調査報告

巨大な自然災害が繰り返されるアジアの国々
―2004年インドネシア・バンダアチェにおける津波災害―

荏本　孝久

1　はじめに

2019年2月（7日～12日）にインドネシア・スマトラ島の西端にあるバンダアチェを訪問した。インドネシアは赤道を挟んで13,000を越す大小の島々からなる世界最大の島国で、スマトラ島、ジャワ島、キリマンタン島など大きな島の周囲に多くの中小の島々が点在している。特にバリ島は地理的にも熱帯地域に位置していて風光明媚な観光地として世界的に有名なリゾート地である。一方、スマトラ島やジャワ島の南側のインド洋には、日本の東北地方東岸の日本海溝と同様なジャワ海溝があり、北側のユーラシアプレートと南側のインド・オーストラリアプレートとのプレート境界が約3,000 kmに亘って存在している。

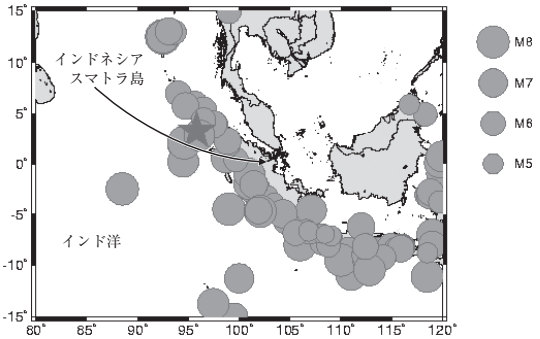

図1　インドネシア周辺の過去に発生した大地震の震央分布
（NOAAのDB：★は今回の震央）

バンダアチァへは空路で羽田空港からジャカルタ（1泊）を経由して、約24時間を掛けてバンダアチェに入った。バンダアチェはアチェ州の洲都で、人口約22万人でスマトラ島で最大の都市である。インドネシアは、地震、火山、サイクロンなど自然災害が多発しており、その災害規模が世界的に見ても大きな災害が発生している。図-1はインドネシア周辺に発生した過去の大地震の震央分布である。最近の自然災害としては、2004年12月24日に発生したインド洋大津波地震（Mw9.1）の超巨大地震が発生し、インド洋を囲む国々を始め、遠くアフリカ大陸やオーストラリア大陸の国々も含めて14ケ国に及ぶ広い範囲に津波が押し寄せて約23万人の死者・行方不明者と約13万人に及ぶ負傷者を発生させた。私はバンダアチェには災害発生時の2004年以来、現地調査で訪問したいと考えていたが、当時インドネシアでは政府と反政府軍が衝突し政情不安な状況となっていて外国人の入国は禁止されていた。今回アジア研究センターの共同研究で訪問する機会が実現した。

2　巨大な自然災害が繰り返されるアジアの国々

自然災害の歴史を紐解くと突出してアジア地域に大規模な災害が多発している。私が地震工学に研究の中心を置いて継続して地震災害と防災に関心を持ったのは､約50年程前の学生時代からである｡特に､初めての地震災害の調査は1974年伊豆半島沖地震における南伊豆の被災地域であったが、それ以来国内外の多くの地震災害の調査に出向いてきた。アジアの国々の地震災害に興味を持ったのは、1990年フィリピン・バギオ地震（Mw7.8）の地震災害の調査からであり、被災地を訪れて地震断層の近傍地域や地盤条件の悪い地域での液状化現象による大規模な被災状況に触れ、その直後にピナツボ火山の大噴火の災害を知ったことである。その後2001年インド・グジヤラート地震（Mw7.7）、2008年中国・四川大地震（Mw7.9）、2015年ネパール・ゴルカ地震（Mw7.8）など地震災害の調査にも出向き、日本と

は異なる社会条件の中で地震災害を受け、それに立ち向かう国々の災害文化の一端を感じた。アジアの国々は歴史的、政治的に困難な時代を経てきたが、そのことの一つの大きな要因は、短期間に続発する自然災害の多発も影響しているのではないかとも思っている。

