

別府湾の人工海浜におけるアサリの生息可能性 に関する考察：水質と底質の現地観測

高見 徹¹・池畑 義人²

¹正会員 大分工業高等専門学校准教授 都市・環境工学科 (〒870-0152 大分県大分市大字牧1666番地)
E-mail:takami@oita-ct.ac.jp

²正会員 日本文理大学准教授 工学部建築学科 (〒870-0397 大分県大分市一本1727)
E-mail:ikehata@nbu.ac.jp

大分県別府湾に面する人工海浜「田ノ浦ビーチ」において、生態系の復元を目的としたアサリの生息可能性を検討するため、水質および底質に関する現地観測を実施した。2008年7月と翌年1月の観測結果から、底質材料の砂はビーチ中央にある人工島を境にして西側で侵食傾向、東側で堆積傾向にあることがわかった。また、人工島の西側直近では別府湾湾奥からの水塊の流入が大きく、これがビーチの砂を侵食する原因の一つとなっていると考えられた。アサリの生息には底質材料の安定と餌資源の供給が不可欠であることから、底質材料の安定を図るための潮流や土砂の流入出ならびに陸域からの栄養塩負荷の制御を行う必要がある。

Key Words : Japanese littleneck clam, artificial beach, habitat, water and sediment quality, Beppu bay

1. はじめに

大分県別府湾に面する人工海浜「田ノ浦ビーチ」は、1992年度からの国道10号の拡幅に伴う海岸環境整備事業の一環として2000年度に整備された。同ビーチ(延長1.1km)は海水浴時期に6万人の利用があるが、それ以外の利用者は少なく、親水性や利用価値などの機能の向上が望まれる。また、整備以来、養浜した砂の流失が問題となっている他、周辺水域では赤潮の発生被害が生じている。本研究では生態系サービスの付加による人工海浜の機能の向上を図るため、田ノ浦海岸にかつて生息していたアサリを指標生物とした生態系復元を目的として、水質と底質の現地観測に基づいた同ビーチにおけるアサリの生息可能性について検討した。

で賑わったとされる(図-2)²⁾。同海岸線は大分市と別府市をつなぐ主要な陸上交通路であることから、道路や

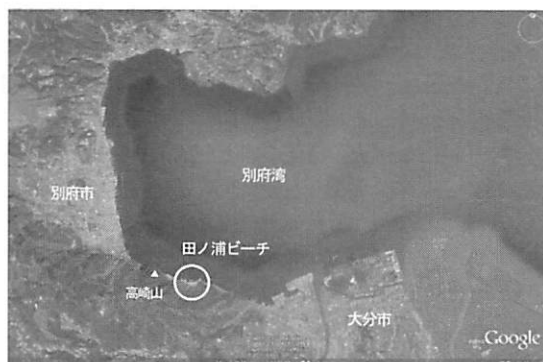


図-1 田ノ浦ビーチの位置図¹⁾

2. 対象水域の概要とアサリを指標生物とする意義と有用性

(1) 田ノ浦海岸の変遷と田ノ浦ビーチの概要

田ノ浦ビーチ(大分市大字神崎)は、別府湾の湾奥の仏崎と高崎山に挟まれた海岸線(田ノ浦海岸)に位置する(図-1)。田ノ浦海岸は大分市に最後まで残っていた自然の砂浜であり、明治・大正時代においては白砂青松と形容され、海水浴やアサリなどの貝掘り(潮干狩り)



