

教訓ノート5-1

5. ハザードマップ、リスク情報と意思決定

リスク評価と
ハザードマップ



著者

相良純子：建設技術研究所

齋藤恵子：世界銀行

教訓ノート5-1

5. ハザードマップ、リスク情報と意思決定

リスク評価とハザードマップ

災害リスクを管理するにあたっては、まずは起こりうる災害とリスクを評価することが重要であり、これは災害対策を検討する基礎情報となる。地震や津波の災害評価には、常に限界と不確実性があることを認識しつつ、考えうる限りの規模の災害と最悪のシナリオを想定しなければならない。日本では、災害情報と避難経路や避難所を記載したハザードマップが、避難手順とリスクへの認識を住民たちに浸透させる有効な手段となっている。しかし、東日本大震災では、事前につくられていたハザードマップは、実際より小さな災害を対象にしていたことで、住民に誤った安心感を与えてしまった可能性がある。ハザードマップはどんな災害に対しても迅速な避難を促すよう作成されなければならない。そして、分かりやすく、すぐに使えるものとするべきである。

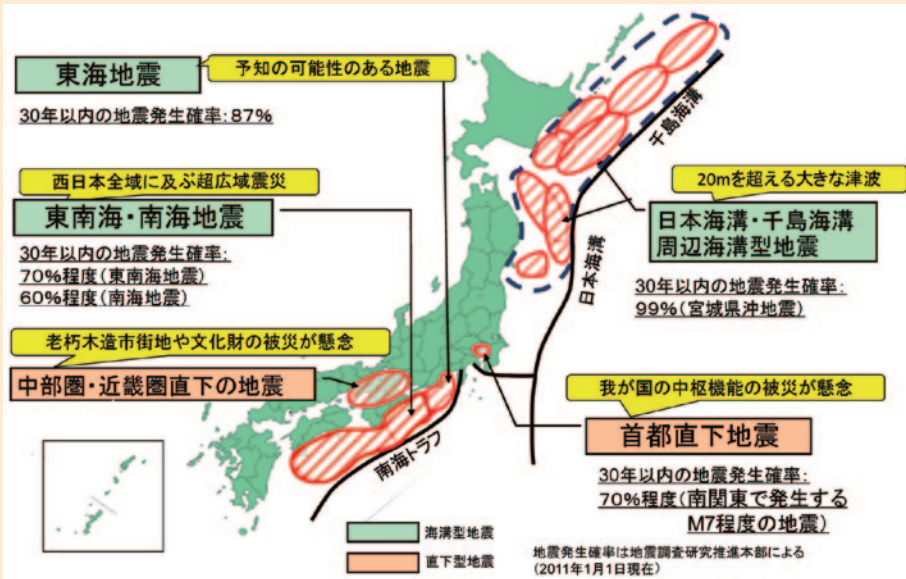
リスク評価とは、災害対策の策定に役立てるために、将来起こりうる地震や津波の規模や頻度を予測し損失を評価することである。日本では、リスク評価を行う責任は複数レベルの公的機関に分かれている。中央政府、都道府県、市町村レベルの実施機関がリスクを評価し、防災計画を策定し、住民に知らせている。中央政府は、情報と技術を提供することによって、都道府県および市町村レベルの機関がリスクを適正に評価し、災害対策に反映させることを支援している。

知見

リスク評価で考慮された地震

日本では、過去数百年間の記録をもとに選ばれた五つの大規模地震について、地震および津波対策を推進してきた（図1およびBox 1を参照）。中央防災会議は、それぞれのシナリオについて、潜在的危険レベルと予想される被害を調査し評価するために専門調査会を設置し、地震災害リスクを管理するための地震防災戦略、さらには予防策から災害発生

図1：リスク評価の基礎として使用した5大地震



出所：内閣府

後の対応までを含めたマスタープラン（対策大綱）を立案している。これらの戦略・プランに基づいて、国、都道府県、市町村レベルで対策が推進されてきた。

2011年3月11日の地震は、日本海溝・千島海溝周辺で発生した。まさに、中央防災会議の専門調査会が海溝型地震を調査してきた地域である。この地域で過去に発生した地震のリスト（図2）から、主に地震の強度、頻度、および再発する可能性を基準に、八つが対策の検討対象として選ばれた。対象地震には、1896年の明治三陸地震・津波（高さ20mの大津波が発生）や宮城県沖地震（40年周期で発生）も含まれた。他方、福島県沖で起きた地震は、発生の確率が7%程度で低いとの理由により、選択されなかった（図3）。さらに、869年の貞観地震は、東日本地方を襲った大津波を引き起こしたと見られているが、これも除外された。当時、利用可能なモデルでは、震度と津波の高さを再現できず、地震発生の確度が低いと見なされたためである。

