

人工海浜の護岸周辺におけるヤドカリ生息条件

HABITATION CONDITIONS OF *HERMIT CRABS* IN THE VICINITY OF SEAWALL AT KEMIGAWA ARTIFICIAL BEACH

中島明日香¹・堀田健治²・宇多高明³・熊田貴之⁴・古池 鋼⁵

Asuka NAKAJIMA, Kenji HOTTA, Takaaki UDA, Takayuki KUMADA and Kou FURUIKE

¹新日軽(株) (〒141-0032 東京都品川区大崎1-11-1 ゲートシティ大崎ウエストタワー)

²工博 日本大学教授 理工学部海洋建築工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

³正会員 工博 (財) 土木研究センター審議役なぎさ総合研究室長

(〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4 タカラビル)

⁴正会員 博(工) (株) 水圏科学コンサルタント技術部

(〒145-0064 東京都大田区上池台1-14-1 明伸ビル)

⁵海岸研究室(有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉1-22 ロイヤル若葉208)

Habitation condition of the *hermit crabs* in the vicinity of the seawall at an artificial beach was investigated at Kemigawa beach in Tokyo Bay. This beach is surrounded by two curved groins at south and north ends. At the northern side of the south groin, where is located inside the wave shadow zone of the curved groin, dense habitat of hermit crabs were discovered near the mean sea level. The causes were studied by the numerical simulation of waves and nearshore currents as well as field observations. Three main causes were pointed out. At this area, direct sunshine is cut off by the seawall in summer. There exists a wave calm zone due to the wave sheltering effect of the groin and wave induced currents always flow from outside to inside of the wave shadow zone, gathering much plankton.

Key Words : *Hermit crab, field observation, Kemigawa beach, nearshore currents*

1. はじめに

わが国では、津波、高潮、波浪などの海岸災害から国土を防護することを目的として1956年に海岸法が施行された。しかし近年、海洋性レクリエーション需要の増大や、海岸環境保全認識の高まりと同時に、海岸事業への国民の理解を促進する必要性より、1999年には海岸法が改正された。これにより海岸保全事業においては防護だけではなく、海岸利用および海岸環境に対する十分な配慮が求められるようになった。これに基づき、従来から行われてきた人工海浜や人工なぎさの造成などが従来にもまして推進される機運にある。しかし現状の人工海浜の形成技術については、海水浴などの「海浜利用」を主体とするために、「砂浜の造成計画」でとどまっているのが現状である。しかし実際には単に「砂浜」があればよいのではなく、そこに様々な生物が生息することもまた海岸の多様性に大きく寄与する。しかし砂浜の形成技術と比較すると、生物の生息条件については生態的知見が十分でないために、適切な環境を形成することが難しいのが現状である。こうしたことから、本研究では人工海浜における生物生態に

関心を持ち、まず現地踏査によりその有無も含めていかなる特性があるのかについて調べた。対象地は、東京湾最奥部に位置する千葉県検見川人工海浜である。予備調査の結果、偶然にも人工海浜を区切る突堤側面およびその近傍の砂浜に多数のヤドカリの密集が発見された。このことからさらに集中現地調査によってその生息範囲を調べ、さらに波浪・海浜流の数値計算によりその分布特性について考察し、今後の生物豊かな海浜造りに役立たせることにした。

2. 研究方法

(1) ヤドカリ観察の発端

検見川人工海浜は、図-1に示すように東京湾奥部の千葉県側に位置する。この海浜は、写真-1に示すように両端を曲突堤で囲まれた全長1300mの人工海浜である。筆者らの研究グループでは、検見川浜を対象として種々の観測を行ってきている^{1) 2)}。過去の調査の主眼は人工海浜の変形問題にあったが、今回は生物の生態にも関心を払いつつ現地踏査を行った。予備的現地踏査は2001年7月7日と8月6日に実施

