

# 第9章 地震・津波研究の今後の方向性



## 第1節 国の動向

東日本大震災の教訓等を踏まえ、我が国における地震・津波研究の今後の方向性と国内外の巨大災害の被害軽減に向けた東北大学の取組について、宮城県防災会議東日本大震災検証・記録専門部会副会長である平川 新委員（宮城学院女子大学学長、東北大学災害科学国際研究所前所長）、同専門部会委員である今村 文彦委員（東北大学災害科学国際研究所所長）の執筆により、以下のとおり整理する。

### (1) 地震調査研究推進本部の動き（今村 文彦）

阪神・淡路大震災後、地震情報の共有化と社会への発信の役割を担うべく発足した地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）は、平成11年4月に「地震調査研究の推進について 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策」（以下「総合基本施策」という。）を策定した。

さらに、東日本大震災前には、平成21年4月に総合基本施策の策定以後10年間の環境の変化や地震調査研究の進展を踏まえた「新たな地震調査研究の推進について 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策」（以下「新総合基本施策」という。）を策定し、この方針のもとで地震調査研究を推進してきた。

しかしながら、東日本大震災において地震調査研究に関する多くの課題等があったことを踏まえ、地震本部は地震調査研究が真に防災・減災対策に貢献することができるよう、新総合基本施策を見直すこととし、政策委員会総合部会において、平成23年12月以降、7回にわたって会合を開催した。

この会合では、東日本大震災を踏まえた地震調査研究における問題点や課題等を抽出するとともに、関係省庁や研究機関における震災への対応や進捗状況、地方公共団体・民間企業の地震調査研究の活用状況、活用する上での課題等の検討を行い、今後の地震調査研究の在り方について審議を重ね、平成24年9月に新総合基本施策を改訂し、当面10年間に取り組むべき地震調査研究に関する基本目標を掲げている。以下にその目標を紹介する。

#### 【当面10年間に取り組むべき地震調査研究に関する基本目標】

- ・ 海溝型地震を対象とした地震発生予測の高精度化に関する調査観測の強化、地震動即時予測及び地震動予測の高精度化
- ・ 津波即時予測技術の開発及び津波予測に関する調査観測の強化
- ・ 活断層等に関連する調査研究による情報の体系的収集・整備及び評価の高度化
- ・ 防災・減災に向けた工学及び社会科学研究との連携強化

### (2) 東日本大震災を踏まえた課題や教訓（今村 文彦）

#### イ 地震の予測について（超巨大地震の評価）

地震研究の基本は、歪みエネルギーの蓄積と解放の繰り返しを前提とし、その周期性や規模を評価してきた。地震本部においても、これまで同じ領域で同等の規模の地震が繰り返し発生するという考え方にに基づき、過去の地震発生履歴を踏まえ、将来発生し得る地震の長期評価を行ってきた。

東日本大震災が発生した東北地方太平洋沖では、海溝沿いの海域については、三陸沖から房総沖の海溝寄りの領域で発生する津波地震や宮城県沖地震等の評価結果を発表してきた。しかし、同海域において、今回の東北地方太平洋沖地震のような低頻度で発生するマグニチュード9クラスの超巨大な海溝型地震（以下「超巨大地震」という。）を評価の対象とすることができなかった。過去400年間の情報では、それ

より低頻度の現象を対象にできないという限界があった。

今後は、今までの超巨大地震が発生しないという考え方にとらわれることなく、観測データの更なる充実や積極的な活用を図り、超巨大地震も長期評価の対象とすることも含めて長期評価手法の改善に向けて検討を行うことが不可欠であるとまとめている。

#### ロ 津波の予測について

現在の津波警報システムは、発生直後の地震規模や位置をベースに津波波高や到達時間を推定し、情報を提供することを基盤としている。当時、東北地方太平洋沖地震により発生した津波については、気象庁が津波警報の第一報で発表した情報は宮城県で6m、岩手県・福島県で3mという内容であったが、これは実際の津波規模に対して極めて過小評価であった。

