

# 科学技術の知見・成果

## 地震学を振り返る —科学は歴史や社会の中で発展

### 防災教育での支援・展開を目指して

2007.6.5 防災教育支援懇談会  
東北大学・今村文彦

1

## 防災科学・技術の知見の現状？

- 最先端科学技術は？
  - 面白そうだが、身近の課題ではない
  - 難しい、分かり難い(カタカナが多い)
- 学校では？
  - 先生には難しい内容が多い
  - 先生方の興味と合わない
  - 教える機会や場が少ない
    - 生徒側の課題ではない場合が多い

# 科学技術の期待

なにが優れているか？—地震・津波の分野において

- 原因が説明できる(基本原理・原則)
  - 未知の不安が解消できる
  - 自分で納得できる, 神様に頼らなくともよい
- 見えないものが見える(観測, 量的評価)
  - 地震・津波の発生・伝播の様子が分かる(主観から客観へ)
  - 影響が分かる(被害推定・予測), 地震調査研究推進本部・気象庁
- 未来が予測できる(発展型モデル・シミュレーション)
  - ある法則(時間発展方程式)が分かれば, 過去・将来を知る事が出来る
  - 影響が分かる(被害推定・予測), 災害情報

3

# 地震学の進歩

- ローカルサイエンスを超えて
  - 金凡性(2007):明治・大正の日本の地震学, 東大出版会より
- 明治以前では, 防災技術はあったが, 科学はなく, 避けられないものとして認識—擬人化・なまらず絵
- 日本地震学会の設立, 外国人による地震研究(観測機械)1880横浜地震
- 予防と防御の科学(日本の地震学への変貌)
  - 震災予防調査会(1891濃尾地震), 気象台, 帝大
  - 1923関東大震災=>東大地震研究所発足
  - 地震計の開発, 世界を観測する(大森・今村)
- 地球物理学導入(岩石破壊実験)—大森地震学の忘却
- 発生機構—断層(力学)モデルの提案, 地震波の放出パターン
- 観測=>理論=>シミュレーションの流れ

4

# 科学技術での課題

- 前提, シナリオが存在する
  - 地球温暖化シミュレーション
  - 地震規模(データベース)に依存した津波警報システム
- 日々進歩する科学技術は変化する
  - 1枚断層モデルから不均一断層さらにはアスペリティーまで
- 平均像は予測できるが, 個別要素(個性)は難しい(確率も平均像), 未知な原理・複雑系
- 数値信仰主義
  - 数値, モデルで説明出来ないものは信用できない
- 楽観的・悲観的技術観

5

# 社会還元での課題

- 定義, 原則, ルールが沢山ある
  - 複雑な数学の公式, 理論が沢山
  - 津波の高さ? => 様々な定義が存在
- 数値と現象が持つ意味のギャップ
  - 津波高さ 2 m, 家屋被害の発生する高さ
- 用語の問題 (メディア用語と学術用語)
  - 異常気象 (現象) <=> 極端気象 (現象)
  - 地球温暖化 <=> 地球過熱化 (?)
- 社会での意志決定のメカニズム
- 知識・認識の固定化
  - 1つの結果に支配され, 変化を認識できない
- (リスク) 認知バイアスの克服
  - 正常化バイアス, カタストロフィー・バイアス

6

# 防災教育での期待

- 科学技術マインドの涵養
- 認識固定化や偏見の解消
- 想像力の強化(イマジネーション能力)
- 正しいリスク認知の共有化・統一(?)
- 災害情報の活用(現代社会で不可欠)

7

## 防災教育に関する参考文献(東北大学関係):

- 実験学習による防災学習の取組と津波災害への認識, 安倍・今村・牛山, 土木学会東北支部技術発表予稿集, 2005
  - 防災教育の教材・参加型プログラム
- 住民参加による津波対応防災マップの作成とその課題, 安倍・今村・牛山, 土木学会東北支部技術発表予稿集, 2004
  - 企画・運営と参加者の役割

