

第5章 各種条件と被災条件の相関整理

5.1 架橋条件・構造条件と上部構造の流出との関係

前章までにおいて、津波による影響を受けた橋梁を対象に、橋梁架橋位置、橋長や桁高等の構造条件、津波シミュレーションによる流速、浸水深等を把握した。ここでは、これらの各種条件と上部構造の流出の有無などの被災形態との関係について把握するためにシミュレーション結果と本研究で対象とした200橋の架橋条件や構造条件と上部構造の流出の関係を整理した。

5.1.1 津波の規模と上部構造の流出との関係

津波の規模を表す代表的な指標として、浸水深、流速、海岸線から架橋位置までの距離がある。浸水深は、津波による浸水により受ける静水圧の大きさに関連し、浸水深が大きいほど上部構造に作用する力は大きくなるものと考えられる。また、流速は、津波による浸水により受ける流体力の大きさに関連し、流速が速いほど上部構造に作用する力は大きくなるものと考えられる。また、海岸線から架橋位置までの距離によって、橋梁に作用する波や砕波条件等の波の特性が異なる可能性があると考えられる。これらを踏まえて、津波特性(浸水深、流速)、海岸線から架橋位置までの距離と上部構造流出の関係及び頻度分布を整理し、それぞれ図5.1～図5.3に示す。浸水深、流速、海岸線から架橋位置までの距離のいずれにおいても、値の大きさと上部構造の流出の有無に直接的な関係は見られないことが分かる。このように、津波の規模を示す浸水深、流速、海岸線から架橋位置までの距離のいずれにおいても、それ単独の大きさによる上部構造の流出の可能性についての評価は困難であることが分かった。

次に、津波の規模を表す指標を組合せることで、上部構造が流出した条件が明確になるか検討した。図5.4～図5.6に、浸水深－流速、浸水深－海岸線から架橋位置までの距離、流速－海岸線から架橋位置までの距離を軸にとり、流出(●)、未流出(○)によりマーカーを分けてプロットしたものを示す。いずれの組合せも、流出と未流出のプロットは同じような範囲に散らばっていることが分かる。これらから、津波の規模を組み合わせても、橋梁の上部構造の流出の可能性を単純に評価することは困難であることが分かった。

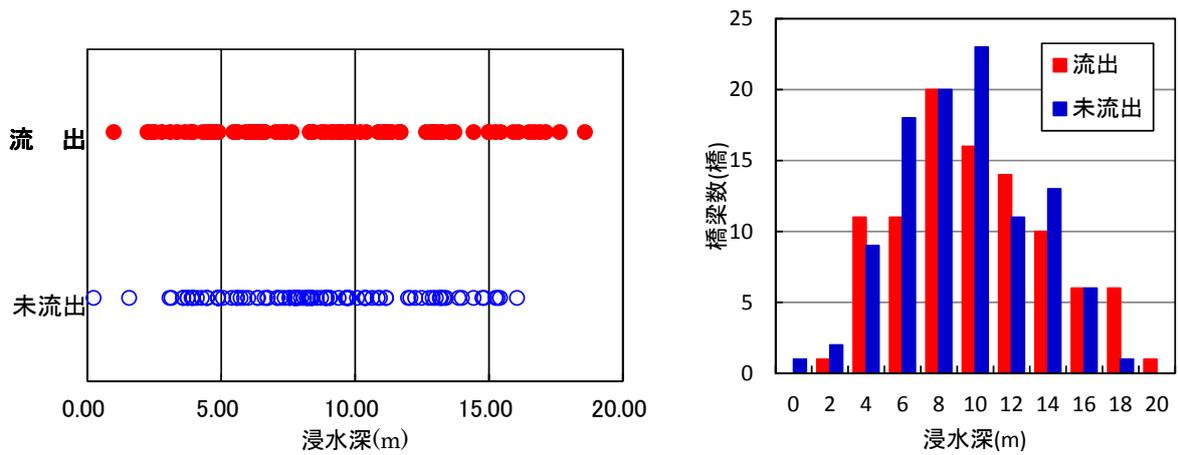


図 5.1 浸水深と津波被災状況

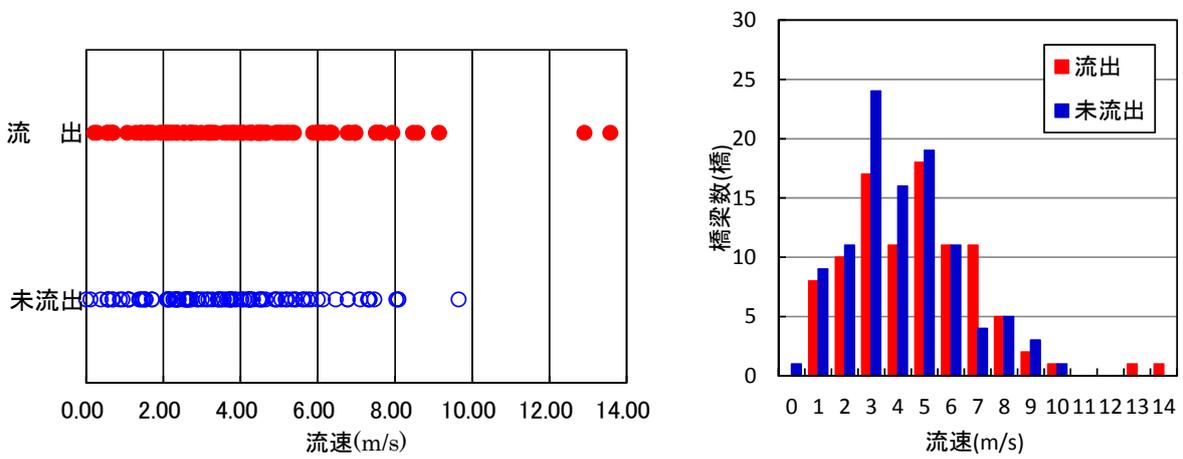


図 5.2 流速と津波被災状況

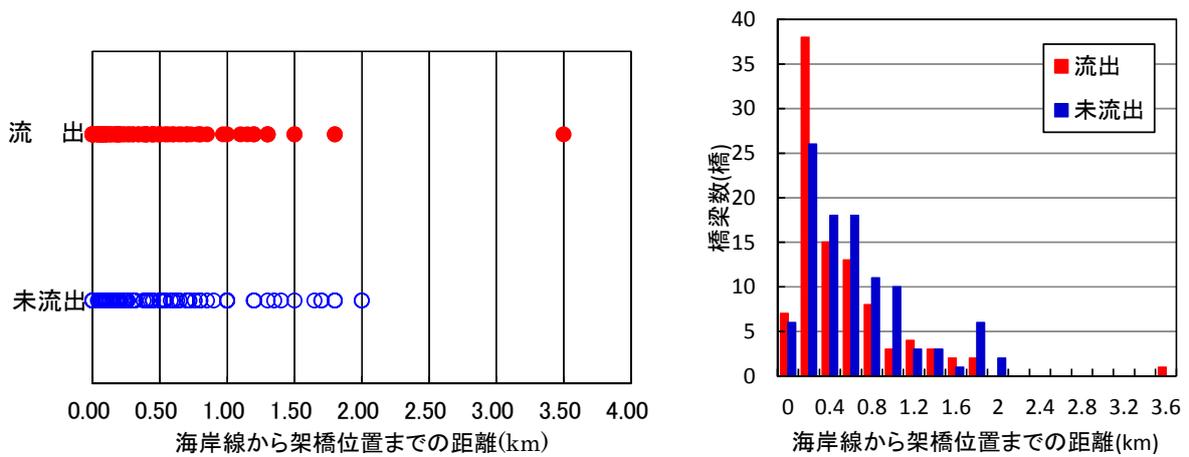


図 5.3 海岸線から架橋位置までの距離と津波被災状況

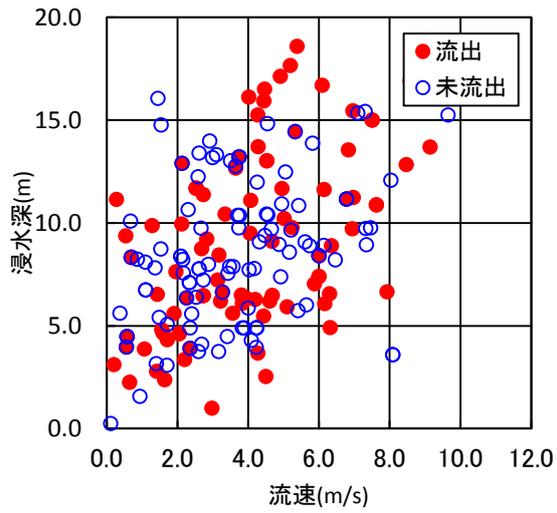


図 5.4 浸水深と流速の関係

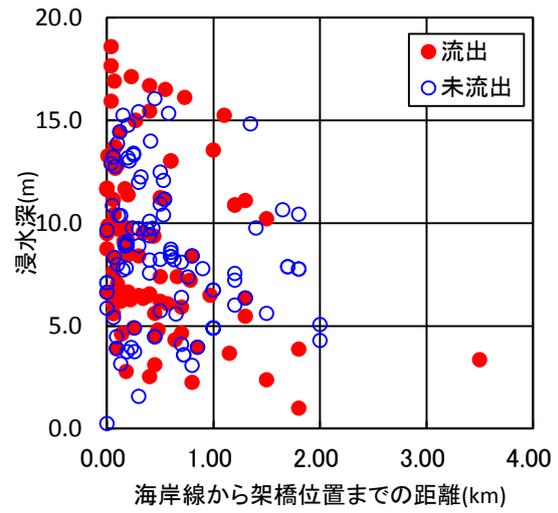


図 5.5 水深と海岸距離の関係

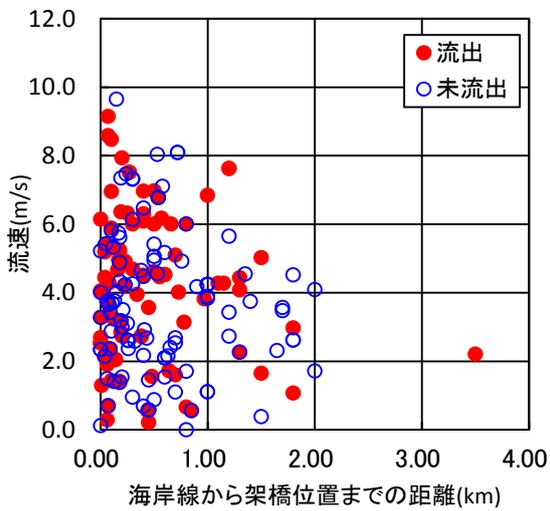


図 5.6 流速と海岸距離の関係

5.1.2 構造諸元と上部構造の流出との関係

津波により橋桁が浸水した場合に、橋桁が津波により受ける力は、受圧面積によりその大きさが変わると考えられる。また、流れの中に物体がおかれる場合、断面の辺長比によって断面周りの流れ特性が変わることから、橋桁が受ける力もそれにより変わると考えられる。そこで、受圧面積に関連する径間長、桁高+地覆高、全幅員と、断面の辺長比である全幅員/(桁高+地覆高)に着目し、それぞれの指標の大きさと上部構造の流出可能性の関係を整理した。図 5.7 に定義する構造諸元について、径間長、全幅員、桁高+地覆高、全幅員/(桁高+地覆高)と上部構造流出の有無の関係及び頻度分布をそれぞれ図 5.8～図 5.11 に示す。これらから、径間長、全幅員、桁高+地覆高、全幅員/(桁高+地覆高)のいずれも、ある値を閾値としてその大小により上部構造の流出の有無を判別することは困難であることが分かった。ただし、ヒストグラムでは、流出したものに比べて、未流出のものの方が、全幅員、全幅員/(桁高+地覆高)が大きい傾向にあるようにも見る事ができ、橋桁が受ける力に関連する各種の条件等を組み合わせた指標等を用いて、上部構造の流出の可能性の評価ができる可能性があることが窺える。

次に、これらの構造諸元の各種条件を組合せることで、上部構造の流出の可能性について評価が可能となるかについて検討した。図 5.12～図 5.17 に、径間長－全幅員、径間長－(桁高+地覆高)、径間長－全幅員/(桁高+地覆高)、全幅員－(桁高+地覆高)、全幅員－全幅員/(桁高+地覆高)、桁高+地覆高－全幅員/(桁高+地覆高)を軸にとり、流出(●)、未流出(○)によりマーカーを分けてプロットしたものを示す。いずれの組合せも、流出と未流出のプロットは同じような範囲に散らばっていることが分かる。これらから、構造諸元のみで、橋梁の上部構造の流出の有無を評価することは困難であると考えられる。ただし、全幅員、全幅員/(桁高+地覆高)が大きいものの方が、他の条件の大小に関わらず未流出となっている橋梁の方が多い傾向は見られる。

