

津波から身を守る

2011年3月11日

東北地方太平洋沖地震津波から学ぶ

－陸前高田市広田半島を舞台として－



被災地デジタルフェニックスプロジェクト



津波から身を守る

2011年3月11日

東北地方太平洋沖地震津波から学ぶ
-陸前高田市広田半島を舞台として-

被災地デジタルフェニックスプロジェクト

津波防災教材の緊急性

2004年12月26日、インドネシアのスマトラ島沖でM(マグニチュード)9.1の大地震が発生し、直後の津波による死者・行方不明者が約30万人にまで達しました。その後も2005年3月28日にM8.6の地震が、2007年9月12日にM8.5の地震が周辺地域で発生しています。

したがって2011年3月11日に発生したM9.0の東日本大地震においても、今後M8.0クラスの地震が発生する可能性が十分に考えられるのです。

しかし、海岸堤防のほとんどは津波で破壊されたままです。このような状況下で身を守るには、大津波の被害状況を正確に把握し、次の地震、津波に備えることが求められます。

本冊子の構成

- 第1部 広田半島を襲った大津波の特徴と注意点
- 第2部 過去に広田半島を襲った大津波の特徴
- 第3部 岩手県警ヘリコプターから見た大津波の脅威
- 第4部 2011. 3. 11大津波が広田半島に与えた被害
- 第5部 過去に広田半島を襲った大津波から得られる教訓

- 付録A 蓑虫山人の「気仙郡旅日記」で考えること
- 付録B 広田地区児童数、生徒数の推移と津波の影響
- 付録C 地震の基礎知識
- 付録D 津波の速さ
- 付録E 2011. 3. 11大津波による広田半島周辺の被害

謝辞

第1部 広田半島を襲った 大津波の特徴と注意点

岩手県沿岸部はリアス式海岸と呼ばれ、奥深くまで入り込んだ湾と、海岸線まで迫る山々がその特徴である。本冊子では岩手県最南端にある広田半島を中心にこれまでこの地域を襲った大津波の特徴を調べ、今後の大津波の際に心掛けるべき点を報告したい。

広田半島の地理上の位置

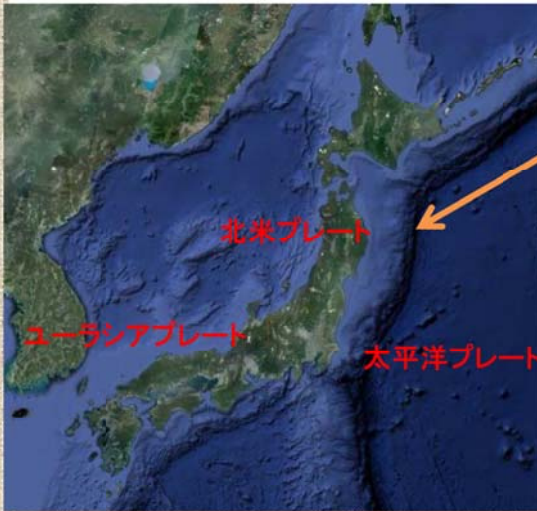
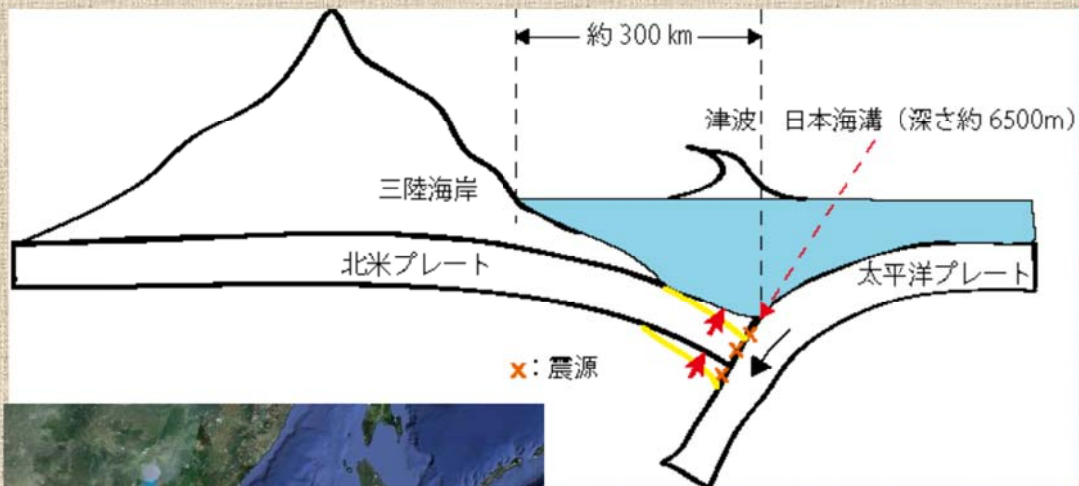


