

## 《津波シミュレーションを用いた災害に強い漁業地域づくり》

Using Tsunami Simulation to Improve Disaster Prevention in Fishery Regions

業務名	沿岸部と背後域の連携による総合的な津波災害軽減方策検討調査(17-9460)
委託者	水産庁漁港漁場整備部
担当者	伊藤敏郎,(大塚浩二),水谷 将,佐藤勝弘

We have received a commission from the Fisheries Agency with a need of disaster prevention measures against earthquake and tsunami for background in fishery areas located far and wide in coastal regions over the country including off the coast of Miyagi Prefecture, Tokai area, Tonankai area and Nankai area where a large-scale earthquake are anticipated to occur in the future, and conducted a study on countermeasures against earthquake and tsunami disasters based on the characteristics of fishery areas. We thus have created a guideline for constructing anti-disaster fishery areas. The following introduces an outline of the guideline focusing on cases to which tsunami simulation has been adopted.

*Key words: Fishery region, disaster prevention, tsunami, simulation*

### 1. 調査の目的

我が国の周辺には多くの海溝型巨大地震等の震源域が分布し、過去に多くの地震・津波の被害を受けてきた。特に、沿岸域に立地する漁業地域は地震や津波の影響を受けやすい条件下にある。近年発生した北海道南西沖地震・津波(平成5年7月)、兵庫県南部地震(平成7年1月)、スマトラ島沖地震・津波(平成16年12月)、福岡県西方沖地震(平成17年3月)等の被害実態から漁業地域の防災対策に多くの教訓を得た。特に、平成16年12月26日に発生したスマトラ島沖地震津波では、インド洋沿岸各国で多大なる被害が生じ20万人を越える人命が失われたと報じられる等、津波被害の恐ろしさが改めて認識される事態となった。我が国においても、大規模地震の発生の恐れがある宮城県沖や東海・東南海・南海地域をはじめ、全国沿岸域に立地する漁業地域では地震・津波に対する防災対策が求められている。

このような中、水産庁では漁業地域における津波等の対策の強化を図るため、漁業従事者や一般市民の安全確保、災害時の水産物流通の確保及び漁村の総合的な防災強化対策についてハード・ソフト一体となった検討を行い、その結果を平成18年3月に「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」としてとりまとめた。

本報告では、災害に強い漁業地域づくりに津波シミュレーションを用いた事例を中心に「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」(以下、ガイドライン)の概要について紹介する。

### 2. 地震・津波災害の実態

#### 2.1 主な地震・津波災害調査の内容と方法

我が国における主な地震・津波災害(明治以降)は全国の沿岸域に分布し、漁業地域が幾多の災害を被ったことを示している(図-1)。今後30年以内に地震が発生する確率は太平洋全域および東北・北海道地域で高く、特に宮城県沖地震(99%)、東海地震(84%)、東南海地震(60%)、南海地震(50%)の各地震の切迫度は極めて高い(図-2)。

