

# 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

誌名	水産工学研究所報告
ISSN	03889718
著者名	安永,義暢
発行元	水産庁水産工学研究所
巻/号	4号
掲載ページ	p. 1-41
発行年月	1983年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 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

安永義暢\*

### 目 次

1. 緒言	1	3. 結果	2
2. 方法	1	4. 考察	7
2.1 調査概要	1	5. 結語	10
2.2 調査項目	2		

### 1. 緒 言

内湾域での埋立て、汚染の進行、あるいは未利用水域の開発と言った点から、近年各地の砂浜海岸でもおもに二枚貝、ヒラメ・カレイ類を対象とした増殖場造成が計画され、事業化が進められている。砂浜海岸、とくに外海性（非閉鎖性）砂浜域においては波浪流、潮流流によって生物の分布、生残は直接、間接に大きな影響を受けるものと考えられる。

増殖場造成に関しても離岸堤をはじめとする構築物によって水理環境を制御し、対象生物の生産量を増大させようとする方法が試みられている。他方、水理条件が変化した場合には同時に底質環境も変化し、対象水域の生物群集構造全体に変化が生じ得ることを考慮する必要がある。

今後とも砂浜浅海域、あるいは沖合砂底域を対象として魚貝類その他の幼生の沈着、餌生物の集積を意図する漁場・増殖場造成の進められることが予想される。これらの事業を有効に進めるには、離岸堤その他の構築物の設置によって生じ得る水理、底質等の物理化学環境の変化、また、それらに伴う生物環境の変化を事前に十分検討し、対象生物の発生、生残、成長に有利な環境改変を計ることが肝要であろう。

しかし、現状では以上の諸検討事項の基礎となるべき砂浜域の環境調査は必ずしも十分ではなく、対象とする生物を増殖場造成、あるいは種苗の放流によってどの程度増産し得るかを予測することは困難である。

今回、砂浜域の環境調査の一環として、同域の底質条件とマクロベントス（以降単にベントス）を対象に調査

を行い、両者の関係について検討を加え、若干の知見を得たので報告する。

### 2. 方 法

#### 2.1 調査概要

##### 2.1.1 調査対象水域

新潟県新潟市の五十嵐浜を調査対象水域とした。同水域は信濃川河口から西方約10~15 km に位置し、海底勾配1/50程度の外海性砂浜域である。

本海岸には二級河川新川が流れ込んでいるが、同河水は泥分が主体と考えられる濁り成分が多く、調査水域、とくに河口周辺水域の底質およびベントスは多分に影響を受けていることが予想された。そこで、調査水域を河口部から左右 600 m、水深 6 m 線で囲まれる河口周辺部分に該当する水域Ⅰ、および同水域の西側に隣接し、河口から 600~1,200 m、水深 10 m 線で囲まれる水域Ⅱとに分けて比較検討することとした。

なお、両水域とも河口から 200 m 間隔の海岸への垂直線と 2 m ごとの水深線とからなる小区画を設定し、各小区画に水域Ⅰでは 1~19、水域Ⅱでは 1~15 までのステーション・ナンバーを割りふった（図 1）。

表 1 水域別の調査年月日  
Research date in the research area I and II.

調査回数	水 域	
	I	II
第 1 回	1976年 9 月 2 日	1977年 7 月 31 日
第 2 回	1977年 3 月 27 日	1977年 9 月 13 日
第 3 回	1977年 5 月 25 日	1977年 11 月 8 日

\* 水産土木工学部

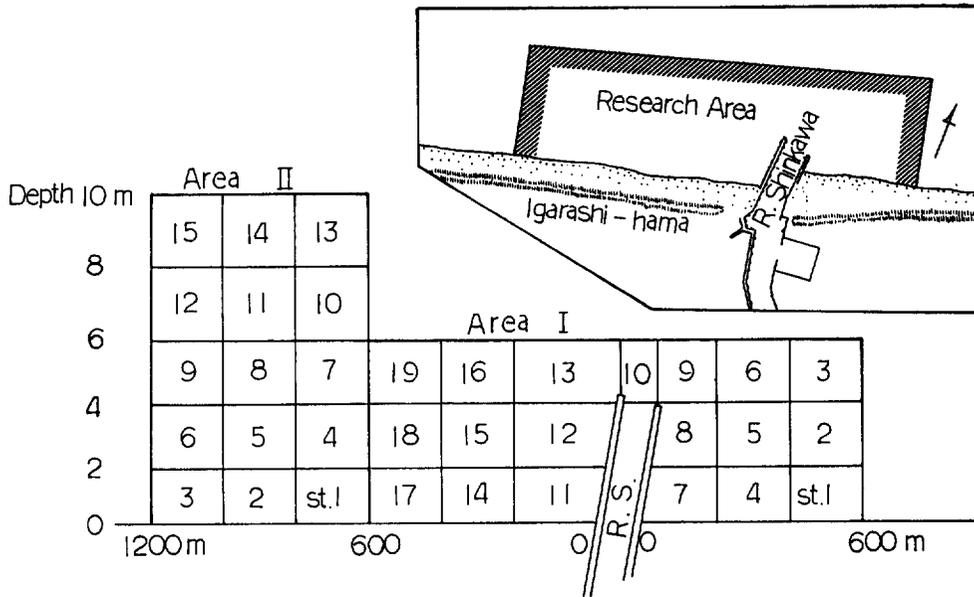


図1 調査水域I, IIと各水域の区画を示す  
Division number of the research area I and II.

2.1.2 調査時期・回数

水域Iについては1976年9月, 1977年3月および5月の計3回, 水域IIについては1977年7月, 9月, 11月の同じく3回の調査を行った(表1)。

2.1.3 調査方法

底質採集には港研式採泥機(採集面積 1/30 m<sup>2</sup>)を用いた。採集は調査水域内に設定された区画ごと, 区画中央部を中心に2~3回を基準として行った。また, 採集時の区画の確認は測距機によって河口からの距離を求め, 200mごとに海面に設置した旗竿と, 測深器で求めた水深とを基準として行った。

次いで採集した砂泥は200g相当を底質分析用, 残りをベントス選別用として速やかに測定に供した。なお, 底質分析用砂泥は乾燥機にて110℃で6時間乾燥後各種の測定に用いた。また, ベントスの選別は水面上で目合い1mmの篩を用いて行った。

2.1.4 測定項目

採集したサンプルをもとに測定した項目は底質に関しては中央粒径値その他の7項目, ベントスに関しては種組成その他の4項目の合計11項目である(表2)。

項目ごとの測定結果は概ね以下の通りであった。

3. 結 果

3.1 底 質

a. 水域I

表2 底質およびベントスに関する測定項目  
Measurement items of the bottom sand and the benthos.

(測定項目)		(備 考)
底 質	粒 度 (乾式法)	中央粒径値
		泥 分…メッシュ150の篩を通過した成分
	強 熱 減 量 C N 値	淘汰度
		均等係数
ベントス	種 組 成 分 布 密 度 多 様 度 指 数 類 似 度 指 数	500℃, 6時間
		CNコーダーにより分析

各項目全般に調査月で変動し, とくに第2回は他の2回の調査と異なる傾向が見られた。

・中央粒径値……全区画の測定値を平均した水域平均値は調査月で変化が著しく, とくに第2回は大幅に値が増加して他の2回との間に有意差が認められた。また, 区画ごとの値についても調査月で変動が大きく, 河口との距離, 水深に関する明瞭な変化傾向は見られなかった(付図1)。

・泥 分……中央粒径値と同様水域平均値は調査月で変動し, 第2回の値が小さくなっている。また区画

ごとの月別変動も大きい。河口との位置関係に関しても明確な変化傾向は見られず、たとえば第1回の *sf* 13, 第3回の *sf* 9 のように局部的に高い値が示された(付図2)。

・淘汰度……………中央粒径値, 泥分の場合ほどでないが水域平均値は同様に調査月で変動し, 第2回が増加している。区画ごとの値についても調査月で変動が大きい(付図3)。

・均等係数……………水域平均値は上記3項目とはやや異なり, 第1回から第3回まで漸増している。区画ごとの値は調査月で変動が大きい(付図4)。

・強熱減量……………第3回の調査時のみ測定した。区画別の値に関しては *sf* 12 で 2.8% と高かったものの他の区画ではほぼ 0.9~1.6% の値が示された。河口との位置関係では河口周辺部の *sf* 9, 10, 12, 13, および逆に河口部から離れた *sf* 17, 18, 19 の区画で高い値が示された(付図5)。

