

### 3. 1. 2 沿岸防災手法の工学的評価

#### 目 次

##### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
  - 1) 平成25年度
  - 2) 平成26年度
  - 3) 平成27年度
  - 4) 平成28年度
  - 5) 平成29年度
  - 6) 平成30年度
  - 7) 令和元年度
  - 8) 令和2年度
- (e) 平成30年度業務目的

##### (2) 平成30年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
  - 1) 日本海東縁部の津波波源による津波の伝播・氾濫特性
  - 2) 日本海沿岸域における津波被害特性
  - 3) 津波に対する海岸構造物・河川流の影響
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

##### (3) 令和元年度業務計画案

## (1) 業務の内容

### (a) 業務題目

#### 1.2 沿岸防災手法の工学的評価

### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学大学院工学系研究科	教授	佐藤慎司
	教授	田島芳満
	准教授	下園武範
	助教	山中悠資

### (c) 業務の目的

東北地方太平洋沖地震津波では東日本太平洋側を中心に壊滅的な被害が発生した。これを受けて、今後の津波対策としては、二段階の津波レベルを設定して、防災・減災の具体的な対策を進めることとなっている。すなわち、頻度の高い津波（レベル1津波）と最大クラスの津波（レベル2津波）を設定し、頻度の高い津波に対しては、海岸堤防などで陸地への浸水を防ぐことにより人命と資産を防護し、最大クラスの津波に対しては、避難手段の確保などにより人命を守るというものである。太平洋側沿岸では、プレートの動きにより百年程度の周期で繰り返し発生する地震による津波と、複数の地震の連動などにより発生する巨大津波が、プレート境界付近を中心に発生するため、二段階の津波レベルによる対策は津波の発生メカニズムと整合しており、社会的な認知も得やすい。しかしながら、日本海側沿岸では、地震の発生機構が異なるうえ、砂浜・砂丘によって特徴づけられる緩勾配海岸において、季節的に繰り返される高波の来襲や慢性的に海岸侵食の問題が深刻化しているという特徴を有しているため、これらの特徴を踏まえて最適な防災手法を検討する必要がある。

本サブテーマでは、日本海における地形・海象・津波の特徴に鑑み、地域の沿岸防災力と防災リテラシーの向上に資するため、工学的な観点から津波防災手法を評価することを目的とする。具体的には以下の4つの課題を8か年にわたって実施する。

- ・日本海側沿岸における海象特性と沿岸防災手法の調査
- ・津波による海岸堤防の性能と限界の調査
- ・沿岸低地における津波の氾濫予測
- ・日本海沿岸に適した津波防災手法の提案

### (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

#### 1) 平成25年度：日本海側沿岸における海象特性と沿岸防災手法の調査

日本海側の海岸の特徴を海岸防災の観点から整理し、単調な砂浜海岸が多く、太平洋側

に比較して、堤防・護岸の整備率はやや低いことを明らかにした。堤防の高さは、高波の打ち上げ高さで設計されており、日本海側では、津波より冬季季節風による高波に対する防護が構造物設計の基準となっていることが確かめられた。さらに、海岸堤防の津波被害軽減性能に関する予備実験を実施し、堤防の壊れにくさと越流する津波のエネルギー減殺がトレードオフの関係にあることを明らかにした。

#### 2) 平成26年度：津波による海岸堤防の性能と限界の調査

津波の堤防越流に伴う後背地のリスク評価を可能にするため、平成26年度に引き続いて越流時における堤防周辺の流体運動に関する水理模型実験を実施した。実験は、堤防法肩や法尻で局所的に発生する鉛直加速度による非静水圧が越流量に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実施した。実験および数値モデルによる検討の結果、津波高さが堤防高に対して相対的に大きい場合には、従来の方法では後背地への氾濫を危険側に評価することが示唆された。また、この効果は、堤防法面勾配が1/3を越えると急激に大きくなることが示され、一般的な堤防の法面勾配の範囲(1/2-1/3)では無視できないことが示された。

#### 3) 平成27年度：津波による海岸堤防の性能と限界の調査、沿岸低地における津波の氾濫予測

堤防によって防護された沿岸地域への津波氾濫予測の高精度化を目的として、津波が堤防を越流する際の水利特性を水理模型実験および数値流体モデルを用いて詳細に調べた。水理模型実験では勾配の異なる6通りの堤防模型に津波に見立てた段波を作用させて、各点での水位変動や越流量の計測を実施した。さらに、堤防周辺の詳細な流れ場の構造を明らかにするために、Navier-Stokes方程式に基づく数値計算モデルにより実験結果の再現を行った。得られた結果をもとに堤防の表法面および裏法面の勾配がどのように越流特性に影響するかを整理した上で、氾濫モデルにおいて広く使われている越流公式の改良を行った。新たな越流公式は堤防形状の効果が反映されるため、従来のものに比べて高精度な越流量評価が可能であることが実験結果との比較によって示された。

#### 4) 平成28年度：沿岸低地における津波の氾濫予測（北海道～東北日本）

これまでの堤防越流に関する基礎実験から得られた知見および既存の氾濫モデルをもとに、堤防を含む複雑な平面地形を伝播・遡上する津波を再現するモデルを構築し、平面造波水槽実験によりモデルの検証を行った。さらに、北海道～東北日本を対象に代表地域を選定して、波源の不確実性を考慮した上で氾濫計算を実施した。海岸構造物が破壊されない場合と破壊される場合の浸水範囲や浸水量を比較することにより、構造物の効能を定量的に評価した。

#### 5) 平成29年度：沿岸低地における津波の氾濫予測（北海道～東北日本）

平成28年度の業務に引き続き、対象地域を拡げて日本海沿岸域（北海道～東北日本）の津波伝播・氾濫計算による被災特性の分析を行った。また、氾濫モデルによる既存構造物の実用的な津波耐性評価を可能にするため、平面水槽内に構築した段波生成装置を用いた

実験を行い防波堤各部に作用する津波波力の特性を明らかにした。実験結果をもとに津波氾濫モデルによる水理量から防波堤各部に作用する波力の評価を可能にする評価手法を構築してその性能を検証した。

6) 平成30年度：沿岸低地における津波の氾濫予測（東北日本～西日本）

前年度の業務に引き続き、津波の伝播・氾濫計算による被災特性の分析を行った。東日本域及び西日本域における代表的な沿岸都市を複数対象とし、対象都市における個々の被害特性を推定するとともにそれらを各都市間で比較することで、津波被災特性における地域性を明らかにした。

7) 令和元年度：沿岸低地における津波の氾濫予測、日本海沿岸に適した津波防災手法の提案

日本海側に特徴的な海岸地形を選定し、大河川周辺の砂丘低平地を対象とした計算を分析する。

8) 令和2年度：日本海沿岸に適した津波防災手法の提案

これまでの検討結果を踏まえて日本海側の津波防災に最適な工学的防災手法の枠組みを提案する。

(e) 平成30年度業務目的

東日本域及び西日本域における代表的な沿岸都市を対象に津波伝播・氾濫計算を実施することにより、想定波源による津波被害特性を明らかにする。各都市における被害特性の推定を行いながら各都市間におけるその比較を行い、日本海沿岸域において共通する被災特性や脆弱域を抽出するとともに、海岸構造物や河川流が津波氾濫に及ぼす影響について分析する。

**(2) 平成30年度の成果**

(a) 業務の要約

日本海沿岸域(東日本～西日本)において、津波伝播・氾濫計算による被災特性の分析を行った。その結果、東日本域と西日本域においては津波氾濫の拡大過程が異なる場合があること、西日本域においては日本海東縁部で発生した津波によって想定最大クラスの浸水に匹敵する浸水が発生する可能性があることがわかった。また、湾水振動による沿岸域の津波増幅が、日本海東縁部の津波を西日本沿岸域で増幅させ、浸水を拡大させる場合があることがわかった。さらに、東日本沿岸域においては平成28・29年度の山形県酒田市及び新潟県新潟市のケーススタディで見られたように、港湾や河口域を介して津波浸水が拡大する傾向があり、西日本沿岸域においても同様の傾向があることが確認された。その一方で、港湾施設や河川流が津波氾濫被害の増減に有意に影響することが示唆された。

