

雲仙・普賢岳の土石流堆積物の水無川河口海域
における分布(その2)
1997年11月~2000年10月

近藤 寛*・東 幹夫**・西ノ首英之***・山口 恭弘***

*長崎大学教育学部地学教室

**長崎大学教育学部生物学教室

***長崎大学水産学部海洋生産システム学講座

(2001年10月31日受理)

Distribution of Debris Flow Deposits from Unzen Volcano
on the River Mouth Area of Mizunashi River,
Part 2, November, 1997~October, 2000

Hiroshi KONDO*, Mikio AZUMA**, Hideyuki NISHINOKUBI*** and Yasuhiro YAMAGUCHI***

*Department of Geology, Faculty of Education, Nagasaki University

**Department of Biology, Faculty of Education, Nagasaki University

***Division of Systematic Fisheries Science, Faculty of Fisheries, Nagasaki University

(Received October 31, 2001)

Abstract

Marine sediment samples were dredged on the river mouth area of the Mizunashi River from November 1997 to October 2000. We analyzed the grain size and contents of calcium carbonate of these sediments.

Volcanic ash of the debris flows by the eruption of Unzen Volcano were observed in some samples. The debris flow sediments were characterized by the mud that median diameter $Md\phi$ was larger than 4. Before the influx of the debris flow, fine grained sand were distributed on river mouth area of the Mizunashi River. These mud by the debris flow are low calcium carbonate less than 10%. On October 2000, the area of mud are 1.09 km² and the debris flow sediments still remained on the river mouth area of the Mizunashi River.

1. はじめに

雲仙・普賢岳は1990年11月に198年ぶりに噴火活動を開始した。溶岩の崩壊物や火山灰などは、降雨によって土石流を発生させた。1991年5月にはじめて土石流が発生し、6月の土石流は家屋、住宅地などに大きな被害を与えた。1993年4月~6月の土石流(近藤ほか, 1994)は最大規模となり、水無川流域を広範囲に溢流し、家屋、耕作地、道路、橋な

どに甚大な被害をもたらした。水無川では土石流による流出土砂対策として、遊砂地、仮設導流堤、砂防ダム等が設けられ、2001年3月には水無川導流堤が完成した。これらの対策により1997年まで毎年発生していた土石流は減少した。

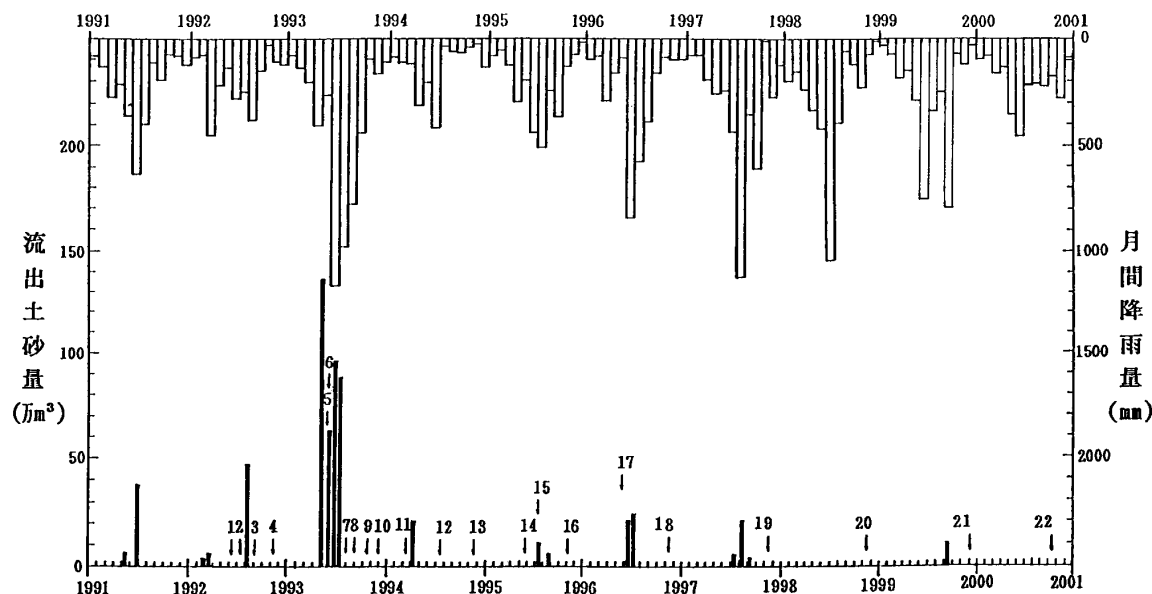
多量の礫、砂、泥を含んだ土石流は、水無川を流路として流れ有明海に達した。流れ込んだ砂・泥は、潮流によって沖合に堆積し底質を変化させている。土石流以前は細粒砂であった水無川河口沖の底質は、1996年11月においても泥があり、土石流以前の底質に回復していない（有明海漁場環境調査協議会、1996；近藤ほか、1998）。

1996年～2000年に有明海漁場環境調査協議会は、噴火災害による漁場環境の荒廃を改善するための調査を行った。筆者らは水無川河口沖の底質を採取し、粒度組成、炭酸塩量の分析を行った（有明海漁場環境調査協議会、2001）。本論では1997年11月～2000年10月までの調査結果について報告する。