Box 1：検討対象とした大規模地震

- 繰り返し発生している
- 発生確率・切迫性が高い
 - 今後100年間で発生の可能性がある
 - 活断層地震が500年以内にあった場合は対象としない
- 発生が資料等で相当程度確認されている
- 想定地震の規模はM7～M8クラス
- 経済・社会情勢、中枢機能を考慮



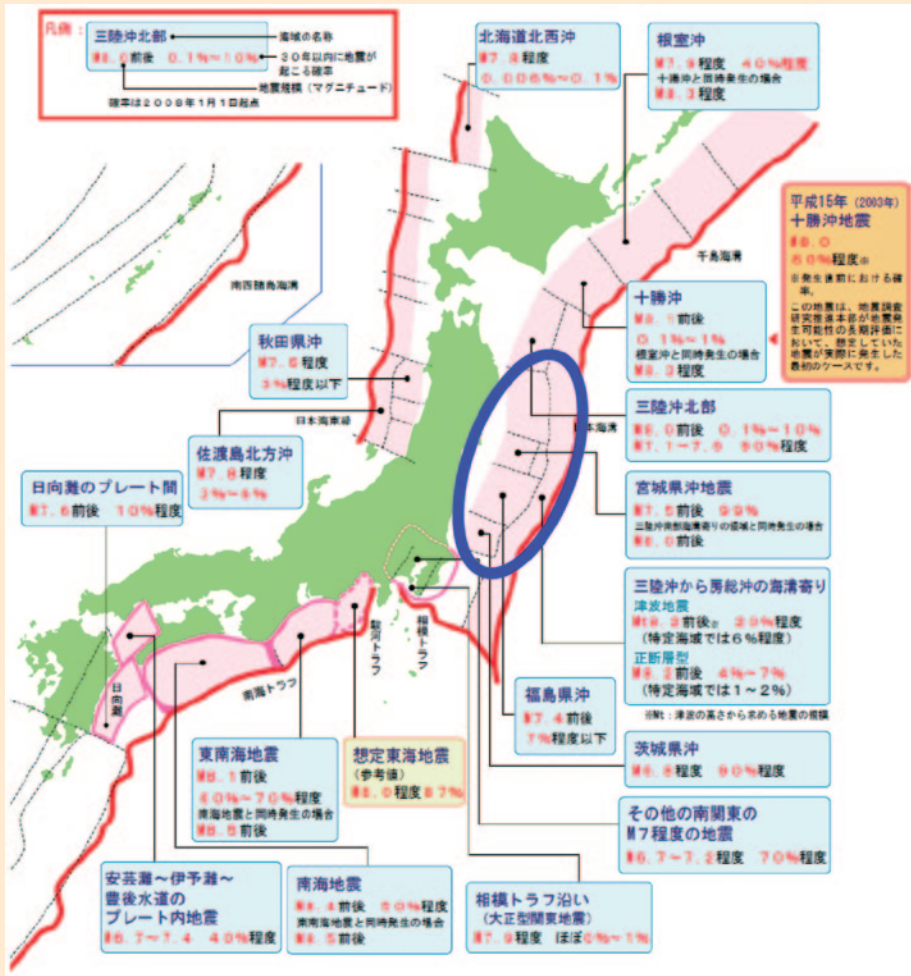
(上記基準を満たす地震)

1. 東海地震 (M8.0)
2. 東南海・南海地震 (M8.6)
3. 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震 (M7.6-8.6)
4. 首都直下地震 (M6.9-7.5)
5. 中部圏・近畿圏直下地震 (M6.9-8.0)