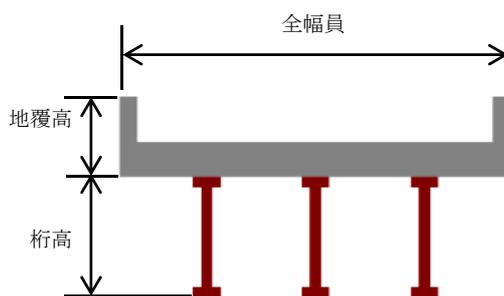


図 5.7 構造諸元の定義

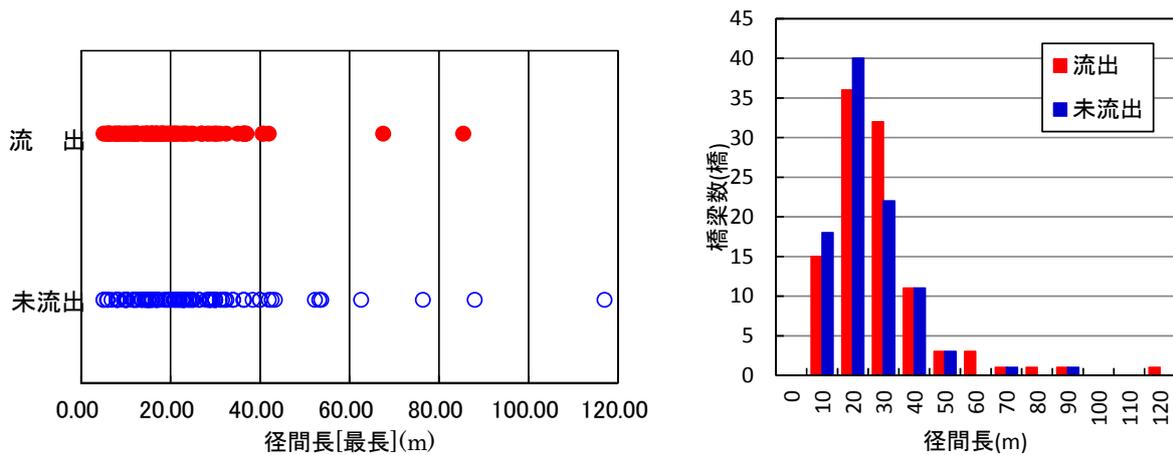


図 5.8 径間長と津波被災状況

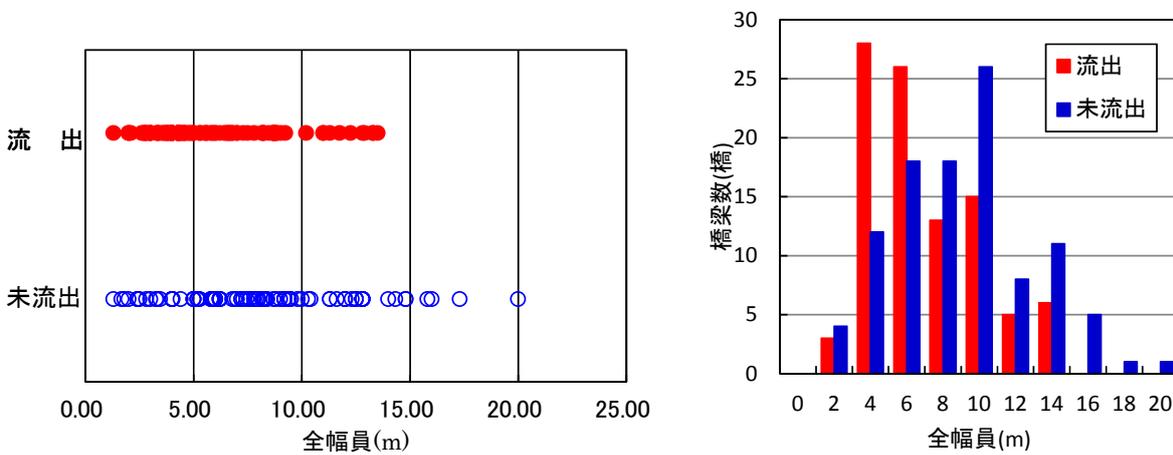


図 5.9 全幅員と津波被災状況

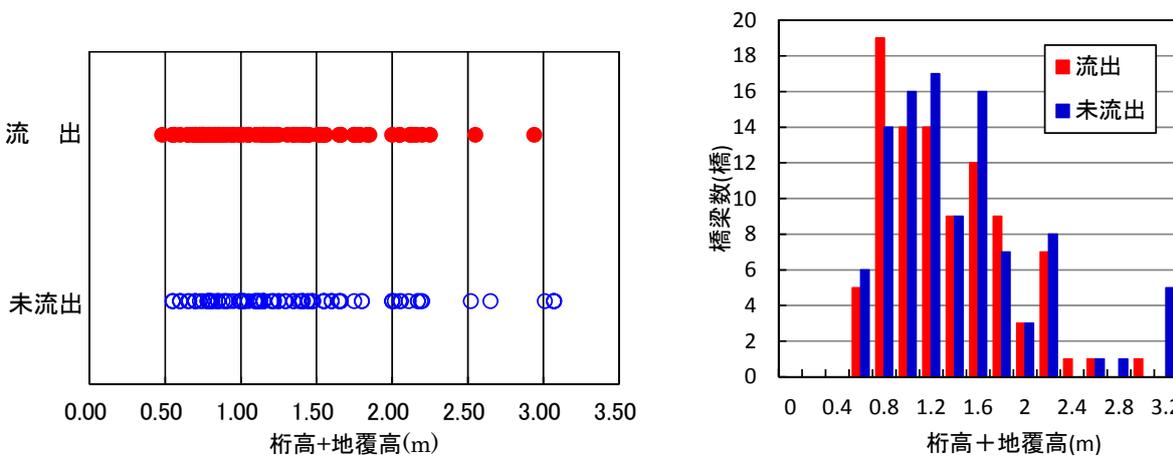


図 5.10 桁高+地覆高と津波被災状況

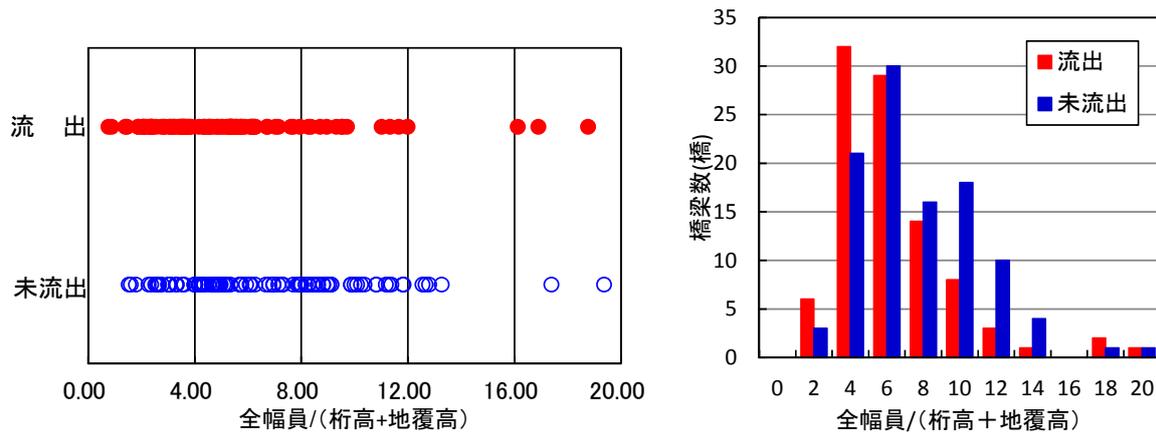


図 5.11 全幅員/(桁高+地覆高)と津波被災状況

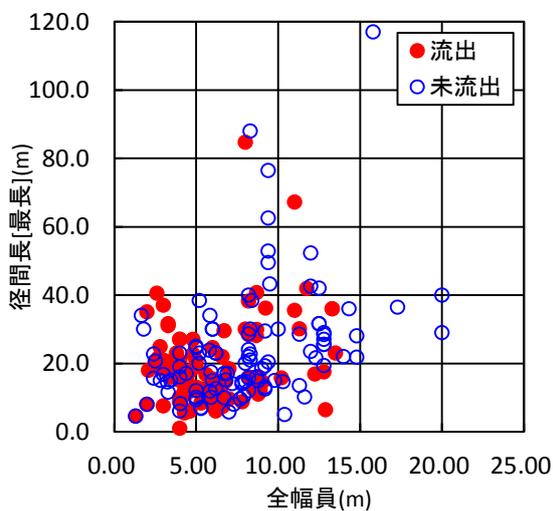


図 5.12 径間長と全幅員の関係

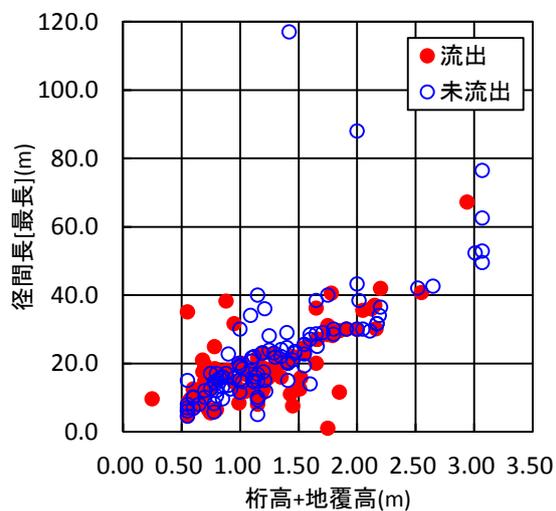


図 5.13 径間長と桁高+地覆高の関係

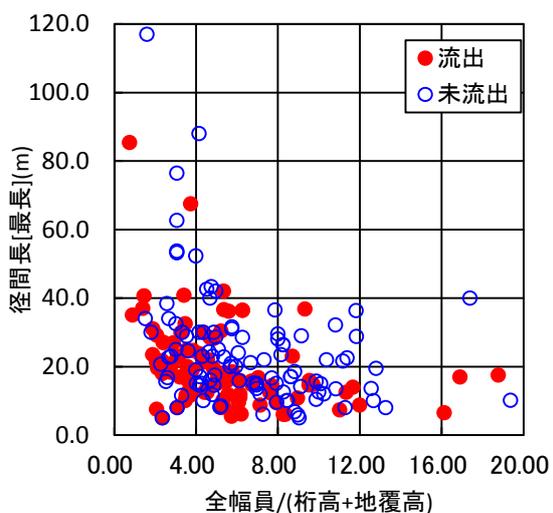


図 5.14 径間長と全幅員/(桁高+地覆高)の関係

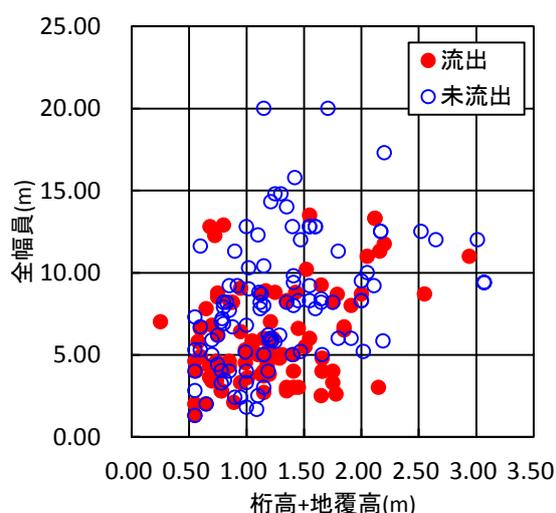


図 5.15 全幅員と桁高+地覆高の関係

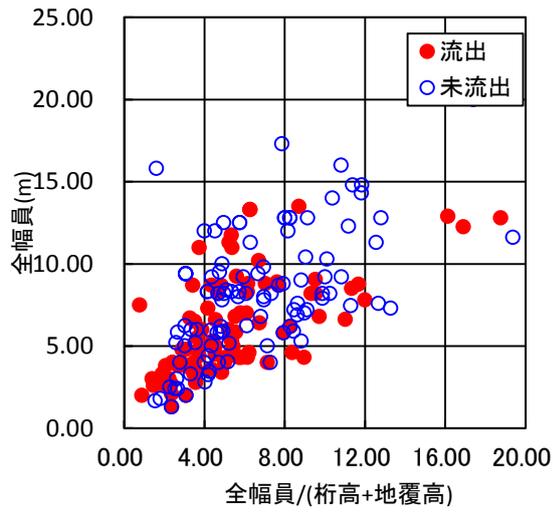


図 5.16 全幅員と全幅員/(桁高+地覆高)の関係

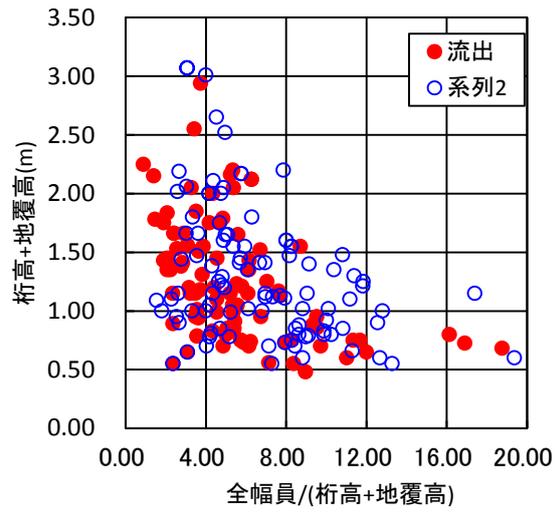


図 5.17 (桁高+地覆高)と
全幅員/(桁高+地覆高)の関係

5.1.3 津波の規模と構造諸元と上部構造の流出との関係

5.1.1 および 5.1.2 で取りあげた津波の規模に関する項目と構造諸元を組合せることで、上部構造の流出の可能性について評価が可能となるか検討した。図 5.18～図 5.29 に、浸水深-径間長、浸水深-全幅員、浸水深-(桁高+地覆高)、浸水深-全幅員/(桁高+地覆高)、流速-径間長、流速-全幅員、流速-(桁高+地覆高)、流速-全幅員/(桁高+地覆高)、海岸線から架橋位置までの距離-径間長、海岸線から架橋位置までの距離-全幅員、海岸線から架橋位置までの距離-(桁高+地覆高)、海岸線から架橋位置までの距離-全幅員/(桁高+地覆高)を軸にとり、流出(●)、未流出(○)によりマーカーを分けてプロットしたものを示す。なお、構造諸元の定義は図 5.7 に示す。いずれの組合せも、流出と未流出のプロットは同じような範囲に散らばっていることが分かる。これらから、津波の規模と構造諸元との関係から、橋梁の上部構造の流出の有無を評価することは困難であると考えられる。

ただし、全幅員、全幅員/(桁高+地覆高)が大きいもので未流出がやや多くなる傾向があった。

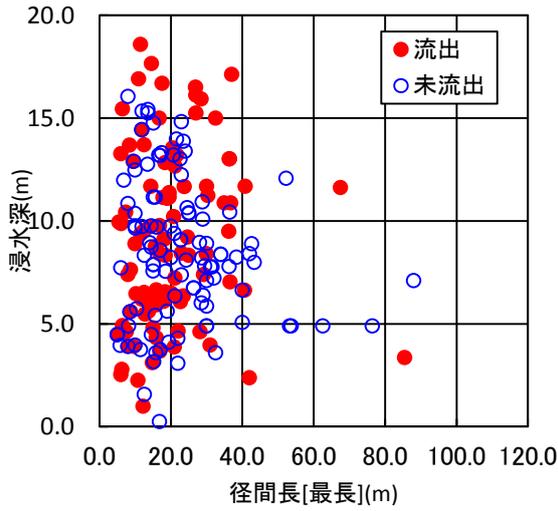


図 5.18 浸水深と径間長の関係

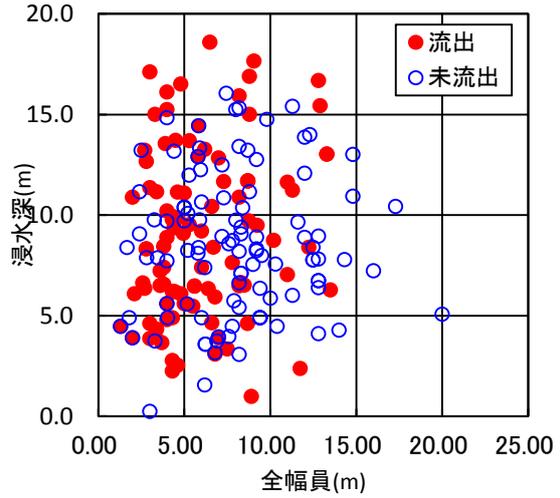


図 5.19 浸水深と全幅員の関係

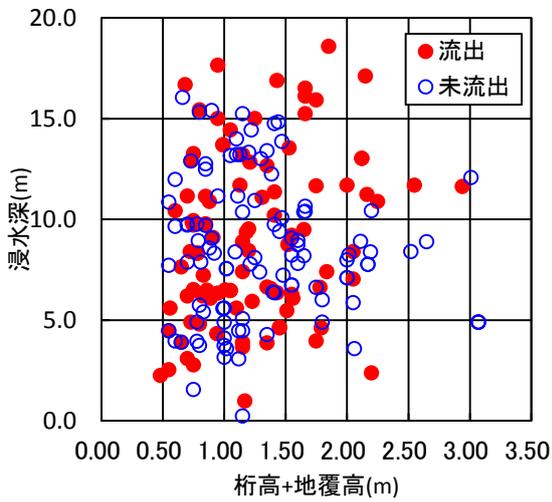


図 5.20 浸水深と桁高+地覆高の関係

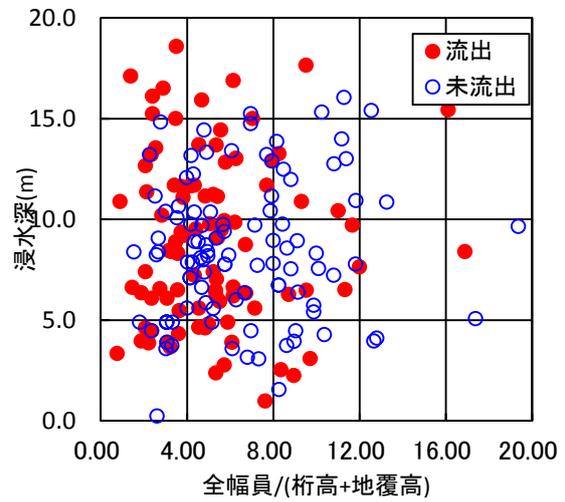


図 5.21 浸水深と全幅員/(桁高+地覆高)の関係

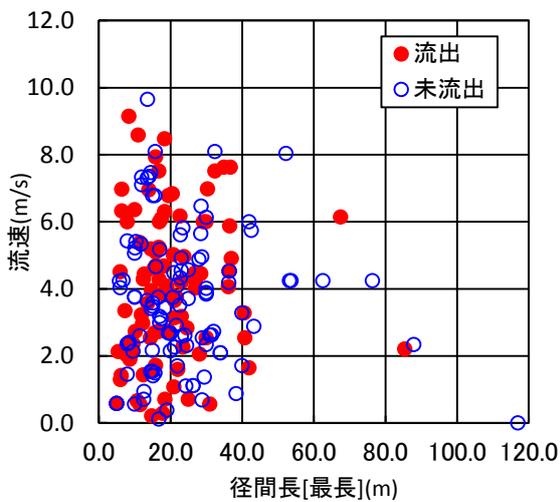


図 5.22 流速と径間長の関係

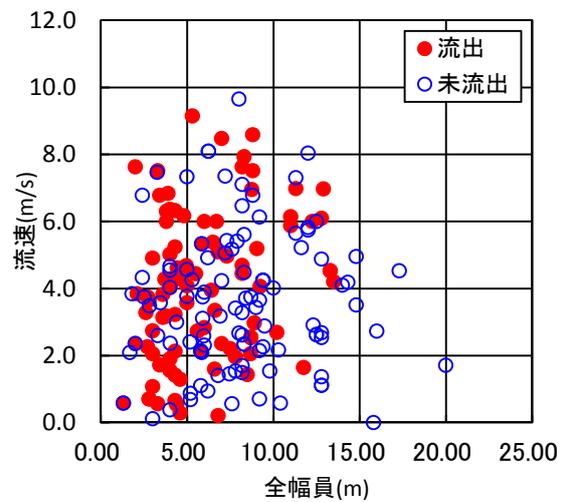


図 5.23 流速と全幅員の関係

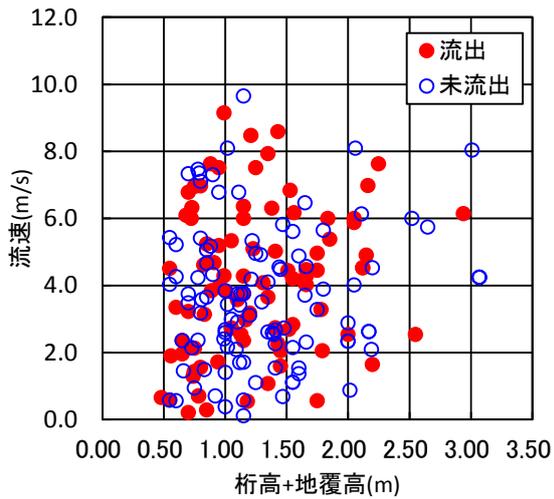


図 5.24 流速と桁高+地覆高の関係

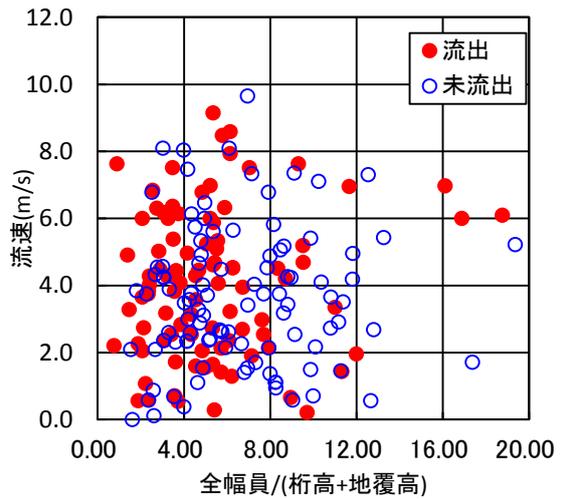


図 5.25 流速と全幅員/(桁高+地覆高)の関係

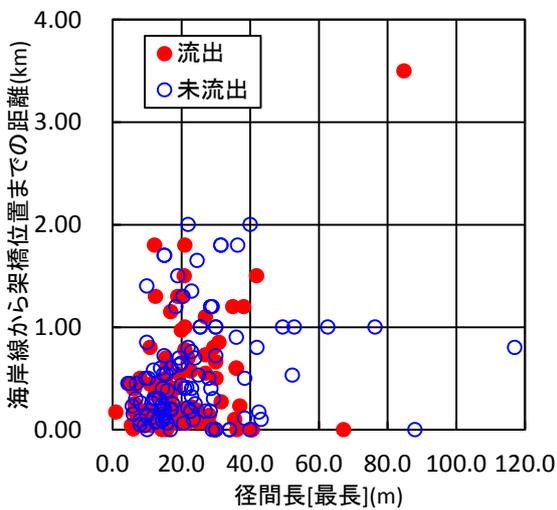


図 5.26 海岸距離と径間長の関係

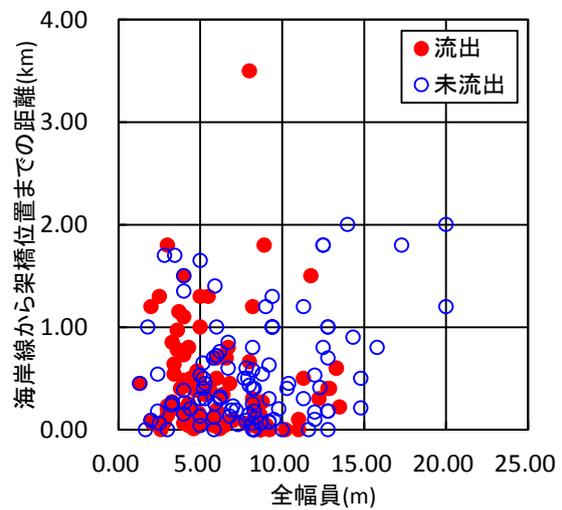


図 5.27 海岸距離と全幅員の関係

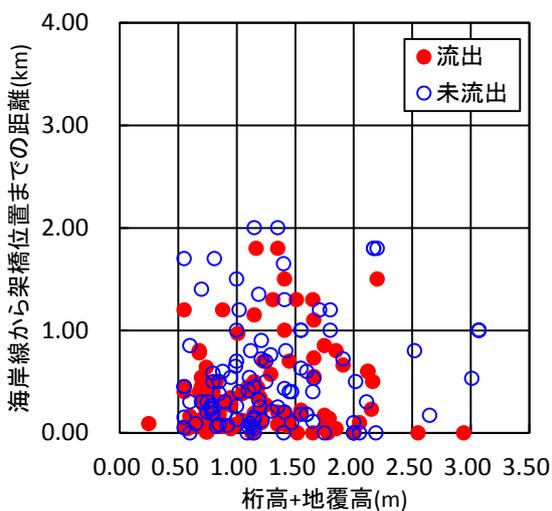


図 5.28 海岸距離と桁高+地覆高の関係

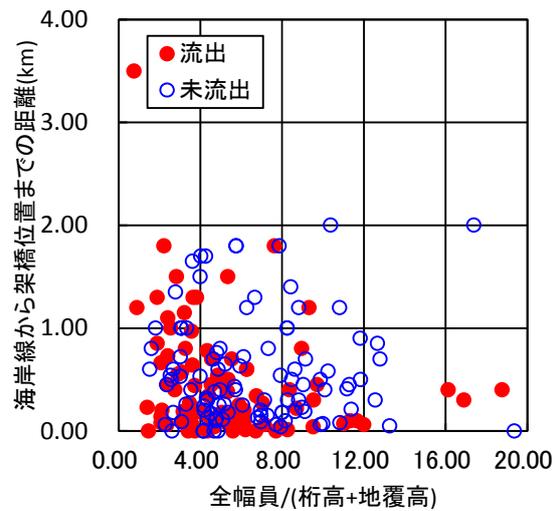


図 5.29 海岸距離と全幅員/(桁高+地覆高)の関係

5.2 津波特性と上部構造の流出との関係

5.1 では、津波の規模と構造諸元との関係から上部構造の流出の有無の評価の可能性について検討した。その結果、津波の規模と構造諸元との関係から、橋梁の上部構造の流出の有無を評価することは困難であった。ここでは、できるだけ同じ特徴を有すると考えられるデータを抽出して母集団とした上で、津波の規模に関連する流速と浸水深と上部構造の流出の有無の関連性が見出せるか検討する。母集団は、一定のデータ数が確保できる架橋地域、海岸線から架橋位置までの距離、径間長、上部構造形式、支承形式、地震震度に着目して区分した。

