歴史地震
第 31 号(2016) 151-156 頁

［報告］『印南湾における津波の挙動』

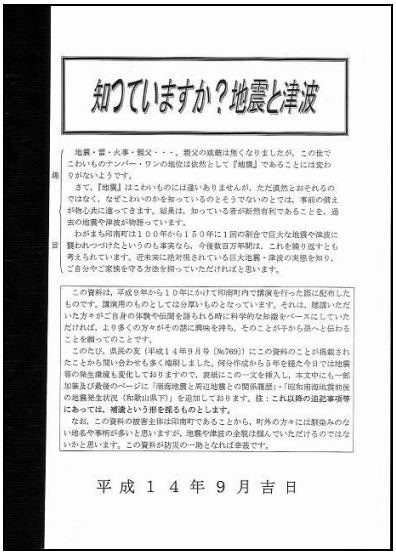
－印南中学校の津波研究と防災啓発活動－

印南町立印南中学校　阪本 尚生*

§1. はじめに

今回，歴史地震研究会の研究会で発表させていただく機会を設けていただいてたいへん光栄でした．今年度も3年生総合的な学習で津波研究班を8人で結成し，その中の岡本侑也，東海志音，平田美緒の3 人が発表させていただきました．発表内容に少し加味してまとめました．津波研究班が歩んだ足跡をここで辿ってみます．

印南中で津波研究をはじめて今年で 11 年目になり，取り組んだ生徒は 101 名になりました．当時はゆとり教育の時代で 3 年生に選択教科があり，それを利用して津波研究を始めました．前任校に勤めていたときから選択理科で生徒と自由研究に取り組んできました．



知っていますか？地震と津波

地震・雷・火事・親父・・・。親父の威厳は無くなりましたが，この世でこわいものナンバー・ワンの地位は依然として『地震』であることには変わりがないようです。

さて，『地震』はこわいものには違いありませんが，ただ漠然とおそれるのではなく，なぜこわいのかを知っているのとそうでないのとでは，事前の備えが物心共に違ってきます。結果は，知っている者が断然有利であることを，過去の地震や津波が物語っています。

わがまち印南町は１００年から１５０年に１回の割合で巨大な地震や津波に襲われつづけたというのも事実なら，今後数百万年間は，これを繰り返すとも考えられています。近未来に絶対来るであろう巨大地震・津波の実態を知り，ご自分やご家族を守る方法を探っていただければと思います。

この資料は，平成９年から１０年にかけて印南町内で調査を行った際に配布したものです。講演用のものとしては分厚いものとなっています。それは，確認いただいた方々がご自身の体験や伝聞を語られる時に科学的な知識をベースにしていただければ，より多くの方々がその話に興味を持ち，そのことが子から孫へと伝わることを願ってのことです。

このたび，県民の友（平成１４年９月号（No.769））にこの資料のことが掲載されたことから問い合わせも多く殺到しました。何分作成から５年を経た今日では地震等の発生確率も変化しておりますので，資料にその一文を挿入し，本文中にも一部加筆及び最後のページに「雨雨地震と周辺地震との関係概況」・「昭和南海地震被害の地震発生状況（和歌山県下）」を追加しております。**注：これ以降の追記事項等にあっては，補遺という形を採るものとします。**

なお，この資料の被害主体は印南町であることから，町外の方々には馴染みのない地名や事柄が多いと思いますが，地震や津波の全貌は掴んでいただけるのではないかと思います。この資料が防災の一助となれば幸甚です。

平成１４年９月吉日

図 1　研究の出発点になった弓場氏の啓発冊子

たが，津波研究は一度したきりで，酸性雨や水質汚濁といった環境問題をテーマにした研究でした．本校赴任 1 年目の 2004 年度は，その延長でヒガンバナの白化現象をテーマにとり組みました．ところが，その年の 2 学期に印南で昭和南海地震をテーマに調査研究を行っている京都大学防災研究所大学院生に協力する機会を得たこと，印南在住で日高広域消防の消防長弓場研二氏が自らの津波研究をまとめた冊子『知っていますか？地震と津波』(2002)との出会い，そこに 12 月 26 日スマトラ沖地震が発生したことが重なり，印南では［津波］が最適のテーマではないかと，翌 2015 年度よりとり組みはじめました．18 名の生徒が選択理科を選び，『印南湾における津波の挙動』の研究が始まりました．

§2. 津波研究事始め

弓場氏によると，印南で津波被害が大きいのは，

図2　2005 年度最初の地形模型

印南湾で津波高が高くなるためで，湾にその原因があるといくつかの仮説を設定していました．「湾口が南向き，湾奥ほど狭くなっている，固有振動数等々」．果たしてそれに妥当性があるのか？私たちは実証的に証明してみようと，印南湾の立体模型を作って調べてみることにしました．

