

## 5.1 大分県佐伯市竜宮鼻における陸上堆積物掘削調査

### 5.1 調査概要

大分県佐伯市では宝永四年（1707年）、安政元年（1854年）の南海地震の被害状況が古文書に記録されており、佐伯市周辺の湖沼堆積物中の津波堆積物と比較されている（千田ら，2004；千田・中上，2006；松岡ら，2006）。しかし、これよりも近年またはそれ以前の南海地震による津波の堆積物は不明である（千田・中上，2006）。そこで、大分県佐伯市竜宮鼻（図 5.1）において、堆積物中に含まれる過去の津波の痕跡検出を目的とした、陸上堆積物の採掘調査を行った。本調査地域は大分県の南東に位置しており、太平洋に面した内湾である。採掘地点は深さ 50m 弱の沼となっており（図 5.2，図 5.3）、ロシア式コアサンプラーとハンドコアラーを用いて、堆積物コアを採取した（表 5.1）。

竜宮鼻周辺は、2013年現在埋め立てと環境整備が行われている（図 5.3）。竜宮鼻突端に位置する湖沼は地元の人々には「底なし沼」として知られているが、実際には、埋め立てに伴い周囲が補強され、それに伴って表層には礫が堆積している。工事のために周辺は開けており、機材の搬入には問題がない。

竜宮鼻における堆積物採掘調査と並行して、大分県太平洋岸において将来堆積物調査を行うのに適当な場所を見つけるため、海岸線沿いに下見も行った。その過程で、佐伯市蒲戸地区において、堆積物の予備調査を行った。本調査地では、泥質堆積物が連続的に採取された。津波堆積物と見られるイベント堆積物は今回採取されなかったが、将来の調査地として有望な場所が発見された。



図 5.1 : 大分県佐伯市竜宮鼻の位置



図 5.2 : 竜宮鼻の形状 (2011 年時点)



図 5.3 : 調査地（竜宮鼻）の様子

表 5.1 : 大分県佐伯市竜宮鼻における堆積物採取地点と水深

GPS#	緯度	経度	水深(cm)	コア長(cm)	コア深度(cm)	コア番号
5	32.8448N	131.9824E	41	79	0	-
6	32.8448N	131.9823E	29	106	0	RYB1-1
6	32.8448N	131.9823E	26	110	72	RYB1-2
7	32.8448N	131.9823E	29	110	190	RYB3
8	32.8448N	131.9822E	25	110	104	RYB4
9	32.8449N	131.9823E	26	110	75	RYB5
10	32.8448N	131.9822E	33	-	-	-
11	32.8448N	131.9821E	20	-	-	-
12	32.8448N	131.9821E	23	-	-	-
13	32.8448N	131.9821E	30	-	-	-
14	32.8448N	131.9821E	15	-	-	-
15	32.8448N	131.9822E	16	-	-	-
16	32.8449N	131.9822E	14	-	-	-
17	32.8449N	131.9823E	9	-	-	-
18	32.8450N	131.9822E	13	-	-	-
19	32.8449N	131.9823E	31	-	-	-
20	32.8449N	131.9822E	29	-	-	-
21	32.8449N	131.9823E	31	-	-	-
22	32.8450N	131.9823E	21	-	-	-
23	32.8449N	131.9824E	22	-	-	-
24	32.8450N	131.9824E	28	-	-	-
25	32.8449N	131.9825E	28	-	-	-
26	32.8449N	131.9825E	29	-	-	-
27	32.8449N	131.9824E	27	-	-	-
28	32.8450N	131.9825E	25	-	-	-
29	32.8450N	131.9825E	37	-	-	-
-	-	-	-	50	10	RYB-A_10-60
-	-	-	-	50	60	RYB-A_60-110
-	-	-	-	30	110	RYB-A_110-140
-	-	-	-	50	0	RYB-B_0-50
-	-	-	-	50	50	RYB-B_50-100



図 5.4 : 竜宮鼻周辺の海岸状況

## 5.2 調査結果

ロシア式コアサンプラーとハンドコアラーを用いて、合計 8.55m の柱状コアを採取した（図 5.5, 図 5.6）。採取された堆積物は、コアの表層~0.55m は礫まじりで、周辺の埋め立て工事による影響と考えられる。

コア深度 0.55~2.6m は主に湿地で堆積したと考えられる有機質の泥層からなる。RYB-A は 0.7m の深さにおいて、礫質堆積物の層が観察された（図 5.5）。厚さは 1 cm 程度であり、直径 0.5 から 1 cm 程度の灰色角礫が、層として堆積している様子が観察された。この角礫層は津波等のイベントによって堆積した可能性がある。RYB1-2 および RYB4 において、深度 1.5~1.7m に約 1.5cm 厚のシルト層が観察された。このシルト層は明らかに異地性堆積物であり、粒子の細かさから火山灰層である可能性がある。

コア深度 2.6~3m では再び礫まじりのシルト層が観察される。これらの礫は、周辺の海岸が礫浜であることを考慮して、浜堤を超えて海岸から運ばれて来た津波堆積物である可能性が高い。礫層およびシルト層について今後 X 線 CT や XRF 等の非破壊検査により、形成要因について分析を行う。

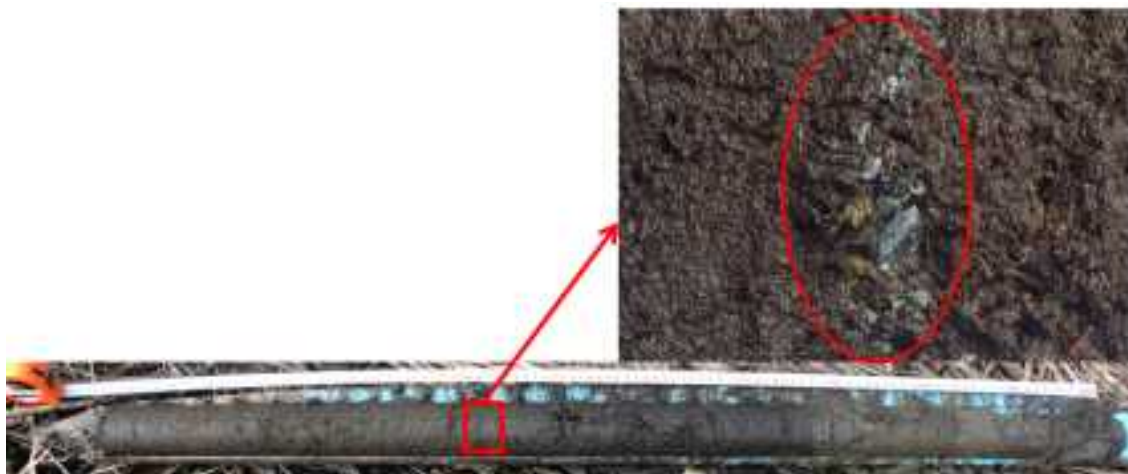


図 5.5 : 採取された堆積物中に観察された礫層の様子。黒色の有機質泥層の中に、灰色の角礫層が存在する。

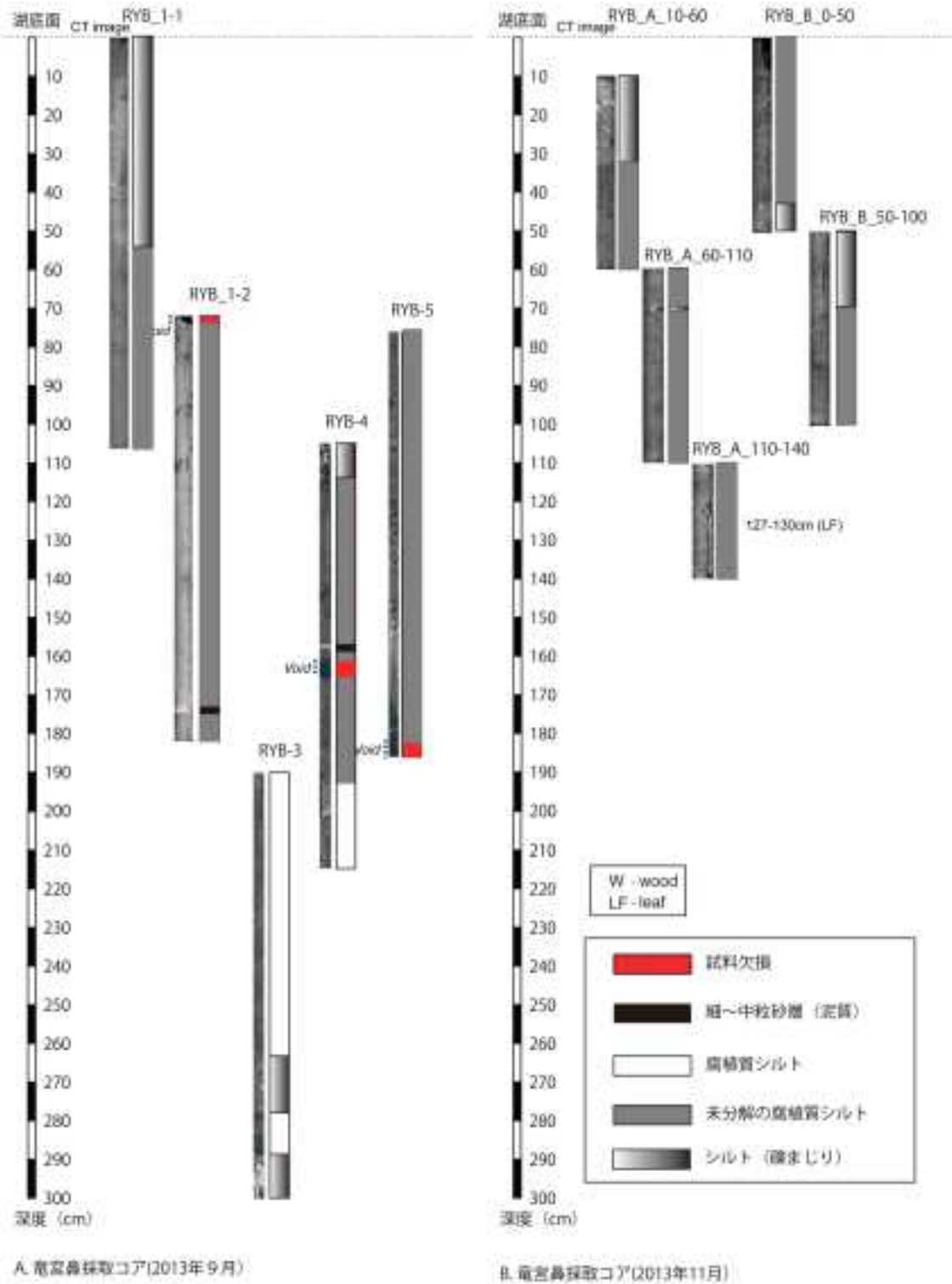


図 5.6 : 竜宮鼻の地質柱状図および CT 画像。

### 5.3 分析結果

RYB-A の未分解の腐食質シルトから抽出した葉片をもちいて放射性炭素年代測定を（株）地球科学研究所に依頼し、実地した。その結果を表 3.2 に示す。1.3m の土砂の年代は周辺の堆積環境から考えられるよりも古く、埋め立てが行なわれる以前に浚渫されている可能性も考えられる。今後、コア深部の炭素年代や火山灰等の別の年代指標も加えて、年代を詳細に検討する。

表 3.2 : 年代測定結果

試料名	conventional 14C age		暦年代
RYB-A_128-130cm	2480	±30	Cal BC 770 to 480 (Cal BP 2720 to 2430), Cal BC 460 to 410 (Cal BP 2420 to 2360)



## 参考文献

- 千田 昇・高宮昭夫・浜田平士・富松俊夫・御手洗進，2004，大分県南海部郡米水津村における宝永四年十月四日（1707年10月28日）安政元年十一月五日（1854年12月24日）の地震による津波の記録，大分大学教育福祉科学部研究紀要，26，129-143.
- 千田 昇・中上二美，2006，大分県佐伯市水津とその周辺地域における宝永四年，安政元年の南海地震と津波の分析，大分大学教育福祉科学部研究紀要，29，69-80.
- 松岡裕美・岡村 眞・千田 昇・島崎邦彦，2006，大分県南部沿岸地域の湖沼堆積物に記録された過去3500年間の巨大津波，第837回地震研究所談話会.