2. 土石流の発生状況

水無川流域での月間降雨量（雲仙岳測候所）と土石流による流出土砂量との関係を示した（第1図、第1表）。土石流による流出土砂量は1991年に38万 m^3 、1992年に47万 m^3 であった。1993年4月～6月には63万 m^3 ～136.5万 m^3 にまで達したが、その後減少して1994年に20万 m^3 、1996年に20～23万 m^3 であった（近藤ほか、1998）。1997年8月に20.6万 m^3 、1999年9月に10万 m^3 （河床に堆積）を流出させた土石流があったが、1998年と2000年には発生がなかった。

水無川では土石流対策として、1992年5月に1号・2号遊砂地が設けられた。その後1993年2月に3号遊砂地、1994年7月に仮設導流堤、1998年2月に第1号砂防ダム（貯砂量100万 m^3 ）、2000年3月に第2号砂防ダム（貯砂量71万 m^3 ）、2001年3月に水無川導流堤などが完成した（国土交通省、2001）。これらの対策によって、1991年～1997年に毎年発



第1図 雲仙普賢岳土石流による流出土砂量と月間降雨量（雲仙岳測候所），矢印と数字は調査番号を示す

第1表 水無川の主な土石流と海底泥の採取

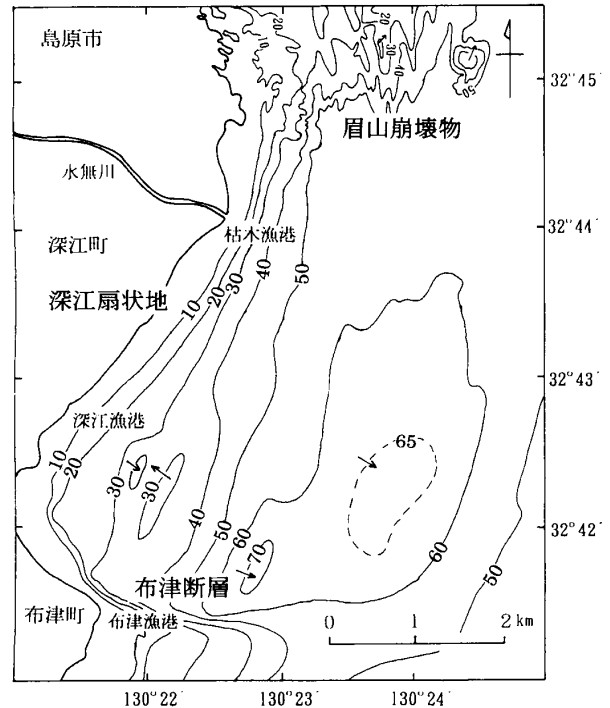
発生年月日	発生地域	土砂量	被害 家屋	調査 番号	採泥日	海域と試料数
1991. 5. 15	水無川	7万 m ³	1			
1991. 6. 30	水無川, 湯江川	38万 m ³	202			
1992. 3. 1	水無川	3.5万 m ³				
1992. 3. 15	水無川	7万 m ³				
				1	1992. 6. 15~16	水無川沖 18点
				2	1992. 7. 20~22	水無川沖 33点
1992. 8. 8~15	水無川	47万 m ³	244			
				3	1992. 8. 24~26	水無川沖 32点
				4	1992. 11. 4~6	水無川沖 34点 浅海定点 11点
1993. 4. 28 ~ 5. 2	水無川 中尾川	136.5万 m ³	488			
				5	1993. 5. 26~27	水無川沖 18点 ★ 中尾川沖 13点 浅海定点 9点
				6	1993. 6. 7	水無川沖 18点 ★
1993. 6. 12~16	水無川	63万 m ³	81			
1993. 6. 18~19	水無川, 中尾川	96万 m ³	207			
6. 22~23	水無川, 中尾川	88万 m ³	78			
				7	1993. 6. 29	水無川沖 8点
1993. 7. 4~5	水無川, 中尾川		25			
1993. 7. 16~18	水無川, 中尾川		83			
				8	1993. 7. 28~29	水無川沖 35点 中尾川沖 16点 浅海定点 8点
1993. 8. 20	眉山六溪 水無川, 中尾川		192			
				9	1993. 10. 12	湯江川沖 9点
				10	1993. 11. 10	水無川沖 5点
1994. 3. 8				11	1994. 3. 28~30	水無川沖 45点 ★ 中尾川沖 19点 浅海定点 14点
1994. 4. 12	水無川, 中尾川	20万 m ³				
				12	1994. 7. 19~21	水無川沖 45点
1994. 8. 27						
				13	1994. 11. 28~29	水無川沖 45点 ★
				14	1995. 5. 17~18	水無川沖 45点 ★ 中尾川沖 18点
1995. 6. 1~7. 20	水無川 中尾川	10万 m ³ 4万 m ³		15	1995. 7. 12~13	水無川沖 45点 中尾川沖 18点 湯江川沖 5点
1995. 8. 31	水無川, 中尾川	4.3万 m ³				
				16	1995. 11. 8~10	水無川沖 45点 ★ 中尾川沖 18点 湯江川沖 6点
				17	1996. 6. 5~7	水無川沖 70点 ★
1996. 6. 18	水無川	20万 m ³				
1996. 7. 3	水無川	23万 m ³				
				18	1996. 11. 6~7	水無川沖 70点 ★
1997. 7. 10		6.2万 m ³				
1997. 8. 6		20.6万 m ³				
1997. 9. 7		4万 m ³				
				19	1997. 11. 13~14	水無川沖 59点 ★
				20	1998. 11. 12	水無川沖 37点 ★
1999. 9. 1		10万 m ³				
				21	1999. 12. 9	水無川沖 37点 ★
				22	2000. 10. 18	水無川沖 40点 ★

