

(37) 消波工設置工事が阿知須干潟の生物環境、特にアサリに及ぼす影響

INFLUENCE OF ESTABLISHING WAVE DISSIPATING CONCRETE BLOCKS ON ECOLOGICAL ENVIRONMENT IN AJISU TIDAL LAND - ESPECIALLY ON LITTLENECK CLAM -

関根雅彦*・浮田正夫*・中西 弘*・檜崎寿晃*

Masahiko SEKINE*, Masao UKITA*, Hiroshi NAKANISHI*, Toshiaki NARAZAKI*

ABSTRACT ; Although there are many development activities in coastal areas, influence of such activities on ecosystem is not revealed enough. In Ajisu tidal land, wave dissipating concrete blocks were established in front of seawall. The purpose of this study is to estimate the influence of the wave dissipating concrete blocks on ecological environment of Ajisu tidal land, especially on littleneck clam which is the most important resource of fishery around the area. Ground level, ground water level, current velocity, SS and Cl concentration in sea water, particle size distribution of mud, ignition loss of mud, and biomass of littleneck clam were surveyed at 126 grid points in 800m × 100m area during 1991 and 1992. The results were combined and put it in cluster analysis. The area in front of the wave dissipating concrete blocks were clusterized in one special cluster. The results are; In normal weather condition, wave dissipating concrete blocks worked positive to clam because they promoted the settlement of juvenile shell and its feed. In abnormal weather condition such as typhoon, wave dissipating concrete blocks worked negative to clam because they scattered sand which accumulated during normal weather period and might caused death of clam by burying them.

KEYWORDS ; littleneck clam, wave dissipating concrete block, tidal land, assessment of coastal development

1. はじめに

干潟感潮域は農地転換等のため古くから埋め立てられてきた。また近年の水に対する関心の高まりに伴い、沿岸域の開発はますます活況を呈している。そのような中で、これら開発行為が沿岸環境、特に生物環境に与える影響は十分明らかになっているとは言えない。

Fig.1に示す山口湾ではアサリが重要な漁業資源となっているが、阿知須地先では昭和22年から39年にかけて290haに及ぶ大規模な干拓事業が実施され、干潟の多くが失われた。現在干拓地の地先に残された干潟でアサリ漁業が続けられているが、漁業者の間では新たな沿岸工事によるアサリ資源量の減少を心配する声も強い。

そのような中で、平成2年度から干拓地の護岸改修に伴って護岸前面に消波工設置工事が実施されている。この工事はかならずしもアサリ漁業に対する配慮に立ってなされているものではないが、工事の悪影響を心配する声がある一方で、消波工による反射波や流速の低減によりアサリ稚貝の着底促進や干潟粒度の改善等の好影響も期待されている。

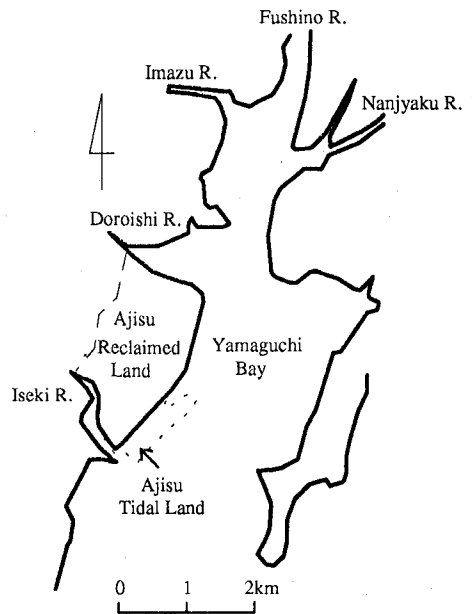


Fig.1 Yamaguchi Bay

* 山口大学工学部社会建設工学科 〒755 宇部市常盤台2557
Department of Civil Engineering, Yamaguchi University, Tokiwadai, Ube, Yamaguchi, 755 Japan

本研究はこの阿知須干潟を対象に、現地調査により消波工設置が干潟の生物環境、特にアサリに及ぼす影響を評価することを目的としている。

2. アサリの生態

アサリの産卵期は北海道などの寒冷地を別にして概ね春と秋の2回あり、山口湾では春期は4～5月、秋期は9月中旬～11月上旬である¹⁾。このうち資源として寄与するのは、主に秋期のものである。これは春期産卵のアサリが特に減耗の多い沈着初期から数mmまでの期間に、夏期の高温にさらされる可能性が強いためである。

成長の過程は、まず卵期(10hr内外)から、プランクトンを主体とした餌料を食べて成長する浮遊期(2～3週間)を経て、水底へと移行して(この時の殻長は0.2～0.25mm)稚貝となる²⁾。その後1年で殻長約25mm、2年で32mm、3年で37mmに達する。産卵期は最小で殻長11mmからとの報告³⁾もあり、1才から生産に寄与できると考えられる。漁獲されるのは殻長30mm以上、すなわち2才以降のものである。