図-2 大正時代の田ノ浦海岸の様子²⁾



図-3 田ノ浦ビーチの概要¹⁾

鉄道の整備に伴って埋め立てや護岸整備が進められたが、1960年代頃までは海水浴や潮干狩りが続けられていた。しかし、その後の国道10号の整備や護岸改修、波浪による海岸侵食によって砂浜は消失し、一部に礫の残る親水性の乏しい海岸となっていた。そのため、1992年度からの国道10号の拡幅授業に伴って、国・県・市の合併事業により多目的沖合制御施設（人工島）整備事業を核とした海岸環境整備事業が展開され、海岸線の自然環境と別府湾周辺の優れた景観を活かした大分市民のレクリエーションの場となる総合公園建設を目的とした田ノ浦公園整備事業が計画された。田ノ浦公園整備事業は1999年度より工事に着手し、2000年度には人工海浜「田ノ浦ビーチ」（延長1.1km、面積20.5ha（内水面9.2ha）、図-3）が建設され、2002年度のドーム型太陽光発電システム「T-wave」の完成をもって全事業が完了した。現在の田ノ浦ビーチは主に海水浴シーズンである7、8月に6万人の利用者が訪れるが、それ以外の時期の利用者は少なく、親水性や利用価値などの機能の向上が望まれる。また、整備以来、人工的に養浜した砂（長崎県壱岐市産）の流出や、周辺水域で発生した赤潮の流入による被害が問題となっている。なお、2008年6月にはビーチ東側に砂の流失防止を目的とした突堤が新設されている。

(2) アサリを指標生物とする意義と有用性

本研究では生態系サービスの付加による人工海浜の機能向上を図るため、田ノ浦海岸にかつて生息していたアサリを指標生物とした生態系復元を目的として、水質と底質の現地観測に基づいた同ビーチにおけるアサリの生息可能性について検討することにした。ここで、アサリを指標生物とする意義と有用性を次のように考えた。

- 1) アサリは過去に採取されていたが現在は生息が認められないことから、その水域における定着の有無によって生態系の復元の成否を示すことができる。
- 2) アサリは砂に潜り込んで生息することから、砂の侵食と流動が生態系に及ぼす影響を評価することがで

きる。

- 3) アサリは水中の懸濁物を吸い込んで摂食するため、赤潮の発生抑制などの水質改善効果が期待できる。
- 4) アサリは潮干狩りなどのレジャーの対象となり、ビーチの親水性や利用価値の向上が期待できる。

3. 現地観測と調査方法

本研究では、田ノ浦ビーチにおけるアサリの生息可能性を検討するため、ビーチの各地点における底質と水質を調査した。

(1) 調査地点と調査期間

田ノ浦ビーチ全域の現状を把握するため、調査地点はビーチ中央にある人工島の西側に3地点（St.1～3）と東側に3地点（St.4～6）の計6地点を設定した（図-4）。調査実施日は2008年7月25日および2009年1月6日とした（以下、それぞれ2008年7月および2009年1月と称す）。さらに、2008年4月から12月の期間に13回、ビーチ西側の地盤高の変化を調べた。

(2) 調査項目と調査方法

底質調査は、アサリの生息場としての砂の物理的な性状と移動を明らかにすることを目的とした粒度分布調査、ならびに化学的な環境と餌資源量を見積もるための強熱減量およびクロロフィルa密度の調査を行った。

粒度分布調査は、各調査地点付近の感潮帯の水深1mの地点において、円筒形コアサンプラー（底面積100cm²）を用いて深さ5cmまでの底質を採取し、実験室内において土の粒度試験（JIS A 1204）に従って測定した。強熱減量およびクロロフィルa密度は、粒度分布調査と同様の地点において、円筒形コアサンプラーを用いて強熱減量の場合は深さ3cm、クロロフィルa密度の場合は深さ1cmまでの底質を採取した。強熱減量は底質の乾燥重量に対する600℃のマッフル炉で強熱後の減量を重量パーセントで示す方法³⁾で測定した。クロロフィルa密度は、採取した底質を所定量の90%アセトンに浸漬させた状態で一昼夜冷蔵庫内に静置しクロロフィル色素をアセトン中に抽出した後、遠心分離（3000rpm, 20min）を行ってアセトンを回収し、これを検水として3波長測



