

閱 覧 用

ISSN 1346 - 7328

国総研資料 第246号

平成17年3月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.246

March 2005

平成16年風水害の特徴と今後の課題

Characteristics and Problems of Flood and Inundation in 2004

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

平成16年風水害の特徴と今後の課題

Characteristics and Problems of Flood and Inundation in 2004

概要

本資料は、平成16年に発生した風水害について、現地調査と数値解析を通じてその特徴を整理・分析するとともに、今後の課題及び研究テーマを取りまとめたものである。

キーワード：洪水、氾濫、破堤

Synopsis

We surveyed the data concerning flood disasters that occurred in 2004, and analyzed these through the field survey and numerical simulation. According to these information, we picked up the subjects and set up the research themes to decrease the flood disaster.

Key Words : Flood, Inundation, Dike Break

平成 16 年風水害の特徴と今後の課題

16 年風水害検討チーム

目次



1. はじめに	1
2. 平成 16 年風水害の特徴	1
2.1. 水文・水理及び洪水・氾濫被害の特徴	1
2.2. 土砂災害及び高潮災害の特徴	2
2.3. 気象・被災概要のまとめ	3
3. 平成 16 年連続風水害の背景と原因	5
3.1. 気象	5
3.2. 被害増大の背景	7
3.2.1. これまでにない厳しい気象条件	7
3.2.2. 河川整備の遅れ（特に中小河川）	7
3.2.3. 流域の土地利用の変化	8
3.2.4. 災害時要援護者の増加	9
3.2.5. 社会構造の変化と情報連絡体制・避難体制	9
3.2.6. 被災経験の減少	10
3.2.7. 超過洪水の発生	11
4. 平成 16 年風水害の教訓と今後の政策の方向性	11
4.1. 防災施設の適切な計画・整備と維持管理	11
4.2. 災害経験の蓄積	11
4.3. 災害情報の収集と提供	12
4.4. 防災体制	12
4.5. 超過外力への対応	13
4.6. 災害時要援護者への対応	13
5. おわりに — 今後の調査・研究に向けて	14
5.1. 各種災害を対象にした研究テーマ	14
5.2. 研究成果の一例～洪水流と氾濫流を一体化した氾濫解析手法の開発～	16
[参考資料] 平成 16 年の風水害の事例	21
1. 新潟・福島豪雨	21
2. 福井豪雨	24
3. 台風 23 号豪雨による円山川の災害	27
4. 台風 21 号による三重の土砂災害	29
5. 高潮災害	30
6. ダムの弾力的な洪水調節事例	33

1. はじめに

平成 16 年は、梅雨前線による集中豪雨や度重なる台風の上陸により、全国各地で水害、土砂災害、高潮災害等（以下「風水害」という。）が発生し、多くの死者・行方不明者を出した。

平成 16 年の風水害は、昭和 58 年以来の近年希に見る大災害とも報じられている。一般的にも、特に風水害が多かった年との印象があるが、はたして本当に希に起こった大災害なのか。また、風水害が多い年であったとしても、「たまたま台風が多く上陸した」と単純に考えてしまって良いのか。地球温暖化の影響による気候のゆらぎ、土地利用の変化による地域の洪水・氾濫への脆弱性の増加、社会状況の変化による警戒・避難態勢の弱体化等、社会・経済的なさまざまな要因の影響が考えられ、これを分析することが必要である。

そこで、「なぜ平成 16 年は風水害が多かったのか」という素朴な疑問に答えるため、平成 16 年の風水害はどのように大きかったのか、また、その要因は何なのか、風水害の特徴と今後の課題を検討した。

以下に示すこの検討結果は、必ずしも十分に科学的な検証がなされたものばかりではなく、さらなる検証を必要とするものもあるが、速報的にとりまとめた。

なお、国土交通省は社会資本整備審議会豪雨災害対策総合政府委員会の緊急提言を受け、施策の数値目標等を定めたアクションプランを 12 月に作成し、緊急的かつ強力に実施している。

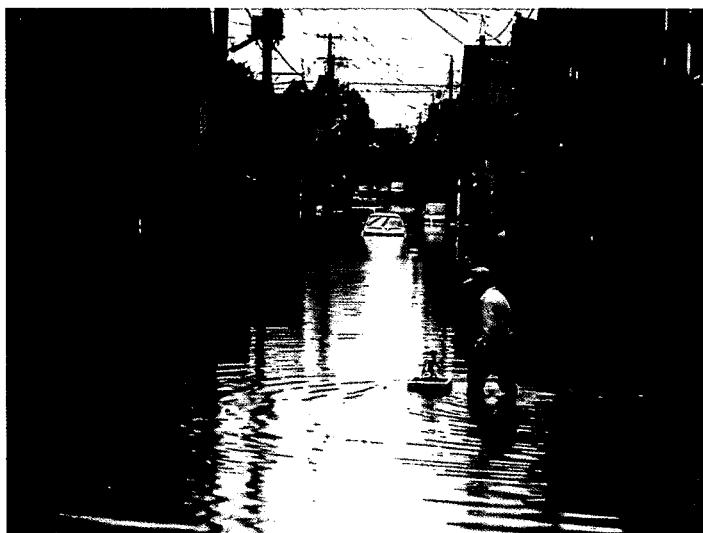


写真-1.1 新潟・福島豪雨における浸水状況
(三条市)

2. 平成 16 年風水害の特徴

2.1 水文・水理及び洪水・氾濫被害の特徴

平成 16 年は観測史上最多となる 10 個の上陸台風を記録した（表-2.1）。台風だけではなく、梅雨前線豪雨や集中豪雨も発生し、全国のアメダス 100 地点以上で各々時間雨量、日雨量の記録を更新した。また、洪水の発生状況を見ても、例えば台風 23 号では直轄河川において 7 水系 9 河川で計画高水位を突破し、23 水系 30 河川では危険水位を突破するなど、多くの河川で大洪水となった。

台風 16、23 号では 950hPa の上陸後最低気圧を記録した。また、台風 21 号では強い雨域を伴った台風と台風の接近により前線が刺激され、三重県尾鷲観測所で 876mm（9 月 28 日 4 時～9 月 29 日 22 時）にもおよぶ豪雨が発生し、宮川水系等で水害が発生した。

表-2.1 台風の発生・上陸数（平成 16 年 11 月末時点）

	過去50年間（S29～H15）データ			H16
	最 多	最 少	平均	
発生	39個（S42）	16個（H10）	26.9個	27個
上陸	6個（H2, 5）	0個（S59, 61, H12）	2.9個	10個

一方、7月には新潟・福島地方、福井地方で梅雨前線が活発化し、（1～3）時間雨量では超過確率1/200を超えるような豪雨となった。その結果、新潟県内では信濃川支川刈谷田川などで11箇所が破堤するなど、65市町村が被災した他、福井市内では九頭竜川支川足羽川が破堤し、市街地4km²が浸水した。都道府県管理区間の河川だけではなく、台風23号では円山川及び支川出石川の大臣管理区間で計画高水位を超え、2箇所破堤し、約1万棟が浸水被害を受けた（内水被害を含む）他、由良川の氾濫では観光バスやトラック等が浸水中にとり残された。

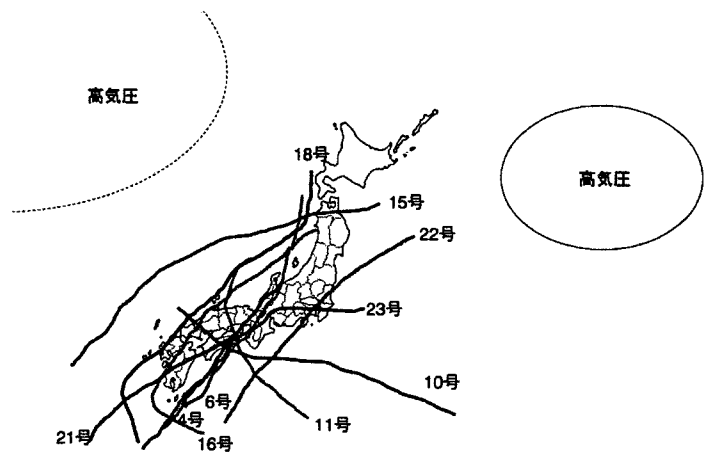


図-2.1 高気圧の配置と台風の経路図

2.2 土砂災害及び高潮災害の特徴

豪雨は各地に土砂災害も発生させ、平成16年新潟県中越地震を除いても今年は統計をとり始めた昭和57年以降で最多の2,101件も発生し、特に新潟県では370件（他に中越地震267件）の土砂災害が発生した（表-2.2）。土砂災害による死者・行方不明者数は58名を記録（過去30年間の平均57名、最多337名（S57））し、鹿児島豪雨災害が発生した平成5年（死者・行方不明者174名）以来の数となった。例えば、三重県宮川村等では台風21号で、土石流等により死者・行方不明17名、全半壊30戸という大きな被害が発生するとともに、道路斜面の崩壊により小滝・滝谷等の集落へ通じる道路が途絶され、集落が孤立した。

また、高潮被害も発生し、台風16号では瀬戸内海沿岸は異常潮位（低い気圧、満潮・大潮と重なった）となり、香川、岡山、広島等で約44,000棟が浸水した他、台風23号では高知県室戸市の菜生海岸において、既往最高を4m以上も上回る13.55mという波高（室津（ナウファス）波浪観測計で観測：沿岸部での日本最高記録でもある）を記録した。これにより、3名の死亡、家屋13棟の崩壊、海岸堤防約30mの倒壊が生じた。

表-2.2 平成 16 年土砂災害発生件数
(上位 5 県他)
平成 16 年 10 月 22 日現在
(中越地震による土砂災害を含まず)

	土石流	地すべり	がけ崩れ	合計
新潟県	13	110	247	370
愛媛県	51	11	151	213
神奈川県	2	0	170	172
福井県	100	3	44	147
長野県	23	71	41	135
その他	295	90	679	1,064
全国計	484	285	1,332	2,101

2.3 気象・被災概要のまとめ

平成 16 年に、全国各地で発生した風水害被害（土砂・高潮災害を含む）を総括すると、図-2.2、表-2.3 のようになる。特に新潟・福島豪雨や台風 18 号により多くの家屋が全半壊・一部損壊した他、台風 16、18、23 号では 5 万棟以上の家屋が被災した。風水害被害額は道路や農作物などの公共インフラに関する直接的な被害だけでも 1 兆 2 千億円に達した。

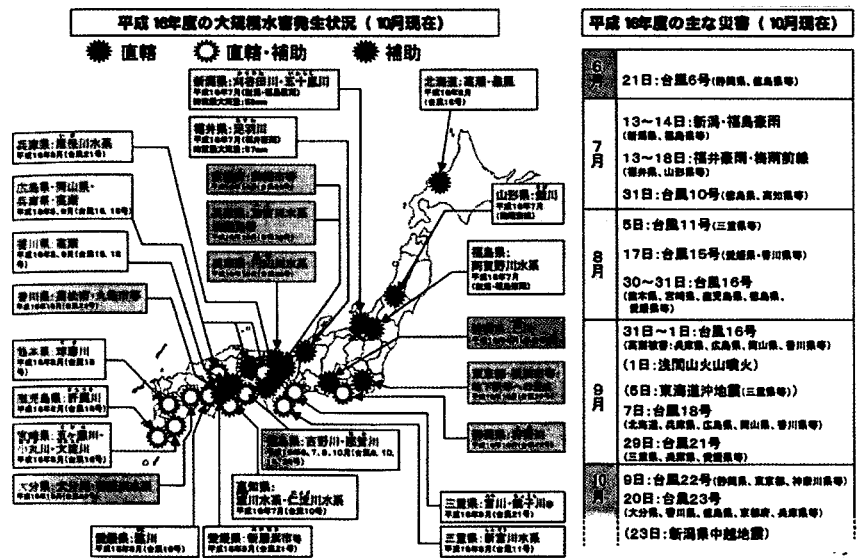


図-2.2 平成 16 年全国の風水害発生状況図

表-2.3 平成 16 年風水害による被害状況

事 象	月	死者・行方不明者数	負傷者数	全壊棟数	半壊棟数	一部損壊棟数	床上浸水棟数	床下浸水棟数	合 計
台風6号	6月	5名	118	1	2	149	1	41	194
新潟・福島豪雨	7月	16名	4	70	5,354	94	2,149	6,208	13,875
福井豪雨	7月	5名	19	66	135	229	4,052	9,674	14,156
台風10号、11号	7~8月	3名	19	12	15	65	218	2,420	2,730
台風15号	8月	10名	22	17	23	212	695	2,339	3,286
台風16号	8月	17名	267	29	95	7,037	16,799	29,767	53,727
台風18号	9月	45名	1,301	109	848	42,183	1,598	6,762	51,500
台風21号	9月	27名	97	79	273	1,936	5,798	13,883	21,969
台風22号	10月	8名	167	167	244	4,495	1,247	3,592	9,745
台風23号	10月	91名	486	192	910	10,636	21,783	40,381	73,902
合 計		227名	2,500	742	7,899	67,036	54,340	115,067	254,084

注 1) 消防庁調べで、非住家被害は除いている。

注 2) 全壊及び半壊の定義

全壊：損壊又は流失住家の床面積が延べ床面積の 70%以上、又は住家の主要部分の損害割合が 50%以上

半壊：損壊又は流失住家の床面積が延べ床面積の 20~70%未満、又は住家の主要部分の損害割合が 20~50%未満

こうした一連の風水害により、今年の風水害による死者・行方不明者数は 227 名（過去 30 年間の平均 118 名、最多 593 名(S47)）となり、年間の死者・行方不明者数で見ると、昭和 59 年以降で最多となった。年齢別内訳を見ると、年齢が判明している 194 名中の 119 名（61%）が 65 才以上の高齢者であった。洪水・氾濫災害に伴う高齢者の死亡リスクが高かったのが特徴である。

以上の気象・風水害被害等の主な特徴をまとめると、次のようになる。

<気象等の特徴>

- ・勢力の強い台風が多数（過去最多）上陸した
- ・梅雨前線による短時間集中豪雨、台風による豪雨が広範囲に風水害を発生させた
- ・台風 23 号では大臣管理区間だけでも 7 水系 9 河川で計画高水位を突破した