想定を超える規模の地震と津波の発生

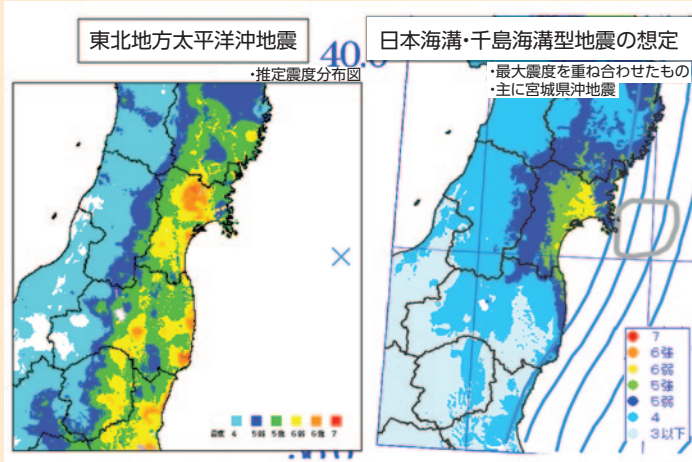
図2に例示したように、3月11日の地震は日本の観測史に残る地震としては最大であり、広大な震源域・津波発生源を擁していた。さらに、そのマグニチュード (Mw9.0) は、日本において災害対策でこれまで考えられてきたどの地震の規模をも上回った。実際に起きた激震の震源域は予測をはるかに超え、日本の震度表示で震度5強以上を経験した地域は予測の約10倍であった (図4)。さらに実際の津波の高さは事前の予測の2倍であった (図5)。

図3：日本で起こりうる地震の発生確率、マグニチュード、場所



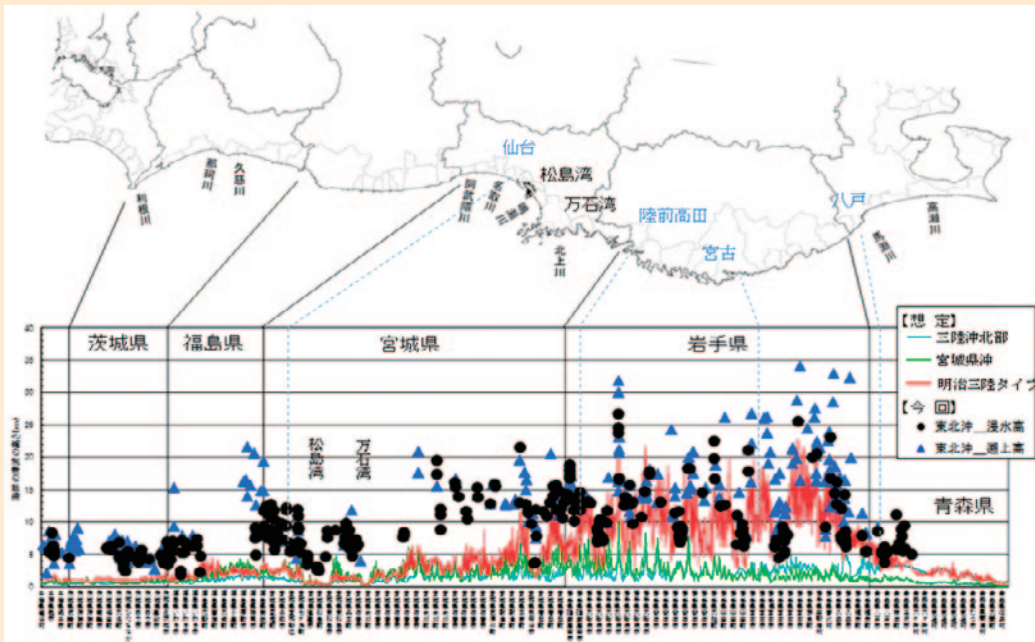
出所：地震研究推進本部

図4：実際の震度分布と推定震度分布



出所：内閣府

図5：想定と実際の津波高の比較



出所：内閣府

地震と津波の規模が震災前の予測をはるかに超えたため、日本政府は地震と津波災害の評価方法を見直している。震災後改正された防災基本計画は、対象とする地震・津波の設定について次のような考え方を示している。

- 科学的知見を踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波を想定し、対策を推進する。
- 地震・津波の想定にあたっては、古文書等の史料の分析、津波堆積物調査、海岸地形等の調査などの科学的知見に基づく調査を通じて、できるだけ過去に遡ってより正確に調査する。

被害想定

地震・津波の規模が予測を上回るものであったため、震災によって生じた被害も、事前の想定をはるかに超えるものとなった。全壊した建物件数は想定約6倍、死者・行方不明者数は想定約7倍を上回った（表1）。従来の被害推定法は、以下のような特徴がある。

