

「学校施設の防災力強化プロジェクト」  
「津波被害が想定される地域における学校施設の立地・安全対策の基礎的検討」

## 科学的根拠に基づく、学校施設における 効果的な防災・減災対策計画策定モデルの構築

～地震・津波災害の総合評価に基づく  
新潟大学の安全・安心な学校施設づくり～

### 第3章 リスク評価を実施する

### 第3章 リスク評価を実施する

本事業では「津波被害が想定される地域における学校施設の立地・安全対策の基礎的検討」を行うことを目的としており、新潟県と協働で「新潟県に想定される津波災害による浸水被害について、県民にわかりやすい形で可視化する作業を実施した。

#### 1. 津波ハザードの同定

災害に対する防災計画を作成する場合、その地域にふさわしい効果的な防災対策を立てる前提として、地域にどの程度の災害リスクが潜在的に存在するかを評価し、対策を考える上での基礎資料とする。新潟県では、国の方針に沿う形で、1) 想定される地震、2) 地形データ、3) 津波シミュレーション、を検討した。新潟大学では、学識者の立場から、この過程に参画する。それらの結果を、対策検討の基礎資料として、新潟県と共働で多様な組織や個人が活用しやすい形に加工・可視化する。

##### (1) 津波ハザードを想定する際に適用する地震の選定

東日本大震災の発生を受け、新潟県では「新潟県地震被害想定調査報告書（新潟県、平成9年度）」、「日本海東縁部の地震活動の長期評価について（地震調査研究推進本部、平成15年度）」などの既存資料から、過去に新潟県に被害をもたらした地震や、活断層の分布状況などにより被害が甚大と考えられる5つの想定地震を候補とし、その中から、新潟県沿岸での津波高及び発生確率を考慮し、新潟県南西沖の地震、粟島付近の地震及び佐渡北方沖の地震の3地震を想定地震として採用した（図8）。ここで想定地震とは、地震防災対策を検討するために設定された地震であり、地震を予知したものではなく、また、近い将来これらの地域で想定どおりの地震が発生することを意味するものではない。

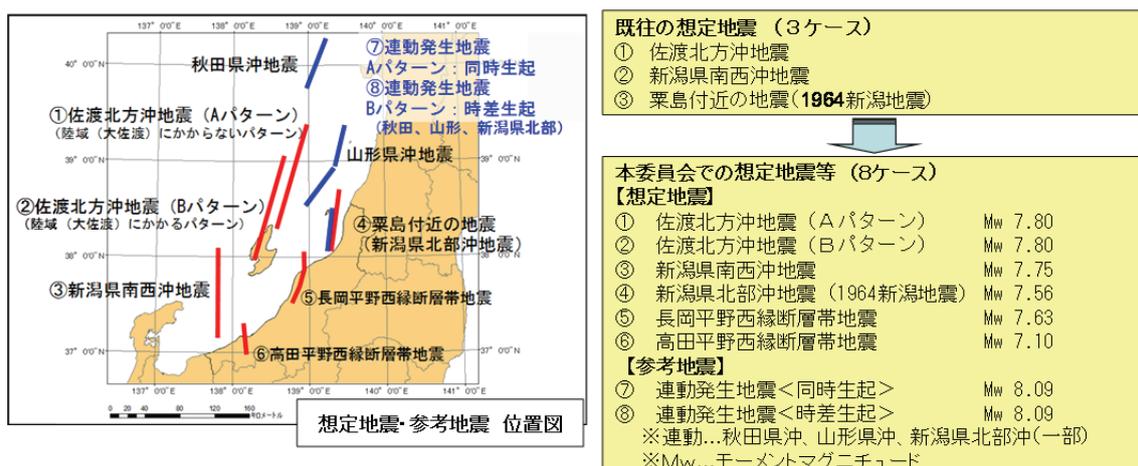


図8 想定地震候補（5地震：赤色）及び採用した想定地震（3地震：青色）の断層位置

## (2) 津波ハザードシミュレーションのための地形データ作成

津波シミュレーションを実施するためには、当該地域における地形データが必要となる。地形データの解像度によって、得られる計算結果の解像度に影響が発生する。解像度を高く（1辺長が短いメッシュ）すると、解析結果は高解像度で得られるものの解析に要する時間が増大する。そのため、時間的制約および解析結果利用の観点から適切な解像度を設定する必要がある。

