

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

Field Survey for Tsunami Trace Height along the Coasts of the Kanto and Tokai districts from the 2010 Chile Earthquake

今井健太郎¹・行谷佑一²・都司嘉宣³・藤井雄士郎⁴・安藤亮輔⁵・小松原純子⁵
小松原 琢⁶・堀川晴央⁷・宮地良典⁸・松山昌史⁹・吉井 匠¹⁰・石辺岳男¹¹
佐竹健治¹²・西山昭仁¹³・原田智也¹¹・嶋原良典¹⁴・嶋原康子¹⁵・藤間功司¹⁶

Kentaro IMAI, Yuichi NAMEGAYA, Yoshinobu TSUJI, Yushiro FUJII, Ryosuke ANDO
Junko KOMATSUBARA, Taku KOMATSUBARA, Haruo HORIKAWA, Yoshinori MIYACHI
Masafumi MATSUYAMA, Takumi YOSHII, Takeo ISHIBE, Kenji SATAKE, Akihito NISHIYAMA
Tomoya HARADA, Yoshinori SHIGIHARA, Yasuko SHIGIHARA and Koji FUJIMA

A great earthquake (Mw 8.8) occurred offshore at central Chile on 27, Feb., 2010 in Japan time. Tsunami by this earthquake arrived at the Pacific coasts of Japan 22 hours after the occurrence. We surveyed the Tsunami Trace Height (TTH) and arrival times along the coast in the Kanto and Tokai districts. As a result, the TTHs were lower than 1.8 m and the arrival times were basically from 16:00 to 18:00. Along the surveyed coasts, the TTHs from the 1960 Chilean tsunami were 1 to 3 m, generally higher than the 2010 TTHs. However, at a few locations, the 2010 TTHs were locally similar or slightly higher than the 1960 TTHs.

1. はじめに

2010年2月27日15時34分頃(日本時間)、チリ中部の沿岸(36.1°S, 72.6°W)でMw8.8(気象庁)の巨大地震が発生した。日本の太平洋沿岸には、地震発生から約22時間後以降に、この地震による津波が到達した。この津波により、関東・東海地方の沿岸には、16~18時頃に最大で1.8 mの津波が襲来した。人的被害は皆無であったが、静岡県下田市では床下浸水8棟(消防庁, オンライン)の浸水被害が発生し、神奈川県・三重県では水産被害が発生した(農林水産省, オンライン)。現在、関東・東海地方の沿岸域では高度な土地利用が展開されている。将来発生が危惧される近地地震による津波は当然

のことで、遠地で発生する巨大地震による津波の防災や減災を考える上で、本地震による沿岸域での津波の挙動を理解しておくことは極めて重要である。そこで、本研究では関東・東海地方(一部、福島県・和歌山県を含む)の沿岸域における津波痕跡高やその発現時刻、津波警報に対する住民の避難行動などについて現地調査を行い、その結果を報告する。

2. 調査地域

現地調査の対象地域は、福島県いわき市から茨城県神栖市(2010/3/3)、千葉県銚子市から館山市(同3/5・7)、神奈川県三浦市から湯河原町(同3/18)、静岡県熱海市から磐田市(同3/14・19)、愛知県田原市から三重県桑名市(同3/27・28)三重県鳥羽市から和歌山県田辺市(同4/24~27)である。この地域の漁港やマリナーなどで主として聞き取り調査を行った。

調査内容は津波の高さ、その発現時刻、水産被害、住民の避難行動であり、津波の痕跡が明確な場合に水準測量を行った。全国の津波痕跡高の分布やその発現時刻、被害状況などは、都司・他(2010)を参照された。

3. 調査結果

図-1に関東・東海沿岸の津波痕跡高分布とその発現時刻を示す。図中、浸水高(Inundation height: ●)、遡上高(Runup height: ◇)に加え、岸壁を越えてはいないが、明確に津波の高さがわかった場合は港内津波高(Tsunami height in port: ○)とし、常時波浪との判別が

