

# チリ地震津波の経験を踏まえた公共交通機関の津波対策に関する調査

平成23年3月17日 運輸政策研究機構 大会議室

1. 報告発表者	運輸政策研究所共同研究グループ 藤崎耕一, 奥山忠裕, 梶谷俊夫, 室井寿明, 横田 茂
2. コメンテータ	堀 宗朗 東京大学地震研究所教授
3. 司会	森地 茂 (財) 運輸政策研究機構運輸政策研究所長

## 報告発表の概要

### 研究の趣旨と目的

今世紀中に東海地震, 東南海・南海地震が発生し, これら地震による津波(以下便宜的に「特定津波」)が太平洋岸に到達することが懸念されている。ただし, 地震が最悪規模になるとは限らず, 陸上側で感じる震度や到達する津波の強度や広がりも地域によってさまざまな場合がありえる。そこで, 運輸政策研究所は東京大学地震研究所堀宗朗教授研究室と共同で, 安全性の確保と社会生活を支える公共交通サービスの維持(運行を抑止する場合も必要最小限に留め, 迅速に再開させる)の両方の視点で, 鉄道に焦点を当てて津波対策を調査し, 引続き行うべき対応と検討が望ましい課題について幅広く抽出し, 公共交通を巡る防災関係者の間で議論を深めることを目的として, この研究を立上げ, 2010年5月に企画と方針の検討を始め, 2010年10月に本格的な調査を開始した。



報告発表者: 藤崎耕一

その際, 近年の貴重な経験である, 2010年2月に発生したチリ地震津波への対応も参考にしている。ただし, チリ地震津波と比較し, 特定津波の到達予想時間は極めて短いことが想定されることに留意する必要がある。

### 今回の報告発表内容

1. 2010年チリ地震津波への対応の概況
- 1-2. 2011年東日本地震津波への対応の概況
2. 鉄道における内外の過去の津波被害
3. 津波予報の仕組み及び東海地震と東南海・南海地震の比較
4. ハザードマップと低地の鉄道路線区間
- 4-2. ハザードマップと鉄道被災状況(東日本地震津波)
5. 鉄道における津波対策に関する制度
6. 鉄道における津波対策の取組例
7. 鉄道における津波対策を巡る課題案

(以降の章番号は, 発表の章番号と併せている)



コメンテータ: 堀 宗朗

## 1 2010年チリ地震津波への対応の概況

2010年チリ地震津波への対応の概況を表 1に示す。

2月27日(土)15:34頃チリ沿岸でマグニチュード(以下Mと表記)8.6の地震が発生し, 気象庁は, 翌28日9:33に津波警報等を発表した。気象庁は, 9:35に津波情報として, 津波の到達予想時刻と予想高さを発表し, 到達予想時刻については, 早い所では北海道太平洋沿岸東部に13:00, 予想高さについては, 例えば, 青森県等では3m, という内容であった。10:51から15:30の間に, JR東日本等鉄道事業者は, 太平洋沿岸等の一部の路線で, 津波到達予想時刻に間に合うように運転抑止を開始した。翌3月1日(月)8:06までに順次津波警報が解除され, 一部を除き同日始発から, 関係鉄道事業者の運転が再開された。バス事業者は, 津波警報発令区域で運休等を行ったが, 1日11:00現在で全て運行を再開していた。

ただ, 多くの予報区で予測高さより低い津波が到達したことから, 事後に気象庁長官から「予測精度が不十分, 津波予報データベースの改善等で精度向上に努める」旨談話があり, 同庁の津波予測技術に関する勉強会でも議論されている。

## 1-2 2011年東日本地震津波への対応の概況

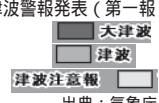
2011年東日本地震津波への対応の概況を表 2に示す。

表 1 2010年チリ地震津波への対応の概況

日付・時刻	対応主体	対応項目
2/27(土) 15:34頃		チリ中部沿岸でM8.6の地震発生
2/28(日) 09:33	気象庁 国土交通本省	津波警報・注意報発表 「大津波」: 青森県, 岩手県, 宮城県 「津波」: 北海道太平洋沿岸 ~ 沖縄県地方 非常体制
09:35	気象庁	津波到達予想時刻・予想高さ情報 北海道太平洋沿岸東部, 伊豆諸島13:00 青森県, 岩手県, 宮城県3m 等
10:51 ~ 15:30	各鉄道事業者 (JR旅客各社 三陸鉄道 仙 台空港鉄道 小田急 伊豆急, 静岡鉄道 岳南鉄道 名鉄 近 鉄, 土佐くろしお鉄道)	運転休止開始 (津波の到達予想時刻を考慮し, 太平洋沿岸等の一定の路線で)
19:01 ~ 翌03:06	気象庁	津波警報・注意報切替 (大津波警報の解除) 順次, 全ての津波警報を解除
3/1(月)	各鉄道事業者	始発から運転再開 (一部28日(日)夕刻から)

資料: 国土交通省, 気象庁

表 2 2011年東日本地震津波への対応の概況

日付・時刻	対応主体	対応項目
3/11(金) 14:46頃		三陸沖でM9.0 (暫定値) の地震発生
14:46	国土交通本省 東北・首都圏の鉄道	非常体制 運転休止
14:49	気象庁	津波警報発表 (第一報)  出典: 気象庁
14:50	気象庁	津波到達予想時刻・予想高さ 発表 岩手 既に到達と推測 3m 宮城 15:00頃 6m 福島 15:10頃 3m 等
16:37以降	首都圏の鉄道	一部を除き順次運転再開
3/13(日) 17:58	気象庁	全ての津波警報, 注意報の解除
3/14(月)	東北の鉄道	一部を除き, 運転休止中