新潟県における津波浸水想定解析では、シミュレーションの範囲を、想定震源域を含む、沿岸域全体及び背後地（陸域）全域とし、津波浸水シミュレーションを実施する際のデータ処理最小単位を 50m メッシュとして、各種の地形データを整備した。そこに、防潮堤など海岸構造物の位置や高さ及び 1 級河川等規模の大きな河川等を地形データとして入力した。

なお、津波シミュレーション結果を基に、比較的大規模な津波の溯上が予測され、かつ人口集積地である地域を、より詳細な津波シミュレーションを行うべき地域（以下「詳細領域」）として選定し、最小 12.5m メッシュの再作成を行った。選定された地域は直江津、柏崎、新潟、岩船、両津、真野湾の 6 カ所である。詳細領域についても海岸構造物並びに規模の大きな河川等を地形データとして入力した。

## (3) 津波シミュレーションの実施

「津波・高潮ハザードマップマニュアル」（平成 16 年 4 月（財）沿岸開発技術センター発行）の「時系列を考慮した数値シミュレーション」による手法に基づき、津波の発生から陸上への遡上までの包括的予測を行った。計算結果から、海域における最大水位上昇、浸水深さ、第 1 波到達時刻、浸水開始時刻、最大流速、代表地点での水位変化を解析した。この計算条件として、地震発生時の潮位は「平均的な大潮時の満潮位」とした。

津波浸水の想定シミュレーションを実施した結果、図 9 に示すような津波浸水想定結果が得られた。図 9 では、津波が襲来するエリアを赤色で誇張する形で表現している。この結果から、新潟県が有する約 300km（本土側）の沿岸すべてにおいて津波が襲来することが明らかとなった。また、佐渡島・粟島においても同様に沿岸部は全域において津波襲来の危険性があることが明らかとなった。

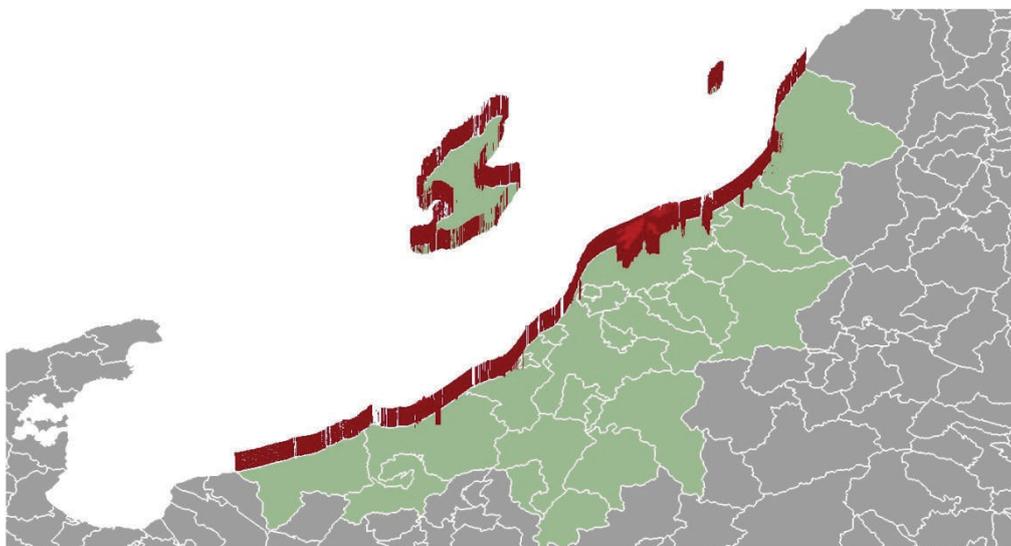


図9 新潟県全域を襲う津波想定の結果

## 2. 津波シミュレーション結果の可視化

新潟県が公表した津波シミュレーション結果データは、本学の防災力強化に関わる検討を進めるための要件を満たした形に加工する必要がある。加工については、「①可視化すべきエリアの同定と縮尺の設定」「②最大の危険度の把握」「③利用価値を高める浸水深分類と色設定」の3つを実施し、「資源収集の可能性検討のための歩行困難性の分析」「浸水時間を用いた浸水方向の可視化」を行うための基礎情報の整備を進めた。