<風水害被害の特徴>

- ・中小河川において越水、破堤被害が多く発生した
- ・過去最多の土砂災害が発生した
- ・広範囲の沿岸で高潮災害、異常潮位が発生した
- ・死者・行方不明者の約 6 割が 65 才以上の高齢者で、洪水・氾濫でも多くの高齢者が亡くなった

<防災対応の特徴>

- ・延べ約 640 市町村の 160 万人以上に避難勧告・指示が出された

3. 平成16年連続風水害の背景と原因

3.1. 気象

7月中旬に相次いで新潟県、福島県、及び福井県で相次いで発生した豪雨は、6月以降太平洋高気圧の強い張り出しのもとで高温傾向が続いていたときに、北から乾燥した空気が入りやすくなり梅雨前線が北陸から東北にかけて活発化するとともに、太平洋高気圧の縁に沿って暖かく湿った空気が東シナ海から日本海を通過して流入し、強い雨雲が次々の発生したためとされている^{2),3)}。その後も、太平洋高気圧の縁となっていた日本列島上空が台風の通り道となりやすい状態が10月まで続いた。このことが、10月末までの10個という日本への年間上陸個数記録更新の直接の原因となった(昨年までの最大記録は平成2年及び5年の6回であり、1971~2000年の累年平均による平年値は2.6個である。)。しかし、台風の発生数自体は、今年(平成16年)は11月末までの段階で27個であり、平年値が26.7個(平年並みの範囲は25~29個)であるから、特に平年よりも多かったわけではない。むしろ、九州・四国南海~南西諸島付近の日本近海の海水温が、特に6月以降平年よりも0.5度以上高い状況が継続したことが、台風の強い勢力を保ったままでの日本上陸を助長した効果をもたらしたことを注視すべきであろう(図-3.1.1)。

すなわち、太平洋高気圧の強い張り出しと日本近海の海水温の高い状況が、今年(平成16年)の台風上陸数を増やし水害を大きくした気象学的背景ということができそうである。

それでは、なぜこのような高気圧の張り出しや海水温の正偏差が生じたのであ

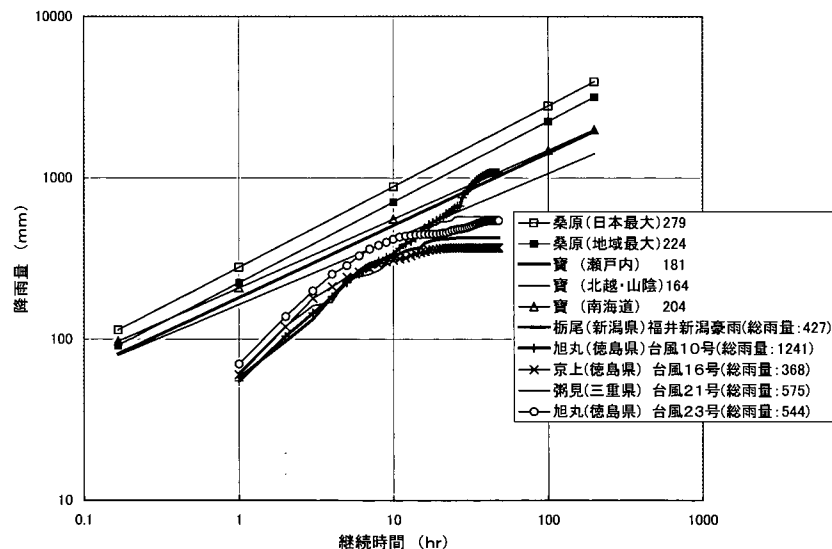


図-3.1.1 2004年8月における海面水温平年偏差(°C)。濃い陰影部は海面水温が平年値より0.5°C以上高い領域を、薄い陰影部は平年値より低い領域を示す(平年値は1971~2000年の30年平均値)。※気象庁:エルニーニョ監視速報No.144より引用

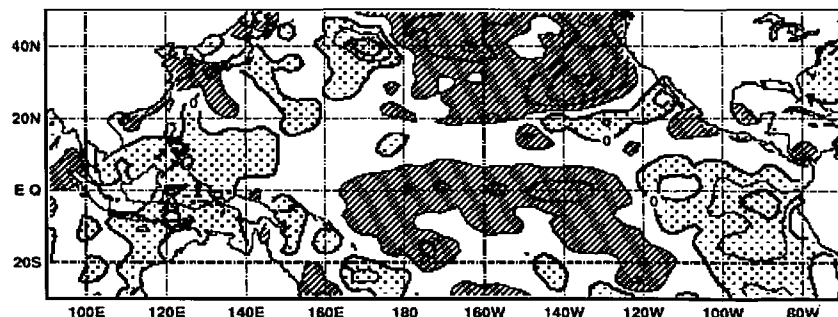


図-3.1.2 平成16年度主要豪雨イベントにおける地点降雨量-降雨継続時間関係 ※凡例項目別右端の数値は総降雨量(mm)を示す。

うか。前者については、フィリピン東海上の対流活動が活発であった（特に 6, 8 月）点や、高緯度帯での大気の流れがオホーツク海高気圧の出現を妨げるような流れであった点等によるとされる²⁾が、その原因や後者の点については今後の研究の成果を待つ必要がある。なお、今年年間を通じてエルニーニョやラニーニャ現象は発生していないが、太平洋赤道域中部において平年よりも 1 度以上高い高水温が継続していた。しかし、このような状況は、2001 年後半以降断続的に現出しており、今年の異常な日本への台風上陸数と単純に関連づけることはできない。地球温暖化との関連も、現段階では定かではない。世界規模での異常天候との関連についても、日本で台風災害が相次いだ時期に特に多いわけではなく不明である。朝鮮半島において異常少雨となったのは日本に台風が集中したことの裏返しであろう。

一方、実際に現出した降雨の方から見ると、上記のように、日本列島が台風の通り道となり、かつ、強い勢力を保って上陸する例が多かったことにより、記録的な豪雨発生が、特定の一部の河川流域のみに集中せず、かなり広域にわたって全国各所においてみられたことが大きな特徴である。そのことは、水害被害が広域化したことに如実に表れている。図-3.1.2 に、日本最大規模の DD（降雨強度－降雨継続時間関係）関係式の直線とともに今年の新潟・福島、福井水害から始まる主要な水害時における、一部ではあるが主なアメダス観測所における DD 関係の散布図を示す。日本最大規模の DD 式と比較することで、全体として、1) 1～2 時間程度の短時間降雨強度はさほど極值的ではない、2) むしろ、中小河川の洪水到達時間に対応する 6～12 時間スケールでの降雨量が極值的である例が多い、3) 三重県や徳島県内など、24～48 時間といった大河川の大規模洪水に結びつく時間スケールにおいても降雨量が極值的に大きい例が一部にあった、といったことが読みとれる。特に 2) の点は、東海豪雨等でもみられたことであるが、刈谷田川や足羽川を始めとする中小河川での洪水災害の頻発の背景になっているものと考えられる。地点毎の過去の雨量資料からは予測できないような豪雨が発生していることから、今後、地点雨量の統計期間の短さを補足する手法（例えば気候区分毎の DD 式など）が必要とされるようになると考えられる。また、これらの異常降雨の過去の発生状況を整理して把握し、将来動向の予測に結びつけていくことが重要になっていくであろう。

3.2. 被害増大の背景

3.2.1 これまでにない厳しい気象条件

前述のとおり、平成16年は梅雨前線の活動が活発であり、多くの台風が我が国に上陸した。また、これらによりもたらされた風雨は、これまでに経験したものよりもはるかに大きな規模のものであった。

特に近年の傾向として、局地的な集中豪雨が頻発する傾向にある。図-3.2.1は、近年の集中豪雨の状況を示している。これによると、時間当たり50mm以上の降雨発生回数でみても、平成8

年から平成15年までの8年間では年間平均271回の発生であったのに対し、平成16年は、1月から11月24日までの間で既に468回も発生している。

このように、被害増大の背景の1つとしては、平成16年は、これまでになく厳しい気象条件であったことが上げられる。

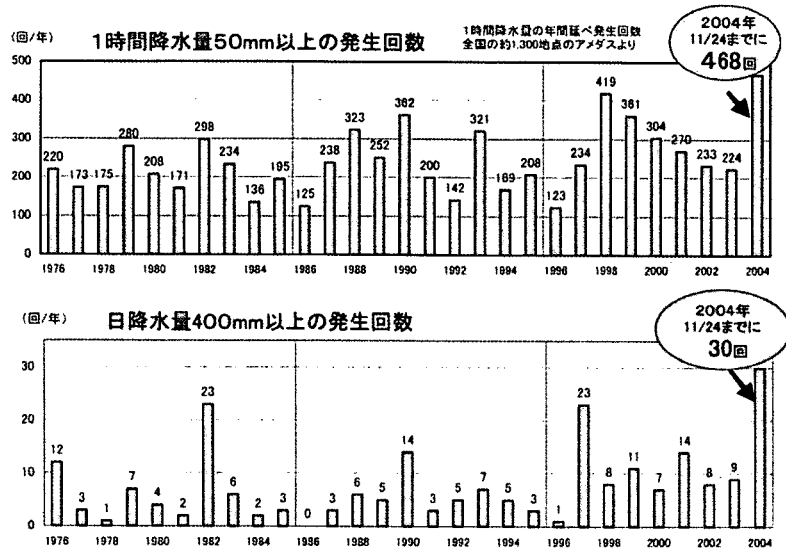


図-3.2.1 近年頻発する集中豪雨

(出典：気象庁、平成16年夏から秋にかけての集中豪雨・台風等について、報道発表資料、平成16年11月25日より)

3.2.2. 河川整備の遅れ (特に中小河川)

我が国は、近代以降、大河川の治水対策を優先して推進してきた。この成果により、平成16年の梅雨前線豪雨、台風による豪雨等をみても、大河川からの氾濫被害発生は極めて少ない。

他方、これまで中小河川については、災害が発生したところを中心にして、再度災害防止の観点



写真-3.2.1 御笠川の氾濫 (福岡市)

で河川改修等を進めてきたところが多い。このため、中小河川については、依然として河川改修が遅れている箇所が多く残っている。平成12年の東海豪雨による新川の氾濫、平成11年及び平成15年の御笠川（福岡市）の氾濫（写真-3.2.1）等、近年、局地的な集中豪雨による水害が頻発しており、地下空間の浸水等もあり、中小河川といえどもひとたび氾濫すれば大きな被害をもたらす。また、外水氾濫だけでなく、内水による被害も近年の大きな問題である。

3.2.3. 流域の土地利用の変化

戦後から今日までの我が国の発展の過程において、洪水時に氾濫が少なからず発生していた区域にも、住居、工場等が進出してきた。

図-3.2.2 と図-3.2.3 は、平成16年7月の水害で全域が壊滅的被害を受けた新潟県中之島町の人口変化と製造品出荷額の変化を示している。これを見ると、今回、大きな水害被害を受けた中之島町の人口はこの20年間で2割増し、また、製造品出荷額はここ5年間で2割増している。低平地域に人口、資産が集まってきている状況が分かる。

このように、従来は高度な土地利用がなされていなかった場所等の土地利用の変化が、今回の水害被害を大きくしたことも背景として上げられる。また、土砂災害や高潮についても、被災の危険性が高い区域の土地利用が増大してきているという同様の背景が考えられる。

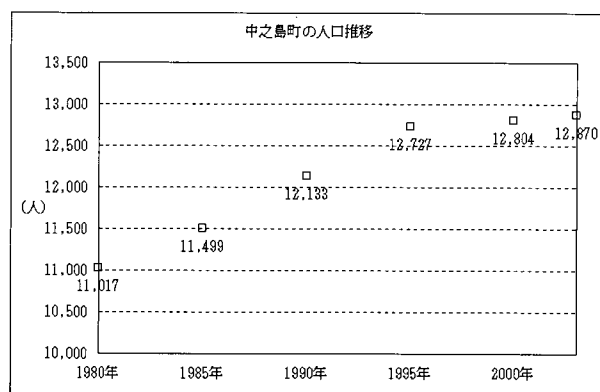


図-3.2.2 中之島町の人口推移

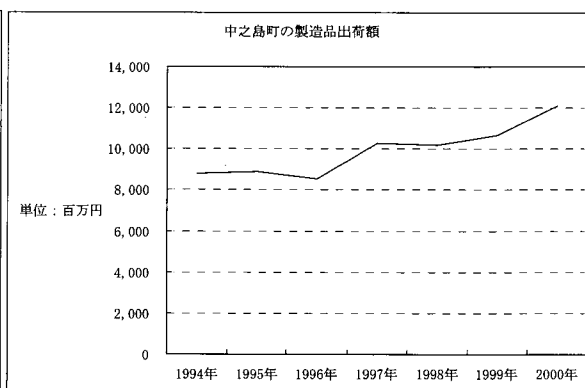


図-3.2.3 中之島町の製造品出荷額の推移

3.2.4. 災害時要援護者の増加

我が国における今後の大きな課題として、急激な高齢化社会の到来が指摘されている。災害時に高齢者は、災害発生の認識が困難、災害の危険性の認識が困難、避難行動が困難、避難生活の不便さを思って避難しない、等のさまざまな理由から、一般に災害被害者になりやすい。また、普段の生活で介護を要する者の割合は、高齢者になるほど高くなるのが一般的である。既に全国的な傾向として、人口の4分の1がいわゆる災害時要援護者であり、さらにそのうちの半分以上が高齢者で占められている。図-3.2.4は、高齢世帯数の推移を示しているが、全国の高齢世帯数は、この20年ほどの間に3倍近くに増加している。これらより、全国で災害時要援護者の対策が減災の課題の一つとしてクローズアップされてきている。

平成16年の風水害で被害を受けた各地は、他の地域と比較して特に災害時要援護者が多いところとは考えられないが、7月の新潟における水害では、亡くなられた方の8割が70歳以上の高齢者であり、平成16年発生 of 風水害による死者・行方不明者のうち年齢の判明している194人のうち6割が65歳以上であったことから、災害時要援護者の増加が今年の被害を増大させた一因であると考えられる。