・CN 値……………第2回の調査時のみ測定した。区画別の値に関し, まず C 値は *sf* 12 で 1.76 mg/g と高かったほかは 0.9~1.3 mg/g の値が示された。

N 値は C 値のほぼ 1/10 程度で, C 値と同じく *sf* 12 の 0.16 mg/g を最大とした。他の区画は 0.09~0.14 mg/g 全般的に変化は小さかった(付図6)。

#### b. 水域II

水域Iと比較して調査月による各項目の変動は小さい。区画別の比較では各項目とも水深の変化に伴って変動する傾向が見られた。

・中央粒径値……………調査月による水域平均値の変動は小さく, 各月の間に有意差は認められない。区画間の比較では水深の大きい区画で値の小さくなる傾向が見られた(付図1)。

・泥分……………中央粒径値と同様調査月による水域平均値の変動は少なく, また, 区画間の比較においては水深の大きい区画で高い値が示された(付図2)。

・淘汰度……………各調査月の水域平均値は第2回がやや大きい程度で変動の幅は小さい。区画間の比較では上記2項目の場合ほど水深との関係は明瞭ではなかった。(付図3)。

・均等係数……………各調査月の水域平均値の変動は上記各項目と同様小さい。区画間の比較では水深の大きい区画で増加する傾向が見られた(付図4)。

・強熱減量……………水域平均値は小幅ながら調査月で変動し, 第2回の 1.65% がやや高かった。ただし, 第2回の値が高かったのは *sf* 9 の区画が 5.96% と特異的に高かったことに起因しており, この区画を除けば平均

値は 1.35% で 1, 3回の平均値とほとんど差はない。

区画間の比較では各調査月とも水深の大きい区画で高くなる傾向が見られた(付図5)。

・CN 値……………第3回の調査時のみ測定した。C 値は 0.9~1.8 mg/g, 水域平均値 1.20 mg/g で水域Iよりもやや大きい値が示された。

N 値は水域Iと同じく C 値の 1/10 程度で 0.09~0.17 mg/g の間で変化するが, C 値の場合ほど水深との関係は明瞭ではなかった(付図6)。

### 3.2 底質各項目間の相関

底質各項目間の関連性を調べるため各区画各項目の測定値について直線回帰による相関係数を求めた<sup>1)2)</sup>。ただし, 水域I, IIともに底質全項目が測定された第3回の調査を対象とした。

#### a. 水域I

中央粒径値×淘汰度, 泥分×均等係数, 強熱減量×C+N 値, 強熱減量×C 値, C 値×N 値, などに関し, 0.7 以上の高い正の相関が認められた。また, 強熱減量×N 値, 0.4~0.7 の中程度に属する正の相関が見られた。

また, 中央粒径値×N 値, 中央粒径値×泥分, 淘汰度×N 値, などの間に -0.4~-0.7 の中程度に属する負の相関が認められた(表3)。

#### b. 水域II

泥分×淘汰度, の間に 0.7 以上の高い正の相関が, 泥分×C 値・N 値・C+N 値・均等係数, 淘汰度×C 値・C+N 値, 均等係数×C 値・N 値・C+N 値, 強熱減量×C 値・C+N 値, C 値×N 値, などの間に 0.4~0.7 の中程度の正の相関が認められた。

また, 中央粒径値×淘汰度・泥分の間に -0.7 以上の高い負の相関が, 中央粒径値×C 値・N 値・C+N 値, などの間に -0.4~-0.7 の中程度の負の相関が認められた(表4)。

### 3.3 ベントス

#### 3.3.1 種組成および Biotic Index

##### a. 水域I

全調査を通じての種類数は52種, 個体は 3,165 個体であった。ただし, 種類数, 個体数ともに調査月による変動が大きく, 第3回が最大で44種 2,386 個体, 第2回が最小で17種 252 個体であった。

優占動物は各調査月とも節足動物甲殻類で, 全調査を合計すると種類数は 19 種で採集全ベントス中の 36.5% 個体数は 2,465 個体で同じく 77.9% を占めた。また, 甲殻類のうちでは端脚目が優占し, 全調査合計で種類数では 11 種 57.9%, 個体数 1,928 個体で 78.2% を占め

表3 水域Iにおける底質各項目の間の相関係数  
第3回 (1977年5月)

Correlation coefficient matrix between each measurement items of the bottom sand in the research area I.

中央粒径値								
泥分	-0.593							
淘汰度	0.784	-0.232						
均等係数	0.015	0.766	0.264					
強熱減量	-0.073	0.153	0.046	0.097				
C値	-0.080	0.282	0.174	0.200	0.839			
N値	-0.560	0.359	-0.454	-0.013	0.662	0.705		
C+N値	-0.129	0.297	0.118	0.185	0.844			
	中央粒径値	泥分	淘汰度	均等係数	強熱減量	C値	N値	C+N値

表4 水域IIにおける底質項目の間の相関係数  
第3回 (1977年11月)

Correlation coefficient matrix between each measurement items of the bottom sand in the research area II. November, 1977

中央粒径値								
泥分	-0.941							
淘汰度	-0.805	0.950						
均等係数	-0.358	0.424	0.380					
強熱減量	-0.157	0.180	0.137	0.188				
C値	-0.536	0.620	0.542	0.623	0.568			
N値	-0.440	0.477	0.370	0.526	0.332	0.664		
C+N値	-0.544	0.625	0.541	0.634	0.560			
	中央粒径値	泥分	淘汰度	均等係数	強熱減量	C値	N値	C+N値

た。

端脚目のほかにはクマ目が多く、2種、488個体、また、等脚目2種31個体がこれに次いだ。ただし、クマ目では *Hemilanprops californica* が第3回の調査で480個体と特異的に多く出現した。

節足動物以外では環形動物多毛類が16種242個体で多く、以下軟体動物斧足類の7種158個体、棘皮動物海膽類の1種252個体、軟体動物腹足類の5種29個体が次いだ。

Biotic Index は第1回が16.0、第2回が14.8、第3回が54.2、平均28.3で、第3回が甲殻類端脚目と同クマ目の個体数の増加によって大き値となっている。なお、

全調査合計では60.87であった(図2、付表1)。

#### b. 水域II

全調査を通じての種類数、個体数は71種、1,847個体であった。調査月による変動は水域Iに比較すれば小さく、種類数では第2回が最大で49種、第3回が最小で39種であった。個体数では第1回が最大で1,015個体、第3回が最小で371個体であった。

全調査合計での優占動物は環形動物多毛類で全ベントス中種類数37種52.1%、個体数1,308個体70.8%を占めた。

多毛類以外では軟体動物斧足類が9種298個体と多く、以下節足動物甲殻類の12種105個体、棘皮動物海膽

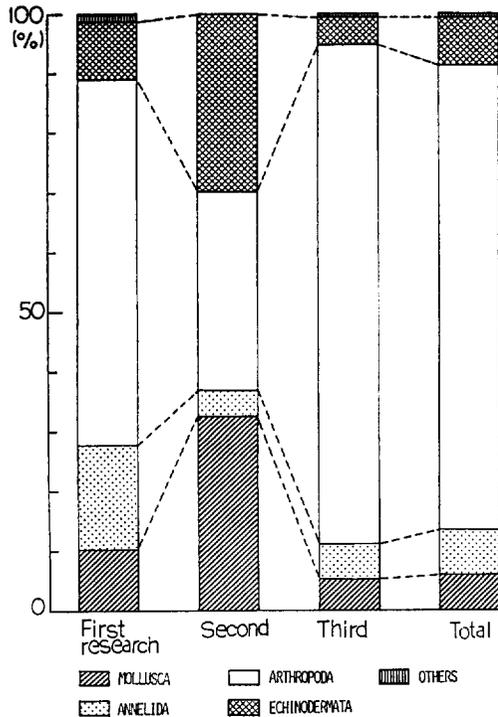


図2 水域Iにおける各調査時のマクロベントス各類採集体数の比率

Ratio of number of each kind of macro benthos collected in the research area I.