(b) 業務の成果

日本海東縁部に面する東北の沿岸地域は、他の日本海沿岸域よりも比較的大きな地震が

その沖合で想定されているため、津波浸水被害が大きくなることが危惧される。平成 28・29 年度での業務では、日本海東縁部の津波波源に近接した沿岸低平地を有する山形県酒田市や新潟県新潟市を対象としたケーススタディを実施した。それらの成果から、想定規模の津波に対しては海岸砂丘がその背後域への津波浸水を防ぐことができること、砂丘の切れ目となる河口や港湾及びその後背地が津波浸水に対して脆弱であることを明らかにした。また、河口導流堤や港湾防波堤といった海岸構造物によって津波被害を有意に低減することができることを明らかにした。一方で、日本海東縁部の津波波源は、日本海西部域に対しても大きな浸水被害をもたらすことが危惧されている。実際に、過去に発生した 1993 年北海道南西沖地震津波や 1983 年日本海中部地震津波、1833 年山形沖地震津波においては、それらが日本海西部域に來襲したことが知られている。特に 1833 年山形沖地震津波では、鳥取県や島根県沿岸域において氾濫被害が発生した可能性が指摘されている。平成 30 年度の業務では、日本海東縁部における津波波源を対象とし、それが東日本域及び西日本域に与える影響を分析した。また前年度までに得られた成果を踏まえながら、日本海沿岸域に共通した被害特性を明らかにするとともに、脆弱域における津波氾濫と海岸構造物・河川流の影響の分析を行った。以下では上述の研究項目を、1) 日本海東縁部の津波波源による津波の伝播・氾濫特性、2) 日本海沿岸域における津波被害特性、3) 津波に対する海岸構造物・河川の影響のように分類し、業務の成果を詳述する。

#### 1) 日本海東縁部の津波波源による津波の伝播・氾濫特性

平成 28・29 年度の業務においては、本業務で開発した高速津波計算システム<sup>1)</sup>を用いて酒田市及び新潟市に最も影響が大きい津波波源を特定し、それらはいずれも日本海東縁部で想定されている波源であることがわかった。これを踏まえて、それらの波源による両都市の浸水被害を推定した。一方国土交通省<sup>2)</sup>による計算結果によれば、日本海東縁部の波源は東日本域に大きく影響することに加え、西日本山陰地方(鳥取県・島根県)沿岸域においてもその影響が大きくなる傾向がある。実際に、1833 年山形沖地震津波は鳥取県・島根県に位置する美保湾内で遡上高 2.4 m を形成する津波を引き起こし<sup>3)</sup>、またそれが遡上域で津波堆積物を形成した可能性が報告されている<sup>4)</sup>。

日本海東縁部で発生した津波が山陰地方沿岸域で増幅するメカニズムを分析するために、前述の美保湾(図 1)を対象とした分析を行った。美保湾内には米子市及び境港市の市街地があり、津波氾濫により大きな被害が発生することが危惧される。まず、計算波形に基づく詳細な分析を行うことを念頭に置き、国土交通省が提案した 60 個の断層モデル(図 1)を用いた津波の伝播計算を、波の分散性を考慮した線形ブシネスク方程式に基づき行った。なお断層推定の不確実性を考慮して、断層のすべり量を増大させた津波波源を用いた計算を行った。図 2 に各津波によって発生した湾内の最大水位を示す。F55 津波は鳥取県沖でその波源が想定されており、全 60 の波源のうち美保湾に最も近接した波源であるため、影響が最も大きくなったことが推察される。一方で、日本海東縁部で想定された波源による津波の湾内最大水位も、国土交通省の報告と整合して大きくなった。その詳細を分析するため、湾内において影響が大きかった代表的な津波の時間波形を図 3 に示す。F55 津波は地震発生後 60 分以内に美保湾内の水位を有意に変動させるのに対し、日本海東縁部の波源による津波は地震発生から 120 分程度の時間をかけて第一波目が到達する。さらに、

