

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 1993年5月～1996年11月

近藤 寛

長崎大学教育学部地学教室

東 幹夫

長崎大学教育学部生物学教室

西ノ首英之

長崎大学水産学部漁業管理学教室

合田 政次

長崎大学水産学部海洋情報科学教室

(平成9年10月31日受理)

Distribution of Debris Flow Deposits from Unzen Volcano
on the River Mouth Area of Mizunashi River,
May, 1993~November, 1996

Hiroshi KONDO

Department of Geology, Faculty of Education, Nagasaki Univ.

Mikio AZUMA

Department of Biology, Faculty of Education, Nagasaki Univ.

Hideyuki NISHINOKUBI

Division of Fishery and Oceanography, Faculty of Fisheries, Nagasaki Univ.

Masaji GODA

Division of Marine Information Science, Faculty of Fisheries, Nagasaki Univ.

(Received October 31, 1997)

Abstract

Volcanic debris flows repeatedly occurred along the Mizunashi River by the eruption of Unzen Volcano since November 1990. Debris flow sediments were dredged on the river mouth area of the Mizunashi River from May 1993 to November 1996. We measured the thickness and analyzed the grain size of these debris flow sediments.

The appearance of the debris flow sediments look like the volcanic ash from Unzen Volcano. After the intense debris flow occurred, the debris flow sediments were widely distributed. On March 1994, these sediments have the largest distribution. The river mouth area, sediments were characterized by the mud that median diameter was larger than 4ϕ . Before the influx of debris flow in this area, most of surface sediments used to be a fine grained sand. On November 1996, the debris flow sediments remained on the river mouth area of the Mizunashi River.

1. はじめに

1990年11月17日に開始した雲仙・普賢岳の噴火活動は、初期には火山灰を噴出し、1991年5月20日に山頂部に溶岩ドームを出現させた。その後、巨大な溶岩ドームが形成され、また火砕流が頻発した（松尾ほか、1995）。これらの噴火活動により雲仙・普賢岳の山腹斜面や溪床は、火砕流物質、火山灰などが多量に堆積した状態となり、降雨によって土石流が引き起こされるようになった。

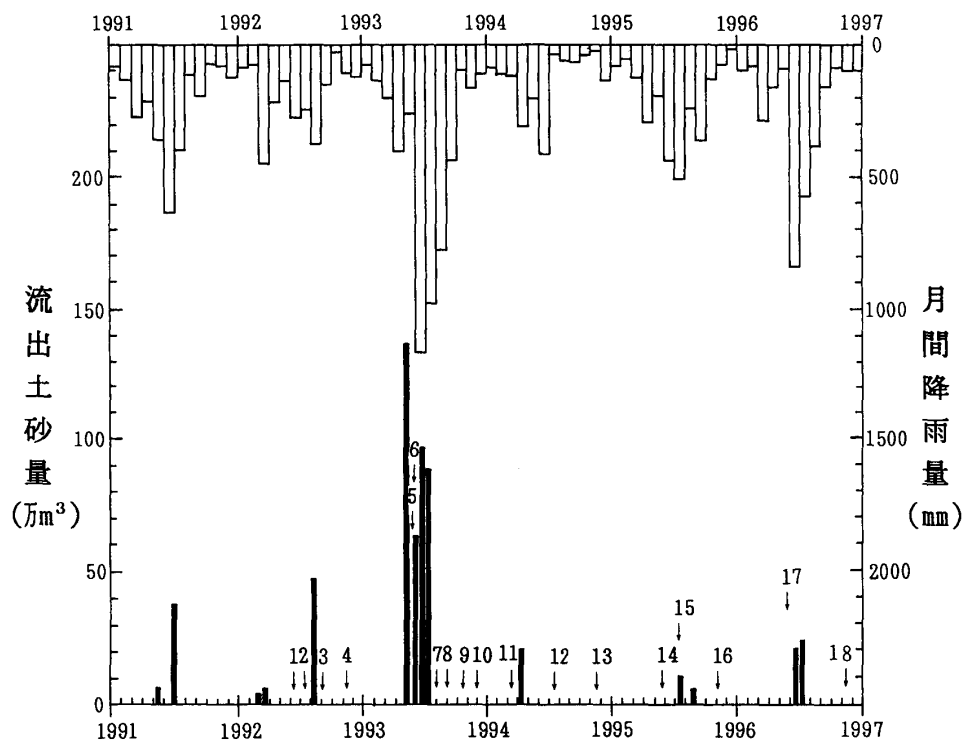
雲仙・普賢岳から東に流れる水無川では、1991年5月15日に小規模な土石流が発生した。この後は大規模な火砕流が多発すると共に、土石流は規模が大きくなり、発生回数も多くなった（建設省・長崎県土木部、1993）。とくに1993年4月28日～5月2日の土石流は、溢流範囲、堆積土砂量、家屋の被害など最大規模のものであった（近藤ほか、1994）。土石流は建物、道路、鉄道、農地などに極めて甚大な物的被害を引きおこしたが、また、土石流によって水無川河口域から沖合の海域に運ばれた多量の土砂や流木などは、この海域の漁場を荒廃させ、相当の漁業被害をもたらした（片岡、1993）。そのため長崎県漁業協同組合、長崎大学水産問題研究グループ（代表者：西ノ首英之）、長崎県水産試験場は、「雲仙普賢岳火山活動の水産業に及ぼす影響調査事業」（1992～1995年度）を実施した。この事業は、1996年度からは「有明海水産業復興対策基礎調査事業」として引きつがれている。筆者らは、水無川河口沖の海域における土石流の流入と堆積による底質環境の変化を知るために、堆積物の採取と観察、および粒度分析を行った。本研究は、水無川河口沖の海底に堆積した土石流堆積物について、その分布および粒度組成の経年的な変化を明らかにすることを目的とした。なお、本研究の概要は、近藤（1996）で報告している。また、土石流が漁場に与えた影響について、生物・環境学的見地から考察した東ほか（1997a, b）の研究においても一部が報告されている。

2. 土石流の発生状況

水無川における大規模な土石流は、荒生（1993）によると次の通りである（第1図、第1表）。1991年6月30日の土石流は、水無川中流の左岸を越えて直線的に海岸へ達した。住宅など202棟が全半壊し、流出土砂量は38万 m^3 であった。1992年8月8日～15日の土石流は、台風10号と前線による降雨で発生し、水無川下流部で氾濫した。住宅など244棟が新たに被害を受け、47万 m^3 の土砂が流出した。1993年4月28日～5月2日の土石流は、被害家屋488棟、土砂量136.5万 m^3 とも最大であった。また、6月には12～16日に63万 m^3 、18～19日に中尾川を含め96万 m^3 、22～23日にも中尾川を含め88万 m^3 の土砂を流出させている。1994年は異常渇水の年であったが、4月12日には20万 m^3 （中尾川を含む）の土石流が記録されている。1995年5月に雲仙・普賢岳の噴火活動停止の見解がだされたが、6～8月に土石流が発生している。1996年3月には水無川改修工事が完了し、6月18日の土石流では導流堤内に20万 m^3 の土砂を堆積させた。また7月3日には23万 m^3 の土砂を堆積させている。しかし、これらの土石流による泥質堆積物は、水無川河口沖の海域まで運び込まれている。