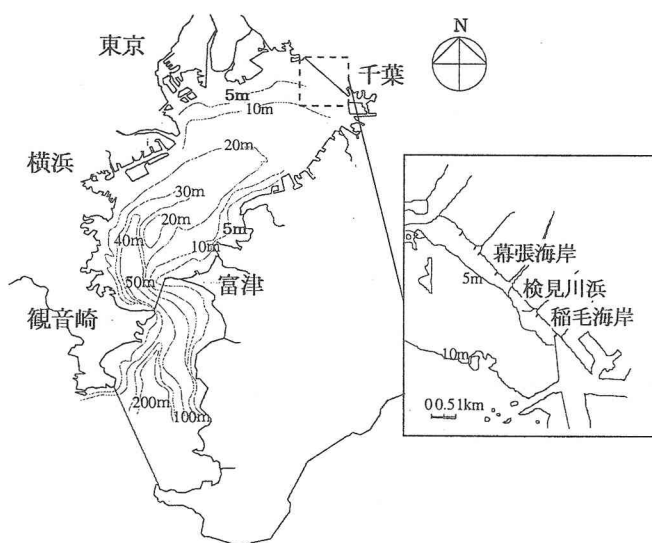


図-1 検見川浜の位置

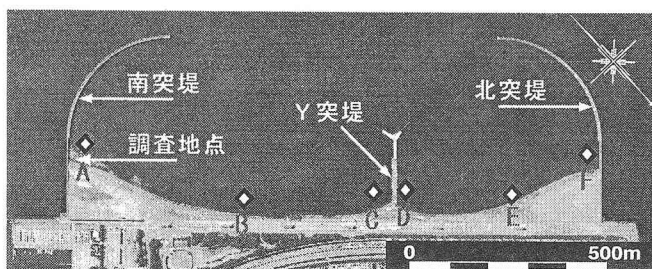


写真-1 検見川浜の空中写真 (2000年)

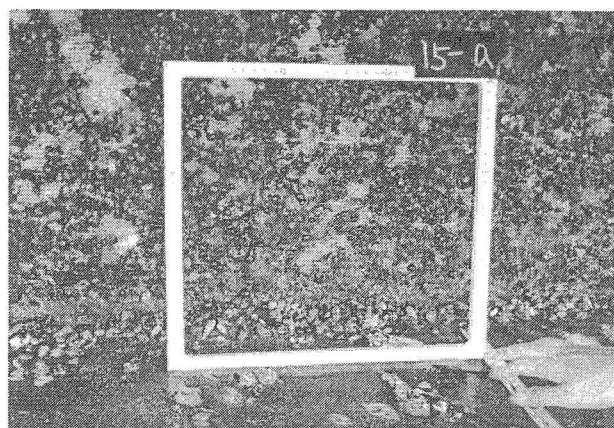


写真-2 コドラード調査

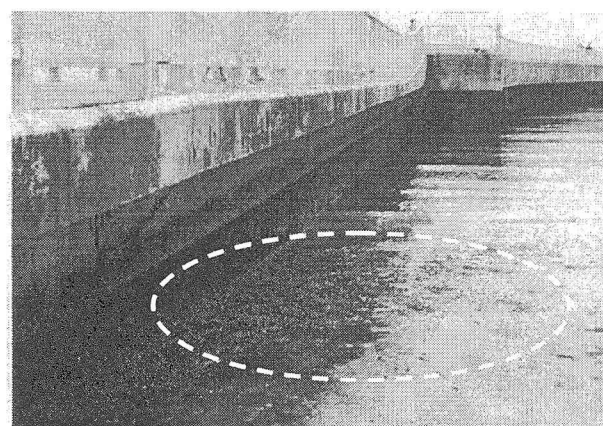


写真-3 南突堤の汀線近傍

した。この調査では従来と同様、海岸線に沿って海岸状況を北側から南側へと踏査した。その際、海浜南端部の汀線付近と、護岸壁面に多数のヤドカリの付着が見出された。密生したヤドカリはたまたまそうであったのか、何らかの理由によってそこに集中していたのかについては現地踏査のみでは判断できなかった。そこで改めてヤドカリの生息範囲および被度を定量的に把握し、その理由について検討した。