図-4 調査地点（St.1～St.6）¹⁾

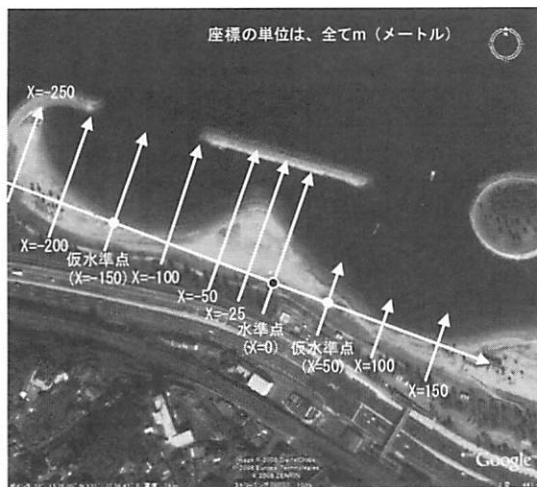


図-5 水準測量における基準線と座標¹⁾

定によって検水中のクロロフィルa量を定量する方法⁴⁾で測定した。

また、侵食と堆積による底質の移動状況を把握するため、2008年4月から12月にかけて人工島の西側において地盤高調査を実施した。地盤高調査では光波測距儀とプリズム反射鏡を用いた水準測量を実施した。調査は2008年4月24日から12月20日までの期間に13回実施した。図-5に示すように、ビーチ西側において50m間隔、および砂州が最も伸びている位置に測線を設定し、その測線上の地盤高を15m間隔で測量した。X = -150mがSt.1に、X = -25mがSt.2に、X = 150mがSt.3に、それぞれ対応している。

水質調査は、アサリが生息するための化学的環境とビーチ内での分布や変化を見積もること目的として、各調査地点における水温、塩分、pH、溶存酸素（Dissolved Oxygen; DO）、ならびに硝酸性窒素（NO₃-N）濃度の調査を行った。

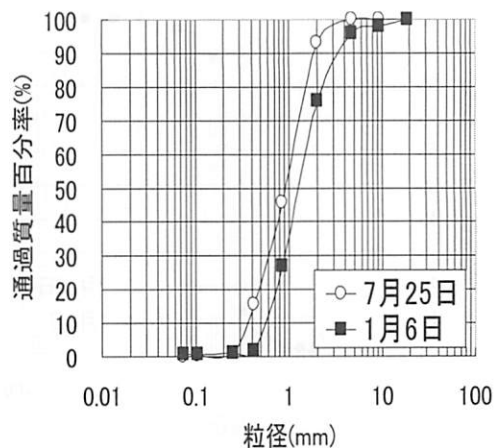
水温は水銀温度計、塩分は屈折式塩分計、pHはpH計を用いて現地にて測定し、DOとNO₃-N濃度は現地にて採水して前処理を行った後、実験室に持ち帰って測定した。DOはウィンクラー・アジ化ナトリウム変法³⁾、NO₃-N濃度はブルシン法³⁾に従った。