1	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
2	正会員	博(工)	産業技術総合研究所研究員
3		理博	東京大学准教授地震研究所
4		博(理)	建築研究所研究員国際地震工学センター
5		博(理)	産業技術総合研究所研究員
6		博(理)	産業技術総合研究所主任研究員
7		博(理)	産業技術総合研究所チーム長
8		理修	産業技術総合研究所主任研究員
9	正会員	博(工)	電力中央研究所上席研究員流体科学領域
10	正会員	修(工)	電力中央研究所主任研究員水域環境領域
11		博(理)	東京大学特任研究員地震研究所
12		理博	東京大学教授地震研究所
13		博(文)	東京大学特任研究員地震研究所
14	正会員	博(工)	防衛大学助教システム工学群建設環境工学科
15		修(工)	無所属
16	正会員	工博	防衛大学教授システム工学群建設環境工学科

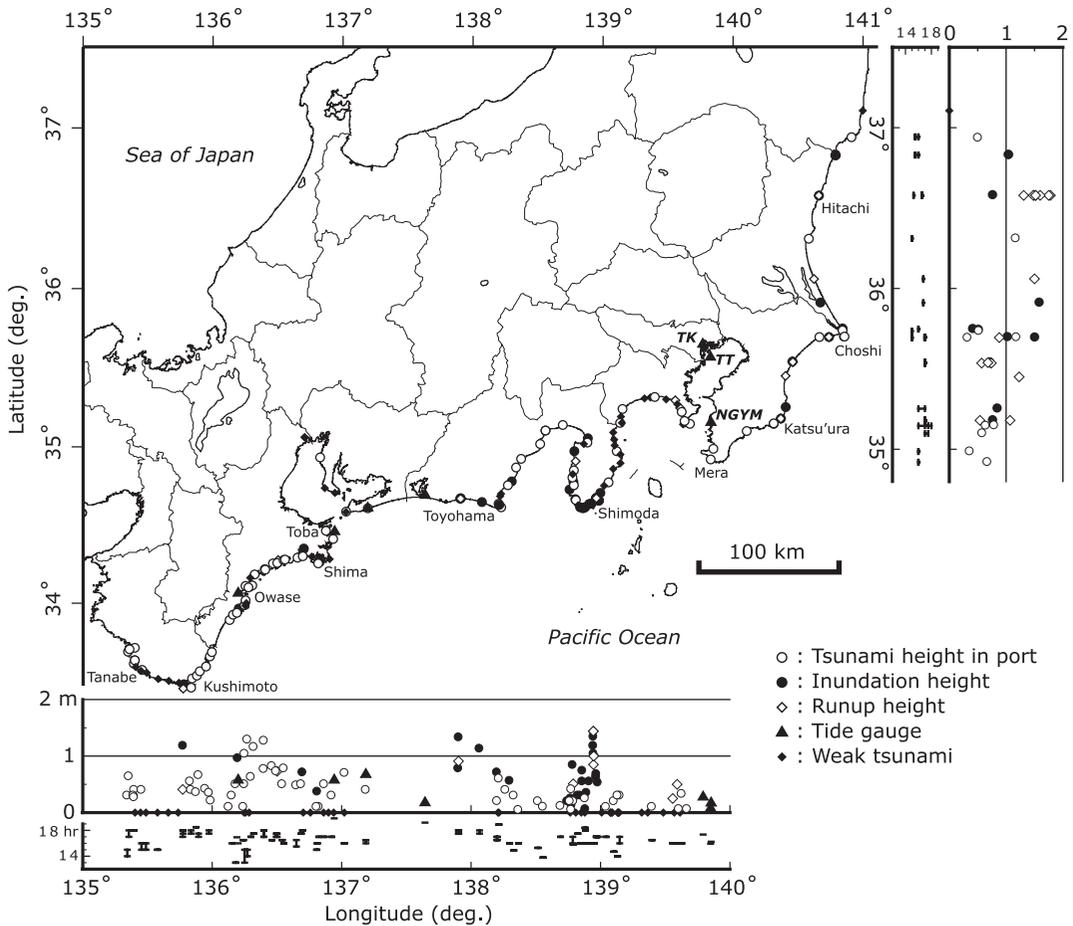


図-1 関東・東海の沿岸における津波痕跡高の分布とその発現時刻

不可能な微弱な津波 (Weak tsunami : ◆, 最大でも 0.3 m) も記した。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。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。茨城県日立市と神栖市, 静岡県下田市と袋井市豊浜, 三重県大紀町, 和歌山県串本町で津波痕跡高は大きい。その高まりの原因としては, 陸棚など海底地形, 震源域からの直達波とアラスカなどの太平洋沿岸部からの反射波との重ね合わせ, 各湾の形状に起因した副振動の影響が考えられる。