5.2.1 架橋地域による分類

沿岸部の地形や津波が遡上する河川の線形などによって水理シミュレーションの精度がばらつく可能性があることや、海岸線の地形の特徴などの地域の特性により津波の特性に違いが生じている可能性があることが考えられる。そこで、架橋地域で母集団を分類して浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が明確化するかどうか着目して整理した。架橋地域の分類は、同一河川及びその近傍の河川に架かる橋または同一湾内の沿岸部に架かる橋で地域を区分した。また、前述以外に沿岸部沿いに点在する橋については、市町村の地区ごとに同一地域として区分した。架橋地域の分類を図 5.30～図 5.42 に示す。図 5.30～図 5.42 は、国土交通省国土地理院 HP に掲載されている「10 万分 1 浸水範囲概況図」^{2.1)}を基に被災橋梁の架橋位置をプロットし、架橋地域の分類を示した。

図 5.43～図 5.47 に架橋地域ごとの浸水深と流速の関係を示す。これらの図は、図 5.30～図 5.42 で分類する架橋地域のうち、3 橋以上架橋されている地域についての浸水深と流速の関係を示している。図 5.43～図 5.47 より、架橋地域ごとに母集団を分けても浸水深と流速の関係から上部構造の流出、未流出の評価を行うことは困難であると考えられる。

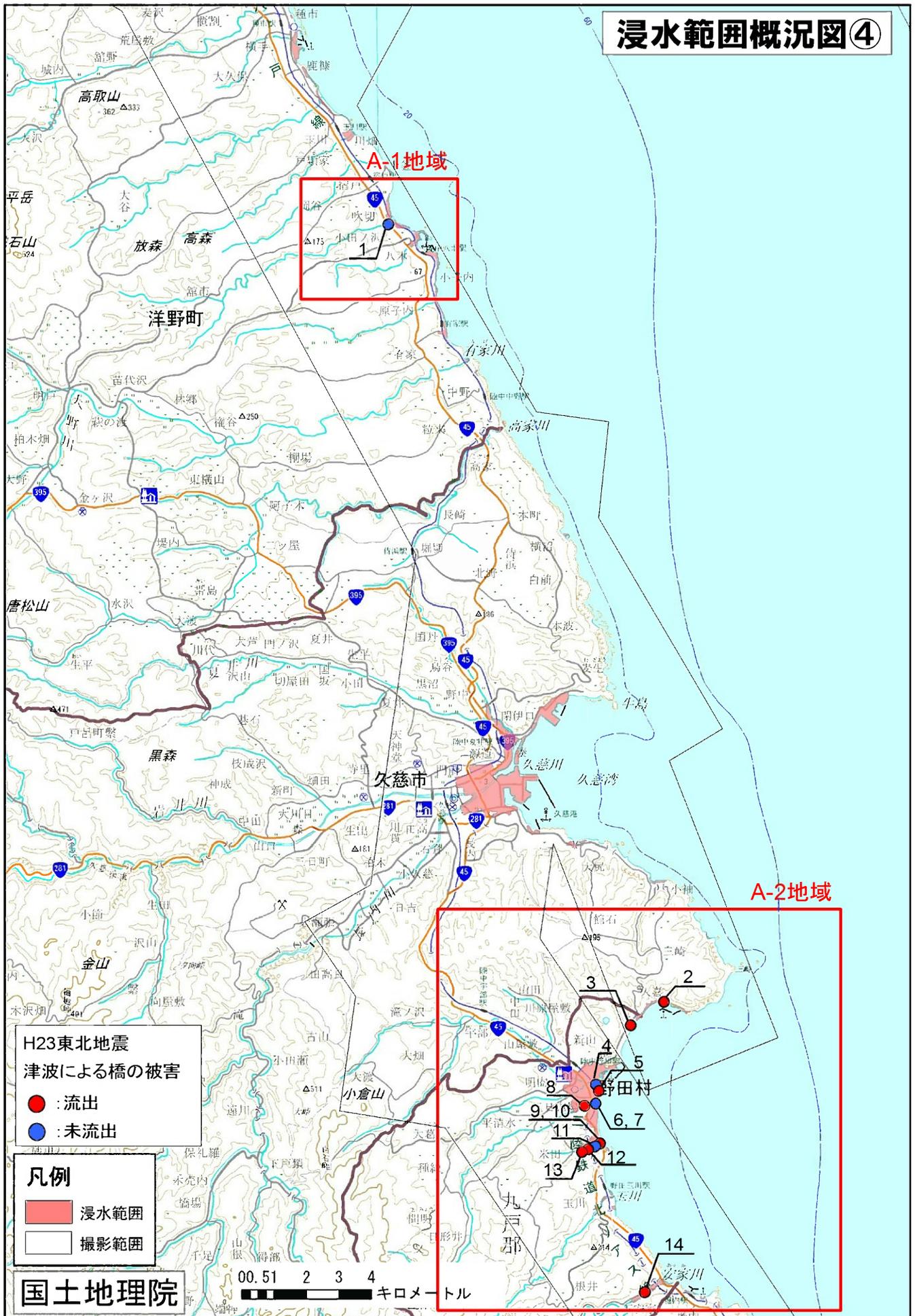


図5.30 架橋地域の分類(1)

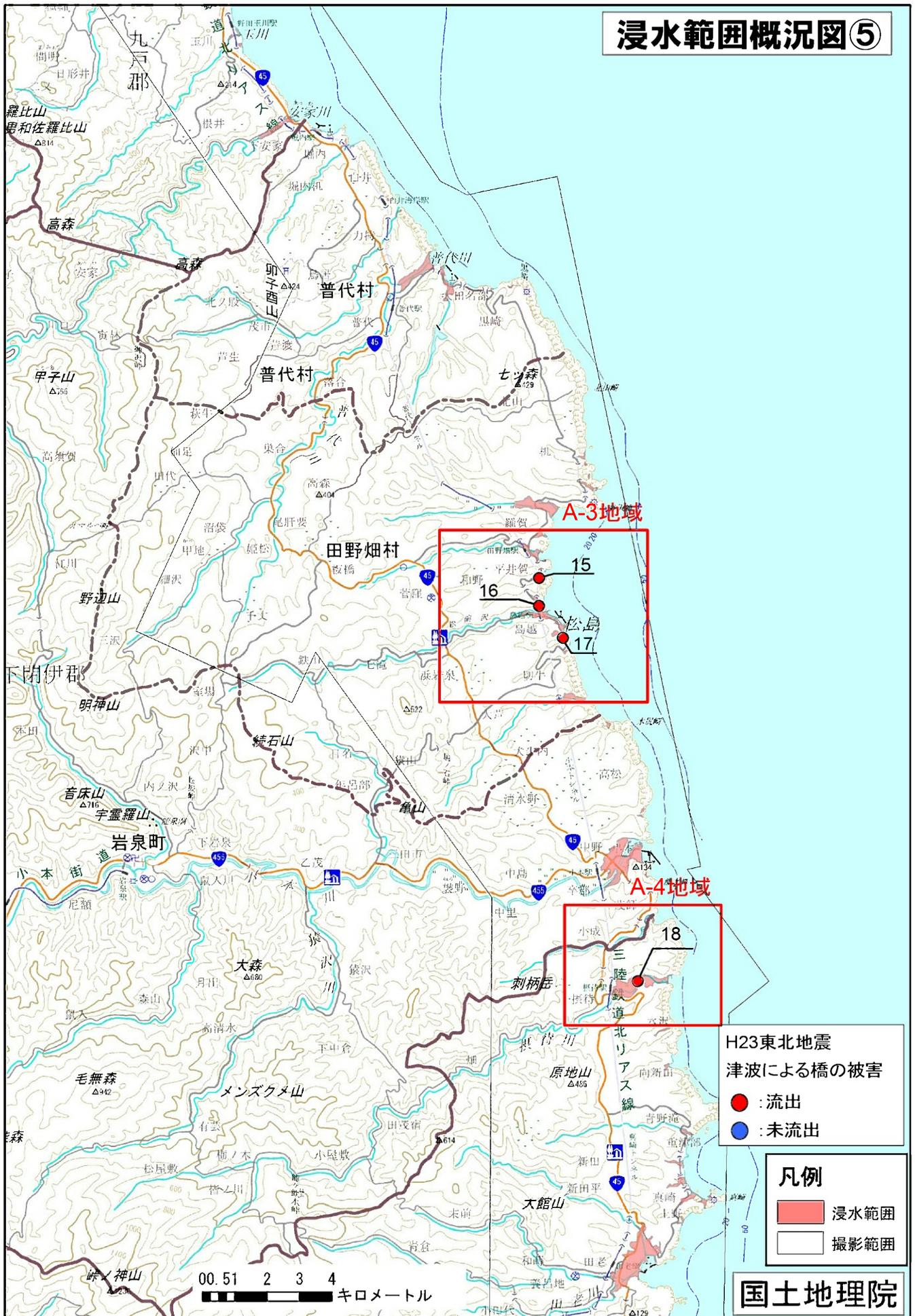


図5.31 架橋地域の分類(2)

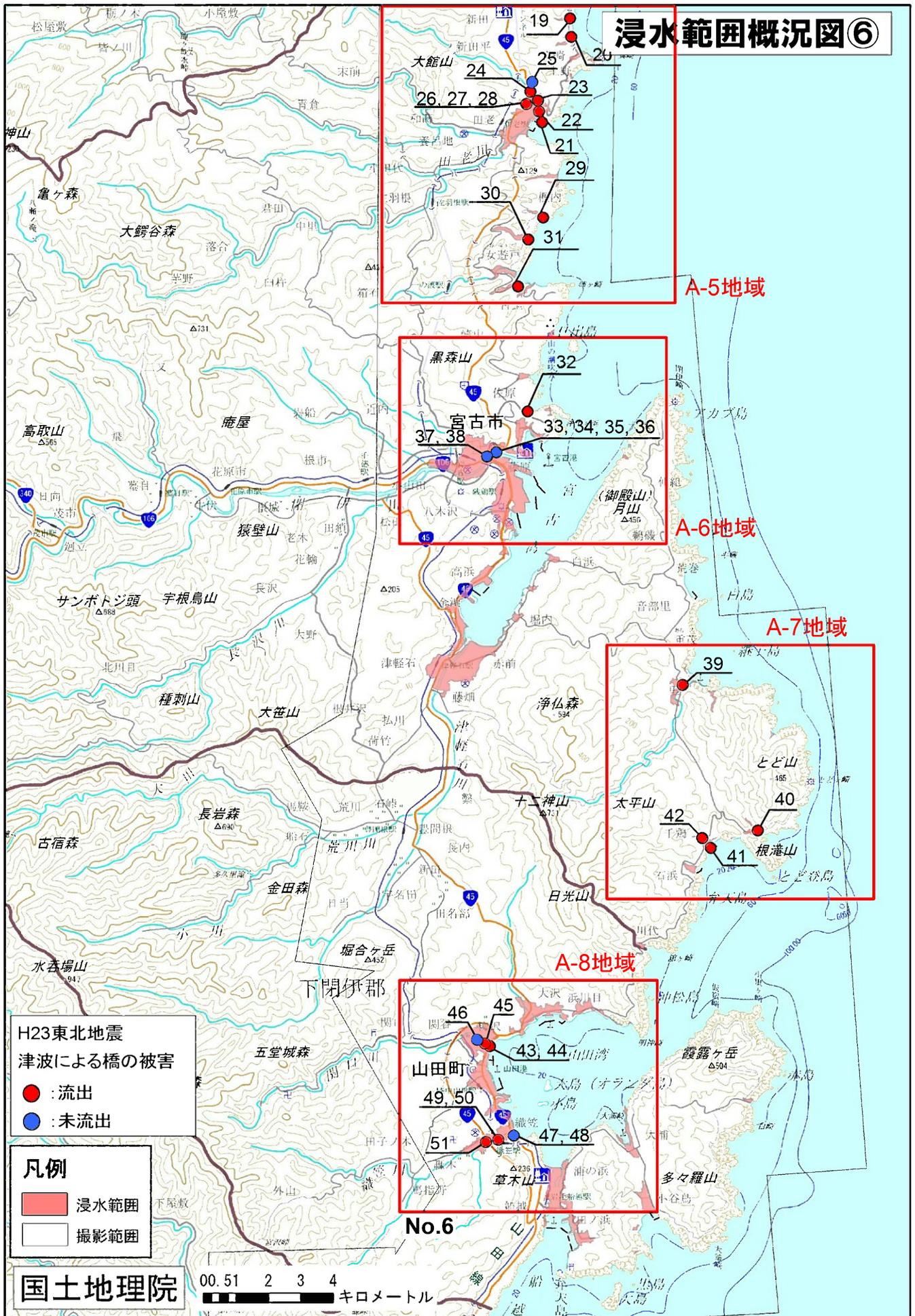


図5.32 架橋地域の分類(3)

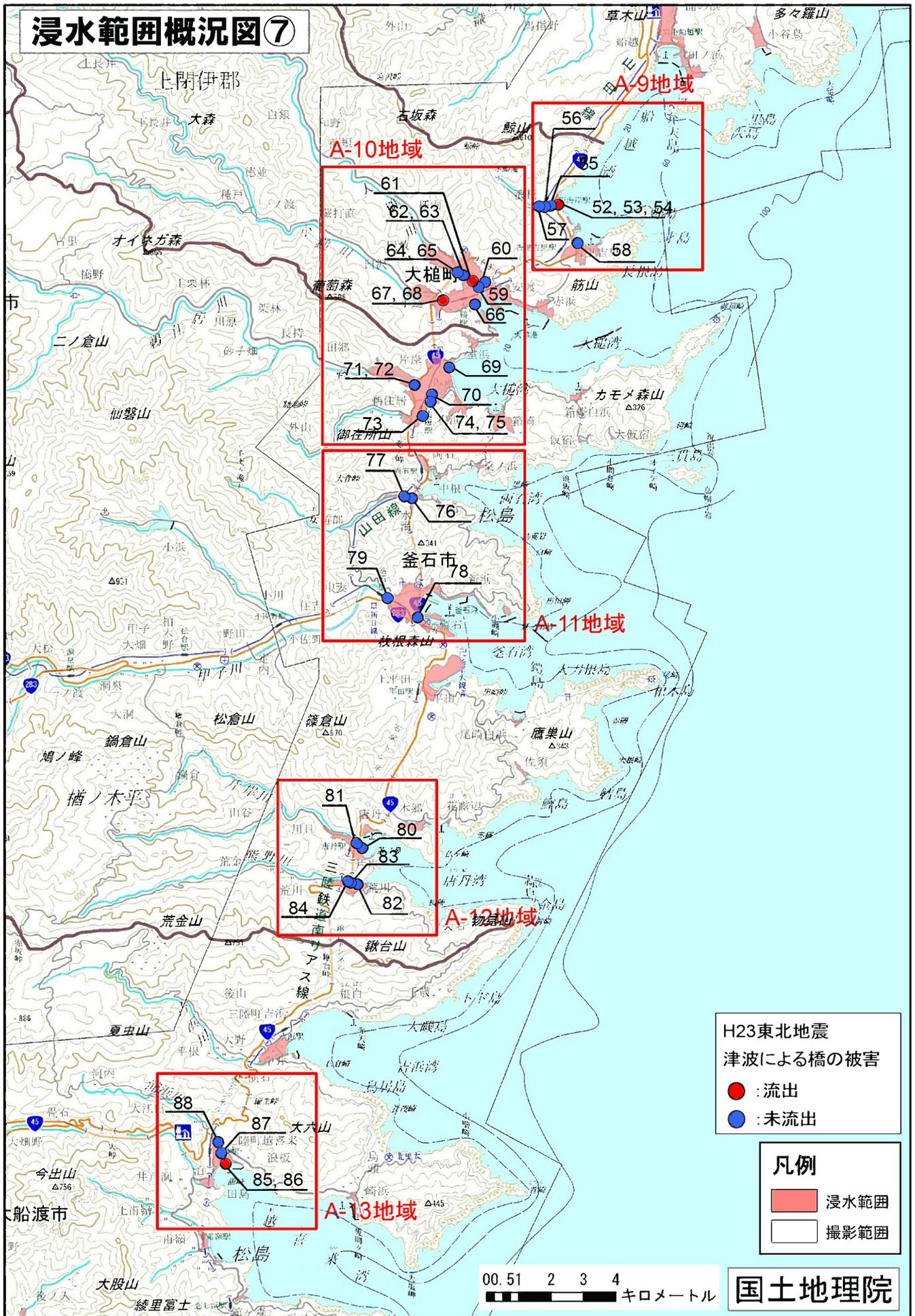


図5.33 架橋地域の分類(4)