(2) 現地調査

上記予備調査によれば、ヤドカリが密生しているのは南突堤の付け根付近であった。したがってその場所で詳細調査を行うことはもちろんであるが、なぜヤドカリが南突堤の付け根に多く見られ、別の場所では少なかったかについて検討することも必要である。そこで2002年6月27日と9月20日に、写真-1に示すように南突堤近傍(A)、海浜中央部(B)、Y突堤左側(C)、Y突堤右側(D)、北突堤近傍(F)に5測線を設定し、場所によるヤドカリの生息状況の相違を明らかにすることにした。いずれの測線においても海岸背後にある護岸線を基準 ($Y=0m$) とし、干潮時水位から陸側の海浜縦断測量を行った。ヤドカリの生息区域では、生息範囲全域を30cm四方のコドラ

ドを連続して設定し、コドラート内のヤドカリの全数を調べた。一例として南突堤側面でのコドラードの状況を写真-2に示す。ヤドカリは、壁体と汀線との境界付近の高さ約15cm以内に集中して生息している。これに対し上部に付着しているのはフジツボである。また、上述の5測線上の汀線付近で水温、砂温の測定を行った(測線Eを除く)。さらに2003年9月、10月には再度調査を行い、ヤドカリの種の判定と食餌特性を調べるための胃の内容物調査も行った。

(3) 数値計算

ヤドカリが平面的に分布する理由について考察するために、検見川人工海浜での波浪、海浜流の計算を行った。波浪変形計算モデルには、磯部³⁾による方法、海浜流の計算モデルには堀川⁴⁾による方法を用いた。波浪諸元は、 $H_0=1m$ 、 $T_0=4s$ 、入射波向はSWとし⁵⁾、地形は1999年の深淺図を用いた。

3. 現地調査の結果

(1) ヤドカリの生息状況

a) 予備的調査

まず2001年8月6日の予備調査の結果について述べる。写真-3は、南突堤近傍の汀線付近におけるヤドカリ生息状況である。突堤脇で海水が停滞し、浮遊物が堆積する付近に多数のヤドカリの生息が見られる。実際のヤドカリの生息状況を撮影したのが写真-4である。20cm四方に最多で約95匹のヤドカリの生息が見られる。また突堤側面でのヤドカリの生息状況を撮影したのが写真-5である。コンクリート壁体と海浜との接点付近を中心として多くのヤドカリの生息が見られる。このように南突堤の近傍および突堤側面での多くのヤドカリの生育に対し、写真-6