アサリの水平移動については、成貝と較べて幼貝の移動が活発であり、幼貝の30日間における移動距離は砂質地帯(生息に良好な場所)では1.4～1.5mである。また、風波、潮流などの他動的な要因によりかなりの広範囲の移動が行われる⁴⁾。漁場での標識アサリ(殻長16.8～33.5mm)は、風速20m内外が2～3日続いた場合最大約30m離れたところで発見された記録がある⁵⁾。

干潟泥中の生息深度については、稚貝は干潟の表面に足糸で付着する。成貝では、殻長25～33mm前後なら殻長と等しい深度に住み、25mm以下であればやや浅い⁶⁾。強制的に埋没させた場合、10cm埋没では幼貝、若い成貝で3～18%のへい死がみられ、15cm埋没では貝の大きさに関係なく37～50%のへい死がみられ、20cm埋没では稚貝、幼貝、成貝で53～97%がへい死し、老成貝では70～100%のへい死がみられた⁴⁾。これから、地盤が安定していないと稚貝が成長できないことが予想される。実際、地盤高が数カ月の間に10cm以上変動する地先ではアサリの分布量は極めて少なく、風浪の強い地先に緩流施設を試験的に設けたところ、3500個/m²の稚貝が発生したとの報告がある¹⁾。

流速とアサリの関係については、殻長6～15mmのアサリが干潟面に露出した状態では15cm/secでは約90%のものが耐え得たが、20cm/secでは約70%が流され、粒径1～3mmの砂がある場合には30cm/secまでは全個体潜砂して耐え得たが、35cm/secでは砂の掃流に伴って流されたという報告¹⁾がある。

地盤高は干出し時間および干出し中の干潟面の温度に影響する。干潟面の温度については、有明海や東京湾において37.8～40.8度の報告があるが、アサリの成貝では40度で5.3時間、42度で1.5時間が平均生存時間である。また、殻長0.9～2.3mmの稚貝では36度で15～20時間、37度で5～8時間、40度では1～4時間で全滅する⁷⁾。従って、夏期に干出し時間が長い場合、稚貝のへい死が起こることはありうる。また、干潟面の地下水位が低く、干出し中に乾燥するような場所では成貝でもへい死し得る。一方、アサリは-2度で13.2時間は生存できる⁸⁾ことから、冬季の低温が問題になる可能性は小さい。

一方、干潟に直径3cm、深さ10cmの穴を掘り、5分後の水深とアサリの生息の関係を調べた調査⁶⁾によれば、アサリの生息する場所では5cm以上の水深があるが、水深2cm以下の地点にはアサリの生息がほとんど見られない。アサリ自身は気温15度では7日以上、気温30度でも1.3日は空气中に露出可能である⁹⁾ため、地下水位がアサリの潜砂深度より低いことが直接アサリが生息できないことと結びつくわけではない。地下水位が低いと夏季の日射による高温にさらされ易くなるためにほとんど生存できないのであろう。

底質や粒度分布の影響については、底質の泥分(粒径0.1mm以下の懸濁物質)が30%を超えるとアサリに障害がでるという報告がある⁵⁾が、それ以外には粒度分布は特に問題にはならないようである。しかし海水中の泥分が2%以上では10日以内に死亡しはじめる。また、底質の還元性に関しても、アサリはハマグリ等と比較して有機物量の多い場所に生息しており、ほぼ硫化水素が発生しかかるような底質に多く生息する⁸⁾。

さらにこのことからも予想されるように、溶存酸素の減少についての抵抗性も強く、1ml/l以上では問題ない。0.2～0.4ml/lで4日目から死亡が見られ、一週間で70～80%のへい死が見られた⁵⁾。

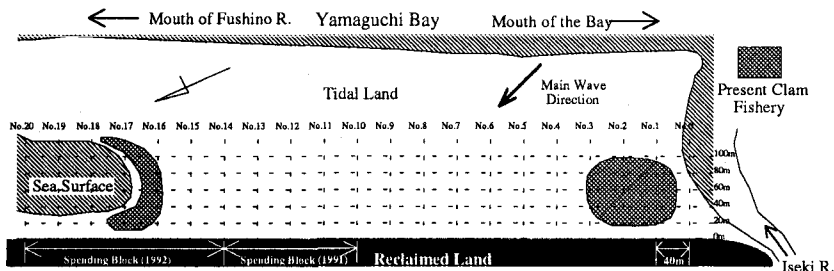


Fig.2 Ajisu tidal land

アサリの餌料は、消化管内容物から珪藻類、かい脚類等のプランクトンの他、デトライタス等であると言われている¹⁾。また、害敵生物としてはアカニシ、ツメタガイ、ヘソクリ、オウヨウラク、レイシ、キセワタ、ヒトデ、カレイ、ハゼ等による食害、ホトトギスガイとの生息場の競合¹⁾等が報告されている。さらに、海中設置物にはフジツボ、カキ類が多量に付着し、剝離脱落した殻が二次的に付着器となってやがて干潟を荒廃させる可能性が指摘されている⁸⁾。

