Interview

柴山知也 教授
東日本大震災復興研究拠点 複合災害研究所 所長
理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科

津波・高潮の専門分野から海岸地域の減災戦略を練る

土木工学の知見を生かし沿岸防災専門研究所を設立

私が所属する社会環境工学科は、土木工学がルーツですから、壊れた構造物をどうやって建て直すか、次に壊れないためにはどうしたらいいかといった問題を多く扱います。そして、避難や行政対応、環境問題に関することまで、まさに今回の大震災復興にかかわるあらゆる事柄が研究対象になります。

東北で起こった津波についてしっかり調査をして、そこから見いだされる教訓を、日本そして世界の沿岸地域の防災に生かしていきたい。それが、震災後に立ち上がった「複合災害研究所」設立の趣旨です。

私の専門は津波・高潮ですが、アジアはこうした沿岸部の災害がとても多い地域で、ほとんど毎年のように被害が出ています。2004年以降でも、インド洋津波から始まって、ジャワ島中部地震津波（2005年）、サモア諸島津波（2009年）など、私

近年の大きな被害が目立つ津波と高潮

津波	
1896年	明治三陸地震津波（死者2万6360人）
1960年	チリ地震津波（日本の死者142人）
1983年	日本海中部地震津波（死者101人）映像（動画）が撮影される。
1998年	パプアニューギニア地震津波（死者2500人）
2004年	インド洋津波（死者+行方不明22万人）
2005年	ジャワ島中部地震津波（死者668人）
2009年	サモア諸島津波（死者183人）
2010年	チリ津波（津波による死者500人以上）
2011年	東北地方太平洋沖津波（死者約1万5800人　行方不明約3300人）
高潮（台風による吸い上げと吹き寄せ）	
1959年	伊勢湾台風　（死者+行方不明5098人）
1999年	熊本県不知火町（死者31人、不知火町で12人）
2005年	Hurricane Katrina（死者1200人）
2007年	Cyclone Sydl（死者+行方不明5100人）（Bangladesh　1970高潮：50万人　1991高潮：14万人）
2008年	Cyclone Nargis（死者8万4537人　行方不明5万3836人）

柴山教授作成

は現地で調査しましたが、非常に多くの人々が犠牲になりました。

そこで分ったことの一つが、津波や高潮による「不意打ち」は怖い、ということ。スリランカやタイは、河川が氾濫（はんらん）しての水害は経験しているけれど、津波のように暴力的に“水が襲ってくる”イメージというものは、住民の頭に全くなかった。ミャンマーの高潮も、インド洋のサイクロンが過去にない最悪のコースを取ったために、河川の下流地域が史上初めての大きな高潮に見舞われてしまった。アジアでここ7、8年大きな被害を出した沿岸災害は、みな予測していないものだったのです。

ところが、東日本大震災はそうではありません。周知の通り三陸は過去に何度も津波に襲われています。再び来ることも予測して備えをしていたはずなのに、多くの犠牲者を出してしまった。ここが問題なのです。なぜ経験を生かせなかったのか、なぜ想定外の被害を招いたのか、いつか必ず来るであろう「次」に同じ轍（てつ）を踏まないために、この研究には社会的意義を強く感じています。

地震災害に「想定外」は禁物
ハザードマップの修正も必要

複合災害研究所での私の研究テーマは、東北で起こった津波の解明です。東日本大震災を境に、日本全国で津波の防災計画を見直し中ですから、そこに東北の経験をきちんと入れ込んでいくことが大きな課題の一つです。

また、環境資源工学科など、他分野の先生方に担当していただいて、多様な調査研究にも取り組んでいます。沿岸の工場などから流出した化学物質や福島原発の放射性物質が、事故後どれだけ拡散したのか、その対策についてもできるだけ詳しく調べてもらっています。そして、アジア太平洋研究科の先生方には、危急の際に行政の担当者たちがどういう行動を取り決定をしたか、その妥当性を含めて検証を進めてもらっています。