- 定量的評価：直接の物的被害、人的損失、ライフラインや交通施設被害、経済被害（直接・間接）を含む。
- 定性的評価：火災、発電所、ガス、浄水場・下水処理場などのライフライン施設を含む。
- 異なる季節と時間帯（冬の午前5時、夏の午後12時、冬の午後6時）——火災の規模と発生率に影響を及ぼす要因——を反映した三つのシナリオを使用する。

表1：東日本大震災概要

	被害想定	東日本大震災	比率
震度5強以上の面積 (km ²)	3,540	34,843	9.8
浸水面積 (km ²)	270	561	2.1
全壊建物件数	21,000	128,530	6.1
震災廃棄物 (トン)	1,400,000	24,900,000	17.8
死者数 (行方不明者を含む)	2,700	19,185	7.1

※被害想定値は宮城県沖と明治三陸の大きい方の値
 ※死者数の被害想定は、明治三陸型の避難意識の低いケース
 ※東日本大震災による死者数は2012年1月31日現在

- 地震動と火災に対する十分な防災対策が施されていれば、施設は被害を受けないものと想定する。

被害の定量的推定は、地震および津波の規模（震度、最大加速度、津波による浸水の深さなど）と過去の地震に基づいて算出された実際の被害（破壊家屋数、人的損失数など）の関係をを用いている。例えば、津波による建物被害は、経験に基づいて浸水深さが2.0m以上になれば、建物は全壊すると推定された。津波による人的被害は、被災人口と浸水の深さ別の死者に関する過去の記録、および避難率（警報を受け取ることができる人々の比率と人々が避難に要する時間）に基づいて計算された。これらは、50mメッシュ毎に、国土地理院により全国規模で整備されている暴露の程度に関するデータ（空間的社会・人口統計データなど）を重ね合わせて計算された。さらに、インフラ被害は、施設被害の推定件数、ライフライン被災率、および復旧に必要な日数——同じく過去の災害から推定される——に基づいて想定された。

東日本大震災の場合、従前の被害評価が過小となった理由は、主として前提としていた災害規模が過小だったことに起因している。さらに、用いられたいくつかの数値——避難率など——が実際とは食い違っていたことが人的損失の過小評価につながったとも指摘されている。2012年時点では、被害評価手法は改定中である。

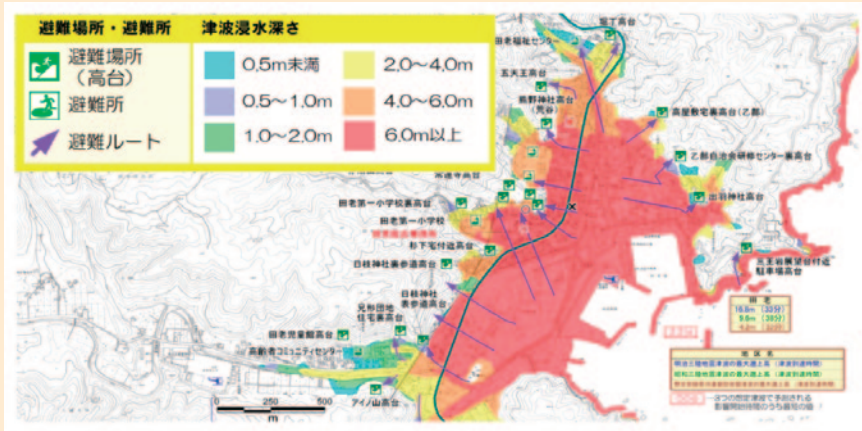
地震・津波のシミュレーションとハザードマップ作成

ハザードマップは、人々による自然災害リスクの理解を促進し、被害軽減に役立つ情報を提供する。ハザードマップには予想される危険区域の範囲を示すとともに、避難所や避難経路等の防災情報を盛り込むことができる。日本では、ハザードマップは、地震、津波、洪水、地滑り、液状化、火山噴火など様々な危険に備えて作成され、利用できるようになっている（KN5-2および5-3）。

日本では、主に都道府県が津波浸水予測区域を設定し、そのデータ（例えば予想される浸水の深さと範囲など）を利用して市町村がハザードマップを作成している。予想される災害だけではなく、避難経路や避難所も示している（図6）。1995年に成立した地震防災対策特別措置法は、都道府県と市町村に、地震と津波のリスクに関する意識を高めるために、ハザードマップの作成を努力義務としている。2010年時点では、全国の都道府県の80%はすでに津波浸水予測図を作成しており、また沿岸の市町村の50%は津波ハザードマップを備えていた。