Google Map



岩手県沿岸部、最南端の半島。半島西側の広田湾奥に高田松原、陸前高田市中心部がある。広田半島は陸中海岸国立公園の一部。岩手県沿岸部は三陸地方とも呼ばれる。

三陸沖のどこで大津波が発生するのか？



日本海溝

地球の表面はいくつかのプレート(板状の構造体)でおおわれています。東北地方は北米プレート上にあり、その下に太平洋プレートが年6~10cm潜り込むという構図になっています。

日本海溝付近における北米プレートの曲りが限界に達し、元に戻ろうとする動きが、大地震とそれに伴う大津波を発生させています。

7

地震発生から大津波到来まで20分

三陸海岸沖300kmの日本海溝の深さは約6500mです。津波は海が深いほど速く伝わるという性質があります。例えば、深さ6500mでは時速907km、深さ100mでは時速113km、深さ10mでは時速36kmとなります。このため日本海溝付近で地震が発生すると、津波は最短20分で海岸に到達できることになります(付録D参照)。実際の海底は海岸に近づくにつれ浅くなりますから20分より少々余裕がありますが、20分が目安ということになります。

川をさかのぼる津波は何倍も速い



川をさかのぼる津波は市街地を襲う津波に比べ何倍も速くやってきます。川沿いの地区は海岸近く以上に迅速な避難が必要です。写真は気仙川をさかのぼる津波(岩手県警ヘリによるビデオ映像から転載)。

9

第2部 過去に広田半島を襲った 大津波の特徴

10

広田半島をこれまでに襲った代表的な津波

- 869 貞観三陸津波 (M8.6)
- 1896 明治三陸津波 (M7.6)
- 1933 昭和三陸津波 (M8.3)
- 1960 千代地震津波 (M8.2)
- 2011 東日本大震災津波 (M9.0)

11

明治三陸大津波 (1896)



明治29年(1896)、6月15日午後7時33分頃地震発生。地震の規模M7.6。8時頃、海岸一面が増水、すぐ減退。8時7分、5分、32分、59分、9時16分、50分に津波。

12

明治三陸大津波 (1896)

日本の地震活動
— 震源地から見た地域別の特徴 —
(第2版)

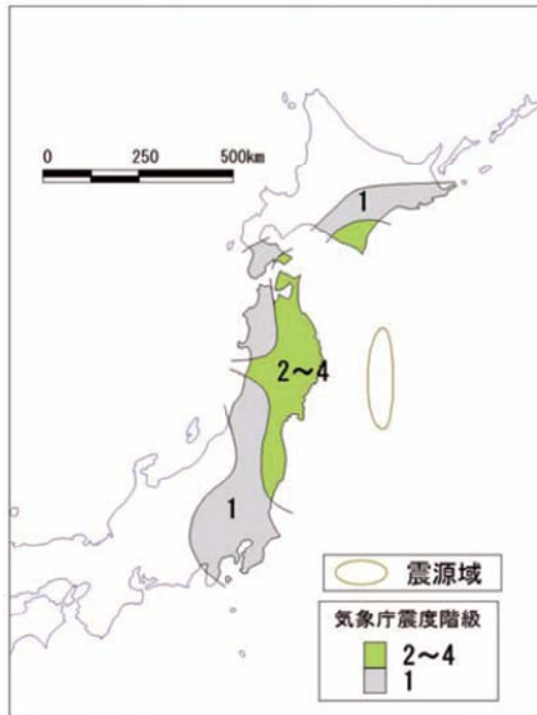
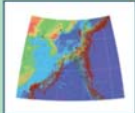


図4-12 明治三陸地震の震度分布図
[中央気象台(1896)による]

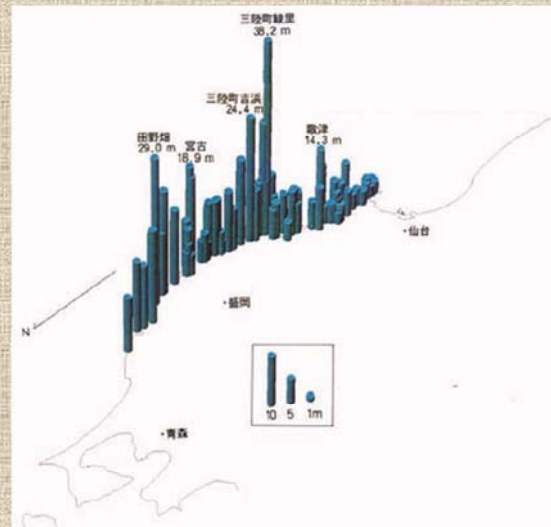


図4-10 明治三陸地震における各地の津波の高さ
[宇佐美(2003)から作成]
(三陸町は旧名、現在の大船渡市)

大船渡市綾里の36.2mが津波の最高値であるが、図に含まれていない広田半島先端部でも26.7mの津波が確認されている。震度は大きくはなかったが大津波であったという点が顕著な特徴。

13

昭和三陸大津波 (1933)



