

2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査

Field Investigation on the 2010 Chilean Earthquake Tsunami along the Comprehensive Coastal Region in Japan

都司嘉宣¹・大年邦雄²・中野 晋³・西村裕一⁴・藤間功司⁵
今村文彦⁶・柿沼太郎⁷・中村有吾⁸・今井健太郎⁹・後藤和久¹⁰
行谷佑一¹¹・鈴木進吾¹²・城下英行¹³・松崎義孝¹⁴

Yoshinobu TSUJI, Kunio OHTOSHI, Susumu NAKANO, Yuichi NISHIMURA, Koji FUJIMA
Fumihiko IMAMURA, Taro KAKINUMA, Yugo NAKAMURA, Kentaro IMAI, Kazuhisa GOTO
Yuichi NAMEGAYA, Shingo SUZUKI, Hideyuki SHIROSITA and Yoshitaka MATSUZAKI

An earthquake of Mw 8.8 struck off the coast of central Chile on Feb. 27, 2010. A tsunami due to the earthquake propagated on the Pacific Ocean and attacked Japan on the next day. JMA issued a major tsunami warning for many coastal regions, however severe damage occurred in many ports especially for fishery. To understand the tsunami disaster, the filed investigation was carried out to record tsunami heights such as run-up heights and inundated heights along the comprehensive coastal region. In cooperation with many institutes, eyewitnesses interview, measurement of tsunami trace and analysis of tide records were conducted. Then the tsunami height distribution from Hokkaido to Okinawa is reported here. The tsunami was higher in the northern part of Japan and it exceeded 2 meters in the Tohoku district especially.

1. はじめに

2010年2月27日15:34頃(日本時間)にチリ中部沿岸でMw 8.8の地震が発生した。この地震に伴う津波は太平洋を伝播して、約22時間後に日本へ来襲し、漁業被害などを発生させた。遠地津波は、近地津波に比べて発生頻度が低く定量的なデータが少ない。そこで、今後の予報技術の高精度化に寄与できるような津波高分布や来襲メカニズムを明らかにすることを目的として、広域での現地調査を実施した。その結果をここに報告する。ただし、紙面の都合上、関東地方および東海地方については調査

結果の概要と津波高の分布のみを示すため、詳細については今井ら(2010)を参照されたい。

2. 現地調査の概要

今回の津波は1960年チリ地震津波に比べて小規模であるため痕跡や記憶の消失が速いこと、また幸い人的被害が発生していなかったことを考慮して、津波到達の翌日から現地調査を開始した。北海道から沖縄までの太平洋沿岸において、産官学の協力により調査を行った。主な調査方法は来襲状況などの聞き取りや痕跡を用いた津波高の測量、検潮記録の確認などである。

各地域での調査結果は次章で述べるが、日本全域での津波高の分布を図-1に示す。図中、浸水高(●)、遡上高(◇)に加え、岸壁を越えてはいないが明確に津波の高さが判った場合は港内津波高(○)とした。また、常時波浪との判別が不可能な微弱な津波(◆)も示した。痕跡高が不明な一部の地域では観測波形の最大値(▲)を用いた。なお、本稿で示した高さは潮位補正後の正味の津波の高さである。

3. 各地域の現地調査結果

(1) 北海道地方

3月1日から3日にかけて、道東の別海町から道南の苫小牧市までの太平洋岸において実施した。調査方法は、まず漁港の漁業組合事務所や北海道開発局の港湾施設を訪問し、目撃者に会えた場合は直接聞き取り、また担当

1	理博	東京大学准教授地震研究所
2 正会員	博(工)	高知大学教授農学部生産環境工学科
3 正会員	博(工)	徳島大学教授大学院ソシオテクノサイエンス研究部
4	博(理)	北海道大学助教地震火山研究観測センター
5 正会員	工博	防衛大学校教授システム工学群
6 正会員	工博	東北大学教授災害制御研究センター
7 正会員	博(工)	鹿児島大学大学院准教授理工学研究科海洋土木工学専攻
8	博(地)	北海道大学研究員地震火山研究観測センター
9 正会員	博(工)	東京大学特任研究員大学院情報学環/地震研究所
10	博(理)	千葉工業大学上席研究員惑星探査研究センター
11 正会員	博(工)	産業技術総合研究所研究員
12 正会員	博(情)	京都大学助教防災研究所巨大災害研究センター
13	博(情)	関西大学助教社会安全学部安全マネジメント学科
14 正会員	修(工)	(独法)港湾空港技術研究所海洋・水工部研究官

