

# P3 . 島根半島における津波堆積物調査について ( 佐陀本郷および千酌の事例 )

Survey of tsunami deposits at Shimane Peninsula : case studies of Sadahongo and Chikumi

宮本 新平 ( 中電技術コンサルタント株式会社 ), 玉井 孝謙 ( 中国電力株式会社 )

## 1 . はじめに

日本海側における津波堆積物調査事例については、近年多くの研究事例が報告されているが、島根県・鳥取県の日本海沿岸での調査事例は少なく(例えば、酒井ほか(2013)<sup>1)</sup>など)、今後は調査事例の蓄積が期待される。

そこで、島根半島において、津波堆積物が保存されている可能性の高い2地点を選定し、地質調査および各種分析を行い、津波堆積物の有無を検討した。

## 2 . 調査内容および調査手法

調査は、図 - 1 に示す調査フローに従って実施した。

### (1) 文献調査

山陰地方に到達した可能性のある歴史津波を把握する目的で、島根県・鳥取県の日本海および中海沿岸に位置する市町村を対象に、市町村誌等を確認し、津波に関連する記述を確認した。

### (2) 地形調査 ( 地点選定 )

地形調査 ( 地点選定 ) は、空中写真判読等により実施した。なお、選定に当たっては、次の2点を考慮して決定した。

海岸に砂州や砂丘が認められ津波堆積物が保存されやすい地形であること。

内陸に平野が広がり、津波の遡上範囲・遡上高の追跡検討が可能であること。

検討の結果、島根県松江市鹿島町佐陀本郷地点 ( 以下「佐陀本郷地点」という。 )、および同美保関町千酌地点 ( 以下「千酌地点」という。 ) を現地調査の対象として選定した ( 図 - 2 )。

### (3) 試料採取

調査地点の地質・地質構造を確認するため、基盤岩までのボーリング調査を行うとともに、津波堆積物の有無・層厚・分布標高に加え、平面的な分布の把握および堆積構造の方向を確認するため、定方位試料採取による調査を実施した。ボーリング調査は掘削孔径 116mm とし、打ち込み式および送水掘削による試料採取とした。定方位試料採取は、内径約 56mm のコアチューブを用いた打ち込み式による試料採取とした。

得られたボーリングコアおよび定方位試料はいずれも半割りし、一方を観察に、もう一方を各種分析に用いた。

### (4) コア観察

ボーリング調査、定方位試料採取により得られたコアの観察により、異質層 ( 津波、高潮、洪水等のイベント堆積物の可能性がある層 ) の抽出を行った。異質層の抽出基準は、小松原(2012)<sup>2)</sup>

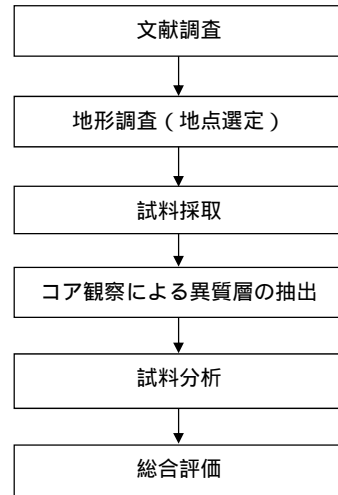
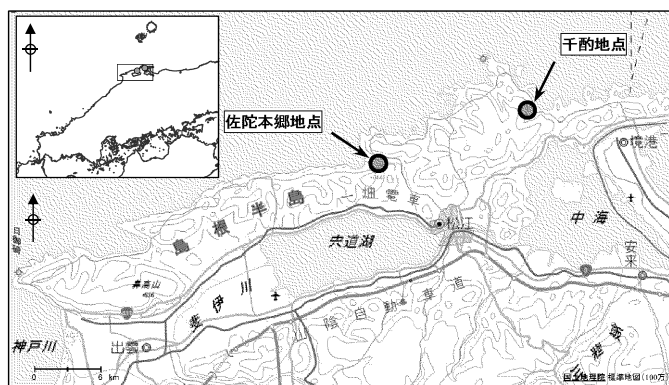


