

赤土の水産生物に対する影響調査

玉城英信・内藤美佐子*

1. 目的

近年、環境問題が注目され自然保護に対する意識の向上に伴って、本県の赤土汚染に対する関心が高くなった。水産分野においても赤土の有用水産生物に対する影響について検討する必要があることから、本年度は採貝漁業の重要種であるヒメジャコのD状幼生、初期稚貝及び共生藻、タカセガイ稚貝に対する赤土の影響について調べた。

2. 材料及び方法

(1) 赤土粒子と人工赤土粒子の比較

平成5年10月7日に石垣島地方に接近した台風20号によって発生した赤土を石垣市新川河口域から水中ポンプで採取したものと水産試験場八重山支場内の赤土を精密ろ過海水に懸濁させ、通気のみで止水状態で一昼夜放置後100 μ mのプランクトンネットで濾した人工赤土粒子の大きさを比較した。測定は万能投影機(100倍率)を用いて、一視野の中から粒子の大きなものから25個を選び出して測定した。

(2) 海水の塩分、PH及び赤土流出濃度の測定

平成5年10月7日に新川河口域、名蔵川河口域から採取した海水の塩分、PH及び赤土濃度を測定した。新川河口域での赤土の採取は11:00~12:00、名蔵川河口域では12:30~13:30の間に行った。

(3) 生物試験

生物試験には新川河口(St. 1)から採取した赤土濃度160mg/ ℓ 、塩分32の海水を用いた。

(a) シャコガイ餌料(共生藻)に対する赤土の影響

採取した赤土海水を500 ℓ ポリカーボネイト水槽内で1昼夜静置し、翌日上澄みを除去した

高濃度の赤土海水をろ過海水で、0~500mg/ ℓ の5段階に濃度を調整した海水を500mlフラスコに入れ、P-ES(改変)培地を規定量添加した。各試験区にはヒメジャコの外套膜から採取した共生藻を10,000cells/ μ lずつ添加し、その後の細胞数の変化を比較した。

(b) ヒメジャコのD状幼生に対する赤土の影響

採取した赤土海水をその日の内に500 ℓ ポリカーボネイト水槽内に回転翼を取り付け赤土を常に浮遊させた水槽と通気のみで止水状態した水槽に収容し、ろ過海水を用いて80mg/ ℓ の濃度に調整した。ふ化後3日目のヒメジャコのD状幼生を96,250個体ずつ収容し、その後の生残率の変化を調べた。試験中は無給餌下で飼育を行った。

(c) ヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の影響

試験には平均殻長0.3mmのヒメジャコ稚貝100個体を用いた。直径9cmのサンプル瓶に0~21.5mg/ ℓ の範囲で6段階の濃度に調整した赤土海水(400ml)を入れ、稚貝を収容した。試験期間中は飼育水中の赤土を常に攪拌するように、サンプル瓶を1分間当たり3回転の回転培養器に設置し、その後の生残率を比較した。

(d) タカセガイ稚貝に対する赤土の影響

平均殻幅1.4mmの稚貝100個体を用いて、0~21.5mg/ ℓ の範囲内で6段階の濃度別の生残率を比較した。餌料には*Navicula ramosissima*を約100,000細胞ずつ添加した。試験方法はヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の影響試験と同様に行った。

*は貸金職員

3. 結果及び考察

(1) 赤土粒子と人工赤土粒子の比較

新川河口から採取した赤土粒子と人工赤土粒子の大きさを表1に示した。赤土粒子は平均粒径 $9.51 \pm 2.79 \mu\text{m}$ 、最大粒径では $16.6 \mu\text{m}$ であったのに対し、人工赤土粒子は $72.8 \pm 37.6 \mu\text{m}$ 、最大粒

表1. 新川河口域の赤土海水と人工赤土海水の粒子の比較

区分	平均粒径(μm)	最大粒径(μm)
赤土	9.51 ± 2.79	16.6
人工赤土	72.8 ± 37.6	153

径では $153 \mu\text{m}$ と赤土粒子は人工赤土粒子に比較して、粒径、粒子間のバラツキとも小さい値を示した。今回測定に用いた粒子は大きいものから25個の粒子を任意に選び出したことから、実際の平均粒径はもっと小さい値であり、河口から採取した赤土粒子には万能投影機では測定不可能な $1 \mu\text{m}$ 以下の非常に小さな粒子が多く観察された。通気のみでの止水状態での観察でも赤土粒子は人工赤土粒子に比較して浮遊する粒子が多いことから、河口に流失する赤土粒子を人為的に作ることは困難であると考えられた。