3. 調査方法

前節で概観したように、アサリに影響する要因は多岐に渡っているが、消波工の影響が最も顕著に現れると考えられるのは流速、粒度分布、地盤高であろう。そこで本研究では干潟上におけるこれらの分布を調査し、消波工とこれらとの関係を検討した。次いで、これらの条件とアサリ生息量との関係を検討した。

調査対象干潟をFig.2に示す。調査にあたっては干潟面を陸沿いに40m間隔で0～20地点、沖に向かって20m間隔で0～100mまで6地点格子状に区分し、この格子点上で調査を実施した。干潟は調査区域から沖側にさらに100mほどほぼ平坦に伸びており、その後急速に山口湾に落ち込んでいる。本干潟では平成2年度に図のNo.10からNo.14にかけてテトラポッドを高さ約2m、奥行3m程直立護岸に接して積み重ねた消波工が施工され、平成3年度にはNo.15以北についても同様の消波工設置工事が実施された。

調査項目と調査日をTable 1に示す。

地盤高調査では各格子点における地盤高をレベルにより測定した。測定値は工事基準面(=T.P.-193cm)からの高さとして整理した。これに限らず、本報告に現れる地盤高や潮位の記述はすべて工事基準面からの高さである。

地下水位調査は簡易法として実施したもので、地盤高調査時に調査地点を移植ゴテで10cm程度掘下げ、浸出水水面と干潟面との差を測定し、干潟面より低い場合を負値として記録した。地盤高調査は大潮の最干潮

Table 1 Items and date of field survey

year	1991										1992									
month	3	4	5	6	8	10	11	12		1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	1
Ground level	29	30	31	27	24	8		26		22		6	27	30	30	26	24			
Ground water level														30	30	26				
SS / Cl / Current velocity					26															
Turbidity / Current velocity															3-5 17-18	15-17 25-27				
Particle size of mud / IL	29	30		30		8		26		19						26				
Number of adult cram														2, 30		26	27			26
Number of juvnile cram		30	30	26			28					30	26	28	27	25		28	28	22

*The numbers in this table mean the date when the survey performed.

時に行ったため、本地下水位調査結果は概略最低値を示していると考えられる。

水質・流速調査ではNo.2,8およびNo.15と16の中間(No.16)の3つのライン上の各格子点で最干潮前後の張潮時、落潮時の表面流速、表面流向、水深、底層流速をほぼ20分毎に測定した。また、0m,60m,100mの各格子点でSS、Cl濃度を測定した。

濁度・流速調査ではNo.2-100m, No.10-100m, No.12-20m, No. 14-20m, No. 4-20mの各点において2次元電磁流速計と濁度計を干潟面上に5cmの位置に設置し、1潮汐に渡って1分間隔で流速、流向、濁度を測定した。

粒度・IL調査は、各格子点の干潟泥を深さ5cm程度採取し、湿式ふるい分けにて粒度分布を計測すると同時に、2mmふるいを通した干潟泥のILおよび、2mmふるいに残った貝殻の重量を測定した。

成貝量調査はNo.2-100m, No.10-100m, No.12-20m, No.14-20mの各点で100cm×100cm×10cm内の干潟泥を3mmのふるいでふるい分け、目視でアサリと認められるものをサイズ毎に計数した。

稚貝量調査は防府水産事務所、山口県内海水産試験場が実施したもので、調査地点は我々のものと微妙に異なるが、概略No.2-20m(一時期No.1-100m), No.2-100m, No.11-20m(一時期No.8-100m), No.11-100m, No.16-20m, No.16-100mの6点である。各調査地点の干潟面10cm×10cmの範囲に生息する3mm以下のアサリを沈着稚貝、25cm×25cmの範囲に生息する3mm以上の1歳未満のアサリを生息稚貝として計数している。

4. 阿知須干潟の概要

Fig.3に地盤高、IL、中央粒径の調査結果の一例を示す。一見平坦な干潟も、単純に沖側が低いのではなく、複雑な起伏を呈している。底泥の泥分は最高でも10%前後であり、問題になる値ではなかった。

水質調査結果をFig.4に示す。Clは落潮時にはほぼ一定であるが、張潮時にはNo.16-100, No.9-100, No.2-100, No.9-60, No.9-0等は一時Clが低下する。これは干潮時に