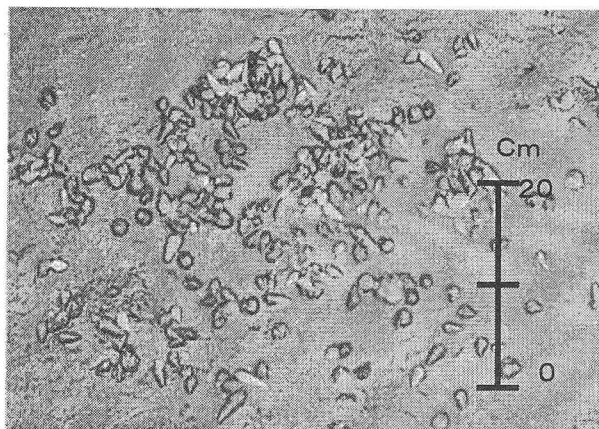


写真-4 ヤドカリの密生状況

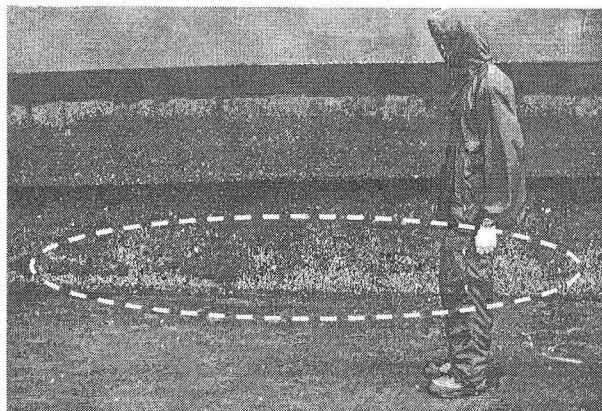


写真-5 ヤドカリの密生状況

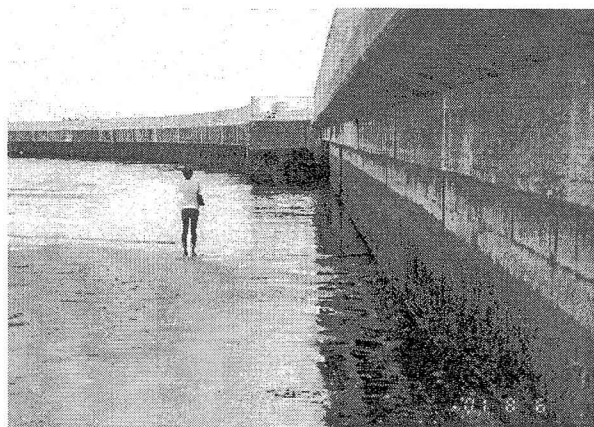


写真-6 北突堤の汀線近傍

に示すように北突堤の近傍や側面ではヤドカリの生育はほとんど見られなかった。写真-5, 6の比較によれば、同じ突堤の側壁でありながらヤドカリの生息状況は全く異なることが分かる。

結局、2001年8月6日の予備調査では、ヤドカリは南突堤汀線近傍(A)において非常に多く生息していたが、北突堤の汀線近傍(F)やY突堤汀線近傍(C, D)においてはほとんど生息していなかった。同様に、突堤間の海浜(B, E)では、ヤドカリの生息をほとんど確認することはできなかった。

b) 本調査

2002年6月27日、南突堤(A)の壁面に付着するヤドカリのコドラード調査を行った。図-2を参照したとき、コドラード調査の結果は水平および鉛直の2方向での表示を行った。水平距離は主に汀線からの距離とヤドカリの生息状況の関係を考察するために、また鉛直距離とヤドカリの生息状況は、海面との関係を考察する上で役立つと考えられる。まず水平方向のヤドカリ生息被度を図-3に示す。生息被度 ϕ (%)は、コドラード枠内の面積に対するヤドカリの分布面積の割合を示す。沖から岸向きに徐々に生息被度が高まり、Y=157.5mでの特異なデータを除けば、生息被度はY=156mでほぼピークを示した後、岸方向に低下する。