昭和8年(1933)、3月3日午前2時31分地震発生。地震の規模M8.3、津波第一波は30分後。写真は陸前高田市史より転載。

14



図4-13 三陸地震の震度分布図
[本多・竹花(1933)から作成]

昭和三陸大津波 (1933)

日本の地震活動
—震源地から見た地域別の被害—
(震源地)

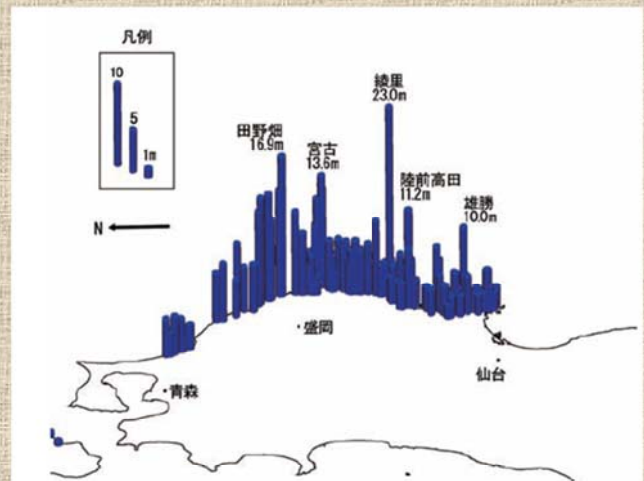
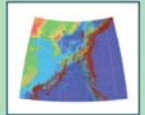


図4-11 三陸地震における各地の津波の高さ
[宇佐美(2003)から作成]

15

チリ地震津波 (1960)

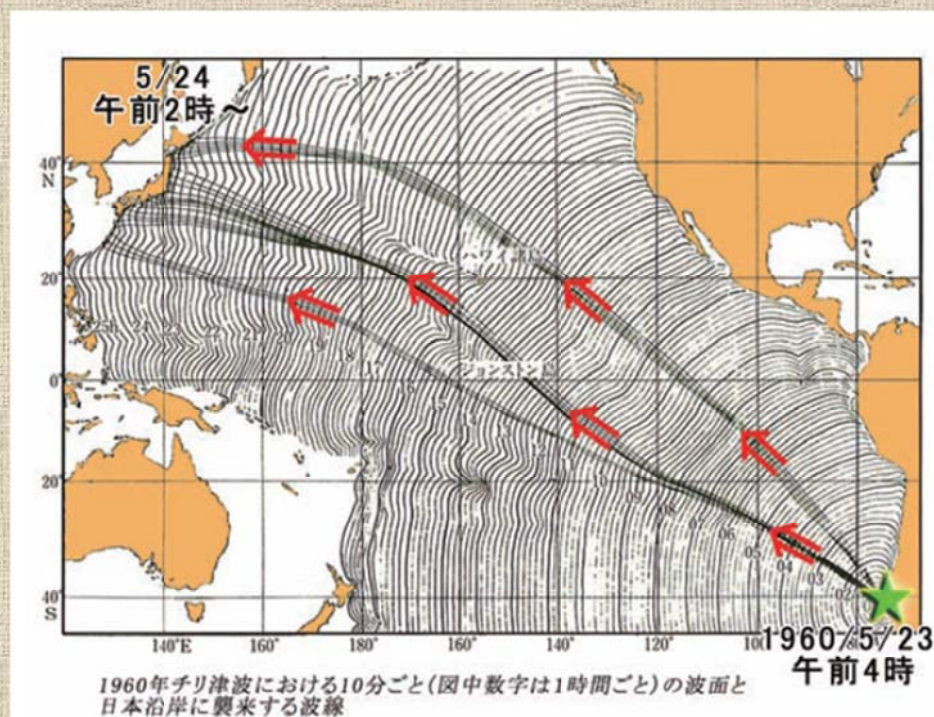
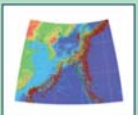


図2 チリ地震津波が日本に襲来する波線図

[渡辺(1985)に加筆]

日本の地震活動
—震源地から見た地域別の被害—
(震源地)



昭和35年(1960)、5月23日、午前4時15分、チリでM8.2の地震発生。24日午前2時25分~午前5時20分に津波襲来。

16

チリ地震津波 (1960)



広田湾奥の方が半島部分より比較的高い津波を受けているのがチリ地震津波の特徴である。写真は陸前高田市史より転載。

17

東北地方太平洋沖地震津波 (2011)