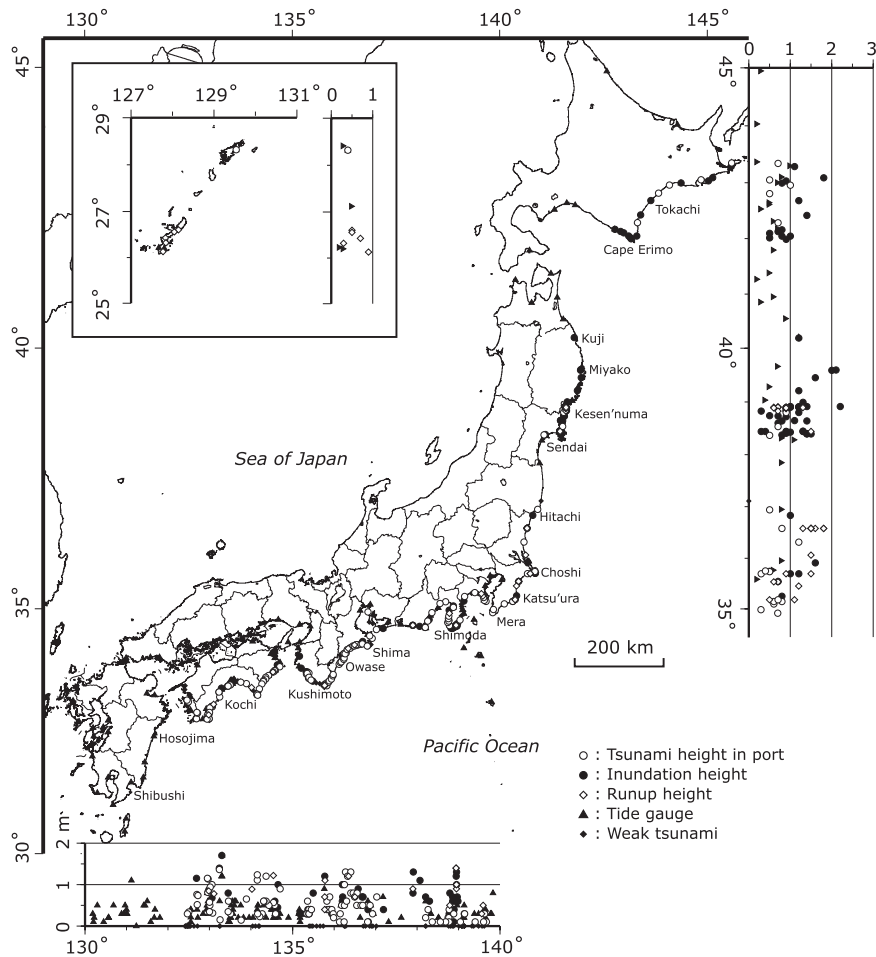


図-1 日本全域での津波高の分布

者が情報を収集している場合にはその内容を聞いた。聞き取り項目は、津波が岸壁を越えたかどうか、越えた場合はどこまで浸水したか、越えなかった場合は岸壁下のどの高さまで到達したか、津波は何時ころ、何回来て、どの波が最大であったか、また住民の避難行動や船舶の冲出しや帰港に関する情報である。津波の高さが情報を元に測定可能な場合には、測定時の海水面を基準として標尺、メジャーにより測定した。

津波の高さを測定したのは18カ所の港である。うち14港では津波が岸壁を越え一部冠水している。なお、根室市より北（別海町まで）と浦河町より西（苫小牧市まで）では、港で様子を聞いた限り大きな水位変動はなかったとのことであった。調査地点の中で最高水位は根室市花咲港で観測された。花咲港では少なくとも6、7回の水位上昇があり、最大は15:48であった。この時は防潮堤の上40cmまで浸水し、潮位補正後の津波の高さは110cmである。一方、他の港では津波は約60～80cmであり、複数回の水位変動が観測されていた。釧路では16時頃に冠

水し、18時頃にも岸壁ぎりぎりまで水位上昇が確認されている。今回の津波は、第1波より後続波の方が明らかに大きく、最大の津波が到達した時刻は16時から18時頃の間で、この時刻は港により異なっていた。

