

津波堆積物からわかる 南海地震の繰り返し

岡村 眞
松岡裕美

おかむら まこと
高知大学理学部
まつおか ひろみ
高知大学理学部

東北地方太平洋沖地震とその津波をもたらしたのは、東北から関東の沖合に横たわる日本海溝である。同じように西日本の沖合に横たわり、巨大地震と津波をもたらすのが南海トラフである。過去数千年間にわたる南海トラフ沿いの津波の歴史を、地層の中に残された痕跡から探り、近い将来、西日本を襲う津波について考える。



南海トラフ沿いの地震と津波

南海トラフは駿河湾から紀伊半島、四国の沖合を通過して九州の東まで延びており、フィリピン海プレートが西日本を載せるユーラシアプレートの下に沈み込む場所である。南海トラフの西端は、九州沖合で西南西から南南西に向きを変え琉球海溝へと続いている。南海トラフ沿いの地震は、四国沖から紀伊半島を震源とする南海地震、紀伊半島沖から遠州灘を震源とする東南海地震、遠州灘から駿河湾を震源とする東海地震に区分されている(図1)。南海地震、東南海地震はいずれもマグニチュード(M)8クラスの巨大地震である。また、南海トラフの西端にあたる日向灘を震源とする地震は、日向灘地震と呼ばれている。

南海地震は世界的に見ても、その繰り返しの歴史が最も明らかになっている海溝型地震である^{1,3}。

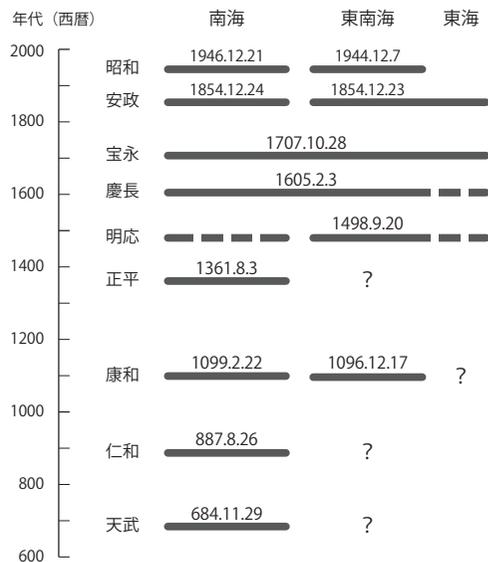


図1—歴史資料に記録された南海トラフ沿いの地震
上図に示した範囲は、南海、東南海、東海地震の想定震源域である^{1,2}。歴史的記録から明らかになっている過去約1300年間のそれぞれの地震の履歴を下図に示した^{1,3}。太線は、過去の地震の震源域の広がりを表している。

これは主に古文書などの研究によってもたらされたもので、西暦684年天武地震から1946年昭和南海地震まで、歴史上9回の地震が知られている。特に684年天武地震は日本書記に記録されており、地震や津波はもちろん、道後温泉の湧出が止まったことまでも記載されている⁴。この9回のうち過去3回にあたる、1707年宝永地震、1854年安政南海地震、1946年昭和南海地震については豊富な歴史的な記録が残っており、西日本各地の揺れの程度や津波の高さを読み解くことができる。

過去の歴史記録によって、南海地震、東南海地震は連動することが知られている。1707年宝永地震では同時に破壊がおこり、1854年安政東南海地震の32時間後に安政南海地震が、1944年昭和東南海地震の約2年後に1946年昭和南海地震が発生している。それ以前の地震についても詳細は明らかではないが、ほぼ同時期に活動したと考えられている。東海地震については、1854年安政東南海地震のように東南海地震の破壊がこの震源域までおよぶ場合と、1944年昭和東南海地震地震のおよばない場合があるが、この領域が単独で地震を発生させた例は知られていない。日向灘地震は、M7クラスの地震が個別に発生することから、これまでは南海・東南海地震とは分けて考えられてきた。

南海トラフ沿いの地震はプレート境界型の地震なので、常に大きな津波を伴っている。歴史上の南海・東南海地震では、地震の揺れによる被害よりも、津波による被害のほうが大きかった。特に1707年宝永地震の津波は、今回の東北地方太平洋沖地震までは日本史上最大と言われてきた津波であり、九州から伊豆半島までの広い沿岸域において多くの被害記録が残されている。土佐の国における宝永地震の被害を記録した『谷陵記』には、沿岸部の村々がことごとく「亡所」となったとの記載がある⁵。まさに何も残さずすべてを流し去る巨大津波であったことが想像される。

