

B-10. 地球の温暖化による海面上昇等の影響予測に関する研究

(3) 環日本海における地球温暖化の影響評価に関する研究

研究代表者 地質調査所 海洋地質部 斎藤文紀

通商産業省 工業技術院

地質調査所 海洋地質部 海洋底質課 斎藤文紀・井内美郎

地質情報センター 地形情報課 池田国昭

北海道支所 応用地質課 横田節哉・羽坂俊一

(委託先) 名古屋大学大気・水圏科学研究所 松本英二

(委託先) 北海道開拓記念館 赤松守雄

平成5-7年度合計予算額 27,654千円

(平成7年度予算額 9,176千円)

[要旨]

海水面の上昇の沿岸域への評価を行うために、日本海側の対馬の仁田湾と三根湾、礼文島の久種湖、利尻島のオタドマリ沼、佐渡島の加茂湖において、ボーリング試料を採取し、後氷期に起こった海水面の上昇が沿岸域にどのような影響を及ぼしたかを解明し、考察を行った。対馬の仁田湾と三根湾では、仁田川と三根川の三角州において堆積相・堆積速度変化から海面上昇期における堆積様式を推定した結果、海水面の上昇期には潮間帯から潮下帯の海水面の直下で堆積量が多く、海退期に比べて粗粒で有機物に富む堆積物から構成されていることが明らかとなった。礼文島の久種湖、利尻島のオタドマリ沼や佐渡島の加茂湖では、海水面の上昇に伴って湾口部にバリアーが形成され、バリアーと潟湖の沿岸環境となっていたことが示された。またオタドマリ沼では、現在予想されている海水面の上昇速度と同程度の完新世の海面上昇に対して、カキ礁が沈水・放棄され、沿岸生態系が変化していたことが明らかとなった。

[キーワード] 海水準変動, 日本海, PAGES, 気候変動, 完新世

1. 序

地球温暖化による影響のひとつに海水面の上昇がある。海水面は、2100年には現在よりも数十cm上昇することが予想されており、中等(最小-最大)の見積りで、IPCC WG1(1990)1)では66cm(31-110cm)、IPCC WG2(1995)2)では若干小さくなり50cm(25-80cm)とされている。推定値は小さくなったものの、依然として、洪水や沈水、沿岸侵食、塩水侵入など、海水面の上昇が引き起こす沿岸域への影響が問題とされている2)。海水面の上昇が沿岸域にどのような影響を及ぼすか、これを理解するために、過去に起こった同様な現象を解析する方法がIPCCの報告書でも推奨されている。現在予測されている海水面の上昇速度は、年間4-5mmであり、この上昇速度は、今から約1.8-2.0万年前の最終氷期から6千年前のヒプシサーマルにかけて海水面が約100m上昇した時期の後期の上昇速度とほぼ同じである。この時にどのような現象が沿岸域で生

じたかを解明することは、将来の海面上昇の沿岸域への影響評価を行うための重要な基礎資料を提供してくれる。

2. 研究目的

本研究の目的は、過去1万年間の海水面変動が沿岸域にどのような影響を及ぼしたかを解明し、地球温暖化に伴う海面上昇の影響予測に役立てることにある。特に日本海沿岸域では、この間に対馬暖流が流入するようになり、海水面の上昇に加えて、気候は温暖となり、降水量が増加する等、沿岸域の環境は大きく変化した。これらの変化を時間・空間的に明らかにするため、3ヶ年間に日本海の北部（礼文島、利尻島）、中部（佐渡島）、南部（対馬）の3地域を調査地域に設定し、研究を行った。

3. 調査研究方法

(1) ボーリング試料採取

約1万年前から現在までの沿岸環境を記録した堆積物を採取するため、対馬の三根湾と仁田湾の各1地点で海上ボーリングを、礼文島の久種湖と佐渡島の加茂湖の各2地点で湖上ボーリングを、利尻島のオタドリ沼で陸上ボーリングを2点実施した（図1、表1）。海上・湖上ボーリングでは不攪乱試料を採取するために2重管の押し込み式で行い、同方法では採取が困難な砂・砂礫層では、無水回転方法により採取した。加茂湖では、最表層のみを2重管で採取し、他は押し込み及び無水回転方法により採取した。三根湾と仁田湾では、回収できなかった層準を補完するため、近傍にて補完ボーリングを行った。ボーリング地点の位置・標高・掘削深度等を表1に示す。