(2) 海水の塩分、PH及び赤土流出濃度の測定

新川河口域、名蔵川河口域からの赤土の採取場所を図1、海水の塩分、PH及び赤土流出濃度の測定結果を表2に示した。台風20号による平成5年10月7日の石垣島地方での11:00~13:00までの降水量は32mmであった。

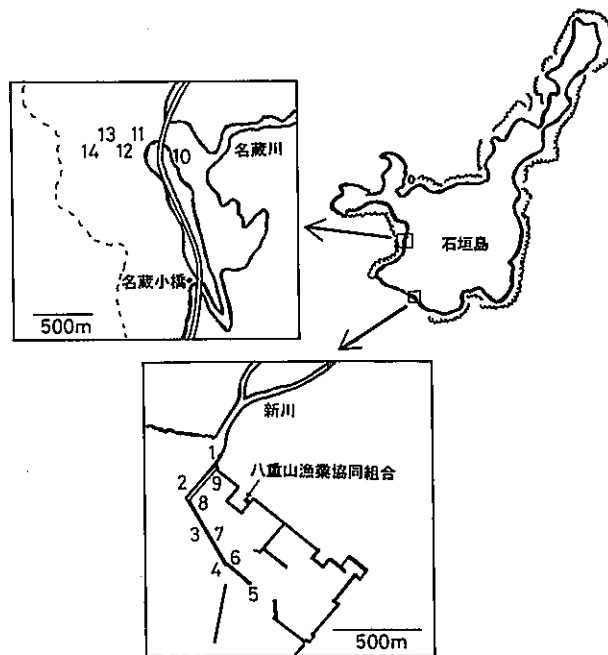


図1. 新川河口域と名蔵川河口域の赤土採取場所番号は赤土を採取したSt. (場所)を意味す

新川河口は10:30の段階では波浪による海水の濁りはあったものの赤土の流出は認められなかったが、10:45から赤土の流出が起り、測定を始めた11:00でのSt. 1は $500 \text{mg}/\ell$ 、約30m先のSt. 2で $55 \text{mg}/\ell$ 、St. 3で $13 \text{mg}/\ell$ 、St. 4~9では $0 \sim 13 \text{mg}/\ell$ と河口域から離れるのにもなって赤土濃度が低い値を示した。測定中に流出した赤土の先端はSt. 3まで達した。名蔵川河口域では測定開始時の12:30には珊瑚礁の礁縁付近まで赤土が達していた。名蔵川河口のSt. 10の赤土濃度は $95 \text{mg}/\ell$ 、St. 11で $79 \text{mg}/\ell$ 、St. 12~14では $40 \sim 50 \text{mg}/\ell$ であった。塩分は赤土の流出直後であったことから、新川河口のSt. 1では塩分25.0、その他では33.0~34.5の範囲であったのに対し、名蔵川では赤土流出から時間が経っていたので、河口のSt. 10~13で塩分6.0~10.0、St. 14では25.0と河口付近の塩分は低下していた。各St.でのPHは7.92~8.13の範囲で、赤土の流入量に伴って低下する傾向が伺われた。以上のことから、降雨量、降雨時間、降雨間隔によって異なるが、一定量の降雨が続いた場合の赤土の濃度は流出直後が最も高く、塩分は降雨量に伴って低塩分域が拡大すると考えられた。

表2. 海水の塩分、PH及び赤土濃度の測定結果

測定場所	PH	塩分	赤土濃度 (mg/L)	測定1時間後 の赤土濃度(mg/L)	備考
St. 1	8.13	25.0	500	168	新川河口
St. 2	8.05	33.0	55	60	
St. 3	8.11	34.5	13	47	
St. 4	8.12	34.5	0	50	
St. 5	8.08	34.5	3	46	
St. 6	8.10	34.0	2	38	
St. 7	8.13	34.5	5	25	
St. 8	8.12	34.5	3	13	
St. 9	8.10	33.0	13	15	
St.10	8.00	6.0	95	87	名蔵川河口
St.11	7.94	7.0	79	74	
St.12	7.92	7.0	49	70	
St.13	7.95	10.0	40	76	
St.14	8.12	25.0	50	76	

(3) 生物試験

(a) シャコガイ餌料(共生藻)に対する赤土の影響

対照区である0 mg/lでは14日間の観察中8,000~10,000細胞/mlを維持したのに対し、0.5~5 mg/l区では8日目に4,000~5,000細胞/ml、50~500mg/l区では1,000~2,000細胞/mlと赤土濃度が上昇するのに伴って、短期間に著しい減耗を示した(図2)。今回の試験で非常に低濃度の0.5mg/lでもシャコガイの餌料である共生藻に対して赤土粒子が悪影響を与えたことは非常に興味深い。