資料: 国土交通省, 気象庁

3月11日14:46頃三陸沖でM9.0の地震が発生。14:46, 東北と首都圏の鉄道は運転休止。相当震度の地震であったために, 直に運転休止したと推測される。気象庁は, 3分後の14:49に第一報の津波警報(大津波警報を含む)を発表し, その1分後14:50に津波情報として, 津波の到達予想時刻と予想高さを発表。岩手県は3mの津波が既に到達と推測, 宮城県は15:00頃に6m, 福島県は15:10頃に3mとの予測であった。13日17:58には全ての津波警報が解除されているが, 14日現在, 東北の鉄道は, 地震自体または津波による被害またはその点検確認のためと推測されるが, 一部を除き, 運転休止中であった。なお, 北海道地方, 東北地方及び関東地方の海岸線を走るバス・タクシー・トラック事業者については, 国土交通省から運行自粛を要請する手配がされた。

2 鉄道における内外の過去の津波被害  
津波による我が国鉄道の被害は, 戦前1933年の昭和三陸地震, 戦中1944年の東南海地震, 戦後間もない1946年の南海地震(図1), 海外地震についての津波警報の仕組みが十分整っていない

かったために遠地津波であっても大被害を齎した1960年チリ地震及び1983年の日本海中部地震について, 気象庁技術報告等に記録されている。



図 1 南海地震津波 1946年12月: M8.0 最大震度5)

昭和三陸地震を契機とした直後の1933年6月文部省震災予防評議会「津波予防に関する注意書」は, 鉄道(特に鉄道駅)の新設または改修時には高地を利用すること, 緩衝地区では鉄道等の乗り入れを行わないこと等を予防方法の中で規定している。1934年の内務省による復興計画は, 鉄道も高地利用の旨記している。

過去の津波による交通障害の種類については, 首藤伸夫教授が「津波来襲直後の陸上交通障害について(1997)」において整理し, 構造物被災による交通障害の種類として, 例えば, 押波・引波の越流による鉄道堤の流出, 水流集中に

参考 交通障害の種類

構造物被災による交通障害
押波・引波の越流による被害
鉄道堤の決壊・流失・破損
水流集中による被害
陸間・橋梁取付部の翼壁周辺から始まる堤体洗掘
橋梁周りの洗掘
漂流物衝突による被害
橋梁の破壊・流失
線路曲折
浮力による被害
線路浮上・移動
機能妨害に基づく交通障害
路上湛水
泥土堆積
漂流物堆積
火事

出典: 首藤「津波来襲直後の陸上交通障害について」(津波工学研究報告第14号東北大学工学部災害制御研究センター1997)

よる洗掘, 漂流物衝突による橋梁破壊または線路移動等を掲げている。

海外では, 2004年12月のインドネシア・スマトラ島沖地震で発生した津波がインド洋沿岸に被害を齎した。「スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究(科学技術振興調整費による海洋開発研究機構等調査2005年)」は, スリランカの鉄道で, ある列車に到達した第1波が客車床よりも低かったため, 付近の住民が当該列車に避難したところ, はるかに高い第2波

が到来し、当該列車が転覆して1,000人が犠牲になった旨、導入されたばかりの近代型信号システムが使用不可能になった旨等を指摘し、信号設備とバラスト軌道の被害が顕著であったと結論している。古くは、1946年アリューシャン列島地震津波によるハワイ島ヒロにおける軌道被害の写真が記録されている。

**3 津波予報の仕組みと特定津波の種類**  
津波予報の仕組みに関しては、実際の観測値が発表される地震情報と異なり、気象庁が、予め、過去の津波データ等を基に、津波が発生する可能性のある断層毎に津波の数値シミュレーションを行い、それらの結果を津波予報データベースとして蓄積しておいて、実際に地震が発生したら、推定された地震の位置・規模に合致する津波データをデータベースから取出し、津波警報・注意報等を発表する。そして、沖合に設置されたGPS波浪計等潮位・津波観測施設で観測した津波データを踏まえて、必要に応じ発表内容を順次補正していく。現在は、技術向上により、地震発生後3分後以内を目標に津波警報等が気象庁から発表される状況である。

表 3のとおり、1m以上、3m以上の津波予想高さで、それぞれ津波警報、大津波警報が発表され、これら警報が発表された場合、全国を66、つまり、都道府県の数より少し多い、見方によっては比較的大括りの地域区分に分けた津波予報区毎の津波の予想到達時刻、予想高さ等が津波情報として気象庁から発表される。

現在の科学技術では、地震の直前予知はできないが、東海地震のみ地殻変動により予知できる可能性があると考えられており、東海地震の発生のおそれがあると判断された場合は、東海地震予知情報が発表され、警戒宣言が発令される。震源域の地理的分布の違いによ

り、相当の津波の到達範囲は、東海地震では中部及び一部関東の太平洋岸が中心である一方、東南海・南海地震では、九州、中国、四国、近畿、中部の太平洋岸と瀬戸内海の広範囲にわたると想定されている(図 2)。

**4 ハザードマップと低地の鉄道路線区間**  
地震防災特別措置法第14条及び防災基本計画(中央防災会議策定)により、都道府県は津波を想定した浸水区域図を作成することになっており、市町村では、これに避難所、避難経路等の情報を加えた津波ハザードマップを作成する取組が進められている。