(1) 関東地方 (一部福島県) の沿岸

a) 福島県・茨城県沿岸

四倉漁港および小名浜港 (いずれも福島県いわき市) のいずれの地点においても津波が岸壁越えることはなかったが, 小名浜港では 15:30 頃に 0.5 m 程度海面が上昇した。同港での検潮記録によると 15:10 頃に最大水位が出現し, その高さは 0.5 m 程度であった。ただし, 正味の津波高の最大値は 19:56 に 0.7 m であった。この時刻は低潮位であったために, 痕跡を残さなかった。1960 年チリ

地震津波では, 1.6~2.8 m (T.P. 1.5~2.7 m) の痕跡高であった (1960 年チリ津波合同調査班, 1961)。

大津漁港 (茨城県北茨城市) では, 15:40 頃までに一端海面が下がり, その後海面が上昇して 16 時頃には岸壁上 0.05 m 程度浸水し, 浸水高は 1.0 m であった。2 名の住民から一致した証言が得られ, 16 時以降に 5 分程度に 1 回の割合で海面が上下し, その水位差は 1.6 m 程度であった。

会瀬漁港 (同日立市) では, 15:15 頃に岸壁天端から 0.2~0.4 m 下方まで水位が上昇した。その後, 16 時前に再び水位が岸壁を越えない程度に上がり, 16:30 頃にはもう一度水位が上がって岸壁を越えた (第三波と思われる)。岸壁には漂流物が残されていた (図-2)。ここでの津波の遡上高は, 1.3~1.8 m であった。なお, 津波が岸壁を越えたために小船が陸上に打ち上げられた。

大洗港 (同大洗町) では, 15 時過ぎに岸壁天端から 0.3 m 程度下まで海水が上昇し, 港内津波高は 1.2 m であった。また, 津波来襲時に住民が岸壁にスケールをあてがって直接海面を観測しており, その海面の干満の差は

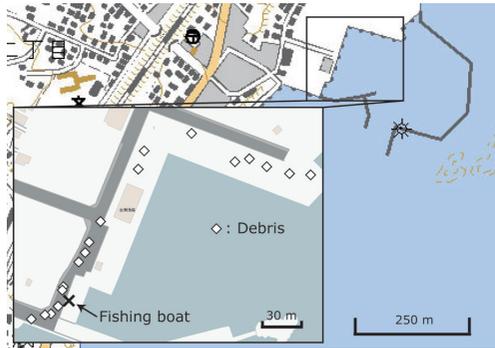


図-2 会瀬漁港における津波痕跡の詳細（国土地理院の数値地図25000に加筆）



図-3 鹿島港における津波痕跡の詳細（国土地理院の数値地図25000に加筆）

2.15 mであった。18時過ぎには海底が一部露出した。

荒井の海岸（同銚田市）では住民による証言は得られなかったが、海岸上に漂流物が残されていた。

鹿島港（同神栖市）では、鹿島港消防署前の小船溜（図-3）で同署職員が海面を観察しており、それによれば16:45に第三波が来襲して岸壁を越え、浸水高は1.6 m（浸水深0.1 m）であった。この小船溜は南北に延びる公共埠頭の分岐点に位置する。公共埠頭南北における岸壁浸水の情報は得られなかった。検潮記録によると最大水位の発現時刻はおおよそ17時前であり調査結果と調和的だが、正味の津波高は0.9 m程度であり、痕跡高よりも小さい。

波崎漁港（神栖市）では、14:05頃に岸壁に泊めてあった船が傾き、15:05に第二波が来襲、16時過ぎに第三波が来襲した。これにより海面が0.4 m程度上昇したが、津波は港内の岸壁を越えることも、海底露出もなかった。

b) 千葉県沿岸

外川漁港（千葉県銚子市）では17時前（五波目と思われる）に港奥の第二市場付近で岸壁を越えた。浸水高は1.2 m（浸水深0.2 m）であった。銚子漁港の検潮記録では、16:49に最大水位に達しており証言と調和的だが、正味の津波の高さは0.5 m弱と調査結果に比べ小さい。

飯岡漁港（同旭市）では16:20に水面が下がり、船底が海底に付いた。16:57に最大水位となり、その浸水高は

1.5 mであった。この時、2隻の船が津波の水位上昇により岸壁に引っかかり、水位低下時に転覆する恐れがあったので、他の船で引っ張って戻した。1960年チリ地震津波では、3.5 m（T.P. 3.7 m）の痕跡高であった（1960年チリ津波合同調査班、1961）。

