

## 宮島腰細浦における湿地回復への取り組み

日比野忠史\*・高御堂良治\*\*・上田康二\*\*\*

宮島腰細浦には、満潮時の海水流入と山腹からの降水流出によって汽水系の湿地が形成され、湿地帯は宮島とんぼ等の貴重な生物の生息地であったと言われている。近年、砂浜の細りや湿地の消失が起こる等、豊かな自然環境がそこなわれてきている。この原因として広島湾で行われてきた砂採取による潮流の変化が原因である等の指摘はあるが、その根拠は明確にされていない。本研究の目的は植生や宮島とんぼ生息地の再生等、本来の腰細浦にあった自然の回復を望む住民に対して、湿地が消滅した機構を科学的に証明し、湿地回復への手順を示すことである。

### 1. はじめに

宮島腰細浦には、満潮時の海水流入と山腹からの降水流出によって汽水系の湿地が形成され、湿地帯は宮島とんぼ等の貴重な生物の生息地であったと言われている。近年、砂浜の細りや湿地の消失が起こる等、豊かな自然環境がそこなわれてきている。この原因として広島湾で行われてきた砂採取による潮流の変化が原因である等の指摘はあるが、その根拠は明確にされていない。失われた湿地を回復させるためには、湿地の消失原因に関して十分な知見が必要であることから、腰細浦の文献調査や現地調査（地形測量、地下浸透調査）を行い湿地の変遷、地形特性および保水能力について検討した。これらの客観的データをもとに湿地回復に向けたシナリオ作成を行った。また TY0418 では広島湾において甚大な高潮被害が発生し、腰細浦においても 1 m 以上の砂浜の洗堀、道路等の崩壊が起こっている。高潮後の地形変化を追っていくことで浜の回復能力を明らかにし、湿地への浄化の供給の方法についても検討する。

本研究の目的は植生や宮島とんぼ生息地の再生等、本来の腰細浦の回復を望む住民に対して湿地回復への手順を示すことである。本論文は湿地回復手法を提案するための基礎資料となるものである。

### 2. 腰細浦の変遷

#### (1) 腰細浦付近 (1991～1994年頃) の地形

##### a) 腰細浦周辺湿地の状況

腰細浦は宮島の北東に位置する入江の砂浜である。図-1 は腰細浦付近 (1991～1994年頃) の地形を示したものである。砂浜は弓形になっており、その浜の東端には陸繋島がある。また、砂浜の中央には、七浦神社の一つである腰細浦神社が建立されている。浜と山斜面の境目

には、宮島の東西を結ぶ道路があり生活道として利用されている。宮島町教育委員会のまとめた「宮島の自然、1994」には1994年には、陸繋島と山斜面の間の砂浜に湿地があること、神社裏側（図-1 中の破線）にも1972～1973年頃には、長径約30 m、短径約15 m の湿地が存在していたことが記されている。図-1 に示される砂浜湿地は、1991年の夏から行われた調査（1994年3月に調査報告）では、南北方向も東西方向も約20 m の方形の湿地が存在していた（写真-1(a)）ことが報告されている。1991～94年頃には小河川が両湿地から海に向かって形成されていた（図-1）。小河川には山斜面から山砂の流出や湿地等での生物活動により、粒径の細かい土粒子が堆積し、河道が維持され湿地には潮汐によって海水が遡上していたと考えられる。

##### b) 腰細浦周辺の整備状況

1964～67年の3年間に広島県の開拓土地改良事業により、現在のルートである鷹ノ巣～大砂利間（2.7 km）の道路（砂利道）が敷設された（宮島の自然、1975）。旧湿地西側から A 地点付近（図-1）までは盛土によ