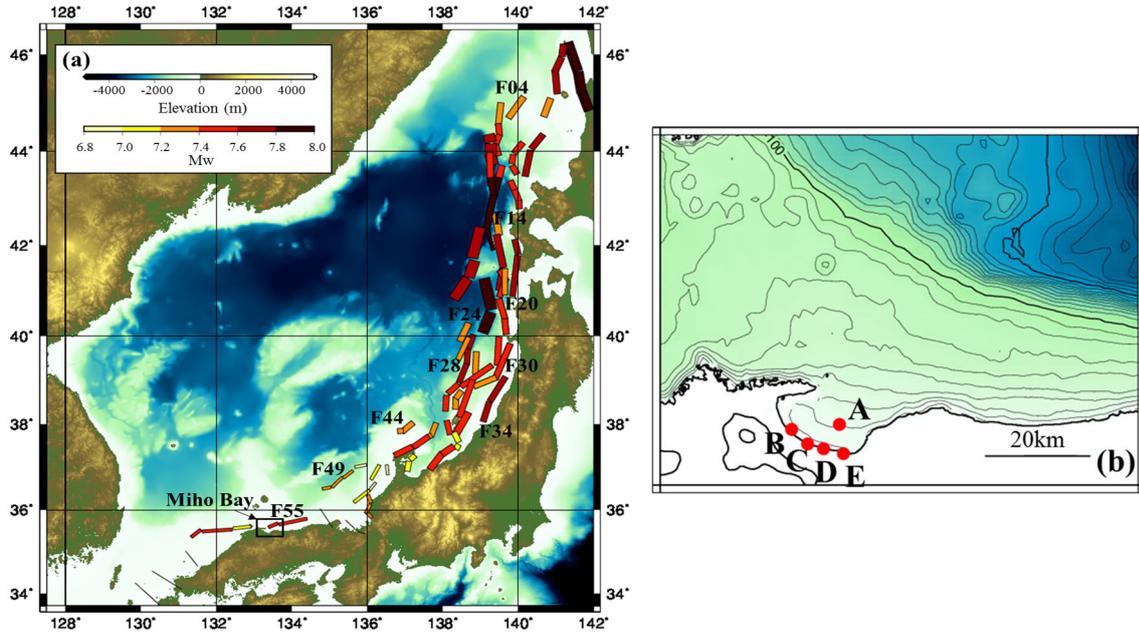


図1 (a) 国土交通省による断層モデルと美保湾; (b) 美保湾の地形と水位参照点

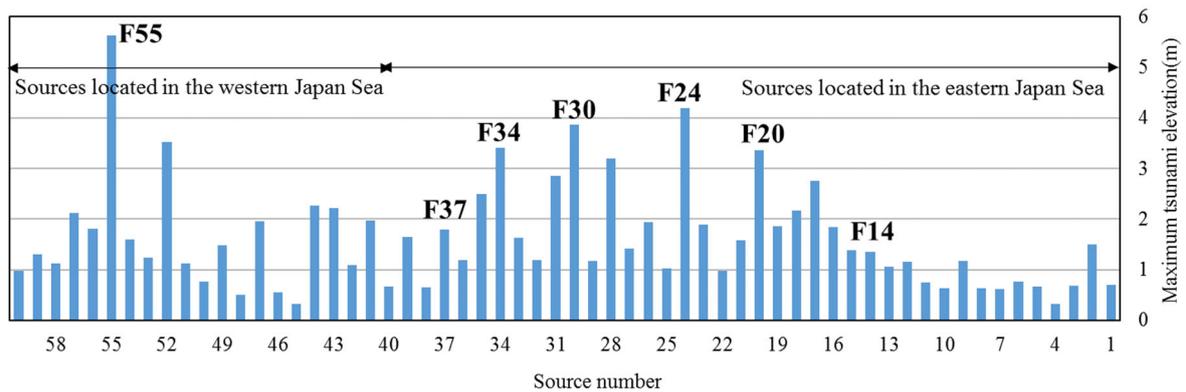


図2 美保湾内において発生した各想定津波による最大水位

第一波目よりも第二波目以降の後続波の影響が卓越的であり、後続波が周期的に変動・発達している様子も見られる。湾水振動の形成・発達がこの水位変動特性に関与している可能性が考えられることから、メリアン式に基づき美保湾における一次・二次・三次の湾軸方向及び湾の横断方向の固有周期を推定すると、それぞれ 48 分・16 分・10 分、48 分・24 分・16 分となった。さらに、短時間フーリエ変換を用いた分析により、湾の固有周期と一致する 13~16 分の周期帯の振幅がいずれの代表津波においても比較的大きくなっており、特に F24 津波においてはそれが卓越していたことがわかった。そこで、F24 津波の後続波において 16 分の周期の波の振幅分布とその位相を推定すると、推定振動モードと整合する湾軸方向の二次振動モード、湾の横断方向の三次振動モードが見られた。このことから、湾水振動の励起とともに複数の振動モードが重合することにより湾内で複雑な水位変動場を形成し、水位を局所的に増大させていたことが示唆された(図 4)。

上述の分析に加えて、これまでに開発した高速津波計算システムのデータベースを用いた分析を実施した。北海道沖～東・中日本沖にガウス分布の形状を持つ単位波源をその位

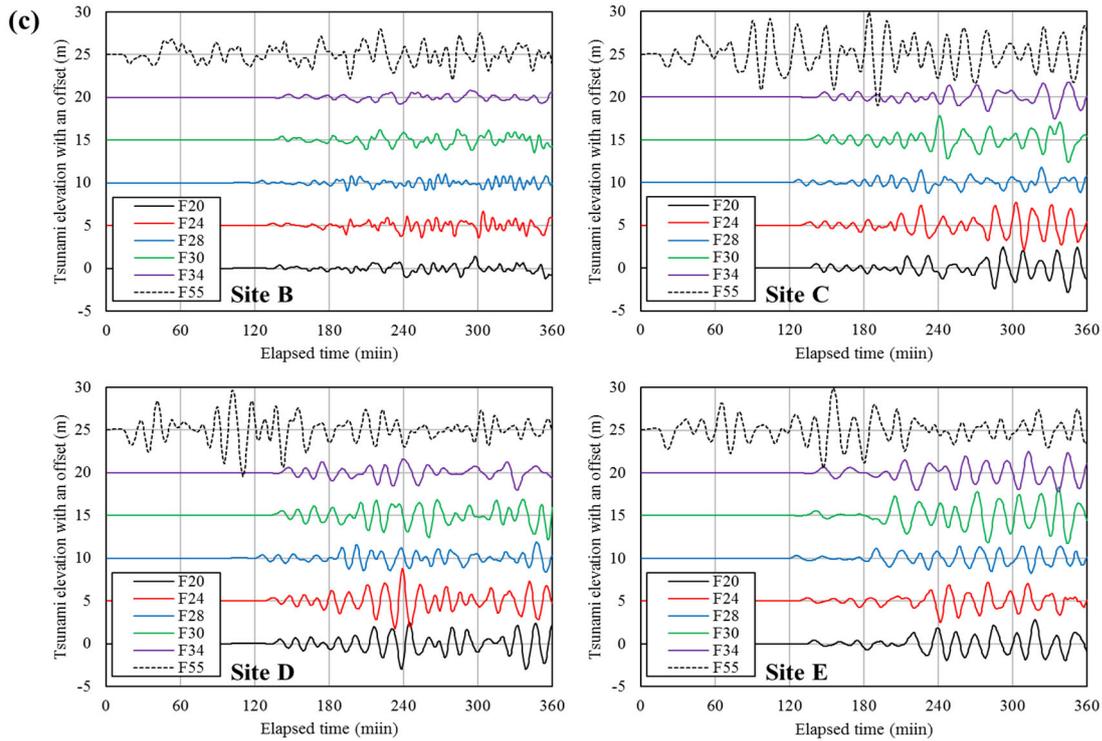


図 3 美保湾に対する影響が大きい代表的な津波の時間波形

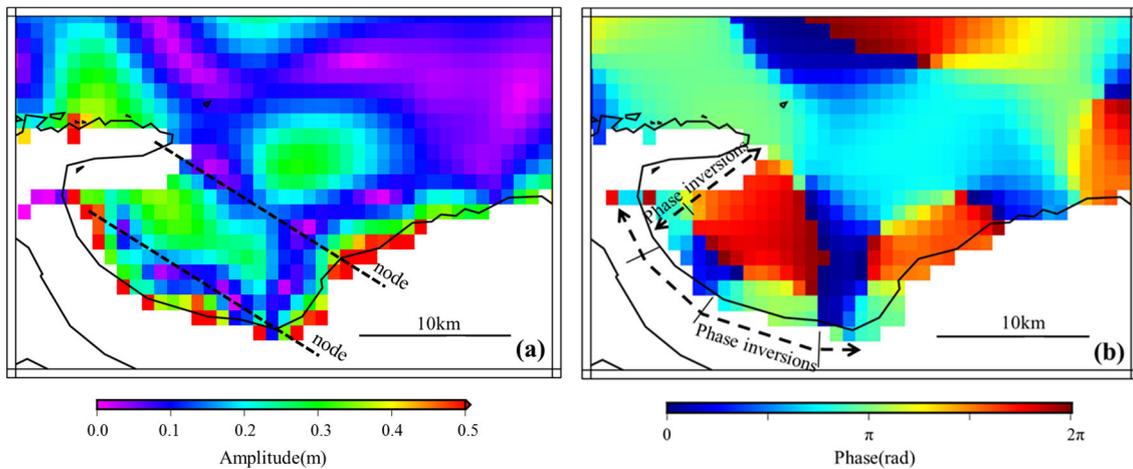


図 4 F24 津波の後続波(200-264 分)における周期 16 分の振幅(a)及び位相(b)

置を変えながら仮定し、その伝播計算結果を波形データとしてデータベースに格納している。その波形に対して、上述の分析で推定された美保湾内で卓越する周期成分の位相を推定し、それをマッピングすることによって波源特性と湾水振動の関係を俯瞰した。図 5 に美保湾に対する位相特性を示す。図中には代表的な断層の形状も併せて示しており、位相特性図に対して投影された断層が同色系の領域に位置するほど、湾内でその周期成分を持った振動が増大しやすくなることを示す。例えば南北に 4 つの断層が連なる F20 断層は、周期 15.0、14.2、13.1 分の位相特性図上ではいずれの断層も同色系の領域に位置していることがわかり、各断層によって形成されるそれらの周期成分を持った振動は、湾内において同位相で重合することが予察できる。また F24 断層は美保湾の固有周期と対応する周期