フィールドワークも重要です。昨年の9月には、社会環境工学科の各研究室から大学院生と学部4年生を調査団に派遣してもらい、現地へ赴いて徹底的に調査を行いました（→P.19）。学生が調べた結果を基に討論し、各分野の専門の先生方が助言をして分析や研究を深めていくことができました。貴重なデータを労を惜しまず集めた成果といえます。

その調査結果から、構造物による防災には限界値があったということが、改めて分かりました。3月11日当日、私はこの西早稲田キャンパスの16階にいましたが、揺れの状況から「直下型ではない、震源は東北か東海か？」と直感しました。直後にインターネットで東北の文字を目にしたときには、「東北地方ならば津波被害はないだろう」と思ってしまったのです。

というのも、東北地方の多くの沿岸には3重の防護ラインが引いてありました。例えば釜石だと、湾口防波堤、陸上に造った防潮堤、最後に避難ビルです。そういった東北の津波への守りをもってすれば、ある程度の津波が来ても大丈夫なはずだった。けれども現実には、津波は構造物を乗り越えました。津波ハザードマップに記された浸水域を越えて被害を受けた地域も、思いの外多かったのです。

つまり沿岸の防災に関して、これまでの準備では足りない。もう一度見直さなければいけないということを、今回の東日本大震災は教えてくれました。

そこで、着手したのが、日本全国の津波ハザードマップを見直す作業です。私の担当エリアは東京湾や相模湾内など。昨秋、神奈川県庁の津波検討部会で中間報告をしたところ、「具体的なことを知りたい」「いつ避難計画に反映されるのか」などと多くの質問を受けました。もし関東で大きな地震が起きた場合、現在の備えではカバーできない、ということの裏返しでしょう。

そこで発表した内容は、既存の津波予測データに、幾つかの新たな津波を加えて設定し直したものです。明応東海地震や慶長地震など、今まで想定に入れていなかった過去の大地震も考慮に入れて計算をし直しました。すると、例えば鎌倉では、今まで安全とされていた海岸から離れた地域でも浸水域になってしまうのです。神奈川県の浸水マップは、全国で一番最初に浸水エリアを見直した例になると思います。このように、被害予想を大幅に修正するのは、大変な作業です。東北の津波だけを見たら、専門家でも「例外かもしれない」「千年に1度あるかどうか」という判断を下したくなるでしょう。でも世界、そして歴史を見れば、今回の震災を想定外のままにしておくことはできないのです。

実験による裏付けがあってこそ、
シミュレーションが機能する

津波や高潮に関して新しい被害予測を行うには、被害地の現場調査だけでは足りません。実験が役立ちます。コンピューターを使ったシミュレーションは防災に欠かせない技術ですが、あくまでもデータを基にした計算予測ですから、「実際に何が起こるのか」は実験でも確かめる必要があります。津波や高潮は地形の影響などによってどうしても不確実性が伴うので、机上の計

Tomoya Shibayama

Profile

1977年東京大学工学部土木工学科卒業。84年博士号取得（東京大学）、東京大学工学部講師を経て86年に工学部助教授。87年横浜国立大学工学部助教授、97年教授に就任。2009年4月より早稲田大学理工学術院社会環境工学科教授（現職）。横浜国立大学名誉教授。海岸工学を専門とし、地震や台風などの原因にかかわらず津波・高潮・高波などによる海岸地域の災害を総合的に研究。防災への提言を続けている。

算では考えられないことが起るのです。

東京湾の津波をシミュレーションするとよく分りますが、湾の中で反射し続けて波がなかなか消えません。さまざまな条件下で波がどのように反射するかのデータを取って、それを東京湾であればどのような現象が起こりうるかというシミュレーションに反映させようと考えています。

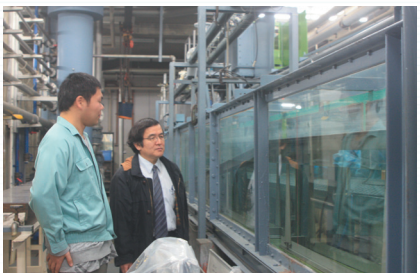
この分野の研究を進めるに当たって大学には装置もあるし、学生が実験を行っています。必要なデータを確かめることができます。

