

マイクロフィルム用資料

I S S N 0386—5878

土木研究所資料第3803号

土木研究所資料

高潮災害に関する研究

平成13年3月

国土交通省土木研究所
河川部海岸研究室

Copyright © (2001) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全文又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

建設省は、平成13年1月6日付けで国土交通省に再編

高潮災害に関する研究

海岸研究室 室 長 鳥 居 謙 一
研 究 員 加 藤 史 訓

要 旨

台風9918号による高潮災害の概要をまとめ、不知火町松合地区における台風9918号による高潮の氾濫過程を数値計算により明らかにし、高潮に対する地域防災の検討に役立つ高潮危険度の評価を試み、この高潮による一般資産の被害率の測定を行った。

キーワード：高潮、浸水、氾濫解析、危険度評価、被害率

目次

1. はじめに	1
2. 台風9918号による高潮災害の概要	
2. 1 台風経路および海象	2
2. 2 高潮による被害	2
3. 熊本県不知火町松合地区における高潮氾濫の再現	
3. 1 浸水実態の整理	15
3. 2 解析方法	15
3. 3 再現結果	16
3. 4 破堤の有無が浸水に及ぼす影響	16
3. 5 地盤高が浸水に及ぼす影響	17
3. 6 まとめ	17
4. 高潮危険度の評価手法の検討	
4. 1 概要	30
4. 2 危険度として表示すべき情報の検討	30
4. 3 危険度評価における避難行動の設定	31
4. 4 評価方法	32
4. 5 有明海岸における危険度評価	33
4. 6 まとめ	35
5. 高潮による一般資産の被害率の推定	
5. 1 概要	59
5. 2 海岸事業の費用対効果分析	59
5. 3 被害率の算定方法	59
5. 4 実態調査	60
5. 5 まとめ	65
6. おわりに	87
付録 台風9918号による高潮災害に対する住民の意見	89

1. はじめに

1999年9月に九州および中国地方に上陸した台風9918号は、八代海や周防灘で高潮を引き起こした。このため、それらの沿岸では広域で氾濫し、中でも八代海に南面する熊本県不知火町松合地区では12名の犠牲者を出した。高潮氾濫により壊滅的な被害が出た1960年前後の伊勢湾台風や第二室戸台風以降、堤防・護岸の整備や警報・避難体制の確立等により高潮災害は減少したが、今回の災害は高潮防災のあり方について再検討を促すものとなった。

松合地区の一部では、堤内地に海水が流入し始めてから5～10分間で軒上まで冠水したため、その時点では既に避難することができない状態であった。今後の高潮防災を検討する上で、このような人的被害が生じた時の浸水過程を明らかにすることは不可欠である。

また、松合地区のように、高潮が氾濫した際に家屋内にすることが危険で、洪水到達時間が避難に要する時間に比べて著しく短い地区については、浸水が生じる前に避難を終えることが望ましい。その実現には、高潮危険度の的確な評価とその周知が必要である。また、高潮危険度を低減するには、避難所や避難路の整備等の地域防災対策が必要であるが、その実施にあたってはその効果を的確に評価することが望ましい。

一方、高潮対策事業の事業評価において、浸水による一般資産の被害を算定するのに、浸水深毎に設定された被害率が用いられている。現在用いられている被害率は、高潮による浸水被害の調査事例がないため、河川災害の調査結果に準じたものである。より精度の高い事業評価を行うためには、調査事例を蓄積していくことが必要である。

以上のことを踏まえ、本研究では、台風9918号による高潮災害の概要をまとめ、不知火町松合地区における台風9918号による高潮の氾濫過程を数値計算により明らかにし、高潮に対する地域防災の検討に役立つ高潮危険度の評価を試みるとともに、この高潮による一般資産の被害率の測定を行った。また、今後の高潮対策のあり方を検討する際の基礎資料として、被害率調査の際に得られた被災者の意見を付録に収録した。

2. 台風9918号による高潮災害の概要

2. 1 台風経路および海象

図-2. 1のように、台風9918号は、平成11年9月24日午前4時に熊本県牛深市付近に上陸し（中心気圧945hPa）、八代海の西方を八代海の長軸方向とほぼ平行に時速約40kmで移動し、午前5時には島原半島に（中心気圧950hPa）、午前6時には熊本県大牟田市に（中心気圧950hPa）達した。この台風は八代海には午前5～6時にもっとも接近し、八代では午前5時に955hPaまで気圧が低下した。その後、台風9918号は周防灘を横断して山口県宇部市付近に再上陸し、中国地方西部を通して日本海へ進んだ。

9月24日は大潮で、八代海および周防灘での天文潮のピークは午前8時頃であった。図-2. 2は、三角、八代、水俣の熊本県河川課の検潮所で得られた毎正時の潮位および風の実測値を示している。潮位のピークは、いずれの地点も9月24日の午前7時で、三角でT.P.+2.5m、八代でT.P.+2.3m、水俣でT.P.+2.4mであった。図-2. 3に示す運輸省第四港湾建設局八代港工事事務所の八代港内の検潮所の検潮記録では、午前6時3分のT.P.+2.7mが最高潮位である。滝川（2000）によれば、この時の偏差は1.8mである。この後、午前8時20分頃再びピークを迎えている。また、午前4時以降、周期約30分の振動が生じている。これらのことから、潮位のピークは天文潮のピークより1～2時間前に生じていたことがわかる。一方、最高潮位の直前の風を見ると、午前4時までいずれの地点も東～南東方向だったが、午前5時になると水俣で南南西の21.5m/sの強風に変わり、午前6時には八代や三角でも南西方向の30m/s程度の強風に変化している。このことから、午前4時までは八代海の北西側で風の吹き寄せによる潮位上昇が生じ、午前5時以降徐々に八代海の北東側で吹き寄せによって潮位上昇が増幅されたことが考えられる。

図-2. 4は、下関港と宇部港での潮位および下関および防府での風の実測値を示している。下関港では、午前8時に最高潮位T.P.+4.1mと既往最高を1.6m上回り、この時の偏差は2.2mであった。一方、宇部港では、午前8時にT.P.+3.5mと既往最高を1.3m上回り、その後欠測であった。午前8時の偏差は2.0mであった。風は、下関、防府とも午前7時に風速12m/sになるまで前日から東風が強くなる傾向にあったが、下関では午前8時には風向が北西となり午前9時に風速19m/sと最大となったのに対し、防府では午前8時に東南東の風18m/sとピークとなり、その後時計回りに風向を変えながら風速は減少していった。これらのことから、天文潮のピークと東からの強風の吹き寄せによる潮位上昇が重なった結果、周防灘西部では既往最大を上回る高い潮位となったものと考えられる。

2. 2 高潮による被害

台風9918号による被害は、熊本県や山口県を初めとして、九州地方や中国地方を中心に全国12県で報告された。このうち、高潮による被害が大きかった八代海沿岸や周防灘沿岸について見ると、八代海では不知火町で死者12名、住家全壊47棟、住家半壊27棟、住家一部破損738棟、床上浸水165棟、床下浸水101棟、松橋町で住家全壊1棟、住家半壊31棟、住家一部破損592棟、床上浸水241棟、床下浸水91棟など八代海東北部で被害が大きく、周防灘沿岸では宇部市で住家全壊13棟、住家半壊568棟、住家一部破損5,769棟、床上浸水286棟、床下浸水3,408棟、下関市で住家全壊4棟、住家半壊33棟、住家一部破損519棟、床上浸水650棟、床下浸

水1,300棟など山口県西部で被害が大きかった。

図－2. 5 は八代海東北部での浸水域を示している。大野川河口の左岸側に位置する松橋町を中心とした干拓地では広範囲で浸水している。不知火町では、死者が出た松合地区や大野川河口の右岸側を中心に浸水した。

各地の被災状況について、以下写真を用いて説明する。被災箇所の位置については、図－2. 5 を参照されたい。

写真－2. 1 は松合地区の全景を示している。松合地区では、地区内の船溜から海水が流入したため、船溜の護岸では写真－2. 2 のように越流により洗掘が生じた。また、船溜の護岸より天端が高い海岸堤防については、写真－2. 3 のように一部で越流が生じた。越流箇所では、写真－2. 4 のように裏のりが浸食された。浸水した住宅地では、浸水により写真－2. 5 のように道路に泥が堆積したり、写真－2. 6 のように家屋が破損したり自動車が流されるなどの被害が出た。松合地区の西側では、写真－2. 7～8 のように道路沿いの護岸が被災した。

写真－2. 9～10 は、手場海岸での海岸構造物の被災状況を示している。手場海岸には、入江の開口部に潮止堤、奥に海岸堤防が設置されていた。写真－2. 9 のように、潮止堤は打ち継ぎ目で切断されて岸向きに倒壊しており、さらに入江の西半分では岸向きに倒れたコンクリート塊が沖向きに移動していた。倒壊時の主たる外力は波浪、高潮位、および潮位上昇時に生じる岸向きの流れと考えられるが、強風域の移動により発達する湾固有の長周期振動が影響していた可能性も否定できない。また、入江の奥の海岸堤防は、写真－2. 10 のように表のり被覆工がずり落ちている。

裏のりがコンクリート被覆されていない堤防上を海水が越流した箇所では、写真－2. 11 に示す氷川河口右岸の堤防のように裏のりの洗掘が随所で見られた。また、写真－2. 12 のように、裏のりを被覆していたアスファルトマットが越流により流出し、堤体材料が流出した箇所も見られた。これらのことから、裏のり被覆工の強度の照査の必要性が認められる。

写真－2. 13 は八代海に突き出た不知火干拓の前面堤の天端工の被災状況を示している。ここでは、表のり被覆工への波力の作用が水平方向の力となって天端工に作用するとともに、越波によって海水が天端工を叩きつけたことにより、天端工に亀裂が入ったものと考えられる。また、写真－2. 14 のように、不知火干拓の北側でも、越波により天端が被災している。

松合地区での浸水過程については次章で述べるが、八代海東北部の建設省所管海岸での浸水状況は以下のとおりである。

(1) 不知火海岸（不知火町）

不知火海岸は大野川河口の右岸に位置する。ここでは、ほぼ全区間で越波や越流が生じた。浸水痕跡高は、大野川河口近くの干拓地では最大T.P.+0.6m、山際の集落では最大T.P.+5.8mであった。

(2) 桂原海岸（不知火町）

桂原海岸は不知火海岸の約500m西に位置する。ここでも、ほぼ全区間で越波や越流が生じた。浸水痕跡高はT.P.+5.4mであった。

(3) 永尾海岸（不知火町）

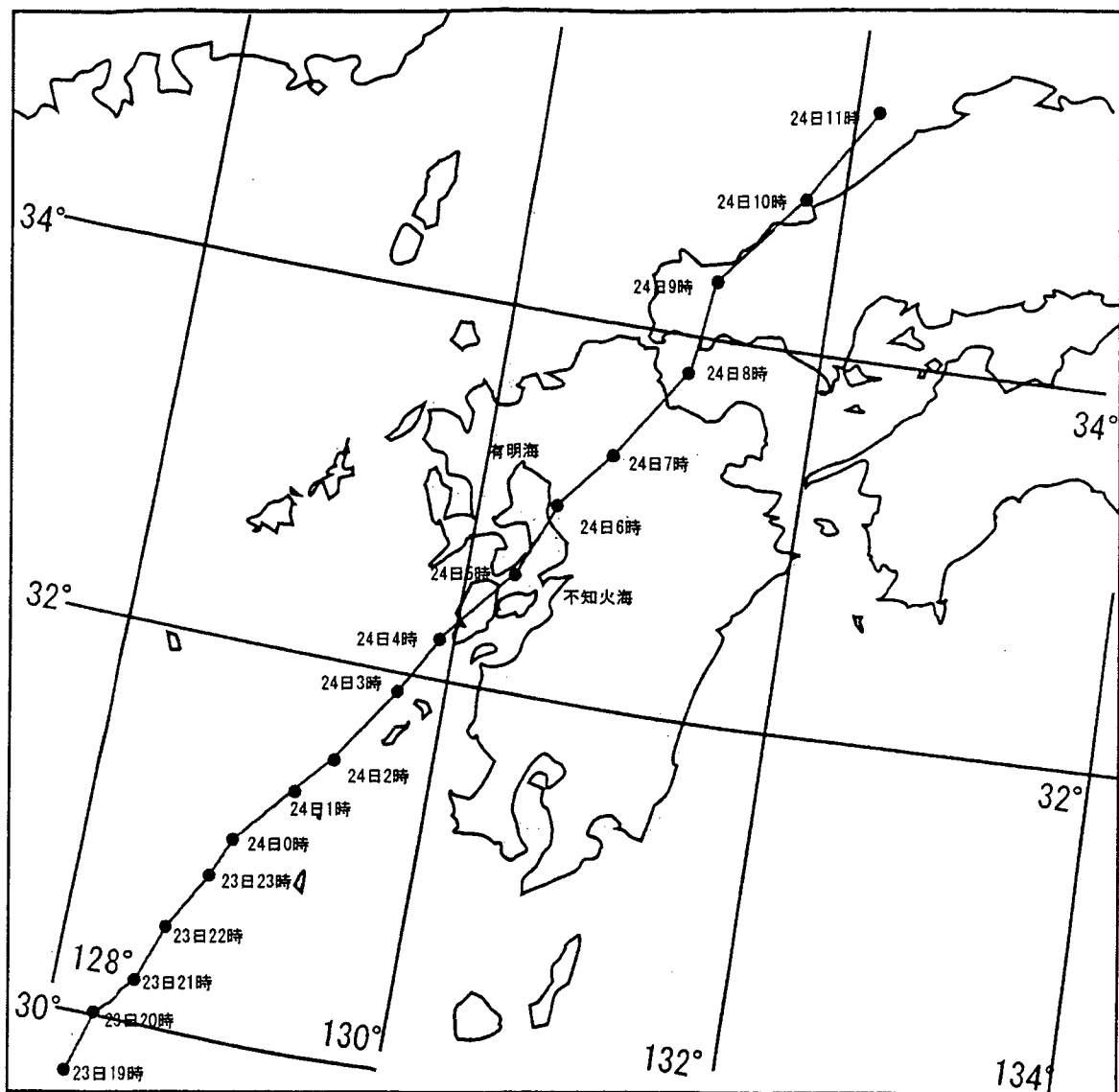
永尾海岸は桂原海岸と松合地区の間に位置する。ここでも、ほぼ全区間で越波や越流が生じた。浸水痕跡高はT.P.+5.8mであった。

(4) 豊川海岸（松橋町）

豊川海岸は大野川河口の左岸に位置する。ここでは、大野川の河川区間との境界付近でのみ越流が生じた。背後地は干拓地のため地盤高がT.P.-0.1~-1.2mと低く、浸水痕跡高は最大T.P.-0.4mであった。

参考文献

滝川清（2000）：台風9918号による不知火海高潮災害 その残したもの，土木学会誌，第85巻，第3号，pp.41-45.



日付	時	北緯		東経		中心気圧 (hPa)	最大風速		進行速度 (km/h)	暴風半径 (km)	強風半径	
		度	分	度	分		(m/s)	方位			(km)	北(km)
1999/9/23	18:00	29	5	128	1	940	45	北北東	25	190	560	
1999/9/23	19:00	29	7	128	2	940	45	北北東	25	190	560	
1999/9/23	20:00	30	0	128	3	940	45	北北東	25	190	560	
1999/9/23	21:00	30	2	128	5	940	45	北北東	25	190	560	
1999/9/23	22:00	30	5	128	6	940	45	北北東	30	190	560	
1999/9/23	23:00	30	8	128	8	940	45	北北東	30	190	560	
1999/9/24	0:00	31	0	128	9	940	45	北北東	30	190	560	
1999/9/24	1:00	31	3	129	2	940	45	北北東	35	190	560	
1999/9/24	2:00	31	5	129	4	940	45	北北東	35	190	560	
1999/9/24	3:00	31	9	129	7	945	40	北北東	35	190	560	
1999/9/24	4:00	32	2	129	9	945	40	北北東	35	190	560	
1999/9/24	5:00	32	6	130	3	945	40	北北東	40	190	560	
1999/9/24	6:00	33	0	130	5	950	40	北北東	45	150	460	370
1999/9/24	7:00	33	3	130	8	950	40	北北東	45	150	460	370
1999/9/24	8:00	33	8	131	2	950	40	北北東	50	150	460	370
1999/9/24	9:00	34	3	131	3	960	40	北北東	50	130	460	370
1999/9/24	10:00	34	8	131	8	960	40	北北東	55	130	370	300
1999/9/24	11:00	35	3	132	2	960	40	北北東	60	130	430	300

図－2. 1 台風9918号の諸元

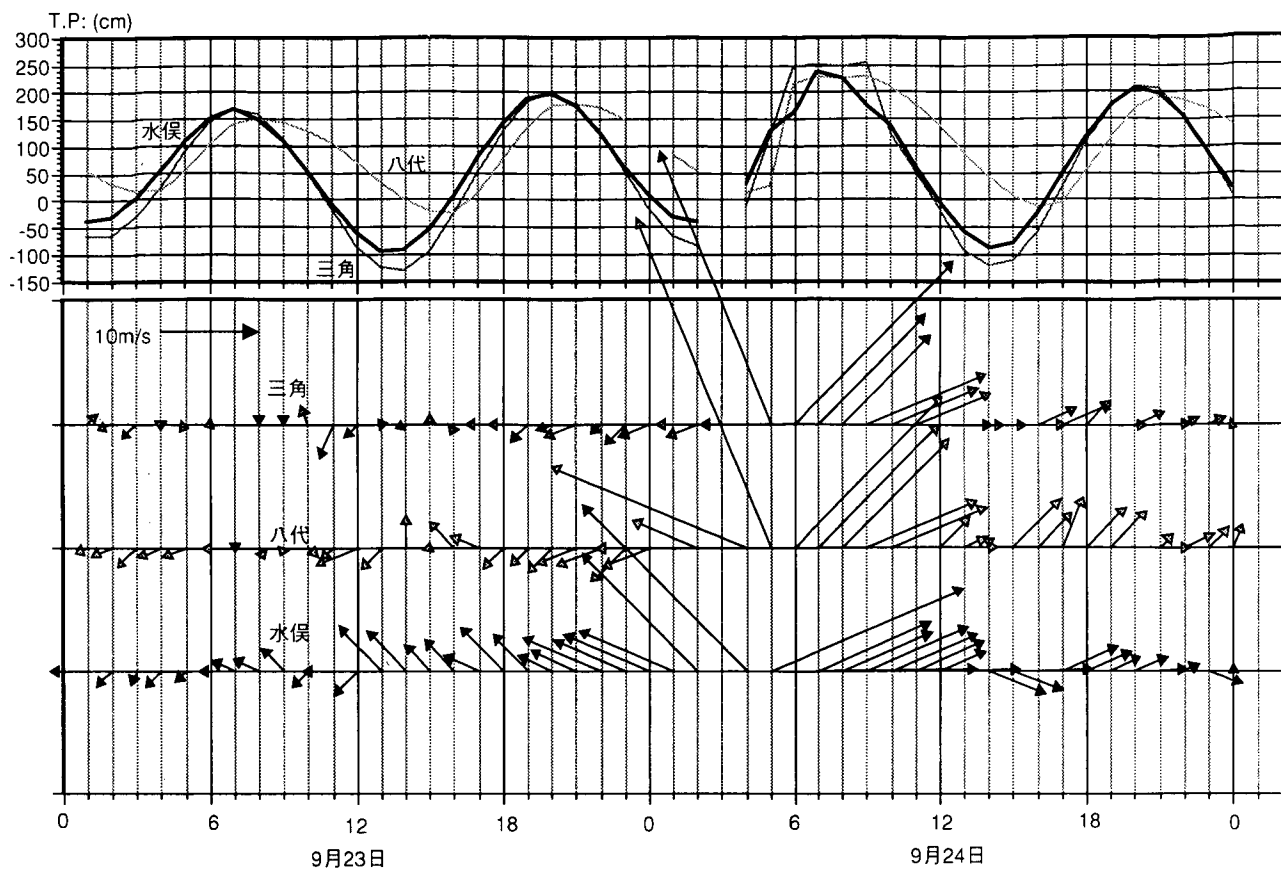


図-2.2 台風9918号接近時の八代海の潮位および風

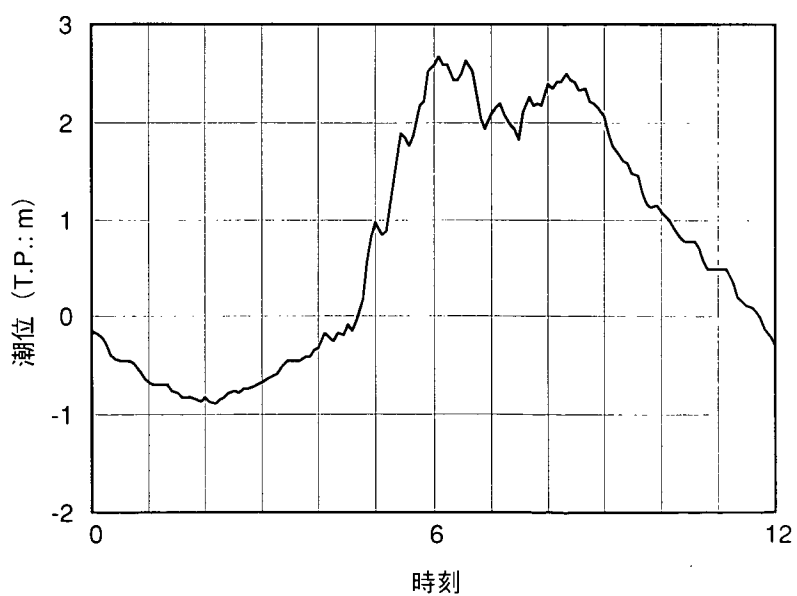


図-2.3 台風9918号接近時の八代港の潮位

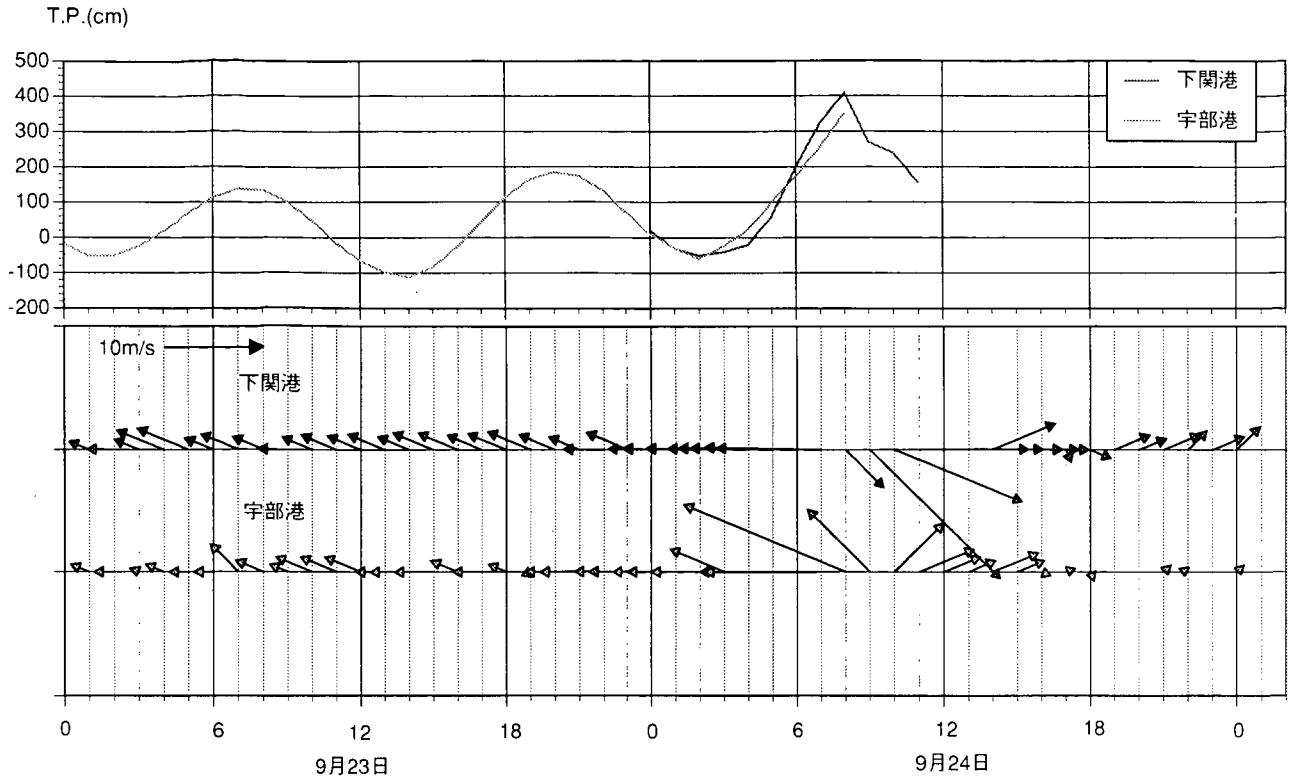


図-2. 4 台風9918号接近時の周防灘の潮位および風

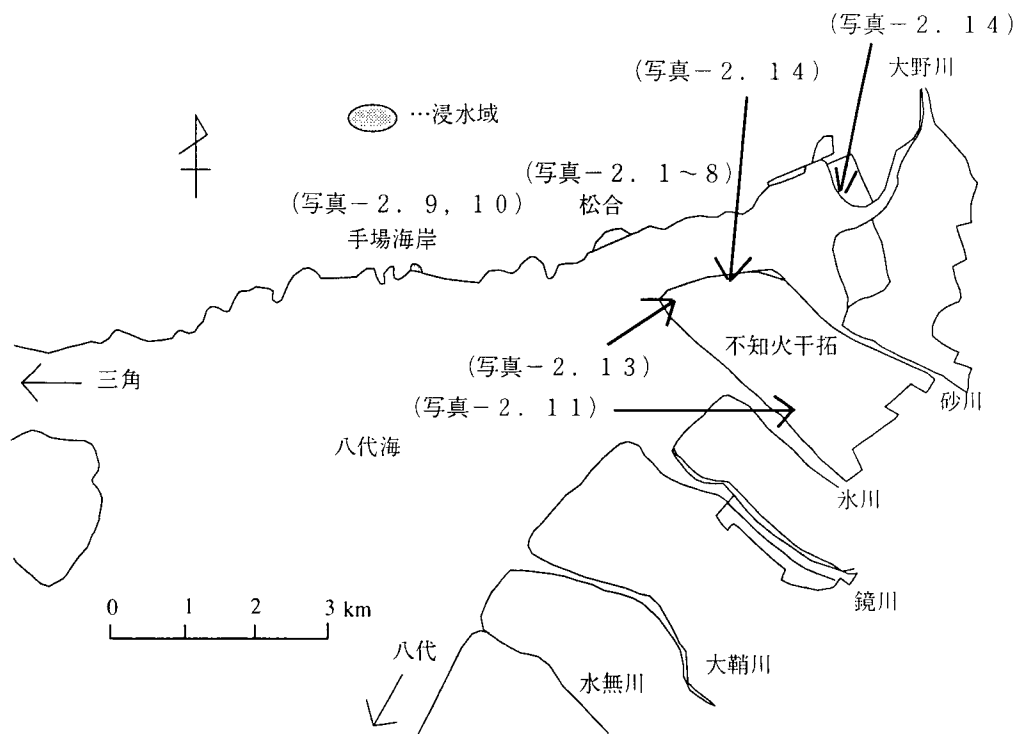


図-2. 5 八代海沿岸の浸水域



写真－２．１ 松合地区の全景（矢印は海水の浸入方向）



写真－２．２ 船溜からの越流痕跡（仲西船溜）



写真－ 2 . 3 松合地区の海岸堤防の越流痕跡



写真－ 2 . 4 松合地区の海岸堤防の裏のりの洗掘



写真－2. 5 松合地区での泥の堆積



写真－2. 6 松合地区での家屋被害



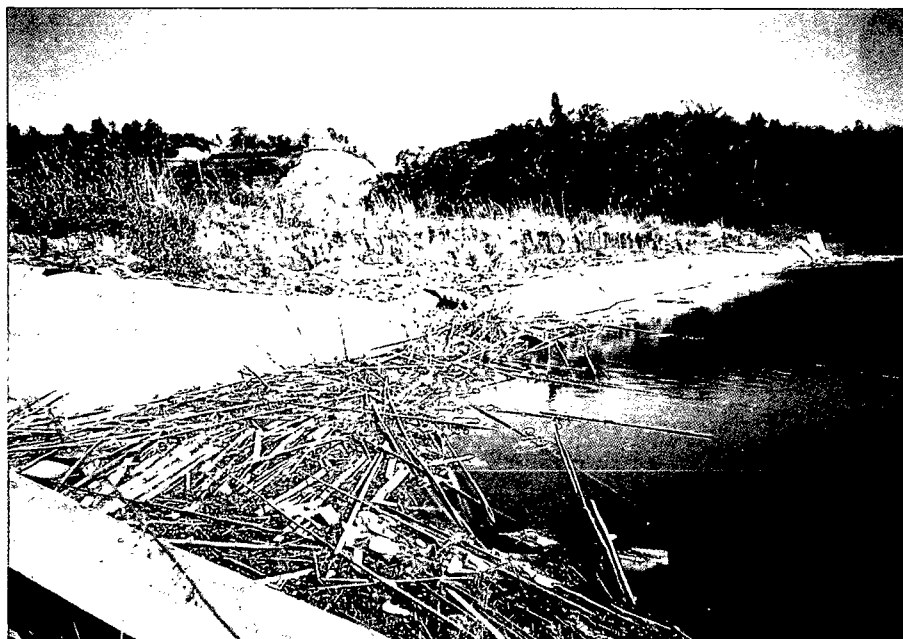
写真－２．７ 松合地区の護岸の被災



写真－２．８ 被災した松合地区の護岸の状況



写真－２． ９ 手場海岸の潮止堤の倒壊



写真－２． １０ 手場海岸の護岸の被災



写真－２．１１ 氷川河口右岸の堤防裏のりの洗掘



写真－２．１２ 不知火海岸の裏のり被覆工の被災



写真－２． １ ３ ひび割れた不知火干拓の天端工



写真－２． １ ４ 洗掘された不知火干拓の天端

3. 熊本県不知火町松合地区における高潮氾濫の再現

台風9918号による八代海の高潮により、八代海に南面する熊本県不知火町松合地区では12名の犠牲者を出した。本章では、松合地区における浸水過程を数値計算により明らかにするとともに、破堤の有無や地盤高が浸水過程に及ぼす影響について検討する。