そのようなこともあり、2017 年にアジア研究センター主催で「アジアの自然環境と防災」という連続講座（全 6 回）を開催して頂き、アジアの自然災害に関する多岐に亘る講演を聞く機会を得た。この講座では、アジア諸国の自然環境の成り立ちと災害との関連性を基本に、災害が起きるメカニズムについて大きな示唆を頂いた。講師の方々は、“地震学・地形・地質学”、“気象学・水文学”そして“防災・減災（学）”を専門分野とする方々で、各専門分野の知見に基づいて、主テーマに関連する貴重な講義を行って頂いた。全体を通して、アジアの自然環境や災害環境についての理解を深めることができた。また、アジア諸国では統計データの分析結果から、あらゆるタイプの自然災害の発生件数と被災者数などが世界的にも突出して多く、大変厳しい災害環境を有している状態にあることが指摘された。それらの自然災害は相互に関連性があることも理解できた。その根本的な要因は、大きな視点から考えると 46 億年（特に、ここ 3 億年）に及ぶ地球形成史における古代からの地球史的な歴史に潜んでいた。

自然災害が多発する理由は、完全には理解できている訳ではないが、1950 年代から地球科学の分野で研究が進展してきた“プレート・テクトニクス”理論による変動地形の理解である。これは地震や火山活動を含めて造山運動など地球表面の地形・地質の構成などを統一的に説明する学説で、現在この考え方が一般に定着していて地球科学の根幹を担っている。しかも、この理論は現在進行している地球温暖化など気候変動の要因にも大きく関係していると言われている。プレートの運動は地球表面に収束型境界と発散型境界をフレート境界に形成し、アジアの地域では、現在インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突してヒマラヤ造山運動を引き起こした収束型境界の領域に位置していて、ことさら地殻変動が活発でフレート境界付近で、日本と同様に地震や火山噴火活動が活発で大災害を引き起こしている。また、赤道に近く低緯度帯に位置していることからアフリカ東部から吹き込むアジアモンスーンによりサイクロンや高潮などによる気象災害も多発している。アジアの多発する自然災害に関しては、最近多くの調査・研究がまとめられ書籍も出版されている。

以上のようなアジアの国々の自然災害に関して、国連を始め日本のアジア防災センターや JICA、あるいは大学の研究者や NPO 等の組織による復旧・復興に関する災害対応支援や防災・減災に関する事前対策に関する支援があらゆる面で行われていることも認識しているが、やはり学術的な観点での地域の特性を踏まえた研究面あるいは住民間の情報交換なども必要であろうと感じている。

3　2004 年スマトラ島沖地震とインド洋大津波災害

2004 年スマトラ島沖地震は、2004 年 12 月 26 日にインドネシア西部のスマトラ島北西沖のインド洋で発生（UTC　00：58）した Mw9.1 の超巨大地震である。震源域は約 1,000～1,600 km の長大な長さをもつ領域とされていて、国土地理院の分析によれば約 1,320 km とされている。これは 2011 年東日本大震災の震源域よりも約 2 倍の大きさになる。

スマトラ島沖地震は、USGS（米国地質調査所）によると図-2（本震（☆）と余震（○）の震源の分布（M4.0 以上））に示す地域で、図中のスマトラ島の最西端にバンダアチェは位置している。断層のずれは逆断層型で、地震発生時には沈み込むインド・オーストラリアプレートが上盤側にあるユーラシアプレートの下に沈み込む形で断層面を形成したとされている。平均で高さ 10 m に達する津波が数回インド洋沿岸に押し寄せ、場所によって 30 m 超に達した。津波はアフリカ大陸東岸や遠くアメリカ合衆国西海岸や南アメリカ大陸でも数 10 cm の津波を記録した。ジャワ海溝沿いの地域は世界有数の地震多発地帯で、スマトラ島周辺では 100 年から 150 年の周期で大きな地震が繰り返し発生している。インドネシアでは 2004 年以降大地震が急増し、これらの地震により火山活動も活発となって 10 以上の火山で地震が増加し、2006 年 5 月と 2010 年 10 月にはムラピ山が噴火に至っている。

またインドネシア周辺は、インド洋を北上する熱帯低気圧やサイクロンの来襲による風雨災害も毎年

のように発生している。特に、近年の地球温暖化による影響は年々のように厳しさを増していると言われ大規模なサイクロンが発生している。

バンダアチェでは、津波が来襲し市街地を濁流となって建物を洗い流し、住民が右往左往しながら避難する模様が映像となってニュースとして配信され、世界初の津波の映像として記録された。これを見て大変な衝撃を受けたことを覚えている。しかし、同様な映像は日本でも 2011 年 3 月に発生した東日本大震災でも経験し、2 万人を越す死者・行方不明者、福島第一原子力発電所の事故は衝撃的な津波被害の現実的な側面を突きつけられた。現在も被災地の復旧・復興が進められていることは記憶に新しく、その復旧・復興の施策に対する賛否両論が浮上し継続している。災害の規模やその後の復旧・復興の進め方などはそれぞれの国の事情により異なるものではあるが、住民の意識、感情や今後の災害に対する防災意識などは災害後の時間経過とともにどのように変化し続けるのかについては災害文化や社会意識の観点から大変興味のあることになっている。この辺の現状についての調査も一つの目的とし現地を訪問した。