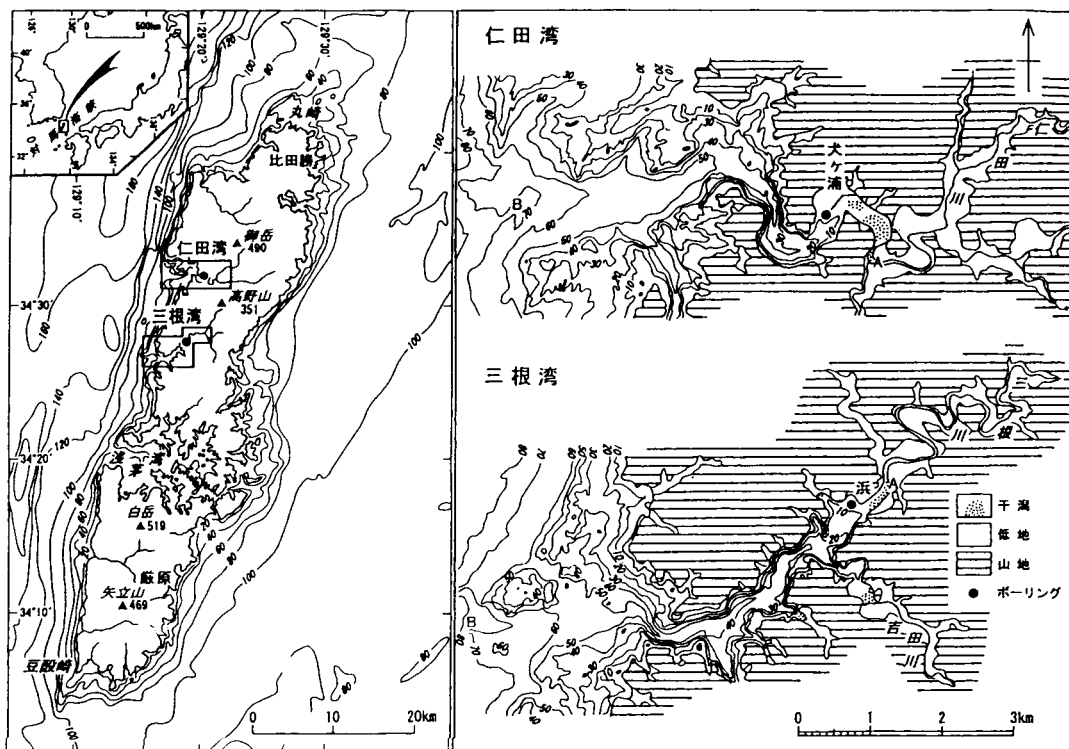
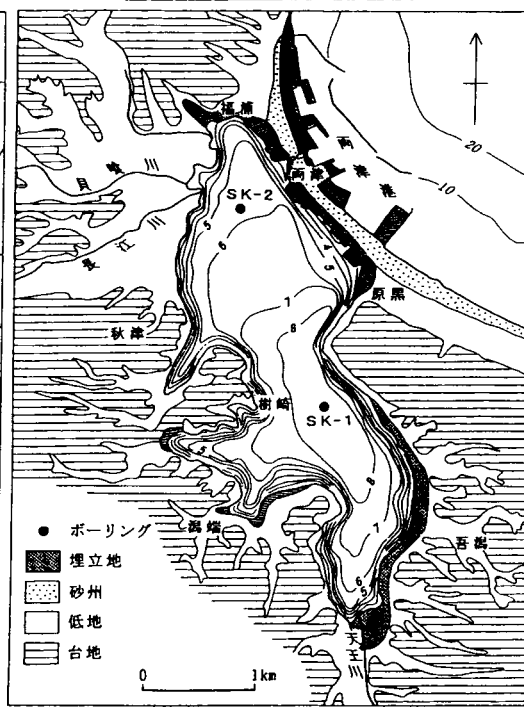
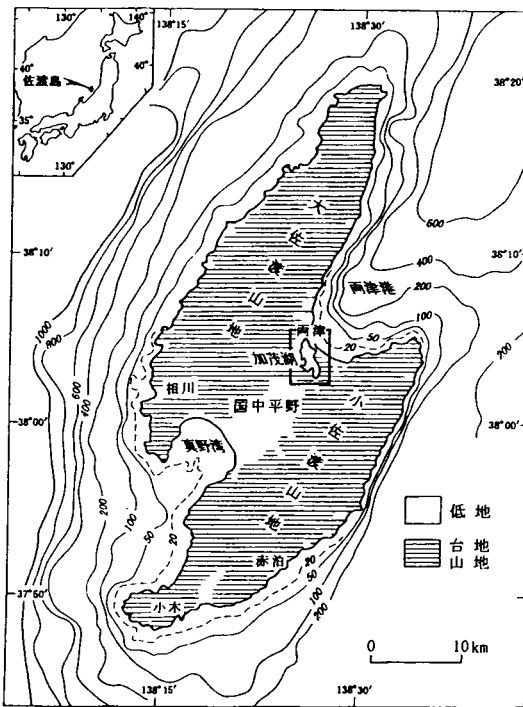
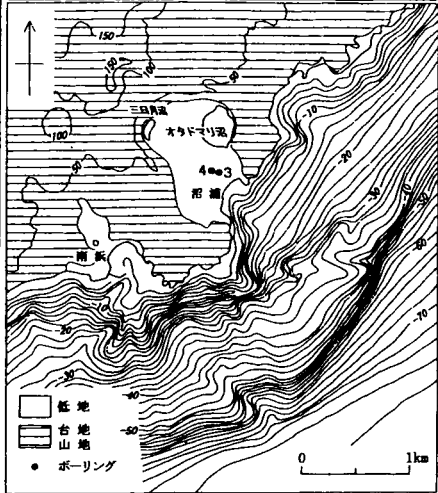
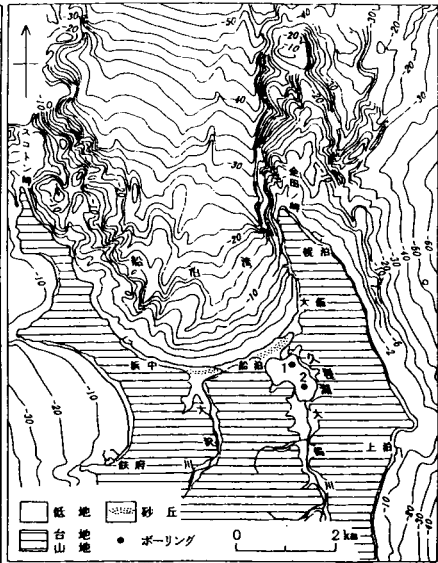
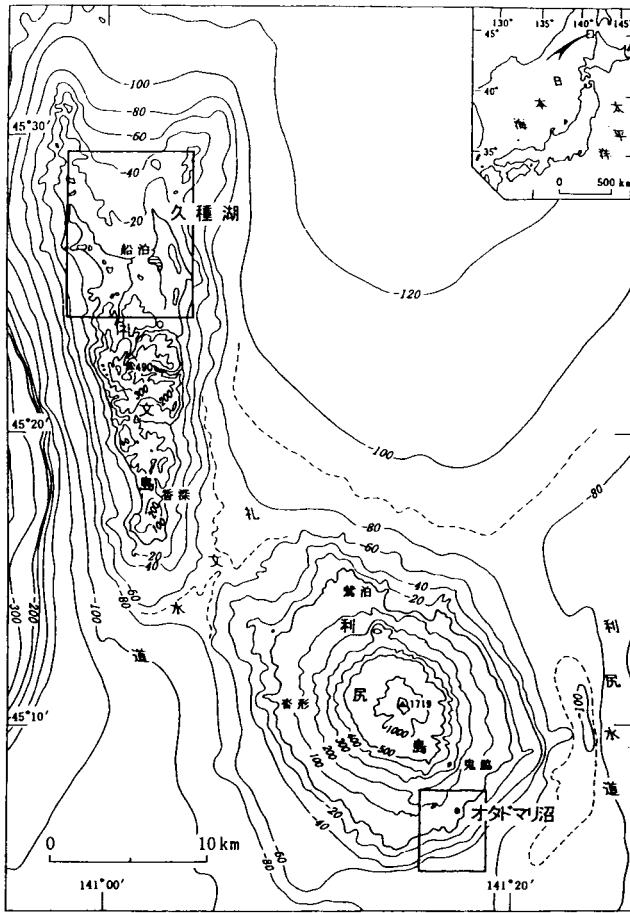


図1. ボーリング位置図。（次頁上：利尻島・礼文島，次頁下：佐渡島）



(2) 試料分析

採取した試料は、地質調査所北海道支所において半裁後記載し、軟X線写真撮影、粒度分析、貝類群集解析、化学分析、珪藻分析、年代測定用の試料を分取し、分析・解析を行った。粒度分析は、2mmと0.063mmの篩いと水道水を用いて礫と砂を区分・秤量し、礫・砂・泥の含有量を求めるか、レーザー式粒度分析装置(CILAS 1064)を用いて行った。貝類群集は、コア記載時に肉眼で採取できるものは出来る限り貝類を採取し、また小さい貝については濃集部を分取し、泥分を篩いで取り除き、貝を採取し、記載を行った。全炭素・全窒素含有量は、約50cm間隔で5cmの試料を分取し、40度Cで乾燥させ、柳本(株)のCNコーダー600を用いて燃焼法で分析した。珪藻分析はパリノサーヴェイ(株)で行った。炭素14年代測定は、同定の終了した貝と泥炭・泥質堆積物を用いて、加速器法3)4)と液体シンチレーション法5)によって名古屋大学とBeta Analytic Inc.(株)地球科学研究所取扱)で行った。また残査に濃集していた火山ガラスについては京都フッシュントラック(株)において屈折率の測定6)7)を行った8)。

4. 結果

各地域の堆積相の記載、粒度分析結果、貝類群集分析結果、化学分析結果を、図2～図10に示す。また炭素14年代測定結果を表2に示す。

以上の分析結果の他に、対馬仁田湾で採取したTNでは、バブルウォール型の淡い褐色をわずかに呈した火山ガラスが26.42-26.47mを下限に濃集していることが確認できた。火山ガラスの屈折率は1.511-1.513(最頻値75%)であった。また三根湾で採取したTMでも同様の特徴を示す火山ガラスが19.87-19.92mを下限に濃集していることが確認でき、火山ガラスの屈折率は1.511-1.513(最頻値70%)であった。これらの火山灰は、ガラスの特徴と屈折率から、6.3千年前～6.8千年前に噴出した鬼界アカホヤ火山灰9)10)11)に対比される。礼文島と利尻島から採取した試料からは、火山灰は確認できなかった。

(1) 各地域の結果の概要

対馬の仁田湾と三根湾

得られたボーリング試料は、最下部の河成堆積物、干潟の貝を産する泥質砂礫層から TNボーリングでは約25mまでの上方細粒化を示す海成層からなる下部、25m以浅の上方粗粒化を示す海成層からなる上部の3つの部分に(図2)、TMボーリングでは約19mまでの上方細粒化を示す海成層からなる下部、19m以浅の上方粗粒化を示す海成層からなる上部の2つの部分に(図4)分けることができる。下部と上部の境界の年代はアカホヤ火山灰の年代から約6千年前と推定され、海水面が最高位に達した時期にあたる。つまり下部は海水面が上昇している時期の海成堆積物であり、上部は6千年以降の海岸線が後退している時期の海成堆積物である。貝類群集変化においても下部と上部の境界付近が最も水深が深く、外洋の影響を受けた群集を構成しており(図3)、海水面の変動に対応している。海水面が上昇して時期の下部と現在の海水準ではほぼ安定していた上部の堆積相を比較すると、下部の方が砂礫質で粗粒であり、全炭素含有量にも示されているように植物片の混入が多い。海水面の上昇している時期は、植物片を大量に含んだ粗粒な堆積物が洪水時などに、現在以上に浅海域へ供給されていたようである。

表1. ボーリング一覧表.

