

令和元年度 河川情報センター研究助成
成果報告会

令和元年（2019年）5月23日

水害リスクに応じた 地域防災力の向上戦略

准教授 **瀧 健太郎**

博士（工学），技術士（建設部門）

講師 **平山 奈央子**

博士（環境科学）

滋賀県立大学 環境科学部
環境政策・計画学科

検討の流れ

県域全体をカバーする
水害リスクの評価

県内全自治会の
地域防災力の評価

```
graph TD; A[県域全体をカバーする  
水害リスクの評価] --- B[県内全自治会の  
地域防災力の評価]; B --> C[水害リスクに応じた  
地域防災力の向上戦略];
```

水害リスクに応じた
地域防災力の向上戦略

県域全体のリスク評価

－ 対策検討の基礎情報

地先の安全度

～氾濫原のある地点（生活圏）に着目した水害リスク評価～

- 氾濫原での対応（まちづくり等）を含む治水対策を検討するため、
「河川施設ごとの（治水）安全度」ではなく、
「地先の安全度」を評価。

（「地先の安全度」評価用の水理モデルに求められる機能）

- 生活圏を取り囲む河川・水路群からの複合的な氾濫を考慮できること。
- 河川・水路群の施設能力を超える洪水の氾濫を考慮できること。
（再現期間 10, 30, 50, 100, 200, 500, 1000年で計算）
- 県内全域で同様に評価できること。

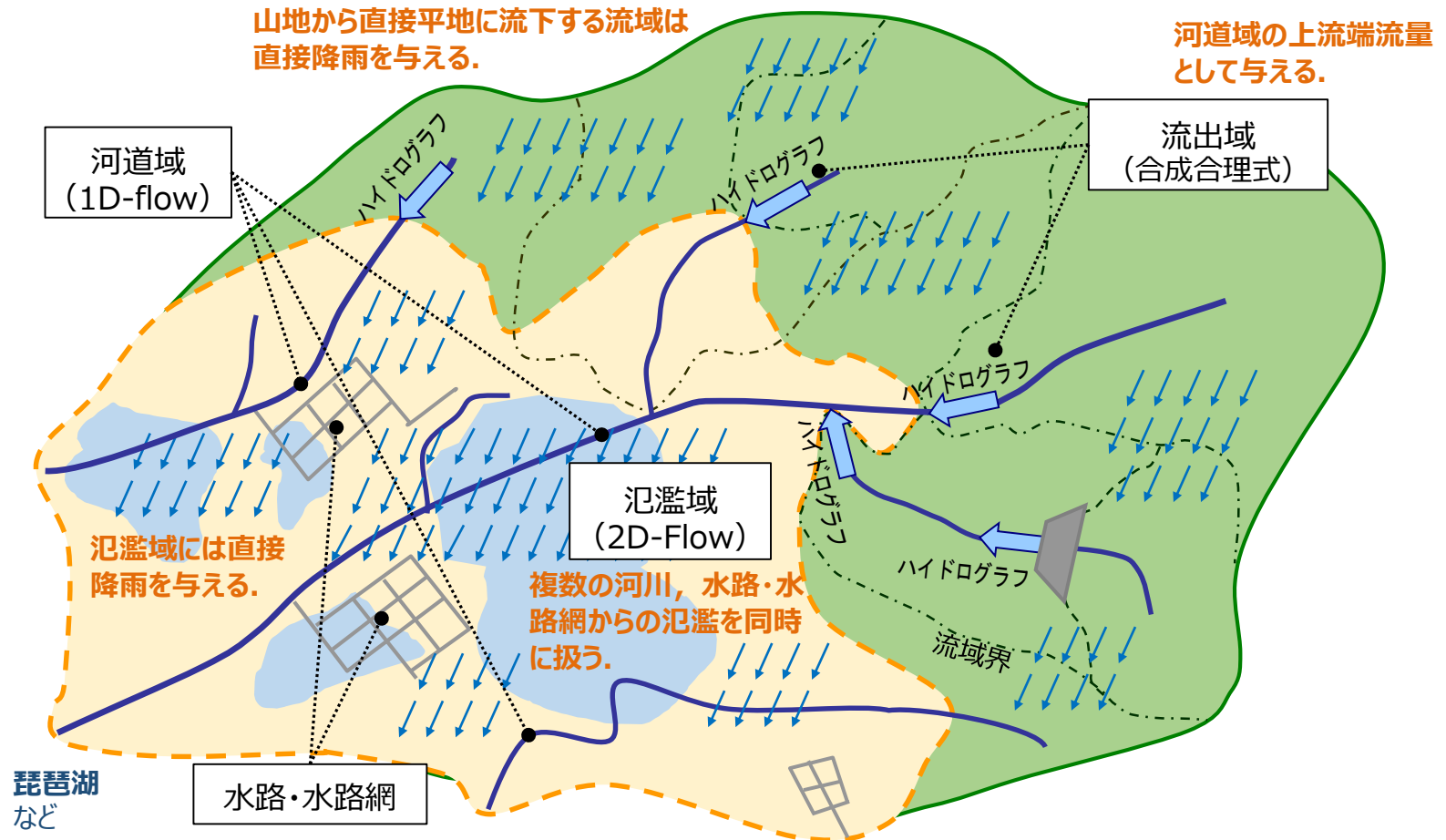


統合型水理モデルの概要

- モデル化の範囲
 - 県下の主要なはん濫原をほぼ網羅
- 河道・水路（雨水渠、農業排水路など）
 - 県下の主要な一級河川
 - 【現況河道】近畿地整提供LPデータから、約240河川の縦横断面図を作成
(既存測量データ, 追加の現地測量等により県で独自に補完)
 - 【計画河道】全計断面, 暫定(河川整備計画)断面
 - 県下の主要な普通河川（雨水渠、農業排水路等）
市町河川・下水道担当, 県農村整備課等から資料収集 + 都市計画図・住宅地図から諸元を判読
- 地盤
 - 50mメッシュDEM（地盤高データ） 近畿地整LPデータから県独自に作成
- 盛土
 - 比高差1m以上の連続盛土を考慮 近畿地整LPデータから県独自にラインデータを取得
- 計算方法
 - 山地域：合成合理式
 - 河道域：一次元非定常流解析（水路は等流モデル）
 - 氾濫域：平面二次元非定常流解析
- 外力
 - 降雨波形（山地域、氾濫域に直接与える）

「地先の安全度」計算用 統合水理モデル

～内外水を同時に考慮～

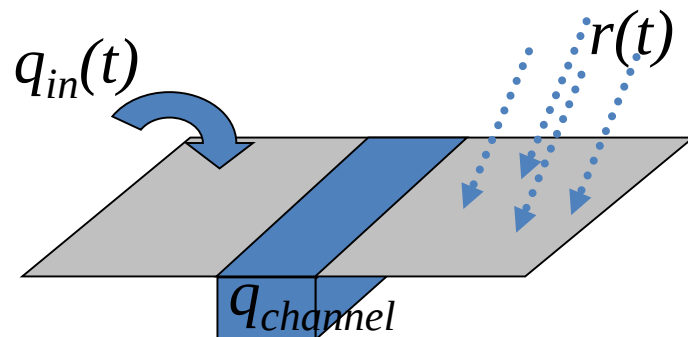


- 河道（約240河川）は一次元、氾濫域は二次元
- 小河川・大規模な水路は等流水路として扱う。
- ほ場整備・下水道（雨水）の実施範囲は、流下能力分の降雨を控除し下流部で合算。

水路網のモデリング

～小河川、下水道（雨水）、農業用排水路～

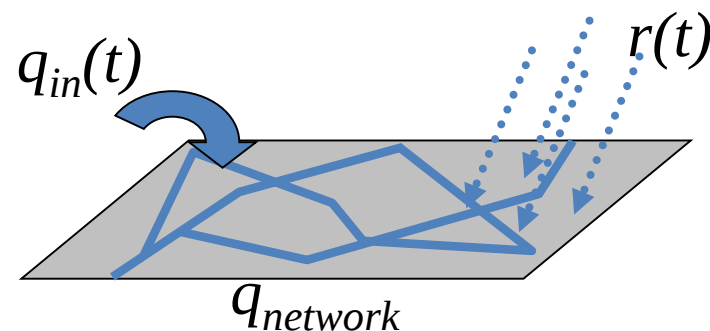
■ 大きめの水路



$$Q_{in} = A \cdot r(t) + q_{in}(t) - q_{channel}$$

- 水路の流下能力 $q_{channel}$ を等流計算で算出し、
 - ①当該メッシュの流入量から除算し、
 - ②下流メッシュへの流出量に加算。

■ 小さい水路のネットワーク



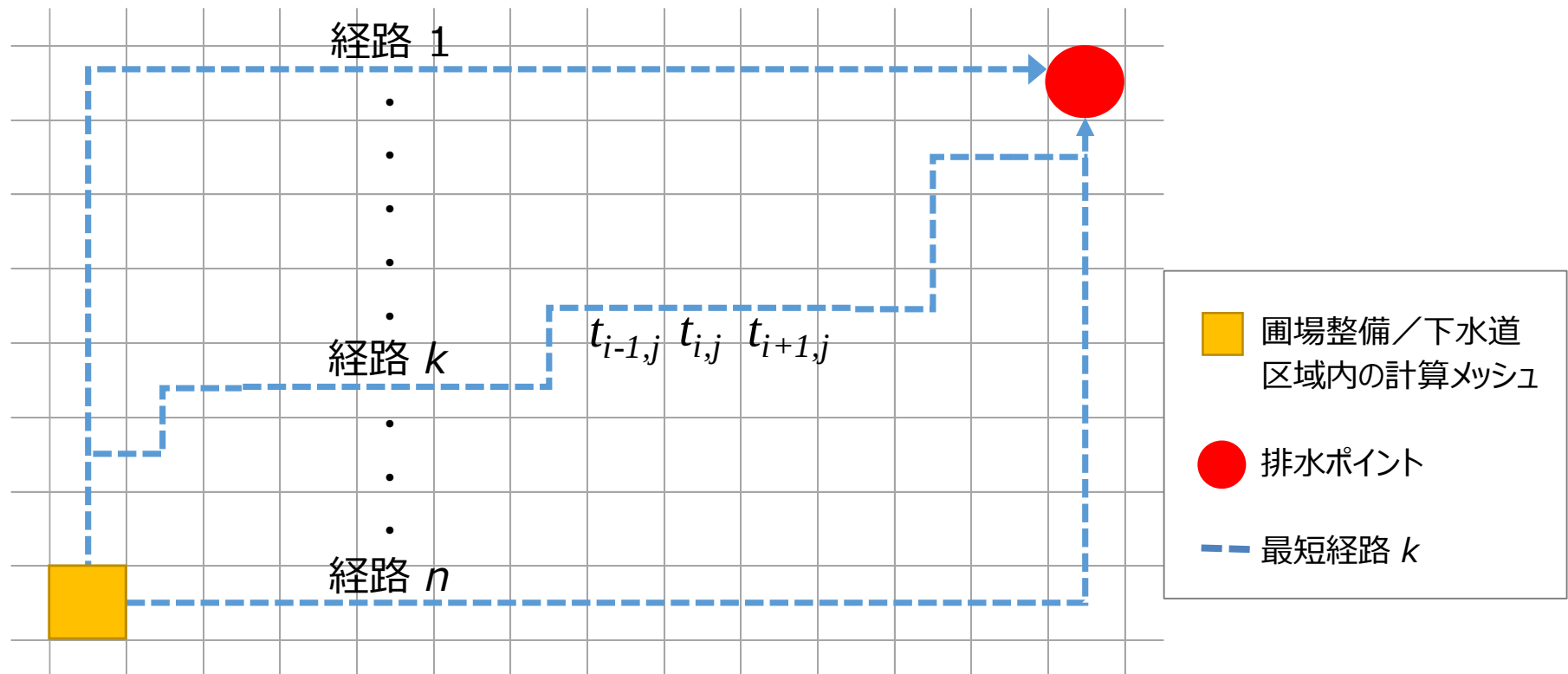
$$Q_{in} = A \cdot r(t) + q_{in}(t) - q_{network}$$