なお、粒度分布調査は2008年7月と2009年1月の両日も実施し、水質調査と底質調査における強熱減量およびクロロフィルa密度の測定は2009年1月のみ実施した。

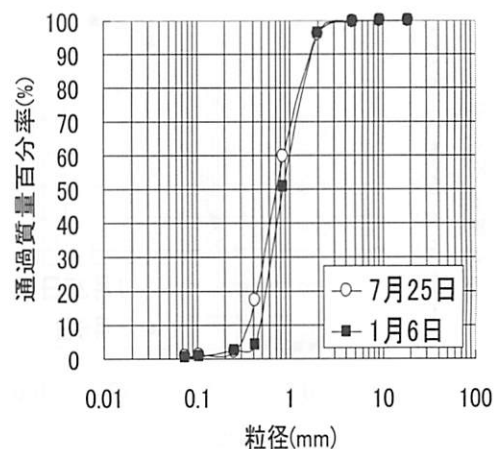
4. 調査結果と考察

(1) 底質調査における粒度分布とその変化

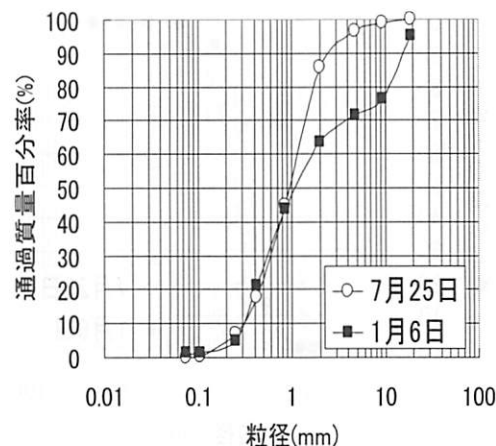
6箇所の調査地点（St.1～St.6）における2008年7月と2009年1月の底質粒度分布の比較を図-6と図-7に示す。図-6はビーチ中央の人工島の西側の3地点（St.1～St.3）、図-7は東側の3地点（St.4～St.6）の結果を示す。両図は



(a) St.1

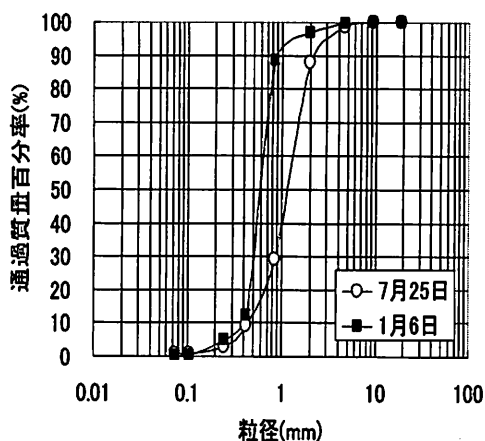


(b) St.2

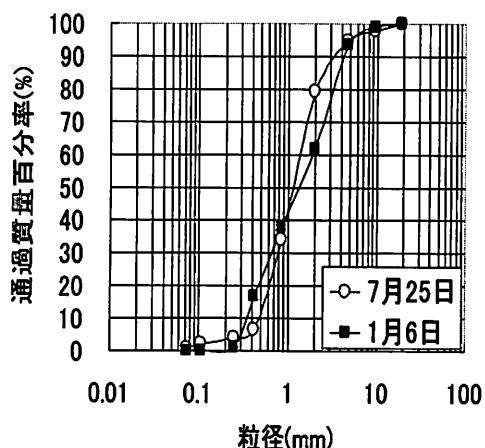


(c) St.3

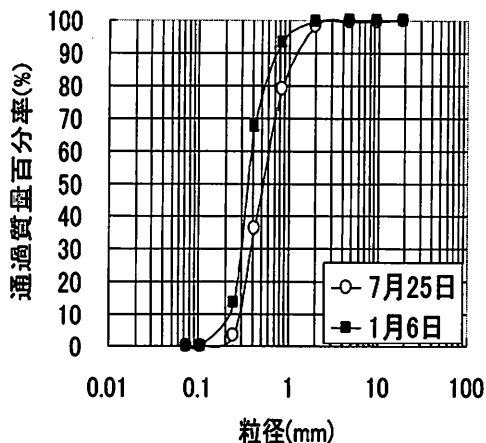
図-6 人工島西側の調査地点（St.1～St.3）における粒度分布の比較



(a) St.4



(b) St.5



(c) St.6

図-7 人工島東側の調査地点 (St.4～St.6) における粒度分布の比較

表-1 各調査地点 (St.1～St.6) における50%粒径 (D_{50}) の変化

調査 年月	D_{50} (mm)					
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
2008年 7月	0.91	0.82	0.87	1.10	0.96	0.61
2009年 1月	1.05	0.85	1.12	0.62	1.58	0.32

