

(別紙 2)

## 東日本大震災対応作業部会報告

2011年5月21日

一般社団法人日本地質学会 東日本大震災対応作業部会

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、我が国観測史上最大のマグニチュード9の超巨大地震であり、500kmに達する震源域の広がりや20mを超える断層のすべり量、3分以上の継続時間、巨大津波の発生など、いずれも観測史上経験したことのない桁違いのイベントであった。このような超巨大地震が、どのようなメカニズムで発生し、今後どのような経過をたどるのか、前例がないだけにわからない点が多い。

また、被災地の広範な広がりや残された傷跡の深さという点においても今回の災害は未曾有のものであり、とりわけ津波被害はこれまでの対策の深刻な遅れを浮き彫りにした。さらに東京電力福島第一原子力発電所の事故は今なお予断を許さぬ状況が続いている。

このような未曾有の大災害を事前に予測し、被害を防ぐ、あるいは軽減することがなぜできなかったのかという反省や悔しさは学会員の共通の思いであり、それを今後の活動につなげていくことが求められている。本作業部会は執行理事会のもと、東北地方太平洋沖地震の特徴やその意味について地質学の立場から総括を行い、今後の復旧や復興、防災や減災に必要な情報を得るためには何をすべきかについて検討したので報告を行う。

### 2. 総括 —地質学コミュニティの重い責務と課題—

#### (1) 集積されつつも活かされなかった地質学的知見

地震調査研究推進本部による海溝型地震の長期評価において、東北地方は宮城県沖を除くといずれも発生確率は低く評価され、今回大きな被害を受けた岩手県や福島県の太平洋側の地震動予測も低いものであった。これは、東北沖日本海溝の沈み込み帯においては、数10年～100年周期でM7からM8クラスのプレート境界地震は周期的に発生するものの、1億年以上経過して冷却の進んだ太平洋プレートが沈み込むために今回のような超巨大地震は起こりにくいと考えられてきたこと、古い文書記録が少ないために西南日本に比べて地震の履歴に関する記録が不完全であることなどによる。年間8cmの太平洋プレートの沈み込みが与える影響については、地震観測と近年のGPSによる日本列島の歪速度観測などに基づいて、相当部分が非地震性のすべりで解消されると考えられてきた(1)。

一方、地質構造の解析から鮮新世以降の東北日本の水平短縮量は 4-15km と見積もられている(2)。その短縮が 3.5-5Ma から始まった(3)と仮定すると年間の短縮速度(地質学的短縮速度)は数 mm/年であり、明治以来の測地や GPS 観測などによって見積もられている短縮速度(測地学的短縮速度)はそれより一桁大きいことが指摘されていた(4)。この短縮速度上の差違は、プレート沈み込みによって蓄積される歪の相当部分が弾性的変形であり、従ってプレート境界でのすべり(地震)によって解消されることを強く示唆していたと考えるべきである。近年の地震学的な研究から東北沖の日本海溝から沈み込むプレート境界は強く固着していることが示されたが(5)、このことは“太平洋プレート沈み込みの影響の相当部分が非地震性のすべりで解消される”と考えられてきたことと既に矛盾していたのである。さらにまた、地質学的にも東北沖の沈み込み帯においては付加体の分布が狭く構造浸食作用が活発なことも知られており(6)、このこともプレート境界が強く固着させられ続けていることを十分推察させるデータといえる。

古文書に基づく東北地方における地震の履歴は不完全ではあるものの、東北沿岸の広範囲の津波堆積物の解析から、869 年に貞観地震という M8.4 以上とされる巨大地震が発生したことが知られていた(7)。さらに福島県浪江の標高 4m の完新世 I 面で過去 4000-4500 年に4ないし5回の津波イベント堆積物の存在が確認されており、最新のイベントが貞観時代であったことから、今回のような巨大津波を起こすイベントの約 1000 年の周期的発生も想定されていた(8)。

このように東北日本沖日本海溝で超巨大地震の発生が迫っていることを予測し得る地質学的データは集積しつつあったと言えよう。それにもかかわらず、このような重要な知見を防災・減災政策に活かすことができず、今回の大震災を迎えてしまったことは痛恨の極みである。地質学コミュニティに反省と改革が迫られているといえよう。