ボーリング名	採取地	緯度	経度	標高(m)	掘削深度(m)	水深(m)
TN	対馬仁田湾	34-59'52"	129-20'15"	-2.78	43.30	2.78
TM	対馬三根湾	34-27'31"	129-18'40"	-8.75	25.72	8.75
RK-1	礼文島久種湖	45-25'53"	141-02'22"	-2.39	23.00	4.6
RK-2	礼文島久種湖	45-25'39"	141-02'35"	-1.23	20.00	3.5
RO-3	利尻島オタドリ沼	45-06'51"	141-17'22"	3.51	16.00	
RO-4	利尻島オタドリ沼	45-06'52"	141-17'21"	3.49	16.00	
SK-1	佐渡島加茂湖	38-03'32"	138-26'32"	-7.99	31.00	7.99
SK-2	佐渡島加茂湖	38-04'30"	138-25'54"	-5.25	26.00	5.25

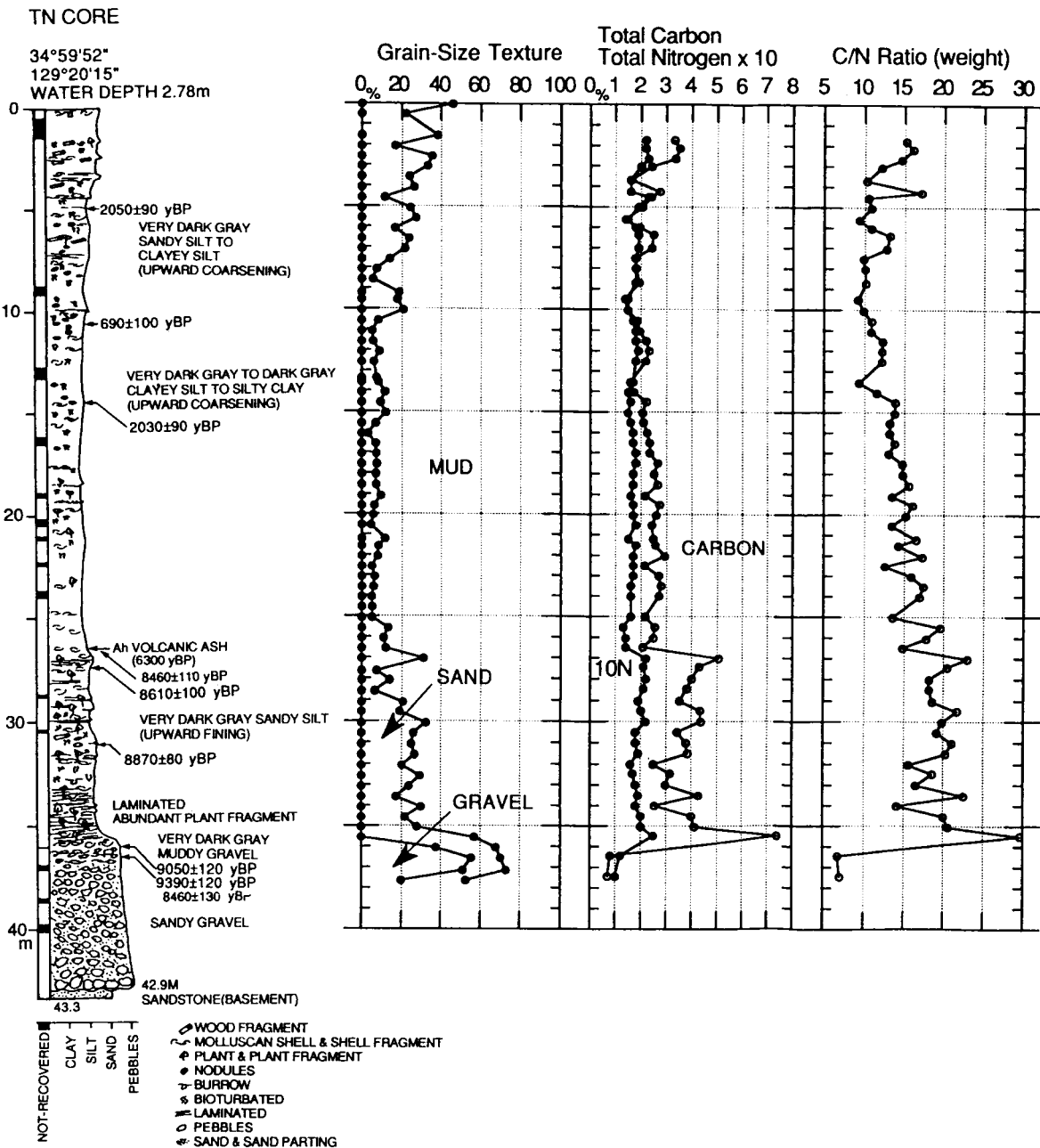


図2. 対馬仁田湾 T N ボーリング柱状図と粒度分析, 化学分析結果. (斎藤ほか, 1995)

36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	干潟			
○	○		○	○	○																																キサゴ		
●	●	○		○	○	○	○																														▲ウミニナ		
○			○	○	○	○		○		○																	○					○	○				ムシロガイ		
○	○																																				イガイ		
●	●	○	○		○	○				○																											▲イタボガキ		
●	●			○	○																																▲アサリ		
	○	○	○	○		○	○																														ナミマガシワ類		
	○																																				シラトリガイ類		
			○	○	○																																	チシタマガイ	
			○	○	○																																	ヒメヨウラク	
																																							カイコガイ科
																																							フネガイ科
																																							イセシロガイ
																																							シオガマガイ
																																							ウメノハナガイ
																																							イヨスダレガイ
																																							アワジチガイ
																																							アカニシ
																																							マルテンマツムシ
																																							ハナムシロガイ
																																							マメウラシマ
																																							ヤカドツノガイ
																																							イタヤガイ
																																							トリガイ
																																							ウラカガミガイ
																																							スダレガイ
																																							フスマガイ
																																							ズングリアゲマキ
																																							シズクガイ
																																							チョウチンガイ

深 度 (m: 小数点以下は切り下げ)																											
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
			○																								カサガイ科
◎		◎	○																								ウミニナ
								○		○	○							○					○				ヒメヨウラク
																											ムギガイ
			◎	○																			○				ハナムシロガイ
○			○																								ムシロガイ
									○		○	○															マメウラシマ
																											カイコガイ科
																											クチキレガイ
○																											イガイ
								○	○	◎	◎	○	○		○		○										イタヤガイ
◎		◎	●	○																							イタボガキ
				○																							ウメノハナガイ
																											シオガマガイ
																											トリガイ
○	○		●																								アサリ
																											スダレガイ
																											イヨスダレガイ
																											フスマガイ
																											シズクガイ
																											アワジチガイ
																											シラトリガイ科
																											ソトオリガイ
																											ヤカドツノガイ

○: 1mにつき1-2層準で産出 ◎: 1mにつき3-4層準で産出 ●: 1mにつき5層準以上で産出

図3. 対馬TN, TMボーリング貝類群集分析結果.