第1表 水無川のおもな土石流と海底泥の採取日

発生年月日	発生地帯	流出土砂量	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



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

3. 海底地形と潮流

海底地形については、建設省国土地理院（1982）の報告によると次の通りである（第2図）。調査地域の西側は、現在も形成中の深江扇状地であり、扇状地面の傾斜は1/20（約3°）である。この深江扇状地は、水深約50m付近にまで張り出している。水深50m以上になると、海底は緩やかに深くなり、深江漁港の沖約4km付近には、水深65mの等深線で囲まれる凹地（最深部は67.4m）がある。水無川河口部の北方には、非常に複雑な海底地形が認められる。これは、眉山の崩壊（1792年）による泥流堆積物が分布しているためである。この付近の海底谷は、全体的に南北方向を示すが、潮流の影響を反映したものである。調査海域の南には、布津漁港付近をほぼ東西に走る布津断層の急崖がある。この布津断層の北、約1kmのところにも平行する断層が認められている。布津断層は北落ちの断層であり、海底地形上の変位は、最高37mである。

水無川河口周辺部における潮流は、上げ潮流時に北北東—北東、下げ潮流時に南南西—南西方向である。流速頻度分布は、5m層では最大約1.5ノット、20m層では最大約2.0ノットである（山口ほか、1993；西ノ首・山口、1996）。

4. 試料と分析方法

4-1 堆積物試料の採取

海底堆積物の採取は、18回行われた。第1表では調査番号1～18として示している。調

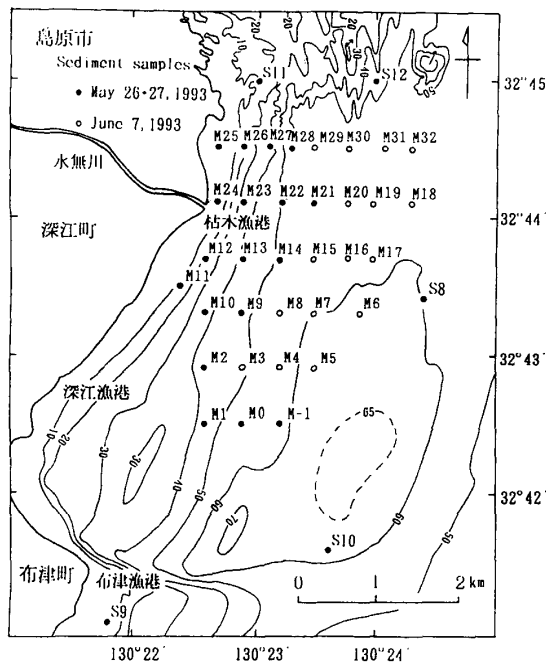
査海域は、1992年～1995年の調査では、水無川河口部の海岸線より沖合へ約3 km、南北約6 kmの平行四辺形で囲まれる範囲である（第2図）。その中に採泥・底生動物調査定点（M番号）を45点、浅海定点（S番号）を14点設定した。なお、未分析の地点は第2図に示していない。1996年からの調査は、範囲を約1 km拡大し、定点間の距離を短かくしたため、採泥地点数は70点となった（第3図）。

採泥調査は、長崎大学水産学部の調査実習船「鶴水」（27.8トン）により、スミス・マッキンタイア型採泥器（0.05m²）を用いて行った。採取された堆積物中に、長さ12cm、内径2.6cmの塩化ビニールパイプを差し込んでコアー試料を採取した。コアー試料は、分析時まで-30℃で凍結して保存した。なお、第1表には中尾川河口沖での採泥数も示している。これらの採泥調査のうち、粒度分析は、調査番号5、6、11、13、14、17、18の試料について行った。

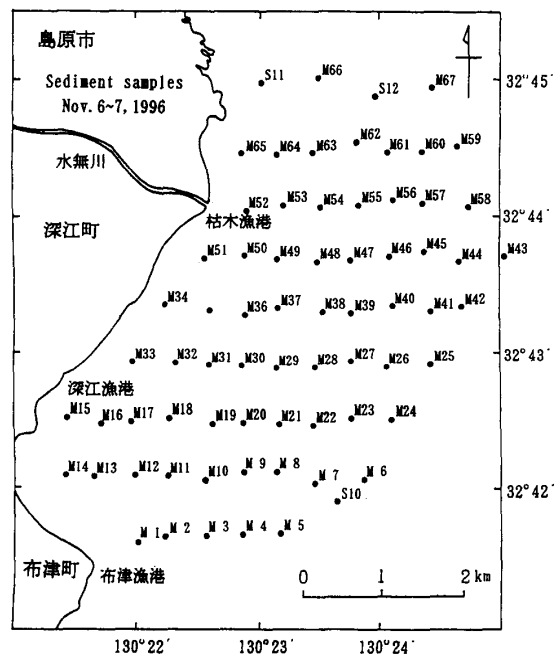
4-2 火山灰層（土石流堆積物）の調査

海底から採取した土石流堆積物は、色が淡紫、褐色～淡褐色であり、細礫（2～4 mm）から泥までの粒径であり、全体的に均質であった。泥分が少なく、分級がよい中粒～細粒砂は、水がぬけると締め固められたような状態を示していた。泥質の土石流堆積物は、火砕流によって焼かれた材、葉などの炭質物が多く、黒色を呈するものも見られた。また、貝殻片を含まないことも特徴であった。これらの特徴をもつ土石流堆積物は、雲仙・普賢岳の今回の噴火による火砕流物質、火山灰などの碎屑物に由来するものであり、本論では細礫（2～4 mm）も便宜的に含めて、火山灰層または火山灰として記述する。

海底に堆積した火山灰（土石流堆積物）の堆積量の調査は、「雲仙普賢岳火山活動の水産



第2図 調査地の海底地形と試料採取地点
(1993年5月, 6月, 調査番号5, 6)



第3図 試料採取地点
(1996年11月, 調査番号18)

業に及ぼす影響調査事業」の重要な調査項目であり、山口ほか（1993）は、調査番号2, 3, 4の採泥による火山灰層の厚さの分布を報告した。また、合田・西ノ首（1996）は、調査番号1～5, 8, 11～16について、火山灰層の厚さの分布と変化を報告している。これらの報告によると、初期の採泥調査では海底に堆積した火山灰は、特徴的な色と明瞭な層をなしているため、火山灰の影響がない海底泥との区別が容易であった。しかし、1992年11月（調査番号4）には、火山灰の色が黒っぽくなり、在来の砂泥の色に近づき、堆積量の目視測定はかなりむつかしくなっていた（合田・西ノ首, 1996）。なお、本研究では目視による火山灰層の厚さの測定は、解凍後のコア一試料について行った。