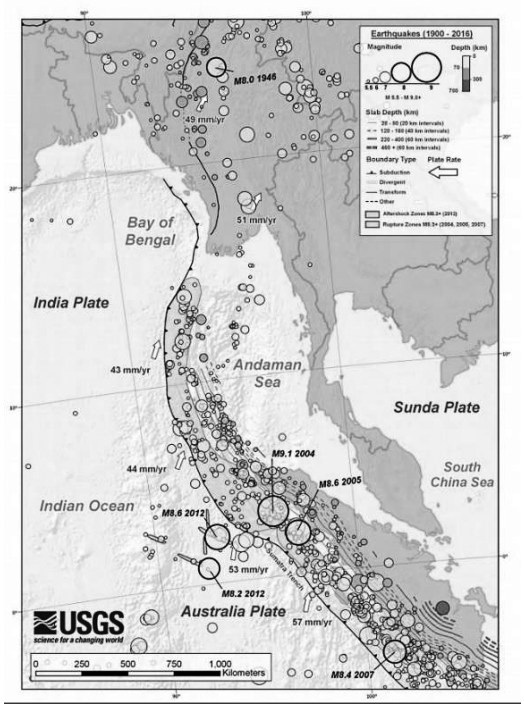

図 2　スマトラ島周辺の M5.5 以上の地震（1900–2016）の分布（USGS）

4　現地調査

インドネシア訪問の 2020 年 2 月は丁度新型コロナウィルス感染症の世界的な拡大が始まった時期で、国内を始めとして国外への人の移動が制限され始めた時期にあたっていた。そのため羽田空港もインドネシア国際空港も比較的利用者は少なく閑散として、出国は難しいかと思われた。しかし、日程的にこの時期を逃すと出張はほぼ困難と考えて現地へ赴くこととした。

この出張に当たっては半年程前から資料の収集や情報の収集を始めて、特に東洋英和女学院大学の佐藤愛子教授には多大なる情報提供と支援を頂いた。佐藤教授は 2004 年インドネシア大規模津波災害の発生以降、東北大学災害科学国際研究所のプロジェクトにも参加し支援活動を継続されている。また、ゼミの学生と一緒に現地での復旧・復興の支援活動も行われている。そのため現地における多様な人脈は豊富に持たれていて、当方の目的をお話しすると適切な調査場所やコンタクトすべき研究者や人材を紹介して下さった。これは、短期間の出張において大変大きな助けとなった。空港に着くと現地で佐藤先生と活動を共にしている Syafwina 氏とその御子息の Mex Wahab 氏の出迎えを受けた。

―1 日目―

バンダアチェに到着後、空港から中心市街地へ移動する道すがら、約 4 万人の津波犠牲者を慰霊する施設とモニュメントを紹介してくれた。広い敷地に建物と慰霊碑が建設され、震災後 16 年経過した現在も遺族を始め多くの人々が訪れて鎮魂の礼を尽くしていると説明してくれた。敷地内には来襲した大津波のモニュメントと敷地周囲を囲うように津波を模した塀が周囲を囲っていた。その場所を後にして市内の中心地へ向かったが、沿道には食料品、青果物、薬、レストラン、電気製品、自動車、各種部品などの商業施設が立ち並び、外見上津波災害の影響はすでに全く感じられなかったが、道路の後ろ側には河川の水路や水田も広がり、湿地のような草に覆われた低地やマングローブの林が広がっていて、過去幾度も津波や高潮の被害を受けてきたであろうことを想像させる低地の地形が印象的であった。マン