生していた土石流は減少し、1998年からの発生は、1999年9月の1回となっている。

3. 海底地形と潮流

水無川河口付近の海底地形は第2図に示した(建設省国土地理院, 1982)。島原市・深江町の深江扇状地は水無川の氾濫によって現在も形成中であり、扇状地面の傾斜は約3度(1/20)で、水深55m付近にまで延びている。水深55m以深では海底は緩やかに深くなる。深江漁港の沖約3~5kmには水深60mの等深線で囲まれる凹地があり、最深部は67.4mである。

南部の布津漁港の北に布津断層がある。この断層は布津町から東の沖合約5kmまで延びている。この断層は北落ちであり、海底地形に見られる最大変位量は37mである。布津断層の北側に、70m、65m、30mなどの等深線で囲まれる凹地がある。なお、布津断層の北約1kmにも平行する断層がある(建設省国土地理院, 1982)。



第2図 水無川河口沖の海底地形

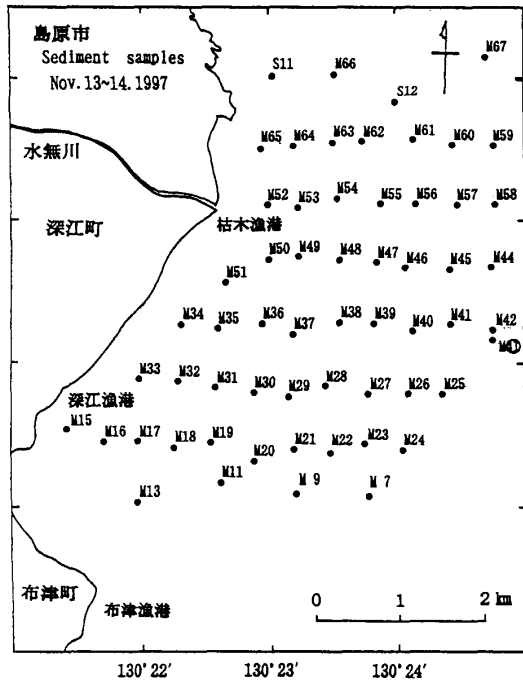
水無川河口の約1km北に複雑な海底地形がある。これは1792年の眉山崩壊による碎屑物が流れ込んだものである。各所に高まりと窪みがあり、沿岸部での南北方向の潮流を妨げている。水無川海域における潮流は上げ潮流時に北北東-北東方向、下げ潮流時に南南西-南西方向である。流速の頻度分布は-5m層では最大約1.5ノット、-20m層では最大約0.2ノットである(山口ほか, 1993; 西ノ首・山口, 1996)。

4. 試料採取と分析方法

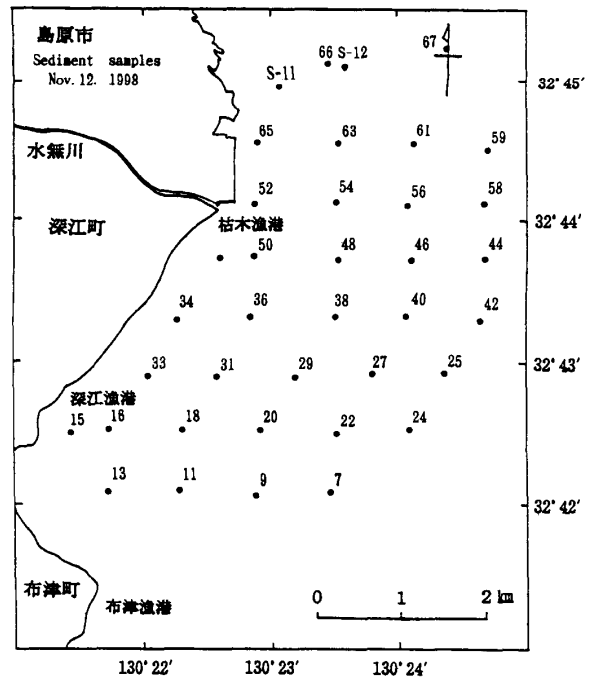
水無川の土石流と海底泥の採取日は第1表に示した。堆積物試料の採取地点と性状は、1993年5月~1995年11月については有明海漁場環境調査協議会(1996)、1996年6月~2000年10月については有明海漁場環境調査協議会(2001)に報告がある。近藤ほか(1998)は1996年11月までの粒度分析などの結果を報告した。

採取地点は第3-a, b, c, d図に示した。1995年11月までは45地点、1996年6月、11月は70地点で年2回の調査であった。しかし、1997年11月(第3-a図)からは土石流発生が減少したこと、粒度組成に大きな変化が認められないので、地点数を少なくし年1回の調査とした。