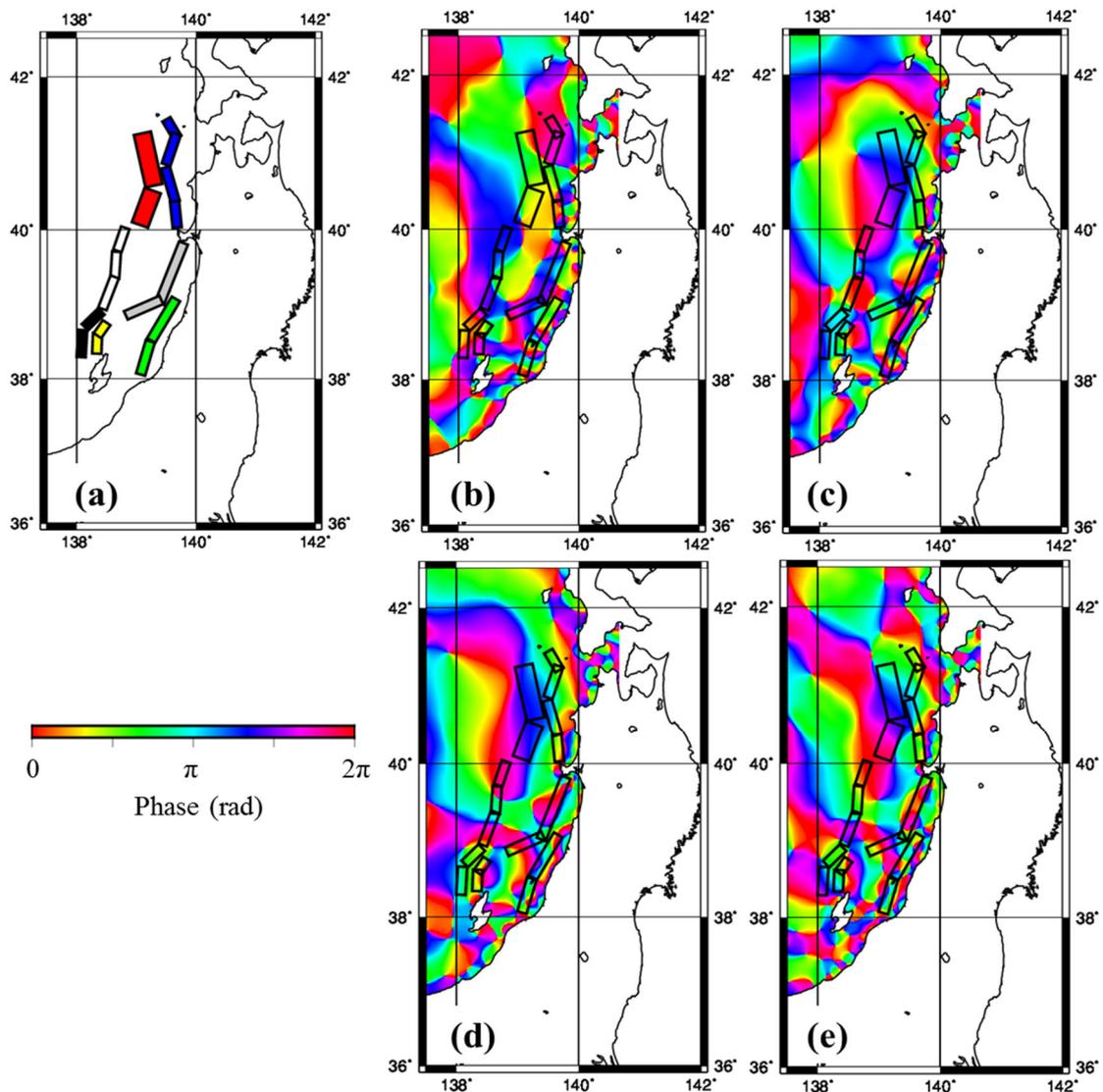


図5 美保湾(site A : 図1)に対する位相特性図 ; (a)代表的な日本海東縁部の断層(青 : F20、赤 : F24、白 : F28、灰 : F30、緑 : F34、黄 : F36、黒 : F37) ; (b)周期 16.0 分の位相特性 ; (c)周期 15.0 分の位相特性 ; (d)周期 14.2 分の位相特性 ; (e)周期 13.1 分の位相特性

16 分の位相特性図上で同色系の領域にあり、またその面積及びすべり量が大きかったために同位相かつ大きな振幅を持つ周期 16 分の波が形成されたことで、美保湾内で卓越的なその水位変動が生じたことがわかった。

## 2) 日本海沿岸域における津波被害特性

ここでは、日本海沿岸地域における代表都市においてそれぞれに影響が大きい代表的な波源を取り上げながらそれによる浸水被害を推定し、各地域における被害特性の普遍性や特異性について分析を行う。前述した成果によって、西日本沿岸域においては日本海東縁部から来襲するような津波によっても浸水被害が拡大する可能性があることがわかったため、それを考慮しながら浸水被害を予測する必要がある。平成 28・29 年度から対象としている酒田市・新潟市に加え、美保湾(境港市・米子市)・若狭湾(敦賀市)・石川県沿岸域(金

沢市)などを対象都市としながらそれぞれの被害予測を行う。なお各都市間で推定被害を比較することを念頭に置き、計算手法を統一して各都市における被害を推定した。

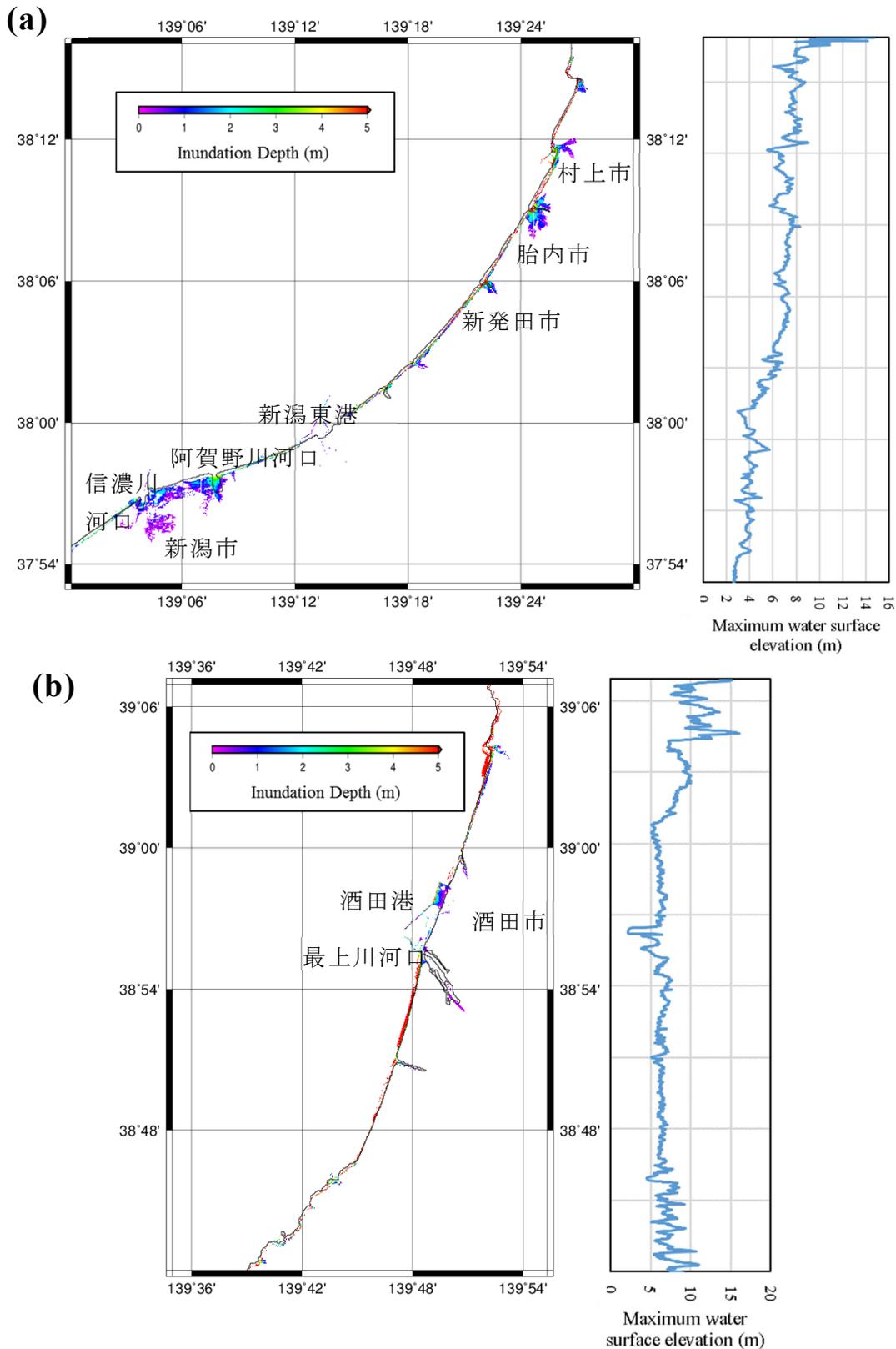


図 6 東日本域における浸水予測 ;(a) F34 津波による新潟県内における浸水深と汀線上の津波高 ; (b) F28 津波による山形県酒田市における浸水深と汀線上の津波高