直近の昭和南海地震から65年、昭和東南海地震から67年経過した現在、単独か連動かはわか

らないが、南海・東南海地震は近い将来必ず発生する地震である。そして南海トラフ沿いの西日本の沿岸域には、間違いなく大きな津波が襲来する。

津波の化石

津波に備えるためには、なによりもまずその津波、そして地震の姿を知ることが必要である。南海地震は繰り返し発生するが、その再来周期は平均すると100年を超えている。したがってこの繰り返しの歴史を正しく理解するためには、数百年から数千年間のデータが必要となる。しかしながら、これまでに得られている科学的な観測データは過去50年間程度であり、あまりにも短い。歴史的な記録は、海溝型地震としては世界最長の過去1300年間という長期間のものがあるが、これとてまだ十分とはいえない。筆者らは、過去数千年間の南海地震津波の履歴を解明するために、地質記録の中に残された津波堆積物の研究を行ってきた。

津波堆積物とは津波の化石である。津波は海水だけでなく海底や海岸の砂、繁茂している植物など様々なものを沿岸の湖沼に運び込み堆積させる。津波が去った後にこれらのものは津波の痕跡として残され、津波堆積物となる。この化石を採取し分析することにより、過去の津波の歴史を知ることができる。知りたいことは、津波の履歴、つまり過去に「いつ・どのくらい」の津波が襲来してきたのかという歴史である。

典型的な津波堆積物の写真を図2に示す。湖沼では通常は植物遺骸を多く含む泥が静かに堆積している。植物はヒシやハスなどの水生植物だけでなく、周囲に繁茂する森林から運ばれた植物なども含まれる。湖底は嫌気的な環境なので、数千年前の木の葉が分解されずそのままの形で見つかることも多い。津波によって海岸から運ばれた砂は、湖底の泥の上に堆積する。このとき流れが強いと湖底に堆積している泥を削り込む。また柔らかい泥の上に急に重たい砂が堆積することから、砂層の下面は水平ではなく波打った形状を示す。

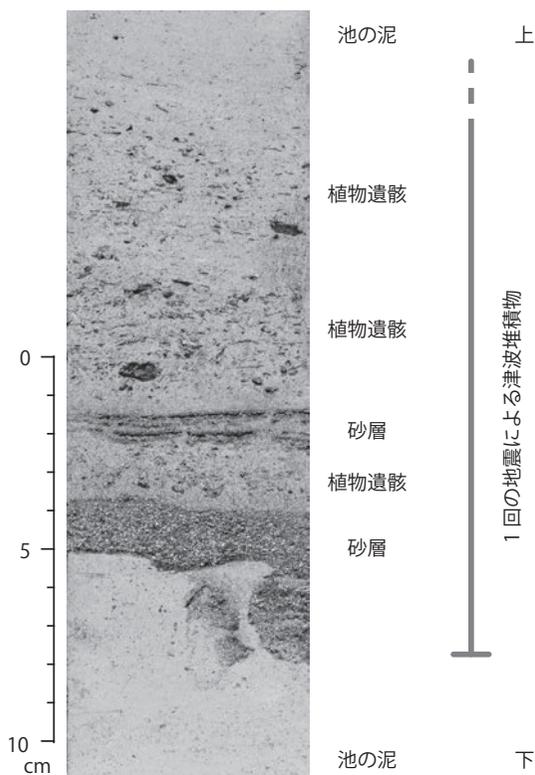


図2—津波堆積物

高知県須崎市ただす池の湖底から採取された約1400年前の津波堆積物の写真。写真下が下方で時間的には古く、写真上が上方で新しい。黒く短い線状に見えるのは木の葉などの断面である。

砂は流れによって堆積するので、葉理と呼ばれる縞状の堆積構造を示すことも多い。流れが止まると、砂層の上には津波によって池の周囲から運ばれた浮遊していた植物遺骸が堆積する。津波は何波か襲来するので、2~3枚の砂層が形成されることもある。その後津波が治まると、もとの堆積環境に戻り再び泥が静かに堆積する。

津波が「いつ」発生したかは、堆積物の中に含まれる有機物の年代を炭素-14年代測定法を用いることによって知ることができる。有機物とは主に植物遺骸であるが、特に再堆積しにくい木の葉を年代試料として用いることが多い。測定そのものの精度は数十年程度の誤差しか含まないが、津波は周辺のあらゆるものを巻き込み再堆積させるので、測定試料の選び方が年代値の精度を左右する。津波が「どのくらい」の規模であったかの絶

対的な評価を行うことは難しい。湖沼によって海岸からの距離や運搬される堆積物の量などの条件が異なるためである。ここでは、ある湖沼において過去に襲来した津波の相対的な規模の違いを評価している。津波の規模の違いは、津波堆積物の厚さ、堆積構造、粒径、含まれる植物遺骸などの量、削剥量、削剥して再堆積させた堆積物の量などによって判断することができる。