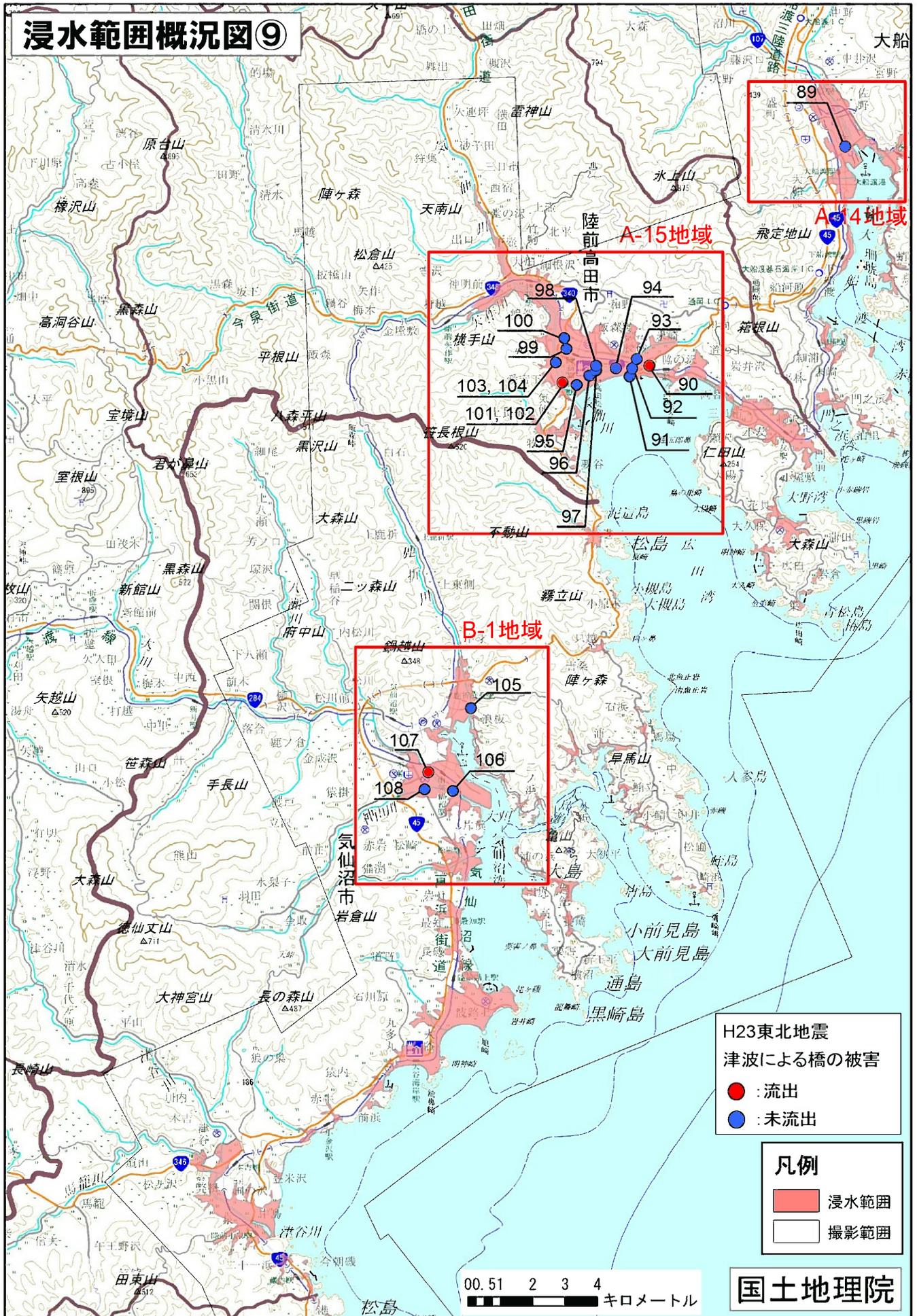


図5.34 架橋地域の分類(5)

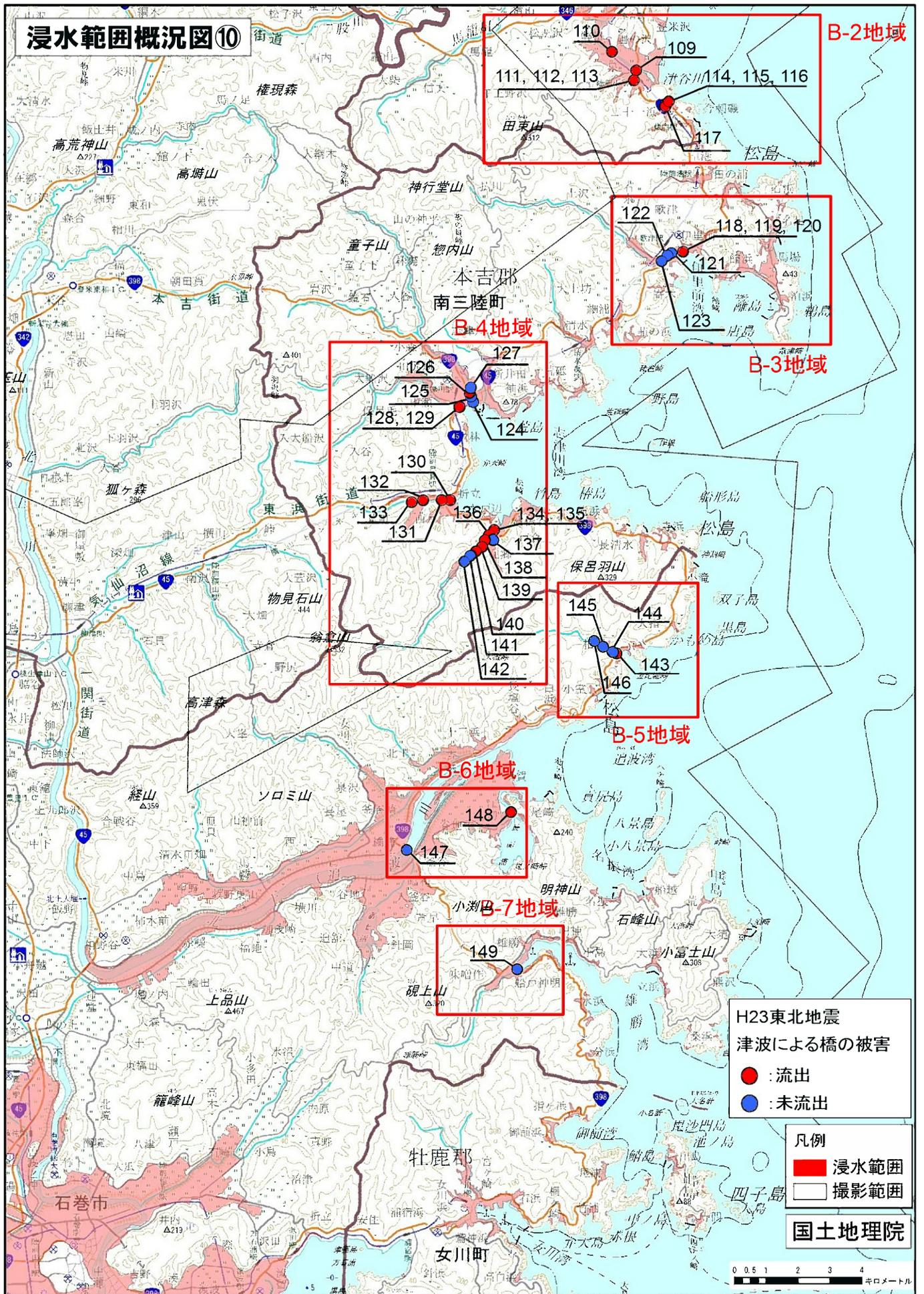


図5.35 架橋地域の分類(6)

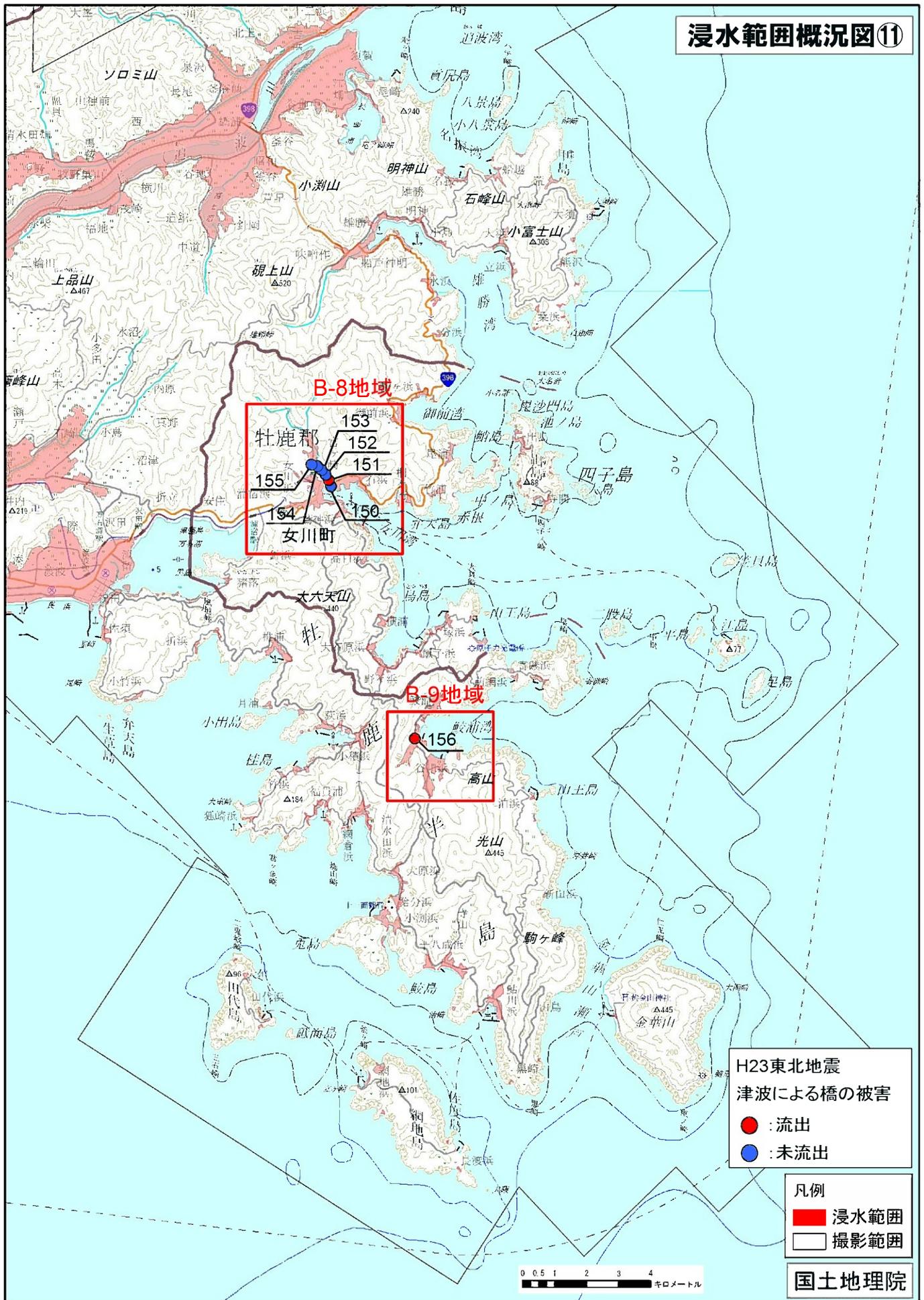


図5.36 架橋地域の分類(7)

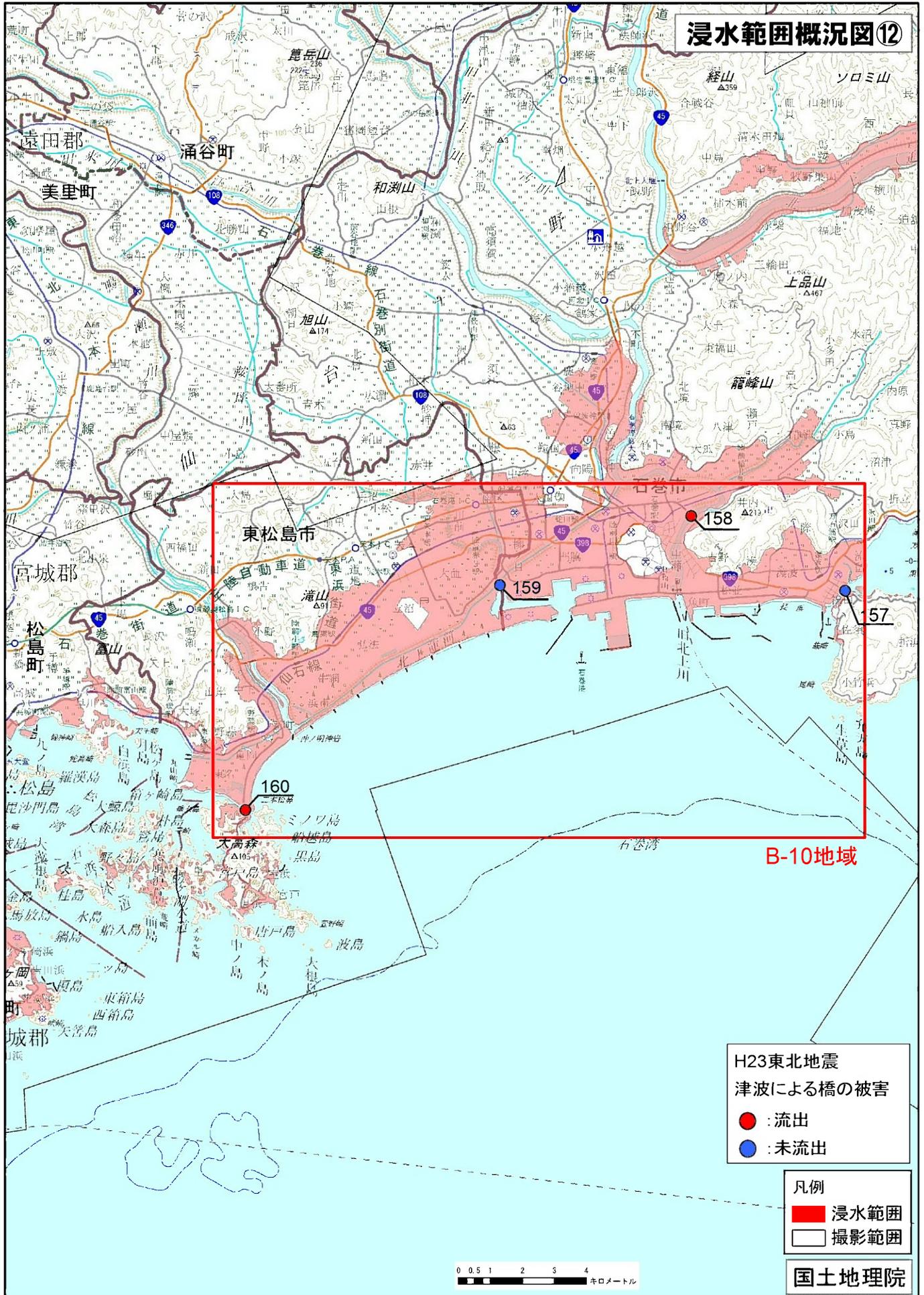


図5.37 架橋地域の分類(8)

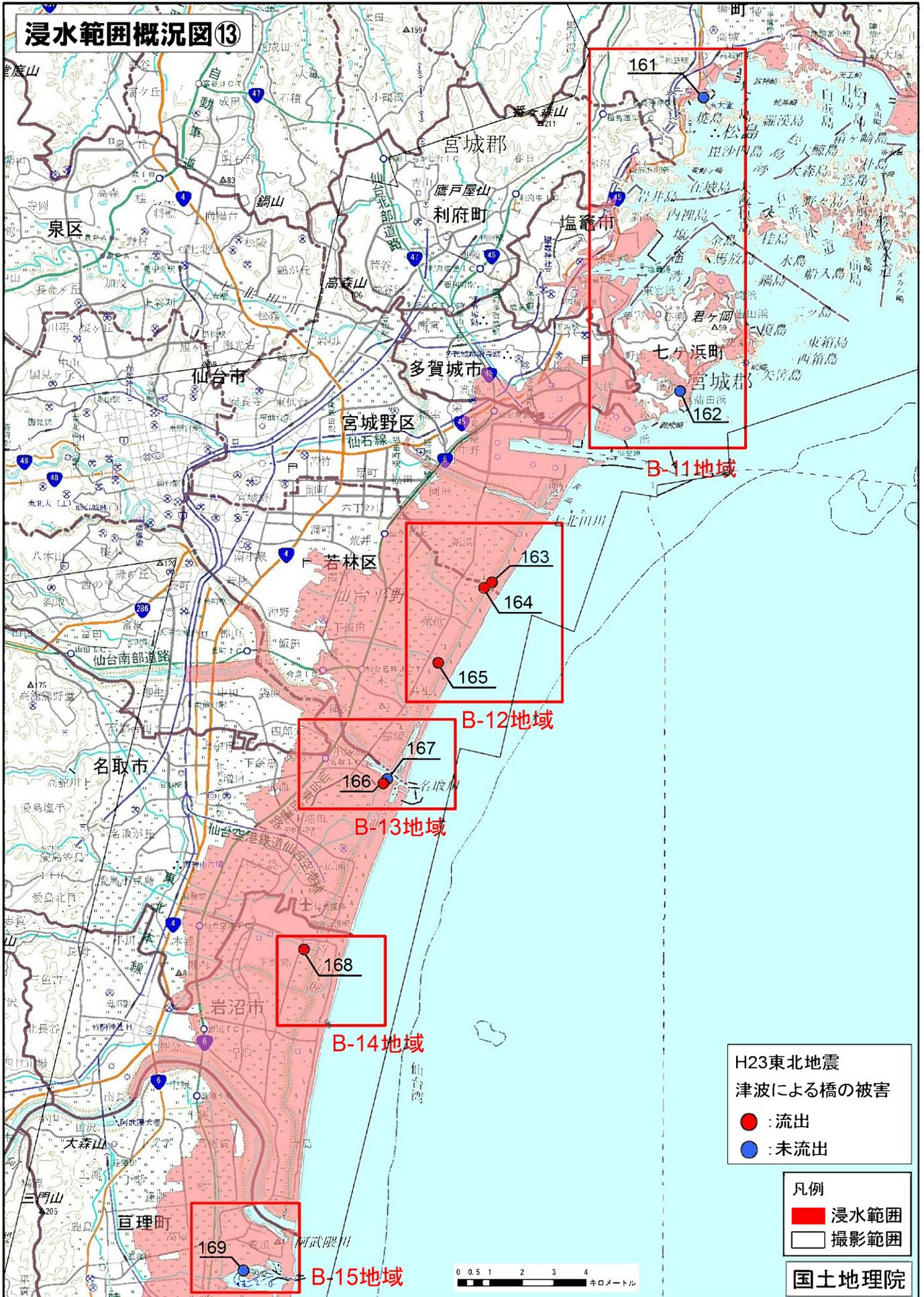


図5.38 架橋地域の分類(9)

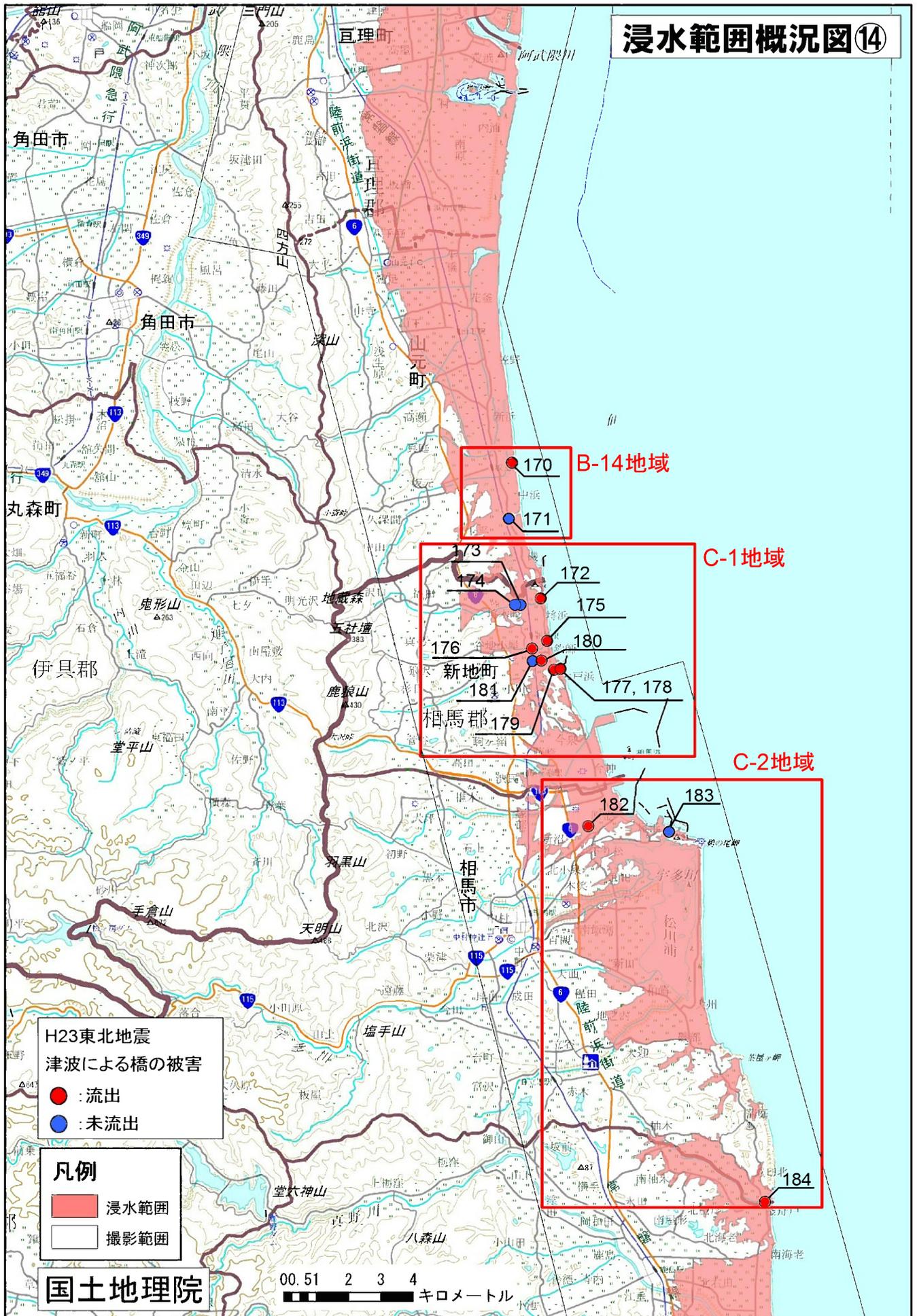


図5.39 架橋地域の分類(10)