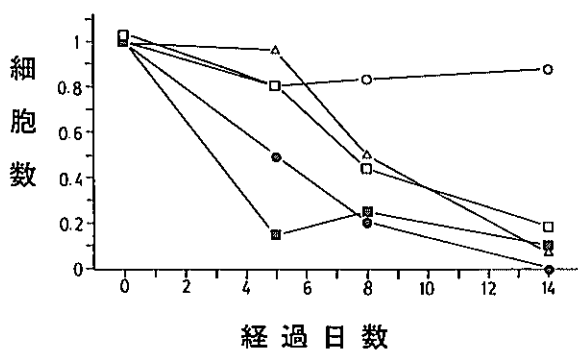


図2. 赤土の濃度別の共生藻に対する影響

○=0 mg/l、□=0.5mg/l △=5 mg/l、●=50mg/l、■=500mg/l

島袋(1979)が赤土の懸濁が魚類や甲殻類の餌料である動物プランクトンのワムシ、ワムシやウニ類の餌料である植物プランクトンの海産クロレラや浮遊珪藻に対する影響を調べた結果、いずれも海水中における赤土の凝集吸着作用によって沈澱し、生存や増殖に阻害的な影響を与えることを報告した。今回の試験でも同様に赤土濃度の上昇に伴って共生藻の細胞数が著しく減耗し、赤土粒子がシャコガイ類の餌料である共生藻の増殖に対して阻害的な影響を与えることが明らかになった。

(b) ヒメジャコのD状幼生に対する赤土の影響

ろ過海水区と赤土区では収容後5日目まで生残率に差を認められなかったが、赤土区では7日目からへい死個体が見られ始め、10日目には全滅したのに対し、ろ過海水区では7日目までは生残率100%、10日目から急激な減少を示した(表3)。無給餌条件下でヒメジャコのD状幼生はふ化から10日目あたりから大量へい死をまねくことが知られており、今回の10日目以降のへい死は飢餓によるものと推察される。

赤土を回転翼で常に攪拌した区とエアレーションで攪拌した区では赤土の攪拌状態に違いがみられ、エアレーション区では水槽底面に赤土の堆積が収容翌日から観られ始めたのに対し、回転翼区では赤土が懸濁した状態を維持することができた。7日目の幼生の生残率は回転翼区で41.7~75.0%、エアレーション区で85.7~88.9%と赤土の攪拌状態によって浮遊するD状幼生への付着が異なり、懸濁する赤土粒子の多かった回転翼区の方が悪影響を受けたものと考えられた。

今回の試験で用いたヒメジャコD状幼生の種苗生産水槽内での日令15日目の生残率は7.7~25.7%の範囲にあったことから、卵質的には問題はないと思われる。また、へい死したD状幼生は繊毛に赤土粒子の付着がみられたことからヒメジャコD状幼生の7日目における生残率の低下は赤土の付着による物理的な要因によるものと推察された。

表3. ヒメジャコD状幼生に対する赤土の濃度別の影響

試験区	ろ過海水	ろ過海水	赤土海水	赤土海水	赤土海水	赤土海水	赤土(60時間浸漬)
飼育方法	回転	17レヴェン	回転	回転	17レヴェン	17レヴェン	17レヴェン
0	100	100	100	100	100	100	100
経 1	100	100	100	90.0	100	100	100
過 3	100	100	83.3	100	100	100	95.7
日 5	94.6	100	100	100	100	94.1	96.1
数 7	100	100	41.7	75.0	85.7	88.9	80.8
10	4.5	8.1	0	0	0	0	2.3
17	0	0	0	0	0	0	0

(c) ヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の影響

収容後3日目までは各区84%以上の高い生残率を示したが、5日目には対照区の0 mg/lで約50%であったのに対し、4.3mg/l以上の試験区では30%以下であった。7日目には対照区で生残率15%、4.3mg/l以上では数%とヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の悪影響は明かであった。しかし、赤土の濃度による生残率の差は認められなかった(図3)。

村越(1978)が殻長約1.2mmのヒメジャコ稚貝に対する赤土の影響を調べた結果では赤土量が多くなる程影響を受け、赤土濃度10 g/lではヒメジャコ稚貝は赤土に埋没し4日後には全滅したことを報告している。今回の試験では稚貝の大きさが小さいことも起因して、赤土濃度4.3mg/lと比較的低い濃度で生残率の低下をまねいたものと推察された。