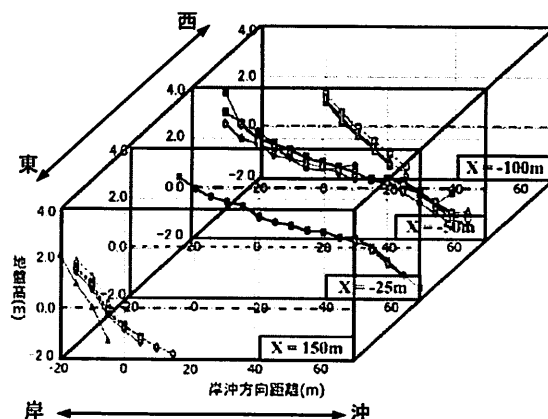


図-8 人工島西側における地盤高の変化 (2008年4月～12月 ;
● : 4月24日, ■ : 5月15日, ▲ : 5月31日, ◆ : 6月14日,
○ : 7月5日, □ : 7月19日, △ : 8月2日, ◇ : 8月26日,
◎ : 9月13日, 田 : 10月9日, △ : 11月11日, ◆ : 11月27
日, × : 12月20日)

ともに全て横軸が粒径を、縦軸が粒度試験に用いた所定の篩を通過した底質質量の累積値を百分率で表したものの(通過質量百分率)を示している。図-6より、St.1では2009年1月の粒径-通過質量百分率曲線は、2008年7月の同曲線と比較して、粒径の大きい(右)方向にシフトした。これは同地点における底質の粒径が全体的に大きくなったことを意味する。また、St.3(図-6)およびSt.5(図-7)では2009年1月の曲線上部が右方向にシフトし、粒径2mm以下の砂が減少し、粒径2mm以上の礫の割合が増加した。これに対して、St.2(図-6)では2回の調査結果に変化はなく、St.4およびSt.6(ともに図-7)では反対に2009年1月の曲線が左にシフトし、より粒径の小さい砂の割合が増加する傾向を示した。このことは、図-6および図-7から求めた各調査地点における底質の50%粒径(D_{50})の比較からも明らかであり、2009年1月には、St.1、St.3、St.5において D_{50} が上昇し、St.2ではほぼ同じ、St.4とSt.6では低下した(表-1)。これらの結果から、各調査地点における砂は、St.1、St.3、St.5では侵食傾向、St.2は安定、St.4とSt.6では堆積傾向にあると推測できる。

また、2008年4月から12月にかけて実施した人工島西側における地盤高調査の結果を図-8に示す。水準測量の

水準点 (X=0) から150m東側の地点 (X=150m, St3と同じ) では約8ヵ月の調査期間において地盤高が大きく変動した。これに対して水準点から25m西側の地点 (X=25m, St2と同じ) ではほとんど変化はなかった。これらは、粒度分布と50%粒径 (D_{50}) から判定したSt3とSt2における砂の侵食と安定の傾向を裏付ける結果となった。さらに、St2からSt1までの区間にある水準点から西へ50mおよび100mの地点 (それぞれX=50mおよびX=100m) においては地盤高が変動し、勾配が急になっており、St2からSt1にかけての侵食傾向が明らかになった。

(2) 水質調査結果からみた水塊の流入と滞留

2009年1月に実施した各調査地点 (St1～St6) における水質調査結果を表-2に示す。各調査地点における各水質項目の測定値を比較すると、塩分については全ての調査地点において同じ値 (塩分33‰) であったが、水温については人工島西側直近のSt3が最も低く (13.9℃)、東側のSt4～St6が西側に比べてやや高い傾向を示した。pHは、St3のみがその他の地点と比べて高い値 (8.5) を示し、DOについてもSt3がその他の地点と比べて最も高い値 (10.2mg/L) を示した。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度については、水温と同様に人工島の東側のSt4～St6が西側に比べてやや高い値 (0.11mg/L) を示した。

この結果から、人工島西側直近のSt3には、水温が低く、pHとDOが高い一方で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低い別府湾湾中央からの水塊が大きく流入しており、これがSt3における砂の侵食を引き起こす原因の一つではないかと推測される。また、St4～St6の水温と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が比較的高いことから、人工島東側では西側に比べてビーチ内の水塊の移動が少なく滞留しており、これによって、St4およびSt6では砂が堆積するのではないかと考えられる。