3. 1 浸水実態の整理

写真-2. 1のように、松合地区には国道266号との兼用施設である海岸堤防（天端高T.P. +4.8m）が整備されていたが、写真-3. 1に示された地区内に3箇所ある船溜の護岸は、波浪の影響を直接受けないことを考慮して天端高T.P.+3.2mで設計されていた。また、図-3. 1のように、船溜周辺の宅地は地盤高がT.P. +1.0m程度とさらに低かった。このため、海岸堤防を越えて海水が流入することはほとんどなかったものの、9月24日午前5時50分頃より船溜から海水が侵入し始め、船溜周辺の家屋では氾濫開始から5～10分間で軒上まで冠水した。船溜周囲の護岸は、越流により裏のりが洗掘されたものの、アスファルトで被覆された天端はほとんど被害がなかった。

図-3. 2は堤内地各点の浸水痕跡高を示している。松合地区中心部における最高痕跡高はT.P.+4.5m程度であった。また、図-3. 3のように、集落の中を横切る県道付近より概ね海側では床上浸水で、それより陸側では床下浸水であった。また、図-3. 3中の○印は人的被害が出た家屋を示すが、仲西船溜より西側の方が東側に比べて人的被害、家屋被害とも大きかった。

3. 2 解析方法

氾濫解析は下式を基礎方程式とする平面二次元不定流モデルで行った。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3 \cdot 1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_{hx} \quad (3 \cdot 2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_{hy} \quad (3 \cdot 3)$$

ここに、 h ：水深、 H ：水位、 g ：重力加速度、 u ： x 方向流速、 v ： y 方向流速、 M ： x 方向流量フラックス、 N ： y 方向流量フラックス、 τ_{hx} ： x 方向の底面摩擦力、 τ_{hy} ： y 方向の底面摩擦力である。

解析では、潮位から3つの船溜における堤内地への流入量を求めて境界条件として与えた。潮位は、実測データがないので、運輸省港湾技術研究所による八代海の高潮計算で得られた松合地区の潮位計算値を、浸水痕跡と合うように最大潮位をT.P.+4.3mになるように偏差を割り引いたものを用いた。図-3. 4のように、潮位は、5時50分頃に船溜の護岸を越え、6時20～30分にピークとなり、7時30分頃まで船溜の護岸より高い状態が続いている。なお、潮位のピークは天文潮のピークより1時間半前である。

計算格子は10mメッシュとし、氾濫水の先端条件は1mmとした。各メッシュの粗度係数は、水域、道路、

裸地については建設省河川砂防技術基準（案）同解説を参考にしてそれぞれ0.025, 0.047, 0.050, 家屋については福岡ら¹⁾を参考にして1.000とした。

3. 3 再現結果

図-3. 5は浸水域の実績と解析結果を、図-3. 6は図-3. 2に示された各点での浸水痕跡高と浸水位の解析結果を示している。図-3. 5のように、浸水域の解析結果は実績と概ね一致している。また、図-3. 6のように、解析結果の浸水位のピークは浸水痕跡高と概ね一致しているとともに、10分間で浸水位が約3m上昇したPt.13やPt.39などのように、氾濫開始から5～10分間で軒上まで冠水した状況が解析結果から説明できる。以上のことから、解析結果は概ね浸水過程を再現しているものと考えられる。

図-3. 7は、各時刻における堤内地各点での浸水深を示している。1メッシュは10mの計算格子に対応する。氾濫が始まった5時50分から5分後には、船溜から離れた地点でも既に浸水している。氾濫開始から10分後の6時には、さらに浸水域は広がり、西地区では浸水深3m以上の地点も見られる。潮位がピークとなる6時20～30分まで浸水深は増加し、それ以降徐々に減少した。

図-3. 8は、船溜から海水が流入し始めてから堤内地の各点に洪水が到達するまでの時間を示している。越流開始から10分後には、松合地区中心部の大部分で浸水している。その後も氾濫域は広がり、越流開始から25分後にはほぼ浸水域すべてに洪水は到達している。

図-3. 9は、堤内地の各点における最大浸水深を示している。図-3. 3において床上浸水となっている領域の大部分は、浸水深が3m以上という甚大な浸水であった。その多くは、越流開始から10分後には浸水深が0.6m以上となり、20分後には浸水深が3m以上になっていた。

このように、高潮時の潮位と比べて地盤高が低い松合地区に海水が流入すると短時間で床上浸水となる過程が、数値解析によって明らかになった。

3. 4 破堤の有無が浸水に及ぼす影響

台風9918号による高潮では、越流がなかった海岸堤防だけでなく越流した船溜の護岸においても、破堤は生じなかった。一般的に破堤は堤内地への海水流入量を著しく大きくすることから、もし破堤が生じていれば被害はさらに大きかったことが予想される。

船溜の護岸で越流し始める時点では、海岸堤防の天端高は潮位より約1.6m高いことから、海岸堤防の破堤を仮定することは現実的ではない。また、潮位がピークとなる時点では、船溜護岸での越流によりすでに堤内地は浸水しており、海岸堤防の破堤はほとんど浸水過程に影響しないことが予想される。船溜の周囲は宅地より高い道路となっていることから、船溜の護岸はその道路を含めれば堤防とみなすことができる。そこで、船溜護岸の破堤が浸水過程に及ぼす影響を氾濫解析により検討した。

破堤箇所は、仲西船溜の西側および東側、和田船溜の東側、山須船溜の西側において、背後地がもっとも低い箇所とした。破堤形状については、海岸堤防の破堤事例が少ないので、鉛直方向は河川の氾濫解析にならって背後の地盤高まで破堤するものとし、破堤幅は解析領域の大きさを考慮して50mとした。潮位や粗度係数は再現計算と同様である。

越流開始時に船溜護岸が破堤した場合の洪水到達時間と最大浸水深を、それぞれ図-3.10, 図-3.11に示す。再現結果である図-3.8~9と比較すると、洪水到達時間は破堤点周辺で短くなるものの、最大浸水深はほとんど変わらないことがわかる。これは、松合地区での浸水が船溜護岸全体での越流によることから、仮に船溜護岸の一部が破堤したとしても、破堤箇所では破堤直後に一時的に流入量が増加して破堤箇所周辺で洪水到達時間が短くなるものの、最大浸水深は最高潮位でほぼ規定されるため破堤の影響を受けないことによるものと考えられる。

3.5 地盤高が浸水に及ぼす影響

松合地区は地盤高が低いため、高潮時に潮位が地盤高より著しく高くなり、海水が流入し始めると短時間に浸水深が上昇する傾向が認められる。そのような地区での対策の一つとして、堤内地地盤の嵩上げが考えられる。そこで、地盤の嵩上げにより浸水過程がどのように変化するのか氾濫解析により検討した。

松合地区の潮位はT. P. +4.3m程度まで上昇したのと考えられるが、松合地区中心部のほとんどは図-3.1のように標高2m以下であった。そこで、標高2m以下の地盤を標高2mまで嵩上げするケースと、標高3m以下の地盤を標高3mまで嵩上げするケースを想定し、再現計算と同様の潮位や粗度係数を与えて氾濫解析を行った。

地盤を嵩上げた場合の洪水到達時間と最大浸水深を、それぞれ図-3.12, 図-3.13に示す。再現結果と比較すると、洪水到達時間は嵩上げによってわずかに長くなり、最大浸水深はほぼ嵩上げの分だけ減少することがわかる。このことから、松合地区のような地盤高が低く、小さな領域では、地盤の嵩上げは浸水過程に有意な影響を与えないものの、嵩上げの分だけ浸水深が減少すると考えられる。

3.6 まとめ

本章で得られた主要な結論は以下のとおりである。

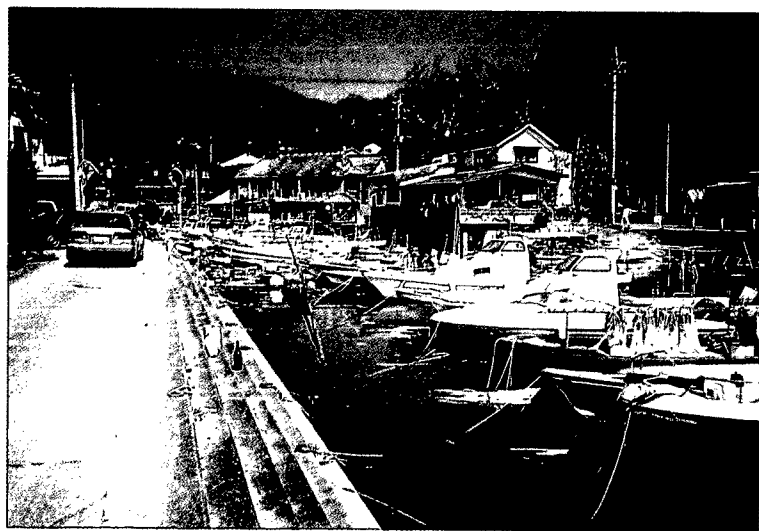
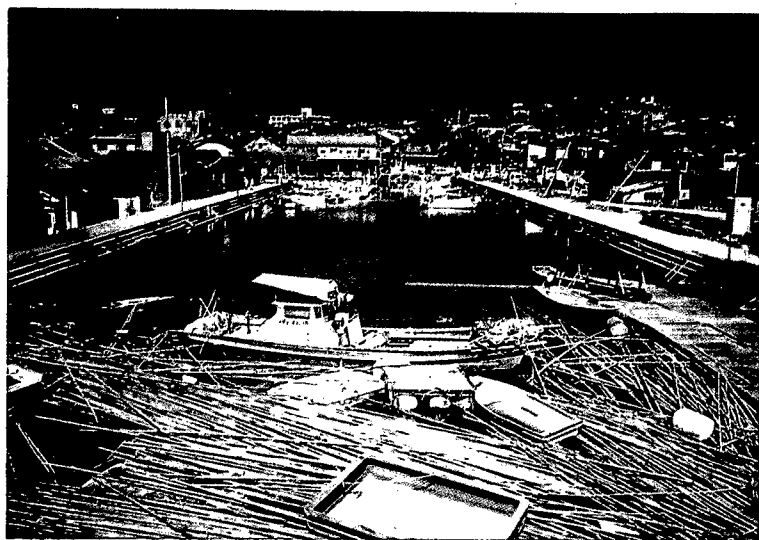
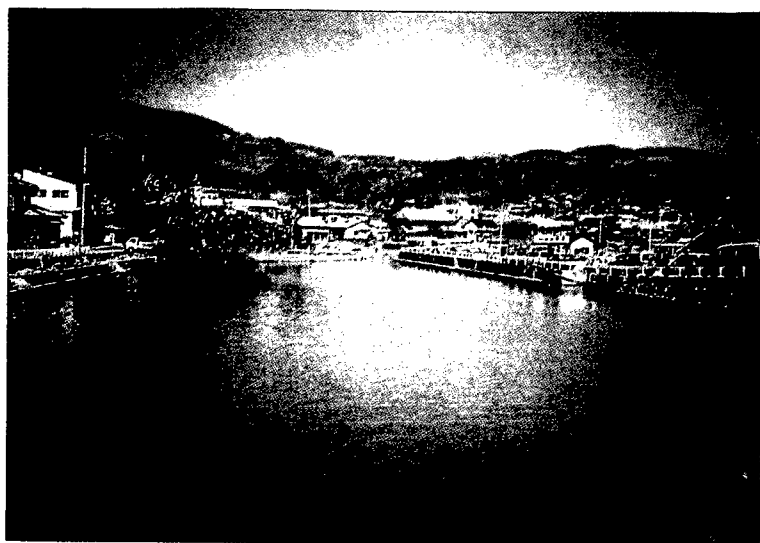
(1) 台風9918号による八代海の高潮のため、熊本県不知火町松合地区では地区内にある3箇所の船溜から海水が流入し、船溜周辺の家屋では氾濫開始から5~10分間で軒上まで冠水した。その浸水過程を数値計算により再現した。

(2) 松合地区の船溜護岸の破堤が浸水過程に及ぼす影響を氾濫解析により検討した。その結果、洪水到達時間は破堤点周辺で短くなるものの、最大浸水深はほとんど変わらないことがわかった。

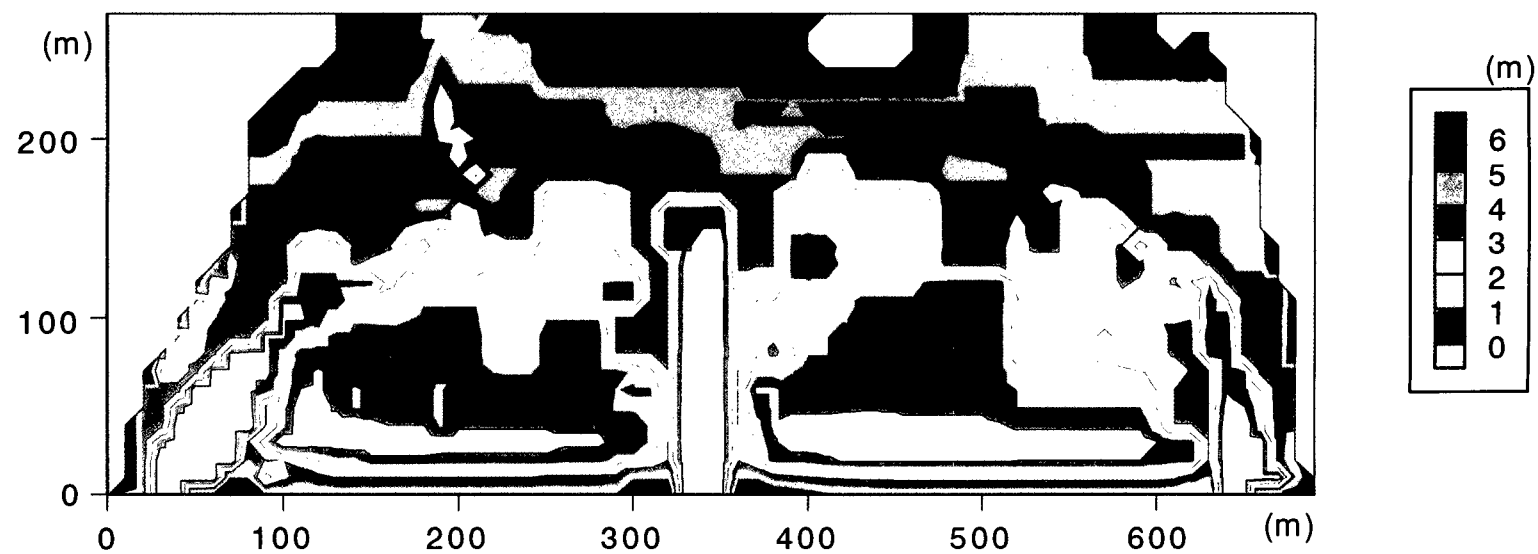
(3) 松合地区において地盤高が浸水過程に及ぼす影響を、地盤の嵩上げを仮定した氾濫解析により検討した。その結果、洪水到達時間は嵩上げによってわずかに長くなり、最大浸水深はほぼ嵩上げの分だけ減少することがわかった。

参考文献

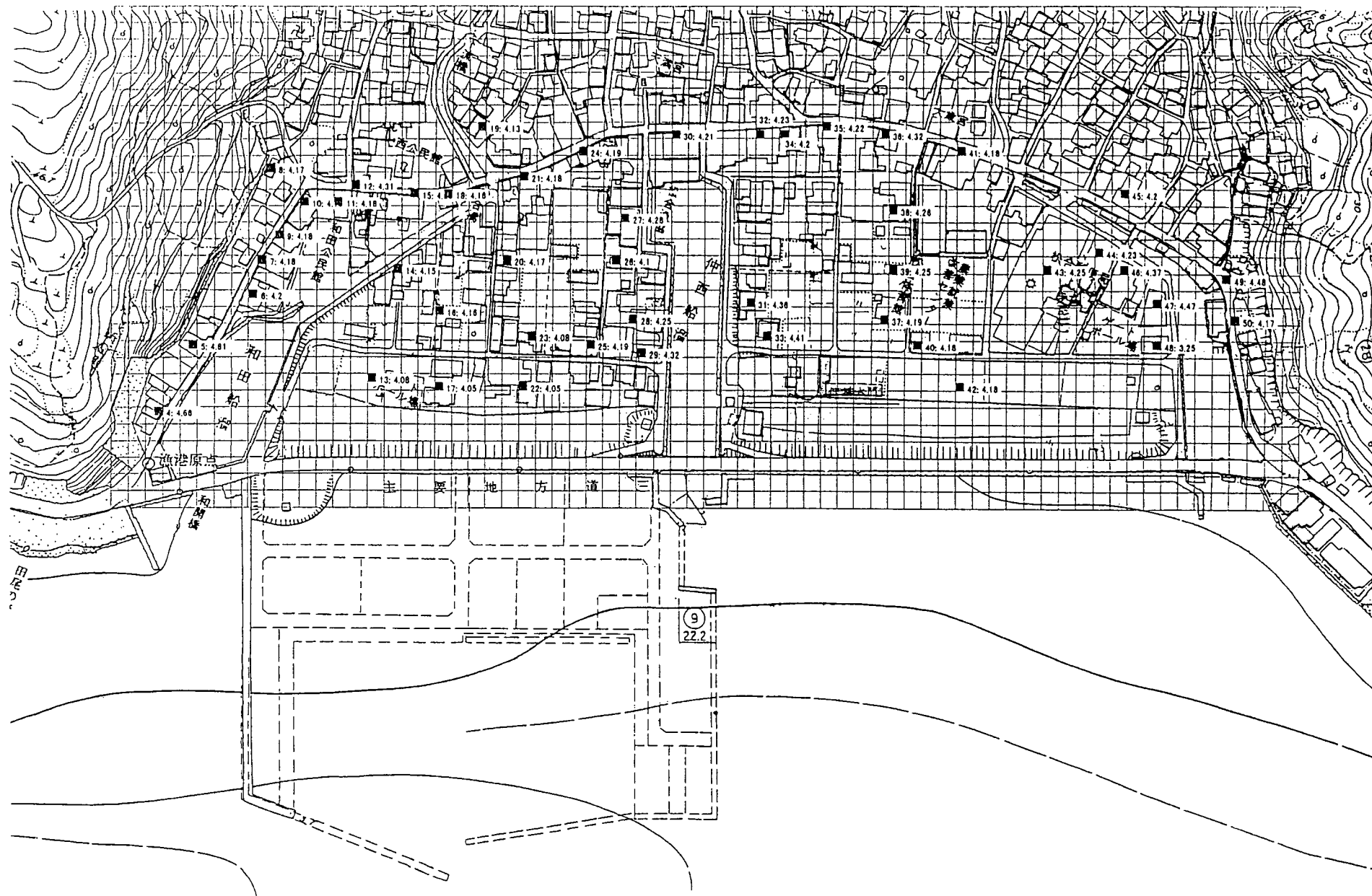
- 1) 福岡捷二・川島幹雄・松永宜夫・前内永敏(1994): 密集市街地の氾濫流に関する研究, 土木学会論文集, No.491/II-27, pp.51-60.



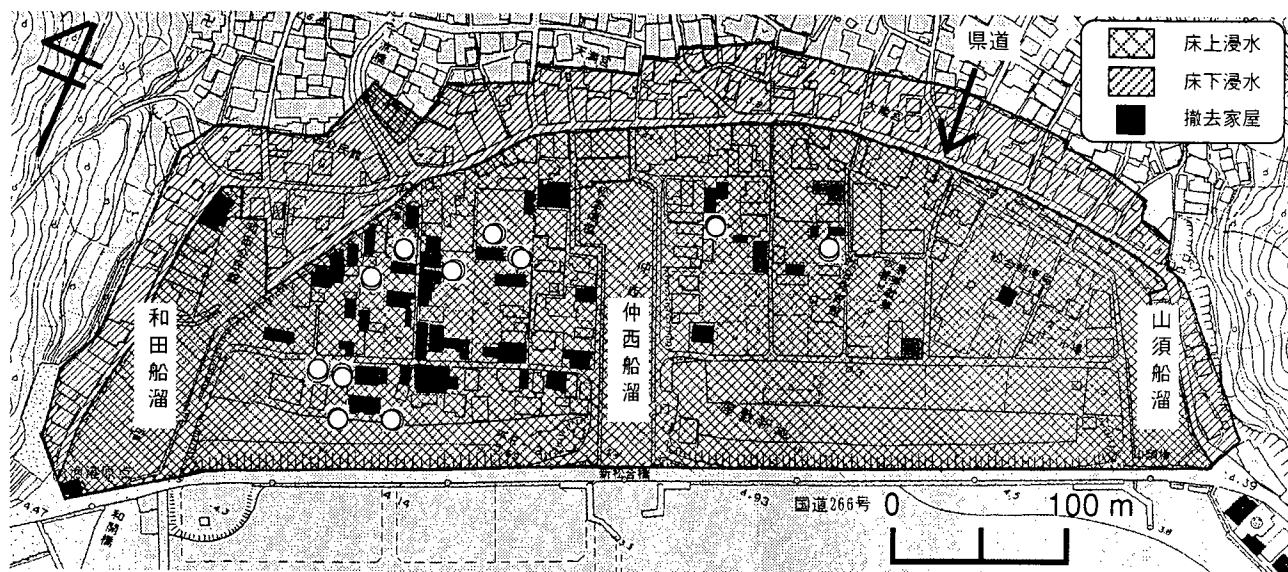
写真－ 3 . 1 松合地区の船溜（上：和田船溜，中：仲西船溜，
下：山須船溜）



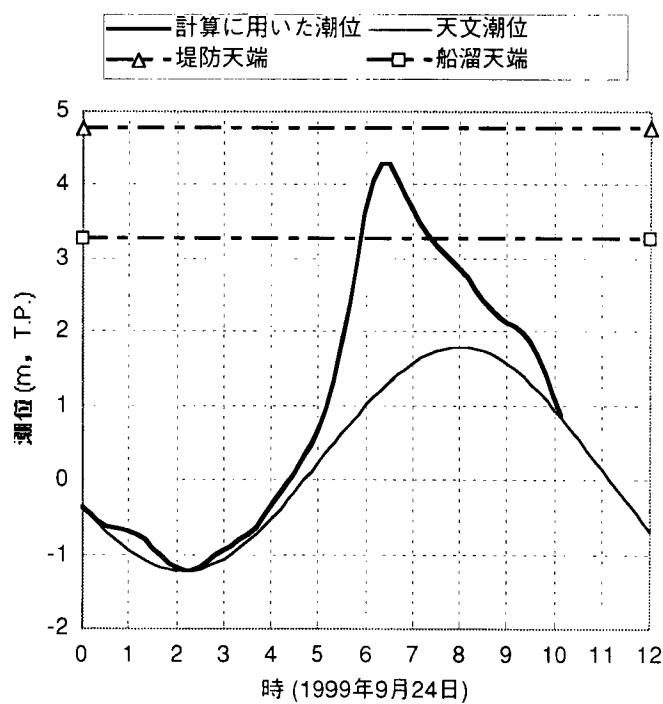
図－3．1 松合地区の地盤高



図一 3. 2 浸水痕跡高 (左: 測点番号, 右: 痕跡高)



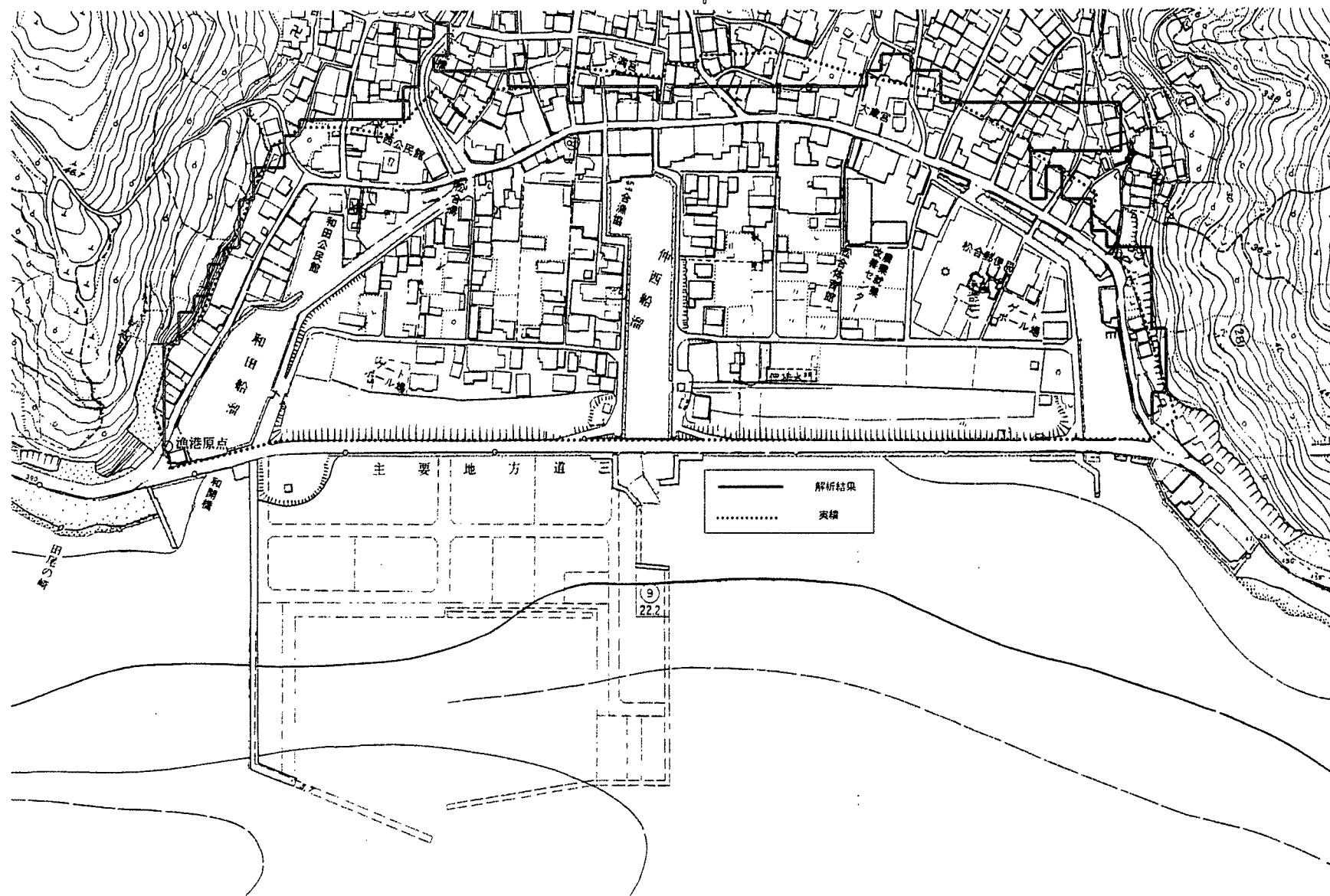
図－3. 3 浸水実績（熊本県漁港課調べ）



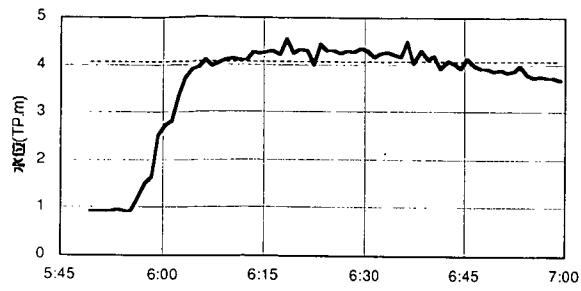
図－3. 4 計算に用いた潮位

表－3. 1 粗度係数

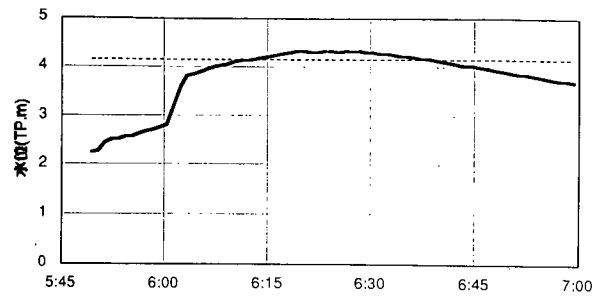
土地利用	粗度	根拠
裸地	0.050	河川砂防技術基準（案）同解説より（「その他の土地利用」）
潮溜まり	0.050	河川砂防技術基準（案）同解説より（「その他の土地利用」）
水域	0.025	河川砂防技術基準（案）同解説より（人工水路・改修河川、両岸石張小水路(泥土床)）
家屋	1.000	福岡ら（1994）より
道路	0.047	河川砂防技術基準（案）同解説より