観察によればヤドカリの生息には海水によって護岸の壁面がwetかdryの状態になるかが重要と推定された。これらに深く関与するのは潮位変動である。

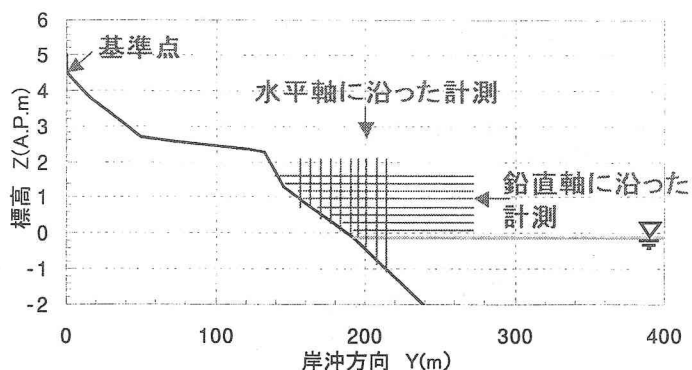


図-2 南突堤付近の断面形状

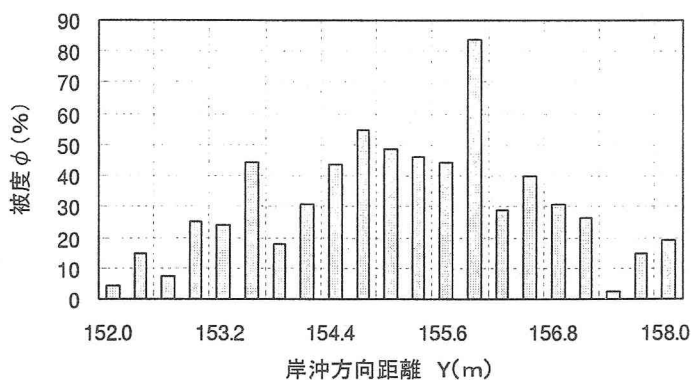


図-3 南突堤におけるヤドカリの被度（岸沖方向別）

すなわち護岸線を基準とした岸沖方向距離ではなく、標高が重要な指標になるはずである。そこで図-2に示すように、各測点で鉛直方向に並べられたコドラート内のヤドカリの生息被度を鉛直方向に積分し、標高別に整理した結果が図-4である。ここでの被度 A (m^2) は、ヤドカリの分布面積を示す。整理の結果、護岸壁面へ付着したヤドカリは、 $1.06m \pm 0.24m$ に分布していた。図-4には観測日を含む2日前までの平均潮位も示すが、ヤドカリはこの平均潮位付近に最も多く生息していることが分かる。

平均潮位付近を中心とする生息被度の分布形の特徴を明らかにするため、生息被度の加積曲線を求めたのが図-5である。分布のピーク α_{50} (50%標高) は

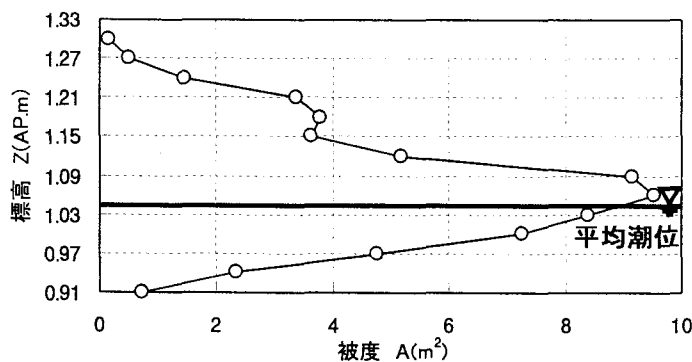


図-4 南突堤におけるヤドカリの被度 (標高別)