(3) 底質の強熱減量とクロロフィルa密度

2009年1月に実施した各調査地点 (St1～St6) における底質の強熱減量とクロロフィルa密度の測定結果を表-3に示す。強熱減量は底質に含まれる揮発性物質 (主に有機物) の割合を示す。各調査地点における測定値を比較すると、St4およびSt6で高く (それぞれ2.14%および2.11%)、St1, St3, ならびにSt5で低い値 (それぞれ0.78%, 1.21%, ならびに1.12%) を示した。St2では、St4およびSt6よりは低いが、St1, St3, ならびにSt5と比べてやや高い値を (1.26%) 示した。この結果は、先に示した底質の50%粒径 (D_{50}) の変化との間に逆相関が認められ、強熱減量は底質の50%粒径が低下傾向にある地点 (St4およびSt5) では高く、上昇傾向にある地点 (St1, St3, St5) では低くなった。一般に底質の容積が同じ場合、粒径が小さいほど表面積が増加するため、底質表面に吸着する有機物量が増え、強熱減量が増加す

表-2 各調査地点 (St1～St6) における水質調査結果 (2009年1月6日)

項目	St1	St2	St3	St4	St5	St6
水温 (℃)	14.0	14.1	13.9	14.5	14.3	14.3
塩分 (‰)	33	33	33	33	33	33
pH (-)	8.2	8.2	8.5	8.2	8.2	8.2
DO (mg/L)	9.2	8.9	10.2	9.4	8.5	9.0
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	0.07	0.09	0.03	0.11	0.11	0.11

表-3 各調査地点 (St1～St6) における底質の強熱減量とクロロフィルa密度 (2009年1月6日)

項目	St1	St2	St3	St4	St5	St6
強熱減量 (%)	0.78	1.26	1.21	2.14	1.12	2.11
クロロフィルa密度 (mg/m^2)	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	16.7

る。本調査結果は、St4およびSt5における砂の堆積と、St1, St3, ならびにSt5における砂の侵食を化学分析によっても裏付けられたといえる。

これに対して、底質のクロロフィルa密度は強熱減量との相関も認められず、St6において高い値 (16.7mg/m^2) を示した他は、全ての地点においてほぼ同じ値 (1.8または 1.9mg/m^2) であった。St6は2008年6月に新設された突堤の直近であり、2009年1月の50%粒径 (D_{50}) は全ての調査地点において最も小さい値 (0.32mm) であったことから、突堤の新設による砂の堆積に伴って有機物の堆積とクロロフィルaの増加が生じたと考えられる。

(4) アサリの生息可能性

本研究における現地観測の結果をもとに、田ノ浦ビーチにおけるアサリの生息可能性について考察する。アサリが生息するためには、その生息場において適当な粒径をもった底質材料が安定に存在しなければならない。アサリの生息に適した底質材料は一般に粒径 $0.075\sim 2\text{mm}$ の砂であり、粒径 0.075mm 未満のシルト・粘土などの泥分や粒径 2mm 以上の礫が主成分となる底質は生息に好ましいものではない⁹⁾とされる。田ノ浦ビーチの底質材料は泥分が少ないものの、50%粒径 (D_{50}) が大きく、St3およびSt5のように全体の40%近くを礫が占める地点が存在する。また、これらの地点は底質材料の侵食傾向が認められるとともに、勾配が急であることから、アサリの生息場としては適当ではないといえる。アサリは砂質海岸の中でも潮汐の干満周期により露出と水没をくり返

す平坦な地帯である干潟に多く生息する。したがって、田ノ浦ビーチにアサリを生息させるためには、生息場における侵食と急傾斜化を防ぎ、底質材料（砂）の安定を図ることが不可欠である。また、アサリの生息には餌資源の持続的な供給が不可欠である。田ノ浦ビーチでは堆積傾向のあるSl4およびSl6を除いては底質の有機物含有量を示す強熱減量が低かった。加えて、Sl6を除いて、直接的な餌資源量を表す底生藻類のクロロフィルa密度についても、アサリ漁場としての望ましい密度である 3mg/m^3 （1mの水深で除して底質表面の密度として表すと 3mg/m^2 ）以上⁹⁾と比較して低く、アサリの生育環境としては十分ではないといえる。周辺水域では夏季に赤潮が発生するものの、現地観測における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は富栄養化の水準に達していないことから、田ノ浦ビーチにおいては陸域からの栄養塩の流入が少ないと考えられる。