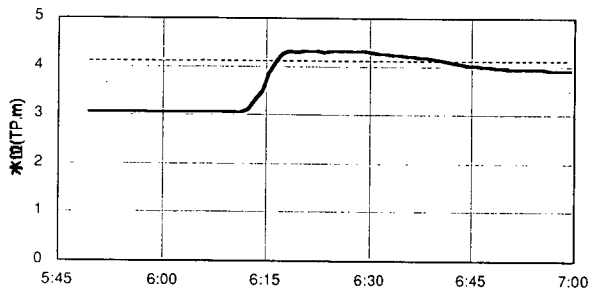
図一 3. 5 浸水域



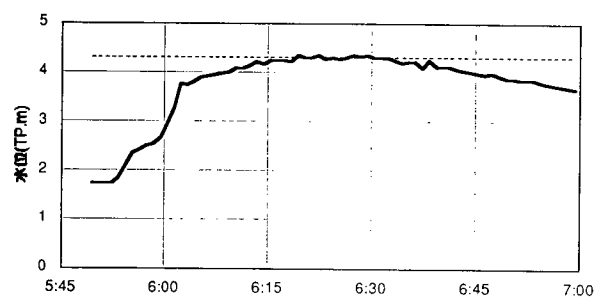
Pt. 13



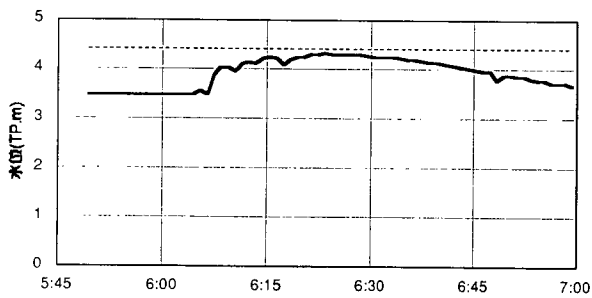
Pt. 14



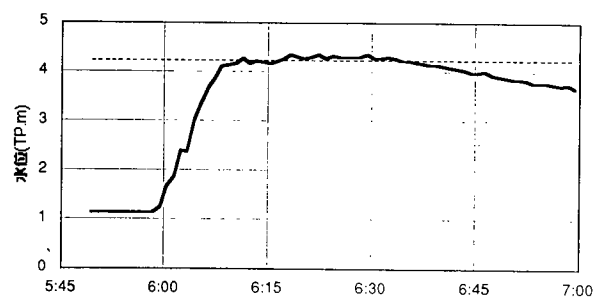
Pt. 19



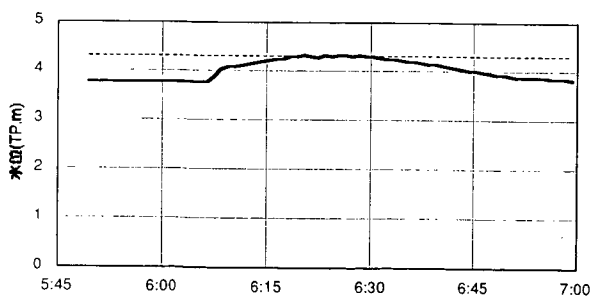
Pt. 29



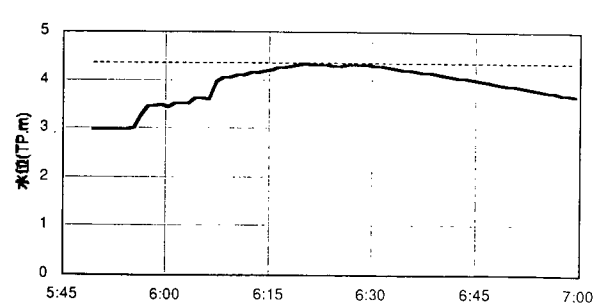
Pt. 33



Pt. 39



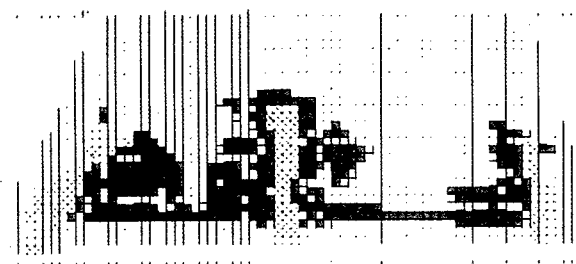
Pt. 36



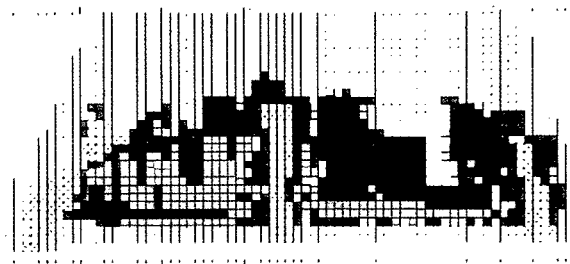
Pt. 46

図-3.6 浸水痕跡と計算結果との比較

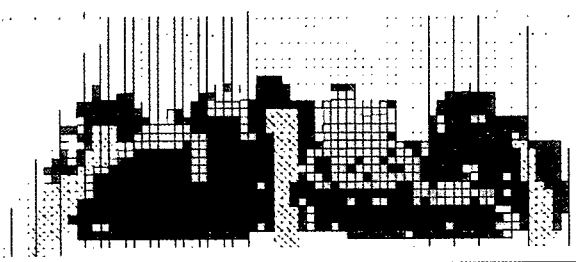
□ 0.01m未満
 ■ 0.01-0.60m
 ■ 0.60-0.90m
 ■ 0.90-1.20m
 ■ 1.20-1.50m
 □ 1.50-1.80m
 □ 1.80-2.10m
 □ 2.10-2.40m
 □ 2.40-2.70m
 □ 2.70-3.00m
 □ 3.00m以上



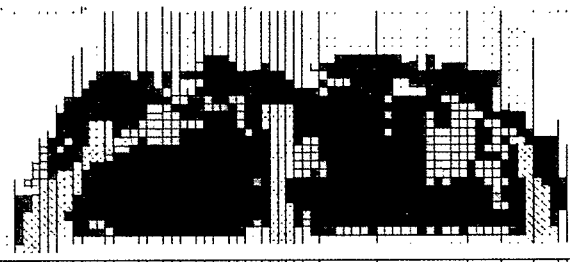
5:55



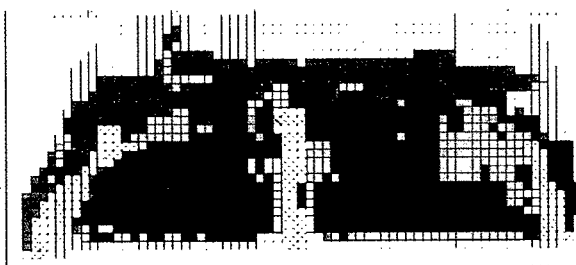
6:00



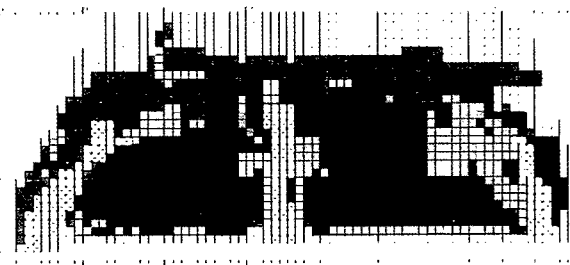
6:05



6:10



6:20



6:30



6:40



6:50

図-3.7 松合地区の浸水過程

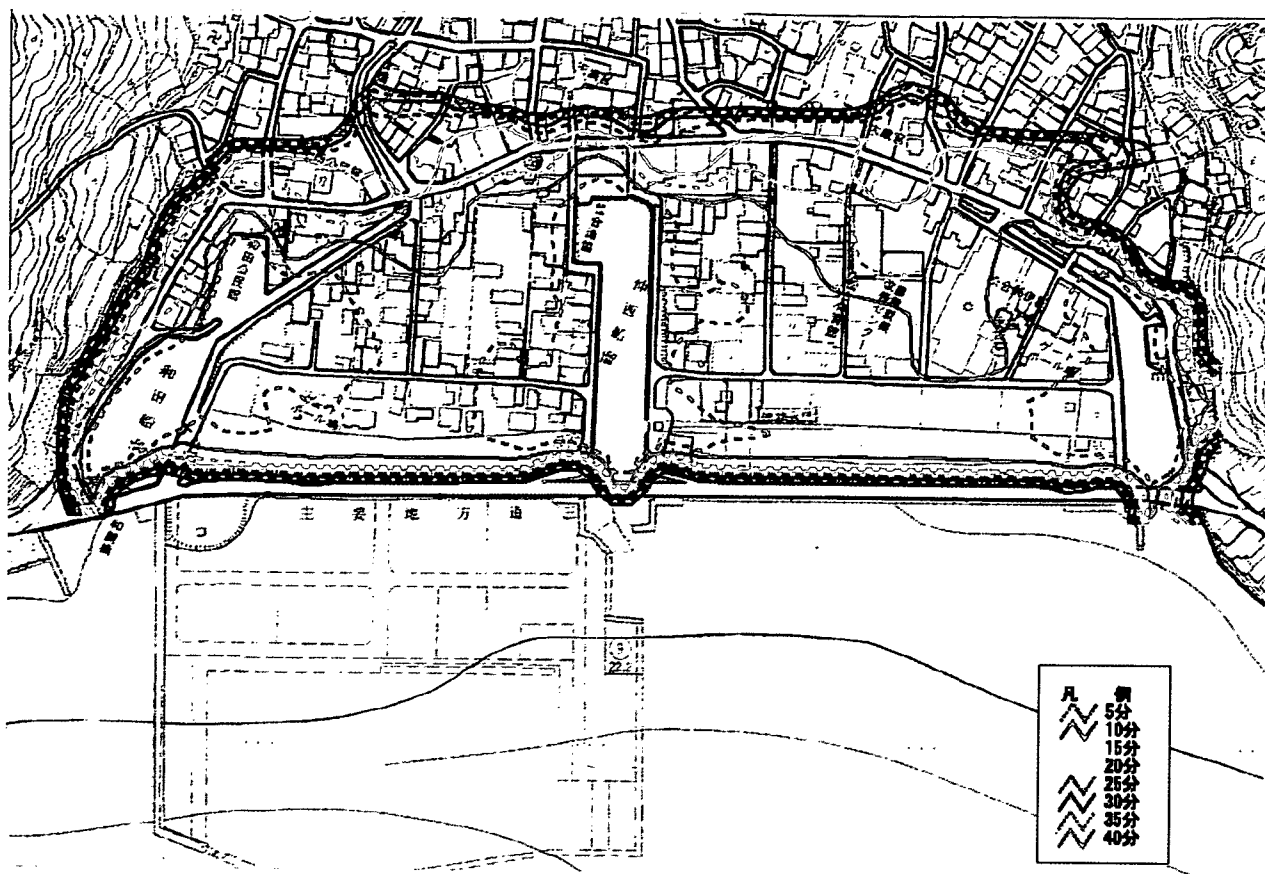


図-3.8 洪水到達時間

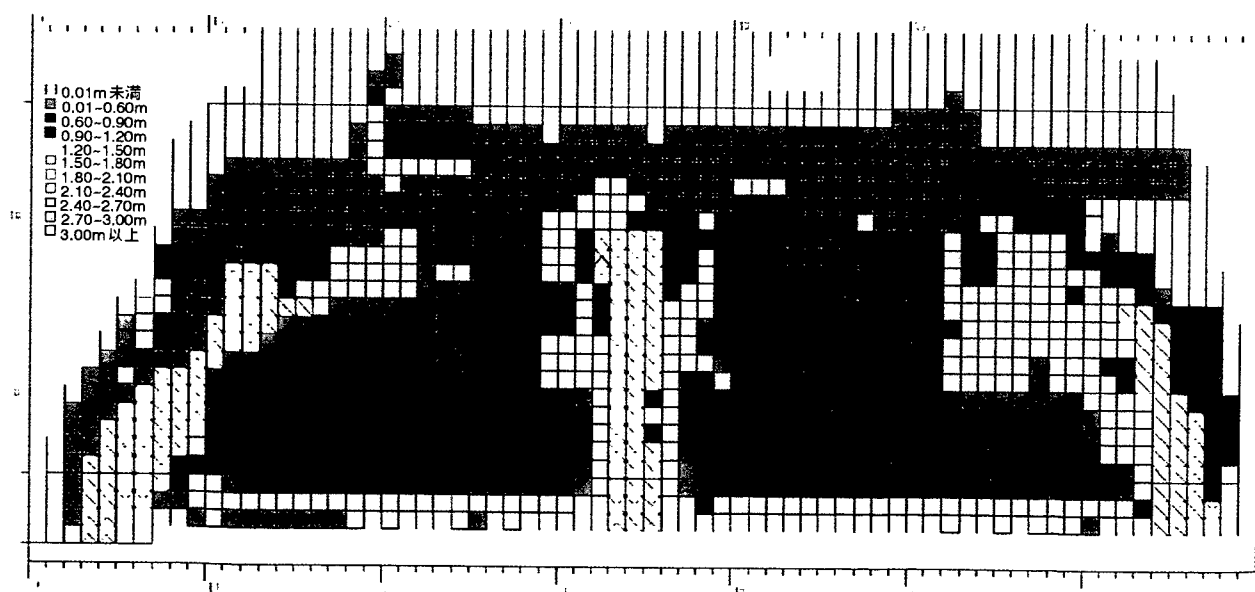
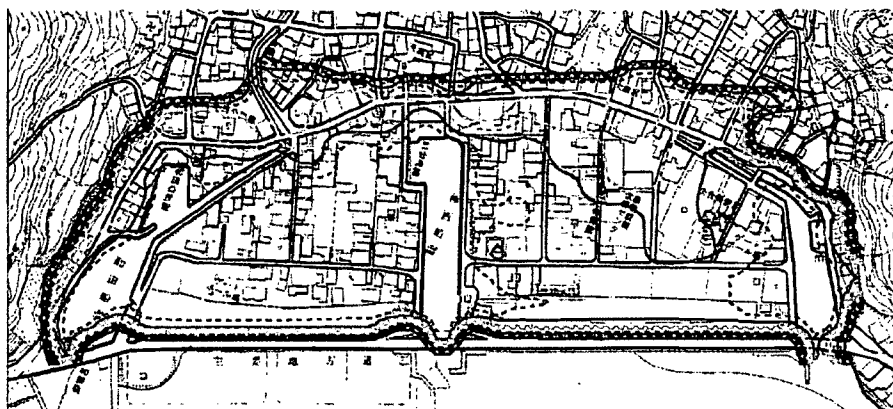
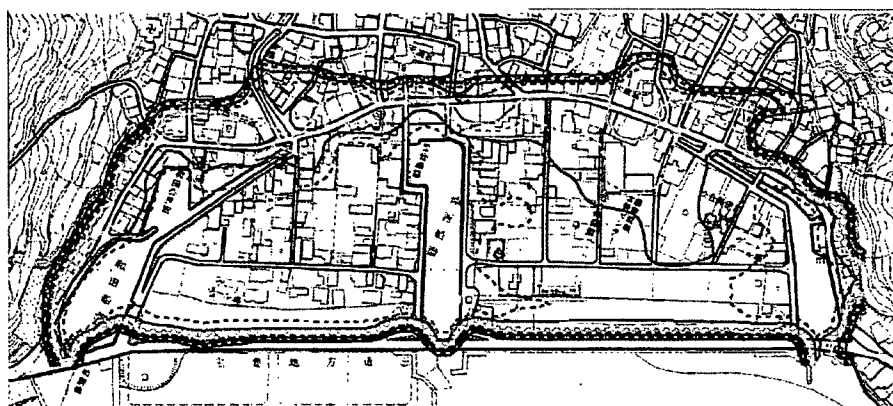


図-3.9 最大浸水深

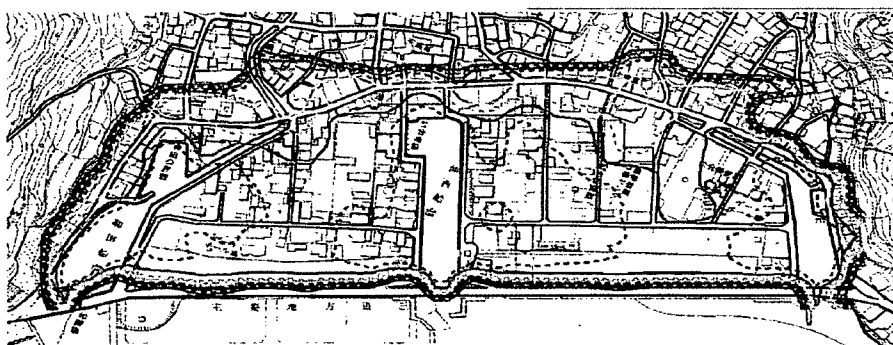
凡
 5分
 10分
 15分
 20分
 25分
 30分
 35分
 40分



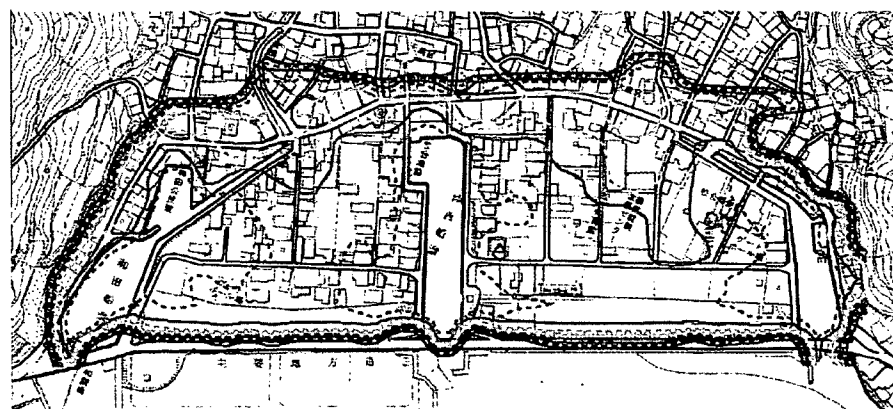
和田船溜東側護岸破堤(越流開始時)



仲西船溜西側護岸破堤(越流開始時)



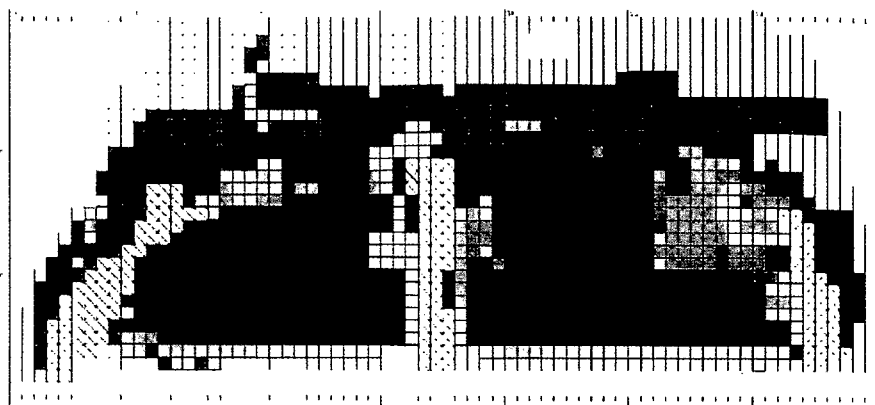
山須船溜西側護岸破堤(越流開始時)



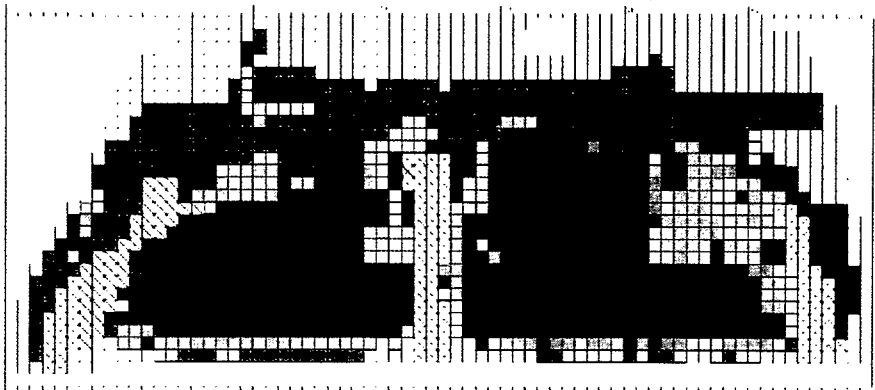
仲西船溜東側護岸破堤(越流開始時)

図-3.10 洪水到達時間(越流開始時に船溜護岸が破堤)

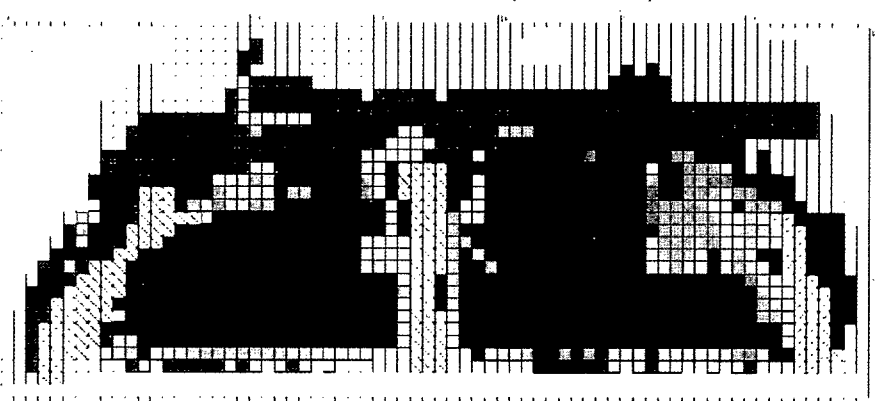
- 0.01m未満
- ▨ 0.01-0.60m
- 0.60-0.90m
- 0.90-1.20m
- 1.20-1.50m
- 1.50-1.80m
- 1.80-2.10m
- 2.10-2.40m
- 2.40-2.70m
- 2.70-3.00m
- 3.00m以上



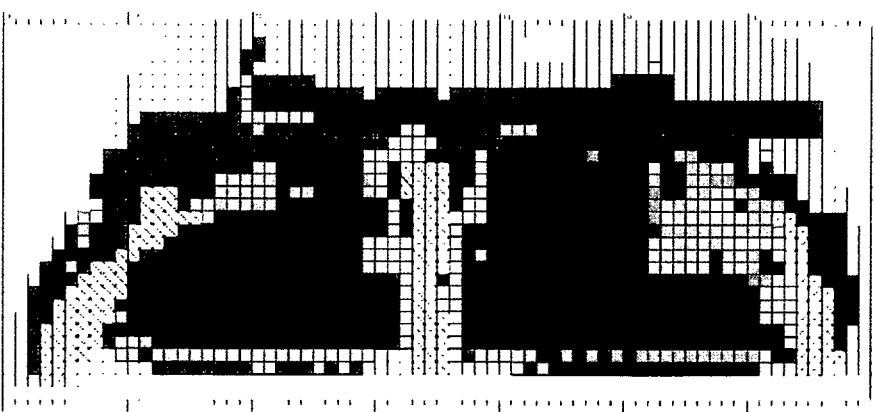
和田船溜東側護岸破堤(越流開始時)



仲西船溜西側護岸破堤(越流開始時)



仲西船溜東側護岸破堤(越流開始時)



山須船溜西側護岸破堤(越流開始時)

図-3. 1 1 最大浸水深(越流開始時に船溜護岸が破堤)