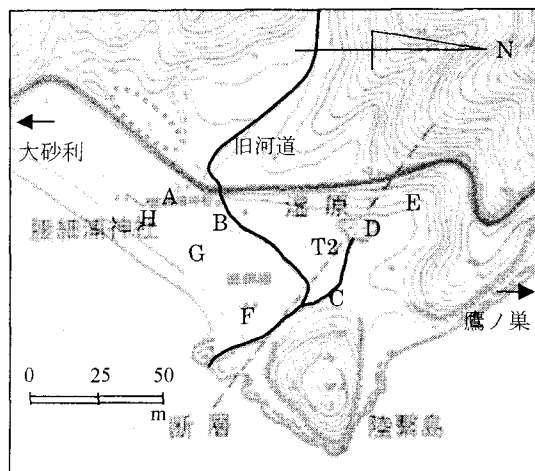
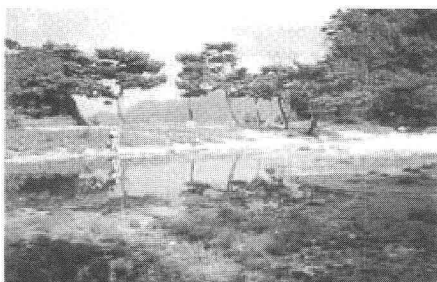


図-1 腰細浦付近 (1991～1994年頃) の地形  
(英字は観測点を示している)

\* 正 会 員 工 博 広島大学助教授大学院工学研究科

\*\* 学生会員 (修) 広島大学 大学院工学研究科 社会環境システム専攻

\*\*\* 正 会 員 工 修 みやじま未来ミーティング



(a)1991～1994 年頃



(b)2005 年

写真-1 腰細浦東端の湿地 (a)1991～1994 年頃, (b)2005 年



(a)2004 年 3 月 18 日



(b)2005 年 1 月 22 日

写真-2 台風前後の腰細浦の状況

て道路が敷設されており, 旧湿地 (D 地点) 西側は約 5 m の壁となっている。1968年に宮島町がこの道路を町道として認定し, 宮島町による管理が始まり, アスファルト舗装, ガードレールの設置, 側溝の造成などが順次行われ, 青海苔浦を水源とする上水道管の敷設とともに 1977年に現在の道路が完成した。

## (2) 現在の湿地の状況

写真-1 には腰細浦砂浜湿地の (a) 1991～94年頃と (b) 現在の状況が比較されている。現在では湿地が消失し, 植生が大きく変化するとともに, 写真奥の砂丘がやせていることがわかる。砂丘がやせることにより松枯れが進行し, 松の減少も著しい。道路西側凹部に溜まる表層水は B 地点西側にある暗渠によって東側の砂浜に流出させているが, 河道としての機能を有していないために, 現在では流出水を湿地跡まで流下させることができなくなっている。湿地の消失は山側から供給される淡水の減少 (水道の遮断) とこれに伴う河道の消滅が起因であると推定できる。山斜面からの淡水 (表層水) 供給がなくなったことによって, 湿地から海に向かう小河道に供給される有機泥等の微細粒子を含んだ河川水が減少し, 潮汐に伴う海水の流出入のみが卓越したことによって湿地と海を結ぶ河道から細粒分が抜け, 河道が消滅していったと推測される。湿地周辺での流れの変化は粒径の細かい土粒子の供給を減少させたのみならず, 細粒分を流出さ

せることになる。これらにより, 土壌による河道維持能力 (地盤強度) の低下および海水流入量の減少がおり, 河道の干出が促進され, 風等によって細粒分が吹送されると言う悪循環により河道が消滅していったと考えられる。すなわち, 淡水の流入量の低下と海水流入が無くなっていく過程の中で砂浜湿地は消失したと推論できる。これらは道路 (盛土) による湿地の分断によって, 湿地への淡水供給 (表面流出) が制限され地下浸透が主になったことが直接的な原因と考えられるが, 山斜面による降水の保水能力低下によって, 地下流出量が低下していることも重大な原因と考えられる。

## (3) 海水面の変動

図-2 に宮島の西側に位置する大野において測定された潮位の経時変化 (2004年 3 月～2005年 2 月) を示した。通常時には大野 (宮島西海岸) での潮位は腰細浦の潮位と等値であることは, 2004年 3 月の潮位変化を比較することで確認している。潮位は季節的に変動をしており, 夏期に高く (満潮時 2.7 m 程度), 冬期に低く (満潮時 1.9 m 程度) なっていることがわかる。

