

河川からの土砂の大量流入が河口地先水域の生物へ及ぼす影響

INFLUENCE ON MACROBENTHOS BY ABUNDANT INFLOW OF SAND FROM RIVER IN ESTUARY.

大島理照¹・鈴木良平¹・吉河秀郎²・長濱裕美³・根元謙次⁴・木村賢史⁵
Masateru OSHIMA, Ryouhei SUZUKI, Yumi NAGAHAMA, Shuro YOSHIKAWA, Kenshi
KIMURA and Kenji NEMOTO

¹東海大学大学院 海洋学研究科水産学専攻(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

²正会員 理博 東海大学特定研究員PD(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

³学生会員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻(〒980-8579宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

⁴東海大学教授 理博 海洋学部海洋資源学科(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

⁵正会員 工博 東海大学教授 海洋学部海洋生物学科(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

Dams are constructed on many rivers to generate hydroelectric power and store water etc. However large amounts of sand accumulate on the upstream sides of these dams, negatively affecting their functions. Therefore, excluding this sediment is a problem. But the way that carrying this sediment downstream impacts the benthos has not been studied. Therefore, I undertook this study to investigate the influence of a mass outflow of sediment on the benthos of an estuary. The results suggest that this inflow of sediment influences the production of the phytoplankton and also has a good impact on the benthos; increasing its biodiversity for example.

Key Words : sand, inflow, river mouth, macrobenthos, biodiversity

1. はじめに

現在, 多くの河川には発電, 利水, 防災などの目的でダムが設置されている。しかし, 時間の経過と共に上流側に大量の土砂が堆積し, 発電効率の悪化や貯水量の低下など, ダム機能の低下をもたす要因となっている。例えば, 天竜川には15のダムが設置されているが、これらのダムで流下を遮られている土砂量は総有効貯水量258, 130千m³の3割程度を占めるに至っているため、その土砂の排除が検討されている。

しかしながら、その堆積した土砂を下流に大量に排出した場合、河川や河口域に生息する生物にどのような影響が出るのかについては知見が乏しく、特に河口地先海域の生物に対する影響についてはほとんど調べられていないの。今後は、排砂事業を行うに当たり漁業関係者等との不要な混乱を避けるためにも知見の蓄積は欠かせない。そのためにはまず、比較対照として、土砂流出による生物への影響を把握するため、自然現象によって生じる豪雨等に伴う土砂流出が生物にどの程度の影響を与えるのかを把握する必要がある。そこで本研究では、台風や豪雨

など、自然の中で発生している土砂の大量流出が河口域地先水域の生物にどの程度の影響を与えるのかを調べるとともに、今後予定される「人為的な土砂流出による生物への影響」を予測するための基礎的なデータを得る事を目的とした。

2. 方法

(1) 調査対象

調査は、自然発生する土砂流出が河口および沿岸域の生物に与える影響をより明確に把握する必要があると考え、本流に1つもダムが無く、土砂流出河川の1つである静岡県安倍川河口域地先水域を調査対象とした(図-1)。流入する河川水は、北東方向へ流れる沿岸流に伴い移動・拡散していくと考えられる¹⁾。