火山灰の堆積状況の調査は、調査番号5, 6, 11, 13, 14, 17, 18の試料について行った。コア一試料は、肉眼観察により、火山灰の有無、堆積物粒子の大きさ、泥や貝殻の含まれ方などが変化する部分で上, 下部または上, 中, 下部に切り、それぞれの粒度分析を行った。火山灰層と火山灰を含まない堆積物との境は、調査番号5, 6（1993年5, 6月）のコア一では比較的明瞭であった。しかし、調査番号11（1994年3月）のコア一では、火山灰層と火山灰を含まない堆積物が互層となったり、また、貝殻を含む火山灰層もあった。これらは、火山灰が土石流によって繰り返し流れ込み、また、土石流による堆積物が海底で再移動していることを示している。

4-3 粒度分析法

粒度分析は、砂質部を篩分法、泥質部をピペット法により行った。調査番号13以後は、泥質部は含泥量のみ測定に変更した。

篩分法：試料を水に懸濁させた後、250meshの篩に通し泥分を除く。篩に残った砂は、乾燥後、1φ間隔の篩で篩分し、各粒径の篩に残った砂の重量を測定する。

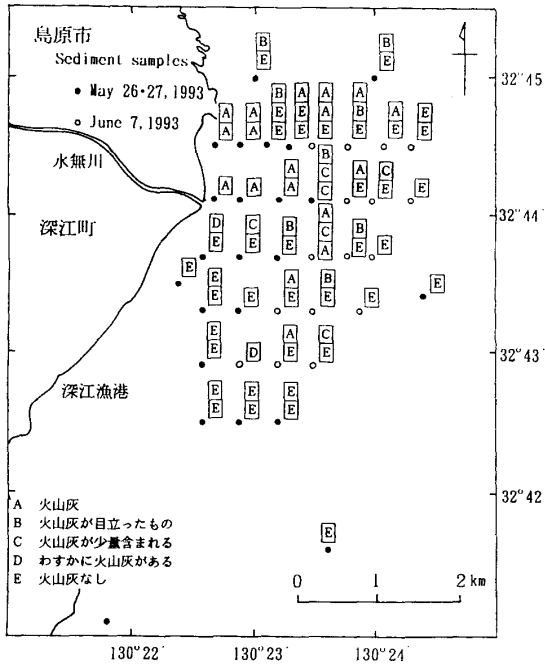
ピペット法：試料の懸濁水をメスシリンダーに入れ1ℓとする。4φ以上の粒子の沈降時間（1φ間隔）ごとに、ピペットにより20ccを吸い上げ、蒸発皿に移して乾燥させる。乾燥後の泥重量を測り、50倍にする。

含泥量：試料の懸濁水を250meshの篩に通し、泥水を集める。この泥水に、硫酸アルミニウム液を加えて泥分を凝集させる。この泥分を吸引ロートにより口紙に集める。乾燥後に重さを測る。

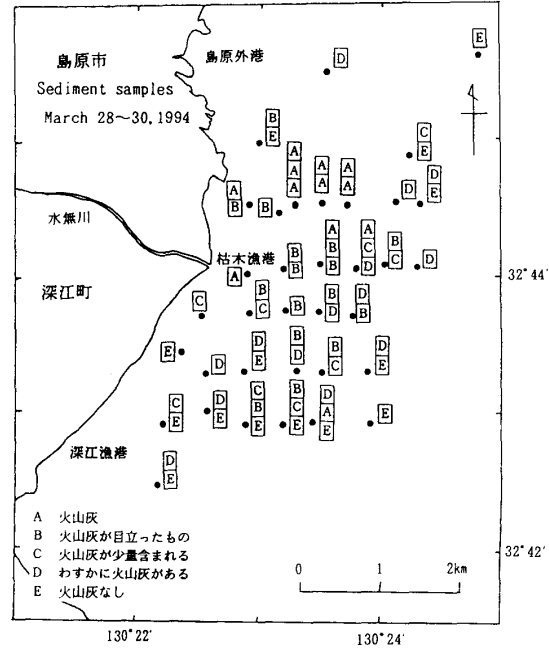
5. 結果と考察

5-1 火山灰（土石流堆積物）の堆積状況

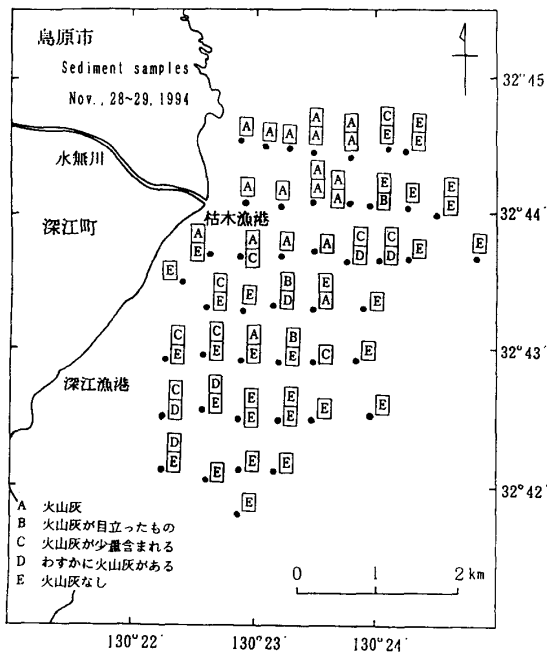
コア一中の火山灰は、全体が均質なもので、既存の堆積物に重なるもの、数mmの厚さの黒色部が縞状を示すもの、塊りが斑状を示すものなどが見られた。特徴的な火山灰は、淡紫色で均質な細粒～極細粒砂であり、容易に識別できた。一方、泥質堆積物は、火山灰起源であるか否かの識別が難しいが、火砕流に由来する炭質物を多く含む黒色泥は火山灰として区別できた。コア一は、観察により上, 下部または上, 中, 下部に切り、それぞれに火山灰が含まれる程度に従って、A：火山灰、B：火山灰が目立つもの、C：火山灰が少量含まれる、D：わずかに火山灰がある、E：火山灰なし、に区分して図示した（第4～9図）。



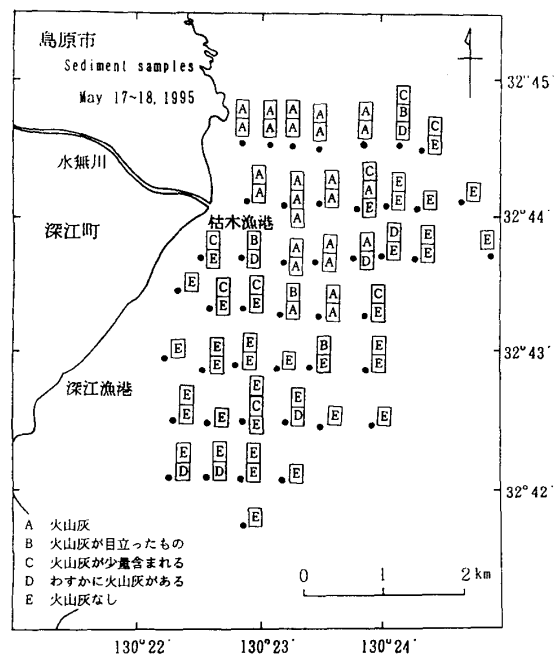
第4図 火山灰の堆積状況
(1993年5月, 6月, 調査番号5, 6)