- 水路網(ex.圃場整備エリア)の排水能力 $q_{network}$ を計画書等から抽出し、
 - ①当該メッシュの流入量から除算し、
 - ②下流メッシュへの流出量に加算。

水路網のモデリング

～時間遅れの考慮（小さい水路のネットワーク）～

- 手順1** メッシュごとに地形勾配からクラークン式で流下時間 t_{ij} を算出
- 手順2** 各メッシュから排水先までの最短経路 k を探索
- 手順3** 通過メッシュの流下時間 t_{ij} を総計 T_k し、最小となる経路を抽出し T_{min} を遅れ時間として設定



破堤条件①

～氾濫解析に用いる4つの破堤条件～

1. スライドダウン破堤

- 計算水位がH.W.L.に達する前に破堤させる（スライドダウン）
- 浸水想定区域図作成時に基本断面形状がない堤防に対して適用される。

2. H.W.L.破堤（あるいは、堤防天端高 – 余裕高）

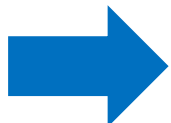
- 計算水位がH.W.L.に達したと同時に破堤させる。
- 浸水想定区域図作成時に基本断面形状がある堤防に対して適用される。

3. 越水破堤

- 計算水位が堤防天端に達したと同時に破堤させる。
- 全国的な統計によると、破堤要因の75%が越水。ただし、河川管理の義務的責任範囲外の事象を検討することになる。
- 破堤氾濫時の流体力が最も大きくなる。

4. 無破堤（越水のみ）

- 計算水位が堤防天端を超えても破堤させない。（越水分のみ氾濫原に伝播）
- 洪水継続時間の短い中小河川では、越水しても破堤しなかった事例も多数報告されている。



越水が1時間が続いた場合に破堤するものとして計算

統合型水理モデルの特性

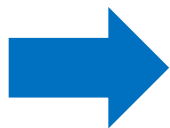
～（一級河川の）浸水想定区域図との違い①～

1. 複数の河川の同時はん濫を対象

- － 浸水想定区域図は、指定河川からのはん濫のみ考慮。実際には、指定河川のみが危険な状態になるのではなく、降雨の状況によって、複数の河川が同時に危険な状態になることも想定される。
- － 統合型水理モデルは、圏域（流域＋氾濫域）全体に一様に降雨があった場合に、**圏域内の複数の河川からどのように氾濫するのかを同時に表現。**

2. 内水はん濫を考慮

- － 浸水想定区域図は、指定河川からのはん濫のみ考慮。実際には、指定河川がはん濫する前に、農業排水路、普通河川や小規模な一級河川などのはん濫が先に生じることにも想定される。
- － 統合型水理モデルは、**農業排水路、下水道（雨水）、小規模な一級河川からのはん濫現象も同時に考慮**

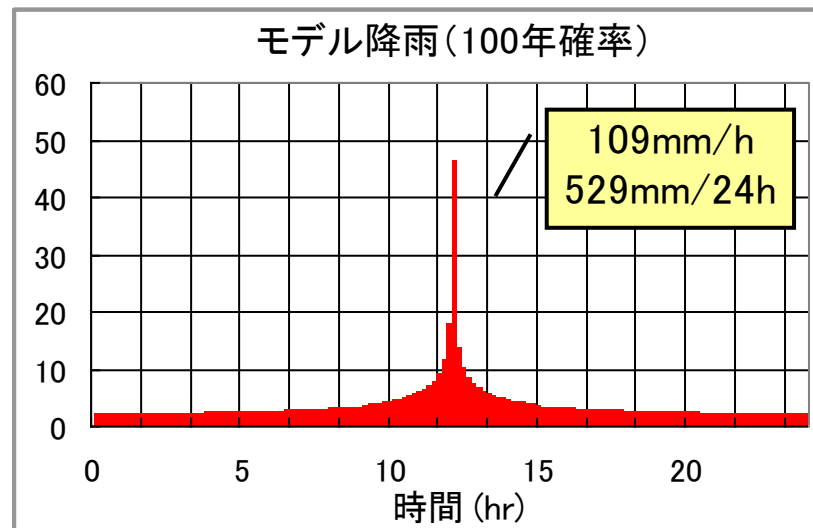
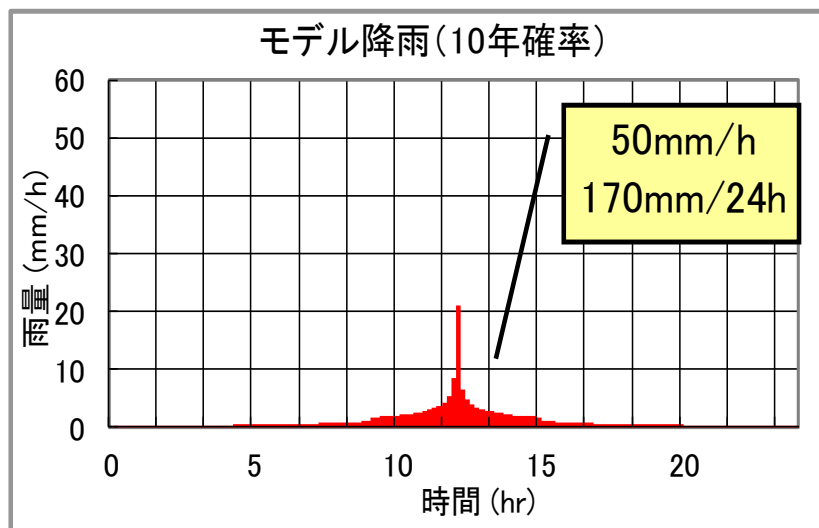


河川ごとではなく、**エリアごと**に複数河川・水路群を同時に扱いリスク評価
避難計画・氾濫原管理に有効なモデル

「地先の安全度」を計量化する評価外力

■ 超過洪水を含む複数の外力（降雨）を対象

- 1/10, 1/30, 1/50, 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000
滋賀県降雨強度式を用いた中央集中型降雨（降雨継続時間24時間）を全域に一樣に与える。（県下のリスクを“同じ定規”で比較するため）
- 滋賀県降雨強度式は、県下の河川計画や雨水排水計画（雨水渠）に適用されている。