(2) 調査内容

調査は10～11地点において行った。7月以降の調査では比較対象としてSt. 11を新たに設け、St. 6を

St. 2の沖合に移動させて行った。調査は以下の4項目について行った。

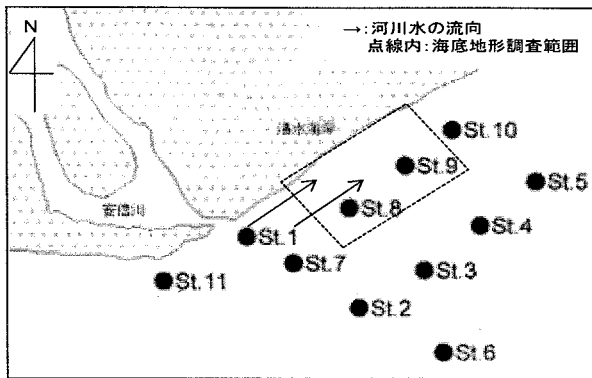


図-1 調査地点図

①水質調査

水温、塩分、溶存酸素(DO)、pHを鉛直的に測定した。また、表層と底層(海底上1m)において採水を行い、浮遊懸濁物質(SS)、クロロフィル量を測定した。

②底質調査

各地点で採泥を行い、底質上層(表層~5cm層)と底質下層(5~10cm層)に分け、試料として採取し、泥温、ORPの測定、硫化物、強熱減量、粒度組成の分析を行った。

③底生生物調査

スミスマッキンタイヤ採泥器により各地点3回採泥を行い、篩にかけ生物を採取し、ホルマリン固定の後、出現種数、個体数、湿重量を計測した。また、Shannon-Wienerの多様度指数 H' の算出、及び各地点間のHornの類似度指数 R^0 を求め、クラスター分析を行い、デンドログラムを作成した。

④河川からの流入負荷量調査

豪雨直後の河川水を採水し、浮遊懸濁物質(SS)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)の濃度の分析を行った。また、安倍川下流における流量と各分析値より、一定時間(63時間)の総流入負荷量をそれぞれ算出した。流量は国土交通省静岡河川事務所より提供を受けた、HQ式(2005年後半)等から算出した。

⑤海底地形調査

台風通過前の2007年6月に調査地点のSt. 8, 9付近において約1kmの範囲にかけ(図-1)、マルチファンビームによる海底地形精密・高精度測深(RESON SeaBat8125)を実施した。

(3) 調査日時・方法

調査は、台風通過前(2007年5月)と台風4号通過から約2週間後(2007年7月)、台風9号通過から約1か月後(2007年10月)にそれぞれ実施し、各種の調査結果を台風前後の状況と比較することで、土砂流出による生物への影響の検討を行った。なお、台風4号は、7月14日~15日にかけて静岡県に接近し、最大風速は $50\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、最低気圧は930hPaであった。静岡

市の観測所での合計降水量は7月14日181.5mm、15日51.0mmであった。また、台風9号は9月6日~7日にかけて静岡県を通過し、最大風速は $35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、最低気圧は965hPaであった。静岡市での9月6日の合計降水量は154.0mm、7日は15.0mmであり、台風4号の合計降水量は台風9号の約1.4倍であった。

3. 結果および考察

(1) 水質調査

台風前の5月のSSは、St. 1の河口直下から最小で沿岸を北上するに伴い増加する傾向が見られる。台風後の7月でのSSは、5月に比べ全体的に高い値を示したが、St. 2の表層で著しく増加している程度であり、大きな変化は見られなかった。7月(台風通過後)でSSが減少している地点としては、表層のSt. 9, 10と底層St. 1, 2, 4, 7, 8であった(図-2)。河口から離れた地点でSSが減少しているのは河川水の拡散やSSの沈降などが理由として挙げられる。下層のSSは、河口直下で減少していたが、これは淡水と海水の比重の違いにより、河口域では表層の河川水と下層の海水が混ざりにくくなったためと考えられる。