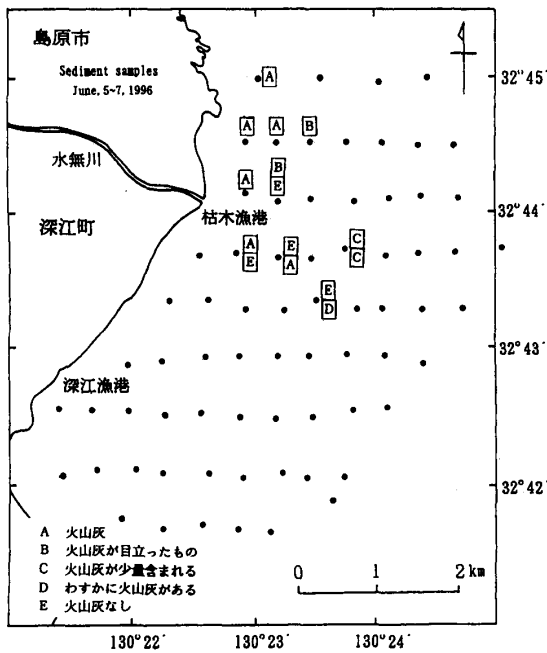
第5図 火山灰の堆積状況
(1994年3月, 調査番号11)



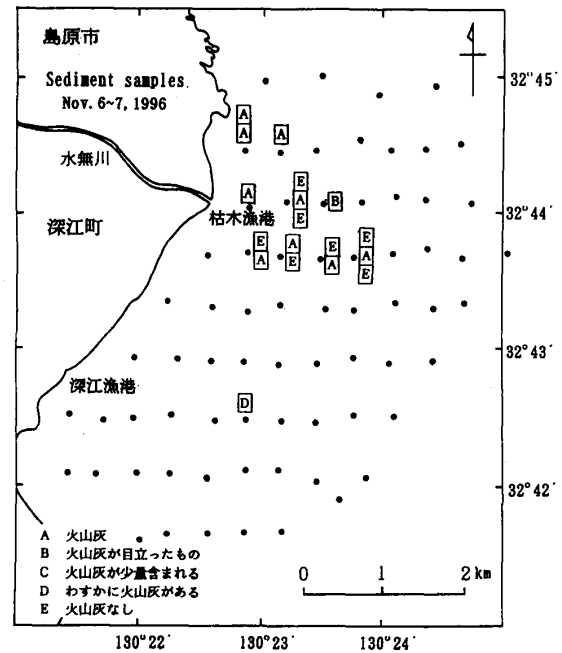
第6図 火山灰の堆積状況
(1994年11月, 調査番号13)



第7図 火山灰の堆積状況
(1995年5月, 調査番号14)



第 8 図 火山灰の堆積状況，火山灰がある地点のみを示す（1996年6月，調査番号17）

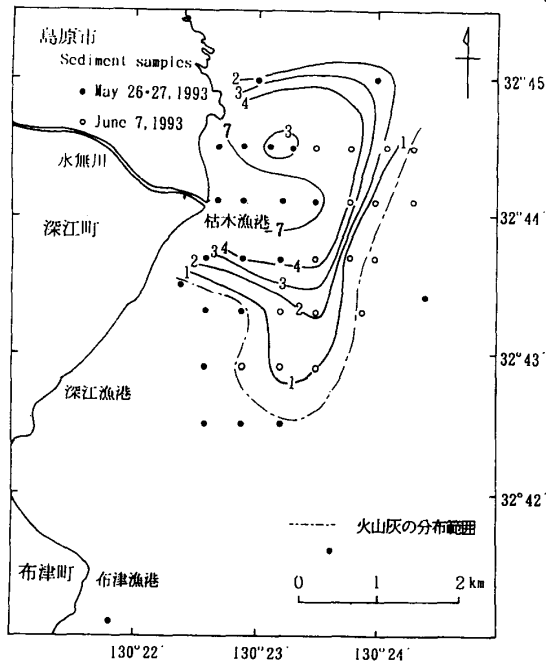


第 9 図 火山灰の堆積状況，火山灰がある地点のみを示す（1996年11月，調査番号18）

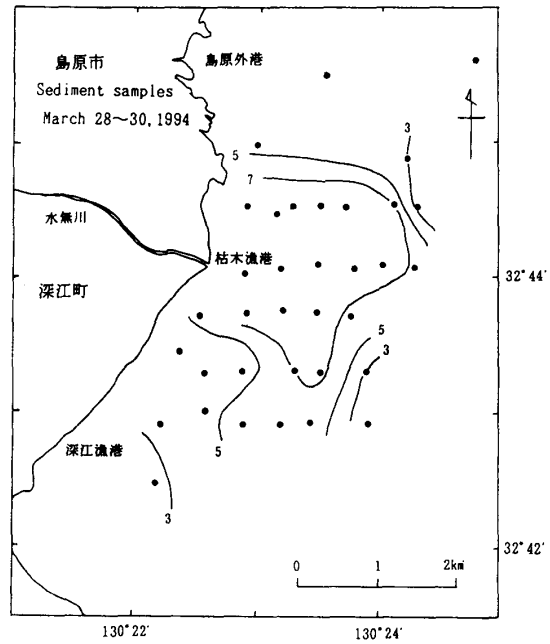
1993年5～6月（調査番号5，6）には，火山灰が分布する範囲は，海岸から約2.5km沖合まで，南北に約5km以上となっている（第4図）。水無川河口附近は，コア全体が火山灰である。その沖合では，表層部は火山灰であり，下部は比較的明瞭な境で既存の堆積物になっている。両者の境界が明瞭であるのは，最大の土石流（1993年4月28日～5月2日）の約1カ月後に，コア試料が採取されているため，再移動などによる乱れが少ないためであろう。1994年3月（調査番号11）には，火山灰～火山灰を一部含む堆積物の分布は，より広がっている（第5図）。また，火山灰層と既存の堆積物との混合が増えている。これは，前年の6～7月に大きな土石流があり，試料の採集までの期間が長かったためと考えられる。1994年11月（調査番号13）および1995年5月（調査番号14）は，水無川河口付近とその北方では，火山灰層が安定的に分布する状態が示されている。しかし，沖合部と南部では，火山灰の分布域が減少している（第6，7図）。1996年6月および11月（調査番号17，18）になると，火山灰が明瞭に観察される範囲は，水無川河口部に限られる（第8，9図）。これは，火山灰が再移動していること，および海底では火山灰の特徴が徐々に失われているため，と考えられる。また，水無川流域における防災工事により，土石流の流れ込みが減少しているためと考えられる。