地先の安全度を用いたリスク評価

～リスク・マトリクス～

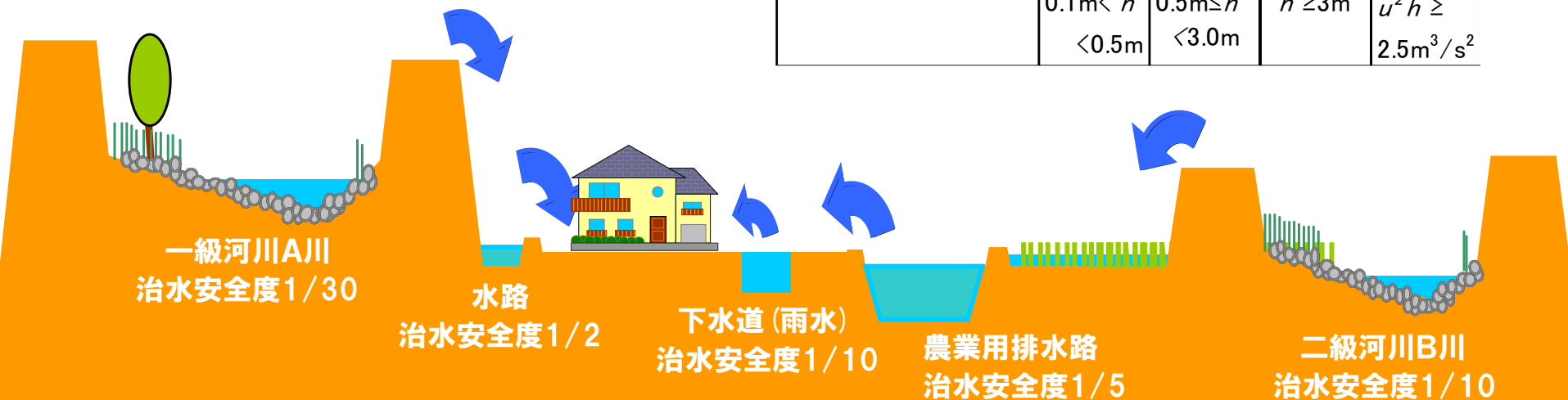
右図は、当該地点に一般家屋がある場合に、

- ① 家屋流失が200年に1度程度、
- ② 家屋水没が200年に1度程度、
- ③ 床上浸水が 50年に1度程度、
- ④ 床下浸水が 10年に1度程度、

の頻度で発生することを意味する。

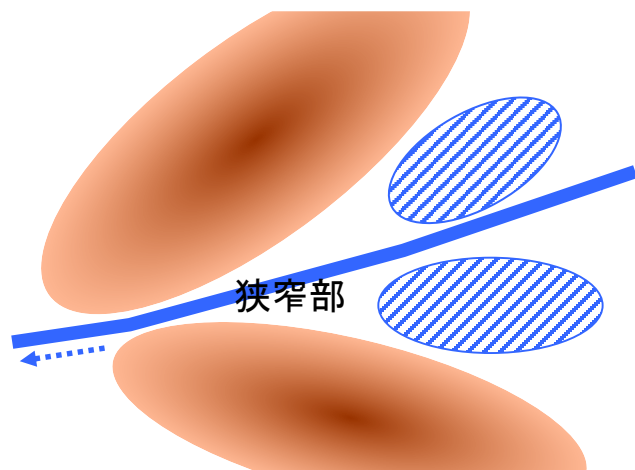
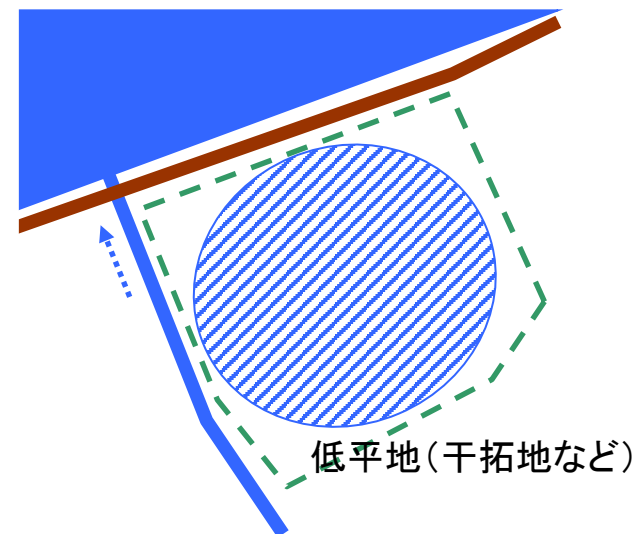
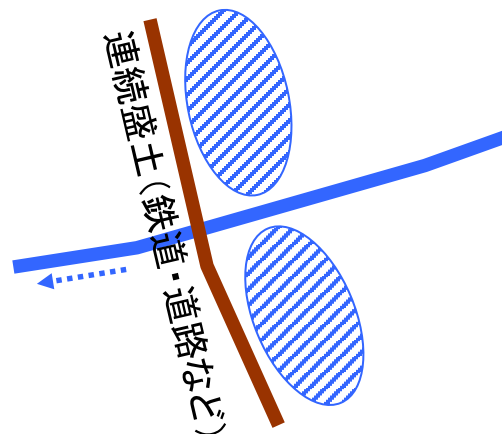
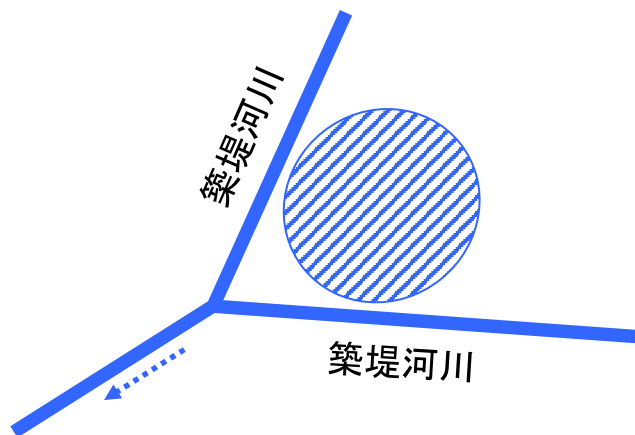
「地先の安全度」とは、
場所ごとに覚悟しておく必要のある
“**水害リスク**”

1/ 2 (0.500)	年 発 生 確 率				
1/ 10 (0.100)		④			
1/ 30 (0.033)					
1/ 50 (0.020)			③		
1/100 (0.010)					
1/200 (0.005)				②	①
...					
		被害の種類(浸水深・流体力)			
		床下浸水	床上浸水	家屋水没	家屋流失
		0.1m< h <0.5m	0.5m≤h <3.0m	h ≥3m	$u^2 h \geq 2.5\text{m}^3/\text{s}^2$



氾濫時に浸水深が大きくなる地形

琵琶湖流域・氾濫域

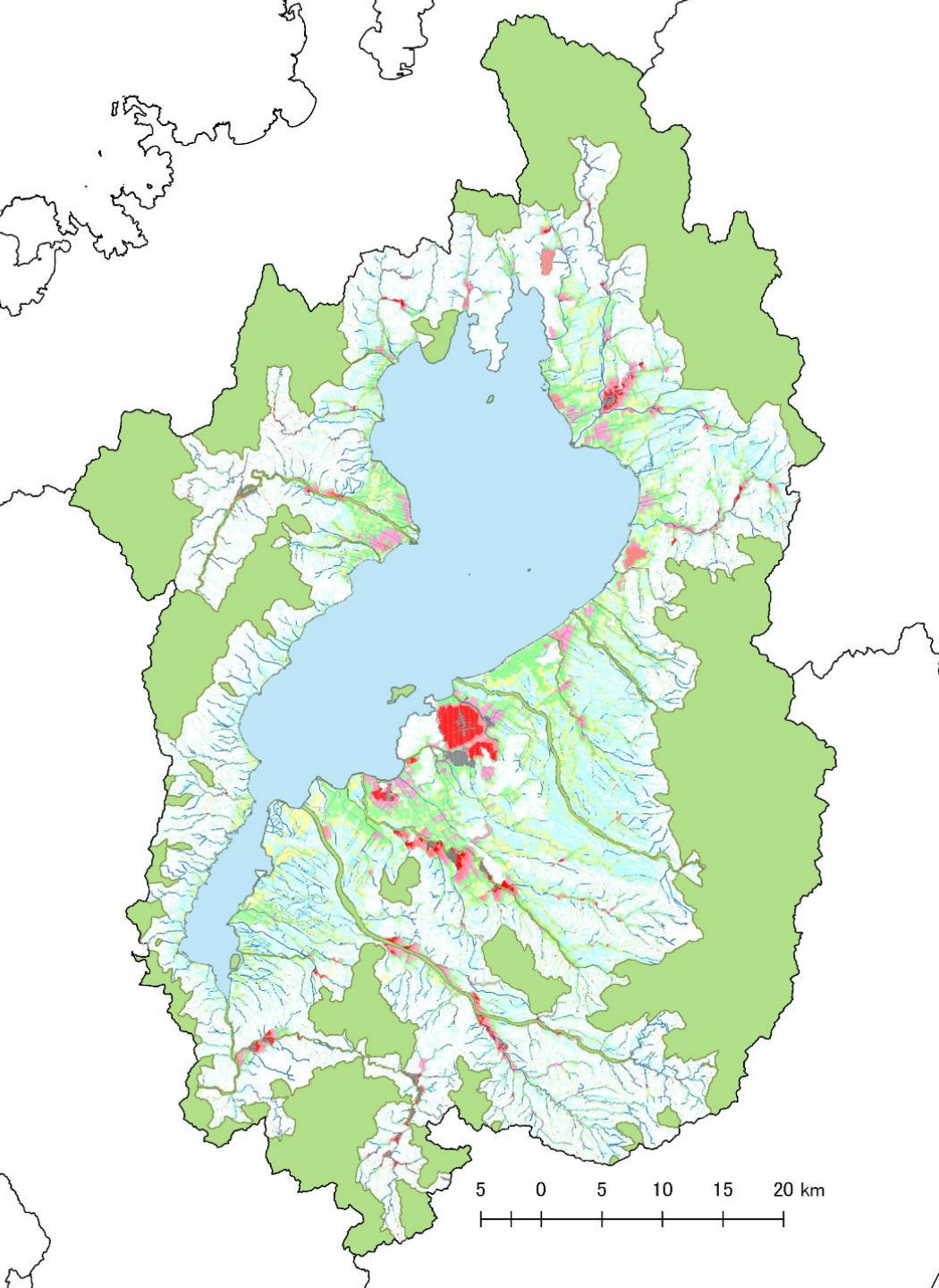


(実務経験に基づく仮説)

- 氾濫した時に危険な箇所は、地形で決まる。
- 河川整備により氾濫頻度は低下しても、氾濫時の危険性は高いままのこる。



いざというときの対応にはある程度**普遍性**がある



浸水深

1000年確率

浸水深(m)

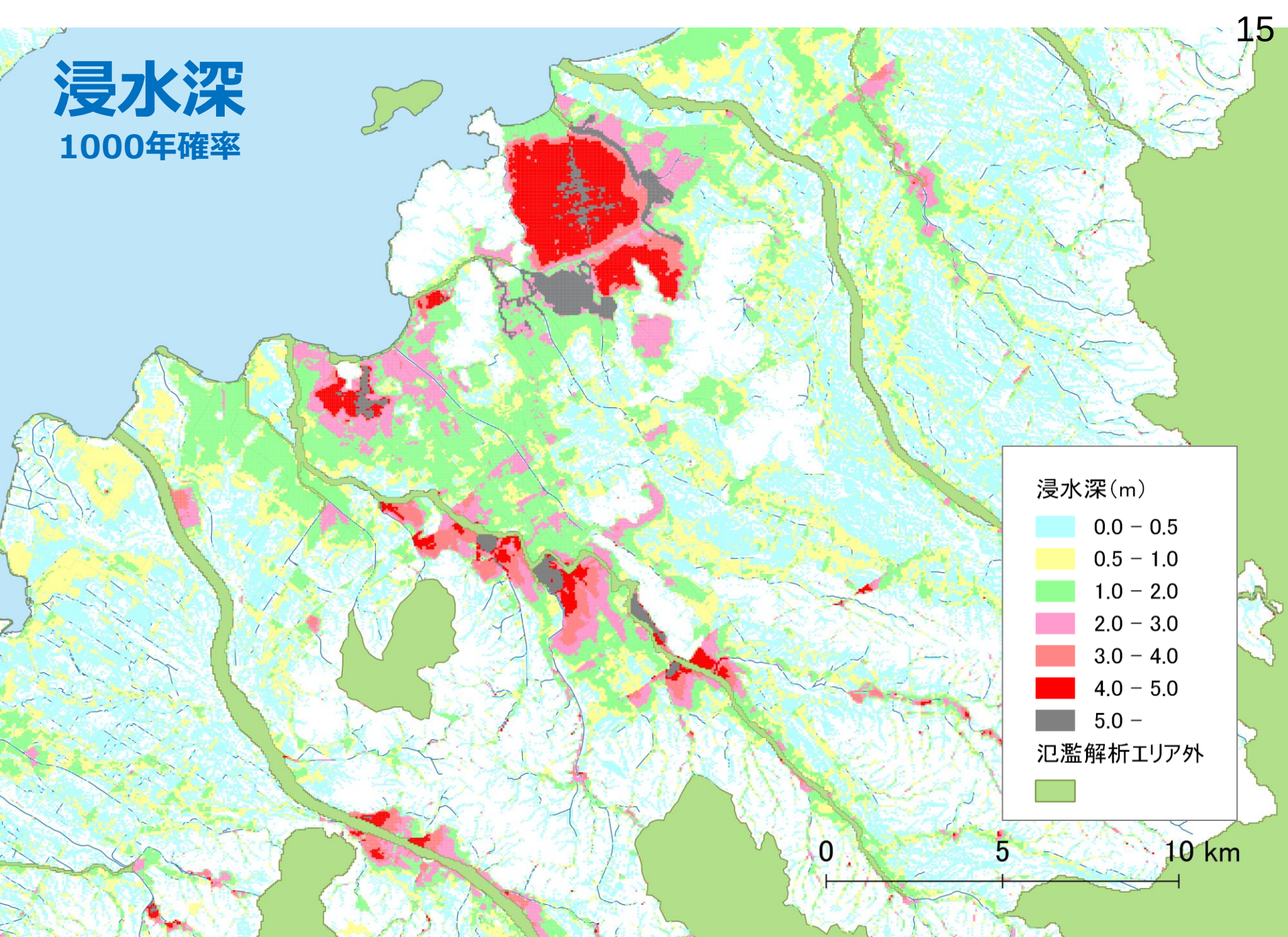
- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 - 4.0
- 4.0 - 5.0
- 5.0 -