利尻島オタドリ沼

オタドリ沼ではRO-3とRO-4の2本のボーリング共に、基底に層厚約1mのマガキの密集層が認められた(図5)。マガキの他にエゾサンショウ、チャイロタマキビガイ、ムギガイ、コベルトフネガイなどを産し、密集層の下部ではこの他にエゾイガイ、上部ではアサリ、タマキビガイ、ヘソアキクボガイ、ヒメムシロガイ、シコロエガイ、ビノスガイなどを産する(図8)。堆積環境が上部の方が若干深くなっていることが推定される。マガキを用いて炭素14年代測定を行った結果、カキの密集層の最下部で7370-7380yBP、最上部で6580-6910yBPの年代が得られた(表2)。これらの年代は、後氷期の海水面の上昇期に対応しており、海水面の上昇に伴ってこれらのカキ礁が形成され、沈水・放棄されたことがわかる。

礼文島久種湖

礼文島の久種湖のRK-1では約24mで海成層の下限に、RK-2においては海水面下約20mで沖積層の基底に達した(図6, 図7)。久種湖の沖積層は、砂礫・砂質で植物片を含む最下部、海生の珪藻を多産する粘土からなり一部に葉理が顕著な下部、海棲の貝を産し細粒砂からなる中部、汽水・淡水生の珪藻を多産する粘土質シルトの上部に分けられる。中部の細粒砂層は湾口部に近いRK-1にのみ認められた。上部と下部の泥層は、有機物の含有量で顕著な違いを示し、上部では全炭素含有量が6-10%と非常に高い値を示す(図6, 図7)。中部の細粒砂層の形成時期は、含有する貝の炭素14年代から5-6千年前を示している(表2)。海成層には細かな葉理を示す堆積構造が発達しており、葉理の発達する層準の炭素14年代値から推定される堆積速度は、約0.5mm/年、上位と下位の炭素14年代値をも含めた堆積速度は、2.4mm/年であり、葉理の層厚とほぼ一致している。

佐渡島加茂湖

加茂湖の湖底から採取した2本のボーリング試料ともに最下部は河川性の砂礫層からなっており、海面上昇期の氾濫原の堆積物、干潟の堆積物に覆われる(図9, 図10)。さらに内湾の泥質堆積物はその上位に重なる。湖心のSK-1では上位は最上部まで泥質堆積物からなり泥質堆積物の中部では葉理の発達の良い層準がいくつか認められる。これらの層準は海生の珪藻を産する層準とほぼ一致する(2)。湖口に近いSK-2では海成層の中上部は砂礫層からなる。7-4千年にかけて潮汐三角州に関係した砂礫層が堆積していたことが推定され、最上部は泥質堆積物となっていることから、現在は放棄されていると考えられる。

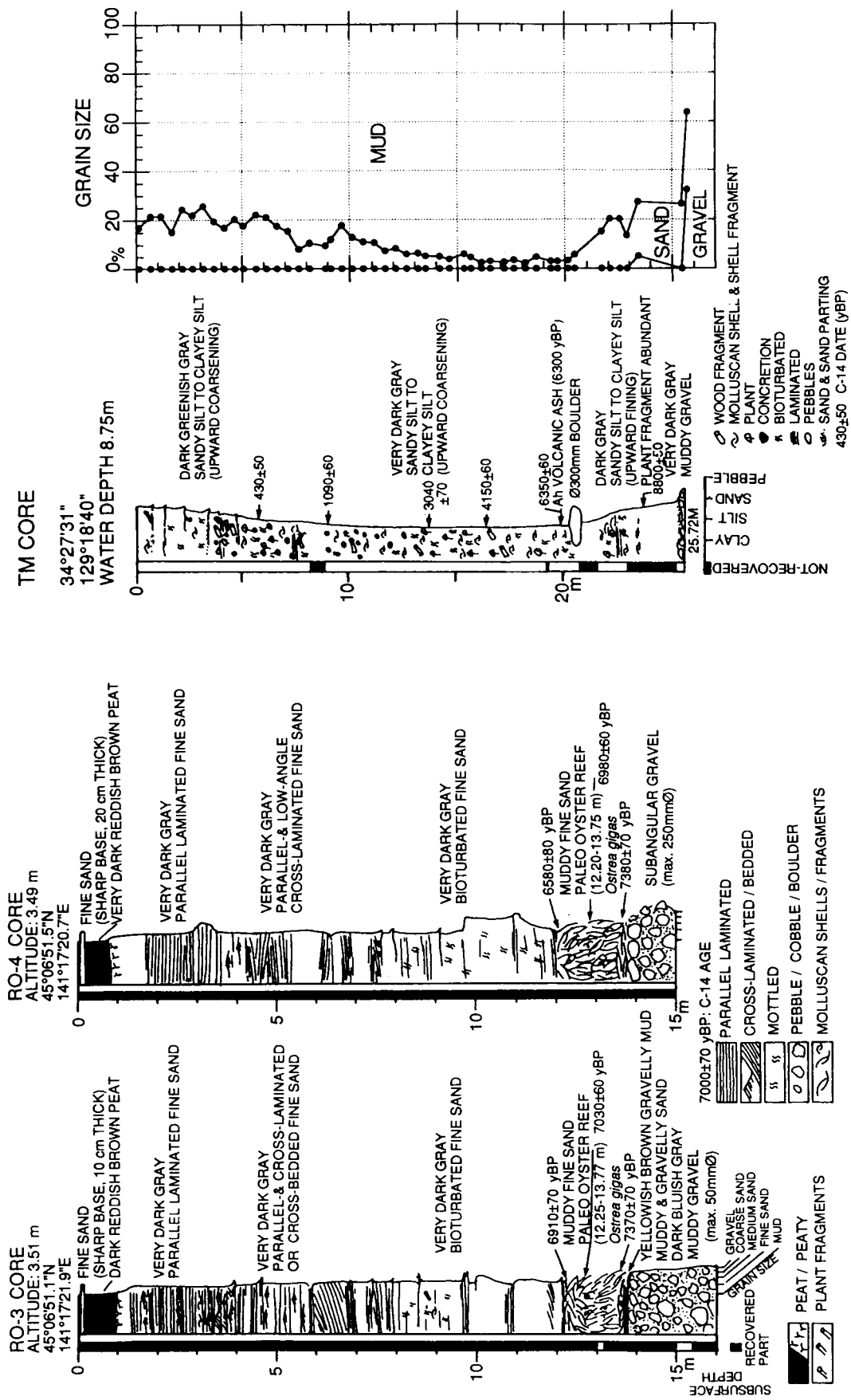


図 4. 対馬三根湾 TM ボーリング柱状図と粒度分析結果.

図 5. 利尻島オタドリ沼 RO-3, RO-4 ボーリング柱状図.