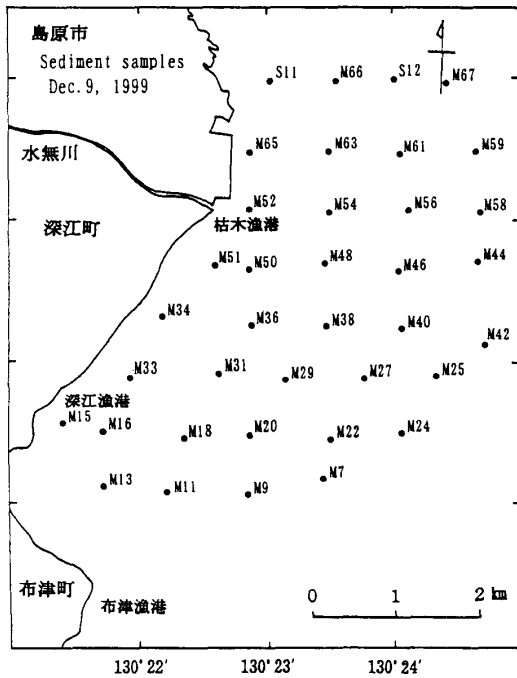
堆積物試料は長崎大学水産学部実習船「鶴水」(27.8トン)により行った。スミス・マッキンタイヤー採泥器(0.05m²)により採取した堆積物に長さ12cm、内径2.6cmの塩化ビニー



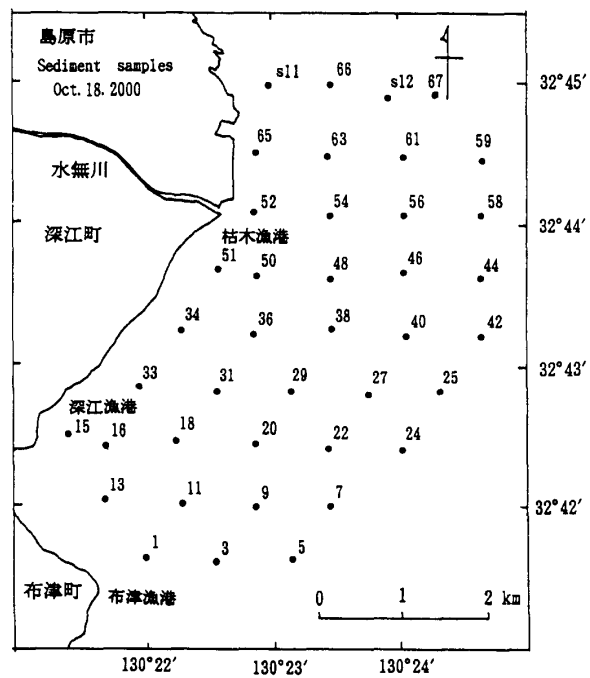
a 採泥地点 (1997年11月13～14日)



b 採泥地点 (1998年11月12日)



c 採泥地点 (1999年12月9日)



d 採泥地点 (2000年10月18日)

第3図 試料採取地点

ルパイプを差込みコアー試料をえた。

粒度分析は砂礫部は篩分法，泥質部はピペット法を用いた。含泥量は250メッシュ通過の泥水に硫酸アルミニウムを加えて泥分を凝集させ，乾燥後の重さを測った。炭酸塩量は乾燥試料を5%塩酸で処理し，処理後の重量減により求めた。

5. 火山灰の堆積状況

雲仙・普賢岳の噴火に伴って発生した土石流は，火山灰などを有明海に多量に流入させた。そのために水無川河口沖には火山灰が堆積した。これらは全体的に均一で，細礫（2～4mm）～泥であり，淡紫～淡褐色であった。火山灰質な中粒～細粒砂は，水がぬけると締め固められた状態を示した。火山灰質泥は火砕流で焼かれた葉，材が多く黒色のものもあった。また土石流堆積物は貝殻を含んでいない（近藤ほか，1998）。これらの特徴をもつ火山灰を指標として，水無川河口沖における土石流堆積物の厚さ，分布が調べられている（合田ほか，1999；近藤ほか，1998）。

初期の調査では，土石流による火山灰と以前の堆積物との区別が容易であった。しかし1994年4月には火山灰がそれ以前の堆積物と互層をしたり，貝殻が混じった火山灰も見られた（近藤ほか，1998）。火山灰は再移動，攪拌，生物的・化学的作用を受けるので時が経つに従い，以前の堆積物と区別が難しくなっている。1997年11月～2000年10月のコアー試料について火山灰の有無，硫化水素臭などは次の通りである。

1997年11月13～14日採取（59試料）：火山灰は St. 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 62に見られた。St. 49, 50, 51, 52, 53, 54のコアーは，全体的に火山灰質の細粒砂～泥であり，火山灰の泥状の塊りがある。St. 47は5～7cm，St. 48は2～7cm，St. 62は7～7.5cmに火山灰があった。長さは表面からの深さである。火山灰が認められる試料は，水無川河口から約2kmの範囲に分布する。硫化水素臭がある火山灰質な黒色泥は St. 17, 47, 48, 54, 63, 64, 65, S11, 66, S12である。

1998年11月12日採取（37試料）：火山灰は St. 38, 48, 50, 52, 65にみられた。St. 52は極細粒砂質火山灰，St. 48は4～8cmが極細粒砂質火山灰である。他の3試料はコアーの中～下部に火山灰がみられた。火山灰がある試料は水無川河口から約2kmの範囲に限られる。硫化水素臭は St. 16, 54, 65, S12に認められた。

1999年12月9日採取（37試料）：火山灰は St. 48, 50, 52, 54, 65にみられた。St. 52, 48では4～8cmは火山灰質細粒砂である。他の3試料もコアー中に薄い火山灰が認められた。