一部の鉄道事業者にはヒアリングを行った範囲では、津波の危険が迫ったときに、鉄道事業者が列車の進入を抑制する区間を予め想定する場合や利用

者・乗客の避難誘導を行う場合には、自治体が作成したこのようなハザードマップを基本的に参考にしつつ、当該鉄道路線における過去の津波到来時の浸水域の経験も考慮されている。なお、鉄道路線のある地域の幾つかの地図情報を見た範囲では、地域によっては、標高の高低とハザードマップ上浸水区域に該当するかどうかは必ずしも一致しない。なお、浸水危険区域を想定するための前提となる想定地震、波源モデルや断層パラメータ等も、自治体によって異なる模様である。

#### 4-2 津波ハザードマップと鉄道被災状況(東日本地震津波)

2011年3月に発生した東日本地震に関しては、東北地方で、JR仙石線、仙台空港線、JR八戸線、JR山田線、JR大船

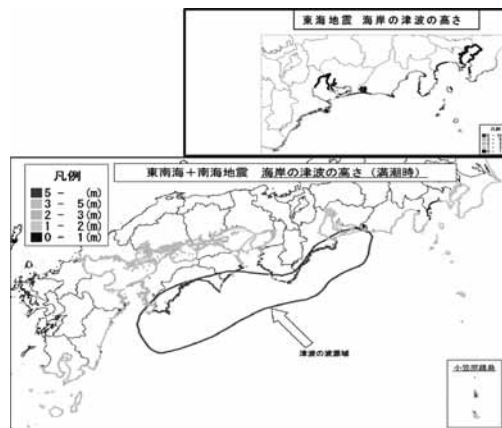
表 3 津波警報等と津波情報

種類		解説	発表される津波の高さ
津波警報	大津波	高いところで3m程度以上の津波が予想されますので、厳重に警戒してください。	3m, 4m, 6m, 8m, 10m以上
	津波	高いところで2m程度の津波が予想されますので、警戒してください。	1m, 2m
津波注意報		高いところで0.5m程度の津波が予想されますので、注意してください。	0.5m

津波情報 津波警報・注意報を発表した場合に提供

種類	内容
津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報	各津波予報区の津波の到達予想時刻や予想される津波の高さを発表
各地の満潮時刻・津波の到達予想時刻に関する情報	主な地点の満潮時刻・津波の到達予想時刻を発表
津波観測に関する情報	実際に津波を観測した場合に、その時刻や高さを発表

出典：気象庁



出典：中央防災会議

図 2 東海地震及び東南海・南海地震の津波の想定波源域と想定高さ



渡線、JR気仙沼線及びJR常磐線について、列車の脱線もしくは流される、線路もしくは橋げたの流出等の被害があったが、幸い乗客は避難し、または救出された旨報じられた。

これらの被災地域の沿線自治体はそれぞれ津波ハザードマップを作成しており、被災直後という事情もあり、インターネットサイトでは必ずしも確認できなかったものの、例えば、列車の脱線が発生したJR気仙沼線最知駅～松岩駅間や列車が山側に流されたJR仙石線野蒜駅～東名駅間は、それぞれ気仙沼市津波ハザードマップ上及び東松島市津波ハザードマップ上浸水予想区域とそれ以外が混在している。また、1階部分が浸水した仙台空港駅は名取市ハザードマップ上浸水予想区域外である(図3)。なお、JR貨物の貨車が流出した常磐線浜吉田駅～山下駅間は、山元町津波ハザードマップ上浸水予想区域外である。

**5 鉄道における津波対策に関する制度**

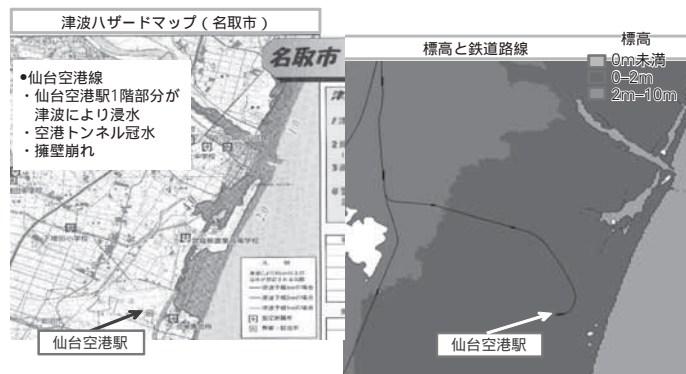
鉄道施設関係については、前述の昭和三陸地震後に策定された文部省「津波予防に関する注意書」及び内務省による復興計画と内容が一部関係していると推測されるが、1998年に関係省庁が策定した「地域防災計画における津波対策強化の手引き(図4)において、津波防災の観点からのまちづくりの一環として、鉄道を含む交通施設について、

- ・危険性の高い地区を通過しないことが望ましい
- ・危険性の高い地区を通過する部分については破損を受けないように強化しなければならない
- ・鉄道橋等に見られるように、橋梁上部工が軽い場合は、漂流物の衝突によって破壊された事例も多いため、津波防災を考慮した構造が必要という点等から、配置及び構造について配慮することを自治体の地域防災計画中の津波防災計画で位置づけることが推奨されている。

鉄道運行関係については、鉄道営業法に基づく技術基準省令が、鉄道事業者は、津波を含めて、列車に危険の生じるおそれがあるときの危険防止の措置を講じるべきことを規定している(表4)。これはいわゆる性能規定であり、鉄道事業者は、当該省令の実施基準を定め、地方運輸局長等に届出る仕組みになっている。