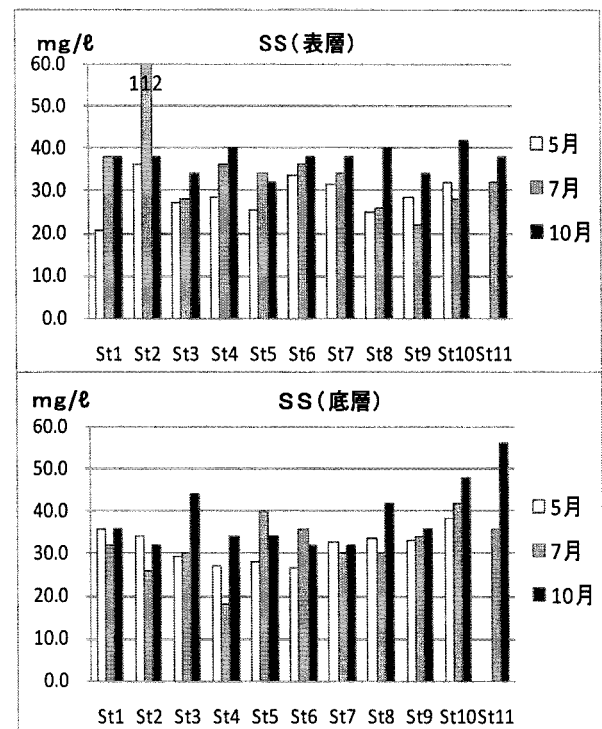


図-2 各地点のSS

塩分の変化を見てみると、沿岸域の地点で低い傾向があり、安倍川から流入する河川水は、潮流に流され、沿岸域に強く影響を与えられと考えられる。特に7月(台風4号通過後)では沿岸域の地点において河

川水流入の影響による塩分の低下がみられた(図-3)。また、10月には、塩分は各地点でほぼ一定の値を示した。これは、10月調査時に河口閉塞していたため、河川水が伏流・拡散し、また、平常時に比べ河川水の流入量が減少し、影響が軽減されたことによると考えられる。

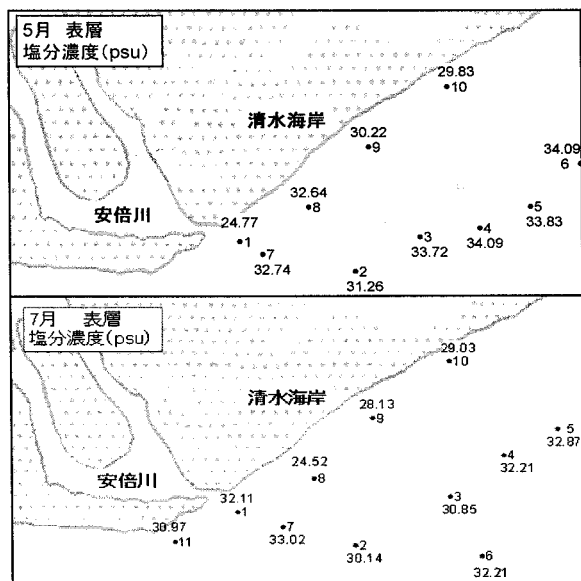


図-3 各地点の塩分(表層)

台風後(7月)にSSが増加しているが、生物の餌として重要なクロロフィルを検討すると、表層では5月の平均クロロフィルa量は約 $1.68 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、7月約 $1.39 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、10月約 $2.79 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ であった。また、下層の5月では約 $2.35 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、7月約 $1.52 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、10月約 $3.65 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ であり、表層よりも高い傾向がみられた。7月表層のクロロフィルa量をみると、沿岸域を北上するに伴い河口から徐々に上昇していることがわかる。流入したN、P等の栄養塩類がプランクトンの生産に利用され、クロロフィルa量が高まっていくものと推測される。ただし、St. 10まで離れるとクロロフィルa量は減少する。このことから、この付近から拡散等により影響は減少すると推測される。

これらのことから、土砂の流入に伴い発生する濁りや栄養塩類の供給が、植物プランクトンの生産に影響していると推測された(図-4)。

(2) 底質調査

泥温は、季節的な変化はあったものの、大きな変化や特徴はみられず、 $20 \sim 22^\circ\text{C}$ で推移していた。酸化還元電位では、地点によって差はあるが、全体的に、5月～7月までは酸化的な底質環境を呈したが、10月には還元的となっていた。