## 6. 宮崎県串間市における古津波堆積物の年代測定結果

### 6.1 調査概要

宮崎県串間市の沿岸低地において海岸線に直交する2本の側線に沿った19地点でハンドコーラーを用いた調査を行った(図1, 2)。その結果深度4 m前後の層準で側方によく連続する砂層が1層見つかり, その十数 cm 上位の層準には火山灰層が見つかった(図3, 黄色の対比線で示された層)。この砂層と火山灰層は掘削した全ての地点で確認された(図3, 赤の対比線で示された層)。

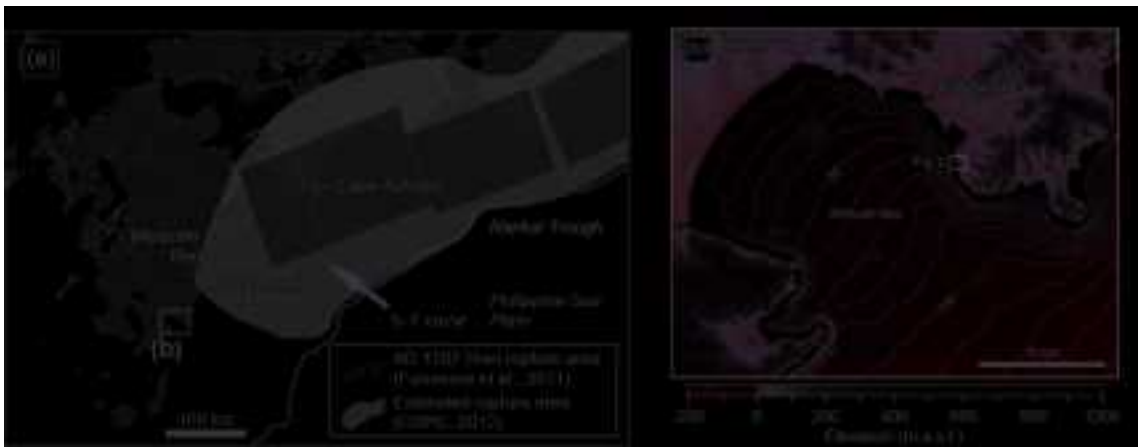


図1 調査地域の位置.



図2 宮崎県串間市の調査地における側線(A-A', B-B')と調査地点.

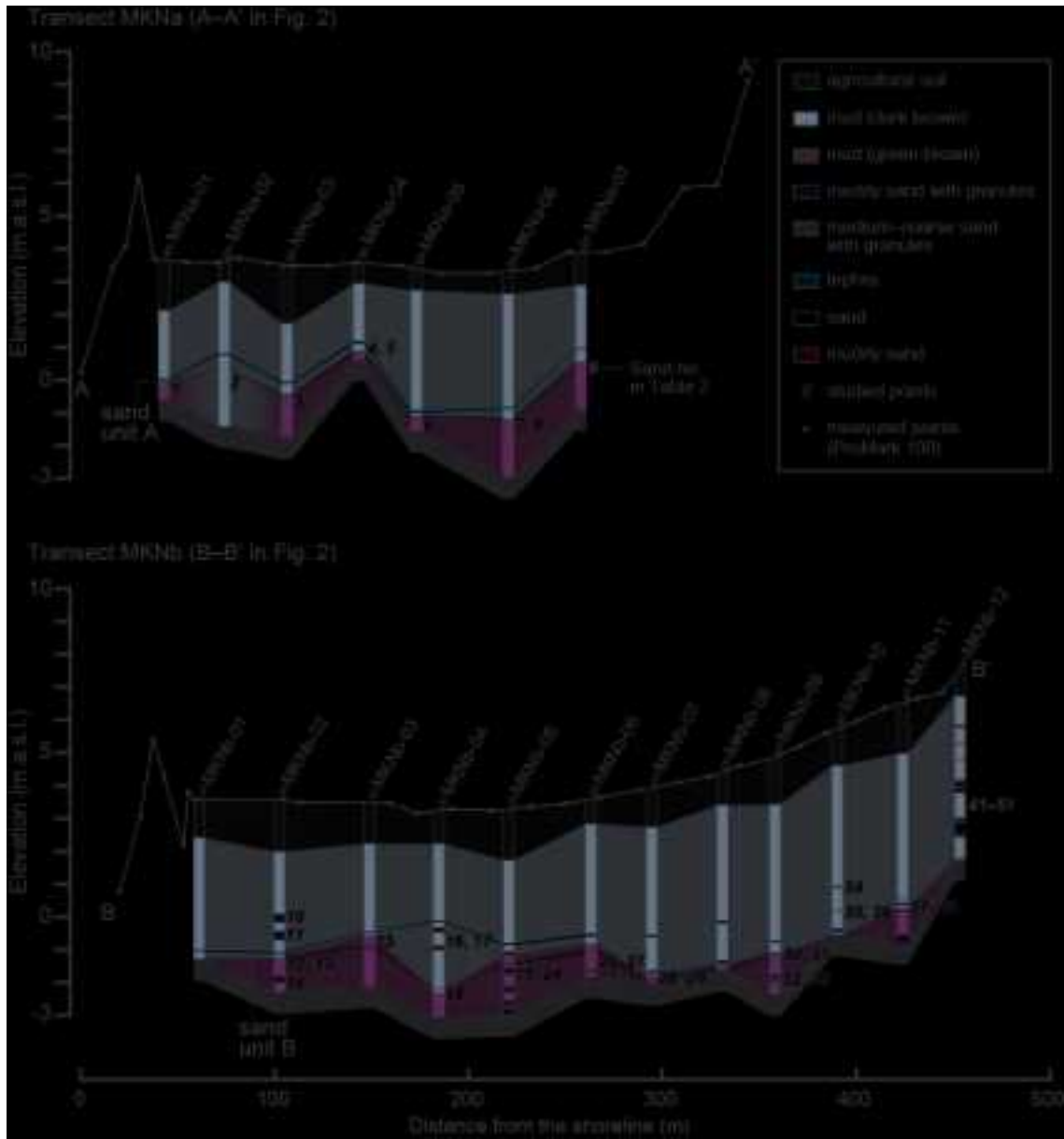


図3 側線 A-A', B-B'に沿った地層断面図.

## 6.2 分析結果

珪藻分析の結果、この砂層から海棲珪藻の化石が見つかる一方で、砂層の上下の泥層では淡水棲、汽水棲の珪藻化石が卓越することが分かった。また、この砂層の上位、下位の泥層で珪藻化石群集の種構成に変化があることも分かった。珪藻分析の結果は、(1) 淡水~汽水環境に海水が浸入するイベントによって砂層が形成されたこと、(2) イベントの前後で環境が変化したこと、の 2 点を示している。砂層の堆積に前後して環境の変化が起きていたならば上記 2 点は、九州南東部の沖合を破壊域に含む地震の発生により調査地において地殻変動が起き、地震に伴う津波によって調査地で砂層が堆積した、と考えることで最もよく説明できる。

放射性炭素年代測定と火山灰層の同定によって宮崎県串間市において発見されたこの古津波堆積物の堆積年代を見積もった。測定では 16 の層準から泥質堆積物を採取し、実体顕微鏡下で選別した種子や葉などの測定対象物を用いた。その結果、各調査地点の古津波堆積物と考えられる砂層の上下の層準から約 4,500–4,800 yrBP の値が得られた (表 1)。4 つの調査地点において火山灰層の鉱物組成と、火山ガラス・斜方輝石・角閃石の屈折率を測定した (5 試料)。その結果、この火山灰層は約 4600 年前に霧島火山において噴出したとされている霧島-御池テフラに同定された (表 2) (奥野, 2001)。これら放射性炭素年代測定と火山灰層の同定により、古津波堆積物は約 4,600–4,800 年前に堆積したことが分かった。

古津波堆積物自体も火山灰由来の物質を多く含むため、同様に鉱物組成と、火山ガラス・斜方輝石・角閃石の屈折率を測定した。その結果、約 5,000 年前に噴出したとされる火山灰層、桜島 7 (Sz-7) に近い値を示した (Kitagawa and van der Plicht, 1998)。これは約 4,600–4,800 年前に発生した津波が海底、海浜を侵食した際に、それよりも以前に堆積していた桜島 7 (Sz-7) の火山灰の一部を取り込んだ結果であると思われる。

これらの結果は日向灘南部におけるプレート境界型地震が過去に発生し、それは地殻変動と津波を伴っていたことを示唆する。今後、四国や大隈諸島など周辺地域でこの古津波堆積物に近い年代を示す古津波堆積物が見つければ、この約 4,600–4,800 年前の地震の破壊域や津波の影響範囲が明らかになるかもしれない。

表 1 放射性炭素年代測定結果.

Core	Depth (cm)	Material	Position <sup>a</sup>	Conventional age	Range of 1 Sigma	Range of 2 Sigma	Lab no. (Beta-)
				( <sup>14</sup> C yr BP)	(cal. yr BP) <sup>b</sup>	(cal. yr BP) <sup>b</sup>	
MKNa-03	130-155	Seeds	Organic-rich mud	2050±30	1970-2050	1930-2070	362510
MKNa-03	210-215	Seeds	Organic-rich mud	3540±30	3830-3880	3720-3990	364412
MKNa-05	290-295	Seeds	Below tephra 3	4010±30	4460-4520	4420-4530	362513
MKNa-05	309-313	Seeds	Above sand 3	4260±30	4800-4850	4820-4870	362516
MKNa-03	315-319	Seeds	Below sand 3	4110±30	4570-4630	4520-4710	362517
MKNa-05	352-355	Seeds, leaves and insects	Below tephra 5	4070±30	4520-4580	4500-4640	341399
MKNa-07	236-240	Seeds	Below tephra 7	4130±30	4580-4630	4570-4730	341400
MKNa-07	267-271	Seeds	Below sand 9	4050±30	4510-4570	4430-4590	341401
MKNb-02	384-388	Seeds	Below sand 13	4100±30	4530-4630	4520-4660	364414
MKNb-03	352-356	Seeds	Below sand 15	4090±30	4530-4620	4520-4650	367405
MKNb-05	376-384	Seeds	Below sand 20	4120±30	4570-4650	4530-4710	367407
MKNb-06	334-338	Seeds	Below tephra 14	4070±30	4520-4580	4500-4640	367408
MKNb-06	377-381	Charcoal fragments	Below sand 26	4110±30	4570-4630	4520-4710	367409
MKNb-09	477-481	Seeds	Below sand 31	4070±30	4520-4580	4500-4640	367411
MKNb-09	542-550	Seeds and leaves	Below sand 33	4410±30	4960-5040	4870-5050	367412
MKNb-11	594-508	Charcoal fragments	Below sand 39	4280±30	4710-4760	4630-4760	367406

<sup>a</sup>Sand and tephra no. are shown in Tables 2 and 3.

<sup>b</sup>Ages were converted using the calibration program CALIB 7.0.

表 2 火山灰同定結果.

Sample no. <sup>a</sup>	Core	Depth (cm)	Main material <sup>b</sup>	Volcanic glass type	Range of refractive index		
					volcanic glass (mode)	Ops (mode)	Ill (mode)
Standard sample (Kr-M)	N/A	N/A	Ops, Cps, (Ill)	pumice	1.508-1.511	1.724-1.730 (1.728)	N/A
Standard sample (Se-7)	N/A	N/A	Ops, Cps	pumice	1.509-1.514	1.709-1.713 (1.712)	N/A
Tephra 3	MKNa-03	281.0-288.0	Ops, Cps, Ops	pumice	1.5096-1.5137 (1.512)	1.725-1.732 (1.726)	1.685-1.688 (1.686)
Sand 3	MKNa-05	313.5-314.5	Ops, Cps	pumice	1.5131-1.5154 (1.514)	1.709-1.714 (1.710)	N/A
Tephra 15	MKNb-07	357.0-363.0	Ops, Cps, Ops	pumice	1.5096-1.5132 (1.512)	1.724-1.734 (1.727)	N/A
Tephra 14	MKNb-07	441.5-450.0	Ops, Cps, Ops	pumice	1.5091-1.5135 (1.512)	1.723-1.731 (1.727)	N/A
Tephra 21	MKNb-10	485.0-495.0	Ops, Cps, Ops	pumice	1.5088-1.5140 (1.512)	1.722-1.733 (1.726)	N/A
Tephra 22	MKNb-11	486.0-492.0	Ops, Cps, Ops	pumice	1.5104-1.5165 (1.512)	1.723-1.732 (1.728)	N/A

<sup>a</sup>Sand and tephra no. are shown in Tables 2 and 3. Data of standard sample is shown in Machida and Arai (2003).

<sup>b</sup>A detail view of heavy mineral composition is shown in Fig. 3. Ill: brookite, Ops: opaque mineral.

