

甦れ!! 塩屋の海浜植物群落

愛媛県立伊予農業高等学校 伊予農絶滅危惧海浜植物群保全プロジェクトチーム

代表 三好太智・久保和之・佐伯和也

江崎杏子 大野彩夏 隅田盛之 中野恭平 佐川雄真 森脇勇士 尾田寛明
 永井誠人 松本真哉 山本昌寛 山本雅也 坂中友美 影岡 渉 川上恵司
 安宅正樹 大森俊久 門屋京一郎 角田慧史 竹之内孝輔 富永翔平 山内裕太

はじめに

いよぐん まさきちやうしおやかいかん

伊予郡松前町塩屋海岸は、ナミキソウやピロードテンツキ、オニシバ、ケカモノハシ、ネコノシタ、さらに近年、ハマニガナなどの海浜植物が姿を消し、オカヒジキやコウボウムギが絶滅の危機にある。そこで、産業界・大学・行政・ボランティア団体・メディアが連携し、絶滅が危惧される海浜植物を保全し、塩屋海岸から姿を消した植物を復元するプロジェクトに取り組んだ。ここでは、対象地域について行った検証や測量結果、調査や実験結果等について紹介したい。

沿岸漂砂量の算出による漂砂方向の検証

(1) 調査方法

砂の移動現象や潮流特性を検証するため、図1に示す手順でSMB法により沿岸漂砂量を求めた。重信川左岸にある塩屋風向観測所の2000年12月から2004年1月までの実測データを収集し、風波から沖波を推測した。次に、海図から吹送距離（図2）を解析し、両サイドの埋め立て地での波の屈折・回折の影響を考慮し（図3）、波のエネルギーを計算した。

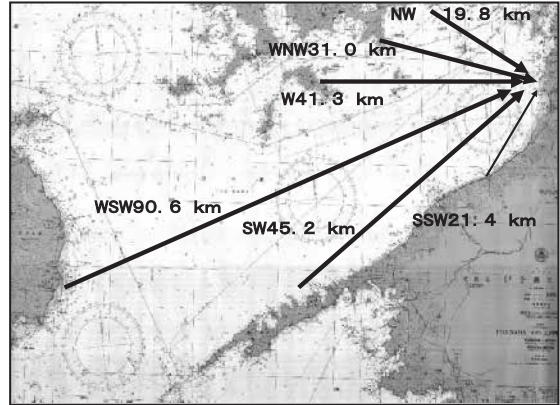


図2 吹送距離（海上保安庁海図）



図3 波の屈折と入射角（国土地理院発行）

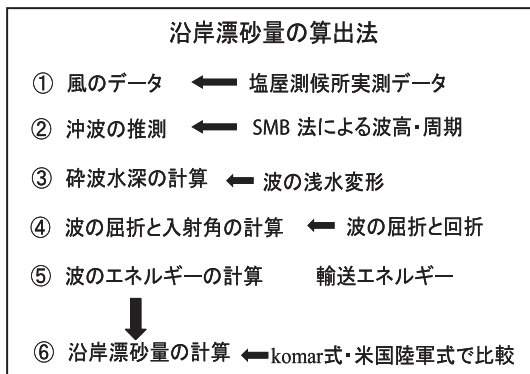


図1 SMB法による漂砂量算出手順

(2) 結果

塩屋海岸では、春から秋にかけて、漂砂を起こす風波の出現は、春の嵐、台風以外にはないが、冬（図4）には、風速5m以上の北西の季節風が1時間

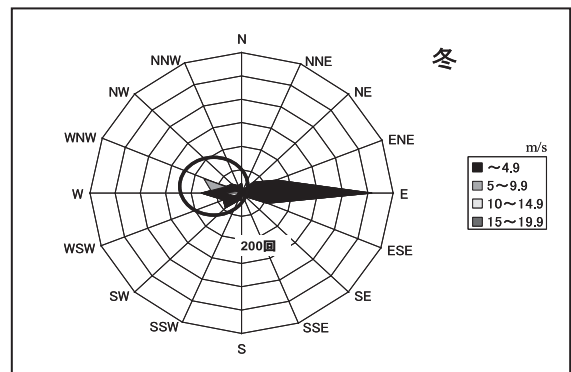


図4 風向別風速頻度表（2004年）

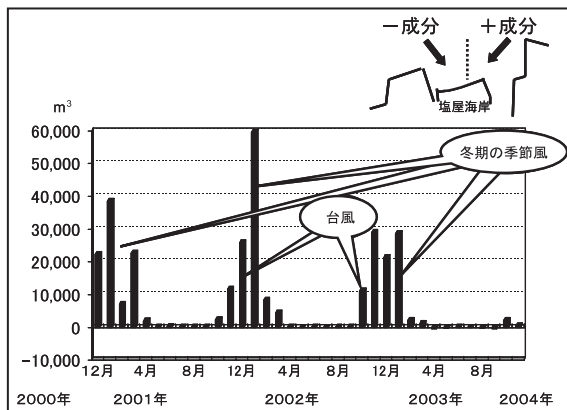


図5 沿岸漂砂量 (2000年~2004年)

以上吹き、漂砂現象が頻繁に起こっている。冬の季節風による漂砂量は継続時間が長く、台風は1度に動く漂砂量が大きく、さらに漂砂方向は、重信川から国近川への+ (プラス) 方向が卓越 (図5) している。