模型と云っても 60cm 四方の小さなもので，スチロー

* 〒649-1534 和歌山県日高郡印南町印南 2145
電子メール:kny0516 @ gmail.com

ル板を重ねて高低差を±10m 範囲にして，段差は油粘土で塗り滑らかな傾斜にしました．それを木枠に入

図 3　理科室で実験中の生徒

れて水を注ぎ入れ，板で波を起こすという至ってプリミティブな装置でした．夏休みに模型を完成させていざ実験となると，模型が水の浮力で浮き上がる，箱の漏水がひどい，波を起こしても動きは数秒と，目視ではとても波の動きは捉えられませんでした．

浮き上がりと漏水は，何とかクリアできても肝心の波の分析はどうしたら良いのか？ビデオ映像のスローモーション化は，当時の再生ソフトの機能は低く使いものにはならず，思いついたのがビデオ編集ソフトでのコマ送り機能を使った分析です．市販のビデオカメラは，1 秒間に 30 コマ撮影していますので，数秒の波の動きもよくわかります．波の観察はうまくいったものの，結果から波が高くなる様子が十分に捉えられませんでした．考えてみればこうした模型で波高はたかだか数 cm なので，コマ画像からはその高低の判断は難しい．ただ，畑野崎といって湾の西側に南北方向に屹立している高さ 10m ほどの海岸段丘での反射波が湾奥に進む波に重なる様子が観察できたので，それが最初の実験から得られた成果と云えば成果でした．それと模型を作ってはじめてみて、現在の印南湾は港湾整備が進んで過去の姿をほとんど留めていないことに恥ずかしながらはじめて気がつきました．模型を作って調べればある程度の解決が得られると単純に考えて取り組みはじめましたが，ことはそう簡単ではないと思い知らされ，その時出たてきた課題がその後の原動力になりました．

§3. 津波研究の発展

翌年度は模型の大きさをたたみ一枚ほどに広げ，過去の地形を復元した模型と現在の地形模型の 2 種類作って比較しました．やはり模型の限界から波高の変化をつかむことは難しかったものの，昨年度に比べて動きが明瞭に捉えられようになり，それをまとめたリポートを日本学生科学賞に応募したところ，中央審査まで進み入選2等に選ばれました．和歌山県での学生科学賞への応募数は少なく，上位 3 賞が中央審査に送られますが，そこを突破するのは難しく，5 年から

図 4　2006 年度の地形模型と津波研究班

10 年に一度くらいの入選頻度でした．そのため本校が入選賞したことが地方紙に大きく取り上げられ，印南町議会議員の方が，隣の御坊市にある和歌山工業高等専門学校の海岸工学の専門家(小池信昭先生)を紹介してくださり，翌年度からはコンピュータシミュレーションや水槽実験といったかなり専門性の高い研究に移っていきました．

当初の研究の目的は，印南湾で波が高くなる原因を探ることにありましたが，途中で防波堤の波防効果やコンピュータシミュレーションされた津波を時系列的に画像化したり，印南各地点の浸水程度高を読み

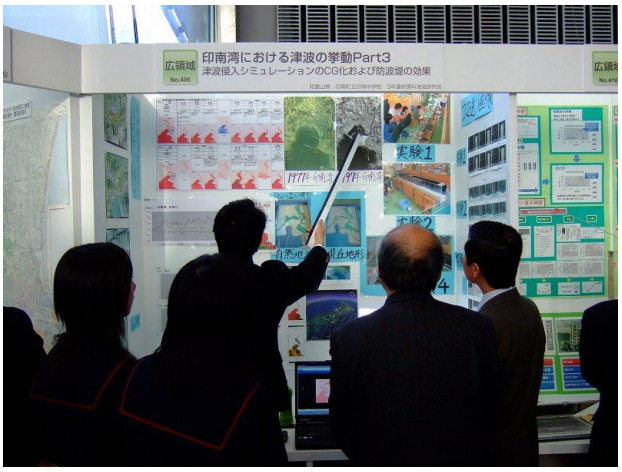


図 5　2007 年　日本学生化学賞中央審査で審査員に説明している生徒

とったりと横道にそれながらも海底地形の影響や湾口が似たすさみ湾との比較をして様々な角度から，波が

高くなる原因を探っていきました.