類の1種68個体, 軟体動物腹足類の6種30個体がこれに次いだ。

Biotic Index は水域Iと比較してやや小さく, 第1回が最大で22.1, 第2回, 第3回は減少して各9.4, 9.5で平均13.67であった。また, 全調査合計では26.01で水域Iの約半分であった(図3, 付表2)。

### 3.3.2 分布密度

調査水域内のベントス各類の分布量, 分布傾向を知るため, 各調査月の区画ごとの分布密度を網または目レベルまで求めた。

#### a. 水域I

・軟体動物……………底質での場合と同様, 各調査月における全区画の値から求めた水域平均値は第1回が42.6個体/m<sup>2</sup>, 第2回が64.3個体/m<sup>2</sup>, 第3回が40.3個体/m<sup>2</sup>で変動は少ない。

区画間の比較では第1回のst 19, 第2回のst 12, 15, 19に斧足類を主体とする300個体/m<sup>2</sup>前後の高い値が出現した。ただし, 腹足類, 斧足類ともに調査月による変動が大きく, 河口との距離, あるいは水深に関する明瞭な変化傾向は見られなかった。

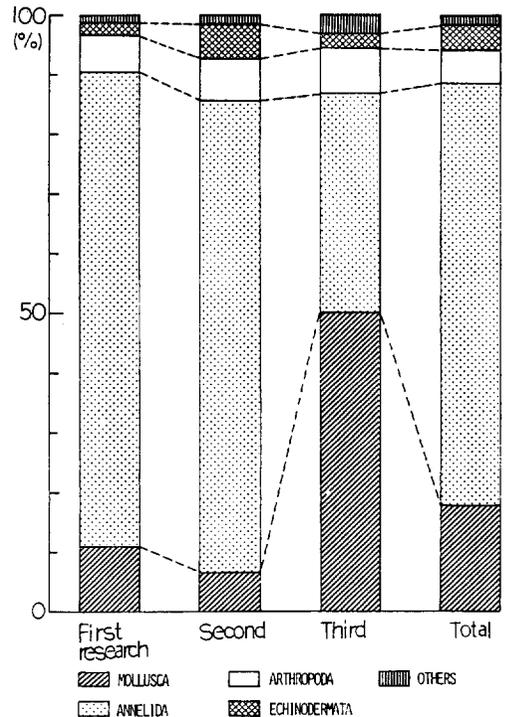


図3 水域IIにおける各調査時のマクロベントス各類採集体数の比率

Ratio of number of each kind of macro benthos collected in the research area II.

なお, 腹足類と斧足類の比較では各調査月とも後者の水域内平均値が高く, 全調査を通じた平均で前者の約5.5倍であった(付図7・8・9)。

・環形動物……………水域平均値は第3回の109.7個体/m<sup>2</sup>を最大, 第2回の8.7個体/m<sup>2</sup>を最小として変動が大きい。

一方, 区画間の比較では第1回のst 6, 7, 18で遊泳目を主体とする100~400個体/m<sup>2</sup>前後の, また, 第3回のst 9で定在目を主体とする1,185個体/m<sup>2</sup>と言った高い値が示された。ただし, 軟体動物と同様, 各区画とも調査月による変動が大きく, 河口との距離, 水深とに関する分布傾向は見られなかった(付図10・11・12)。

・節足動物……………水域平均値は第2回の66.3個体/m<sup>2</sup>から第3回の1,442.4個体/m<sup>2</sup>まで調査月によって大きく変動していた。区画間の比較では第1回のst 2, 3, 5, 18で端脚目を主体とする500~1,000個体/m<sup>2</sup>前後の高い値が示された。また, 第3回はst 3, 9を除き全区画とも100個体/m<sup>2</sup>以上の高い値が示された。これは端脚目とともにクマ目の出現数の大きかった点に起因している。

たとえば, *st* 1 の 1,410 個体/m<sup>2</sup> 中 1,020 個体/m<sup>2</sup>, *st* 4 の 3,480 個体/m<sup>2</sup> 中 2,895 個体/m<sup>2</sup>, *st* 11 の 3,810 個体/m<sup>2</sup> 中 2,130 個体/m<sup>2</sup> をクマ目 が 占めている。

河口からの距離との関係は不明瞭であるが, 第1回～第3回の平均値で見た場合, 水深の大きい区画で値が小さくなる傾向が見られた (付図13・14・15・16)。

・棘皮動物……………水域平均値は第1回の 40.3 個体/m<sup>2</sup>, 第3回の 100.3 個体/m<sup>2</sup> まで漸増している。

区画間の比較では第1回, *st* 1 の 705 個体/m<sup>2</sup>, 第2回, *st* 10 の 420 個体/m<sup>2</sup>, 第3回, *st* 5 の 570 個体/m<sup>2</sup>, のように海膽類を主体として局部的に高い値の示される傾向が見られた。

河口との距離, 水深に関する分布傾向は明らかではなかった (付図17・18・19)。

・その他の動物……………袋形動物線虫類・星口動物星虫類が第1回および第3回の調査時に出現しているが, 水域平均値はいずれも1桁であり, 分布量は少ない (付図20・21)。

・全ベントス……………水域平均値は第2回の 198.9 個体/m<sup>2</sup> を最小とし, 第3回の 1883.7 個体/m<sup>2</sup> を最大として大きく変動した。区画間の比較では調査月による変動が大きく, 河口との距離, 水深との関係での分布傾向は不明瞭であった (付図22)。

#### b. 水域Ⅱ

・軟体動物……………斧足類を主体とし, 水域平均値は第2回の 30.0 個体/m<sup>2</sup> を最小, 第3回の 186.0 個体/m<sup>2</sup> を最大として変動した。区画間の比較では水深の大きい区画で高い値の示される傾向が見られた (付図7・8・9)。

・環形動物……………水域平均値は第1回の 677.7 個体/m<sup>2</sup> から第3回の 136.0 個体/m<sup>2</sup> へと漸減した。区画間の比較では水深の小さい区画で低い値が, 水深が中程度から大きい区画で高い値が示されている。この傾向は遊泳目, 定在目ともにはほぼ共通して認められた (付図10・11・12)。

・節足動物……………端脚目を主体とし, 水域平均値は第1回の 58.7 個体/m<sup>2</sup> から第3回の 10.0 個体/m<sup>2</sup> へと環形動物と同様, 漸減している。区画間の比較では環形動物と反対に水深の小さい区画で高い値が示された (付図13・14・15・16)。

・棘皮動物……………水域平均値は 15.7～27.0 個体/m<sup>2</sup> で調査月による変動は小さい。区画間の比較では海膽類が水深の小さい区画で高い値を, 蛇尾類が逆に水深の大きい区画で高い値を示す傾向が見られた (付図17・18・19)。

・その他の動物……………星口動物星虫類が毎調査時出現し

ているが, 水域平均値は 3.0～12.0 個体/m<sup>2</sup> で分布量は小さい (付図21)。

・全ベントス……………水域平均値は第1回の 881.0 個体/m<sup>2</sup> から第3回の 371.0 個体/m<sup>2</sup> まで漸減した。区画別の比較では水深が中程度から大きい区画で高い値が示された (付図22)。

### 3.3.3 各動物間の分布密度の相関

各動物間の分布関係を知るため主要出現動物である軟体動物, 環形動物, 節足動物, 棘皮動物の各動物を対象とし, 各区画各動物の分布密度について直線回帰による相関係数を求めた。

#### a. 水域Ⅰ

第3回の環形動物×棘皮動物で 0.4～0.7 に入る中程度の正の相関, 軟体動物×節足動物で -0.4～-0.7 の中程度の負の相関が認められたが, 第1回から第3回の平均では各関係とも -0.3～0.2 であり, 相関性は小さかった (付表3)。

#### b. 水域Ⅱ

第1回の軟体動物×環形動物, 第2回の軟体動物×節足動物で中程度の正の相関が, 第3回の環形動物×棘皮動物で同じく中程度の負の相関が認められたが, 水域Ⅰと同様, 第1回から第3回の平均では各関係とも -0.3～0.3 で相関性は小さかった (付表4)。

