが、現地で設置されていない。浸水実績で見ると、例えば福岡水害(1999)では水位上昇が早い時間帯で見て、下水道氾濫により 20cm/10 分(博多駅前)、御笠川氾濫により 9 ～ 25cm/10 分と浸水位が非常に早く上昇した。一方、小貝川水害(1986: 越水)では下妻で 1m/hr 程度を観測したが、西日本水害(1953)における筑後川破堤では久留米市において早い浸水上昇が生じ、著者は 1.4 ～ 2m/hr であったと推定している。

広域災害に対しては、上空より災害情報を収集する。水害対策ではないが、プログラム飛行が可能な無人飛行機が開発されている。JACIC 研究会資料^{3,4)}によれば、Bombardier 社の CL-327 Guardian は 160km/hr で目的地まで行き、ホバリングして情報収集でき、降雨強度 20mm、風速 20m/s までは飛行可能である。

氾濫後の氾濫水対策としては、緊急排水がある。小貝川水害(1986)では市職員、消防団員などが緊急排水路を仮設して、排水樋門から氾濫水を排水したし、阿賀野川(1966)では加治川からの氾濫水排除のために阿賀野川の堤防を開削し、また 280m の導水路を開削した^{3,5)}。東海豪雨では、新川破堤に対して排水ポンプ車 20 台で約 80 万 m³(総湛水量約 880 万 m³) が浸水排除され、浸水時間の軽減に役立った。

阿賀野川のように、究極的な対策として氾濫水排除のための堤防開削がある。カスリーン台風(1947)時に、利根川東村等からの氾濫水を江戸川へ排水するために堤防開削した。開削の決断は内務省国土局長と東京都知事が行ったが、これに千葉県土木部長が反対するなど決定経緯は複雑であった^{3,6)}。危機回避を実行する際、高度な治水判断が必要となる。

参考文献

- 1) 末次忠司：水防災のための危機回避方策、河川技術論文集、第 6 巻、2000
- 2) 藤田光一・諏訪義雄：減災システム整備における河川堤防技術、河川技術論文集、第 6 巻、2000

- 3) 末次忠司・河原能久：未発表研究成果、1999
- 4) 末次忠司：近年の豪雨災害から見た水害被害軽減方策、土木計画学ワンデーセミナーシリーズ 20、2000
- 5) 東京消防庁警防研究会監修・(財)東京連合防火協会：危険物データブック、丸善、1988 他
- 6) 末次忠司：地下水害の実態から見た実践的対応策、(社)土木学会地下空間研究委員会、2000
- 7) 関根正人・河上展久他：新宿駅周辺を対象とした内水氾濫ならびに地下街浸水過程の数値シミュレーション、河川技術論文集、第 8 巻、2002
- 8) 栗城稔・末次忠司他：洪水による死亡リスクと危機回避、土木研究所資料、第 3370 号、1995
- 9) 栗城稔・末次忠司他：関川水害時の避難行動分析、土木研究所資料、第 3536 号、1998
- 10) (社)雨水貯留浸透技術協会：都市小流域における雨水浸透・流出機構の定量的解明 研究会資料、1998
- 11) 川池健司・井上和也他：寝屋川流域を対象とした都市域の氾濫解析、河川技術論文集、第 8 巻、2002
- 12) 末次忠司・大谷悟他：超過降雨を考慮した都市雨水排除システム等の計画に関する調査、下水道事業調査費報告、1997 他
- 13) 藤田光一：洪水による河川構造物の災害－最近の傾向と対策、(財)北海道河川防災研究センター、1999
- 14) (財)国土開発技術研究センター：護岸の力学設計法、山海堂、1999
- 15) 藤田光一・末次忠司他：透水性(排気性)材料を用いた堤防裏法越水強化工法の水理的評価と技術的位置づけについて、河川技術論文集、第 7 巻、2001
- 16) 辻本哲郎・北村忠紀他：砂質堤防の破堤口拡大過程のシミュレーションと破堤水理、河川技術論文集、第 8 巻、2002
- 17) 関根正人・藤堂正樹他：芝による河川堤防の法面保護に関する基礎的研究、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995
- 18) 竹内義幸・山本晃一他：扇状地河川での『護岸の力学設計法』の適用性に関する実践的研究、河川技術論文集、第 8 巻、2002
- 19) 藤堂正樹・高橋利雄他：練り石張り護岸の耐衝撃強度に関する実験的評価、土木学会第 51 回年次学術講演会、1996
- 20) (社)全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、2001
- 21) 大谷悟・末次忠司他：樋門・樋管の健全度診断手法、土木技術資料、Vol.40、No.12、1998
- 22) 日本河川協会：第 1 回水防研修テキスト、1984
- 23) 栗城稔・末次忠司他：都市ライフライン施設等の水防災レポート、1992 他
- 24) 栗城稔・末次忠司：ミニ特集 情報が生死を分けた 水害 関川豪雨災害(1995 年)、土木学会誌、Vol.81、No.7、1996
- 25) 末次忠司：氾濫原管理のための氾濫流制御と避難体制の強化、氾濫原危機管理国際ワークショップ論文集、1996
- 26) 末次忠司・都丸真人他：二線堤の氾濫流制御機能と被害軽減効果、土木研究所資料、第 3695 号、2000
- 27) 末次忠司・小林裕明：危機管理に備えた水防災のための時間感覚、水利科学、No.249、1999
- 28) 佐々淳行：自然災害の危機管理 明日の危機を減災せよ!、ぎょうせい、2001
- 29) 栗城稔・末次忠司他：21 世紀に向けた防災レポートー洪水災害の防災体制の強化ー、1996
- 30) 末次忠司：水害時の危機管理の留意点について、土木技術資料、Vol.37、No.3、1995
- 31) 末次忠司・館健一郎他：近年における水防体制の変化、自然災害科学、19-3、2000
- 32) 吉本俊裕・末次忠司他：水害時の避難体制の強化に関する検討、土木研究所資料、第 2565 号、1988
- 33) 阿部徹：危機管理の課題と展望～防災・災害情報の共有化に向けて～、河川技術論文集、第 8 巻、2002
- 34) 河川管理への UAV 活用研究会：河川管理の現状と動向 河川管理で想定される UAV の利用場面、1999
- 35) 大熊孝：川を考える④ー堤防の自主決壊による氾濫水の河道還元についてー、雨水技術資料、Vol.20、1996
- 36) 関東地方建設局：利根川の 22 年災害を顧みて、関東地方建設局利根川上流工事事務所、1958

(2002. 4. 15 受付)