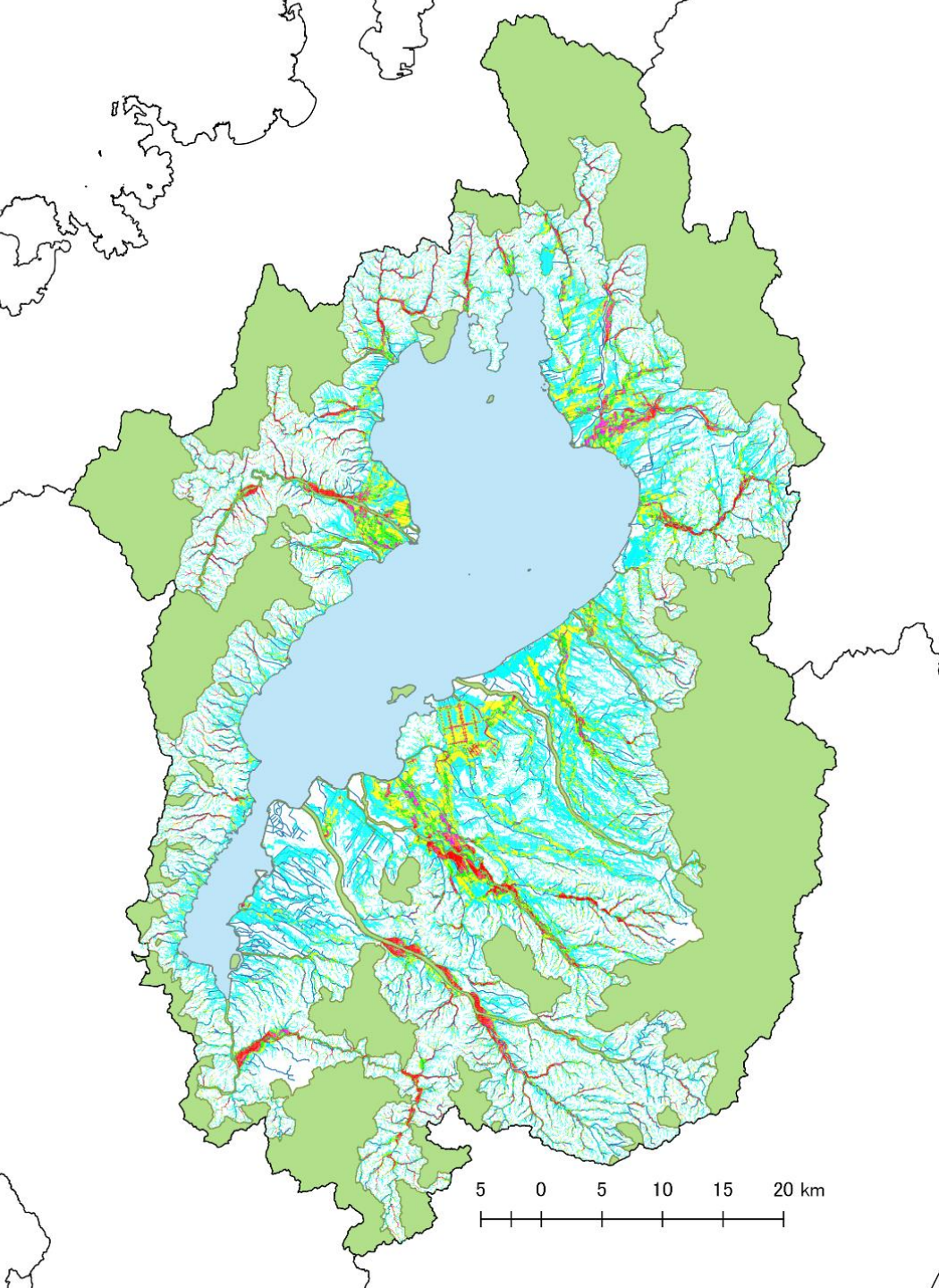
氾濫解析エリア外



浸水深

1000年確率





流体力 u^2h

1000年確率

流体力 (m^3/s^2)