## (2) 地震災害と地域防災教育、市民の防災意識向上の課題

今回のような超巨大地震の再来周期が数 100 年から 1000 年程度であるとするならば、数千年以上の期間にわたるプレート境界地震の発生の頻度や履歴、変形蓄積のデータが重要になり、それらを地形や地層に残されている記録の解析から取得しなければならない。実際の変形過程の物質科学的検討も必要であろう。地質学的研究の意義は一層高まると同時に、それを実際の防災や減災に反映させていくところまで含めて重い責務が課されてくるであろう。

一方、被害という点においても東日本大震災は広範な地域に深い傷跡を残した。震源域に近い沿岸部は津波によって多数の生命と生活基盤や都市基盤が一挙に失われた。内陸部においてもダムが決壊などで多数の犠牲が出たほか、関東平野のような震源域から離れた地域においてもかつてない液状化の被害がもたらされた。余効変動とみられる広域的な地殻変動は現在も進行中であり、その影響を見積もることは港湾施設や道路、大型施設などの復旧にとって極めて重要である。まだ収束の兆しを見せない福島第一原発事故による地質汚染の影響も深刻である。今回の未曾

有の大災害からの復旧・復興にあたっての地質学の果たすべき役割も大きい。

震災の中で、地域の防災教育や市民の防災意識の高さから多くの人命が救われた例も少なくなかった。世界でも有数の地震火山国である日本においては、住民一人一人が国土の特徴や自然災害の基本的な事柄を知ることは何よりも長期的な防災や減災につながると考える。

そこで、(1)沈み込み帯のプレート境界で発生する超巨大地震の実態解明を進め防災や減災に資するという点と、(2)未曾有の災害からの復旧復興への貢献、(3)防災に関する教育や啓発活動というような長期的な防災・減災に資するという点から提言の骨子をまとめたい。学会の役割という点においては、(1)は主として学術研究の推進であり、(2)(3)は主として社会貢献の範疇に属する。

### 3. 提言の骨子

#### (1) 超巨大地震の実態解明と防災・減災へ向けて

今回の地震によって沈み込み帯のプレート境界地震の発生モデルの再考が迫られている中で、地質学的証拠からの活動履歴や活動範囲の推定が大きな意味を持つてくる。実態解明のための調査や探査は学術的にも重要な課題であるが、それにとどまらずに研究の成果が防災に活かされるように積極的に働きかけることがより必要になるだろう。

また、今回の震災では津波災害への深刻な対応の遅れが浮き彫りになった。津波は発生してから到着まで時間差が存在するので、震源域の海底で発生状況をモニターできれば防災上有効な手段となる。以上の観点から述べる。

#### 1) 東北地方太平洋沖地震による海底地震断層の全面的緊急調査・探査

世界的にも稀な M9 以上の超巨大地震によってどのような現象が生じるのかを正確に把握することは、次のプレート境界地震に備えるための基礎的情報となる。様々な観測やモニタリングを行い、超巨大地震を発生させる沈み込み帯における歪の蓄積および解放過程を明らかにしなければならぬ。地質学的観点からは、海底地震断層周辺での精密地形測量や試料採取などによって周囲の地層の変形、大規模海底地滑り堆積物の分布などを詳細に調べ、今回のような超巨大地震の活動履歴や変位量を明らかにする。6000m を超える日本海溝の深度に対応可能な技術開発の必要もある。

#### 2) 南北両域における大地震への緊急対策

今回の震源域の南北領域、北側では三陸沖北部、十勝沖、根室沖、南側では房総沖においてはエネルギーの蓄積が進んで大地震の発生確率が高まっているので早急な調査や対応が望まれる。

北海道の太平洋沿岸では大きな津波イベントの履歴はかなり明らかになっているほか(9), 房総沖でも大きな津波が想定される。陸上, 海底双方の調査から, 過去の活動履歴や変形を明らかにする。津波発生とその規模をただちに通報するシステムは防災上有効であり, 新たな津波防災システムを構築する必要がある。