参考文献

Kitagawa, H. and van der Plicht, J., 1998, A 40,000- year varve chronology from Lake Suigetsu, Japan: Extension of the <sup>14</sup>C calibration curve. Radiocarbon 40, 495-504.

奥野充, 2001, テフロクロノロジーと <sup>14</sup>C クロノロジー. 第四紀研究, 40, 461-470.

## 7. 高知県須崎市および土佐市宇佐町，愛媛県八幡浜市竜王池における津波堆積物に関する現地調査

### 7.1 須崎市における調査概要

高知県須崎市においては沿岸湖沼から，過去2千5百年間の津波堆積物が報告されている（岡村ら，2000；岡村ら2003）．また，これまでに高知県によって実地されたボーリング調査により市内内陸部から複数のイベント堆積物が報告されており，津波堆積物として古文書記録との対比が行われている（高知県庁ウェブアーカイブ，2013）（図7.1，図7.2，図7.3，図7.4）．しかし，実際には古文書記録による慶長地震（1905年），宝永地震（1707年），安政南海地震（1854年），昭和南海地震（1946年）よりも多くのイベント堆積物が見つかっており，それぞれのイベント堆積物の由来（津波，洪水，土砂崩れ）についての検証は行われていない．また，古文書記録によれば，過去の津波は桜川を遡上し高台にまで到達したとされているが，最大浸水域はモデルによるシミュレーションであり，最大浸水域内から必ずしも津波堆積物が報告されているわけではない．

本調査では，ハンドコアラーおよびジオスライサーを用いて桜川に比較的近い場所で掘削を行ない，合計11.19m長の柱状堆積物を採取した（表7.1）．掘削地は，高知県によって発表されている古文書記録および最大クラスの浸水域を参考に須崎市内で5カ所を選定した．本調査によって，イベント堆積物から堆積物起源の同定を行なうだけでなく，対象地域における津波の分布から古文書記録の信頼性を検証することができる．また，河川に比較的近い場所で試料を採取することにより，イベント堆積物が洪水や土砂崩れ等によって形成された可能性について検討することが可能であり，津波堆積物を分析する手法の開発，改善につながる．

表7.1：高知県須崎市における堆積物調査地点

GPS#	緯度	経度	コア長(cm)	コア深度(cm)	コア番号
30	33.4150N	133.3110E	100	0	-
31	33.4170N	133.3058E	100	100	SSKp2-1
31	33.4170N	133.3058E	100	191	SSKp2-2
31	33.4170N	133.3058E	100	291	SSKp2-3
32	33.4293N	133.2940E	27	73	-
37	33.4150N	133.3110E	100	199	SSK-TNG1
41	33.4265N	133.2983E	170	0	SSK-GG
42	33.4265N	133.2980E	152	0	SSK-GG2
43	33.4320N	133.3070E	270	0	SSK-KND

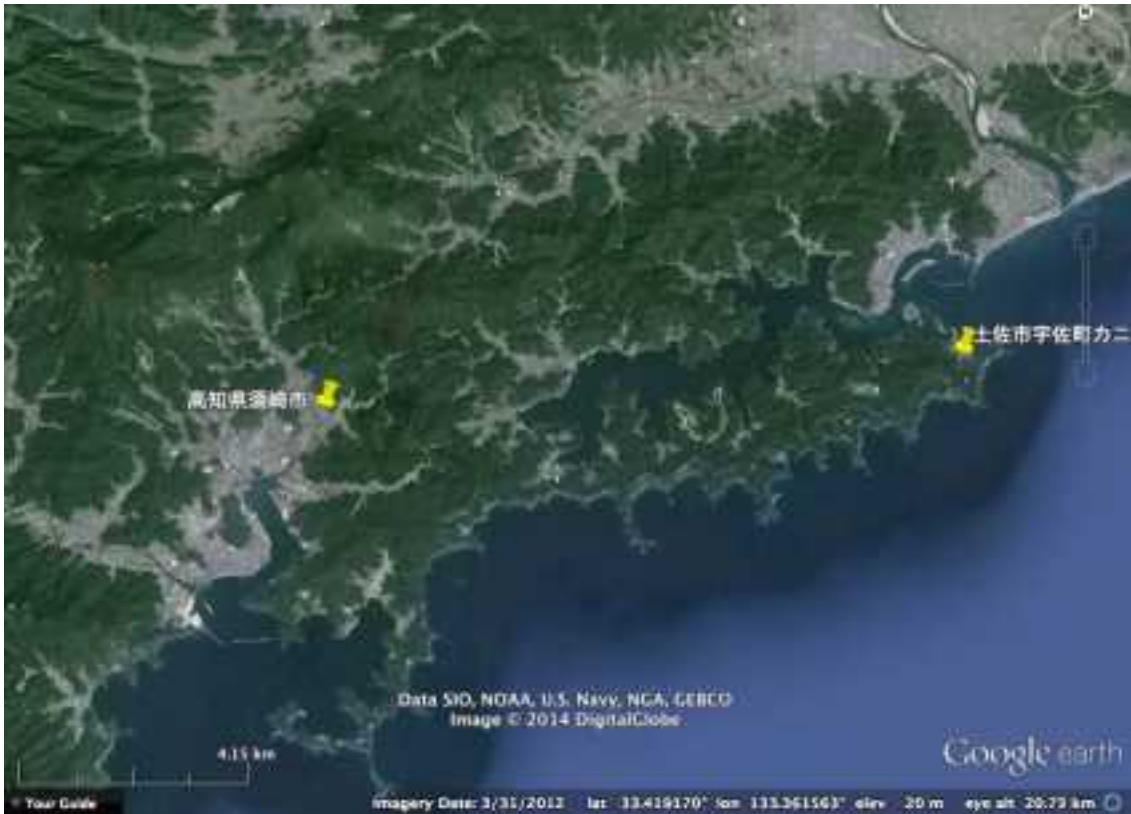


図 7.1 : 高知県須崎市および土佐市の位置



図 7.2 : 高知県須崎市の位置と掘削地点





図 7.3 : 高知県須崎市桜川沿いの状況（上）と高知県による過去の津波調査位置（下）

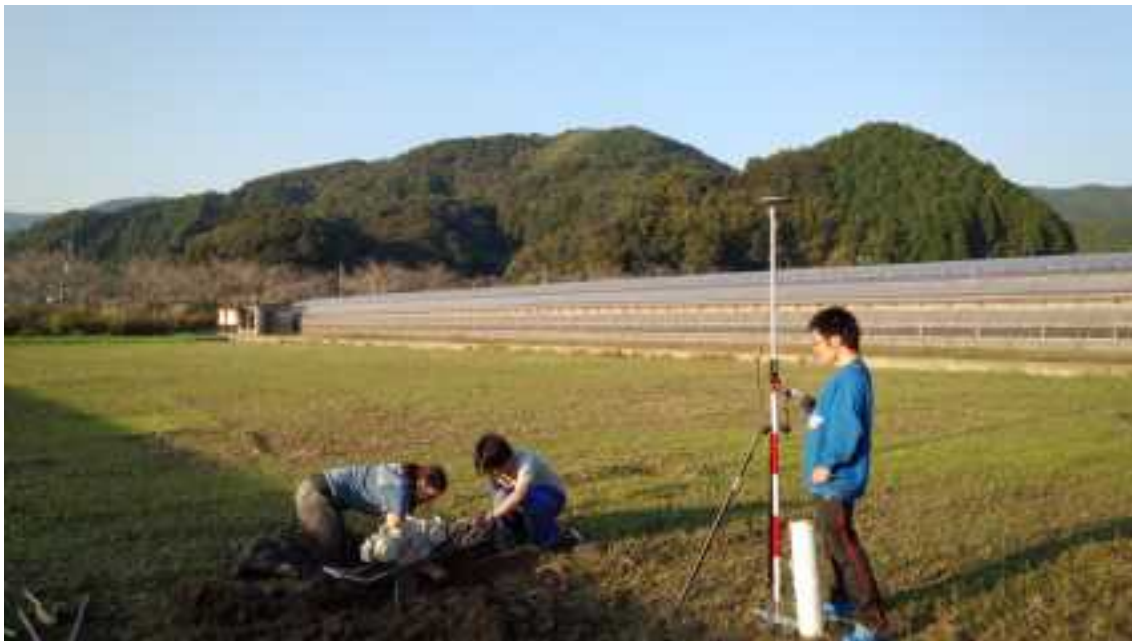


図 7.4 : 高知県須崎市桜川沿いの状況 (上) と高知県による過去の津波調査位置 (下)

## 7.2 須崎市における調査結果

Site3 および Site 6 で採取された堆積物コアの地質柱状図およびコア画像を図 7.5, 3.11 に示す. どちらの堆積物コアも主に河川性の粘土から形成されている. 休耕地である Site3 の上部 20cm は未分解の腐食質シルト, その下位深度 100cm までは酸化したやや赤みがかった粘土であり, 農耕の影響があることがわかる. 45~50cm は細~中粒砂を含む砂層である. また, 下部 110~170cm は厚い砂層で, 礫を含み上方細粒化していることから, 津波堆積物を含むイベント堆積物である可能性が高い. これらの堆積物の起源, 堆積モデルを考察する必要である.

Site3 よりも下流にあたる Site 6 では, 表層 15cm が未分解の腐食質シルト, 15~70cm は礫まじりのシルト層である. 70~90cm は粘土層で, 土壌開発に伴って導入された可能性が高い. その為, 過去の堆積環境を記録しているのは 90cm 以深であると考えられる. コアの下部は主に河川性と考えられる灰色の礫まじりシルト層であるが, 145~160cm, 190~195cm, 210~215cm には明確な砂層が見られ, 津波堆積物を含むイベント堆積物である可能性が高い. これらの堆積物の起源, 堆積モデルについて要検討する必要がある.



図 7.5 : 須崎市コア (Site 3) の地質柱状図およびコア写真.

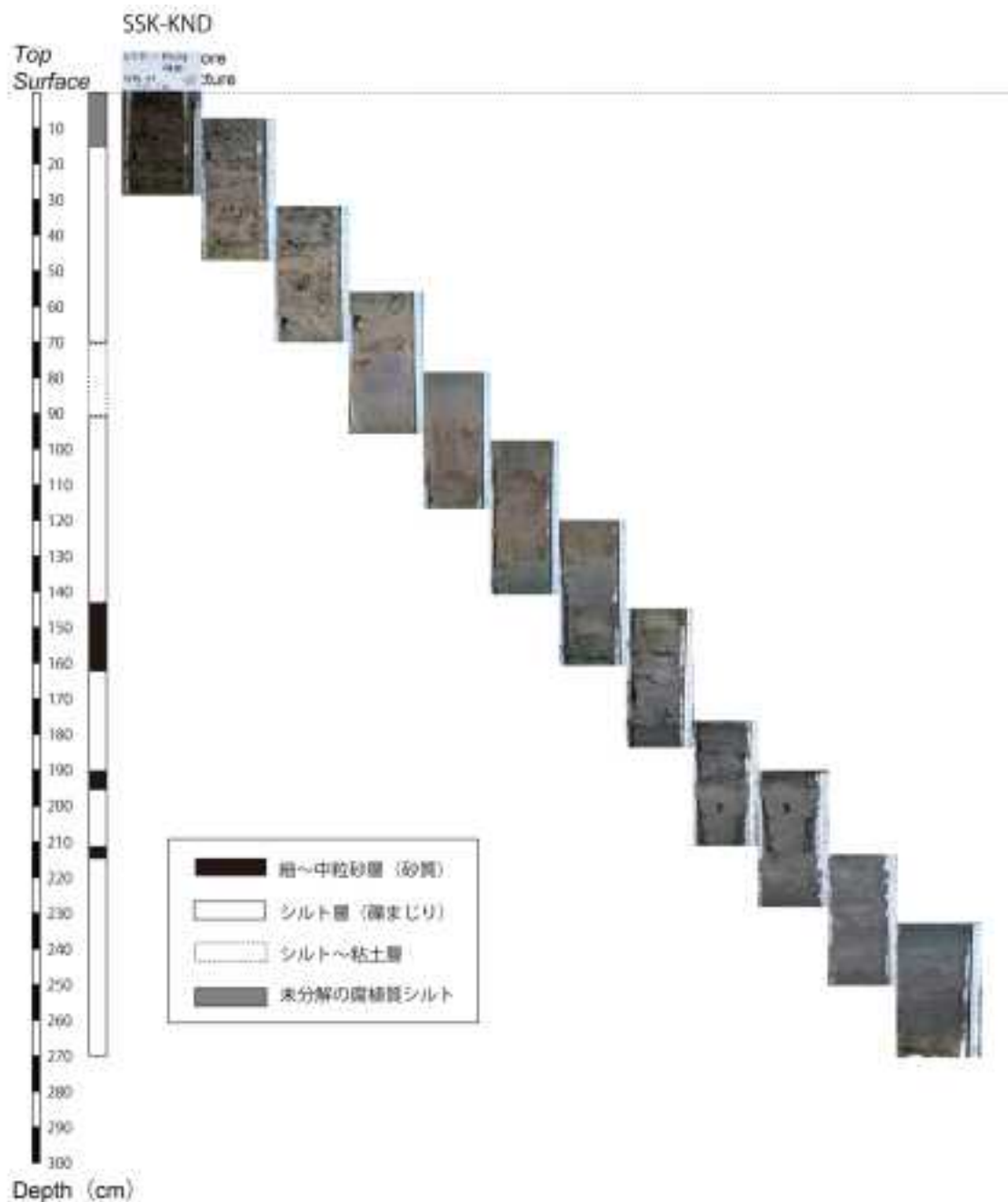


図 7.6 : 須崎市コア (Site 6) の地質柱状図およびコア写真.