(3) 考察

実際の漂砂現象でも、重信川から国近川方向へ移動していると推測でき、国近川突堤付近に土砂が堆積していると考えられる。

海浜・海底地形及び潮流特性の調査

(1) 調査方法

実際に潮流特性や海底勾配を調べるため、重信川水系左岸の距離標起点と国近川トランシット点を結ぶ護岸850mを基線に、これに直交する沖合方向400mまでを、陸上部は、GPS受信機を、海上部は、ドップラー式多層流速計を導入して、多層面の潮流特性と水深を計測 (図6) した。これは、GPS衛星を使って、固定局と移動局を無線データリンクさせるシステム (図7) で、50mメッシュ上に自動観測無線操縦ボートを走らせ、1回目は、2004年7月26日の満潮時から下げ潮時に、2回目は2005年8月1日の上げ潮時に、3回目は2005年11月14日の下げ潮時に測定した (図8)。



図6 潮流特性や海底勾配の調査

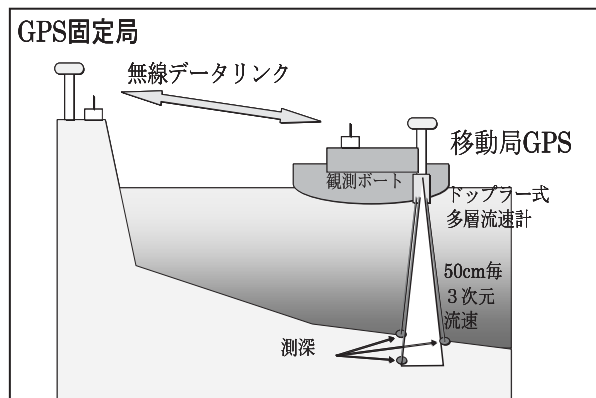


図7 測定のしくみ (中田正人氏提供)

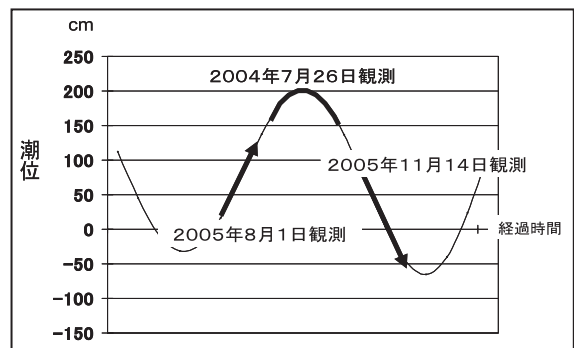


図8 測定時の潮位

(2) 結果

満潮前後の沿岸流は、図9のように、重信川河口沖合で最も大きく、流れの循環により、国近川付

甦れ!! 塩屋の海浜植物群落

愛媛県立伊予農業高等学校 伊予農絶滅危惧海浜植物群保全プロジェクトチーム

代表 三好太智・久保和之・佐伯和也

江崎杏子 大野彩夏 隅田盛之 中野恭平 佐川雄真 森脇勇士 尾田寛明
 永井誠人 松本真哉 山本昌寛 山本雅也 坂中友美 影岡 渉 川上恵司
 安宅正樹 大森俊久 門屋京一郎 角田慧史 竹之内孝輔 富永翔平 山内裕太

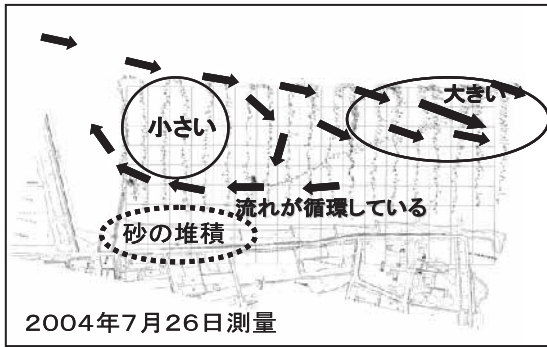


図9 満潮前後の沿岸流

近に砂が堆積する。この現象は、流速に違いはあるが、上げ潮時でも沿岸流の流れの方向は同じであるのに対して、下げ潮時は、図10のように、沖合の流れは反転している。また、1回目と2回目の標高差分を分析した結果、沖合と重信川付近で堆積、国近川から中央部で侵食（図11）されている。

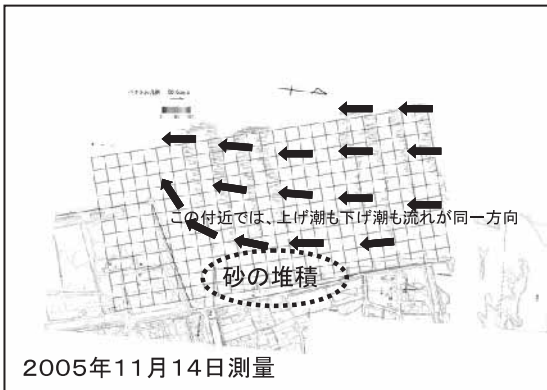


図10 下げ潮時の沿岸流

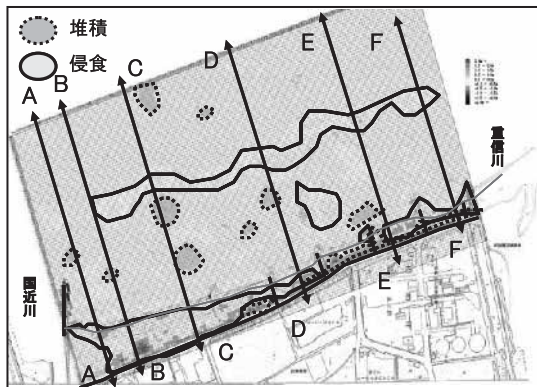


図11 海底の地形変化

いくつかの縦断面をとると、国近川近くのB-B断面（図12）では、後浜が侵食されている。図13のように、B-B断面の後浜付近を拡大すると、汀線付近が侵食され沖合で堆積している。また、中央部と重信川近くのD-D断面（図14）では、同様な侵食を受けているが、ここでは、後浜がなく護岸への砂の打ち上げによる堆積が見られる。