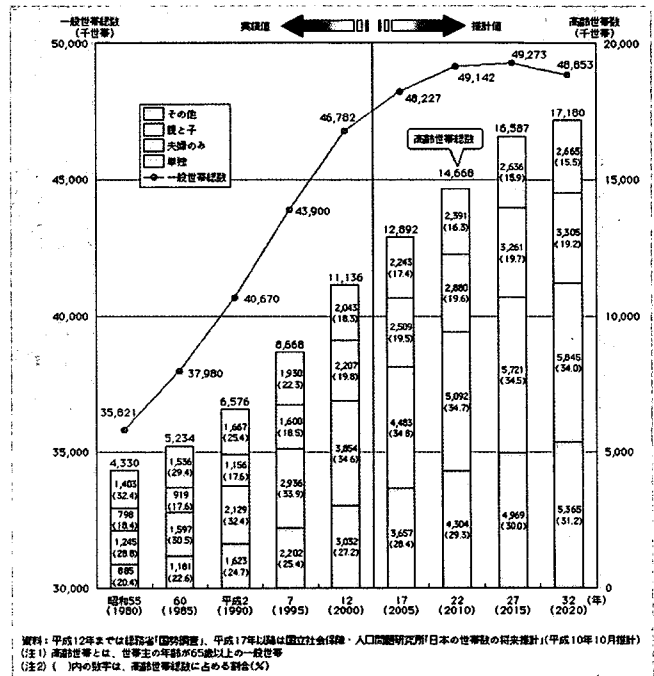


図-3.2.4 高齢世帯数の推移

3.2.5. 社会構造の変化と情報連絡体制・避難体制

我が国は歴史的には稲作を中心とする農耕社会であったため、農作業を中心として集落で共同で作業するという社会構造であった。災害時の対応も同様に、地域のコミュニティにおいて、共同で堤防を築き、水防活動により堤防を共同で守り、風水害情報等を共有し、避難する時は「隣近所に声を掛け合う」という集団社会であった。地域内で過去の災害事例の伝承や防災への気構えの申し送りなども行われていた。災害時に援護が必要な高齢者、障害者等についても、この地域コミュニティが力を発揮し、地域として一定の災害耐力を有していた。

ここ数十年において、社会構造が大幅に変革し、それに伴って特に都市部で地域コミュニティが崩壊しつつある。しかしながら、行政側の情報連絡体制や避難体制は、かつてのこのような地域コミュニティが存在していた時のものから、大きくは変更されていない。

このように、行政側の情報連絡や避難に関する体制が、社会構造の変化への対応に遅れていた可能性もあり、風水害被害が増大した一因と考えることもできる。

3.2.6. 被災経験の減少

図-3.2.5は、我が国の洪水による死者・行方不明者数を示している。これによると、戦後の昭和20年代から昭和30年代にかけて、多くの死者・行方不明者を生じている。この結果、当時、一般の国民は、風水害等の危険性を強く認識していたと思われる。他方、前述のとおり、近年は局所的な集中豪雨が頻発しているものの、比較的死者・行方不明者が幸いにも少なかったこともあり、一般国民における風水害危険性等の認識は低かった可能性がある。また、心理的に、日常的な状態を前提にして楽観視してしまう「正常化の偏見」が働き、初動避難に遅れが生じた可能性もあるといわれている。

同様のことが、市町村等地域の行政機関についても言える。避難指示・避難勧告を発出するのは市町村長であるが、市町村単位での専門技術者の不足、被災経験の減少により、市町村の担当者にも災害に対する意識の低下の危険性がある。被災経験の減少により、避難指示・避難勧告の発出も遅れ気味となり、また、避難勧告を受けた者も被災経験がないことから正常化の偏見による「まさか」という気持ちが強くなり、風水害の怖さを忘れ避難が遅れた可能性がある。今回の円山川で生じた洪水時にも、避難勧告が発出されたものの実際に避難したのは1割に留まっているというデータもある。また、浸水した後でも、浸水経験を持たない者は対処すべきことが分からない等の状況が生じ、被害を更に拡大させた可能性もある。

このため、全国の市町村で、洪水ハザードマップ、土砂災害危険箇所図等の作成を進めているが、洪水ハザードマップについて言えば図-3.2.6に示すとおり、ここ数年で洪水ハザードマップを公表している市町村数は急増しているものの、依然、その割合は高いとは言えない状況である。また、ハザードマップが各戸に配布されていても活かされていないというマスコミ報道もある。

なお、平成16年の風水害においては、指定された避難場所が浸水したり、アクセス道路が土砂災害等により使用できずに孤立したりする例があり、この点も問題であった。

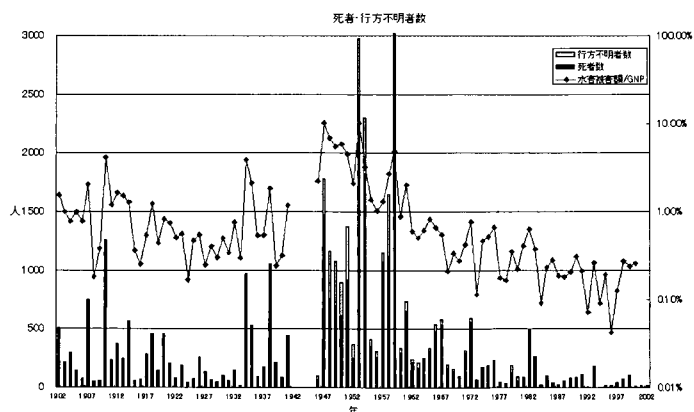


図-3.2.5 我が国の洪水による死者・行方不明者数の推移

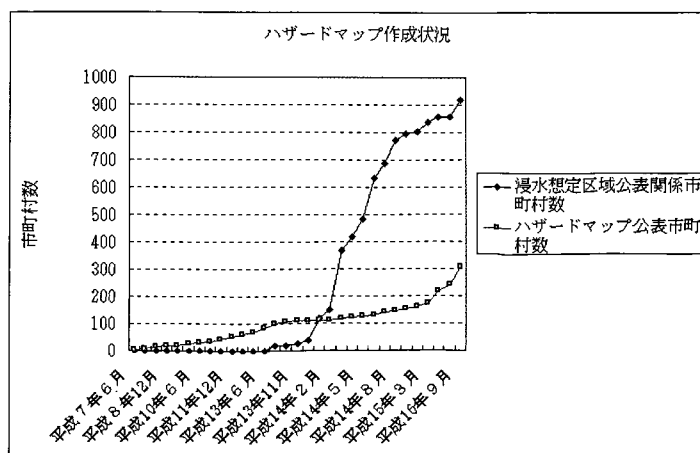


図-3.2.6 ハザードマップ作成市町村数

3.2.7. 超過洪水の発生

計画に用いる降雨等の外力は、生起確率を考慮して設定されることが一般的であるが、その確率を超えた計画規模以上の外力、すなわち超過洪水は、当然起こりうるものである。

超過洪水のような大きな洪水が発生し、洪水調節容量を使い切ると判断したダムでは、放流量を流入量に近づける「ただし書き操作」を実施する。平成16年

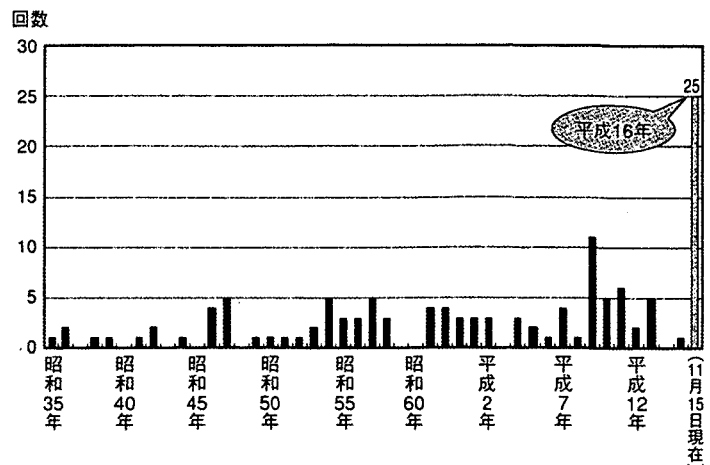


図-3.2.7 ただし書き操作回数

のただし書き操作延べ回数(直轄管理ダム、水資源機構管理ダム、道府県管理ダム)は、図-3.2.7に示すように25回(11月15日現在)に達しており、過去と比較して非常に多くなっている。このように、平成16年は各地で計画規模以上の洪水が生じている。

我が国の風水害対策等においては、一部の大河川における高規格堤防を除いて超過洪水の対策が計画に位置付けられている例は極めて少ない。治水施設が相当程度整備され、河川沿川に人口・資産が集積した地域での超過洪水の襲来は、甚大な被害をもたらす。

4. 平成16年風水害の教訓と今後の政策の方向性

4.1. 防災施設の適切な計画・整備と維持管理

河川堤防等の防災施設については、その適切な計画・整備が不可欠であり、あらゆる対策の前提となるものである。また、計画上適切な施設であっても、日々の維持管理を疎かにすれば、災害時にその機能を十分に発揮できないことも生じうる。適切な計画・整備と日常の維持管理を、河川堤防等の防災施設について着実に実施していくことが、最も基本的なことで、かつ、極めて重要である。また、最近の頻発する豪雨を十分に踏まえ、必要に応じて計画を見直す等も検討しなければならない。

4.2. 災害経験の蓄積

一般に、治水施設等の整備が進めば進むほど、水害・土砂災害等の被災経験者は減少する。平成16年の風水害による被災以前では、洪水等の災害経験者が減少していたと思われる。災害の経験、特にその恐怖心は、他人に引き継ぐことが極めて困難であり、具体的な災害をイメージでき災害の危険性を認識できる者が少なくなっている。また、一般国民の災害に対する恐怖心が薄れ、「正常化の偏見」の影響も加わり、避難指示・避難勧告等に対しても鈍感になってきている恐れがある。

今後、ハザードマップ等の作成を促進し洪水等について地域住民の意識を高めてもらうとともに、ロールプレイング方式等による実践的な防災訓練を地域コミュニティ

を含めて実施したり、擬似的に被災体験が可能な設備を推進する等、行政として地域住民ができる限り災害経験や災害イメージを持てるようにすべきである。これにより、地域コミュニティによる水防活動の活性化等、地域の水防災力が高まることが期待される。また、このために不可欠な災害データについては、行政側において遺漏なきよう収集し、十分に蓄積し、適切に提供することが重要である。

4.3. 災害情報の収集と提供

一般に災害時には、情報は混乱するものである。そのような状況下においても、特に行政機関において重要情報についてはもれなく伝達され、避難指示発出等、必要な対応が的確に行われることが不可欠である。このため、行政組織の各担当者が、災害時のイメージを事前に十分持つておくことはもちろんのこと、情報が混乱した場合や、仮に行政機関が被災して通信機能などに支障をきたした場合等においても、行政機関間の情報のやりとりを中心とする連携が有機的に行えるよう日頃からの準備・訓練が必要である。

また、行政が住民に対して発出する情報は、ややもすると専門的になりかねないので、受け手側の地域住民の立場に立って必要な情報を、分かりやすい表現とするよう工夫が必要である。行政側で集約した災害情報を、確実かつ分かりやすく地域住民に伝達する方法の1つとして、地域住民に直接災害情報を伝達する新たなシステム等も検討しなければならない。特に、近年、地下空間が浸水被害を受ける事例が多いことに鑑み、地下空間への災害情報の提供は大きな課題となっている。

4.4. 防災体制

災害時の防災体制は、実際に発災した場合の対応として、最も重要なものの1つである。地域と行政が連携した効果的・効率的な防災活動を行うためには、まずは地域の水防活動の拠点ともなる河川防災ステーションや水防倉庫等の施設を十分に整備することが重要である。これらの施設を活用するため、水防団の活動を支援しつつ自主防災組織、企業内防災組織を活用したり、これらの組織を支援するNPOとの連携を視野に入れた防災体制の確立を目指すとともに、ロールプレイング方式等による実践的な防災訓練を実施すべきである。これらと併せて、地下空間の拡大等の現代社会にあわせた水防体制の見直しも必要である。

また、市町村が指定する災害時の避難場所は、地域の学校等が多いが、必ずしもそこは全ての災害に対して安全な場所とはなっていない。今後、避難所に指定する場所については、いろいろな災害に対する安全度を比較し、地震時には使えるが水害時には浸水し、避難所としての機能が果たせないということがないように、十分に検討していくべきである。

さらに、市町村長は、降雨データ、河川の水位データ等を総合的に勘案して避難勧告を出すことになるが、市町村長は必ずしも防災の専門家ではなく、避難勧告等発出の目安もないため、判断を躊躇する場合があります。避難指示・避難勧告を適切な時

期に発出できるよう、最悪のシナリオを想定して何らかの発出の目安となるものを関係機関と協議して事前に作成しておくことが必要である。

4.5. 超過外力への対応

戦後の荒廃期からこれまでは、洪水等災害に対する備えとして目標とする外力規模を設定し、それに対応する施設等の整備を進めることを主としてきた。これにより、一定規模の自然からの外力に対しては、施設による防備が可能となり、一定の安全度が確保されるに至った。

しかしながら、平成16年は、各地で計画規模以上の洪水が生じて大きな被害を受け、超過洪水に対する備えがまだまだ不十分であることを痛感した。懸命なる水防活動により破堤にこそ到らなかったものの、大きな氾濫を引き起こす危険性が高かった河川も多かった。

想定以上の外力をすべからず考慮した施設設計は、現実的に極めて困難であるが、どのような超過洪水が生じても壊滅的被害を避ける方法について、ソフト対策を含めた対応が極めて重要になってきている。このことから、特に中小河川については、氾濫しても壊滅的な被害は免れるという発想で、万一洪水が発生しても許容するような地域づくりが必要とされている。このためには、越水しても破堤しにくい堤防構造（ねばり強い堤防）、流域の遊水機能の保全、耐水性建築、土地利用の工夫等の推進と、これらのための社会制度の整備が必要となる。