### 3.3.4 多様性指数

#### a. 水域Ⅰ

水域平均値は第1回, 第2回がそれぞれ 2.785, 2.360 であったのに対し, 第3回は 3.512 でやや増大している。区画別の比較では第1回の *st* 6, 第2回の *st* 2, 第3回の *st* 9, 10, 13 などにおいて 5.0 以上の高い値が示された。とくに第3回の *st* 9 では 8.929, *st* 11 では 11.805 と極めて高い値が示された。しかしながら, 各区画とも全般的に調査月による変動が大きく, 河口との距離, あるいは水深との関連は明らかではなかった (付図23)。

#### b. 水域Ⅱ

水域平均値は第2回の 5.255 が最大, 第1回の 4.550 が最小, 平均 4.804 で水域Ⅰと比較してやや大きい値が示されている。区画間の比較では全般的に水深の大きい区画で高まる傾向が見られた (付図23)。

### 3.3.5 類似度指数

調査水域内各区画間のベントス組成の類似性を調べるために各水域, 各調査月について森下の類似度指数  $C_i$  を求めた<sup>3)4)</sup>。

#### a. 水域Ⅰ

第1回, 第2回は全般的に値が小さく, 区画間の関連

性は不明瞭であった。第3回は前2回と比較して値が高くなる傾向があり、概括的には *st* 7~9 を境界域として *st* 1~6, *st* 1~6×*st* 10~19, および *st* 10~19 の3つのブロック内に類似性の高さが認められた(図4)。

#### b. 水域Ⅱ

第1回では *st* 3×*st* 5~7, *st* 5~7, *st* 5~7×*st* 9, および *st* 10~15 の4つのブロック内に類似性の高さが認められた。

第2回は全般的に値が小さく、区画間の関係は不明瞭であった。第3回では前2回と比較して区画間にまとまりが見られ、*st* 1~6, および *st* 8~15 の2つのブロック内に類似性が認められた(図5)。

### 3.4 底質とベントス分布密度の相関

底質とベントスの分布との関連性を知るため、各調査月各区画の底質測定値とベントス分布密度との相関係数を直線回帰によって綱または目レベルまで求めた。

#### a. 水域Ⅰ

第2回の中央粒径値×斧足類で0.8以上の強い正の相関が認められたものの、そのほかは±0.4~±0.6の程度か、それ以下の弱い相関に属し、全般に底質各項目とベントス各々の分布密度との関連性は不明瞭であった。

ただし、第3回に限って見れば、多毛類は対中央粒径値を除く他の項目との間では正の相関を示す傾向が認められた(付表5)。

#### b. 水域Ⅱ

水域Ⅰと比較して全般的に値が大きくなっている。ベントス中多毛類は遊在目と定在目で多少の相違はあるが各調査を通じ、中央粒径値に関しては中程度からやや強い負の相関を、また、均等係数を除く他の各項目に対して正の相関を示した。とくに第1回の遊在目×強熱減量、第2回の定在目×強熱減量では強い相関性が示された。

甲殻類端脚目および棘皮動物海膽類は多毛類とは対象的な傾向を見せ、概して中央粒径値に関しては正の相関を、強熱減量以外の他の各項目に関しては負の相関を示した。

なお、棘皮動物の蛇尾類は3回の調査を通じた平均分布密度に関してではあるが、強熱減量を除く他の項目に関し、同じ棘皮動物の海膽類とほぼ正反対の相関を示した。

また、全マクロベントスでは各調査月とも中央粒径値に関しては負の相関が、その他の項目に関しては正の相関を示す傾向が顕著であった。とくに第2回の強熱減量に関しては強い相関が示されている。

その他、軟体動物、多様度指数に関しては調査月による変動が大きく、底質各項目との関連性は上記各ベント

ス類とくらべれば不明瞭であった(付表6)。

## 4. 考 察

### 4.1 底 質

水域Ⅰと水域Ⅱの底質の相違を比較することは両水域の調査時期が異なるため困難である。ただし、水域Ⅱの第1回、水域Ⅱの第2回の調査がいずれも9月に行なわれていることから年間での変動を一応無視するとすれば、両水域の同一時期での底質の比較検討がある程度可能と考えられる。

両水域で9月期共通して測定された中央粒径値、泥分、淘汰度、均等係数に関する各水域の水域平均値および標準偏差をもとに平均値の差の検定を行った。

まず、中央粒径値については水域Ⅱが19区画で  $155.0 \pm 35.0$  水域Ⅰが15区画で  $143.0 \pm 30.0$  であったところから、 $T=1.025$  となる。自由度  $19+15-2=32$ ,  $t_{32}(0.05)=2.040$  より、有意水準0.05では両水域の間に有意差は認められないことになる。

同様に泥分においては  $T=1.213$ 、分散に有意差のある淘汰度においては近似法検定により  $T'=0.966$ 、均等係数においては  $T'=2.928$ 、となり、泥分については有意差は認められないが、淘汰度、均等係数については有意差が認められる。

以上の結果から水域ⅠとⅡの比較に関し、水域全体としては底質は水域Ⅰの方がやや粗いが均質的であるのに対し、水域Ⅱでは泥分を多く含んでいるため細かいが不均一であるということができよう。

一方、調査月による各項目の水域平均値の変動、区画間の変化は水域Ⅰの方が顕著である。この理由としては、(1)水域Ⅱでは1977年7月~11月までの約4カ月内で調査が行なわれたのに対し、水域Ⅰでは1976年9月~1977年5月までの約8カ月に渡って調査されたため、底質の変化が大きい、(2)水域Ⅰは河口周辺部であるため河川流、あるいは河川流と海流双方の複合的影響を受けて、周年定常的に底質の変化が著しい、の2点が一応考えられる。

これら2点についても両水域の調査月が異なるため厳密な検討は困難である。ただし、水域Ⅰにおいては冬季波浪の影響が弱まったとみなし得る第2回(3月)および第3回(5月)の約2カ月間で中央粒径値、泥分の平均値がそれぞれ  $216.6 \rightarrow 160.0 \mu$ 、 $2.82\% \rightarrow 7.45\%$  と大幅に変化していることから(2)の方に主たる理由を求めるのが妥当と考えられる。

一方、水域Ⅰと比較して水域Ⅱは安定した底質状態にあることが窺える。たとえば、泥分は水深6~10mに

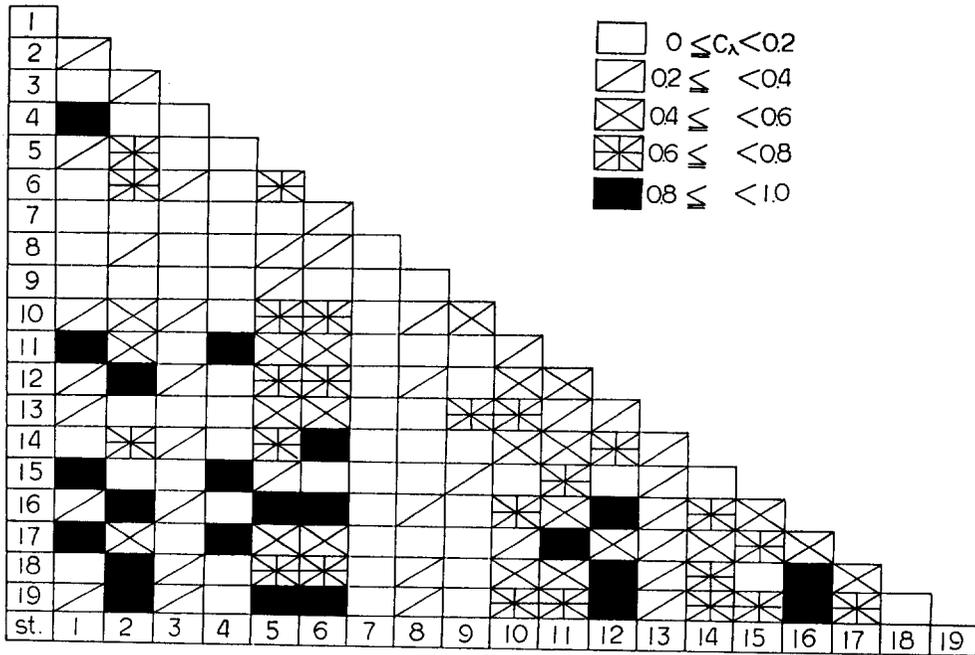


図4 水域Ⅰにおける区画間のマクロベントス類似度指数  $C_\lambda$   
第3回 (1977年5月)