8

# 地震・揺れと断層 メカニズム(仙台市科学館)

科学館学習:戦後から始まる  
市内全中学2年生  
物理・化学・地学の実験



## 地震発生域・地震計 観測

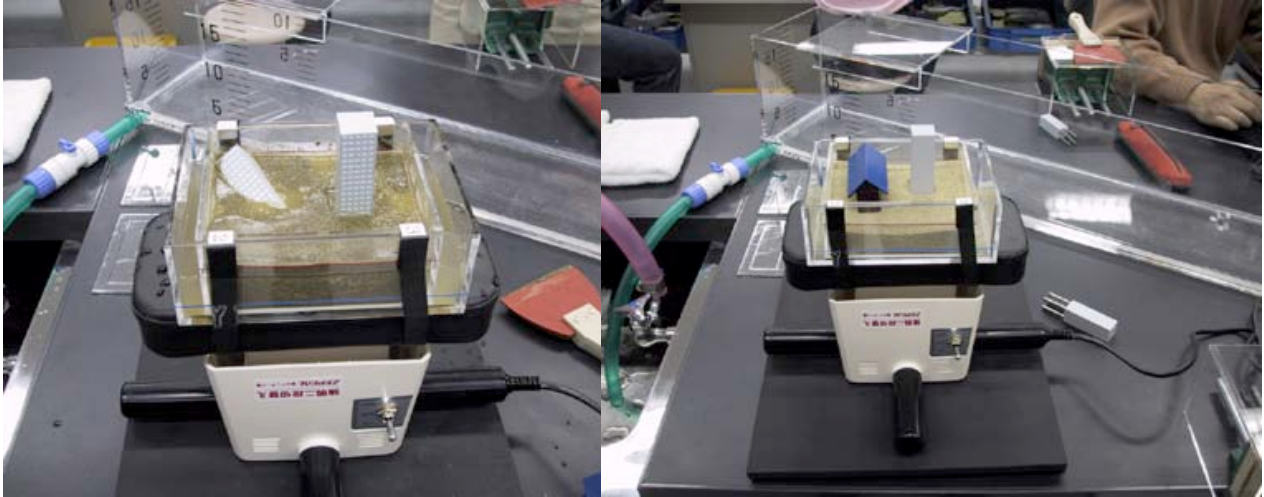
The 地震展 科博2003



# 液状化 現象・メカニズム

仙台市科学館

<http://www.kagakukan.sendai-c.ed.jp/gakusyu/index.html>



# 津波 現象・メカニズム



# 歴史史料の重要性

ドキュメント災害史1703-2003, 歴博2003

<http://www.rekihaku.ac.jp/kikaku/index75/index.html>



- 災害報告書
- 絵図
- 石碑, 教科書



歴博での特別展示に参加 13

## コンセプト: 実感のある津波展示

歴博; 6万人, 科博; 7万人入場

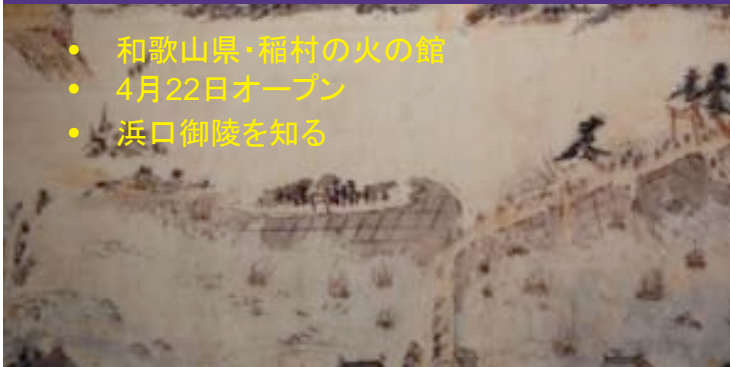


高さのスケール

エントランスホール

# 防災教育の拠点

- 和歌山県・稲むらの火の館
- 4月22日オープン
- 浜口御陵を知る



「これはただごとではない……」  
 今から百五十あまり前に起った大震災大津波襲撃時、  
 濱口権助が命をかけて村人を救った稲むらの火。  
 その偉業と精神を、学びを継いでゆくため、  
 ゆかりの地・広川町に、2007年四月二十日(日)





