

2014年度（第50回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 14-B-8

古文書・津波堆積物が示す世界最大規模の
津波の実態と対応策

琉球大学 教授

仲座栄三

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2014年8月

古文書・津波堆積物が示す世界最大規模の津波の実態と対応策
Written documents and Tsunami Deposits Reveal the world Biggest Tsunami
in Ryukyu Islands of Japan - Disaster mitigation against huge tsunamis

仲 座 栄 三

Eizo NAKAZA

1. はじめに

人類は、地球が動いていることを認めるのに2000年もの歳月を必要とした。2011年3月11日に発生した大津波の規模は、1000年に1度程度の頻度で発生する大津波と言われている。歴史上数千年もの歳月を経て科学は大いに発展してきたものの、人類の生存を支える基盤、地殻の動きを予測するという一見容易に思える地震予知は、その予知に対して何らの貢献もできなかった。

科学において、ものの見方が固まると、もはやそれ以外の方法論をもって物事の解釈を行おうとする試みは異端とされてしまう。しかも、固まった方法論が壁にぶつかると、それを乗り越えるための方法が次々と追加され、さらなる完成域へと誘導されていく。「もはややるべきことはなくなった」天動説の末期に、科学者が得意とするその手法を素人が眺めてみると、その様は実に複雑で難解であった。人々は、「もう少し易しいものであってほしい」と神に願ったのであった。

ガリレイは、地球の存在が特別なものでないことを、数々の観測を通じて確信するに至った。彼の気付いた論理に従えば、観測される事々が容易に紐解け、ごく自然に説明される。また、そのことを通じて新たに解明しなければならないことも次々と現れてくる。未解明の部分がはっきりと照らされ、科学者の好奇心はいやがおうにも掻き立てられるのである。しかし、彼はその感動を人々と共有することはできなかった。彼の主張を理解し、地球が無数の銀河の中の一銀河の一惑星にすら過ぎないとまで予見した者は、社会の風紀を乱すものとして処刑に付されたのであった。

科学における大発見は、いつも従来の概念を突き破る形で現れている。その発見は、従来の考え方の延長線上ではなく、思いもかけなかったところに見出されることが常である。しかし、我が身を振り返ってみると、常に、従来の支配方程式の下にせつせと働いている自分を見出す。「これではいけない」と方向性を変えてみても、やはり同じことを繰り返している自分に気づいてしまう。

3.11大津波による大災害を目の当たりにした海岸工学者は誰しもが忸怩たる思いに浸った。自らを振り返ってみると、津波に対して、あまりにも無知であったと言わざるを得ない。沖縄における最大規模の大津波の遡上高さをおおよそ5m~10m程度と予測し、その規模でさえ大きいと感じていたのである。沖縄地方では、津波の遡上高20m~40mを示す記録や痕跡、そしてそれらを明らかにする研究も存在した。その事実をも知ってはいた。だが、その事実を広く他の地域にも適用させるには知識と自信が足りなかったと反省せざるを得ない。

日本の東北地方で起きた大津波の実態は、日本中に教訓として伝えられている。遠く離れた沖縄においても、それは我が身のこととして受け止められている。そのことは誰もが知っておくべき事実である。東北の

教訓がこうして受け止められている事を鑑みれば、沖縄地方で発生した世界最大規模の津波と言われる大津波の実態をも、一つの教訓として、日本中にそして世界に向けて広めなければならないし、また学ぶ必要もあろう。かくして、本話題を水工学夏季研修会の1テーマと位置づけることには、それ相応の意味と価値があると言える。

本研修で述べることは、1771年に、琉球諸島の宮古島地方と八重山地方に甚大な津波災害をもたらせた明和津波の実態についてであり、これに対する最近の調査結果についてである。明和津波の災害の様子をつぶさに記録している古文書によれば、津波の遡上高はおおよそ85m(二十八丈)にも達したと記されている。この記述はいやがおうにも人々の目に留まった。いまもってしても想像を超えるこの津波の遡上高さは、専門家のみでなく、一般市民をも巻き込んで一つの論争へと発展したのであった。

2. 明和の大津波に関する研究の歴史概略と論争

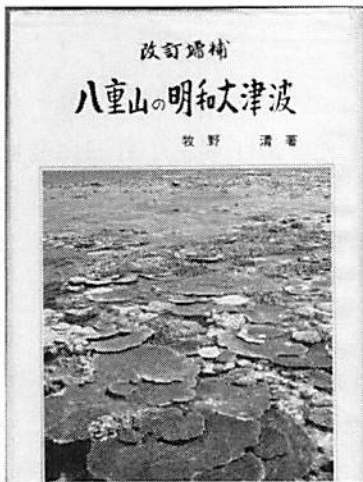


図 - 1 牧野清著
八重山の明和大津波¹⁾

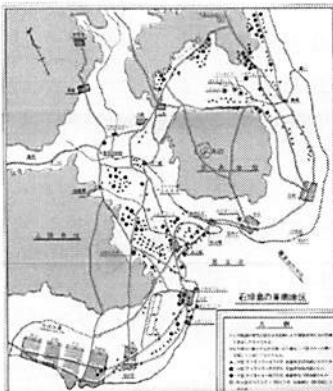


図 - 2 牧野清氏が明らかにした
津波石の分布¹⁾

に対して、めまぐるしいほどの展開が認められる。宮古島において、新たな文献「御問合書」(1988)が見出されたことも、さらにこの世代の研究を盛り上げた。

牧野が主張した最大遡上高85m肯定説に対し、加藤、木村、河名らは、それぞれの立場で、古文書の伝える数値に疑義を投げると共に、牧野が示

石垣島及び宮古島で保存されていた古文書には、1771年(乾隆36年3月10日)に発生した大津波(いわゆる明和の大津波)による災害の様子が克明に記録されている。古文書「大波時各村乃形行書」は、石垣島で最大の津波遡上高がおおよそ85m(二十八丈)あるいは75m余(二十五丈余)に達していたことを伝えている。また、「御問合書」は宮古島で11.5m(三丈五尺)に達したことを伝えている。

郷土史研究者であった牧野は、古文書が伝える85mを肯定的に捉え、それを裏付ける物証として、独自に調べ上げた津波石(津波によって陸上に打ち上げられたと推測される巨石)の分布を示した(1968, 改訂版:1981)。牧野の著書「八重山の明和大津波」は、世に大きなインパクトを与えた。これが、「明和の大津波研究の父」と呼ばれる所以となっている。牧野によって石垣島の海岸に点在する「津波石」の存在が広く世に知られることとなった。明和の大津波に関しては、その名称を「八重山地震津波」他とする場合もある。しかしながら、本論では、牧野清氏に敬意を表し、以下「明和大津波」と呼ぶことに統一する。しかし、単に明和津波とする方が良いと判断される場合にはそのように記すこととした。

1980年代には、加藤、木村、河名ら、琉球大学の研究チームによって、津波石に付着したサンゴ化石年代測定に基づく津波発生年の研究が盛んに行われている。これらを第二世代の研究と呼ぶことができよう。特に、加藤が進める研究と河名が進める研究とには、津波石の起源や発生年に



図 - 3 大波時各村乃形行書¹⁾

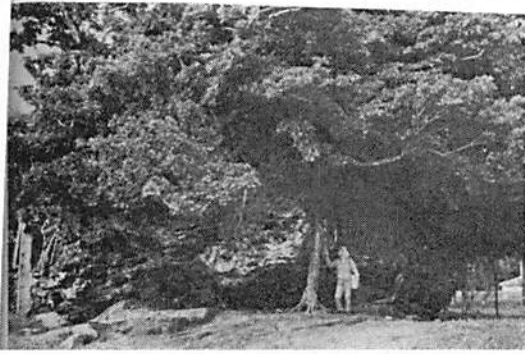


図 - 4 津波大石 (つなみうふいし)¹⁾
石垣島大浜崎原公園内, 標高 10m
おおよその寸法, 周長 38m, 高さ 6.5m

した津波石の多くをも否定した。牧野は、これらの専門家の主張に対し、真っ向から反論、強い不快感を表したのであった。石垣島における明和大津波の最大遡上高は、年代と共に次々と低下し、ついには高々30mあるいは20m余と主張されるに及ぶ。その根拠には、津波石とされる石が、海から上がったものと言えるかどうかという判断や、津波石あるいはそれに付着したサンゴ化石類が示す年代が明和の大津波の発生年代とは異なるものであったことなどが挙げられる。