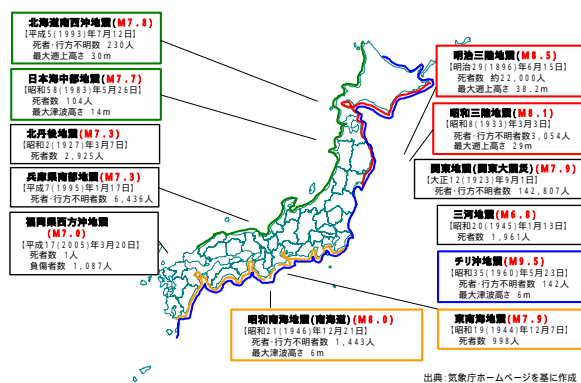


図-1 我が国における過去の地震・津波（明治以降）

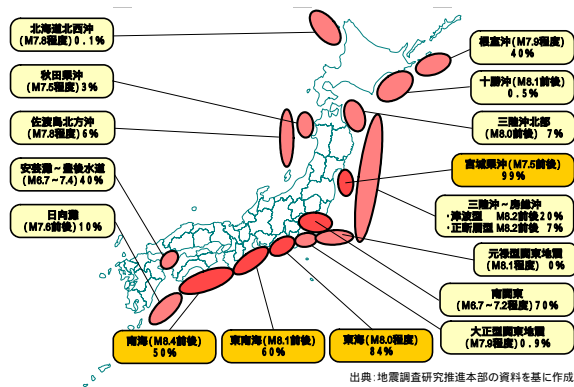


図-2 今後 30 年以内の地震発生確率と規模

2.2 漁業地域の被災事例と特徴

(1) 福岡県西方沖地震による博多漁港（特定第3種）、福岡市鮮魚市場の被害

2005年3月20日(日)午前10時53分頃、福岡西方沖を震源とするM7.0の地震の発生により、福岡市などで最大震度6弱を観測し、博多漁港をはじめ多くの漁業地域が被害を受けた。

福岡市の中心部に位置する博多漁港（特定第3種漁港）は、産地市場と消費市場の両方の機能を有する福岡市中央卸売市場（鮮魚市場）を併設し、福岡市内はもとより福岡県内、関西方面、首都圏等への水産物流通拠点としての重要な役割を有している。

地震により被災した漁港施設のうち、岸壁の多くで前傾・孕み出しやエプロンの陥没等が見られ、特に老朽化した耐震化対応不足岸壁の被災が顕著で漁船の接岸・陸揚機能を確保することが困難な状態となった（写真-1左、写真-2）。一方、平成11年度に整備された陸揚岸壁の被災程度は小さく、応急措置により接岸・陸揚が可能となった（写真-1右）ことから、耐震化対応不足岸壁の地震時の脆弱性が明らかとなった。



写真-1 老朽化岸壁(左)と耐震化対応済み岸壁(右)



写真-2 エプロンの陥没、荷捌所との段差

市場の休業日に地震が発生したため、ピーク時には2,000～3,000人ももの就業者で混雑する漁港内での人的被害が皆無であったが、漁獲物の陸揚げや場内小運搬、鮮度・品質保持等の水産物流通機能への影響が発生した。

島の南東部に位置する第2種玄界漁港の背後斜面に密居集落が形成され（写真-3）、全214戸中107戸が全壊、46戸が半壊するという甚大な被害を受けた（写真-4）。地震発生直後に全島民が漁港へ緊急避難し、その後連続して発生する余震の影響から、代表約10名を残し即日全島民が本土へ避難するという迅速な自主的行動が展開された。

地震により殆どの漁港施設が被災する中、浮体式けいし船岸が本土と島を結ぶ唯一の海上ルートの拠点として、また島内最大のオープンスペースである漁港用地が空のルート（ヘリポート）の拠点として避難から応急対策に至る過程で重要な役割を担った。写真-3 玄界漁港と集落（2005年3月23日）



写真-3 玄界漁港と集落（2005年3月23日）

博多漁港と玄界漁港内の漁港用地等に避難住民用の仮設住宅各 100 戸が建設され、島民の生活の場に供されている。

このように漁港や集落が甚大な被害を受け、全島民が島外避難を余儀なくされた一方で、人的被害を最小限に食い止め、復旧・復興に向けて取り組んでいる玄界島の実態から、漁村における防災上の課題として表-1 に示すことが明らかとなった。



写真-4 被災した岸壁と集落（玄界島）

(2) スマトラ島沖地震津波による沿岸諸国の被害

2004年12月26日、スマトラ島沖地震(M9.0)により発生した大津波は、インドネシアのみならず遠地津波としてタイ、マレーシア、インド、スリランカ、モルディブ、さらにはアフリカ大陸にまで到達し、インド洋沿岸諸国に未曾有の被害をもたらした。

津波は沿岸諸国の漁村を襲い、漁業者の家屋や漁船、養殖関連施設等を流失させ、漁船や漁業資機材等の漂流による二次災害を引き起こす等、漁業地域に甚大な被害をもたらした。

地震津波は、漁村住民の生活の場だけでなく、漁船を始めとする漁業活動の道具や場をも消失させ、ひいては国民への食料の供給にも甚大な影響を及ぼし、漁業地域の復旧・復興に向けて膨大な時間と費用を要する事態を引き起こしている。沿岸諸国の津波災害の実態から表-2 に示すことが明らかとなった。