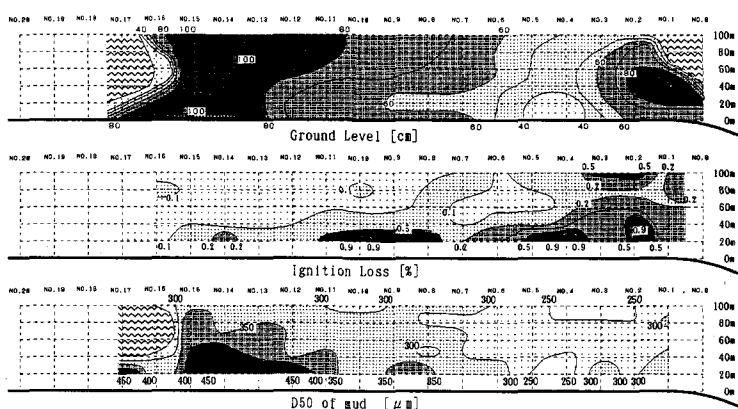


Fig.3 An example of survey result (1992/9/26)

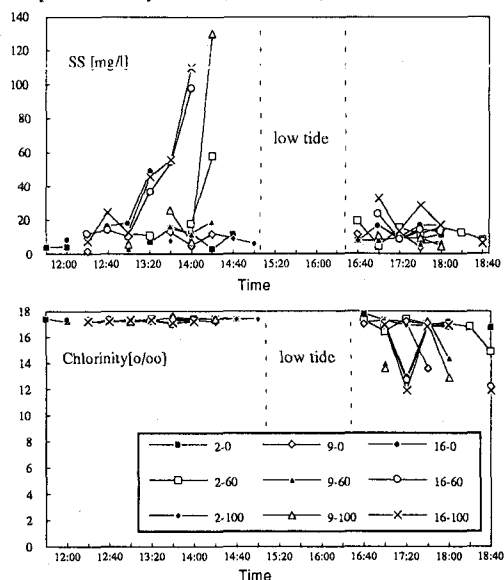


Fig.4 SS and Chlorinity (1993/8/26)

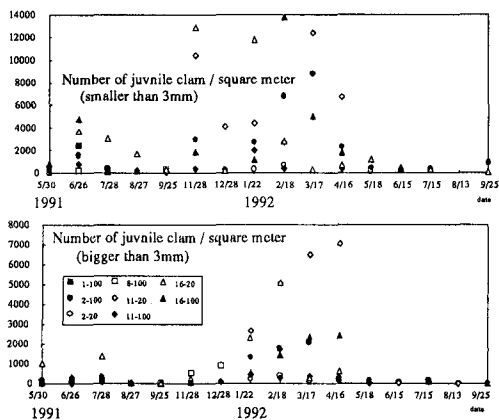


Fig.5 Number of juvenile clam

樫野川の影響でCl濃度が低下した山口湾水がやや地盤の低いNo.5からNo.9付近を通って干潟内に侵入してくるためであると思われる。これは同時に行った流速分布調査からも裏付けられた。SSはNo.9-100, No.16-100, No.16-60, No.2-60等沖側で落潮時に高くなっているものの、アサリの生存に影響があるといわれる2%よりはるかに少なく、通常の天候であればまったく問題にはならないといえる。

次に、Fig.5に稚貝量調査結果を、Fig.6に成貝量調査結果を示す。沈着稚貝が多いのはNo.2-100, No.11-20, No.16-20, No.16-100等である。アサリ漁場となっているNo.2の沖側、No.16のラインの他に、消波工の前面に稚貝が多く分布していることがわかる。反対に、No.8-100,11-100等干潟中央部の沖側にはほとんど分布がみられない。この傾向は成貝の生息数にもはっきり現れている。平成3年度の稚貝に注目すると、6月に多くみられた春期産卵による沈着稚貝が、夏期の生息稚貝数に結びついていないことがわかる。また、平成4年度には、秋期産卵の沈着稚貝が順調に冬を越しているが、5月から6月にかけて急速に減少している。これらの原因は明らかではないが、干潟面の温度上昇による減耗や波浪による散逸が考えられる。

5. 消波工と環境要因の関係

5.1 消波工と流速

Fig.7に濁度・流速調査における平常時流速の平均値を示す。またFig.8には水質・流速調査における流速の

時間変化を示す。No.2-100とNo.12-20のように、沖側では流速が速く、消波工前面では遅い流速を示している地点もあるが、その他の地点ではかならずしもこのような傾向を示しているわけではなく、消波