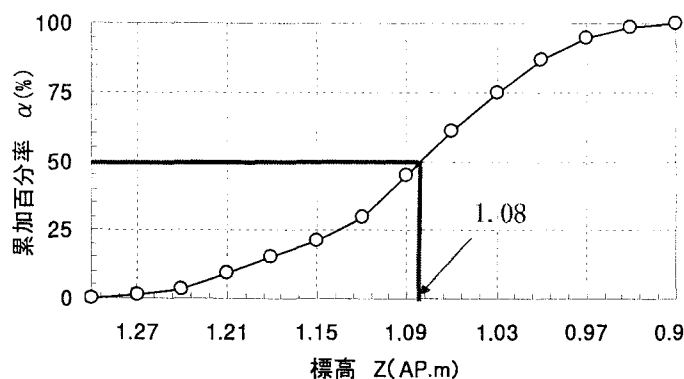


図-5 南突堤におけるヤドカリの被度加積曲線

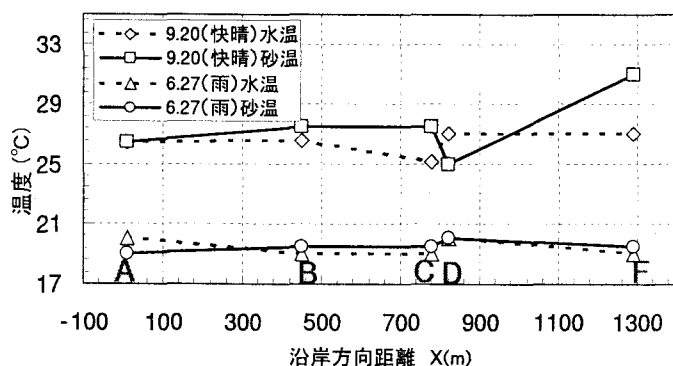


図-6 水温、砂の温度の比較

1.08で、過去2日間の平均潮位 (1.05m) と非常に近い値であった。すなわち、平均潮位付近に最も多く分布している。またこの分布形をもとに、粒径加積曲線とのアナロジーより、陸側、海側のいずれかに多く分布しているかを粒度分析で使用されているふるい分け係数 S_0 を準用して評価した。この結果、 S_0 は0.95と、1に非常に近く、 α_{50} を境に等分布していることが分かった。

一方、ヤドカリの生息範囲は温度 (日光) の影響を受けていると考えて5測線で実施した水温・砂温の測定結果を図-6に示す。6月27日は雨であったため、水温・砂温とも場所による顕著な差は見られなかった。しかし9月20日 (快晴) においては、北突堤の砂温のみが高い値を示した。このことは、検見川人工海浜の立地特性から、南突堤ではその北側部分は日陰になるのに対し、北突堤では午前中から午後にかけて常に日光が直射しているため、砂温が高くなったと考えられる。同時に日光の直射は生物の生息に対してマイナス効果を有する紫外線も多いことを意味する。このようにヤドカリなどの生物にとって、常に日光が直射する北突堤付近では、温度は高く生息しにくい環境となっていたと考えられる。

さらにヤドカリの胃の内容物調査として、南突堤付近に生息しているヤドカリを水深毎に採取し、実体顕微鏡で観察した結果、いずれのヤドカリもホンヤドカリ科の内湾性海岸の指標種とされているユビナガホンヤドカリ *Pagrus minutus* であり、雑食性であることが明らかとなった^{6) 7)}。ユビナガホンヤドカリは、ウミナ・カワアイ・アラムシロガイなどの内湾性干潟に生息する巻貝を宿主としていた。

4. 波浪・海浜流の数値計算結果

図-7は波高分布の計算結果である。護岸線への法線に対し反時計回りの方向から波が入射するために、曲突堤に挟まれた区間では高波高の区域が斜め岸向きに延びている。海浜中央部では波高は高く、突堤による波の遮蔽域内では波高が低くなる。曲突堤背後に形成された波の遮蔽状況を北西・南東部で比較すると、北西部では曲突堤の付け根の汀線沖で波高0.5mとなっているのに対し、南東部では波高が0.1m以下と大きく低下している。すなわち同じ曲突堤背後であっても、南東側では著しい波高低下が起きている。このことは、曲突堤の堤体への作用波力が小さく、また隅角部付近が静穏で細粒物質が沈積し易い環境にあることを意味する。さらに南東側の汀線付近において波高が沿岸方向に緩やかに減少する傾向は、北東側と比較して規模の大きな海浜循環流の形成を示唆する。

図-8は海浜流と流れ関数の計算結果である。当然予想されるように、4箇所に形成された波の遮蔽域に応じて4つの渦が生じている。とくに注目されるのは、南東端で発生している流れである。この流れ