そうした中, 2008 年度の研究ですさみ湾との昭和南海地震津波シミュレーションの港湾口での時系列海面高比較をしたときに, 明らかに増減パターンが異なることに気がつきました. すさみ湾では第一波が最も高く, その後は増減を繰り返しながらも減衰していくのに対し,印南湾のピークは第一波ではなく, それより時間近く 1 時間近く遅く来てしかも震源に近いすさみ湾より波高が高いというという不自然なパターンになっているのです.

図 6 2008 年度 津波シミュレーション画像の作成

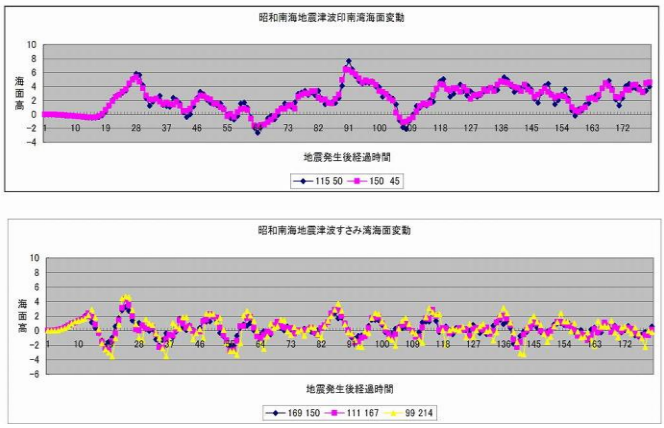


図 7 2008 年度 印南湾口とすさみ湾口での海面変化比較

§4. 津波研究から得られた結論

そこに印南湾で波が高くなる原因があるのではないかと思い, 2009 年度には, 水槽を使った浅水変形の実験とともに大阪教育大学附属天王寺高校の岡本義雄先生に,2010 年度には, 昨年度の浅水変形を一歩進めて砕波と海底傾斜の関係を探ったのですが,

図 8 2009 年度 浅水変形の水槽実験

長さ 5m 程度の水槽では, 砕波現象を作り出すのが精一杯でした. 実験は失敗ながらもう一つの懸案である紀伊水道での津波の動きを分析すべく, 和歌山高専の小池先生にお願いして津波シミュレーションの範囲を紀伊水道に広げて計算していただきました. PC 画面で紀伊水道での津波の挙動を時系列に観察したところ, 第1波はきれいな波形が見られるが, それ