– 0.5

0.5 – 1.0

1.0 – 1.5

1.5 – 2.0

2.0 – 2.5

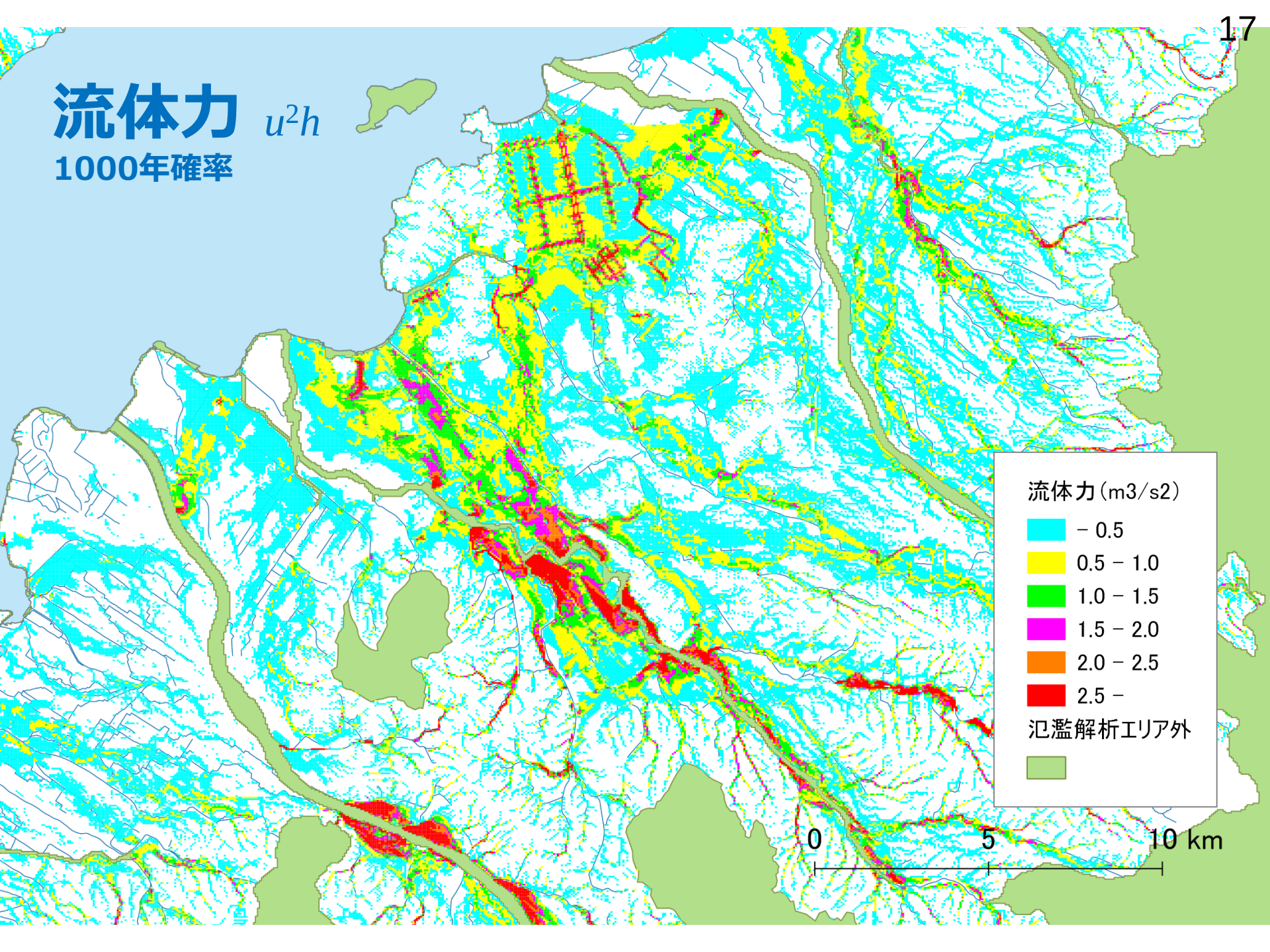
2.5 –

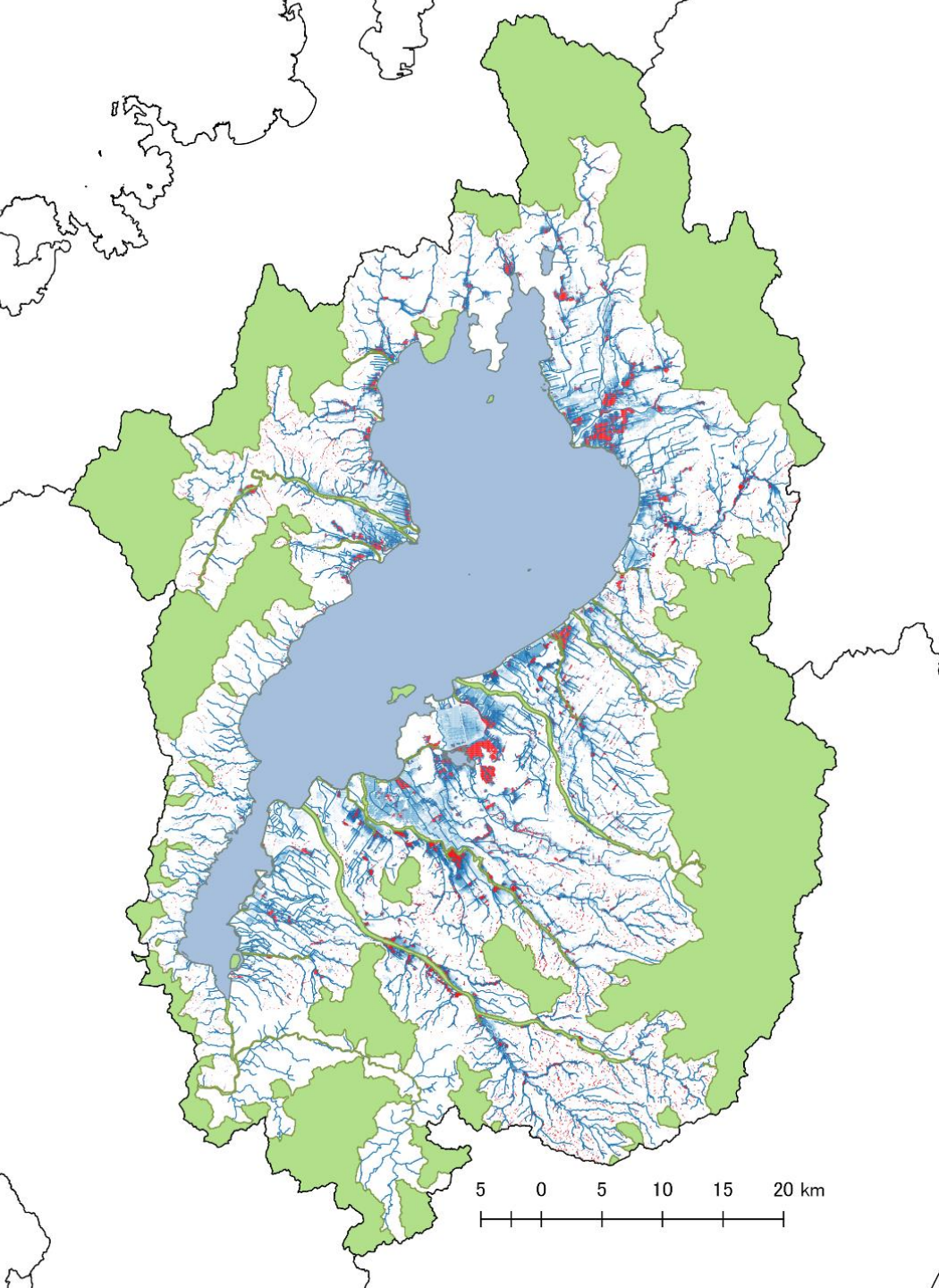
氾濫解析エリア外



流体力 u^2h

1000年確率





床上浸水発生頻度

0.5m以上の浸水頻度

床上浸水発生頻度

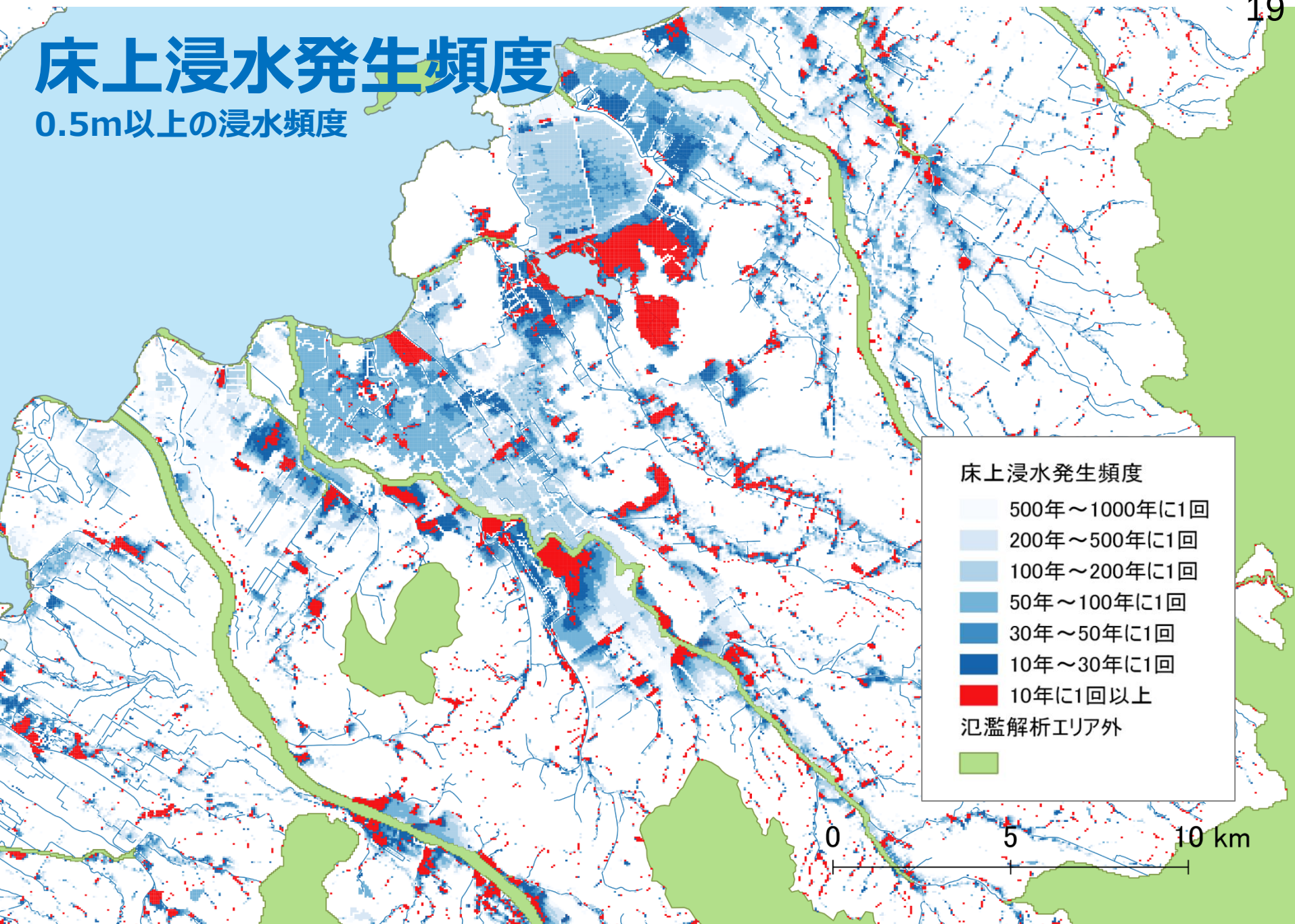
- 500年～1000年に1回
- 200年～500年に1回
- 100年～200年に1回
- 50年～100年に1回
- 30年～50年に1回
- 10年～30年に1回
- 10年に1回以上

氾濫解析エリア外



床上浸水発生頻度

0.5m以上の浸水頻度





家屋水没発生頻度

3.0m以上の浸水頻度

家屋水没発生頻度

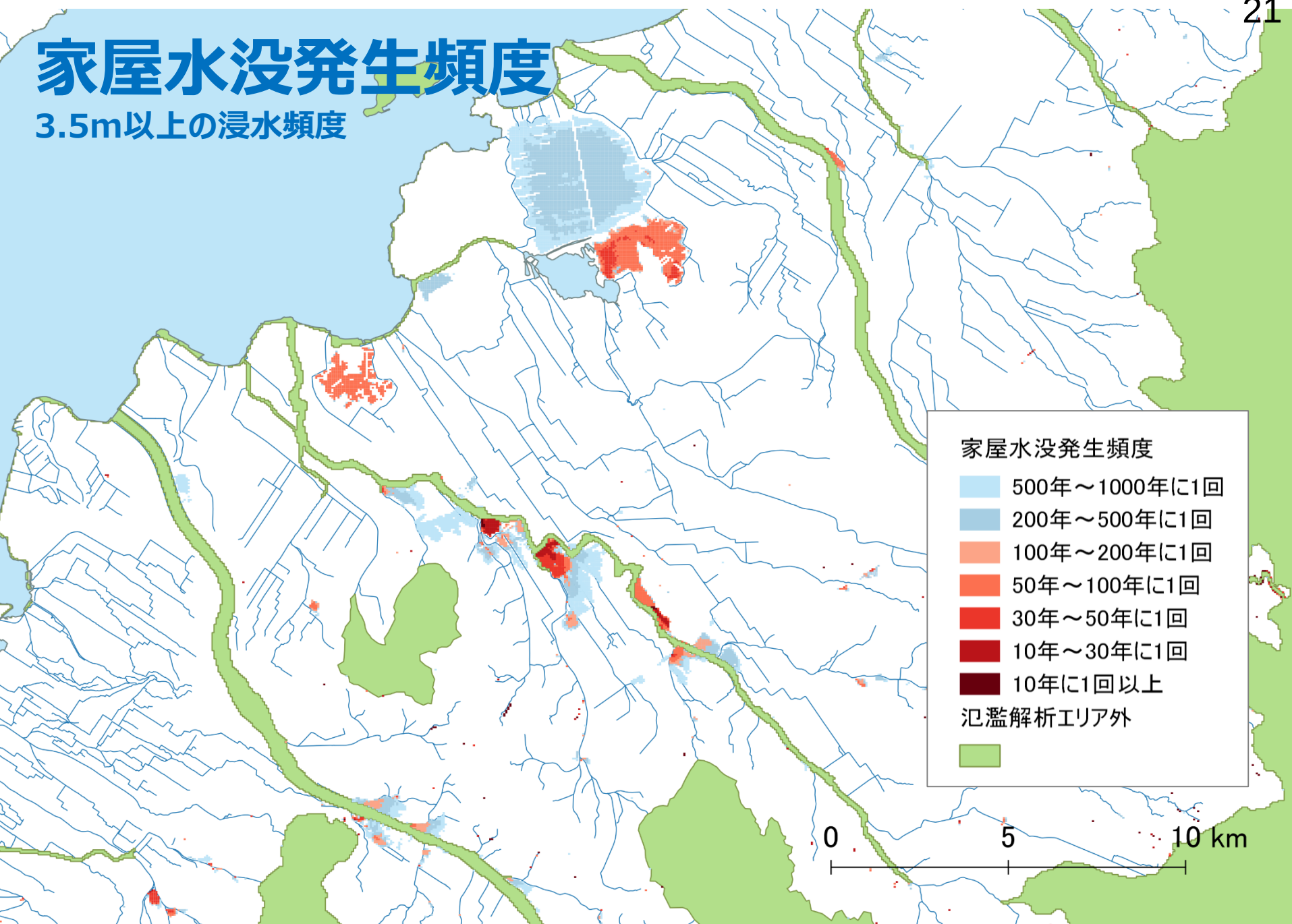
- 500年～1000年に1回
- 200年～500年に1回
- 100年～200年に1回
- 50年～100年に1回
- 30年～50年に1回
- 10年～30年に1回
- 10年に1回以上

氾濫解析エリア外



家屋水没発生頻度

3.5m以上の浸水頻度



期待被害率

一般家屋が立地した場合

期待被害率

0.001% - 0.01%

0.01% - 0.1%

0.1% - 0.5%

0.5% - 1.5%

1.5% -

氾濫解析エリア外

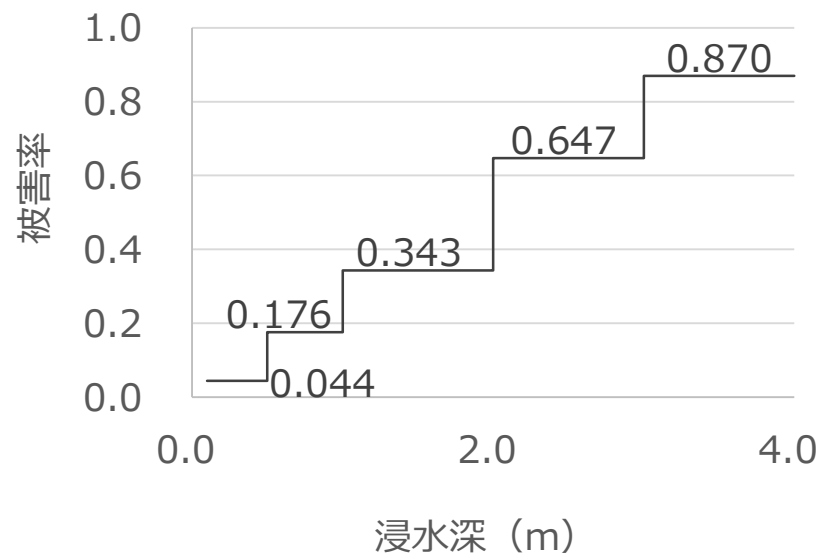


$$\bar{X} = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{X_{k-1} + X_k}{2} \times (P_{k-1} - P_k) \right\}$$