表-1 明らかとなった漁村の課題（玄界島）

項目	内容
漁村のコミュニティ	・災害発生から復旧・復興に至る過程で、漁村のコミュニティが有効に作用し、迅速な避難行動による被害の最小化。 ・コミュニティの合意形成による避難、応急対策、復旧・復興への取り組み。
オープンスペース(漁港用地)の役割	・空のルート(ヘリポート)の確保による緊急救援・救助活動の迅速な展開。 ・復旧・復興に向けて漁港用地を仮設住宅やガレキ置場として利用。
漁港施設の役割	・海のルート(浮体式けい船岸)の確保による島外避難、緊急救援・救助活動の迅速な展開。
水産関係施設、公共施設の役割	・住民の緊急避難場所として利用され、避難住民の安全性を確保。 ・災害対策本部、自衛隊本部等の設置による緊急救援・救助活動の迅速な展開。

表-2 明らかとなった漁業地域の課題

項目	内容
津波避難	・津波の知識欠如による初動期の情報伝達不足、避難行動の不徹底が被害を増大。
漂流物による被害増大	・漁船や養殖関連施設、破壊された家屋の廃材等が津波により漂流し被害を増大。
漁港施設の有益性	・被災後に実施された多くの調査報告によれば、施設のない海岸に比べ、漁港施設がある地域での被災が軽微。定性的ではあるが津波被害における漁港施設の有益性が判明。

### 3. 災害に強い漁業地域づくりガイドライン

#### 3.1 防災対策上の観点

2章において述べた漁業地域の被害特性および課題から、漁業地域の防災対策上の観点として以下に示す3項目に整理できる。

(1) 地域住民および就労者・来訪者の安全対策

漁業地域は、漁業者だけでなく市場関係者や漁港・海岸を利用する来訪者等多くの人々が訪れる場所となっている。それらの人々の多くは、堤外地での活動を主に行っているため、津波が発生した場合には早急な避難が必要となり、避難場所、避難経路や避難のための情報伝達、自主防災組織等との連携などハード、ソフトを含めた

対策が重要である。特に、地震発生後に漁船の係留補強や漁船の監視のために漁港へ行く漁業者の行動や海上にいる漁船の避難行動等、津波避難対策の具体化・ルール化は漁業地域の津波防災対策上、不可欠な課題である。

また、陸域には水産関係者や一般来訪者の車両が駐車され、水域には漁船や養殖施設があり、津波が発生した場合に津波とともにこれらが漂流物として漁港背後の市街地や集落、さらには泊地や航路に流され、家屋の倒壊、避難や応急対策、復旧・復興の妨げとなることが予想されることから、漂流物防止対策、漂流物の影響を受けない避難経路の設定、漂流物の衝撃に対応できる避難ビルの配置等が必要である。

### (2) 漁港・漁村の防災対策

漁村の多くは背後に崖が迫る狭隘な地形に集居、密居を形成しているとともに、約7割が過疎、辺地、離島などの条件不利地域に立地している。道路や漁港施設等の被災により孤立する可能性が高い集落は3割を超え、情報が途絶する漁業集落も多い。このため、漁業地域が被災を受けた場合、被災地の支援基地としての漁港の役割が重要である。

また、このような立地条件等に加えて、漁村の生活環境も都市部と比べて後れており、災害時に避難路や緊急車両が通行できる道路、オープンスペースなどの空間整備の後れから災害時の対策が十分とはいえない状況である。また、平坦部に位置する漁業集落では、近隣に安全な高台が存在しないため、津波到達までに住民が安全に避難できないことが懸念される。

### (3) 水産物流通拠点漁港の防災対策

水産物流通拠点の機能を有する漁港では、国民に対して水産物を安定的に供給することが求められており、災害時においても速やかに水産物流通機能を回復し、水産物を供給することが必要となっている。特に、陸揚げ岸壁は円滑な水産物流通に不可欠な施設の一つであり、被災により利用出来なくなり流通活動が滞った場合、地域経済や消費者に大きな影響を及ぼすことになる。更に第3種漁港などの水産物取扱量が特に多い漁港は、陸揚げ岸壁の被災が広範囲な経済活動に著しい影響を及ぼし、多くの消費者へ水産物を安定して供給出来なくなる恐れがある。