迅速性を優先するという方針に基づき、震源域の破壊が進行中の段階での推定であったことに加え、揺れの振幅に基づき地震の規模を推定したものであったことから、実際の津波の高さを大きく下回るものであった。ただし、沖に設置されたGPS (Global Positioning System) 波浪計により津波の第一波を観測し、初期での津波情報を修正することはできた。さらに各地でのリアルタイム情報の追加によりこの第2報以降の情報は改訂されていったが、どこまで住民に届いていたのかが疑問となっている。地震・津波の観測体制、リアルタイムでの評価、情報伝達などの各段階での課題整理が必要となった。

また、地震本部では、現在まで地震の長期評価を行ってきたが、二次現象である津波については事例整理を行うのみであった。今後は、東日本大震災における津波による甚大な被害を踏まえ、我が国の津波防災に貢献すべく、津波に関する評価の検討を行うこととしている。平成25年2月には、地震本部内の地震調査委員会の下に津波評価部会が発足している。

#### ハ 防災・減災対策への利活用について

地震調査研究の成果が国民や地方公共団体の防災・減災対策に十分に利活用されるよう、これまで以上に防災的視点に重点を置いて、地震調査研究を推進するとともに、その成果を公表・普及していくことが重要である。また、地震調査研究が着実に防災・減災対策に利活用されるよう、工学・社会科学研究等との連携強化を行っていくことも重要であるとまとめている。今回の大震災では、事前事後の情報・評価が、どのように当時の対応について役立ったのかを整理しなければならない。

### (3) 今後の活動の方向性 (今村 文彦)

#### イ 地震の評価について

地震本部では、ある地域において大きな被害をもたらすと予想される地震の発生時期がある程度推定できれば、それに応じた防災・減災対策が可能になるという観点で地震発生の可能性の長期評価を実施し、一定の成果をあげてきた。しかしながら、これまでの長期評価では、主として過去の地震発生履歴に基づいた統計的手法によるため、東北地方太平洋沖地震のような発生間隔が長いと考えられているマグニチュード9クラスの超巨大地震を対象とした評価には、その地震発生履歴データが十分にはないことなどによって限界があることや地震の時間的及び空間的な連動発生の可能性等の評価を行えるものではないことを地震評価についての問題点として挙げている。

この状況を打破するためには、様々な時空間スケールで得られる津波堆積物・海底活断層・海底堆積物及び歴史文献資料等の調査による過去の地震発生履歴データの充実や海域の地震観測や海底地殻変動観測、プレート境界面からの地質試料の採取・分析等から得られたデータによるプレート境界付近の応力やすべ

り速度等の現状評価の高度化等に取り組むとともに、それらの成果を数値シミュレーションに取り込むこと等によって、地震発生の予測精度を向上させる必要がある。このため、基本目標として、マグニチュード9クラスの超巨大地震の発生や海溝型地震の連動発生の可能性評価を含めた地震発生予測の精度向上を設定している。今後は、それぞれの分野における補完の可否や頻度だけではなく、規模を推定する方法の確立などが問題となる。

### ロ 津波即時予測技術の開発及び津波予測に関する調査観測の強化

津波災害の軽減のために必要となる津波予測には、地震発生直後に与えられる津波即時予測（津波予報警報）と地震が発生する前に提供される津波予測（将来）がある。

前者については、現在は地震発生後数分程度で津波予報警報が気象庁から発表されるが、地震計で得られるデータに基づく推定のため、その精度は必ずしも良いとはいえない。しかし、先ほど述べたように、東北地方太平洋沖地震発生時にはGPS波浪計が津波を直接検知し、津波警報の更新に活用されたが、沿岸から約20kmの距離に設置されていることから津波が沿岸域に到達する少し前に同警報を更新することとなったため、住民に情報が十分に伝達できていなかったことが指摘されている。また、沖合の津波計については、一部の観測網が津波を検知するなど有効性が示されたが、その活用が十分ではなかったことが問題点として指摘されている。

最近では、震源域近傍において津波の直接観測を可能とする海域の観測網の整備が一定の進捗を見せているとともに、GNSS (Global Navigation Satellite System) 観測網を用いて地震規模や震源を即時に推定することが可能となることも見込まれているところである。これらの観測データを併用することにより、津波即時予測の精度は格段に向上することが期待される。ただし、迅速性と正確性は両立が困難であり、短時間での予測には推定誤差があるので、これに対してどのように周知し対応できるかが重要となる。