### 7.3 須崎市における分析結果

採取した堆積物コアの XRF コアスキャナーを用いた元素分析を行なった (本章 7.7 参照). 但し, 本調査地点における年代測定は未だ行なわれていない. これは, 有機物試料を抽出するまえに XRF 分析, CT 画像, X 線画像を含む非破壊分析に優先順位をおいた為である. イベント堆積物年代の推定をする為に, コア深部の炭素年代や火山灰等の

別の年代指標も加えて，詳細な検討が必要である．

#### 7.4 土佐市宇佐町における調査概要

高知県土佐市においては，海潟湖であるカニガ池から過去2千年間の津波堆積物が報告されている（松岡・岡村，2011）．また，これまでに高知県によって実地された調査によれば市内数カ所に古文書記録が保存されており，津波堆積粒との比較がしやすい（高知県庁ウェブアーカイブ，2013）（図7.7）．本調査では，カニガ池周辺の低湿地帯，およびカニガ池の中州において掘削を行なうことにより，これまでに復元された津波記録と比較するだけでなく，それらの津波堆積物の分布状況について検討する．また，流入河川に比較的近いサイトから掘削することにより，イベント堆積物が洪水や土砂崩れによって形成された可能性についても検討する．

中州および低湿地帯は植生が厚く覆い，ジオスライサーが使用不可能であったため，掘削はハンドコアラーを用いて行なった（図7.8）．合計6サイトを選定し，18.55mの柱状堆積物試料を採取した（表7.2）．

表 7.2 : 高知県土佐市における堆積物調査地点と水深

GPS#	緯度	経度	水深(cm)	コア長(cm)	コア深度(cm)	コア番号
33	33.4279N	133.4520E		100	0	-
33	33.4279N	133.4520E		100	100	-
33	33.4279N	133.4520E		100	200	-
33	33.4279N	133.4520E		100	300	-
34	33.4281N	133.4519E		100	0	-
34	33.4281N	133.4519E		100	100	-
34	33.4281N	133.4519E		100	200	-
34	33.4281N	133.4519E		100	300	-
35	33.4279N	133.4525E		100	0	-
35	33.4279N	133.4525E		100	100	-
35	33.4279N	133.4525E		100	200	-
35	33.4279N	133.4525E		100	300	-
36	33.4281N	133.4525E		100	0	-
36	33.4281N	133.4525E		100	100	KNG4-1
36	33.4281N	133.4525E		100	200	KNG4-2
36	33.4281N	133.4525E		100	300	KNG4-3
46	33.4279N	133.4544E		60	240	KNG2_240-300
47	33.4278N	133.4544E		95	84	KNG2A_220-315
48	33.4280N	133.4543E		290	0	-
49	33.4280N	133.4543E		100	100	KNG3A_200-300
49	33.4280N	133.4543E		100	100	KNG3A_227-327
49	33.4280N	133.4543E		100	100	KNG3B_200-300
49	33.4280N	133.4543E		100	100	KNG3C_200-300
49	33.4280N	133.4543E		100	100	KNG3C_300-400
65	33.4283N	133.4540E		100	200	KNG4_200-300
65	33.4283N	133.4540E		100	260	KNG4_260-360
65	33.4283N	133.4540E		100	360	KNG4_360-460
65	33.4283N	133.4540E		100	260	KNG4B_260-360
67	33.4283N	133.4537E	41	100	200	KNG5_200-300
67	33.4283N	133.4537E		100	245	KNG5_245-345
68	33.4280N	133.4529E		100	185	KNG6_185-285
68	33.4280N	133.4529E		100	300	KNG6_300-400
68	33.4280N	133.4529E		100	329	KNG6_329-429
69	33.4280N	133.4536E	72			-
70	33.4278N	133.4540E	82			-
71	33.4277N	133.4542E	72			-
72	33.4280E	133.4548E	86			-



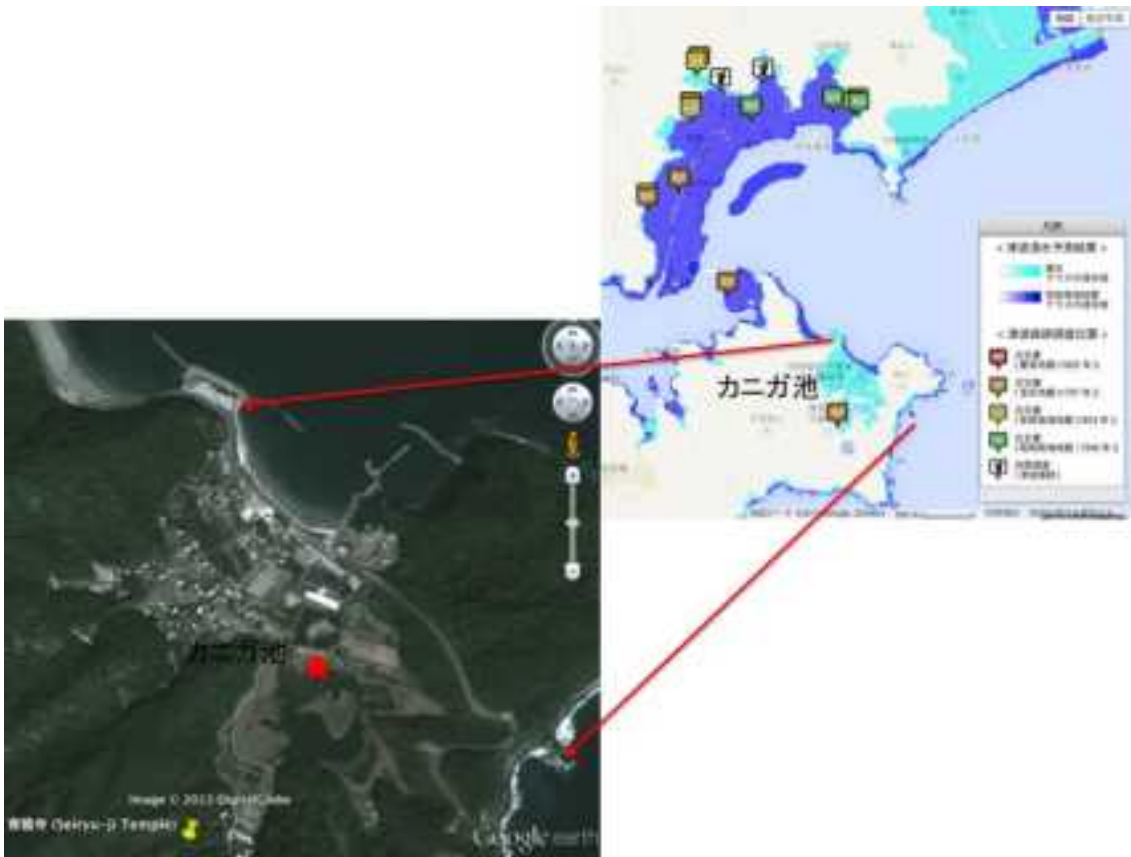


図7.7:高知県土佐市カニガ池周辺地域の状況(左)と高知県による過去の津波調査(右)





図 7.8 : 高知県土佐市宇佐町カニガ池の位置 (上) とカニガ池の植生 (下)

## 7.5 土佐市宇佐町における調査結果

調査結果を図 7.9 に示す。中州のサイトにおいて (KNG2, KNG3, KNG4, KNG5), 水線が植生下, 深度約 90~120cm に見られる。水線下には 1 m 強の厚い砂層があり, 含水率の高さと相まってハンドコアラを用いて柱状コアを採取することは非常に困難である。この厚い砂層は海側のサイトである KNG4 において最も厚く, 海起源であることを指示している。それゆ, 松岡・岡村 (2011) によって報告されている宝永地震 (1707 年) に相当すると考えられる。砂層以深においても未分解の腐食質シルトを挟んで数 cm~数十 cm 厚の砂層が頻繁に見られる。それぞれの砂層の堆積起源 (海浜砂または河川由来) に関する分析, 砂層前後において年代測定をすることが必要である。

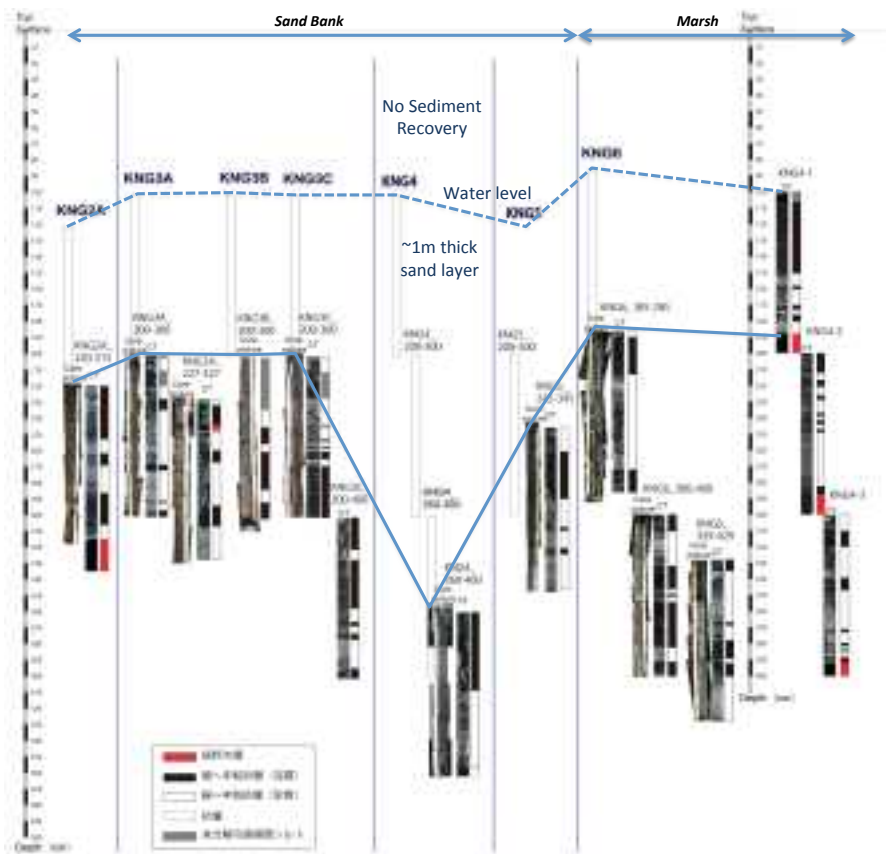


図 7.9 : カニガ池の地質柱状図, コア写真および CT 画像.