このため、災害時における水産物流通機能を確保するための係留施設の耐震性確保を図るとともに、背後の市場、冷凍冷蔵施設等の漁港内にある水産関連施設等と一体となった耐震強化と、関係者の連携が必要である。

## 3.2 ガイドラインの策定

一般に防災対策は災害フェーズに応じて 周到かつ十分な災害予防、迅速かつ円滑な災害応急対策、適切かつ速やかな災害復旧・復興に分類できる。水産庁では過去の地震・津波による被害実態およびその課題に対し、漁業地域における地震・津波の対策強化を図るため、

- ・漁港等における地域住民や就業者・来訪者の安全性確保
- ・漁港・漁村の防災力の向上
- ・災害時の水産物流通機能の確保

を観点とするハード・ソフト一体となった取り組み(表-3)を災害フェーズごとに取りまとめたガイドラインを策定した。

表-3 災害予防として取り組むべき対応

観点	取り組むべき対応(災害予防時)
共通事項	漁業地域防災協議会による取り組み ・被害の最小化(減災)を図るため、行政だけでなく漁業地域の防災にかかわる組織や関係者が集まり、正確な災害情報や防災知識の共有、地震・津波発生時における避難行動や災害支援のあり方など、総合的な地域の防災対策検討や防災訓練の実施等について取り組む。
地域住民や就業者・来訪者の安全確保	避難行動のルールづくり ・陸上と海上、地域住民と来訪者等の状況に応じた避難行動の基本ルールとして、漁港内の漁業者は直ちに陸上へ避難。沖合で操業・航行中の漁船は直ちに一次避難海域へ避難。 ・一次避難海域は概ね水深 50 m 以深を目安として設定。



(3) ガイドラインの構成

ガイドラインでは、漁業地域の特性を踏まえた地震・津波の防災対策に関する考え方を以下の構成でとりまとめている。地震・津波防災に関する一般的な計画・指針、および災害に強い漁業地域づくりにあたって参考となる情報は資料編に掲載している。

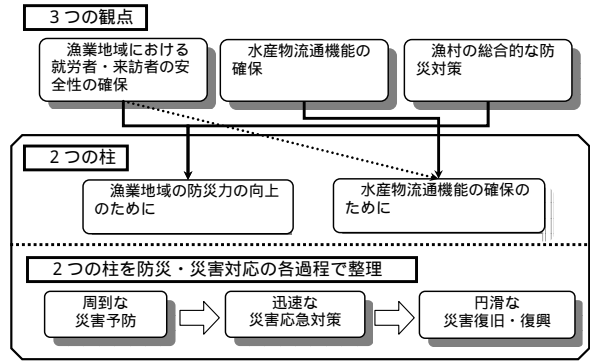


図-4 3つの観点, 2つの柱

表-5 ガイドラインの構成

章	内 容
第 章	ガイドラインの前提, 概要をとりまとめ
第 章	背景 (漁業地域の現状と課題) を説明
第 章	漁業地域の特性に応じた防災対策の考え方を説明
第 章	漁業地域の特性に応じた災害予防対策の具体的内容を説明
第 章	漁業地域の特性に応じた災害応急対策の具体的内容を説明
第 章	漁業地域の特性に応じた災害復旧・復興の具体的内容を説明
第 章	災害に強い漁業地域づくりの取り組み
資料編	地震・津波防災に関する一般的な情報 その他, 災害に強い漁業地域づくりにあたって参考となる情報

(4) 災害に強い漁業地域づくりの基本理念

災害に強い漁業地域づくりは、地震・津波災害による被害の最小化を図ること(減災)を目標としている。被害の最小化(減災)を図るためには「公助・自助・共助」による  
地震・津波による被害の低減  
地震・津波発生後の被害拡大の防止  
が必要である。