住民や船の行動について、得られた主な結果を簡単にまとめる。まず調査地点の多くで、漁港の責任者などが警報発令中に建物内や港の中にとどまっていたことがわかった。岸壁で津波による水位変化を監視していたり、最初に引き波が来ると信じてそれまで逃げずに待機していたりする事例もあった。どの自治体も津波警報を受けて避難勧告を発表しており、また、広報車による頻繁な情報提供があったり避難所が受け入れ態勢を整えたりしている地域では比較的多くの住民が避難したという傾向がみられた。船舶については、津波に備えて沖に出て待機する船がどの港でもあった。出港については津波到達時刻前に混乱なく行われたが、一方、多くの船が午後3時から夕方にかけて帰港している。この時刻には、津波は満潮と重なって最高水位を示し、湾内で渦が見られ

たり海が濁ったりしたところもあった。船の帰港は船長の判断で行われており、今後は船の持ち主や港湾関係者が津波について正しい知識を持つことが重要であることが再認識された。

(2) 東北地方

久慈港では津波の痕跡は確認できなかったが、聞き取り調査及びビデオ映像より、港内岸壁が数cm程度浸水したと確認した。宮古湾では湾口の験潮記録は14:10頃に第1波が0.1m、15:40頃に第4波が0.4m、18:30頃に第10波が0.7mで最大の津波高を記録している。宮古湾奥の高浜地区と津軽石地区で痕跡から津波高の計測を行い、津波高はそれぞれで2.1m、2.0mであった。聞き取り調査、ビデオ映像によると津波は宮古湾奥で16:00頃最大であったことから、第4波0.4mの津波が増大したと考えられる。宮古湾の形状からその固有周期は40分程度と考えられ、今回の津波周期40～50分と近く、湾による波高の増大効果が顕著であった。山田湾では山田町が織笠地区に設置している津波観測装置で17:10に1.6mの津波を観測した。聞き取り調査と計測からも17:00頃1.6mの津波高があったことを確認した。唐丹湾小白浜漁港では聞き取り調査から漁港の一部で浸水があったことを確認した。大船渡湾では養殖施設の被害が大きかった。図-2は大船渡湾の養殖施設被害を示したもので、湾口付近で被害が大きい様子がわかる。広田湾長部漁港では湾内で浸水した痕跡の測量と聞き取り調査を行った。津波高は15:40頃1.3mであった。気仙沼湾では湾口付近では0.8mであったが、湾奥に向かうにつれて徐々に増大し、鹿折川河口付近では1.5mとなる津波高の分布を示した。また、浸水のあった魚市場での聞き取り調査を行った。16:00頃大きな津波があり、始めに側溝の目地から浸水後、前面海域の栈橋からの越流により浸水した。浸水深は50～60cmであり、魚市場の前面岸壁の高さはDL2.5mであることから、津波の浸水レベルはDL3.0～3.1mである(DL0.0m=T.P.-0.89m)。湾奥の市役所の津波計によれば、この直前の引き波はDL0.0mであったので、全振幅として3.0mになる。浸水範囲は魚市場の前にある道路を越える。市場内のコンテナタンクはロープ等で固定してあり、崩れたものが市街地や海に流出することはなかった。また、鹿折川や大川で河川遡上があり、大川では河口から1km上流でも0.9mの津波高が発生していた。

(3) 関東地方 (一部福島県含む)

福島県いわき市四倉漁港から神奈川県足柄下郡真鶴町真鶴漁港にかけて調査を行った。調査は聞き取り調査を主に行い、その結果を基に合計54地点の津波の高さを測量した。このうち津波の高さが比較的高かったのは、茨城県日立市の会瀬漁港(1.3～1.8m)、同県神栖市の鹿島港(1.6m)および千葉県旭市の飯岡漁港(1.5m)などで

