

五十嵐浜において波浪がマクロベントスの分布と その季節変動に与える影響

梶原直人

(日本海区水産研究所)

緒言

開放型砂浜海岸は日本海側に多く、近年定着性の高さから重要視されている二枚貝等、底棲性産業種の増養殖場としての有効利用は大きな課題である。そのためには害敵生物や競合種、あるいは餌料環境に関する調査とともに、そこに生息するマクロベントスの生物学的・生態学的知見、さらにそれらと環境要因との関係を明かにして増養殖適種の選定、適正な放流時期・放流尾数の推定等増養殖場としての評価を行うことが重要と考えられる。日本海側での開放型砂浜海岸浅海域におけるマクロベントス群集に関する知見では、安永(1983)が新潟市五十嵐浜で調査を行い、波浪が引き起こす底質の攪乱によるマクロベントスの分布への影響や、離岸堤等の構造物による物理環境の変化と、生物の分布への影響を示唆している。また、林(1984)は新潟県北部沿岸域の水深30m以深で、多毛類を中心に春季の分布パターンや生物量を底質の含泥率、海底地形、底層水の流動から考察し、多毛類の個体数は底質の含泥率と逆の相関があること、生物量では逆に含泥率と同調する傾向を明らかにしている。しかし、これら以外の日本海側での開放型砂浜海岸におけるマクロベントス群集に関する知見は乏しく、断片的な現状にある。

一方、新潟市周辺の開放型砂浜海岸は、海水浴場やマリンスポーツの場等、レジャー・レクリエーションでの利用が多いため、砂の流失や砂浜の侵食・後退から砂浜海岸を維持する目的で離岸堤が多く設置されている。莊司ら(1992)は、新潟市の西海岸で潜堤・突堤・離岸堤の設置に伴う周辺生物相の変化を調査し、主に堤に着生する海藻や付着生物の大幅な増加から、これら構造物の設置が生物の生産量や多様性の増加と、生息空間の創出、水生生物の生態環境の向上に効果があると結論づけている。流れや波浪の影響を直接受ける開放型砂浜海岸では、安永(1983)が指摘した離岸堤の設置の影響による環境や生物相の大きな変化が予想され、増養殖場としての評価が離岸堤の有無で異なる可能性がある。

当水研の資源増殖部では、開放型砂浜海岸を増養殖場として評価する一環として、新潟市五十嵐浜水域でマクロベントスの定量採集を主とする定期調査を行っているが、1994年8月に試験的に同水域離岸堤内外で環境要因と底棲生物相の相違についても調査した。それらの結果にもとづき、開放型砂浜海岸の増養殖場としての評価に重要と思われる波浪による底質の攪乱が、マクロベントス、特にその中でも出現個体数が多く、アミ類とともに餌料生物としても重要なヨコエビ類の分布に与える影響について考察する。

本稿の発表にあたり、試料の採集にご協力頂いた日本海区水産研究所資源増殖部員各位と、底質の

分析に尽力頂いた佐藤善徳増殖漁場研究室長，長沢トシ子氏に深謝致します。

材料及び方法

定期調査でのマクロベントスの採集定点は，五十嵐浜の新川河口から西に約930mの地点より，ほぼ海岸線に垂直方向へ延長した水深4，6，8，10，20mの各点とした．離岸堤周辺での調査では新川河口周辺に設置された離岸堤の内外各1点(水深4 m)とした(図1)．調査船には，日本海区水産研究所の小型調査艇「いそなみ(2.4 t, 230ps)」を用い，1993年4月から12月まで毎月1回の間隔で計9回，離岸堤調査では1994年8月25日の1回とし，採集器具にはスミス・マッキンタイヤ採泥器(採集面積1/20m²)を用い，各定点毎に3回(離岸堤内外は4回)の採集を行った．採集物は船上で0.5mm目の篩にかけ，残余は生物試料として10%中性ホルマリン海水で固定した．離岸堤内外の採集物は，4回の採集物のうち3回分を同様に処理して生物試料とした．生物試料は実体顕微鏡下で検鏡し，動物群の分類と計数(その他の動物群は未計数)，湿重量の測定を行った．また，1個体の重量が1 g以上の生物は別途計数と湿重量の測定を行った．採集地点の水温と塩分は，定期調査では採集時にメモリー式STD(アレック電子，AST-200)で測定し(4，5月は荒天のため欠測)，離岸堤内外の調査ではCST(アレック電子，AD-2)で水深4 mの表層と底層を測定した．一方，1992年の4，6，8，11月にスミス・マッキンタイヤ採泥器による水深4，8，15，30mでの採集物(一部は水深2，6，10，20mでも採集した)及び離岸堤内外での残り1回分の採集物の表層の一部を氷蔵して研究室に持ち帰り，凍結乾燥後，粒度分布(乾式の篩法)，強熱減量(佐藤・長沢 1993)を測定した．