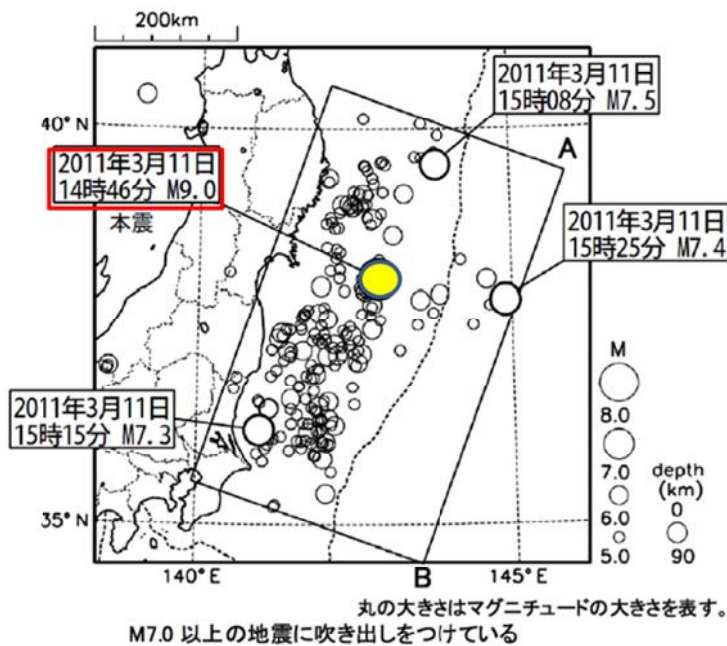
平成23年(2011)、3月11日14時46分、地震発生。地震の規模M9.0。数値は著者の実測値。明らかに広田湾奥は過去に例がないほどの巨大津波に襲われている。

18

東北地方太平洋沖地震津波

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 余震の発生状況

震央分布図 (本震以外は速報値)
(2011 年 3 月 11 日 12 時 00 分 ~ 14 日 11 時 00 分、深さ 90km 以浅、 $M \geq 5.0$)



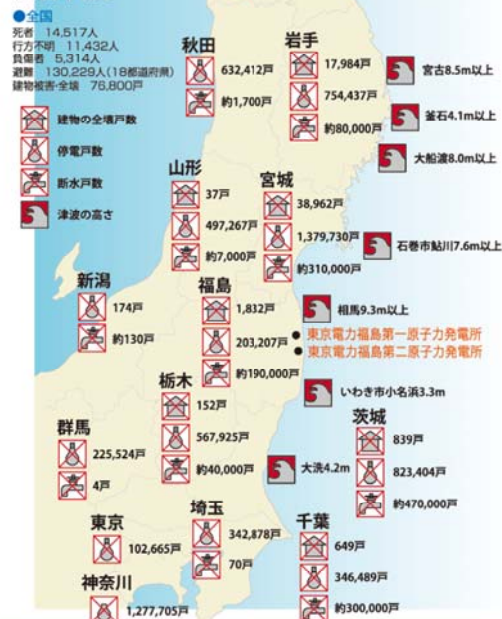
気象庁
ホームページより

本震から 4 か月後の 8 月になっても現地では強い余震が続いている。

19

東北地方太平洋沖地震津波 (2011)

東日本大震災 被害状況



農林水産省
ホームページより

全国版の被害状況では代表的な数値が示されている。しかし周辺地域全体も同じ津波の高さとは限らない。なぜなら周囲の海岸の地形、海底の地形の違いが津波の高さに大きな影響を及ぼすからである。

20

第3部

岩手県警ヘリコプターから見た 大津波の脅威

21



21



岩手県警察

a



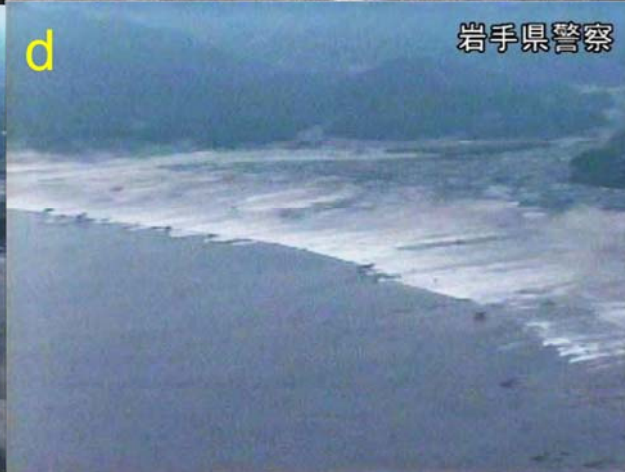
岩手県警察

b



岩手県警察

c



岩手県警察

d

a: 高田松原、b: 高田松原と気仙川、c, d: 高田松原と広田湾。a bは津波襲来時、c, dは津波が引いている様子。気仙川上流への津波の動きが市街地に比べ非常に速いことがわかる。

21



岩手県警察

a



b



岩手県警察

c



岩手県警察

d

a: 小友浦周辺、b: 小友浦田交差点周辺、c: 脇野沢漁港周辺、d: 米崎中学校周辺。

24

第4部

2011. 3. 11大津波が 広田半島に与えた被害

25



明治・昭和津波記念碑



広田小学校への登り口には明治・昭和津波記念碑がある。東日本大震災津波はこの記念碑の下から1m位までに達している。広田中学校校舎は津波で使用不能となり広田小学校に間借りして授業を行っている。