# 実験学習による防災教育の取り組みと津波災害への認識

東北大学大学院 学生員 ○安倍 祥  
東北大学大学院 正 員 今村文彦  
東北大学大学院 正 員 牛山素行

## 1. はじめに

宮城県沖を震源とする大地震の発生が高い確率で予測されている。2003年5月には三陸南地震が、同年7月には宮城県北部地震が発生、その後十勝沖地震や新潟県中越地震が続いた。仙台でも地震が体感され被害の状況などが次々に伝えられた。市内の中学校では、第1学年の理科において地震の分野を学習し生徒らの関心も高い。仙台市科学館では発展的な科学学習ができる場として、市内の中学生を対象とした実験学習の機会を提供しており、その中で地震・津波災害を題材とした体験型のユニークな教育が行われている。本稿では、2003年度に中学生を対象にしたアンケート調査の結果から、津波に関する知識や災害への認識について報告する。

## 2. 仙台市科学館における実験学習

科学館では市内全中学校を対象に、館内の展示施設と実験設備を活用した学習の場を提供している。展示学習では地震や断層について学習するとともにシミュレータを使い地震のゆれを体験することもできる。また、実験学習では物理・科学・生物・地学の4分野から1つを選択して実験と観察を進めながら学習を深める。地学の実験コースでは、2002年度より地震や津波を扱っており、地震とそれに伴って発生する液状化や津波をモデル化した実験や映像、コンピュータにより以下の内容を学ぶことができる。

### (1) 最新の地震情報「地震は今！」

計測震度計を使い地震動の記録や震度決定の仕組みについて学ぶ。インターネットで地震情報や過去の記録を調べ、発生頻度や震度情報の見方も知る。

### (2) 断層と地層に加わる力「大地に力が！」

万力を使い氷塊を圧縮力し、内部の亀裂や破壊を観察して岩盤の破壊についてイメージする。映像教材(CG)を使い断層の種類やその成り立ちも確認する。

### (3) 液状化の再現「大地が沈む？」

電動マッサージ器で含水させた砂を振動させ、液状化を再現して砂地盤の挙動を観察する。建物の模型をおき、支持力を失う様子や基礎杭の効果も確認す

る。さらに映像教材(ビデオ)で過去の被害を見る。

### (4) 津波の発生「海もゆれる！」

実験卓上の水槽において津波を再現、伝播時間を計測して波の速さをコンピュータで表示し、水深が深いほど伝播速度が速いことを確認する。映像教材では津波の発生やチリ地震津波の太平洋横断を再現したCGなどを見る。

## 3. アンケート調査

科学館学習に来館した22中学校の生徒を対象に2003年度は表1に示すアンケート調査を実施した。調査は、地震や津波について生徒らの知識や考えを問う設問、地学コースの実験学習で学習する事項、実験の感想など質問し、選択式に加えて自由記述式の回答も得た。なお、地学コースと他コース(物・化・生)を選択した生徒に分けて集計を行った。

表1. アンケート調査概要

| 調査時期 | 2003年12月～2004年3月<br>事前：実験学習の数日前<br>実験後：実験学習の終了直後<br>事後：実験学習の数日後 |      |      |
|------|---|------|------|
| 調査対象 | 22中学校の第2学年生徒全員  |      |      |
| 調査方法 | 質問紙法<br>事前・事後は各中学校で配布・回収<br>実験後は科学館実験室で配布・回収                    |      |      |
| 回集数  | 地学コース   | 他コース | 全体*  |
| 事前   | 575   | 1898 | 2574 |
| 実験後  | 688   |      |      |
| 事後   | 585   | 1824 | 2492 |

\*地学コース+他コース+選択コース不明

## 4. アンケート結果と考察

### 4.1. 実験学習で取り上げられる津波の知識

津波の実験では、水槽の中を伝わる波の速さを計測し水深が深いほど速く伝わることを確認する。それと関連して、「沖合の深い海では速度がジェット機並にもなる」ことや「沿岸でも陸上選手並の速さで押し寄せるので津波を見てからでは逃げるのができない」ことなどが解説される。図1, 2はこれらの知識について地学、他コース選択者の回答を比較したものであり、地学選択者は学習事項を選ぶ割合が有意に高く、知識として記憶されたといえる。

### 4.2. 津波にそなえた避難の判断

「あなたが海水浴などで海岸近くに来ているとき、

大きな地震があったとします。あなたはもうどうすると思いますか？」という質問に対して、半数強の生徒は「自分の判断ですみやかな避難」を選択しており、地学コース選択者はその割合が多い(有意水準 5%)。しかし、情報や周囲の行動に判断を依存していると考えられる生徒もそれぞれ2割前後見られる点に注意が必要であり、海岸では「地震＝津波」と考えて自主的に避難を判断ができることが望ましい。