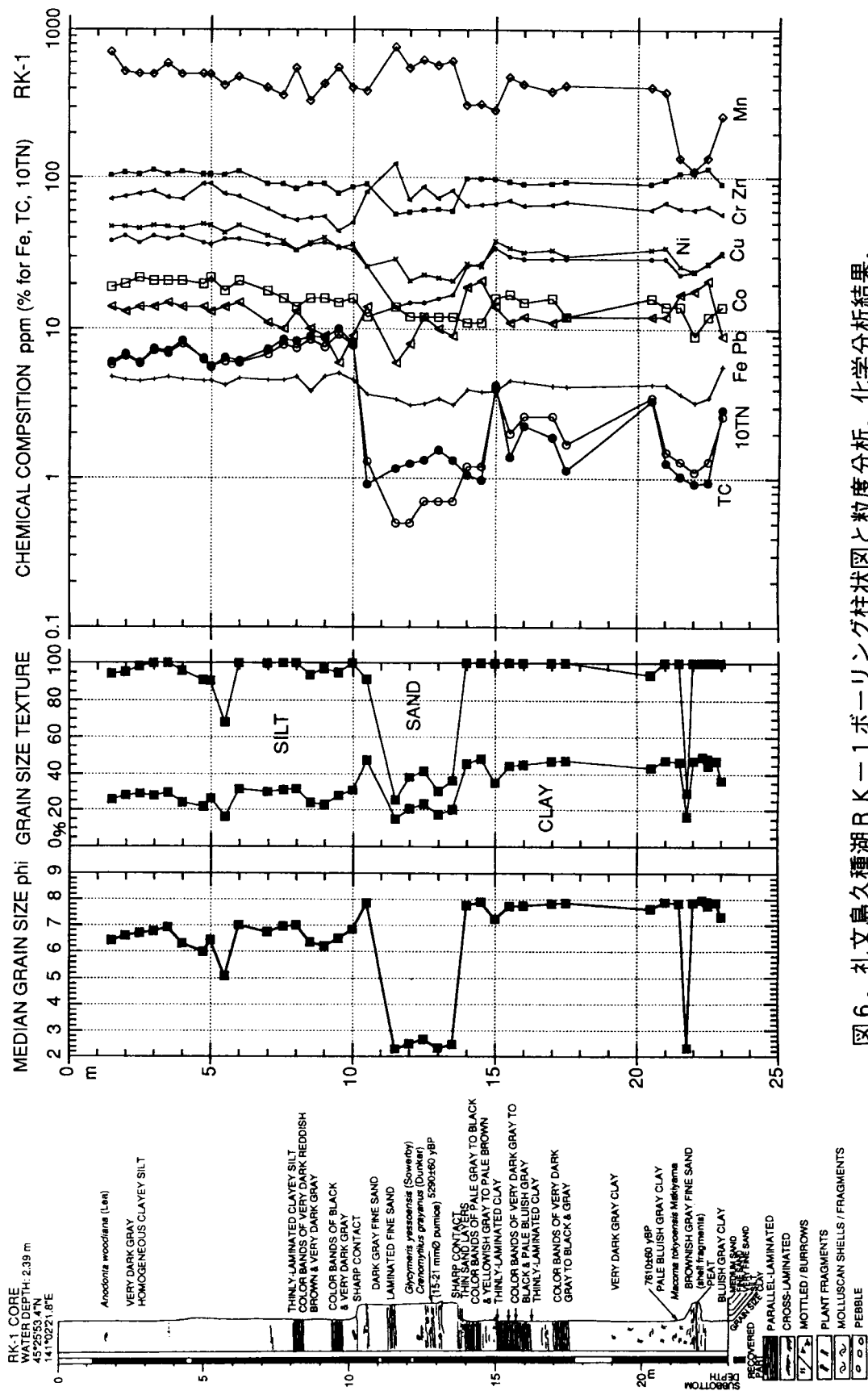


図6. 礼文島久種湖RK-1ボーリング柱状図と粒度分析、化学分析結果。

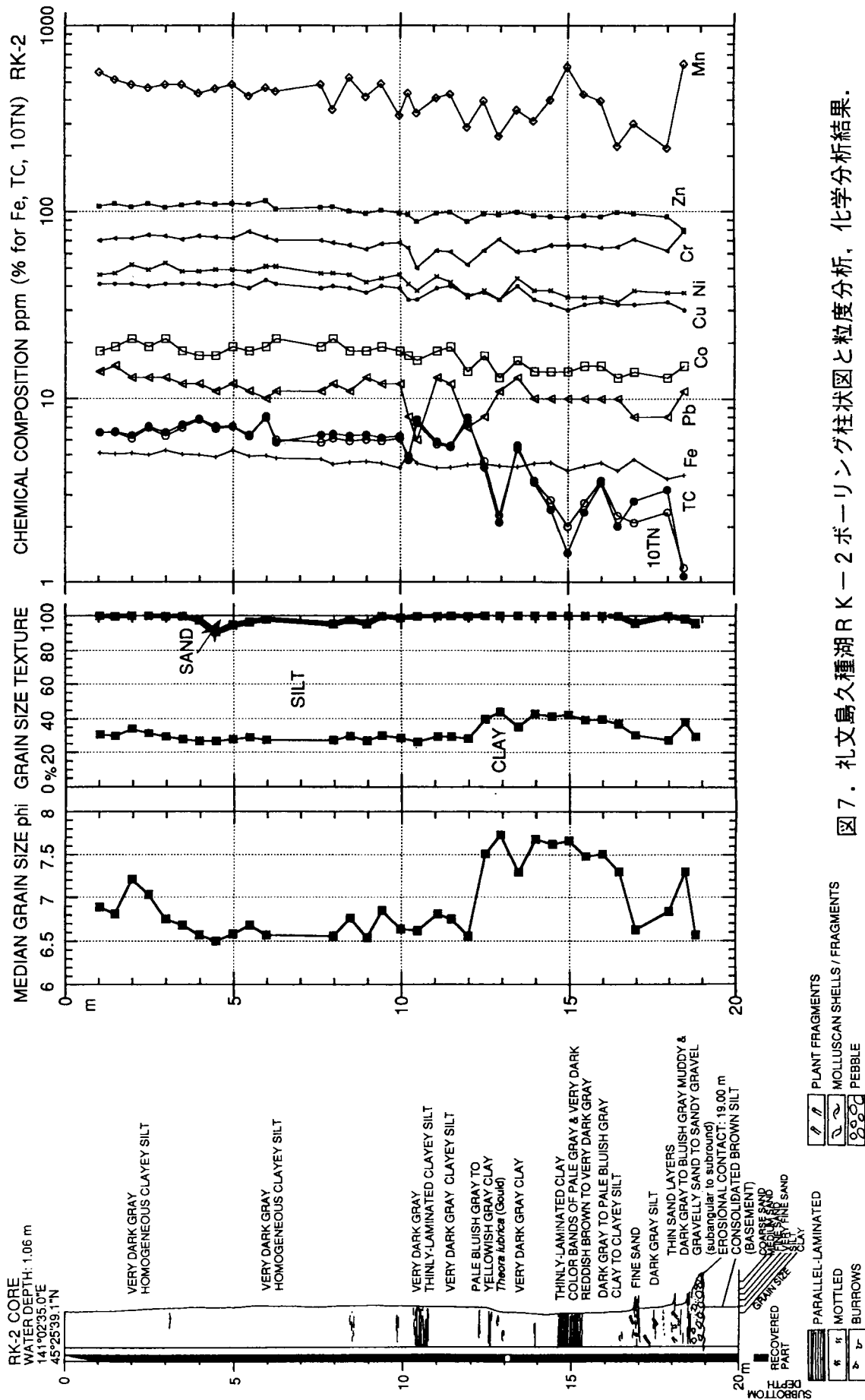


図7. 礼文島久種湖RK-2ボーリング柱状図と粒度分析, 化学分析結果.

Locality	(top)		(bottom)		Species
RK-1	165				ヘンアキウボガイ
	1160	1170			
	1270	1280			エンサンショウ
	1275	1280			チャイロタマキビガイ
	2105				タマキビガイ
	2120	2125			モツボ料
	2125				ムキガイ
	1285	1290			ヒメムシロガイ
	1290	1295			ミスジヨコイトカケギガイ
	1298				ヨコイトカケギガイ
	1642	1643			コベルトフネガイ
					シロエガイ
					エンタマキガイ
					エンイガイ
					マガキ
					ウンシジミ
					チヂミウメノハナガイ
					アサリ
					ピノスガイ
					シズクガイ
					Macoma sp.
					Macoma tokyoensis MAKIYAMA
					Cryptomya busoensis YOKOYAMA
					Anisocorbula venusta (GOULD)
					Hiatella orientalis (YOKOYAMA)
					Anodonta woodiana (Lea)
					Bulinus
					カシバンウン
					?
RK-2	1285	1290			
	1290	1295			
	1298				
	1642	1643			
RO-3	1225	1232	a	1	
	1230	1240	a	4	
	1240	1250	1 a	2	
	1250	1260	a 1	1	
	1260	1270	a	3	
	1270	1280	a	4	
	1280	1290	a	1	
	1280	1297	a	5	
	1290	1300	c	7	
	1320	1330	5 a	6	1(1)
	1330	1340	a	7	2 f
	1340	1350	2 a	6	1
	1350	1360	a	8	f(1)
	1360	1370	a	3	1(1)
	1370	1377	1 a	5	f
RO-4	1210	1220	1 a		
	1220	1230	1 a	6	f
	1230	1240	5 a	9 2	2
	1240	1250	1 2 a	7	1
	1250	1260	1 1 a	12 1 1	1
	1260	1270	a	5	1
	1270	1280	a		f
	1290	1300	f a		f
	1300	1310	a	9	a
	1310	1320	1 a	9	3
	1320	1330	1 a	8	1 a
	1330	1340	2 a	4	f a
	1340	1350	1 a	5	f
	1350	1360	a		a
	1360	1375	1 c		2 a