図 - 1 調査フロー



国土地理院標準地図(1/1,000,000)を引用

図 - 2 調査位置図

および澤井(2012)<sup>3)</sup>の津波堆積物の識別基準を参考とし、下記のとおりとした。

明瞭な浸食基底を持ち、下位層を取り込んだ偽礫や、下位層の変形による火炎構造が認められることがある。一方、上位の地層境界は、マッドドレープや植物片が留まることがあるため、不明瞭になることが多い。

陸方向および海方向に向かう古流向、マッドドレープを挟んだ砂層の繰り返し、級化構造などの、特徴的な堆積構造。

泥質基質中に挟在する砂質層（砂分を多く含む泥質層を含む）。

砂質層は無いが、腐植物が多量に含まれている泥質層。

砂質層もしくは泥質層と下位の泥質層との境界部に乱れがある。

異なる色調を呈する互層状の泥質層。

なお、津波堆積物の検討を行う異質層は、堆積環境が変化する約 6,000 年前の縄文海進ピーク後、現在と同程度の海水準となった約 4,000 年前以降の海水準安定期のものを対象とした。

#### (5) 試料分析

津波堆積物を特定するために、帯磁率測定、珪藻の微化石分析、CNS 分析、軟 X 線撮影を実施した。帯磁率計は ZH instruments 製の携帯型帯磁率計 SM-30 を、CNS 分析はヤナコ分析工業製の MT-700 型炭素窒素同時測定装置および LECO 社製の CS444 型硫黄測定装置を用いた。また、採取試料中の堆積物、植物および木片等を対象として、その堆積年代を把握するため、加速器質量分析法による <sup>14</sup>C 年代測定を実施した。<sup>14</sup>C 年代の暦年較正は、Intcal09 の較正データを用いて実施した。以下の年代値の表示には 2 暦年代範囲の中点を用いた。

### 3. 調査結果(佐陀本郷地点)

#### (1) 地質概要

佐陀本郷地点は、新第三系中新統である成相寺層のうち主に火成岩を基盤として、それらを沖積層（湾頭砂州・砂丘堆積物・沖積低地堆積物）が被覆する。調査地北側には、佐陀川が東から西に流下しており、調査地西側の河口付近には、湾頭砂州や砂丘堆積物が分布している。図 - 3 に調査位置図を示す。なお、松江市誌編纂委員会（1962）<sup>4)</sup>によると、佐陀川は、1785 年（天明 5 年）3 月～1787 年（天明 7 年）9 月にかけて開削された人工河川であり、河川周辺部は、古くから水田として利用されている。

ボーリング調査（SB-1）の結果、GL-18.28m 以深に基盤岩が、その上位には層厚 15m 程度の全体的に均質な粘性土層が、最上位に腐植土層が認められた。定方位試料採取（SS-1～SS-4）の結果、全長（約 GL-5m 以浅）で概ね SB-1 と同様な地層が確認された。ただし、SS-4 のみ腐植土層の上位に砂丘砂層が認められた。

#### (2) 堆積速度および堆積環境

<sup>14</sup>C 年代測定用試料の採取深度および得られた暦年代の関係から 堆積速度を検討した( 図 - 4 )。その結果、約 10,000 年前以降の堆積速度は、約 8,500 年前までが 0.3mm/yr、約 8,500 年前～約 6,000 年前が 3.0mm/yr、6,000 年前以降が 1.7mm/yr であり、それぞれ異なることが分かった。約 6,000 年前付近の堆積速度の変化は、宍道湖や中海で掘削したボーリングコアの分析からも、確認されている（山田・高安（2006）<sup>5)</sup>、伊藤・幡谷（1995）<sup>6)</sup>）。珪藻の微化石分析結果では、海水生種が比較的多く確認されることから、海水準の上昇に伴う海の浸入（～約 6,000 年前：湾奥～沿岸部汽水域）、淡水～汽水生種および淡水生種が多く確認されることから、海水準低下に伴う陸域の影