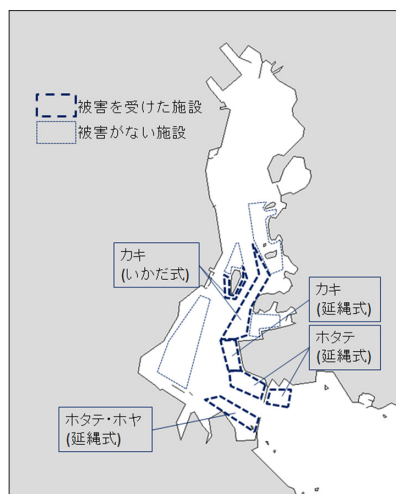


図-2 大船渡湾の養殖施設被害

あった。その他の地点は、おおむね1m程度あるいはそれ以下の津波高であった。

(4) 東海地方

静岡県伊東市から愛知県田原市にかけて調査を行った。主に津波痕跡高やその来襲時刻について聞き取り調査を行い、痕跡が明確に判る場合には水準測量を行って高さを評価した。このうち津波の高さが比較的高かったのは、静岡県下田市周辺(0.8～1.4m)および袋井市豊浜の福田漁港(0.9～1.3m)などであった。その他の地点は、おおむね1m程度あるいはそれ以下の津波高であった。なお、この沿岸において、水産被害はなかった。

(5) 紀伊半島

和歌山県の湯浅町からすさみ町にかけての沿岸では、津波が岸壁を越えたところは無かった。湯浅町、田辺市、白浜町の漁港においては、漁民の証言によると津波による水位上昇は30～40cmであったが明確な目印が無いため信頼度は低い。みなべ町と印南町においては、津波高に関する証言は得られなかったが、津波以前の高波によって打ち上げられたゴミがそのまま残っていたことから微弱であったと考えられる。白浜町網知不では岸壁すれすれまで水位が上昇したとの証言があり岸壁の高さから推定した結果、津波高60cmであった。すさみ町周参見の漁港では80cm程度の水位上昇との証言があったが、せいぜい10cmだったとの証言もあり、信頼度は低い。

和歌山県串本町の袋港にある検潮所では、18:10に最大波0.9mが記録された。同町袋港では川端釣り船店前の階段2段目まで浸水下という証言が得られ、津波高1.18mであった。須賀の浜のマリーナでもマリーナへ降りる道路の下部まで浸水、津波高を計算したところ0.71mであった。串本漁港では漁港南部の低い岸壁が広範囲に浸水した。漁協前の岸壁では岸壁から1mの距離まで浸水、

この地点で津波高を計算したところ1.11mであった。

和歌山県那智勝浦町から三重県熊野市にかけては、那智勝浦町宇久井港で低い岩壁が浸水した以外は、津波が岸壁を超えていない。証言によると多くの津波高は30cm程度と小さかった。

三重県尾鷲市の検潮所では、17:05に最大波0.6mを記録した。尾鷲港天満浦の岸壁が水に浸ったという証言から岸壁の高さを計測し、津波高を計算したところ、0.7mであった。曾根漁港では岸壁階段の2段目お腹まで津波が遡上し津波高0.96m、九鬼浦でも岸壁階段の中段まで津波が遡上し津波高1.04mであった。

三重県紀北町の海野漁港では岸壁すれすれまで水位が上昇した。また長島港では、岸壁から幅1m程度浸水した。これらの証言からそれぞれ津波高は1.16m、1.21mであった。大紀町錦漁港市場前の岸壁でも浸水した。

三重県南伊勢町では神前浦、阿曾浦、礫浦、五ヶ所浦で岸壁が浸水した。証言によると、阿曾浦では14時半頃の第3波が最大で水位上昇は0.9mであった。礫浦では1.3mの上下変動があった。五ヶ所浦では漁協前の岸壁が浸水し津波高は0.71mであった。これらの地域では潮の流れが速かったという証言が多く、阿曾浦では魚類養殖筏が一部損壊、係留索1本が破断、5tのアンカーが30mほど沖へ移動、礫浦でも防波堤開口部の外側の養殖筏1区画が被害を受けて撤去、宿田浦でも養殖筏に被害が出ている。

三重県志摩半島沿岸部でも津波が岸壁を越えなかった。

(6) 四国地方

国や県が管理する潮位記録、河川内の水位記録から徳島と高知への津波到達状況を調査した。使用したデータは潮位記録18地点（気象庁6、港湾局2、国土地理院1、徳島県港湾課2、高知県港湾課7）、河川内水位記録33地点（国土交通省14、水資源機構2、徳島県河川課6、高知県河川課11）、合計51地点の潮位または水位記録である。

津波成分の抽出には観測潮位から天文潮位を差し引く必要があるため、潮位記録、水位記録から60分潮の調和定数が公表されている最寄りの験潮所（例えば、小松島、高知、室戸岬など）の推算天文潮位を引くことにより潮位偏差を算出することを原則とした。河川内水位は最寄りの港湾の潮位変動と大きく相違する場合があるため、そうした場合には移動平均して求めた水位を引くことにより、津波成分を取り出した。