### ① 可視化すべきエリアの同定と縮尺の設定

本学の防災力強化に関わる検討を進めるにあたり、着目すべき地域は、新潟大学の主なキャンパスが位置する新潟市である。新潟県が公表した全体概況図では当該地域を十分に把握することは困難である。そこで、新潟市域を拡大するとともに、新潟大学の主要キャンパスとハザードとの位置関係を把握でき、地域との関係性を明らかにするシミュレーション結果の可視化を進めた。その結果、1:100,000のスケールがもっとも適していることがわかった。その他の地域においても、本学が関係する施設や学生/教職員ならびにそれらの家族が県内に位置する可能性もあることから、同一スケールに基づき、図10のように新潟県を20の地域に分割した。

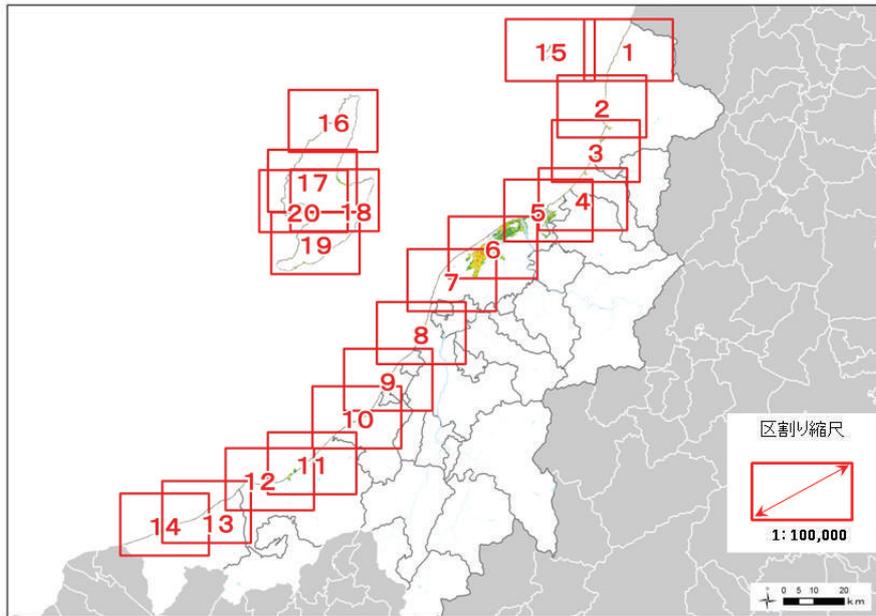


図 10 1:100,000 のスケールに基づく新潟県全域の 20 の区割り図

## ② 浸水域と浸水深における新潟市への最大危険度の同定

地震のゆれが起こった瞬間に「津波はどこまで襲来するのか」「各地域ではどれほどの浸水深となるか」を把握することは難しい。よって、新潟県が選定した 6 波源 (5 地震) から得られる浸水深を統合することで、新潟市に想定しうる「最大浸水深」を把握した。また、最大浸水深を対象として浸水しうる地域を集約することで、「最大浸水エリア」を同定した。このことによって、津波の危険性が高いエリアを包括的に把握することができる。

## ③ 各メッシュの利用価値を高める浸水深分類と色設定

津波シミュレーションの解析結果で得られる浸水深データは連続変数 (実数) である。具体的な対応策を検討する上では、連続変数である浸水深を適切な閾値を設けることで分類することとした。具体的には、「避難歩行時に足下をすくわれる : 20–50cm」「床上浸水となる : 50cm–1m」「1 階の大半が浸水する : 1–2m」「1 階天井部まで浸水する : 2–3m」「1 階部分が完全浸水する (半壊～大規模半壊) : 3–5m」「2 階部まで浸水する (大規模半壊～全壊) : 5–10m」「3 階部以上まで浸水が至る (木造建物の流出による全壊) : 10m 以上」の 7 分類とした (図 11)。