防災法体系(図5)においては、東海地震を想定した大規模地震対策特別措置法は津波のみならず地震全般の対策のための強化地域を、東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法は津波対策のための推進地域を定めている。

例えば、後者の法律に基づき、JR以外の関係鉄道事業者は、中央防災会議の



出典：宮城県名取市(左図)

図3 津波ハザードマップと標高図の比較の例

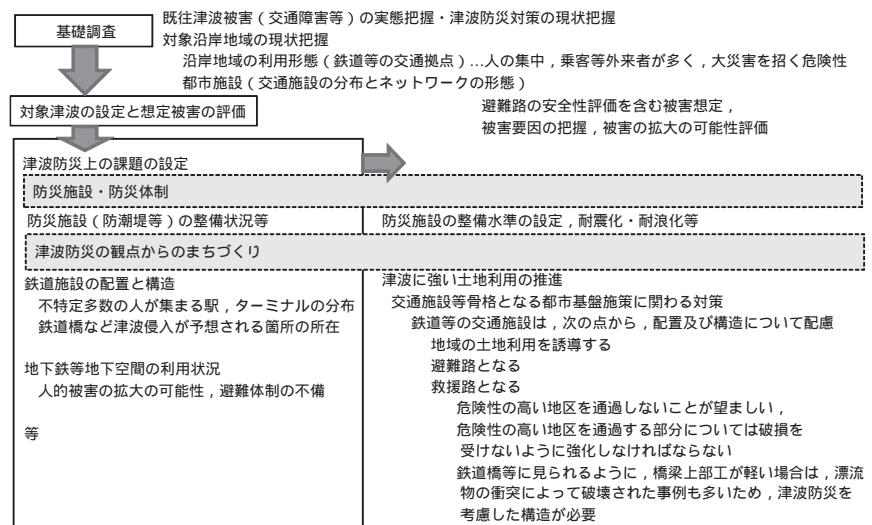


図4 地域防災計画における津波対策強化の手引き(1998年関係省庁策定)の概要

表4 鉄道営業法に基づく関連性能規定

鉄道に関する技術上の基準を定める省令〔国土交通省令〕(抄) (列車の危険防止) 第108条 暴風雨、地震等により列車に危険の生ずるおそれがあるときは、その状況を考慮し、列車の運転の一時中止その他の危険防止の措置を講じなければならない。 [国土交通省鉄道局策定の解釈基準](抄) - 17 第108条(列車の危険防止)関係 1 気象等の状況による危険防止措置 気象又は地象の状況により、列車に危険の生じるおそれがあるときの列車の運転の一時中止又は運転速度規制等の措置については、その方法、対象とする区間等を定めておくこと。
--

鉄道事業者は当該省令の実施基準を定め、地方運輸局長等に届出る仕組み

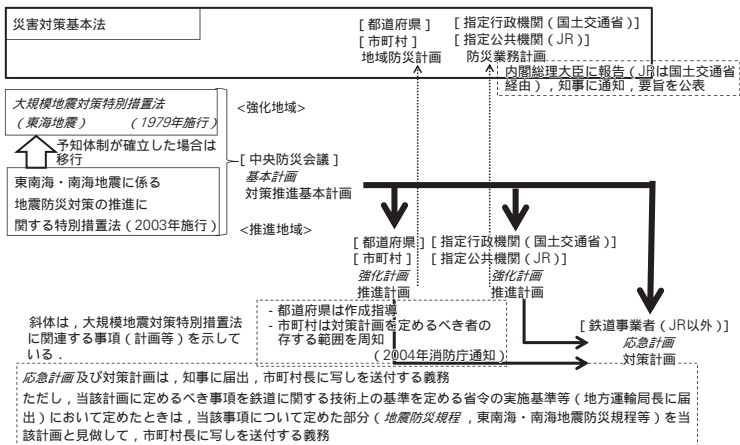


図 5 地震津波発生に対する防災法体系(鉄道関係部分)の概要

定める対策推進基本計画及び自治体の定める推進計画等に整合をとって、対策計画を策定し、知事に届出する義務があるが、対策計画に定めるべき事項を前述の実施基準で定めるときは、対策計画と見做される。指定公共機関であるJR各社は、推進計画を定めて、災害対策基本法上策定すべき防災業務計画に含め、要旨を公表しなければならない。

関係鉄道事業者は、対策計画等に、津波からの円滑な避難の確保として、津波警報等の旅客等への伝達、運行等に関する措置(走行路線に津波の来襲により危険度が高いと予想される区間がある場合における運行停止その他運行上の措置)、避難対策(避難場所、避難経路その他円滑な避難のために必要な対策等)、年1回以上防災訓練を実施すること、従業員等に対する教育及び広報の実施内容、方法等を明示することになっている。

また、国土交通省防災業務計画は、東南海・南海地震対策に関して、鉄道事業者に対して、予め整備した対応マニュアル等を踏まえ、運行等に関する措置を指導することとともに、交通機関、交通施設内で被災した場合の対処要領等を作成し、広く一般国民に配布する等に努めることを定めている。