26



左上は震災前に広田小学校から見た広田中学校。右上の写真は旧広田中学校の校庭と太平洋。この海からの津波が中学校を襲ったことになる。左下と右下の写真は津波襲来時の様子。撮影は小松 真氏。

27

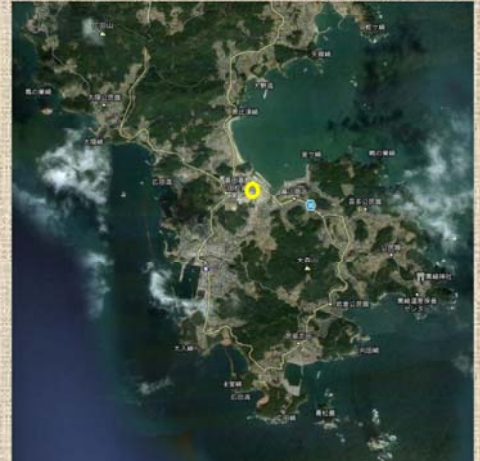


左上の写真は震災前の広田中学校と天王沼、右下の写真は震災後の5月の様子。右上の写真は震災後の8月、雑草のたくましさとひまわりが印象深い。左下はこの一帯のGoogle Map。

28



左上は震災前の広田中学校。右上は震災後の広田中学校。左下は中学校内部。右下は震災後の広田中学校の周囲、震災前は田んぼだった。



左上の写真は震災前の広田中学校の周囲、左下の写真は震災後の様子である。右上の写真はこの一帯のGoogle Map。この海岸、田谷浜は海面下となった。高台にある中学校から太平洋は目の前である。



左上は旧広田小学校(写真奥の建物)と村役場(写真奥の右端の建物)。右上と右下は旧広田中学校の遠景。東日本大地震の津波は旧広田小学校と村役場の場所には届かなかったが中学校は高さ1mくらいまで襲われた。31



天王前から田谷海岸を望む。左上は震災前、右下は震災後。



田谷浜と呼ばれる海岸。左上は震災前。左下は震災後で砂浜が消えている。右上はこの海岸を上から見たGoogle Map。右下は広島半島全体と広島湾。半島左側の広島湾の奥に高田松原と陸前高田市中心部がある。

33



左上と右上は震災前の田谷海岸。右上の写真にある灯台と周囲の堤防は完全に破壊されていることが右下の写真からわかる。左下の写真は破壊された堤防。

34



破壊された堤防の様子。堤防は襲ってきた津波ではなく引き波で破壊されたことがわかる。この堤防は陸側が急角度で地面から7mほどまで立ち上がっており、引き波をまともに受けて破壊されたと推定される。



田谷海岸の破壊された堤防の全景。堤防の前には毎年海水浴客で賑わう砂浜があった。左上にこの写真に対応するGoogle Map。右上の地図中黄色い領域がこの一帯である。



大野湾の全景。左上は下の写真の地域に対応するGoogle Map。陸に向かって左に田谷海岸、右が大野海岸



大野海岸。左上は下の写真の地域に対応するGoogle Map。



震災後の大野海岸。左上は海に向かって海岸左側、左下は海に向かって海岸右側。右上は左の写真の地域に対応するGoogle Map。 39



大野海岸遠景。左上が震災前。右下は震災後。左下がこの地域のGoogle Map。



天王前と呼ばれる地区。ここは少し高台になってはいるが大野側からの津波と田谷浜側からの津波の両方に襲われた。左上は震災後の5月、右下は震災後の8月。傾いた家屋は8月には撤去されている。 41



左上と右上の写真は震災前の石浜海岸。左下と右下は震災後の様子。ここは広島湾に面しているが津波の被害は限定的であった。堤防の被害はほとんど地震によるものと考えられる。 42



広田半島にある主要な港、泊港の被害状況。ここは古くは遠洋漁業の基地でもあったが数十年前に漁市場も廃止されていた。



津波は港と市街地の間にある高い堤防を乗り越えて市街地を破壊。下の2つの写真は堤防の前の市街地の被害状況を示す。右下の写真の右奥にある慈恩寺はこの地区の避難所として活用された。ただ津波はお寺の庭にまで達し、避難者の車は使用不能となった。



広田半島の先端にある黒崎神社。左上は震災前、左下は震災後。震災の影響は全く見られず、まるで何事もなかったかのである。

45

全国からの支援



各地の皆さんからの支援活動



他府県警察の支援活動



自衛隊の救援活動



警視庁機動隊の行方不明者搜索活動

46

第5部 過去に広田半島を襲った 大津波から得られる教訓

47

先人の知恵



明治22年に建てられた旧広田小学校と旧広田町役場（ここに現広田小学校がある）は記録に残る全ての津波を全く寄せ付けていない。これは先人の知恵かもしれない。それに対し、昭和22年に建てられた広田中学校は2011. 3. 11大津波に襲われた。