## 3. 地形 (保水能力) の特性

### (1) 高潮による地形変化と地下水流動の把握

写真-2 に高潮被災前後での砂浜周辺の地形が比較されている。TY0418によって腰細浦の地形が変化し, 海

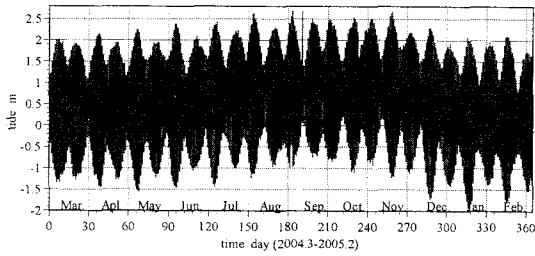
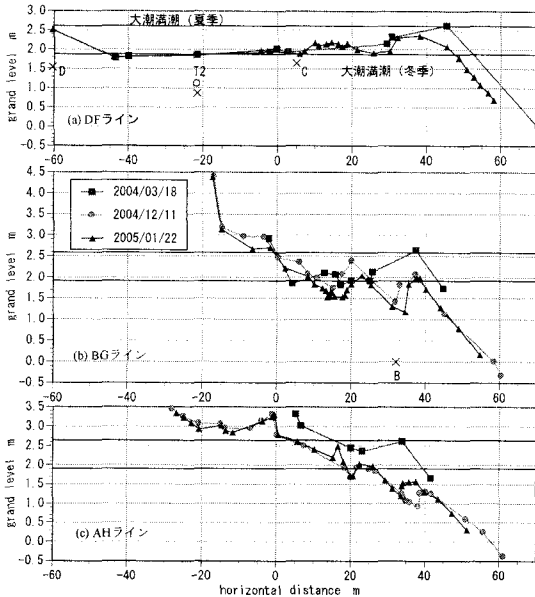


図-2 海面水位の季節変動

図-3 高潮 (TY 0418で被害) 前後の地形形状  
(観測ラインは図-1参照, ×はTD計, ○はCT計の設置位置)

水が旧湿地に遡上するようになった。遡上した海水は地下へも浸透することから、短期間での海水の浸透を利用した地下水の保水能力の観測が可能になった。本節では地下水位と水温・塩分を測定することによって砂浜に湿地が形成された機構を明らかにし、湿地として回復可能な適地の選出と湿地回復のための科学的根拠を示す。

#### a) 高潮後の地形変化に伴う海水の遡上

高潮によって神社方向から陸繋島に向かって写真-2に示すように凹地が形成され、満潮時には海水が旧湿地に流れ込むようになった。波浪によって形成されたH地点方向からG地点に向う窪地に沿って、海水がB地点およびF→G地点まで遡上するようになった。しかし、凹地および旧湿地は下げ潮とともに干出し、海水が残留することはない。

#### b) 高潮前後の腰細浦の地形

図-3は図-1に示した(a) DF, BGおよび(c) AHラインに沿った地形を高潮前後(3/18と12/11, 1/22測量)

で比較したものである。AHラインは神社北側のラインで道路西側の窪地に向かう測線, BGラインは暗渠に向かう測線, DFラインは砂浜湿地跡上の測線である。BGライン上の-10~-0m付近に、窪地が形成されているが、この窪地は暗渠からの表層水の流出によって形成されたものである。通常期には表層水は暗渠通過後数mで地下に浸透している。

湿地が存在したDFラインでは海側に向かって正の勾配をもつのにに対し、AH, BGラインは負の勾配を有している。旧湿地海岸には海岸丘が発達しており、高潮以前には夏期の大潮満潮位時においても海水が海岸丘を越えて、旧湿地に流れ込むことはなかった。旧湿地帯は、南東側(AHライン)に比較して1m程度低く(高潮前)、平坦地も広がっており、高潮による地形変動も受けていない。したがって海岸丘を海水が越えること(河道の形成)ができれば、最も水位が低くなる冬期においても旧湿地に十分な海水を導入することは可能である。