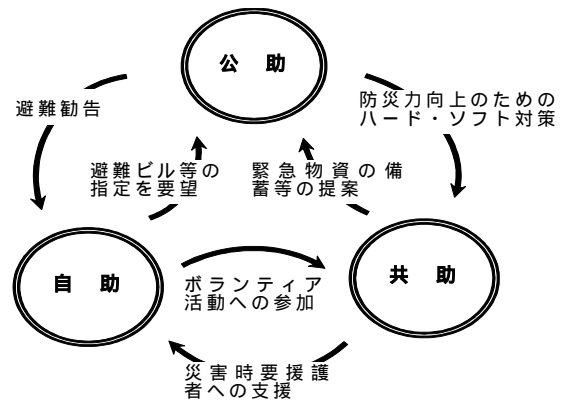


図-5 公助・自助・共助の連携イメージ

3.4 ガイドラインの特徴

(1) 体制づくり (漁業地域防災協議会)

基本理念で掲げた「自助・共助・公助」による被害の最小化(減災)を図るためには、行政だけでなく地域の防災にかかわる組織や関係者が集まり、正確な災害情報や防災知識の共有、地震・津波発生時における避難行動や災害支援のあり方などの総合的な地域の防災対策の検討や防災訓練の実施等の取り組みが必要である。

このため、漁業地域の防災にかかわる多様な主体(行政や様々な組織、地域住民等)が一体となって「災害に強い漁業地域づくり」に取り組む場として「漁業地域防災協議会(仮称)」を組織することが重要である。

(2) 状況に応じた避難の考え方

漁業地域における人の安全確保のためには、陸上にいる場合、海上にいる場合、地域住民の場合、来訪者の場合等、それぞれの状況に応じた避難対策を講じる必要がある。



図-6 連携による取り組みイメージ



図-7 津波来襲時の避難ルール

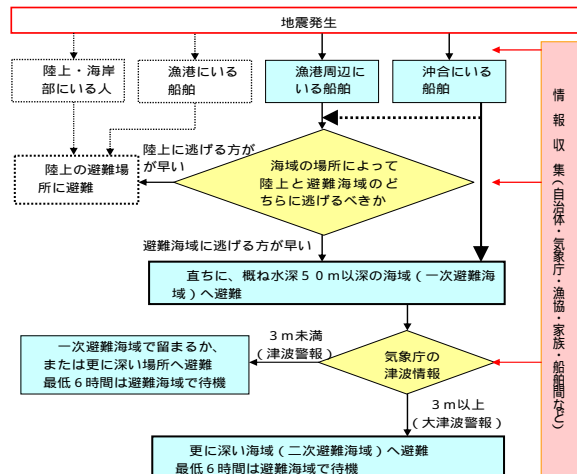


図-8 津波来襲時の漁船の避難行動

特に、漁船等の船舶の避難行動については、津波シミュレーション結果(4章)や地理的条件等各地域の実情を勘案して漁業地域防災対策協議会において十分協議し、避難のルール化を図ることが必要である。

(3) 漁業地域の防災力向上に資する対応

被害を最小限にとどめ(減災)、迅速な応急対策を支援するために、以下の事項について取るべき対応をとりまとめている。

- 支援根拠地としての漁港における対応
- 集落の孤立への対応
- オープンスペースの確保
- 水門・陸閘等の安全かつ迅速な操作
- 漂流物による被害の拡大防止
- 危険物、火災による被害の拡大防止

(4) 水産物流通機能の確保

漁港における水産物流通機能は多くの関連施設により一体的に機能しています。地震・津波によりこれらの施設が被災した場合には水産物流通機能が不全に陥るため、「流通関連施設の一体的耐震性の確保」、「現行の耐震基準を充足していない施設の耐震化改良の促進」が必要である。

このようにガイドラインには、事前の災害予防、災害の応急対応、災害復旧・復興の各局面においてとるべき対応が提示されているが、効果的な対策を講じるためには、事前の的確な被害予測と対策の効果評価が不可欠である。そこで、4章において、宮城県気仙沼市を対象としたケーススタディにより、津波シミュレーション結果に基づく漁船の安全避難の検討、陸上避難場所の安全性の検討、さらに、漂流シミュレーションを用いて漂流物被害の検討を行った。