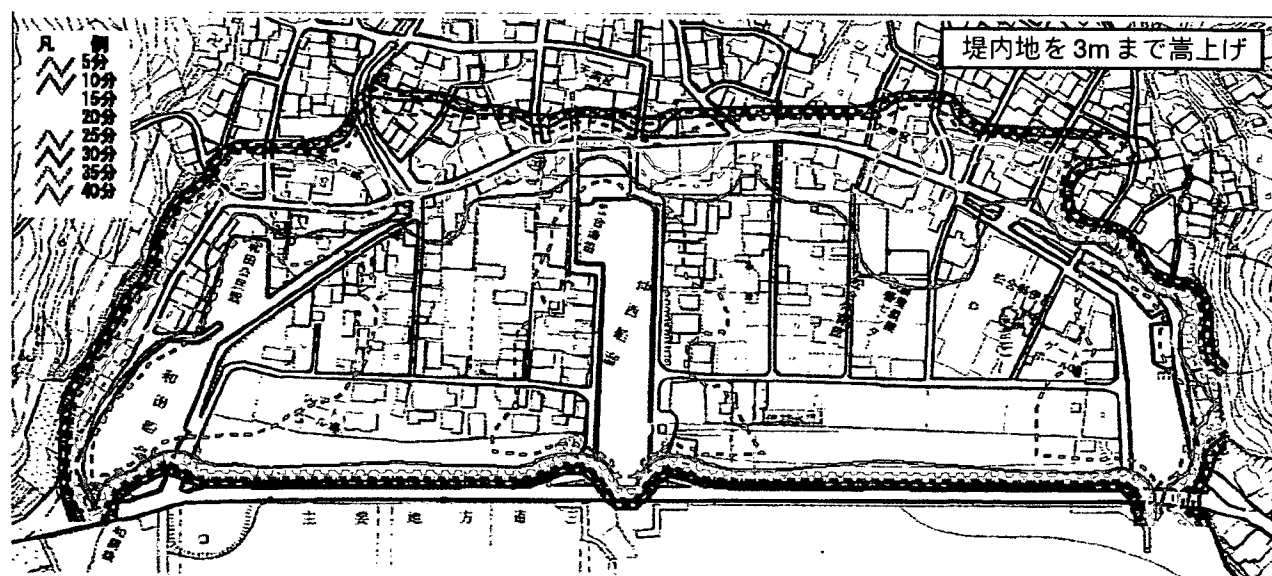
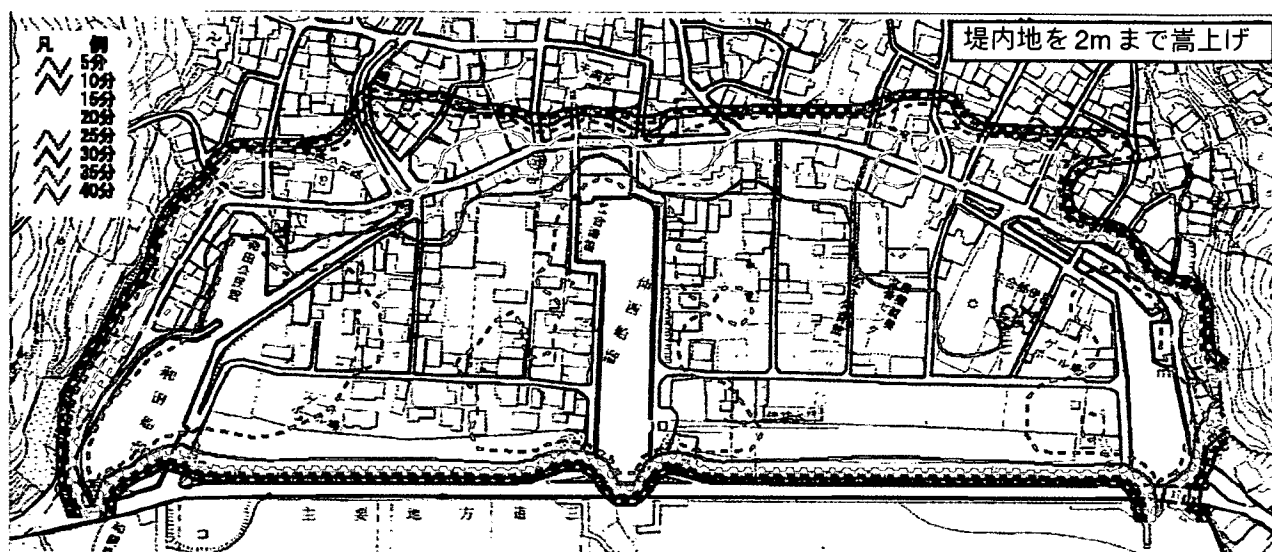
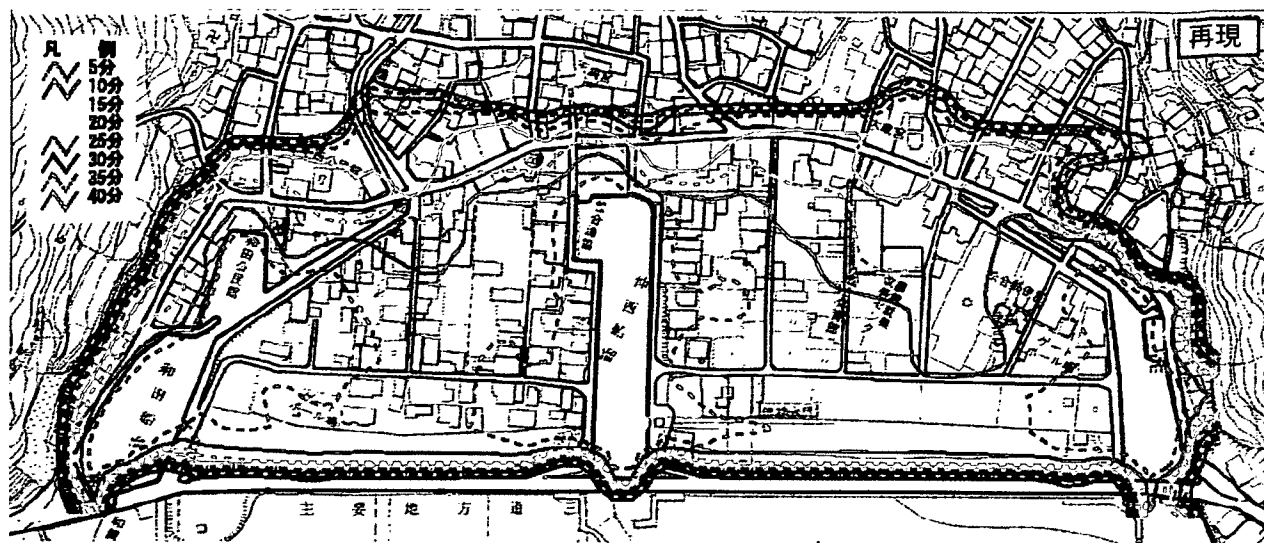


図-3. 12 嵩上げによる洪水到達時間の変化

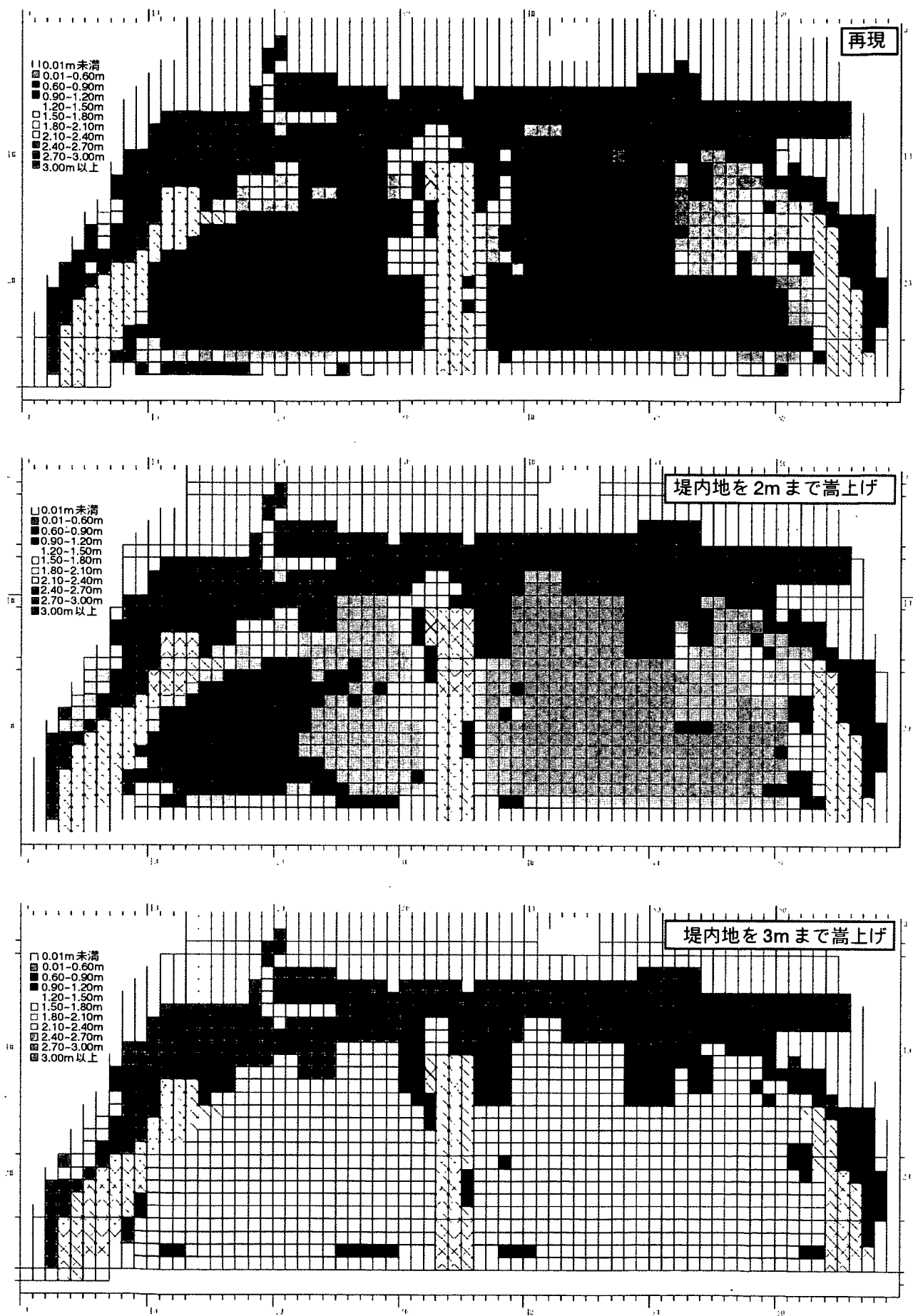


図-3. 13 嵩上げによる最大浸水深の変化

4. 高潮危険度の評価

4. 1 概要

本章では、高潮による人的被害を最小化することを目的として、高潮の危険度として表示すべき情報について検討した上で、高潮に対する地域防災の検討に役立つ高潮危険度の評価手法を検討した。さらに、検討の結果得られた評価手法を用いてケーススタディを行った。

4. 2 危険度として表示すべき情報の検討

洪水ハザードマップにおいて危険度として表示されている情報としては、表-4. 1のように最大浸水深、最大流速、最大流体力、〇cm浸水到達時間がある。以下、これらの情報について考察する。

(1) 最大浸水深

最大浸水深には、既往災害時の浸水深と、氾濫シミュレーションに得られる想定最大浸水深がある。これにより家屋や避難路がどこまで水に浸かるのかわかるため、避難の必要性や避難路の歩行可能性を認識することができる。

既往災害時の浸水深は、当時の海岸保全施設の整備状況、外力の規模に左右されるため、潜在的な災害の危険性を過小評価する恐れがある。しかし、実際に発生した現象なので、住民に防災学習に対するインセンティブを与えるには有効である。また、防災担当者が、被災時の住民や防災担当者の行動を学習し、実際に発生した事態を基にさらに万全な対策を検討することが可能である。

想定最大浸水深は、氾濫シミュレーションによって得られる情報である。氾濫想定が現実的と感じられれば、住民の災害ポテンシャルの理解が進むと考えられる。しかし、住民にとって非現実的と思われる想定であっても発生する可能性があることから、こうした現象に対する理解度を向上させる必要がある。さらに、想定を超える事態が発生する可能性を念頭に置く必要がある。

また、地盤高は、潮位との差から概略の最大浸水深を想定することができる重要な情報である。地盤高データは既に整備されており、容易に入手できる。しかし、住民にとっては、海岸保全施設がある程度整備されている状態では、災害ポテンシャルとして理解し難い面があると考えられる。

(2) 最大流速、最大流体力

最大流速および最大流体力は、氾濫シミュレーションにより得られる情報である。流速と歩行可能性との関係が明らかになっていることから、最大流速により避難路の歩行可能性を評価することができる。また、流体力と家屋被害との関係が明らかになっていることから、最大流体力により家屋被害の想定および避難の必要性を評価することができる。

想定氾濫流速および想定氾濫流体力は、想定された条件下における氾濫シミュレーションによって得られる情報であるため、想定を超える事態が発生する可能性を念頭に置く必要がある。

(3) 〇cm浸水到達時間

〇cm浸水到達時間は、氾濫シミュレーションによって得られる、海水が堤内地に流入し始めてから浸水深が〇cmに到達するまでの時間を示している。浸水深を0.1cmなどとすれば想定浸水到達時間に、浸水深を50cmなど床上浸水となる水深とすれば想定床上浸水到達時間となる。歩行ができなくなる浸水深に達する時間がわかれば、避難可能となる避難開始のタイミングの目安がわかる。また、想定床上浸水到達時間は床上浸水となる領域も情報として含んでいるので、避難の必要性についても評価できる。

想定最大浸水深などと同様に、想定を超える事態が発生する可能性を念頭に置く必要がある。

高潮ハザードマップは、高潮による人的被害を最小限に食い止めることを目的としているので、少なくとも避難の必要性の有無を示す必要がある。避難の必要性は、最大浸水深や最大流体力により評価することができる。しかし、避難が必要なことがわかって、安全に避難を終えることができる避難開始のタイミングがわからなければ、事前避難が実現しない。〇cm浸水到達時間はそのタイミングの目安を示すが、ハザードマップには避難開始のタイミングを具体的に表示した方が住民にはわかりやすいと考えられる。

4. 3 危険度評価における避難行動の設定

避難開始のタイミングを検討するには、高潮時の避難行動を明らかにする必要がある。とくに、住民が避難を決意するのはどのような状況になった時なのか、また避難を決意してから身仕度をして家を出るまでにどれだけの時間がかかるのかなど、避難行動の開始時期や準備時間の実態を把握する必要がある。

高潮時の避難行動に関する調査事例はほとんどないので、ここでは河川の洪水氾濫災害時の避難行動に関する調査事例から、危険度評価における避難行動の設定について検討する。

4. 3. 1 避難を決意するきっかけ

昭和63年の緑川水系御船川洪水では、浸水の様子から判断したケースが6割と、避難命令の2割と比べて多かった¹⁾。また、避難決意時の浸水状況は、床上浸水の方が床下浸水より圧倒的に多かった¹⁾。

平成7年の関川水害では、松村地区では半数以上の世帯が浸水、雨、川の様子から自分で判断したのに対して、月岡・木島地区では半数以上が避難命令によって避難を決意していた²⁾。

これらのことから、河川の洪水氾濫災害では、床上浸水より避難勧告の方が遅かった場合、床上浸水が避難決意のきっかけとなっていることがわかる。

4. 3. 2 避難準備時間

昭和63年の緑川水系御船川洪水では、避難準備時間（避難を決意してから家を出発するまでの所要時間）は、5分以内の人が62.5%、10分以内の人が77.1%であったが、30分以上の人でも12.5%いた¹⁾。

平成7年の関川水害では、避難準備時間は、松村地区で平均36分、月岡・木島地区で24分であった²⁾。また、

避難命令を受けてから家を出発するまでの時間（避難命令を受けてから避難を決意するまでの時間＋避難準備時間）は、松村地区で平均98分、月岡・木島地区で45分であった²⁾。

以上のことから、避難準備時間は5分以内から30分以上とばらついていることがわかる。

4. 4 評価方法

高潮危険度の評価は、図－4. 1のようなフローで行うことができる。まず、地形、人口分布、避難場所・避難路、浸水実績等の高潮危険度に関わる情報を収集する。つぎに、潮位等の外力を境界条件として設定して氾濫解析を行い、最大浸水深や〇cm浸水到達時間等を求める。その後、住民の避難行動について解析を行い、避難の必要性や安全性を評価する。最後に、氾濫解析や避難解析の結果を危険度として表示する。

このフローにおいて検討しなければならないのは、氾濫解析における外力および破堤条件の設定と、避難解析における避難の必要性および安全性の評価方法である。以下、これらについて考察する。

4. 4. 1 氾濫解析

海岸に設置されている堤防・護岸は、計画波浪に対して必要な高さと余裕高を計画潮位に加えた高さを天端高として設計されている。このため、計画以下の潮位や波浪では、越波することはあっても、堤防・護岸を海水が完全に越流することはない。しかし、潮位が計画値をはるかに上回る場合、あるいは計画以下の潮位であっても破堤が生じる場合、海水が堤防・護岸を越流して堤内地に流入することになる。とりわけ破堤は、堤内地への海水流入を著しく増加させ、浸水域や浸水深の増大、洪水到達時間の減少を引き起こす。

計画潮位は既往最大潮位、もしくは朔望平均満潮位に計画規模の最大潮位偏差を加えた潮位をもとに設定されている。このため、計画潮位をはるかに上回る潮位の出現確率は著しく低く、そのような潮位を氾濫解析において境界条件として設定することは現実的ではない。

海岸に設置された堤防・護岸の多くは、越波や越流による浸食を防ぐため、表のり、天端、裏のりともコンクリート等で被覆されていることが多いため、堤防・護岸を海水が越流しても越流区間全てが破堤するとは考えにくい。しかし、海岸には樋門等の横断構造物が設置されており、このような箇所から波力により損傷していく可能性は否定できない。また、高潮時に漂流している船舶が衝突することにより、堤防・護岸が損傷を受ける可能性もある。

そこで、氾濫においては、潮位が堤防・護岸の天端高と同じ高さになった時、あるいはそれ以下でもピークに達したときに堤防・護岸が破堤するケースを想定することとした。図－4. 2のように、破堤は対象海岸のどこか1箇所で生じるものと仮定し、その破堤箇所を沿岸方向に移動させて氾濫解析を行い、あらゆる破堤箇所に対して堤内地の各点がもっとも危険となる時の最大浸水深、洪水到達時間を求めることとした。

4. 4. 2 避難の必要性および安全性の評価

高潮氾濫により家屋が浸水することが予想される場合、浸水する前に安全な場所へ避難する必要がある。避難の必要性は、最悪の高潮氾濫を想定した氾濫解析により得られる最大浸水深で評価できる。台風接近時

は風雨が強まることが多く避難には危険が伴うので、風雨が強まる前に避難することが望ましいことはいうまでもない。

しかし、海岸の背後に低平地が広がる地域では、海水が堤内地に流入し始めてから想定浸水域全体に広がるのに1時間以上かかることが予想され、万一避難行動の開始が遅れても海岸から離れた地区では避難が成功する可能性が高い。このような地域では、海岸から離れることにより、最大浸水深はあまり変わらないものの、洪水到達時間が長くなるため、危険度は低減していくものと考えられる。洪水到達時間は相対的な危険度の指標に過ぎないが、避難所の整備等の地域防災の検討にあたっては重要な情報である。

そこで、氾濫解析で得られた最大浸水深と洪水到達時間をもとに、人的被害に対する相対的な危険度を図-4.3および表-4.2に示された基準で評価した。まず、最大浸水深が床上となる地点を要避難区域とする。その中でも、浸水時にも全てが冠水せず、流出することもない住宅であれば、危険度Dとして避難を必要としないものとする。それ以外の要避難区域については、堤防から海水が溢れはじめた時点で避難を開始すると仮定し、避難に要する時間と洪水到達時間とを比較し、洪水到達時間の方が長ければ危険度Cとする。洪水到達時間の方が短い場合は、堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を開始すると氾濫流に追いつかれるが、追いつかれても避難路の浸水深が小さければ避難可能な場合がある。そこで、高潮氾濫時でも歩行可能な避難路まで到達できるかどうかを基準にして、さらに危険度を分けた。また、危険度Cについては、各世帯で浸水に気づいた時点で避難を始めた場合に安全な避難路に到達できるかどうかを基準にして、さらに危険度を分けた。

この評価法では、堤内地における避難所等の整備や住宅の耐水化の効果を評価することができる。たとえば、高潮氾濫時に水没しない安全な避難所が危険度AあるいはBの領域に整備されると、避難時間が短縮されるのでその避難所の周辺は危険度C+あるいはC-となる。また、高潮氾濫時でも歩行可能な浸水となる安全な避難路が危険度Aの領域に整備されると、その避難路の周辺は危険度Bとなる。二線堤は、洪水到達時間を遅らせることだけでなく、避難路としての活用が可能なことから、危険度を低減することになる。また、高層化・耐水化により危険度A～C-の住宅地は危険度Dとなる。

4.4.3 危険度の表示

これまで述べてきた危険度区分は防災担当者が必要とする詳細な情報ではあるが、住民にとっては細かい情報と考えられる。そこで、表-4.2のように、危険度A～C+を事前避難が必要な地域、危険度C-を各地域で浸水し始めたら避難が必要な地域、危険度D～Eを自宅待機でも大丈夫な地域としてハザードマップに表示することとする。その際、二線堤など浸水過程に影響する線状の構造物や、地区区分などに基づいて浸水域を区分し、区分された領域の平均的な危険度を表示することが望ましいと考えられる。

4.5 有明海岸における危険度評価

前節で提案した評価手法を用いて、実際の海岸を対象に評価を試みた。ケーススタディの対象は、佐賀県の有明海岸芦刈工区である。この海岸は有明海に注ぐ六角川河口に位置しており、その背後には低平地が広

がっている。この工区は、計画対象となっている台風5914号により幅20mの破堤が生じるなど、高潮に対して万全の対策が必要な工区の一つである。

4. 5. 1 氾濫解析

氾濫解析は二次元不定流モデルにより行った。台風5914号が有明海岸に対してもっとも危険となる経路を進行したときの潮位を計算し、それを氾濫解析の境界条件として与えた。その潮位を図-4. 4に示す。図-4. 5のように、破堤幅50mの破堤箇所を11箇所(a~k)仮定し、そのうちの1箇所で潮位のピーク時に破堤が生じた際の洪水到達時間、最大浸水深を求めた。計算格子サイズは50m四方である。破堤箇所では、破堤時に背後地盤高まで破堤するものとして、本間の越流公式により求められる流入があるものとした。

11ケースの氾濫解析の結果から、堤内地の各点における最短の洪水到達時間、最大の浸水深を抽出し、それぞれ氾濫流時間到達図および最大湛水深図として表示した。図-4. 6を見ると、地図の下方に位置する住ノ江地区では破堤5分後に、地図中央右側に位置する新村地区では破堤30分後に、住ノ江地区の北に位置する弁財地区および永田地区では破堤60分後に、地図中央の芦刈中学校周辺では破堤120分後に洪水が到達していることがわかる。弁財地区と住ノ江地区の間には二線堤が東西に延びており、これが洪水到達を遅らせている。一方、最大湛水深を示した図-4. 7を見ると、浸水域の多くが浸水深0.5m以上となっていること、地図下方の沿岸部では浸水深が3m以上となっていることがわかる。

4. 5. 2 避難の必要性および安全性の評価

高潮危険度の評価は、避難準備時間を0分、10分、30分、60分と変えて行った。なお、避難速度は河川災害時の実績を参考にして $1.5\text{km/h}^{2)}$ 、避難可能水深は成人女性が歩行可能とされている $50\text{cm}^{3)}$ 、家屋は全て平屋と仮定した。

図-4. 8のように、避難準備時間が0分の場合、二線堤より海側および破堤箇所aの周辺では危険度Aと判定され、最大浸水深が0.5-1.0mの浸水域の多くが危険度C-、最大浸水深が0.5m以下の浸水域は危険度Eと判定された。地区別に見ると、住ノ江地区は危険度A、弁財地区、永田地区、新村地区、芦刈中学校周辺は危険度C-と判定されていた。図-4. 9のように、避難準備時間が10分になると、洪水到達時間が短い新村地区のように危険度がC-からC+に上昇する領域が見られる。さらに、図-4. 10のように、避難準備時間が30分になると、危険度がC+あるいはC-からBに上昇する領域が二線堤の内陸側で見られる。図-4. 11のように、避難準備時間が60分になると、危険度Aの領域が大きく広がるとともに危険度Bあるいは危険度C+の領域が内陸側に移動している。その結果、住ノ江地区および新村地区は危険度A、弁財地区、永田地区は危険度B、芦刈中学校周辺は危険度C+となった。

このように、避難準備時間が長くなると、危険度C-以上の領域では洪水到達時間が短い領域から危険度が上昇していくことになる。

避難準備時間が30分の場合の結果を、表-4. 2の基準で再整理した結果を図-4. 12に示す。参考のため、最大浸水深もコンター表示した。図-4. 10を見ると、弁財地区の宅地は危険度C-であったが、地区南部の農地で危険度B以上となっていたため、地区内でもっとも大きい危険度を考慮して、弁財地区は「事

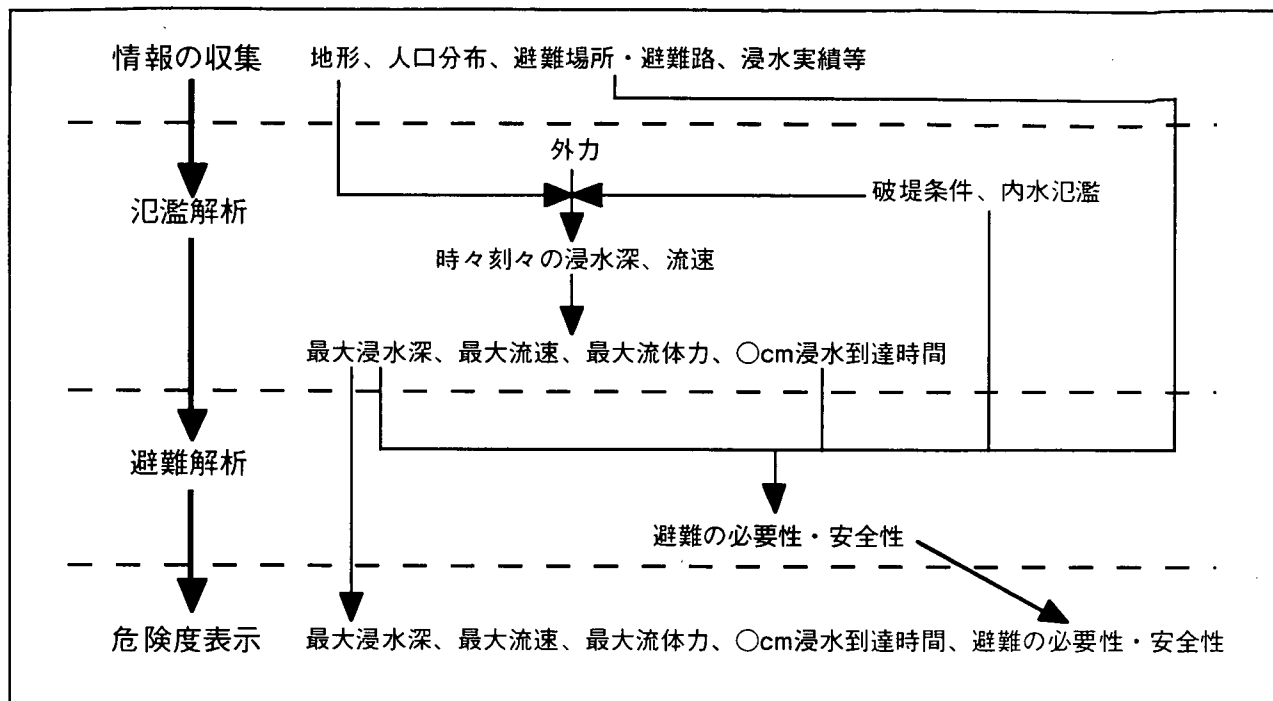
前避難が必要な地域」と評価されている。

4. 6 まとめ

本章で示した評価手法により、高潮危険度を評価できることが芦刈工区でのケーススタディを通して確かめられた。しかし、破堤や避難準備時間等の設定は、高潮災害の事例が少ないことから河川の洪水氾濫災害の実態に準じているので、さらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 吉本俊裕・須見徹太郎・永友嘉嗣(1990)：水害時の避難行動に関する調査報告書 ー緑川水系御船川昭和63年5月洪水における避難行動ー，土木研究所資料，第2862号，102p.
- 2) 栗城稔・末次忠司(1996)：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.6，pp.61-64.
- 3) 亀井勇(1984)：台風に対して，天災人災 住まいの文化誌，ミサワホーム総合研究所，pp.230-233.