強熱減量では、St. 1, 7, 2と沖合に向かうのに伴い、高い値を示す傾向がみられたが、さらに沖合であるSt. 6では低下していた。このことから、土砂流

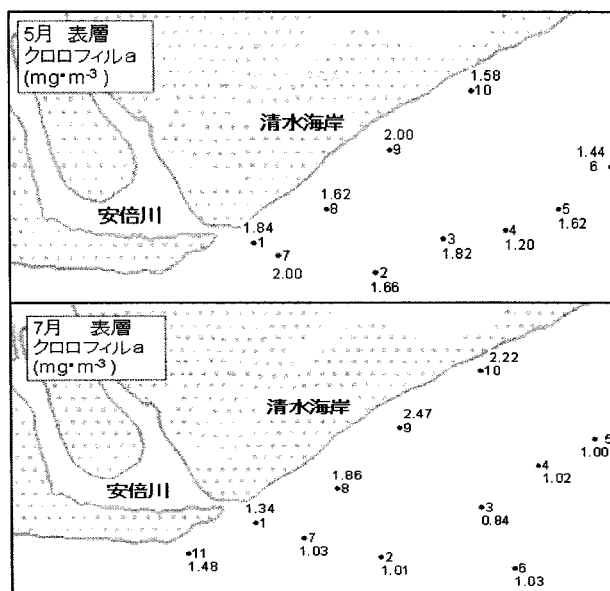


図-4 各地点のクロロフィルa量(表層)

出による沖合方向への影響は、この程度の範囲と推測される。むしろ、潮流が沿岸にそって南西から北東に流れるため、これに伴い、強熱減量も河口から北東方向に進むに伴い増加する傾向が見られたと考えられる。比重の小さいシルト・粘土分や細砂の比率も同様の傾向を示した。

5月(台風通過前)の底質上層の粒度組成については、ほとんどの地点で細砂、及びシルトが90%程度を占めていた。しかし、河口直下の地点としては、St. 1では礫分が40%以上、隣接のSt. 7では他の地点よりも中砂分が多い(40%弱)という特徴があった。

7月(台風通過後)での変化をみると特に変化が大きいSt. 1では、礫分の激減、中・細砂の急増という変化があり、また、St. 7ではシルト、細砂が増加するという変化がみられた。また、10月のSt. 3ではシルト分が減少、St. 10ではシルト分が増加していた。下層については上層とあまり変化がなかった。特徴的な地点以外の場所では組成がほぼ類似しており、また、経月変化を見ても大きな変化は見られなかった(図-5)。

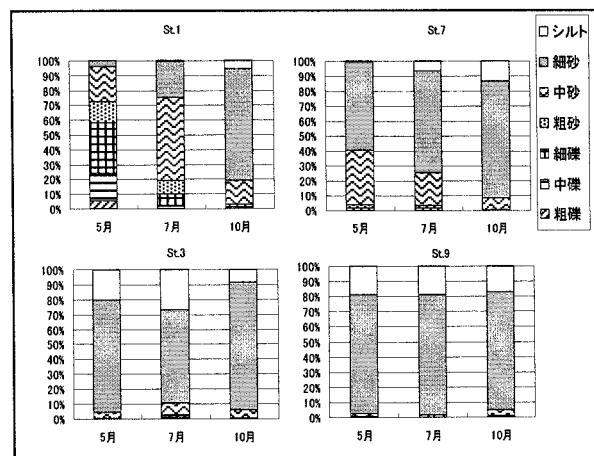


図-5 各地点の粒度組成の経月変化

本調査の結果を見る限り、安倍川河口域において、流入土砂による底質攪乱の影響は、河口直下が中心であり、広範囲には及ばないと考えられる。

(3) 底生生物調査

底生生物の全体では、台風前の5月では出現種数152種(13綱33目81科59属58種)、台風後の7月は142種(14綱30目81科95属48種)、10月は132種(14綱30目76科95属55種)であり、減少傾向がみられた。