5-2 火山灰層の厚さの変化

土石流によって運ばれた火山灰層の厚さの変化は，合田・西ノ首（1996）および本研究の結果（第10～13図）では次の通りである。1992年6月（調査番号1）には，火山灰の堆積は，水無川河口のごく周辺部に限定され，厚さは3cm程であった。この年の梅雨期は，降水量が少なかったが，7月（調査番号2）には，火山灰の分布は河口から約2km沖付近



第10図 火山灰層の厚さcm
(1993年5月, 6月, 調査番号5, 6)

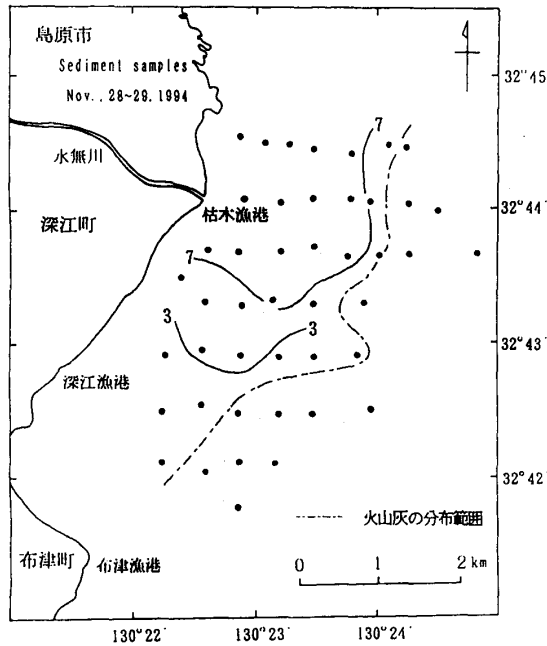


第11図 火山灰層の厚さcm
(1994年3月, 調査番号11)

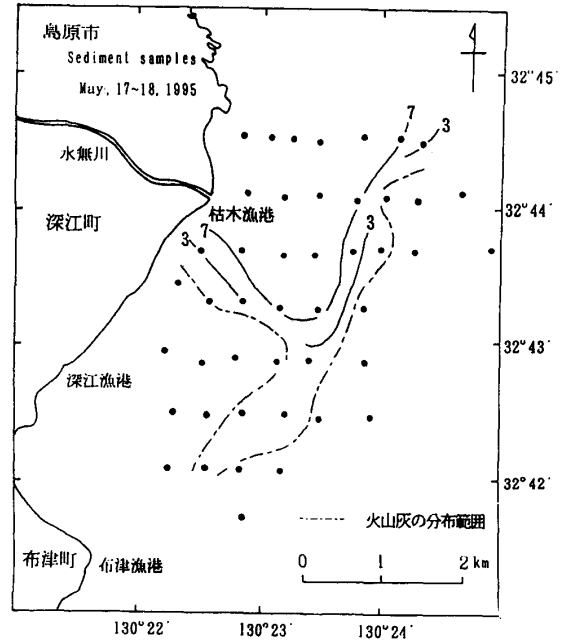
にまで拡大した。8月8日～15日に発生した大規模な土石流後（調査番号3）には、火山灰の分布範囲は、東方沖に拡大している。11月（調査番号4）になると、火山灰の分布は、北北東—南南西に向かってさらに拡大している。この方向は、潮流の主軸方向と一致しているため、火山灰は潮流により運搬されたと考えられる。なお、厚さ3cm以上の火山灰は、水無川河口沖約1kmから約2kmの間を、南北約3km以上の長さで帯状に分布している（合田・西ノ首, 1996）。

1993年4月28日～5月2日に、最大規模の土石流が発生した直後の5月, 6月（調査番号5, 6）（第10図）には、火山灰は、岸より約2.5km沖合（水深50～60m）まで、河口の南約2.5kmまで、また、河口の北には2.5km以上の範囲に分布している。火山灰層の厚さは、M21地点は8cm以上、M23, M24, M25地点は7cm以上であった。火山灰は水無川河口沖の北側に広がっているが、これは水無川の北側に大規模にあふれた土石流が海岸線を直接越えて、海域に流れこんだためと考えられる。7月（調査番号8）になると、火山灰の堆積量が著しく、厚さ8cm以上の火山灰は河口沖約2.5kmまで広がっている。その分布範囲は、河口の沖合約4km, 南に約5kmまで拡大した（合田・西ノ首, 1996）。

1994年3月（調査番号11, 第11図）においては、火山灰はさらに広い範囲に分布している。7cm以上の厚さの火山灰は、東側は130°24'Eを越え、南には32°43'N付近にまで広がっている。また、厚さ3cm以上の火山灰は、河口の沖約3kmまで、南北約6kmの範囲に分布する。その後、土石流は4月に発生しているが、降雨期は異常湧水となり、土石流はほとんど発生しなかった（第1図）。そのために、7月の調査（調査番号12）では、沖合部約2.5km付近から東には火山灰は見られず、潮流によって拡散したのと考えられる（合田・西ノ首, 1996）。さらに11月（調査番号13, 第12図）になると、火山灰の分布範囲は海岸線か



第12図 火山灰層の厚さcm
(1994年11月, 調査番号13)



第13図 火山灰層の厚さcm
(1995年5月, 調査番号14)

ら約2 km以内(水深50~60m)までとなり、南西部への広がりも狭くなっている。しかし、厚さ7 cm以上の火山灰層は、分布範囲はほとんど変わらない。この後も大きな土石流は、発生が見られなかった(第1図)。

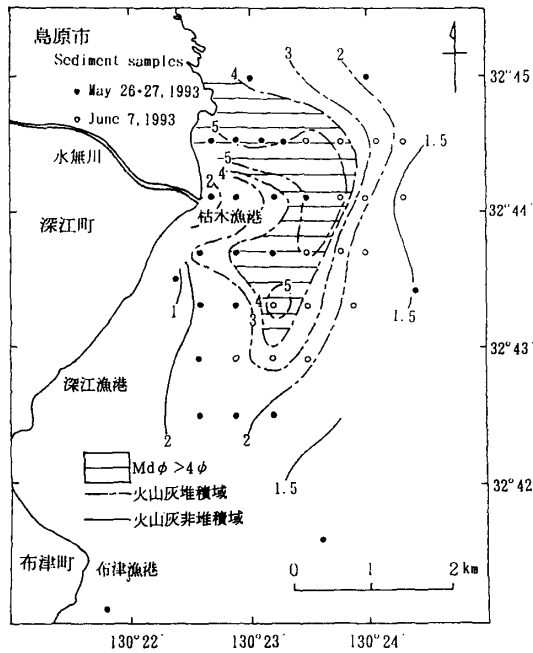
1995年5月(調査番号14, 第13図)には、7 cm以上の厚さの火山灰が分布する範囲は、以前よりもやや狭くなっている。そして、南部は火山灰が無い地点が増加している。これは、火山灰が潮流によって拡散させられたことを示している。その後、火山灰の分布範囲は、7月, 11月の調査(調査番号15, 16)において、ほとんど変化していない(合田・西ノ首, 1996)。