九十九里浜のほぼ中央に位置する片貝漁港（同九十九里町）では、5回の海面昇降が確認され、特に17時頃に水面が最も高まった。漁協前の側道が冠水し、漂流物が残された。ここでは0.6～0.7 mの遡上高であった。

大原漁港（同いすみ市）では、14:30に通常とは異なる水位と流れが確認された。その後、16:30～18:00の間に岸壁の上まで津波が浸水し、岸壁に設けられた階段の2段目程度まで浸水した。浸水高は0.8 m程度であった。

御宿漁港（同御宿町）では、津波は岸壁を越えなかったものの、船尾固定用（斜路海側）のフックまで津波が上がり、痕跡高は0.8～1.1 m程度であった。

勝浦漁港（同勝浦市）では、第三波が最大であった。岸壁壁面にある防舷材の上端まで海面が上がり、港内津波高は0.6～0.8 m程度であった。1960年チリ地震津波では、2.0 m（T.P. 2.2 m）の痕跡高であった（1960年チリ津波合同調査班、1961）。

鴨川漁港（同鴨川市）では、14:30に0.3 m程度水位が上昇し、16:30頃に大幅に水位が上昇した。岸壁は越えなかったが、0.6 mの港内津波高であった。

富崎漁港（同館山市）では、津波は岸壁を越えなかったが、海面が1 m程度引いて、また1 m程度上昇する、という動作を20分程度の間隔で繰り返した。

館山港（同館山市）では、海面が10～20分間隔で上下し、16:20頃に海面が最も上昇した。岸壁は越えなかったが、防舷材の中間部まで上昇し、港内津波高は0.3 mであった。

c) 東京湾・神奈川県の沿岸

東京湾内の津波は晴海（気象庁、東京都港区、図-1中TK）、東京灯標（東京都港湾局、図-1中TT）、鋸山（地震研究所、千葉県富津市、図-1中NGYM）の観測波形から調べた（図-4）。観測記録の最大波の振幅は0.4 m程度であり、16～17時頃に生じている。また、その周期は70分程度であり、この周期は東京湾の湾軸方向に節が2つ生じる湾水振動の周期とほぼ一致する（相田、1996）。また、約8時間後に最大波と同程度の津波が再来している。このような湾水振動は1923年関東地震、1944年東南海地震や1960年チリ地震による津波でも観測されており、1960年チリ地震津波では東京湾沿岸の痕跡高は一律に1.0 m程度であった（羽鳥、2006）。

神奈川県沿岸における小網代湾（三浦市）では、16時頃に造船所のドックの一番高い枕木まで浸水し、その浸水高は0.3 m程度であった。ここでは引き波時に枕木の

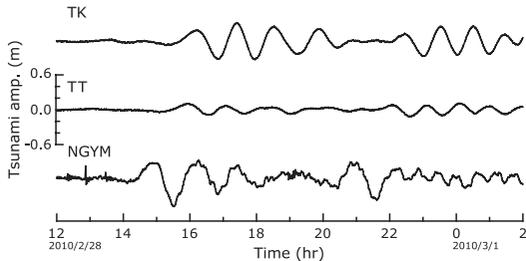


図-4 東京湾の津波観測波形

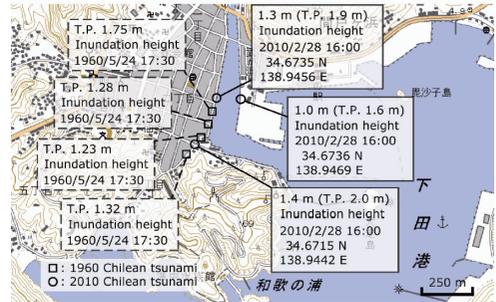


図-5 静岡県下田市下田港周辺の津波痕跡の詳細 (国土地理院の数値地図25000に加筆)

基礎が露出した。海面は0.5～0.6 m程度の幅で上下し、その周期は10分程度であった。1960年のチリ地震による津波では、湾奥において引き潮で数百m程海底が露出した。この津波の痕跡高は不明である。

これ以外の地点に関しては、海面の変化が確認できない程度の微弱な津波(0.3 m以下)であったが、永井漁港(横須賀市)では養殖筏の碇が外れる、網のガクヤが寄るなどの水産被害(農林水産省、オンライン)が発生した。