台風通過前後において比較すると、台風通過後では出現種数は全体的に減少傾向にあるものの、地点別にみるとSt. 1, 3, 7, 10の地点で出現種数は7月に増加する傾向がみられた。河口直下のSt. 1は出現種数に関しても他の地点と異なり、7月の出現種数が5月の3倍を示し、また、節足動物の増減が激しいという特徴があった。St. 2, 11では出現種数が月を追う毎に増加しており、St. 4, 8, 9では7月に減少する傾向にあった。(図-6)

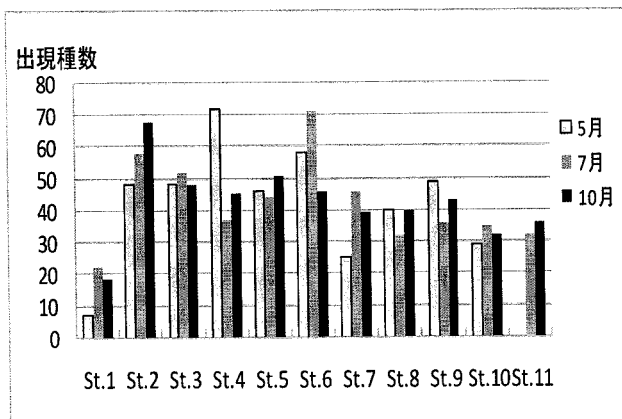


図-6 各地点の出現種数の変化

月毎で見ると個体数はそれぞれ5月2,882個体、7月2,835個体、10月4,295個体で、湿重量は5月約84.39g、7月92.477g、10月82.25gとなった。

また、安倍川河口域での主要出現種は、ニッポンオフエリア・ムシボタルガイ・スガメソコエビ科等であった。各月の出現割合として、それら環形動物、軟体動物、節足動物で約90%を占めていた。

個体数を全体的にみると、St. 1は7月で増加し、10月で減少していた。環形動物では、10月に減少し、節足動物では、7月で個体数が増加する一方、10月では減少していた。

また他の地点の経月変化を見ると、St. 2, 7が増加し、St. 3, 6では減少していた。

地点毎の経月変化をベントスの出現種数と1個体あたりの湿重量とで比較すると(図-7)、河口直下(St. 1)での出現種数は台風4号後の7月では増加しているのに対し、1個体あたりの湿重量は減少していた。これは河口直下(St. 1)のベントスの個体数が5月に比べ7月で増加していることから、幼生等の

比較的小さなベントスが新たに加入したためと考えられる。

例えばムシボタルガイ(*Olivella fulgurata*) (5月に7個体で0.35g、7月に5個体で0.07g、10月に14個体で0.18g) やヒラコブシガイ(*Philyra syndactyla*) (5月に1個体で0.43g、7月に4個体で1.51g、10月に4個体で0.64g) では、7月に個体数が増加し、湿重量が減少するという傾向がみられた。

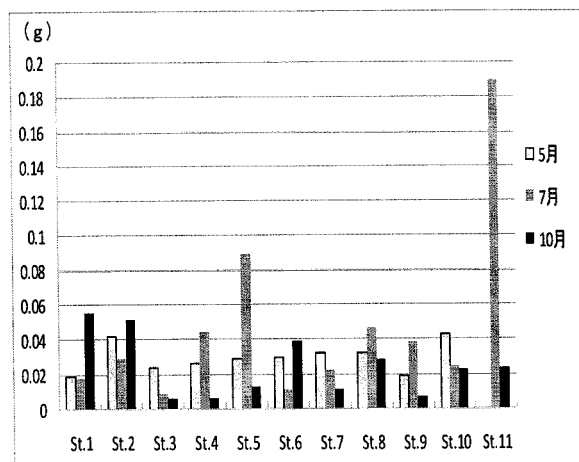


図-7 各地点の1個体あたりの湿重量の変化

このことから、台風時の豪雨による大量の土砂の流入は、河口付近で生物の生息環境に影響を及ぼし、従来の生物相を変化させ、新たな生物相の形成を促す環境になることが示唆された。