1996年6月(調査番号17)になると、明らかに火山灰と判定できる堆積物の分布は、水無川河口域に限られ(第8図)、火山灰層の厚さの分布図は描けなかった。この調査の直後の6月18日と7月3日に土石流が発生したが、土砂は導流堤内に堆積し、泥を含んだ水は、水無川河口から海に流出した。11月(調査番号18)においても、明瞭な火山灰の分布は、河口付近に限られている(第9図)。

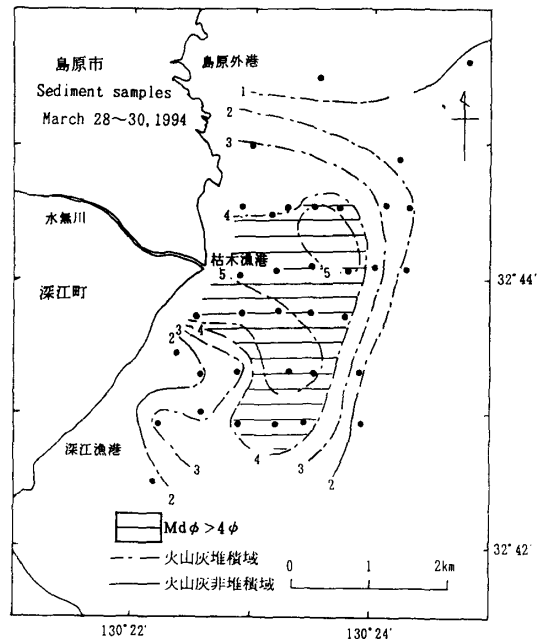
5-3 火山灰(土石流堆積物)の中央粒径値 $Md\phi$ の分布

水無川河口域における土石流および土石流以前の堆積物の中央粒径値 $Md\phi$ は、第14図~19図に経年的な分布の変化を示した。図では 4ϕ 以上の泥質堆積物の分布域は、横線で示している。また、1995年までの図(第14~17図)では、火山灰分布域の $Md\phi$ の等値線は、一点破線で描いている。なお、含泥量のみを測定した調査番号13以後は、含泥量50%の線は $Md\phi = 4\phi$ の線と一致している。

1993年5, 6月の調査(調査番号5, 6)は、4月28日~5月2日に発生した最大規模



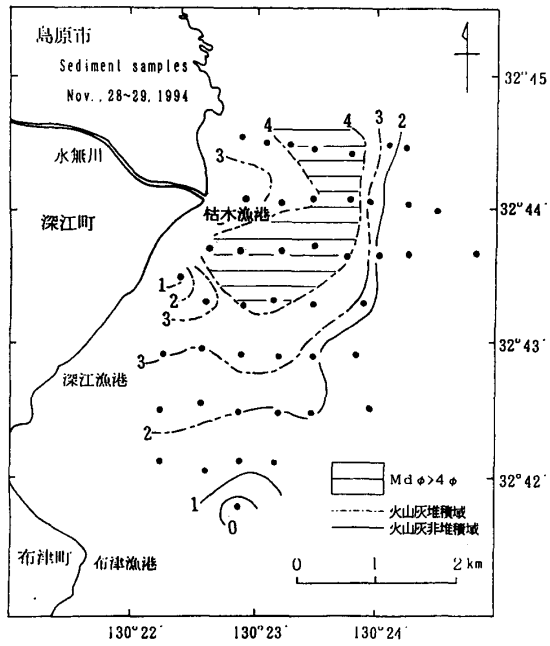
第14図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1993年5月, 6月, 調査番号5, 6)



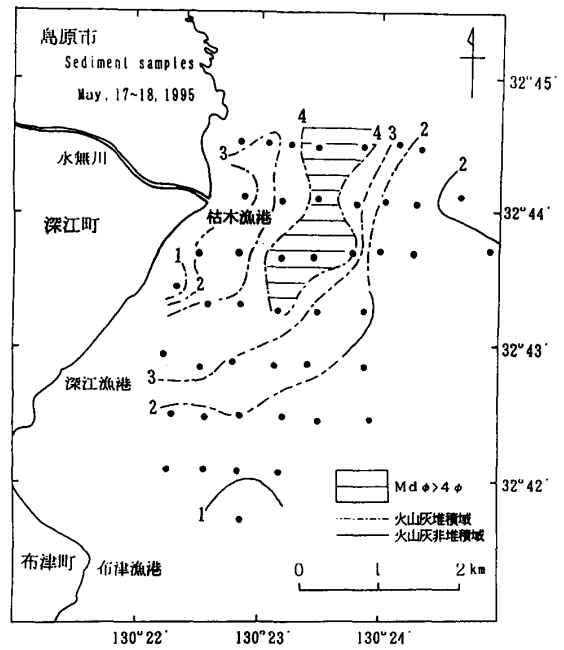
第15図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1994年3月, 調査番号11)

の土石流の直後であり、火山灰は海岸より約2.5km沖合まで、南北には約5 km以上の範囲に分布する(第4図)。火山灰の中央粒径値 $Md\phi$ (第14図)は、水無川河口部約1 kmまでは粗く、1～3 φ (中粒砂～細粒砂)である。その沖に、粒径が細かい3 φ～5 φ以上の極細粒砂～シルトが分布する。4 φ以上の泥は、岸から沖合へ約2 km、また北北東-南南西方向に約4 kmの範囲に分布している。 $Md\phi$ の最大値は、M20地点で5.62 (含泥量95%)であった。なお、火山灰が堆積していない約2.5km以上の沖では、2 φ以下である。このような $Md\phi$ の分布図は、土石流によってもたらされた土砂のうち、中粒砂～細粒砂が河口部に残され、泥が沖合に運ばれ、さらに潮流によって北北東-南南西方向に運ばれたことを示している。また、沖合約2.5km以遠では、火山灰質泥は堆積がないので、運び去られていることを示している。なお、土石流以前の堆積物については、 $Md\phi$ が4 φ以上の泥質堆積物は、M29地点の4.2φのみであった(第20図)。