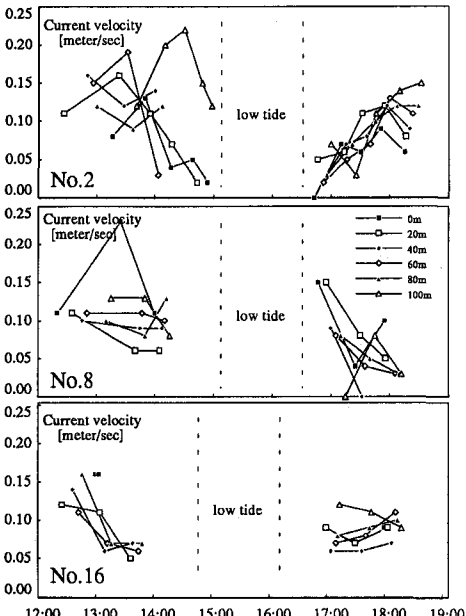


Fig.8 Current velocity in turbidity / current velocity survey

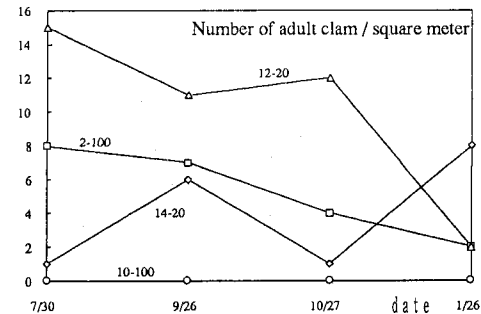


Fig.6 Number of adult clam

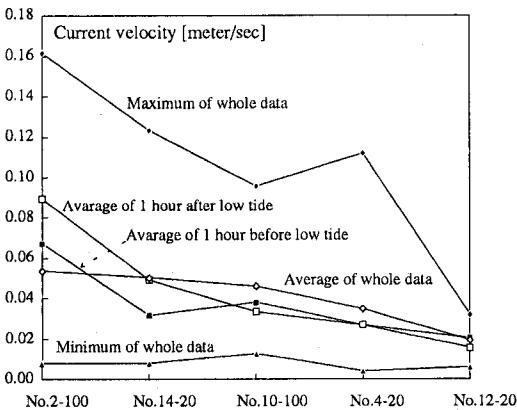


Fig.7 Current velocity in SS / Cl / Current velocity survey (normal weather condition)

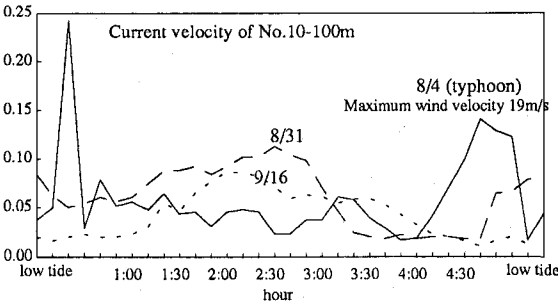


Fig.9 Current velocity in SS / Cl / Current velocity survey (during typhoon)

工と流速の間に明確な関係を見出すことはできなかった。消波工と流速の関係については次項において流速の履歴ともいえる粒度分布の解析を通じて考察することとする。

ここで、測定された流速値とアサリの関係について考察しておく。Fig.9に濁度・流速調査におけるNo.10-100の平常時と台風時の流速を示す。Fig.7,8とあわせ、たとえ台風時であっても最大流速は25cm/secを越えておらず、先の文献調査より流速そのものは潜砂したアサリ成貝に直接影響を及ぼす事は少ないと考えられる。一方、アサリ稚貝については成貝より小さな流速でも影響があると考えられる。岩垣公式⁹⁾によれば、最大流速25cm/secでは粒径100 μ mから2500 μ m、14cm/secで20 μ mから1000 μ m以下の砂が掃流を受ける。この値は本干潟の粒度分布(D_{50} =250~500 μ m)をある程度説明できると思われるが、アサリ稚貝については稚貝の付着した干潟泥の移動が問題であり、今回の流速調査結果だけではこれ以上の考察はできなかった。

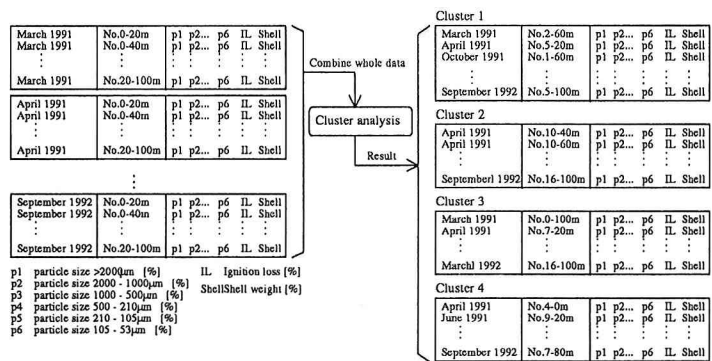


Fig.10 Analysis method for particle size / IL / Shell weight

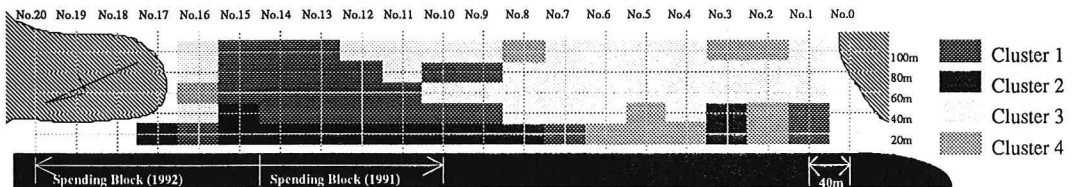


Fig.11 Result of cluster analysis for particle size / IL / Shell

5.2 消波工と粒度分布

粒度分布、IL、貝殻量調査結果を用いて干潟環境の分類を行った。作業手順をFig.10に示す。クラスタ分析は粒度分布、IL、および貝殻量の個体間(=地点間)相関係数を測定とした最長距離法によった。このクラスタ分析から抽出された結果の一例をFig.11に示す。もちろん調査時期によりクラスタの分布は変動するが、全体的な位置関係はおよそこの図の状態が維持される。