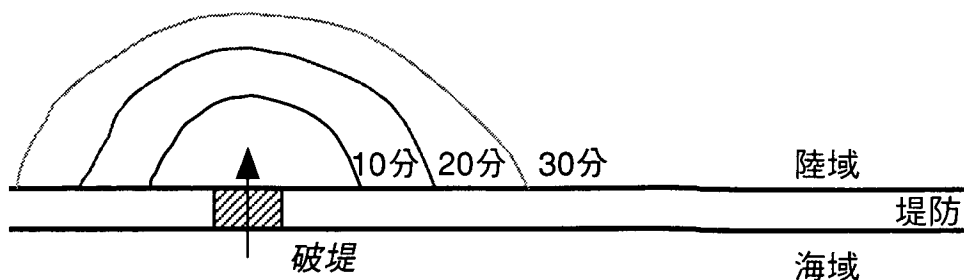


図－4．1 高潮危険度の評価フロー

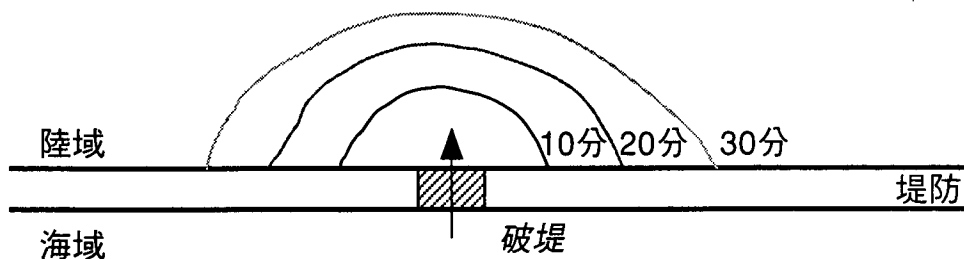
表－４．１ 危険度として表示される情報

	わかること	わからないこと	防災への活用
最大浸水深	避難の必要性、避難路の歩行可能性	避難可能となる避難開始のタイミング、家屋の流出の可能性	災害ポテンシャルと避難の必要性に関する住民の理解、防災担当者による避難誘導や復旧活動の想定
最大流速	避難路の歩行可能性	避難の必要性、避難可能となる避難開始のタイミング、家屋の流出の可能性	避難路の安全性に関する住民の理解、二線堤等の氾濫流制御施設の配置
最大流体力	家屋の流出の可能性→避難の必要性	避難路の歩行可能性、避難可能となる避難開始のタイミング	家屋被害の想定、二線堤等の氾濫流制御施設の配置
○cm浸水到達時間	避難の必要性、避難路の歩行可能性、避難可能となる避難開始タイミングの目安	家屋の流出の可能性	避難開始時期に関する住民の理解、防災担当者による避難勧告等の情報提供の時期、二線堤等の氾濫流制御施設の配置

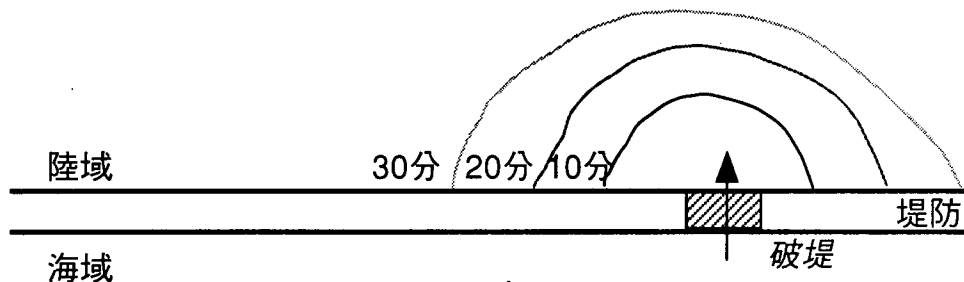
想定破堤箇所①の時の洪水到達時間



想定破堤箇所②の時の洪水到達時間

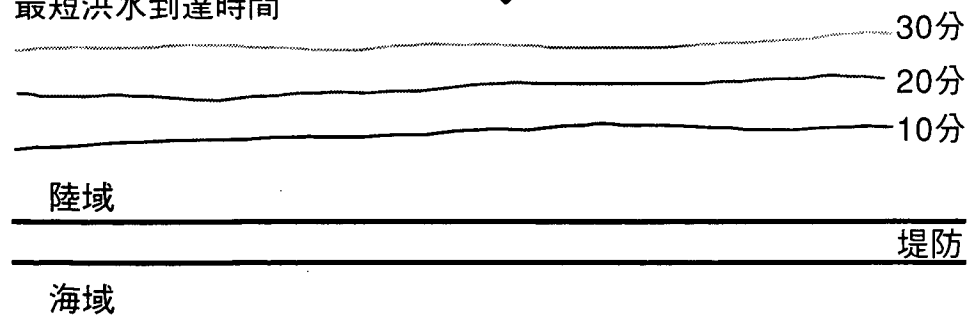


想定破堤箇所③の時の洪水到達時間

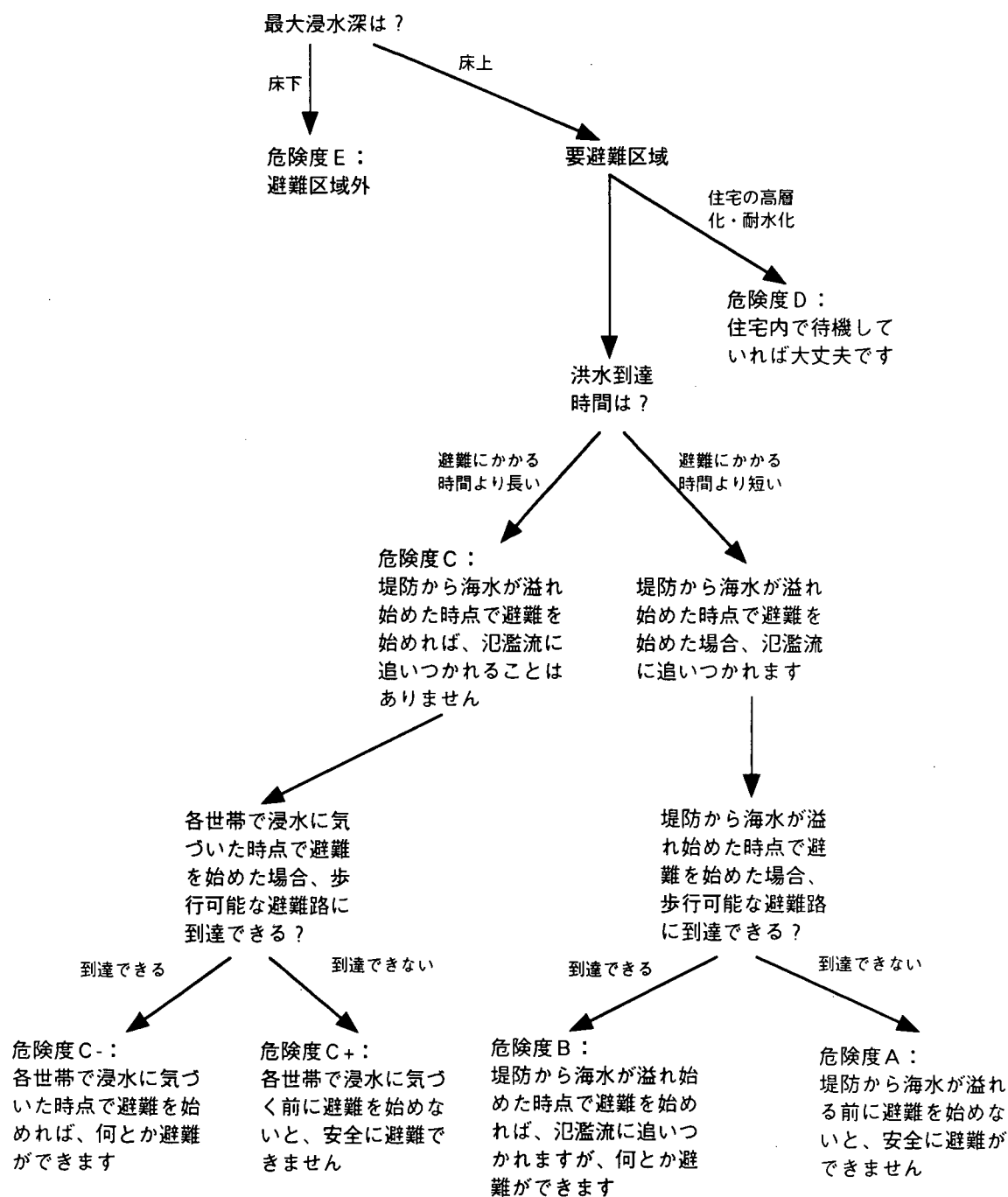


これらの結果から、堤内地の各点について最短の洪水到達時間を抽出

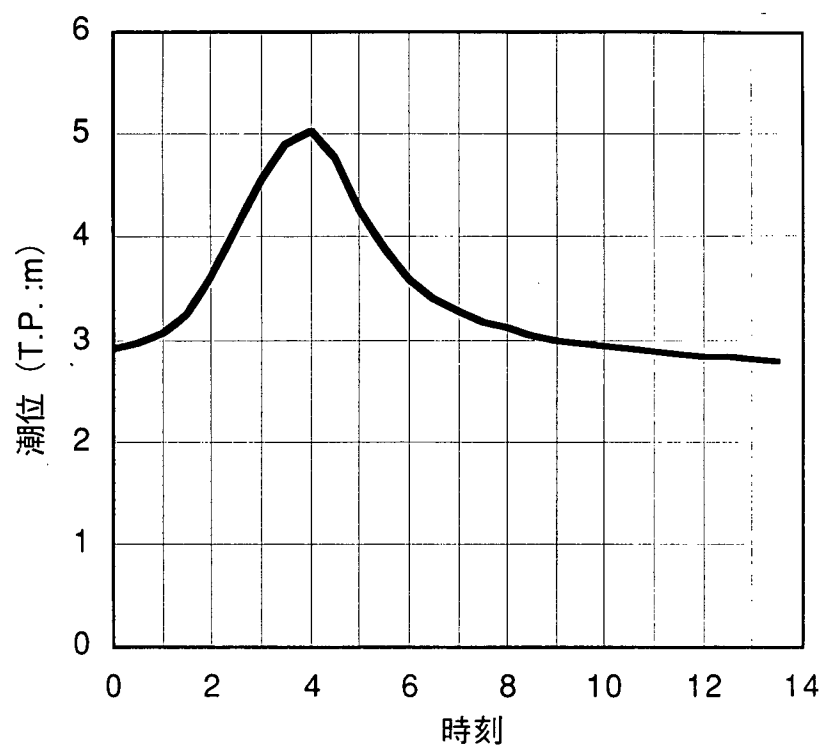
最短洪水到達時間



図－4．2 最短洪水到達時間の求め方



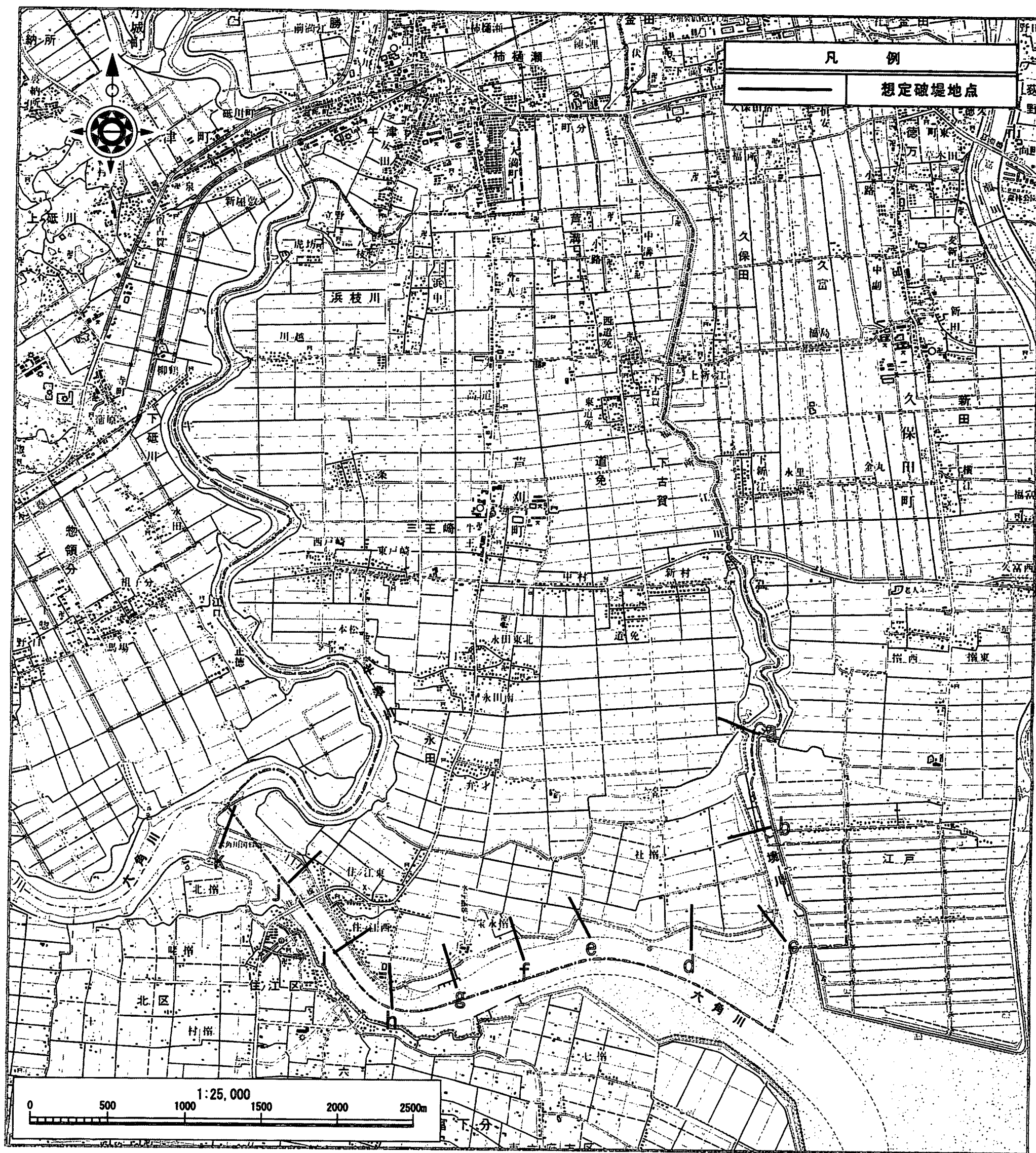
図一 4 . 3 高潮危険度の評価フロー



图— 4. 4 潮位

表－４．２ 高潮危険度評価の基準

危険度	最大浸水深	住宅	洪水到達時間	各世帯で浸水に気づいた時点で避難を開始した場合	対応	望ましい避難形態
A	床上浸水以上		避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より短い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始める前に避難を始めないと安全に避難できない。	事前避難
B	床上浸水以上		避難所までの移動時間より短い、歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれるものの、何とか避難できる。	
C+	床上浸水以上		避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれることはない。しかし、各世帯で浸水に気づく前に避難を始めないと、安全に避難できない。	
C-	床上浸水以上		避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できる	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれることはない。各世帯で浸水に気づいた時点で避難を始めても、安全に避難できる。	自主避難
D	床上浸水以上	高層化・耐水化			住宅内で待機していれば大丈夫。	自宅待機
E	床下浸水				避難する必要なし。	
(なし)	浸水なし				避難する必要なし。	



計算ケース	破堤地点	想定破堤幅 (m)	想定破堤敷高 (T. P. +m)	計算ケース	破堤地点	想定破堤幅 (m)	想定破堤敷高 (T. P. +m)
1	a	50	1.0	8	h	50	0.9
2	b	50	1.0	9	c	500	1.0
3	c	50	1.0	10	f	500	0.9
4	d	50	1.0	11	h	500	0.9
5	e	50	0.9	12	i	50	2.0
6	f	50	0.9	13	j	50	2.0
7	g	50	0.9	14	k	50	2.0

図-4. 5 破堤箇所の設定

[凡 例]

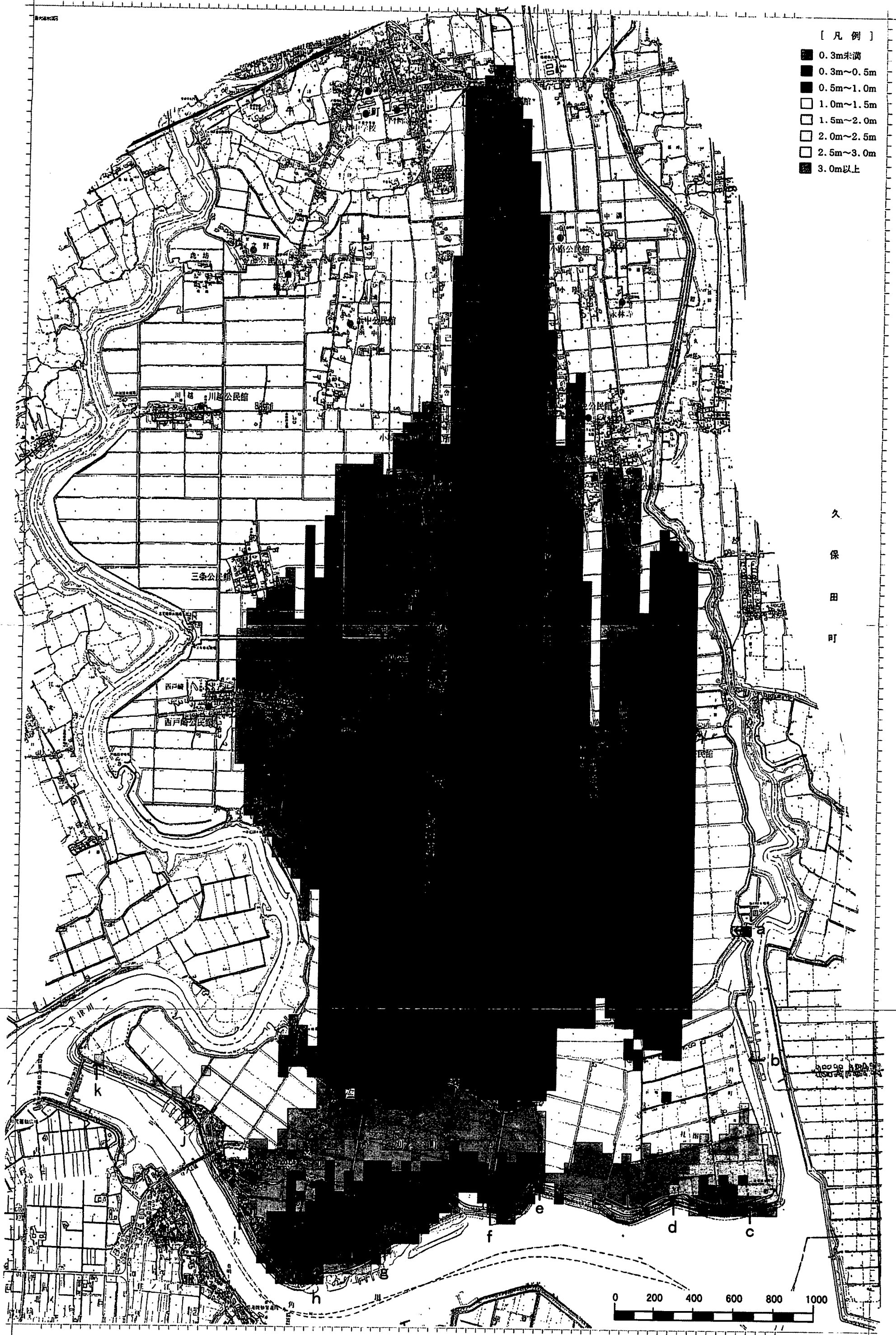
最短時刻到達ライン

5分
 10分
 20分
 30分
 60分
 120分
 240分

久保田町

0 200 400 600 800 1000

図-4.6 洪水到達時間



図一4. 7 最大浸水深

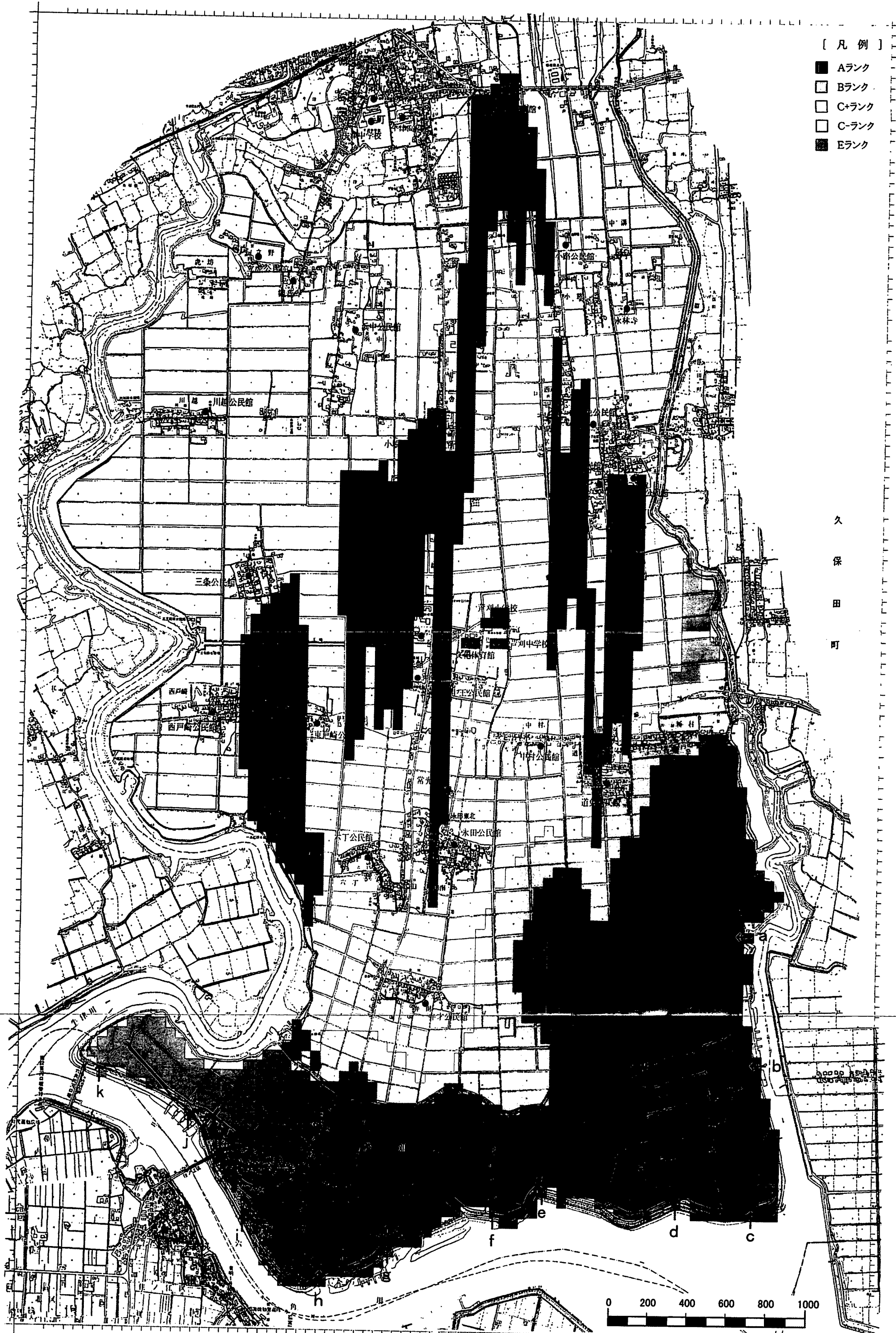
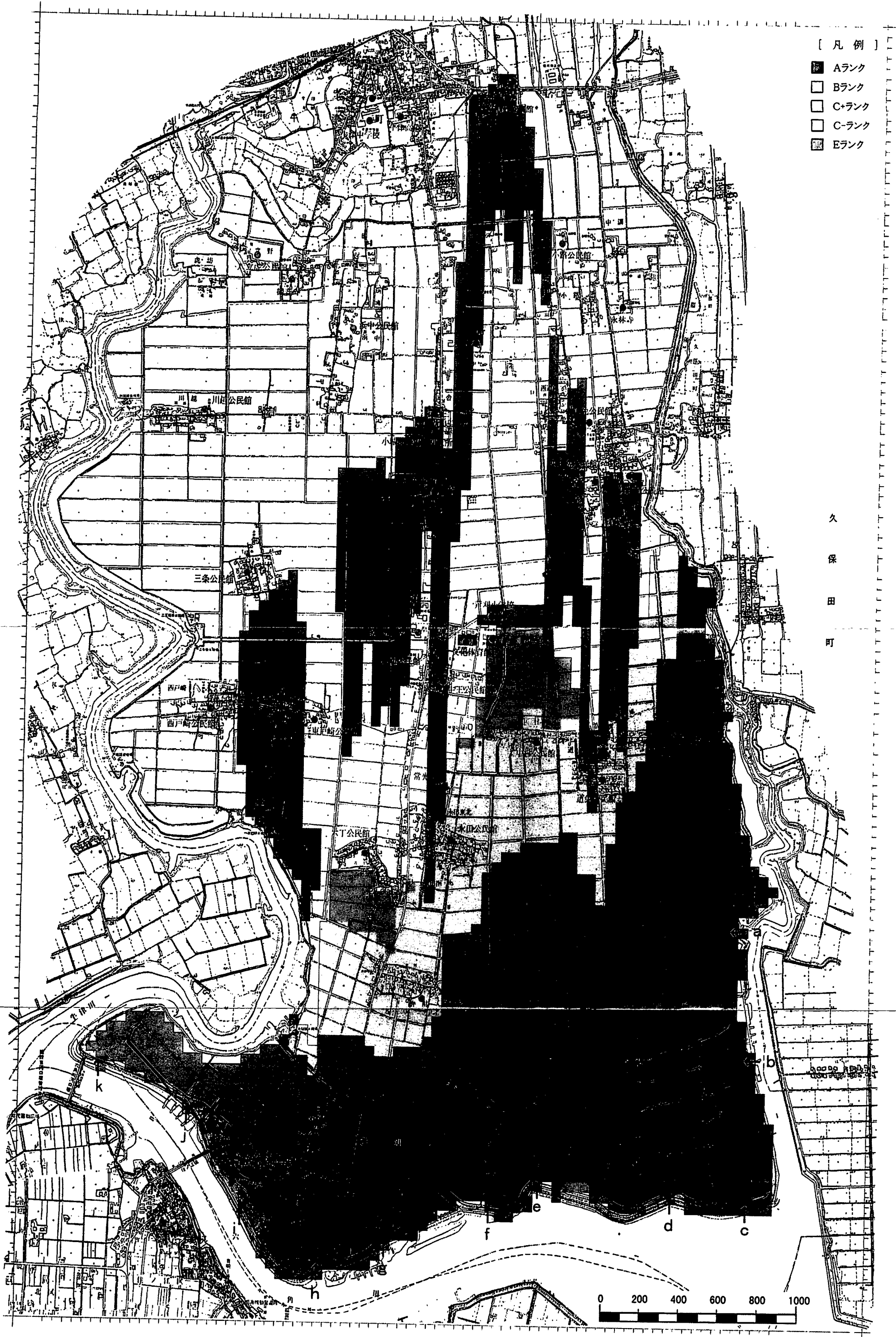


図-4.10 高潮危険度（避難準備時間：30分）



- [凡 例]
- Aランク
 - Bランク
 - ▨ C+ランク
 - ▧ C-ランク
 - ▩ Eランク

久保田町

図-4. 11 高潮危険度 (避難準備時間: 60分)