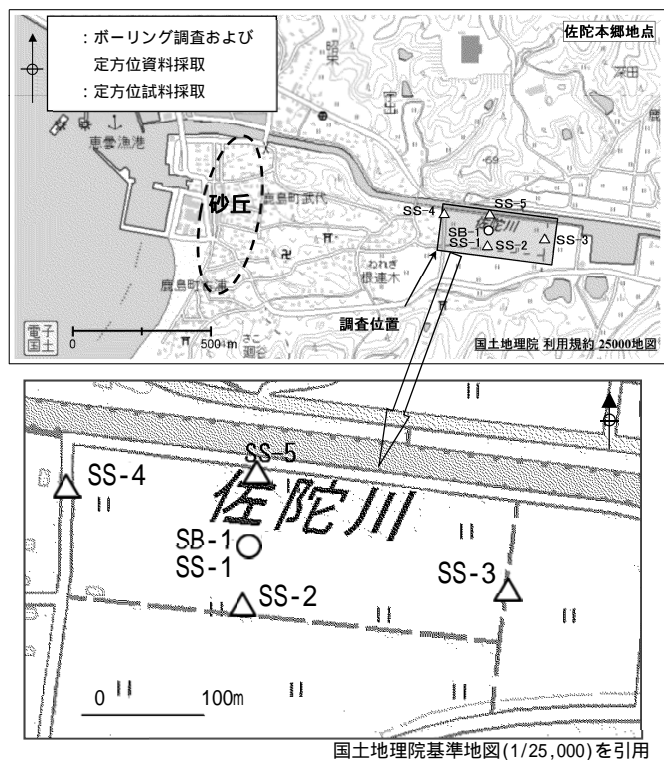


図 - 3 調査位置図（佐陀本郷地点）

響増加（約 6,000 年前～約 4,000 年前：潟湖），ほとんどが淡水生種であることから，砂丘の成長に伴う淡水化（約 4,000 年前～：後背湿地～淡水湿地，池沼）などの環境変化が推定される（図 - 4）。