48

堤防の功罪



以前は海岸と広田中学校の間に民家はほとんどなかった。しかし、コンクリート堤防の構築に伴い堤防と中学の間に民家が徐々に増えた。上の写真の黄色い線で囲まれた地域は旧県立広田水産高校のグラウンドであったが、不要となり、分譲され民家が多数建てられた。しかし2011.3.11大津波によりその全てが破壊された。

49

堤防設計への教訓



大野海岸



田谷海岸

大野湾に面している2か所、大野海岸と田谷海岸にある堤防が受けた2011. 3. 11大津波による被害状況は全く異なる。大野地区も田谷地区同様に津波被害は甚大であるが大野海岸の堤防は無傷で残っている。田谷海岸の堤防残骸の配置から両者の違いは黄色い矢印で示す津波の引き波の影響の違いと考えられる。

大野海岸の堤防はその上端と並行して走る道路の高低差が小さく、引き波を受けた面積も小さい。このため堤防が受ける力も抑えられ破壊を逃れたものと考えられる。これに対し、田谷海岸の堤防は地面と堤防上端との高低差が大きく、引き波を受ける面積も大変大きくなっている。このため堤防が受ける力も巨大となりその破壊につながったものと考えられる。

50

巨大津波が教える教訓

- 過去の津波の情報を過信してはいけない。
(津波毎に最も高かった地区は異なっている)
- 各地の津波の高さは震源地によって異なる。
- 地震から巨大津波到来まで20分ほどしかない。
- 津波の第一波が最も高いとは限らない。
(第一波の後に自宅に戻り第二波で命を失ったものもいる)
- 地震がなくても津波が来ることがある。
(チリ地震津波が1例)

津波に備えて日常的に必要なこと

- 20分で避難できる安全な場所の確保
- 非常時の連絡手段の確保
- 非常電源の確保
- 非常食の確保

付録A

蓑虫山人の「気仙郡旅日記」で考えること



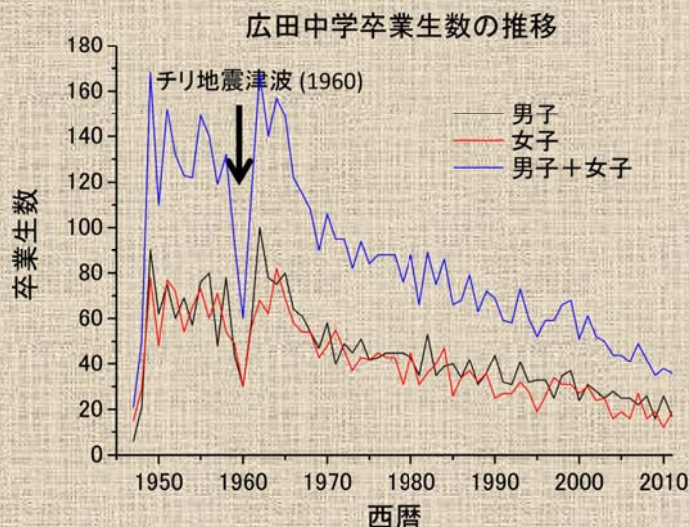
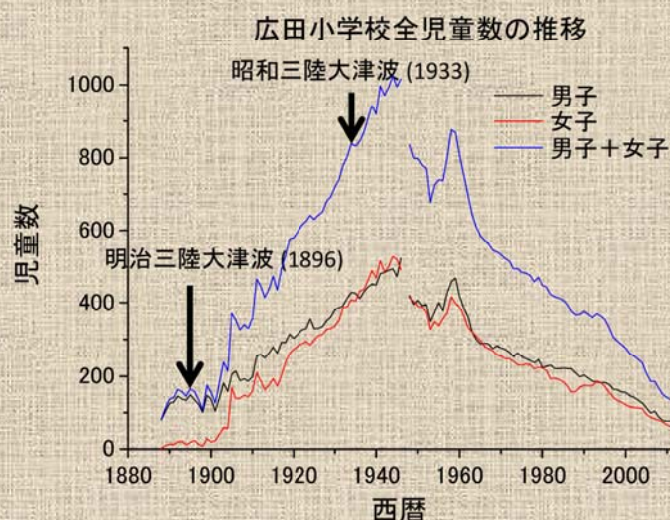
明治24年、画家、蓑虫山人が陸前高田市を訪れたときに描いた絵。中央に広田湾、それに面して高田松原、左手に広田半島がある。絵が仮に正確であるとする、明治29年の明治三陸大津波以前には市街地は山側に位置していたと思われる。

しかし近年のコンクリート堤防構築により市街地が海岸側へと広がり、2011.3.11大津波では甚大な被害につながったとも考えられる。利便性と安全確保という古くて新しい課題である。絵は名古屋市・長母寺所蔵。長母寺ご住職の許可を得て転載。絵のデジタル化は岩手県立博物館川向様のご支援をいただきました。

53

付録B

広田地区児童数、生徒数の推移と津波の影響



広田地区の子供人口は1950年前後までは単調増加傾向、1960年前後から過疎化が進み、長期単調減少の傾向を示している。津波の影響は大きい方からチリ地震津波、明治三陸大津波、昭和三陸大津波の順となる。1946年までの広田小学校の全児童数は尋常科と高等科を合わせてある。