それぞれのクラスタに属する試料の粒度分布、IL、貝殻量の平均値をFig.12に示す。消波工沖側に分布するクラスタ1を標準とすると、クラスタ2は消波工前面に分布し、粒度が荒く、IL、貝殻量がともに多い。クラスタ3は消波工のない沖側に分布し、粒度が細かく、IL、貝殻量が少ない。クラスタ4は消波工のない堤防前面やアサリ漁場であるNo.2ライン上に分布し、粒度や貝殻量はクラスタ3と似ているが、ILが多い。

消波工前面の粒度が他の部分より荒いのは、荒天時に他の部分で掃流された砂が消波工の流速低減作用により消波工前面に堆積したものと考えられる。また、ILが多いことは静穏時の懸濁物質の堆積も多いことを

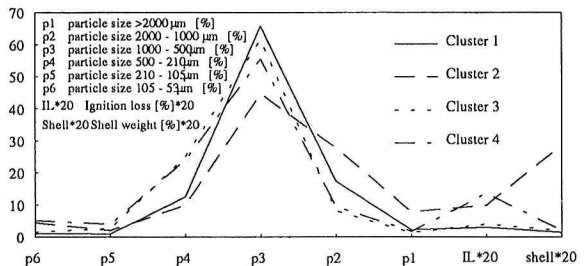


Fig.12 Characteristic of each cluster for particle size / IL / Shell

示している。流速の調査結果では明確な傾向が得られなかったが、消波工はやはり流速低減、懸濁物質の堆積に寄与していると考えられる。

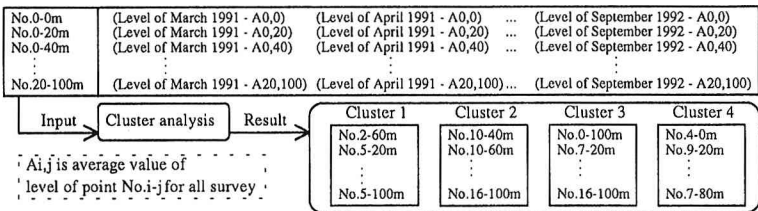


Fig.13 Analysis method for ground level

5.3 消波工と地盤高

地盤高調査結果を用いて干潟環境の分類を行った。作業手順をFig.13に、得られたクラスターの地盤高変動の平均値をFig.14に示す。また、それぞれのクラスターの分布をFig.15に示す。

クラスター1は消波工沖側に分布し、平成3年3月から8月まで徐々に地盤高が高くなっているものの比較的安定した挙動を示している。しかし9月の台風19号(山

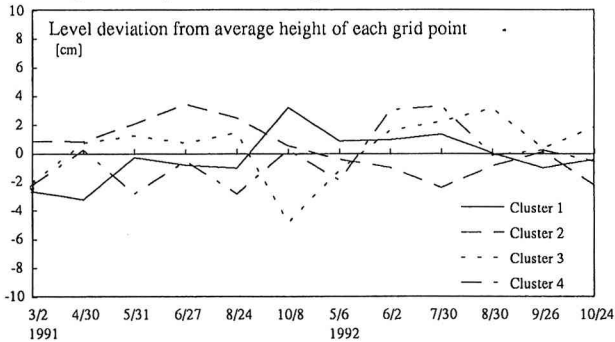


Fig.14 Characteristic of each cluster for ground level

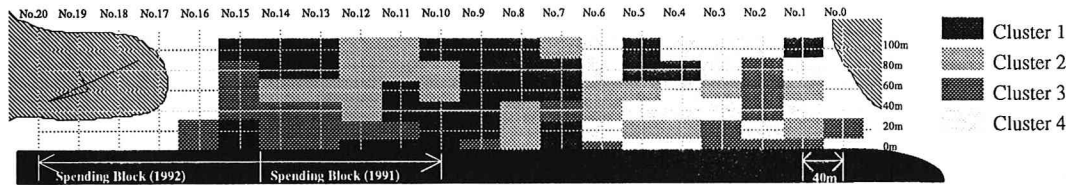


Fig.15 Result of cluster analysis for ground level

口での最大瞬間風速が53m/secに及ぶ非常に強い台風)により地盤が5cmあまり上昇した。それ以後は徐々に地盤高が低下している。クラスター2は全体的に分布しているが、平成3年度に比較して平成4年度には地盤高が低下した地点である。台風19号の影響は少ない。クラスター3は消波工前面に分布し、平常時はクラスター1と同様の挙動を示すが台風19号により地盤高が7cmあまり低下した。クラスター4は消波工のない部分に主に分布し、地盤高が小刻みに変動している。台風19号の影響は顕著ではない。