図-3は四国で最大の津波を記録した高知県須崎験潮所（港湾局、湾口から約1.5km）の潮位記録である。図に示すように19:48に1.22m（潮位T.P. 1.80m）の津波が観測されている。また、須崎湾奥に流入する桜川（河口から1.5km地点）ではこれとほぼ同時刻の19:50に水位が2.34mを記録している。須崎験潮所は須崎湾（全長約

4km）のほぼ中央に位置しているため、湾奥ではさらに0.5m以上水位が上昇したことがわかる。

高知県では50cm以上の津波は久礼、土佐清水、室戸、甲浦の各港で記録したほか、下ノ加江川、四万十川、国分川など河川内でも高い津波を記録している。徳島県では50cm以上の津波の到達は見られなかったが、由岐港の他、旧吉野川、園瀬川、牟岐川などで40cm以上の津波が記録されている。

四国での主な被害は徳島県海陽町、高知県須崎市で養殖筏が流されるなどの水産被害と一部路面冠水があった程度で深刻な被害は生じていない。

(7) 九州地方

ここでは、冠水が見られた鹿児島県の志布志港での潮位と、奄美大島での調査結果に関して述べる。なお、鹿児島県内では、宇検村と与論町の最大で1,383世帯に避難勧告が出され、大和村や瀬戸内町等の自主避難を含めると6町村で計1,085人が公民館等に一時身を寄せた。

鹿児島県内の各検潮所での津波第1波の観測時刻は、気象庁による到達予想時刻より1時間半程度遅れた。県東部の志布志港では、19:55に津波予想高より大きい約1.1mの津波が記録され、これが志布志港検潮所（図-4のA地点）における津波の最大高であった。

志布志港では、この時刻と同程度の水位が、大潮満潮と津波が重なった18:00過ぎに現れ、船舶の同図Bの陸域が一時冠水した。複数人の目撃によると18:10過ぎがピークで、岸壁車止め付近と志布志漁協水産物卸売市場前に位置する岸壁（同図C）の階段を海側に1段（約0.25m）降りた面までが冠水した。推算潮位と潮位偏差を考慮したこの時刻の津波高は約0.8mと推定される（鹿児島地方気象台、2010）。志布志港は、防波堤（同図D）により奥ほど水域が狭く、津波エネルギーが奥で集中すると考えられる。ただし、冠水場所付近は、岸壁の高さがT.P. 1.1mと低く、高潮や秋季大潮の際に頻繁に冠水しており、港湾施設に海水流入等の被害がなかった。なお、同図の前川河口付近で、津波の遡上が確認されている。

前述した19:55の津波については、目撃証言が得られ

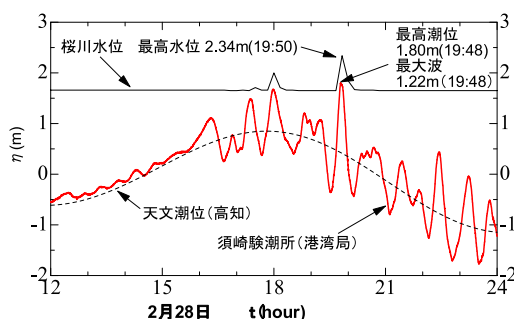


図-3 須崎湾（高知県）での潮位変化

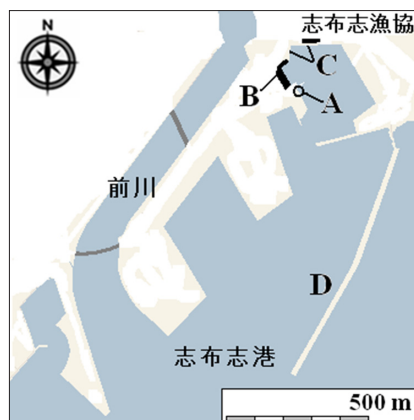


図-4 志布志港の冠水域

ていないが、漁協前の岸壁の階段を1段降りた面に置かれていた板箱が流されておらず、潮位が18:00過ぎより高くなかったと推定される。なお、20:30頃には、冠水が発生していなかったことが確認されている。

また、奄美大島では、3月19日に聞き取り調査を行った。奄美市名瀬港では、漁港の岸壁を越えるような潮位変動が観察されなかった。奄美市名瀬小湊の小湊港でも潮位が岸壁を超えなかったが、消防団員により17:39に約0.4mの津波高が計測され、その様子は、3月1日付けの奄美新聞に掲載されている。