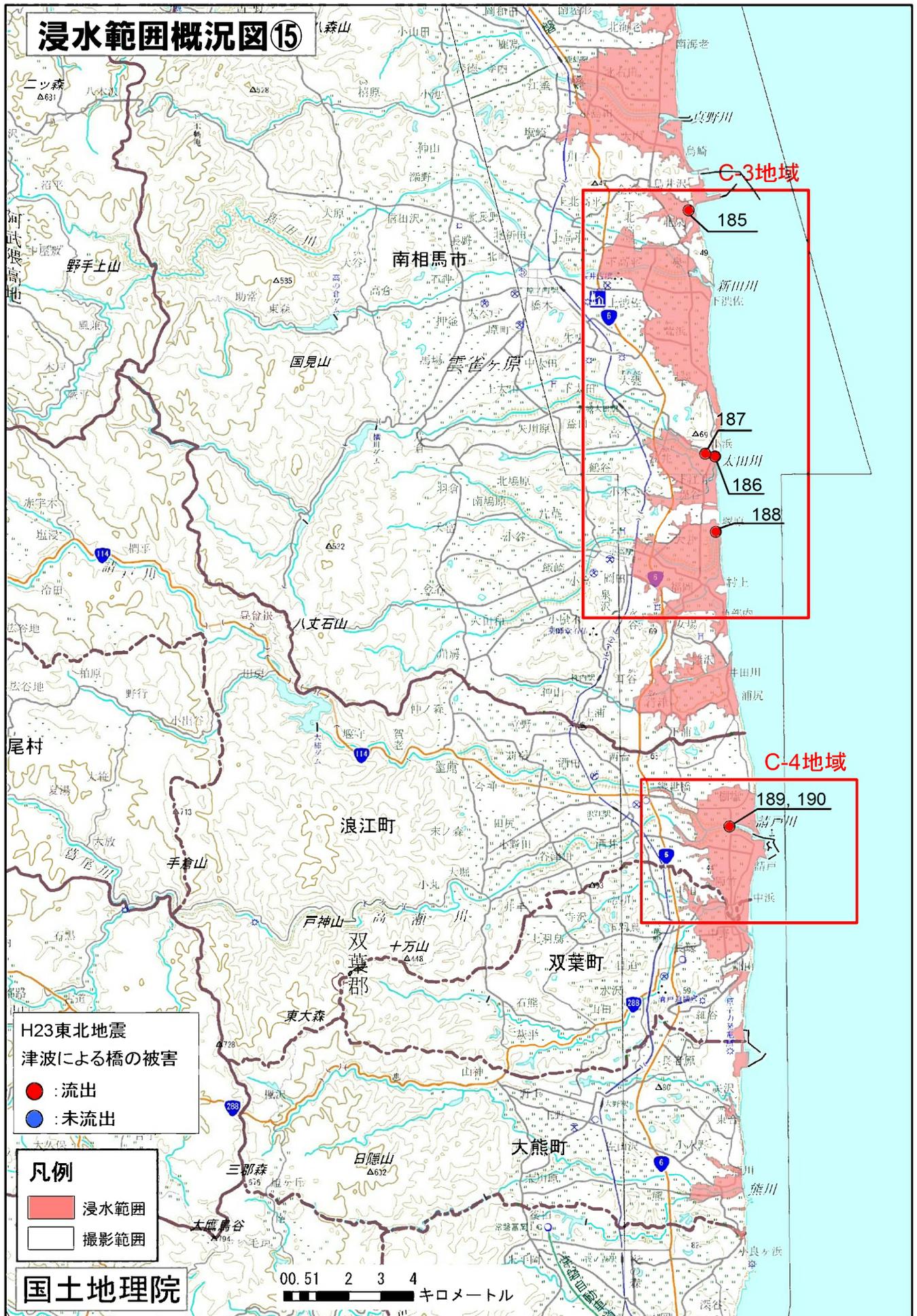


図5.40 架橋地域の分類(11)

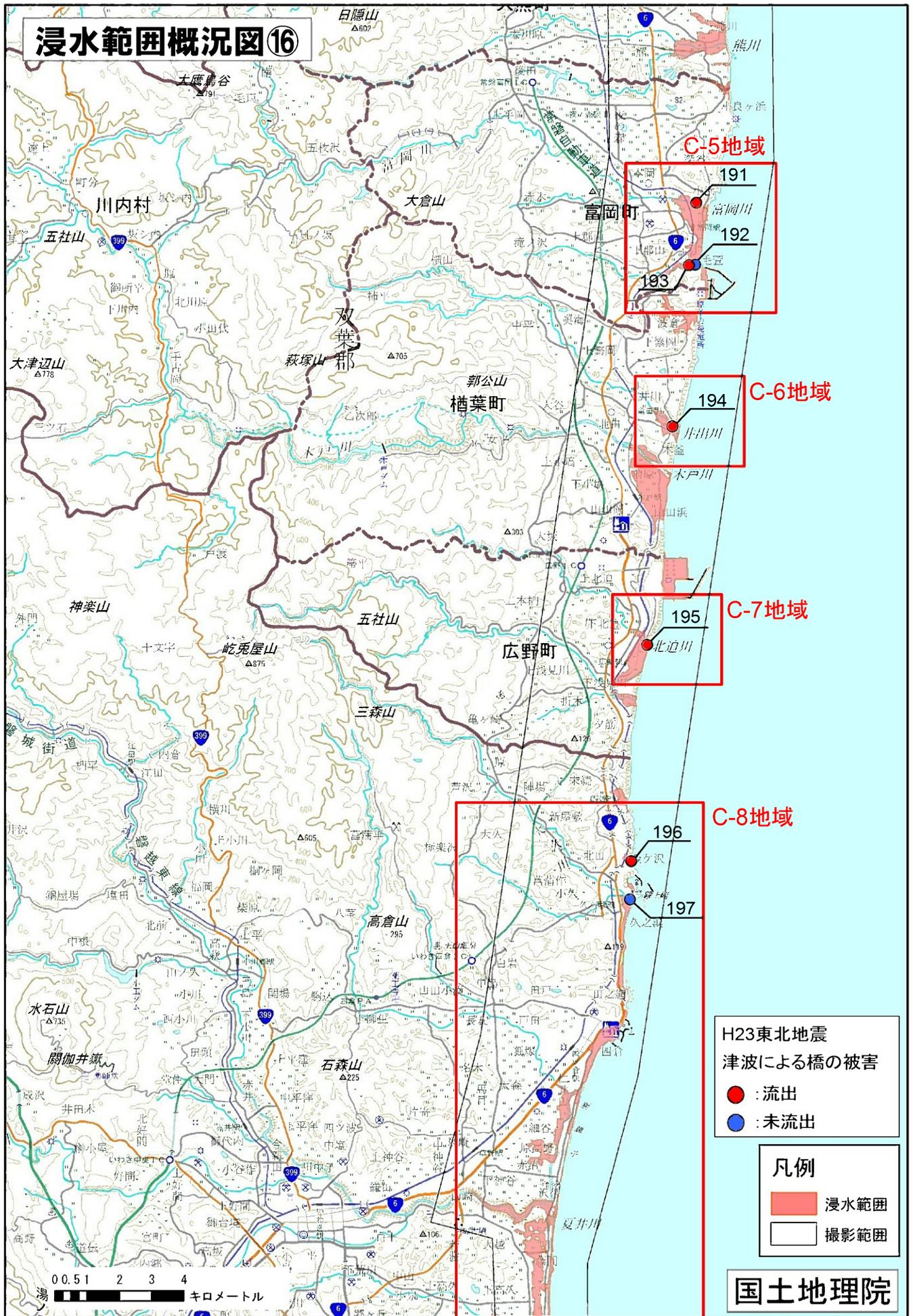
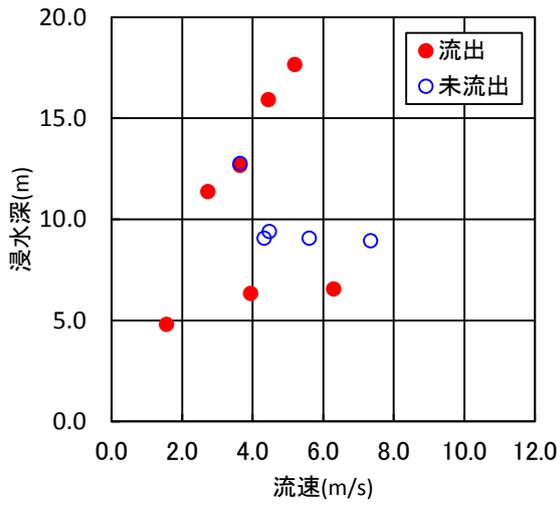


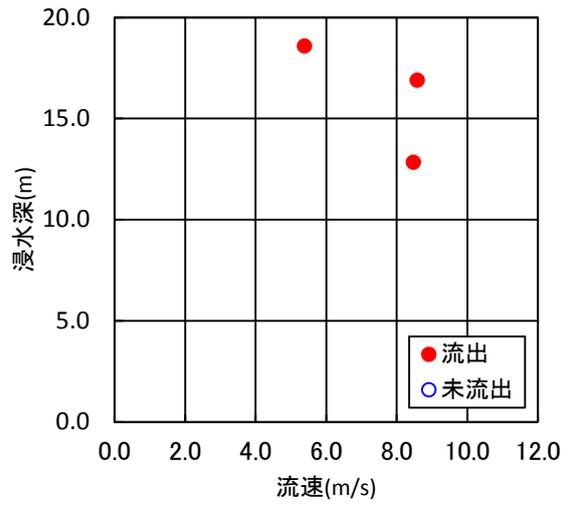
図5.41 架橋地域の分類(12)



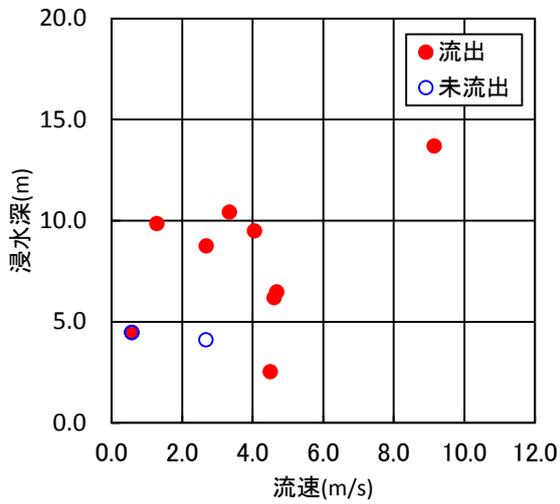
図5.42 架橋地域の分類(13)



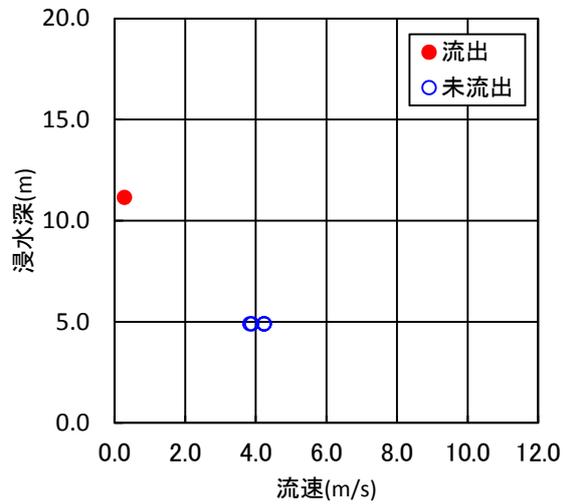
(1) A-2 地域



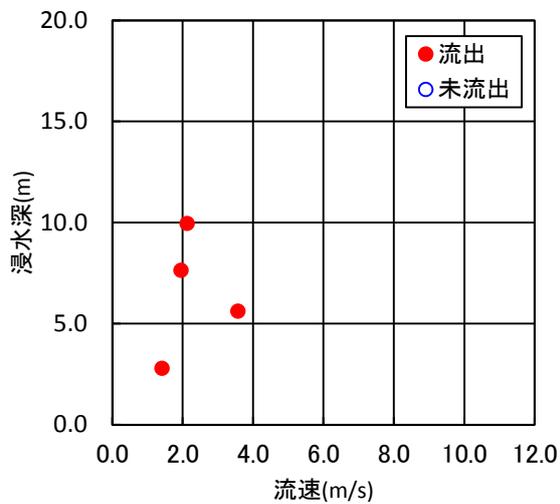
(2) A-3 地域



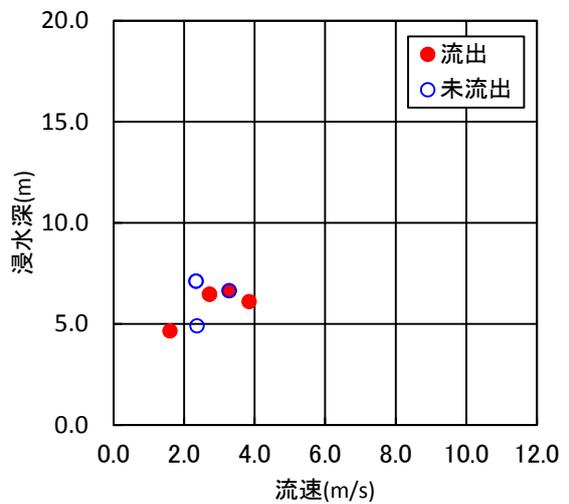
(3) A-5 地域



(4) A-6 地域

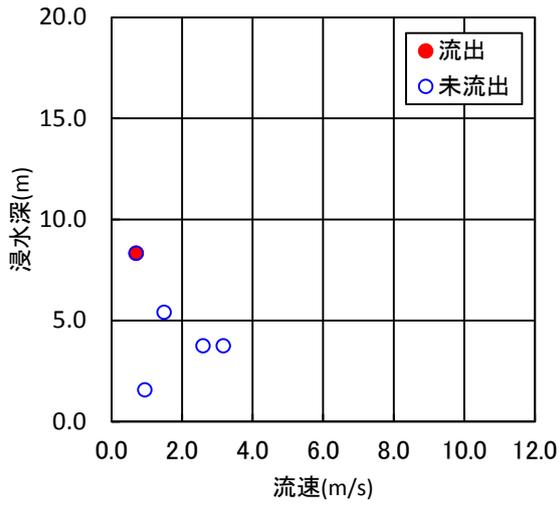


(5) A-7 地域

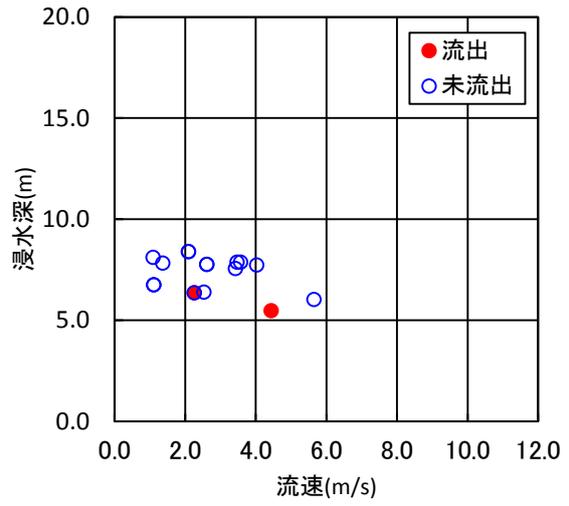


(6) A-8 地域

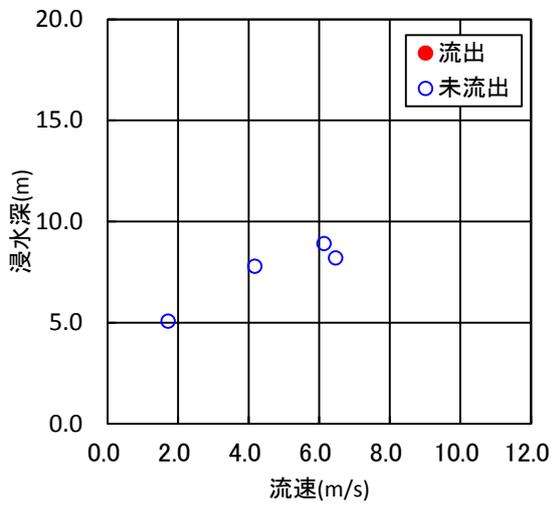
図 5.43 地域別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係(1)