なお，ヨコエビ類の分布を検討する際に用いた新潟における風速，風向は気象月報(新潟地方気象台 1994)から抜粋した．

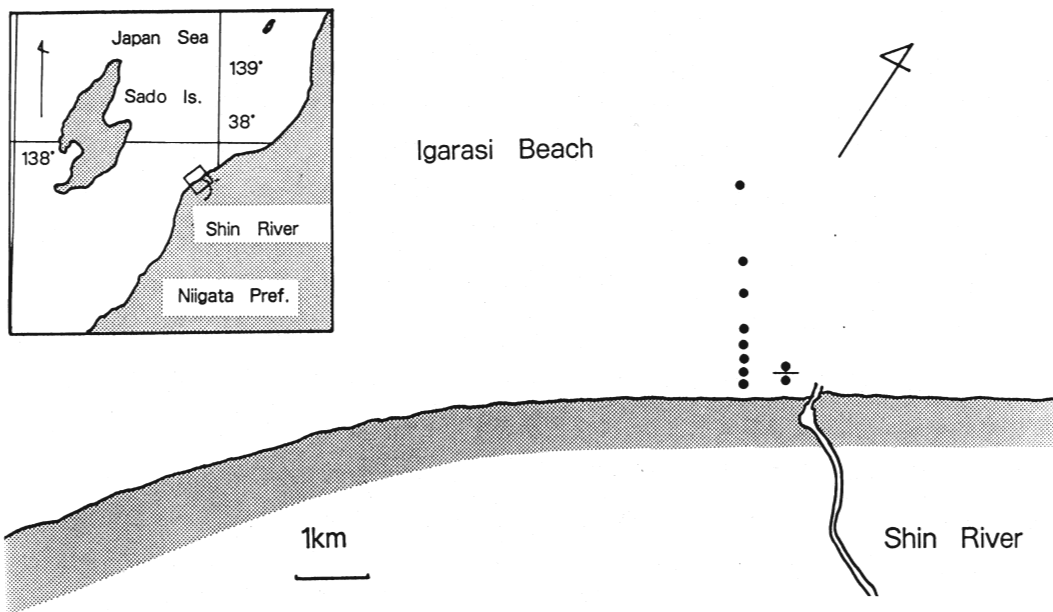


図1 五十嵐浜の位置と採集点.

結 果

採集したマクロベントスのうち、ヨコエビ類を中心に分布の解析を行った。1993年に五十嵐浜で出現したヨコエビ類は18属27分類群であった。これらの月別、水深別の平均湿重量、平均個体数、出現する属の数を表1～3に示す。平均湿重量、平均個体数とも夏期に増加する傾向がみられた。水深別では水深4mと20mで平均湿重量が大きく、これは水深4mでは出現個体数の多さを、水深20mでは大型種の出現個体数の多さを反映している。出現する属の数は夏期の水深6～10mで多く、7月の水深8mで最も多かった。これは平均湿重量、平均個体数でみられた傾向と似ているが、夏期の水深4mと20mでも平均湿重量と平均個体数が高い値なのに対し、出現する属の数は多いとは言えない点で異なる。これらのことから五十嵐浜に出現するヨコエビ類は、夏期に個体数、湿重量が増加し、特に水深6～10mではその組成も複雑になることが明らかとなった。

表1 1993年五十嵐浜において出現したヨコエビ類の平均湿重量 (mg/m²)