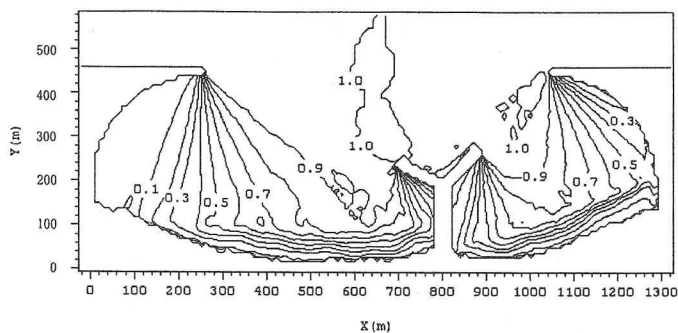


図-7 波高分布

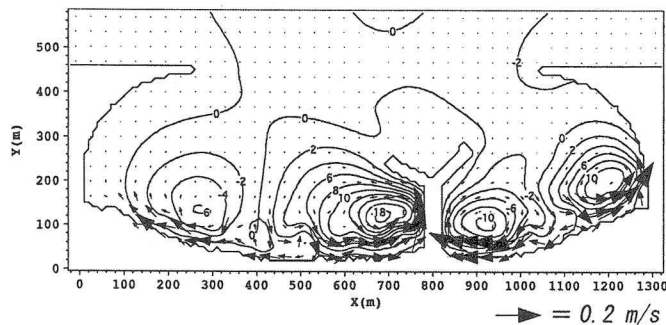


図-8 海浜流および流れ関数

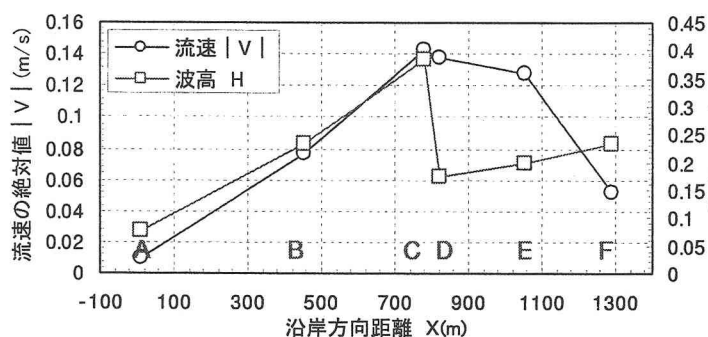


図-9 砕波帯内の波高および沿岸流速の絶対値

は、他の場所の流れと相違し、曲突堤の背後へと緩やかにかつ広域から流れ込んでいる。このことは、南東側の隅角部ではその北東側のかなり広い区域からゆったりとした流れによって物質が運ばれ、かつそこでは図-7に示したように波高が低いために、そこに沈積し、物質が集積されやすいことが分かる。このことは、雑食性であるユビナガホンヤドカリの餌となる物質もまた集積し易い場所であることになる。

図-9は、砕波波高と、砕波帯の最大沿岸流流速の絶対値を示す。海浜中央部のB点から南突堤近傍のA点へと、砕波波高は0.25m、0.24m、0.08mと低下し、最大沿岸流流速は0.08m/sから0.20m/sに加速された後、0.01m/sへと急速に低下している。このように波高および沿岸流が大きく低下した場所にヤドカリが多く分布している。

5. 考察

現地調査で得られた結果をまず要約し、それをもとにヤドカリの生息に適した環境について考察する。
①ヤドカリは南突堤汀線近傍(A)において非常に多く生息していたが、北突堤の汀線近傍(F)やY突堤汀線近傍(C, D)においてはほとんど生息していなかった。同様に、突堤間の海浜(B, E)では、ヤドカリの生息を確認することはできなかった。

②ヤドカリが多く生息する南突堤付近(A)において、岸沖方向に並べられたコドラート内のヤドカリの生息被度を鉛直方向に積分し、標高別に整理した。その結果、護岸壁面へ付着したヤドカリは、 $1.06\text{m} \pm 0.24\text{m}$ に分布していた。平均潮位付近を中心とする生息被度の分布形の特性を明らかにするため、生息被度の加積曲線を求めた。分布のピーク α_{50} (50%標高) は1.08で、過去2日間の平均潮位 (1.05m) と非常に近い値であった。またこの分布形をもとに、粒径加積曲線とのアナロジーより、陸側、海側のいずれかに多く分布しているかを粒度分析で使用されているふるい分け係数 S_{ϕ} を準用して評価した。この結果、 S_{ϕ} は0.95と、1に非常に近く、 α_{50} を境に等分布していることが分かった。