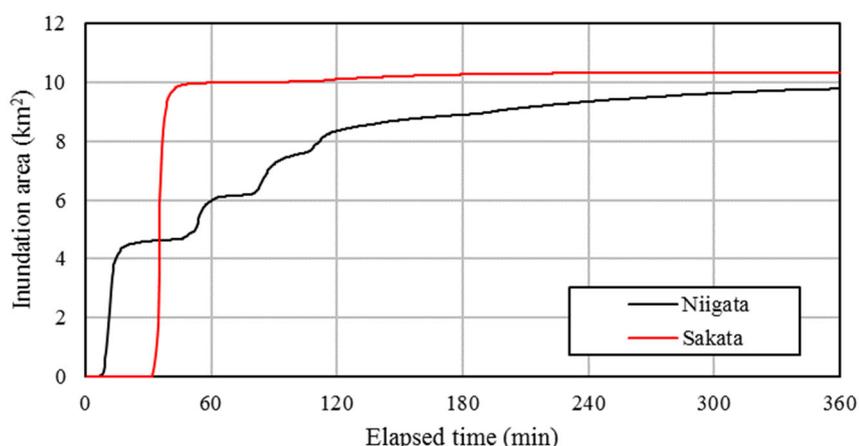


図 7 新潟市(F34 津波)及び酒田市(F28 津波)における浸水域の拡大過程

まず新潟市・酒田市を含めた東日本域における浸水被害推定結果を図 6、図 7 に示す。前年度の成果においても記述したように、新潟市沿岸部は阿賀野川および信濃川の最下流域に位置しており、二つの河川に囲まれたゼロメートル地帯を含む低平地に市街地が広がっている。その低平地には図 6 に示すように有意に浸水が広がる一方で、その他の海岸においては最大水位が 5~10 m 程度に達したにも関わらず浸水が抑制されている。これは海岸沿いに発達した標高 10 m 級の沿岸砂丘の効果である。さらに、新発田市や胎内市、村上市においても標高が低い河口域から浸水が拡大することや、その他の海岸背後域の標高が高い地域においては浸水被害が小さいことが確認され、新潟市での被害の特徴と同様の傾向が認められた。さらに新潟東港では比較的標高が低いにもかかわらず、大きな浸水被害は見られなかった。これは山形県酒田市の酒田港においても同様であった(図 6)。両者は大規模な港湾の外郭施設(防波堤)が沖合に建設されている点において共通しており、防波堤による津波の遮蔽がその背後域の浸水を抑制したことが推察される。また浸水は津波の第一波目かつ地震発生後一時間以内に有意に拡大したことがわかる(図 7)。これは各都市に比較的近接した沖合で波源が想定されていることによる。したがって、東日本域のこれらの都市においては津波のリードタイムが比較的短く、迅速に避難行動を完了させることが非常に重要である。

西日本域における被害予測を図 8、図 9、図 10 に示す。高速津波計算システムを用いた予備的な分析によって、日本海東縁部で想定されている波源の中ではいずれの都市においても F24 津波が比較的影響が大きかったため、F24 津波及びそれぞれの都市の近接海域で想定されている津波を対象として氾濫被害を推定した。図 8 に示す美保湾の浸水予測では、F55 津波によって湾内の広範囲で浸水被害が発生し、特に境港市における浸水高が最大 3 m 程度となった。一方、F24 津波によっても F55 津波による浸水域に準じる大きな浸水域が発生していることがわかる。図中の F24 津波による浸水の拡大過程によれば、F55 津波は東日本域の事例と同様に第一波目の津波による浸水の影響が大きく、地震発生後一時間程度で概ね浸水の拡大が収束していることがわかる。これに対して F24 津波では、第一波目よりも後続波の影響によって浸水が拡大しており、これは前項で述べたように湾水振動の励起による湾内水位の上昇に起因していることが考えられる。次に図 9 に示す若狭湾内