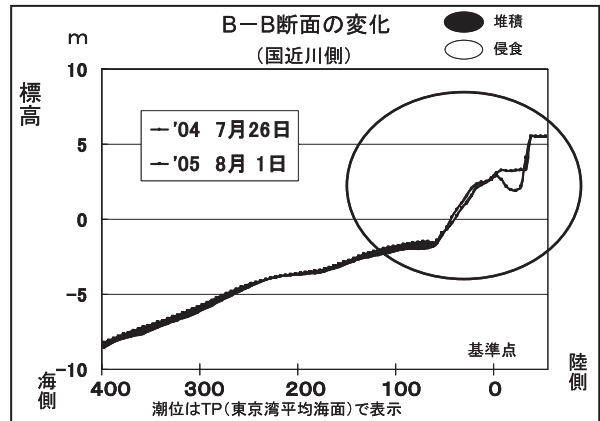


図12 海底の変化（B-B断面）

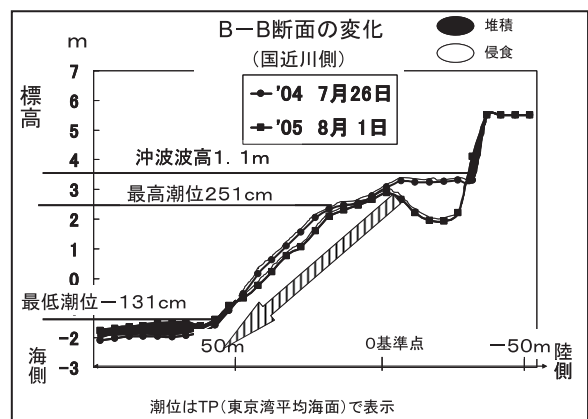


図13 B-B断面汀線付近拡大図

(3) 考察

沿岸流は、潮位に関係なく常に、海岸中央付近から国近川付近の方向で、これは風波による沿岸漂砂量の検証結果と一致し、国近川付近に常に砂が堆積する。さらに、点高法により基準線から50m