2000年10月18日採取（40試料）：火山灰は St. 48, 50, 52, 54, 65にある。これらは水無川河口付近に限られる。St. 52は火山灰質細粒～中粒砂である。他の試料は火山灰が薄いか，火山灰質泥である。硫化水素臭は St. 38, 61, 66に認められた。

雲仙・普賢岳の噴火活動は，1995年5月に停止が発表された。また水無川流域では砂防施設が設けられて土石流は減少し，1998年からの発生は1回である。そのために水無川河口域への新たな火山灰の流れ込みは少なく，観察された火山灰は土石流が盛んであった頃の火山灰が残存したものである。

6. 中央粒径値 $Md\phi$ の分布

堆積物の粒度組成を代表させるために、粒度組成の累積曲線において重量が50%の ϕ 値である中央粒径値 $Md\phi$ が用いられる。 ϕ （ファイ）値は、粒径 $d_{mm} = 1 / 2^\phi$ の式で mm 値に換算される。堆積物は、中央粒径値 $Md\phi$ が -2ϕ 以下は礫、 $-1 \sim 0\phi$ は極粗粒砂、 $0 \sim 1\phi$ は粗粒砂、 $1 \sim 2\phi$ は中粒砂、 $2 \sim 3\phi$ は細粒砂、 $3 \sim 4\phi$ は極細粒砂に区分される。また 4ϕ 以上の泥は、 $4 \sim 8\phi$ のシルトと 8ϕ 以上の粘土に分けられる。

1997年11月13～14日採取（59試料）（第4-e図）：泥の分布は、水無川河口から1.2～1.9km沖の幅0.7kmであり南北には約2.7kmにわたっている。また水無川河口の約1km北方にも泥が離れて分布する。深江町沿岸は 2ϕ 以下の中粒砂であり、その沖の約2.3kmまでには $Md\phi$ が $2 \sim 3\phi$ の細粒砂である。海岸から2.3kmより沖合は $Md\phi$ が2以下の中粒砂が広く分布している。

1998年11月12日採取（37試料）（第4-f図）：中央粒径値 $Md\phi$ が4以上の泥は分布が広く、水無川河口の約0.6km沖に1～1.7kmの幅で、南北方向に約3.5kmに分布する。島原市の海岸から約2km沖と深江町の海岸から約3km沖は、 2ϕ 以下の中粒砂～粗粒砂となっている。

1999年12月9日採取（37試料）（第4-g図）： $Md\phi$ が4以上の泥は、水無川河口の約0.7km沖に約1km幅で南北に約1.5kmの範囲に分布する。泥の分布は以前よりも狭くなっている。深江漁港の南には 2.5ϕ 以下の細粒砂～極細粒砂がある。 2ϕ 以下の中粒砂は海岸部と水無川河口付近では海岸から約2～2.5km沖合いに広く分布する。調査地の北部には礫質堆積物がある。

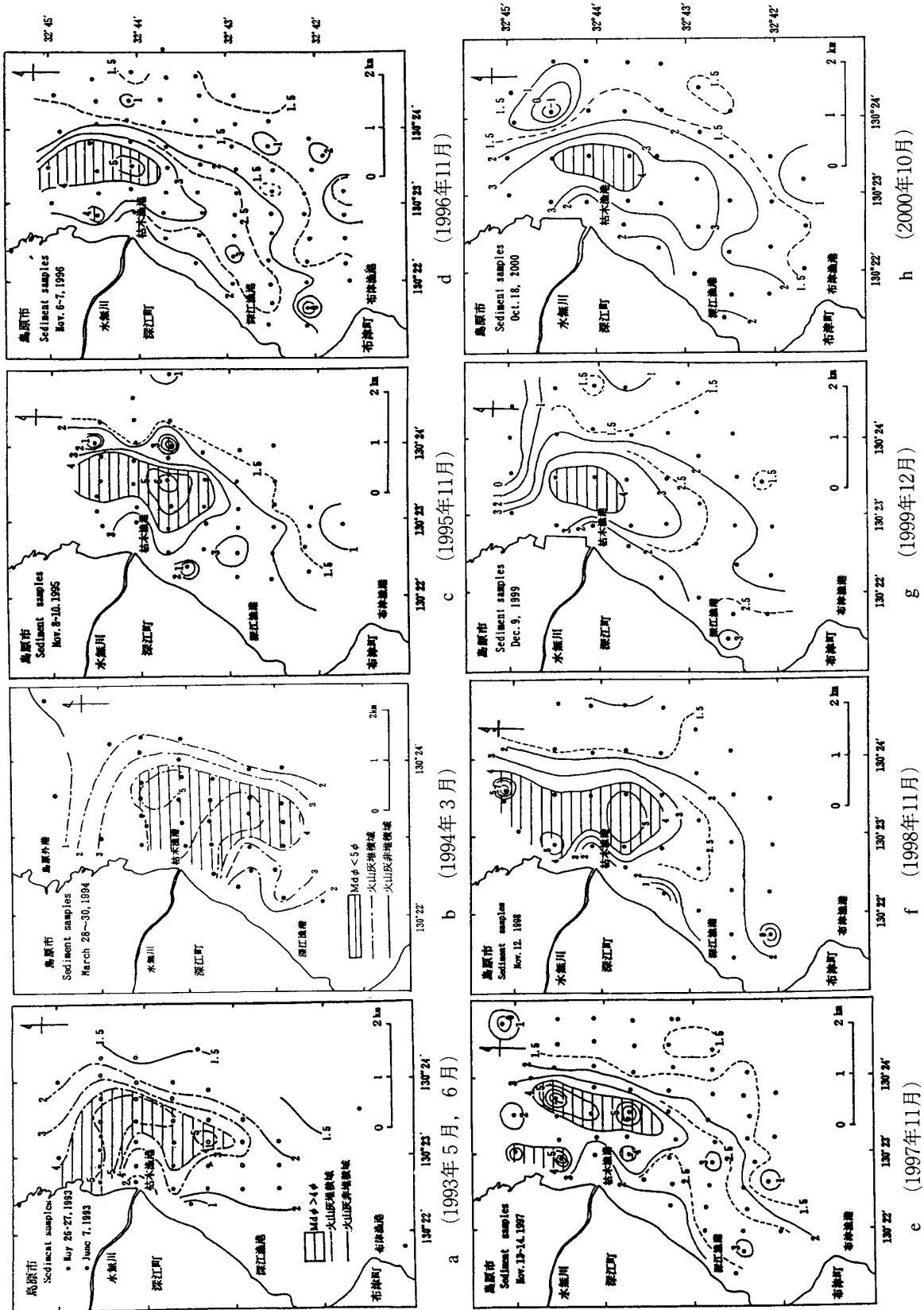
2000年10月18日採取（40試料）（第4-h図）： $Md\phi$ が4以上の泥は、水無川河口の約1km沖から約0.8km幅で南北約1.8kmの範囲に分布する。泥の分布は1999年12月とほぼ同じである。 $Md\phi$ が 2ϕ 以下の中粒砂は海岸部と水無川付近の海岸から約2.7kmの沖合いに広く分布する。