これらの 7 分類に対し、利用者側が危険性を容易に把握できるよう適切な色設定を行った。色の選択においては、「危険程度を表す色」について規定されている世界標準としての「ISO 22324 WD Social Security」における「Color-coded Alert」に準拠し、緑色から紫色に至るまでの色彩で表現した。この色彩に基づき、新潟大学の主なキャンパスが位置する新潟市を表現した結果が図 12 である。

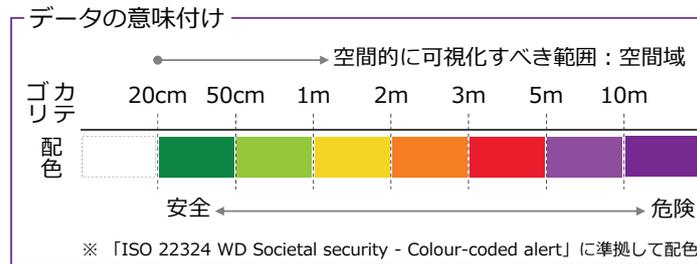


図 11 色分類を活用したデータ意味の可視化

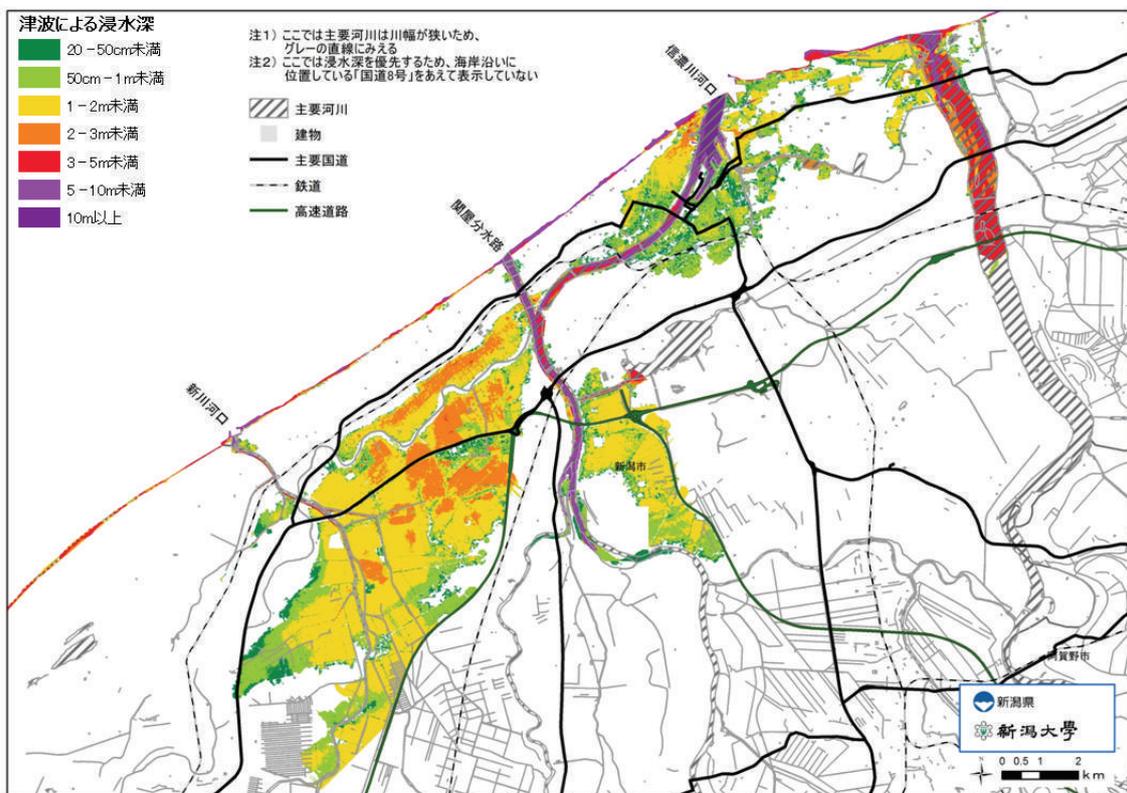


図 12 新潟市における津波想定浸水深

### 3. 歩行困難性の分析

防災関係者には「くるぶし」あたりまで水が浸水すると歩行困難がはじまると一般的には言われる。ところが、津波シミュレーションの計算結果をカテゴリー化し、可視化したところ、1メートル以下の地域であれば、十分に避難可能なのではないかという声が上がった。そこでシミュレーションの流速の値を用いて、「避難時の歩行危険性」を分析した。しかし、流速の値 (m/秒) だけでは、その流速が持つ意味を理解しがたく、流速を「歩行困難性」に読み替える指標が必要である。

国土交通省は「地下空間における浸水対策ガイドライン解説：1.5 避難行動における限界条件の設定」の中で、歩行困難性について以下のように言及している。

(1) 歩行困難水深

(中略)