水深/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 m	94.6	443.4	284.0	318.0	432.6	84.6	165.4	107.4	37.4
6 m	344.0	258.0	138.6	212.6	251.4	191.4	120.0	56.0	128.6
8 m	58.0	140.6	70.6	309.4	104.6	134.6	68.6	89.4	149.4
10m	120.6	28.6	82.0	215.4	184.0	276.6	73.4	62.6	146.0
20m	76.6	245.4	101.4	262.0	113.4	398.0	136.6	78.0	40.0

表2 1993年五十嵐浜において出現したヨコエビ類の平均個体数 (Inds./m²)

水深/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 m	146.6	666.6	300.0	646.6	1146.6	213.4	406.6	140.0	60.0
6 m	380.0	446.6	600.0	820.0	780.0	366.6	186.6	146.6	113.4
8 m	173.4	221.0	306.6	733.4	420.0	283.4	180.0	266.6	240.0
10m	253.4	113.4	200.0	560.0	700.0	673.4	246.6	193.4	373.4
20m	66.6	113.4	133.4	246.6	193.4	613.4	293.4	206.6	46.6

表3 1993年五十嵐浜において出現したヨコエビ類の属数

水深/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 m	2	4	4	5	3	6	4	3	3
6 m	4	4	6	8	7	6	5	5	4
8 m	3	6	7	10	8	7	7	5	3
10m	4	5	6	7	7	7	6	3	2
20m	5	4	3	4	5	6	6	4	3

次に離岸堤内外において出現したマクロベントス動物群の平均個体数と平均湿重量、及びその比率を表4に示す。離岸堤内側は外側に比べ生物量、出現種ともに上回っていた。外側では大型のヤドカリの出現により節足動物の、内側ではバカガイ、キサゴ等大型の貝類の出現により軟体動物の比率が高かった。また、内側では外側に比べ環形動物の比率が著しく高かった。個体数では内側・外側ともに節足動物のヨコエビ類が多く(最大約1750Inds./m²)、節足動物の全個体数の3/4以上を占めた。ヨコエビ類では、*Urothoe* sp. が最も多く、内側、外側とも平均個体数で90%以上、平均湿重量でも2/3以上を占めた。また、内側での平均個体数、平均湿重量は定期調査の最高値を大幅に上回った。離岸堤内側に特徴的に出現した種は、バカガイ、キサゴ、コブシガニの一種、*Corophium* sp. (ヨコエビ亜目)であり、離岸堤外側に特徴的に出現した種はヤドカリ類とアミ類の *Acanthomysis nakazatoi* であった。

一方、離岸堤内外の底質の強熱減量と粒度分布を表5、6に示す。強熱減量は外側に比べ内側が若干高いものの、明確な差は無かった。底質は内側が外側に比べ若干細かい傾向がみられ、中央粒径値(Md φ)では外側が約2.50に対し内側が約2.70であった。粒度分布では内側が泥分の、外側が中砂や粗砂の比率が高い傾向がみられた。ただし、細砂が底質の主体で、全体の2/3以上を占めるという点は内側、外側に共通であった。また、1992年8月における定期調査の粒度分布と比較すると(表7)、内側、外側ともに定期調査の水深4mの値とは一致しなかった。この様に、同じ水深であっても離岸堤の設置によりその内外の環境は変化し、内側では波浪の影響が弱められていると考えられた。

表4 離岸堤内外に出現したマクロベントスの平均個体数と平均湿重量、及びその比率

動物群	環形動物	節足動物	軟体動物	棘皮動物	その他
内側湿重量(mg/m ²)	2224	2970	12532	(8200) ^{a)}	1559
構成比(%)	11.53	15.40	64.98	—	8.08
内側個体数(inds./m ²)	113	1806	100	(0.33)	—
構成比(%)	5.61	89.44	4.95	—	—
外側湿重量(mg/m ²)	525	8607	1204	(13733)	255
構成比(%)	4.96	81.26	11.37	—	2.41
内側個体数(inds./m ²)	40	1080	53	(0.33)	—
構成比(%)	3.41	92.05	4.55	—	—

a) ()内は1個体1g以上のマクロベントスの値。

表5 離岸堤内外の強熱減量

	強熱減量(%)
内側	1.83
外側	1.56

表6 離岸堤内外における底質の粒度分布

粒径(mm)	内側	外側 (累積%)
>2	0	0
2-1	0	0.10
1-0.5	0.30	3.43
0.5-0.25	6.30	13.66
0.25-0.125	73.73	85.79
0.125-0.063	82.36	91.46
<0.063	100.00	100.00