## 7.6 土佐市宇佐町における分析結果

採取した堆積物コアの XRF コアスキャナーを用いた元素分析を行なった（本章 7.10 参照）。但し、本調査地点における年代測定は未だ行なわれていない。これは、有機物試料を抽出するまえに XRF 分析、CT 画像、X 線画像を含む非破壊分析に優先順位をおいた為である。砂層の粒度分析、およびイベント堆積物年代の推定をする為に、コア深部の炭素年代や火山灰等の別の年代指標も加えて、詳細な検討が必要である。

## 7.7 八幡浜市竜王池における調査概要

愛媛県八幡浜市の離島である大島は、大島、地大島、山王島の三つの島から構成されており、海潟湖である竜王池は、地大島の南端に位置する（図 7.10）。地大島は現在（2013 年）無人島である。周辺海域は突堤や護岸工事によって保護されているが、一部は近年の台風に伴う高波によって破壊されており、この地域が津波や台風の影響を直接受けやすいことを示唆している（図 7.11）。また、竜王池の畔には池の名前の由来である龍を祀る竜王神社が建立されている（図 7.12）。古文書によれば、龍の来訪は常に高波や強風、地面の揺れを伴っており、その記載は津波や高波による自然災害と一致する。それ故、これらの記載は、この地域が大規模な津波や高波等の自然災害を過去に繰り返し経験し、それを記録してきたと考えることができる。その為、堆積物試料を用いてこの地域におこった過去のイベント堆積物について調べることが可能である。本調査では竜王池における堆積物の掘削とイベント堆積物の年代測定を行なった。

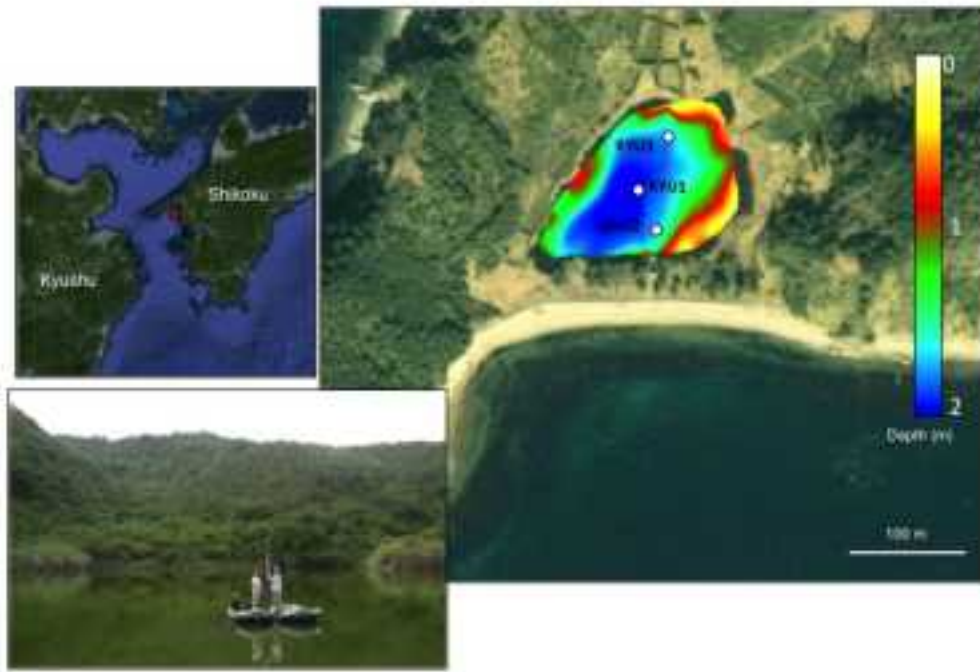


図 7.10 : 竜王池の位置 (左上), 周辺の状況 (左下), 湖底深度 (右)



図 7.11 : 竜王池周辺の突堤および一部破壊された部位 (左上)



図 7.12：竜王池のほとりに建立された竜王神社（竜王宮）に飾られた絵画

## 7.8 八幡浜市竜王池における調査結果

竜王池は最大水深 2m 未満である。池内の 3 カ所で最長 7m の堆積物試料を採取した（図 7.10）。採取されたコアの X 線画像を図 7.13 に示す。湖底堆積物から、表層 50～70cm は腐食質シルト，それ以深は腐食質シルト層中に複数の泥質の細～中流砂層が確認された。砂層は数 mm から数 cm の厚さである。腐食質シルト層中には有機物片が多く確認されたため，炭素同位体年代測定用の試料を採取した。

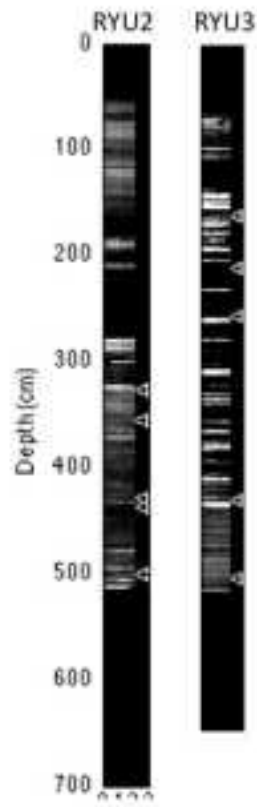


図 7.13：竜王池において採取された堆積物コアの X 線画像の一部。暗色部分は有機物層，白色部分は砂を多く含む層準。三角マークは炭素同位体年代測定用試料を採取した深度を示す。

### 7.9 八幡浜市竜王池における分析結果

抽出した植物片の年代測定は（株）地球科学研究所に依頼し実地した。竜王池における炭素同位体年代結果を表 7.3 に示す。これらの年代から，採取下堆積物コアはおおよそ過去 3 千年間の堆積物を示している。中でも，とくに明確な砂層は歴史的津波によると考えて矛盾はしない。但し，堆積物の化学組成，粒度分析等の指標を用いてこれらのイベント堆積物が津波堆積物であることの詳細な検討が必要である。



表 7.3 : 年代測定結果

試料名	conventional 14C age		曆年代
RYU2D3_2of2_48-49cm	1730	±30	Cal AD 240 to 390 (Cal BP 1710 to 1560)
RYU2D3_2of2_48-49cm	1730	±30	Cal AD 240 to 390 (Cal BP 1710 to 1560)
RYU2D4_1of2_107-108cm	3009	±24	3327calBP - 3295calBP, 3253calBP - 3140calBP, 3127calBP - 3112calBP, 3093calBP - 3080calBP
RYU2D4_1of2_34cm	2290	±30	Cal BC 400 to 360 (Cal BP 2350 to 2310), Cal BC 280 to 260 (Cal BP 2230 to 2210), Cal BC 240 to 240 (Cal BP 2190 to 2180)
RYU2D4_1of2_34cm	2290	±30	Cal BC 400 to 360 (Cal BP 2350 to 2310), Cal BC 280 to 260 (Cal BP 2230 to 2210), Cal BC 240 to 240 (Cal BP 2190 to 2180)
RYU2D4_2of2_1cm	3043	±24	3343calBP - 3284calBP (35.8%), 3274calBP - 3172calBP (59.6%)
RYU3D2_1of2_42-43cm	248	±21	421calBP - 411calBP ( 1.5%)*, 316calBP - 281calBP (73.1%)*, 170calBP - 151calBP (20.8%)*
RYU3D2_1of2_94-95cm	209	±20	302calBP - 268calBP (30.0%)*, 212calBP - 200calBP ( 2.8%)*, 189calBP - 147calBP (44.9%)*, 14calBP - ... (17.7%)*
RYU3D2_2of2_25-26cm	386	±21	506calBP - 429calBP (76.7%), 359calBP - 330calBP (18.7%)
RYU3D3_1of2_120cm	860	±30	Cal AD 1050 to 1080 (Cal BP 900 to 870), Cal AD 1130 to 1130 (Cal BP 820 to 820), Cal AD 1150 to 1230 (Cal BP 800 to 720), Cal AD 1230 to 1240 (Cal BP 720 to 710), Cal AD 1250 to 1250 (Cal BP 700 to 700)
RYU3D3_1of2_120cm	860	±30	Cal AD 1050 to 1080 (Cal BP 900 to 870), Cal AD 1130 to 1130 (Cal BP 820 to 820), Cal AD 1150 to 1230 (Cal BP 800 to 720), Cal AD 1230 to 1240 (Cal BP 720 to 710), Cal AD 1250 to 1250 (Cal BP 700 to 700)
RYU3D3_2of2_79-80cm	1170	±30	Cal AD 780 to 900 (Cal BP 1170 to 1050), Cal AD 920 to 970 (Cal BP 1030 to 980)
RYU3D3_2of2_79-80cm	1170	±30	Cal AD 780 to 900 (Cal BP 1170 to 1050), Cal AD 920 to 970 (Cal BP 1030 to 980)

## 7.10 X線分析装置の利活用可能性と沿岸部調査結果（大分，高知，千葉）

高知大学海洋コア総合研究センターにおいて，本調査で採取された陸上および湖沼コアを用いて XRF（蛍光 X 線）分析と X 線 CT 分析を行った．また，それらのコアをマサチューセッツ大学 Ronald B. Gilmore X-Ray Fluorescence Laboratory に ITRAX XRF コアスキャナーを用いた分析を依頼し，実地した（表 7.4）．また，堆積物起源を同定するため，調査地点周辺の試料の蛍光 X 線分析を（株）地球科学研究所に依頼し実地した．以下に具体的な作業内容および分析結果を示す．

### (1) XRF 分析

XRF 分析とは，蛍光 X 線を用いてコア表面の化学成分を明らかにする分析手法である．XRF 分析の特徴として，コアを破壊する事なく，短時間で化学成分を測定できるという点がある．通常の化学分析は多くの時間を要するため，測定点を安易に増やす事ができない．しかし XRF 分析は数時間で 100 点野測定を，10 以上の元素に関して行えるという大きなメリットがある．海洋コア総合研究センターにおける XRF 分析装置は，半割した柱状コアの表面を 1 cm 間隔で連続的に分析することが可能である．

分析には 4℃に冷蔵保存されたコアを用いた．装置の様子を図 7.10 に示す．XRF 分析では，試料表面の凹凸をゼロに近づける事が重要であるため，コアセンターへ運搬したコアを整形した後，図 7.11 に示すようにコア表面に乾燥防止フィルムを被せて測定を行う．



表 7.4 : X線分析結果

コア番号	X線CT分析	XRFコアスキャナー	ITRAXコアスキャナー
KNG4-1	0	0	0
KNG4-2	0	0	0
KNG4-3	0	0	0
KNG2_240-300	0		0
KNG2A_220-315	0		0
KNG3A_200-300	0		0
KNG3A_227-327	0		0
KNG3B_200-300	0		0
KNG3C_200-300	0		0
KNG3C_300-400	0		0
KNG4_200-300	0		0
KNG4_260-360	0		0
KNG4_360-460	0		0
KNG4B_260-360	0		0
KNG5_200-300	0		0
KNG5_245-345	0		0
KNG6_185-285	0		0
KNG6_300-400	0		0
KNG6_329-429	0		0
RYB1-1	0	0	0
RYB1-2	0	0	0
RYB3	0	0	0
RYB4	0		0
RYB5	0		0
RYB-A_10-60	0	0	0
RYB-A_60-110	0	0	0
RYB-A_110-140	0	0	0
RYB-B_0-50	0		0
RYB-B_50-100	0		0
SSKp2-1	0	0	0
SSKp2-2	0	0	0
SSKp2-3	0	0	0
SSK-TNG1	0	0	0
SSK-GG	0		0
SSK-GG2	0		0
SSK-KND	0	0	0

表 7.4 : X線分析結果 (続き)

コア番号	X線CT分析	XRFコアスキャナー	ITRAXコアスキャナー
OBT-1-1	○		
OBT-1-2	○		
OBT-2-1	○	○	
OBT-2-2	○	○	
OBT-3-1	○		
OBT-3-2	○		
OBT-4-1	○		
OBT-4-2	○		
OBT-5-1	○		
OBT-5-2	○		
OBT-6-1	○		
OBT-6-2	○		
OBT-7-1	○		
OBT-7-2	○		
OBT-8-1	○		
OBT-8-2	○		
OBT-9	○		
OBT-10	○		
OBT-11	○		
OBT-12	○		
OBT-13	○		
OBT-14	○		
OBT-15	○		
OBT-16	○		
OBT-17	○		
OBT-18	○		
OBT-19	○		
OBT-20	○		
OBT-21	○		



図 7.14 : XRF 分析装置



図 7.15 : XRF 分析装置にコアをセットした様子

千葉県銚子市小畑池の堆積物コアの分析結果を図 7.12 に示す。図 7.12 の横軸はコア深度，図の左側が堆積物コアの表層，右側は深度 1 m までを示す。縦軸はチタンと鉄の反応強度を示す。図の上部には CT 画像を重ねてある。CT 画像の黒い部分が泥層，白色

部分が砂層である。砂層と泥層の境界がはっきりと観察されるほか、砂層の上位の泥層にも亀裂が入り若干の砂が混じっていることが確認される。

鉄とチタンの元素挙動から、泥層においては鉄、チタンともに反応強度が高く、砂層では極端に低いことがわかる。小畑池においては、陸域起源の堆積物において鉄とチタンの反応強度が海岸砂に比べて高いことが、これまでに観察されている。図 7.12 は砂層が非陸域起源の堆積物であることを示すだけでなく、砂層の上位に混入していると考えられる砂含有量も正確に表している。但し、反応強度はあくまで相対値であり、濃度ではない事に注意が必要である。得られたデータの各種元素を個々に考察するのではなく、複数の元素の挙動を観察してコアの堆積環境の変遷や、泥層中の砂層の堆積要因について議論する必要がある。