### 3) 全国的な沈み込み帯のプレート境界地震の履歴の調査と津波対策

長期評価によって今回の地震の前に高い発生確率が予想されていたのは, 南海・東南海・東海地域であった。また, 日本三代実録などの歴史文書は, 9世紀後半のおよそ 30 年間に, 東北地方を襲った貞観地震に加え, 関東地方の地震や南海トラフ沿いの地震などが集中して発生したことを伝えており, 対応の緊急性が高まったと言えるだろう。その他の地域も含めて全国的に陸上では津波堆積物と海水準変動の組合せにより, また, 海底では精密海底地形図作成と海底断層や堆積物調査により, 過去のプレート境界断層の活動履歴や変位量を組織的に調査する必要がある。また, 前項で述べた津波防災システムをはじめ, 津波避難ビルや避難路の整備など今回の震災の教訓を活かして早急に津波対策を強化すべきである。

## (2) 復旧・復興への貢献

### 1) 余効変動による地盤の沈降や隆起

今回の地震により東北地方太平洋側は広い範囲で数 10cm の沈降(牡鹿半島では最大 120cm)が生じ, 石巻では高潮による被害が伝えられている。1960 年チリ地震(M9.5)では, チリ中南部沿岸のほぼ全域が1~2m 程度沈降したことが明らかとなっている。しかし, その後の余効変動により隆起が 30 年以上も継続し 2m 程度の累積隆起が起きていることが報告されている(10)。津波による最も被害の受けた港湾部の復旧や復興では, 余効変動がどの程度の期間にどの程度進行するかは重要な制約条件となる。測地的なモニタリングとともに, 力学的なシミュレーションや地形・地質学的データから過去の地震の経過を読み解き今後の余効変動を予測する必要がある。

### 2) 液状化

地盤専門家の調査によって東北地方から東京湾岸までの広範囲の液状化が確認された。千葉県浦安・茨城県潮来市・東京湾岸では埋立地や旧河道で過去最大規模の液状化が起こったことが明らかにされている。余震が続く中で, 旧河道や堤防の液状化の再発も認められる。一方, 被害は埋め立て時期の違いや液状化対策の有無により明暗がはっきりしており, 仙台空港は津波被害があったものの液状化の損傷は少ない。液状化の損害は家屋のみならず水道・ガス等のライフラインに及ぶため, 液状化対策の基礎となる精密な地盤調査を早急に行い, 適切な対策を行う必要がある。

### 3) 斜面災害やダム決壊

今回の地震では、多くの斜面崩壊があり山間地の道路や沿岸の鉄道が不通になった。これらは小規模な表層崩壊・岩盤崩落であり、地すべりは栃木県・福島県・宮城県の一部に限定された。仙台市では宅地造成の盛土で地すべりが発生し、民間での対策工のあり方が問題となっている。2008年岩手・宮城内陸地震で発生した荒砥沢ダム上流のような大規模な地すべりは発生しなかったが、福島県須賀川市の藤沼貯水池でアースフィルダム(高さ18.5m,1949年築造)が決壊し下流の集落に大きな被害が出た。決壊の原因は、堤体の締め固め不足・地震動により堤体内の間隙水圧の上昇が考えられ、同様な構造の堤体の点検の必要がある。今後の余震や誘発地震、さらに梅雨の時期を迎え、豪雨などの影響でさらなる斜面災害や河川の氾濫、土石流の発生も懸念される。危険個所の特定や対策を急ぐ必要がある。

### 4) 地質研究者・技術者の参画

これまで地震被害に対しては土木研究者・技術者が中心となり、被害状況の報告と対策を提示してきた。家屋・道路・港湾といった構造物被害に対し、その地震動や液状化に対する設計を今後の指針に加えることにより社会的な責任を負ってきたといえよう。一方、地質研究者・技術者は活断層や斜面災害に対して提言をしてきたが、それらが社会に十分に認知されてきたかは考える必要があるだろう。斜面災害においては地質構成・地質構造・地下水の把握が重要であり、対策工設計の検討には地質専門家が積極的に参画することが望ましい。地域地質に詳しい専門家が復旧復興プラン策定の段階に参加できるような体制づくりが望まれる。そのためには、他学会との連携を深めるとともに、基盤的な地質情報に加えて新しい学問的知見を行政に集約し活かす組織づくり・戦略が必要になる。