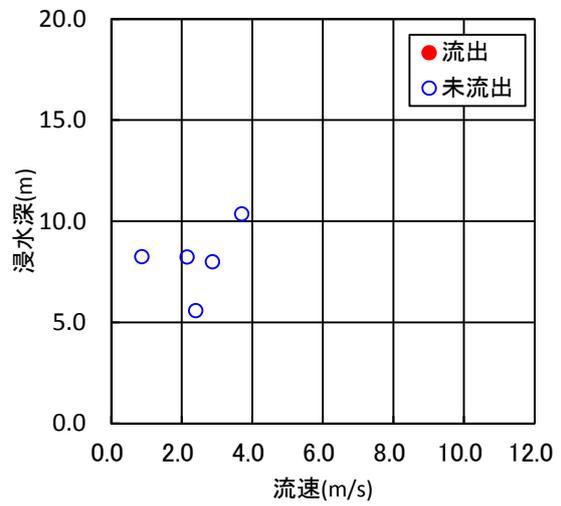
(7) A-9 地域



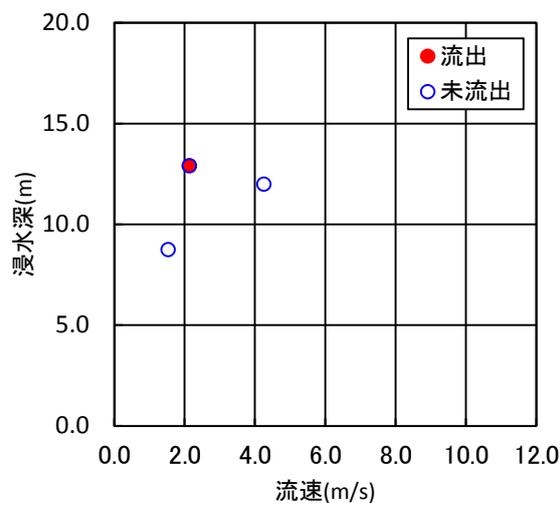
(8) A-10 地域



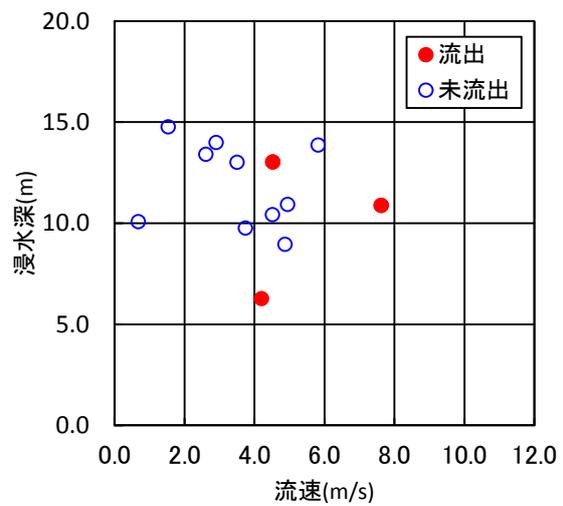
(9) A-11 地域



(10) A-12 地域

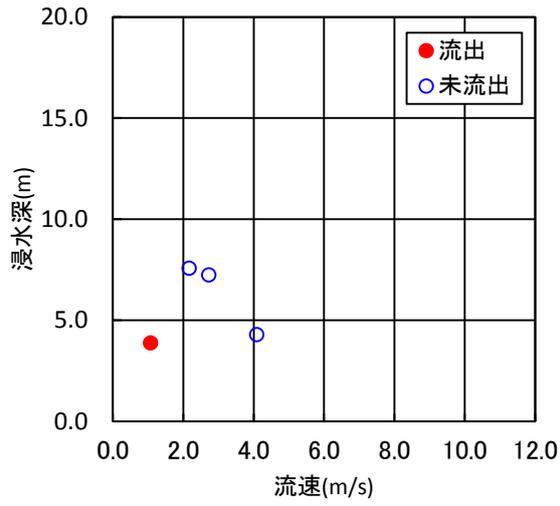


(11) A-13 地域

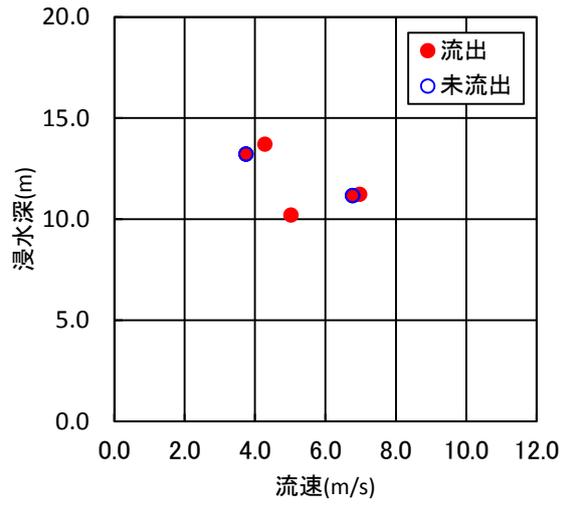


(12) A-15 地域

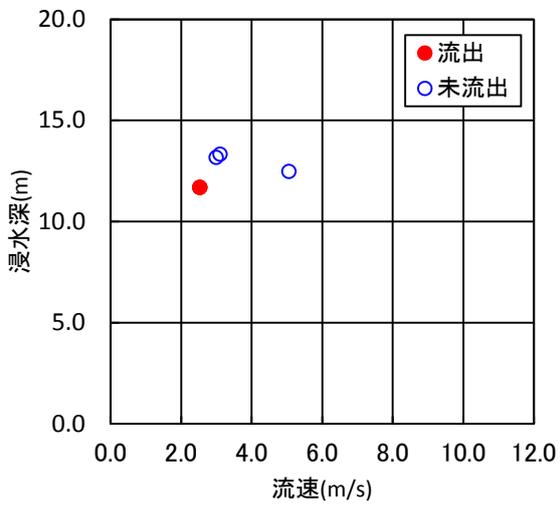
図 5.44 地域別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係(2)



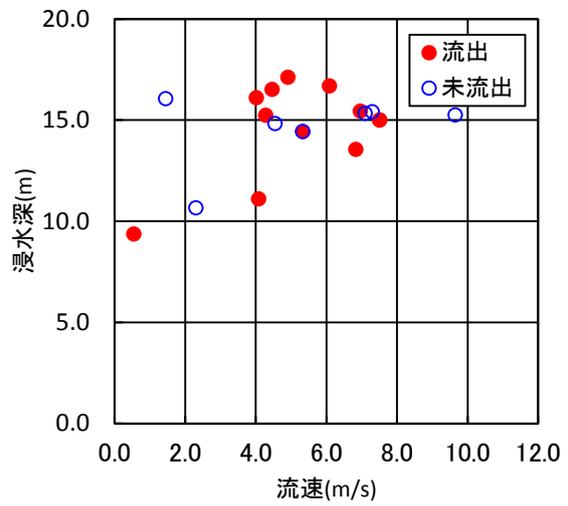
(13) B-1 地域



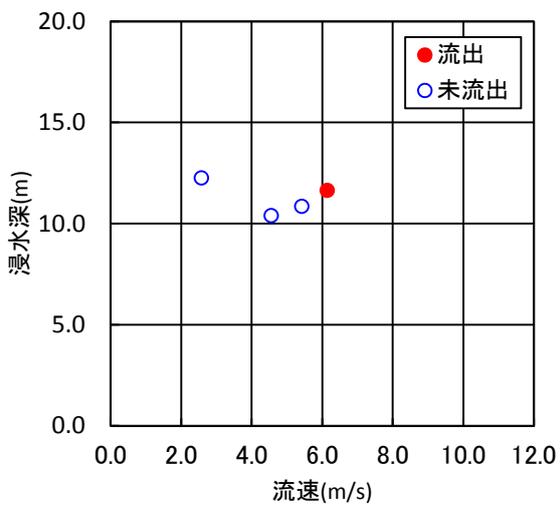
(14) B-2 地域



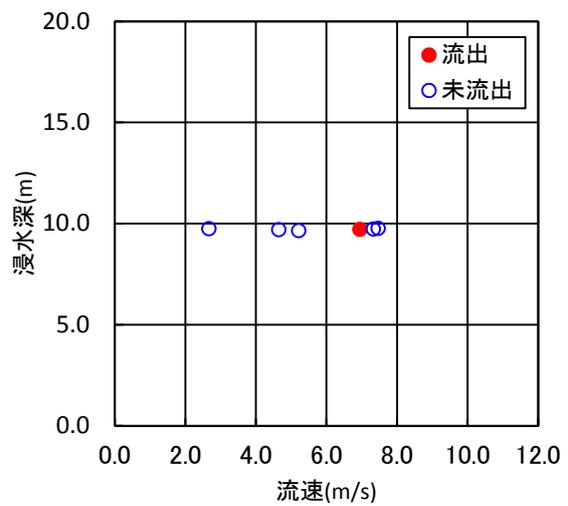
(15) B-3 地域



(16) B-4 地域

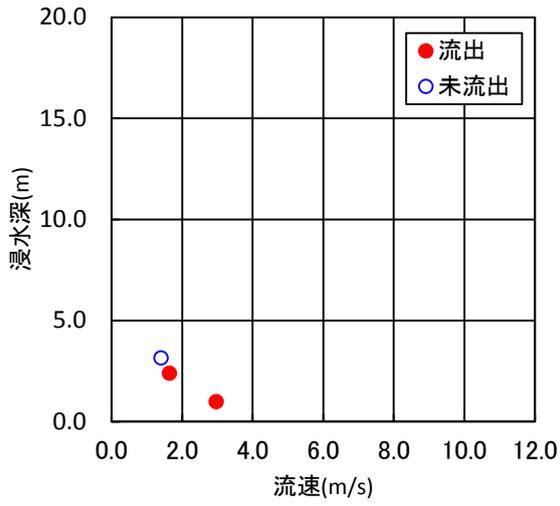


(17) B-5 地域

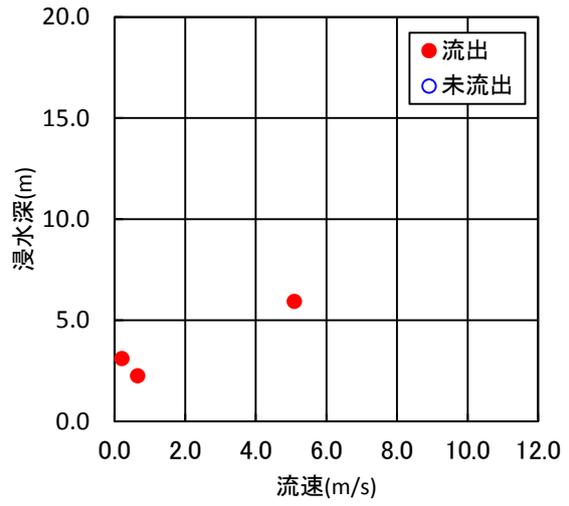


(18) B-8 地域

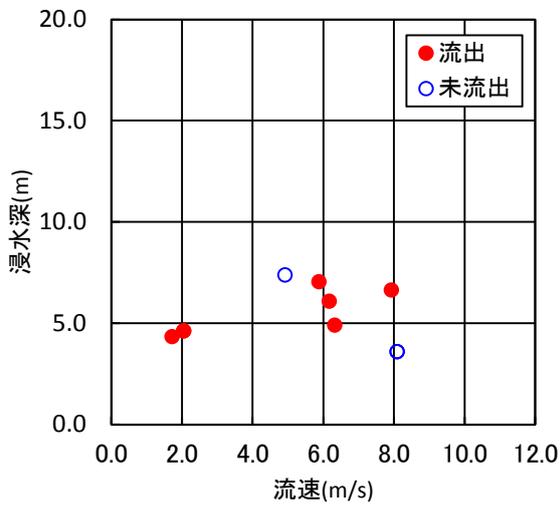
図 5.45 地域別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係(3)



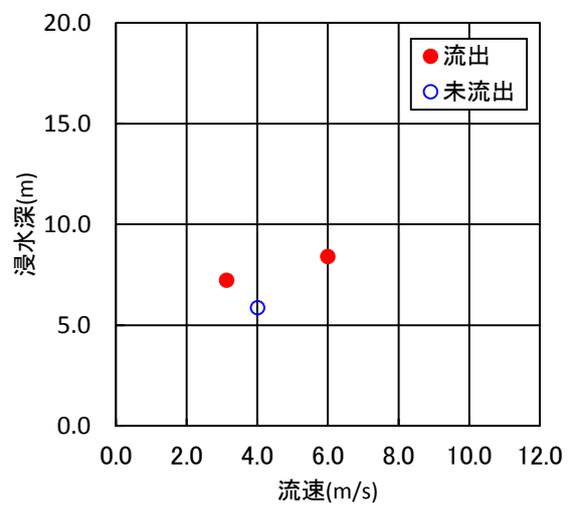
(19) B-10 地域



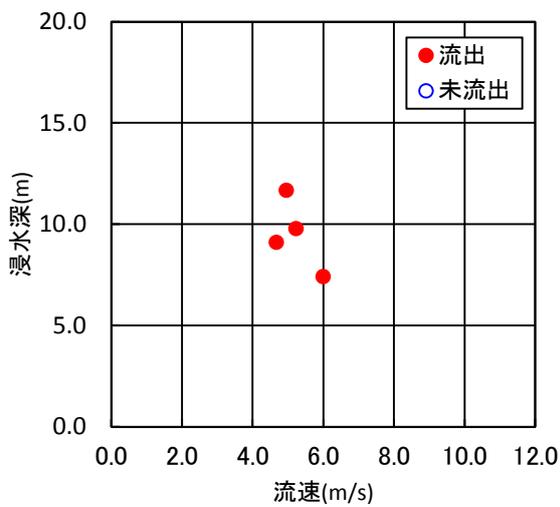
(20) B-12 地域



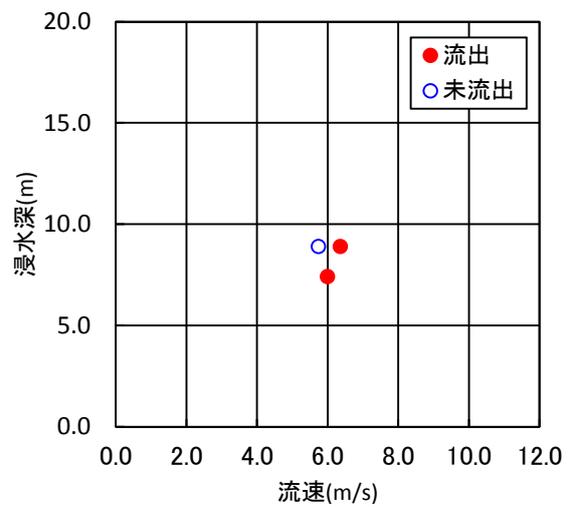
(25) C-1 地域



(26) C-2 地域

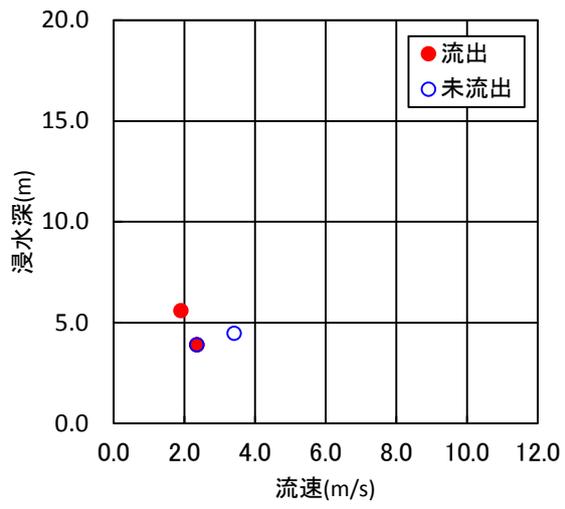


(27) C-3 地域



(28) C-5 地域

図 5.46 地域別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係 (4)



(29)C-8 地域

図 5.47 地域別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係 (5)

5.2.2 海岸線から架橋位置までの距離による分類

海岸線から架橋位置までの距離によって、橋梁に作用する津波の規模や砕波条件等の波の特性が異なる可能性がある。ここでは、できるだけ波の特性が同一となる条件ごとに母集団を分けることを意図し、海岸線から架橋位置までの距離で母集団を分類して浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が見出せるか検討した。海岸線から架橋位置までの距離は、0.25km 未満、0.25km 以上 0.50km 未満、0.50km 以上 1.00km 未満、1.00km 以上の 4 分類とし、浸水深と流速の関係を図 5.48 に示す。図 5.48 より、分類により、母集団の数が十分でない場合もあるが、いずれの海岸線から架橋位置までの距離の分類によっても、流出と未流出のものに特徴的な傾向は見られず、海岸線から架橋位置までの距離によって波の特性が同一とみなして母集団をわけても、浸水深と流速の関係から上部構造の流出、未流出の評価を行うことは困難であると考えられる。

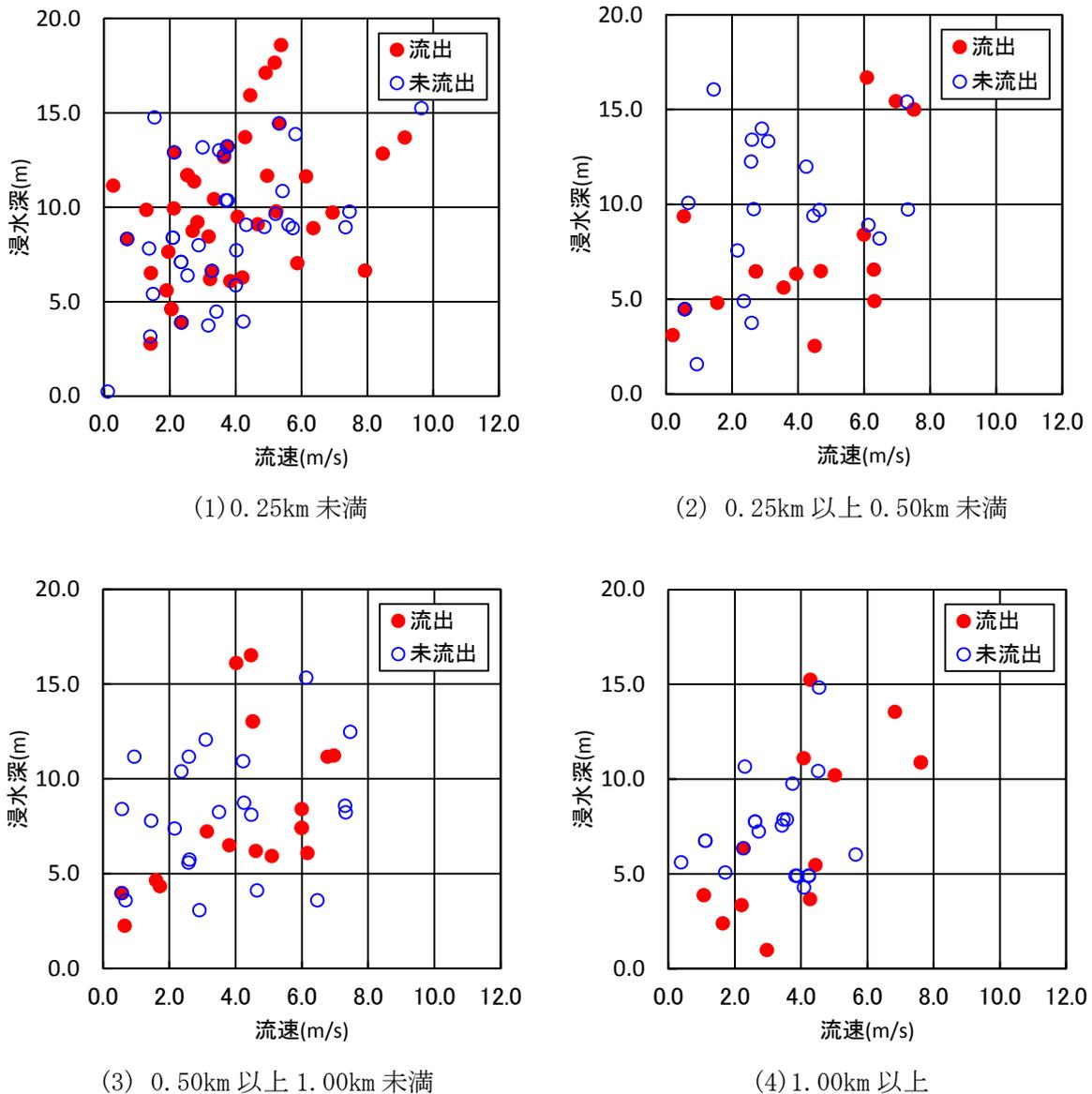


図 5.48 海岸線から距離別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係

5.2.3 径間長による分類

橋梁の径間長は、津波による圧力を受ける受圧面積に関わるだけでなく、桁が横方向に力を受けることによる全体座屈の発生などにも関連する諸元と考えられる。そこで、径間長の規模が同程度となるように母集団を分割することで、浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が見出せるか検討した。なお、多径間の橋梁の径間長は、最長の径間長を用いて整理した。径間長は、15m 未満、15m 以上 30m 未満、30m 以上 50m 未満、50m 以上の 4 分類とし、浸水深と流速の関係を図 5.49 に示す。図 5.49 より、横方向荷重による全体座屈が発生しやすいと考えられる長い径間長の母集団とそうした影響は少ないと考えられる短い径間長の母集団のいずれも、浸水深と流速の関係から上部構造の流出、未流出の評価を行うことは困難であると考えられる。