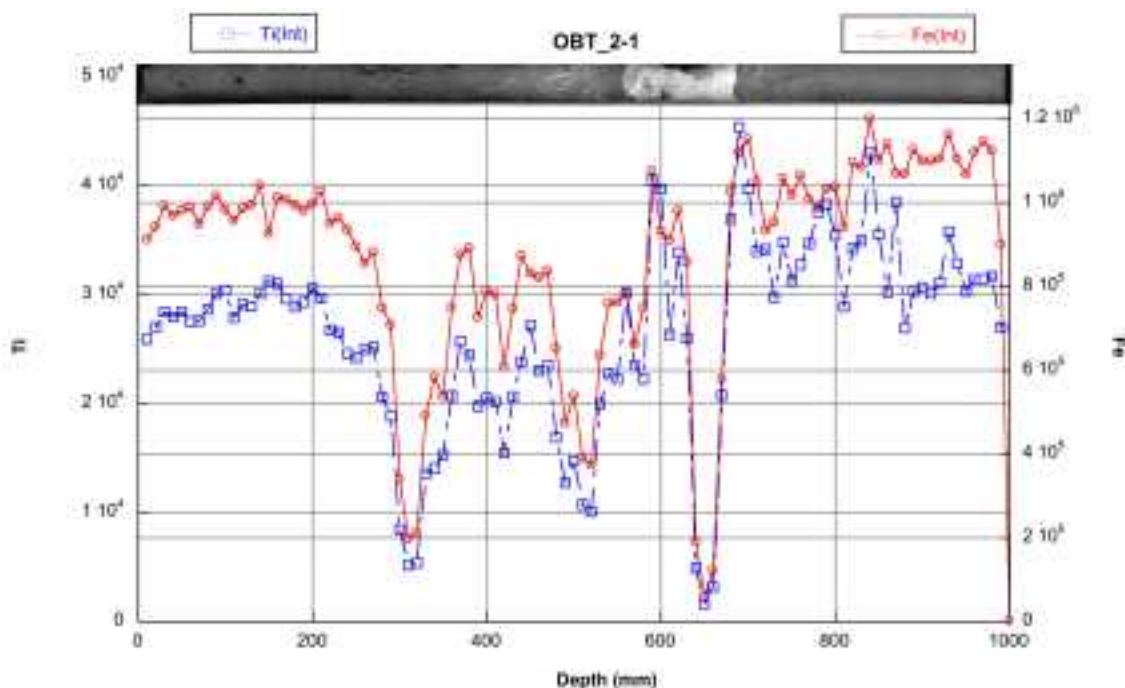


図 7.16: XRF 分析によって得られた小畑池コア (津波堆積物) の化学組成データの一例。コアの CT 画像と鉄およびマンガンの反応強度を示す。

## (2) X 線 CT 分析

X 線 CT 分析によって、コアの詳細な構造や内部構造の解析を行うことができる。分析には図 7.13 のような分析装置を用いた。CT 画像は柱状コアを 20~30cm 毎に分割した画像として撮影する。約 1 m 長のコアあたり 10 分程度の短時間で測定が可能である。



図 7.17 : X 線 CT 分析装置

### (3) ITRAX XRF コアスキャナー分析

ITRAX XRF コアスキャナーは XRF 分析装置による元素分析以外に、半割コアの光学的画像および X 線画像を非破壊のまま撮影することが可能である (Croudace *et al.*, 2006). 図 7.14 に装置を示す. X 線画像は高解像度であり (解像度  $500 \mu\text{m}$ ), 柱状コア内の葉理などによる密度変化をミリメートル単位で表示することが可能である. また, XRF 分析装置の分解能は  $100 \mu\text{m}$  で従来の XRF コアスキャナーの  $1/1000$  であるため, 高解像度 X 線画像を組み合わせることにより, 肉眼では観察されなかった微小な津波堆積物を認識, 同定する重要な手法の一つとなる可能性がある.



図 7.18 : ITRAX XRF コアスキャナー

#### (4) 蛍光 X 線分析

蛍光 X 線分析は、個々の試料を乾燥・粉末にした試料を蛍光 X 線分析装置で X 線強度を測定する。測定された X 線強度を、検量線法により反応強度という相対値から濃度という絶対値に変換することが可能である。測定結果を表 7.5 に示す。

表 7.5 : 蛍光 X 線分析結果

測定結果															
No	試料名	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	SUM
		wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%	wt.%
1	OBT2-2 砂層内部	70.83	6.14	11.53	0.25	5.30	2.19	0.83	0.93	1.25	0.05	0.01	0.040	0.34	99.69
2	OBT_Outflow 1	68.89	13.96	4.44	0.06	1.48	3.67	2.72	1.88	0.35	0.08	0.01	0.006	2.41	99.96
3	OBT_Outflow 2	57.67	12.50	12.27	0.17	2.58	2.24	0.90	1.28	1.61	0.66	0.05	0.053	8.25	100.23
4	OBT_Beach	81.05	5.41	2.01	0.03	0.52	4.60	0.93	1.48	0.11	0.04	<0.01	<0.003	3.65	99.83
5	OBT_Back Beach	79.81	5.26	5.42	0.09	1.78	3.07	0.82	1.37	0.52	0.05	0.02	0.014	2.16	100.39
6	SSK-GG River Bed	72.96	11.07	5.32	0.06	1.60	0.62	0.64	2.16	0.55	0.10	0.01	0.012	4.23	99.33
7	GPS55 Beach Sand_RYB	67.22	12.42	6.69	0.28	2.09	3.53	2.06	1.90	0.58	0.16	0.01	0.018	3.95	100.91
8	USA Beach	72.78	9.53	5.99	0.10	2.81	1.84	1.65	1.43	0.81	0.14	0.03	0.018	2.55	99.68
9	KNG_Outcrop	66.00	16.33	6.22	0.25	1.53	0.03	<0.01	3.33	0.66	0.06	0.01	0.016	6.46	100.90
10	KNG_Inflow	71.36	10.47	6.94	0.21	1.44	0.82	0.71	2.14	0.49	0.10	0.31	0.013	4.52	99.52

注) 値は110°C乾燥状態における濃度を示す。

#### (5) XRF 分析と ITRAX XRF コアスキャナー分析結果の比較

XRF 分析結果と CT 画像, ITRAX XRF コアスキャナーによって得られた分析結果と X 線画像の比較を図 7.15 に示す. 大分県佐伯市竜宮鼻突端の湖沼で採取した堆積物コア (RYB-1) である. 横軸がコア深度, 図の左側がコアの表層を示す. 縦軸はそれぞれの元素の反応強度を示す.

X 線画像, CT 画像ともに黒い部分は未分解の有機物層, 白色の箇所は密度の高い礫まじりの層 (上部 0.5m) またはシルト層 (1.63m) である. それぞれの元素の挙動は ITRAX XRF コアスキャナーと XRF 分析で類似している. カリウム, 鉄の反応強度が礫層とシルト層で高く, カルシウムはいずれの層準でも比較の変動しない. 興味深いのは, ITRAX XRF コアスキャナーの結果で深度 0.58~0.68m においてカリウムと鉄の反応強度が同時に高くなっていることである. 特に 0.68m では最大値を示す. しかし, X 線, CT 画像による明確な密度変化は見られない. また, XRF 分析結果にもこのようなピークは検出されていない. このことは, 異地性の物質 (津波による礫, 火山灰等) がこの層準に極微量に混入している為と考えられる. 本結果により高解像度のコアスキャナーを用いることにより, 従来の分析方法では検地されなかったマイクロイベント層を検地できる可能性を示す. 最も, これまで同様に, マイクロイベント層に関しても, 得られたデータの各種元素を個々に考察するのではなく, 複数の元素の挙動を観察してコアの堆積環境の変遷や, 堆積要因, 鉱物組成について議論する必要がある.

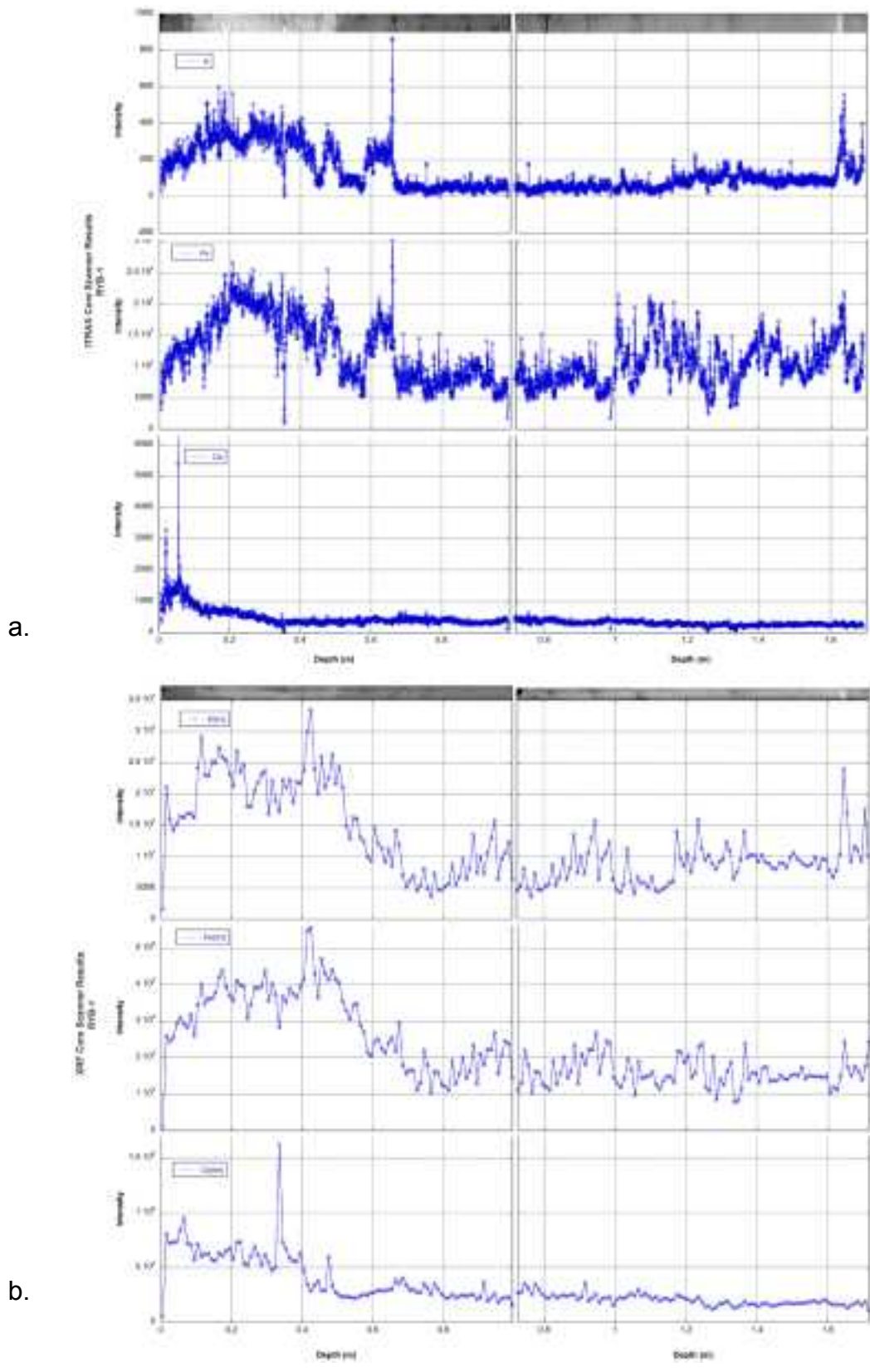


図 7.19 : 高知コアセンターにおいて計測された ITRAX XRF 分析結果と X 線画像 (a), XRF 分析結果と CT 画像 (b) の比較. カルシウム, 鉄, カリウムの反応強度を示す.