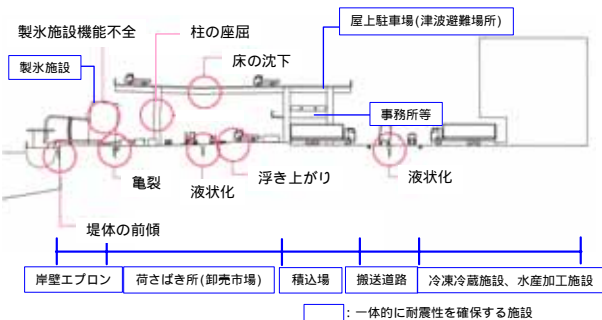


図-9 流通関連施設の被災の例及び一体的かつ重点的に対策を行うべき施設

4. 津波シミュレーションを用いた災害に強い漁業地域づくり

4.1 津波シミュレーションの概要

内閣府中央防災会議「日本海溝千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」により、各想定地震に対する沿岸津波高分布が公表されている。このうち、気仙沼地区で大きな被害が想定される津波は、明治三陸タイプの地

震、宮城県沖(連動)地震である。従って、本研究では、この2種類の地震による津波を検討対象とした。津波発生時の水位は、内閣府中央防災会議により提供された各地震に対する地殻変動メッシュデータを用いた。

#### 4.2 シミュレーション結果

##### (1) 漁船の安全避難に関する検討

ガイドラインでは沖で作業中に地震・津波が発生した場合に漁業者がとるべき行動は、直ちに深い安全水域(-50m以深を目安)に向けて避難することが基本行動として示されている。しかしながら、内湾や漁港周辺を航行中の漁船の場合は、安全海域までの距離が長くなり、津波来襲前に安全海域へ到達することが困難な場合も想定される。そのため、関係者間で事前に協議し、安全海域の選定と津波到達時間を考慮した避難行動について、共通理解を持っておくことが重要である。そこで、安全海域の把握と避難行動の検討のための基礎データに資するために、津波シミュレーションを活用し以下のような評価を行った。

漁船等の船舶が津波時に被害を被るパターンとしては、津波に伴う流れによって操船不能となる  
 碎波に巻き込まれ転覆や圧流される

ことが挙げられる。

このうち の碎波条件については、水深 30m 以上あれば安全であることが示されている 1)。一方、 の流速条件については、海難防止協会の報告 2)によると、流速 2 ノット(約 1m/s)以上の場合、船舶の規模によっては保船に支障を来す可能性がある。そこで、前述の2つの地震を対象に津波伝播シミュレーションを行い、気仙沼湾周辺における津波時の最大発生流速を求めた(図-12 参照)。図中の2ノット(約 1m/s)以下の水域(白色)が避難海域の目安となる。従って、宮城県沖(連動)地震規模の津波(気仙沼市周辺の津波高4~6m規模)では30m~50m程度、明治三陸地震規模の津波(気仙沼市周辺の津波高10m以上の規模)では、90m以深となることが確認された。また、岬の周辺や狭窄部では特に流速が大きくなっており、避難場所や避難経路としては極力離れるように設定する必要があると言える。

さらに、図-13は、気仙沼湾の水深帯と津波到達時間(水位が初期+50cmとなる時間)を示したものである。また、表-6は、図中のA~Cの各地点で操業していた漁船が、地震発生後に直ちに移動を開始して避難海域まで移動する時間を検証した事例である。湾奥(C地点)で操業中の場合には、移動速度が 15km/h 程度の漁船では地震後直ちに沖に向けて避難を開始したとしても、安全海域に到達する前に津波に遭遇する危険がある。



図-10 モデル地区(宮城県気仙沼市)