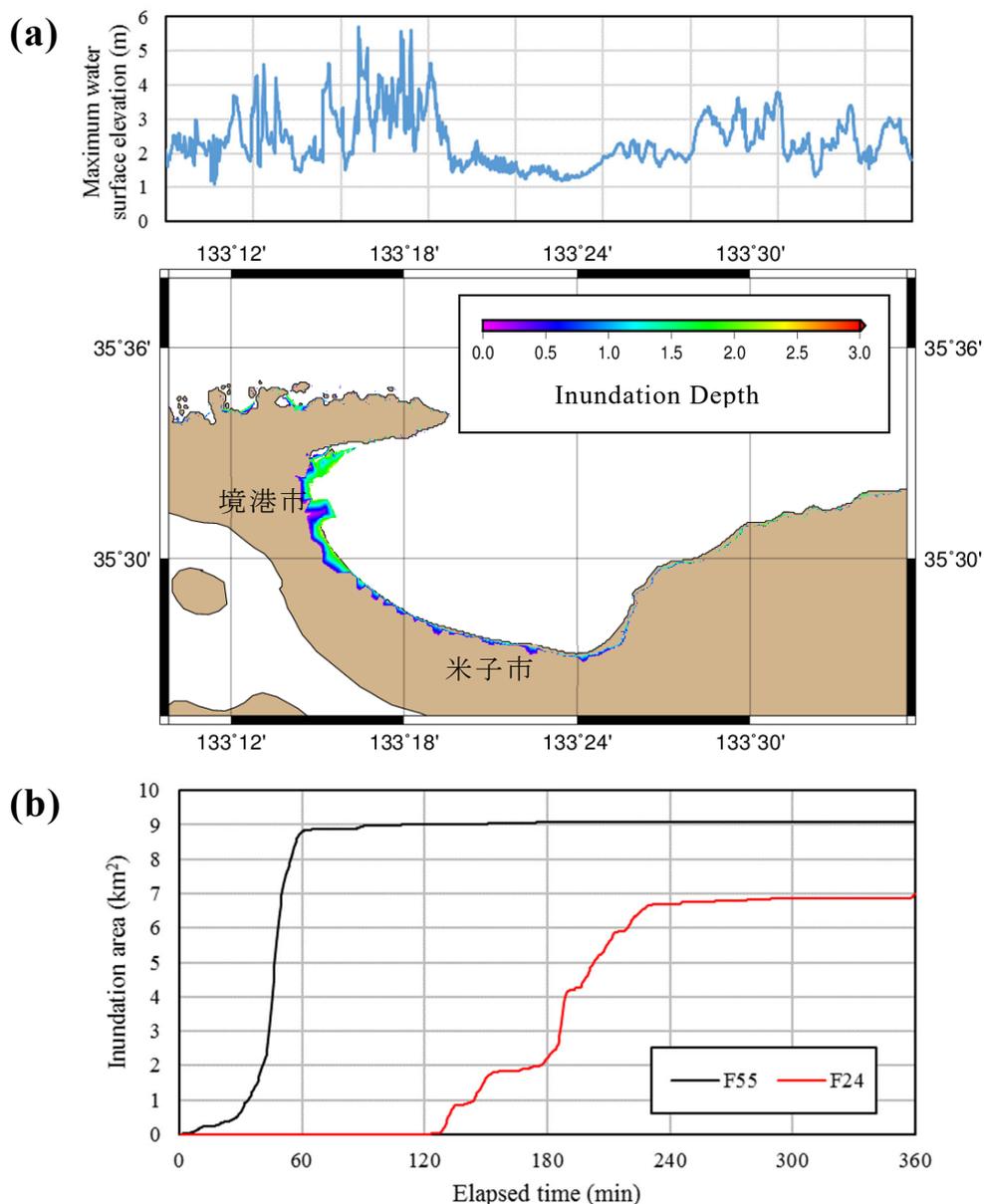


図 8 美保湾における浸水予測；(a) F55 津波による浸水深と汀線上の津波高；(b) F55 津波及び F24 津波による美保湾内の浸水域の拡大過程

における F49 津波による浸水予測では、湾内では局所的に最大水位が 10 m 程度かそれ以上となったのに対し、浸水被害は小さく、ほとんどそれが拡大していないことがわかる。また F24 津波によっても大きな浸水は発生しなかった。若狭湾では湾内でリアス式海岸が発達しており、それにより空間スケールが小さい湾が複数点在している。津波のエネルギーが集中しやすい岬は海食崖であるため、浸水可能な低平地域は極めて小さい。さらに若狭湾における沿岸低平地のほとんどはそれら小湾の最奥部に位置しており、それらの湾口幅は比較的狭くなっていることから、津波のエネルギーが流入しにくい地形であると言える。したがって、若狭湾ではその複雑な地形により津波のエネルギーの大部分は湾の最奥部まで達せず、大規模な浸水が発生しにくい地形であると考えられる。さらに、図 10 に示す F49 津波による石川県沿岸域における浸水予測では、汀線上の最大水位は概ね 3 m 程度であり、多くの海岸背後域ではそれを越える標高となっているため、浸水域は著しく制

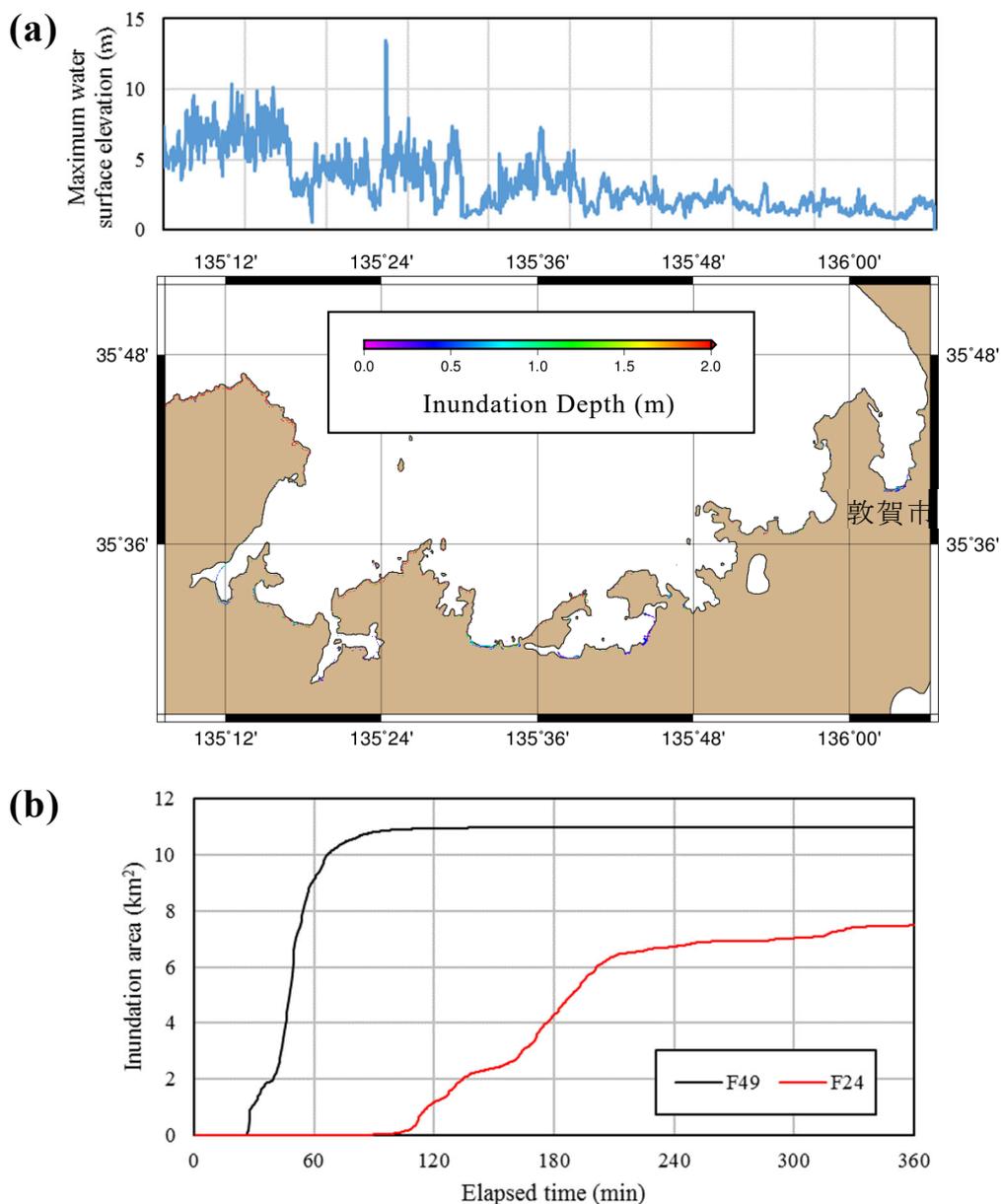


図 9 若狭湾における浸水予測。(a) F49 津波による浸水深と汀線上の津波高；(b) F49 津波及び F24 津波による若狭湾内の浸水域の拡大過程

限されている。また若狭湾の事例と同様に F24 津波による浸水もそれほど大きくはならなかった。金沢市や能美市、小松市においては沿岸域に置いて比較的標高が低い脆弱部が見受けられるが、いずれにおいても浸水域は大きくない。この要因として、海岸沿いに整備された北陸自動車道による地盤高の嵩上げに伴う脆弱域の縮小や港湾の外郭施設による津波の遮蔽効果などが考えられる。

以上のように、日本海沿岸域における代表都市においてケーススタディを行ったことで、(1) 東日本域と西日本域の沿岸都市においては浸水拡大の時間スケールが異なる場合があること、(2) いずれの都市においても津波に対して特定の脆弱域が存在し、同域から浸水が拡大すること、(3) 自然地形や既存構造物によって津波浸水被害が有意に低減され得ることが明らかとなった。西日本域においては大規模な津波を発生させる断層が日本海東縁