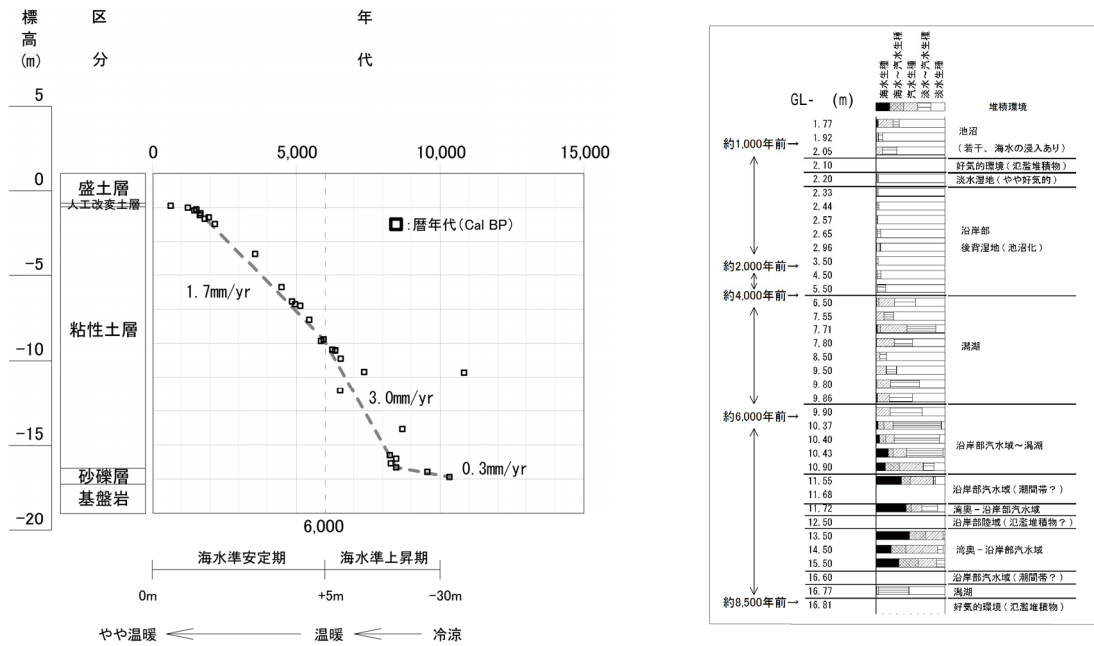


図 - 4 堆積速度の変遷および堆積環境の変化（佐陀本郷地点：SB-1）

(3) 異質層の抽出・評価

小松原(2012)および澤井(2012)の基準を参考に，採取試料全長から異質層を抽出した．評価対象とする異質層は，約 6,000 年前の海水準のピーク（縄文海進）後，現在と同程度の海水準となった約 4,000 年前以降の異質層を対象とした．

表 - 1 に，抽出した異質層の深度と，珪藻の微化石分析，<sup>14</sup>C年代の逆転，帯磁率の変化等に着目した異質層の分析結果一覧表を示す．異質層 SS-3- および SS-4- 以外は，微化石分析結果より上下層との特異性が認められないこと，上下層との年代関係に逆転が認められないことから，整然と堆積していると考えられるため，津波堆積物ではないと判断した．

異質層 SS-3- は，上下層との年代関係に逆転が認められることから，津波堆積物の可能性が残る異質層と評価し，更に詳細な検討を行ったが，軟X線撮影の結果，試料に含まれる礫が地層に対して立っていることや，下位境界が攪乱されていることから，人工改変によるものと評価した．

異質層 SS-4- は，微化石（珪藻）分析結果より，海水生の珪藻が検出され，下位の基質部には淡水生の珪藻が多く検出されることから，津波堆積物の可能性が残る異質層と評価し，更に詳細な検討を行った．以下に SS-4- の詳細を示すとともに，図 - 5 に異質層 SS-4- 周辺の柱状図を示す．

・砂丘砂と粘性土との境界部に位置する砂質粘性土層．下位の

表 - 1 約 4,000 年前以降の異質層と分析結果一覧表（佐陀本郷地点）

異質層 No.	異質層の深度 (GL-m)	異質層の状態	微化石分析結果	上下層との年代関係	帯磁率分析結果
SB-1-①	1.75～1.96	a), c)	×	×	×
SB-1-②	2.03～2.08	d)	×	-	×
SB-1-③	2.23～2.53	b)	×	×	×
SB-1-④	2.61～2.80	b)	×	×	×
SS-1-①	1.60～2.14	a), c)	/	×	×
SS-2-①	1.65～2.17	a), c)	/	×	×
SS-3-①	1.45～2.07	a), c)	×	○	×
SS-4-①	2.83～3.14	a)	○	×	×
SS-5-①	2.22～2.30	a), c)	/	×	×

○：特異性有 ○：逆転有 ○：特異性有  
 ×：特異性無 ×：逆転無 ×：特異性無  
 /：微化石少 -：不明 -：不明  
 -：微化石無

(異質層の状態)  
 a) 泥質基質中に狭る砂質層  
 b) 砂質層は無いが，腐植物が多量に含まれている泥質層  
 c) 砂質層もしくは泥質層と下位の泥質層との境界部に乱れがある  
 d) その他特異な地層