なお、東海地震対策特有であるが、関係鉄道事業者は、応急計画等に、警戒宣言が発せられた場合に、強化地域内

へ進入する予定の列車に対しては進入を禁止すること等の措置を明示することになっている。

JR以外の関係鉄道事業者に関して2004年に消防庁が都道府県を通じて実施した調査によれば、両法律に基づく対策計画及び応急計画の届出率は100%である。

東南海・南海地震に関し、関係14府県の地域防災計画のうち、対策推進基本計画に沿った、鉄道の運行等に関する措置に特化した記述があるのは、徳島県、岡山県及び三重県を除く11府県である。なお、兵庫県の地域防災計画には、神戸市交通局地下鉄海岸線について駅出入口の止水板及び防水扉の作動等措置を求める記述がある。また、高知県南海地震による災害に強い地域社会づくり条例は、鉄道に特化していないが、予め避難路等について確認する通勤・通学者等の努力義務を規定している。東海地震に関しては、関係4県のいずれの地域防災計画においても、基本計画に沿った鉄道の運転等に関する措置が記述されている。

## 6 鉄道における津波対策の取組例

主要鉄道事業者の数社にヒアリングを行った範囲に限定されるが、7章等他章でまとめて紹介する取組のほかにも、例えば、2010年チリ地震津波の際には、次のような対応がなされている。

即ち、津波警報等津波関係情報の入手及び監視体制については、常時24時間体制で、気象庁防災気象情報提供システムまたは気象業務支援センターからの本社・支社への電子メールまたはFAXへの自動受信によりなされており、TV情報も参考にされていた。運行管理部門の指令所を含め、2月27日の地震発生後から監視を開始または強化され、既に設置されている場合を除き、緊急体制が2月28日午前中から新たに設置されていた。本社・支社等間の事業者内は電話、FAX、電子メール等により連絡がとられており、運行規制(停止)の場所及び時間、利用者への案内、現場職員による避難誘導、設備被害(路盤の冠水等浸水被害や通信トラブル)に対する準備等の事態を想定して対応が事前に検討されていた。列車の運行の停止等については、事業者内の予め定められた規程に基づき、支社長、対策本部長等の然るべき組織で、津波警報に伴って気象庁から発出される津波情報上の予想到達時刻に間に合うように、浸水危険区域への進入の抑止、当該区域外等での停車等について、判断され、かつ、指示されている。そのような運行停止等についての情報は、メディアや地方運輸局にも連絡されるとともに、利用者に対しては、駅、車内放送、ホームページ、携帯電話のサービス等で直接発信されるとともに、電話問合せ等に対する個別対応も行われている。また、運行再開については、主として気象庁による津波警報の解除を待って、目視で浸水の有無等線路の状況等を確認点検し、必要な場合には試験列車を走行させる段取りで安全確認を行った後に、判断されており、運行再開の情報については、運行停止等の情報と同様の方法で利用者へ周知がなされている。当時の経験を踏まえ、ヒアリングを行った鉄道事業者からは、津波情報において、到達・終息の時間等の正確な情報、この時間までは津



波警報が解除されないだろうという見込み情報等がほしいとの要望も聞かれた。

また、地震と比較し、津波については、鉄道利用者側に経験が少ないことから、鉄道事業者が津波対策上の対応を行うに際し、津波への利用者の意識（の薄さ）が問題となる可能性について指摘された。

## 7 鉄道における津波対策を巡る課題案

### 7-1 鉄道運行における対策

#### (1) 津波浸水危険区域内にある鉄道施設と避難所等の把握

鉄道事業者は、自治体の作成した津波ハザードマップを基本的に参考にして（吟味する例もあり）、かつ、当該鉄道路線における過去の浸水域の経験を考慮して、浸水危険区間と避難場所等を把握せざるを得ないと想定される。しかし、当該マップについては、特定の津波の高さを前提に作成されたものが多いため、実際に到来する津波の高さがその前提と異なる場合には、そのまま活用することが難しくなる。また、路線の標高データ等が予め入力されていて、津波予想高さに応じた浸水危険区間が瞬時に一斉表示される技術サービスが開発されれば便利である。また、避難所の指定のための調整に時間を要し、ハザードマップが未作成の地域があるが、そのような地域もハザードマップの速やかな作成が望まれる。

鉄道事業者には、予め津波被害を想定した浸水区間と避難場所の地図を作成して、駅務員及び乗務員に行動規範と共に周知することを基本としつつ、列車の運転操作等を行う乗務員向けには、浸水危険区間の始末端等に当該区間であることを示す標識を設置する対応を行っている例がある。また、これも乗務員向けであるが、JR西日本のように、避難所の方向を示す蛍光矢印型の標識を浸水危険区間の線路脇に設置する対応を行っている例がある。このような様々

な創意工夫は、他の事業者にも参考になると考えられる。なお、一般論だが、津波対策用の設備は、地震等にも耐える設置方法等が求められる。

また、列車が浸水危険区間に近づけば、GPSと連動して警戒音が鳴る運転士支援システムや避難所、避難経路を携帯端末等に表示する安価なシステムが開発されれば実際の避難の際に活用できる手段の選択肢の幅が広がる。

なお、国土交通省津波対策検討委員会が2005年にまとめた提言では、緊急的（概ね5年以内）に対応すべき具体的な目標と対策の一つとして、「道路利用者、運行中の列車、船舶等については、携帯電話等といった情報通信機器、情報提供施設の活用等、多様な手段を用いて情報を提供」を掲げている。ただし、例えば、一般の携帯電話利用は、今回の東日本地震の際は、通じにくかったため、災害時の通信機能の確保と併せて議論していく必要があるかもしれない。

旅客向けには、避難経路、避難場所の載った地図を浸水危険区域の駅に掲示している例がある。常時見やすいところに掲示されていなければうまく機能しないこともあるため、図6の例のように目立つ場所に掲示する必要があるだろう。更に、駅間の線路で列車が停車し、避難する場合に備え、列車内にも掲示しなくてよいかという点についても議論したい。