後者については、将来の発生が見込まれる津波を地域住民や地方公共団体が正しく認識できることによって、防災・減災対策や実際に津波が発生した場合の避難行動や安全な土地利用を促す効果がある。そのため、過去の津波発生履歴を把握するための津波堆積物や歴史文献資料等の調査、津波発生の要因になり得る海底活断層の把握、巨大津波発生の要因となる海溝軸沿いの応力やひずみを把握するための地殻変動の観測、浅海域の詳細な地形データの取得、各種観測データを取り入れた波源モデルの構築等による津波予測技術の高度化を図る必要がある。このため、基本目標として、海域における津波観測網の整備及び調査観測の充実、高精度な津波即時予測技術の開発、津波波源モデルの高精度化等による津波予測技術の高度化の設定があげられている。

### ハ 防災・減災に向けた工学及び社会科学研究との連携強化

防災・減災対策を進めていく上で、防災・減災研究と地震調査研究は車の両輪であり、その一方が欠けても社会に還元できる成果とは成り得ないとまとめている。すなわち、地震調査研究の成果を防災・減災対策、避難行動等に確実かつ効果的に役立てることが重要であり、このためには、工学・社会科学研究と地震調査研究の連携を一層強化していく必要がある。また、地震以外の災害との複合災害もあり得ることから、他分野の災害に関する研究との連携を図っていくことも重要である。

具体的には、工学・社会科学分野の研究者や理学分野の研究者が一体となって、地震防災・減災のための研究を地域ごとに進められるような実践的なプロジェクト研究が考えられる。この場合、工学・社会科学研究のニーズを踏まえて、理学分野の研究者が研究課題を設定することや工学・社会科学研究の側が有効活用できるような成果の展開の仕方を工夫していくことが重要である。このため、基本目標として、工

学・社会科学研究のニーズを踏まえた地震調査研究の推進及び成果情報の整理・提供や地震被害軽減に繋げるために必要となるデータの体系的収集・公開及びこれらを活用した工学・社会科学研究の促進が設定され、その達成に向けて、工学・社会科学的な研究のニーズの把握、工学・社会科学的な研究に活用可能な各種ハザード情報の整理及び理学・工学・社会科学分野の研究者が一体となって、地震・防災に関する課題を解決する研究システムの構築を推進することが項目として挙げられている。

東日本大震災による課題・教訓等を踏まえた今後の取組と基本目標は、以下のとおりである（図表9-1-1参照）。

図表9-1-1 東日本大震災による課題・教訓等を踏まえた今後の取組と基本目標

### 1. 地震長期予測

超巨大地震が発生しないというこれまでの仮説にとらわれることなく、「超巨大地震も評価対象にできるよう長期評価手法の改善」を図る。また、長期評価手法の高度化のための、「超巨大地震・大津波の発生モデルの構築」、「過去の地震発生履歴データの充実や海底地殻変動観測の整備」等を図る。

#### 【長期評価手法・モデルの改善】

- 超巨大地震が発生しないというこれまでの仮説にとらわれることなく、調査観測データを積極的に活用して、超巨大地震も長期評価の対象とすることも含め、長期評価手法の改善に向けた検討を行う。
- 長期評価手法の高度化のために、最新の知見や観測データを取り込み、超巨大地震や大津波の発生メカニズムの解明に資する地震・津波発生モデル構築に関する調査研究を推進する。

#### 【調査観測の充実】

- 津波堆積物や歴史文献資料等の調査による過去の地震発生履歴データを充実する。
- 海底地殻変動観測網の整備及び海溝軸沿いの深海における観測・解析技術の高度化を推進する。
- 超巨大地震の理解を深めるため、東北地方太平洋沖地震の発生メカニズムを解明する。

### 2. 地震の即時予測

- 海域での地震観測網を活用して、海域下の震源域の広がりを瞬時に推定する方法の開発を行うこと、異なる場所ではほぼ同時に発生した地震を誤って処理しないように予測技術の改善を図ること等により、超巨大地震発生時に適切に緊急地震速報を発表できるようにする。