Similarity matrix of total macro benthos between each division of the research area I, May 1977

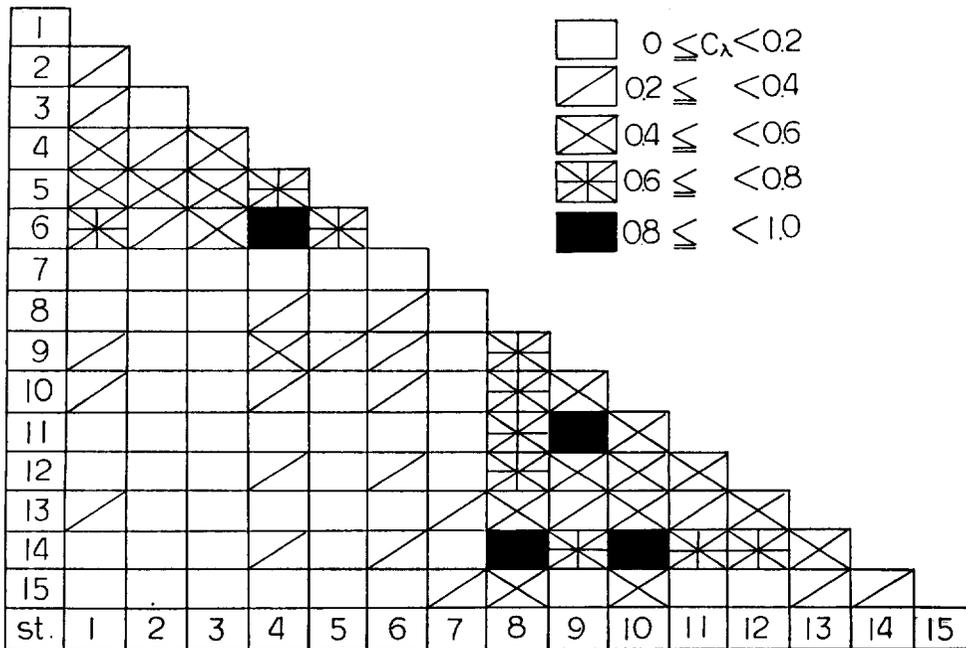


図5 水域Ⅱにおける区画間のマクロベントス類似度指数  $C_\lambda$   
第3回 (1977年11月)

Similarity matrix of total macro benthos between each division of the research area II, November, 1977

堆積し、水深 4 m 以浅の水深部では砂粒の均質化の進んでいる傾向が淘汰度、均等係数から明らかである。

一般に非閉鎖型海域においては浅所より 10 m 以深に沈澱物の蓄積の生じ易いことが知られている<sup>5)</sup>。この現象は浅所ほど波浪流、潮汐流の影響を強く受けることに起因すると考えられる。したがって、非閉鎖型海域に属する本調査水域においても、河川からの流出を主体とするであろう泥分その他の沈澱物が 6~10 m に堆積することは上記一般的傾向に帰結する。

換言すれば、水域 I, II における調査月、あるいは区画の底質の異同は各水域での河川水の分散を含む流況の異同を間接的に表わしているとも言えよう。

底質各項目の相関は淘汰度、均等係数を除けば水域 I, II ともほぼ同様の傾向を示している。たとえば、泥分一強熱減量—CN 値の間には水域 I, II とも低位から中位ではあるが正の相関が認められた。この点は内湾域に限らず、外海性の砂浜域においても泥分の堆積がデトリタスその他の有機物の貯留を伴なうことを示している<sup>6)</sup>。

他方、淘汰度・均等係数—中央粒径値に関しては水域 I と II では逆の傾向が示されている。淘汰度×中央粒径値では水域 I が +0.784、水域 II が -0.805 である。この結果から見れば、水域 I では中央粒径値が大きくなるにつれ淘汰度が大きくなる、即ち、粒径の均一性が乏しくなり、逆に水域 II では中央粒径値が大きくなるにつ

れ、均一性が増すことになる。

換言すれば水域 I では大きい粒径の底砂と相対的に小さい粒径の底砂が混り合うか、小さい粒径の底砂が均一的に分布する傾向にあることが示されている。また、水域 II では小さい粒径の底砂にさらに小さい粒径の底砂が混り合うか相対的に大きい粒径の底砂が均一的に分布する傾向にあることが示されている。

これらの点を両水域の粒度分布と照合して検討すると以下ようになる。両水域において全区画の粒度組成の平均値を求めると、両水域ともに 149  $\mu$  に明瞭なモードが認められる。ただし、125  $\mu$  以下の小さい粒径の比率は水域 I が 19.9% であるのに対し、水域 II は 32.3% と多い。他方、177  $\mu$  以上の大きい粒径の比率は水域 I が 51.2%、水域 II が 34.5% で水域 I の方が大きい (図 6)。

したがって、水域 I, II ともに 150  $\mu$  前後の底砂が主体的に分布しているものの、水域 I では 200  $\mu$  以上の大きい粒径の底砂と混り合う状態にあること、また、水域 II では 100  $\mu$  以下の小さい粒径の底砂、即ち泥分の混り合う状態にあることが理解されよう。

#### 4.2 ベントス

マクロベントスはおもに水質、底質の汚染の面からの調査が多い。一般に富栄養化が進むと甲殻類あるいは Biotic Index が減少し、多毛類の増加することが知られている<sup>7)</sup>。水域 I では甲殻類が、水域 II では多毛類が優占動物となっていることから水域 I の方が II よりも水域全体の傾向としては富栄養的であることが推定される。

水域 I と II との組成の比較は調査月が異なるため困難である。ただし、底質の場合と同様、年度の違いはあるがいずれも 9 月に行なわれた水域 I の第 1 回、水域 II の第 2 回の調査結果の照合により一定の検討は可能と思われる。

各水域の水域内平均値と標準偏差にもとずきベントス各類の分布密度の有意差を  $T$  検定すると以下ようになる。

まず、軟体動物の分布密度は水域 I が 19 区画で  $42.6 \pm 77.2$ 、水域 II が 15 区画で  $30.0 \pm 30.0$  で  $T' = 0.652$  と求められ、 $t'_{32} (0.05) = 2.105$  であることから有意水準 0.05 では両水域の間に有意差は認められない。

同様に他の動物についても  $T$  または  $T'$  の値を求めると、多毛類では 1.624、甲殻類では 2.816、棘皮動物では 0.351、線虫類では 0.307、星虫類では 0.245、また、全ベントスでは 0.224 となる。したがって、0.05 の有意水準では甲殻類を除き他の動物および全ベントスに関しては有意差が認められない。

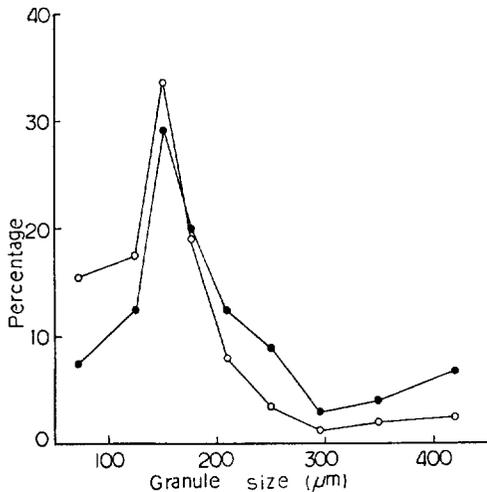


図 6 水域 I (黒丸) および水域 II (白丸) における各区画粒度百分率の平均

Average percentage of granule size of each division in the area I (black circle) and in the area II (white circle).