洪水時に避難行動を安全に行うためには、洪水の程度（浸水深と流速）と歩行の危険性との関係をあらかじめ知っておく必要があり、実際の避難行動に近い状況を想定した水中歩行実験が行われている。流水の大きさと歩行の安定性については、成年男子の場合、水深が膝程度（40～50cm 程度）の時には、流速がある程度あったとしてもゆっくりであるが安定して歩け、水深が股下程度（80cm 程度）の時には、大きく影響を受け歩きづらくなっている。

この記述の根拠となっているのは、「利根川研究会：利根川の洪水—語り継ぐ流域の歴史（1995）」に「洪水避難時に水中歩行できる領域」として掲載されている、過去の歩行困難に関わる実データに基づいて導出された関数である。この関数は「水深（m）×流速（M/秒）」によって算出される（図 13：曲線）。そこで、本事業では、「歩行困難性」をより読み手に分かりやすく伝えるために、水深および流速をそれぞれ 5 分類し、その組み合わせに対して、歩行困難性を「非常に高い」「高い」「中程度」「低い」の 4 つにグルーピングし、適切な色設定を行った（図 13：4 色の分類）。

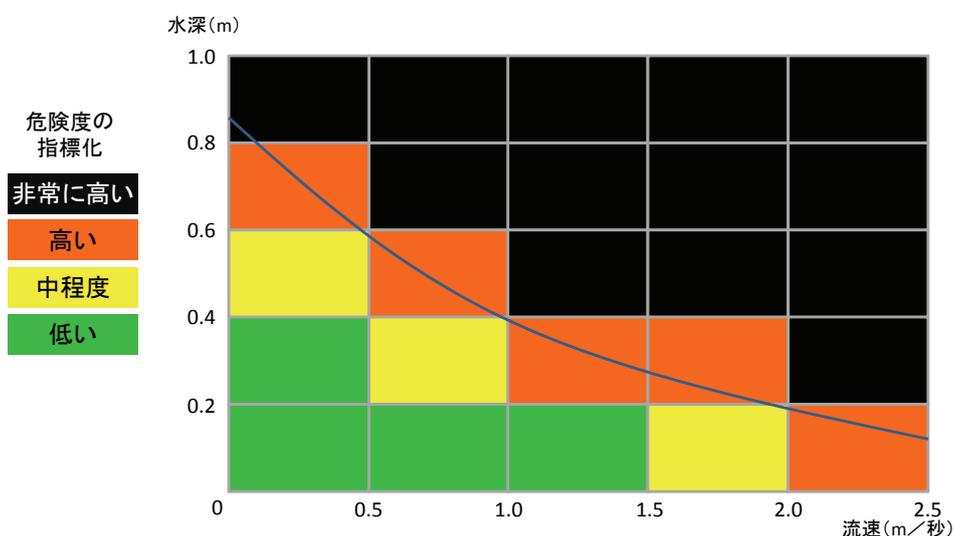


図 13 水深—流速に基づく歩行困難性の位置づけ

「歩行困難性が非常に高い（黒）」着目すると、たとえ流速が 1m 以下（人が歩く速度で津波が流れる）であっても浸水深が 60 センチ以上（人の膝以上）になると歩行は非常に困難である。「歩行困難性が低い（緑）」であっても、流速があると 20 センチ以下（人の足首