表7 離岸堤内外と1992年8月の定期調査における水深別の底質粒度分布の比較

底質の粒度 (mm)	2 m (累積%)	4 m (累積%)	6 m (累積%)	外側 (累積%)	内側 (累積%)
>2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2-1	0.03	0.10	0.07	0.10	0.00
1-0.5	1.30	2.03	0.13	3.43	0.30
0.5-0.25	11.47	6.63	0.63	13.66	6.30
0.25-0.125	75.53	75.90	58.83	85.79	73.73
0.125-0.063	86.27	86.53	79.70	92.36	82.36
<0.063	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

考 察

出現したヨコエビ類を属毎に菊池(1986), BIERNBAUM (1979)による生活型に分け, 月別の出現水深と対応させると(図2), 底質の安定性が分布に大きく影響すると考えられる Tube dweller (管棲者)は水深4 m以浅では殆ど出現しないものの, 夏期には比較的浅い水深まで分布する傾向がある. しかしながら, Tube dweller の分布の季節変動と水温, 塩分, 底質の粒度分布・強熱減量の季節変動には明瞭な関連がみられなかった. そこで, 日本海側に特徴的な冬期卓越する季節風, 特に西南西から北東までの風速8 m以上の季節風が波高1 m以上の波浪を引き起こす(新潟県土木部 1964)こと, 及び新潟西海岸では波高1 m以上から水深6~8 mで海底地形の変化が始まる(新井ら 1987)ことに着目し, 気象月報(新潟地方气象台 1994)で1993年における西南西から北東までの風速8 m以上の日数の頻度を月毎に求め, Tube dweller の出現する最も浅い水深と対応させた(図3). 春期を除いて両者の相関性は高く, Tube dweller は日数の頻度が10%前後で底質の攪乱が少ない夏期に浅い水深から出現し, 日数の頻度が高く底質の攪乱が頻繁に行われる時期にはその影響を受けない水深から出現している. 新井ら(1987)は, 新潟西港沖での冬期波高3 m以上の時化では, 水深8

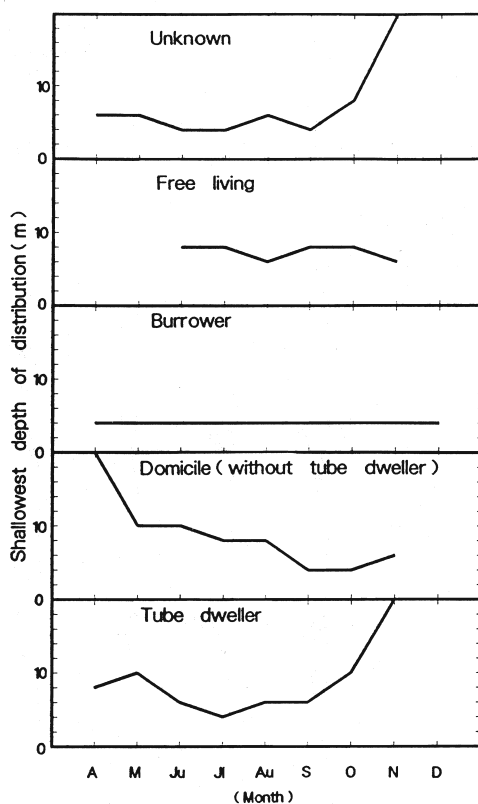


図2 生活型別でみたヨコエビ類の出現する最も浅い水深の季節変動.