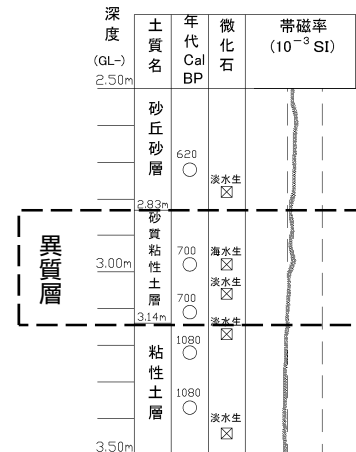


図 - 5 異質層 SS-4- 周辺の柱状図

粘性土層と比較して砂分を含む。下位の粘性土との境界には乱れは認められない。

- ・異質層 SS-4- の上位に分布する砂は、淘汰が良く、全体に微細貝殻片が含まれること、西側(海側)には砂丘が広く分布していることから、砂丘砂と考えられる。
- ・帯磁率は下位層から上位層に漸移しており、堆積物の連続性が高いと考えられるため、砂質粘性土層は、SS-4 地点付近に成長した砂丘の影響を受けて形成された堆積物と考えられる。

これらのことから、異質層 SS-4- に認められた海水生の珪藻は、砂丘形成時に、海域からの飛沫により混入した可能性が高いと評価した。

以上のことから、より明確な海由来の証拠が失われている可能性も否定できないが、佐陀本郷地点で認められた異質層からは、津波由来を示す積極的な証拠は見いだせなかった。

#### 4. 調査結果(千酌地点)

##### (1) 地質概要

千酌地点は、新第三系中新統である成相寺層のうち主に泥岩を基盤として、それらを沖積層が被覆する。調査地は、谷底平野であり、平野の北側に出畑川、南側に千酌川がそれぞれ西から東に流下しており、海岸付近には、砂州堆積物が分布している。図 - 6 に調査位置図を示す。

ボーリング調査 (CB-1) の結果、GL-19.62m 以深に基盤岩が、その上位には層厚 18m 以上の砂礫および粘性土を主体とする地層が認められた。定方位試料採取 (CS-1 ~ CS-4) の結果、全長 (約 GL-5m 以浅) で概ね CB-1 と同様な地層が確認されたが、砂礫層の連続性はどれも乏しいことが確認された。

##### (2) 堆積速度および堆積環境

<sup>14</sup>C 年代測定用試料の採取深度および得られた暦年代の関係から、堆積速度を検討した (図 - 7)。その結果、約 10,000 年前以降の堆積速度は、約 8,500 年前までが 0.3mm/yr、約 8,500 年前 ~ 約 6,000 年前が 4.2mm/yr、6,000 年前以降が 0.6mm/yr であり、佐陀本郷地点同様、6,000 年前以降の堆積速度は、6,000 年前以前に

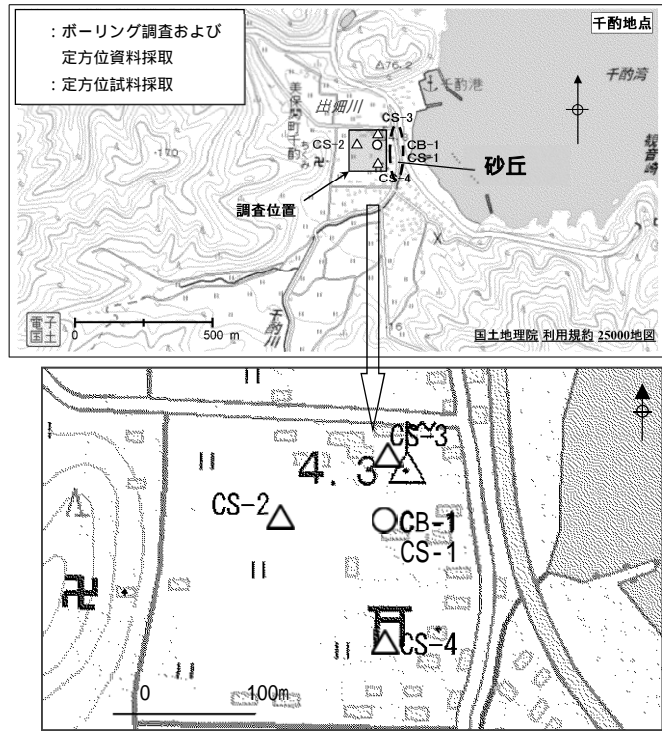


図 - 6 調査位置図 (千酌地点)