### 4.3. 回答に見られる津波のイメージや知識

事後のアンケート調査では「津波についてどんなものをイメージしますか？また、あなたが知っていることを教えてください」と質問し、自由記述式の回答を得た。これをキーワード毎に集計し表2に示す。津波について「大きな波、高い波」とする回答が約半数と多いが、具体的なイメージを示す回答は全体の半数には満たなかったことから、津波について十分認知されていないといえる。知識的なこととして「津波は速い」、「水深が深いほど速い」などのキーワードが地学コース選択者に比較的多く見られた。また誤った認識として「津波は台風など気象現象によっても発生する」といった回答も見られた。

### 4.4. 実験後の感想文中に書かれた津波災害のこわさ

地学コースの実験終了直後に寄せられた感想文には、体験や発見の「面白さ」とともに地震災害の「こわさ」を記述した回答も多くある。液状化の実験では模型を使い、防災教育に重要な要素でもある被害の状況を観察しており、恐怖や不安、心配が感想に寄せられていた<sup>1)</sup>。688通の回答のうち、「こわい・おそろしい・不安・心配」などのキーワードを含むものは249通277文あり、津波についてはそのうち55文が記述されていた(表3)。実験から津波の速さを学び、津波災害についての解説やシミュレーションCGからこわさを感じ取っていると考えられる。

## 5. おわりに

津波について実験や観察から学ぶ科学館の取り組みは、津波の性質やこわさを伝えることができた。津波災害は中学校の教科書には扱われてはいないが、地震の分野を学習する際には、津波発生の原理や災害のこわさを体験できる教材・映像などを通して効果的に学習することができることが示された。2004年12月26日に発生したインド洋大津波では津波の映像や被害の姿が数多く記録されており、それらの資料を教材として活用することも今後重要である。

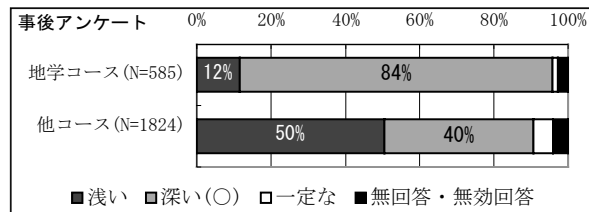


図1. 津波の速さと水深の関係についての回答

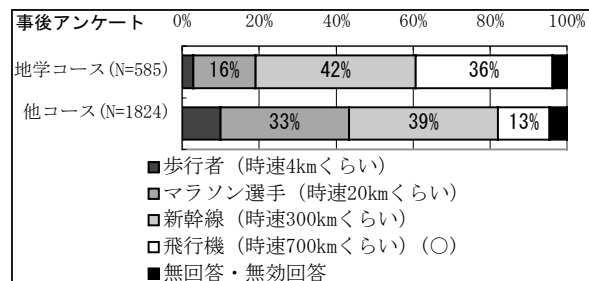


図2. 沖合での津波の速さに関する回答

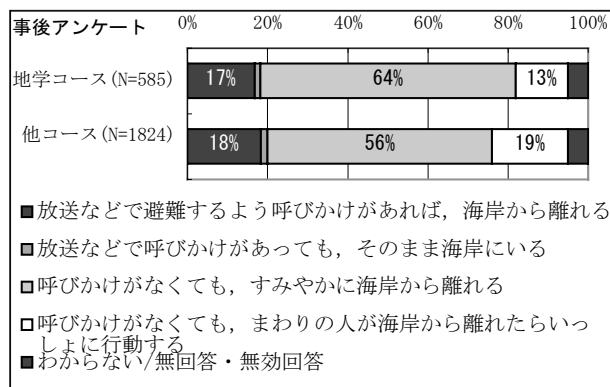


図3. 海岸近くで地震にあったときの行動

表2. 津波のイメージや知識(事後)