ところで、今一度、古文書「大波時各村乃形行書」を確認してみると、「…潮揚高参拾八丈或参拾五・六丈…沖ノ石陸へ寄揚陸ノ石並大木根乍被引流…」と述べられている。すな

わち、津波石としては沖の石のみでなく、陸の石も含まれると述べている。よって、津波遡上高の根拠は沖の石のみでなく、引き流された陸上の石にも拠る必要があると解される。

歴史的に見て、明和の大津波はどのような規模の津波として位置づけられるのであろうか？例えば、石垣島大浜崎原公園内の巨石について、牧野（1961）は、明和大津波によるとし、「津波大石（つなみうふいし）」と命名している（以下、この石を大浜津波大石と呼ぶ）。この大浜津波大石は、津波石とされる石の中でも恐らく石垣島最大の規模と判断される。大浜津波大石が明和の津波によって打ち上げられたとなると、石垣島における歴史上最大の津波は明和大津波であるとする推論も成立する。

大浜津波大石について、木村（1985）は、陸起源のものであり、琉球石灰岩が侵食によって取り残されたものであると推定した。これに対し、加藤・木村（1983）は、大浜津波大石に近い宮良湾内の干潟上に存在する巨石に付着したサンゴ化石の年代を測定し、明和大津波の発生年に近い年代を得た。さらに、加藤（1987）は、この巨岩に付着した別のサンゴ化石の年代からおおよそ 3000



図 - 5 帯大岩 (宮古島市下地島)
おおよその寸法 : 周長 59m, 高さ 12m.
標高 10m, 上下逆さまに座している。



図 - 6 宮古島東平安名崎の北に面する海岸上に点在する津波石群、平坦な岬のおおよその標高は 20m, 津波石の大きさは、人の高さや東屋の高さから推定できる。



図 - 7 マムヤの墓 (宮古島市下地島), 前面に見える測量器の高さは、1.8m. 美し過ぎた女性 (マムヤ) の悲しい結末を伝えるシンボルであり、波で侵食されたノッチの部分が洞を形成している。写真右手側が津波石の元の姿の天端部である。

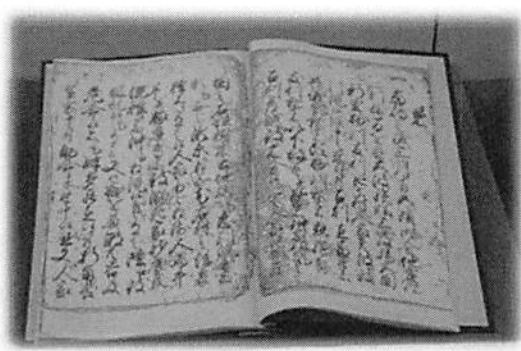


図 - 8 宮古島で発見された御問合書

年前とする年代を得た。これらの結果から、石垣島南部海岸には、約 3000 年前から明和大津波の発生年までの間に、この巨石を打ち上げるような大津波は発生していないとする推測を与えた。

大浜津波大石は、加藤が調べた宮良の巨石よりも遥かに大きい。したがって、大浜津波大石の発生年しだいでは、加藤の主張は覆ることになる。河名・中田 (1987, 1994) は、大浜津波大石を含め石垣島に存在する多くの津波石及び宮古島東平安名崎に点在する巨石に付着するサンゴ化石の年代測定から、これらの巨石が明和大津波よりも遙か以前に打ち上げられたものと推測した。また、これらの巨石を打ち上げた大津波を「沖縄先島津波」と命名するに至った。その発生年は、付着化石等の示す年代からおおよそ 2000 年前と推定されている。

一方で、宮古島の北西に位置する下地島の巨石「通称：帯大岩」の発生年についても、論争はあった。これについて、河名・中田 (1987) は、当地域の津波石に付着している化石の年代測定結果からの推定で、帯大岩の発生年は明和の大津波以前の大津波によると判断した。これに対し、加藤 (1988) は、いくつかの理由を挙げ、「かような巨石はいかなる大津波でも説明できない」とし、琉球石灰岩が差別侵食を受けて残った現地性転石の可能性が高いと判断した。また、御問合書にも二三の記述の誤りがあると指摘した。

その後、加藤 (1989) は、御問合書に記載された津波石に関する記述と帯大岩との実寸がほぼ合致する点を指摘、「帯大岩は明和大津波で打ち上げられたものと結論される」と、自身の主張を大きく修正している。津波石の発生年の判断に関しては、その他、「伝承」も大いに関係している。宮古島東平安名崎の巨石群の発生に関しては、河名・中田 (1987) が「マムヤ伝説 (宮古島風土記, 1977)」を挙げている。すなわち、マムヤの墓とされる津波石は、約 700 年前の伝承であり、明和の大津波以前のことでありとしている。河名・中田は、さらに下地島を襲った歴史津波に関し、「キドマリ村伝説 (伊良部郷土誌, 1974)」を挙げ、「きどまり」という村がかつて海岸近くにあったが、明和の大津波以前の津波によって壊滅したとする伝承に着目している。これは、「よなたま伝説」として伝えられている (伊良部村史, 1978)。

その後、加藤 (1989) は、御問合書に記載された津波石に関する記述と帯大岩との実寸がほぼ合致する点を指摘、「帯大岩は明和大津波で打ち上げられたものと結論される」と、自身の主張を大きく修正している。

津波石の発生年の判断に関しては、その他、「伝承」も大いに関係している。宮古島東平安名崎の巨石群の発生に関しては、河名・中田 (1987) が「マムヤ伝説 (宮古島風土記, 1977)」を挙げている。すなわち、マムヤの墓とされる津波石は、約 700 年前の伝承であり、明和の大津波以前のことでありとしている。河名・中田は、さらに下地島を襲った歴史津波に関し、「キドマリ村伝説 (伊良部郷土誌, 1974)」を挙げ、「きどまり」という村がかつて海岸近くにあったが、明和の大津波以前の津波によって壊滅したとする伝承に着目している。これは、「よなたま伝説」として伝えられている (伊良部村史, 1978)。

その他、宮古島における津波伝承としては、下地 (2007) が、「あまれ村伝説」を挙げている。これによると、かつて宮古島の城辺友利地区近くの海岸部には「あまれ村」があったが、明和の大津波以前の津波によって壊滅し、唯一生き延びた「大津かさ」という女性が、津波によって荒廃した村を捨て、高台へ移り住み、そこから子孫繁栄したとされている。この時の津波を、下地は「伝説の津波」と呼んでいる。また、その発生年を 1470 年頃と推定している。しかし、下地は宮古島における遺跡調査結果を総括し、明和の大津波以前に発生したとされる伝説の津波を



図 - 9 右) 宮古島友利元島発掘調査報告 (盛本氏, 沖縄タイムス), 左) 石垣島カラ嶽周辺発掘調査報告 (山本氏, 琉球新報)

裏付ける痕跡は、未だ発見されていないと述べている。

こうした津波石に基づく津波発生年の研究や古文書記述に基づく研究に加えて、遺跡発掘調査も歴史的大津波の実態を明らかにしている。特に、盛本（1987, 2008）が中心として働いた宮古島友利元島の発掘調査結果は、「明和大津波の実証」として報じられた。18世紀後半の村痕が、津波によると推測される大量の砂で覆い被さっているのが発見されたのであった。

その後、山本（2008）による石垣島におけるカラ嶽貝塚発掘調査及びカラ嶽東古墳群発掘調査結果も、明和の大津波の発生が実証されたことを報じた（埋蔵文化財センター、2009）。山本の調査結果では、明和の大津波以前に発生したと推測される地震による地割れの痕跡と津波堆積物が発見されたと述べられたことが特に注目された（山本, 2011a,b）。また、山本の発表は、3.11大津波の発生直後であったが故に、複数の津波来襲を推測させる痕跡の存在は、いやがおうにも人々の注目を集めた。明和の大津波以前に大津波が発生した可能性があることは、河名・中田（1994）によっても指摘されている。後に説明されるように、河名・中田は、過去数千年の間に数回の大津波の発生を推定している。