小さな湖沼に残された記録

筆者らは主に沿岸域にある湖沼で津波堆積物の調査を行っている(図3)。湖沼で調査を行うのは、そこが安定して堆積物記録を保持する場であるからである。陸上は基本的には浸食の場であるのに対し、湖底や海底などは堆積の場である。調査を行った湖沼は、南海地震の想定震源域の北縁に分布する特徴をもつ。この地域は地震に伴って地盤が沈降することが知られており、過去数千年という期間で見ても沈降傾向を示している。沈降域では、堆積物の記録はより長期間にわたって安定して残される。一方、地震に伴って隆起する室戸岬や足摺岬周辺の沿岸域には、湖沼はほとんど見られない。

津波は浜堤を乗り越えて堆積物を湖沼に運び込む(図4)。浜堤とは海岸に平行な自然の高まりで、波と風によって海から運ばれた砂で造られている。台風の多い南海トラフ沿いの海岸では、浜堤の高さは5~10mにも達する。砂浜や浜堤がない岩礁海岸では、運ばれる堆積物がないので、津波堆積物は形成されにくい。また、海岸に近すぎると津波の流れが強いため、堆積物が堆積するよりも削剥されるほうが多くなり、津波堆積物は形成されない。一方、海岸から離れすぎると、堆積物が運搬されないので、津波堆積物はやはり形成されない。つまり、海岸からある限られた範囲の条件の整った湖沼のみが、連続的な津波記録を保持することができる。

南海地震による津波の大きさは、歴史記録に残った過去3回を見てもかなり違っている。たと

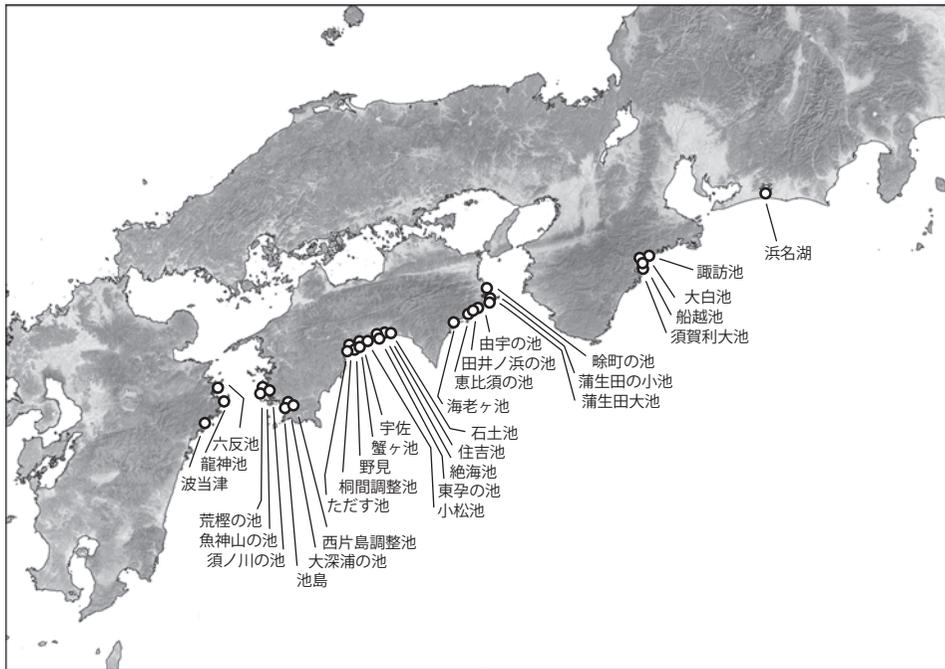


図3—調査地点の地図

これまでに南海トラフ沿いの津波堆積物調査を行った地点。沿岸域の湖沼は潮岬、室戸岬、足摺岬などの半島部には少ない。

例えば土佐湾の湾奥部では1946年昭和南海津波の波高は4~5m程度であるのに対して、1707年宝永地震津波は10mを超える波高が記録されている⁶。このような場所では小さな津波の堆積物が残されたとしても、次により大きな津波が襲来すれば削剝されてしまう。結果的に、過去数千年間の津波履歴を記録するような湖沼は、比較的大きな津波のみを記録する湖沼であると言える。

津波堆積物の調査は、河川の流れ込まない集水域のせまい湖沼が望ましいが、それでも小さな流れ込みは存在し、大雨などによって砂泥が運び込まれる。しかし、このような小川から運搬された堆積物は円磨度が低く風化が進んでおり、海から運ばれる堆積物とは容易に区別することができる。津波堆積物との判断が困難なものとして、台風の高潮に伴う堆積物があげられる。通常の波浪とは異なり、波長の長い高潮と津波を堆積物で区別するのは難しい。しかし、南海トラフ沿いの高潮で最も高い記録は、1959年の伊勢湾台風時に伊勢湾における3~4m程度であり、歴史的にもそれ