(2) 東海地方(一部和歌山県)の沿岸

a) 伊豆半島東部

伊豆半島東部(伊東市・東伊豆町・河津町)においては、津波は認識されないか、最大でも0.6 mであった。一方で、伊豆半島南部に近づくると津波の高さは大きくなる傾向にあった。下田市周辺での津波痕跡高は0.6～1.4 m程度であった。図-5に下田港周辺における1960年のチリ地震津波と本地震津波による津波痕跡の詳細を示す。図中では、正味の津波高さに加え、T.P.値も示した。下田市内を流れる稲生沢川の河口周辺では、側溝からの逆流による氾濫(河口部右岸)と、岸壁を越えた場合(河口部左岸、写真-1)があり、河口部右岸での浸水高は1.4 m、左岸では1.0 mであった。また、海水が溢れた時刻は16時前後であり、観測波形による最大波の発現時刻(16:21)とおおむね一致する。床下浸水被害に遭った下田市下田三丁目に居住する住民からは、1960年のチリ地震津波より本地震による津波の方が浸水は大きかったという証言が得られた。その水位差は0.2 m程度であり、1960年のチリ地震津波の痕跡高(1960年チリ津波合同調査班、1961)と比較しても整合する。

b) 伊豆半島南部から西部

下田市沿岸から伊豆半島西部に行くに従い津波痕跡高は小さくなる傾向にあった。子浦漁港(静岡県南伊豆町)では0.8 m程度、土肥漁港(同伊豆市)で0.5 mの遡上高であった。ここでの痕跡を残した津波の発現時刻は16時から18時頃であった。

c) 駿河湾北部から西部

駿河湾沿岸の静岡県沼津市(静浦漁港など)、静岡市(用宗漁港など)、焼津市(焼津港など)における津波痕



写真-1 下田港稲生沢川左岸の氾濫状況(唐澤俊英氏提供)

跡高は0.3 m以下で、発現時刻は16～17時頃であった。

焼津市から牧之原市の沿岸において、津波痕跡高は0.2～0.7 mであった。大井川河口部に位置する大井川港(同焼津市)では0.6 m、地頭方漁港(同牧之原市)では0.7 mの浸水高であった。その時刻は16～18時頃であった。御前崎の観測記録によると、最大波は18時56分に生じている。ここでは満潮位と重なった津波による痕跡の可能性が高い。

d) 遠州灘

静岡県御前崎市から愛知県田原市の遠州灘沿岸において、津波痕跡高は0.6～1.3 mであり、その発現時刻は17～18時頃であった。福田漁港(同袋井市豊浜)では、17時30分頃の三波目に旧魚市場近くの岸壁から海水が溢れ、遡上高0.9 m、遡上距離20 m程度であった。その港奥部では1.3 mの港内津波高であった。図-6に福田港周辺における本地震津波による津波痕跡調査の詳細を示す。1960年チリ地震の津波痕跡高はT.P. 1.2 mであり(1960年チリ津波合同調査班、1961)、本地震津波の痕跡高と同程度か若干低かったことがわかる。

e) 紀伊半島東部から南部

三重県鳥羽市から尾鷲市沿岸においては、0.1～1.3 m程度の津波痕跡高であり、錦漁港(三重県大紀町)、曾根漁港と須賀利漁港(ともに同尾鷲市)では、1.0 mを越