1993年5・6月～1996年11月の $Md\phi$ の分布（有明海漁場環境調査協議会，1996；近藤ほか，1998）と今回の調査による $Md\phi$ の分布により、経年的な変化が示される（第4-a～h図）。また泥が分布する面積は第2表に示した。

1993年5・6月（第4-a図）は4月末～5月初めに発生した大規模な土石流の後である。4 ϕ 以上の泥は水無川河口付近の海岸から約2km沖までに南北方向に約3.5kmの範囲に広く分布する。その面積は3.08 km^2 である。海岸から約2km沖合いには、土石流以前の底

第2表 水無川河口沖における泥の分布範囲の変化

調査年月	1993年 5,6月	1994年 3月	1994年 11月	1995年 5月	1995年 11月	1996年 6月
分布域 km^2	3.08	4.65	2.73	1.86	2.37	2.07
調査年月	1996年 11月	1997年 11月	1998年 11月	1999年 12月	2000年 10月	
分布域 km^2	1.61	1.90	3.31	1.01	1.09	



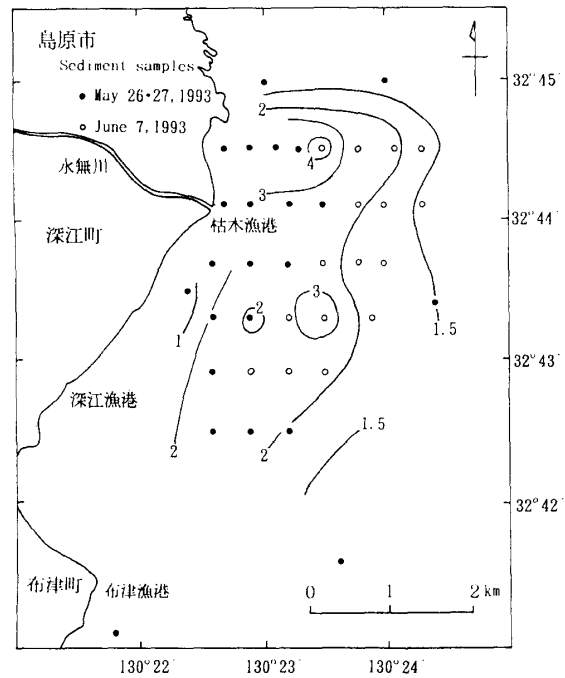
第4図 水無川河口沖堆積物の中央粒径値Mdφの変化(1993年~2000年)

質である中粒砂が分布する。1994年3月（第4-b図）は前年に土石流が多発したために、泥は最大の分布4.65km²となった。その後1994年4月に土石流が発生したが、泥が分布する面積は1994年11月には2.73km²、1995年5月には1.86km²と狭くなっている。

1995～1997年は毎年土石流が発生し、泥の流入が続いていた。1997年11月（第4-e図）において、泥は1.90km²の範囲に分布する。1998年以後土石流は減少し、1999年9月に1回発生したが流出土砂は河床内に留まった。泥の分布範囲は1998年11月（第4-f図）に拡大したが、1999年12月（第4-g図）、2000年10月（第4-h図）には約1km²にまで狭くなっている。

水無川河口沖の底質は土石流が流入する前は、中央粒径値Mdφが2～3の細粒砂が大部分を占め、泥は1地点だけであった

（第5図）（近藤ほか、1998）。2000年10月には水無川河口沖への土石流の流れ込みは殆どないが、水無川河口沖にはこれまでの土石流による泥が残存したままであり、底質は土石流以前の細粒砂にまで回復していない。