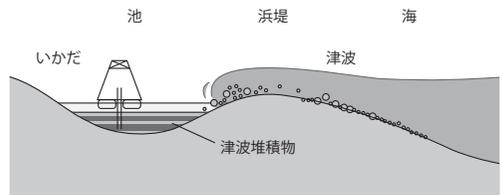


図4—津波堆積物の形成過程

津波は浜堤を越えて沿岸湖沼に海の砂などの堆積物を運ぶ。池の底には過去の津波の記録が残されていく。

を超えるものは知られていない。津波堆積物の調査を行っている湖沼は、南海地震のなかでも比較的大きな津波のみを記録している湖沼であり、そこに残された津波堆積物のなかに高潮堆積物が混在する可能性を完全に否定することはできないが、その可能性は高くない。

津波堆積物から読み取れること

筆者らはこれまで南海トラフ沿いの30を超す湖沼で津波堆積物の調査を行ってきた。これらの湖沼のなかで、数千年間の記録を安定して残して

いるものは多くはないが、代表的なものについてそれぞれの湖沼で明らかになった過去の津波履歴を以下に述べる。

(1)龍神池

龍神池は九州の大分県佐伯市、旧米水津村にある池で、九州の東端である鶴見半島の南岸に位置する。旧米水津村の中心部である浦代浦では、近年、郷土歴史研究者によって1707年の宝永地震の際に10mを越す津波が襲来したことが明らかにされている⁷。ここは南海地震よりも日向灘地震の震源域に近いが、1662年と1968年の日向灘地震では、大きな津波被害は記録されていない。

龍神池は東西200m、幅100mの海岸に平行な細長い池で、周囲を照葉樹の森に囲まれている。海岸からの距離は100m程度しか離れていないが、池との間に標高17mの高い浜堤をもち、海とは細長い水路でつながっている。この池では、昭和南海地震では大きな被害は記録されておらず、

安政南海地震では、海水が田に入ったため畑作に切り替えたとの記述が残されている⁸。この池の調査は東京大学地震研究所、大分大学との共同で行った。

ここでは過去約3500年間の連続した試料を得ることができた。この池の堆積物は有機物に富んだ褐色の泥から成るが、その中におよそ40枚の砂層が含まれており、このなかで顕著な砂層は8枚ある。この8枚はいずれも海側で厚く陸側に向かって薄くなる。これらの砂層は海から運ばれた砂から成り、含まれる貝片を肉眼で確認できるものもある。年代測定の結果から、上位から3枚は1707年宝永、1361年正平、684年天武地震に対応する。それよりも下位の5枚はそれぞれ約1600、1900、2600、3000、3300年前に相当する。この8枚を南海地震津波とすると数が少なすぎ、比較的大きな津波だけがこの池に顕著な砂層を残したと考えられる。特に684年天武地震に対応する上から3枚目の砂層は、下位の地層を大き

コラム

湖沼における試料の採取

湖沼の湖底には保存のよい堆積物が眠っているが、環境調査などを除けば一般的にはほとんど利用されていない。したがって湖底における堆積物の採取は、陸上と比較して高い経費が必要だけでなく、技術的にも十分に完成されたものではない。精度の高いデータを得るためには、湖底の堆積物を高品位かつ低コストで採取する方法を確立する必要があった。私たちは津波堆積物の研究を進めるために、湖沼の堆積物の採取を自作の装置を造りながら行ってきた。

湖底の堆積物は、アルミやアクリルのパイプを突き刺し柱状の試料(コア試料)として採取する。これはコアリングと呼ばれ様々な方法があるが、私たちは主に振動を利用してパイプを刺し試料を採取するパイプロコアリングと、錘を用いて重力で採取するピストンコアリングという方法を用いている。パイプロコアリングは砂や礫などの粗粒な堆積物でも採取できるが、堆積物を乱す可能性が高い。ピストンコアリングは堆積物を乱さず採

取することができるが、粗粒な堆積物には弱く、水深の浅い湖沼では使用できない。これらの方法を併用することにより湖底から5m程度の長さの試料を採取することができるが、これは一般的な沿岸湖沼では過去2000~4000年間程度に相当する。津波の履歴を明らかにするためには、津波時だけでなくこの過去数千年間の堆積過程を正確に把握する必要があるため、一つの湖沼で十数本から数十本のコア試料を面的に採取し分析を行う。

湖沼でのコアリングには作業足場が必要となるが、小さな沿岸湖沼にはほとんどの場合、小船すらない。そこで2種類の可搬式の作業用いかだを作製し、アクセスの容易さによって使い分けている。トラックが接岸できる道路がある場合は、養殖いかだをベースにしたいかだを、人力で運搬するしかない場合はゴムボートをベースにした組立式のいかだを使用している。どちらを用いた場合でも、3日間で5~6本程度の試料を採取することが可能である。