a.abundant c.common f.fragments ()権貝

図8. 礼文島久種湖・利尻島オタドリ沼貝類群集分析結果。

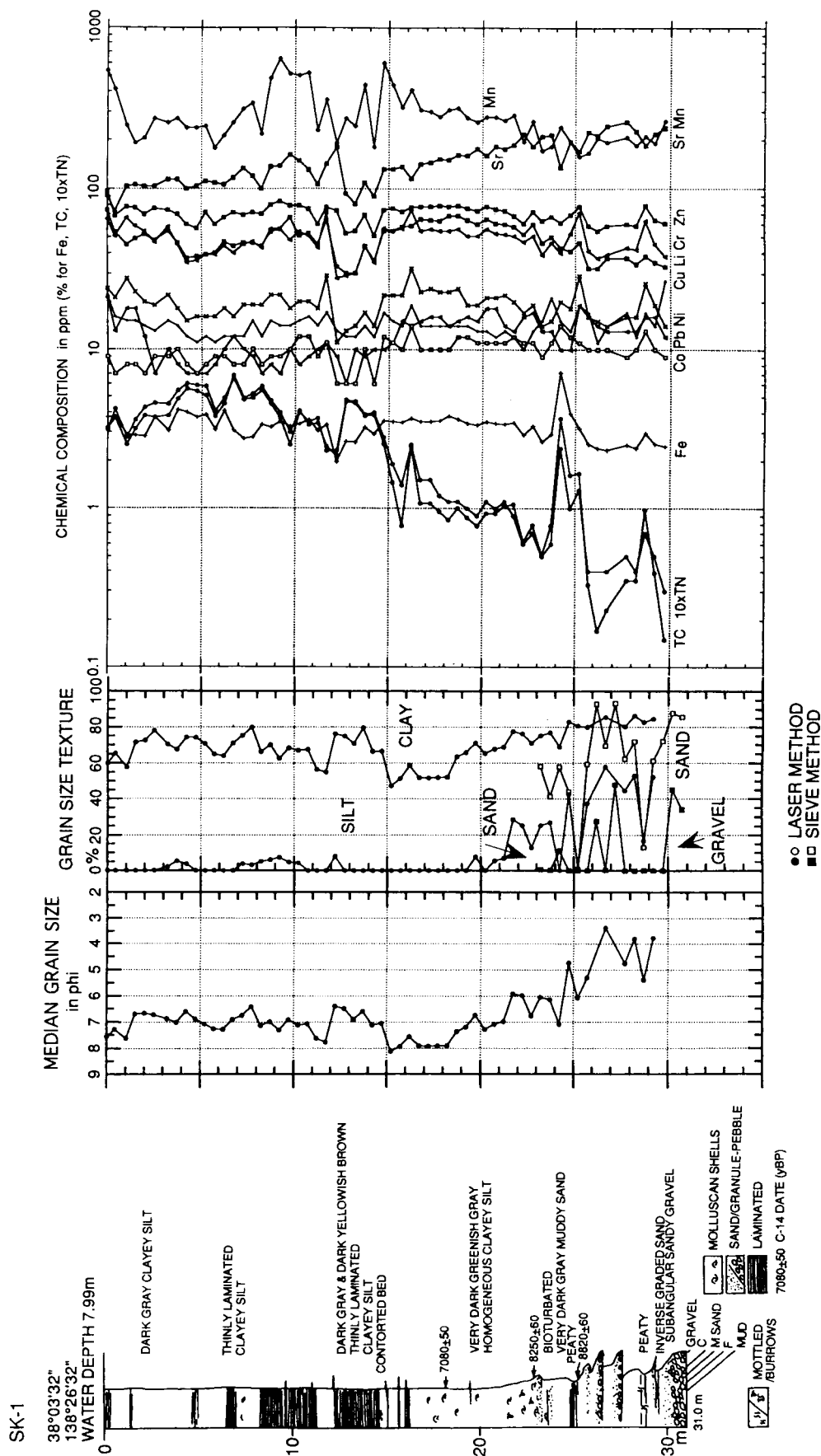


図9. 佐渡島加茂湖SK-1ボーリング柱状図と粒度分析、化学分析結果。

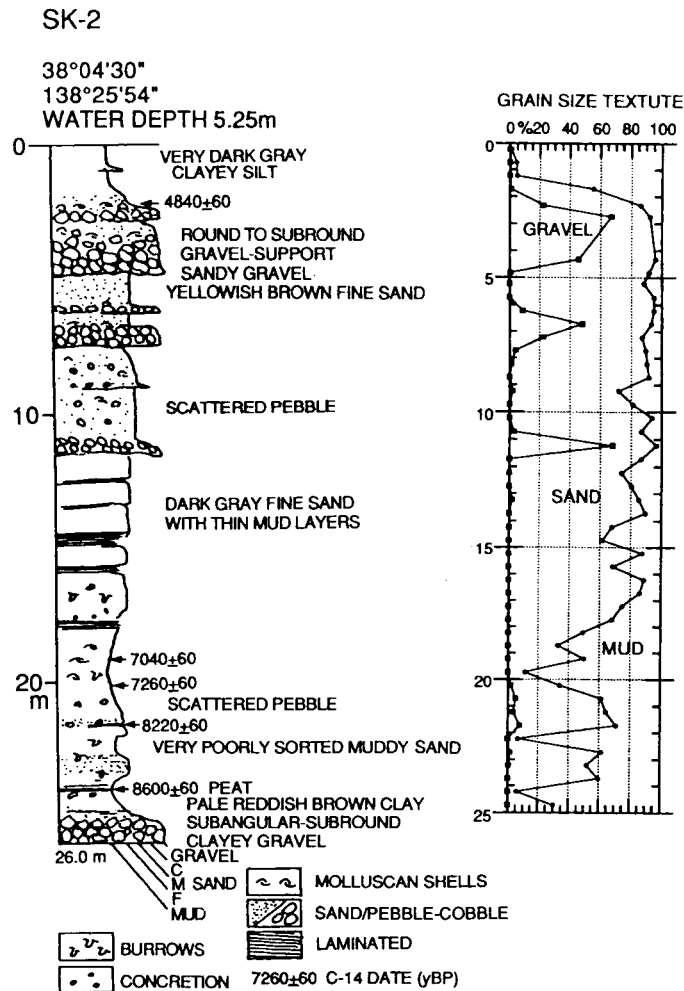


図10. 佐渡島加茂湖SK-2ボーリング柱状図と粒度分析結果.

		海面上昇期 (海岸線後退期)					
		シナリオ (A)		シナリオ (B)			
期間	年前から	6000	8460	6300	8610	8870	9050
	年前まで	8460	8610	8610	8870	9050	9390
	年間	2460	150	2310	260	180	340
地層の厚さ	meters	4.63	0.87	0.91	3.865	4.725	0.5
堆積速度	mm/y	1.88	5.8	0.39	14.87	26.25	1.47
古水深(m)	最小	3.8	1.3	1.3	<1	<1	<1
	最大	24.64	3.8	27	1.3	<1	<1
堆積環境		三角州 前置面- 底置面	三角州 前置面	三角州 前置面- 底置面	潮下帯- 三角州 前置面	潮間帯- 潮下帯	潮間帯

図11. 対馬仁田湾における海面上昇期の堆積環境と堆積速度変化。
 (斎藤ほか, 1995より簡略化)

表2. 炭素14年代値一覧表. 半減期は5568年.