多様度指数 H' の変化を見ると、台風通過前後では河口直下(St. 1)で増加傾向がみられたが、St. 7の10月は減少していた。また、全体的に見て常に河川水にさらされるSt. 1の多様度指数は、他の地点よりも低い傾向を示しており、底生生物にとって不安定な環境になっていると考えられる。沿岸域では、St. 8の多様度指数が減少傾向であるのに対して、St. 9, 10では台風通過後に増加する傾向が見られ、St. 9, 10では、台風通過後も生物環境が安定していると推測される(図-8)。

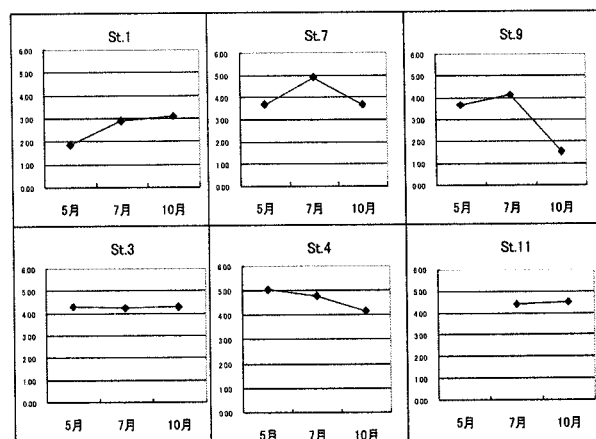


図-8 各地点の多様度指数 H' の変化

次に、類似度指数 R_0 を用いて、平均連結法によりクラスター解析を行い、デンドログラムを作成した。デンドログラムでは連結値の差が最も大きな所で区切ると、5月は4グループ、7月は2グループ、10月は6グループに分けられた。最も差が大きいカ所で区切った理由は、差が大きいということはその分、別のグループに区分できると考えたためである。

いずれの月も河口直下のSt.1や沿岸域の地点(St. 8, 9, 10)は独立しグループに区分され、特異的な環境が形成されていると推測される。

台風前の5月は、4つのグループに分けられ、それぞれの環境に適応した生物相から形成される。沿岸域のSt. 8, 9, 10は1グループにまとめられるが、その海底地形を見ると汀線から水深5m付近までは急勾配であることが推移するが、水深7~12m付近の海底地形は勾配が緩やかで平坦な地形であった(図-9)。

台風後の7月は2グループに区分された。流入土砂の影響を強く受ける河口直下のSt.1が台風4号により特異的な生物相になる一方、他の地点は流入土砂の影響を広範囲に緩やかに受けるため、均一な生物相となり大きく1グループに区分されたと考えられる。10月になると流入土砂の影響が軽減されてくるため、環境にも変化が生じ6グループに区分されると推測される。

5月と7月とを比べるとSt.7がSt.3のグループに移動していた。これを実際のベントス出現状況とあわせて見てみると、St.7がSt.3等のグループと類似傾向を示していた。

また、各月において、類似していると考えられる各地点を地点図上で区分した結果を図-10に示す。実線、点線で囲まれた地点が、それぞれ一つのグループとなる。

(5) 流入負荷量調査

豪雨時に流入するSS, N, P量について試算した結果を表-1に示す。積算期間は河川流量が平常時に戻るまでの63時間とした。

表-1 平常時及び台風時における流入負荷量
(一定条件の下での試算)

	総水量(万 m^3)	総SS量(t)	総N量(t)	総P量(t)
平常時 (7月7~9日)	331.4	11.6	3.97	0.10
台風4号 (7月14~16日)	896.1	11680.2	4.57	5.574
台風9号 (9月6~8日)	351.8	4585.7	1.79	2.19