以下) でないと一般的には歩行は難しい。子どもや高齢者など脆弱性のより高い人たちになると、たとえ「歩行困難性が低い(緑)」状況であっても歩行困難になる場合があり注意が必要である。

では、このカテゴリーを新潟市全体に広げると図 14 のようになり、浸水域のほとんどは黒く塗られており「歩行困難区域」となる。つまり、浸水深が増すまでに避難をすることが求められる地域がほとんどである。

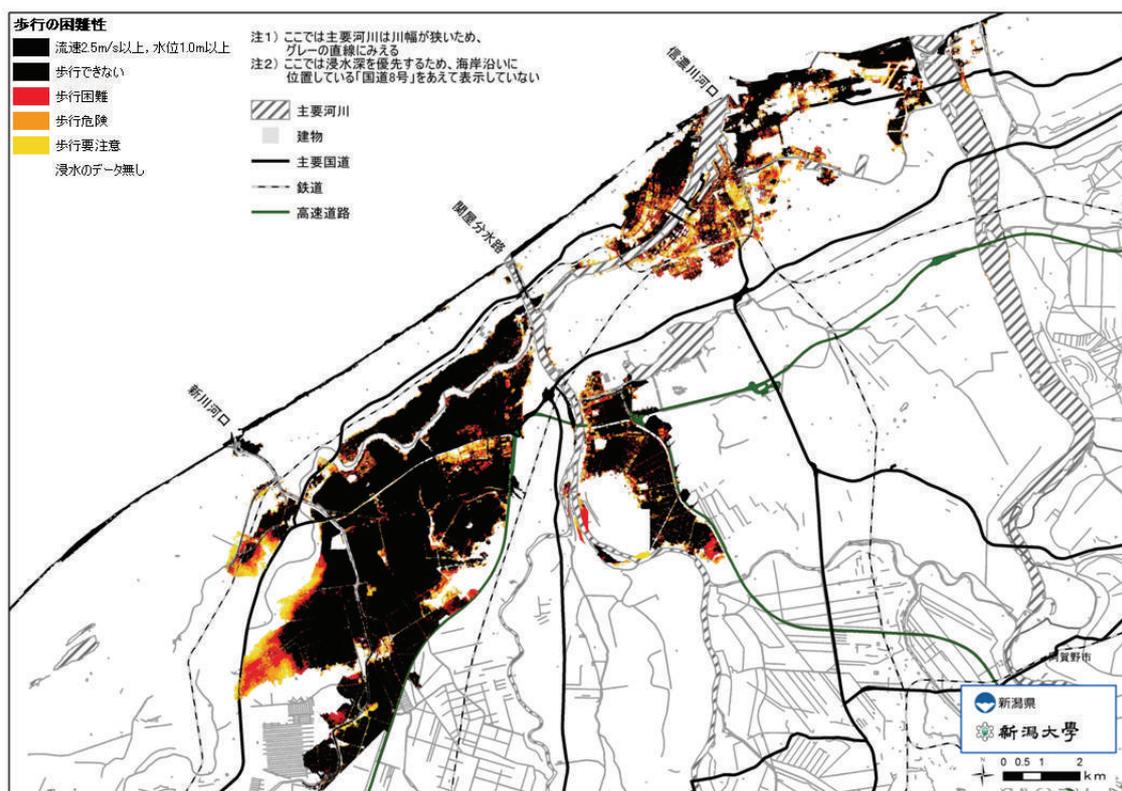


図 14 流速・浸水深に基づく新潟市における歩行困難性

#### 4. 津波浸水時間の分析

ゆれからの避難可能時間を知るために、津波災害発生からの浸水時間を可視化した。津波は海岸や河川から地域に浸水しはじめるために、それらに近い場所では浸水時間が非常に短いものとなっており、早めの避難が期待される。新潟市内においては、図 15 のように発災後 5 分から最大 90 分までの津波到達・浸水開始時間が想定されることがわかった。これらは、海岸や川からの距離と高さに規定される。