## 参考文献

- 岡村 眞・都司嘉宣・宮元和哉, 2003, 沿岸湖沼堆積物に記録された南海トラフの地震活動, 月刊海洋, 35(5), 312-314.
- 岡村 眞・松岡裕美・佃 栄吉・都司嘉宣, 2000, 沿岸湖沼堆積物による過去一万年間の地殻変動と歴史津波モニタリング, 月刊地球号外, 28, 162-168.
- 高知県庁ウェブアーカイブ, 2013, 高知県津波痕跡調査成果について,  
<https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/010201/konseki.html>
- 千田 昇・高宮昭夫・浜田平士・富松俊夫・御手洗進, 2004, 大分県南海部郡米水津村における宝永四年十月四日(1707年10月28日)安政元年十一月五日(1854年12月24日)の地震による津波の記録, 大分大学教育福祉科学部研究紀要, 26, 129-143.
- 千田 昇・中上二美, 2006, 大分県佐伯市水津とその周辺地域における宝永四年, 安政元年の南海地震と津波の分析, 大分大学教育福祉科学部研究紀要, 29, 69-80.
- 松岡裕美・岡村 眞, 2011, 土佐湾湾奥部蟹ヶ池の堆積物中に見られる約2000年前のイベント, 日本地球惑星科学連合2011年大会講演要旨, SSS035-P02.
- 松岡裕美・岡村 眞・千田 昇・島崎邦彦, 2006, 大分県南部沿岸地域の湖沼堆積物に記録された過去3500年間の巨大津波, 第837回地震研究所談話会.
- Croudace, I.W., Rindby, A. and Rothwell, R.G., 2006. ITRAX: description and evaluation of a new multi-function X-ray core scanner. Geological Society, London, Special Publications, 267: 51-63.

## 8. タイ南西部での津波堆積物の保存率調査

### 8.1 はじめに

津波堆積物の利用可能性を検討する上で、堆積物の情報がどの程度地層中に保存されるのかを検討することが重要である。例えば、層厚や粒度、堆積構造などは、堆積直後は津波水理量に関する豊富な情報を有していると考えられるものの、年月が過ぎ地層中に埋没すると、風雨の影響や植生の影響により変化し、情報が減少していくものと考えられる。地層中の津波堆積物がどれだけの情報を有しているのかを知るためには、近年の津波により形成された津波堆積物が地層中にどのように埋没していくのかを調べる必要がある。

そこで本研究では、2004年インド洋大津波により形成された津波堆積物を、タイ南西部で追跡調査し、堆積物がどの程度保存されているのか、堆積物のどのような情報が有効なのかを検討した。

2004年インド洋大津波により形成された津波堆積物は、多くの研究者により津波直後に詳細な研究が行われた（例えば、Goto et al., 2008）。Goto et al. (2012)は、同津波により形成された津波堆積物を津波直後の2005年3月と、約4年後の2008年12月に調査を行い、堆積物の保存状態を議論している。それによれば、2004年インド洋大津波により形成された堆積物は、上部が植生の根の影響で攪拌されている場合が見られるものの、概ね保存状態は良く、特に層厚が厚い堆積物については、極めて良好な保存状態にあることが明らかになっている。

2008年時点で多くの津波堆積物は土壌に覆われており、風雨の影響によりさらなる侵食や2次堆積を受ける可能性は少ないと考えられた。そこで本研究では、2013年2月と2013年9月に再度現地にて追跡調査（図8-1のT1測線）を行い、当時の津波堆積物の層厚がどのように変化しているかを調べた。

## 8.2 調査結果

結果は表8-1と図8-2に示すとおりである。この表からわかるように、津波堆積物の層厚はほとんど変化しておらず、調査地にたどり着くためのハンディGPSの精度上、観察地点が数 mずれている可能性を考慮すると、微地形による局所的な層厚変化で十分説明がつく程度の違いしかないことがわかる。

図 8-3 は T1 測線の全景，図 8-4，図 8-5，図 8-6 は，それぞれ T1-1 サイト，T1-2 サイト，T1-3 サイトにおける，2013 年 9 月時点での津波堆積物の保存状況を示している。同図からわかるように，堆積物上部は植生や土壌で覆われているものの，砂層自体の保存状態は良好で，層厚の情報は津波発生直後の状態とそれほど変化していないことがわかる。一方，上部の土壌との境界付近などは植生の影響により堆積物がかき乱されており，こうした層準の資料を用いた粒度分析や堆積構造の観察は難しいと考えられる。また，T1-3 では，植物の根や降雨の影響を受けながらも，マッドクラストが良好に保存されている。古津波堆積物においても，マッドクラストはしばしば報告されており，比較的保存されやすい堆積構造なのだと考えられる。

### 8.3 おわりに

津波砂層の層厚は、津波直後から現在までの約9年間で大きな変化はみられなかった。しかし、一部の地点では、堆積後の植物による擾乱（根の貫入）や降雨などの影響などによって、砂層の上面や内部がかなり乱されている。そのため、砂層中の堆積構造（平行ラミナ、上方細粒化などの情報）の一部は失われている可能性がある。このような擾乱は、亜熱帯特有の気候条件・植生条件の影響を受けていると思われる。そのため、それらの条件が津波堆積物の堆積・保存過程に与える影響を詳細に検討することが可能である最近起きた津波（現世津波）によって形成された堆積物を、様々な地域において、様々な津波によって形成された堆積物を対象として、調査していくことが、必要であると思われる。

表 8-1 : 2005 年 3 月, 2008 年 12 月, 2013 年 2 月, 2013 年 9 月の各サイトの津波堆積物の層厚

site No.	Thickness (cm)		Thickness (cm)		Thickness (cm)	Thickness (cm)
	2005.3	2008.12		2013.2	2013.9	
T1-1	12	4.5	6	11.5	12	17
T1-2	5	7	8	10	9	8
T1-3	10	6	6	8	7	10
T1-4	22	19	20	20	25	N/A
T1-5	11	6	7	7.5	7	N/A

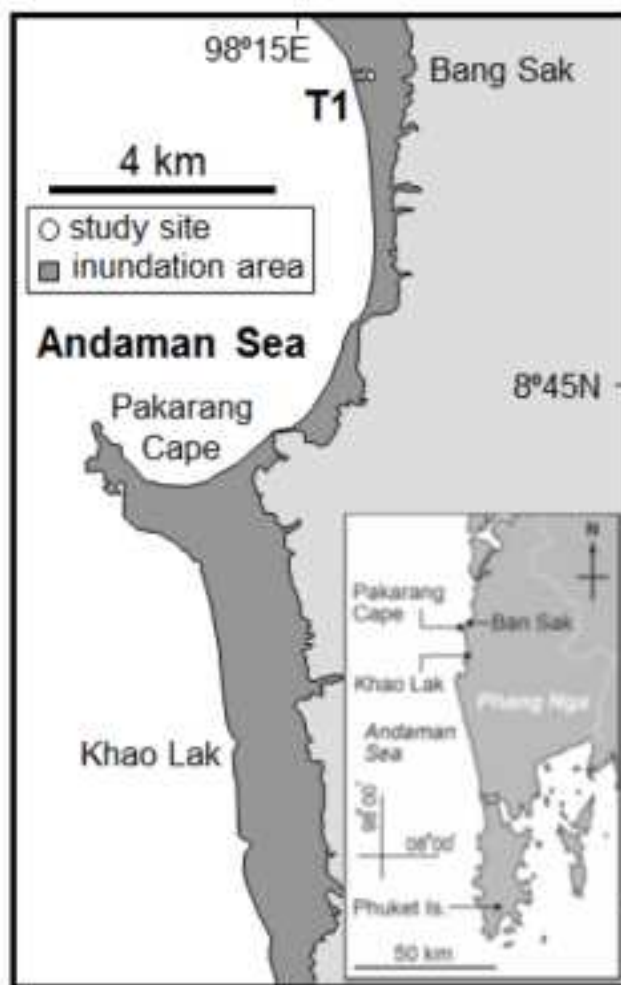


図 8-1: タイ・バンサック地域における調査測線(T1)

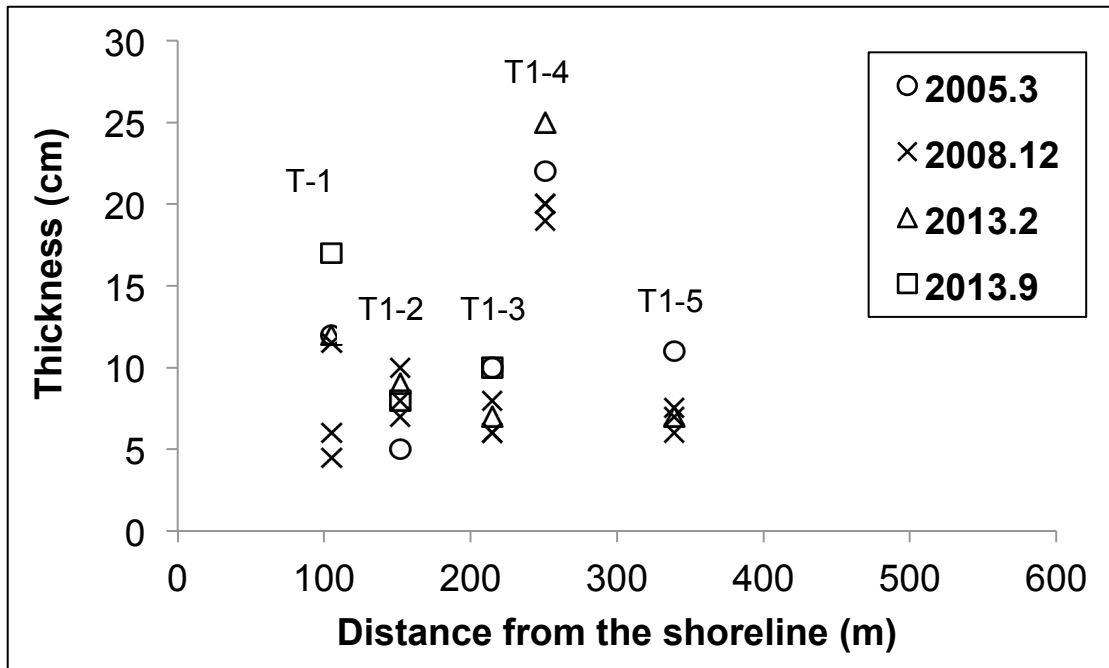


図 8-2 : 2005 年 3 月, 2008 年 12 月, 2013 年 2 月, 2013 年 9 月における各調査地点の層厚変化.



図 8-3 : タイ・バンサック地域における T1 測線の全景.



図 8-4 : T1-1 サイトの津波堆積物。津波堆積物の保存状態は良いものの、堆積物が植物の根により攪拌されている。

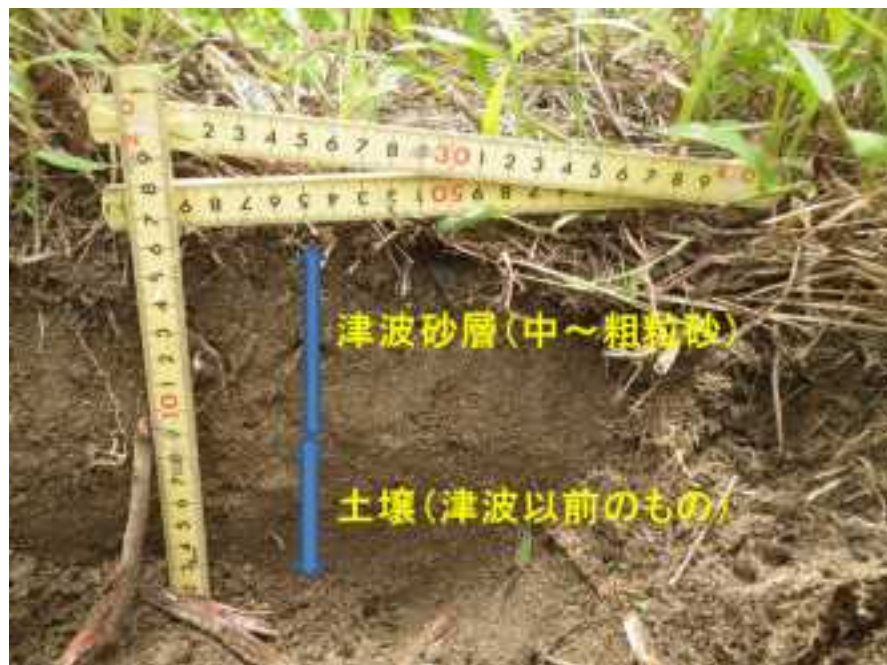


図 8-5 : T1-2 サイトの津波堆積物。津波堆積物の保存状態は良いものの、堆積物が植物の根により攪拌されている。





図 8-6 : T1-3 サイトの津波堆積物. 津波堆積物の保存状態は良く, マッドクラストが良好に保存されている.