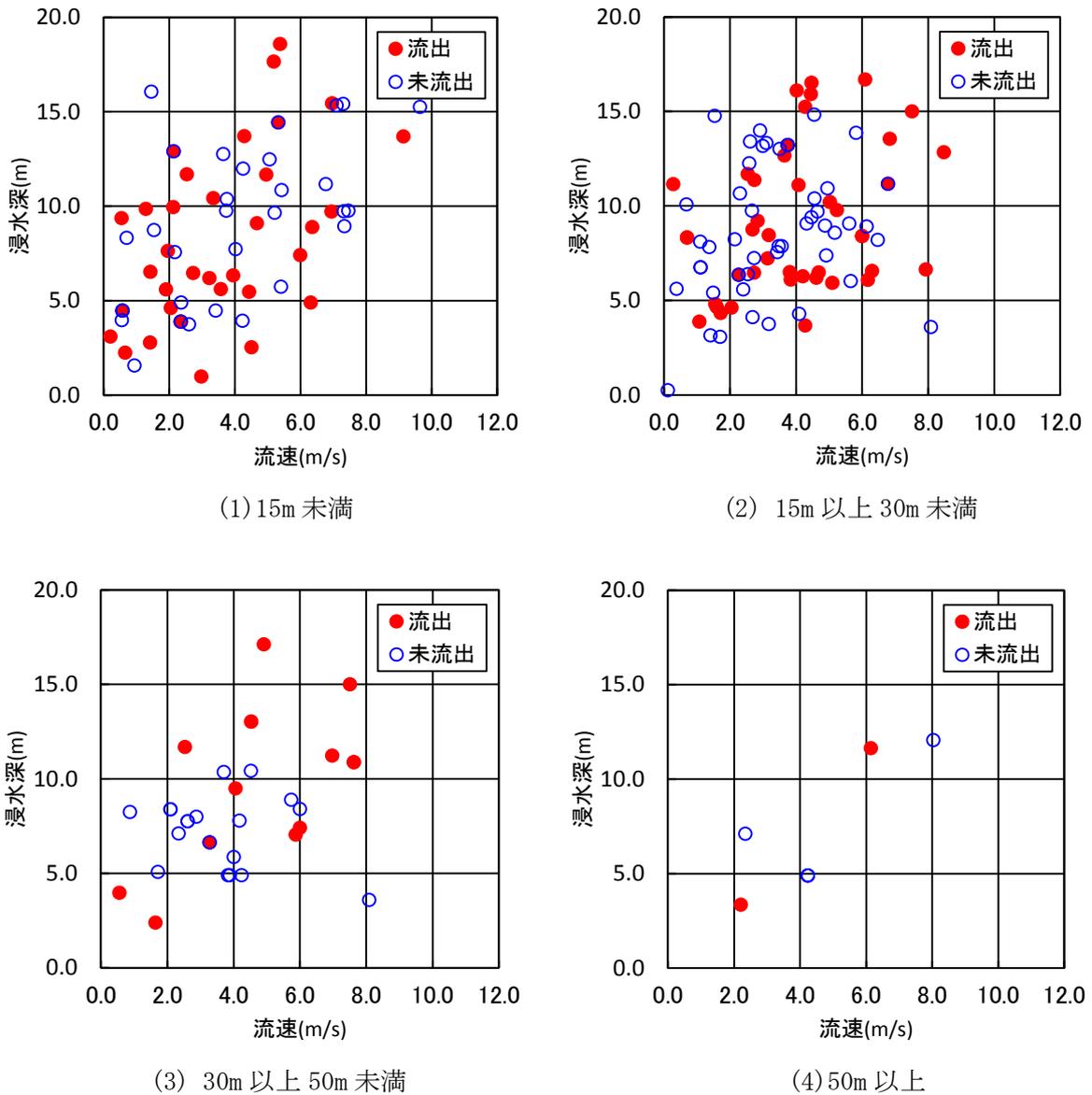
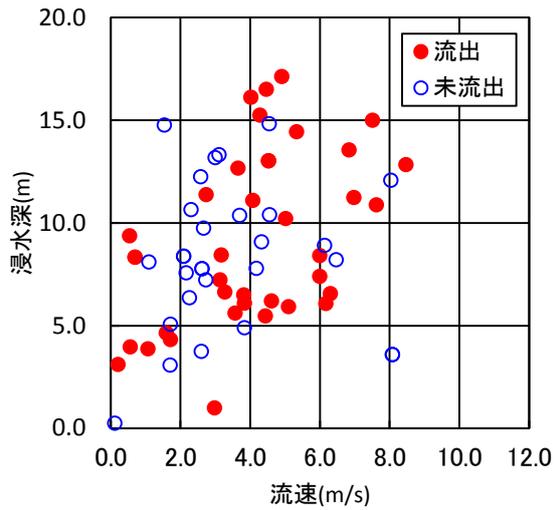


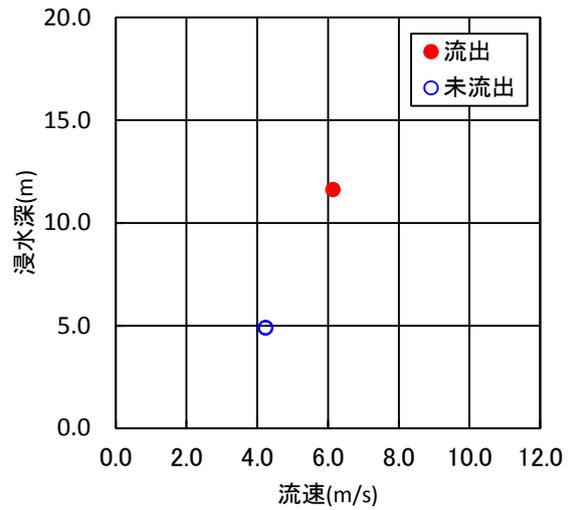
図 5.49 径間長別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係

5.2.4 上部構造形式による分類

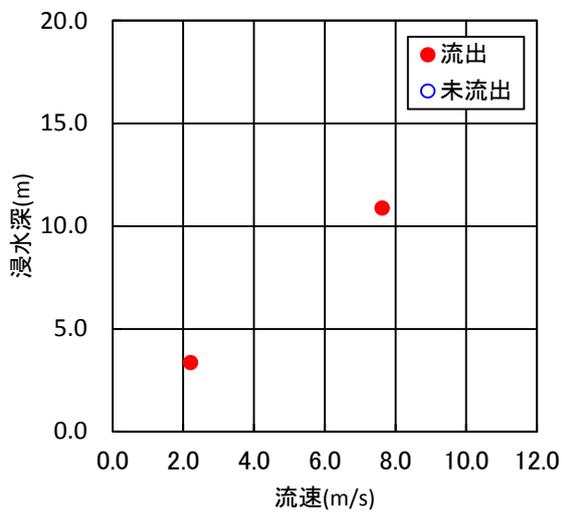
物体が流体力を受ける場合にその大きさは、断面形状にも関連があることが知られている^{5.1)}。そこで、橋梁上部構造の断面形状が類似する母集団に分類することを目的に、上部構造形式で母集団を分類することで、浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が見出せるか検討した。上部構造形式は、鋼橋とコンクリート橋(RC 橋及び PC 橋の両者)とし、鋼鈹桁橋、鋼箱桁橋、鋼トラス橋、コンクリート T 桁橋、コンクリート床版橋及びコンクリート箱桁橋の 6 分類とし、浸水深と流速の関係を図 5.50 に示す。なお、鋼鈹桁橋には、H 桁も含めている。結果的に、鋼箱桁橋、鋼トラス橋、コンクリート箱桁橋は、母集団の数が少なく、これらのデータから傾向を検討することは困難であった。その他の鋼鈹桁橋、コンクリート T 桁橋、コンクリート床版橋についてはある程度のデータ量が確保されたものの、それぞれの構造形式ごとに浸水深と流速の関係から上部構造の流出、未流出の評価を行うことは困難であると考えられる。



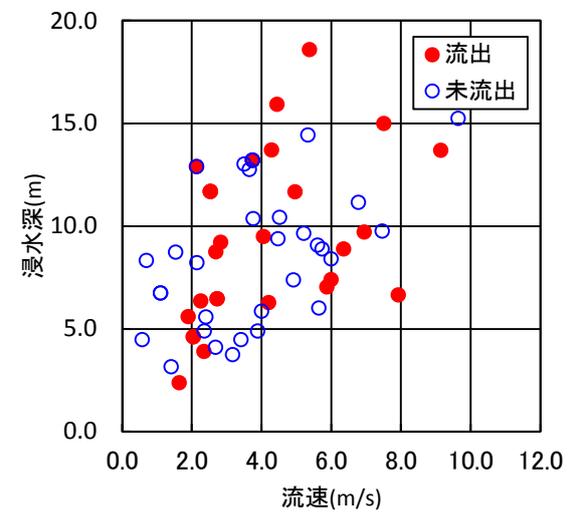
(1) 鋼鈹桁橋



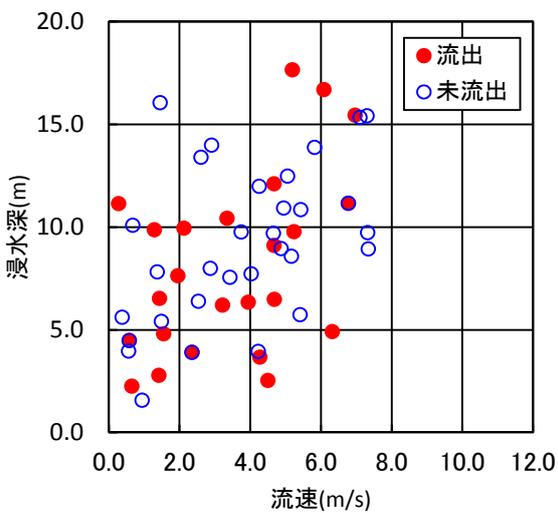
(2) 鋼箱桁橋



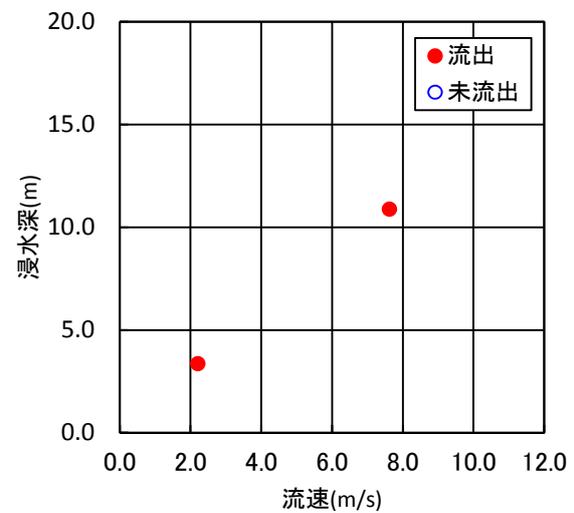
(3) 鋼トラス橋



(4) コンクリート T 桁橋



(5) コンクリート床版橋

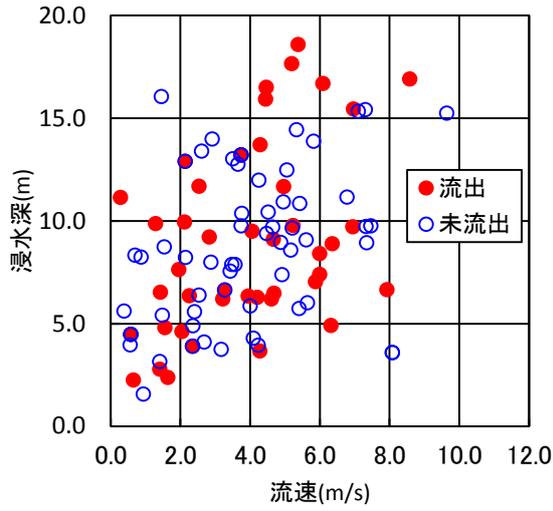


(6) コンクリート箱桁橋

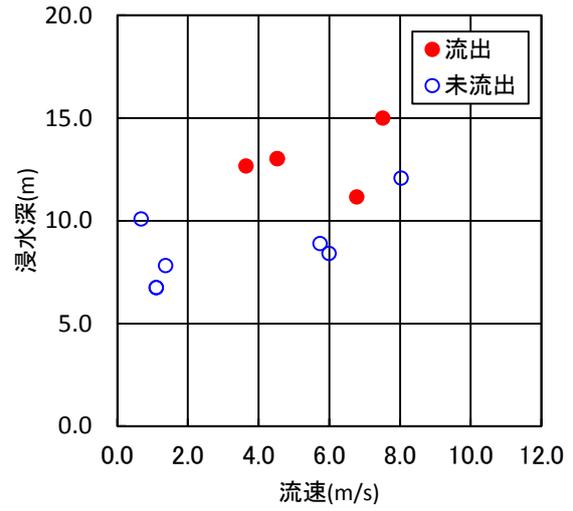
図 5.50 構造形式別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係

5.2.5 支承形式による分類

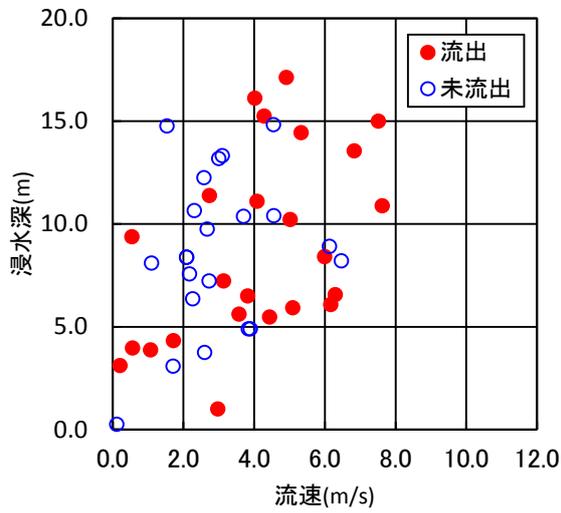
津波の作用を受けて上部構造が流出している橋梁のほとんどは、上部構造に作用した力により支承が破壊し、流出していると考えられる。そこで、抵抗側の条件としてある程度同じとなるよう、支承形式の違いにより母集団を分類することで、浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が見出せるか検討した。支承形式ごとに浸水深と流速の関係を図 5.51 に示す。支承形式のうちゴム支承については、平成 14 年以前の道路橋示方書で設計されたゴム支承(H14 道示以前ゴム支承)と平成 14 年道路橋示方書で設計され支承(H14 道示対応ゴム支承)に母集団を分けて示している。図 5.51 より、いずれの支承形式においても浸水深と流速の関係から上部構造の流出、未流出の評価を行うことは困難であると考えられる。



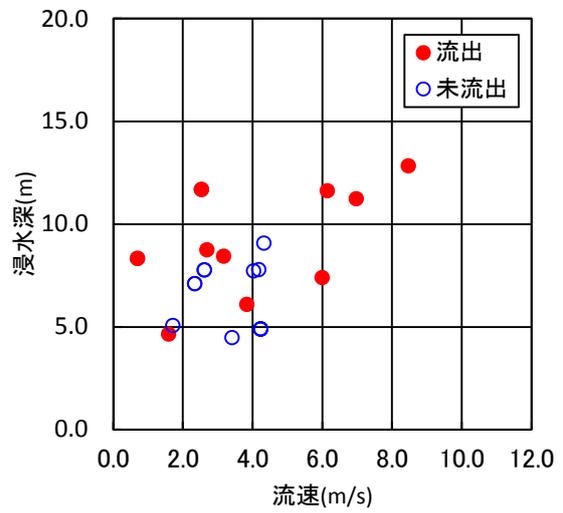
(1) H14 道示以前ゴム支承



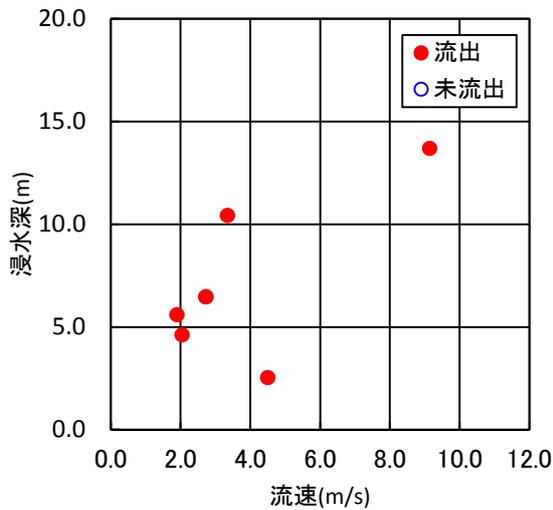
(2) H14 道示対応ゴム支承



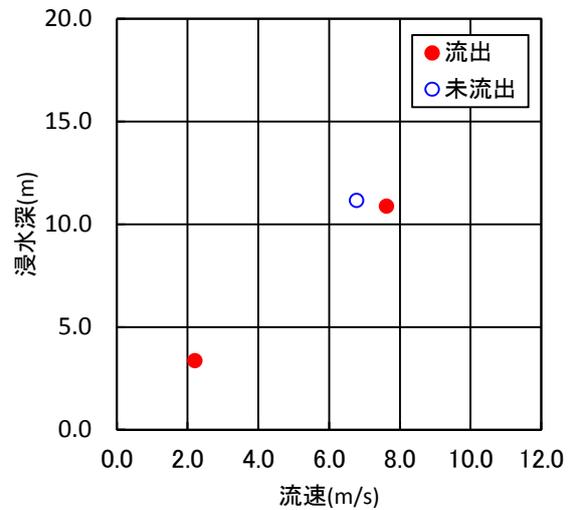
(3) 線支承



(4) 支承板支承



(5) 直置き



(6) その他

図 5.51 支承形式別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係

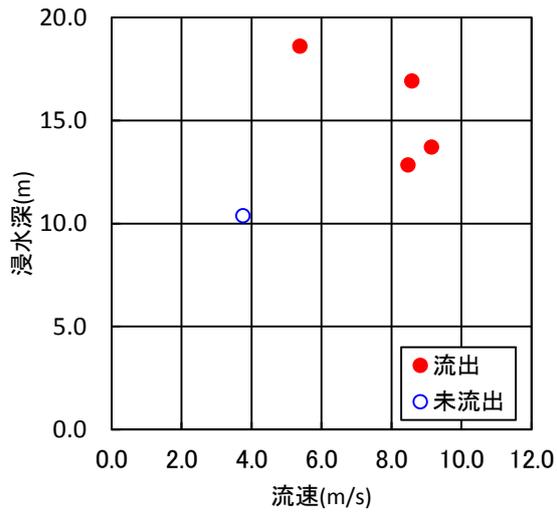
5.2.6 地震震度による分類

道路橋は津波による影響を受けるよりも前に、地震による作用を受ける。このため、道路橋によっては、地震動により支承部やその他部材に損傷を受けた状態で津波の作用を受けているものもあると考えられる。一方で、津波の影響を受ける前に、地震による損傷等の影響を受けたかどうかについては、確認することが困難である。そこで、当該橋梁が津波による浸水を受ける前に作用を受けた地震動の大きさを表すものとして震度に着目し、震度が同程度となる母集団に分類することで、浸水深と流速と上部構造の流出の有無との関係が見出せるか検討した。なお、架橋位置における震度は、架橋位置から最も近い観測地点で計測された東北地方太平洋沖地震の本震の震度とした。各架橋位置における震度、観測地点及び観測日時を表 5.1 に示す。