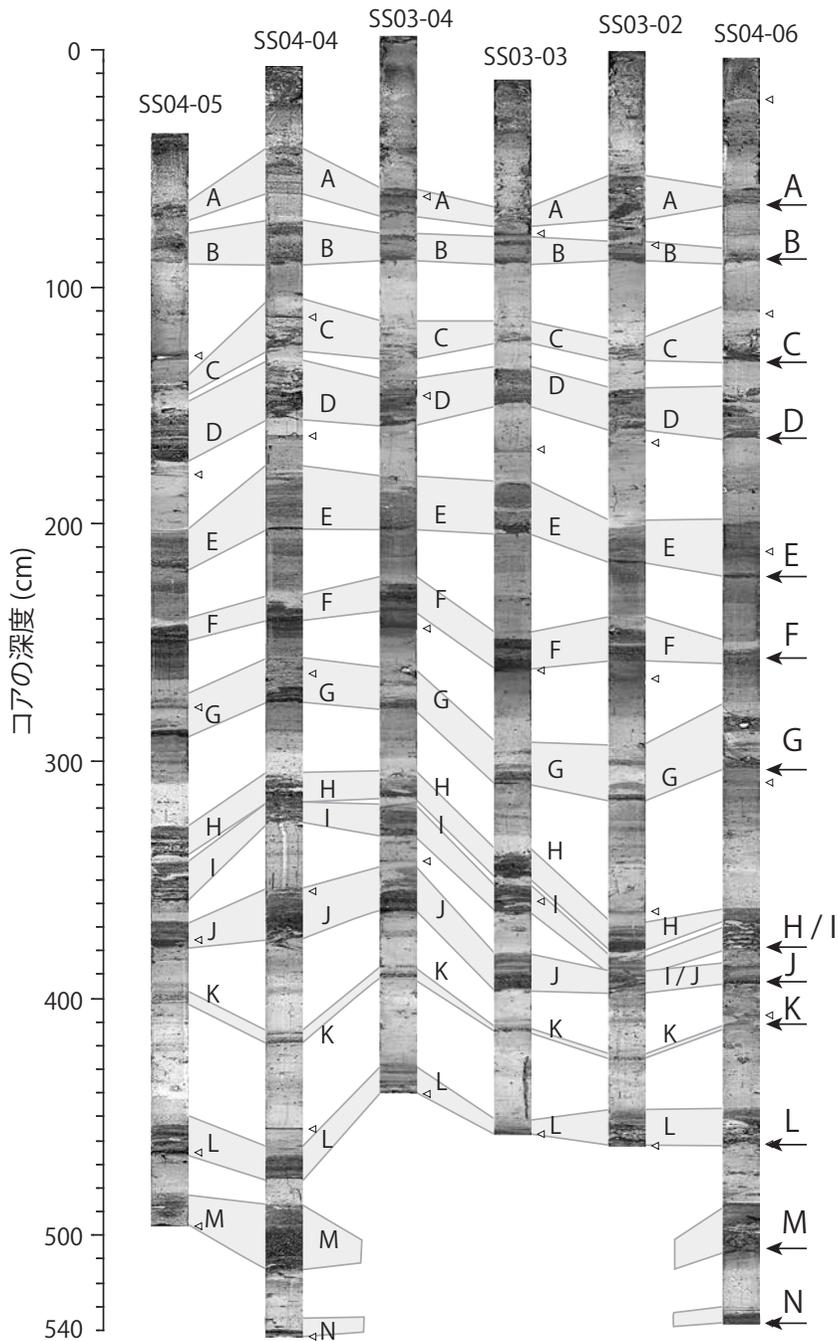


図5—ただす池の津波堆積物

高知県須崎市ただす池で、約50mの測線から採取した6本のコア試料の写真を並べた。写真は縦に対して横を2倍程度拡大して表している。コアの深度は湖底からの深さを示しており、図下が下方で時間的には古く、図上が上方で新しい。約5mの堆積物はおよそ1300年前から4800年前に堆積したもので、A～Nの14回の津波が記録されている。

く削り込み、層厚が厚く、植物片などを多く含むことから、相対的に大きな津波により形成されたと考えられる。宝永地震は南海・東南海地震が連

動した巨大地震であるが、特に九州東岸や四国西岸で高い津波高が記録されており、安政や昭和よりも震源域が西方の日向灘まで延びていたと言わ

れている。このような津波が過去 300~700 年程度の周期で発生していたと考えることができる。

(2) ただす池

ただす池は四国の高知県須崎市にある池で、土佐湾の湾奥にある。須崎港は今回の東北地方太平洋沖地震で 2.78 m と西日本で最も高い津波高を記録した⁹。池は海岸からは 800 m ほど内陸にある。海岸には標高 5 m ほどの浜堤があり、浜堤と池の間は市街地となっている。1707 年宝永地震の津波では、この浜堤を越えて街に津波が流れ込み大きな被害を出した。1946 年昭和南海地震の津波は浜堤を越えなかったが、池から海につながる水路を逆流し、この池に流れ込んでいる。