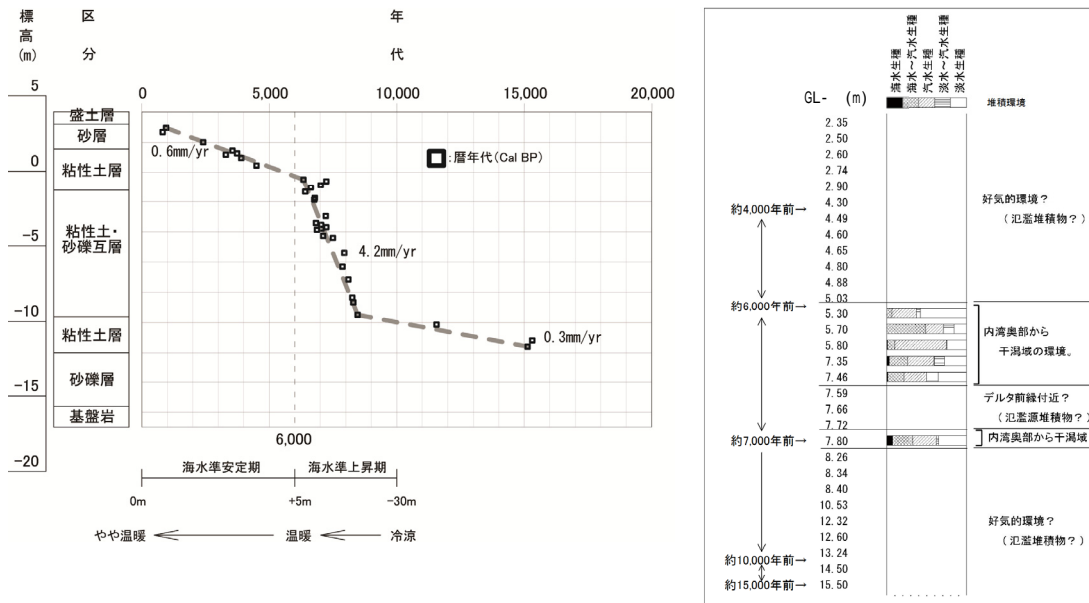


図 - 7 堆積速度の変遷および堆積環境の変化 (千酌地点: CB-1)



比較して小さい傾向があることが分かった。珪藻の微化石分析結果では、海水生種および汽水～汽水生種が確認されることから、海水の浸入による影響（約7,000年前～6,000年前：内湾奥部～干潟域）が推定され、約7,000年前以前および約6,000年前以降は珪藻の検出数が少ないことから、比較的陸域の影響を強く受け、珪藻が溶解・消失する環境であったと考えられる（図-7）。

(3) 異質層の抽出・評価

佐陀本郷地点と同様、採取試料全長から異質層を抽出し、約6,000年前の海水準のピーク（縄文海進）後、現在と同程度の海水準となった約4,000年前以降の異質層を評価対象とした。

表-2に、抽出した異質層の深度と、珪藻の微化石分析、<sup>14</sup>C年代の逆転、帯磁率の変化等に着目した異質層の分析結果一覧表を示す。

異質層CB-1-は、上下の粘性土層に挟在する砂層で、珪藻検出量は非常に少ないが、年代値に下位層との逆転が認められること、コア観察により、複数回の級化構造、偽礫などの特徴が認められることから、津波堆積物の可能性が残る異質層と評価した。なお、異質層CS-1-は異質層CB-1-と同一の層準である。