ところで、加藤、木村、河名らの研究で争点の一つとなったのが、陸上に打ち上げられている「巨大な津波石（石垣島の大浜にある巨大津波石、下地島にある帯大岩、東平安名崎にある巨大津波石群）」の発生年であった。これらの巨石に付着したサンゴ化石の多くは、明和の大津波よりも遥に古い年代を示していた。したがって、明和大津波によるとする意見がある一方で、定量的な評価としては、明和の大津波以前の大津波によると推定されるとする判断が大方優位となっていた。そうした判断には、宮古島で発見された資料「御問合書」に、明和大津波の上がり高さが三丈五尺と記載されていたことも働いたと判断される。

このような経緯等を経て、明和大津波に関する定説としては、石垣島で30m程度、多良間島で20m程度、宮古島で10m程度の遡上高さであったとされるに及ぶ。専門家が科学の根拠を基にした数々の研究成果の下に、ついに、牧野氏の85m肯定説はひれ伏す形となったのである。遡上高の推定に関しては、当時の測量技術の問題を指摘する主張、あるいは災害痕跡からの主張もあった。それらの議論については、紙面の都合で割愛したい。結論は上述と同様なものとなっている。

明和大津波に関するこうした判断は、平成18年及び19年に沖縄県が行なった津波想定にも活かされた。数値計算結果の検証に、明和大津波に関する定説が活かされたのである。このとき、想定すべき津波としては、過去数百年間に発生した津波に限定された。当然ながら、設定された定説に対しては疑義も投げられた。しかしながら、当時、根拠においてその主張は「十分でない」と退けられた。

東北地方で起きた3.11大津波は、これまでの津波対策に大きな教訓を与えた。中でも、歴史的大津波への対応を数千年にも遡って調べることを重要であることを教えている。また、発生した津波規模は軒並み当時の想定を越えたことは教訓として重くのしかかった。数千年に1度の頻度で発生するような大津波に関する記録は、日本国内でも極めて稀なものである。したがって、この希少記録を全国で共有することは、大津波への対応において、きわめて重要なことと言える。

1992年の夏、著者は、石垣島在住の牧野清氏を訪ねた。暑い日の午後であった。ようやく探し当てたのは伝統的な瓦屋根のたたずまいであった。牧野氏は、縁側の傍らに奥様と座っておられた。「琉球大学の・・・です」と自己紹介をするや否や、縁側に仁王立ち姿で、「あんたは、琉大の者か?」「攻撃しにきたのか?」と、お聞きになられた。「いや、私は本日、ようやく願いがかない、牧野先生にお会いすることができました」「先生の本を読み、感動いたし、ぜひに、お会いしたいと、今日は参ったのでございます」との旨を告げると、「そうか上がって、ゆっくりしていけ」と一番座に招いて下さった。奥様の出された麦茶を頂きながら、話を伺うことができた。

牧野先生は、いくつかのノートを取り出し、さまざまな調査成果を紹介してくれた。そのノートの表紙には「真理のノート、牧野清」と記されていた。その様はまさにこれまでの激しい論争の経緯を物語っていた。奥様と牧野先生は、初代石垣島測候所長であった岩崎卓爾氏との思いで話にも及び花が咲いた。ところで、

その年は、くしくも、第39回海岸工学講演会が初めて沖縄に開催される予定にあった。帰り際、その海岸工学講演会でぜひ牧野先生のご本を海岸研究者の方々に紹介したい旨を告げると、「いま全部もっていくか?」と喜ばれた。しかし、いや後程取りに伺いますと言いつつ、帰ることとなった。

私は、ぜひとも牧野先生と一緒に写真を撮らせてもらうつもりで、研究室から大きなスチールカメラを引っ提げてきていた。しかし、どうしても一言が言い出しきれなかった「一緒に写真をとらせてください」と。それが今でも悔やまれる。その後、10冊ほどを取り寄せさせて頂き、そのいくつかは恩師や知人に贈った。11月、合田良寛委員長の下、海岸工学講演会が沖縄で開催されたが、そのとき、私は全国の海岸工学者向けに「津波石」の存在を知らせる紹介文を書いた。反響は大きかった。その後、研究論文では、津波石に係る研究がいくつか見られるようになった。

3. 津波堆積物調査から推測される琉球列島における大津波規模と発生年

これまでに述べてきた経緯を経て、明和の大津波の最大遡上高は、次のように要約される。

石垣島において20~30m程度、多良間島において20m程度、宮古島において10m程度ないしは20m程度。宮古島において20m程度と判断される場合の根拠は、城辺友利元島周辺の表層土中に含まれるサンゴ片の分布が標高20m程度まで続いていることによるものである。これに対し、サンゴ化石等の年代測定結果や多良間島の遡上高との比較、推定された津波発生原からの距離を考慮して、10m程度に設定すべきであるとする意見や15m程度とする味方もある(河名・中田, 1994; 加藤, 1989)。

こうした研究成果の最大公約数的な判断が、平成18年度及び19年度に行われた沖縄県の津波・高潮被害想定調査にも反映された。その結果は、当時の津波浸水域設定や津波ハザードマップ作成にも生かされた。

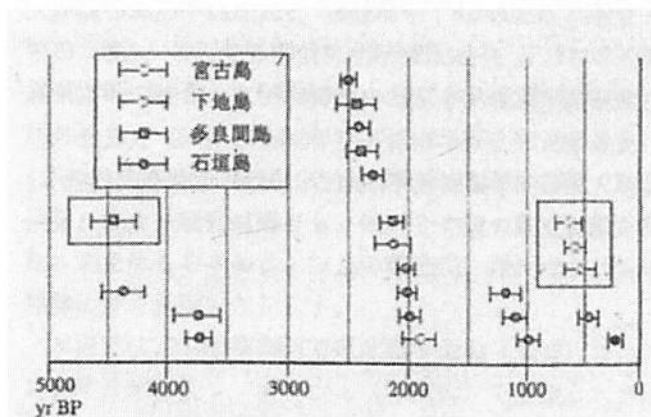


図 - 10 津波石及びサンゴ片の¹⁴Cに基づく年代測定結果から推定される津波発生年(河名・中田, 1994)

琉球列島における津波の発生年については、サンゴ片などの¹⁴Cに基づく年代測定結果から、1771年の明和の大津波以前にも大津波が発生していたことが推測されている。図-10は、河名・中田(1994)が与えた津波発生年である。この図には、打ち上げられたサンゴ岩塊が示す年代が示されている。

この図によると、1771年と思われる年代に一つの試料が認められる。それとは別に、約500年前、およそ1100年前、そして1900年から2500年の間に数個の試料が認められ、3750年前、4350年前にもそれぞれ試料が存在する。それら

の中でも、1900年から2100年前にかけて存在する試料については、宮古島から石垣島までの広い地域にまたがって試料が分布しており、その規模は相当な大きさであったと推測された。それらの試料をもたらせた津波を河名・中田は「沖縄先島津波」と命名している。また、その発生年は2000年前と推定されている。試料は、2300年から2500年前にも集中しており、2400年前にも大規模な津波が発生したと推測できると結論づけている。

河名・中田の研究成果もそうであるが、その他サンゴ片等の年代測定に基づく数多くの研究成果は、科学的手法を用いているという意味において、決定的な意味合いを持ち、強い説得力を以て受け止められるようになった。その結果、「沖縄地方には数多くの大津波が押し寄せた」とする定説が生まれることとなった。また、この成果を後押しする研究成果も多数みられるようになり、益々その信憑性は押し上げられた(例えば、Gotoら, 2010)。これらの研究成果の特徴は、明和津波を巨大な津波の一つとしながらも、それ以前