ここでは 1994 年から調査を行っており、一部は地質調査所(現、産業技術総合研究所、活断層・地震研究センター)との共同研究である。約 4800 年前までの津波履歴が得られているが、表層の部分がおそらく人工改変によって失われており、過去約 1300 年間の記録が欠損している。約 1300 年前から 4800 年前までの 3500 年間の堆積物中に 14 回の津波が確認されており、残された最新の津波堆積物は、歴史記録では最も古い 684 年天武南海地震に対応させることができる。この 14 回の津波の痕跡は、堆積物の中に非常にリズミカルに保存されており(図 5)、この池が堆積環境を一定に保ち正確な津波記録計として長期間働いてきたことを示している。ここに記録されている津波の再来周期の平均は約 270 年で、龍神池と比較してやや小さめの津波まで記録していると考えられる。

(3) 蟹ヶ池

蟹ヶ池は高知県土佐市宇佐の池で土佐湾の湾奥、ただす池からは約 16 km 東に位置する。試料採取地点は海岸から 400 m ほど離れており、6 m の高さの浜堤で海と隔たれている(図 6)。近くの宇佐の集落では、1707 年宝永地震で 10 m を超す津波が記録されており⁶、『谷陵記』には「蟹ヶ池海に没す」という記述が残されている。



図 6—蟹ヶ池の遠景

高知県土佐市の蟹ヶ池を背後の山から望む。海岸沿いは開発されているが、蟹ヶ池は過去の姿を残している。左奥は 1707 年宝永地震では 10 m を超す津波が記録されている宇佐の街並みである。右下に白く小さく見える(矢印)のが、コアリング用のいかだ。

この池では過去 2000 年間に、6 回の津波が記録されている(図 7)。最も新しいものは 1854 年安政南海地震に対応できるが、それは海に近い部分でしか確認することができない。2 番目のものは 1707 年宝永地震に対応し、3 番目以前はそれぞれ正平、天武、西暦 300~600 年、約 2000 年前である。このうち 1707 年宝永地震津波と約 2000 年前の津波は他の津波と比較して厚い津波堆積物を残している。このふたつの津波堆積物は厚いだけでなく礫も含まれているが、海岸から運ばれた礫だけでなく、湖岸陸側の斜面を削り取った角礫もあり、その流れの強大さを表している。さらに、約 2000 年前の津波堆積物は、1707 年宝永地震津波と比較してより厚く粗粒な砂や礫を含み、より大きな運搬エネルギーを示している。このことから、約 2000 年前の津波は過去最大と言われる 1707 年宝永津波と同じか、もしくはそれ以上の規模であった可能性がある。

(4) 蒲生田大池

蒲生田大池は徳島県阿南市の池で、四国の東端に突き出た蒲生田岬の北岸に位置している。この池は海岸から浜堤を越えたところにあり、直径 200 m 程度の円形の池である。これまでに、この池の周辺の集落では昭和、安政、宝永を通じて、