第5図 土石流以前の堆積物の中央粒径値Mdφ（近藤ほか、1998）

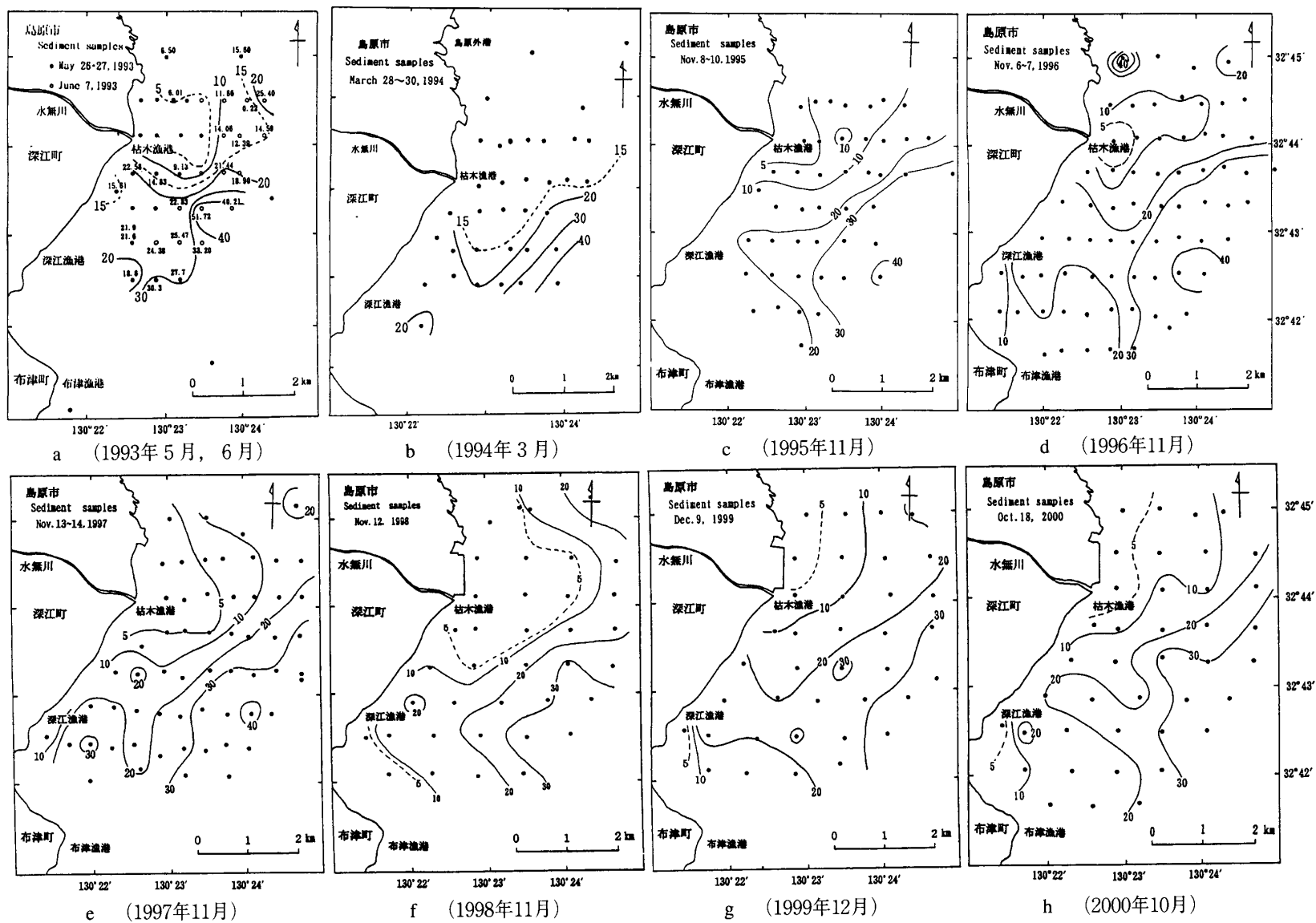
7. 炭酸カルシウム量

1997年～2000年の炭酸カルシウムCaCO₃量の分布（第6-e～h図）の状態は、次の通りである。

1997年11月13～14日採取（59試料）（第6-e図）：水無川河口から約1.7km以内はCaCO₃量が5%以下である。また水無川河口から約2.7kmまでは10%以下となっている。CaCO₃量が5%および10%の範囲は1996年11月（第6-d図）よりもかなり広い。これは1997年7月～9月に土石流が流入したことによると考えられる。30%以上のCaCO₃量は海岸から2～3km沖合に分布する。その分布範囲は1996年11月に近い。

1998年11月12日採取（37試料）（第6-f図）：この時の調査ではMdφが4以下の泥が広く分布していた（第4-f図）。CaCO₃量が5%と少ない試料は、水無川河口から約2.6km沖まで広がっている。CaCO₃量が10%のものは、河口から約3kmまでであり、その分布範囲は1997年11月（第6-e図）と余り変わらない。なお深江漁港の南にもCaCO₃量が5%以下の底質が見られる。

1999年12月9日採取（37試料）（第6-g図）：CaCO₃量が5%以下の底質は、水無川河口付近の北部に限られる。10%以下の底質も河口付近から1.5km以内に限られるが、北に広がっている。これとは逆にCaCO₃量20%以上の範囲は広くなり、深江町海岸にまで広がっている。この時の調査では底質中のCaCO₃量は全体として富んでいる。