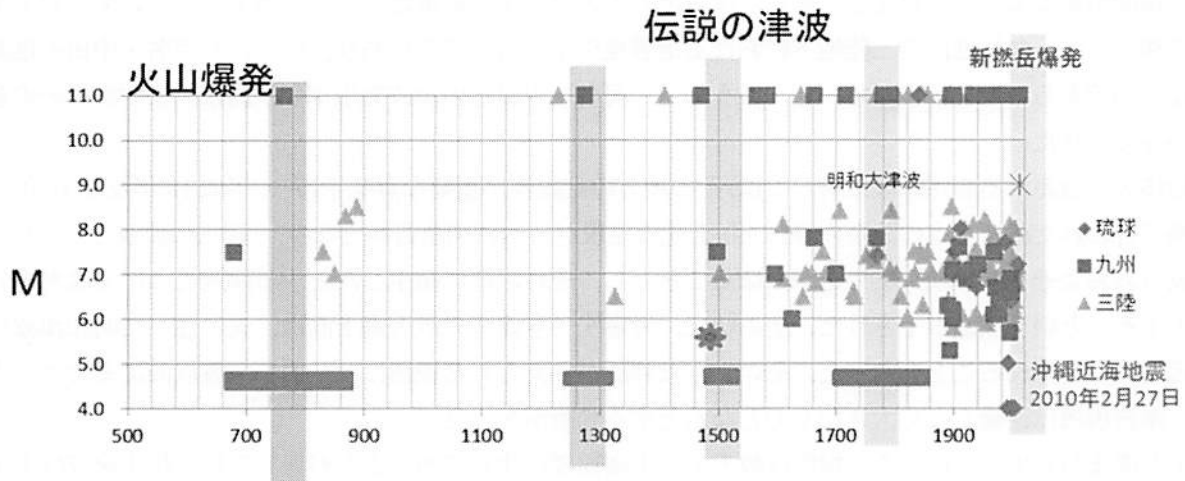


図 - 11 過去 1500 年にも亘る地震発生年と火山爆発

図中、*は 3.11 大津波発生年、*は伝説の津波の発生年を表す。赤色の横バ - は河名・中田（1994）による津波発生年の推定値の幅を表す。

にそれをさらに上回る巨大な津波が、これまでにいくつか来襲したとする推論を与えていることにある。

明和大津波よりも以前にそれをさらに上回る巨大な津波が来襲したはずであるとする判断は、例えば図 - 10 が示す津波発生年に加えて、図 - 4 に示す大浜大津波石の存在、図 - 6 に示す巨大な津波石群の存在があった。図 - 4 に示す大浜大津波石については、古文書「大波時各村乃形行書」に何ら触れられていない。石垣島で最大級の大きさである津波石について何らも触れず、その他の津波石については詳細な記述があることが、どうやらこの津波石は明和の大津波の時には動いていなかったのではないかと（明和津波以前にすでに存在していたのであろう）という判断を与えたのである。

これに加えて、河名・中田の調査結果から、図 - 6 に示す東平安名崎の北側に点在する巨大な津波石群は約 2000 年前に発生したと推測するに値する年代測定結果が与えられたことも理由の一つとなった。この推論は、宮古島に來襲した明和津波の遡上高は 20m の高さには達していないとする判断をも与えた。なぜなら、宮古島の東平安名崎は極めて平坦であり、その標高は 20m 程度であったからであり、津波石群が明和大津波によるものでないとする推論が、そのような判断を与えることとなった。

明和大津波よりも巨大な津波が数多く発生したとする定説は、伝説とも調和した。例えば、下地氏が解説した伝説の津波、キドマリ村伝説（伊良部郷土誌、1974）などは、島の大半が水没したことをさえも想像させている。また、現在の位置に座す津波石は、数回の津波（最低でも 4 回以上）の作用によってしか現在の位置を説明できない、とする研究成果も散見されるようになり、定説を後押しする研究成果は数を増し、その説は世界的にも広まった。

こうした定説は、津波に伴う様々な解釈に適用されるようになった。特に、発掘調査現場においては、津波の発生を示唆する層縞が発見されるたびに、定説による津波発生年とかぶせる形で説明が与えられるようになった。例えば、図 - 9 に示す山本が発掘現場から見出した地割れの形跡や津波によると推測された層縞などは、定説による明和の大津波以前の津波の数々によるものであることを大いに想像させることとなった。

図 - 11 に、過去 1500 年間にまたがって発生した主要な地震・火山爆発などの発生年とマグニチュードを対応づけて表示した。この図において、地震発生や火山爆発は、その発生位置を琉球諸島、九州地区、三陸地区に大別してある。これは、大地震の発生や火山爆発が広域に連動するものであるかを調べる目的による。火山爆発はマグニチュード 11 の位置に表示されているが、これは規模を示すものでなく、単に年代のみが対応していることに注意が必要である。地震発生や火山爆発を地域間で対応づけてみると、それらには何らか

の形で相関があるようにも見える。特に、琉球地方の大津波発生を推定している河名・中田のデータを示す赤色の横バーは、九州地区や三陸地方における地震発生年と重なる形にあり、いかにも河名・中田の推測が妥当なものであることを示唆している。こうして、河名・中田らの津波発生年の予測は、ますますその意味付けが与えられた。

自治体等が設定する想定津波に対しては、その地方の定説等が重要な意味を持つ。平成18年及び19年に、沖縄県で行われた津波想定の設定の際にも、上述の定説が一つの判断資料となり、「過去の津波としては、明和津波（おおよそ240年前）までさかのぼることとし、それ以前に発生したとする津波については考慮の対象外とする」という判断が下された。その結果、考慮すべき津波の最大遡上高は、先に述べた明和津波の遡上高程度に設定されることとなった。そのような判断が与えられた根拠には、明和津波以前にまでさかのぼると、津波規模は途轍もなく大きなものとなるとする判断があった。

3.11大津波が発生した後、その規模は数千年に1度程度の津波であることが報じられ、想定津波は1千年以上にもさかのぼって設定されなければならない、との解説が与えられるようになる。想定津波を過去数百年規模までに限定していたことに対しては、3.11大津波は大きな教訓を与えた。3.11の後、著者は、図-11を作成し、琉球諸島における大規模津波の繰り返し周期はおおよそ250年あるいは500年であるとする推測を与えた。その結果、今日の琉球諸島には大津波がいつ発生してもおかしくないとする判断が与えられた。

これまで述べてきたような経緯を経て、琉球諸島に來襲した過去の大津波の実態が浮かびあがる形となった。明和大津波については、古文書等の存在によりその規模がかなり具体的となっているが、その他の津波については、いくつかの津波石に関する情報があるのみで、まったくの未知であった。

4. 古文書が伝える明和大津波

古文書「大波時各村乃形行書」は、次のように、大津波時の様子を伝えている。

乾隆36辛卯3月10日五つ時分、大地震あり。右の地震止み、則ち東方なる神（雷）の様轟き、間もなく外干瀬まで潮干し、所々で潮群れ立ち、右の潮一つに打ち合わせ、似ての外、東北・東南に大破、黒雲の様翻かえり立ち、一時に村々へ三度まで打ち揚げ、潮揚がり高さ、或いは28丈、或いは20丈、・・・或いは2丈、3丈、沖の石、陸へ寄せ揚げ、陸の石や大木（根）なから引き流され、・・・蔵元や役座、仮屋、桃林寺、権現宮、御獄、引き崩され、座番を始め・・・百姓等、諸村から蔵元へ出向いた者達も引流され失命し、或いは身体疵を負い、漸くようやく遊び出で、あるいは木石泥土に埋められ、髪手足を破り、或いは赤裸になり、・・・半死に及び、或いは諸木に掛り海中を漂流する者もいたが、地船や小舟まで残らず破損のため見ながら溺死させた者もいる。また、生き残りの人々は皆々、又々大波揚がりと考え、老人・幼稚の者を背負い、山上へ逃げたため、漸く活き揚がり半死の者たちの保養方もできなかった。余多の死骸が寄せ揚がったがその取り置き方も忘却し、皆々周章していた折に、平得村の番所が半分引き流され、真栄里、大浜、宮良、白保、桃里村の内仲与銘、伊原間村の役所、船越、安良、崎枝村の内屋良部、都合8ヶ村は跡形もなく引き崩され、死人が余多発生し、急で取締めできない、と次々に緊急の知らせが入り、諸人はなお似て正気を取り失い、島中の騒動、言語道断の仕合（状況）であった。