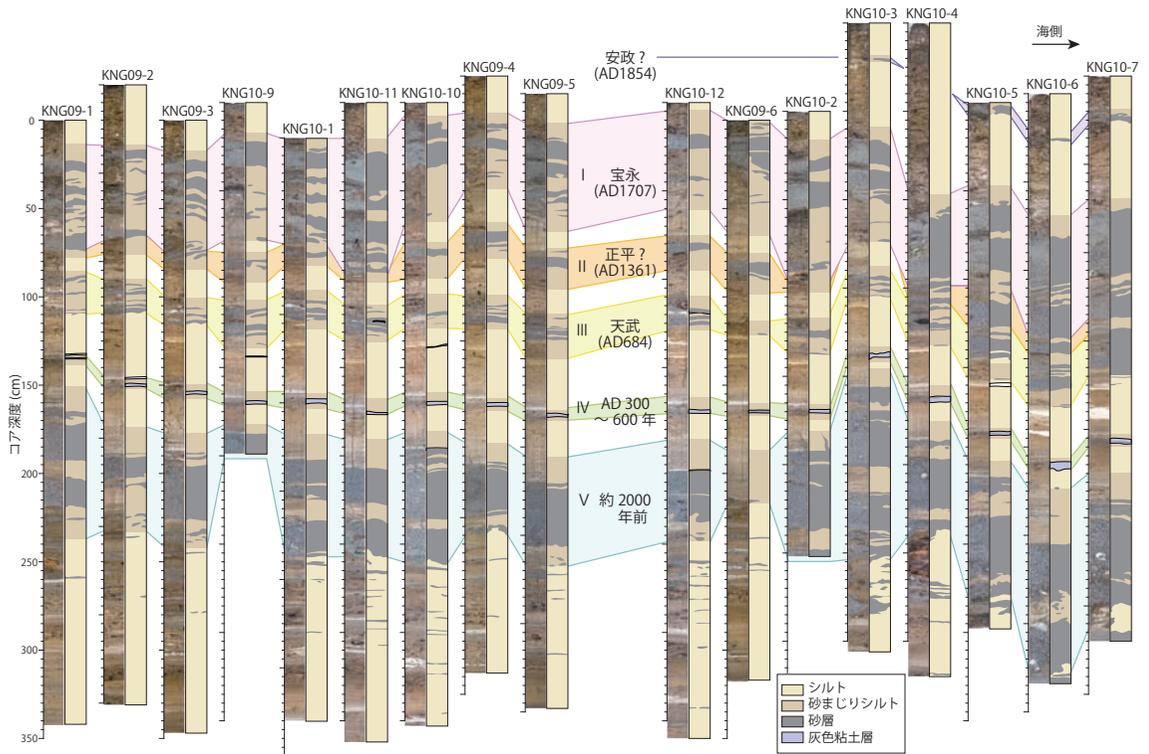


図7—蟹ヶ池の津波堆積物

蟹ヶ池で東西約 80 m の測線から採取した 17 本のコア試料の写真(左側)とその模式図(右側)。表層の約 1 m は別に採取しているので示していない。ここでは I~V の 5 回の津波が記録されているが、右側の 5 本の試料のみ、さらにこの上に 1954 年安政南海地震津波と考えられる砂層が見られる。

歴史的に津波が流入したという記録はない。

この池では約 3500 年前までの堆積物の記録を得ているが、ほぼすべてが泥からなるこの堆積物の中に 1 枚だけ明瞭な砂層が見られる。この砂層は約 2000~2300 年前という値が得られており、過去 3500 年間で唯一の津波の痕跡である。

(5) 須賀利大池

須賀利大池は紀伊半島の三重県尾鷲市に位置し、熊野灘に突き出た半島の先端部にある。東西 500 m、南北 100 m の比較的大きな池であるが、東側の岩礁海岸と西側の円礫からなる海岸に挟まれ、砂浜が発達していないことから津波記録計としての条件は良いとはいえない。この池での調査はまだ十分ではないが、約 3300 年前までの堆積物の中に、何枚かの津波堆積物が認められる。このなかでも特に約 2000~2500 年前の津波堆積物が厚く粗粒であり、ここでも約 2000 年前の巨大津波

が確認されたことになる。

南海地震の津波履歴

ここにあげた湖沼の他に、高知県高知市の住吉池、南国市の石土池、徳島県美波町の田井ノ浜の池などで数千年間の記録を得ている。これらの沿岸湖沼での調査結果から、以下のようなことが明らかになった。

南海地震に規模の大小があることは歴史記録から知られていたが、津波堆積物として痕跡を残す大きめの津波を生じる南海地震は 300 年程度の再来周期をもっていた。大分県の龍神池では 300~700 年程度、高知県ただす池では 300 年弱の再来周期を示し、ただす池のほうがより小さい津波でも記録していると考えられる。昭和、安政、宝永の過去 3 回の津波では、1707 年宝永地震の津波しか記録していない龍神池において、過去