X_k : 外力 F_0 ごとの被害率

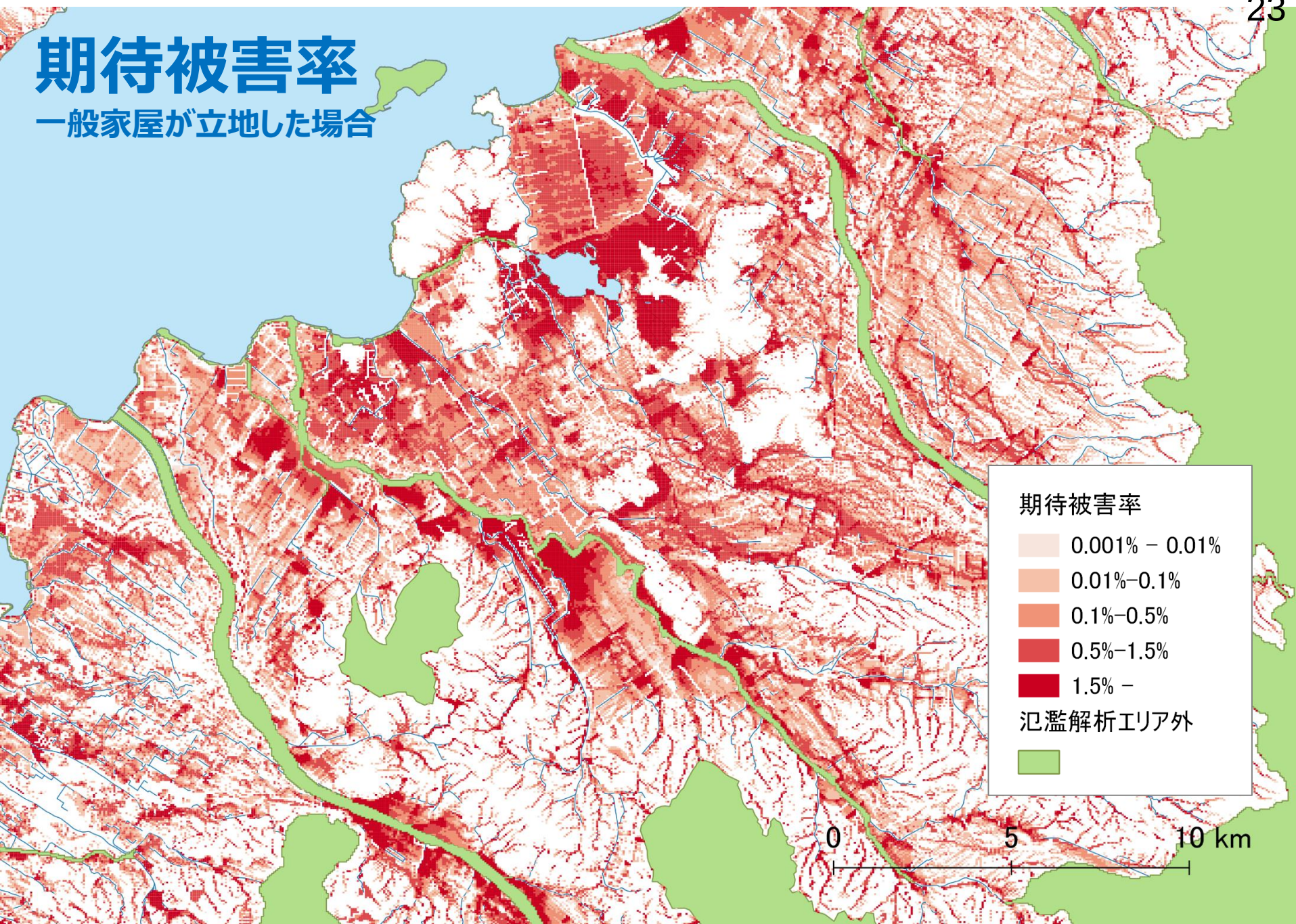
P_k : 外力 F_k の年超過確率

浸水深別被害率



期待被害率

一般家屋が立地した場合



県域各地の地域防災力の評価

－ 対策検討の基礎情報

地域防災力の評価

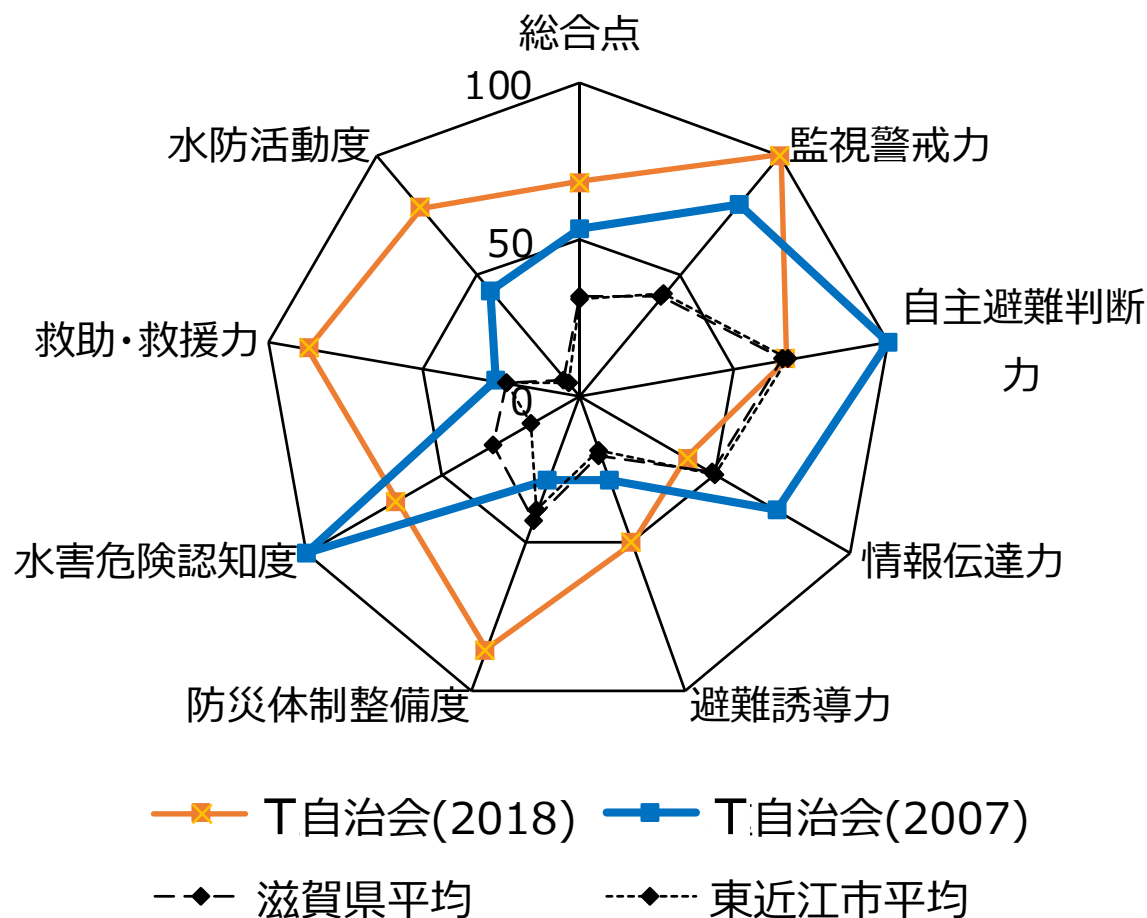
内閣府 地域防災力診断システム（水害版）

- | | | |
|---|---------------------|--|
| ① | 警戒
監視力 | 水害に対して どの程度具体的に警戒活動を行っているか を表し、水害の危険地区に住んでいる人のふだんからの水害に対する警戒体制や、水害の危険が高まったときの地域での警戒体制を評価 |
| ② | 自主避難
判断力 | 水害に際しての 自主避難の可能性と避難への積極性 を表しており、避難の必要がある時、行政機関からの呼びかけを待たず、地区のリーダーの判断によって避難の呼びかけができるか、また、地区のリーダーの避難の呼びかけに応じて自主的に避難する可能性があるかという点を評価 |
| ③ | 情報
伝達力 | 水害が発生する可能性が高い時、危険地区に居住・滞留している人々に、その 情報を的確に伝えられるか を表しており、情報伝達訓練の実施状況や情報連絡を行う体制・設備の状況などを評価 |
| ④ | 避難
誘導力 | 水害から身を守るために、 安全に避難できる避難体制が整えられているか を表しており、安全な避難路の有無、避難訓練の実施状況などから評価 |
| ⑤ | 防災体制
整備度 | 水害時に被害を最小限に食い止めるうえで鍵を握る 地域の連携体制 を表し、地域の防災活動に幅広い層からリーダーがいるか、市役所や町役場・消防署・消防団(水防団)との連携ができているかを評価 |
| ⑥ | 水害危険
認知度 | 水害が及ぼす 危険性を適切に認識しているか を表し、地域のリーダーが洪水のハザードマップなどの水害の危険を知らせる情報に関心を示し、今後の水害危険に注意を払っているかにて評価 |
| ⑦ | 救助・
救援力 | 住民による水害に対する 自助努力の実施度 を表し、地域としての食料などの備蓄の実施状況、水害発生時の救助・救援活動の実施可能性、炊き出しや救護訓練の実施状況等を評価 |
| ⑧ | 水防
活動度 | 川の堤防へ土のう(砂袋)を積む、高い所へ荷物をあげるといった 水害への応急措置に対する取り組み を表し、水防対策がどれくらい実施されているか、水防訓練(水害対策訓練)を実施しているか、住民の人がどれくらい水防訓練に参加しているかという点から評価 |

地域防災力の評価

～地域防災力診断システム（内閣府）～

■ 自治会ごとの地域防災力診断結果



地域防災力の評価

～地域防災力診断システム（内閣府）～

■ 自治会ごとの地域防災力診断結果

構成要素	点数	コメント	平均	
			県	市
総合点	68	総合的にみて、あなたの地域の水害に対する防災力は高い方です。さらに上をめざし、防災力が向上するようにがんばりましょう。	32	31
監視警戒力	100	あなたの地域の水害に対する「警戒・監視力」は大変高いです。今後も水害が起きる危険がないか、被害を最少にするために細心の注意を払い、警戒・監視体制の維持を心がけてください。	41	42
自主避難判断力	67	自主避難判断力は、まあまあです。多くの人が、すぐ避難できるように、どんなときに避難が必要か、確認しておいてもらいましょう。	66	68
情報伝達力	40	あなたの地域の水害の「情報伝達力」はやや低い方です。雨の降り方や周囲で雨が降っている状態に気をつけ、危険があるときにはどこに情報を伝えるのかを確認し、情報伝達体制を整備しましょう。	49	50
避難誘導力	50	あなたの地域の「避難誘導力」はまずまずです。今後は、安全な避難路・避難所を確保し、身体の弱い人も避難できる体制の整備に努めましょう。	20	19
防災体制整備度	86	あなたの地域の防災への取り組みは、リーダーがおり比較的良い体制です。さらに多くの人に防災活動に入ってもらい、他の機関との連携を図りましょう。	42	39
水害危険認知度	67	あなたは、地域の「水害の危険」に関心を持っていますが、さらに理解を深めるため、地域の人たちと一緒に、水害危険地図等を参考に、地域の中にある危険な所を確認しましょう。	31	17
救助・救援力	87	あなたの地域の「救助・救援力」は高い方です。これからも地域の方々でお互いに助け合って、被災した後も早く元の生活に戻るための救助・救援体制の充実に努めましょう。	23	23
水防活動度	78	あなたの地域の「水防活動度」は高い方です。これからも水害から地域を守るため、ふだんから気象情報に気をつけ、水防用の資機材の整備・点検などに努めましょう。	7	5