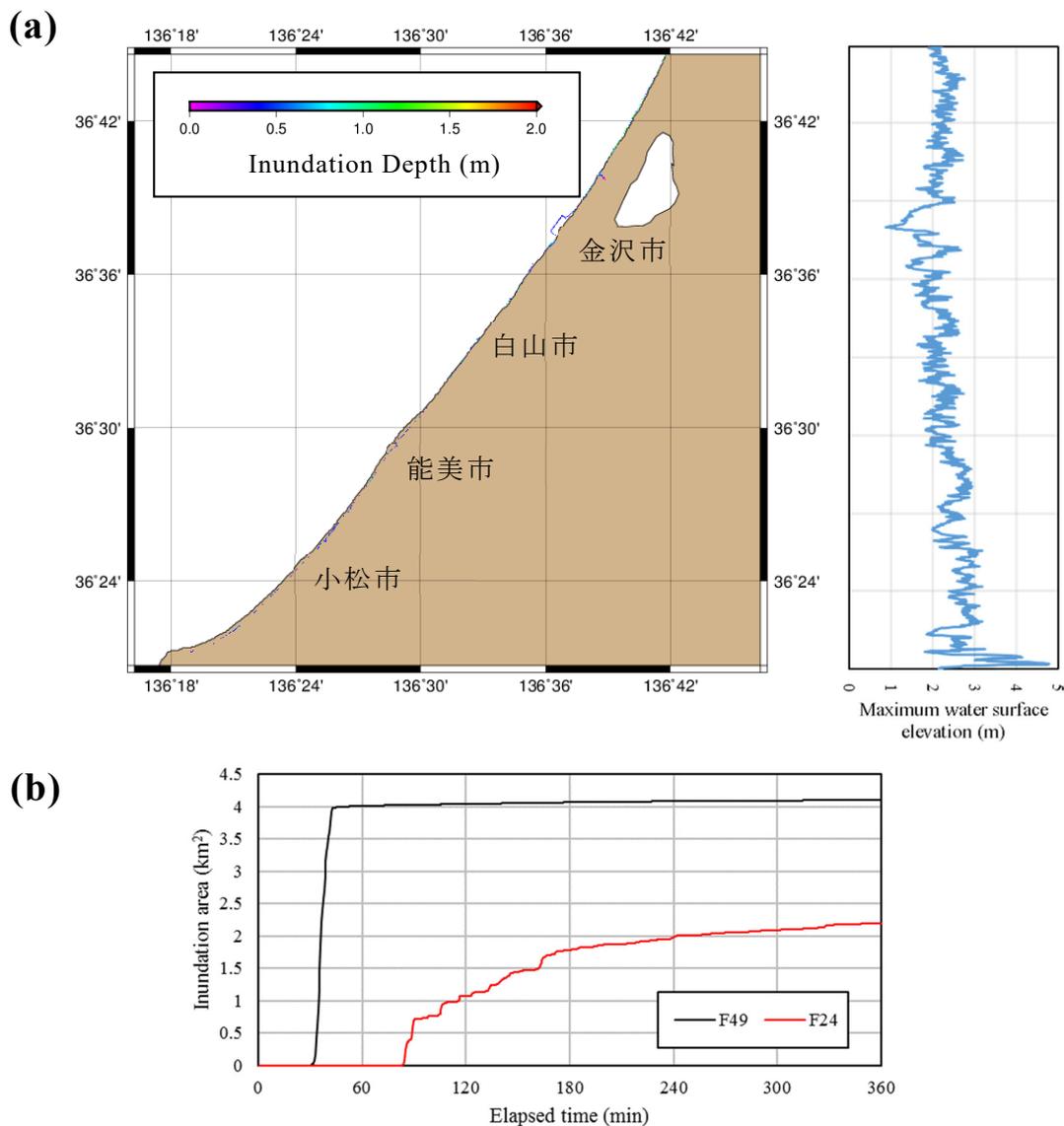


図 10 石川県沿岸域における浸水予測。(a) F49 津波による浸水深と汀線上の津波高；(b) F49 津波及び F24 津波による石川県沿岸域の浸水域の拡大過程

部よりは少ないが、本成果で示したように日本海東縁部で発生した津波が沿岸部固有振動(湾水振動)によって増幅する可能性がある。したがって、西日本沿岸域においてはその冲合で発生する大規模津波と日本海東縁部で発生する大規模津波の両方に備える必要がある。また若狭湾や石川県沿岸域においては沿岸部固有振動による顕著な水位増大は見られなかったものの、美保湾の事例と同様に日本海東縁部の津波が来襲する際にはそのリードタイムが長く、時間をかけて浸水域が拡大する傾向がある。したがって、西日本域においては津波のリードタイムが短い場合と長い場合があり、それぞれに応じた対策が必要であることがわかった。

### 3) 津波に対する海岸構造物・河川流の影響

前項で述べたように、日本海沿岸域では標高が想定津波高よりも高い地域が多く、特定の地域に浸水被害が集中する脆弱域が存在するため、そのような脆弱域において効果的な

対策を施すことにより、各都市における浸水被害を大幅に低減させることができる。前項までに述べた成果及び前年度までの成果により、港湾や河口域が津波に対して脆弱域となり得ることが明らかとなった一方で、港湾域ではその構造物が津波に対して有効に機能することで浸水被害を低減させられることがわかった。新潟市や酒田市を対象としたケーススタディにおいては、港湾の外郭施設が津波被害低減に有効であったことが示されている。したがって、既存海岸構造物に津波に対する耐久性を付与することによって、その背後域の津波被害を大幅に低減させることができる可能性があることがわかった。一方、河口から浸入する津波に対しては、河川流が津波伝播・氾濫に及ぼす影響を分析する必要がある。河口から津波が浸入、河道を伝播・遡上し、河川堤防を越流及びその破堤により内陸で津波が氾濫した事例が 2011 年の東北津波においても見られた<sup>5)</sup>。特に日本海に接続される河川は融雪出水の影響を受け、河川流量が季節的に大きく変化する。したがって、その季節性を考慮しながら河川流が津波氾濫に及ぼす影響を分析する必要がある。そこで、平成 28 年度から継続して対象としている新潟県新潟市沿岸域に流下する信濃川・阿賀野川を対象としたケーススタディを実施し、その影響を分析した。図 11、図 12 は両河川流量を考慮しない場合と、平常出水に相当する流量を与えることにより河川流の影響を考慮した場合における、津波による河道内の最大水位を示している。図 11、図 12 より、河川流量を考慮する場合の方が河川流による水位に津波による水位上昇が加わることで最大水位が

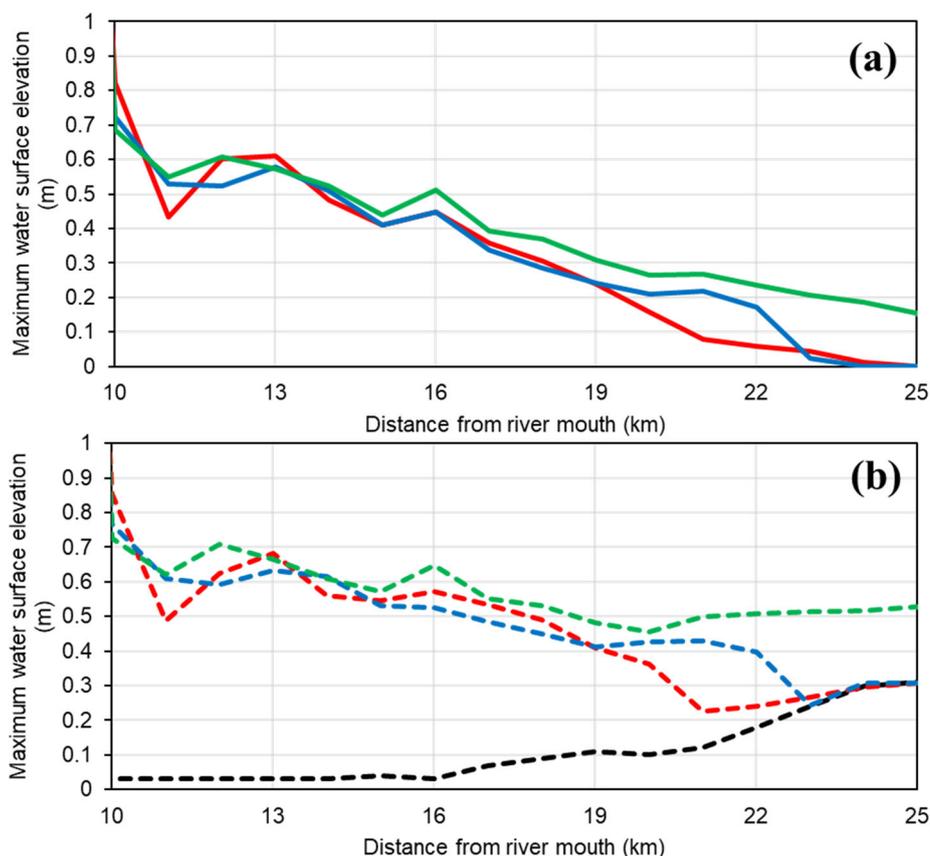


図 11 信濃川河道内の最大水位分布(赤：F34 津波、青 F35 津波、緑：F38 津波)；  
(a) 河川流を考慮しない場合(初期水位は 0 m)；(b) 河川流を考慮した場合(津波来襲前の水位は黒線)