国は自治体によるハザードマップ作成を促すために技術支援を行い、ガイドラインを示してきた。2004年、「津波・高潮ハザードマップマニュアル（案）」を作成して市町村によるハザードマップ作成を助け、ハザードマップの利用を全国的に促進してきた。このマニュアルは、津波・高潮ハザードマップの基本概念と作成のための標準的方法を示しており、浸水区域を予測する数値シミュレーションの方法を詳しく説明している。表2に示し

図6：津波ハザードマップの一例、岩手県宮古市

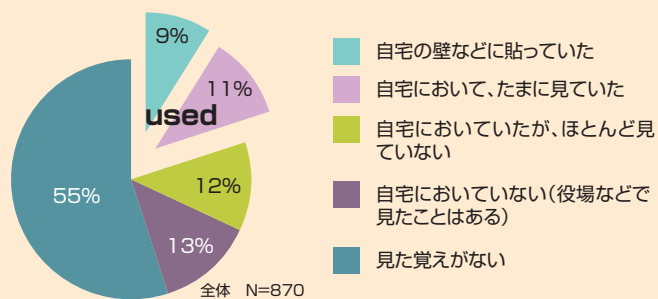


出所：宮古市

表2：浸水危険地域を推定する方法

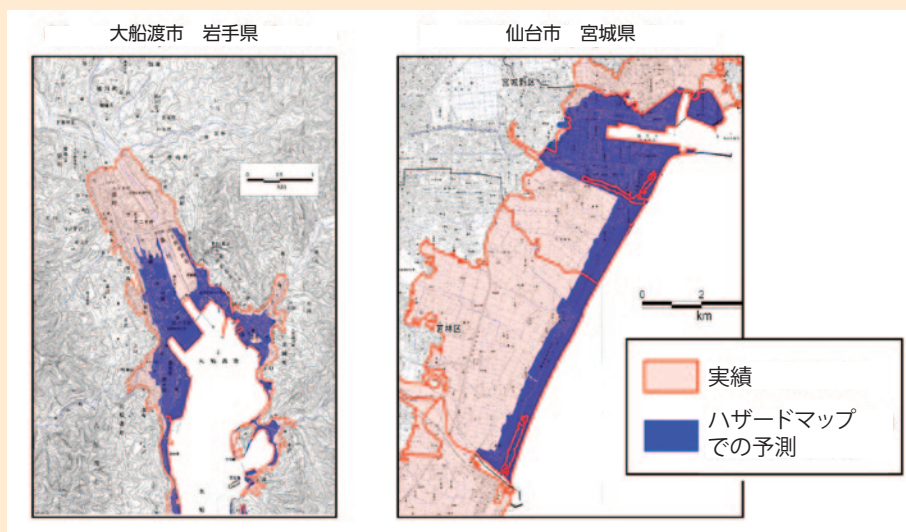
方法	手順	メリット/デメリット
時系列での数値シミュレーション	数値モデルを使用して浸水地域、浸水の深さ、流速、津波到達時間などを推定する	精度良い推定が可能であり、防災施設の効果を考慮することができる。費用と労力がかかる
レベル湛水法	津波の高さと幅をもとに越流・越波量を計算し、地盤高データを基に浸水の範囲を推定する	費用と労力はそれほどかからない。構造物や建物の効果、水流の勢い（遡上高）の効果を考慮しない
既往浸水実績による設定	歴史上津波で浸水した地域を基に設定する	簡単で低コスト 歴史記録がないと使用できない。防災施設建設などの変化を反映することができない。
地盤高による設定	予想される津波の高さより低い土地を浸水予測区域と設定する	簡単で低コスト 構造物や建物の効果、水流の勢い（遡上高）の効果を考慮できない

図7：ハザードマップの利用状況



出所：内閣府

図8：実際の浸水範囲とハザードマップの比較



出所：内閣府

たように、利用可能なリソースとデータに応じて最善の方法を選択できるよう、複数の手法についても説明されている。津波の数値シミュレーションは、一般的に以下のようなステップが必要になる。

- 断層モデルの作成
- 地形データの作成
- 初期水位条件の設定（通常、断層モデルで計算された垂直変位を用いる）
- モデルの検証と再現性確認
- 予測シミュレーション