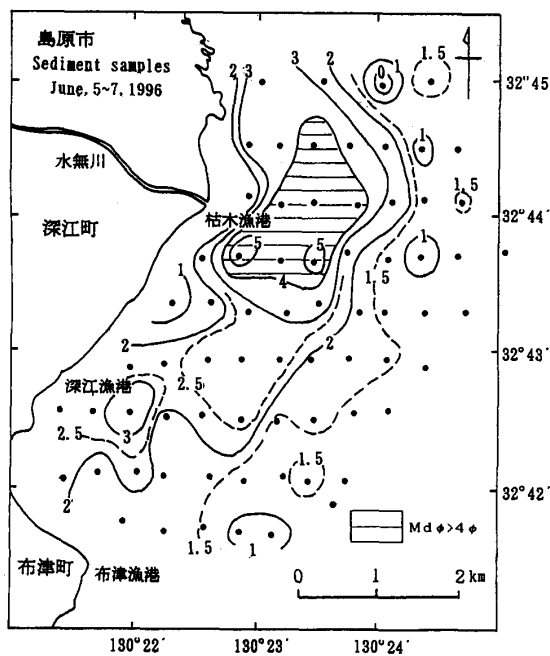
1994年3月(調査番号11)には火山灰は、最大の範囲に分布している(第5図)。これは前年の6月、7月に大規模な土石流が、再三にわたり発生したためと考えられる。4 φ以上の火山灰質泥の分布(第15図)は、河口部の沖に北北東-南南東方向に広がる。沖合への泥の分布は、海岸から約2 kmまでであり、その沖では潮流により泥が運び去られていることを示している。南北方向の広がり、約4 kmである。最大の $Md\phi$ は、M29地点で5.71 φ (含泥量は86%)であった。この年は降雨期に雨が少なく、異常渇水となった。その後、11月(調査番号13)になると、火山灰の分布域はややせまくなる(第16図)。 $Md\phi$ が4 φ以上(含泥量50%以上)の火山灰質泥は、分布が縮少している。即ち、水無川河口部は、4 φ以下の細粒～極細粒砂へと粗くなる。また、深江漁港の沖合部に張り出していた火山灰質泥は、3 φ～4 φの極細粒砂へと粗くなっている。火山灰が分布しない岸から約2 km



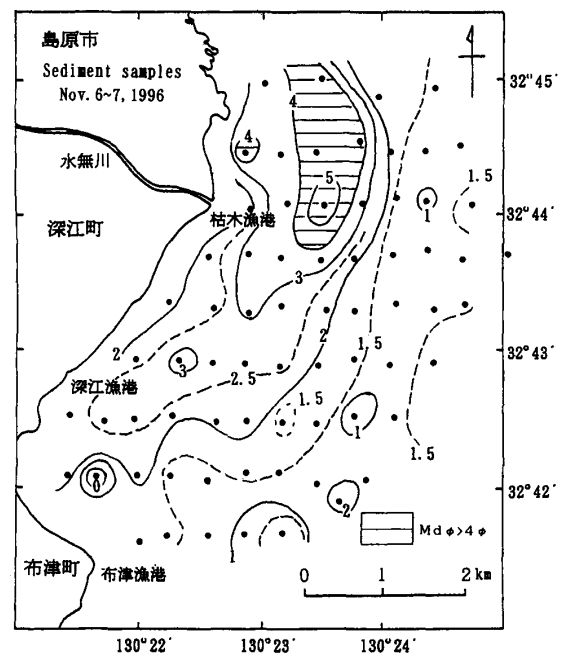
第16図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1994年11月, 調査番号13)



第17図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1995年5月, 調査番号14)



第18図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1996年6月, 調査番号17)



第19図 堆積物の中央粒径値 $Md\phi$
(1996年11月, 調査番号18)

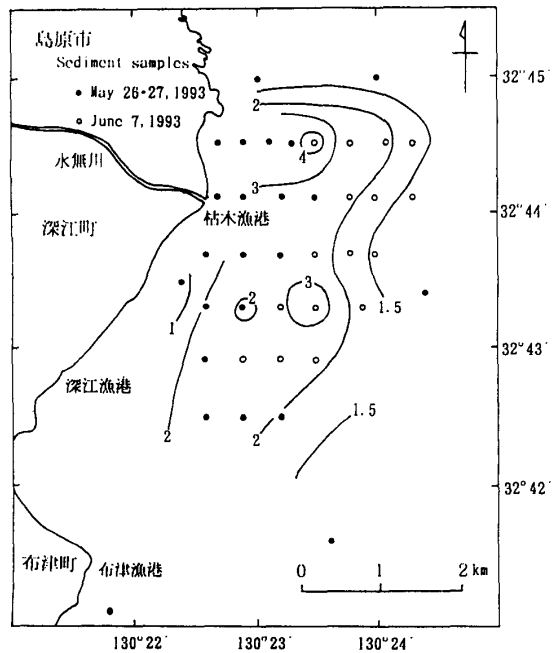
沖は、Mdφ が 1～1.5φ の中粒砂であり、M17地点では1.49φ、M18地点では1.2φ であった。その後も大きな土石流は発生せず、1995年5月（調査番号14）になって、火山灰質泥の分布域はさらに縮少した(第17図)。この時点で、泥の分布域は、今後も縮少すると予想された。しかし、1996年6月の調査（調査番号17）では、泥の分布域は、水無川河口に近い西側部が再び拡大している(第18図)。これは、前年の6月～8月に発生した土石流の影響が考えられるが、降雨ごとに水無川からの泥水が、小規模であっても繰り返し流れ込んだ結果と考えられる。この点については、1995年7月、11月（調査番号15、16）の粒度分析の結果を得て議論したい。1996年6月の3～4φの極細粒砂の分布は、1995年5月(第17図)と比較して、南側から縮少し、2.5～3φの細粒砂に変化している。この細粒砂は、約1kmの幅で深江港の沖にまで延びている。また、3～4φの極細粒砂は、水無川河口沖の北側では北方に広がっている。この調査の直後には、6月18日と7月3日に土石流が起き、泥水が水無川から海へ流出している。11月の調査（調査番号18、第19図）では、泥の分布は、東西の幅が狭くなり、水無川河口沖から北方へ帯状にのびている。3～4φの極細粒砂の分布は、南側から狭くなっている。その南には2.5～3φの細粒砂が深江漁港沖へのびたままである。Mdφ が2φの等値線は、海岸線に沿って、約2km～2.5km沖合を走っているが、深江漁港の南では陸側に近づいている。

5-4 土石流以前の堆積物の中央粒径値 Mdφ

1993年5月、6月（調査番号5、6）に採取したコア一試料は、表層部は火山灰に被われていたが、下部は比較的明瞭な境で火山灰を含まない堆積物となるものが多く観察された。これらのコア下部の堆積物および火山灰が無い沖合の堆積物は、水無川の土石流以前に形成された堆積物であると判断される。

コア全体が火山灰であったM15、M21～M26地点の7試料では、土石流以前の堆積物の中央粒径値 Mdφ は不明である。ここでは、1993年5月、6月のコア一試料を用いて、土石流の流入前における堆積物の Mdφ の分布について述べる(第20図)。

水無川河口付近では、Mdφ が4φ以上の泥は、M29地点(4.2φ)のみであった。また、3φ以上の極細粒砂は、M27、M28地点および南東沖のM7地点に限られている。水無川河口域では、広範囲に2～3φの細粒砂が分布している。沿岸から約2km沖からは、2φ以下の中粒砂になっている。また、調査地の北部も中粒砂が分布している。このように、土石流以前の堆積物は、水無川河口域において、細粒砂であったことは、潮流の速さからも説明できる。水無川河口沖での最大流速は、20m層で2



第20図 土石流以前の堆積物の中央粒径値 Mdφ (1993年5月、6月、調査番号5、6)