JR九州日豊本線 豊後豊岡駅



資料：JR九州提供

図6 駅における避難場所等地図の掲示事例

#### (2) 列車からの避難誘導

ヒアリングをした鉄道事業者では、浸

水危険区間に列車がある場合で、一定強度の地震が発生するときまたは津波到達予想時刻まで当該区間から列車を離脱させる時間的余裕が無いときは、その場で列車を停車させ、乗客を避難場所または高台へ避難誘導させることが基本パターンの一つとなっている。一方、通勤通学者等に予め避難路、避難方法等について確認する努力を義務付けている高知県の例はあるが、仮にそのような地域でも、県外からの旅行者に冷静な行動を促すためにも、また、ワンマン列車等で乗客の協力を円滑に得るためにも、上記のような避難方法を予め周知する必要はないか。また、外国人旅行者への現場での避難案内も十分に準備することも必要ではないだろうか。

列車からの避難誘導が必要な場合に備えての工夫として、JR四国のように車両に避難用梯子とその設置箇所案内を常備している例もある。

#### (3) 運行の抑止及び再開等の判断

ヒアリング対象の鉄道事業者では、運行の抑止に関しては、津波警報が発令されれば、津波到達予想時刻に間に合うように、浸水危険区域への進入が抑止され、当該区域外で停車されるよう、指示を出すことが基本パターンの一つとなっている。加えて、津波警報発令前でも揺れが続いた場合にも運行抑止することになっている例が見られる。一方、揺れが続いたという感覚に依存することなるべく避けるためには、津波警報発令前でも避難が必要なることを喚起する速報的な情報提供サービスを新たに気象庁が開発する必要が望ましい。

また、運行の再開に関しては、気象庁による津波警報が解除されれば、行ってしまうのが基本パターンとなっている。一方、自治体による避難勧告の解除については、科学的な基準が必ずしも明確ではない場合は、運行の再開等の判断の根拠に援用できるかは、吟味が必要と考え

られる。また、内湾であれば比較的安全と判断できるかについても具体地形に応じた専門家の吟味が必要と思われる。

津波警報に伴う津波情報における、津波の到達予想時刻及び予想高さに関しては、地理及び時間の刻みの点でよりきめ細かく正確な即地情報が提供されれば、鉄道事業者としては、列車及び乗務員の手配を含む、運行の抑止及び再開の準備をより効率的に行えると考えられる。その情報提供が公的主体による信頼性の高いサービスであれば、運行の抑止及び再開の判断の拠所としても活用されるにことありうと思われる。また、津波警報の解除時刻または非解除期間この時間までは警報解除することはないという時間の見込みが早期にわかるだけでも、運行再開の準備が効率的になるとの声があった。

津波に備え、乗客にとっては不便な地点で運行を停止する場合もありうるが、そのような場合もありうることにしても、地震と比較して津波について馴染みのない利用者側の理解の醸成を平時から何らかの形でしておくことが必要であると思われる。

また、例えば、東南海・南海地震が発生した後、連動して東南海地震予知情報が長期に亘って出る場合、当該地域で鉄道事業者は原則論どおり警戒宣言が解除されるまで運行休止したままであれば、社会的影響も大きくなるので、対応策を検討しなくてよいのか？

#### (4) 運行再開前の安全点検

目視で浸水の有無等線路の状況等を確認点検し、必要な場合は試験列車を走行させて安全確認する例が見られる。

一方、浸水した盛土等や津波を受けた橋脚の安全確認の方法において技術面で開発の余地はないのか？

#### 7-2 鉄道施設に関する対策

自治体を名宛人とする「地域防災計

画における津波対策強化の手引き」の内容(5章で既述)について、広く関係者において、その内容を改めて意識し、または規範として位置づけなくて良いか？ただし、現存施設にそのまま適用するのは、現実的ではないという課題はある。なお、空港については、2008年に、津波等に対する強度に係る基準が航空法上の設置基準に追加されたが、現存施設等については一定の工事に着手する場合を除き新規定を適用しない旨の経過措置が施されている。

鉄道に限定されないが、橋脚等について、津波に対する安全性を確保する技術標準を開発する必要がある。

#### 今後の予定

特定津波の対策の推進地域等に路線を持つ鉄道事業者にアンケート調査への協力を依頼し、引き続き行うべき対応と課題案について検討を深めたい。その結果については、中小を含めた鉄道に限らず、公共交通分野全般を巡る津波対策にも参考になることを想定している。

#### コメントの概要

##### 1 東北地方太平洋沖地震

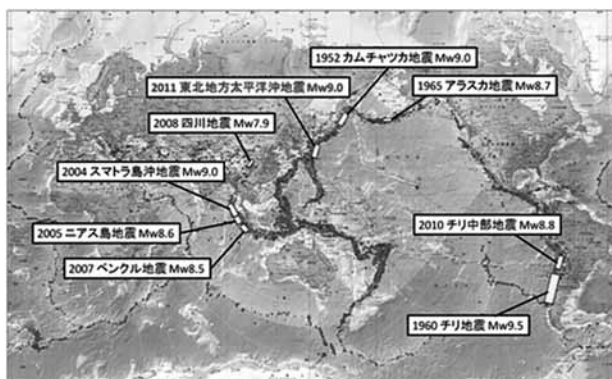
今回の東北地方太平洋沖地震は、M9.0、北緯38.03度、東経143.15度、深さ24.4kmの地点で発生した。この地震による津波の高さは、福島県相馬市で7.0m、茨城県東茨城郡大洗町で4.2m