高潮による浸食は腰細浦中央付近が大きく、海岸線では1m以上浸食されていること、浜が約5m後退していることがわかる。写真-2(b)の凹地に沿ってBGラインはとってあり10m付近に漂砂によって形成された凹地を通してDF方向に海水はDFライン方向に遡上している。各ラインとも浸食後に凹凸が大きくなっているが、BGラインで特に顕著である。BGラインには、淡水が流出しているが、高潮後に表面流出によって形成された凹地に海水が流れ込むことで地形を変化させている。

#### (2) 湿地回復候補地の保水能力

本節では、湿地回復する適地を選定するために必要となる地形の保水能力について検討する。保水能力は地下水位と水温・塩分変化によって確認された。対象とする地点は、図-1と図-3中に示す淡水(表層水)供給のあるB地点(TD計; 0cm)、旧湿地(T2地点, TD計; 80cm, CT計; 110cm)、および旧湿地に淡水の供給源であるDFライン延長上の山斜面(E地点, TD計; 160cm)、海側のC地点(T計; 165cm)とした。ここに、Tは水温、Cは塩分、Dは水位の測定を表し数値は設置標高を示している。

対象地点に直径10cmの透水性の井戸を設置し、水温・水位計、水温塩分計により地下水位の変化、淡水・塩分の供給状態を10分間隔で測定した。図-4には(a)高潮被災前(2004年2~3月)、と被災後(2005年1~3月)に測定された旧湿地(T2地点)、および(b)表層流出のあるB地点における地下水位の変動を示している。いずれの図も潮汐(大野)と降水量(大竹)を併せて示しており、図(a-2)には、山斜面のE地点での地下水位Bを併せて示している。

a) 湿地候補地 (B 地点) での地下水位 (図-4(a))

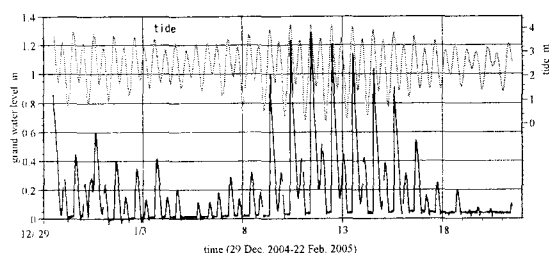
測定は高潮後の2004年12月29日から25日間行われた。B 地点での地下水位は潮汐周期で変動している。満潮時には海水が遡上し、B 地点での水位は上昇するが、下げ潮になると水位は急激に低下しており、B 地点は海に向かって岩盤が傾斜し地下水の保水能力が小さいことがわかる。このことから、B 地点は、給水面からは適しているが、保水能力は低く、将来湿地として回復させることは困難であることが理解される。

b) 旧湿地での地下水位 (図-4(b))

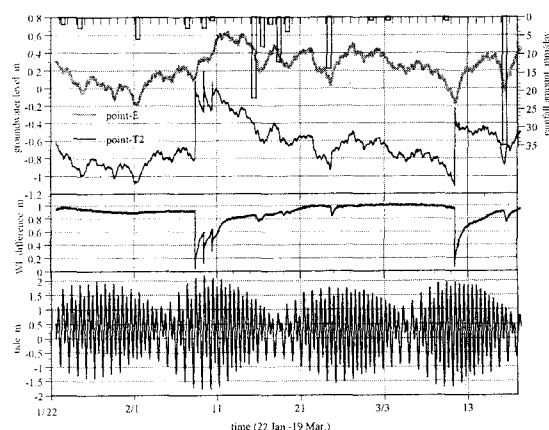
旧湿地での地下水位は海面水位の変動と独立に変化していることがわかる。地下水位の上昇は降雨後に起こっており、旧湿地への水分供給は降水によって行われていることがわかる。これは、腰細浦が岩盤上に形成されており、旧湿地下はオワン状構造になっているためと推定できる。