次いで、両水域の多様度指数についても同様の検定を行うと、平均±標準偏差が水域Ⅰで  $2.786 \pm 1.393$ 、水域Ⅱで  $5.255 \pm 2.762$  であることから  $T' = 3.363$  となる。したがって有意水準 0.05 で両水域の間に有意差が認められる。

以上の各検定結果から水域Ⅰ、Ⅱの比較に関し、9月時に限定し、かつベントス各類の年変動を無視するとすれば

① 水域ⅠがⅡよりも甲殻類の分布密度は高いが、他のベントス類およびベントス全体の分布密度に関しては両水域の間に有意差は認められない。

② 水域ⅡはⅠよりもベントスの多様性が高く、その比率は約2:1である。

の2点が言えよう。このうち①は河口周辺部で端脚類が優占し、②は水深6~10mの泥分堆積域で多種の多毛類の出現したことによると考えられる<sup>9)</sup>。

一方、ベントス各類間の分布密度の相関が全般的に低かったことから、概してベントス各類の分布密度は相互に比較的独立性を保って増減するものと考えられる。

次に、底質とベントス各類の関係においては水域Ⅰ、Ⅱともに多毛類×泥分・強熱減量・CN値に正の相関が、甲殻類×同項目に負の相関が認められている。このことは本調査水域のような外性砂浜域においても泥分、有機分の増加が多毛類の増加と甲殻類の減少を伴うことを示している。また、各調査月とも泥分の水域平均値が14~16%と多かった水域Ⅱでは泥質が有機分の貯留を伴い、多毛類が優占動物になっているものと考えられる。

一方、同じ水域Ⅱの第3回の調査における区画間の類似度マトリックスから *st* 1~6、*st* 8~15の2つのブロックへの分別が認められた。同調査での各区画の底質の値とベントス各類の分布密度の関係から、*st* 1~6は泥分が少なく端脚目が主体の甲殻類の優占区域、*st* 8~15は泥分の多い多毛類の優占区域と見なせる。

## 5. 結 語

以上、砂浜浅海域における底質、ベントス、および両者間の関係、等について一定の検討を加えた。これらの諸点に関する普遍的性状を高い精度で把握するには今回の調査のみでは不足の点が多い。当然今後とも同類の調査の継続、新たな解析方法の導入が必要であろう。

緒言で述べたごとく砂浜域における漁場造成を有効に

進めるためには環境変化と生物構造の変化とを適格に予測しておく必要がある。今回対象としたマクロベントスの多くは砂浜性魚類・甲殻類にとって重要な餌料生物である。仮に餌料生物の増殖に適した水理あるいは底質についての環境改変が可能であるとすれば、そのことは魚類・甲殻類の育成場の造成と結びつき得よう。

今後はヒラメ・カレイ類、甲殻類等の主要砂浜生物の分布と底質あるいはベントスとの関係を定性的に調べるとともに定量的観点からも検討を加え、砂浜域における漁場、増殖場造成の理論化に努めることが必要と考えられる。

おわりに本報告作成にあたっては調査に関し日本海区水産研究所浅海開発部第2研究室および第3研究室の室長、室員各位に多くの御協力を頂いた。また、データのとりまとめ、著述については水産工学研究所水産土木工学部中村部長、同じく上北室長に懇切な御指導を頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 小澤智生・野島哲: *Visher* 法による堆積物の粒度分析法とベントス研究への適用, ベントス研連誌 11/12, p. 35~49, 1976
- 2) 高橋惇・石川和芳: 鹿島港周辺の底質と底生動物について, 茨城水試研報, 20, p. 17~42, 1976
- 3) 木元新作: 動物群集研究法Ⅰ—多様性と種類組成, 共立出版社, p. 131~166, 1976
- 4) Wolfgang Wieser: Benthic Studies in Buzzard Bay II, The Meiofauna, Limnology & Oceanography 5(2), p. 121~137, 1960
- 5) 北森良之介: 非閉鎖型海域における底生動物相からみた汚染の現況, 水処理技術14(7), p. 685~695, 1973
- 6) 佐野茂: 砂浜浅海における生物生産—Ⅱ沿岸域における海底堆積物の性状と底生生物の分布, 水産増殖24(2), p. 56~60, 1976
- 7) 北森良之介: 水質汚濁にともなう沿岸域の生物相の変化, 地域開発2月号, p. 34~38, 1971
- 8) 日本生態学会環境問題専門委員会編: 環境と生物指標2—水界編一, 共立出版社, p. 255~273, 1976
- 9) 佐野茂: 砂浜浅海域における生物生産—Ⅲ海底堆積物中の有機物含有量と底生微生物の密度, 水産増殖24(3), p. 77~79, 1976

付表 1 水域 I で採集されたマクロベントスの内訳, 空欄は 0  
 Number of each kind of macro benthos collected in the research area I. Blank divisions mean zero value.

門	網	亜網	目	第 1 回		第 2 回		第 3 回		合 計		
				種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	
袋形動物	線虫		不 明	2	4			2	8	2	12	
軟体動物	腹足	前 鰓	中 腹 足	1	2					1	2	
			新 腹 足	2	5			1	15	2	20	
		後 鰓	頭 楯	1	2	1	1	1	4	2	7	
			不 明									
		小 計			4	9	1	1	2	19	5	29
	斧足	翼 足	真 多 歯									
			異 歯	6	45	5	81	5	32	7	158	
		不 明										
		小 計			6	45	5	81	5	32	7	158
	合 計				10	54	6	82	7	51	13	187
環形動物	多毛		遊 在	5	69	3	10	6	39	6	118	
			定 在	2	23	1	1	8	99	9	123	
			不 明					1	1	1	1	
	合 計			7	92	4	11	15	139	16	242	
節足動物	甲殻	軟 甲	等 脚	1	5			2	26	2	31	
			端 脚	7	300	5	78	11	1,550	11	1,928	
			ク マ	1	1	1	6	2	481	2	488	
			コノハエビ	1	1					1	1	
		橈 脚	ハルバクチス	1	14					1	14	
		介 形	ミオドコーバ	1	2			1	1	2	3	
	合 計			12	323	6	84	16	2,058	19	2,465	
星口動物	星虫		星 虫	1	3			2	3	2	6	
棘皮動物	蛇尾		唇 蛇 尾					1	1	1	1	
	海膽	真海膽	楯 形	1	51	1	75	1	126	1	252	
	合 計			1	51	1	75	2	127	2	253	
総 計				33	527	17	252	44	2,386	52	3,165	

付表 2 水域Ⅱで採集されたマクロベントスの内訳, 空欄は0  
 Number of each kind of macro benthos collected in the research area II.  
 Blank divisions mean zero value.

門	綱	亜綱	目	第 1 回		第 2 回		第 3 回		合 計		
				種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数	
袋形動物	線虫		不 明	1	5	1	4			2	9	
軟体動物	腹足	前 鳃	中 腹 足			1	2	1	1	2	3	
			新 腹 足					1	3	1	3	
		後 鳃	頭 楯	2	17	2	6			2	23	
			不 明	1	1					1	1	
		小 計			3	18	3	8	2	4	6	30
	斧足	翼 足	真 多 歯			1	2			1	2	
			真弁鳃	異 歯	6	94	7	20	6	182	8	296
				不 明								
		小 計			6	94	8	22	6	182	9	298
	合 計				10	112	12	30	8	186	15	328
環形動物	多毛		遊 在	11	320	12	73	9	81	16	474	
			定 在	8	461	13	290	11	54	18	805	
			不 明	3	26	1	2	1	1	3	29	
		合 計			22	807	26	365	21	136	37	1,308
節足動物	甲殻	軟 甲	等 脚	2	2	1	3	1	2	2	7	
			端 脚	5	53	5	26	3	6	7	85	
			ク マ	1	5	1	2			1	7	
			コノハエビ	1	1	1	1	1	1	1	3	
		桡 脚	ハルバクチス									
		介 形	ミオドコーバ	1	2			1	1	1	3	
合 計				10	63	8	32	6	10	12	105	
星口動物	星虫		星 虫	2	7	1	3	2	12	3	22	
棘皮動物	蛇尾		唇 蛇 尾	1	3	1	3	1	1	1	7	
	海膽	真海膽	楯 形	1	18	1	24	1	26	1	68	
	合 計			2	21	2	27	2	27	2	75	
総 計				46	1,015	49	461	39	371	71	1,847	

付表 3 水域 I におけるマクロベントス各種類分布密度間の相関係数  
Correlation coefficient matrix between distribution density of each kind of benthos  
in the research area I.

## 第 1 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	0.382	0.026	0.023
環形動物	-0.203	0.151	
節足動物	-0.117		
棘皮動物			

## 第 2 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	-0.215	-0.307	0.075
環形動物	-0.051	0.155	
節足動物	-0.205		
棘皮動物			

## 第 3 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	0.185	-0.572	0.271
環形動物	0.643	-0.296	
節足動物	0.137		
棘皮動物			

## 平 均

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	0.117	-0.284	0.123
環形動物	0.130	-0.004	
節足動物	-0.062		
棘皮動物			

付表4 水域Ⅱにおけるマクロベントス各種類分布密度間の相関係数  
Correlation coefficient matrix between distribution density of each kind of benthos  
in the research area II.