Borehole Name	Subbottom Depth (m)		Altitude (m)	Material	14C Age (yBP)	one sigma	Method	Delta 13C	Conventional 14C age (yBP)	one sigma	Calendar year	Code Number
	Top	Bottom										
TN	4.89	-7.67		代乃ガキ Anodontia steamiana OYAMA	1670	90	AMS	0(推定)	2050	90	AD 1485 +35/-30	NUTA 3121
TN	10.60	-13.38		マコメ (Psammacoma) awajiensis SOWERBY	310	100	AMS	0(推定)	690	100	AD 885 +75/-65	NUTA 3154
TN	14.39	-17.17		代乃ガキ Paphia euglypta (PHILIPPI)	1650	90	AMS	0(推定)	2030	90	BC 1385 +55/-85	NUTA 3122
TN	26.46	-29.24	-29.30	ドソニア (Dositelia) penicillata (REEVE)	8060	110	LC	0(推定)	8460	110	BC 2850 +25/-120	WRI 104
TN	27.35	-30.13	-30.15	代乃ガキ Anodontia steamiana OYAMA	8230	100	AMS	0(推定)	8610	100	BC 5290 +60/-45	NUTA 3123
TN	31.20	-33.98	-34.03	ニョトノイシ Niotha livescens (PHILIPPI)	8510	80	AMS	-3.1	8870	80	BC 4725 to 4540	Beta-81018
TN	31.35	-34.13	-34.18	ニョトノイシ Niotha livescens (PHILIPPI)	8560	60	AMS	0.6	8980	60	BC 6150 +35/-105	Beta-81015
TN	36.01	-38.79	-38.89	アミガタ Tapes (Amygdalia) japonica (DESHAYES)	8670	120	AMS	0(推定)	9050	120	BC 5570 +20/-90	Beta-84281
TN	36.51	-39.29	-39.39	バチリヤ Batillaria multiformis (LISCHKE)	9010	120	AMS	0(推定)	9390	120	BC 6445 +30/-30	Beta-84282
TN	36.51	-39.29	-39.39	オスチア Ostraea denselamellosa LISCHKE	8080	130	AMS	0(推定)	8460	130	BC 6720 +270/-90	Beta-84269
TM	5.69	-14.44		代乃ガキ Paphia euglypta (PHILIPPI)	430	50	AMS	-0.7	830	50	AD 1825-1835 or AD 1880-1915	Beta-81019
TM	8.99	-17.74		フクニシ Fulvia mutica (REEVE)	1090	60	AMS	1.5	1530	60	BC 4565 +125/-60	Beta-84268
TM	13.73	-22.48	-22.52	フクニシ Fulvia mutica (REEVE)	3040	70	AMS	0.3	3460	70	BC 4670,4635,4620	Beta-84279
TM	16.35	-25.10	-25.20	代乃ガキ Paphia euglypta (PHILIPPI)	4150	60	AMS	0	4560	60	BC 4725 to 4540	CAMS
TM	19.91	-28.66		フクニシ Fulvia mutica (REEVE)	6350	60	AMS	0	6770	60	BC 6150 +35/-105	Beta-84280
TM	23.68	-32.43		バチリヤ Batillaria multiformis (LISCHKE)	8800	50	AMS	-1.7	9180	50	BC 5570 +20/-90	Beta-84281
RK-1	12.75	-15.14	-15.19	アミガタ Glycymeris yessoensis (SOWERBY)	5290	60	AMS	2	5740	60	BC 6445 +30/-30	Beta-84282
RK-1	15.05	-17.44	-17.49	泥(有機物) Humic acid	5830	60	AMS	-28.2	5780	60	BC 6720 +270/-90	Beta-84269
RK-1	15.45	-17.84	-17.89	泥(有機物) Humic acid	7340	60	AMS	-26.6	7320	60	AD 1825-1835 or AD 1880-1915	Beta-81019
RK-1	15.70	-18.09	-18.14	泥(有機物) Humic acid	6620	60	AMS	-22.7	6660	60	BC 4565 +125/-60	Beta-84268
RK-1	16.25	-18.64	-18.69	泥(有機物) Humic acid	7670	60	AMS	-26.5	7650	60	BC 5570 +20/-90	Beta-84281
RK-1	21.20	-23.59	-23.64	マコメ Macoma tokyoensis MAKIYAMA	7610	60	AMS	-5.9	7930	60	BC 6445 +30/-30	Beta-84282
RO-3	0.16	0.20	3.35	泥炭 Peat	100	40	LC	-26.5	70	40	AD 1825-1835 or AD 1880-1915	Beta-81019
RO-3	0.65	0.70	2.86	泥炭 Peat	1140	50	LC	-26	1130	50	AD 880-985	Beta-81018
RO-3	12.25	-8.74	-8.81	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	6910	70	LC	0.5	7330	70	BC 5785 +80/-75	Beta-81015
RO-3	12.70	-9.19	-9.29	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	7030	60	AMS	0.3	7450	60	BC 5925 +40/-70	Beta-84266
RO-3	13.70	-10.19	-10.26	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	7370	80	LC	-0.9	7770	80	BC 6210 +125/-60	Beta-81014
RO-4	0.26	0.31	3.23	泥炭 Peat	80	40	LC	-27.1	50	40	AD 1000 +20/-20	Beta-81022
RO-4	0.75	0.80	2.74	泥炭 Peat	1090	40	LC	-17.2	1050	40	AD 1000 +20/-20	Beta-81021
RO-4	1.10	1.15	2.39	泥炭 Peat	1640	50	LC	-26.1	1630	50	AD 395-465 or AD 475-515	Beta-81020
RO-4	12.30	-8.81	-8.91	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	6580	80	LC	0.2	7000	80	BC 5490 +75/-60	Beta-81017
RO-4	12.90	-9.41	-9.51	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	6980	60	AMS	-0.1	7390	60	BC 6190 +95/-50	Beta-84267
RO-4	13.60	-10.11	-10.26	マコメ Classostrea gigas (THUNGERG)	7380	70	LC	-0.1	7790	70	BC 6235 +115/-70	Beta-81016
SK-1	18.23	-26.22		マコメ Phacosoma japonica (REEVE)	7080	50	AMS	-0.2	7490	50	BC 5955 +30/-40	Beta-91105
SK-1	22.85	-30.84	-30.87	マコメ Macoma sp. & others	8250	60	AMS	-1.9	8630	60	BC 7915 +35 to -45	Beta-91106
SK-1	25.07	-33.06	-33.07	泥炭 Peat	8820	60	AMS	-26.7	8800	60	BC 7915 +35 to -45 or BC 7815 to 7715	Beta-91107
SK-2	2.20	-7.45	-7.50	アミガタ Anadara broughtonii (SCHRENCK)	4840	60	AMS	-0.3	5250	60	BC 3650 +55/-35	Beta-91108
SK-2	19.15	-24.40	-24.45	マコメ Mocomma sp.	7040	60	AMS	1.5	7480	60	BC 5945 +40/-55	Beta-91109
SK-2	20.15	-25.40		マコメ Rudilapes Philippinarum & Macoma sp.	7260	60	AMS	2.1	7710	60	BC 6165 +45/-55	Beta-91110
SK-2	21.62	-26.87		泥炭 Peat	8220	60	AMS	-30.3	8140	60	BC 7050, BC 7235 to 7160 or +90/-25	Beta-91111
SK-2	24.00	-29.25	-29.30	泥炭 Peat	8600	60	AMS	-27.5	8560	60	BC 7545 +30/-25	Beta-91112

5. 考察

今回調査を行った地域の対馬の仁田湾と三根湾は、それぞれ仁田川と三根川によって最終氷期の低海水準期に開削された谷地形が、後氷期の海水面の上昇に伴って、内湾化した地域である。堆積物は、それぞれの河川による河川性の堆積物から三角州の堆積物からなっている。礼文島の久種湖も、大備川によって開削された谷地形が、後氷期の海水面の上昇に伴って内湾化した地域である。ここでは海水準の上昇に伴って湾口部に砂州（バリアー）が形成されており、大備川の河川堆積物と三角州堆積物に加えて、バリアーに関係した堆積物からなっている。利尻島のオタドリ沼は、火山起源と推定されるお腕状の凹地が後氷期の海水面の上昇に伴って、内湾化した地域であり、ボーリングを行った地域は海進初期にカキ礁が形成され、その後の海水面の上昇に伴って、内湾化し、約1500年前以降湿地化している。佐渡島の加茂湖では海水面の上昇に伴って、天王川によって開削された谷地形が内湾化し、湾口部に砂州（バリアー）が形成されており、6千年以降の海水面の変動に伴って、海水の侵入が時々見られる閉鎖的な環境となっている。以上のような環境変化を、内湾の三角州と、バリアー等が形成される外洋に面した地域に分けて考察してみる。