③各地点の砂温観測によれば、ヤドカリは太陽の直射を受けず相対的に温度が低い場所(A)に多く生息していることが分かった。このような場所は日陰であり、太陽の直射による紫外線を受けにくい場所であった。

④南突堤付近に生息しているヤドカリを水深毎に採取し、実体顕微鏡で観察した結果、いずれのヤドカリもホンヤドカリ科の内湾性海岸の指標種とされている雑食性のユビナガホンヤドカリ *Pagrus minutus* であることが明らかとなった。

⑤波浪・海浜流計算によれば、ヤドカリが多く生息する南突堤の北側隣接部は、曲突堤による波の遮蔽効果によって波浪が静穏である。さらに、海浜中央部から曲突堤の付け根方面へと向いた沿岸流によって周辺海域から浮遊物質が運ばれ、そこは最も静穏なために物質が集積しやすい環境にあった。このこ



写真-7 南突堤付近 (2003年9月13日)

とは、食餌調査から明らかになった雑食性のユビナガホンヤドカリにとって、現在の生息域は食餌が得易い場所であることを意味している。

以上をもとにヤドカリの生息に適した環境を創生するには、次の工夫が必要である。

①太陽光の直射を受けない日影があること。地域ごとに太陽光の直射方向は海浜の占める場所によって異なるので、太陽光線との関係についてよく考えた設計を行う必要がある。

②突堤などによって波の遮蔽域が形成され、そこで波浪が静穏で、かつ波の遮蔽域へと向いた循環流が生じることによって、ヤドカリの餌が集積しやすい場所であること。

これらの条件を満たした場所では、ヤドカリだけではなく、エビやカニ、アサリなどたくさんの生物の姿が確認されており、夏場になると、南突堤付近では潮干狩りに訪れる人々を見かけることができる(写真-7)。したがって、以上の条件を満足する空間形成は、豊かな生態系を形成すると共に、海浜利用にも親水空間として多大な恩恵を与えるものと考えられる。

なお、本論文は筆者の中島が日本大学理工学部海洋建築工学科在学中に作成した卒業論文の一部である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、海岸研究室(有)芹沢真澄氏、三波俊郎氏、国際航業(株)海洋エンジニアリング部主任星上幸良氏には、本研究の調査から数値

計算の仕方まで多岐にわたり多大なご指導を頂きました。また、三洋テクノマリン(株)の新沢丘氏にはヤドカリの種の判定分析において協力して頂きました。ここに記して深甚な謝意を表します。

参考文献

- 1) 熊田貴之・小林昭男・三波俊郎・宇多高明・芹沢真澄・古池 鋼：千葉県検見川人工海浜の変形機構について，海洋開発論文集，第17巻，pp.559-564，2001.
- 2) 熊田貴之・小林昭男・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・星上幸良：千葉県検見川浜の海浜変形と3次元Hsuモデルによる変化予測，海岸工学論文集，第48巻，pp.536-540，2001.
- 3) 磯部雅彦：放物型方程式を用いた不規則波の屈折・回折・碎波変形の計算法，第33回海岸工学講演会論文集，pp.134-138，1986.
- 4) 堀川清司編：海岸環境工学-海岸過程の理論・観測・予測方法，東京大学出版会，p.582，1985.
- 5) (財)沿岸開発技術研究センター：検見川の浜数値解析，千葉県海岸環境整備委託委員会報告書，1993.
- 6) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑（I），保育社，1982.
- 7) Komai, T. and S. Mishima: A redescription of *Pagrus minutus* Hess, 1865, A Senior Synonym of *Pagrus dubius* (Ortmann, 1892) (Crustacea: Decapoda: Anomura: Pagridae). *Benthos Research*, 8, 15-30, 2003.