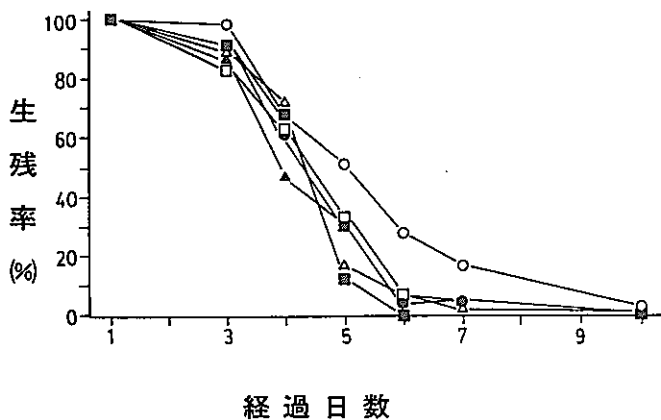


図3. ヒメジャコ初期稚貝に対する赤土濃度別の影響
○=0 mg/l、□=4.3mg/l、△=8.6mg/l
●=12.9mg/l、■=17.2mg/l、▲=21.5mg/l

(d) タカセガイ稚貝に対する赤土の影響

試験開始から4日目までは生残率に差は認められなかったが、6日目には対照区の0 mg/lでは生残率86%であったのに対し、4.3~12.9 mg/lで55~71%、17.2~21.5mg/lでは35~47%

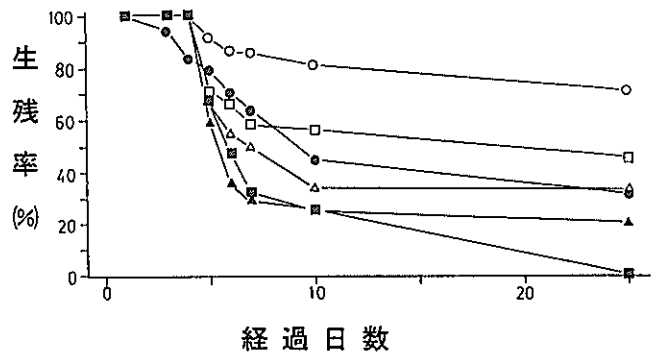


図4. タカセガイ稚貝に対する赤土濃度別の影響
○=0 mg/l、□=4.3mg/l、△=8.6mg/l、●=12.9mg/l、■=17.2mg/l、▲=21.5mg/l

と赤土濃度の高いほど生残率が低い傾向がみられ始めた。試験終了時の25日目には対照区で生残率71%、その他の区では0~45%とタカセガイ稚貝に対する赤土の悪影響は明かであった(図4)。しかし、生残率の赤土の濃度による差は認められなかった。赤土区のタカセガイ稚貝は腹足部の粘液に赤土が付着し、ガラス板上をうまく葡萄できないことが観察されたことから、へい死の原因は赤土の付着によるストレスや摂餌不良によるものと思われた。

(e) 考察

海水の濁りが水産生物に与える影響については本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書(1972~1976)の中で様々な生物に対して試験が行われている。この中で濁りによってクロダイのふ化仔魚では200ppm、イシダイの受精卵、ふ化仔魚で400~600ppm、ハマチの稚魚(全長14mm)で20ppm、コイ(体重26~400g)で5 ppm、クルマエビの稚エビ(頭胸甲長2mm)で50ppmから悪影響を受け、トラフグの受精卵は600ppm、

クロダイの幼稚魚（全長5mm）は400ppm、ヨシエビのノープリウス幼生、ミスシ幼生は2,000ppm、稚エビ（頭胸甲長2mm）は100ppm、ガザミのゾエア幼生、メガロパ幼生、稚ガニは600ppmでも影響を受けないことを報告した。赤土汚染がサンゴ礁への悪影響を与えることは知られており（西平1986、酒井・西平1986）、村越（1978）がヤサイサンゴ科の幼生を用いて0~10g/lの範囲で赤土濃度別の付着量について調べた結果では0.1g/l以上では付着がみられなかったことを報告している。島袋（1979）が赤土の懸濁がシラヒゲウニの受精卵とふ化幼生に対する影響を調べた結果では受精からふ化までには影響を受けないが、ふ化幼生に対しては7mg/lから悪影響を受けることを報告した。

以上のように魚種や成長段階によって赤土（濁り）に対する影響はことなるが、有用魚介類に対して直接あるいは間接（餌料プランクトンの減少、着底基質の減少等による生息環境の悪化など）的に悪影響を与えていることは間違いないであろう。