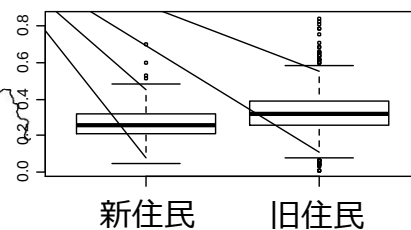
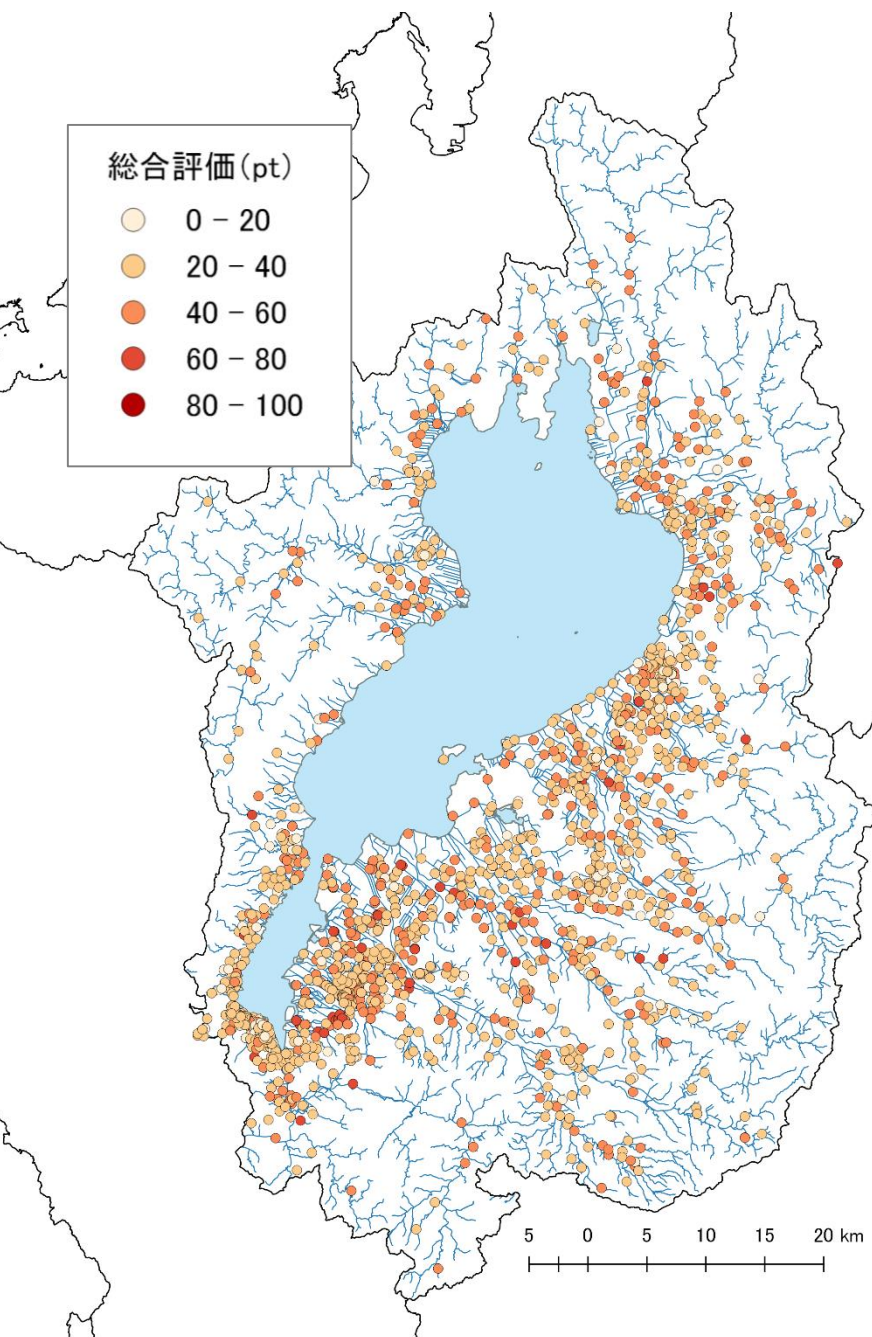
地域防災力の評価