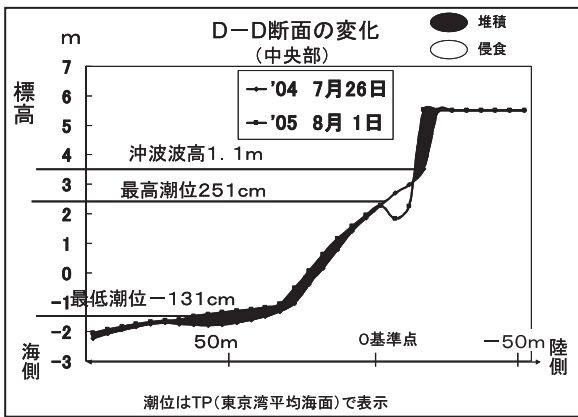


図14 D-D断面汀線付近拡大図

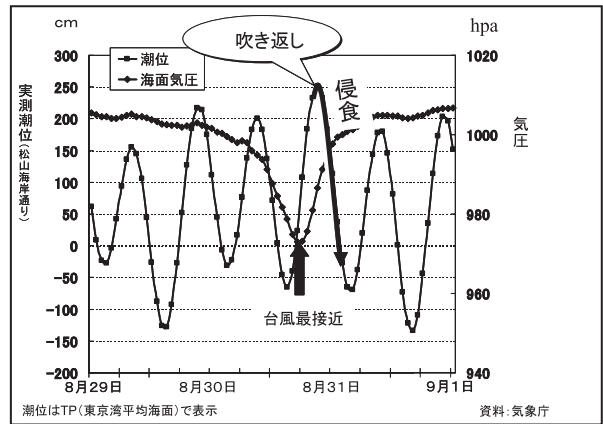


図16 T0416号台風と潮位

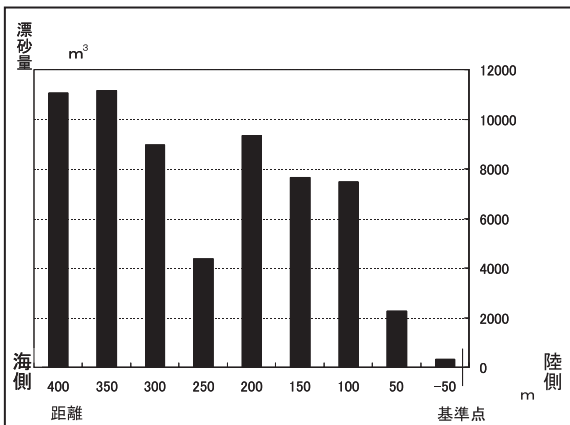


図15 50mごとの1年間の堆積量

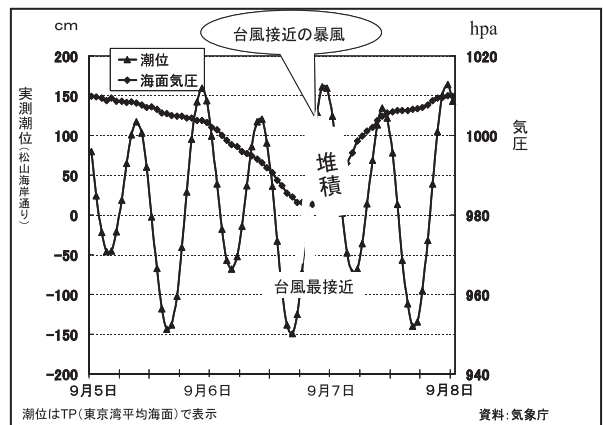


図17 T0514号台風と潮位

ごとに堆積量を計算（図15）すると、汀線より陸側と沖合50m付近、200～250m付近で侵食されている。また、全域での年間堆積量を、平均標高差と面積の積から求めると、62,000立方メートルで、重信川が土砂の供給源となっている。2004年の16号（T0416号）台風は、図16のように、気圧の低下と潮位から、台風が塩屋海岸の西側近くを通過後、吹き返しの暴風による波浪が下げ潮時と重なり、沖波波高1.1mの波が下げ潮にB-B断面の汀線付近を侵食したのと考えられる。逆に2005年14号（T0514号）台風では、図17のように、台風接近時の暴風雨が直接塩屋海岸に漂砂現象を起こす風波となり、これが上げ潮と重なって、後浜に砂

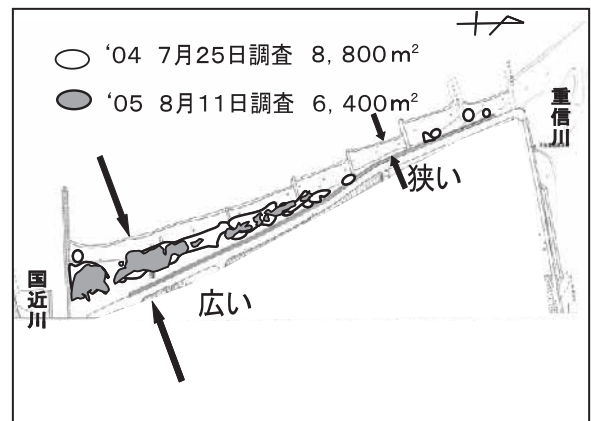


図18 コウボウムギの生育場所

が堆積したと考えられる。以上のような点から、国近川付近では後浜が広く、反面、重信川では前

甦れ!! 塩屋の海浜植物群落

愛媛県立伊予農業高等学校 伊予農絶滅危惧海浜植物群保全プロジェクトチーム

代表 三好太智・久保和之・佐伯和也

江崎杏子 大野彩夏 隅田盛之 中野恭平 佐川雄真 森脇勇士 尾田寛明
 永井誠人 松本真哉 山本昌寛 山本雅也 坂中友美 影岡 渉 川上恵司
 安宅正樹 大森俊久 門屋京一郎 角田慧史 竹之内孝輔 富永翔平 山内裕太

浜からすぐに護岸へと移行しており、多年生の海浜植物が生存するのは、図18のように海岸中央部から国近川までの安定帯であると考えられる。

後浜土壌のpH、電気伝導度、温度、pF値、地下水の塩分濃度

(1) 調査方法

後浜土壌のpHと電気伝導度は、体積比で、後浜土壌1に対し蒸留水2を加えて、簡易pH計、電気伝導計を用いて毎月測定した。また、土壌の温度は、地表下20cmを、温度計を土壌に突きさして午前9時に測定した。また、pF値は、地表下20cmと40cmにテンシオメータを常時埋設して、2005年7月1日から、毎週測定した。さらに、地下水の塩分濃度は、汀線から後浜方向の植生界までを、5m間隔に地下水が出るまで掘削し、地下水を採取して塩分濃度計で測定するとともに地表下20cmの土壌の電気伝導度も、体積比で、後浜土壌1に対し蒸留水2を加えて、電気伝導計で測定した。

(2) 結果

後浜のpHは8.3前後でアルカリ性土壌（図19）である。電気伝導度（図20）は0.35ms/cm前後と低く、冬期には一時的な上昇が見られる。土壌の温度（図21）は、冬期には2℃まで低下し、夏期には30℃を超えている。pF値（図22）は、年間を