54

付録C 地震の基礎知識

55

震度の定義

 【震度0】 人はいずれを感じない。	 【震度1】 屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がある。	 【震度2】 屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。	 【震度3】 屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。
 【震度4】 ● ほとんどの人が驚く。 ● 電灯などのつり下げ物は大きく揺れる。 ● 座りの悪い置物が、倒れることがある。	 【震度5弱】 ● 大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。 ● 棚にある食器類や本が落ちることがある。 ● 固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	 【震度6弱】 ● 立っていることが困難になる。 ● 固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。 ● 壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。 ● 耐震性の低い木造建物は、瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。	
 【震度5強】 ● 物につかまらなさと歩くことが難しい。 ● 棚にある食器類や本で落ちるものが多い。 ● 固定していない家具が倒れることがある。 ● 補強されていないブロック壁が崩れることがある。	 【震度6強】 ● はわないと動くことができない。飛ばされることもある。 ● 固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが多い。 ● 耐震性の低い木造建物は、傾くものや、倒れるものが多い。 ● 大きな地割れが生じたり、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある。	 【震度7】 ● 耐震性の低い木造建物は、傾くものや、倒れるものが多い。 ● 耐震性の高い木造建物でも、まれに傾くことがある。 ● 耐震性の低い鉄筋コンクリート造の建物では、倒れるものが多い。	

右図作成: 気象庁

56

M(マグニチュード)とは

アメリカの地震学者リヒターが提唱した地震の規模を表す数値。単位にMという記号が用いられる。震度は場所によって異なるのに対しマグニチュードは地震が生み出す総エネルギーであり地震固有の数値となる。関東大震災はM7.9、広島型原爆はM6.1の地震に相当する。

マグニチュードとして対数数値を用いている関係上、0.2の違いで約2倍、1の違いで約32倍、2の違いで約1000倍の地震規模の違いがある。つまりM9.0の地震はM7.0の地震のほぼ1000倍も規模の大きな地震ということになる。

マグニチュード(M)	名称
8以上	巨大地震
7以上8以下	大地震
5以上7以下	中地震
3以上5以下	小地震
1以上3以下	微小地震
1以下	極微小地震

57

付録D 津波の速さ

津波の速さは $v = \sqrt{gh}$ で近似されています。

ここで $g = 9.8\text{m/s}^2$ は重力加速度、 h は海の深さ(単位m)、 s は秒です。

三陸海岸沖300km、深さ6500mの日本海溝付近で地震が発生すると下の計算式により発生した津波は最短で20分、実際の海底は海岸に近づくにつれ浅くなりますから海岸到達まで20分強かかることになります。

計算式

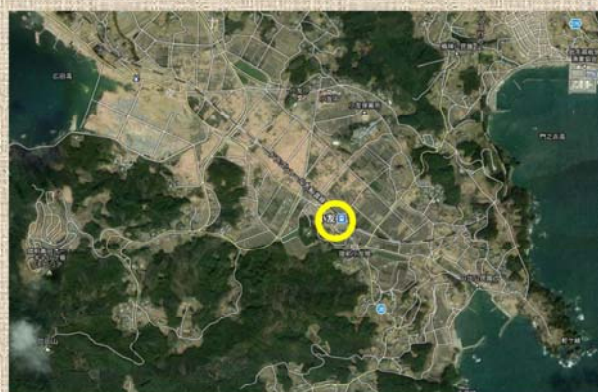
$$\text{時間} = \frac{\text{距離}}{\text{速さ}} = \frac{300\text{km}}{\sqrt{9.8\text{m/s}^2 \times 6500\text{m}}} = \frac{300000\text{m}}{252\text{m/s}} = 1190\text{s} = \text{約20分}$$

58

付録E

2011. 3. 11大津波による 広田半島周辺の被害

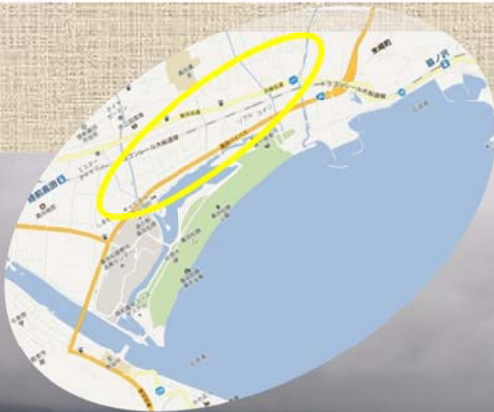
59



左上は広田半島の根元にある大船渡線小友駅の震災後の5月。右下は同じ場所の8月の写真。塩害をものともせず雑草はたくましい。ここは広田湾側と大野湾側の両方から津波に襲われ、駅は跡形もなく消えている。