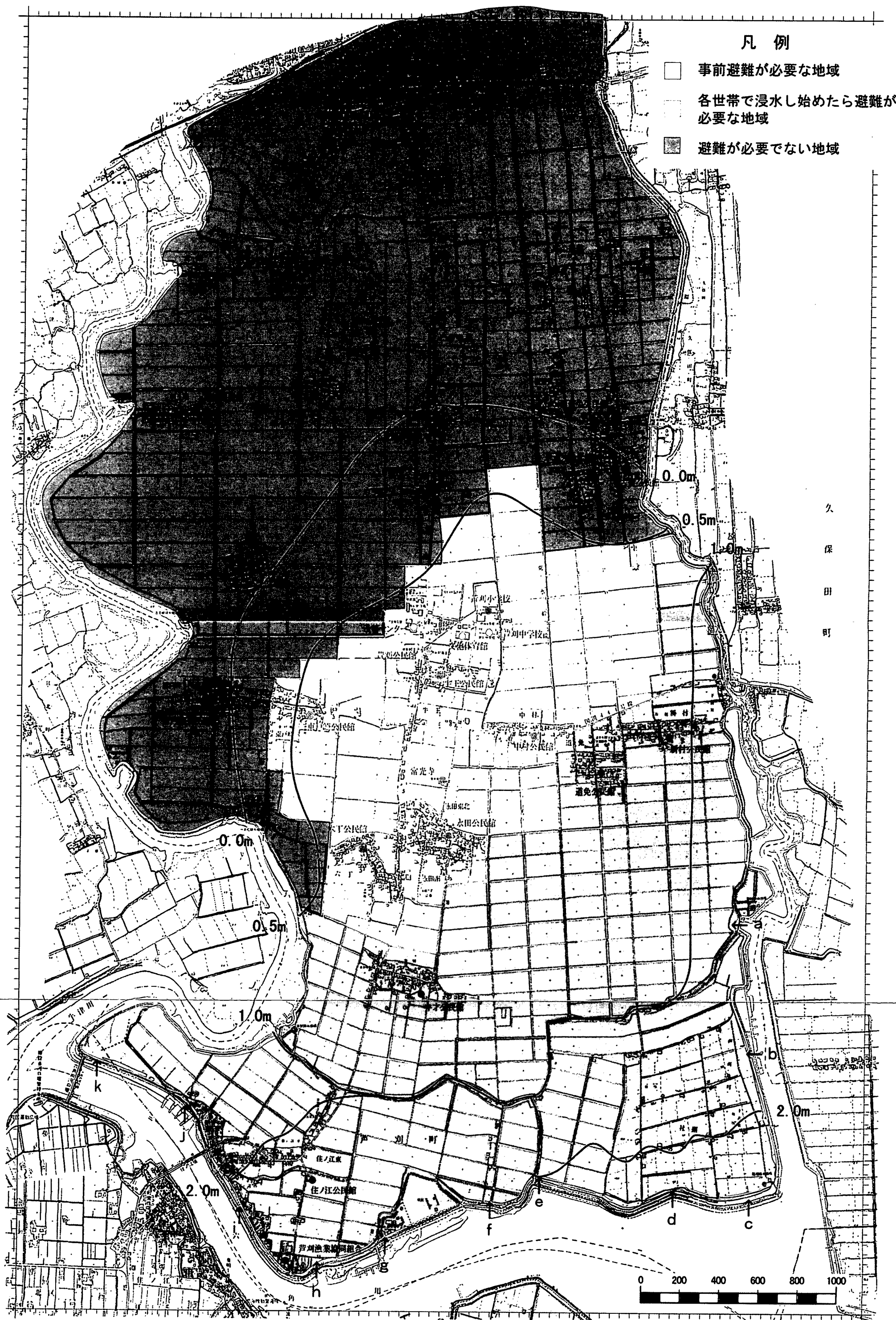


図-4. 1 2 高潮ハザードマップ（避難準備時間：30分）

5. 高潮による一般資産の被害率の推定

5. 1 概要

高潮対策事業の事業評価においては、事業を行うことにより浸水を防止することによる効果を便益として算定している。この算定においては、事業を行わなかった際に想定される浸水域の資産を評価し、被害率を勘案して被害軽減額を求めている。現在用いられている被害率は、高潮による浸水被害の調査事例がないため、河川災害の調査結果に準じたものである。

1999年9月の台風18号による高潮は、八代海や周防灘の沿岸で広範囲で浸水が生じた近年稀にみる大規模な高潮災害であった。そこで、この高潮による一般資産の被害率の測定を行った。

5. 2 海岸事業の費用対効果分析

「海岸事業の費用対効果分析手法」では、海岸事業の便益は以下の3項目に大別されている。

・浸水防護便益

高潮、波浪、津波等による浸水から背後地の試算等を守ることにによる便益

・侵食防止便益

海岸侵食による土地消失や資産被害が防止・軽減されることにによる便益

・海岸利用・海岸環境保全便益

海岸保全、海岸環境整備により、利用促進されること、自然環境・生活環境等が整備・保全されることなどによる便益

このうち、浸水防護便益については、浸水が予想される地域（想定浸水地域）内の一般資産、農作物、公共土木施設、公益事業等の資産を評価し、被害率を勘案して被害軽減額を代替法により算定することになっている。

5. 3 被害率の算定方法

一般資産の被害率の算定は、栗城ら（1995）を参考にして以下のような方法で行う。

(1) 家屋

$$\text{被害率} = \sum_i \left\{ \sum_j (Db_{ij} \times Lb_{ij}) \times Pb_i \right\} \quad (5 \cdot 1)$$

ここで、 Db_{ij} ：部分別損傷程度別被災数量（当該被害があった場合1，なかった場合0）、 Lb_{ij} ：部分別損傷程度別損耗率、 Pb_i ：部分別価値構成比、 i ：家屋の構成部分（基礎、外壁、床など）、 j ：損傷程度である。このうち、部分別損傷程度別損耗率および部分別価値構成比については、栗城ら（1995）の調査結果を用いた。部分別価値構成比については、木造家屋、非木造家屋毎の平均値を用いた。表－5. 1～3に、被害率

の算定に用いた部分別損傷程度別損耗率および部分別価値構成比を示す。

(2) 家庭用品

被害率＝被害額÷所有資産額

$$= \sum_i \left\{ \sum_j (Df_{ij} \times Lf_{ij}) \times Pf_i \times Rf_i \right\} \div \sum_i (Tf_i \times Pf_i \times Rf_i) \quad (5 \cdot 2)$$

ここで、 Df_{ij} ：品目別浸水程度別被災数量、 Lf_{ij} ：品目別浸水程度別損耗率、 Pf_i ：再調達価額、 Rf_i ：経年残価率、 Tf_i ：品目別所有数量、 i ：品目、 j ：浸水程度である。このうち、品目別浸水程度別損耗率および再調達価額については栗城ら（1995）の調査結果を用い、経年残価率は一律0.75とした。

(3) 事業所償却資産

被害率＝被害額÷所有資産額

$$= \sum_k \sum_i \left\{ \sum_j (De_{kij} \times Le_{kij}) \times Pe_{ki} \times Re_{ki} \right\} \div \sum_k \sum_i (Te_{ki} \times Pe_{ki} \times Re_{ki}) \quad (5 \cdot 3)$$

ここで、 De_{kij} ：品目別浸水程度別被災数量、 Le_{kij} ：品目別浸水深別損耗率、 Pe_{ki} ：再調達価額、 Re_{ki} ：経年残価率、 Te_{ki} ：品目別所有数量、 i ：品目、 j ：浸水深、 k ：業種である。このうち、品目別浸水深別損耗率については栗城ら（1995）の調査結果を用い、経年残価率については国税庁の「耐用年数の適用等に関する取扱通達」に基づいて定額法により算出した。

(4) 事業所在庫資産

被害率＝被害額÷所有資産額

$$= \sum_k Di_k \div \sum_k Ti_k \quad (5 \cdot 4)$$

ここで、 Di_k ：業種別被害額、 Ti_k ：業種別所有資産額、 k ：業種である。

5. 4 実態調査

5. 4. 1 調査方法

台風9918号による被害が大きかった、熊本県不知火町および山口県宇部市で高潮被害に関するアンケート調査を実施した。不知火町では、全壊47棟、半壊27棟、一部破損738棟、床上浸水165棟、床下浸水101棟の住家被害があった。また、宇部市では、全壊13棟、半壊568棟、一部破損5,769棟、床上浸水286棟、床下浸水3,408棟の住家被害があり、総住宅被害数は山口県全体の約半分であった。調査期間は2000年6月2～6日である。

調査対象は、家屋、家庭用品、事業所償却資産、事業所在庫資産とした。浸水防護便益の算定において考慮されている農機具等の農家の資産については、両市町とも農作物を除いて農家の被害がほとんどなかった。

ので、今回の調査では対象としなかった。

調査対象者の選定にあたっては、死傷者が出た世帯や家屋が流出した世帯を避けた。現地調査では、調査対象者に調査依頼書を郵送した後、調査員が各戸を訪問して調査への協力をお願いした上で調査票を配布し、後日調査票を回収した。

調査には、栗城ら（1995）の調査票をそのまま用いた。この調査票では、各調査対象を以下のような形式で尋ねている。

（1）家屋

家屋の形式や築後年数、浸水深や土砂堆積深、浸水時間、流出部分の有無等を尋ねた後、屋根や外壁といった家屋の構成部分別に、4～6段階に設定した被害程度の中から該当するものを選択していただいた。調査票は、木造モルタル造を含む木造家屋用と非木造家屋用の2種類を用意した。

（2）家庭用品

28種類の家具・電気用品について、全所有数量、製品下半分が浸水した数量、製品全体が浸水した数量、流失あるいは廃品となった数量を記入していただいた。また、自動車およびバイク・スクーターについて、全所有数量、浸水深が50cm程度となった数量、浸水深が100cm程度となった数量、全体が浸水した数量、流失あるいは廃品となった数量を記入していただいた。さらに、幼児・小学生用のものを除く26種類の衣類等について、全所有数量、浸水した数量、流失あるいは廃品となった数量を記入していただいた。表一に対象品目を示す。

（3）事業所償却資産

業種や全所有資産額、被害額等を尋ねた後、全業種共通および業種毎に設定した機械・設備の全所有数量、新品の平均価格、平均経過年数、流失あるいは廃品となった数量、浸水程度別の数量、修理費を記入していただいた。

（4）事業所在庫資産

材料、原料、半完成品、製品、商品等の在庫品の総所有額と水害による被害額を帳簿価額で記入していただいた。

5. 4. 2 回答状況

表－5. 4のように、家屋については一般世帯と事業所を合わせて不知火町で90件、宇部市で163件、家庭用品については不知火町で70件、宇部市で143件、事業所の償却資産および在庫資産については不知火町で19件、宇部市で20件の回答が得られた。

（1）一般家屋・家庭用品

表－5. 5のように、世帯主の職業は、不知火町、宇部市とも、無職が多くを占める「その他」がもっとも多かった。また、宇部市ではサラリーマンの割合が高く、不知火町では自営業や農業の割合が比較的高かった。

表－5. 6は回答が得られた一般世帯の家屋の概況を示している。この表から以下のことを読み取ることができる。

- ・不知火町、宇部市とも、ほとんどの家屋が木造である。
- ・不知火町では約2/3が、宇部市では約1/2が2階建てで、残りはすべて平屋建てである。
- ・不知火町、宇部市とも、ほとんどの家屋には地階がない。
- ・不知火町のすべて、宇部市のほとんどの家屋が一戸建てである。
- ・不知火町、宇部市とも、ほとんどの家屋は専用住宅である。
- ・建築面積および延床面積は、不知火町、宇部市とも、約半数の家屋で100～200m²である。ただし、不知火町では不明および無回答の世帯が過半数であった。

- ・築後年数は、不知火町で30年以上の家屋がもっとも多く、宇部市では20～30年がもっとも多かった。
- ・家屋の評価額は不明および無回答が多いが、不知火町、宇部市とも1,000～2,000万円がもっとも多かった。

表－5．7 は一般世帯の家屋における浸水規模を集計したものである。両市町とも回答が得られた家屋の約半数が床上0～50cmであるが、不知火町では床上50cm以上の割合が比較的多く、宇部市では床下浸水の割合が多かった。

表－5．8 は、回答が得られた一般世帯の家屋の被害状況を集計したものである。不知火町の約6割、宇部市の約3割の世帯で家屋内に土砂が堆積した。また、浸水時間は、不知火町、宇部市とも多くの世帯で6時間以下であったが、24時間以上の世帯も少なからずあった。家屋の一部が流出した世帯の割合は、宇部市より不知火町の方が多かった。

(2) 事業所家屋

表－5．9 は回答が得られた事業所の家屋の概況を示している。この表から以下のことを読み取ることができる。

- ・不知火町、宇部市とも、半数以上が木造である。
- ・不知火町では7割が、宇部市では約5割が2階建てで、残りはすべて平屋建てである。
- ・不知火町、宇部市とも、地階のある事業所はない。
- ・不知火町のすべて、宇部市のほとんどの事業所が一戸建てである。
- ・用途は、不知火町、宇部市とも、店舗や事務所、工場・作業所が多い。
- ・建築面積および延床面積は、不明および無回答の事業所が多かったものの、宇部市の方が不知火町より大きい。
- ・建物評価額および建物被害額については、約半数の事業所から回答が得られた。

表－5．10 は、回答が得られた事業所での浸水深を集計したものである。不知火町、宇部市とも、ほとんどが床上浸水であった。

表－5．11 は、回答が得られた事業所の家屋の被害状況を集計したものである。不知火町の約4割、宇部市の約2割の事業所で家屋内に土砂が堆積した。また、浸水時間は、不知火町、宇部市とも、6時間以下がもっとも多かったものの、24時間以上が1/4程度あった。家屋の一部が流出した事業所は、不知火町で55%、宇部市で71%であった。

(3) 事業所償却・在庫資産

表－5．12 は回答が得られた事業所の業種を示している。不知火町、宇部市とも、卸・小売業・飲食店

や建設業、製造業が多かった。

表－５．１３は回答が得られた事業所における地階の有無を、表－５．１４は地階がある事業所での浸水対策の有無を示している。地階があるのは不知火町の２事業所のみで、浸水対策を行っている事業所はなかった。

５．４．３ 家屋被害の実態

図－５．１は家屋の浸水深を集計したものである。両市町とも回答が得られた家屋の約半数が床上０～５０ｃｍであるが、不知火町では回答が得られた家屋の約４割が床上５０ｃｍ以上となったのに対して、宇部市では床下浸水の割合が多かった。

図－５．２は家屋の浸水時間を集計したものである。両市町とも、回答が得られた家屋の６～７割が６時間以下の浸水であったが、約３割は２４～７２時間という長い浸水であった。

図－５．３は家屋の土砂堆積深を集計したものである。不知火町では回答が得られた家屋の約４割で１０ｃｍ未満の土砂堆積があり、６％の家屋では５０ｃｍ以上の土砂堆積があった。これに対して、宇部市では土砂が堆積した家屋は約３割で、その多くが３０ｃｍ未満の土砂堆積であった。

図－５．４および５．５は、不知火町および宇部市における浸水深毎に家屋の土砂堆積深を整理したものである。両市町とも、床下浸水でも２割の家屋で土砂堆積が生じている。床上浸水になると、不知火町では床上５０ｃｍ未満でも８割の家屋で土砂が堆積しているのに対し、宇部市では回答数が多い床上１００ｃｍ未満においては不知火町より土砂が堆積した家屋の割合が小さかった。なお、浸水時間と土砂堆積深との関係についても同様の整理を行ったが、土砂堆積が生じた家屋の割合は、不知火町、宇部市とも、６時間以下の浸水と２４～７２時間の浸水との間でほとんど差はなかった。

以上のことから、浸水時間は大きな差がないものの、宇部市より不知火町の方が、浸水深が大きく、床上浸水時の土砂堆積深が大きかったことがわかる。

５．４．４ 家庭用品被害の実態

図－５．６～８は、家庭用品を家具・電気用品、自動車およびバイク・スクーター、衣類等に分けて、浸水深毎に不知火町および宇部市での被害状況を整理したものである。

家具・電気用品は、床下浸水では１～２割しか浸水被害が出ていないが、床上５０ｃｍ未満浸水では３～５割、床上５０～１００ｃｍでは７割程度、床上１００～２００ではほとんど全てと、浸水深の増加とともに浸水被害の割合が増加している。流失・廃品の割合も床上浸水になると急増している。床下浸水での被害の割合は不知火町が大きい。床上１００ｃｍ以上では宇部市においてはほとんどが流失・廃品となっている。

自動車等は、床下浸水でも不知火町では８割以上が浸水し、その多くが流失・廃品となったのに対し、宇部市では浸水の割合は６割程度であった。また、不知火町では浸水や流失・廃品の割合は浸水深によらないが、宇部市では浸水深の増加とともに浸水被害の割合は増加している。

衣類等は、床下浸水では宇部市で１．５割しか浸水被害が出ていないが、床上５０ｃｍ未満浸水では２～３割、床上５０～１００ｃｍでは５割、床上１００～２００では８～９割と、浸水深の増加とともに浸水被害の割合が増加している。

流失・廃品の割合は不知火町、宇部市とも床上50cm以上になると急増している。

以上のことから、床下浸水では自動車等を中心に浸水被害が生じ、床上浸水では浸水深の増加とともに家具・電気用品の浸水被害が急増し、浸水深が床上50cm以上になると衣類等の流失・廃品の割合が急増することがわかる。

5. 4. 5 被害率の算定結果

(1) 現行被害率との比較

表-5. 1 5 および図-5. 9～1 2 は、今回の実態調査で得られた被害率を、現行の河川や海岸の事業評価で用いられている被害率とともに示したものである。河川災害における家屋の被害率は地盤勾配により3つに区分されているが、ここではそれらの平均値を示した。

家屋の被害率は、床下浸水では現行より若干高めだったものの、回答数が比較的多かった床上200cm以下の浸水では海岸での現行被害率より低く、河川での現行被害率とほぼ同程度であった。逆に、家庭用品の被害率は、床下浸水、床上浸水とも、河川や海岸での現行被害率よりはるかに大きかった。なお、事業所の償却資産や在庫資産については、回答数が少ないため算定された被害率のばらつきが大きいので、現行の被害率と比較できなかった。

図-5. 1 3 のように、家庭用品の被害率を家具・電気用品、自動車およびバイク・スクーター、衣類等に分けて算出すると、家具・電気用品や衣類等が浸水深の増加とともに被害が大きくなるのに対し、自動車等は浸水深によらず、かつ床下浸水でも被害が生じている。今回算定された家庭用品の被害率が現行より高かった理由の一つとして、自動車等の被害が生じたことが考えられる。

(2) 地域間の比較

図-5. 1 4 は、比較的回答数が多かった家屋と家庭用品の被害率に関して不知火町と宇部市を比較したものである。宇部市で回答が得られなかった床上浸水深200cm以上を除くと、床下浸水、床上浸水とも、家屋の被害率は両市町間でほとんど差がなかった。一方、家庭用品の被害率は、集計戸数が多い床上0～50cmと床上50～100cmでは、宇部市の方が若干高めであるものの大きな差はなかった。床下浸水における家庭用品の被害率が不知火町の方が著しく高いのは、不知火町の集計戸数が2戸と宇部市の31戸と比べて少ないため、集計結果の精度に差があるためである。以上のことから、同一浸水深帯における家屋および家庭用品の被害率は、不知火町と宇部市との間で大きな差はなかったと判断される。

(3) 河川災害との比較

図-5. 1 5 は、今回算定された家屋および家庭用品の被害率を、栗城ら(1995)により算定された河川災害の被害率と比較したものである。栗城ら(1995)が対象とした河川災害は、1993年8月の台風11号による埼玉県および東京都での水害、1993年8月の豪雨による山口県での水害、1993年8月および9月の豪雨による鹿児島県での水害である。家屋の被害率は、床下浸水について河川災害ではほとんど0なのに対して高潮災害では約5%、河川の実態調査の集計棟数が少ない床上浸水深200cm以上を除いた床上浸水については同程度であった。一方、家庭用品の被害率については、床下浸水、床上浸水とも高潮災害の方が高かった。その理由の一つとして、浸水家屋のうち水害時に家庭用品を移動させた割合が河川災害の34%と比べて高潮災害

では17%と低かったことなどから、浸水深の上昇が急激で家庭用品を移動する間がなかったことが考えられる。なお、今回の被害率の算定に用いた家屋や家庭用品の損耗率は、河川災害を想定したものであることから塩分の影響等は考慮されていないため、高潮災害への適用性について検証する必要がある。

5. 5 まとめ

熊本県不知火町および山口県宇部市で高潮による家屋、家庭用品、事業所償却資産、事業所在庫資産の被害に関する聞き取り調査を行い、各資産の被害率を算定するとともに、浸水状況と家屋や家庭用品の被害との関係を整理した。その結果得られた主な知見は以下のとおりである。

(1) 宇部市より不知火町の方が、浸水深が大きいとともに、同程度の床上浸水でも土砂堆積深が大きくなる傾向が認められた。

(2) 家庭用品の被害については、床下浸水では自動車等を中心に浸水被害が生じ、床上浸水では浸水深の増加とともに家具・電気用品の浸水被害が急増し、浸水深が床上50cm以上になると衣類等の流失・廃品の割合が急増していた。

(3) 今回算定された家屋の被害率は、現行の被害率より、床下浸水では若干高かったものの、浸水深が床上200cm以下の床上浸水では低かった。

(4) 今回算定された家庭用品の被害率は、床下浸水、床上浸水とも、現行の被害率よりはるかに高かった。家庭用品の中で、家具・電気用品や衣類等は浸水深の増加とともに被害が大きくなるのに対し、自動車等は浸水深によらず被害が生じていた。

(5) 埼玉県、東京都、山口県、鹿児島県での1993年の河川災害と比較すると、今回算定された家屋の被害率は、床下浸水では若干高く、床上200cm以下の浸水では同程度であった。また、家庭用品の被害率は、床下浸水、床上浸水とも今回の高潮災害の方が高かった。

参考文献

栗城稔・今村能之・小林裕明(1995)：水害被害の実態調査に基づく一般資産の被害率の推定，土木研究所資料，第3330号，282p.

農林水産省構造改善局・農林省水産庁・運輸省港湾局・建設省河川局(1998)：海岸事業の費用対効果分析手法(平成9年度版)，42p.

表－５．１ 部分別価値割合（栗城ら(1995)に加筆）

木造

部分	価値割合（％）
基礎	6.6
柱	10.9
屋根	17.4
外壁	13.8
内壁	7.3
天井	4.5
床	7.4
造作	11.8
建具	8.1
その他	12.2

非木造

部分	価値割合（％）
基礎	8.8
主体構造	28.5
外部仕上げ	7.9
内部仕上げ	6.2
床仕上げ	4.4
天井仕上げ	2.3
屋根仕上げ	3.3
造作	4.8
建具	9.1
電気設備	8.0
給水・排水・衛生設備	8.3
ボイラー・空調設備	7.2
その他	1.2

表－5. 2 木造家屋部分別損傷程度別損耗率（栗城ら(1995)に加筆）

部分		被害の程度											
		被害なし		2		3		4		5		6	
		被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)
基礎	布基礎	損傷無し	0	一部不同沈下	8	不同沈下20～30%未満	35	不同沈下30～50%未満	50	不同沈下30～50%程度	70	ほぼ全面的に不同沈下	100
	独立基礎	損傷無し	0	一部不同沈下	5	不同沈下20～30%未満	20	不同沈下30～50%未満	35	不同沈下30～50%程度	50	ほぼ全面的に不同沈下	80
柱		損傷無し	0	表面汚染	5	一部損傷 根もと一部腐朽	20	損傷30～70% 根もと20～50%腐朽	55	根もと70%腐朽 柱傾斜30分の1未満	80	根もと全面的腐朽 柱傾斜20分の1	100
屋根	瓦葺	損傷無し	0	軒先瓦等一部損傷	10	20～30%程度損傷	25	50%程度損傷	50	70%程度損傷	70	ほぼ100%損傷	100
	亜鉛鉄板葺	損傷無し	0	ペンキ剥離 さび発生	7	20～30%程度損傷	25	50～60%程度損傷	60	70～80%程度損傷	80	ほぼ100%損傷	100
	スレート葺 アスファルト シングル葺	損傷無し	0	表面汚染 一部亀裂	5	一部破損	15	50%未満破損 下地板50%程度破損	50	50～70%破損 下地板50～100%破損	80	屋根葺、下地板共にほぼ100%破損	100
	まさ葺	損傷無し	0	釘ゆるみ、まさ板一部破損	5	30%未満損傷 下地板一部腐朽	20	30～50%未満損傷 下地板30%程度腐朽	50	50～70%破損 下地板30～70%程度腐朽	80	100%破損	100
	その他	損傷無し	0	一部損傷	7	30%未満損傷	20	30～50%未満損傷	50	50～70%破損	80	100%程度破損	100
外壁	モルタル塗	損傷無し	0	表面汚染	3	一部亀裂 一部剥落	20	剥落30%未満	50	剥落50～70%程度	90	剥落ほぼ100%	100
	板張	損傷無し	0	表面汚染	2	釘ゆるみ 一部損傷	10	20～30%程度損傷	45	50～70%程度損傷	80	ほぼ100%損傷	100
	塗壁	損傷無し	0	表面汚染	5	亀裂50%未満 中塗露出30%未満	15	中塗露出50%程度 木舞（木樫）露出30%未満	45	50～70%程度 木舞（木樫）露出	80	ほぼ100%剥落	100
	スレート	損傷無し	0	表面汚染	5	一部亀裂 一部破損	15	30～50%程度破損	55	70%程度破損	80	ほぼ100%剥落	100
	タイル・石張 その他	損傷無し	0	目地一部損傷	5	目地一部損傷、タイル、石等一部損傷	10	タイル、石等20～40%程度剥落	50	タイル、石等50～70%程度剥落	85	タイル、石等ほぼ100%剥落	100
塗り壁（モルタル、漆喰等）		損傷無し	0	表面汚染	5	亀裂50%未満 中塗露出30%未満	15	中塗露出50%程度 木（木樫）露出30%未満	50	50～70%程度 木舞（木樫）露出	80	ほぼ100%剥落	100

表－５．２ 木造家屋部分別損傷程度別損耗率（栗城ら（１９９５）に加筆）

部分		被害の程度											
		被害なし		２		３		４		５		６	
		被害程度	損耗率（％）	被害程度	損耗率（％）	被害程度	損耗率（％）	被害程度	損耗率（％）	被害程度	損耗率（％）	被害程度	損耗率（％）
内装	板、合板、 テックス等、 ボード類	損傷無し	０	表面汚染	７	20％未満損傷	15	30～50％程度 損傷	50	70％程度損傷	80	ほぼ100％損 傷	100
	タイル・石張	損傷無し	０	目地一部損傷	7	目地一部損 傷、タイル、 石一部損傷	15	タイル、石 20％程度剥落	40	タイル、石 50％程度剥落	80	タイル、石ほ ぼ100％剥落	100
	その他	損傷無し	０	表面汚染	3	一部損傷	15	20～30％程度 損傷	40	50～70％程度 損傷	80	ほぼ100％損 傷	100
造作	和室	損傷無し	０	敷居、鴨居汚 染	3	敷居一部ねじ れ、鴨居一部 たれさがり	15	敷居、鴨居、 長押等の損傷	45	敷居、鴨居、 長押等の損傷 50～70％程度	90	敷居、鴨居、 長押等の損傷 ほぼ100％	100
	洋室	損傷無し	０	額縁、窓枠一 部損傷	8	額縁、窓枠一 部損傷	20	額縁、窓枠損 傷50％未満	50	額縁、窓枠損 傷70％程度	85	額縁、窓枠ほ ぼ100％損傷	100
天井	板、合板、 テックス等、 ボード類	損傷無し	０	表面汚染	5	一部損傷	15	損傷20～50％ 程度中央部た わみ	50	損傷70％程度	85	損傷100％程 度	100
	塗天井	損傷無し	０	表面汚染	4	亀裂50％未満	15	中塗露出50％ 未満 30％剥 落	50	50～70％剥落	80	100％剥落	100
床	畳	損傷無し	０	表面汚染	5	表面磨耗 穴 あき50％未満	15	畳損傷 床組 み一部損傷	60	畳100％損傷 床組み70％損 傷	85	床組み100％ 損傷	100
	板張	損傷無し	０	表面汚染	5	一部破損	15	板20～30％損 傷 床組み一 部損傷	55	板50～70％損 傷 床組み30 ～50％損傷	85	床組み100％ 損傷	100
	タイル、石貼 等	損傷無し	０	目地一部損傷	2	目地一部損傷 タイル、石一 部ひび割れ	10	タイル、石20 ～40％剥落	50	タイル、石50 ～70％剥落、 床組み30～ 50％損傷	90	タイル、石 100％剥落、 床組み全面的 に破損	100
	リノリウム、アスタイル貼	損傷無し	０	表面汚染	3	一部剥離	10	50％程度剥離	50	70％程度剥 離、床組み30 ～70％破損	70	床組みまで全 面的に破損	100
	モルタル	損傷無し	０	表面軽微な亀 裂	3	表面全面亀裂 一部剥離	15	表面大部分剥 離 床組み一 部破損	55	表面全面剥離 床組み破損 70％未満	90	床組みまで全 面的に破損	100