以上のことから、田ノ浦ビーチにおいてアサリの生息可能な生態系を復元するためには、生息場における底質材料の安定を図るための潮流や土砂の流入出ならびに陸域からの栄養塩負荷の制御を行う必要がある。現在、田ノ浦ビーチでは、仏崎と高崎山に挟まれた後背地の山地および住宅地からの流出水が直接ビーチ内に流れ込まないようにビーチの外縁の暗渠を通じてビーチ外に放流されている。アサリの生息可能な生態系を復元するためには、生息場だけでなく、流域圏全体における環境管理の視点が重要である⁹⁾。後背地からの流出水には底質材料となる土砂や底生藻類の増殖を促す栄養塩が含まれることから、これらの流出水を制御・管理することでアサリの生息可能な環境を構築できる可能性がある。

5. まとめ

本研究では、大分県別府湾に面する人工海浜「田ノ浦ビーチ」において生態系サービスの付加による機能の向

上を図るため、田ノ浦海岸にかつて生息していたアサリを指標生物とした生態系復元を目的として、水質と底質の現地観測に基づいた同ビーチにおけるアサリの生息可能性について検討した。2008年7月と2009年1月に実施した底質調査と2008年4月から12月にかけて継続して実施した地盤高の水準測定の結果から、底質材料の砂はビーチ中央にある人工島を境にして西側で侵食傾向、東側で堆積傾向にあることがわかった。また、2009年1月の水質調査の結果から、人工島の西側直近において別府湾湾央からの水塊の流入が大きく、これがビーチを侵食する原因の一つとなっていると考えられた。加えて、底質の強熱減量やクロロフィルa密度は低く、アサリの生育環境としては十分でないことがわかった。アサリの生息には底質材料の安定と餌資源の供給が不可欠であることから、底質材料の安定を図るための潮流や土砂の流入出ならびに陸域からの栄養塩負荷の制御を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) Google マップ：<http://maps.google.co.jp/>
- 2) 加藤知弘監修：目で見える大分市の100年、郷土出版社、2000。
- 3) 建設省都市局下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修：下水試験方法上巻-1997年版-、社団法人日本下水道協会、1997。
- 4) 日本分析化学会北海道支部編：水の分析第5版、化学同人、2005。
- 5) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会：沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編平成8年度版、1996。
- 6) 生田和正・日向野純也・桑原久実・辻本哲郎編：アサリと流域圏環境-伊勢湾・三河湾での事例を中心として（日本水産学会監修水産学シリーズ161）、恒星社厚生閣、2009。

(2011.8.8受付)

FIELD SURVEY OF WATER AND SEDIMENT QUALITY FOR INVESTIGATING THE AVAILABLE HABITAT OF JAPANESE LITTLENECK CLAMS AT THE ARTIFICIAL BEACH IN BEPPU BAY

Tohru TAKAMI and Yoshito IKEHATA

A field survey of water and sediment quality was performed in order to investigate the available habitat of Japanese littleneck clams in "Tanoura Beach" which is the artificial beach located on the southwest coast of Beppu bay, Oita prefecture. As the results of field survey in July, 2008 and January, 2009, it is clear that the sediment is eroded at the west side and is deposit at the east side of artificial isle in the beach. And, it is thought that one of the causes which erode a sediment on the beach is inflow of seawater from the central of Beppu bay, because there was much quantity of the seawater flows through just beside of the artificial isle. In order to make a Japanese littleneck clam live, it is necessary to control the tidal current and inflow of sand for stabilizing the sediment, and nutrients load from the hinterland of the beach.