4.6. 災害時要援護者への対応

平成16年の風水害では、いわゆる災害時要援護者の被災が特に目立った。浸水、氾濫により急激な水位上昇で逃げ遅れるなどが原因であった。

災害時要援護者は、一般に災害情報の取得・認識・判断に時間を要し、かつ、避難に時間を要するため、災害情報を一般よりも早い段階での提供が必要であるとともに、それぞれの弱点に対応したきめ細やかな災害情報の提供が必要である。また、災害時要援護者本人に対する情報提供だけでは不十分であり、災害時要援護者を援護する者に対しても、適切かつ的確な情報提供が不可欠である。

また、避難体制などについて災害時要援護者を考慮したものに見直す必要がある。例えば、歩いて避難することを前提としていたり、避難所に指定された場所での生活が要援護者には困難である等、災害時要援護者を必ずしも考慮している体制とはなっていない。今後、一定割合の災害時要援護者の存在を前提とした避難体制や連絡体制とすべきである。

さらに、これまで災害時に災害時要援護者の避難を支えてきたのは地域コミュニティである。行政による要援護者支援にも一定の限界があるため、災害時要援護者を支援する地域コミュニティを、公的機関で支援する検討が必要である。しかし、地域によってはその仕組みが困難なところもあり、行政が直接災害時要援護者の援護をすることも検討していかなければならない。

5. おわりに ー 今後の調査・研究に向けて

5.1 各災害を対象にした研究テーマ

今年の風水害を教訓として、研究すべきことは多い。なかでも、中小河川における越水による破堤・氾濫メカニズムとそれへの対策、高潮・高波の予測と対策、土砂災害を発生させた要因などがある。ソフト研究としては、減災体制、情報の収集・伝達、避難勧告・指示の発令基準、高齢者の避難誘導等への対応などがあげられる。

これらを受けて、調査・研究すべき主要なテーマを4.「今後の政策の方向性」の項目に従って列挙すれば、以下の通りである。

【堤防・防災施設の適切な計画・整備・維持管理】

- ・ 氾濫原の重要度に応じた治水安全度に基づく施設計画
氾濫原特性、氾濫原の重要度に対して最適な治水安全度バランスの設定に関する研究を行うとともに、それに応じた堤防等の施設計画のあり方について検討する
- ・ 堤防や防災施設の維持管理手法に関する研究
堤防高変化が越流水外力におよぼす影響を把握するとともに、堤防高管理システムについて検討する
- ・ 堤防や防災施設のモニタリング手法に関する研究
洗掘センサーを用いた侵食モニタリング技術の有効性について検討する
迅速な水防活動等に貢献するため、堤体内水位を監視できる浸透モニタリング技術について検討する

【災害経験の蓄積】

- ・ 災害データベースの構築
- ・ 災害危険意識の高揚方策に関する研究
高潮災害に関する住民意識を把握し、確実な避難に繋がる危機意識向上策について検討する

【情報の収集と提供】

- ・ 中小河川の洪水・水位予測技術の開発
レーザ航空測量データ等を活用した経済的・実用的な洪水予測手法を開発するとともに、水位データの補完手法について検討する
水文資料が不十分な流域にも適用できるレーダ雨量計を用いた簡易洪水危険度予測技術を開発する
- ・ 高潮情報システムの構築
高潮時の迅速な避難等を実現するため、高潮時の波高・うちあげ高をリアルタイムで予測するための波浪推算モデルを開発する
- ・ 避難勧告・指示の発令基準の策定に関する研究
洪水位上昇を考慮した発令基準について検討する
高潮を対象とした避難勧告等の発令基準の策定のため、浸水位上昇等の高潮災害の発生過程（浸水実績、浸水予測）について検討する
短時間雨量予測等を考慮した発令基準について検討する

警戒避難のあり方（土砂）

- ・情報の収集・伝達技術の開発

 - 地域に直接災害情報を伝達するシステムを開発する

 - 波高計・潮位計により高潮情報を収集する手法について検討する

 - 各種災害発生時における災害情報の伝達手法について検討する

【防災体制】

- ・水防体制の活性化に関する研究

- ・避難所の安全度評価手法に関する研究

 - 氾濫特性に応じた避難所、避難経路の安全度評価手法について検討する

- ・水災防止体制の整備に関する研究

 - 公的機関、自主防災組織、企業内防災組織、地域コミュニティ等の連携による危機管理対応方策について検討する

- ・中小河川の洪水ハザードマップ作成技術

 - 地域の豪雨・水害特性に対応した洪水ハザードマップの作成手法を研究する

- ・住民参加型防災まちづくりに関する研究

 - 高潮ハザードマップ作成における住民参加など、高潮に関する防災情報の普及策について検討する

- ・実践的な危機管理トレーニング手法の開発

 - 高潮災害を対象とした災害シミュレータなどによる危機管理トレーニング手法について検討する

【超過外力への対応】

- ・堤体の締固め及び越水に脆弱な堤体の強化による耐越水・耐浸透性の評価

 - 堤体の締固め度、堤体の強化（遮水シート、ドレーン工他）による耐越水性及び耐浸透性を評価する

- ・洪水流と氾濫流を一体化した氾濫解析手法の開発

 - 刈谷田川を対象にFDS（流束差分法）による詳細な浸水深・流速の予測モデルを開発するとともに、家屋流失プロセスを再現する（5.2参照）

- ・氾濫流による家屋流失プロセスの水理模型実験による検証

 - 刈谷田川を対象に氾濫流が家屋におよぼす流体力を計測し、家屋流失プロセスを明確にする

- ・河道改修、遊水地、ダムとの組合せによる超過洪水対応手法の検討

 - 河道改修、遊水地、ダムの規模及び組合せを変えることによって、超過洪水に対して氾濫被害を軽減する効果を最適にする計画案について検討する

- ・都市水害対策の検討

 - 外水、内水、下水管からの氾濫等による複合的な都市水害の解析手法を検討するとともに、都市水害対策について検討する

【災害時要援護者への対応】

- ・災害時要援護者のタイプに対応した情報提供手法に関する研究

災害時要援護者・支援者への情報提供システムについて研究する

- ・災害時要援護者の避難誘導手法に関する研究

【その他】

- ・極値の経年変化の検討

戦後以降の年最大降雨量（流域平均雨量）を対象に、極値変動について分析する

- ・種々の気候変動要因による豪雨の変質に関する研究

地球温暖化やヒートアイランド現象等が豪雨におよぼす影響について検討する

- ・農地と連携した遊水機能の保全手法

遊休田等を利用した洪水の遊水機能の効果及び保全手法について検討する

- ・治水機能向上のためのダム操作・運用の見直し方法に関する研究

ダムからの事前放流による空き容量の洪水調節への活用、再開発（嵩上げ、放流設備の改良）及び再編事業（目的別容量の再配分、複数ダムの連携運用）による治水機能向上について検討する

5.2 研究成果の一例～洪水流と氾濫流を一体化した氾濫解析手法の開発～

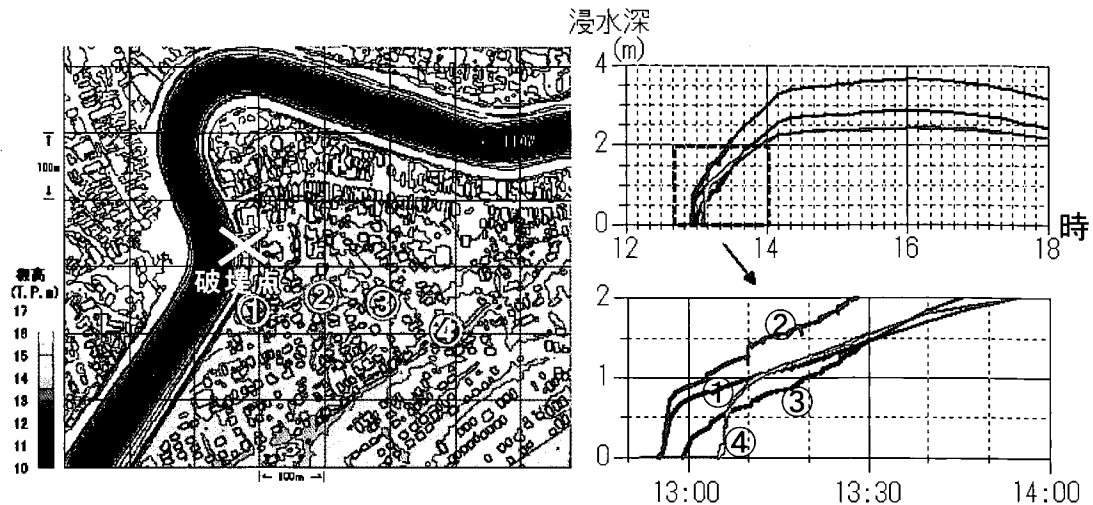
【超過外力への対応】で記述した「洪水流と氾濫流を一体化した氾濫解析手法の開発」に関しては既に研究成果⁶⁾が出ているので、以下にその成果の一部を示す。

平成16年7月に発生した新潟豪雨災害では数多くの破堤災害が発生した。特に刈谷田川では支川を含めて6箇所破堤災害が発生し、甚大な被害となった。このうち、中之島地区では破堤に伴う氾濫流によって、破堤点近くで16棟の家屋が流失するなど、高水位かつ高流速の氾濫流が発生したと推測される。

目撃証言や氾濫解析の結果（図-5.2.1）では、破堤直後に破堤点近くは避難不能となる結果が得られている。破堤点近くでは、逃げ遅れて家屋の屋根などに避難しても、家屋流失の危険性が高い場合がある。超過外力への対応としては、河道近くの家屋一軒一軒の危険性を予測できる氾濫解析手法を開発し、事前の避難計画等に活かすことが重要である。

一般的に用いられている氾濫解析手法⁷⁾は氾濫原が50m～250mメッシュで分割され、広域の浸水深分布を予測することを目的としている。河道は一次元不定流解析、氾濫原は二次元不定流解析、破堤氾濫流量は越流公式により求められている。破堤点近くの急激な流れを再現するためには、河道洪水流の運動量を氾濫流解析に反映させる新たな解析法が必要となる。洪水流と氾濫流を一体的に解くためにFDS法（流束差分法）を使用した解析手法を開発した⁶⁾。

この研究では刈谷田川の河道データ（9～9.88km区間の氾濫後測量データ）、氾濫原の地形データ（レーザ測量データ）・家屋データ（市販の電子住宅地図）を用いて、2mの解析メッシュで河道洪水流と氾濫流を一体的に解析した。以下、計算結果の詳細を一部紹介する。



- ①家の時計が13:05で止まっていた。
- ②鉄砲水が家の中に飛び込んできて水はすぐ2階近くまで達していた。
- ③泥水が来て3分もしないうちに畳が浮いた。
- ④午後1時頃に道路から水がはけないことに気づいた。2階なら安全だと思い、避難したが、まもなく保育所一体は2階の高さまで冠水した。

図-5. 2. 1 破堤直後の氾濫流目撃証言と計算による浸水深時間変化

図-5. 2. 2 は破堤直後の洪水・氾濫流の水深平均流速ベクトルと浸水区域の計算結果（破堤 2～40 分後）を示している。流速ベクトルは流速の大きさに応じて、長さや色を変えている。破堤部より洪水が流れ出る箇所は 10m/s 以上の流速、河道湾曲部内岸は 3m/s 程度の流速が発生している。

解析モデルにおいては、氾濫流がメッシュに到達して水深が閾値(3mm)を超えると、流体の計算を行っており、ここに示す浸水区域とは浸水深 3mm 以上の領域である。図-5. 2. 3 は破堤直後の河道内水位コンターと氾濫原浸水深分布（破堤 2～40 分後）を示したものである。河道内には 10cm 間隔の水位コンター線を示している。実際と同様に、家屋は氾濫流により水没しないとしているため、流失していない家屋は白く表示されている。

破堤 2 分後、氾濫流はお寺の（破堤部から堤防法線直角方向に氾濫原を見て、以下略記）左側を流下している。また、流速ベクトルも左側を向いている。破堤 4 分後、お寺は流失し、破堤点近傍の流速ベクトルは右側に向いている。同 2 時刻での河道内の水面形を比較すると、河道内左岸破堤点上流で流下方向の水面勾配が大きくなり、下流で水面勾配が小さくなっていることが分かる。その後も破堤点近傍の流速ベクトルは家屋流失を伴い、破堤点から右向きに大きくなる傾向が強くなり、河道内の水面形も上述した傾向が強くなっていく。破堤後に氾濫流が左から右向きに変化するの、(1)破堤直後は河道の流れと堤防線形から法線直角方向に破堤点近傍の氾濫流の水面勾配が大きくなっているが、(2)破堤幅が拡幅し始めると、河道内破堤点付近の水面が

低下し、その上流で流下方向の水面勾配が大きく、その下流で水面勾配が小さくなることによる。以上より、破堤点近くの氾濫流は河道内流れに大きな影響を与えていることが分かる。