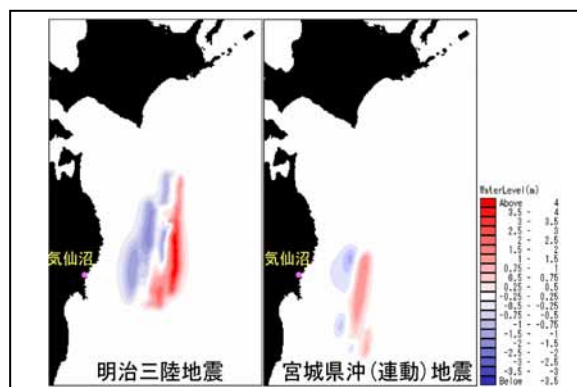


図-11 検討対象地震による津波波源

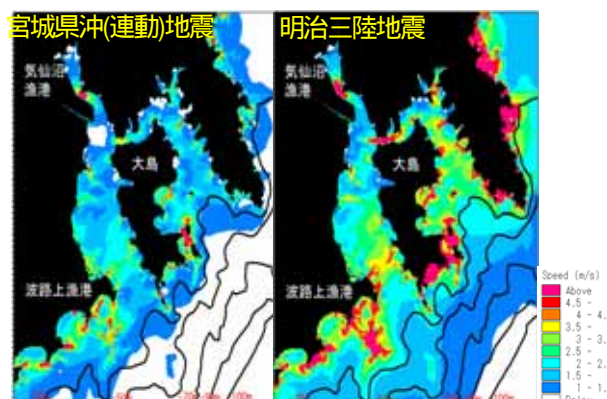


図-12 最大流速分布

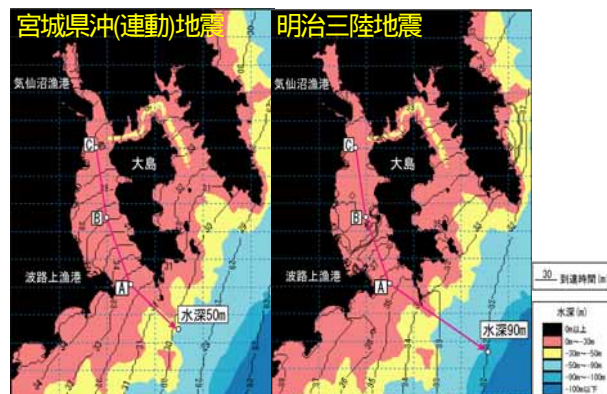


図-13 津波到達時間と避難経路



(2) 陸上避難場所の安全性の検討

気仙沼市波路上地区を対象に、2mメッシュにより家屋まで表現したモデルで明治三陸地震による津波の遡上計算を実施した。最大浸水深を図-14に、最大流速を図-15にそれぞれ示す。同地区内には、図中に示した通り、津波避難場所(高台)2カ所、津波避難ビル2施設が指定されている。最大浸水深の結果より、指定避難場所はいずれも浸水を免れていることから、避難場所の指定としては妥当であると判断できる。また、避難ビルは、共に浸水エリア内に存在することから、緊急避難施設としての配置も妥当と言える。ただし、避難ビルについては、津波により破壊されないことが前提となるため、施設周辺の最大流速も併せて検証する必要がある。本研究では、松富ら4)による北海道南西沖地震等の被災事例に基づいた津波浸水深及び流速と家屋被害程度の関係を用いて簡易評価を行った。評価結果を表-7に示す。避難ビルはRC及びSRC構造であるため、津波による破壊の恐れは無く、緊急避難施設としての所要を満足している。ただし、ある程度の深さで浸水することから、極力上の階に避難する必要がある。

表-6 漁船の避難時間の検証

漁船の移動速度 (km/h)	操業地点	宮城県沖(運動)地震の場合 (避難目安水深50m)			明治三陸地震の場合 (避難目安水深90m)		
		距離(m)	移動に要する時間(分)	津波到達時間(分)	距離(m)	移動に要する時間(分)	津波到達時間(分)
50.0	A	2,500	3	29	4,500	6	32
	B	5,000	6		7,000	9	
	C	7,500	9		9,500	12	
30.0	A	2,500	5	29	4,500	9	32
	B	5,000	10		7,000	14	
	C	7,500	15		9,500	19	
15.0	A	2,500	10	29	4,500	18	32
	B	5,000	20		7,000	28	
	C	7,500	30		9,500	38	