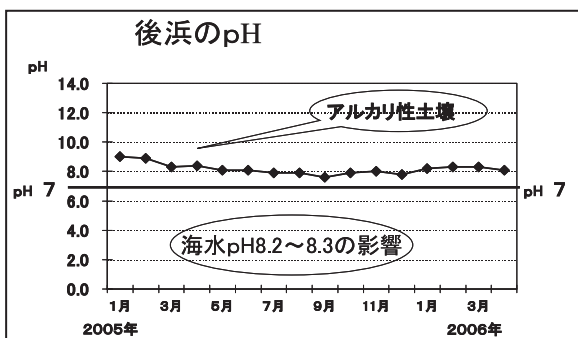


図19 後浜のpHの変化

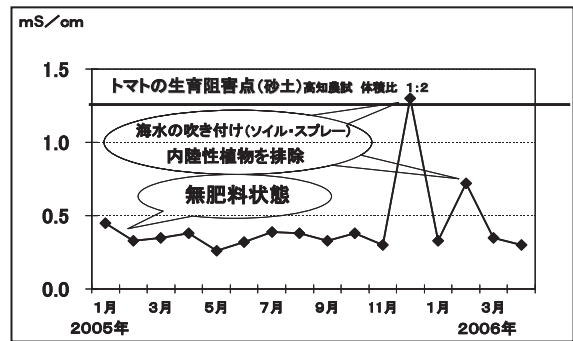


図20 後浜の電気伝導度の変化

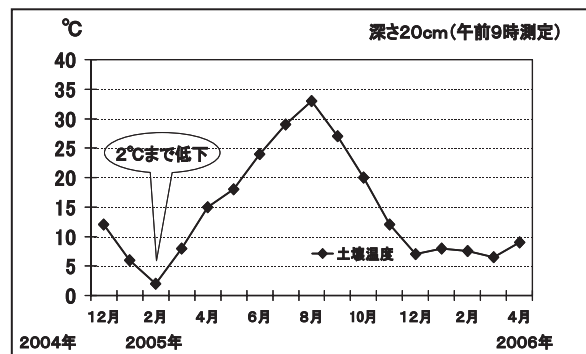


図21 後浜の土壌の温度変化

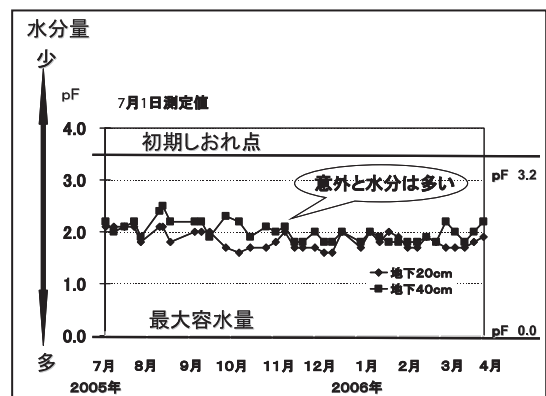


図22 後浜のpF値の変化

通じて2.0前後である。また、汀線から後浜へ進むに従い、地表下20cmの電気伝導度（図23）は低くなった。さらに、地下水の塩分濃度（図24）は、海水より高い数値を示した。

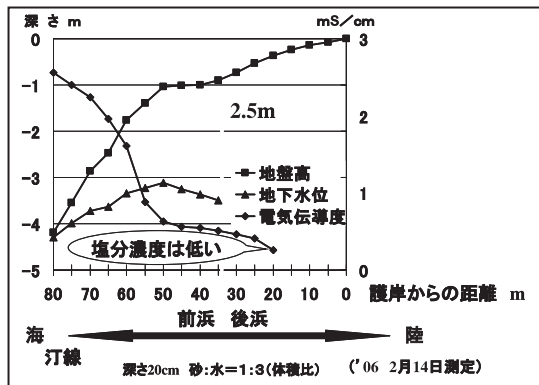


図23 地下水位と塩分濃度

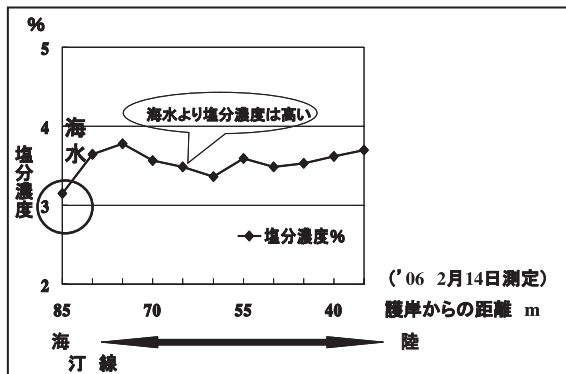


図24 地下水の塩分濃度

(3) 考察

海水はpH8.2~8.3であることより、後浜のpHは海水の影響を受けている。また、電気伝導度が通常0.35ms/cm前後であることは、作物栽培上、無肥料状態であると言える。また、冬期には一時的に電気伝導が上昇しているが、これは海水の吹き付け（ソイル・スプレー）によるもので、内陸性植物の進入を阻んでいると考えられる。また、土壌の年間の温度変化が大きく、これらより、極めて厳しい環境下で植物が生育していると考えられる。反面、2005年6月の月間雨量が25mmと記録的な少雨にもかかわらず、2005年7月1日に測定した土壌中の水分を表すpF値は、2.2と初期しおれ点よりも低く、意外と土壌水分が多い。また、地表下20cmの土壌の電気伝導度は、海面から遠ざか

るに従い低くなっており、土壌中の塩分濃度が低いと言い換えられる。さらに、地下水の塩分濃度塩分が海水より高いのは、降雨により塩分が降下浸透していると考えられる。以上のことより、積極的な保全活動を行えば、絶滅危惧種が生育でき、絶滅種が甦る環境にあると考えられる。

コウボウムギ、オカヒジキの生育分布調査

(1) 調査方法

コウボウムギ、オカヒジキの分布状況を調査するため、コウボウムギについては植生界を、オカヒジキはその株元を平板測量機器とトータルステーションを用いて、2004年と2005年に放射法により測量した。また、2004年については、T0416号台風後にも再調査した。