### 3. 津波の予測

- 海域における津波観測網を着実に整備する。
- 海域の津波観測網やGNSS観測網等の観測データを活用した津波即時予測技術の高度化を促進する。
- 我が国の津波防災に貢献すべく、地震本部において津波の評価を行うとともに、これを支える調査研究を推進する。

### 4. 研究成果の社会還元

- 長期評価など地震研究の成果を発表する際には、科学的な限界やこれに伴う誤差やばらつきも含めて社会に対して丁寧に説明する。
- 地方公共団体、学校教員、NPO関係者、研究者などの防災教育や普及活動等の多様な取組を支援する。
- 地震本部が作成・公表を行ってきた全国地震動予測地図については、確率論的な情報等が国民にとって分かりづらいという指摘があることから、改善に向けた検討を行う。
- 理学・工学・社会科学分野の研究者が一体となって連携し、地震・防災に関する課題を解決する研究システムを構築する。

（平成24年9月6日、地震調査研究推進本部資料をもとに作成）

### 第2節 東北大学の取組

本県では、東北大学との連携のもと、地震・津波による被害軽減を目的とする各種の調査研究や事業を実施してきた。こうした協力体制の明確化と各種事業等の更なる推進を図るため、地震・津波に関する調査・観測・研究・技術開発や人材育成に関する事項などの推進を内容とする協定を平成18年2月に締結し、相互の連携・協力体制を深化させてきた。

以下に、東北大学における地震及び津波を中心とした災害の調査・研究体制の変遷を紹介する。

#### (1) 東北大学防災科学研究拠点の結成（平川 新）

2000年代に入る前後から地震研究者達は、そう遠くない将来に宮城県沖地震が発生するという警告を発しはじめ、昭和53年(1978年)の宮城県沖地震(M7.4、震度5)を経験していたため、社会的にも切迫感が強まっていた。

これらを背景に、東北大学では工学研究科附属の災害制御研究センターや理学研究科附属の地震・噴火予知研究観測センターなどの研究者が中心となり、宮城県や仙台市などの行政、東北電力やNTTなどの産業界、宮城県医師会等と協力して、平成15年(2003年)に宮城県沖地震対策研究協議会を発足させるなど、工学研究科と理学研究科を中心に災害研究を推進し、社会との連携を進めていた。

これをさらに全学的に広めるため、平成19年(2007年)に東北大学防災科学研究拠点が組織され、当初は文学研究科(社会学、心理学)、経済学研究科(都市・地域計画)、工学研究科(津波工学、地震工学)、理学研究科(地震研究)、東北アジア研究センター(歴史学)からメンバーが集まり、その後、情報科学研究科、法学研究科、医学系研究科、加齢医学研究所などからも参加を得て、翌年3月には19分野20人となり、震災対応に強い危機感を抱く、部局横断型の研究グループとしては、きわめて多彩な異色のチームとなった。

この防災科学研究拠点の理念は、おおむね次の三点に集約できる。第一は、高い確率で発生すると予測されていた宮城県沖地震に備えて、東北大学の防災研究者が結集する場を設け、相互の連携を強め、学外への発信力を高めることであった。第二は、共同研究を活発化させることであり、異なった分野の研究者が拠点に集って情報を交換し、社会が求めている防災研究の課題と擦り合わせ、専門の枠を越えた研究課題を発見しようという試みであった。第三は、文理連携型の防災研究を推進することであった。

これまでの防災研究は地震や津波の研究、建築や構造物の耐震化など理系を中心に進められてきたが、災害への備えや災害からの復旧・復興、地域社会の立ち直りなど災害と社会の関係を捉えなおしたとき、より広く人間と社会に目を向けて災害対応を検討することが必要であることから、心理学や経済、法律、歴史学、社会学など人間と社会を対象とする文系の学問が理系の学問と密接な交流を持つことにより、文理連携型の災害研究を実施することを目指した。

こうして防災科学研究拠点が発足した翌年の6月に発生した岩手・宮城内陸地震では、研究グループは直ちに活動を開始するとともに、それぞれの分野で活発な調査・研究と支援活動を進めた。

地震発生後に開催した岩手・宮城内陸地震に関するシンポジウムでは、地震メカニズム、断層、地滑り、建物被害、土砂ダム、救命・救急、緊急地震速報、文化財保全などの報告が行われた。