### 5) 原発事故による地質汚染

福島第一原子力発電所の事故による放射性物質が大気中や海水中を拡散して深刻な土壤汚染や海洋汚染を生じさせ、生態系にも影響が出ている。また、汚染された土壌を経由して地下水汚染が発生する恐れもあるので注意が必要である。さらに原発において大量の冷却水漏れも明らかになり、その影響が深刻化する恐れもある。原発建屋の地下水理構造、汚染物質の移流・拡散経路さらにはその分布の把握には、早急な地質・水質調査が必要である。その一方で、高レベルの放射能汚染が進行している可能性も高いことから、調査員の安全を確保しつつ汚染経路を遮断する対策が求められる。放射性物質による地質汚染という、これまでにない対策に関しては地質・水理・環境の多分野の研究者・技術者が関わる必要がある。

絶対安全と言われていた「5重の壁」は崩れ、福島第一原発だけでなく国内のすべての原子力発

電所および関連施設について、震災時の放射能漏れ事故に備えた対策を早急に立てる必要がある。

#### 6)被災地域の自然・文化資産の修復と保全

今回の震災では各地域の固有の自然や文化も大きな被害を受けた。被災地域には貴重な標本や文化財、関連資料など自然・文化資産を収蔵・展示し、地域文化の発信や自然環境の保全、市民教育などの拠点となっている博物館などが多数存在するが、その多くが深刻な被害を受けた。標本類が失われたり損傷を受けたりしたばかりか、多数の職員が犠牲となった博物館すらある。被災館からの資料・標本類の回収・一時保管、損傷した標本の修復作業などは自然系の博物館のネットワークを通じてボランティアベースで一部始まっているが、一刻も早く本格的作業にはいる必要がある。

### (3)長期的な防災・減災へ向けて

#### 1)人材育成

地震に関連する地質調査だけでなく、復旧や復興の調査、地質汚染の調査などで、地質学に関連する多様な分野の専門家が多数必要とされるだろう。学会・大学・研究機関・関連企業の連携の下、先に書いたような課題に答えることのできる人材の育成を進める必要がある。また、すでに現場で活躍している技術者の研修や、地質専門ではない技術者への地質学の基礎的な研修なども検討課題である。

#### 2)防災教育(地学教育)

一人一人が地球の営みや自然災害に対する基本的な知識を身につけておくことは、いつ起こるか分からない自然災害から自分を守るうえで大切なことである。盛土や埋め立てられた造成地などでは地震時に地盤災害が発生しやすいというようなことは地質学的には常識的な事項であるが、十分に社会に浸透しているとはいえない。防災知識の広報や普及に力を注ぐとともに、基礎となる地学教育の充実に組織的に取り組む必要がある。

まず、学校での地学の教育を充実させる必要がある。新しい指導要領で地震火山の両者を小学校・中学校段階で学ぶことになった。しかしながら、高校段階では、地学の履修者が少なく、地学を学習できる環境も十分ではないという現状があり、地学の教員、あるいは地学を教えることのできる教員を増やす努力を継続しなければならない。

また、学校が地域の避難所に指定されて地域防災の拠点となっている場合が多く、今回の震災でも多くの教員が献身的に活躍されたことはしばしば報道された。小中高の校種を問わず、また専門を問わず、学校教員が自然災害に関する基礎知識を身につけることも重要であろう。教員研修に

あたっては学会なども協力できる可能性がある。

一方で、社会教育・生涯教育における地学を充実させることも大事であろう。博物館などの社会教育施設やジオパークなどがその拠点となるので、ハードとソフトの両面から充実を図る必要がある。

また、防災の教材として実物の持つインパクトは非常に大きい。近年の震災では兵庫県南部地震で地表に露出した野島断層の一部や断層でずれた民家などを北淡町が保存・公開し、訪れる多くの人々に強い印象を与えている。被災地を考慮しつつ、何らかの形で今回の被災の爪跡を残すことができれば、この震災を後世に伝えるとともに防災意識の喚起に大いに役立つであろう。