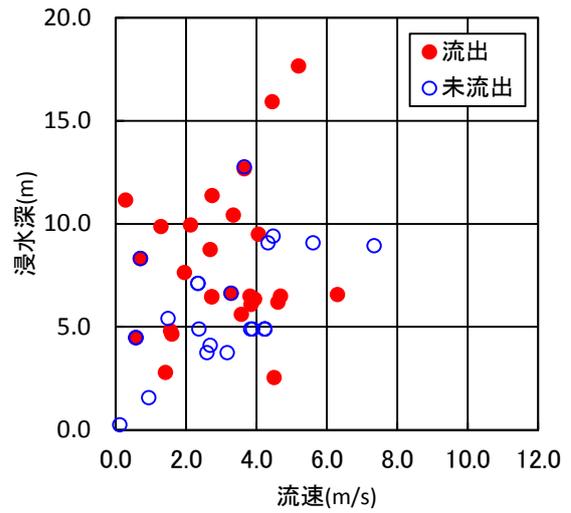
浸水深と流速の関係を震度ごとに分けたものを図 5.52 に示す。図 5.52 より、津波の影響を受ける前に作用した地震動の大小に依らず、流速や浸水深の大小によって流出や未流出を分類することは困難である結果となった。

表 5.1 架橋位置における震度と観測地点

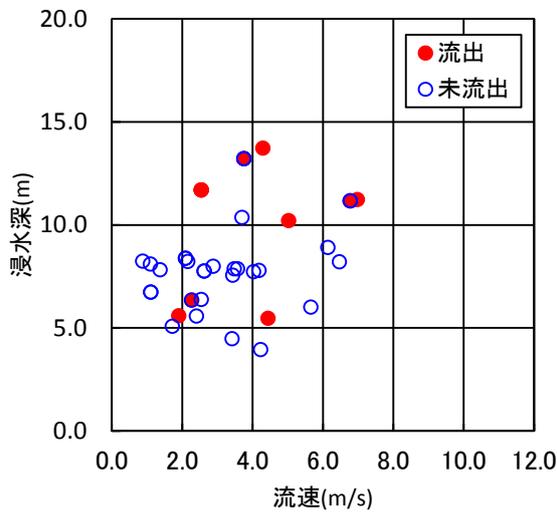
No.	橋梁名	震度	観測地点	観測日時		No.	橋梁名	震度	観測地点	観測日時	
				年月日	時間					年月日	時間
1	不明	4	岩手県洋野町種市	2011.3.11	14:46	101	気仙大橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46
2	舟付沢橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	102	気仙大橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46
3	広内橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	103	結着橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46
4	野田橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	104	結着橋歩道橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46
5	垂畑橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	105	浪板橋	6弱	宮城県気仙沼市赤岩	2011.3.11	14:46
6	轟橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	106	摩橋	6弱	宮城県気仙沼市赤岩	2011.3.11	14:46
7	轟橋側道橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	107	南小歩道橋	6弱	宮城県気仙沼市赤岩	2011.3.11	14:46
8	コウラ橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	108	神山川橋	6弱	宮城県気仙沼市赤岩	2011.3.11	14:46
9	米田橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	109	小泉大橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
10	米田橋側道橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	110	不明	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
11	米田橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	111	外尾川橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
12	下米田橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	112	外尾川橋側道橋(上)	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
13	米田川一号橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	113	外尾川橋側道橋(下)	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
14	下安家橋	5弱	岩手県野田村野田	2011.3.11	14:46	114	二十一浜橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
15	ハイベ沢橋	4	岩手県田野畑村田野畑	2011.3.11	14:46	115	二十一浜橋側道橋(上)	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
16	声船橋	4	岩手県田野畑村田野畑	2011.3.11	14:46	116	二十一浜橋側道橋(下)	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
17	行人橋	4	岩手県田野畑村田野畑	2011.3.11	14:46	117	不明	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
18	下沢待橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	118	歌津大橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
19	重津部浜橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	119	歌津大橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
20	沼の浜橋	4	岩手県田野畑村田野畑	2011.3.11	14:46	120	歌津大橋	5強	宮城県気仙沼市本吉町	2011.3.11	14:46
21	日の出橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	121	ウタちゃんぼし(汐見橋)	6弱	宮城県南三陸町歌津	2011.3.11	14:46
22	長橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	122	帯木橋	6弱	宮城県南三陸町歌津	2011.3.11	14:46
23	長内川橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	123	伊里前橋	6弱	宮城県南三陸町歌津	2011.3.11	14:46
24	荒谷橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	124	不明	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
25	乙部橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	125	汐見橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
26	中町橋	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	126	中橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
27	中町橋側道橋(上)	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	127	八幡橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
28	中町橋側道橋(下)	5弱	岩手県宮古市田老	2011.3.11	14:46	128	水尻橋(上)	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
29	櫛内川橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	129	水尻橋(下)	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
30	杵一の一橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	130	不明	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
31	甲ノ浜橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	131	折立橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
32	鰯の浜橋梁	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	132	西戸橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
33	宮古大橋(上り)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	133	不明	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
34	宮古大橋(下り)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	134	横津橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
35	宮古大橋(下り)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	135	横津橋歩道橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
36	宮古大橋(下り)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	136	大倉橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
37	宮古橋(車道)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	137	門前沢橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
38	宮古橋(歩道)	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	138	揚屋橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
39	向渡橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	139	竹下橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
40	崎吉の一橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	140	上沢橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
41	千島の一橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	141	最上橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
42	千島二橋	5弱	岩手県宮古市銀ヶ崎	2011.3.11	14:46	142	上山橋	6弱	宮城県南三陸町志津川	2011.3.11	14:46
43	宝来橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	143	新相川橋	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
44	宝来橋側道橋(下)	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	144	相川橋	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
45	寶来橋歩道橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	145	相川一号橋	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
46	桃山橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	146	不明	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
47	櫛笠大橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	147	新北上川大橋	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
48	櫛笠大橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	148	尾の崎橋	6弱	宮城県石巻市北上町	2011.3.11	14:46
49	不明	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	149	船戸2号橋	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
50	不明	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	150	みなと橋	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
51	不明	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	151	久川橋	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
52	浪板橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	152	東伊勢橋	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
53	浪板橋橋側歩道橋(上)	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	153	不明	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
54	浪板橋橋側歩道橋(下)	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	154	不明	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
55	浪板橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	155	不明	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
56	不明	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	156	第二渡橋	6弱	宮城県石巻市泉町(※)	2011.3.11	14:46
57	浪板新橋	5弱	岩手県山田町八幡町	2011.3.11	14:46	157	万石橋	6弱	宮城県石巻市泉町	2011.3.11	14:46
58	吉里吉里港橋	5弱	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	158	東内海橋	6弱	宮城県石巻市泉町	2011.3.11	14:46
59	大槌大橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	159	定川大橋	6弱	宮城県東松島市矢本	2011.3.11	14:46
60	安渡渡橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	160	松ヶ島橋	6弱	宮城県東松島市小野	2011.3.11	14:46
61	安渡橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	161	福浦橋	5弱	宮城県松島町高城	2011.3.11	14:46
62	大槌橋(車道)	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	162	橋本橋	5強	宮城県七ヶ浜町東宮浜	2011.3.11	14:46
63	大槌橋(歩道)	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	163	不明	6弱	宮城県仙台市宮城野区宮竹	2011.3.11	14:46
64	大石橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	164	盆地砂山線1号橋	6強	宮城県仙台市宮城野区宮竹	2011.3.11	14:46
65	大石橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	165	二郷橋	6強	宮城県仙台市宮城野区宮竹	2011.3.11	14:46
66	小槌橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	166	開運橋	6強	宮城県名取市増田	2011.3.11	14:46
67	古瀬橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	167	宮下橋	6強	宮城県名取市増田	2011.3.11	14:46
68	古瀬橋側道橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	168	不明	6弱	宮城県仙台空港	2011.3.11	14:46
69	棚片1号橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	169	マリインレーンポーブリッジ	6弱	宮城県亶理町下小路	2011.3.11	14:46
70	棚片橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	170	坂元川水門管理橋	6弱	宮城県亶理町下小路	2011.3.11	14:46
71	大浜渡橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	171	高浦橋	6強	宮城県山本町浅生原	2011.3.11	14:46
72	大浜渡橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	172	小塚橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
73	成ヶ沢橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	173	坪川橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
74	鏡坂橋車道	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	174	南向橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
75	鏡坂橋歩道	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	175	曙橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
76	烏谷坂橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	176	不明	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
77	おおたけ橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	177	釣師港橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
78	矢の浦橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	178	不明	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
79	大渡橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	179	釣師橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
80	片岸橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	180	不明	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
81	片岸大橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	181	浜田橋	6強	福島県新地町谷地小屋	2011.3.11	14:46
82	能野川橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	182	不明	6弱	福島県相馬市中村	2011.3.11	14:46
83	荒川橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	183	松川浦大橋(取付高架)	6弱	福島県相馬市中村	2011.3.11	14:46
84	荒川橋	5強	岩手県釜石市只越町	2011.3.11	14:46	184	上立切橋	6弱	福島県相馬市中村	2011.3.11	14:46
85	不明	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	185	北泉橋	6弱	福島県南相馬市小高区	2011.3.11	14:46
86	不明	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	186	常磐橋	6弱	福島県南相馬市小高区	2011.3.11	14:46
87	不明	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	187	不明	6弱	福島県南相馬市小高区	2011.3.11	14:46
88	平田橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	188	ハツカラ橋	6弱	福島県南相馬市小高区	2011.3.11	14:46
89	川口橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	189	請戸新橋(撤去中)	6強	福島県浪江町幾世橋	2011.3.11	14:46
90	沼田二線橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	190	請戸橋(旧橋【撤去中】)	6強	福島県浪江町幾世橋	2011.3.11	14:46
91	津橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	191	不明	6強	福島県常岡町本岡	2011.3.11	14:46
92	浜田川橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	192	(仮)紅葉川橋	6強	福島県常岡町本岡	2011.3.11	14:46
93	浜田川橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	193	不明	6強	福島県常岡町本岡	2011.3.11	14:46
94	巖上堂橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	194	本釜橋	6強	福島県楢葉町北田	2011.3.11	14:46
95	しおさき橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	195	北釜橋	6弱	福島県広野町下北泊大谷地原	2011.3.11	14:46
96	松原大橋	6弱	岩手県大船渡市大船渡	2011.3.11	14:46	196	不明				



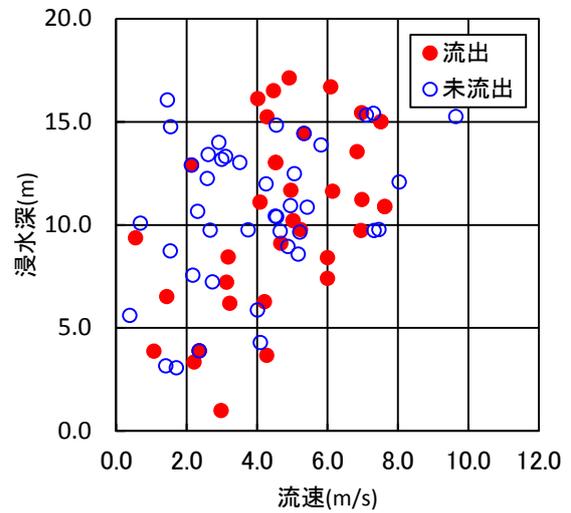
(1) 震度 4



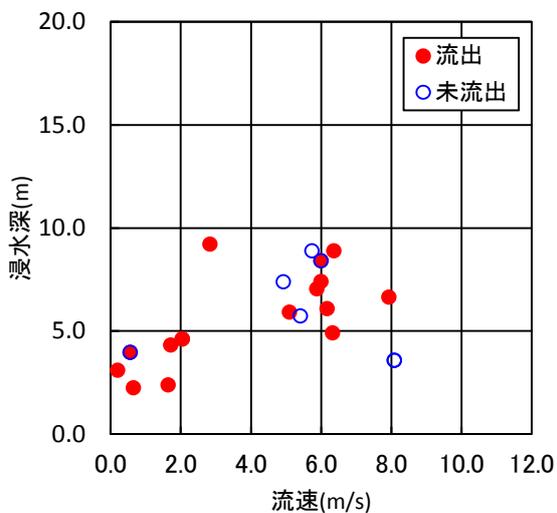
(2) 震度 5 弱



(3) 震度 5 強



(4) 震度 6 弱



(5) 震度 6 強

図 5.52 地震震度別架橋位置の津波の浸水深と流速の関係

5.3 まとめ

本章では、津波の規模、架橋条件や構造条件といった各種条件と上部構造の流出の関係について整理し、以下のことを確認した。

- ・以下に示す各種条件で比較することにより、上部構造の流出の関係を確認したが、単純に各種条件を比較するだけでは、上部構造の流出を区分できない。

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| ①流速 - 浸水深 | ②海岸線から架橋位置までの距離 - 浸水深 |
| ③海岸線から架橋位置までの距離 - 流速 | ④全幅員 - 径間長 |
| ⑤(桁高 + 地覆高) - 径間長 | ⑥全幅員 / (桁高 + 地覆高) - 径間長 |
| ⑦(桁高 + 地覆高) - 全幅員 | ⑧全幅員 / (桁高 + 地覆高) - 全幅員 |
| ⑨全幅員 / (桁高 + 地覆高) - (桁高 + 地覆高) | ⑩径間長 - 浸水深 |
| ⑪全幅員 - 浸水深 | ⑫(桁高 + 地覆高) - 浸水深 |
| ⑬全幅員 / (桁高 + 地覆高) - 浸水深 | ⑭径間長 - 流速 |
| ⑮全幅員 - 流速 | ⑯(桁高 + 地覆高) - 流速 |
| ⑰全幅員 / (桁高 + 地覆高) - 流速 | ⑱径間長 - 海岸線から架橋位置までの距離 |
| ⑲全幅員 - 海岸線から架橋位置までの距離 | |
| ⑳(桁高 + 地覆高) - 海岸線から架橋位置までの距離 | |
| ㉑全幅員 / (桁高 + 地覆高) - 海岸線から架橋位置までの距離 | |

- ・一方で、全幅員、全幅員 / (桁高 + 地覆高) が大きいもので流出した橋梁よりも未流出の橋梁が多くなる傾向が示された。
- ・上部構造の流出への影響が大きいと考えられる津波の規模に関連する浸水深と流速に着目して、以下に示す条件で母集団がなるべく同質となるように分類して、それぞれの母集団の中で流速と浸水深の大小と上部構造の流出の関係を確認した。その結果、条件をそろえて母集団を分類しても、流速と浸水深のみで上部構造の流出を評価することは困難である。

- ①架橋地域による分類
- ②海岸線から架橋位置までの距離による分類
- ③上部構造形式による分類
- ④支承形式による分類
- ⑤地震震度による分類

以上から、本研究で対象とした津波規模や構造諸元等の単純なパラメータのみの比較では上部構造の流出を評価することは困難である。一方で、橋の形状を示す全幅員や桁高等の構造諸元が上部構造の流出に影響を与えている可能性も確認された。したがって、津波による上部構造の流出を評価するには、本研究で対象としていないパラメータまたはその組み合わせ、それらを含めた様々な因子による影響を統計的な分析などにより詳しく分析する必要があると思われる。

参考文献

第 1 章

- 1.1)国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所：国総研資料第 646 号・土研資料第 4202 号 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報，2011 年 7 月
- 1.2)国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所：国総研資料第 814 号・土研資料第 4295 号 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告，2014 年 12 月
- 1.3)東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：東北地方太平洋沖地震津波情報サイト，<http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 1.4)原口強，若松暉：東日本大震災津波詳細地図上巻，古今書院，2011 年 10 月
- 1.5)原口強，若松暉：東日本大震災津波詳細地図下巻，古今書院，2011 年 10 月

第 2 章

- 2.1)国土交通省国土地理院：10 万分 1 浸水範囲概況図，<http://www.gsi.go.jp/>

第 3 章

- 3.1)国土交通省国土地理院：国土地理院地図，<http://www.gsi.go.jp/>
- 3.2)国土交通省国土地理院：平成 23 年(2011 年)東北地方大塚用沖地震正射画像，<http://saigai.gsi.go.jp/h23taiheiyo-zort/index.html>
- 3.3)国土交通省国土地理院：被災地域の斜め写真，<http://www.gsi.go.jp/>
- 3.4)yahoo!JAPAN 東日本大震災写真保存プロジェクト，<http://archive.shinsai.yahoo.co.jp/>
- 3.5)Google マップ，<https://www.google.co.jp/maps/>
- 3.6)国土交通省国土地理院：被災後のデジタル標高地形図，<http://www1.gsi.go.jp/geowww/dhmap2/>
- 3.7)宮城県：平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震宮城県内道路被災状況写真，<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/road/hisaijoukyoushasinn.html>
- 3.8)宮城県：宮城県仙台土木事務所 東日本大震災写真集 Vol.2，<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/91304.pdf>

第 4 章

- 4.1)国土交通省水管理・国土保全局海岸室，国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室：平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き，2011 年 7 月
- 4.2)2011 年東北地方太平洋沖地震の津波波源(暫定結果，Ver.4.2 と Ver.4.6)，http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja_ver4.2and4.6.html
- 4.3)内閣府中央防災会議専門調査会において検討された震度分布・浸水領域に係るデータ提供について(日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震)，http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/dataokukai/index.html
- 4.4)後藤智明，佐藤一夫：三陸沿岸を対象とした津波数値計算システムの開発，港湾空港技術研究所報告第 32 号第 2 号，1993 年 6 月
- 4.5)国土交通省河川局治水課：浸水想定区域図作成マニュアル，2005 年 6 月
- 4.6)本間仁：低溢流堰堤の流量係数，土木学会誌，第 26 巻第 6 号 pp.635-645.，第 9 号 pp.849-862，1940 年
- 4.7)小谷美佐，今村文彦，首藤伸夫：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集第 45 巻，1998 年 11 月
- 4.8) Okada,Y. : Bulletin Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulltin of the Seismological Society of America, Vol.82, No.2, pp.1018-1040, 1992.

4.9)東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：東北地方太平洋沖地震津波情報サイト，
<http://www.coastal.jp/ttjt/>

第 5 章

5.1)例えば、中尾尚史，張広鋒，炭村透，星隈順一：上部構造の断面特性が津波によって橋に生じる作用に及ぼす影響，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69，No.4，pp. I_42-I_54，2013 年