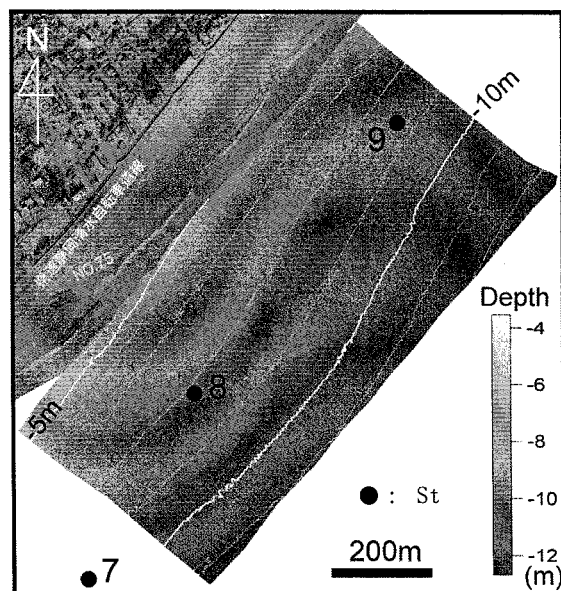


図-9 調査地点海底地形図(台風通過前)
(航空写真：静岡県静岡土木事務所清水支所)

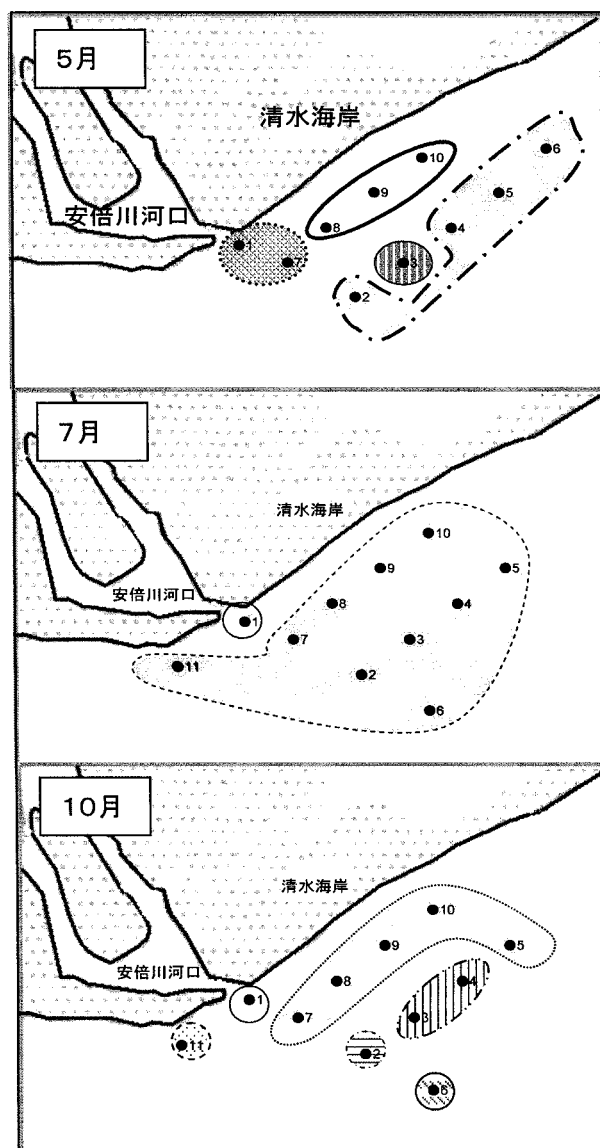


図-10 クラスター分析による調査地点区分

河川流量の平常時とは2007年7月7日10時～9日24時までの63時間、台風4号時は2007年7月14日10時～16日24時までの63時間、台風9号時は2007年9月6日1時～8日15時までの63時間のそれぞれ合計量とした。また、台風4号時では、採水を行っていないため、SS、T-P、T-Nの流入負荷量の試算には台風9号時の濃度を用いて求めた。