第6図 水無川河口沖堆積物の炭酸カルシウム量の分布 (1993年~2000年)

2000年10月18日採取（40試料）（第6-h図）：CaCO₃量が10%以下のものは1999年12月と比べて、水無川河口では広がっているが、CaCO₃量の全体的な分布は、1999年12月とほぼ同じである。

1993年5月、6月～2000年10月までのCaCO₃量の分布（第6図）については、いずれの調査においても、水無川河口付近は中粒砂～細粒砂であるが、CaCO₃量は5%以下と少ない。1994年3月、1997年11月、1998年11月は、CaCO₃量5%以下の分布が広い。1998年から土石流が減少したがCaCO₃量5%の分布は1999年、2000年に狭く、海岸から約1km以内に限られている。なお中央粒径値Mdφが4以上の泥の分布（第4図）は、CaCO₃量が5%～10%の地域に見られる。CaCO₃量が多く30%を越える底質は、海岸から約2～4km沖合いにあるMdφが2以下の中粒砂～粗粒砂である。なお、深江漁港南の底質は細粒砂であるが、深江川が流入するためにCaCO₃量は5%以下と低い。

堆積物中のCaCO₃量は、貝などの生物遺骸に由来するものであり、一般に砂質堆積物では多様な生物活動が盛んであり、CaCO₃量は多くなる。水無川河口沖の海域では海岸から2km～3km沖にあるMdφが2以下の細粒砂～極細粒砂はCaCO₃量が30%以上と多く多様な生物活動を示している。水無川河口では中粒～極細粒砂であるが、CaCO₃量が低い。これは河口では流入する土砂や淡水が混ざる厳しい生息環境によると考えられる。土石流により底質が泥質化した地域は、CaCO₃量が5%～10%と少ない。CaCO₃量が少ないのは、泥の底質では生物種が限られること、水無川河口沖の泥に硫化水素が認められことなどが要因と考えられる。この地域の泥底質が土石流以前の細粒砂に回復すれば、貝類の活動が増えCaCO₃量が多くなると考えられる。

8. ま と め

1990年11月に雲仙・普賢岳は198年ぶりに噴火を開始した。放出された火山屑碎物は降雨により土石流となり水無川から有明海に流れ込み、水無川河口沖の砂質堆積物を泥に変化させた。水無川河口沖にて1991年7月～1995年5月の調査に引き続き、土石流による泥質堆積物が土石流前の細粒砂へ回復する過程を知るために、1996年6月～2000年10月に底質の調査を行った。その結果は次のとおりである。

土石流による火山灰は、水無川河口付近から約2kmの範囲の試料に残存している。土石流により泥質化した堆積物は硫化水素臭が認められた。

1993年5月～2000年10月における中央粒径値Mdφの分布図（第4図）では、4φ以上の泥は水無川河口沖に依然として分布する。泥の分布面積は1993年5～6月に3.08km²、1998年11月に3.31km²であった。土石流が減少した1998年以後に泥の分布は、1999年12月に1.01km²、2000年10月に1.09km²と徐々に狭くなる。このように水無川河口沖の底質は泥から砂へと徐々に回復しているが、土石流前の細粒砂にまで回復していない。

炭酸カルシウム量の分布については、水無川河口は中粒～極細粒砂であるが、土砂と淡水が流入するために貝類が少なくCaCO₃量は低い。また土石流により泥質化した地域は貝類が少なくCaCO₃量も低い。しかし泥の底質が土石流前の細粒砂に回復すれば、貝類が増えてCaCO₃量が増加すると考えられる。海岸から2km～3km沖合いにある細粒砂～中粒砂はCaCO₃量が30%以上であり、多様な生物活動を示している。

参 考 文 献

- 有明海漁場環境調査協議会 (1996) : 雲仙普賢岳火山活動の水産業に及ぼす影響調査事業報告書, 1-497.
- 有明海漁場環境調査協議会 (2001) : 有明海水産業復興対策基礎調査事業報告書, 1-575.
- 合田政次・西ノ首英之・近藤 寛・東 幹夫 (1999) : 目視法による火山起因物質の拡散と堆積量の測定, 水産工学, 35巻, 2号, 293-302.
- 建設省国土地理院 (1982) : 沿岸海域基礎調査報告書 島原地区, 1-195.
- 国土交通省 (2001) : 雲仙・普賢岳噴火災害復興10年のあゆみ (火山砂防事業へのとりくみ), 1-192.
- 近藤 寛・長岡信治・松岡数充 (1994) : 雲仙・水無川における1993年4月~5月の土石流, 雲仙火山災害の調査研究 (雲仙火山災害長崎大学調査研究グループ) 第3報, 1-10.
- 近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之・合田政次 (1998) : 雲仙・普賢岳の土石流堆積物の水無川河口海域における分布 1997年11月~2000年10月, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 58号, 37-51.
- 西ノ首英之・山口恭弘 (1996) : 島原湾及び橘湾の海水流動特性, 雲仙普賢岳火山活動の水産業に及ぼす影響調査事業報告書 (有明海漁場環境調査協議会), 10-65.
- 山口恭弘・合田政次・塩谷茂明・石原 忠・西ノ首英之・内山休男 (1993) : 火山起因物質の水無川河口周辺海底への堆積, 雲仙・普賢岳災害にいとむー長崎大学からの提言ー (長崎大学生涯学習教育研究センター編), 121-140.