| 津波の性質        | 地学コース (N=588) |       | 他コース (N=1824) |       |
|--------------|---------------|-------|---------------|-------|
|              | 件数            | 割合    | 件数            | 割合    |
| 大きな波・高い波     | 282           | 48.0% | 860           | 47.1% |
| 地震で発生する      | 50            | 8.5%  | 170           | 9.3%  |
| 気象現象で発生(誤)   | 1             | 0.2%  | 15            | 0.8%  |
| こわす・破壊力がある   | 15            | 2.6%  | 57            | 3.1%  |
| 被害の対象        | 70            | 11.9% | 181           | 9.9%  |
| 家屋・建物の被害     | 58            | 9.9%  | 222           | 12.2% |
| 集落・町村規模の被害   | 29            | 4.9%  | 114           | 6.3%  |
| 津波の知識        | 14            | 2.4%  | 50            | 2.7%  |
| 引き波から始まる     | 4             | 0.7%  | 19            | 1.0%  |
| 強い引き波        | 4             | 0.7%  | 15            | 0.8%  |
| 何波も続く        | 106           | 18.0% | 88            | 4.8%  |
| 津波は速い        | 59            | 10.0% | 3             | 0.2%  |
| 水深が深いほど速い    | 21            | 3.6%  | 30            | 1.6%  |
| チリ地震津波       | 18            | 3.1%  | 9             | 0.5%  |
| 避難についての記述    | 10            | 1.7%  | 29            | 1.6%  |
| 見ながらでは逃げられない | 59            | 10.0% | 161           | 8.8%  |
| 高台へ避難        | 96            | 16.3% | 252           | 13.8% |
| イメージ         | 21            | 3.6%  | 113           | 6.2%  |
| おしよせるのみこむ    | 71            | 12.1% | 217           | 11.9% |
| 危険・あぶない      | 4             | 0.7%  | 19            | 1.0%  |
| 洪水           |               |       |               |       |

表3. 感想文におけるこわさの記述(実験後)

|                |    |       |
|----------------|----|-------|
| 実験から地震はこわいと感じた | 72 | 26.0% |
| 地震はこわい         | 55 | 19.9% |
| 津波はこわい         | 55 | 19.9% |
| 液状化はこわい        | 50 | 18.1% |
| 宮城県沖・今後の地震がこわい | 16 | 5.8%  |
| 自分・身の回りの被害がこわい | 15 | 5.4%  |
| 2003年の地震がこわかった | 13 | 4.7%  |

「こわい」に関連する語を含む文=277

## 参考文献

- 1) 安倍祥・今村文彦・牛山素行(2004):中学生を対象とした地震・津波実験学習の取り組みとその課題,日本災害情報学会第6回研究発表大会予稿集, pp.129-134.

# 住民参加による津波対応防災マップの作成とその課題

東北大学大学院 学生員 ○安倍 祥  
 東北大学大学院 正 員 今村文彦  
 東北大学大学院 正 員 牛山素行

## 1. はじめに

津波による災害はその発生頻度こそ低いものの広範囲かつ大きな被害をもたらしてきた。沿岸住民らが津波による被害の可能性を事前に知る手立ての一つとしてハザードマップのような地図を用いた情報が挙げられるが、現状ではその整備がまだ遅れている<sup>1)</sup>。その一方で近年、住民らが自分たちの地域における「防災マップ」をつくる動きが各地で見られるようになった。本研究では、津波対応のための防災マップ作成を取り入れた防災ワークショップ（以下 WS）について、仙台市港地区と釜石市根浜地区で行われた事例を参考に、住民参加による防災 WS やマップの作成における効果と課題点について整理を行う。

## 2. 防災マップの作成を取り入れたワークショップ

筆者らは表 1 に示す 2 度の防災 WS について企画・運営に携わった。どちらも防災マップづくりを取り入れており、地震発生後の地域における津波対応を想定して住民らと議論を行っている。

表 1. 防災 WS の実施状況

|         | WS実施時期      | 参加住民数  | 地区世帯数      |
|---------|-------------|--------|------------|
| 仙台市港地区* | 2002年10-11月 | 32-44名 | 98世帯(H13年) |
| 釜石市根浜地区 | 2003年7月     | 45名    | 58世帯(H15年) |