図 9 2010 年度 砕波しはじめた模擬津波

以後は紀伊半島, 四国で反射を繰り返し, 複雑な様相を呈してきます. 紀伊水道と云っても紀伊半島の日御埼, 四国の蒲生田岬は東西から大きくせり出してい

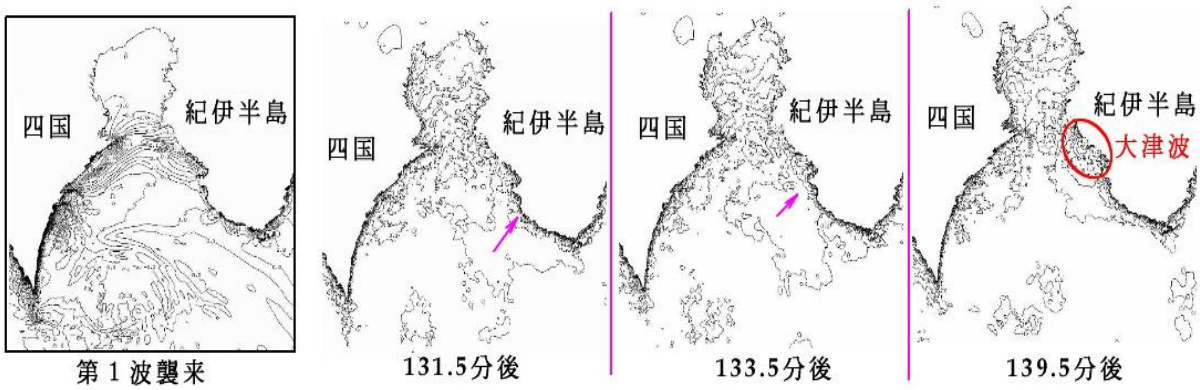


図 10　2010 年度　紀伊水道での津波の動き

て，四国，紀伊半島，両岬で囲まれた領域の波動は複雑さを増しています．まるでたらいの水を揺すったようです．しかし，時間を追って観察していくと，四国で反射した幅が何十キロという高さ数十cmの津波というより水塊が紀伊半島向けて移動して，紀伊半島の田辺湾あたりに達しそれが沿岸を嘗めるように北上して波高を高めているのが見てとれました．それがちょうど印南で津波が最大波高に達する時間と重なっているのです．このことから，印南湾で津波が高くなるのは，印南湾に原因があるのではなく，紀伊水道という半閉鎖水面と緩やかな海底傾斜による浅水変形が原因だと結論づけました．つまり，紀伊水道は日御碕－蒲生田岬でぐっと狭くなっていて，しかも田辺湾以北の海底は急に 50m 程度に浅くなっています．南に開いたお椀形の水道に入った津波は三方で複雑に反射して，反射波は四国と紀伊半島を行き来する中で浅水変形を受けて高くなって沿岸部を襲う．波が高くなるのは印南湾ではなく，みなべ以北から御坊にかけての沿岸部なのです．紆余曲折の末『印南湾における津波の挙動』は６年かけて一応の結論に達しました．

図 11　2011 年度　印南町自主防災会への講演会

§5. 防災啓発活動へ

先に東北太平洋沖地震による未曾有の大災害が発生しました．それをきっかけに当地域でも自主防災会が結成され，活動はじめに本校津波研究班に住民対象の講演会を依頼してきました．これこそ津波研究班の絶好の出番と本校生徒と卒業生，それに和歌山高専の小池先生にも参加いただいて夏休みに講演会を実施しました．その後も津波研究班は，地域住民の防災意識アンケートを実施したり，小学生対象の防災紙芝居を創作したりと，相当精力的に活動を展開しました．この頃、学習指導要領が改訂され，選択教科が無くなったため，学習の場を総合的な学習に

図 12　2011 年度　防災紙芝居

移すことになりました．その後も地形図とシミュレーション画像を組み合わせた時系列浸水図を作成し津波侵入経路を明らかにし，文化祭展示や防災リーフレットを作成して校区全戸に配布しました．また印南には宝永や安政の津波災害記録が，わかっているだけで 10 点ほど残されていて，解読はされてはいるものの，防災に十分生かされているとは言いがたいので，専門家の協力を得て再解読や現代語訳して地域にその存在を知らせてきました．過去大きな津波被害を受けてきた印南には，当然ながら災害記録が幾編も残されているにかかわらず，その存在を知る人は極めて

図 13　2012 年度　災害記録の現代語訳

少ないのが気になっていました．阪本が印南の一地区に呼ばれて津波についてお話しさせていただいた折に，その存在を地域の方に知らせる手立てはないものかと訴えたところ，その場におられた町会議員の方がすぐに議会で「津波伝承板」の設置を提案してくださり 2014 年 2 月末に宝永南海地震津波災害記録が残る印定寺山門に津波伝承板が町によって設置されました．

2012 年に内閣府より南海トラフ巨大地震の新想定が発表され，翌年には和歌山県も県下各地の浸水予想図を発表しました．すでに和歌山高専の小池先生に宝永南海地震モデルで M9.0 シミュレーションを時系列的に画像化していたものの，新想定も時系列的に画像化できないものかと思っていたときに，本校を

図 14　2013 年度　津波伝承

図 15　2014 年度　災害弱者体験

卒業生して東京大学工学系大学院の津波の数値計算の研究をしている学生を知ることとなりました．早速コンタクトをとったところ，新想定でのシミュレーションをしてくれるようになり，2014 年度は，彼のシミュレーション結果をもとに地域をくまなく歩き，新想定に基づいて設定された避難路や避難場所が果たして，特に災害弱者にとって適正かどうか調べて回りました．同

図 16　2015 年度　かめや板壁書き置き調査解読作業

時に津波の数値計算をしてくれた東京大学の山中氏と共同して住民対象の講演会を，本校主催で開くことにしました．そこで印南の防災上の問題点をいくつか指摘することができました．

そして 2015 年度は，2012 年度の災害記録読み解きの継続で，安政南海地震津波で残った蔵の板壁に残された書き置きを専門家の協力を得て再解読して，新事実の発見や有益な教訓を得ることができました．その他にアクサ ユネスコ協会減災教育プログラムの支援事業校に選ばれたことから，「楽しく学ぶ防災」というコンセプトを設定して，従来とは違う新しい試みを行いました．神戸の NPO に協力いただき全く手探りの試みでしたが，予想以上にうまくいき，今後に一つの方向性をもつこと見いだすことができました．

§6. おわりに

こうして 11 年間の活動を振り返りますと，「塵も積もれば山となる」を深く感じます．拙い取り組みながらも地域防災の推進にいくらか役立ってきたと自負しております．

謝辞

発表では，様々な方からご意見やアドバイス，それに温かい励ましのお言葉をいただき，ありがとうございました．生徒たちは，緊張したが，達成感はあったとあり，良い経験させていただいたと申しておりました．