避難困難

移動に要する時間は、漁船が移動している時間(避難開始までの情報伝達や準備に要する時間等は含まれない。)

表-7 指定津波避難ビルの安全性の評価

施設名	施設構造	最大浸水深	最大流速	判定
岩井崎プロムナードセンター	SRC 3階建て	2.6m	6.6m/s	安全
気仙沼向洋高校	RC 4階建て	1.1m	2.8m/s	安全
判定(安全)基準 (松富ら1994)		浸水深		5m未満*
		流速		10.2m/s未満*

\* 鉄筋コンクリート造の場合

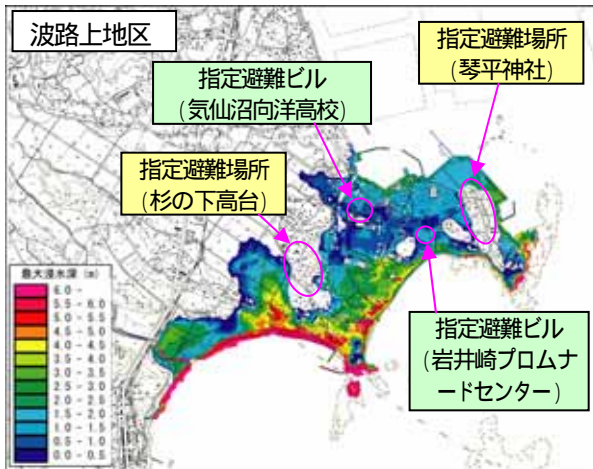


図-14 最大浸水深(明治三陸地震津波)

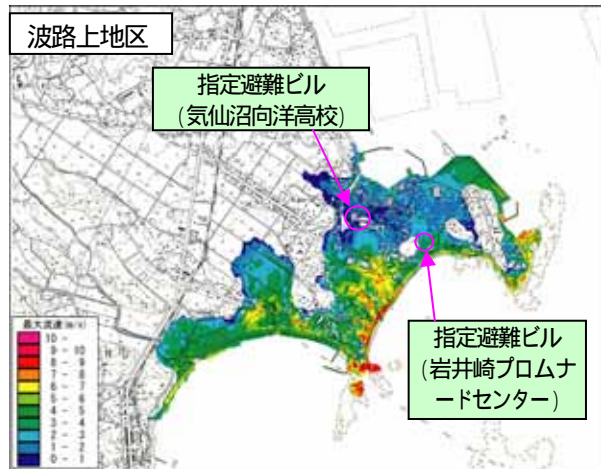


図-15 最大流速(明治三陸地震津波)

(3) 漂流物被害の検討

本研究では、気仙沼湾全域(10mメッシュ)を対象とした養殖施設(カキ養殖筏)と、波路上漁港地区(2mメッシュ)を対象とした漁船・乗用車に対して、漂流シミュレーションを実施した。各条件の設定は、表-8に示す通りである。

養殖施設の漂流計算結果より湾内の養殖施設はいずれも漂流を開始する。養殖施設は湾全域に散乱し、救援・復旧活動のための航行船舶に障害を生じる可能性が懸念される。特に、大島はフェリー等による海上ルートが唯一の交通手段であるため、場合によっては集落全体が孤立化する可能性もあり、対策が必要と考えられる。なお、水面が振動しているため津波発生後6時間しても完全には停止しない状況であった。

表-8 漂流シミュレーションの条件

漂流物	初期配置	漂流開始条件	停止条件
養殖施設	区画漁業権内に均等配置	流速1m/s以上	水深0.5m未満
漁船(係留)	岸壁前面泊地	流速2m/s以上	水深1.5m未満
漁船(非係留)	船置場 船だまり	水深1.5m以上	水深1.5m未満
車(自家用車)	岸壁周辺	水深0.5m以上	水深0.5m未満
首藤(1992) <sup>5)</sup> に基づく 気仙沼湾における代表的な養殖筏(カキ)の喫水を設定 想定値(係留が不完全の場合) 波路上漁港の主要利用漁船(3トン未満)の喫水を想定 利根川研究会編 <sup>6)</sup> を参照			