\*事前の解説・マップ作成・地区内の点検の3回構成で実施している

防災マップの作成は、住民らが数人ずつのグループに分かれ各グループに作業の進行役(リーダー)をおいて実施している。1/2500 都市計画図をもとに、ビニールシートをかぶせて各自宅・避難場所・避難経路などを書き込むことから始め、さらに地図上の等高線や標高値を活用して地盤高が低い範囲を塗り分けている<sup>2)</sup>。塗り分けた低地や水路へ津波が浸水することを考慮に入れながら避難に要する時間を計測し、住民らは津波来襲時の対応や避難を考える。各班のリーダーは住民らに問いかけて過去の被災経験や地域防災についての意見をまとめ、地図上の作業とグループ内の議論を進める。各班の作業と平行して、挙げられた問題点や意見などをコンピューター上に整理し、最後にスクリーンへ投影しまとめと講評を行う。防災 WS の流れについて図 1 に示す。

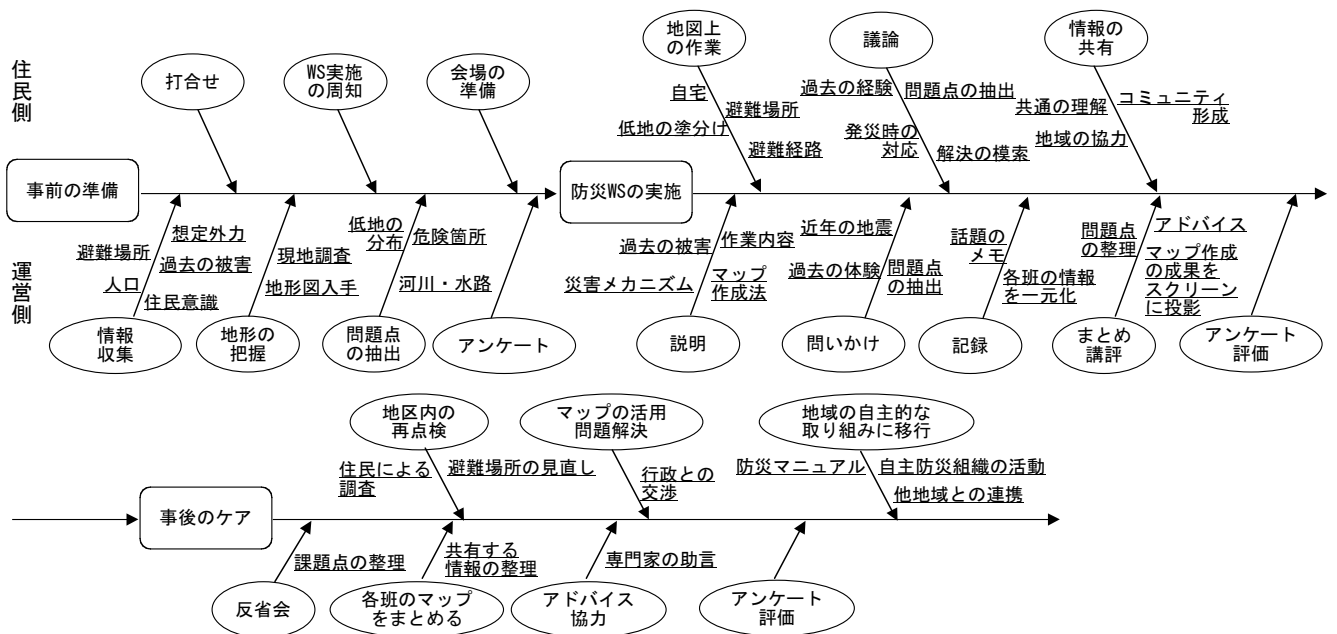


図 1. 防災マップづくりを取り入れた防災ワークショップのフロー

### 3. アンケート調査による評価

WS の内容を評価するために港地区、根浜地区いづれも事前と事後にアンケート調査を実施している。根浜地区のアンケートは事前のものとして WS 開始前に実施し、事後の調査は牛山・今村<sup>3)</sup>による三陸南地震後のアンケート対象とあわせて実施している。表2は事後の調査において災害への備えを複数回答で質問した結果の一部であるが、参加者の大半が選択していることがわかる。さらに港地区でも同様な備えの充実・意識の向上が確認されている<sup>4)</sup>。

その一方で、津波についての不適切な認識「津波がくる前に必ず海面の水位が下がる」ことについて、正しいと思うかを質問した設問では、図2のようにWSの事後であってもWS参加者の7割以上が誤った答えを選択している。このような誤解について専門家から解説があったとしても、住民らの認識には改まらないことが指摘できる。