#### (2) 東日本大震災と東北大学災害科学国際研究所の設立（平川 新）

平成21年(2009年)に東北大学防災科学研究拠点が文部科学省に提出したプロジェクト「地域の人間と社会を災害から守るための実践的防災学の推進」は翌年度からの5か年事業として採択され、部局横断型の防

災研究が本格的にスタートしたが、それから1年が経とうとしていた平成23年(2011年)3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生した。

この地震に伴う津波は東日本を中心に広域かつ甚大な被害を与え、この時、2万人近くの人々が犠牲となり、家屋・建物、社会インフラ、生態系や景観へも大きな影響を与え、さらには東京電力福島第一原子力発電所の事故も発生し、人類がこれまで経験の無い広範囲にわたる複合災害となったが、同拠点のメンバーは直ちに被災地での支援活動と調査・研究に取り組んでいった。

こうした中、同年4月に東北大学として同拠点を中核として災害科学に関する研究所を開設する構想が打ち出され、全学をあげて災害復興新生研究機構を立ち上げ、東日本大震災からの復旧・復興に貢献するため、災害科学国際研究推進プロジェクトを筆頭とする7つのプロジェクトを展開する体制が整えられた。これまで同拠点は震災後の結集核として大きな役割を果たしていたが、あくまで任意のグループであり、このプロジェクトによって正式に学内組織として位置づけられた。

このような大災害を二度と繰り返さないことが東北大学の使命であり、防災科学研究拠点/災害科学国際研究推進プロジェクトの体制が構築されたことにより、研究所創設の動きが一気に加速化し、全学の協力のもと、平成24年(2012年)4月1日に災害科学国際研究所が開所した。

### ③ 災害科学国際研究所のミッションと目標(今村 文彦)

災害科学国際研究所は、東日本大震災の被害実態と教訓に基づく実践的防災学の国際研究拠点形成を目指して活動しており、開所以降、巨大地震及び津波の発生メカニズムの解明から被害の状況、将来の評価・予測などを展開し、さらに当時の教訓を震災アーカイブなどに記録し、着実な成果をあげつつある。特に、事前対策、災害の発生、被害の波及、緊急対応、復旧・復興、将来への備えを一連の災害サイクルととらえ、地球規模の自然災害発生とその波及機構の解明等を研究活動ビジョンとし、それぞれのプロセスにおける事象を解明し、その教訓を一般化・統合化することである。

また、東日本大震災における調査研究、復興事業への取組から得られる知見や世界をフィールドとした自然災害科学研究の成果を社会に組み込み、複雑化する災害サイクルに対して人間・社会が賢く対応し、苦難を乗り越え、教訓を活かしていく社会システムを構築するための学問を「実践的防災学」として体系化し、その学術的価値を創成することを災害科学国際研究所のミッションとする。加えて、地域連携にも重点を置き、東北沿岸部では地方公共団体と包括的な協定を締結し、地域に貢献できる活動を始めており、平成25年10月には気仙沼市サテライトオフィス(分室)を設置した。

さらに、災害と共存し生きる力を育む市民運動化プロジェクトの推進、防災手帳や防災訓練の普及、誰にでも認識可能な防災・減災コミュニケーションデザイン防災ピクトグラムの開発を行っている。

東日本大震災の経験と教訓を踏まえた上で、わが国の自然災害対策・災害対応策や国民・社会の自然災害への処し方そのものを刷新し、巨大災害への新たな備えへのパラダイムを作り上げる。このことを通じて、国内外の巨大災害の被害軽減に向けて社会の具体的な問題解決を指向する実践的防災学の礎を築くことを目標としている。

#### 【参考文献】

- 1) 地震調査研究推進本部：『新たな地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―』(地震調査研究推進本部、平成24年9月改訂)
- 2) 平川新、今村文彦、東北大学災害科学国際研究所：『東日本大震災を分析する1 地震・津波のメカニズムと被害の実態』(〔株〕明石書店、平成25年6月)
- 3) 平川新、今村文彦、東北大学災害科学国際研究所：『東日本大震災を分析する2 震災と人間・まち・記録』(〔株〕明石書店、平成25年6月)