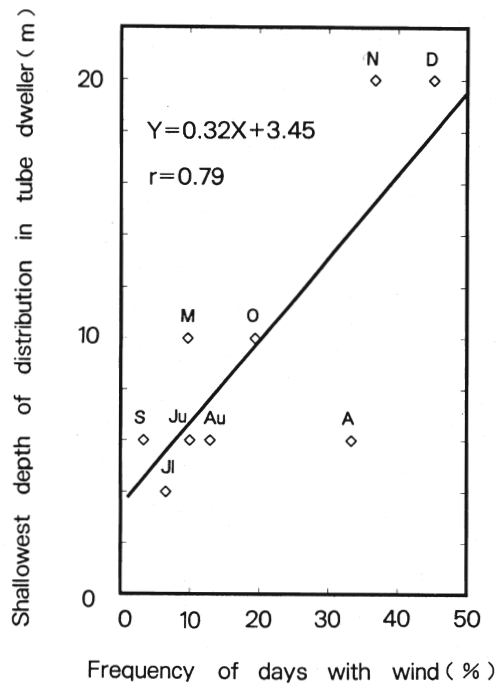


図3 北東から西南西までの風速 8 m/s 以上の風の頻度と月別の Tube dweller が出現する最も浅い水深との関係。

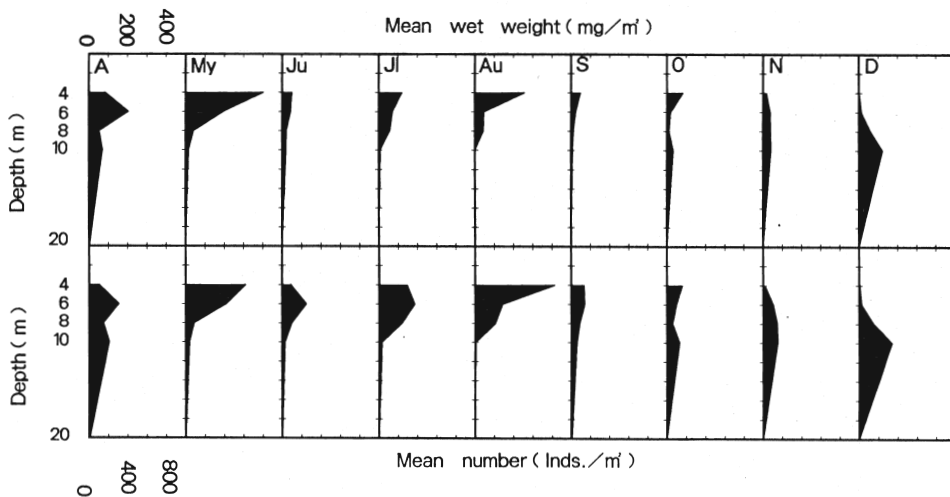


図4 1993年五十嵐浜に出現した *Urothoe* sp. の月別、水深別平均湿重量と平均個体数。上段：平均湿重量，下段：平均個体数。

表8 1993年五十嵐浜において出現した *Urothoe* sp. の平均個体数に占める割合 (%)

水深/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 m	68.21	93.01	28.87	45.38	72.09	62.51	39.35	14.29	11.00
6 m	80.68	94.04	41.10	45.53	36.74	38.19	53.59	72.71	23.46
8 m	84.54	39.36	32.62	32.72	50.81	29.52	33.33	54.99	63.92
10m	81.53	35.27	16.70	5.96	0.94	8.91	54.10	79.32	91.06
20m	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00

mでも碎波を生じるとしている。また、莊司ら(1990)は、五十嵐浜より北東約15kmにある新潟西海岸の水深10m以深での底質が比較的安定していると述べている。これらのことから、Tube dwellerの分布の季節変動は、波浪による碎波帯水深や底質が攪乱される範囲の変動を反映していると考えられた。