表2. WS 事後における災害への備えの比較(根浜地区, MA)

| 質問事項              | WS参加者(N=41) | WS不参加(N=27) |
|-------------------|-------------|-------------|
| 避難場所と経路を確認している    | 92%         | 67%         |
| 近所で話し合い協力関係を作っている | 70%         | 39%         |
| 近所の危険な箇所を確認している   | 89%         | 48%         |

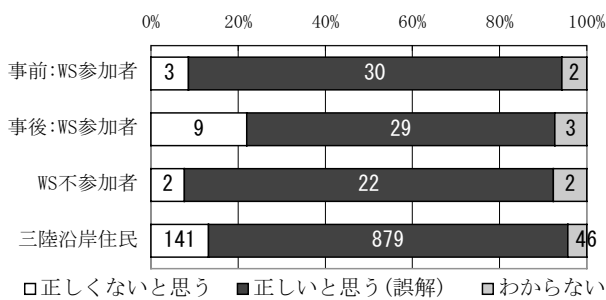


図2. 「津波がくる前に必ず海面の水位が下がる(潮が引く)」ことは正しいと思うか(根浜地区)

### 4. WS 運営側から挙げられた課題点

詳細な地図を用いて地区の防災マップを作成しながら議論を進め、地域防災や災害対応を考える防災WSにはさまざまな効果があると考えられる<sup>2)</sup>。

しかし、これまでにいくつかの課題点も挙げられている。(1)事前の段階においては、防災マップを作成するための準備に多くの時間が必要である。例えば地盤高の低いところを把握するには地形図の読図した上で現地を確認し、場合によっては簡易的な測量も必要であると考えられる。

(2)防災マップを作成する段階では、地震や津波のような想定外力を設定することが困難である。特

に津波は沿岸部における挙動を評価することが難しく、地図上で地盤高を把握することが必ずしも安心情報にはなり得ない。地図を塗り分けることで土地の高低を住民にわかりやすい形で示すことができるが、想定される津波波高を適上高に読み替えて地盤高と比較するような安易な解釈は不適切な認識をもたらす可能性があり注意が必要である。

(3)WSの事後にも住民らによる取り組みを継続することが不可欠である。港地区、根浜地区の事例とも参加者の大半は地区の役員や高齢者であり、幅広い年代層の参加と、参加者の間から地域全体で情報を共有することが望まれる。

表3. 防災マップ作成による効果と課題

| 効果  | 地図上で災害を想定し被害の可能性を知る<br>発災時における避難の必要性を知る<br>地図上の作業を通じて地域を再認識する<br>議論を通じて参加者らが情報を共有する<br>防災の取組が個人から地域のレベルに拡張される |
|-----|---|
| 事前  | 地図や地形把握、現地調査などの準備<br>リーダーは作業を進行するスキルが求められる  |
| 作成時 | 地図上の作業を適切に進めなければならない<br>地盤高の塗分が安心情報とならないような注意<br>問題発掘のために議論を進められるリーダー<br>住民らの誤った認識を取り除かなければならない               |
| 事後  | 不参加者らとの情報の共有・理解が必要<br>発掘された問題点解決のための取り組み<br>成果物であるマップを住民が活用できる形で残す<br>マップ作成による効果の測定が必要                        |

### 5. おわりに

津波対応のマップづくりを取り入れた防災WSによる効果と課題点は表3に示すとおりである。より一般的で効果の期待できる実施手法についてさらなる検討が必要であるとともに、住民らに現れる効果を測定することが今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 日本経済新聞(2004):津波の避難先を示すマップ、海岸の6割が未作成,2004年1月9日。
- 2) 安倍祥・今村文彦・牛山素行(2003):地形情報を活用した津波対応地域型防災マップ作成の試み,日本災害情報学会第5回研究発表大会予稿集,pp.205-208。
- 3) 牛山素行・今村文彦(2003):2003年「三陸南地震」時の三陸住民の対応行動,日本災害情報学会第5回研究発表大会予稿集,pp.75-78。
- 4) 早川哲史・今村文彦・牛山素行(2003):津波発生時の避難行動開始における意識・要因について,平成14年度東北支部技術研究発表会講演概要,pp.528-529。