（簡訳/豊見山和行）

ここに浮かび上がる明和大津波時の様子は、まさに3.11大津波の様相とほとんど同じであり、またおおよそ120年前に発生した明治三陸津波時の様相とも同じと言える。津波が繰り返し押し寄せたので生存者を見ながらも救助が出来なかったこと、救助するための小舟は一隻残らず大破し救助が出来なかったこと、情報混乱が生じ行政がまひしたことなどは、100年、250年の時を経ても、現代と何ら変わらないことであり、特

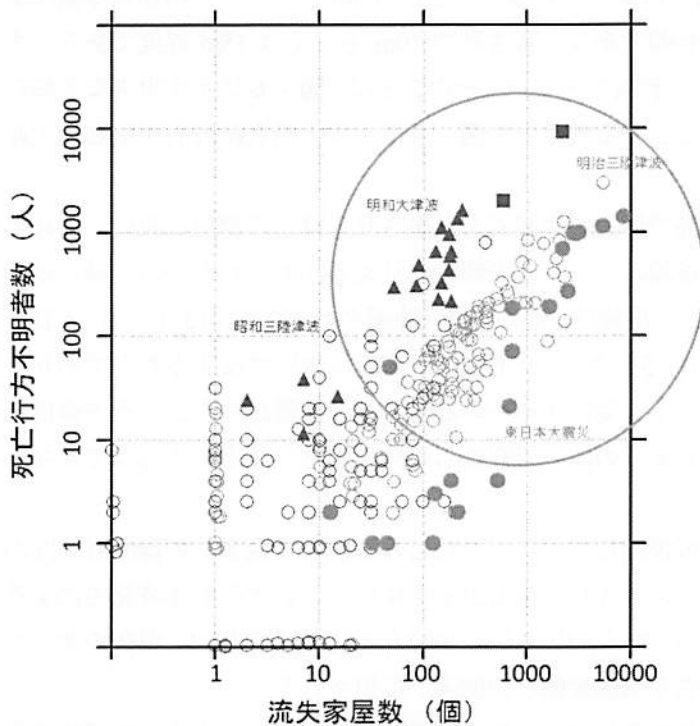


図 - 12 家屋流失数と死亡行方不明者数との関係
 明治津波・昭和津波に対する首藤（1987）のデータに 3.11
 大津波及び明和大津波のデータを追加

しかしながら、家屋流失数が大きい範囲、すなわち津波規模が大きかったと想定できる範囲（図中に円で囲む領域）においては、家屋流失数に対する死亡者行方不明者数の増加傾向（一律・直線的に増加する傾向）は、いずれの津波に対してもほとんど同じであり、大規模津波に対しては、250 年の時を経てもなお、避難が十分でないことの現れと読み取れる。家屋流失数が小さい領域において、死亡者行方不明者数が大きくばらついているのが、避難の有無の違いを反映するものと思われる。詳細については現在検討中である。

5. 最大規模の津波はどれか？

津波防災計画を行うに当たり、定説が示す過去数回の大津波の発生の中で、いずれの津波が最大規模であったかを明らかにする必要性が生じた。3.11 大津波の後、過去千年以上にもまたがって津波規模を明らかにさせたのは、地層に遺された津波堆積物であった。沖縄地方でも、いずこかに、過去数回の津波の発生を裏付ける痕跡が残されているに違いない。それを探し当て、最大規模の津波の実態を明らかにすることが、今後の津波防災への第一歩であると著者は考えた。

調査は、まず宮古島にて開始された。トレンチ試掘やボ-リングによる津波堆積物調査を行った。津波の最大遡上高及び歴史上最大の津波の同定方法としては、海岸線の方向から津波の遡上を想定、遡上方向に沿って 5~6 箇所異なる標高位置でボ-リング調査を行った。それらの調査を補助する目的で、手掘りによるトレンチ調査も実施した。採取された試料土に存在する津波堆積物と同相を呈する地層を、標高の低い箇所から高い箇所に向けて追跡するという方法である。宮古島の友利元島やその周辺で、過去に発掘調査や試掘が何度か実施されていることが、津波発生年の同定に重要なカギを与えるとも判断した。

調査場所や方法については、文献（仲座ら、2013）に詳しいので、ここではその説明を割愛する。大規模な調査を繰り返したが、過去数回あったと推定される津波の痕跡を何らも見出すことはできなかった。むしろ

筆しておくべきであろう。

図 - 12 に、明治三陸津波、昭和三陸津波、3.11 大津波による流失家屋数と死亡行方不明者数との関係を示した。明治三陸津波及び昭和三陸津波に関するデータは、首藤（1987）による。これに、明和大津波時のデータを加えた。3.11 に関するデータは、石巻市のデータのみを表示した。

図に示すように、明和大津波時の家屋流出数に対する死亡行方不明者数は、その他の場合に比較して 10 倍ほどに大きい。1 個の流失家屋に約 5~8 人の犠牲者がでていいる。当時の戸籍により、一家族当たりの人数は 7~9 名程度となっており、午前 7 時から 8 時頃の出来事であるが、避難がほとんどできていなかったことが読み取れる。

これに対して、明治三陸津波や昭和三陸津波の犠牲者数は少ない。また、3.11 大津波による犠牲者数は最も低くなっており、3.11 の場合、建築物の耐性、津波避難訓練や津波予報の成果の現れと受け取れる。

る徐々に明らかになってきたことは、「明和大津波では動いていないとされる津波石が、実は明和大津波によって発生した津波石である可能性が高い」とする判断であり、宮古島で 10m もしくは 15m 程度であるとする遡上高さが 20m を越えている可能性が高いとする判断であった。そのことは、図 - 6 に示す東平安名崎の北側に位置する津波石群が明和の大津波起源であるとする考え方や図 - 4 に示す大浜大津波石が明和の大津波起源である可能性を示唆させるものとなった。

著者らが行った調査結果を総括すると、琉球諸島で巨大な津波石を発生させるほどの歴史津波は、明和津波ただ一つであるとする推論へと導かれた。この推論は、一見、飛躍的に見えるかもしれないが、繰り返し行った調査結果はそのようなことを推論させた。この推論は、地元新聞（沖縄タイムス、2012 年 7 月 15 日）及び沖縄防災環境学会（仲座ら、2012）を通じて報告された。この推論は、定説に大いに反するものであり、これまでの数々の研究成果を愚弄するものであるとする受け止めへの心配が著者を震わせたが、その確信を変更しなければならないとするエビデンスを、これまでの他の研究者らの成果からは見出すことはできなかった。

逆に、そのような視点から、従来の研究成果を再整理してみると、むしろそれらに数多くの疑問点が浮かびあがってきた。最大の問題点は、¹⁴C を通じてサンゴ片など化石が示す年代は、必ずしも津波発生によるサンゴ等の死滅を表すものでないことに集約される。特に、現在より 2000 年前という年代は、現在のサンゴ礁が安定化した時代とほぼ対応しており、海面変動や気候変動との関連が危惧される。

上述の著者の発表の後に、他の研究者によって発表された論文等の解説を見ていると、定説を肯定的に訴えるトーンは勢い弱まり、明和大津波が最も大きな津波であったとする記述へと変わっている様からは、最近の研究者らの判断も、著者の主張の正しさを示す傾向にあることをうかがわせる。

しかしながら、著者のこうした判断に対して、当然ながら疑義は投げられる。それらは、おおかた以下のようにまとめられる。

- 1) 津波堆積物は、自然的あるいは人的攪乱によって影響を受ける。
- 2) 明和の大津波以前の津波痕跡は明和大津波によって侵食され、明和大津波による堆積物のみが残った可能性もある。
- 3) 津波痕跡は必ずしも残るものでないこと、残ったとしても不連続である可能性もあり、調査地点がその堆積部を外した可能性もある。