ノット（秒速102cm）である（山口ほか，1993）。ここでは，直径 d mmの粒子を動かす流速 V cm/sec を現わす実験式 $d/V^4 = 1.5 \times 10^{-9}$ （木村，1954）を用いると，2ノットの流速によって， 2.7ϕ 以上の細かい粒子が動かされることになる。土石流以前の堆積物の粒径（第20図）は， $2\phi \sim 3\phi$ 以下であり，この付近の潮流の速さ2ノットとよく対応している。

土石流の流入後は，水無川河口沖に泥質堆積物が広く分布している（第14～19図）。このように，水無川河口域の堆積物は，本来は中粒～細粒砂であったものが，土石流が流れ込むことによって，泥質化したことは明瞭である。土石流後に $Md\phi$ が増大した17地点の $Md\phi$ は，平均 1.4ϕ の増大であった。とくに，M20地点は 3.45ϕ ，M30地点は 2.25ϕ ，S11地点は 2.44ϕ の増加であった。含泥量についても，16地点の含泥量は平均25.3%増大している。とくに，M20地点は71.5%，M30地点は40.5%，S11地点は28.9%の含泥量の増加であった。1993年5月，6月以後も水無川河口には泥質堆積物が分布したままであり（第15～19図），土石流以前の砂質堆積物の粒度にまで回復をしていない。

6. ま と め

1990年11月に始まった雲仙・普賢岳の火山活動は，1995年5月に活動を停止した。この噴火により放出された多量の火山砕屑物は，降雨によって土石流となり，水無川とその周辺部から海へ流れ込んだ。これらの土石流堆積物（火山灰）について，水無川河口沖の海域における分布と厚さの変化を知るために，1992年6月～1996年11月に18回の採泥調査が行われ，コア試料が採取された。本研究では，1993年5，6月（調査番号5，6），1994年3，11月（調査番号11，13），1995年5月（調査番号14）および1996年6，11月（調査番号17，18）のコア試料について，火山灰層の観察と厚さの測定，および粒度分析を行った。その結果，水無川河口域における土石流堆積物（火山灰）の分布と厚さ，中央粒径値 $Md\phi$ の経年的な変化は，次の通りである。

1993年5～6月は，最大の土石流の直後であり，火山灰は水無川の沖合約2.5km，南北約5km以上の範囲に分布した。1994年3月は，火山灰の分布が最大となる。これは前年の大きな土石流のためと考えられる。1994年11月，1995年4月には，火山灰の分布域は沖合部と南部で狭くなる。これは，1994年に降雨が少ないこと，火山灰が潮流によって拡散したことによると考えられる。1996年6月，11月には，明瞭な火山灰は河口付近に限られるが，火山灰の特徴が徐々に失われているからである。以上のように，大きな土石流の後には，火山灰の分布が拡大し，土石流が少ない場合は，火山灰は潮流によって拡散され，その分布は狭くなっている。1996年以後は，火山灰の分布は水無川の河口付近に限られている。

火山灰層の厚さは次のように変化する。1993年5～6月には厚さ7cm以上の火山灰は，河口付近に分布する。1994年3月は火山灰の分布が最も広く，厚さ7cm以上の火山灰は，河口の沖約3km，南北約3kmまでの範囲に広く分布する。11月には南部は，火山灰の厚さが減少する。1995年5月になると，7cm以上の厚さの火山灰は，分布がやや狭くなる。南部では火山灰が無い地点がさらに広がっている。以上のように，火山灰は1994年3月に最大の分布を示した。その後，火山灰の厚さは，南部から徐々に減少している。

火山灰の中央粒径値 $Md\phi$ については，1993年5～6月には，河口付近は $2 \sim 3\phi$ である。 4ϕ 以上の泥は，岸から約1～2kmの間で，南北約4kmの範囲に分布する。その沖合

の火山灰がない堆積物は、2 φ 以下である。1994年3月には、4 φ 以上の泥は最大の広がりを示している。4 φ 以上の泥は、沖合約2 kmを越えるとなくなり、潮流により運び去られたと考えられる。11月には、水無川河口付近は4 φ 以下の砂となる。また、南部では3 φ～4 φ の砂になっている。1995年5月には、泥の分布はさらに狭くなる。しかし、1996年6月には泥の分布域は、河口に近い西側に再び拡大した。11月になると、泥の分布は狭くなり、北部にかたよっている。以上のように、土石流堆積物（火山灰）は、水無川河口域においてはMdφ が4 φ 以上の泥として堆積し、沖合では4 φ 以下の砂である。これらの泥の分布は、南部の方から徐々に4 φ 以下の砂へと回復している。一方、水無川河口の約2 km沖合からは火山灰がない砂質堆積物が分布し、Mdφ は2 φ 以下である。

土石流が流入する前の堆積物の中央粒径値Mdφ は、1993年5月、6月のコア一試料によって得られた。その結果、4 φ 以上の泥は、水無川河口沖の1地点のみであり、水無川河口域の広い範囲に2 φ～3 φ の細粒砂が分布していた。このように土石流以前の堆積物が細粒砂であったことは、潮流の速さからも説明できる。水無川河口域の堆積物は、土石流が流れ込むことによって、泥質化したことは明瞭である。1996年11月の時点において、水無川河口域の堆積物は泥質であり、土石流以前の砂質堆積物にまで回復をしていない。

参 考 文 献

- 荒生公雄 (1993) : 雲仙火山災害の気象学的特性, 雲仙・普賢岳火山災害にいだむ—長崎大学からの提言— (長崎大学生涯学習教育研究センター編), 31—42.
- 東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之 (1997 a) : 沿岸生態系における漁業生産システムの解析 生物・環境学的見地から, 日本水産学会誌, **63**, 5, 800—801.
- 東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之 (1997 b) : 沿岸漁業の現状認識 生物・環境学的見地から—雲仙普賢岳土石流の漁場への影響を例として—, 月刊 海洋, **29**, 9, 551—558.
- 合田政次・西ノ首英之 (1996) : 火山起因物質の拡散分布 目視法による堆積量の測定, 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), 239—289.
- 片岡千賀之 (1993) : 漁業被害とその対策, 雲仙・普賢岳火山災害にいだむ—長崎大学からの提言— (長崎大学生涯学習教育研究センター編), 165—174.
- 木村春彦 (1954) : 堆積機構の基礎的研究 (その4) 粒子の堆積と運動 (続), 地質雑, **60**, 337—348.
- 建設省・長崎県土木部 (1993) : 雲仙・普賢岳噴火と火山噴火対策砂防事業, 1—46.
- 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.
- 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第3報 (雲仙火山災害長崎大学調査研究グループ), 1—10.
- 近藤 寛 (1996) : 火山起因物質の拡散分布 粒度測定法による識別および堆積量の測定, 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), 321—346.
- 松尾綱道・清水 洋・馬越孝道・松島 健・太田一也 (1995) : 雲仙岳の噴火活動概要 1990年11月—1995年3月, 雲仙岳における火山体構造探査の事前調査研究 (平成6年度科学研究費・総合研究 (A)・研究成果報告書), 3—13.
- 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・普賢岳火山災害にいだむ—長崎大学からの提言— (長崎大学生涯学習教育研究センター編), 121—140.