私の研究室で使っている水理実験装置は、規模の割には高性能。2年半前に造波装置を入れ替えて、津波のシミュレーションができるように改良しました。位置制御ができるので、津波の条件を精密に設定でき、川をさかのぼる津波も再現できます。

早稲田大学は都会の真ん中にあるから、土木系の実験に弱いのではと思われる方もいるようですが、それは誤解です。ここ理工キャンパスは、狭い空間に実に上手に有用な装置が配置してあります。

東日本大震災に関しては、陸上に造った高潮防潮堤がたくさん壊れたのですが、次は壊れない高潮防潮堤をどう造ったらいいのかを、これも実験装置で検証しながら研究しているところです。これは研究室の学生が実験を担当しています。津波研究者の間では、百年に1回程度の津波には構造物である程度防御するべき、という共通認識があるので、それを基準にシミュレーションと実験を合わせ用いる作業が必要になります。

昨秋の合同調査（→P.19）では、「陸上氾濫計測班」の学生が、興味深い映像解析を行いました。今回の震災で、被災地の方々が撮った当日のビデオ映像を集めて分析する仕事です。まず、画像の映し出す「場所」を歩いて探します。そこが特定できると、次は画像に写っている建物の高さや電柱の位置、道路の幅などを計測します。データを記録した上で映像を見直すと、水位の変化はもちろん、浮遊物の移動距離から津波の速度変化も詳細に、時系列で解析できるのです。その学生はこの観測を卒業論文にするようです。


津波による破壊のメカニズムを解明し、津波に強い構造物を作るための屋内実験装置。全長14ｍもある。

学部生がこんな研究をしているわけですから、早稲田の理工の学生の研究はかなりレベルが高いといえるでしょうね。

一方で「全球気候モデル」というプログラムを使って、そこから日本の気候を切り出し、台風が来たときの高潮の挙動をシミュレーションする……といった研究を大学院生がやっています。この研究内容は、修士課程で行うレベルを超えています。私はまだ早稲田に来て3年ほどですが、優秀な学生がいるのにはびっくりします。特に素晴らしいのは管理能力です。東北の調査でも、教授がいちいち指示する必要がない。リーダー役の大学院生に、「この調査をしよう」「こうしてほしい」と説明するだけで、ちゃんと伝わって全体が動けるのです。実務能力も非常に高いと思いました。

国難と呼ばれるような大きな危機が起きたとき、理工学系の研究室はそれぞれの学問分野が明確にあるわけですから、そこからどう貢献するかを具体的に考えていくことができます。学生にとっても、学びや将来へのモチベーションが高くなったのかもしれません。この逆境を乗り越えて、復興とともに若手の技術者、研究者が育っていってくれればと強く願っています。

海岸部での災害を総合的な見地から見つめ直し、未来に備える

高潮は台風などの気象条件によるものですし、津波は地震に伴って起こります。原因は違いますが、沿岸部で大規模な水害が起こる、という点では非常によく似ているわけです。しかし不思議なことに、世界中の学会や研究会に出向くと、津波と高潮の両方の会合に出席している研究者は少数です。

私は、津波と高潮両方の被災経験を相互の防災につなげようと考えています。両方の災害のある日本にとって重要な視点ではないでしょうか。

また、現地調査ではエスノグラフィー※という社会科学的手法も取り入れ、被災者へのインタビュー調査なども行いました。もともと土木工学は社会科学とのつながりが深く、学問的に多様な調査の手法を持っています。測量による量的な調査と、フィールドワークによる質的な調査、その両方を使って「何が起きたか」を的確に再構成することが、減災戦略には欠かせません。

その点、早稲田大学はバラエティーに富んだ研究テーマを持つ先生方がいて心強い。海外との交流が盛んなことも特徴でしょう。留学したり留学生が来たり、いろいろな縁があり、例えば今も「ベトナム近海の海底で地震が起こったらどのような津波が推測されるのか」というシミュレーションを、現地の研究者と計算しています。