こうした疑義に答えるためには、紀元前から今日に至るまでの地層が、良好に保全され、そして地層の年代が同定されるような条件下での調査が必要となる。

6. 考古学的調査結果が語る大津波の発生年

図 - 9 に示す盛本らが行った発掘調査現場から数十m離れた位置において、宮古島市教育委員会が発掘調査を実施した。その場所を図 - 13 に示す。標高は 4m~5m、現在の汀線からおおよそ 60m 内陸に位置する。この発掘現場において、切土面に現れた地層を図 - 14 に示す。地層は、図 - 14 に示すようにいくつかの層縞を示している。これら一つ一つを別々の津波による堆積物層と判断すると、少なくとも 5 回以上の津波発生が推定される。

しかしながら、こうした判断は、先に述べた著者の津波堆積物調査結果に矛盾することになる。ここで問題となったのは、発掘調査地点が過去に形成された汀線背後の砂丘部分に位置する可能性が高いということであり、見出される層縞の全てを津波によるものと解釈することはできないという判断が下されたことであった。図 - 13 に示すように、現在の汀線背後には標高 4m~5m 位置においても、サンゴ礫などが波によって打ち上げられている実態が観察される。



図 - 13 宮古島市教育委員会による発掘現場
宮古島市城辺友利地区・元島付近



図 - 14 発掘現場の切土面に現れたいくつかの層縞



図 - 15 第2発掘現場の切土面に現れた津波痕跡
宮古島市教育委員会（久貝氏主導）発掘現場

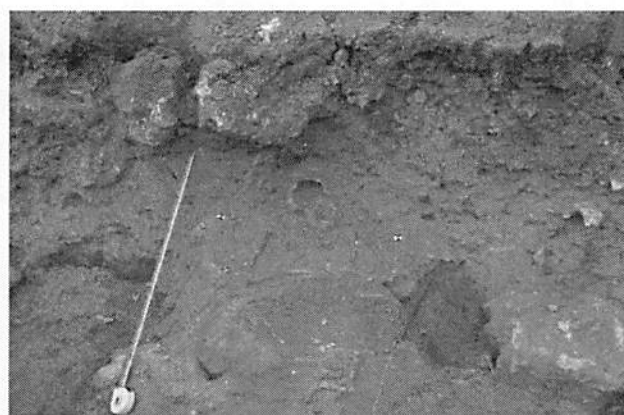


図 - 16 津波痕跡の下層で発見された人骨
年代測定の結果 11 世紀初頭と判定

しばらくして、宮古島市教育委員会は、引き続き第2期の発掘調査を先の発掘調査現場の陸側に実施した。この発掘調査による切土面には津波痕跡を示すと判断される一つの層が、表土面下約 90cm に現れた（図 - 15）。その層が、津波堆積層を示すと判断される理由は、他の層が比較的白色のサンゴ礫混じり砂層であるのに対し、茶褐色に汚れ、他のサンゴ礫混じり層とははっきりと区別できたことによる。また、それが切土面に一様に、しかもほぼ水平な層として現れたことにもよる。

津波堆積物層と判断された砂層が茶褐色に汚れているのは、津波が海岸砂丘を侵食しながら遡上し、陸上部の赤土を巻き上げながら海に戻ることで、砂丘はさらに侵食を受けると共に、その表層が赤土水で汚されたことによると判断された。その根拠は、複雑に幾重にも重なるサンゴ礫混じり砂層の層縞が、茶褐色に染まった層でほぼ水平に切られていることによる。

津波堆積物層と推定された層の上下には同質で白色のサンゴ礫混じり砂層が存在している。津波堆積物層より約 1m 下層には、無土器時代と思われる貝斧などが出土している。すなわち、ここに現れた切土面には、おおよそ 2000 年前と判断される無土器時代の地層から今日までの間に堆積した地層が現れていることになる。

この考古学的調査では、さらなる大発見があった。ほぼ完全な形での人骨が数体出土したことである。津波堆積物層と判断された層の約 30cm 下層に、「カムイヤキ」を添えられた少女の人骨（形質人類学的考察による）が発見された。遺物から判断し、当初は 11～12 世紀の埋葬と推定された（図 - 16）。少女のものと判断される人骨は全く乱されてなく、埋葬時の形そのままを綺麗に保っている。このことから判断し、その上

層に痕跡を残した津波は、この層を侵食していない。すなわち、津波発生年は、この少女が埋葬された以後のことであると判断された。

過去に遡って最も若い年代に発生した津波は、明和大津波であることは記録などからはっきりしているの
で、表層から下層に向けて最初に現れた津波痕跡層は、明和大津波によるものと判断された。無土器時代
のものと判断される地層と明和大津波の痕跡層と判断される地層との間には、他に津波痕跡を示すような地層
が現われていないこと、この発掘調査現場より高い標高位置で明和津波痕跡以外の津波痕跡が見出されてい
ないことなどを総合的に勘案し、少なくとも過去 2000 年にも遡って、琉球諸島に発生した大津波は明和大津
波のただ一つであるとする結論が導かれた。

図 - 17 に、表層から順番に付記された地層番号（ほぼ表層からの深さに対応）と出土したサンゴ片や貝類
の化石及び人骨の ^{14}C が示す年代との関係を示す。これらのデ - タを基に、砂層の堆積状況を示したのが、
図の破線である。紀元前約 1500 年から今日までの堆積状況の推定結果が示されている。この推定には、今か
ら 2000 年前後のデ - タの多さを注視し、堆積層の年代と位置の関係が設定された。続いて、人骨が示す年代
に注視した。埋葬された当時の表層は、現在の人骨の位置より 50~80cm であろうと推定した。これによっ
て、紀元前から人骨が示す年代までの地層の堆積速度が推定された。その傾向をそのまま現代まで延長させ
たのが、紀元前から今日まで継続的に示される堆積砂層の成長曲線（破線）である。

こうして予測された砂層の成長曲線は、西暦 0 年付近から急成長の様子を示している。現代のサンゴ礁が
ほぼ固定されるのが、今日からおおよそ 2000 年前であるとする研究成果等によれば、サンゴ礫及び砂の堆積
層がこの付近から急成長を示すのも理解される。

このような砂層の成長曲線を想定した上で、1771 年に発生した明和大津波を考えると、成長曲線から推定
される当時の表層位置から図 - 15 に示す津波痕跡層の位置付近まで、侵食を受けたものと推定される。その