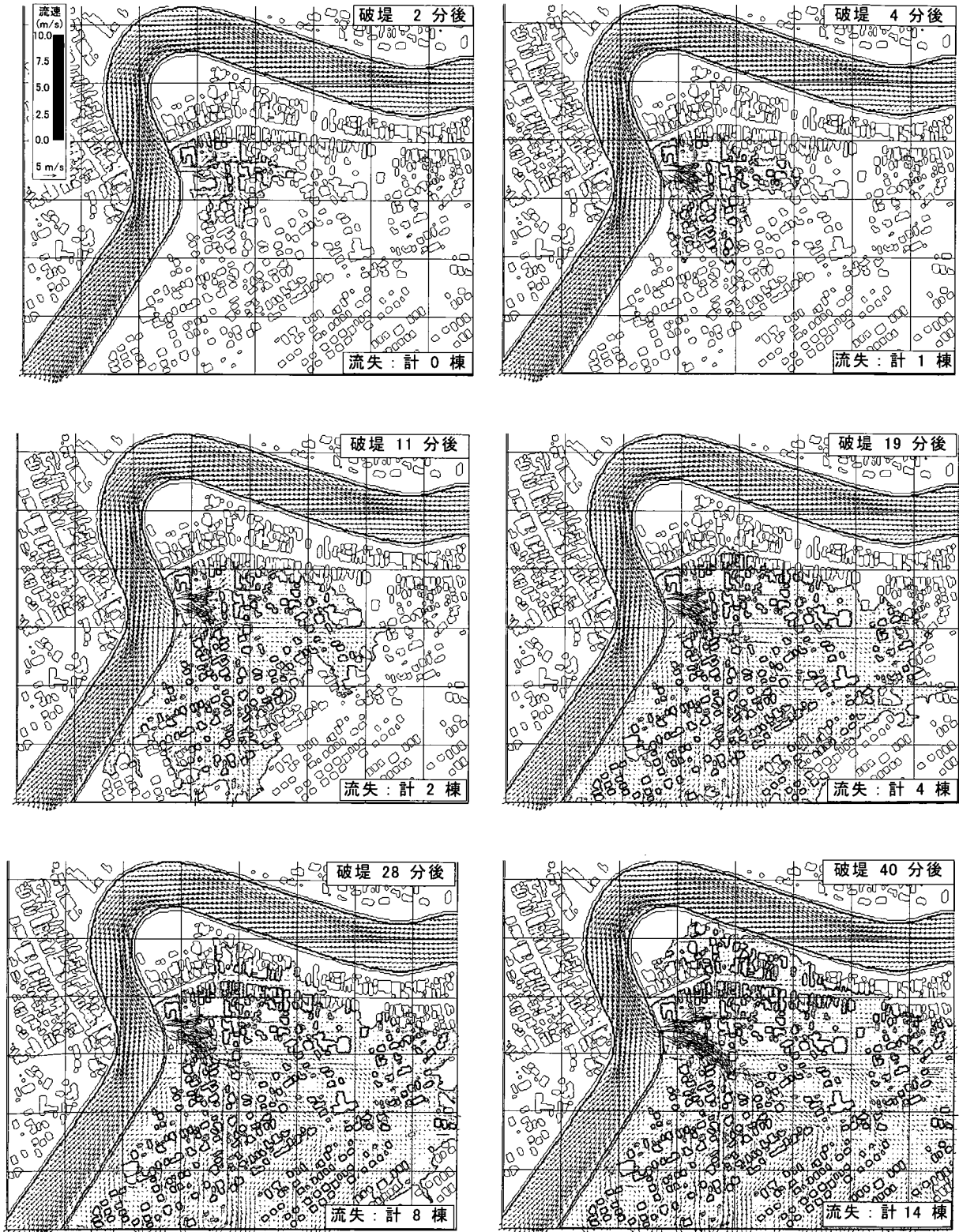


図-5.2.2 破堤直後の洪水・氾濫流の水深平均流速ベクトルと浸水区域の計算結果 (破堤2分～40分後)

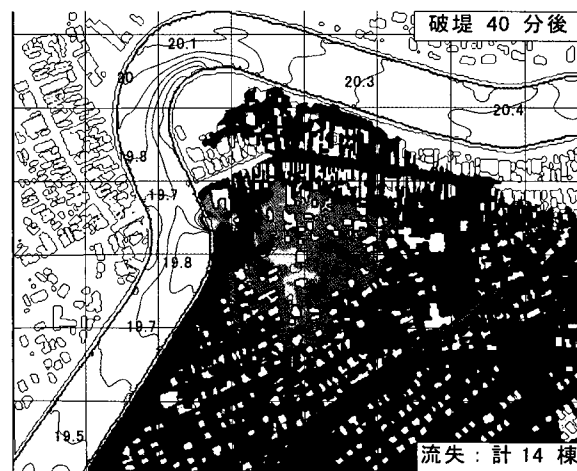
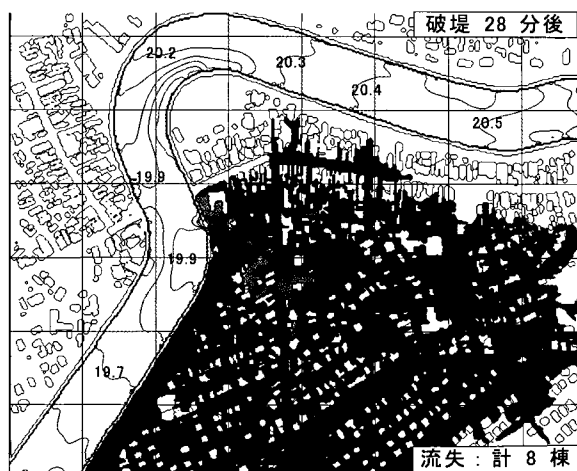
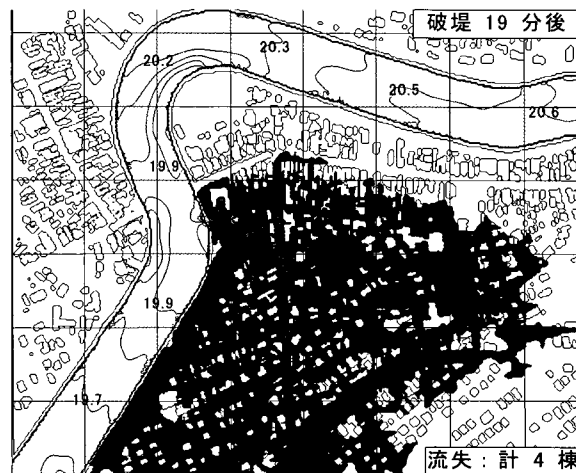
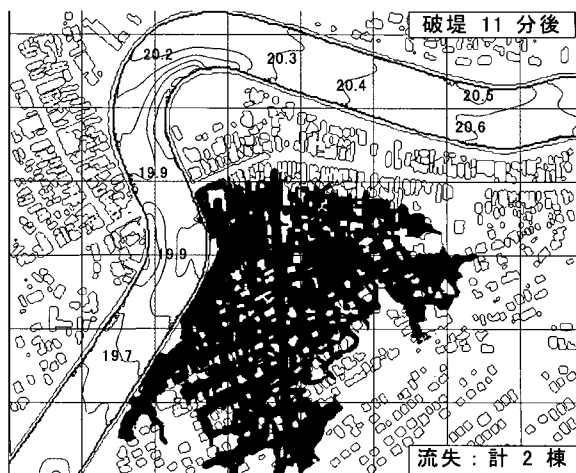
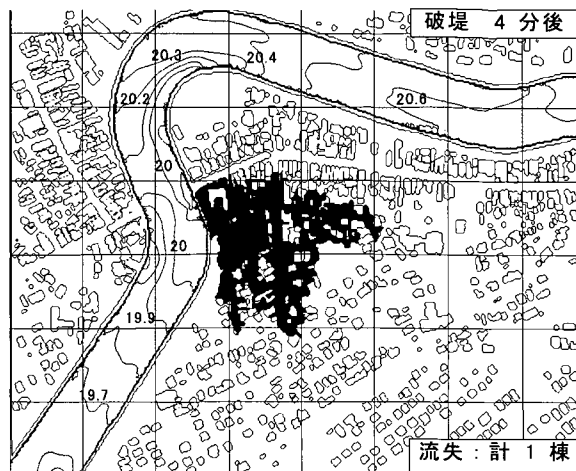
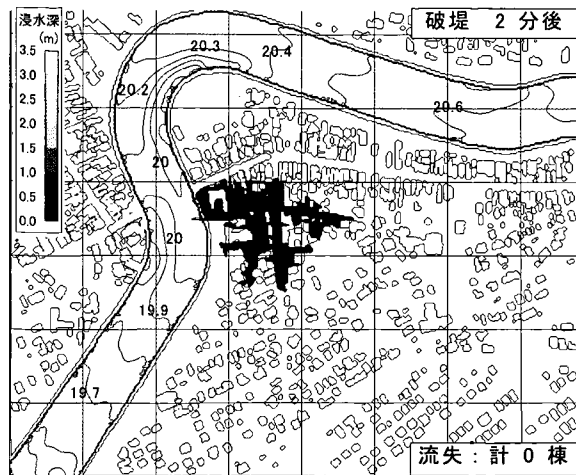


図-5.2.3 破堤直後の河道内水位コンターと氾濫原浸水深分布の計算結果
(破堤2分~40分後)

計算上の家屋流失は、破堤 4 分後にお寺、11 分後に計 2 棟（累積）、19 分後に計 4 棟、28 分後に計 8 棟、40 分後に計 14 棟である。流失した家屋の上流では水位が堰上がっており、更に上流では水深が小さくなっている。河道から破堤部で射流となった洪水氾濫流が家屋により堰上げられ、常流に変化する家屋上流面で水深及び圧力が大きくなり、家屋は流失すると計算されている。

氾濫流は破堤点から堤防の法線直角方向を直進する家屋の少ない方向と、主要地方道見附中之島線を図中下向きに向かう流れの大きく 2 つの流れに分かれている。ともに破堤点近くの密集している家屋で堰上げられた流れが抵抗の小さな方向へ進むためである。

【参考文献】

- 1) 栗城・末次・小林：洪水による死亡リスクと危機回避、土研資料 No. 3370、1995
- 2) 気象庁報道発表資料：平成 16 年夏から秋にかけての集中豪雨・台風等について、平成 16 年 11 月 25 日
- 3) 気象庁：気候系監視報告、平成 16 年 6 月～9 月
- 4) 気象庁気候・海洋気象部：エルニーニョ監視速報、No. 142～145
- 5) 深見・松浦・吉谷・金木：2000 年 9 月東海豪雨の DAD 特性に関する一考察、水文・水資源学会 2002 年研究発表会要旨集、pp. 102-103.
- 6) 川口・末次・福留：2004 年 7 月新潟県刈谷田川洪水・破堤氾濫流に関する研究、水工学論文集、第 49 巻、2005 年
- 7) 栗城・末次・海野・田中・小林：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)ーシミュレーションの手引き及び新モデルの検証、土木研究所資料、第 3400 号、1996 年

平成 16 年の風水害の事例

1. 新潟・福島豪雨

1.1 水理・水文

●特 徴

短時間、長時間とも超過確率の低い降雨

●雨 量

日降水量 421mm (7 月 13 日、栃尾市)

最大時間雨量 58mm (栃尾市)

●ピーク水位

23.97T.P.m (五十嵐川の島潟観測所、計画高水位 22.46 T.P.m)

20.36 T.P.m (刈谷田川の大堰観測所、計画高水位 20.47 T.P.m)

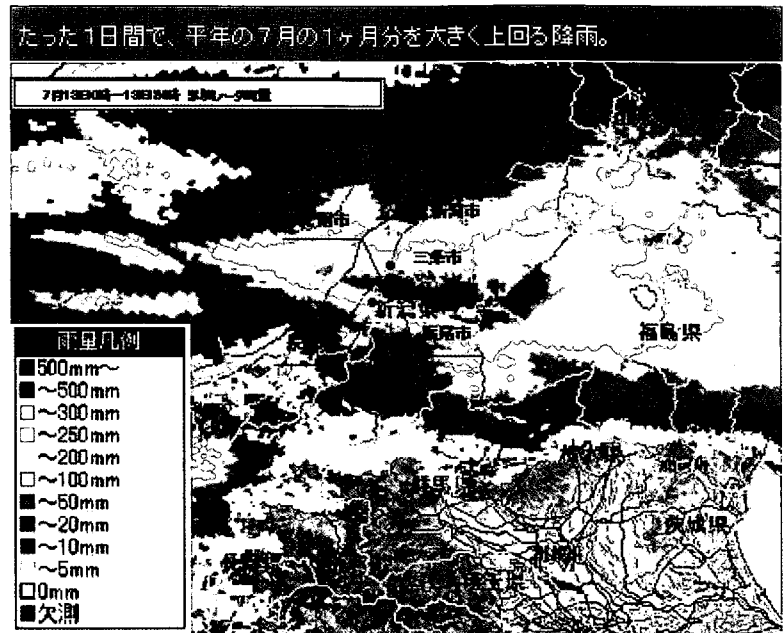


図-1.1 7月13日0時～13日24時の累加レーダ雨量

1.2 被害の状況

●人的被害 (新潟と福島の合計)

死者 16 名 (内土砂害が 2 名)、全壊家屋 70 棟、半壊・一部損壊 5448 棟、床上浸水 2,149 棟、床下浸水 6,208 棟

1.3 各箇所の被災状況 (注：各河川の被災状況の考察は現地調査の結果による)

●五十嵐川 (3.3k 左岸破堤地点)

破堤点では、写真-1.1のように、シルト質細砂からなる堤体が 117m にわたって破堤しており、堤内地側水田に一面に土砂が広がっていた。また、破堤点近辺では堤防の裏のり崩壊箇所も見られた。現地の報道によると、過去大正 15 年にほぼ同地点の堤防が破堤していた記録がある。今回の主たる破堤原因は、越流である。すなわち、流下能力を超える洪水の発生により、周



写真-1.1 五十嵐川三条市内の破堤状況

辺堤防に比べて少し低い部分で越水し、堤防裏のりの堤脚部が洗掘され、拡大して破堤に至ったものと考えられる。他に、ガードレールによる多量の塵芥の捕捉、住居シャッターの内向き破壊、道路舗装の破損等が見受けられた。また、一带にはおよそ人の丈程の位置に痕跡が存在していた。これらのことから、付近では相当の水深や流速が生じていたものと推定される。

市街地では写真-1.2のように、調査時においても避難勧告・指示が出されていた浸水区域の住宅には、避難所へ避難していない、もしくは後片付けのために帰宅したと思われる住民が数多く見受けられた。一方同時に、救命ボート、ゴムボートや、自衛隊、警察等のヘリコプターを用いた救助が継続的に行われていた。また、三条市内における9名の死者のうち6名は65歳以上の高齢者であり、その多くは溺死とみられる。