であった。世界の地震の事例を見てもらうと分かるが(図7)、今回の地震は、この約100年間で5番目の規模である。

いままで、宮城県沖地震は、30年以内にはほぼ100%の確率で発生することが予測されていたものの、M7.5と想定されていたことから、今回の地震のM9.0とは異なっている。その理由は、今回の地震が、岩手、宮城、福島といった複数の地域で発生した連動型地震であったためである。このような連動型地震及びそれによる津波は、過去の記録にもあり、国内外の研究ではこの連動型地震が発生する可能性は指摘されていた。しかし、研究レベルであり、想定された地震ではなかった今回は、その想定を超えた、連動型の巨大地震が発生した。対応が難しい状況が発生したと思われる。

今回の地震の特徴を図8に示す。三つの目玉があり、上が岩手県、真ん中が宮城県、下が福島県である。中心に向かって地震の規模が大きくなっている。津波の物理シミュレーションの結果を動画で見ることが可能で、これにより大きな津波が沿岸を襲っている状況が分かる。この物理シミュレーションは、現在の津波予報シミュレーションとは異なり、実際の観測値に基づき地震発生後2日後に行われるもので、今後津波予報に関わる重要な技術となる。

この津波は人的被害、社会基盤施設に大きな被害を与えた。正確な状況については、今後の調査を待つしかない。



出典：東京大学地震研究所ホームページ

図7 世界の震源分布



また、この地震で原子力発電所が被害を受けた。早期の対策が重要な状況である。

連動地震は東海・東南海・南海でも起こりうる地震である。

2 調査結果に対するコメント

津波に対する交通機関の対応を網羅的に調査した例は過去に例がなく、今回の調査結果は極めて意義が大きい。

調査から得られた主な知見として、一部の鉄道事業者が地震・津波用に作成した事前対策は相応に有効ということがあげられる。特に対策マニュアルの有効性が確認されたことは重要である。

調査から抽出された1つ目の課題は、事業者間の考え方の共有であるように思われる。相応の有効性が確認された津波対策は、他の鉄道事業者や交通事業者に広げるべきである。

2つ目の課題として、津波情報の高度化が必要である。津波警報解除情報の発信や、浸水域情報の高精度化・高分解能化が必要である。

最後に、技術開発について述べる。まず、津波から逃げるためには、個々に情報が送れる方がよい。空間分解能の向上、浸水域の正確な予測といった津波情報の高度化、緊急津波速報の開発といった避難情報の高度化が必要である。

3 東海・東南海・南海地震

発生が懸念されている東海・東南海・南海地震では、地震が連動して発生する可能性がある。連動した場合には大津波、連動しなくとも津波の発生が予想されている。連動した場合、広域を襲う地震、津波に如何に対処するかが重要である。

東海・東南海・南海地震のシミュレーションを図9に示す。特徴としては、地震の連続性である。最初の地震が発生してから1~2日後、1~2年後の地震に

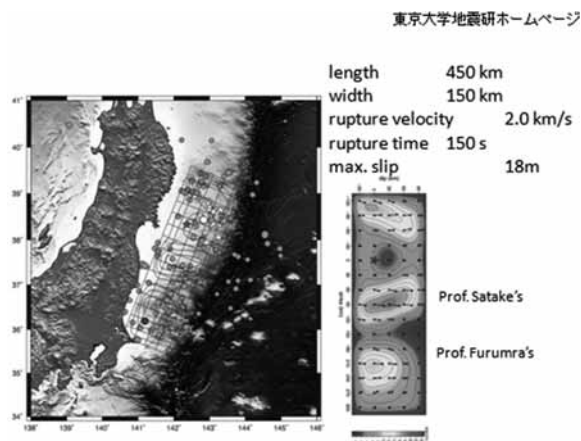
も備えることが重要となる。

東海等、海溝型巨大地震の質的な特徴として、長周期地震動と継続時間の長さ、量的な特徴として、被災地域が広域であることが挙げられる。広域の地震被害に対し、復旧に必要な人的資源という問題がある。

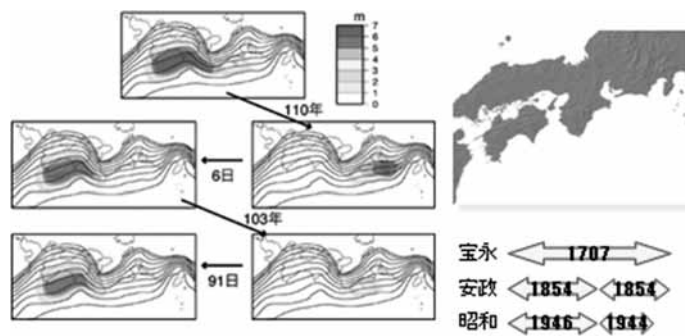
建設関係主体の現状を図10に示す。建設産業ならびに従業者数は減少しているのが現状である。広域被害の

場合の人的資源の配分について検討しなければならない。

復旧・復興のための人的資源の試算例を示す。表5が労働単価の概算である。いくつかの仮定をおいているが、これらの値のもとで、東海・東南海・南海地震の場合、技術者16万人、労働者80万人と試算される。なお、想定を変えて、これらの値は変わることには注意されたい。