TY0418による高潮以前の3月には、潮汐に伴った海水の旧湿地域への流入 (地下浸透を含めて) はなかったが、高潮後の海岸砂の流出により、大潮満潮に伴った海水流入 (写真-2(b) に示す G 地点側から流入) があり、地下水位が上昇している。ただし、海水流入は2mを越える高潮位時に限定されており、旧湿地の地下水位は、山側からの地下流出に依存していることがわかる。海水や降雨 (表面流) の流入により、E 地点 (山斜面) との水位差は急激に小さくなるが6~10日程度で地下水位が低下し (低下速度は旧湿地の地下水位に依存)、水位差は一定化していく。原地盤上に溜まった海水は下げ潮とともに流出し、さらに、-20 cm 程度になるまでは約0.5 cm/h の速度で地下水位が降下し、その後は斜面流出に依存する地下水位 (約1m) まで低下している。この時、山斜面では地下水の流下が制限されるために地下水位は上昇している。

図-5には山斜面 (E 地点)、旧湿地 (T2地点) および海側のC 地点での水位 (T2地点は塩分・水温) が示されている。本観測期間では、旧湿地に溜まる地下水の水温は低く、山側からは温かい淡水が供給されている。淡水供給による水温への影響は小さい (土中内気温の影響が強い) が、海水の流入による水温への影響は大きい (流入量が多い)。C 地点での水温の変動が大きいのは測定点が常時地下水位以下にない (1/22の時点での地下水位は約-1m、図-3(a)では1.2m) ためであり、低い温度を示す期間には測定点が地下水位以上にあること、急激な温度の上昇は冠水したことを示している。T2地点での水温との関係から、C 地点 (0.7m) に地下水位が達しているのは、大潮期 (T2地点の地下水位の上昇を起こす高潮位) から約1週間程度と推定できる。この期間はT2地点とE 地点の水位差が大きくなる期間と概ね



(a) 湿地候補地 (B 地点) での地下水位  
(海水遡上による井戸への表層水流入によって水位上昇する)



(b) 旧湿地 (T2 地点) での地下水位

図-4 地下水位の経時変化

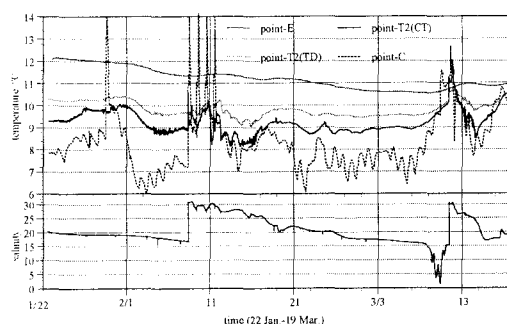


図-5 高潮 (TY 0418で被害) 前後の地形形状  
(観測ラインは図-1参照)

一致している。

地下水位の低下と淡水供給によって、地下水の塩分は15 psu 程度まで低下している (3/10頃の低塩分は地下水表面の塩分濃度)。

### (3) 腰細浦に供給される地下水の水質

図-6にBGとDFラインに沿って最干時に測定した地下水の塩分、水温、pHが示されている。BGラインでは、道路 (盛土) 西側の表面水、暗渠直下および窪地に沿った水質を測定している。測定は満潮時に海水が浸入した後の干潮期に行われた。図-6(a)の0mは暗渠出口であり、-20mまでは表層水、-5m以上は地下水

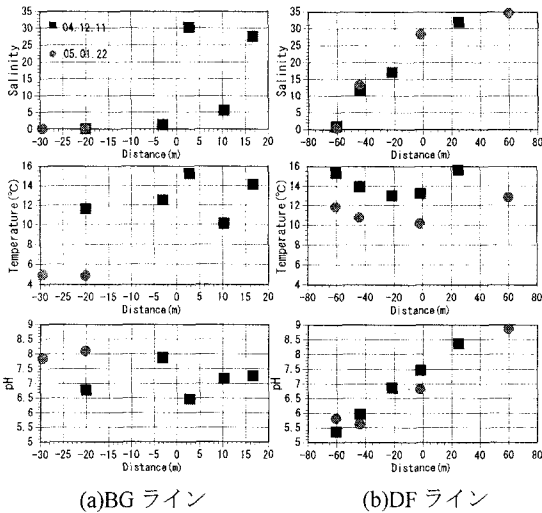


図-6 水質測定結果

(図-4(b)で示すように、潮汐により水位は変動する)の水質を測定している。BGライン2m地点は海水の流出が遅れ、海水の残留が多くなっている。これは、BGラインが岩盤不浸透層の斜面上に位置しているためと考えられるが、岩盤の形状が複雑であることを示している。