平常時と台風4号時を比較すると、平常時に比べ、台風4号時では水量が約30倍、SSが約11,000倍、T-Nが約13倍、T-Pが約640倍であった。SS量と土砂量は、必ずしも一致しないため一概には比較できないが、国土交通省の調査結果では、安倍川の年間総土砂流入量は約16万tと推定されていることから²⁾、仮にSS量＝土砂量とすると、台風4号時には、年間流入土砂量の約70%が流入していることになり、台風がもたらす影響の強さが推測される。また、豪雨時はT-NよりもT-P流入量が著しく増加するという結果になった。

次に平常時と台風9号時を比較すると、平常時に比べ、台風9号時は水量が約6.7倍、SSが約2,400倍、T-Nが約3倍、T-Pが約143倍であった。いずれも台風4号時と同様に増加して、SSは4万tを超える量が流入しており、台風時には大量の土砂が沿岸域に流入していたと考えられる。

T-Nでは、集中豪雨により濃度は下がったものの、総量で見ると増加していた。T-Pでは濃度、総量共に増加していた。2つの台風でSS量は16万tに達しているが、SS濃度を一定にして試算しているため、過小に見積もられていると考えられる。T-NやT-Pについても同様であり、今後は、さらに詳細に調査し、精度を高める必要がある。

4. まとめ

本調査結果を見る限り、安倍川河口地先水域では、底質の変化が河口付近で著しく、他の地点では大きな変化が見られないことから、台風時の土砂流出による底質や生物に及ぼす影響は、河口付近の狭い範囲に限定されることが考えられる。また、流入土砂の影響を強く受けるエリアでは土砂流出が要因となり在来生物群集がリセットされ、また、土砂流出後には、新たな生物や、生物の幼生などが加入できることが示唆され、生物多様性の維持に寄与しているものと考えられる。

また、土砂の大量流出は濁り等により植物プラン

クトン等の生物生産を一時的に低下させるが、大量の土砂流出とともに豊富な栄養塩類も供給されるため、沿岸域の砂浜の保全と海洋生物の生産性を高める要因になっていることが示唆された。

以上のことから、河川からの土砂流出は、長期的にはプラスに働き、そこに生息する生物群集の多様性等に寄与することが示唆された。

今回の調査では、自然の豪雨時における土砂流出の影響について調査を行った。しかし、人為的な土砂排出を考えた場合、堆積物の性質、排出頻度、排出持続時間、等により生物への影響の程度等に変化があると考えられる。

今後は豪雨の規模毎の生物への影響レベルの調査や、大井川等ダムのある河川との比較を行い、それによって人為的な土砂流出による生物への影響の予測を行う予定である。

謝辞：本研究を行うにあたり、多くの方々からご協力をいただいた。

静岡河川事務所調査課水防企画係長の村松弘一氏にはHQ式や水質結果等のデータを、静岡県静岡土木事務所清水支所主任の大橋則和氏には海底地形図等をご提供いただき心より感謝申し上げます。また、東京都庁職員の渡辺正子さんには窒素・リンの分析を指導していただいた。フィールド調査においてはゼミ生の江尻信慶君、堂脇智也君に多大な協力を頂いた。

参考文献

- 1) 齋藤晃，小菅晋：駿河湾の波と漂砂，沿岸海洋研究ノート，26，pp1-10，1998.
- 2) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課ほか：流砂系における土砂移動実態に関する研究，土木技術資料，46-3，pp14-17，2004.
- 3) 目黒嗣樹，沖岳大，山本浩一，山本幸次，末次忠司：出水による安倍川河口部の土砂動態，海洋開発論文集，Vol.22 pp.427-432，2006
- 4) 小林四郎：生物群集の多変量解析，蒼樹書房，1995
- 5) 渡辺幸三，大村達夫：ダム放流水が河川底生動物群集に及ぼす季節的影響，土木学会論文集 G，Vol.63 No.2，pp.93-101，2007
- 6) Lohrer, A. M., Hewitt J. E., Thrush S. F.: Assessing far-field effects of terrigenous sediment loading in the coastal marine environment, Mar Ecol Prog Ser, Vol.315, pp.13-18, 2006.