出典：東京大学地震研究所ホームページ  
図8 観測とシミュレーション



Hori et al. 2005  
図9 東海地震等のシミュレーション

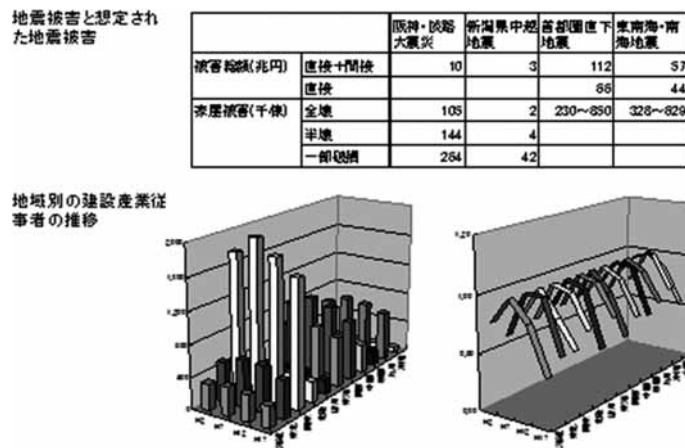


図10 復旧・復興のための人的資源



表 5 労働単価の概算

金額(千円)	777,810
人・月	35,386
1名月毎の金額(千円)	21,981

最後に全体総括をする。まず、一部の鉄道事業者が地震・津波用に作成している対策は相応に有効であることが確認できた。課題としては、鉄道事業者や産業界で津波対策の共有、避難のための津波情報の高度化、が必要である。今後の被害調査の結果を待つことが前提であるが、東日本大震災教訓を東海、東南海・南海地震の備えに活かすことが国家的課題といえる。

#### 質疑応答

- Q 森地:今回(東日本地震)の津波では、水流に加え、漂流物で破壊されている。構造物の壊れ方から津波の漂流物による外力が構造物にどう影響を与えたかを予測する研究はあるか。構造物の津波対策として設計基準を考えると、津波や漂流物による外力を考慮しなければならないが、その点はどうか検討されているか。
- A 堀:津波による構造物への影響は港湾技術研究所等で研究されている。海洋技術研究開発機構で漂流物の衝撃についてシミュレーション研究を始めている。アメリカのオレゴン州にある実験施設は漂流物の衝撃の計測等を行っている。津波の発生頻度は極めて少なく、津波の外力を設計基準に考慮するかは別途議論になると考えられる。鉄筋コンクリートの3階建て建築物を津波発生時の緊急シェルターにしようという取組みがある。このような建築物には漂流物の外力を含めて安全性を検討することが求められる。
- Q 今回の地震で、地震が発生してから

津波までの到達時間は30分前後と報道されたが、実際はどうだったのか。

- A 藤崎:今回の地震では、地震発生から4分後に気象庁が発表した津波到達予想時刻では、岩手県は既に到達していたと推測されていた。宮城県及び福島県については、到達予想時刻がそれぞれ地震発生後から14分後及び24分後であった。当方の報告資料に例示しなかった他の地域では、更に時間があつたところがあるが。
- A 堀:津波も、内湾に来ると複雑な挙動をするので、実際に陸地に到達する予想時刻もずれてしまうことがある。
- Q 森地:津波対策として3階建以上に避難すべきことを一般的に耳にするが、今回の報道では、そのような建物も破壊されているように散見される。また10m以上の津波高さが観測された地点もあるが、局地的なものなのか。内湾は安全といえるのか。
- A 堀:局地的には10m以上の津波高さが観測された地点もある。津波は流体の運動であるため、陸地などの形状に応じて水が所定の高さに達する。津波高さが30mにも達した観測結果もある。このような高さの津波から全員を確実に守るための対策はそれなりに時間がかかる。
- A 藤崎:内湾なら比較的安全なのかそうでないのかは、具体地形に応じた科学的検討をして初めて判断できることと思う。
- Q ハザードマップは基本的に住民等の人命を守ることを優先して自治体によって作成されている。鉄道の場合、住民等が多数生活を営む市街地だけでなく、人が住まない沿岸域をも走っていて、特に、ほぼ直線的に汀線が続く海岸ではエネルギーが集中しないので津波はあまり高くないと考え

られていて、作成に対する過去の助成との関係から、ハザードマップ作成の優先度が低いと見做されていたところもあるのではないかと。こうした現状を考えると、ハザードマップの存在を前提とした鉄道の津波対策を考えることは出来ないのではないかと。

- A 藤崎:実態としてハザードマップの作成が遅れている地域があるのは確かだが、たまたま鉄道路線しか通っていないような部分があつたとしても、自治体が責任を持って地域の浸水区域図とハザードマップを策定すべき。
- Q 森地:同じ地域でも、田畑などしかないところではハザードマップの対象にしないということがあるのか。
- C 港湾局、河川局、水産庁、農村振興局で所管する海岸については、これら関係省庁がハザードマップ作成マニュアルを策定している。自治体は、そのマニュアルを参考にしつつ、浸水域等の被害予想、避難先や避難経路等を示したハザードマップを作成している。自治体によりハザードマップ作成の考え方は異なるだろうが、海岸事業の実施に合わせて自治体の津波・高潮ハザードマップ作成を支援する「津波・高潮危機管理対策緊急事業」(注)を活用した場合、人口や家屋の多い地域を優先してハザードマップを作成していたと考えられ、田畑だけのエリアなどでの優先度が低くなっていたのではないかと。(注:「津波・高潮危機管理対策緊急事業」は、平成22年度より社会資本整備総合交付金のメニューとして交付金化されており、ハザードマップ作成の自治体の裁量度合いは増している。)

(とりまとめ:奥山忠裕,梶谷俊夫,  
藤崎耕一,室井寿明,横田 茂)