(2) 結果

オカヒジキは、満潮時の汀線から後浜付近にかけて、汀線に平行に分布する。コウボウムギは、海



図25 台風前後のオカヒジキの分布

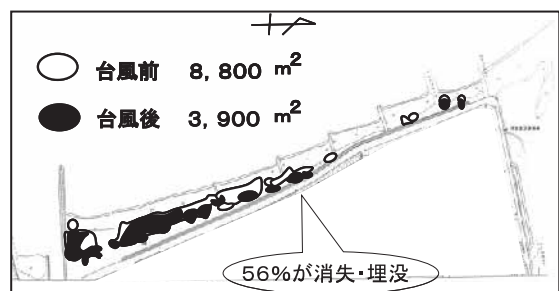


図26 台風前後のコウボウムギの分布

甦れ!! 塩屋の海浜植物群落

愛媛県立伊予農業高等学校 伊予農絶滅危惧海浜植物群保全プロジェクトチーム

代表 三好太智・久保和之・佐伯和也

江崎杏子 大野彩夏 隅田盛之 中野恭平 佐川雄真 森脇勇士 尾田寛明
 永井誠人 松本真哉 山本昌寛 山本雅也 坂中友美 影岡 渉 川上恵司
 安宅正樹 大森俊久 門屋京一郎 角田慧史 竹之内孝輔 富永翔平 山内裕太

岸中央部から国近川付近を中心に後浜に分布している。T0416号台風前後の調査では、オカヒジキ(図25)は、約300株から3株になり、コウボウムギ(図26)は、全域にわたって分布面積の56%が消失、埋没した。また、2005年のオカヒジキの分布(図27)は、後浜寄りと河口付近に集中している。

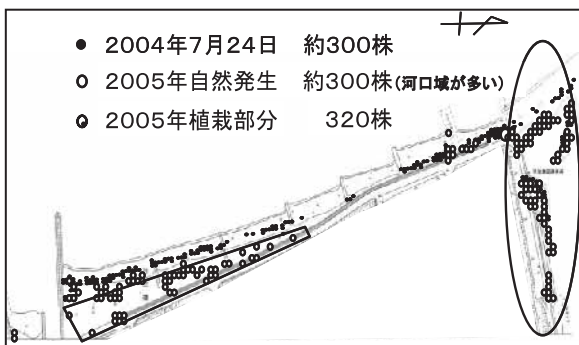


図27 オカヒジキの分布の変化

(3) 考察

オカヒジキの種子は海水に浮遊し、汀線付近に漂着後、発芽・生育していると考えられる。2004年と比較して2005年のオカヒジキが後浜付近に多いのは、T0416号台風で後浜付近が侵食され、汀線が後退し、浮遊種子が後浜に漂着したためである。また、海岸中央部から国近川付近までは、海浜地形の変化が比較的少なく、コウボウムギなどの多年生の海浜植物が安定して生存できる。

オカヒジキ、コウボウムギの発芽と増殖、移植

(1) 調査方法

オカヒジキとコウボウムギの種子を冷蔵した後、植物ホルモン(ジベレリン)で処理した。さらに、コウボウムギは表皮を傷つけ休眠の打破を試みた。さらに、テングサからつくられる寒天に、熱可塑性があることに着目し、溶かした寒天を砂に混ぜて土壌還元型育苗ポット(図28)を開発し、2004年の調査で得られた分布範囲に、市販の非木材織

維タイプ、紙タイプの育苗ポットで海岸に移植し比較試験をした(図29)。



図28 土壌還元型育苗ポット



図29 オカヒジキの移植試験

(2) 結果

オカヒジキについては、ジベレリンによる発芽率の向上(図30)が認められたが、コウボウムギは、ジベレリン、表皮の傷つけでは発芽しなかった。

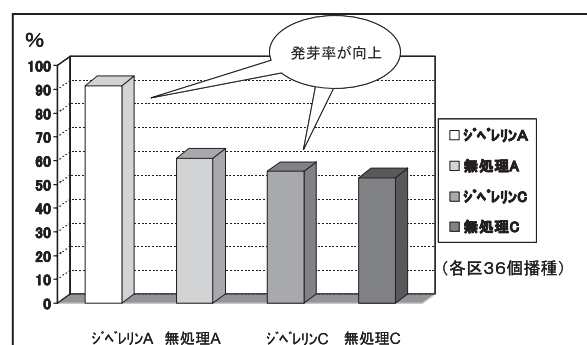


図30 オカヒジキのジベレリン処理

土壤還元型育苗ポットによる移植（図31）は、草丈の伸びについては優位性があった。

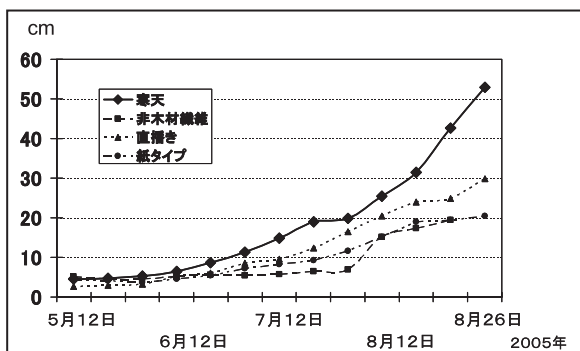


図31 各種育苗ポットの草たけ変化

(3) 考察

オカヒジキの発芽促進には、冷蔵とジベレリン処理が有効であるが、コウボウムギについては解明することができず、今後、発芽を抑制している要因を見つきたい。土壤還元型育苗ポットの草たけの生長が良い理由（図32）として、ポットの分解が早く、早期に土壤水分が移動でき、植え傷みが少ないことによると思われる。また、未分解の残留物がでない利点もある。