現地でなければ得られないことは、やはり大きいと感じます。アジア各地の調査にも学生を連れていきましたが、上下水道もない島での調査なども楽しそうにこなしていて、日本の若者が最近ひ弱だなんてウソだ、と思っています。

現地で得た貴重な経験を、どのように使っていくかが彼らの課題。例えば先ほど話に出てきた全球気候モデルの研究がうまく進んで、将来もし防災につながる的確な情報が発信できるようになれば素晴らしいですね。

2005年にアメリカをハリケーン・カトリーナが襲ったとき、最もアクセス数が多かったのはルイジアナ州立大学の高潮研究所の分析サイトだそうです。「そこが一番信用できる」と住民が知っていたのでしょう。本学もそうなれるよう、研究者として防災というテーマで社会に貢献してくれる人材が育つことを心から望んでいます。

注）エスノグラフィー：フィールドワークにおいて調査・記録する手法、およびその記録文書のこと。元来は社会学や文化人類学上の用語である。

研究内容紹介
Research contents introduction

津波被害調査結果と新たな復興施策
～災害を分析し、地域の立場から減災戦略を練り上げる～

柴山教授は地震発生直後から、日本の土木学会、アメリカ土木学会（ＡＳＣＥ）などと連携しての調査を行ってきました。震災から半年後の 2011 年９月には、「複合災害研究所」を中心に早稲田大学の教員・大学院生・学部４年生ら計 52 人による合同調査を実施しています。これらの調査で得られたデータや知見は、現在も整理・分析が続けられていますが、既に関連学会・研究会や行政の会議、大学の特別講義などで報告された一部経過を、ここに紹介します。

日時：９月 15 日（木）～ 17 日（土）

移動手段：レンタカー、タクシー

※調査結果を全員参加の早朝会議（8:00 ～ 9:30）で発表する。

1）コンクリート構造物班
2）橋梁班
3）仮設住宅班
4）地盤班
5）防波堤班
6）陸上氾濫計測班
7）港湾施設班
8）砂浜侵食班
9）避難経路班
10）下水処理場班
11）小学校班
12）記憶の伝承班

❷

2011年10月7日に行われたシンポジウムより

1　今回の津波の特徴

▶津波の浸水高さは、三陸のリアス式海岸ではおおむね 15 ｍを越え、明治三陸津波（1896【明治 29】年６月、最大Ｍ（マグニチュード 8.5、津波の遡上高 38.2 ｍを記録）を超えるか、またはほぼ同じ程度に達している。

▶宮城県仙台市沿岸部から福島県相馬市に及ぶ沿岸の“低平地”で大きな被害を被ったこと（低平地の被害規模でいうと 1946 年の南海地震津波以来）が特徴。

2　今後の沿岸防災対策

▶今回の被害は避難計画の前提となる事前の予想を上回っていた。津波想定の見直しとともに、それを超える津波・高潮に対応した避難方法の検討など防災計画の練り直しが必要。

3　研究者間での提案と実務上の検討

▶二つの異なるレベルを設置することを提案し検討中。

①津波防護レベル

【レベルⅠ（百年に1回程度起こる頻度の高い津波）】

構造物で対応。費用便益分析により妥当性を検討できる。

②津波減災レベル

【レベルⅡ（最大クラスの津波）】

人命救助を最優先した措置を行う。過去の想定レベルを改め、抜本的な避難計画の見直し・策定が必要。

❶

❶「現地では朝８時からミーティングをして、日没まで調査。津波の痕跡をはじめいろいろな測量調査を行うとともに、テーマに応じて住民から聞き取り調査を行ったりもします。夜になると宿舎に戻ってデータ整理、翌朝８時に報告、というスケジュールですから眠る間がない。体力的に３日が限界ですが、それだけに中身の濃い、非常に充実した調査でした。今その結果を大切に、丁寧に、分析しているところです」

❷「避難場所や避難ルートを含めた防災は、地域の実情を踏まえて練り上げていく作業が不可欠です。地域の人々とコミュニケーションを取っていく作業も、複合災害研究の大切な要素になります」