日本では、市町村はハザードマップを避難手順を定めるために主に利用し、土地利用規制や開発計画には活用されてこなかった。東日本大震災の教訓を踏まえ、政府は津波に強いまちづくりのための新しい法律を制定した。新法では、都道府県が津波浸水予想区域を設定し、それをもとに市町村が土地利用の規制や津波防護施設の整備等を行うと定めている（KN2-7）。

被災地でのハザードマップ利用状況

東日本大震災で津波に襲われたすべての市町村は、津波ハザードマップを有していた。しかし、被災地での調査によると、20%の住民しかハザードマップを活用しなかった（図7）。また、ハザードマップに示されていた浸水範囲は実際と比べて小さいケースが多かったため（図8）、住民にとって誤った安心材料となり、避難を遅らせ、結果として被害を拡大させた可能性もあると指摘されている。

教訓

- 災害評価は、災害のリスクを管理する政策策定の基礎情報として役立つものであり、きわめて重要である。日本では、地震と津波の災害評価は、国民の意識を高め、災害に備えるために広範囲にわたって実施されている。
- 地震と津波の規模が実際より小さく予測されたために、被害も実際より小さく想定されていた。また、過去の想定では長周期地震動、津波による火災、原子力発電所の事故などを十分考慮していなかった。
- 災害評価に伴う不確実性を考慮し、地震学はもとより、津波堆積物や歴史文書などを調査し、地質学、考古学、歴史学の研究など、入手可能なあらゆる情報を利用して発生しうる最大規模の危険シナリオを用いるべきであった。
- ハザードマップは被災地のすべての市町村によって作成されており、避難手順を設

定する重要な手段として機能した。

- ハザードマップは住民の避難活動を容易にし、誘導すべきものであって、誤った安心感をいだかせてはならない。低頻度の災害も含めた複数レベルの浸水区域を示すことや、津波警報と直接結びついた情報を提供することが効果的と考えられる。マップに記載された情報の意味は、明瞭でなければならず、利用者に分かりやすく説明されなければならない。
- 東日本大震災の際、ハザードマップを利用したのは、住民のわずか20%にすぎなかった。リスク情報は、住民に効果的に共有、利用されなければならない。

途上国への提言

- 災害のリスクを理解することは災害リスクを管理する上で、不可欠である。適切な戦略と対策を検討するには、発生しうる被害の定量的な推定が重要となる。リスクへの暴露に関するデータは、リスク評価の重要な情報となるので、収集しマップ化し共有すべきである。
- 地震・津波の災害評価には、限界と不確実性が伴うことを念頭に置きつつも、災害リスクを管理する政策を立案する際には、起こりうる最大規模の災害について調査し、考慮すべきである。災害評価は過去の地震や津波の記録に基づく統計的分析にのみ頼るべきではない。なぜなら、過去の記録は将来発生しうる最大級の危険までも説明するとは限らないからである。さらに、入手可能な記録に残っていなくても、現に発生した災害もある。構造物対策を講じる際に考慮すべき災害規模は、現地の経済社会状況に基づいて選択すべきである。災害とリスクの評価は、最新の研究成果ならびに最近発生した災害の経験を取り入れて定期的に改訂し、更新しなければならない。
- ハザードマップは、リスクについての認識を高め、避難手順を定め、避難施設の場所を決めるのに有効な手段である。ハザードマップは迅速な避難を可能にするという目的にかなうように、分かりやすく、利用しやすいものでなければならない。他方、利用者は、そこに記載されている情報には限界と不確実性があることを認識すべきである。リスク評価方法は、表2に説明されているように、予算と技術的制約を考慮して選択することができる。
- 災害とリスクについてのデータと情報を共有することは、とりわけ重要である。データは、中央の情報センターを通して公開・共有できる (KN5-2)。

著者

相良純子：建設技術研究所

齋藤恵子：世界銀行

主な参考文献

中央防災会議（2011）「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」

津波・高潮ハザードマップ研究会事務局（2004）「津波・高潮ハザードマップマニュアル（案）」

http://www.icharm.pwri.go.jp/publication/pdf/2004/tsunami_and_storm_surge_hazard_map_manual.pdf

内閣府（2012）「東日本大震災の経験を踏まえた日本の防災対策の見直しの動向」