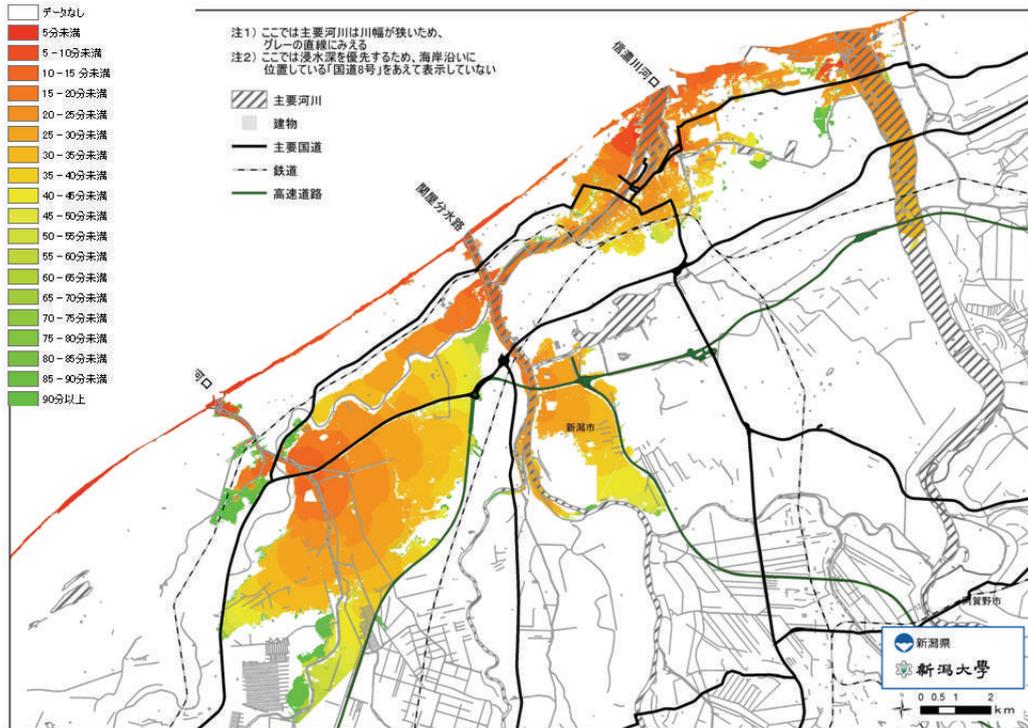


図 15 新潟市における津波到達想定時間

## 5. 津波リスクの評価まとめ

東日本大震災を受けて、新潟県では津波被害想定を見直した。新潟大学では、本学を含む新潟県における各組織や個人が、この津波被害想定結果を用いて防災対策を進めていくうえで、この結果を可視化し、地理空間的な分析を加えることで、対策に役立つ 3 つのパターンの導出をおこなった (図 16、17)。

具体的には、①海岸集落地域、②河川遡上地域、③低平地浸水地域の 3 パターンである。

- ① **海岸集落地域**：海岸線に沿って集落が所在し、道路が整備されている地域であって、後背地に崖、斜面等が迫るといった地理的特性を持ち、ゆれの直後に津波が襲来し、また、津波の衝撃により、建物の破壊などが起こると想定される地域
- ② **河川遡上地域**：津波が河口部から浸水し、想像以上に内陸まで河川遡上の影響が及ぶ地域
- ③ **低平地浸水地域**：海岸線より比較的距離があり、一見津波災害の被害は起こらないと考えられるが、実はその地域の標高が低く、海岸からの浸水のほか、河川の遡上により、広範囲に浸水が想定される地域