土壤還元型育苗ポットの配合割合	
寒天	8g
水	500cc
海砂	1200g

優位性	1 分解が早く、土壤と同化しやすい
	2 土壤水分の移動が早期に可能
	3 移植が容易で、植え傷みが少ない
	4 未分解の残留物を残さない

図32 寒天ポットの特徴

周辺海岸での調査と絶滅種の増殖

(1) 調査方法

2005年に、日本自然保護協会主催の市民参加の海浜植物群落調査を基準にして、周辺海岸や島嶼部（図33）で海浜植物群落の調査をした。また、交配による遺伝子の攪乱や汚染が起きないこと、実験後に掘り取ることを条件に、富山県氷見市海浜植物園からハマニガナとオニシバを寄贈していただき、国近川近くの安定帯に植栽実験した。一方、ナミキソウは、香川の水辺を考える会代表吉田一代さんより譲り受け、プランターで挿し木増殖を試みた。

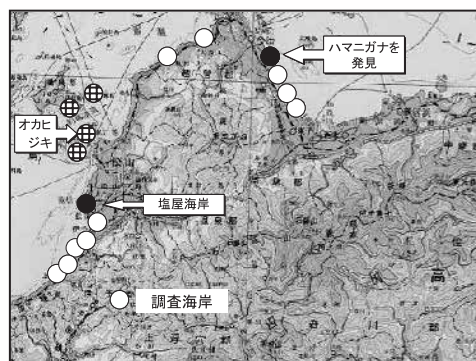


図33 周辺海岸での調査

(2) 結果

塩屋から姿を消した海浜植物は、周辺海岸にはなく、42km離れた織田ヶ浜海岸（おたがはま）でようやくハマニガナを5株見つけることができた。また、興居島（ここしま）、睦月島（むつきしま）、野忽那島（のぐつなしま）などの島嶼部には、オカヒジキが多くあった。海岸に移植したハマニガナとオニシバは、枯死することなく、プランターでのナミキソウの挿し木増殖も成功した（図34）。2005年12月、海岸に植栽したハマニガナとオニシバは、飛砂が発生し、砂に埋没した。

甦れ!! 塩屋の海浜植物群落

愛媛県立伊予農業高等学校 伊予農絶滅危惧海浜植物群保全プロジェクトチーム

代表 三好太智・久保和之・佐伯和也

- 江崎杏子 大野彩夏 隅田盛之 中野恭平 佐川雄真 森脇勇士 尾田寛明
 永井誠人 松本真哉 山本昌寛 山本雅也 坂中友美 影岡 渉 川上恵司
 安宅正樹 大森俊久 門屋京一郎 角田慧史 竹之内孝輔 富永翔平 山内裕太

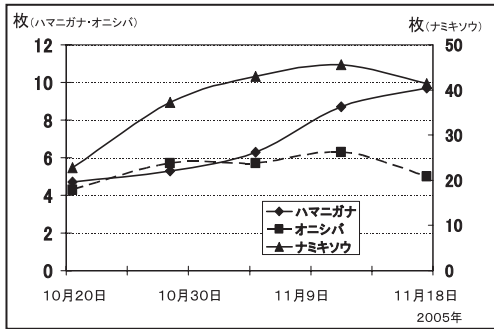


図34 増殖した海浜植物の生長

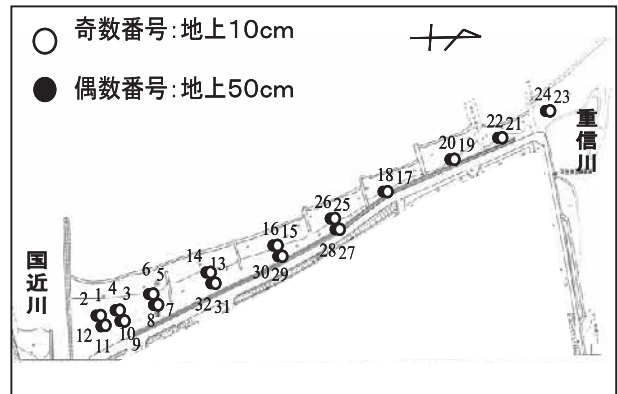


図36 飛砂回収装置の設置場所

(3) 考察

オカヒジキの種子は、塩屋海岸での繁殖の他、周辺海岸や島嶼部から北西の季節風と潮流により、漂着していると考えられる。また、飛砂対策を行えば、塩屋海岸の絶滅危惧種の保全や絶滅種の移植は可能であると考えられる。

飛砂量の説明

(1) 調査方法

500mlのペットボトルを用いて、北西 (NW) 方向を基準に、南東 (SE)、北東 (NE)、南西 (SW) 方向を1組として、飛砂量測定装置 (図35) を作成した。その後、海岸全域 (図36) に、高さを地上10cmと50cmにして設置し、ペットボトルに入った砂を毎週回収して測定した。また、回収した砂は粒径と、含水量を測定した。



図35 飛砂回収装置の設置

(2) 結果

2005年12月から2006年4月までの4ヶ月間の調査期間中に、5回の顕著な飛砂現象 (図37) が確認できた。この期間中に、ペットボトルに入った砂の合計重量は、北西方向が最も多く、次いで南西方向 (図38) であった。また、重信川付近より国近川付近の方が飛砂量は多く、粒径は、0.4mm以下、含水比は5%以下であった (図39)。