写真 1　バンダアチェに建造された慰霊碑

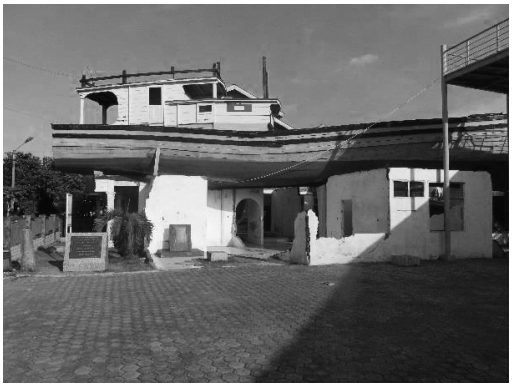

写真 2　津波で流され建物上に残った船（震災遺構）

写真 3　津波で被災しながらも復旧したバンダアチェ最大のモスク

写真 4　沿岸地域に建設された仮設住宅

グローブ林は近年の経済活動で切り開かれ減少の一途を辿っていたが、津波災害の防災・減災に大変有効であったとの理解から活発に植林事業が行われている。

―2 日目―

翌日は、朝から津波で洗い流された市内の被災地域と海岸部の津波襲来地域の視察に向かった。市内を縦横に通過する主要な道路は、殆ど修復されていて、沿道の市街地よりやや高めになっていて、津波に対するバリアーを形成しているように思われた。また、場所によっては広い空き地となっているような場所も点在していて、津波襲来よる被害の大きさが創造できた。また、海から運ばれた大型の貨物船が内陸に留まり、そのエンジンであった内燃機関が被災地の電力供給のための発電装置として利用されたとの説明を受けた。その貨物船は現在震災遺構として保存されていた。沿岸地域は 10 m 以上に及ぶ津波により多くの施設は消失する被害が発生し、復旧工事により防潮堤が構築されていた。しかしながら、その防潮堤の高さは日本で発生した東日本大震災における復興事業として三陸海岸に構築された 10 m を越す防潮堤で、海岸の景観を一変させてしまうような高い防潮堤ではなく、自然と海岸の風景に溶け込むような規模のもので、説明を受けないと気が付かない規模のものであった。それを受け入れるように露天の土産物を売る屋台が多くの商売を再開し、海岸地域の活性化を醸し出していたことは大きな印象に残った。午後には、日本の援助で建設された津波博物館と津波避難タワーを見学した。また、震災後に設置された高台移転の村々の視察に向かった。津波災害に対しては水平避難より垂直避難の方が有効であるとの経験は、日本でも同様に教訓として残されている。しかしながら、バンダアチェでは 3 階を越すような高くて強度がある鉄筋コンクリート構造は殆どなく、海岸線から 1 km 程度内陸に入った高台の標高数 10 m から 100 m 程度の場所に新たに住宅地が建設され、津波で被災した住民が移転

写真 5　高台に設けられた住宅地

写真 6　高台移転した住宅（遠くに被災した市街地が見える）

して生活をしていた。これらの高台の住宅地は世界的に著名な映画スター（視察した高台の住宅地は香港のジャッキー・チェン氏の支援によるもので、村の名前として冠せられていた）などの支援よるもので、比較的広い敷地に建物が建設され、道路に沿って点在していた。震災発生当時には多くの被災住民が利用されていたものと推測されるが、現在は空き家や空地もあり時間の経過とともに被災した市内や沿岸地域などの低地へ再移住したことを伺わせていた。

―3 日目―

3 日目は佐藤教授とゼミの学生と一緒に国立 Syiah Kuala 大学の津波災害防災研究センター（TDMRC）を訪問し、Prof. Munadi センター所長にお会いした。所長は佐藤教授との会合が予定されていて十分な面談の時間がなかったが歓迎して下さった。別に研究所の Dr. Mukhsing 教授, Dr. Idris 教授の紹介を頂き、お話しを伺うことができた。お二人は地震学と耐震工学を専門とする研究者で、津波による被害とともに地震の揺れによる建物の振動被害についても説明して頂いた。市内でも被害が大きい地域と少ない地域があり、地盤の特性が顕著であったと興味深いことについて説明された。私が常時微動観測という方法を使って地盤や建物の振動について研究していることをお話しすると大変興味を示され、将来共同研究を実施したいと話されていた。バンダアチェの地震災害の軽減のため、津波災害のみならず地震の揺れの強さによる振動被害についても検討していく必要性があると感じた。その後ホテルに帰り夕食までの時間を部屋で過ごしていると、夕方に TDMRC 別の Dr. Irwandi 教授がホテルに来られ面会を希望しているとのことで、ロビーでお会いしお話しを伺った。この Irwandi 教授も地震に関連した地質学を専門とする研究者で、現在バンダアチェの北方に位置するスマトラ島第 2 の大きな都市があり、その市街地が広がる場所で現地調査とともに研究を進めており、その地域では市街地の中央部に活断層があって、将来 M7 クラスの大きな内陸活断層型地震を引き起こす可能性があり、被害を軽減化するため地盤や建物の状況を調査しつつ被害の予測のための研究を進めていて、私の常時微動観測の方法を利用できないかということについて意見を求められた。私の専門がまさしくそういうことを研究し、被災危険性の高い地域を特定化して事前に防災対策を施すことに活用していると説明すると大変興味を示しされ、やはり将来共同して調査・研究を実施したいと言っておられた。実現できると良いと思っていたが、新型コロナウィルス感染症の世界的な拡大で、海外出張は当分の間禁止されたため、今後暫くの間共同研究は実施できず、状況を見つつ渡航禁止が解かれたら再度現地へ伺い、共同研究の可能性について話し合いたいと思った。