●刈谷田川（9.3k 左岸破堤地点）

今回の豪雨に伴い信濃川支川刈谷田川およびその二次支川では破堤被害が相次ぎその数は6箇所にあつた。特に中之島町付近では、警戒水位を超えた約3時間後には水位が警戒水位を4m近く上回り、13日13時頃、中之島地先左岸において破堤による家屋等の流失・浸水被害が発生した。この破堤の氾濫流等により、中之島町における死者は3名、住家被害は全壊15棟・流出55棟・半壊314棟にあつた。写真-1.3の破堤点付近は、川幅が漸拡する湾曲部外岸側である。破堤点付近は堤防沿いに人家が連担しており、家屋の損壊状況や外水による洗掘によって生じる落堀の形状等から推測される氾濫流の向きは南西方向（堤防法線に対して垂直よりやや下流向き）であるが、氾濫流の到達しやすい道路沿いの家屋ではやや離れた地点でも写真-1.4のように損壊が見受けられた。破堤点直近の寺は完全に流失しその跡には落堀が形成されており、そのやや下手側には落堀から運ばれ



写真-1.2 住民の救出活動



写真-1.3 刈谷田川中之島町内の破堤状況



写真-1.4 中之島町内の家屋損壊状況

たと思われる大粒径の土砂（最大粒径約 20cm）が高さ約 1.3mの高さまで堆積していた。今回の破堤の主たる原因は越流である。すなわち、流下能力を超える洪水の発生により、周辺堤防に比べて少し低い部分で越水し、堤防裏のりの天端付近で侵食が始まって、それが拡大して破堤に至ったものと考えられる。破堤に伴う高流速の氾濫流による特徴的な被害としては、家屋の流失の他にアスファルト舗装の剥離や墓石の流出などが数多く見られた。破堤幅は約 50m であり、粘性土から成る堤防の下部の一部を除きコンクリート護岸が施された堤防のほぼ全体が損壊していた。対岸にあたる右岸側には越水痕跡があるのに対して、破堤箇所直上下流では越水痕跡を発見することはできなかった。現場を目撃した住民の証言には、堤防側面から水が噴き出していたという話と堤防上を水が溢れていたという話がある。14 日午前の調査時には、市街地の至る所に破堤に伴う土砂の堆積が見受けられたが、破堤点付近の浸水はほとんどない状況であった。破堤点では堤防応急復旧の着手準備が進められていた。また 22 日午前の調査時には、堤防応急復旧は完成しており、堤内地側の寺、家屋等の復旧作業が自衛隊やボランティアにより進められていた。

上流の刈谷田川ダムにおいて、流量 $Q=193\text{m}^3/\text{s}$ （最大流入量 $Q=275\text{m}^3/\text{s}$ 時に放流量 $Q=82\text{m}^3/\text{s}$ ）を調節したことにより約 325 万 m^3 の洪水を貯留したため、下流の氾濫量の軽減に寄与した。

● 土砂災害

・ がけ崩れの事例

調査した範囲では、新第三紀の堆積岩（砂岩・泥岩）を基岩地質とする地域において、最大崩壊深が 3 m 以上のやや深い崩壊（一部、基岩まで崩壊している）が発生し、崩壊土砂が長距離移動したがけ崩れが多く見られた。

写真-1.5 は出雲崎町大字中山で発生したがけ崩れの様子である。ここでは人家裏の斜面で崩壊が発生し、崩壊土砂が民家を直撃した。民家は全壊し、女性 1 名（72 歳）が死亡した。崩壊地頂部から家屋まで水平長は 120m、崩壊地幅は 10～30m、崩壊深は 10m 程度であった。家屋周辺の崩壊土砂の堆積厚は約 4m であった。斜面は杉の人工林であり、崩壊土砂には多くの杉の倒木が含まれていた。

・ 地すべりの事例

調査範囲では、比較的緩勾配（30 度以下）な人家裏山等において、地すべり性



写真-1.5 出雲崎町大字中山で発生したがけ崩れの様子



写真-1.6 栃尾市平地区の地すべりの B ブロックを望む
(国道 290 号栃尾大橋付近)

の土砂移動が発生し、人家に影響を及ぼした箇所が多く見られた。

栃尾市平地区では、国道 290 号に隣接する斜面で地すべりが発生した。地すべり斜面は幅約 110m、奥行約 40m、勾配約 25° で、左右 2 つのブロック (A、B) に区分される。写真-1.6 の斜面に向かって右側の B ブロックで、幅約 40m にわたって地すべりが起こり、1 戸が全壊した。

B ブロックに比して、左側の A ブロックには大量の土砂が残っている。B ブロック頭部には約 4m の段差を生じており、ブロック内にも深さ数 10cm 以上の明瞭な亀裂を多数有する。A ブロック上部の斜面 (竹林) は滑落崖に並行する凹地 (深さ約 1m) となっている。

この地すべりにともない、国道 290 号栃尾大橋のアバットメント付近の土砂が流出し、国道 290 号は現地で全面通行止めとなった。また、7 月 21 日時点で 20 世帯 60 名の住民が避難中である。

・土石流の事例

写真-1.7 は栃尾市大町で発生した土石流により被災した寺院である。寺院本殿から上流に 400m 程度の斜面において、幅 50m 程度、長さ 20m 程度、深さ 15m 程度の崩壊が発生した。それによって生じた土砂が流れ下り、寺院を直撃した。



写真-1.7 土石流の直撃を受けた寺院の様子

2. 福井豪雨

2.1 水理・水文

●特徴

新潟・福島豪雨以上に豪雨が短時間集中

●雨量

日降水量 (7/18) 283mm (美山町)、197mm (福井市)、
最大時間雨量 88mm (美山町)、
75mm (福井市)

●ピーク流量

流量 $Q \div 2,400\text{m}^3/\text{s}$ (氾濫戻し流量、足羽川 12.5k)

既往最大流量 $Q \div 1,100\text{m}^3/\text{s}$ (昭和 61 年)

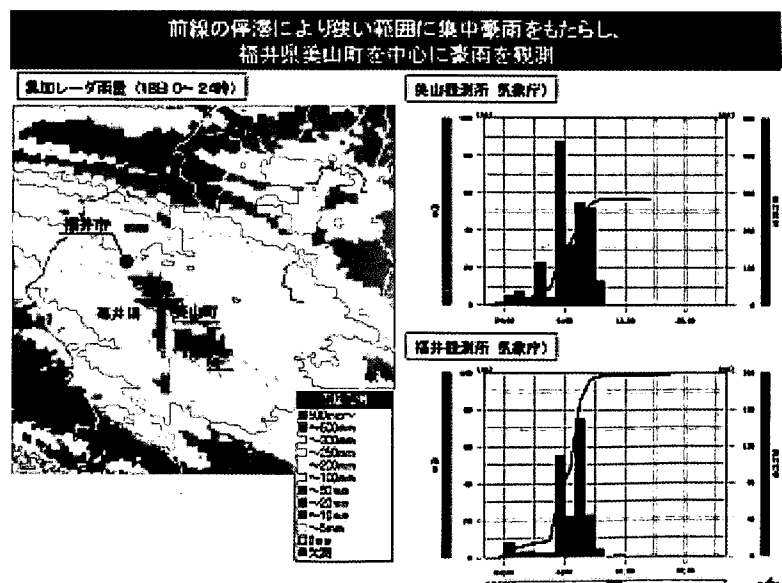


図-2.1 7月18日0時~18日24時の雨量データ

2.2 被害状況

●人的被害（土砂害含）

死者4名、行方不明1名、負傷19名
全壊57世帯、半壊138世帯、一部損壊211世帯、床上浸水3,314世帯、床上浸水10,321世帯（住家被害）

2.3 各箇所の被災状況（注：各河川の被災状況の考察は現地調査の結果による）

●足羽川（4.7k 左岸破堤地点）

破堤日時：7月18日13時:35～45分

状況：被災状況と被災原因を以下に示す。

- ・内岸高水敷上（市民広場）で芝面が剥がれ、外岸高水敷上に砂及びシルトが堆積しており粗度係数の相違が明瞭に現れた。
- ・破堤点近傍において河道内の中州の侵食が顕著であり、破堤点近傍へ向かう流速がかなり大きかったことが推測される。
- ・破堤点下流の北陸本線橋梁への流木集積が顕著であり、特に根の付いた流木の流下形態は鉛直に立つ傾向が高いため橋桁に引っかかりやすいと考えられる。また北陸本線の新旧橋梁は近接橋となっており、また新旧橋梁の橋脚が流れ方向に一直線上にないため河積阻害が大きいことも、流木が集積しやすい一要因と考えられる。
- ・破堤時の堤内地湛水位は約1m程度で、破堤の極近傍の住宅のみが衝撃で家の壁が破損・流失している。

短時間集中豪雨に伴い、現況の流下能力を大幅に上回る流量が流れ湾曲部外岸側で越水した。この越流水による裏のりの洗掘と浸透による堤体強度の低



写真-2.1 破堤時状況



写真-2.2 鉄橋流失
(JR越美線 第5足羽川橋梁)

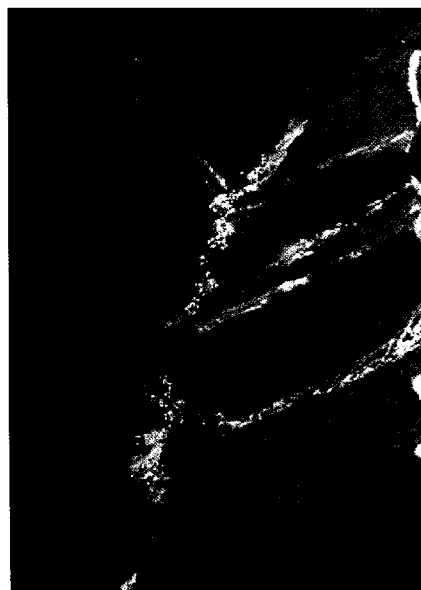


写真-2.3 山腹の崩壊状況

下の複合要因により破堤したと考えられる。

破堤地点の堤防には高水護岸が施工され洪水後も一部が残っており、破堤点近傍の左岸高水敷には、30cm程度の厚さのシルト質砂が広く堆積していた。このことから、高水護岸の存在によって破堤開口部からの流出量の増大をある程度防止できたものと考えられる。

●足羽川のJ R鉄橋

運転中止：北陸線 7/18 の 7:40
～21:22、福武線 7/18 の 7:30～
18:15、勝山永平寺線 7/18 の
8:09～21:30

橋梁の流失：越美北線の5つの
橋梁

越美北線の5つの橋梁が流失した原因は①流木などが橋桁などに集積し予想をはるかに超える外力がかかったこと、②橋脚の根入れが少なかったこと。③橋脚に鉄筋が用いられていなかったことによる強度不足、④流水の阻害が大きく流木などが集積しやすく水位せきあげが大きかったこと。等が考えられる。

●土砂災害

ヘリコプターによる調査によって、今回の降雨に伴い発生した山腹崩壊が一部で確認された(写真-2.3)。今回確認した土石流については、短時間に降った大量の降雨により侵食された溪岸・溪床の土砂が土石流化し、流下後に集落で氾濫堆積した状況が大部分であった。

今後、土石流等の発生・流下・氾濫堆積の状況について既設砂防施設の効果も含めて調査を行った上で、土砂災害対策について検討する必要があると考えられる。

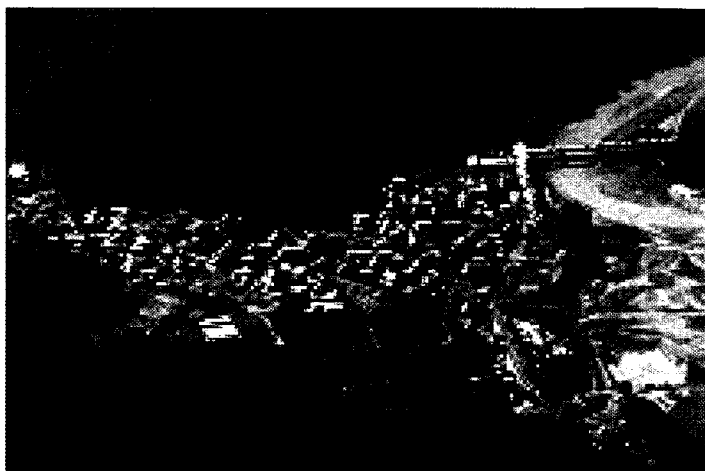


写真-2.4 美山町蔵作の被災



写真-2.5 土砂氾濫状況(美山町蔵作)

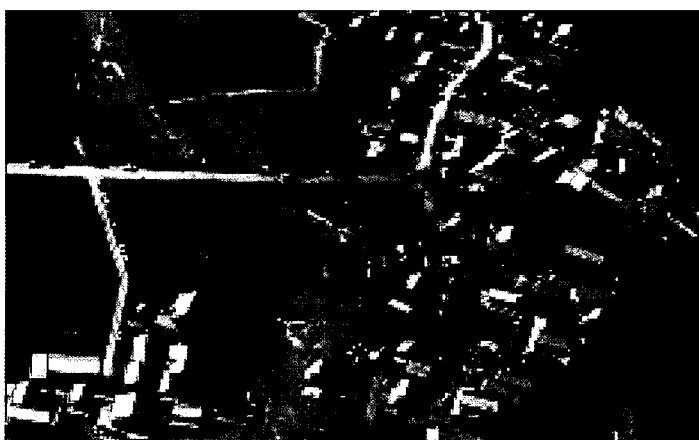


写真-2.6 福井市浄教寺の被災

・美山町蔵作^{くらつくり}：土石流災害の事例

土石流は蔵作川の右支川稗苗川^{ひえさ}を流下し、本川との合流点付近で氾濫をしている。(写真-2.4) 蔵作川本川では上流から流下してきた土砂が橋梁部分を埋塞したことにより、氾濫が生じた。(写真-2.5) 土石流の発生源は上流の山腹崩壊によるものと考えられ、本川上流の渓流保全工内には直径 1.0~1.5m 程度の巨礫が停止しているが、この発生源は不明である。

・福井市浄教寺^{じょうきょうじ}：土石流災害の事例

上流部の山腹崩壊に起因する土石流が一乗谷川^{いちじょうだに}の右支川を流下し、集落内で氾濫堆積をした。(写真-2.6) 一乗谷川本川は上流から流下してきた土砂が橋梁下部の空間を埋塞し、氾濫が生じた(写真-2.7)。



写真-2.7 土砂氾濫状況 (福井市浄教寺)

3. 台風 23 号豪雨による円山川の災害

3.1 水理・水文

雨量：日降水量 278mm/2 日 (立野上流域)

日降水量 317mm/2 日 (弘原上流域)