（1）三角州への海面上昇の影響

海面上昇の三角州への影響は、バングラデシュにおいてガンジス川の低地帯での、洪水、沈水、侵食が問題にされているように、海面上昇が海岸・沿岸域に及ぼす重要な対象地域のひとつである。日本の河川がつくる三角州の多くは、大陸と比べて河川の勾配が急であることから13)、三角州平野上で蛇行河川や網状河川の形態をとるものが多く14)、また内湾では河川卓越型、外洋に面した地域では波浪卓越型の三角州となっている。海面上昇期には、海水面の低下期に形成された谷地形が、堆積物によって埋積され易いことが知られている。蛇行河川の発達している地域では、海面上昇期に、河成平野や三角州平野に厚く堆積物が累積しており、逆に堆積層は海域では薄い15)16)。このことは、川が土砂を海まで運搬する前に、平野に落としていっていることを示しており、海面上昇に伴って、河道が不安定となり、頻繁に洪水を誘発していたこと、洪水は平野に滞水していたことが推定される。一方、河川勾配が蛇行河川よりも急な網状河川では、このような現象はみられない。調査を行った対馬の仁田川と三根川は、比較的急流河川に相当し、海面上昇期には、潮間帯から潮下帯で海面上昇速度に匹敵する堆積量が示されており（図1-1）、河成平野・三角州平野よりも、潮間帯・潮下帯・三角州前置面の海域で、土砂の堆積が顕著である。また堆積物は、比較的粗粒で、植物片等の有機物の含有量が多い。このことは、蛇行河川と異なり、洪水が沿岸域まで一気に及んでいることを示唆しており、堆積様式の違いを示している。

（2）外洋に面した沿岸域への海面上昇の影響

外洋に面した沿岸域で、海面上昇による最も深刻な影響は、沿岸侵食である。Sunamuraは、地球温暖化による海面上昇によって、海面変化がない場合に比べて、海岸線の後退距離が1.5-1.8倍に増加することを示した17)。また三村ほかは、茨城県の海岸における1mの海面上昇に対して海岸線が100m前後後退することを、Brunn則18)をもとに示し、これらに背後の地形や護岸を考慮すると1mの海面上昇で90%の砂浜が消失すると試算している

19). 海水面の上昇によって侵食された砂浜等は、沿岸流によって岸と平行に運搬されたり、沖合に暴波時などに運搬される。海水面の上昇期には、このようにして生産された土砂が、沿岸域に砂州（バリアー）を形成することが知られており、後氷期の海水面の上昇期にも、日本周辺の沿岸域でバリアーが多数形成されていたことが知られている(16)20)。現在海跡湖として残っている浜名湖、霞ヶ浦、小川原湖、サロマ湖など、これらすべてが、海水面の上昇期に形成されたバリアーの背後の潟湖（ラグーン）の埋め残しの沿岸湖沼である。また新潟平野や利根川下流域などは、三角州によって潟湖が埋積された平野であり、海水面の上昇期にはバリアーと潟湖が形成されていた地域である。

調査を行った礼文島の久種湖、利尻島のオタドマリ沼、佐渡島の加茂湖も、海水面の上昇期に形成されたバリアーと潟湖の関係であり、海水面の上昇に伴って礼文島では船泊湾沿岸域、利尻島では沼浦周辺、佐渡島では両津湾の沿岸侵食によって湾口部に砂体（バリアー）が形成されたことが推定される。またオタドマリ沼から採取されたカキ礁は、海水面の上昇期の潮間帯に形成され、その後の海水面の上昇に対応できず、沈水・放棄されていったことを示している。この時期の海水面の上昇速度は、現在予想されている海水面の上昇速度とほぼ同じであることから、沿岸域の生態系へも直接的に影響が及んでいることがわかる。

6. まとめ

海岸・沿岸域は、地球上の中で一番海水面の変動の影響を受ける地域と言っても過言ではない。波浪・河川・潮汐等の営力により、ダイナミックに変化している沿岸域は、侵食と堆積の基準面を支配する海水面の変動によって、更に複雑な変化を示し、現在見られないような変化をも引出す。海水面の上昇は、沿岸地形、河川から供給される土砂の堆積様式、沿岸域での侵食と堆積、沿岸生態系、これらすべてを変化させている。

7. 参考文献

- 1) IPCC WG1(1990): Climate Changes. IPCC Scientific Assessment, Cambridge Univ. Press, 365p.
- 2) IPCC WG2(1995): Scientific Assessment of Climate Change. Cambridge Univ. Press, In press.
- 3) Nakamura, T., Nakai, N., Sakae, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. and Yoshioka, S. (1985): Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. Japan. Jour. Appl. Phys., 24, 1716-1723.
- 4) 中村俊夫・中井信之(1988): 放射性炭素年代測定法の基礎—加速器質量分析法に重点をおいて—。地質学論集, no.29, 235-252.
- 5) 富樫茂子・松本英二(1983): ベンゼン—液体シンチレーションによる¹⁴C年代測定法。地調月報, 34, 513-527.
- 6) 横山卓雄・壇原 徹・山下 透(1986): 温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定。第四紀研究, 25, 21-30.
- 7) Danhara, T., Yamashita, T., Iwano, H. and Kasuya, M. (1992): An improved system for measuring refractive index using the thermal immersion method. Quat. Int., 13/14, 89-91.
- 8) 斎藤文紀・横田節哉・池田国昭・羽坂俊一・井内美郎・赤松守雄・松本英二・山崎理子・小栗一将・大嶋和雄(1995): 粗粒三角州による開析谷埋積シーケンス：対馬，仁田湾の最上

部更新・完新統. 地質学論集, no.45, 61-75.

- 9)町田 洋・新井房夫(1978): 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰- . 第四紀研究, 17, 143-163.
- 10)町田 洋・新井房夫(1983): 広域テフラと考古学. 第四紀研究, 22, 134-148.
- 11)福沢仁之・北川浩之(1993): 水月湖の縞状堆積物に記録された完新世海水準・乾湿変動とその周期性. 日本第四紀学会講演要旨集, no.23, 144-145.
- 12)松本 保・本間義治・堀江正治(1987): 珪藻遺骸群集から見た加茂湖(佐渡島)の古環境. 佐渡博物館研究報告, 第9集, 67-76.
- 13)阪口 豊・高橋 裕・大森博雄(1986): 日本の川. 日本の自然3, 岩波書店, 東京, 248p.
- 14)山本晃一(1988): 河道特性論. 土木研究所資料, no.2662, 260p.
- 15)斎藤文紀(1995): 河口デルタの埋積システム-小櫃川三角州の形成機構-. 大沢雅彦・大原隆編, 生物・地球環境の科学-南関東の自然誌-, 朝倉書店, 29-40.
- 16)Saito, Y.(1995): Sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave- and fluvial-dominated setting: latest Pleistocene-Holocene examples from the Kanto Plain of central Japan. Mem.Geol.Soc.Japan, no.45, 76-100.
- 17)Sunamura, T.(1988): Projection of future coastal cliff recession under sea level rise induced by the greenhouse effect: Nii-jima Island, Japan. Trans. Japan. Geomorphol. Union, 9, 17-33.
- 18)Bruun, P.(1962): Sea level rise as a cause of shoreface erosion. J.Water harbors Div., Am. Soc. Civ. Eng. Proc., 88, 117-130.
- 19)三村信男・幾世橋慎・井上馨子(1993): 砂浜に対する海面上昇の影響評価. 海岸工学論文集, 40, 1046-1050.
- 20)斎藤文紀(1987): 海水準変動に支配された海成沖積層の形成モデル. 月刊地球, 9, 533-541.

【国際協同研究等の状況】本研究は地球圏生物圏国際協同研究(IGBP)のコアプロジェクト地球古環境の研究(PAGES)と海岸・沿岸域における陸域・海域相互作用の研究(LOICZ)に対応して実施された。

【研究発表の状況】

誌上発表

- 斎藤文紀・横田節哉・池田国昭・羽坂俊一・井内美郎・赤松守雄・松本英二・山崎理子・小栗一将・大嶋和雄(1995)粗粒三角州による開析谷埋積シーケンス: 対馬, 仁田湾の最上部更新・完新統. 地質学論集, no.45, 61-75.

口答発表

- 赤松守雄・斎藤文紀・井内美郎・横田節哉・池田国昭・羽坂俊一・松本英二・大嶋和雄・山崎理子(1994)対馬・三根湾と仁田湾における完新世貝類群集の特性と沿岸海洋環境の変遷. 日本地質学会第101年年会
- 斎藤文紀・井内美郎・横田節哉・池田国昭・羽坂俊一・赤松守雄・松本英二・山崎理子・小栗一将・大嶋和雄(1994)海水準上昇における粗粒三角州の堆積作用と堆積物: 対馬仁田川三角州の例. 堆積学研究会1994年秋季研究集会