表－５．２ 木造家屋部分別損傷程度別損耗率（栗城ら(1995)に加筆）

部分		被害の程度											
		被害なし		2		3		4		5		6	
		被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)
叩床（タイル、石貼）	叩床（タイル、石貼）	損傷無し	0	目地一部損傷	5	目地一部損傷 タイル、石一部ひび割れ	10	タイル、石40～70%剥離、 下地コンクリート露出	50	下地コンクリート50～70%破損	90	下地コンクリートまで全面的破損	100
	叩床（リノリウム、アスタイル貼）	損傷無し	0	表面汚染	5	一部剥離	10	一部剥落、下地コンクリート一部露出	50	70%剥離、下地コンクリート破損70%未満	80	下地コンクリートまで全面的破損	100
	叩床（モルタル塗）	損傷無し	0	表面軽微な亀裂	2	表面全面亀裂一部剥離	15	下地コンクリート露出	80	下地コンクリート全面露出、破損70%未満	80	下地コンクリートまで全面的破損	100
建具		損傷無し	0	表面汚染	5	一部建つけ不良 一部破損	10	20～50%程度破損	50	70%程度破損	85	100%破損	100
その他の部分 設備		損傷無し	0	5%破損	10	破損20%未満	20	30～50%程度破損	55	70%程度破損	80	100%破損	100

表-5. 3 非木造家屋部分損傷程度別損耗率（栗城ら(1995)に加筆）

部分		被害の程度											
		被害なし		2		3		4		5		6	
		被害程度	損耗率(%)	被害程度	損耗率(%)	被害程度	損耗率(%)	被害程度	損耗率(%)	被害程度	損耗率(%)	被害程度	損耗率(%)
主体構造 柱・梁等	鉄筋コンクリート 鉄骨鉄筋コンクリート	損傷無し 細かな亀裂が多少認められるもの	0	軽微な亀裂 軽微な床の傾斜	20	被覆コンクリートの半分程度が脱落	35	帯筋の相当部分が断面欠損、傾斜の著しいもの	65	大亀裂を生じたもの、主筋の部分的な取替えが必要なもの	80	主筋の取替え必要、大亀裂を生じ、変形の著しいもの	100
	鉄骨造	損傷なし	0	表面の錆落としやペンキ塗り替えが必要なもの	10	小屋組が変形しているが修理可能	45	全体的に変形しているが修正可能	65	主要構造部の鉄骨の断面が1/2程度になったもの	80	大きく変形し、修理不可能なもの	100
	コンクリートブロック造、レンガ造	損傷なし	0	床のコンクリートが剥離したもの	10	壁体に小亀裂を生じたが修理可能なもの	45	小屋組の取替えが必要なもの	65	亀裂が大きく、控柱で補強の必要があるもの	80	使用不能で改築が必要なもの	100
外部仕上げ		損傷なし	0	細かな亀裂、目地亀裂	10	特に汚染の著しいもの	45	表面の凸凹が著しいもの	55	亀裂が深く、変質腐食が著しいもの	80	仕上げが欠損したもの	100
内部仕上げ		損傷なし	0	細かな亀裂、目地亀裂	10	特に汚染の著しいもの	45	表面の凸凹が著しいもの	55	亀裂が深く、変質腐食が著しいもの	80	仕上げが欠損したもの	100
床仕上げ		損傷なし	0	細かな亀裂、目地亀裂	10	特に汚染の著しいもの	45	表面の凸凹が著しいもの	55	亀裂が深く、変質腐食が著しいもの	80	仕上げが欠損したもの	100
天井仕上げ		損傷なし	0	細かな亀裂、目地亀裂	10	特に汚染の著しいもの	45	表面の凸凹が著しいもの	55	亀裂が深く、変質腐食が著しいもの	80	仕上げが欠損したもの	100
屋根仕上げ		損傷なし	0	防水層押えに亀裂のあるもの	10	防水層押えの浮き上がりがあるもの	40	豪雨時に軽微な雨漏りを生じるもの防水層の浮き上がりがあるもの	50	部分的に雨漏りを生じる、防水層の浮き上がり、風化、亀裂が著しいもの	85	雨漏りが激しいもの、防水層の浮き上がり、風化、亀裂の大なるもの	100
建具		損傷なし	0	ゆるみ、金物修理が必要なもの	10	部材の折損、部分的な錆が著しいもの	40	建具わくが歪曲しているもの	60	歪曲、錆びが著しく、修理不能なもの	75	建具わくの大部分が喪失したもの	100
電気（器具・配電盤等）		損傷なし	0	部品一部交換（被害軽微）	25	部品交換	50	コード取替え必要	75	器具・コードの全面取替え必要	100		

表－５．３ 非木造家屋部分損傷程度別損耗率（栗城ら(1995)に加筆）

部分		被害の程度											
		被害なし		2		3		4		5		6	
		被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)	被害程度	損耗率 (%)
設備	電気（配線）	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	給水（配管・器具等）	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	排水（配管・器具等）	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	衛生（配管・器具等）	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	ボイラー 空調設備	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	浄化槽	損傷なし	0	部品一部交換 （被害軽微）	25	部品交換	50	全面取替え必要	100				
	運搬設備（エレベーター ダムウェーター）	損傷なし	0	バネの緩み、 塗り替え等軽微なもの	5	モーターの取 替えが必要	15	かごの取替え が必要	20	全部の取替え が必要	100		
	運搬設備（エ スカレーター）	損傷なし	0	手すり取替え 必要	5	モーター取替 え	15	全部取替え必要	100				
その他		損傷なし	0	部品一部交換	5	部品交換	15	全部取替え必要	100				

表-5. 4 アンケートの回収状況（熊本県、山口県）

				* 1	調査対象	回収済	* 2	* 3	有効回収数	有効回収率
			配 布	調査対象外	③	④	拒 否	無 効	⑦	⑦/③(%)
			①	②	(①－②)	(③－⑤)	⑤	⑥	(④－⑥)	
家 屋	不知火	一般	117	0	117	71	46	1	70	59.8%
		事業所	48	24	24	20	4	0	20	83.3%
	宇部市	一般	178	0	178	156	22	13	143	80.3%
		事業所	25	0	25	23	2	2	21	84.0%
	小計		368	24	344	270	74	16	254	73.8%
家庭用品	不知火町		117	0	117	71	46	1	70	59.8%
	宇部市		178	0	178	156	22	13	143	80.3%
	小計		295	0	295	227	68	14	213	72.2%
却・在庫資産	不知火町		48	24	24	20	4	1	19	79.2%
	宇部市		25	0	25	23	2	3	20	80.0%
	小計		73	24	49	43	6	4	39	79.6%
合計			736	48	688	540	148	34	506	73.5%

*1調査対象外：床上・床下浸水なし、あるいは転居不在

*2拒 否：アンケートを依頼したが拒否されたもの

*3無 効：アンケートが無記入だったもの

表－５．５ 世帯主の職業

対象地域 項目	不知火町		宇部市		合 計	
農業	4	5.7%	1	0.7%	5	2.3%
自営業	22	31.4%	37	25.9%	59	27.7%
サラリーマン	7	10.0%	39	27.3%	46	21.6%
公務員	2	2.9%	4	2.8%	6	2.8%
その他	27	38.6%	47	32.9%	74	34.7%
無回答	8	11.4%	15	10.5%	23	10.8%
合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%

表－５．６ 家屋の概況（一般家屋）

項目	対象地域	不知火町		宇部市		合 計	
構造	木造	56	80.0%	120	83.9%	176	82.6%
	非木造	1	1.4%	13	9.1%	14	6.6%
	無回答	13	18.6%	10	7.0%	23	10.8%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
階数	平屋建	19	27.1%	62	43.4%	81	38.0%
	2階建	41	58.6%	73	51.0%	114	53.5%
	3階以上	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	無回答	10	14.3%	8	5.6%	18	8.5%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
地階の有 無	有	4	5.7%	4	2.8%	8	3.8%
	無	48	68.6%	117	81.8%	165	77.5%
	無回答	18	25.7%	22	15.4%	40	18.8%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
建て方	一戸建て	56	80.0%	131	91.6%	187	87.8%
	長屋建て	0	0.0%	4	2.8%	4	1.9%
	共同住宅	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	無回答	14	20.0%	8	5.6%	22	10.3%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%

対象地域							
項目		不知火町		宇部市		合 計	
用	専用住宅	44	62.9%	121	84.6%	165	77.5%
	併用住宅	6	8.6%	8	5.6%	14	6.6%
途	不明無回答	20	28.6%	14	9.8%	34	16.0%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
建 築 面 積 (m ²)	～50以下	8	11.4%	19	13.3%	27	12.7%
	～100	8	11.4%	29	20.3%	37	17.4%
	～200	17	24.3%	48	33.6%	65	30.5%
	200より大	5	7.1%	9	6.3%	14	6.6%
	不明無回答	32	45.7%	38	26.6%	70	32.9%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
延 床 面 積 (m ²)	～50以下	2	2.9%	6	4.2%	8	3.8%
	～100	3	4.3%	12	8.4%	15	7.0%
	～200	13	18.6%	56	39.2%	69	32.4%
	～300	2	2.9%	7	4.9%	9	4.2%
	300より大	5	7.1%	7	4.9%	12	5.6%
	不明無回答	45	64.3%	55	38.5%	100	46.9%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
築 後 年 数 (年)	～10以下	9	12.9%	19	13.3%	28	13.1%
	～20	10	14.3%	20	14.0%	30	14.1%
	～30	11	15.7%	52	36.4%	63	29.6%
	30より大	23	32.9%	35	24.5%	58	27.2%
	不明無回答	17	24.3%	17	11.9%	34	16.0%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
評 価 額 (万円)	200以下	4	5.7%	3	2.1%	7	3.3%
	～500	4	5.7%	16	11.2%	20	9.4%
	～1000	4	5.7%	18	12.6%	22	10.3%
	～2000	9	12.9%	31	21.7%	40	18.8%
	2000より大	1	1.4%	9	6.3%	10	4.7%
	不明無回答	48	68.6%	66	46.2%	114	53.5%
	合計	70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%

表－5. 7 浸水規模（一般家屋）

対象地域								
項目			不知火町		宇部市		合 計	
浸 水 深 (cm)	床下		6	8.6%	32	22.4%	38	17.8%
	床 上	～50未満	25	35.7%	63	44.1%	88	41.3%
		50以上	14	20.0%	26	18.2%	40	18.8%
		100以上	5	7.1%	2	1.4%	7	3.3%
		150以上	2	2.9%	1	0.7%	3	1.4%
		200以上	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	不明・無回答		18	25.7%	19	13.3%	37	17.4%
	合計		70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
	敷地面か ら	～50未満	6	8.6%	36	25.2%	42	19.7%
		50以上	18	25.7%	40	28.0%	58	27.2%
		100以上	15	21.4%	20	14.0%	35	16.4%
		200以上	3	4.3%	2	1.4%	5	2.3%
	不明・無回答		28	40.0%	45	31.5%	73	34.3%
	合計		70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%

表－5. 8 被害の状況（一般家屋）

対象地域								
項目			不知火町		宇部市		合 計	
土砂堆積深 (cm)	家の中で最大	0	29	41.4%	100	69.9%	129	60.6%
		10未満	31	44.3%	32	22.4%	63	29.6%
		10以上	7	10.0%	8	5.6%	15	7.0%
		30以上	0	0.0%	2	1.4%	2	0.9%
		50以上	3	4.3%	1	0.7%	4	1.9%
	合計		70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%
浸水 (時間)	0～6以下		28	40.0%	62	43.4%	90	64.3%
	6～12以下		1	1.4%	3	2.1%	4	2.9%
	12～24以下		1	1.4%	6	4.2%	7	5.0%
	24～72以下		10	14.3%	29	20.3%	39	27.9%
	72より大		0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	不明・無回答		30	42.9%	43	30.1%	73	52.1%
	合計		70	100.0%	143	100.0%	140	152.1%
家屋流出 (m ²)	な い		39	55.7%	99	69.2%	138	64.8%
	あ る	～50以下	13	18.6%	12	8.4%	25	11.7%
		～10	1	1.4%	3	2.1%	4	1.9%
		100より大	0	0.0%	3	2.1%	3	1.4%
	不明・無回答		17	24.3%	26	18.2%	43	20.2%
	合計		70	100.0%	143	100.0%	213	100.0%

表－ 5. 9 家屋の概況（事業所家屋）

対象地域							
項目		不知火町		宇部市		合 計	
構造	木造	10	50.0%	14	66.7%	24	58.5%
	非木造	8	40.0%	3	14.3%	11	26.8%
	無回答	2	10.0%	4	19.0%	6	14.6%
	合計	20	90.0%	21	100.0%	41	100.0%
階数	平屋建	6	30.0%	8	38.1%	14	34.1%
	2階建	14	70.0%	10	47.6%	24	58.5%
	3階以上	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	無回答	0	0.0%	3	14.3%	3	7.3%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
地階の有無	有	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	無	19	95.0%	18	85.7%	37	90.2%
	無回答	1	5.0%	3	14.3%	4	9.8%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
建て方	一戸建て	18	90.0%	15	71.4%	33	80.5%
	長屋建て	0	0.0%	2	9.5%	2	4.9%
	共同住宅	0	0.0%	1	4.8%	1	2.4%
	無回答	2	10.0%	3	14.3%	5	12.2%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
	用途	事務所	4	20.0%	5	23.8%	9
店舗		9	45.0%	7	33.3%	16	39.0%
工場・作業所		2	10.0%	5	23.8%	7	17.1%
倉庫		0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
その他		4	20.0%	1	4.8%	5	12.2%
無回答		1	5.0%	3	14.3%	4	9.8%
合計		20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
建築面積		～50以下	2	10.0%	5	23.8%	7
	～100	4	20.0%	3	14.3%	7	17.1%
	～200	4	20.0%	1	4.8%	5	12.2%
	～300	2	10.0%	4	19.0%	6	14.6%
	300より大	0	0.0%	3	14.3%	3	7.3%
	無回答	8	40.0%	5	23.8%	13	31.7%
	(m ²) 合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%

対象地域							
項目		不知火町		宇部市		合 計	
延 床 面 積 (m ²)	～50以下	0	0.0%	1	4.8%	1	2.4%
	～100	2	10.0%	1	4.8%	3	7.3%
	～200	3	15.0%	2	9.5%	5	12.2%
	～300	1	5.0%	3	14.3%	4	9.8%
	300より大	2	10.0%	3	14.3%	5	12.2%
	不明・無回答	12	60.0%	11	52.4%	23	56.1%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
建 物 評 価 額 (万円)	～100以下	0	0.0%	2	9.5%	2	4.9%
	～300	2	10.0%	3	14.3%	5	12.2%
	～500	1	5.0%	1	4.8%	2	4.9%
	～1000	2	10.0%	1	4.8%	3	7.3%
	～5000	3	15.0%	3	14.3%	6	14.6%
	～5000	1	5.0%	0	0.0%	1	2.4%
	1000より大	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	不明・無回答	11	55.0%	11	52.4%	22	53.7%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
建 物 被 害 額 (万円)	0	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	～50以下	0	0.0%	3	14.3%	3	7.3%
	～100	2	10.0%	1	4.8%	3	7.3%
	～300	1	5.0%	3	14.3%	4	9.8%
	～500	2	10.0%	2	9.5%	4	9.8%
	～1000	2	10.0%	0	0.0%	2	4.9%
	1000より大	1	5.0%	1	4.8%	2	4.9%
	不明・無回答	12	60.0%	11	52.4%	23	56.1%
	合計	20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%

表－ 5. 1 0 浸水規模（事務所家屋）

対象地域							
項目			不知火町		宇部市		合 計
浸 水 深 (cm)	床下		4	20.0%	3	14.3%	7 17.1%
	床 上	～50未満	4	20.0%	6	28.6%	10 24.4%
		50以上	4	20.0%	4	19.0%	8 19.5%
		100以上	5	25.0%	1	4.8%	6 14.6%
		150以上	0	0.0%	0	0.0%	0 0.0%
		200以上	2	10.0%	0	0.0%	2 4.9%
	不明・無回答		1	5.0%	7	33.3%	8 19.5%
	合計		20	100.0%	21	100.0%	41 100.0%
	敷地面か ら	～50未満	2	10.0%	5	23.8%	7 17.1%
		50以上	3	15.0%	8	38.1%	11 26.8%
		100以上	4	20.0%	1	4.8%	5 12.2%
		200以上	5	25.0%	0	0.0%	5 12.2%
	不明・無回答		6	30.0%	7	33.3%	13 31.7%
	合計		20	100.0%	21	100.0%	41 100.0%

表－５．１１ 被害の状況（事業所家屋）

対象地域								
項目			不知火町		宇部市		合 計	
土砂堆積深 (cm)	床面から最大 (cm)	0	10	50.0%	17	81.0%	27	65.9%
		10未満	5	25.0%	2	9.5%	7	17.1%
		10以上	3	15.0%	2	9.5%	5	12.2%
		30以上	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
		50以上	2	10.0%	0	0.0%	2	4.9%
	合計		20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
浸水 (時間)	0～6以下		9	45.0%	7	33.3%	16	39.0%
	6～12以下		0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	12～24以下		0	0.0%	3	14.3%	3	7.3%
	24～72以下		5	25.0%	5	23.8%	10	24.4%
	72より大		0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	不明・無回答		6	30.0%	6	28.6%	12	29.3%
	合計		20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%
家屋流出 (m ²)	な い		11	55.0%	15	71.4%	26	63.4%
	あ る	～50以下	3	15.0%	1	4.8%	4	9.8%
		～10	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
		100より大	1	5.0%	0	0.0%	1	2.4%
	不明・無回答		5	25.0%	5	23.8%	10	24.4%
	合計		20	100.0%	21	100.0%	41	100.0%

表－５．１２ 業種

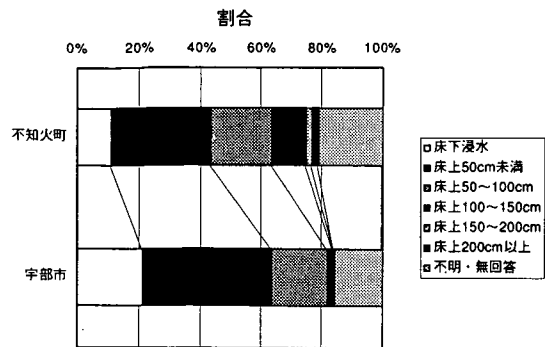
業種	対象地域					
	不知火町		宇部市		合 計	
D 鉱業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
E 建設業	2	10.5%	6	30.0%	8	20.5%
F 製造業（合計）	3	15.8%	3	15.0%	6	15.4%
食料・飲料業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
繊維・衣服業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
木材・家具業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
パルプ・紙業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
出版・印刷業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
化学工業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
石油・石炭製品	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
プラスチック製品	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
ゴム	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
皮革・同製品	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
窯業・土石	0	0.0%	2	10.0%	2	5.1%
鉄鋼業	1	5.3%	0	0.0%	1	2.6%
非鉄金属	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
金属	1	5.3%	1	5.0%	2	5.1%
一般機械器具	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
電気機械器具	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
輸送機械器具	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
精密機械器具	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
その他	1	5.3%	0	0.0%	1	2.6%
G 電気・ガス・熱供給・水道業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
H 運輸・通信	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
I 卸・小売業・飲食店	10	52.6%	9	45.0%	19	48.7%
卸売業	1	5.3%	0	0.0%	1	2.6%
小売業	5	26.3%	6	30.0%	11	28.2%
飲食店	4	21.1%	3	15.0%	7	17.9%
自動車・自転車	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
その他	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
J 金融・保険業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
K 不動産業	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
L サービス業	2	10.5%	2	10.0%	4	10.3%
M 公務	1	5.3%	0	0.0%	1	2.6%
無回答	1	5.3%	0	0.0%	1	2.6%
合 計	19	100.0%	20	100.0%	39	100.0%

表－５．１３ 地階の有無

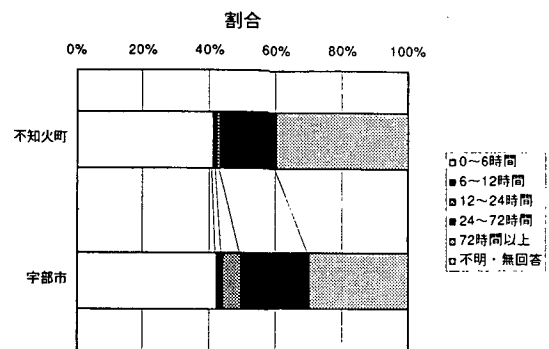
対象地域 地階の有無	不知火町		宇部市		合計	
有	2	10.5%	0	0.0%	2	5.1%
無	16	84.2%	17	85.0%	33	84.6%
無回答	1	5.3%	3	15.0%	4	10.3%
合計	19	100.0%	20	100.0%	39	100.0%

表－５．１４ 地階の浸水対策

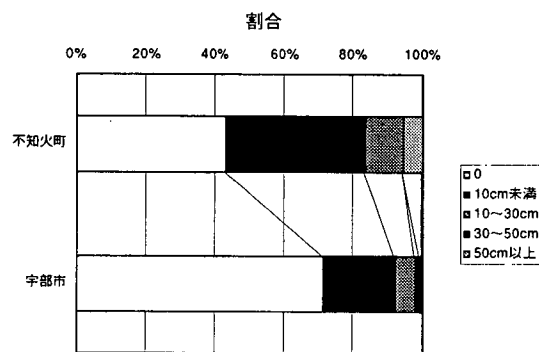
対象地域 地階の有無		不知火町		宇部市	合計	
行っている	防水板設置	0	0.0%	-	0	0.0%
	入口のかさあげ	0	0.0%	-	0	0.0%
	排水ポンプの設置	0	0.0%	-	0	0.0%
	その他	0	0.0%	-	0	0.0%
行っていない		1	50.0%	-	1	50.0%
無回答		1	50.0%	-	1	50.0%
合計		2	100.0%		2	100.0%



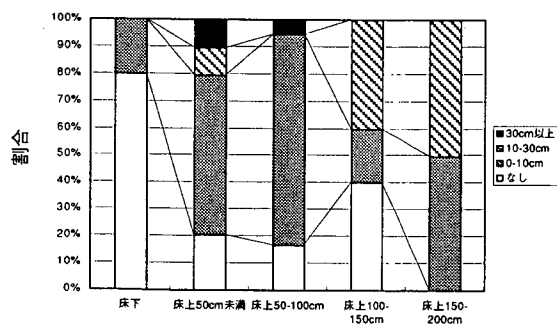
図－5. 1 家屋の浸水深



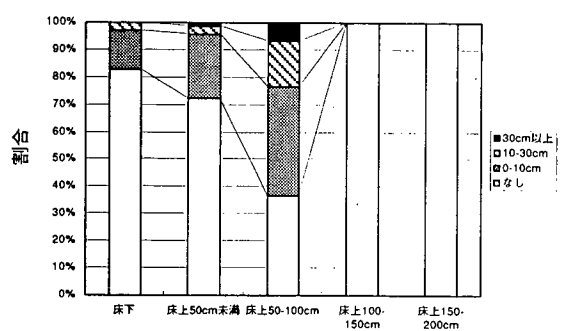
図－5. 2 家屋の浸水時間



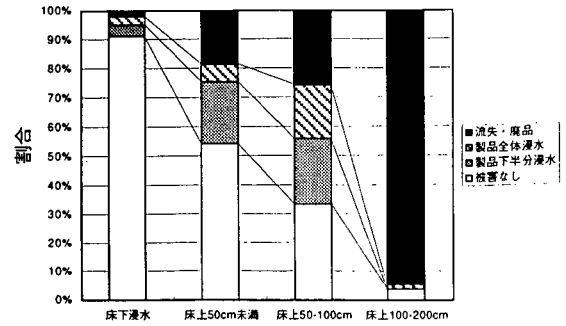
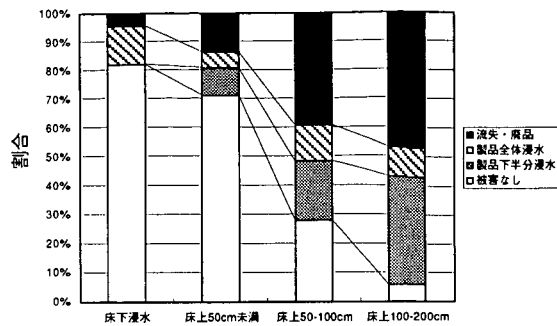
図－5. 3 家屋の土砂堆積深



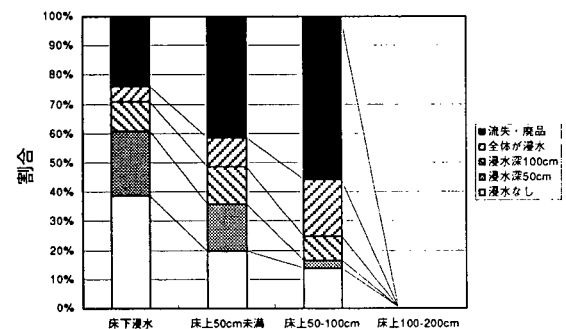
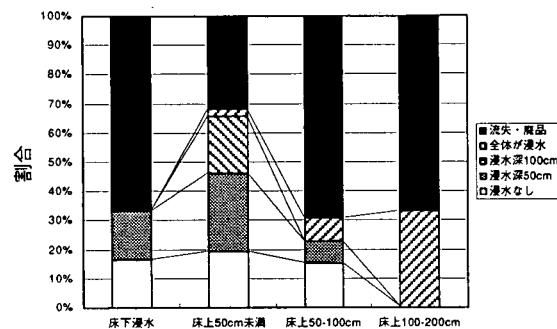
図－5. 4 浸水深と土砂堆積深との関係（不知火町）



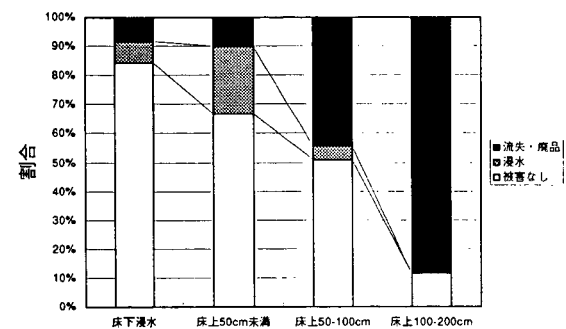
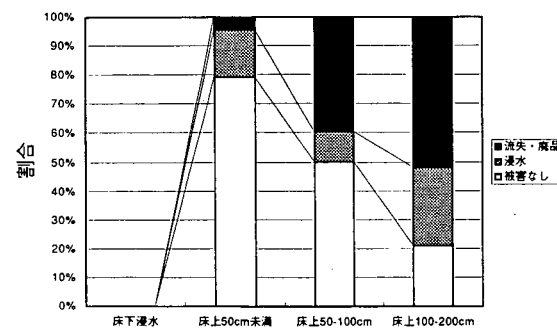
図－5. 5 浸水深と土砂堆積深との関係（宇部市）



図－5. 6 家具・電気用品の浸水被害 (左：不知火町, 右：宇部市)



図－5. 7 自動車等の浸水被害 (左：不知火町, 右：宇部市)



図－5. 8 衣類等の浸水被害 (左：不知火町, 右：宇部市)

表-5.15 被害率

資産種類等	浸水深等の規模					
	床下浸水	50cm未満	50cm-99cm	100cm-199cm	200cm-299cm	300cm-
家屋(現行河川)	3.0	8.7	13.6	19.8	60.7	
家屋(現行海岸)	3.1	10.0	16.1	24.8	67.7	75.3
家屋(実態調査)	4.6	6.8	13.4	17.0	37.6	33.9
家庭用品(現行河川)	-	8.6	19.1	33.1	72.4	
家庭用品(現行海岸)	-	16.1	31.5	53.9	88.5	100.0
家庭用品(実態調査)	24.6	39.2	60.8	86.8		
事業所償却資産(現行河川)	-	18.0	31.4	41.9	74.6	
事業所償却資産(現行海岸)	-	10.3	24.8	46.3	87.5	100.0
事業所償却資産(実態調査)	11.3	1.1	83.1	16.8		100.0
事業所在庫資産(現行河川)	-	12.7	27.6	37.9	71.3	
事業所在庫資産(現行海岸)	-	23.4	47.1	73.3	98.4	100.0
事業所在庫資産(実態調査)		30.0	2.7	92.7		100.0