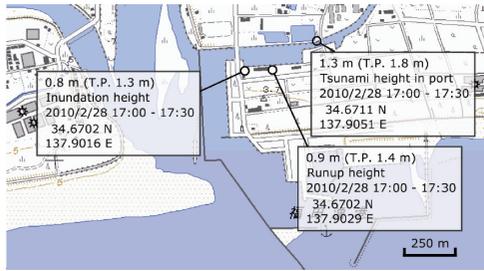


図-6 静岡県袋井町豊浜福田漁港周辺の津波痕跡調査の詳細（国土地理院の数値地図25000に加筆）

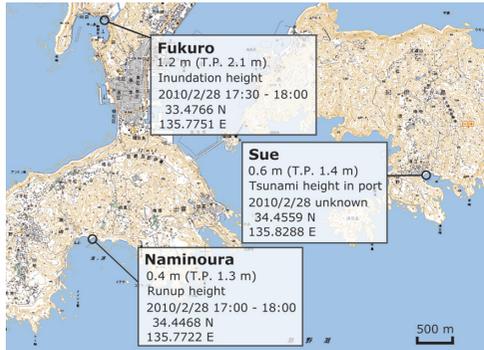


図-7 和歌山県串本町周辺の津波痕跡の詳細（国土地理院の数値地図25000に加筆）

える港内津波高であった。志摩市南部、南伊勢町では1.0 m以下の痕跡高であったが、水産被害があった。この地域に残した津波の発現時刻は14～18時頃であった。

太平洋に面した和具漁港（同志摩市）では、0.1 m程度の津波であったが、英虞湾側（内海）の和具浦では0.4 mであった。英虞湾の湾口に位置する御座では、津波による速い流れのために水産物被害があった。

五ヶ所湾の宿田浦や五ヶ所浦（ともに同南伊勢町）では津波痕跡高は0.5～0.7 mであり、津波による速い流れにより大敷網が全壊し、養殖筏も団子状になるように寄った。沖合にある鮪の生け簀は無事であった。

f) 紀伊半島南部

紀伊半島南部に位置する和歌山県新宮市から串本町の津波痕跡高は0.3～1.2 m程度であり、その発現時刻は14～18時頃であった。図-7に串本町周辺の津波痕跡の詳細を示す。太平洋に開いている須江・波ノ浦では、0.4～0.6 mの津波痕跡高であったが、袋港では浸水高が1.2 m（浸水深0.4～0.5 m）に達した。袋港における観測の最大波の振幅は0.9 mであり、痕跡の方が若干高い。また、痕跡と観測の発現時刻はおおむね調和的である。この地域では水産被害はなかった。1960年チリ地震の津波痕跡高は袋港でT.P. 2.15 mであり（1960年チリ津波合同調査班, 1961）、本地震津波と同程度であった。

4. おわりに

関東・東海沿岸（一部福島県・和歌山県を含む）の津波痕跡調査を行い、その津波痕跡高は1.8 m以下であり、その発現時刻は16～18時に集中していたことを示した。1960年チリ地震による津波痕跡高は同地域で1～3 m程度であり、本地震津波よりも高かった。また、下田港・福田漁港・串本町周辺では局所的に両津波の高さは同程度か、本地震津波の方が若干高かった。遠地の巨大地震による津波は震源の影響よりも、津波の周期、津波伝播経路、各湾固有の形状による副振動の影響が大きいため、津波に対してより長い警戒時間が必要と考えられる。

一方で、本調査においては、津波警報発令時に一旦避難し、津波第一波の到達とその高さを確認した後に、港へ戻ったとの証言を多数得た。このような沿岸住民の避難行動から、遠地で発生する巨大地震による津波の防災啓発も重要と考えられる。

謝辞：気象庁、国土交通省関東地方整備局、東京大学地震研究所観測開発基盤センター、東京都港湾局から潮位観測記録を提供して頂きました。唐澤俊英氏から下田港の写真を提供して頂きました。図の作成にあたっては国土地理院発行の「数値地図25000」を使用しました。本研究の一部は文部科学省「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」・「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト」、科学技術研究補助金（代表：都司嘉宣、基盤研究（B）：課題番号20310102）の補助を受けて行われました。ここに記して、感謝の意を表させていただきます。

参考文献

- 相田 勇（1996）：東京湾近傍の地震による津波の特性，地震2，第49巻，pp.217-226.
- 消防庁（オンライン）：チリ中部沿岸を震源とする地震による津波について（第19報），<http://www.fdma.go.jp/detail/999.html>，参照5-19-2010.
- 都司嘉宣・大年邦雄・中野 晋・西村裕一・藤間功司・今村文彦・柿沼太郎・中村有吾・今井健太郎・後藤和久・行谷佑一・鈴木進吾・城下英行・松崎義孝（2010）：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，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. B2-66，No. 1，印刷中.
- 農林水産省（オンライン）：チリ中部沿岸を震源とする地震による津波に関する農林水産関係被害と対応，<http://www.maff.go.jp/j/saigai/zisin/1003.html>，参照5-19-2010.
- 羽島徳太郎（2006）：東京湾・浦賀水道沿岸の元禄関東（1703）、安政東海（1854）津波とその他の津波の遡上状況，歴史地震，第21号，pp.37-45.
- 1960年チリ津波合同調査班（1961）：1960年5月24日チリ地震津波に関する論文及び報告，丸善，397p.