ピーク水位：8.29^{T.P.m} (円山川水系 円山川 立野観

測所 計画高水位 8.16^{T.P.m})

11.77^{T.P.m} (円山川水系 出石川 弘原

観測所 計画高水位 11.77^{T.P.m})

3.2 被害状況

●住宅被害 (円山川流域)

床上浸水 4,974 棟、床下浸水 5,358 棟

全壊 22 棟、半壊 244 棟、軒下浸水 1,276 棟



図-3.1 10月20日0時~21日0時の累加雨量データ

3.3 各箇所の被災状況 (注：各河川の被災状況の考察は現地調査の結果による)

以下の 2 箇所の破堤原因は、越流水により堤防の裏のりが洗掘されたことに加え、堤防への浸透した複合的な要素が考えられる。

● 円山川 13.2k 右岸破堤地点

兵庫県豊岡市の円山川右岸で約 120m 破堤、左岸側堤内地も円山川河川水位の上昇に伴い、内水 排水ができず、豊岡市のほぼ全域が浸水した。同時多発的水害への対応も備えが必要である。また、排水機場には、除塵設備が設けられているが、排水河川

の流木等による疎通能力の低下にも配慮が必要であろう。

●支川出石川 5.3k 左岸破堤地点

兵庫県出石町の円山川支川出石川の左岸で破堤し、一連堤防の背後地の宅地、農地がすべて浸水したため、広域的な応援による多数のポンプ車で強制排水が行われ、ポンプ車の機動的運用が効果を発揮した。

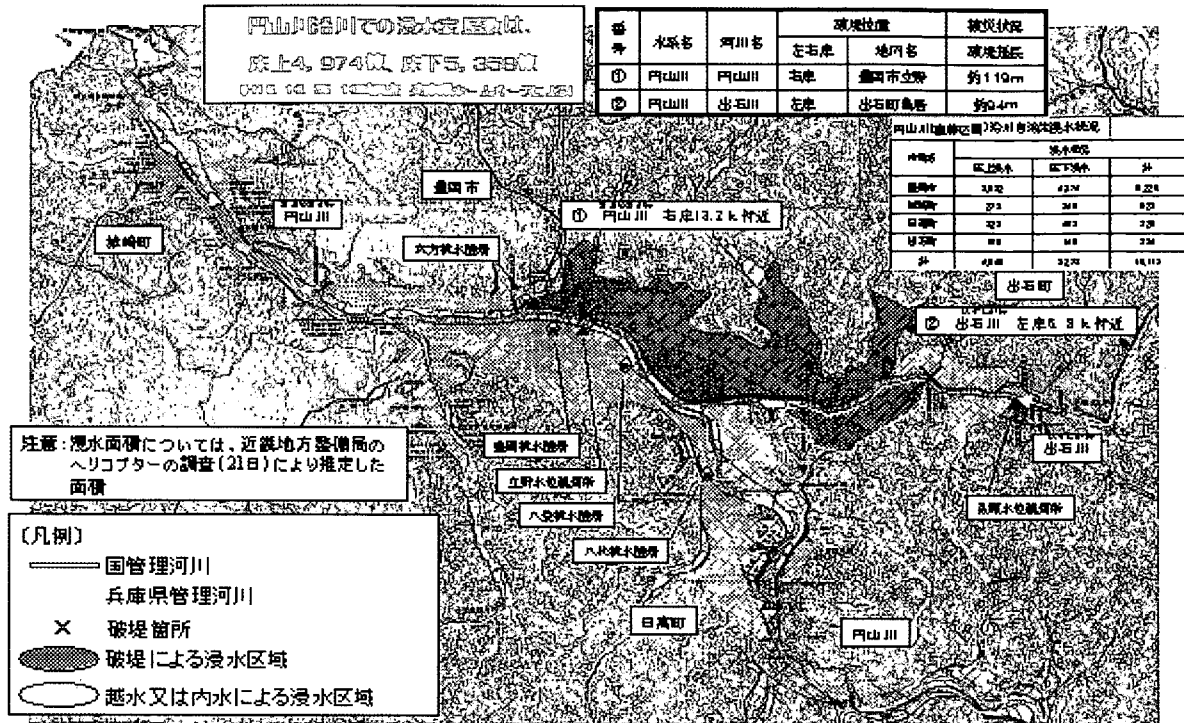


図-3.2 被災箇所平面図

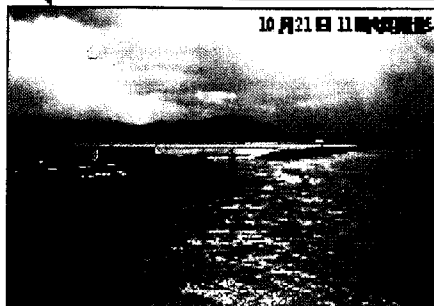
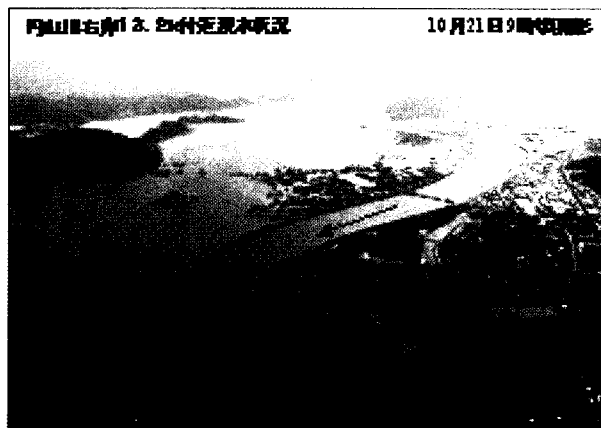


写真-3.1 被災箇所平面図
(円山川 13.2k 右岸)

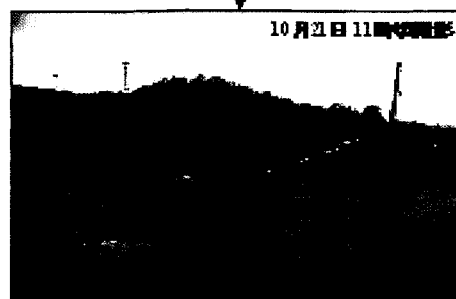


写真-3.2 被災箇所平面図
(出石川 5.3k 左岸)

4. 台風 21 号による三重県の土砂災害

4.1 水理・水文

●特 徴

短時間雨量、連続雨量ともに既往最大を記録した

●雨 量

日降水量 382mm (9 月 29 日、宮川村)

最大時間雨量 125mm (宮川村)

三重県宮川村明豆地点において 9 月 29 日 6 時から 10 時までの連続雨量 665mm (12 時から機械故障のため欠測)、午前 9 時から 10 時までの時間雨量 125mm を記録した。

1959 年伊勢湾台風当時の宮川村測候所の観測記録では 3 日間の総雨量が 725mm、日雨量 328mm であった。今回の総雨量は同程度であり、日雨量は宮川ダムにおいて 382mm (9 月 29 日)、最大 24 時間雨量は 549mm 超と伊勢湾台

風時の 2 日間雨量 469mm を超える雨量を記録しており、短時間に集中したことが分かる。図-4.1 に最も降雨量の多かった時間のレーダ雨量図を示す。

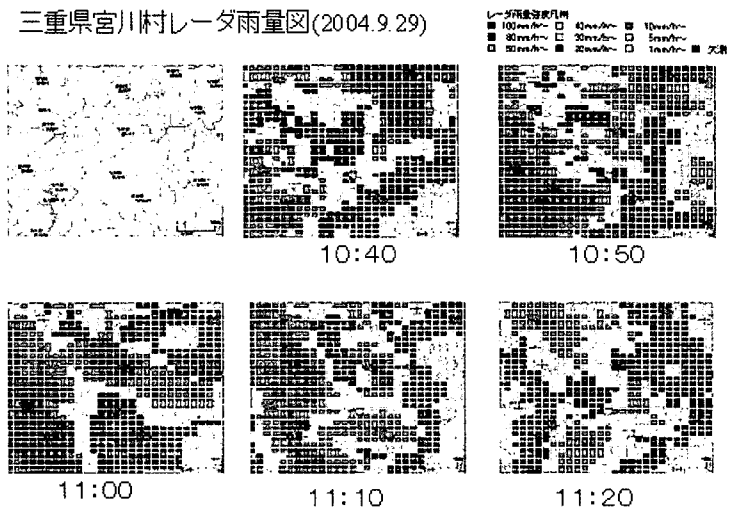


図-4.1 三重県宮川村レーダ雨量図

4.2 被災状況

1457 世帯 3929 人に避難勧告が 9 月 29 日 10 時 10 分に小滝、栗谷地内に、また 10 時 30 分には村内全域に発令され、10 月 2 日一部避難指示に改め 10 月 10 日には解除された。

死者行方不明 7 名 (三重県全体では 10 名) このうち 65 歳以上の高齢者が 6 名、家屋の全壊 44 戸。

小滝地区において斜面上部からの崩壊によって死者 1 名、家屋全壊 1 戸が発生。滝谷地区においては死者行方不明者 5 名、家屋の全壊 3 戸が発生した。

伊勢湾台風の宮川村での被害は家屋の全壊 38 戸で死者は発生しなかった。集落の孤立等について、災害直後の新聞

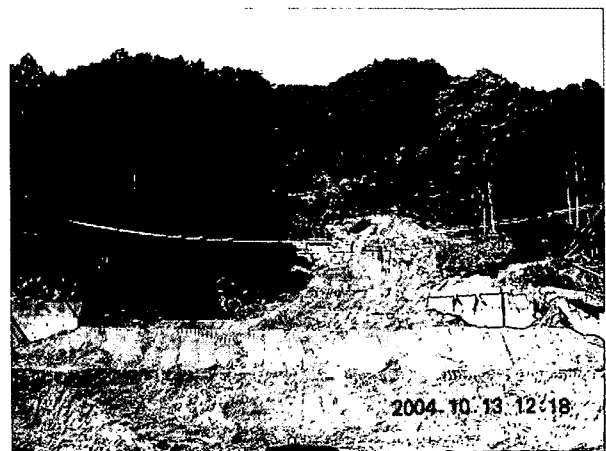


写真-4.1 三重県宮川村小滝地区斜面崩壊状況

報道等がなされたが内閣府等の災害報告において記録は残されていなかったが。村内のいたるところで崩壊が発生しており、小滝、滝谷等では国道 422 号沿いの斜面において斜面崩壊が発生していることからそれら集落およびその周辺において交通の途絶が発生したものと考えられる。

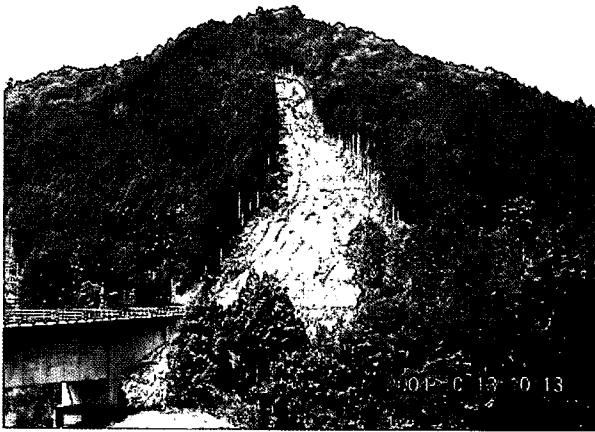


写真-4.2 三重県宮川村小滝地区における斜面崩壊状況



写真-4.3 三重県宮川村久豆地先土石流被災状況

5. 高潮災害

5.1 台風 16 号（瀬戸内海沿岸の高潮）

●海象

気圧→高松：978.1hPa、岡山 978.1hPa、広島 972.1hPa

風：瀬戸（豊予海峡）39m/s、明石 30m/s、徳島 28m/s、高松 13m/s

潮位→高松：2.46m（既往最高；潮位偏差 1.33m）、宇野：2.55m（既往最高）、姫路 2.28m

波浪→江井ヶ島（明石）：4.44m（既往最大）

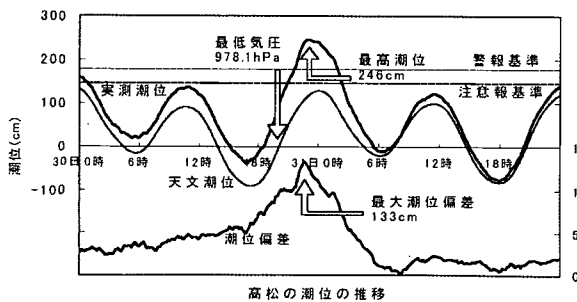


図-5.1 高松の潮位・潮位偏差
(出典：気象庁資料)

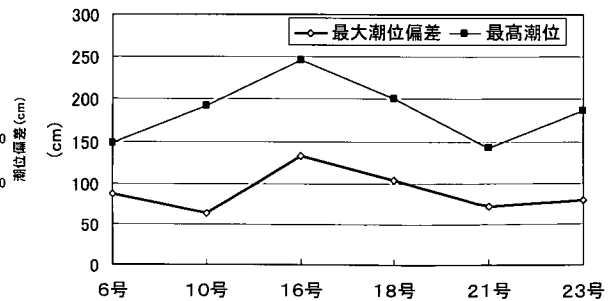


図-5.2 2004 年各台風時の高松の最大潮位偏差・最高潮位

●被災状況

①浸水域

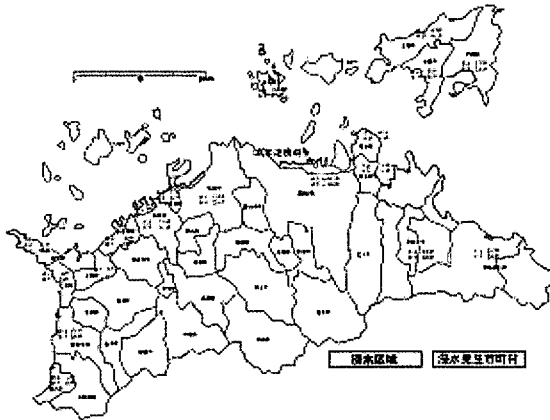


図-5.3 香川県の浸水域
(出典：河川局海岸室資料)