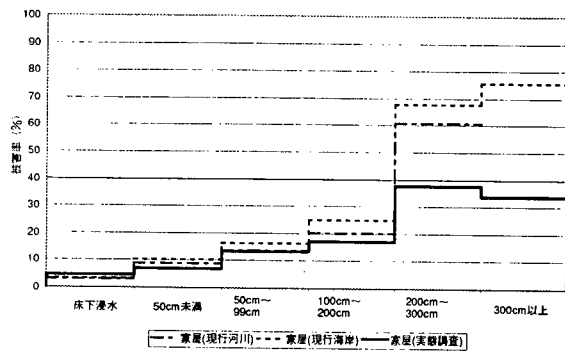


図-5.9 家屋の被害率

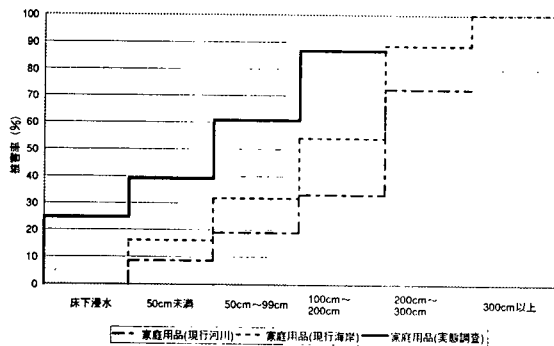


図-5.10 家庭用品の被害率

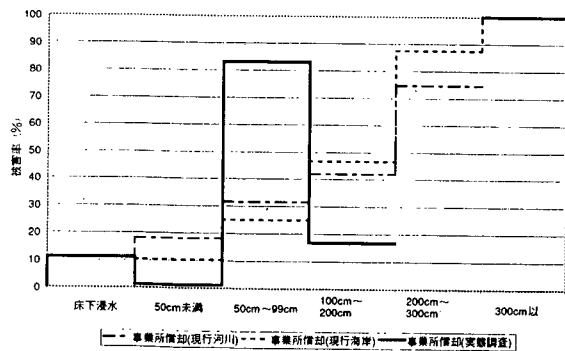


図-5.11 事業所償却資産の被害率

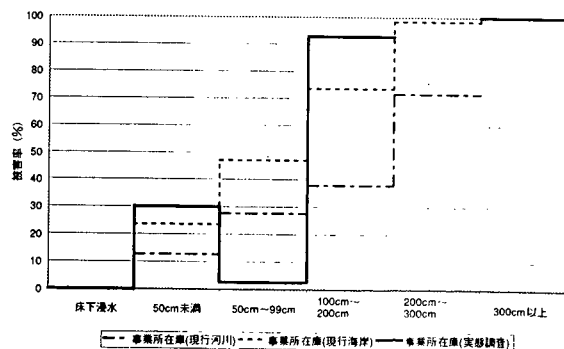


図-5.12 事業所在庫資産の被害率

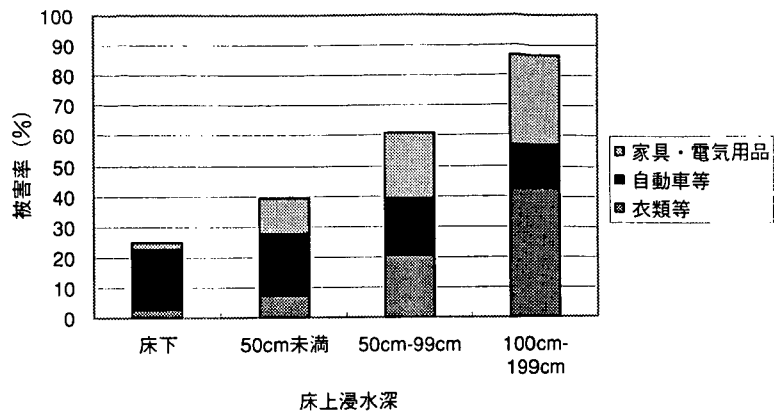


図-5. 13 家庭用品の被害率の内訳

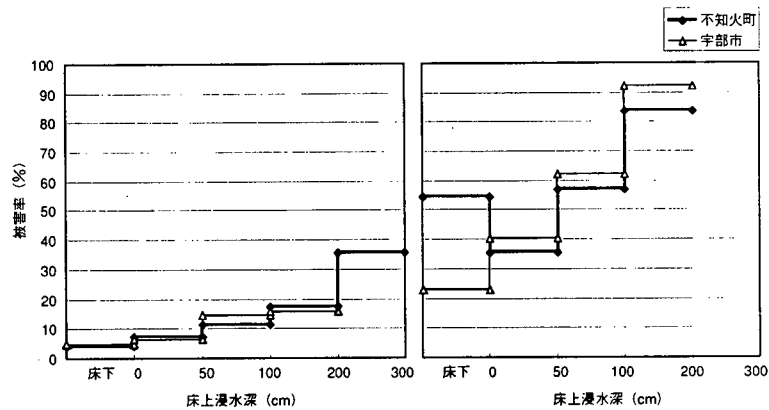


図-5. 14 地域間の比較 (左：家屋, 右：家庭用品)

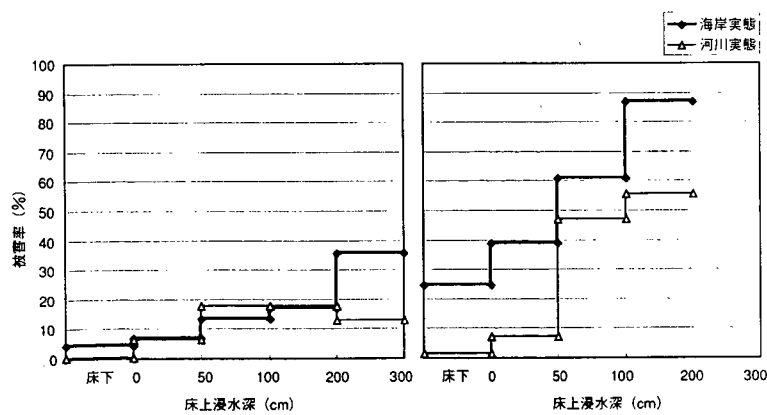


図-5. 15 河川災害との比較 (左：家屋, 右：家庭用品)

6. おわりに

本研究の主な成果は以下のとおりである。

- (1) 台風9918号による高潮災害の概要を八代海沿岸を中心に整理した。
 - (2) 熊本県不知火町松合地区における高潮氾濫の過程を数値計算により明らかにするとともに、破堤や地盤高が浸水過程に及ぼす影響について検討した。
 - (3) 高潮に対する地域防災の検討に役立つ高潮危険度の評価手法を検討し、有明海岸芦刈工区を対象に高潮危険度の評価を試みた。
 - (4) 熊本県不知火町および山口県宇部市を対象に、台風9918号の高潮による一般資産の被害率を測定した。
- 最後に、八代海沿岸の現地調査にあたっては、建設省九州地方建設局熊本工事事務所に便宜を図っていただきました。また、熊本大学工学部の滝川清教授には松合地区の地盤高データを、運輸省港湾技術研究所水工部の河合弘泰主任研究官には八代海の高潮計算の結果を、熊本県河川課および漁港課には浸水や海岸保全施設に関する資料を提供していただきました。高潮危険度の評価手法の検討は関係7省庁による「高潮防災情報等のあり方研究会（委員長：京都大学防災研究所河田恵昭教授）」の一環として行われ、建設省河川局海岸室の高野匡裕建設専門官および吉田正則係長より御指導いただきました。有明海岸芦刈工区でのケーススタディは、建設省九州地方建設局武雄工事事務所に御協力いただきました。被害率の調査では、不知火町総務課および宇部市防災課より御助言をいただくとともに、被災者の方々には貴重な時間を費やして回答していただきました。ここに記して謝意を表します。

付録 1

台風9918号による高潮災害に対する住民の意見

(1) 不知火町

家が古かったので修理をして住むより、小さな家を造った方が結果的には良かったけど、もう少し行政(町)の協力が欲しかった。

まさか塩水が来てしまうとは思いませんでした。水が来た瞬間、子供3人をつれて2階の部分に上がって行くことが必死でした。とにかく頭の中がパニックでした。夜が明けて行くにつれ、道路も川も無くなっていて、どこまで水が上がってくるのかと不安がつつたものです。親子共々、命が助かっただけでもよかったと思います。

1. 事前(30分~60分)に確実な情報の伝達 2. 避難場所の事前設定及び道順など 3. 災害後の措置 (1) 電気の復旧のスピード化 (2) 消毒 (3) 避難場所でのルール、マナー(事前指導が必要) (4) 個別聞き取り調査(早急に) 今後の対策 1. 山の乱開発をさける。やるのであれば水路を完全に確保すること 2. 護岸防壁をつくる 3. 河川口や船だまり入口への水門の設置

車二台を修理しました。税金が2カ月内に手続きしなければいけなかったとの事。突然の災害で生活費が優先したため、修理代が支払えたのは2ヶ月過ぎてからでした。半年くらいの時期の期間があればよかったと思います。

今回の被害において、いろいろ大変なお世話になりました。県や町と力を合わせお見舞いを頂きありがとうございました。ただ困ったことは電気が遅かった事。一番困ったのは、飲み水。自家水のため水がにごり、のめなくなったため、あらいものも煮沸したり飲料水は買ってのむ、町の水道がうらやましく思いました。それにごみの山。家に車がないところははこぶ事も出来ず大変困りました。

電気工事用部品其の他品物(倉庫)保険対象外の為、補償がないため被害大でした。電気配線器具、電線、照明器具、テスト用器具、電気小型器具、瓦斯用ネチ?リ機2台、其の他、石油ストーブ2台、餅つき器等、倉庫内の被害大でした。しかたありません。倉庫内の品物全部使用不能になりました。

18号台風1口に申しまして思い出したくもない事です。其の後の小なりの低気圧の通過で風模様となればぞーっとします。裏山の木がざわめいたり、海の白波が立ち出せば、何やら気分が動揺してしまいます。それだけに海岸の近くに住んでおる者にはショッキングな出来事でした。二度とこのような災害が起こりません事を祈って止みません。追伸、衣類の被害は屋根がはがれた為に塩水をかぶり、浸水しどろ水であり廃品したものです。ご理解いただけるかわかりませんが申し上げてみました。お世話になります。

祖父母も80数年の中でこれほどの高潮にあった事がなくおどろいたと話す。海水の異状に気づいた時には

どうする事も出来ないのが現実であった。となりとの連絡が何とか取れたので（寝たきり老人、子供2名、夫婦）やかったと思う。私達も6名であったが、妻、祖母が流れたが、何とか祖母一人を抱きかかえ奥となりへ助け願う。妻は何とか自力で石垣を登り、命を拾う。その後は家に残った祖父、子供二人の事が気になり、近所で借りた電灯で何とか存在を知る。その後は祖母がいた近所に、何とかそばまで行き安否を確認する（天上まで浸水）。40分ごとに安否確認に行く。その後は潮がひく事をいりながら近所の人たちの確認に努める。約7～8時間、時間の長さを感じる。今後は今回の経験を生かし、早めの避難対策等、子供達とも話し合いたい。台風情報も常になく十分に注意したい。

自然とは恐ろしいもの。道路をこして滝水見たいに流れ出し、年老いた母を二階にあげ、下におりたら畳は浮き、家財道具はメチャクチャに何のほどこしも出来ずあ然とした。見る見るうちに水かさが増し、私の背は立たない。電気、電話も不通となり、二度と災害のうずにあわないう祈りながら、行政の指導の下にがんばりたいと思います。

今回の災害で松合地区は特に高齢化が進んでる地域で、災害復旧にはお互い最大の努力をされたと思われますが？今後の復興につれ各自、所得が低下してまして資金不足、生活に不安を感じています。復興に対し、国、県、町（自治体）の最大限の援助を期待します。

松合新港西側防波堤が出来てから、西又は南西の風が吹くと、その防波堤にあたった波が和田船泊りに入り、近年潮位が上がったのと合まって船泊りは大荒れとなります。高潮対策と同時に防波堤建設等を早急に実施していただきたい。

台風の恐さに高潮の事は考えても居なかったし、畳すれすれの潮を見て動転してしまい、何も出来なかった。昨年の水害以来、満潮時の水位が高くなったような気がしてなりません。高潮対策を考えてほしいと思います。

自然災害は仕方のない事だが、災害を受けた後にみんなの協力がとても大事な事につくづく思い知った。今後は事前に注意を怠らず、避難なり、みんなが協力して少しでも被害を防いでほしい。

今回のような台風は初めて体験しました。家の回りが海になるなんて考えのない事でした。海水が家内に入り、その上がり具合は「アッ」という間でした。何を手にしていいのかわからず、ただ、二階へと家族をあげる事だけでした。

私達は親子4人で子供が4年生の女の子供です。風が強くなってきましたので4人共、茶の間で話をしておりました。朝5時30分になりましたので私が「空が少し白みはじめたね」と話しかけました。すると、息子が「何やらシャラシャラ聞こえんな」と言いながら、玄関の方に行きました。玄関に隙間から水が流れ

込んできました。雨が降らないのになんで水が来ると言いながら戸を開けてみたらと言いましたので玄関の戸を押してみましたけど戸が開きませんでした。嫁が座敷の方に行き「ワー、畳が上がり浮きはじめたよ」、その時、息子が大声で「逃げ、窓から逃げ」と叫びましたので、私達すぐに窓を開けて泳ぎました。潮は窓いっぱいでした。向かいの西田さん方は私の家より1mぐらい高くなっておりますので西田さんの玄関（4人共）まで泳ぎました。何一つ持ち出す事など出来ませんでした。それから満潮まで8時まで潮が増えるのを見ながら手のつけようありません。電話も切れておりますし、携帯もありませんでしたので、ただ近所のおばさん達の事が気になって、心配でなりませんでした。私達は泳ぎましたが、水が来たのに気がついた時にはもう玄関が開きませんから、私達親子は窓きりきりの所で潮に気づきましたので、今生きております。息子の大声は今でも忘れません。大きかった事、命がけで叫んだのでしょう。私達が潮に気がついてから1分ないし、2分で家を出ましたので私の家の時計が5時50分ぐらいで止まっておりますから、潮は天上まで来たのは20分ぐらいで家は屋根だけ見えておりましたから。

台風18号の高潮による被害は、私88歳になりまして初めての事で、今迄、当地では、海岸道路の崖崩れや海岸道路の破損程度で、今回のような高潮と満潮時期が一緒になり、私の部落は特に海拔より低地の新地で、死者9名発生した事で、高潮の恐ろしさをとみに感じました。南町当局の急報のおくれを痛切に感じました。

我が家の状況を記入することの話ですが読みまして、該当しないようです。理由は、県道沿いの自宅ですが、その道路より80cmくらい地上げして家を建てていますので、玄関の石段下2段まで浸水しましたが、家の中には浸水しませんでした。台風の風の被害なら瓦は10枚以上飛びましたが、又隣の大木の直径25cm位の枝が家の壁にとんで来て少しいたみました。家に関してはこの程度です。参考にはならないとは思いますが記入しました。

二度と起きないようにお願いいたします。

公共施設である為に災害復旧は補助対象であり原型復旧が基本となるため、先を想定した災害対策のための改修及び備品等の購入はできなかった。又、災害前後の総所有資産額の算出は不可能である。

開業以来、海の恵に恩恵を受けてきました。自然災害と思えばそれまでの事ですが、海の恐さが思い知らされました。しかし、今後も海と共に生活していく所存です。

予想もしなかった出来事にとまどうばかりです。アンケートも実際のところ100%はわかりかねます。もっと早くやってほしかったと思います。

行政の町民に対しての思いやりを。

(2) 宇部市

堆積土砂がそのままになっており、堤防最上部との落差が非常に小さくなっている。次に同様の高潮等があれば前回以上の被害が生じる可能性あり。早く何とかしてほしい。

私はいつもコーヒー茶碗を大切にしています。地震の時はいつもそれだけを下に降ろしていたところで、台所でまさか海水で浮いてガチャングチャン。音を聞いて早速取り上げて 割れていなくて本当に嬉しかったです。

防波堤下に大量の砂が寄せているので、潮流等の関係を調査されて防波堤を高くしてもらいたい。

家を新築して一年で被害にあってしまいました。基礎を少し高くしてもらったことと、土地を少し土を入れて高くして建てたことが幸いして、我が家の両隣とも浸水が床上30cmのところを我が家は5cmですみました。が新築でも損害額はすごいものでした。市役所に被害を届けましたが、全く受けつけてはもらえず、結局床上5cmだったのにもかかわらず、お見舞金も市からも県からもいただけませんでした。保険も全労災の小さいかけすてだけしか入っておらず、見舞金が20万円の補償が出ただけでガックリでした。損害額400万円は全部今から借金がついてゆきます。市役所は中も見ないまま留守の時、外だけで判断して対応もせず、そして、他の家はエ〜と思うほどの家でも見舞金を出されているのを知って、不合理だな……とおもえる台風被害状況の後始末でした。でも、となり近所の人たちの事をおもうとまだまだ幸せな方だったと思っていますので文句は言えない現状です。

たまたま仕事に出かけた直後の出来事で、その時の状況は分らなかったけど、その場に居たとしても何も対処できなかったと思います。車だけでも2台とも助かってよかったです。家に帰った時には、近所の方の車が庭に流れついて、つっこんでいたり、道路も砂の山で、とても車が通れる状況ではないし、何が起きたか分からない状態だし、何から手をつけたら良いかわからない状態でした。このような水害には二度とあいたくないです。今年も台風シーズンは怖いです。でも、近所の方々と助け合ったりと、いい経験をしたと思います。

コンクリートブロック作りなので浸水だけでした。ただ、隣の屋根ガワラが飛んできて窓ガラスが東側だけ壊れました。内側から畳でカバーしましたので内壁には被害はありませんでした。畳は全部だめでした。

停電を予想して3日分の主食等用意して助かった。衣類等なるべく台の上に保管して浸水を防げた（常に）。水道水が止まらなくて幸せだ\$貴重品は高所に保管する事の大切さを痛感した。室内にも砂袋、棒の用意の大切さを感じた。室外の様子も知る大切さを感じた（声の掛け合い、但し各自水対策でそのゆとりがない）。浸水時間が短時間（一時間くらい）のため助かった（水が短時間でひいた）。ガスボンベ（大:1.5m程）がガ

ス噴出したら流れてきて危険であった（ボンベの固定の甘さ）（ボンベが浮くとガス管が水の力で切れる）
）煉瓦塀の倒壊の危険性を痛感した（人身事故のなかった事は幸いであった）。ボランティアの大切さ、有難さ+浸水したものもすぐ処置すれば被害を最小で防げるものもある。3、4日後だと3倍くらい水がにじみ被害が大きくなる-自治会長等の声かけ等、力強さを感じた（人手ないため）。

・臨海地域にしては防波堤が低い。・砂がたまって高くなっている。早急に砂を取り除く必要あり

高潮によりブロック塀、横28m縦7.6m崩壊、ガラス戸等流物があたって割れた。

夜、台風被害にあっていたら死亡者が多数出ていたが、朝、台風被害にあったので死人が出なくてよかった。

今回の台風の後片付けに関し、一軒の力ではどうしようもない。行政の迅速な処置をお願いしたい。健康を害す悪臭がひどくて困った。

堤防の扉がなかなか開かなかったので水の引きが悪かったため、家の回りに積んであった薪を3分の2位集める事が出来た。庭木が枯れたり、様子が悪くなった。雨漏りがひどく家具等、動かす事が出来なかった。

家の前の防波堤が砂で半分以上埋まってしまい防波堤の役を果たしていなかったため被害が拡大したと思います。早く砂を取り除いて欲しいと思います。

要望事項 1.現在の堤防を2.0m以上（出来れば3.0m以上）かさあげ補強（潮がひきはじめてから天窓より見たのですが、堤防の天端3.0m～5m上を波が押していた。2.沖合いに離岸堤の設置。3.現堤防下に消波ブロックの設置 ご検討のほどよろしくお願いします
防波堤対策（高く、強くする）等を考えてほしい

電話（携帯電話）通信の復旧の遅れ、及び、車の代車が困難であった

1.堤防を1.5～2m程嵩上げしないと、高潮がくれば、同じような災害になる。1.今回は大潮の満潮と偶然が重なり予想以上の災害が起こった。しかも台風に対する驕り（油断）があったのではないか。1.沖の方に防波堤を早急に作ってほしい。

水の浸水が早くて物をかわすゆとりがありませんでしたが、夜が明けていたので回りが明るくて少しはパニックがやわらいだかと思います。

○60年ぶりの高潮災害と聞いている。堤防を越えての高潮で、あっという間に浸水してきた。原因は堤防の海側に累積する砂が堆積したからといわれている。何年か定期的に累積した砂を取り除き、通常の高潮は今の堤防で防げるようにしてほしい。◎砂を沖合いに押し出す事は漁業権の侵害となるのでむづかしいと聞いているが、法律的に高潮予防のためには無条件に出来るようにしてほしい。

私の家は床下浸水ですが雨漏りがひどく、したがって被害が雨漏りのため、内壁、室内床、タンス等に集中した。

雨戸、戸桶の損傷。物置が倒れ中の物が吹きとんだ。吹き下げのポリ波板の損傷。倉庫のスレート葺に穴があき、布団等がぬれました。

海水の流入は昭和17年の台風より多かった。強風に伴い、海側の損壊、屋根板などの飛来で屋根が5、6ヶ所壊れ、そこから雨漏りした。住宅内の被害は雨漏りによるものが大で、天井板は2部屋を除いて5部屋取り替え、畳は3部屋分総入れ替えの状態だった。上水と井戸（ポンプ）を使っており、井戸ポンプは壊れ、井戸水の塩分は3、4ヶ月続いた。植木も樹種によっては枯れたものもある。1991年の台風19号の時は風が強かったが、被害は今回の台風が高潮、満潮と重なり比較しようもなく大きかった。被害者が出なかったのが幸いである。海岸の堤防下の砂は1.5m以上も堆積しており除去が望まれる。

漏電防止装置が効かず電話機から出火し壁が一部燃えたが、途中異臭に気づき大事には至らなかった。堤防が築かれて35年くらいになるが、それ以降は高潮の恐れもなく、テレビ等で山口県の高潮の恐れを呼びかけていたが、あまりに安心しすぎた。朝方だからまだ良かったが、夜だったら死人や怪我人も出ていたと思うとゾッとする。隣（海側）の家は老夫婦だけ出潮が家に入ってきた時、あわてて水が胸まであるのを泳ぎながら命からがら逃げたとの事。自治会でもう少しきめ細かい情報を知らせ、避難の誘導をしていただけたら良かったのではないかなと思う。

"*国に要望・災害対策資金援助のチャンネルがあってもよいのでは。現状「やられ損」であり、復帰するにも大変な資金とリスクをしょっていかなくてはなりません。県、市、赤十字よりお見舞金も頂いています。大変感謝していますが、もっと国のサポートが大切ではないでしょうか？・宇部市より 災害見舞金 20,000 生活必需品費 14,000 宇部市義援金 14,143 「国民助け合い共同募金」からの拠出 14,016 日赤山口県支部及び山口県共同募金会義援金 2,841 計 65,000 *国を頼りにとは思わないが、もう少し「元気」の出る政策が欲しいですネ！！"

情報に従って行動をとる。大事なもの、身の回りの物（下着、洋服、タオル、その他）はまとめておく。早めの判断。

（個人の要望）1. 地球の温暖化等が更に進行する中で、環境???を一???することが、21世紀の課

題である。当然だが全世界、グローバル(日本だけでなく?????)の視点から、今?日本国の人工(???を含む)の半減化等が??される?い 2. 地球上に人類が共生できる人工?(60億人→100億人)、未開発国(中国、東南アジア、アフリカ諸国の一部)の今後一層発展が予想される先進国?など工業化への対応が最重要課題と思う。総論(要望) 1. 大自然の猛威には、人類が果たす努力には限界があるのは当然と思う。(先秋のアメリカ、フロリダ州を襲ったハリケーン等)従って、ハードの整備は自然との共生のバランスを考慮すること。(白砂青松の海浜を大切に、北海道や東北地方に代表される河川等のステキさをもう一度見直すべきである。)従って、海岸や河川の護岸??の整備(特に高さ)は、ほどほどに(自然との調和を考えて欲しい。)(当然ながらいったん人工の手を加えると、人工海浜になる。) 2. 当地域に限定すれば(高潮??を受けに)民間活力を導入した土地区画整理手法を用い(上?整?)ハードの整備を図るべきと思う。

昭和17年の高潮にあっているので平素より気をつけていました。何はともあれ朝だったのが不幸中の幸いでした。(17年は夜ではじめて)風が静かになったので主人が外へ出ましたら、もう前の道路へ潮が押し寄せていたのですぐ引き返して畳をあげました。老人?の馬鹿力、おかげで二週間入院しました。災害後のお天気続きで後片付けがはかどりました。植木・畑の被害が大変でした。井戸水は塩水でしたが水道水が十分使えたのも良かったです。

・昭和17年以来の大被害であった。・昼間襲った台風で良かった。・床を上げていてよかった。(昭和17年の台風で被害を受けたので)

高潮の情報がなくただ家でうろたえる。水勢が速いので逃げるに逃げられず困った。朝で良かったが夜だったら?

高潮の警告があったら被害が少なくてすんだと思います。

堤防を塩水が越えたのは初めての事でしたが、早く知らせがあればよかったかな、無理かな、とも思います。水害後、早く市から消毒に来られたのは大変良かったと思います。

護岸を高く作ってください!

高潮に関する情報がなく、避難通報も避難場所から我が家に戻ってきた時に公報車が言って回ってきました。水の早さ、勢いにはびっくりしました。家から出るのが精いっぱいでした。もう少し早めに情報があつたらと思いました。

水が入ってきた時、家人がいて浸水時間が短かったので電気製品が余り被害を受けなかった。が、留守の

人の方がかえって悪い結果だった人も多くありました。

被害にあった場所、地域に、関係のない人間を入れないでほしい。かたずけの邪魔になって何も出来なかった。

このアンケートでは家の構造や家財道具の被害について重点がおかれていますが、この水害で問題となるのは家そのものというより堤防その他の海岸工事の影響はないのでしょうか？私どもは家も2階建てで家族には被害はありませんでしたが、もし平家で子供がまだ小さかったらと思うと恐ろしくなります。このような災害の場合は避難誘導のような物にも少し疑問を感じました。

・家の土台が高く難を逃れた。（床板まで浸水）・自家用車3台、午前3時頃高台（知人の家）に移動し被害を受けなかった。

防波堤に取り付けた門戸の破損により潮の流れ込み大なり。門戸の取り付け方に難あり。自然の力大なるに人間の力の小なるを思い知らされた台風でした。人生60年にして最大の恐怖でした。

1. 宇部空港堤防決壊による水害ですから堤防を補強し二度と起こさない事 2. ルームエアコンは空港の防音対策。修理費の一部補助してください 3. 水害による植木が7本枯れ木になりました。宇部空港堤防による水害ならば一部補助出来ないものか

11時間水がひかなかった

山口宇部空港付近の排水をチェックしてほしい。（浸水して10時間以上、水がひかなかった）

市からの援助がほしかった

市が調査に早く来なかった

海の水による浸水と分かっていたら、車の移動も、その他の物も二階に上げていたと思う。台風の日の夕方になって、初めて空港の所が壊れての海の水と知った。早く状況を知らせてほしかった。

水害時、家にいなかったのが良く分からないが、家の裏にブロック塀があったのでほとんど水害はなく、家に帰ってきた時も、何の被害もなく本当に運が良かった。

・高潮にて被害が大きかったので、市の無利子の貸し付けでは何年後には支払わなければいけないので、

補助金等で半分位にしてほしい。・宇部空港は2500m大きくしたけれど、高潮対策は考えていないので、今後高潮対策を優先して工事をやらなければいけないと思う。

市が調査に早く来なかった

塩で植木や花、野菜が駄目になった

風呂が全滅

高潮が非常に早く床上に上がってきて、何にも高い所へ上げることができなかった。また、干潮になってもなかなか水が引かなかった？二度とこのような事が起こらないように海岸線の整備をしてほしいと思います。

水害により冷蔵庫やアイスクリームのケースがだめになり被害が大きくなり、かたづけが大変でした。台風で店の屋根の半分がだめになった上に水害で商品のほとんどが使えなくなりました。

此度の台風は、上陸した時が大潮であり高潮が重なった為、防波堤が決壊した後、まもなく水位が上がってきたので工場の物はほとんど移動することが出来なかった。せいぜいが車の移動だけだったが、それでも早く動かせた分は修理に至らなかったのが良かった。水害においては、アッと言う間に水位が増すので敏速に対処すべきだと思った。