4. 要約

- 1) 赤土粒子は平均粒径 $9.51 \pm 2.79 \mu\text{m}$ 、最大粒径では $16.6 \mu\text{m}$ であったのに対し、人工赤土粒子は $72.8 \pm 37.6 \mu\text{m}$ 、最大粒径では $153 \mu\text{m}$ と赤土粒子は人工赤土粒子に比較して、粒径、粒子間のバラツキとも小さい値を示した。
- 2) 新川河口域での赤土濃度はSt. 1は 500mg/l 、約30m先のSt. 2で 55mg/l 、St. 3で 13mg/l 、St. 4~9では $0 \sim 13 \text{mg/l}$ と河口域から離れるのにもなって低い値を示した。名蔵川河口域では珊瑚礁の礁縁付近まで赤土が達し、St. 10の赤土濃度は 95mg/l 、St. 11で 79mg/l 、St. 12~14では $40 \sim 50 \text{mg/l}$ であった。
- 3) 塩分は新川のSt. 1では塩分25.0、その他では33.0~34.5の範囲であったのに対し、名蔵川では赤土流出時から時間が経っていたことから、St. 10~13で塩分6.0~10.0、St. 14では25.0であった。
- 4) 新川と名蔵川の各St. でのPHは7.92~8.13の範

囲で、赤土の流入量に伴って低下する傾向が伺われた。

- 5) シャコガイ餌料（共生藻）に対する赤土の影響は 0mg/l では8,000~10,000細胞/mlを維持したのに対し、 $0.5 \sim 5 \text{mg/l}$ 区では8日目に4,000~5,000細胞/ml、 $50 \sim 500 \text{mg/l}$ 区では1,000~2,000細胞/mlと赤土濃度が上昇するのに伴って、減耗した。
- 6) ヒメジャコのD状幼生に対する赤土の影響を調べた結果、赤土区では7日目からへい死個体がみられ始め、10日目には全滅したのに対し、ろ過海水区では7日目までは生残率100%、10日目から急激な減少を示した。
- 7) ヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の影響は収容後3日目までは各区84%以上の高い生残率を示した。しかし、5日目には対照区の 0mg/l で約50%であったのに対し、 4.3mg/l 以上では30%以下であった。7日目には対照区で約15%、 4.3mg/l 以上では数%とヒメジャコ初期稚貝に対する赤土の悪影響は明かであった。
- 8) タカセガイ稚貝に対する赤土の影響は6日目の対照区の 0mg/l で生残率86%であったのに対し、 $4.3 \sim 12.9 \text{mg/l}$ で55~71%、 $17.2 \sim 21.5 \text{mg/l}$ では35~47%と赤土濃度の高いほど生残率が低い傾向がみられた。試験終了時の25日目には対照区で生残率71%、その他の区では0~45%とタカセガイ稚貝に対する赤土の悪影響は明かであった。

謝辞

今回の試験を行うに際し、貴重な助言と協力を頂いた石橋矩久氏（日裁協八重山事業所長）、玉那覇靖氏（現、企画調整室）、鹿熊信一郎氏（現、水産試験場）、業務遂行にあたって特段の配慮を頂いた当真武支場長を始め関係職員に深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) 沖縄県（1978）：赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書。昭和52年度水産庁委託事業、162pp.
- 2) 沖縄県（1979）：赤土の流出による漁場の汚染

- 状況調査報告書. 昭和53年度水産庁委託事業, 62pp.
- 3) 酒井一彦・西平守孝 (1986) : 造礁サンゴの生態. 沖縄のサンゴ礁, 71-86.
 - 4) 島袋新功 (1979) : 赤土の懸濁がプランクトンに及ぼす影響. 赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書, 50-58.
 - 5) 村越正慶 (1978) : サンゴ及びシャコガイに及ぼす影響実験. 赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書, 112-123.
 - 6) 西平守孝 (1986) : サンゴ礁とのかかわり. 沖縄のサンゴ礁, 3-16.
 - 7) 日本水産資源保護協会 (1972) : 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書. 生理生態班試験研究結果集, 195pp.
 - 8) 日本水産資源保護協会・本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会 (1974) : 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書. 第5号, 189pp.
 - 9) 日本水産資源保護協会・本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会 (1975) : 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書. 第6号, 188pp.
 - 10) 日本水産資源保護協会・本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会 (1976) : 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書. 第8号, 291pp.
 - 11) 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会 (1973) : 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書. 第4号, 267pp.