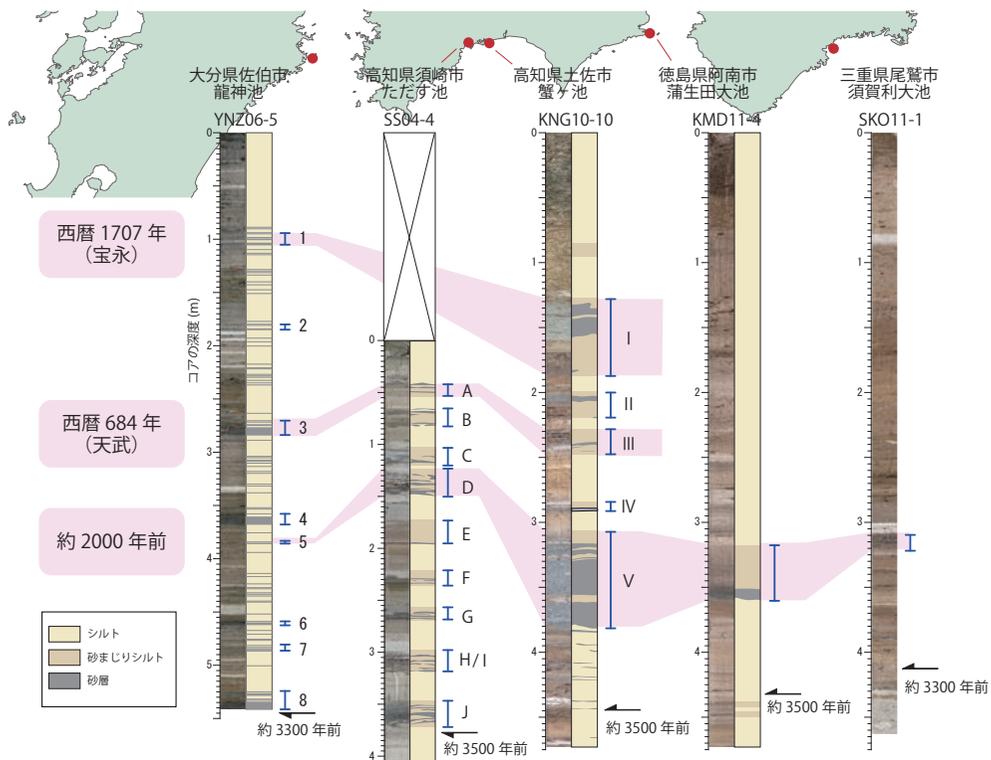


図8—南海トラフ沿いの津波堆積物の対比

沿岸湖沼から得られた代表的なコア試料の写真とその模式図の対比(須賀利大池は写真のみ)。試料の右側の縦線は、龍神池では1~8の8回、ただす池ではA~Jの10回、蟹ヶ池ではI~Vの5回、蒲生田大池と須賀利大池ではそれぞれ1回の津波の範囲を示している。

3500年間に8回の津波記録が残されているという事実は、宝永クラスの津波がその周期で襲来していることを示している(図8)。

1707年宝永地震津波は、南海地震としては歴史上最大といわれてきた。堆積物の記録では大分県の龍神池では少なくとも過去1000年間で2回、高知県の蟹ヶ池では過去1000年間で最大の出来事である。したがって、宝永地震津波は500~1000年に1回の津波、という表現は正しいことが堆積物からも明らかになった。しかしながら、1707年宝永地震津波は過去最大の津波とはならない。大分県の龍神池では、宝永津波よりも684年天武地震津波のほうが規模が大きかったと考えられる。高知県蟹ヶ池でも約2000年前の津波は、1707年宝永地震津波と同等もしくは大きかった可能性がある。また、1707年宝永地震では津波の痕跡がない徳島県の蒲生田大池では約2000年

前に津波堆積物が確認されており、三重県の須賀利大池においても、約2000年前の津波は過去最大であることが明らかになっている。これらのことから、1707年宝永地震津波を最大と捉えることはできず、過去数千年間という時間で見れば、宝永よりも大きい津波も存在すると考えるべきである。

* *

これまで行ってきた沿岸湖沼の津波堆積物調査によって、南海地震の津波履歴をある程度ではあるが知ることができた。しかし、問題はこれをどのように防災に生かすことができるかである。100年に1回の津波にどう備えるのか、1000年に1回の津波にどう備えるのか、さらに、数千年に1回の津波にどう備えるのか。これは突き詰めれば、私たちが自然に対してどう向き合っているのか、どういう街造り、国造りをする

のかという問題を提起していることに他ならない。

3月11日の晩、テレビを通じて地震学者が「1000年に一度の地震で想定外である」と繰り返すのを聞きながら、地質研究者として大きな喪失感をもった。1000年に一度のこと、100万年に一度のことを考えることが地質学者の仕事である。1000年に一度のことを正しく想定できる社会を目指すことが、地質学者の責務ではなかったのか。私たちは目先のデータ集めに捕らわれて、重要なことを怠っていた。

日本で最初の津波堆積物に関する研究は、1960年チリ地震津波の際に三陸沿岸において、東北大学の地質学古生物学教室によって結成された調査団によって行われた¹⁰。彼らの報告書からは、この災害に対して何かしなくてはという強い思いを感じることができる。しかしながら50年後に、この思いは伝わらなかった。地質学者は長い時間感覚と広い視野をもち、科学と社会を見つ

め直さなければならない。そのことこそ今回の地震は教えてくれたのだと思う。

文献

- 1—地震調査研究推進本部：南海トラフ地震の長期評価について(2001) http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai.pdf
- 2—中央防災会議：東海地震に関する専門調査会報告(2001) <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/20011218/siryoku2-2.pdf>
- 3—宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，東京大学出版会(1996) pp. 17～19
- 4—今村明恒：地震，**13**, 82(1941)
- 5—都司嘉宣：高知県地震津波史料，国立防災科学技術センター(1981)pp. 25～30
- 6—村上仁士・他：自然災害科学，**15**, 39(1996)
- 7—千田昇・他：大分大学教育福祉科学部研究紀要，**26**, 129(2004)
- 8—米水津の歴史を知る会・米水津古文書研究会：宝永四年・安政元年 村の大地震・大津波，米水津村教育委員会(2004)p. 66
- 9—気象庁：平成23年3月地震・火山月報(防災編)(2011) <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201103.pdf>
- 10—今野円蔵・他：東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告，**52**, 1(1961)