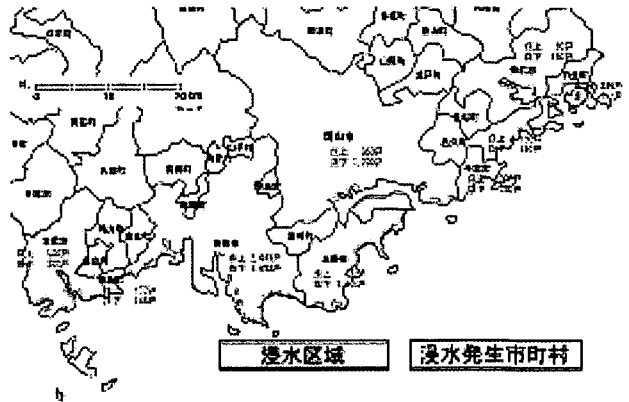


図-5.4 岡山県の浸水域
(出典：河川局海岸室資料)

②人的被害

死者3名（高潮によるもののみ）

高松：一人暮らしの80代の女性が自宅で死亡

高松：30代の男性が地下道において車内で死亡

倉敷：80代の女性が自宅で死亡

③家屋被害

高松（床上浸水3,538戸、床下浸水12,023戸）、倉敷（床上浸水2,643戸、床下浸水1,693戸）など

④被災原因

高松周辺では台風の接近が大潮の満潮時と重なる

強風による豊後水道および紀伊水道からの海水の大量流入→潮位偏差の増大

●その他

避難勧告等の発令、地域における高潮への対応について課題が指摘されている

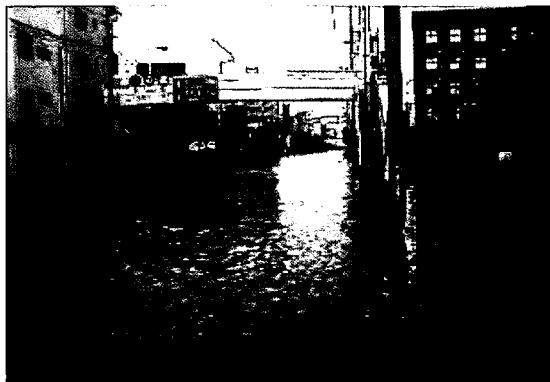


写真-5.1 高松市内の浸水状況
(出典：河川局海岸室資料)



写真-5.2 倉敷市内の施設被災状況
(出典：岡山県 HP)

5.2 台風23号（高知県菜生海岸被災）

●海象

気圧→室戸岬：961.7hPa、高知 967.0hPa、土佐清水 957.3hPa

風：室戸岬 45m/s、油津 22m/s、高知 11m/s、土佐清水 19m/s

潮位→室津港：2.29m(既往最高を 0.77m 上回る)、室戸岬：2.89m (既往最高)

波浪→室津港：13.55m(既往最大を 4.1m 上回る、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)で観測)

戸原（高知）：7.76m（既往最大）

●被災状況

高知県室戸市室戸岬町高浜地区において越波により被害発生（室戸市～安芸市の土佐湾沿岸で越波）

①人的被害

死者 3 名（75 歳以上）、重傷 2 名、軽傷 2 名

②家屋被害

全壊 5 棟、半壊 3 棟、一部損傷 4 棟、床上浸水 6 棟、床下浸水 3 棟

③海岸保全施設の被害

菜生海岸（高浜地区）において堤防被災（約 30m）

④被災原因

既往最大を大きく上回る波浪、潮位

暴風圏、強風圏が異常に大きく、波浪が発達しやすい気象条件にあった

気圧低下による吸い上げ効果や風の吹き寄せ効果に加え、波浪による水位上昇（wave setup）が潮位に影響

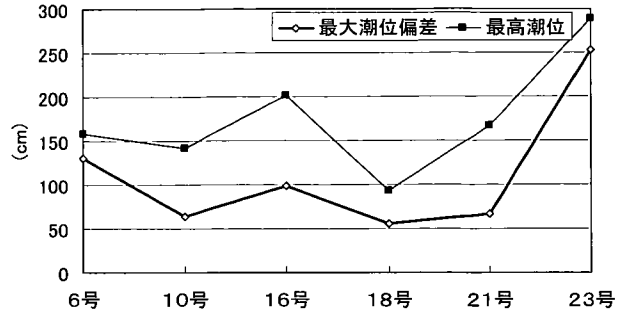


図-5.5 2004年各台風時の室戸岬の最大潮位偏差・最高潮位

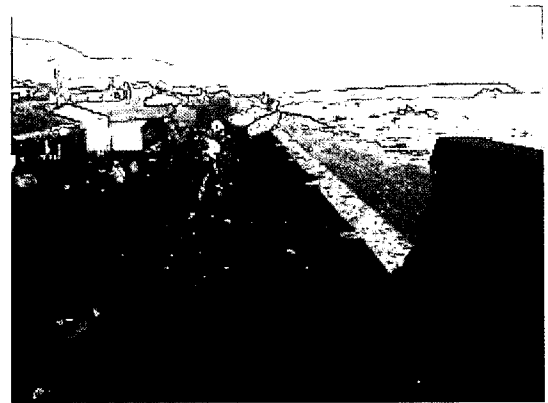


写真-5.3 高知県菜生海岸の被災状況
(出典：河川局海岸室資料)

表-5.1 室津港の過去の高波時との比較

台風	波高 (m)	周期 (s)	室戸最短位置における暴風圏直径(km)	室戸最短位置における強風圏直径(km)
0423	13.55	15.8	560	1450
9313	9.45	10.9	190	540
9810	7.19	10.7	140	650
9426	7.02	14.2	240	700
9918	6.34	10.6	200	650
9612	6.32	10.3	200	550
9708	6.31	10.8	300	510
9807	6.23	13.4	160	495

6. ダムの弾力的な洪水調節事例

ダム操作規則を踏まえた上で洪水調整効果を最大限に発揮できるように、ダムの貯水状況、降雨など気象状況、流量や水位など下流河川の状況に応じて弾力的な操作を実施した2事例について報告する。一つは、洪水直前に利水容量からの放流(事前放流)を行い、それによって得た空き容量を洪水調節容量と合わせて洪水調節を行った早明浦ダム(吉野川水系)の事例である。もう一つは、氾濫域に孤立したバスからの救助を考慮して、水位上昇緩和のためにただし書き操作への移行を遅延させた大野ダム(由良川水系)の事例である。

6.1 早明浦ダム(台風16号：事前放流の事例)

(1) ダム諸元・水理・水文

●ダム諸元

洪水流量 800 m³/s
 計画高水流量 4,700 m³/s
 計画最大放流量 2,000 m³/s

洪水調節容量 9,000 万 m³
 総貯水容量 31,600 万 m³

●雨量(図-6.1 参照)(吉野川水系、早明浦ダム上流域)

総雨量 375mm
 時間最大雨量 60mm(8/30 7:00-8:00：小北川雨量観測所)

●ダム流入・放流流量、水位(図-6.2 参照)

最大流入量 4,006m³/s(S50年管理開始以来、第5番目)
 最大流入時放流量 1,774 m³/s
 最大流入時調節量 2,232 m³/s
 ダム貯留量 5,400 万 m³(そのうち、1,000 万 m³が事前放流により得た容量)

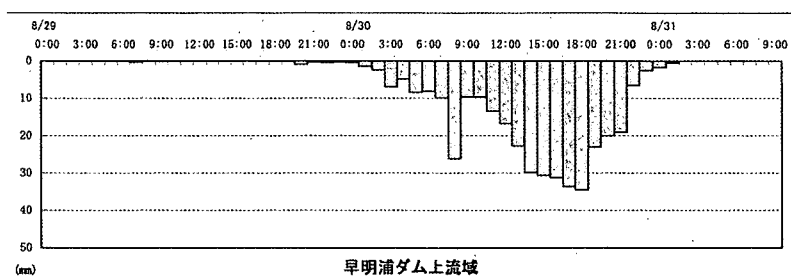


図-6.1 早明浦ダム流域の降水量

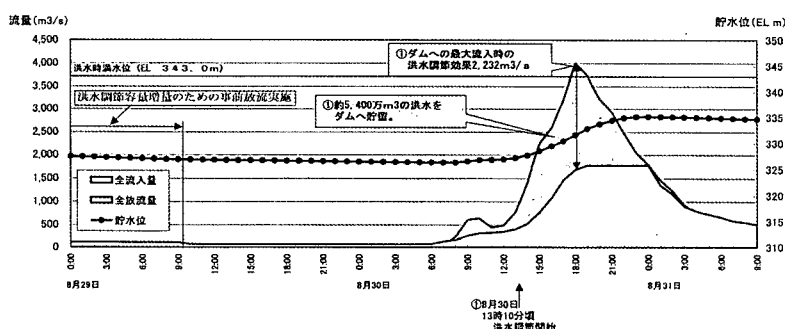


図-6.2 早明浦ダムの洪水調節

(2) 洪水調節の概要

台風16号による出水に先だって利水容量から1,000 万 m³を放流して空き容量を設け、それを規定の洪水調節容量 9,000 万 m³と合わせて洪水調節を行った。以下に事前放流の概要を示す。

- 8月27日10時：吉野川ダム東郷管理所では、ダム上流域で約450mmの降雨と予測した。台風のコースなどによっては計画高水流量を超えることが想定されたため、事前放流を行うこととした。この時点では、利水供給の結果として夏期制限水位を

0.71m 下回っており、そのため利水容量内に 500 万 m³ の空きがあった。

- ・ 事前放流計画策定：8月28日9時より 110 m³/s の放流を開始し、8月29日9時頃を目途に新たに 1,000 万 m³ を空き容量を確保する。これによって規定の洪水調節容量 9,000 万 m³ に利水容量内の空き分 1,500 万 m³ を加えた全 10,500 万 m³ を洪水調節に利用する。
- ・ 事前放流開始日時は、1)安全性確保の観点から夜間の放流を避ける、2)利水容量の利用者から放流の合意を取得するための時間を確保する、等に配慮して設定。
- ・ 事前放流終了日時は、強い降雨が始まると予報された日時までに事前放流を完了することとして設定。
- ・ 放流量は、貯水位低下制限(1.5m/日)で水位低下する流量として設定
- ・ 事前放流によって確保する空き容量は総降雨量 40mm 程度に対する総流出量に相当するが、その雨量は予想された降雨量(約 450mm)に比較して十分に小さいので、出水後に貯水位を回復可能と判断した。
- ・ 8月29日9時頃：計画どおりに事前放流終了、洪水調節に備える(図-6.2 参照)。
- ・ 8月30日13時頃：洪水調節開始(図-6.2 参照)

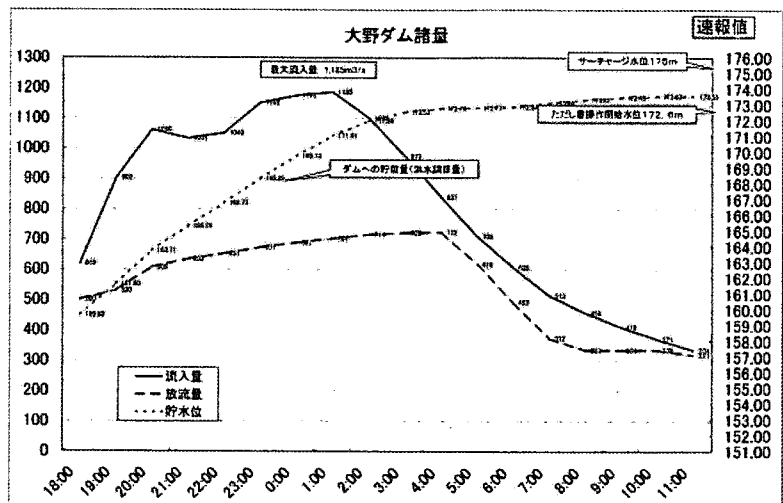


図-6.3 大野ダムの洪水調節

6.2 大野ダム(台風23号：ただし書き操作への移行遅延の事例)

(1) ダム諸元・水理・水文

●ダム諸元

計画高水流量 2,400 m³/s

計画最大放流量 1,400 m³/s

総貯水容量 2,855 万 m³

●雨量(流域8観測所の平均)

総雨量 286.8mm

時間最大雨量 23.6mm

●ダム流入・放流流量、水位(図-6.3 参照)

最大流入量 1,186 m³/s

最大流入時放流量 688 m³/s

最大流入時調節量 498 m³/s

最大放流量 723 m³/s

(2) 洪水調節の概要

22 時頃の予測では、ダム水位が最高水位に今後達すると判断したため、通常であればただし書き操作に移行していくところであった。しかし、下流氾濫域内に取り残されたバスからの救助を考慮して、ただし書き操作への移行をダムから溢水する直前まで引き伸ばすこととした。結果的には溢水には至らなかったが、溢水した場合に想定される急激な水位上昇に備えて、関係機関との連携をとった。

※ 16 年風水害検討チーム

国土技術政策総合研究所	
環境研究部長	福田晴耕
環境研究官	中村敏一
河川環境研究室長	藤田光一
河川研究部長	猪股 純
流域管理研究官	和田一範
河川研究室長	末次忠司
河川研究室主任研究官	坂野 章
河川研究室主任研究官	日下部隆昭
海岸研究室長	福濱方哉
海岸研究室主任研究官	加藤史訓
海岸研究室主任研究官	野口賢二
ダム研究室主任研究官	服部 敦
沿岸海洋研究部長	細川恭史
沿岸防災研究室長	小田勝也
沿岸防災研究室主任研究官	岡本 修
沿岸防災研究室研究官	熊谷兼太郎
危機管理技術研究センター長	杉浦信男
砂防研究室長	小山内信智
砂防研究室主任研究官	清水孝一
水害研究室長	中村徹立
水害研究室主任研究官	佐々木淑充
水害研究室研究官	武富一秀
独立行政法人土木研究所水工研究グループ	
水理水文チーム上席研究員	深見和彦
水理水文チーム研究員	栗林大輔
水理水文チーム交流研究員	清水敬生
[事務局] 河川研究室、水害研究室	

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No.246 March 2005
編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675