## 第 1 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	-0.271	-0.120	0.675
環形動物	-0.118	-0.266	
節足動物	-0.027		
棘皮動物			

## 第 2 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	-0.187	-0.251	-0.201
環形動物	0.223	-0.308	
節足動物	0.692		
棘皮動物			

## 第 3 回

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	-0.311	-0.267	0.295
環形動物	-0.458	-0.024	
節足動物	-0.124		
棘皮動物			

## 平 均

	棘皮動物	節足動物	環形動物
軟体動物	-0.256	-0.213	0.256
環形動物	-0.118	-0.199	
節足動物	-0.281		
棘皮動物			





II Jul. 1977											
First Research	124	124	116	Area I						Sept. 1976	
	130	120	129								
	142	146	141	147	146	45	136	132	144	155	
	144	154	384	146	148	168	River Shin- kawa	156	164	152	
	156	192	163	174	168	178		169	184	234	
$\bar{X} = 157.7 \pm 65.6$			$\bar{X} = 155.0 \pm 35.0$								
II Sept. 1977											
Second R.	127	133	132	I						Mar. 1977	
	143	138	137								
	67	155	143	390	168	159	174	326	166	160	
	152	150	129	168	404	miss	R. S.	180	167	282	
	212	162	164	153	200	158		222	180	242	
$\bar{X} = 143.0 \pm 30.0$			$\bar{X} = 216.6 \pm 80.7$								
II Nov. 1977											
Third R.	122	129	120	I						May 1977	
	133	131	130								
	144	123	145	160	150	142	143	137	142	147	
	147	156	144	141	144	174	R. S.	261	148	148	
	166	143	154	153	166	146		178	185	168	
$\bar{X} = 140.0 \pm 14.0$			$\bar{X} = 160.0 \pm 28.0$								
II											
Average	124	129	123	I							
	137	130	132								
	119	141	143	232	155	115	151	198	151	154	
	147	153	219	152	232	171	R. S.	199	160	194	
	178	166	163	160	178	161		190	183	215	
$\bar{X} = 146.7 \pm 2.6$			$\bar{X} = 176.3 \pm 30.4$								

付図 1 水域 I, II における底砂の区画別中央粒径値 ( $\mu\text{m}$ )

$\bar{x}$  = 全区画平均  $\pm$  標準偏差

Medium grain ( $D_{50}$ ) of the bottom sand in each division of the research area I and II.  $\bar{X}$  means average and standard deviation in each area.

		II Jul. 1977			Area I Sept. 1976							
First Research		28.3	28.5	31.1								
		23.1	32.3	25.1								
		7.1	9.9	14.0	5.4	5.3	78.2	15.7	17.7	6.5	3.8	
		7.7	3.8	2.3	5.7	7.4	2.5	River Shin- kawa	4.5	2.9	4.6	
	2.7	1.0	2.3	1.1	1.5	1.9	2.6		1.0	0.7		
		$\bar{x} = 14.61 \pm 12.01$			$\bar{x} = 8.88 \pm 17.39$							
		II Sept. 1977			I Mar. 1977							
Second R.		27.1	22.2	20.5								
		14.7	13.0	23.4								
		53.5	5.9	6.8	1.1	2.7	3.3	3.0	1.1	2.7	5.3	
		4.5	5.5	37.2	6.3	1.4	miss	R. S.	4.9	2.7	2.4	
	0.7	2.8	1.7	3.9	1.7	3.0	1.7		2.7	0.9		
		$\bar{x} = 15.95 \pm 15.00$			$\bar{x} = 2.82 \pm 1.50$							
		II Nov. 1977			I May 1977							
Third R.		28.2	24.5	31.4								
		19.5	25.5	24.4								
		5.0	27.9	7.0	3.7	4.6	11.4	11.2	20.0	12.6	13.4	
		8.7	4.6	9.3	10.0	7.1	4.6	R. S.	1.2	4.9	6.4	
	3.5	6.8	5.2	13.2	2.5	5.6	4.7		1.7	2.9		
		$\bar{x} = 15.42 \pm 10.55$			$\bar{x} = 7.45 \pm 5.03$							
		II			I							
Average		27.9	25.1	27.7								
		19.1	23.6	24.3								
		21.8	14.6	9.2	3.4	4.2	31.0	10.0	12.9	7.3	7.5	
		7	4.6	16.3	7.3	5.3	3.5	R. S.	3.5	3.5	4.5	
	2.3	3.5	3.1	6.1	1.9	3.5	3.0		1.8	1.5		
		$\bar{x} = 15.34 \pm 9.61$			$\bar{x} = 6.40 \pm 6.63$							

付図 2 水域 I, II における底砂の区画別泥分 (%)

 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Percentage of the mud of the bottom sand in each division of the research area I and II

II Jul. 1977										
First Research	2.13	2.15	2.17							
	1.90	1.93	2.09	Area I			Sept. 1976			
	1.31	1.35	1.40	1.28	1.32	1.35	1.47	1.68	1.26	1.35
	1.28	1.21	1.37	1.28	1.24	1.56	River Shin- kawa	1.40	1.48	1.34
1.34	1.44	1.46	1.52	1.49	1.52	1.60		1.47	1.58	
$\bar{x} = 1.365 \pm 0.372$			$\bar{x} = 1.431 \pm 0.129$							
II Sept. 1977										
Second R.	2.10	1.81	1.73							
	1.45	1.52	2.00	I			Mar. 1977			
	3.42	1.79	1.26	1.10	1.97	1.41	1.71	1.94	1.52	1.82
	1.27	1.35	2.49	2.82	1.12	miss	R. S.	1.85	1.32	2.28
1.65	1.40	1.39	1.25	1.89	1.34	1.70		2.57	1.69	
$\bar{x} = 1.775 \pm 0.570$			$\bar{x} = 1.739 \pm 0.474$							
II Nov. 1977										
Third R.	2.13	1.99	2.18							
	1.73	2.11	1.99	I			May 1977			
	1.26	2.10	1.29	1.72	1.32	1.42	1.37	1.73	1.45	1.72
	1.29	1.30	1.28	1.35	1.31	1.67	R. S.	2.26	1.28	1.43
1.57	1.25	1.42	1.25	1.67	1.28	1.59		1.60	1.57	
$\bar{x} = 1.659 \pm 17.39$			$\bar{x} = 1.472 \pm 0.363$							
II										
Average	2.12	1.98	2.03							
	1.69	1.85	2.03	I						
	2.00	1.75	1.32	1.37	1.54	1.39	1.52	1.78	1.41	1.63
	1.28	1.29	1.71	1.82	1.22	1.61	R. S.	1.84	1.36	1.68
1.52	1.36	1.42	1.34	1.68	1.38	1.63		1.88	1.61	
$\bar{x} = 1.664 \pm 0.319$			$\bar{x} = 1.563 \pm 0.192$							

付図 3 水域 I, II における底砂の区画別淘汰度

$\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Concentration coefficient ( $D_{75}/D_{25}$ ) in each division of the research area I and II.