このように、開放性の強い海岸の碎波帯付近では生息可能なベントスの生息性状、種組成が限定されるが、Tube dwellerが殆ど分布しない水深4mに生息するヨコエビ類は、ある程度波浪に対して耐性があると推定できる。本調査で水深4mにおいて周年出現するヨコエビ類はBurrower(穴居者)に限られ、碎波帯周辺に出現し潜砂能力に富む等その環境に適応したマルソコエビ科(堀越 1984; 菊池 1985)の*Urothoe* sp.が最も多く、同種以外は少数の*Synchelidium*属の1種のみである。そこで、*Urothoe* sp.の平均湿重量と平均個体数を月別、水深別に求めた(図4)。*Urothoe* sp.は春秋期には水深6-10m、夏期には水深4-8mに多く分布しており、分布の中心がTube dwellerの分布域の岸側に沿うように変動している。また、*Urothoe* sp.のヨコエビ類全体に占める平均個体数の比率(以下、優占率とする)をみると(表8)、春秋期は高いが、夏期には低くなり、特に水深10mで著しく低下する傾向がみられた。このうち夏期の水深6mでは個体数が大きく減少していないことから、優占率の低下は、他のヨコエビ類が多く出現するためと考えられた。これに対して、夏期の水深10mでの優占率の低下はヨコエビ類全体の出現の多さと、*Urothoe* sp.の個体数の大幅な減少によっており、水深6mと10mで優占率の低下の原因が異なっていた。また、表3と表7の比較から、*Urothoe* sp.は出現する属の数の多い場合は低い優占率を示し、他のヨコエビ類が少ない場合は独占的に分布する傾向が認められた。一方、夏期には水深20mより水深6-10mで他のヨコエビ類が多く出現するため*Urothoe* sp.の優占率が低くなっているが、このことは、夏期の水深20mで出現する属の数が少ない一因と考えられた。なお、*Urothoe* sp.の分布中心の季節的変動が、波浪の直接的な影響によるものか、ヨコエビ類の相互作用の結果によるものかは今後検討を要するが、夏期の水深10mでは*Urothoe* sp.の出現個体数が大幅に減少することや、水深4mでも他のヨコエビ類が多く出現することから、夏期には分布の中心が今回の採集点より更に浅い水深となっている可能性がある。これらのことから、碎波帯付近では苛酷な環境下で耐え得る少数種が独占的に分布するが、波浪の影響が弱まる夏期においては比較的安定した環境となるためTube dweller等が生息し、生物相が複雑になるとともに、ヨコエビ類の相互作用が強まると考えられる。

JARAMILLO *et al.* (1993)は、チリにおいて底質の粒度、地形、波浪の影響の強さ等から砂浜を3種類

に分類し、それぞれの砂浜におけるマクロベントスの組成、分布の相違を論じている。その結果、波浪の影響を最も強く受けるタイプの砂浜ではハマトビムシ科のヨコエビ *Orchestoidea tuberculata* のみが高密度で分布していたとしている。また、最も波浪の影響が少ないタイプの砂浜ではマクロベントスの出現種数が14種と最も多く出現したとしている。これらの知見は波浪の影響とマクロベントスの分布という点で本調査と同様とみなすことができる。

離岸堤外側に特徴的に出現する生物は、*A. nakazatoi* (アミ亜目)のように移動能力が大きく底質への依存が低いと考えられる。離岸堤内側に特徴的に出現する生物は、*Corophium* (ヨコエビ亜目)のような管棲性種(菊池 1986)や、バカガイ・キサゴの様に移動能力が小さく、分布が底質の安定性に大きく影響される種と考えられる。ただし、*Corophium* 属のヨコエビは環境適応力が強く、砂浜域にも砂泥域にも出現する(日向野 1990)ことから、底質への依存が低い可能性もある。このように、離岸堤内外の物理環境と生物相の変化は波浪による底質の攪乱の差によるものと考えられる。特に生物は離岸堤外側・内側それぞれに固有に出現する種を除けば、ほとんどが内側に多く分布するか、外側と同等に分布しており、外側に多く出現する生物はみられなかった。離岸堤外側の底質は、非設置の水深2 mよりも更に粗いことから、離岸堤外側への影響は非設置の水深2 mよりも大きいとみなされる。離岸堤内側は非設置の水深4 mよりも静穏化していると考えられるが、周年水深4 mに出現する *Urothoe* sp. が、より静穏な離岸堤内側に多い点で定期調査の結果とは異なる。定期調査では、*Urothoe* sp. は水深4 mで最も多く出現するが、平均個体数、平均湿重量とも離岸堤内側でさらに多い。このような差異は、*Urothoe* sp. の最適な生息環境と波浪に耐え得る能力との不一致、あるいは *Urothoe* sp. の最適な生息環境と他のヨコエビ類、特に Tube dweller の生息域との重複を示している可能性もあるが、詳細は今後の検討課題である。また、前出の JARAMILLO *et al.* (1993)によれば、波浪の影響を最も強く受けるタイプの砂浜に独占的に出現したヨコエビ類 *O. tuberculata* の最高密度は、このタイプの砂浜においてではなく、波浪の影響が中間程度のタイプの砂浜において得られている。このことから、砂浜に生息するヨコエビ類は人工構造物の有無だけでなく、波浪による影響の差異でもこの様な分布をみせること、独占的な分布が必ずしも最高密度の分布ではないこと、波浪に対する耐性と好適生息環境は必ずしも一致しないことが示唆される。しかし、離岸堤周辺には特有の生物の分布様式が存在している可能性もあり、今後の調査でその有無と形成のメカニズムを解明することが必要である。