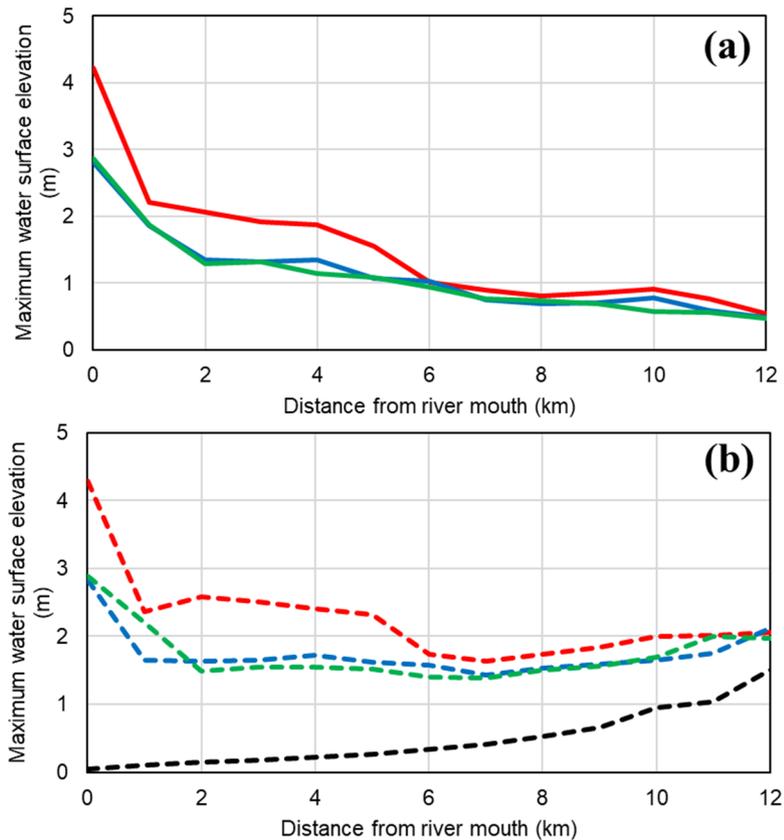


図 12 阿賀野川河道内の最大水位分布(赤：F34 津波、青 F35 津波、緑：F38 津波)；  
 (a) 河川流を考慮しない場合(初期水位は 0 m)；(b) 河川流を考慮した場合(津波来襲前の水位は黒線)

大きくなることわかる。また、最大水位と河川流による水位の差から津波による正味の水位上昇量を推定すると、河川流を考慮しない場合に発生する水位上昇量よりも大きくなる場合があることがわかった。津波による正味の水位上昇量が増加すると、河川堤防を津波が越流するリスクが高まり、浸水被害が拡大することが危惧される。そこで、河川堤防の非破堤を仮定し、さらに河川流量を変化させながらパラメータスタディを実施すると、融雪出水時に相当する流量を仮定したときには平常出水時よりも浸水域が大きくなった。したがって、本成果は河川流量の季節性を考慮しながら津波浸水被害を推定する必要があることを示しており、浸水被害や脆弱域、河川堤防の要求性能などが河川流を考慮することによりどのように変化するかを、さらに定量的に分析する必要がある。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成 30 年度の業務では日本海沿岸域における代表都市における津波被災特性の分析を行った。日本海東縁部で想定される大規模地震津波は西日本域にも大きな影響を及ぼす場合があり、またそれによる浸水は比較的長い時間をかけて拡大していき、東日本域の浸水過程とは異なる場合があることがわかった。したがって、浸水拡大の時間軸を踏まえながら被害軽減策を講じていくことが重要である。また複数の都市を対象としたケーススタディにより、津波浸水域は各都市における脆弱域から拡大すること、海岸構造物が津波被害軽減に有効であること、河川流量の季節変動が浸水被害推定に有意に影響する可能性があ

ることが日本海沿岸域における共通の被害特性として明らかとなった。今後の課題として、前年度に開発した津波耐性評価手法を用いながら、既存構造物の耐性評価やそれを強化した際に期待される津波被害評価、津波被害評価に河川流が与える影響の詳細分析が挙げられる。

(d) 引用文献

- 1) 山中悠資, 佐藤慎司, 田島芳満, 下園武範, 佐貫宏: 線形ブシネスク理論に基づく高速津波計算システムの構築, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 70(2), pp.206-210, 2014.
- 2) 国土交通省: 日本海における大規模地震に関する調査検討会, 2014.  
[http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/daikibojishinchousa/](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/)
- 3) 都司嘉宣, 今井健太郎, 岩瀬浩之, 森谷拓実, 松岡祐也, 佐藤雅美, 芳賀弥生, 今村文彦: 天保四年(1833)出羽沖地震津波の隠岐諸島, および島根半島での津波高, 津波工学研究報告, Vol 33, 333-356, 2017.
- 4) 西口幹人, 佐藤慎司, 山中悠資, 竹森涼: 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70(2), 291-295, 2014.
- 5) 木村雄貴, 下園武範, 佐藤慎司: 高解像度津波氾濫モデルに基づく海岸堤防の越流・破堤による後背地の影響評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71(2), 289-294, 2015.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Y. Yamanaka, S. Sato, T. Shimozono, and Y. Tajima	A numerical study on nearshore behavior of Japan Sea tsunamis using Green's functions for Gaussian sources based on linear Boussinesq theory (論文発表)	Coastal Engineering Journal	平成 31 年 2 月
山中悠資, 佐藤慎司, 下園武範, 田島芳満	線形ブシネスク理論に基づく日本海津波の美保湾に対する伝播特性の分析 (口頭発表)	第 65 回海岸工学講演会 (鳥取市)	平成 30 年 11 月
森岡純平, 下園武範, 門安曇, 不動雅之, 田島芳満	津波越流時に防波堤各部に作用する波力特性に関する実験的研究 (論文発表)	土木学会論文集 B2 (海岸工学)	平成 30 年 11 月

森岡純平, 下園 武範, 門安曇, 不動雅之, 田島 芳満	津波越流時に防波堤各部に 作用する波力特性に関する 実験的研究 (口頭発表)	第 65 回海岸工学講演会 (鳥取市)	平成 30 年 11 月
Y. Yamanaka, S. Sato, T. Shimozono, and Y. Tajima	Application of a fast tsunami simulation system to Japan Sea tsunami (ポスター発表)	15th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society (ホノルル)	平成 30 年 6 月

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 令和元年度業務計画案

平成 30 年度までの成果により、想定津波による沿岸各地の被害特性が明らかとなってきたことから、令和元年度では各都市における脆弱域に着目して、海岸構造物の耐久性や河川流の季節性を考慮しながら浸水計算を行い、被害予測の精緻化及び被害軽減策の検討に取り組む。具体的には下記の 2 項目について着目し、想定地震津波と既往地震津波を取り上げながら複数の沿岸都市においてケーススタディを実施することにより、浸水被害と海岸構造物及び河川流の関係の精査及び定量的評価を実施すること、さらにその地域性を明らかにすることを令和元年度の業務目標とする。

1) 各沿岸域に影響が大きい津波波源に基づき、代表都市における津波の浸水予測を海岸構造物の破壊・非破壊を考慮しながら行う。この際、破壊基準は平成 29 年度の業務成果として得られた津波による構造物の安定性評価手法を用いることで、より現実に即した被害予測を行う。

2) 河川流の季節性が津波浸水予測に及ぼす影響を定量的に評価する。平成 30 年度に新潟県信濃川・阿賀野川に対して実施したパラメータスタディを継続するとともに、河川規模が異なる他河川に対しても同様の分析を実施し、定量的なデータを蓄積とともにその影響を明らかにする。