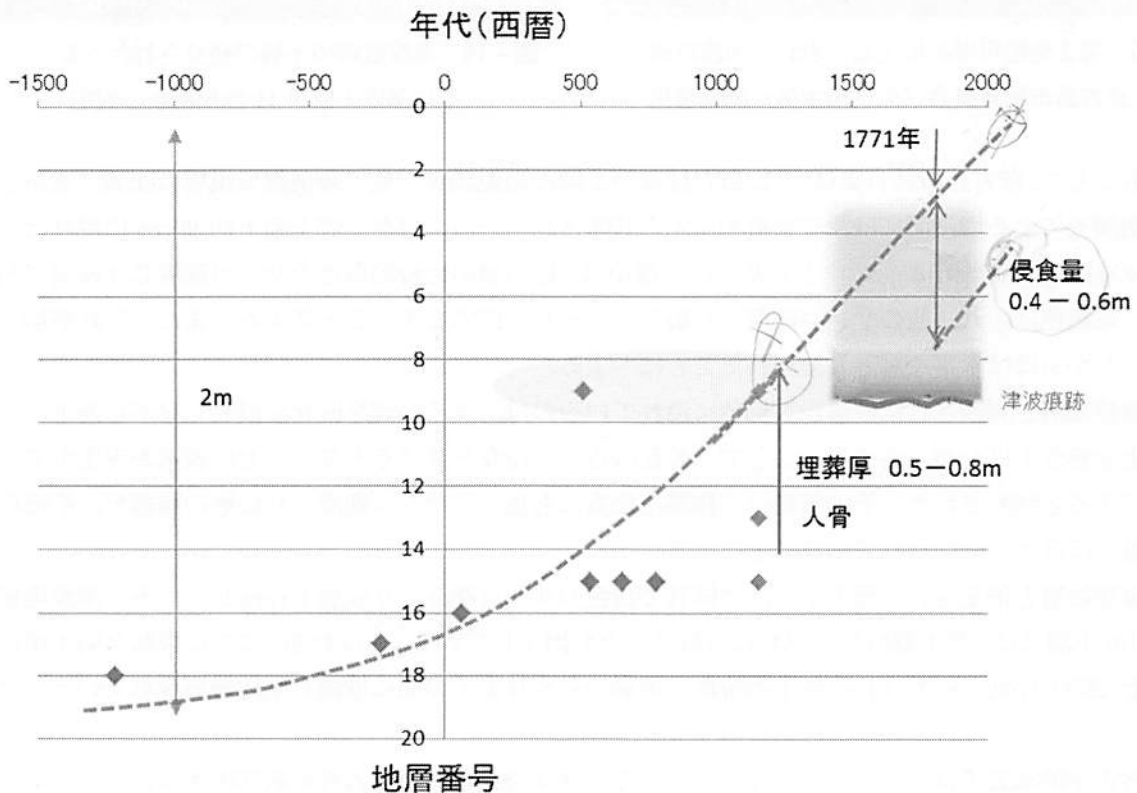


図 - 17 サンゴ礫等の化石及び人骨が示す年代から推定される砂層の成長曲線

結果、明和津波による砂丘の侵食量が 40～60cm 程度と推定される。その後、再び砂や礫が堆積し、現在の表層位置に至っているものと判断される。その推定表層高さは、現在の表層高さより約 40cm 低い。その理由は、現在の表層高さが約 40cm の客土で覆われていることによって説明することができる。

琉球の歴史書・球陽に「 同五（天啓、1625）乙丑一大田兼久江大波上り、桴海村流シ候付、同年大原江引移今之桴海村也、・・・（一、大田兼久に大波が揚がり、桴海村を流してしまったので、同年に大原へ（桴海村を）移しました。（それが）今の桴海村である」という記録がある。

これをもって、1625 年頃に津波があったと推測される場合がある。著者は、当時の桴海村位置と推定される周辺を大規模に調査したが、その痕跡をなんら見出すことはできていない。その時の発掘は深さ 5～7m にも達しているが、なんらの津波痕跡も見いだされていない。あったのは、完全に海側からの堆積砂層と判断される真白い砂の層のみであった。すなわち、球陽の記述は、高潮災害を示すものでないかと推測される。その詳細は別の機会に触れたい。

7. 巨大津波への対応策

これまでの調査結果から、琉球諸島で確認できる巨大津波は明和津波のただ一つとなった。当然ながら、琉球諸島はチリ津波など遠地津波の影響をも受けている。今回の調査で対象としたのは、防災計画を立てる上で必要となるような規模の津波であり、津波石を発生させるような規模の津波である。調査結果からは、そのような痕跡を残した津波は明和の津波のみであると推定された。

幸いなことに明和大津波に関する記述は、古文書や家譜などに詳細に残されている。これらの記録や津波石など津波痕跡から判断される明和大津波時の遡上高は 40m 程度と推定されている。先に述べたように、古文書には約 85m（28 丈）という数値が現れる。しかしながら、その数値を裏付けるエビデンスは今のところ見出されていない。したがって、エビデンスを伴った数値としては、現在のところ 40m 程度と設定しておくことが肝要であろうと著者は判断している。

既往最大の津波遡上高を 40m 程度として設定すべきであるとするに関して、確たる根拠がある訳ではない。これまでの多数の研究成果の上限値的な値としての意味合いしかもたない。先人は、「・・・黒雲の様翻かえり立ち、一時に村々へ三度まで打ち揚げ、潮揚がり高さ、或いは 28 丈、或いは 20 丈、・・・」と書き記した。牧野氏は、その記録を肯定的に取り扱った。著者は、先人の残した 85m という数値を下げることなく、一つの「教訓数値」としてとどめ、避難訓練等における避難の最終的目標高とするような指標として位置付けることを推奨している。

さて、沖縄地方における最大の津波遡上高を 40m 程度として設定するべきであるとする、現在の沿岸集落地のほとんどはかなりの高さの浸水域になってしまう。ハ－ド的にもソフト的にも大津波への対応が必須と言える。ハ－ド的には、防波堤の設置、護岸の設置、海岸丘の設置、海岸林の設置などが想定される。しかしながら、津波遡上高が 40m 程度となる大津波に対して、それら単独での防災対応は困難である。したがって、現実的対応としては、いくつかの工法を組み合わせた多段的な対応法の選択が推奨される。

図 - 18 は、海岸林による津波防災対策に関して、実験によって得られた浸水深の分布を示している。図中の横軸上に台形状に見える箇所は、海岸林が繁茂している領域を示しており、実寸で直径 50cm、高さ 15m 級の海岸林が幅約 120m に亘って存在する場合が想定されており、その樹木の下半分に低木が繁茂している場合である。津波は図の左から右に伝播するが、海岸林の存在によってその沖側に堰上げ背水が形成され、流れに対する海岸林のブレ－キ作用で津波が海岸林帯内に貯留される形になっている。しかし、海岸林帯を過ぎた箇所では、海岸林のブレ－キ作用による貯留効果が失われ、あたかも海岸林後端からダムブレ－クの的に流水する形となっている。海岸林帯の右端では、水位の低下が急激であり、流れが水理学でいう H2 曲線の形態をとり、射流へと遷移していることを示している。図 - 19 は、3.11 大津波の際、宮城県名取市沿岸を

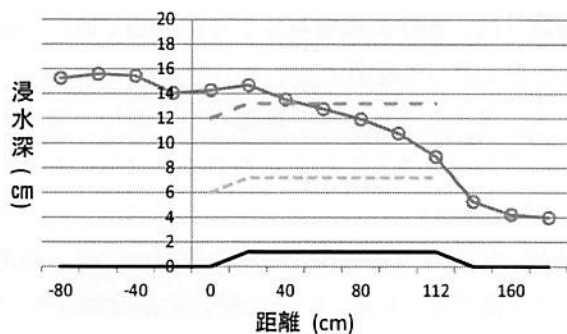


図 - 18 海岸林帯を通り抜ける津波に伴う浸水深の分布 (台形状に見える領域上に直径 5mm, 高さ 15cm の海岸林モデルを設置, 仲座ら, 2014)



図 - 19 宮城県名取沿岸を襲う 3.11 大津波 (共同通信社)

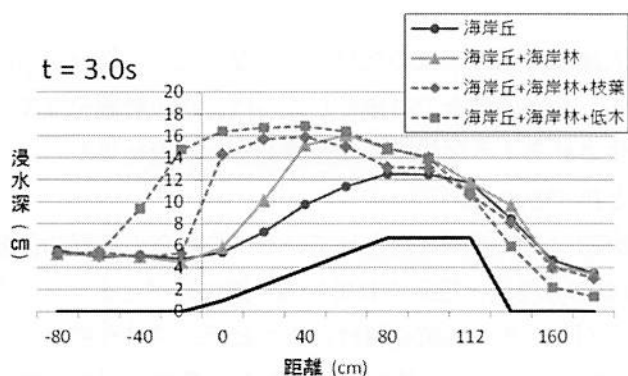


図 - 20 海岸林帯と海岸丘を組み合わせた対策
海岸林は海岸丘上に設置, 津波到達後 3.0 秒後の状態を示す. 海岸林と海岸丘の組み合わせで, 効果的に来襲津波を反射させている, 稲垣・仲座, 2014.

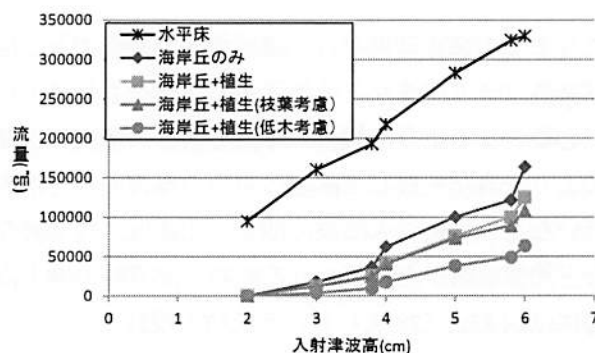


図 - 21 海岸林帯と海岸丘を組み合わせた対による透過津波の輸送水量の減少
海岸林と海岸丘の組み合わせで, 輸送水量を 1/5 にまで低下させている, 稲垣・仲座, 2014.