### 3) 地質の情報を社会の基盤情報に

今回の震災で津波堆積物のような重要な知見が活かされなかったのは、広報や普及活動の問題だけではなく、地質学的な知見や情報を社会の基盤情報として取り扱う仕組みが不十分なことにもよると考えられる。そのためには、地質学コミュニティとして地質の情報の持つ意味や重要性を広く訴えらるとともに、良質の情報を継続的に提供していくことが必要である。

## 4. 終わりに

今回の震災や原発事故を受け、科学技術に対する国民の信頼は大きく揺らいでいる。作家の高村薫氏は、原発事故に対して「科学技術のモラルの問題である」と発言している(11)。しかし、復旧・復興を進める上で、正確な科学技術の知識はその基盤とならなければならない。

私たちは、科学技術に対する信頼を回復するためにも、この災害を未然に防ぐことができなかったことを謙虚に認め、深く反省しなければならないだろう。自然から学ぶという原点に帰り、超巨大地震の実態の解明や沈み込み帯でのプレート境界地震の履歴などの調査を関連する諸分野との連携をとりつつ進めていく。一方で、復旧・復興や防災・減災に向けて改めて足元からできることを始めていく必要があるだろう。また、そのための人材育成や、防災や地球の営みに関する知識を広め、地質情報を社会の基盤としていくための取り組みを一層強化する必要がある。

今回の作業部会の報告では、沈み込み帯でのプレート境界地震の実態解明や調査の必要性と重要性についてはかなり検討を行ったが、復旧・復興や防災・減災への貢献、人材育成、教育などについては十分に議論を行うことができなかった。今後理事会を中心により深く詰めていただくことを最後に申し添えたい。

### 文献

- (1) たとえば島崎, 2011, 科学, v. 81, n. 5, 397-402.
- (2) 佐藤, 1989, 地質学論集, 32, 257-268, Okada and Ikeda, 2011, (submitted)
- (3) Sato, 1994, JGR, 99, 22261-22274, 守屋ほか, 2008, 地雑, 114, 389-404.
- (4) たとえば池田, 1996, 活断層研究, 15, 93-99; 池田, 2003, 月刊地球, 25 巻 2 号, 125-129, 池田, 2011, 190 回予知連資料 .

- (5) Suwa et al., 2006, JGR, 111, doi:10.1029/2004JB003203
- (6) たとえば von Heune and Culotta, 1989, Tectonophysics, 160, 75-90.
- (7) 宍倉ほか, 2007, 活断層・古地震研究報告, 7, 31-46 ; 澤井ほか 2007, , 歴史地震, 22, 209-209.
- (8) 今泉ほか, 2008, 東北地方太平洋沿岸域における地質調査. 宮城県沖地震における重点的調査観測 (平成 19 年度) 成果報告書, 107-132.
- (9) たとえば Sawai et al., 2004, Science, 306, 1918-1920.
- (10) 宍倉ほか, 2004, 活断層・古地震研究報告, 4, 265-280.
- (11) 「高村薫さんが語る “この国と原発事故”」 2011 年 5 月 3 日の NHK News Watch 9 のインタビュー, [http://cgi2.nhk.or.jp/nw9/pickup/index.cgi?date=110503\\_1](http://cgi2.nhk.or.jp/nw9/pickup/index.cgi?date=110503_1)

参考情報

作業部会メンバー :

藤本光一郎 (東京学芸大学 日本地質学会常務理事) 幹事  
山本 高司 (川崎地質 (株) 日本地質学会関東支部幹事長) 幹事  
池田 安隆 (東京大学大学院理学系研究科)  
伊藤 谷生 (帝京平成大学 日本地質学会関東支部長)  
佐藤比呂志 (東京大学地震研究所)  
重松 紀生 (産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター)  
宍倉 正展 (産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター)  
中山 俊雄 (前日本地質学会関東支部長)  
藤井 敏嗣 (東京大学地震研究所)  
平田 直 (東京大学地震研究所) 客員

検討経過 :

2011 年 4 月 29 日 作業部会開催  
作業部会会員からの地震や津波, 災害についての報告を受け議論  
2011 年 5 月 2 日 作業部会報告案起草 (幹事の藤本がとりまとめ担当)  
以後, メールや電話による報告案の審議と修正作業  
2011 年 5 月 21 日 総会と理事会で報告案の審議  
作業部会と執行理事会で再検討のうえ決定