(8) 沖縄地方

沖縄気象台報告の那覇での検潮記録によると、第1波到達は16:41、最大波到達は18:55（ほぼ満潮時）である。沖縄諸島において3月1～6日に調査を行った。調査地のうち、南城市（安座間港、徳仁港）、国頭郡（本部町石川のエメラルドビーチ、今帰仁村古宇利島、国頭村奥）、名護市（真喜屋小学校跡地、屋我地橋、済井出）、沖縄市（泡瀬港）においては、顕著な潮位変化は確認できなかった。

聞き取り調査および痕跡から津波高を推定できたのは以下の地点で、いずれも太平洋側に面した港湾部や河川沿いである。南城市・奥武港では18時半頃、潮位が上昇して岸壁を乗り越え陸上に浸水した（津波高0.85m）。その様子は、3月1日付けの琉球新報に掲載されている。同漁港にて3月1日早朝に調査を行ったところ、岸壁から約4.1mの範囲で浸水跡が観察された。国頭郡東村慶佐次では津波が河川を遡上し、渦を巻いている様子が観察された。河川沿いの駐車場が一部浸水したという証言をもとに、津波高の測量を行ったところ0.50mであった。名護市大浦・大浦橋では津波高の測量（0.51m）のほかに、橋桁付近の砂が侵食されたという目撃証言（農家）が得られ、現地で観察を行った。橋桁の下部40cm程度は他の部分と比べて汚れがなく、ごく最近まで砂に埋没して

いたと考えられる。この橋桁付近は河川の主流域から外れており、津波発生から調査日まで降雨が無かったことを考慮すると、橋桁周りの侵食は証言にあるように津波による可能性が高いと考えられる。この侵食痕は、内陸側の橋桁端で最も侵食量が大きく、海側に向けて侵食量が徐々に小さくなるという特徴がある。うるま市・石川漁港では漁港内の製氷所付近にて漁師3名に聞き取りを行ったところ、岩壁ぎりぎりまで潮位が上昇（津波高0.72m）したものの、浸水はしなかったとのことである。沖縄市泡瀬・沖縄マリーナでは船揚場付近から津波第2波および第3波が最大約40m浸水（津波高0.27m）したという従業員の証言が得られた。また、沖縄市泡瀬の夜明橋付近では、河川が増水し排水溝から道路に水が溢れたことが、新聞各紙により報道されている。

津波高の測定を行った地点で共通して得られた証言は、最大波が2～4波目だったことと、約10分程度の周期で押し引きを繰り返したという点である。

4. おわりに

遠く津波は日本全域に襲撃するため、その全貌をつかむためには北海道から沖縄までの広域な現地調査が必要である。また、報道などでは大きな津波にのみ注目が集まりやすいが、モデル検証のためには津波が小さかったあるいは襲撃しなかったという情報も同様に重要である。すなわち、広域な津波高の分布が必要であり、本稿ではそれをまとめることができた。

謝辞：今回の現地調査においては、著者以外にも多くの方々に参加いただきました。ここに記して、感謝の意を表します。朝倉 望・阿部郁男・安藤亮輔・池間仁子・石倉 覚・石辺岳男・小笠原敏記・奥村与志弘・小松原純子・小松原琢・近藤誠司・佐々木幹夫・佐竹健治・鳴原康子・鳴原良典・柴山知也・杉本卓司・鈴木 介・高橋重雄・高橋智幸・高島知行・中村 衛・西山昭仁・橋本貴之・原田賢治・原田智也・藤井雄士郎・堀川晴央・松山昌史・三上貴仁・宮城邦昌・宮地良典・村嶋陽一・吉井 匠（敬称略）

参 考 文 献

- 今井健太郎・行谷佑一・都司嘉宣・藤井雄士郎・安藤亮輔・小松原純子・小松原琢・堀川晴央・宮地良典・松山昌史・吉井 匠・石辺岳男・佐竹健治・西山昭仁・原田智也・鳴原良典・藤間功司・鳴原康子（2010）：2010年チリ中部地震による関東・東海地方沿岸の津波痕跡調査，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.66，印刷中。
- 鹿児島地方気象台（2010）：チリ中部沿岸の地震に伴う津波に関する現地調査について（調査結果報告），鹿児島地方気象台，8p。