―4 日目―

翌日は、昼頃にバンダアチェを出発してジャカルタ空港内のホテルに宿泊して、翌朝に帰国の途についた。大変短期間の短い現地への訪問であったが、スマトラ島のバンダアチェの地方都市と首都ジャカ

写真 7　RC 造の津波避難タワー

写真 8　沿岸に建造された防潮堤

写真 9　震災後に建設された津波博物館

写真 10　エンジンが被災地の電力供給施設となった漂流船（震災遺構）

ルタの大都市の違いをそれぞれの都市の上空で機体の中から眺望して、その違いを観察した。大都市ジャカルタが大地震の震源となるようなプレート境界の海溝から少し距離が離れていることと、まだ直近の震源域で大地震が発生するに至っていないことが、どんなに重要なことであるかと思った。そして東京の上空に戻ってきて、東京の上空から首都圏の状況を見て、改めて大震災の危険性について感慨深く思わざるを得なかった。

5　おわりに

インドネシアは日本と同様に多数の島々で成り立った国でスマトラ島の北端に位置するバンダアチェはやはり日本と同様に変動帯の中にあり、多くのプレート間地震を引き起こす特殊な場所にあり、歴史的にも多くの巨大地震の発生で何度も被災した歴史的な都市と言える。

私自身は、地震工学の分野で地盤と建物の耐震性に関わるハードな面での研究と同時に、人や地域や都市の地震防災に関わるソフトな面での研究が重要で、将来の地震災害に防災・減災の観点から研究を行っており、長い災害の歴史を有しているインドネシアのバンダアチェには大きな興味を持っている。どのように災害対応を行って現在に至っているのか、またどのような地震防災・減災対策が取られ、災害を乗り越えて来たのかについて、これからも調査・研究を進めて行きたいと考えている。今回は短期間の出張であったが、実際に現地への訪問でバンダアチェを襲った津波災害の様相を知り、現地で防災・減災に取り組む研究者の方々から共同研究の要望があった。近年の新型コロナウィルス感染症拡大の問題下にあっても、その可能性を期待したいと考えている。

（えのもと　たかひさ　所員　神奈川大学工学部教授）

参考資料

1 荏本孝久，アジア研究センター主催講座・アジアの自然環境と災害，アジア研究センター年報 4 号，pp. 2−14
2 中島秀敏，2004 年スマトラ島沖地震及びインド洋津波災害におけるスマトラ島・アチェ州被害状況現地調査，小特集Ⅰ　2004 年スマトラ島沖地震及びインド洋津波災害におけるスマトラ島・アチェ州被害状況現地調査，2005 年
3 柴山知也他，2004 年スマトラ沖地震津波のインドネシア・バンダアチェ被害調査，海岸工学論文集，第 52 巻（2005），土木学会 ,1371−1375
4 Patrick Daly, R. Michael Feener, Rebuilding Asia Following Natural Disasters, Cambridge University Press, 2016
5 William L. Waugh, Jr. and Ziqiang Han, Recovring from Catastrophic Disaster in Asia, Community, Enviroment and Disaster Risk Management Vol. 18, Emerald Publishing, 2017
6 Rajib Shaw, Koichi Shiwaku and Takako Izumi, Science and Technology in Disaster Risk Reduction in Asia, Potential and Challenges, Elsevier, 2018