2016年（一部） および 2018年実施

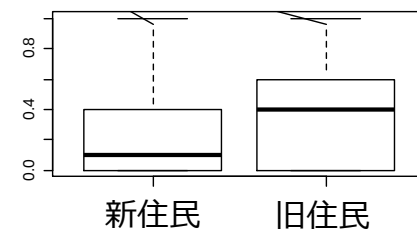
■ 回答数2248/3402（回収率 66%）

2007年実施

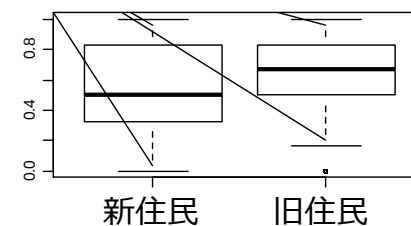
■ 回答数2484/3211（回収率 77%）



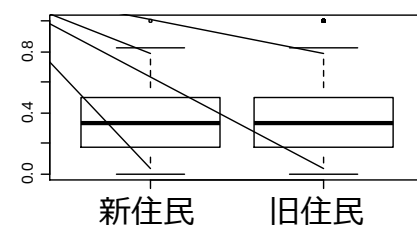
総合得点



①監視警戒力



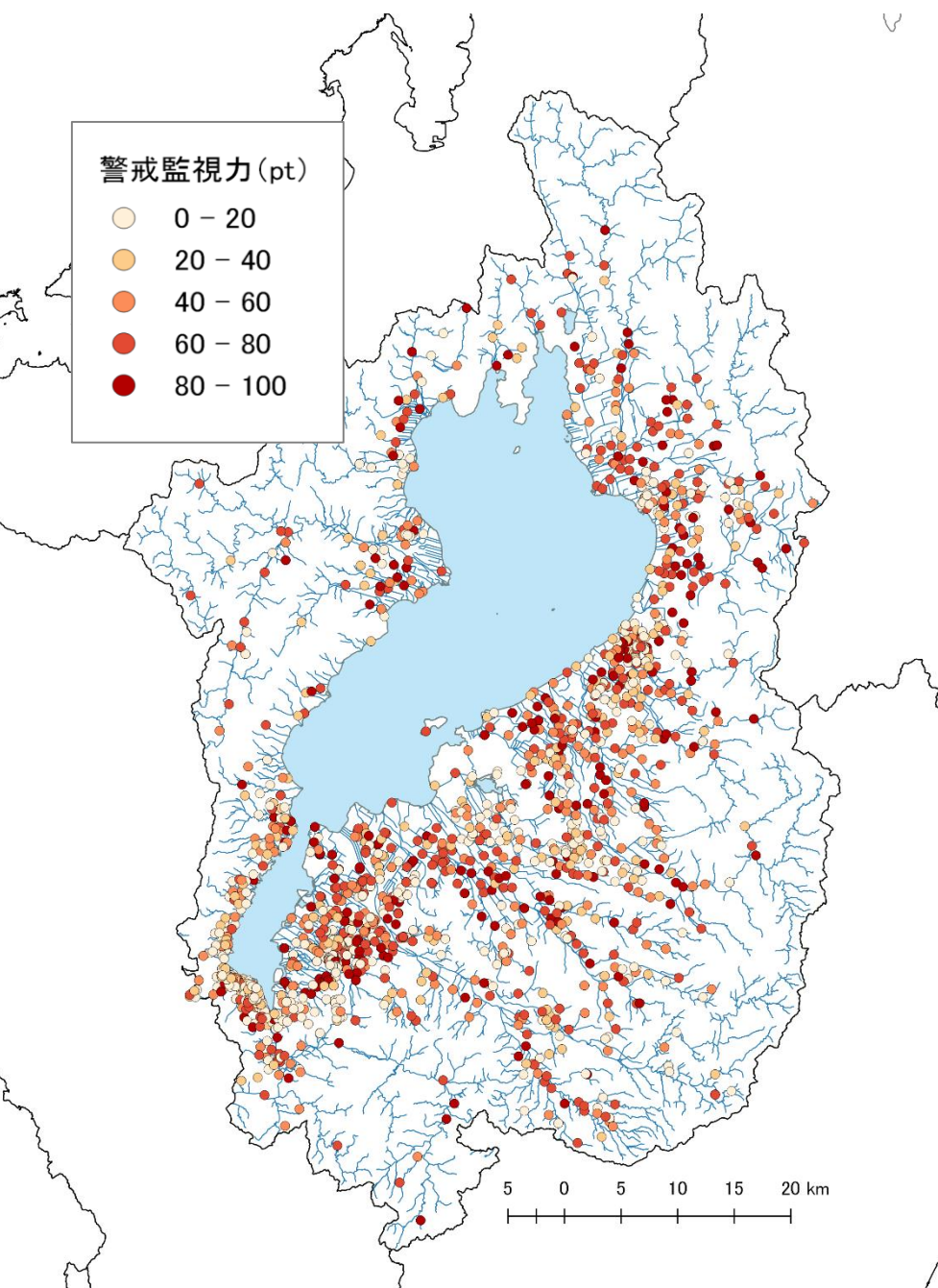
②自主避難判断力



⑥水害危険認知度

地域防災力の評価

2016/2018年度調査



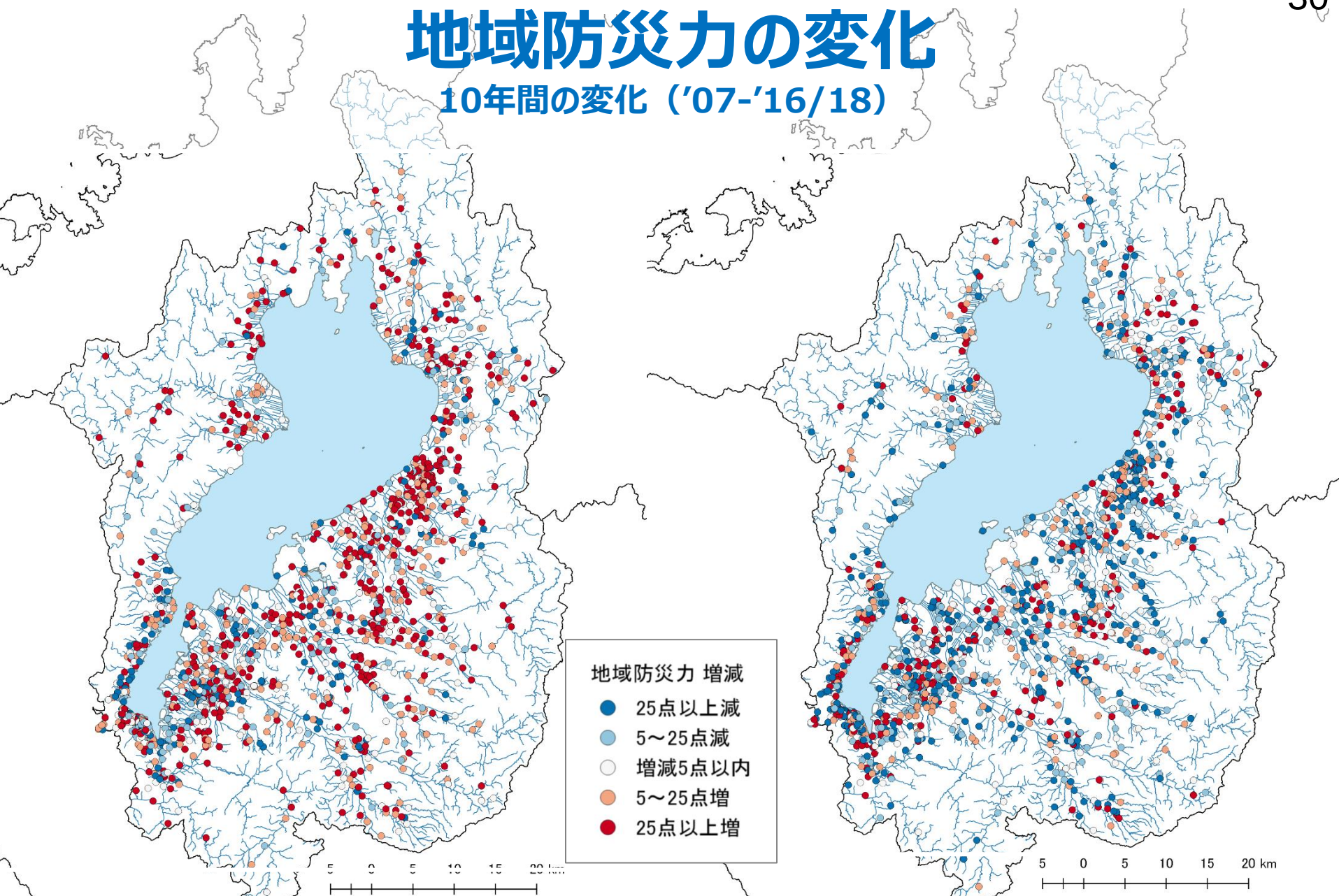
II 水害に対する地域防災力診断

問8	防災活動でどのような人・組織が主導的な役割をしているか	9択※
問9	防災面で困ったとき、市役所や消防署と連絡を取り合っているか	4段階
問10	防災面にかかわらず、市役所や町役場と普段から連絡を取り合っているか	4段階
問11	洪水ハザードマップを確認したか	5段階
問12	今後床上浸水のような浸水被害が発生する危険性はどの程度あるか	5段階
問13	2～3年の間に水害対策を自治会で自主的に実施したか	14択※
問14	住民のなかで水害への対策を実施している人はどのくらいいるか	6段階
問15	水防訓練のうちどれを実施しているか	12択※
問16	最近行った水防訓練にどれくらいの人に参加したか	5段階
問17	水害の危険が高まったとき、自治会ではどのようなことをするか	12択※
問18	洪水の可能性が大きくなったとき情報を誰に伝えるか	8択※
問19	住民に緊急に一齐に情報を知らせるための手段は何か	14択※
問20	洪水の可能性が大きい時、自主的に住民に避難を呼びかけるか	4段階
問21	避難時に安全な道を選択できるか	4段階
問22	自治会が自主的に避難を呼びかけた場合、どのくらいの人が避難に応じるか	5段階
問23	洪水被害にあった場合、自治会ではどのような活動をするか	11択※

※は複数選択可

地域防災力の変化

10年間の変化（'07-'16/18）



水害危険認知度 +11.6pt

自主避難判断力 -6.1

地域防災力の変化

10年間の変化（'07-'16/18）

地域防災力 増減

- 25点以上減
- 5～25点減
- 増減5点以内
- 5～25点増
- 25点以上増

県全体

総合評価は県全体で+1.3と微増

水害危険認知度が +11.5 ↑

自主避難判断力が - 6.1 ↓

- ・ ハザードマップの普及や防災教育等が功奏して水害危険認知度が向上
- ・ 一方で、自主避難判断力が低下しており、この10年間で行政依存が進んだ可能性

市町別

警戒監視力

守山市 +19.6点

県全体 + 6.1点

水害危険認知度

高島市 +25.3点

県全体 +11.5点

総合評価 +1.3pt

5 0 5 10 15 20 km

地域防災力の向上戦略

地域防災力の向上戦略

	(市町)	(自治会名)	総合評価	①警戒監視力	①自主避難判断力	③情報伝達力	④避難誘導力	⑤防災体制整備度	⑥水害危険認知度	⑦救助・救援力	⑧水防活動度	'07からの変化量	期待被害率	床上浸水発生確率	家屋水没発生確率	家屋流失発生確率
1	草津市	S自治会	65	100	83	73	57	57	67	67	33	29	8.2%	10.0%	0.0%	0.0%
5	大津市	S自治会	39	60	83	73	0	43	33	33	11	-4	7.0%	10.0%	0.5%	1.0%
6	湖南市	S自治会	31	20	17	47	36	57	17	20	22	-5	5.3%	10.0%	0.1%	0.0%
7	長浜市	F自治会	48	100	83	53	43	57	67	27	11	8	5.1%	10.0%	0.1%	2.0%
10	安土町	K自治会	27	60	67	53	0	14	50	13	0	5	3.9%	10.0%	0.0%	0.0%
11	近江八幡市	S自治会	25	20	67	20	21	29	50	20	0	-6	3.9%	10.0%	0.0%	0.0%
17	彦根市	G自治会	26	20	33	47	21	29	50	13	0	0	3.8%	10.0%	0.0%	0.0%
20	東近江市	K自治会	26	20	67	40	14	29	50	13	0	-8	3.2%	3.3%	0.5%	0.0%
22	長浜市	O自治会	44	80	100	60	0	57	83	33	11	13	2.7%	3.3%	0.2%	0.0%
24	東近江市	I自治会	26	80	17	40	7	57	0	13	22	-14	2.2%	3.3%	0.0%	0.0%
25	長浜市	S自治会	42	80	67	67	21	57	67	20	0	0	2.1%	3.3%	0.2%	0.0%
26	長浜市	K自治会	36	80	83	67	0	43	83	7	0	7	2.1%	3.3%	0.2%	0.0%
27	草津市	O自治会	34	0	83	53	14	29	100	20	0	15	2.1%	3.3%	0.0%	0.1%
28	大津市	S自治会	17	60	33	13	0	43	17	13	0	-23	2.0%	3.3%	0.0%	0.0%
29	甲賀市	F自治会	30	60	50	33	21	29	67	13	11	-19	2.0%	2.0%	0.2%	0.0%
30	長浜市	Y自治会	35	80	67	47	0	57	67	20	11	12	1.9%	3.3%	0.0%	0.0%

優先度 A

低頻度でも人命被害の恐れがある地域

- 行政が積極的に支援し、着実に水平避難が実施できる体制を整える。
- タイムラインの作成時には、自治会を囲む複数河川・水路群からの浸水を考慮する。
- 地形的条件で、河川改修後も人命被害リスクが残る場合、耐水化建築や将来的な移転も選択肢に入れる。

優先度 B

床上浸水が頻発する（ただし、人命被害はない）地域

- 基本的に垂直避難を推奨する。
- 河川整備を優先する（氾濫頻度を減少させる）。

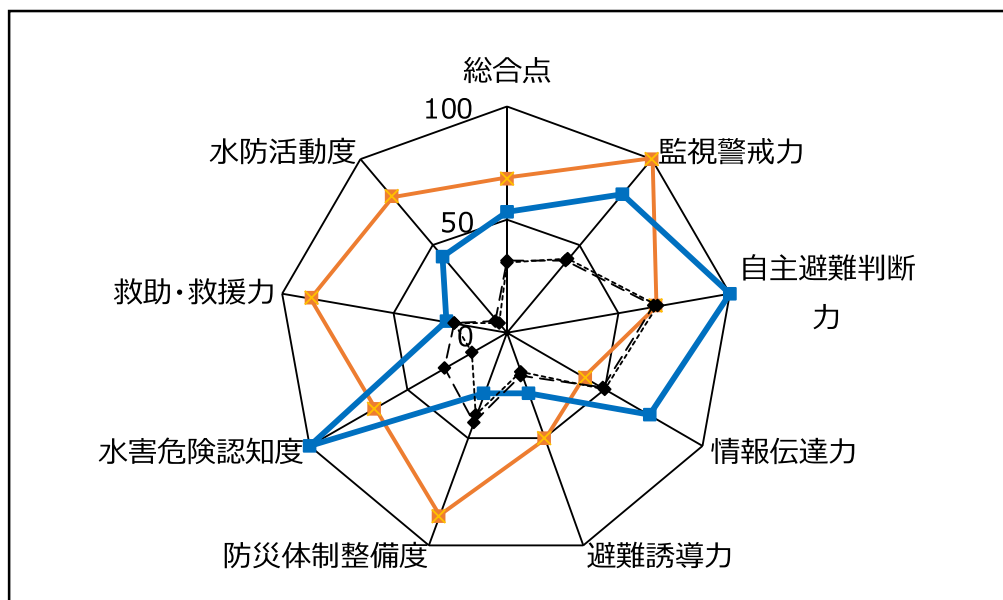
評価結果の活用

自治会ごとに情報提供 ～内発的な自助・共助のきっかけに～

自治会ごとの「地先の安全度」と「地域防災力」を整理し、
市町（河川・防災部局）を通じて、後日還元。

1/ 2 (0.500)	年 発 生 確 率				
1/ 10 (0.100)		④			
1/ 30 (0.033)					
1/ 50 (0.020)			③		
1/100 (0.010)					
1/200 (0.005)				②	①
...					
		被害の種類(浸水深・流体力)			
		床下浸水	床上浸水	家屋水没	家屋流失
		$0.1\text{m} < h < 0.5\text{m}$	$0.5\text{m} \leq h < 3.0\text{m}$	$h \geq 3\text{m}$	$u^2 h \geq 2.5\text{m}^3/\text{s}^2$

自治会ごとの「地先の安全度」



自治会ごとの「地域防災力」

自治会単位で「地先の安全度」と「地域防災力」が示され、課題が明確となれば、
自発的に具体的な対策を検討することが可能となる。