異質層CS-2-は、有機質粘性土層に挟在する厚さ約7mm程度の砂層で、微化石分析結果での特異性は認められなかったが、汽水生の珪藻が若干含まれること、異質層付近の帯磁率に特徴的なピークが確認されることから、津波堆積物の可能性が残る異質層と評価した。

異質層CS-3-は、有機質粘性土層に挟在する砂層で、微化石は検出されなかったが、下位境界明瞭で不規則に乱れているなどの特徴が認められること、異質層付近の帯磁率に特徴的なピークが確認されることから、津波堆積物の可能性が残る異質層と評価した。

上記3箇所の異質層のCNS分析の結果を、表-3および図-8に示す。表-3に示した分析結果のうち、有機炭素/全硫黄比(C/S比)は5.0以上であること、有機炭素/全窒素比(C/N比)は概ね10~13程度とやや高いことから、亀井ほか(2002)<sup>7)</sup>に示されている条件を参考にすると、陸成有機物の影響が大きいと評価した。また、全硫黄(TS)と有機炭素(TOC)の関係図に、今回のCNS分析結果をプロット(図-8参照)した結果、淡水成の領域にプロット

表-2 約4,000年前以降の異質層と分析結果一覧表(千酌地点)

異質層 No.	異質層の深度 (GL-m)	異質層の状態	微化石分析結果	上下層との年代関係	帯磁率分析結果
CB-1-①	2.46~2.88	a), c)	/	○	-
CS-1-①	2.32~2.50	a)	-	○	-
CS-2-①	2.28	a)	×	×	○
CS-3-①	1.86~2.10	a), c)	-	×	○

○: 特異性有    ○: 逆転有    ○: 特異性有  
 ×: 特異性無    ×: 逆転無    ×: 特異性無  
 /: 微化石少    -: 不明    -: 不明  
 -: 微化石無

(異質層の状態)  
 a) 泥質基質中に挟在する砂質層  
 b) 砂質層は無いが、腐植物が多量に含まれている泥質層  
 c) 砂質層もしくは泥質層と下位の泥質層との境界部に乱れがある  
 d) その他特異な地層

表-3 CNS分析結果一覧表

試料採取深度 (GL-m)	採取位置	有機炭素 TOC(%)	全窒素 TN(%)	全硫黄 TS(%)	C/S比 *1	C/N比 *2
CB-1-①	1.35 異質層の上位	1.89	0.16	0.036	52.50	11.81
	2.47 異質層の直上	3.00	0.12	0.240	12.50	25.00
	2.51 異質層内	0.62	0.06	0.110	5.64	10.33
	2.95 異質層の下位	2.49	0.23	0.370	6.73	10.83
CS-2-①	2.04 異質層の上位	3.74	0.28	0.100	37.40	13.36
	2.26 異質層の直上	1.74	0.13	0.039	44.62	13.38
	2.28 異質層内	2.45	0.20	0.043	56.98	12.25
	2.38 異質層の下位	2.73	0.21	0.053	51.51	13.00
CS-3-①	1.80 異質層の上位	0.89	0.08	0.013	68.46	11.13
	1.85 異質層の直上	0.85	0.08	0.033	25.76	10.63
	1.93 異質層内	0.61	0.06	0.098	6.22	10.17
	2.18 異質層の下位	2.53	0.21	0.240	10.54	12.05

- \*1) 有機炭素/全硫黄比(C/S比)による判断基準  
 5.0以上: 淡水成堆積物  
 2.8±0.8: 標準的な海成堆積物  
 1.1±0.4: 還元的な海成堆積物
  - \*2) 有機炭素/全窒素比(C/N比)による判断基準  
 15以上: 陸成有機物(植物プランクトン・陸上高等植物)  
 約6~7: 海成有機物(動物プランクトン)
- 判断基準は亀井ほか(2002)による