粒度分布結果からも予想されたように、消波工前面ではやはり平常時の地盤高の増加傾向がみられた。しかし、一旦台風等強い波浪の影響を受けると、それまでに堆積した底泥が一度に分散し、地盤が大きく変動することがわかった。

6. 消波工とアサリの関係

前節より、消波工の影響は1.平常時のおだやかな堆積作用と、2.台風等異常時の干潟泥の攪乱にある。

まず、1.平常時のおだやかな堆積作用とアサリとの関係を考えると、稚貝の沈着、デトライタスの堆積による餌量の増加等、アサリにとって有利に働いている。実際、Fig.11における消波工前面のクラスター2は、アサリ稚貝の生息域と一致している。

一方、この堆積作用による地盤高の増加の側面を考えると、地盤高の上昇は年間数センチであるから、埋没によるアサリのへい死は考慮する必要はない。しかし、地盤高の絶対的な高さは干出し時間と夏期の高温化の点でアサリに不利に働く。

Table 2に地盤高と干出し時間の関係を有明海の例とともに示す。阿知須干潟の干出し時間は調和定数表より計算した年間の潮位変化から推定した。これによれば、消波工前面だけでなく、阿知須干潟の大部分は有

明海における貝類の発生限界に相当することがわかる。干出し時と夏期の晴天時が重なれば、成貝でも死亡する可能性は十分ある。

Fig.16に地下水位調査結果を示す。これによればアサリの生息の多い地域で地下水位が低い傾向にある。アサリの生息が少なくなるとされている地下水位-8cm以下の地域は限られているが、やはり稚貝にとって夏期の大潮時には高温・乾燥の危険にさらされる可能性が大きいと言える。

このように、阿知須干潟はもともとアサリの生息限界に近い環境条件であり、大潮と晴天等、少しでも悪条件が重なるとすぐにアサリ資源の減耗に結びつくと考えられる。Fig.5の稚貝数の急減少もこれを裏付けている。このような中で、消波工により地盤高が上昇することは望ましくないと考えられる。

次に、2.台風等異常時の攪乱とアサリとの関係を考えて、一夜にして10cm近い地盤変動が生じるわけであるからアサリの埋没によるへい死、掃流による散逸等、悪影響を及ぼすと言える。

結局、消波工は平常時はアサリにとってプラス、異常時はマイナスに働き、功罪相半ばする。ただし地盤高の高い阿知須では、地盤高上昇の原因にもなるので平常時も一部マイナスであろう。

Table 2 Ground level and dry up hour

Ground level cm	Ariake sea			Ajiu tidal land		
	Maximum dry up hour at one time	Total dry up hour in 15 days	Existence of clam	Average dry up hour at one time	Maximum dry up hour at one time	Total dry up hour in 15 days
	hour	hour		hour	hour	hour
60-90	2:00<	4:40<	many	2:40	5:00	36
150	3:30	28	Limit of existence	3:25	5:30	62
180	4:10	28	Highest level of existence		-	-
210	4:50	78	none		-	-

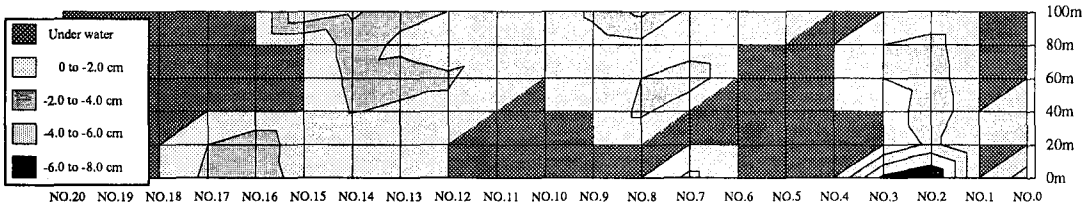


Fig.16 Ground water level from ground surface (average of 1992/7/30 and 1992/9/26)

7. おわりに

阿知須干潟の生物環境を消波工設置工事と関連づけて調査した。調査データをクラスタ分析した結果、消波工の影響は 1.平常時のおだやかな堆積作用 2.台風等異常時の干潟泥の攪乱 の2点であることが明らかになった。消波工前面にアサリ稚貝の生息が見られたところから、平常時のおだやかな堆積作用はアサリの稚貝や餌料の堆積沈着に好影響を及ぼしていることが推定された。一方、異常時の干潟泥の攪乱は、アサリの埋没によるへい死や掃流による散逸の原因となる。以上から、消波工はアサリの生息環境として功罪相半ばすることが示された。