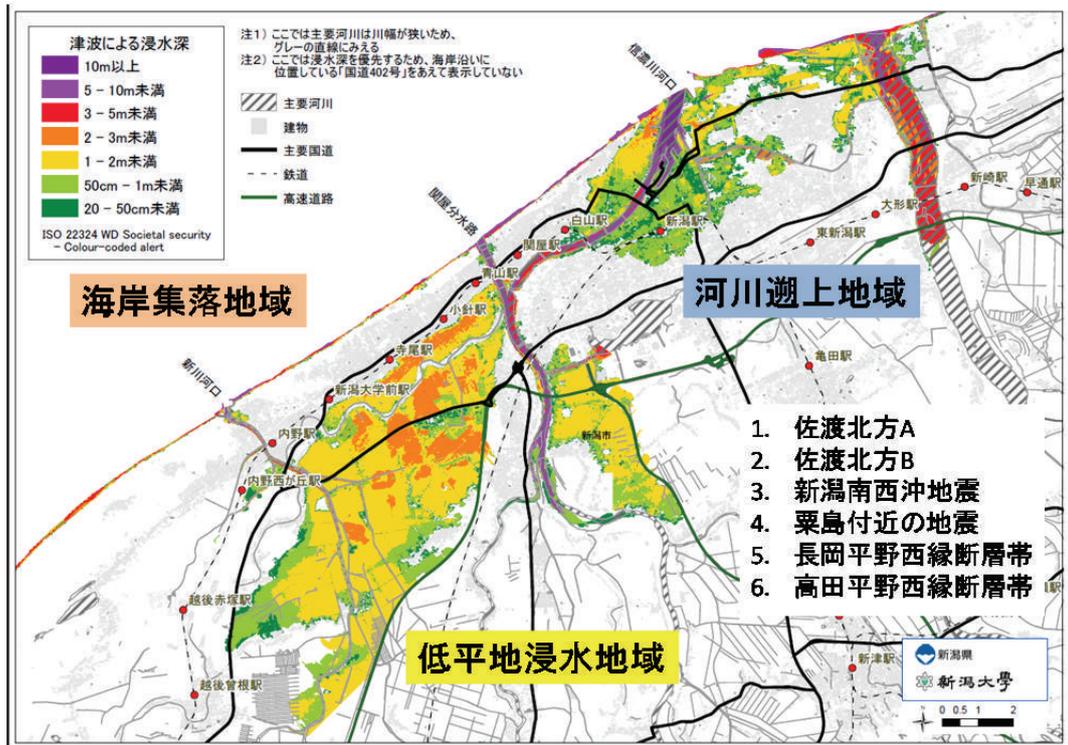


図 16 新潟市の津波浸水想定結果に基づく 3つのパターン

津波による3つの被害の特徴		
海岸集落地域	河川遡上地域	低平地浸水地域
<p>津波警報を待たずに 直ちに高台へ避難!</p>	<p>河川沿いから直ちに離れて! 高台や避難ビルに避難!</p>	<p>高台や避難ビルなど堅牢な建物 (コンクリート造)の高層階に直ちに避難!</p>
<p>津波の直撃を受ける海岸部周辺 平成23年東日本大震災 田老町漁業協同組合提供</p>	<p>信濃川を遡上する津波 昭和39年新潟地震 新潟地方気象台提供</p>	<p>津波による低平地浸水 平成23年東日本大震災 宮城県目録町</p>
<p>海岸近くでは津波の力が非常に強く、建物などの構造物を破壊する力を持ちます。海岸近くでは、たとえ土地が高くとも、津波が跳ね上がり、被害が出る可能性があります。またこの地域では、地震の発生から津波が来襲するまでに「時間的に猶予がない」場合も想定されます。津波の情報を待たずにすぐに高台へ避難しましょう。</p>	<p>津波は、海岸域で被害を発生させるだけでなく、川を駆け上りながら、河口から遠く離れた地域にまで甚大な被害を与えます。これが「津波の河川遡上(そじょう)」です。川沿いから1キロ離れた場所でも、河川遡上の影響を受けるおそれがあります。また、船・木材などの漂流物が逆流し、思わぬ破壊力を持つことがあります。</p>	<p>海岸から比較的離れた地域においても、河川遡上(そじょう)による津波の浸水が、広い地域で起こります。一度浸水すると、排水するのに時間がかかり、地域に浸水の状況が長く続くことが想定されます。避難が長期化することについてもそなえが必要です。</p>

図 17 新潟市における 3つの津波浸水想定パターンに基づく対応方策