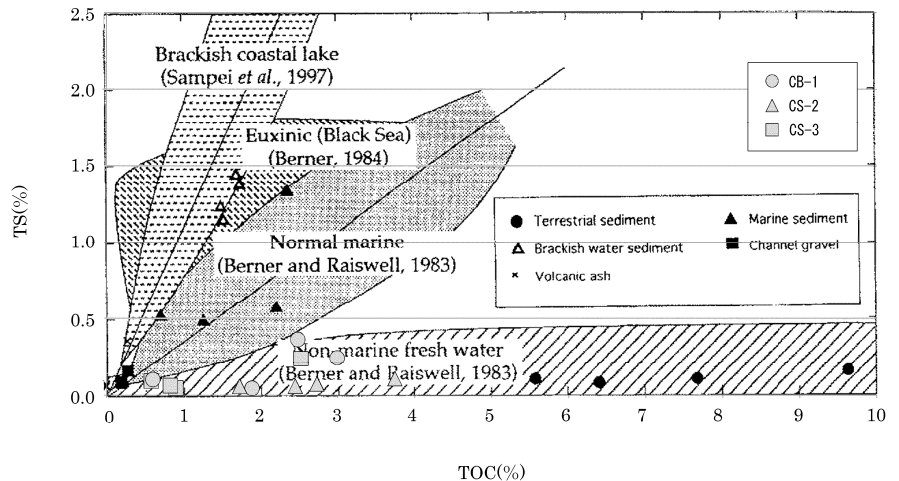


図-8 全硫黄(TS)と有機炭素(TOC)の関係図(亀井ほか(2002)に加筆)

される。

以上のことから，より明確な海由来の証拠が失われている可能性も否定できないが，千酌地点で認められた異質層からは，津波由来を示す積極的な証拠は見いだせなかった。

## 5. まとめ

島根半島沿岸部において，津波堆積物が保存されている可能性の高い2地点（佐陀本郷地点，千酌地点）を選定し，津波堆積物の有無について検討を行った。

- 1) 2地点ともに，完新世以降の堆積物はおおむね連続的に堆積しており，比較的安定した堆積環境であったと考えられる。
- 2) 試料採取，コア観察等から，約4,000年前以降の地層を対象に，周辺の堆積物と異なる性状を示す異質層の抽出を行い，帯磁率測定，微化石分析，年代測定等の分析結果から，津波堆積物の可能性が高い異質層の絞り込みを行った。
- 3) 津波堆積物の可能性が高い異質層について，CNS分析等や周辺の地質構造の検討を行った結果，2地点とも津波由来を示す積極的な証拠は見いだせなかった。

## 6. 謝辞

今回，調査の計画・実施にあたり，酒井哲弥島根大学大学院総合理工学研究科准教授には，第三者的な立場として，多大なご指導を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

## 7. 参考文献

- 1) 酒井哲弥・吉岡薫・安本善征・林照悟(2013): 地学団体研究会第67回総会講演要旨集・巡検案内書, p.29-30.
- 2) 小松原純子(2012): 浅海域および沿岸低地に堆積した津波堆積物の識別基準, 堆積学研究, 第71巻, 第2号, p.119-127.
- 3) 澤井祐紀(2012): 地層中に存在する古津波堆積物の調査, 地質学雑誌, 第118巻, 第9号, p.535-558.
- 4) 松江市誌編纂委員会(1962): 新修松江市誌, p.1837.
- 5) 山田和芳・高安克己(2006): 出雲平野 - 宍道湖地域における完新世の古環境変動 - ポーリングコア解析による検討 -, 第四紀研究, 第45巻, 第5号, p.391-405.
- 6) 伊藤久敏・幡谷竜太(1995): 山陰地方中海の縄文海進期の堆積物について - 地球温暖化と堆積速度の変化の検討 -, 電力中央研究所報告, U95008, p.29.
- 7) 亀井健史・石原廣和・近藤英昭(2002): 全硫黄, 全窒素, 全有機炭素からみた高岡平野完新世堆積物の堆積環境評価, 応用地質, 第43巻, 第1号, p.35-42.