日本海側の開放型砂浜海岸では、波浪とそれによる底質の攪乱が生物の分布と量に大きく影響を与えており、砕波帯や波浪の作用限界とその季節変動の把握が重要であることが明らかとなった。また、波浪にある程度耐性がある種でも波浪の影響の強弱に同調して分布し、強い波浪の影響に耐え得る種の独占的な分布は、必ずしも最適な環境下の分布ではない可能性が示された。開放型砂浜海岸を増養殖場として利用する場合も、この様な環境要因と生物の分布の把握が重要な意味を持つであろう。今後は対象種毎の生物学的・生態学的見地からの知見も取り入れて、開放型砂浜海岸の増養殖場としての評価方法の確立を目指すとともに、全く新しい発想の増養殖場と増養殖方法も考慮しながら、生態系、漁業、レジャー等様々なニーズに対応できる海岸の利用法を模索することが必要である。

文 献

- 新井洋一・田村政太郎・岩本博史・川又良一（1987）新潟西海岸における波浪に伴う海底変動．海岸工学論文集，(34)，357-361.
- BIERNBAUM, C. K. (1979) Influence of sedimentary factors on the distribution of benthic amphipods of Fisher Island Sound, Connecticut. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **38**, 201-224.
- 林 勇夫（1984）新潟県北部沿岸域のマクロベントス．海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究，北陸沿岸地域調査成果報告，115-120.
- 日向野純也（1990）沿岸汀線域の生態系—砂浜砂泥域のベントス生態について—．水産土木，**26**，37-44.
- 堀越増興（1984）砂浜海岸特に碎波帯の生態系と立地因子．水産土木，**21**，59-64.
- JARAMILLO, E., A. McLACHLAN and P. COETZEE. (1993) Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **101**, 105-118.
- 菊池泰二（1985）砂泥底の生態系とベントス．水産土木，**22**，25-33.
- 菊池泰二（1986）ヨコエビ類の分類検索，及び生態，生活史に関する研究．ヨコエビ類の生物生産に関する基礎的研究，昭和60年度農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書，1-68.
- 新潟地方気象台（1994）新潟県気象月報．平成5年1-12月．
- 新潟県土木部（1964）新潟海岸の欠潰について，第二輯．151pp.
- 佐藤善徳・長沢トシ子（1993）強熱温度が浅海堆積物の強熱減量に与える影響．日本海区水産研究所研究報告，(43)，105-115.
- 莊司喜博・中山春雄・滝口要之助・黒木敬司・坂井隆行（1990）新潟西海岸における波，流れ及び地形変化の観測．海岸工学論文集，(37)，429-433.
- 莊司喜博・田村政太郎・高橋豊喜・山本秀一・高橋由浩（1992）新潟西海岸における潜堤設置に伴う周辺生物相の変遷．海岸工学論文集，(39)，996-1000.
- 安永義暢（1983）砂浜浅海域における底質環境とマクロベントスの分布に関する一考察．水産工学研究所研究報告，(4)，1-41.