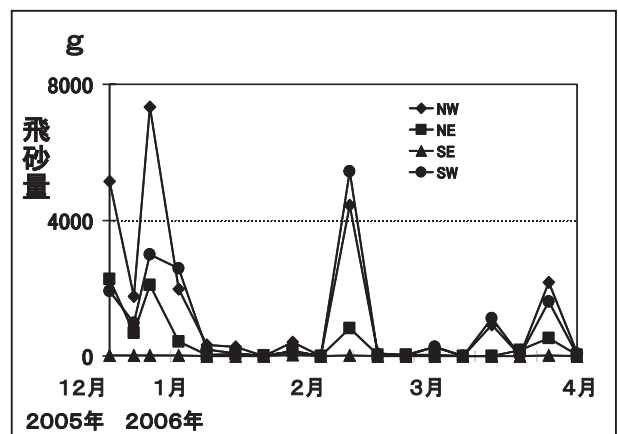


図37 飛砂の発生状況

(3) 考察

飛砂は、冬期の季節風と砂の乾燥状態が続くことで発生している。重信川付近より国近川付近の飛砂量が多いのは、粒径が細かく、砂浜が広いためである。多年生の海浜植物群落は、周辺の砂浜よ

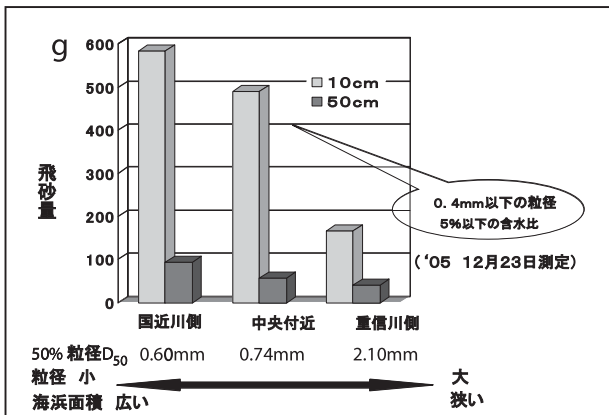


図38 飛砂の方向

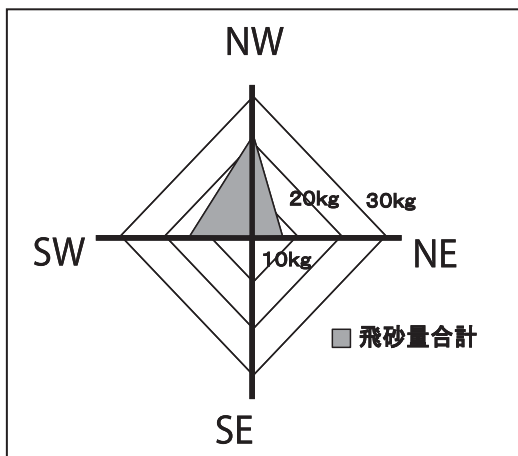


図39 飛砂量と粒径

り小高くなっている。これは、図40のように、植物が飛砂で埋もれながら、上へ上と伸びるためであると考えられる。従って、海浜植物の植栽は、あらかじめ周囲よりも少し高くすると飛砂に有効であると考えられる。

埋没したハマニガナは、2006年2月に発芽が確認できた。

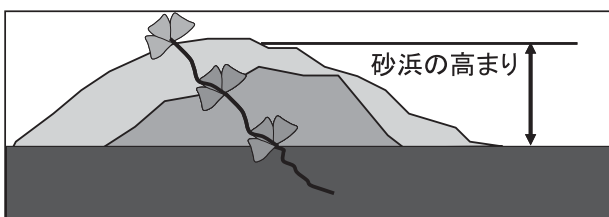


図40 砂浜の小起伏の発生 (模式図)

結論

海岸中央部から国近川までは、土砂が堆積する傾向が見られ、また安定帯が存在する。この土壌は、海浜植物群落が生育する環境にある。砂浜に生息する種の保存は極めて困難な場合が多いが、海浜植物群落に対して積極的な保全・保護活動を行えば塩屋海岸の絶滅危惧種は再生する。

追補

エイトコンサルタント中田正人^{なかたまさと}さんには、GPS測量やドップラー式多層流速計などの最新機器の提供と解析など多大のご支援をいただきました。また、飛砂現象については愛媛大学工学部伊福^{いふく}誠^{まこと}先生に、SMB法については愛媛大学農学部戒能^{かいのう}治^{おさむ}先生に、塩屋風向風速観測データの提供については、国土交通省松山河川国道事務所調査第一課石田^{いしただだし}忠司^{ただし}さん、鈴木^{すずき}一孝^{かずたか}に、植物の同定や調査方法については、日本自然保護協会千葉県立博物館^{ちばけんりつ}由良^{ゆら}浩^{ひろし}さん、愛媛植物研究会松山東雲短期大学^{まつ}井^い宏^{ひろみつ}光^{みつ}先生、山内^{やまうち}精^{せい}六^{ろく}さん、松前町誌を編纂した平井^{ひらい}屯^{つむろ}さんに、海浜植物の提供については、富山県氷見市海浜植物園竹内^{たけうち}基^{もと}さん、香川の水辺を考える会代表吉田^{よしだ}一^{かず}代^よさんにご支援、ご指導をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 保全生態学入門 - 遺伝子から景観まで - 鷲谷いづみ・矢原徹一著 文一総合出版
- (2) 保全生物学のすすめ 生物多様性保全のためのニューサイエンス R・B・プリマック 小堀洋美 著 文一総合出版
- (3) 海図のみ方 - 海の自然を探る - 向井 宏 著 ニュー・サイエンス社
- (4) 愛媛県レッドデータブック 愛媛県
- (5) 愛媛の植物記 改訂版 山本四郎著 愛媛文化双書刊行会
- (6) -愛媛の自然- 海辺の生きものたち 藤島弘純・井上 信・井手上光夫 編
- (7) 海岸・港湾17 わかり易い土木講座 佐藤昭二 合田良寛 彰国社刊