BGライン上では、各測点で水質特性が異なるのに対して、DFラインでは、山斜面から海側に向かって特徴のある変化がある。DFラインは山斜面から海に向かうラインで、旧湿地が存在していた場所を縦断している。山斜面でのpHは6以下の酸性(BGライン上にある表層水のpHが8付近の弱アルカリ性)を示している。これは地下水がアルカリ性の堆積土(火成岩)中を浸透してきたためであるが、-40m付近(地形は図-3(a)参照)においてもpHが低くなっており、表層土の保水性(層厚)の低下も一因として考えることができる。旧湿地には山斜面から地下水の供給があるために、旧湿地にはpHの低い海水が存在していることがわかる。湿地回復に向けては、生物生息に適した水質環境が必要であり、生物生息と水質環境について今後の検討が必要である。

#### 4. おわりに(湿地回復の考え方)

##### (1) 湿地消失機構

文献、聞き取り調査から、山際に生活用道路が敷設されたことにより1980年頃から、山と海が分断され湿原の様相が急激に変化するとともに、湿原が縮小してきたこと、1990年代後半には腰細浦の全ての湿地が消失し、松が枯れる等、生物の生息環境が壊滅的な打撃を受けたことがわかった。さらに、地形測量、保水能力調査から、①旧湿地はオワン状の岩盤上に砂が堆積しており、保水能力が極めて大きいのにに対し、淡水の供給がある湿地候

補地は海に向かって岩盤が傾斜しており、地下水の保水能力がないこと、②山腹からの地下浸透による淡水は降雨後1週間程度の供給(持続)でしかないこと、③山腹から供給される地下水は酸性が強く( $\text{pH}=4.5$ )土壌の荒廃が進んでいること、④湿地の消失は山斜面からの淡水(表層水)供給が減少したことによって、湿地から海に向かう小河川に供給される淡水(有機泥)が減少し、潮汐に伴う海水の流出入のみが卓越したことが起因であること、④腰細浦砂浜への砂供給能力は高く、12月から1ヶ月後には50cm程度の砂の移動があり、腰細浦は砂のたまり易い場にあることが明らかにされた。

湿地周辺での流れの変化は粒径の細い土粒子の供給を減少させたのみならず、細粒分を流出させている。これらにより、土壌による河道維持能力(地盤強度)の低下および海水流入量の減少がおり、河道の干出が促進され、風等によって細粒分が吹送されると言う悪循環により河道が消滅していったことが推測される。道路(盛土)による湿地の分断によって、湿地への淡水供給は河川流出が制限され地下浸透が主になったことが直接的原因と考えられるが、山の荒廃によって山斜面による降水の保水能力低下も重大な原因となっている。

##### (2) 湿地回復の手順

湿地の回復を進めるにあたって、①旧砂浜湿地、または②現在淡水の供給のあるBGライン上での回復の2つが適地として考える。宮島とんぼの生息できる湿地の回復を実現するためには①継続的な淡水供給があること、②場の保水能力が大きいこと、③波浪による地形変動が小さいことの3つが全体的な条件となる。淡水供給の期待されるB地点では湿地回復させるだけの保水能力はなく、保水能力および地形の安定の点から旧湿地を回復することが最良と考えられる。問題は旧湿地への淡水供給能力である。旧湿地の流域面積が小さいことから、①地下水の流入増大、および②隣接流域からの表層水の供給が必要となる。現在淡水は、腰細浦に流出後、数mで地下に浸透しており、現状の淡水供給能力では湿地の回復は困難である。

旧湿地への淡水量の供給を増大するためには、山斜面の保水能力を増大させることが肝要である。山を育てることで、保水能力を高めることが湿地を回復させるために先ず行われなければならない課題である。今後は地域住民等との連携を図り、腰細浦の湿地回復(山の育成)に取り込むことを行っていく。

#### 参考文献

- 宮島町教育委員会(1994): 宮島の自然 地形・地質編, pp. 159-162.
- 宮島町(1975): 厳島の自然, pp. 28.