また、阿知須干潟は全体に地盤高が高く、アサリの生息限界に近い環境条件であることが明らかになった。阿知須干潟全面でアサリの漁獲量を高めるためには、地盤高の上昇を抑えながら餌料となる有機物の沈降を促進させるような方策が必要である。このためには、干潟の砂収支等、干潟の生成・維持機構を踏まえた対策が必要であろう。

ところで、Fig.17に聞き取り調査から集計した山口湾嘉川漁協のアサリ漁獲量変動を、Fig.18に山口、福岡、大分各県の農林水産統計年報から集計した周防灘のアサリ漁獲量変動を示す。これによれば、山口湾、周防灘において近年急激に他の水産物とは独立にアサリ漁獲量が減少していることが明らかである。

本研究の当初の目標は、消波工設置工事と関連づけた阿知須干潟のアサリ漁獲量予測モデルの作成であった。本クラスタ分析の結果を用いて各クラスタ毎にアサリの死亡速度や餌量の利用効率を定め、生態系モデルを用いて消波工の有無による将来予測モデルを作成することはある意味ではたやすい。実際筆者らはこのような考えに基

づき大海湾のアサリ漁獲量に対する埋め立ての影響ついて既にモデルを作成している¹⁰⁾。しかしながら、先の漁獲量変化からも明らかなように、山口湾、周防灘というより大きなレベルにおいてアサリの急激な減少という問題が起こっており、この原因解明なくして阿知須のアサリ生産量変化を論じることはできない。山口湾の流入負荷量はほとんど変化しておらず、餌量の減少だけでこのような漁獲量の減少が生じているとは考えにくい。この減少の原因は現在のところまったくつかめておらず、流入負荷量だけと関連づけた生態系モデルはこの現象の解析にまったく無力である。ここではこのような問題の存在を指摘し、さらなる研究の必要性を述べるに止めたい。モデルによる解析は今後の課題である。

最後になりましたが、共同で調査にあたっていた阿知須町の中野康世氏、松井浩之氏、貴重な稚貝データを提供いただいた山口県防府水産事務所、山口県内海水産試験場、調査を実施するにあたり尽力いただいた山口大学工学部建設工学科学生(当時)田中誠君をはじめとする研究室の学生諸君に感謝します。本研究の一部は平成4年度科学研究費(奨励研究(A))の補助を得ました。

参考文献

- 1)井上 泰: 山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について, 水産土木, 16(2), 29-34, 1980
- 2)日本水産資源保護協会: 水産生物生態資料, 1981
- 3)資源協会: 新版つくる漁業, 農林統計協会
- 4)崔 相: アサリの移動について, 水産増殖, 11(1), 13-23, 1963
- 5)日本水産資源保護協会: 水産生物の生活史と生態, 1985
- 6)倉茂 英次郎: アサリの生態研究、特に環境要素について, 水産学集成(松本文夫編), 611-655, 1957
- 7)相良 順一郎: 貝類の増養殖における干潟の利用について, 水産土木, 13(2), 17-20, 1976
- 8)網尾 勝: アサリの増殖について, 日本水産資源保護協会月報, (217), 4-10, 1982
- 9)(社)全国沿岸漁業振興開発協会: 沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針, 1984
- 10)M. Sekine, H. Nakanishi, M. Ukita, E. Kanehiro: A shallow sea ecological model to assess the impact of coastal development. Proc. 4th ICCBE, 189, 1991

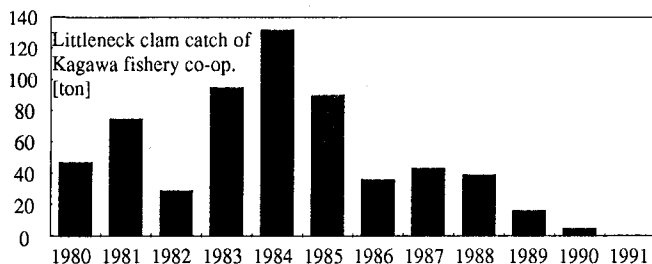


Fig.17 Littleneck clam catch in Yamaguchi Bay

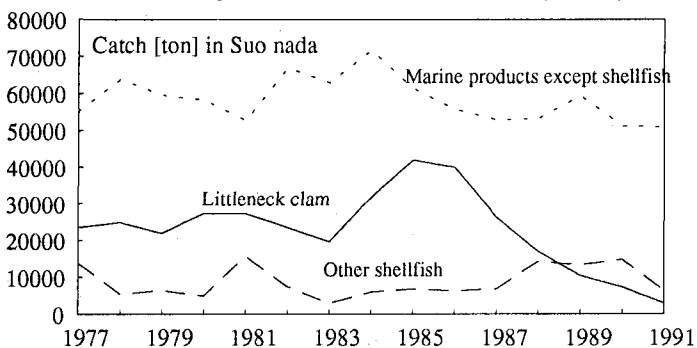


Fig.18 Littleneck clam catch in Suo Nada