襲う津波を捉えたものであり, 植生帯背後に白く飛沫を発生させて流れている様は, 図 - 18 に見る植生帯後端の射流を捉えているのではないかと判断される.

図 - 20 及び 21 に, 海岸林帯と海岸丘とを併用した場合の津波減衰効果を示す. 図 - 20 は反射効果を示しており, 津波の先端が海岸丘の法尻に到達してから 3s 後の状態である. 図に示すように, 海岸丘のみを設置した場合に比較して, 海岸林あるいは海岸林に加えて低木の繁茂をも考慮した場合には, 来襲津波が海岸丘上から沖側へ反射されている. 図 - 21 は, 津波が伝播することで輸送された全水量の比較を示す. 図に示すように, 対策がなく水平床のみの場合には, 入射津波高の増加に比例して流量の増加が認められる. これに対して, 海岸丘の設置, それに加えて海岸林や低木等を複合的に設置した場合には, 輸送水量が大幅に減少し, 最も効果が高いのは, 海岸林と低木, そして海岸丘の組み合わせの場合であることが分かる. さらに, その効果 (水平床の場合と海岸丘・植生 (低木考慮) の差) は, 来襲津波が高いほど高まっている.

大規模津波への対応としては, 津波の発生予測及び避難訓練が最重要であることは論を待たない. しかし, 築きあげた街を防ぐ事や避難できる高所の少ない平地などにおいては, 長期的視点にたつての減災対策が必要と判断される. 単純な防災対応法であっても, それらの幾つかの組み合わせで, 減災効果を高め, 環境適合度をも高めることが可能である. 今後, 益々こうした対応策の研究成果が求められよう.

8. おわりに

駆け足的に、琉球諸島における「古文書・津波堆積物が示す世界最大規模の津波の実態と対応策」について論じてきた。琉球諸島の津波研究について、それらすべてを網羅することは当然ながら不可能であった。ここで論じたことは、それらのほんの一部でしかない。また、著者の理解の範囲での言及にすぎない。その他については、読者自身による研究を進めたい。

明和大津波は、世界最大級の津波であることは間違いない。このことは、古文書に記載された記録や残された津波石などの規模からも容易に想定される。しかしながら、これまでの知見は、明和大津波をも上回る数多くの大津波の発生を想像させてきた。それらの知見は、定説となり、様々な方面において、議論の指針を与えてきた。こうして、いったん出来上がった定説は、それ以降の議論を型にはめてしまう場合が多々ある。

定説から抜け出し、奇抜な発想に拠って新しい展開を見出すことは容易ではない。あるいは見出したとしてもそれを世に出すにはそれ相応の覚悟が要る。しかし、研究者に与えられていることは、定まった延長線上をさらに耕すことよりもむしろ、定説を覆すような発見を行うことではなかろうか？

些細なことと判断されるかもしれないが、ここに紹介した著者の成果を世に出すにもそれ相応の覚悟を必要とした。その判断が仮に正しくないにせよ、これまでとは全く異なる方向性での議論が投げられたことの意義、そしてそれに相応の理由があることは理解して頂いたのではないかと考える。3.11大津波の後であったからこそ、その発表には慎重には慎重を期した。発表後は孤立のどん底にあったが、宮古島教員委員会の発掘調査による成果は、著者に希望をもたらせた。これまでの靄を一掃させた。近寄ると、あまりに美しい少女の様には感動さえも覚えた。少女は強力なメッセージを発していた。少女の神通力であったろう、この発見が大きく研究を前進させた。

明和大津波に関しては、さまざまな形で論争が行われたことは記憶に新しい。先に定説として紹介した方向性に沿って、その信頼性をさらに高めようとする研究も存在する。したがって、それらの成果がいつか本論とは全く異なるような新しい展開を見出す可能性も高い。そうであれば、また新しい科学の発見であり、それはおおいに歓迎されよう。

最後に、ここで紹介した研究を行うに当たっては、数多くの方々のご協力及び支援を得ている。現地調査に関しては、琉球大学工学部助教入部綱清、島嶼防災研究センターの徳久氏琉元研究員、宮古島・株式会社地建の仲間利夫氏・砂川一博氏をはじめとする多くの方々の協力を得た。また、調査結果の解釈には沖縄県教育文化財課の盛本勲氏・山本政昭氏の協力を得た。発掘調査結果については宮古島市教育委員会の久貝弥嗣氏・本村麻里衣氏（株式会社 ア-ケジオ）の協力を得た。古文書については元琉球大学島嶼防災研究センターの山田浩世氏との意見交換が有意義であった。サンゴ礫等に関する年代測定に関しては、琉球大学理学部ポストドク研究員本郷宙軌氏の指導を得た。研究支援については、琉球大学島嶼防災研究センターの研究補助を受けている。また、文科省プロジェクト研究経費「社会科学及び自然科学の統合による自然災害の予測と分散機構の解明」の援助を受けている。さらに、本研究の現地調査の一部は、トヨタ財団による研究補助を受けて行われた。本研究に参加した学生の調査旅費等に関しては、尾崎次郎奨学基金の助成を受けている。ここに記し、心から感謝の意を表す。

- 1)牧野清：改訂増補 八重山の明和大津波，462p.，城野印刷，1981.
- 2)加藤祐三・木村政昭：沖縄県石垣島のいわゆる「津波石」の年代と起源，地質雑誌，89，pp.474 - 474，1983.
- 3)木村政昭：地震と地殻変動 - 琉球弧と日本列島，195p.，九州出版会，1985.
- 4)加藤祐三：八重山地震津波（1771）の遡上高，地震2，40，p.377 - 381，1987.
- 5)加藤祐三：沖縄県宮古郡島における八重山地震津波（1771）の挙動 - 新発見史料『思明氏家譜』付属文書

- 『御問合書』による検討 - , 歴史地震, No.4, pp.47 - 56, 1988.
- 6)加藤祐三：沖縄県宮古群島下地島「帯大岩」の起源, 歴史地震, 5号, pp.111 - 115, 1989.
- 7)河名俊男・中田高・大村明雄：石垣島大浜の“津波大石”のサンゴ化石年代：第四紀研究, 25, pp.155 - 158, 1987.
- 8)河名俊男・中田高：明和津波と海底地殻変動, 歴史地震, 3号, pp.181 - 194, 1987.
- 9)河名俊男・中田高, サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球列島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期, 地学雑誌, 103, pp.352 - 375, 1994.
- 10)盛本 勲：実証された明和と大津波 - 友利元島遺跡 - (上・中・下), 沖縄タイムス, 1987.
- 11)山本正昭：八重山諸島・石垣島でみられた地震と津波の痕跡 - 遺跡から自然災害の痕跡を考える, 考古学ジャーナル 577, ニュースサイエンス社, 2008.
- 12)山本正昭：石垣島を襲った巨大津波 (上, 下), 琉球新報, 2011.
- 12)山本正昭：遺跡における地震・津波の痕跡 - 石垣島東部の発掘調査成果から -, 第5回防災環境シンポジウム資料, pp.1-12, 琉球大学島嶼防災研究センター, 2011.
- 12)Goto K., T. Kawana, F. Inamura: Historical and geological evidences of boulders deposited by tsunami, southern Ryukyu Islands, Japan. Earth - Science, 102, pp.77 - 99, 2010.
- 13)下地和宏：あまれ村と伝説の津波について, 宮古島市総合博物館紀要 11, pp.1 - 12, 2007.
- 14)仲座栄三・稲垣賢人・駒場悠輔・入部綱清：海岸林に残される津波痕跡過程と減災効果に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No2, 2014. (投稿中)
- 15)稲垣賢人・仲座栄三：海岸丘と海岸林による津波防災対策の実験的検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No2, 2014. (投稿中)
- 15)仲座栄三：堆積物が証す琉球列島における歴史上最大の津波, 論文集「防災と環境」, No.1, 沖縄防災環境学, pp.39-45, 2012.
- 15) 仲座栄三：考古学と自然科学の融合による歴史津波の実態解明, 沖縄防災環境学会シンポジウム in 青山学院大学, 沖縄防災環境学会, pp.25-30, 2013.