左上は震災前の高田松原。右上は高田松原と国道45号線の間にある池周辺。写真奥にある建物は歌手千昌夫が建てたホテル1000。震災後は右下の写真のように沼と海がつながり、松原が消えている。 61



ホテル1000から見た高田松原に隣接する池と陸前高田市の市街地。震災後この市街地は消えた。 62



左上は震災後の陸前高田市市街地。右上は4階までが破壊された国道45号線沿いのアパート、左下は県立高田病院、右下は市立体育館。

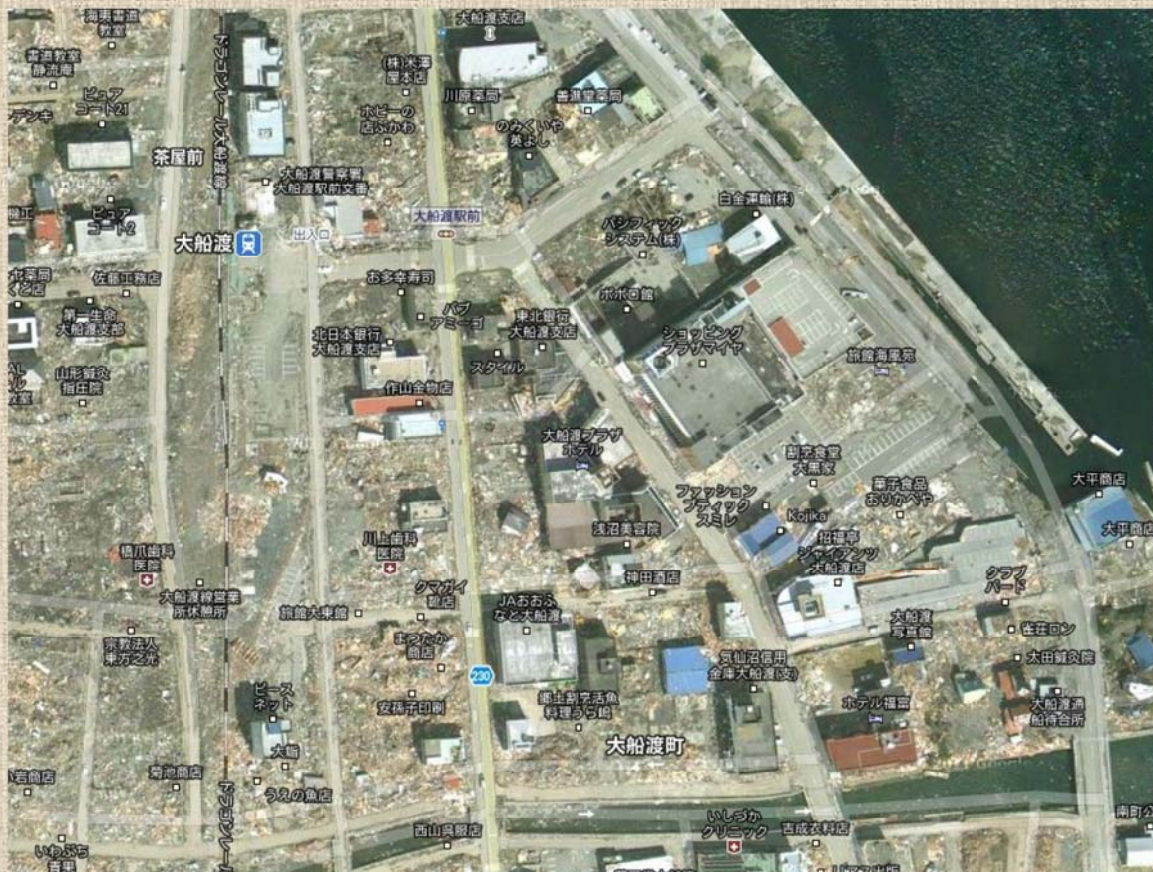


高田松原



一本松

全国的に有名になった、津波に負けずに生き残った根性一本松。



震災後の大船渡市大船渡町市街地のGoogle Map。JR大船渡駅は流され消えている。

65



左上は津波被害を受けた8月の大船渡湾沿岸。左下は消えたJR大船渡線大船渡駅。右の上下は大船渡町市街地。

66

謝辞

本プロジェクト遂行にあたって広田小学校校長、松村 仁先生、広田中学校校長、吉家秀明先生、副校長、大森厚志先生、教員、紺野 瞬先生からいただいたご支援に対し、心より感謝致します。

2011. 3. 11大津波のヘリコプターからのビデオ映像のご提供につきましては岩手県警察本部に、広田中学校を襲う津波写真を提供して下さった市議員の小松 真氏に、蓑虫山人の「気仙郡旅日記」画像掲載に関して名古屋市・長母寺ご住職に、また絵のデジタル化につきましては岩手県立博物館川向様に感謝致します。

立命館大学
被災地デジタルフェニックスプロジェクト
代表：長野正道
E-mail: nagano@sk.ritsumeai.ac.jp

2012年2月10日