## 9. 遡上に伴う津波堆積物に関する水理実験

### 9.1 はじめに

津波の陸上遡上により陸上部へ運ばれた津波堆積物が、各沿岸地域の現地調査により確認されている(例えば、高橋ら, 1991; 西畑ら, 2005; 高橋ら, 2008; 西畑ら, 2008; Fujino et al, 2010). これらの津波堆積物の年代測定や堆積物分布から、過去の津波来襲履歴が推定され、防災対策の検討に用いられる津波来襲頻度と規模の推計のための重要な資料として用いられている。津波堆積物が陸上部で形成される過程では、陸上部での津波の流速、津波波形(周期や波高)、土砂粒径、地形条件などの影響を受けた結果として津波堆積物が形成される。これらを踏まえ、本検討では、津波堆積物の形成過程を実験により再現し、堆積物形成過程における津波の水位や流速といった水理条件や土砂条件、地形条件について計測を行うための津波堆積物実験水路を製作した。

### 9.2 津波堆積物実験水路の製作

#### (1) 津波堆積物実験水路の概要

津波堆積物実験水路の概要を図9-1に示す。実験水路は、上流水槽、実験水路、下流水槽、急開ゲート駆動装置、水循環装置により構成される。実験装置全体は全長30.0mの長さとなる。計測時において風雨などの影響を受けず、諸量を精度良く計測するために、全長32.0m、幅3.0m、高さ3.0mの小屋(図9-2)を設け、その中に津波堆積物実験水路を設置した。

#### (2) 上流水槽

上流水槽の概要を図9-3に示す。上流水槽は、水を貯めて急開ゲートを開く事で実験水路に津波を模した段波状の流れを生じさせる装置である。上流水槽は、幅1.4m、長さ5.5m、深さ0.525mの大きさで、接液部はSUS製となっている。上流水槽への貯留容量は、最大で2.8m<sup>3</sup>、水深10cmの時には2.24m<sup>3</sup>となる。急開ゲートを開けた際に、上流水槽からの流出が滑らかになるよう、扇形の流出ガイドが上流水槽内に設置してある。

#### (3) 実験水路

実験水路の概要を図9-4に示す。実験水路は、実際の計測を行う区間であり、幅0.5m、深さ0.5m、長さ24.0mの水平水路である。実験水路底面の接液部はSUS製とし、両側面は厚さ8mmの透明ガラスを2.0mの長さで12枚用いている。なお、ガラスの強度として、水深0.4m程度でも十分な強度を持つものとした。

#### (4) 下流水槽

下流水槽の概要を図 9-5 に示す。下流水槽は、実験水路から流れ出る水を受け止めて、貯めることができるものである。実験水路端より下に幅 1.3m、長さ 3.6m、深さ 0.45/0.55m の大きさで、容量 2.25m<sup>3</sup> の水槽として設置した。実験水路端から勢い良く流れ出る水を受け止めるための板を下流水槽端に設置した。さらに、水と共に流出する砂を受け止め分離して回収するためのメッシュの付いた籠を設置できる構造となっている。

#### (5) 急開ゲート駆動装置

急開ゲート駆動装置の概要を図 9-6, 7 に示す。急開ゲートは、上流水槽と実験水路の間に設置し、止水されており、ゲートを急開することにより段波状の津波を発生させる装置である。急開ゲート駆動装置は、サーボモーター方式で上下に開閉制御する事ができ、最大 400mm の開口部を 0.5sec で急開することが可能である。急開ゲートの開閉制御は、タッチモニタパネル付の操作盤（図 9-8）で急開ゲートの引き上げ高さ、引き上げ速度、引き上げ開始時刻を設定する事ができる装置である。

#### (6) 水循環装置

水循環装置は、下流水槽にたまった水を水中ポンプにより上流水槽へ汲み上げる装置である。水中ポンプは、口径 50mm、吐出量 30L/min（全揚程 9.8m）の能力を有している。下流水槽中の水中ポンプから上流水槽へは、塩ビパイプで接続しており、実験計測を行う毎に水を汲み上げ、循環させて水を再利用して実験を行う。

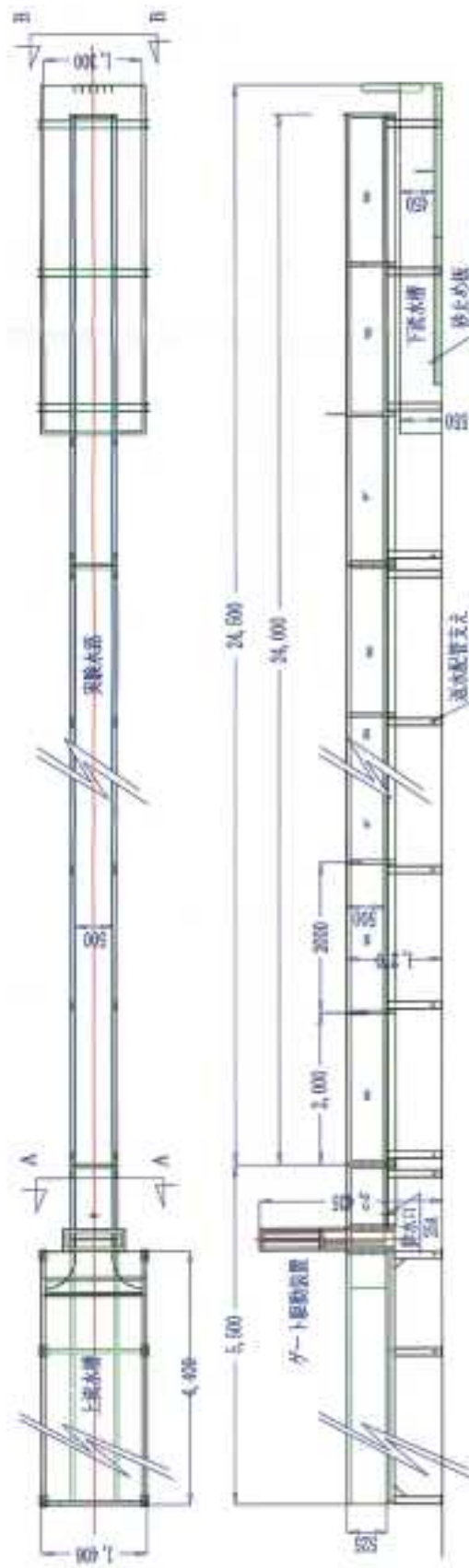


図5-1 津波堆積物実験水路概要



図 9-2 津波実験装置設置小屋外観



図 9-3 上流水槽



図 9-4 実験水路



図 9-5 下流水槽及び実験水路下流端



図 9-6 急開ゲート



図 9-7 急開ゲート及び操作盤



図 9-8 急開ゲート操作盤

### 9.3 実験条件

#### (1) 一様斜面の実験

一様斜面の実験については、既往の研究（長谷川ら，2001；菅原ら，2003；原田ら，2011）においても実施されているが，1/10，1/20 の勾配の条件であり，実際の現地調査で報告されている地形条件と比較すると大きな勾配の条件である．また，勾配の違いによる堆積状況の変化や，異なる粒径条件と混合粒径についての検討は十分に行われていない．本検討では，既往の研究と比較できる様に，既往の斜面条件よりも小さな勾配条件の一様斜面の地形モデルを用いて，斜面へ移動する砂の堆積量の分布を計測するとともに，津波の流れの状況についても計測を行う（図 9-9）．勾配の違いについて既往の成果と比較し，斜面勾配の影響について検討する．緩やかな斜面上で，津波遡上限界と津波堆積物の堆積限界の違いが生じる場合についても計測を行う．さらに，移動させる砂の粒径を，粒度調整を行った一様粒径の場合と混合粒径の場合や複数回の津波入射条件について，計測を行う．計測の際には，移動砂量の分布と合わせて，各計測地点での粒径の変化についても整理する．特に，堆積状況と津波の流れの状況について整理する．

#### (2) 水平床の実験

水平床を用いた実験では，陸上部の模型として水平床を設置し，海側の砂丘が津波により水平床に堆積する状況と津波の流れの状況を計測する（図 9-10）．陸上部へ遡上した津波の流れの状況を変化させるために，水平床手前の斜面勾配を変化させる．陸上部に砂丘のモデルとして設置する砂の量や粒径についても，粒度調整を行った一様粒径と混合粒径の条件について砂の移動量の計測を行い，津波の流れの計測結果と合わせて解

析を行う。計測の際には、移動砂量の分布と合わせて、各計測地点での粒径の変化についても整理する。

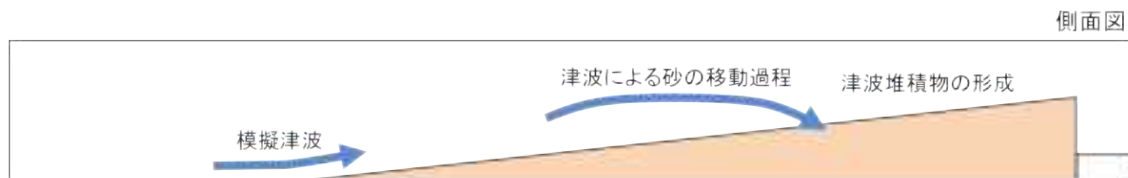


図 9-9 一様斜面の実験概要

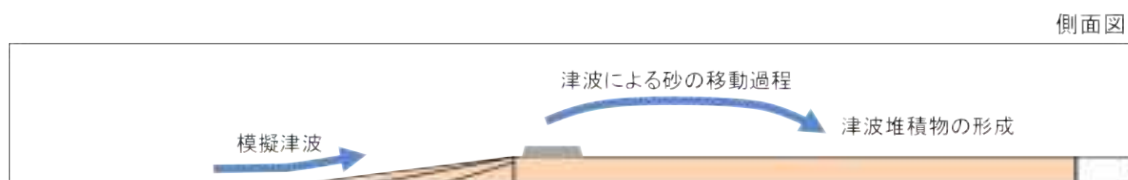


図 9-10 水平床の実験概要

#### 9.4 おわりに

津波の陸上遡上に伴う津波堆積物に関する実験水路を製作した。既往の研究では検討されていない、現地条件に近い緩やかな斜面や水平床での実験が可能になるよう、実験計測区間が長くなる水路とした。更に、津波を対象とするので一定の流れの継続時間が確保できる様に、上流水槽に多くの水を貯留できる構造とした。更に、サーボモーターを用いた急開ゲートにより段波状の長周期の津波を発生させる構造とした実験水路を作成した。今後、今回作成した津波堆積物実験水路を用いて津波の水理量と津波堆積物の分布について、津波、砂の粒径、地形勾配条件などを変化させた計測を実施する。

#### 参考文献

- 高橋智幸，今村文彦，首藤伸夫，津波による流れと海底変動に関する研究 -1960 年チリ津波の気仙沼湾での場合-，海岸工学論文集，土木学会，第 38 巻，pp. 161-165，1991.
- 西畑剛，田島芳満，森屋陽一，関本恒浩，津波による地形変化の検証 -2004 年スマトラ島北西沖地震津波スリランカ・キリンダ港-，海岸工学論文集，土木学会，第 52 巻，pp. 1386-1390，2005.
- 高橋潤，後藤和久，大家隆行，柳澤英明，今村文彦，スリランカ・キリンダ漁港を対象とした 2004 年インド洋大津波による土砂移動過程の解析，海岸工学論文集，土木

学会, 第 55 卷, pp.251-255, 2008.

西畑剛, 後藤和久, 田島芳満, 高橋智幸, 今村文彦, 自然海岸における津波による土砂移動調査, 海岸工学論文集, 土木学会, 第 55 卷, pp.446-450, 2008.

Fujino S., H. Naruse, D. Matsumoto, N. Sakakura, A. Suphawajruksakul, T. Jarupongsakul, Detailed measurements of thickness and grain size of a widespread onshore tsunami deposit in Phang-nga Province, southwestern Thailand, Island Arc, vol.19, pp.389-398, 2010.

長谷川史郎, 高橋智幸, 上畑義行, 津波遡上に伴う陸域での堆積物形成に関する水理実験, 海岸工学論文集, 土木学会, 第 48 卷, pp.311-315, 2001.

菅原正宏, 大窪慈生, 菅原大助, 箕浦幸治, 今村文彦, 津波により一様斜面上を移動する土砂および津波石に関する水理実験, 海岸工学論文集, 土木学会, 第 50 卷, pp.266-270, 2003.

原田賢治, 今井健太郎, Tran The Anh, 藤木悦史, 津波斜面遡上による陸域での堆積砂形成に関する水理実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), vol.67, No.2, I\_251-I\_255, 2011.