II Jul. 1977											
First Research	2.73	2.73	2.77	Area I						Sept. 1976	
	2.65	2.46	2.72								
	1.73	2.14	2.35	1.61	1.60	1.74	2.41	2.46	1.64	1.49	
	1.76	1.47	2.73	1.60	1.80	1.49	River Shin- kawa	1.57	1.47	1.55	
	1.39	1.45	1.37	1.28	1.39	1.49		1.60	1.46	1.68	
$\bar{x} = 2.163 \pm 0.571$			$\bar{x} = 1.648 \pm 0.302$								
II Sept. 1977											
Second R.	2.68	2.69	2.59	I						Mar. 1977	
	2.48	2.27	2.77								
	3.41	1.75	1.66	2.60	1.62	1.41	1.61	2.45	1.44	1.63	
	1.54	1.63	3.11	2.88	1.71	miss	R. S.	1.85	1.44	2.62	
	1.59	1.42	1.33	1.47	1.70	1.38		1.69	1.76	1.77	
$\bar{x} = 2.195 \pm 0.672$			$\bar{x} = 1.835 \pm 0.467$								
II Nov. 1977											
Third R.	2.71	2.69	2.81	I						May 1977	
	2.62	2.73	1.05								
	1.54	1.52	1.69	1.56	1.60	2.18	2.21	2.67	2.31	2.56	
	1.92	2.69	1.95	2.09	1.71	1.77	R. S.	2.50	1.57	1.77	
	1.50	1.63	1.64	2.50	1.50	1.61		1.60	1.54	1.54	
$\bar{x} = 2.046 \pm 0.595$			$\bar{x} = 1.934 \pm 0.413$								
II											
Average	2.71	2.70	2.72	I							
	2.58	2.49	2.18								
	2.23	1.80	1.90	1.92	1.61	1.78	2.08	2.53	1.80	1.89	
	1.74	1.93	2.60	2.19	1.74	1.63	R. S.	1.97	1.49	1.98	
	1.49	1.50	1.45	1.75	1.53	1.49		1.63	1.59	1.66	
$\bar{x} = 2.135 \pm 0.478$			$\bar{x} = 1.803 \pm 0.266$								

付図 4 水域 I, II における底砂の区画別均等係数  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Uniformity coefficient ( $D_{60}/D_{10}$ ) of the bottom sand in each division of the research area I and II.

II Jul. 1977										
First Research	1.50	1.67	1.53							
	1.62	1.15	1.38	Area I Sept. 1976						
	1.37	1.17	1.64							
	1.67	1.02	1.10				River Shin- kawa			
	1.30	1.93	1.38							
$\bar{x} = 1.429 \pm 0.255$			no measurement							
II Sept. 1977										
Second R.	1.53	1.61	0.97							
	1.23	1.74	1.31	I Mar. 1977						
	5.96	1.53	0.94							
	1.02	1.43	1.90				R. S.			
	1.10	1.30	1.30							
$\bar{x} = 1.655 \pm 1.223$			no measurement							
II Nov. 1977										
Third R.	1.23	1.30	1.39							
	1.57	1.41	1.47	I May 1977						
	1.26	0.90	1.54	1.62	1.30	1.35	1.51	1.56	1.07	1.20
	1.41	1.11	1.01	1.58	1.06	2.83	R. S.	1.02	1.09	1.05
	1.20	1.16	1.12	1.53	0.96	1.10		1.33	1.03	1.15
	$\bar{x} = 1.205 \pm 0.296$			$\bar{x} = 1.334 \pm 0.425$						
II										
Average	1.42	1.53	1.30							
	1.48	1.44	1.39	I						
	2.86	1.20	1.37							
	1.37	1.18	1.33				R. S.			
	1.20	1.46	1.25							
$\bar{x} = 1.452 \pm 0.404$										

付図 5 水域 I, II における底砂の区画別強熱減量 (%)  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Ignition loss of the bottom sand in each division of the research area I and II.

II Nov. 1977

	1.33	1.27	1.54							
	1.83	1.36	1.24	Area I May 1977						
C	1.05	1.04	1.02	1.02	1.00	1.09	1.11	1.30	1.11	1.16
	1.13	1.03	1.15	0.99	0.94	1.76	R. S.	0.90	1.00	0.91
	1.04	1.02	0.91	0.90	0.83	0.85		1.21	0.93	0.89
	$\bar{x} = 1.195 \pm 0.241$						$\bar{x} = 1.046 \pm 0.21$			

II Nov. 1977

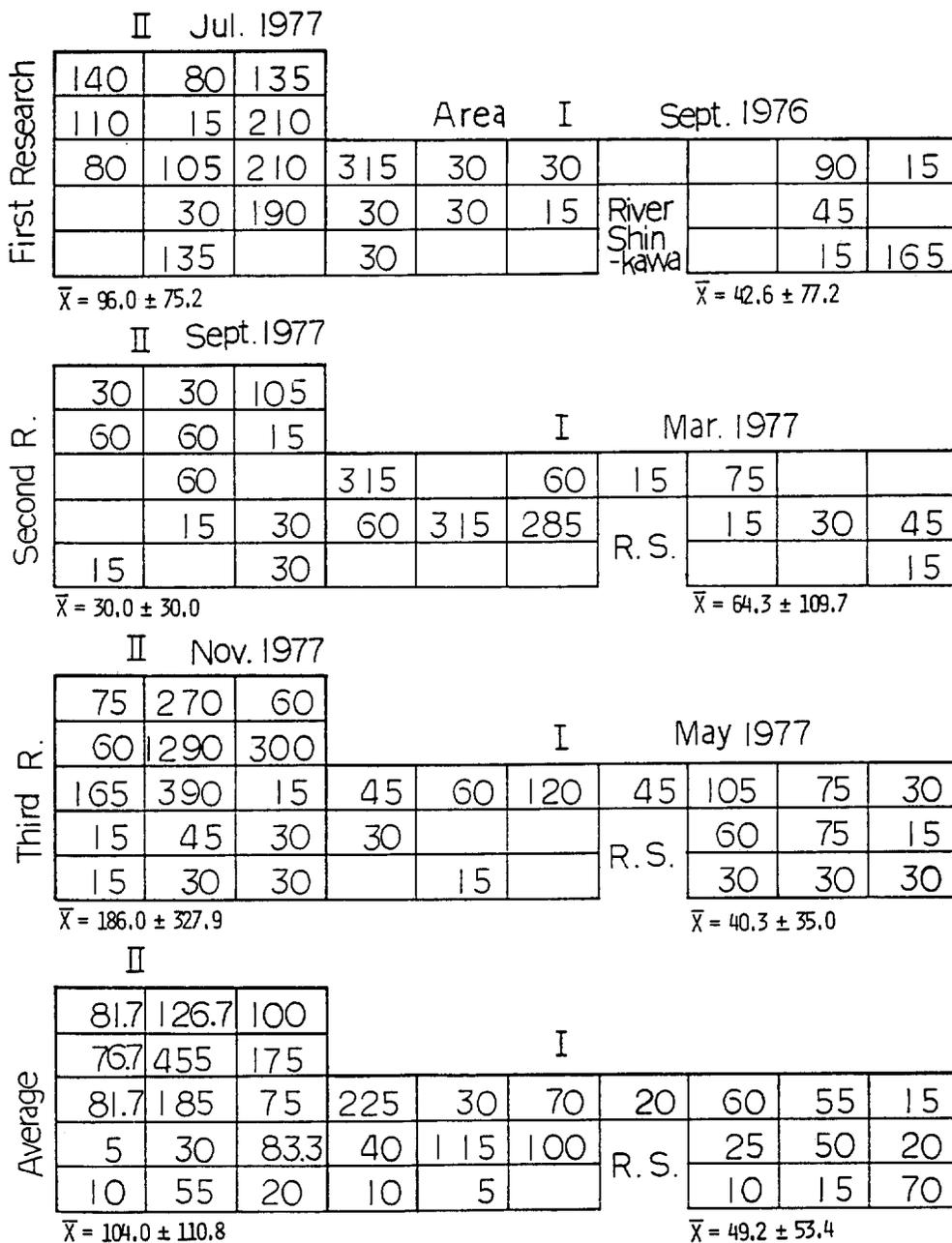
	0.13	0.13	0.16							
	0.17	0.20	0.12	I May 1977						
N	0.11	0.12	0.11	0.10	0.12	0.10	0.13	0.13	0.11	0.11
	0.12	0.11	0.15	0.12	0.12	0.16	R. S.	0.06	0.14	0.10
	0.08	0.09	0.09	0.11	0.09	0.10		0.11	0.09	0.09
	$\bar{x} = 0.122 \pm 0.052$						$\bar{x} = 0.110 \pm 0.022$			

II Nov. 1977

	1.46	1.39	1.65							
	2.00	1.56	1.34	I May 1977						
N +	1.16	1.15	1.13	1.12	1.12	1.19	1.23	1.43	1.21	1.27
	1.25	1.14	1.30	1.11	1.06	1.92	R. S.	0.96	1.14	1.01
	1.12	1.11	1.00	1.01	0.92	0.95		1.32	1.01	0.98
C	$\bar{x} = 1.317 \pm 0.263$						$\bar{x} = 1.156 \pm 0.231$			

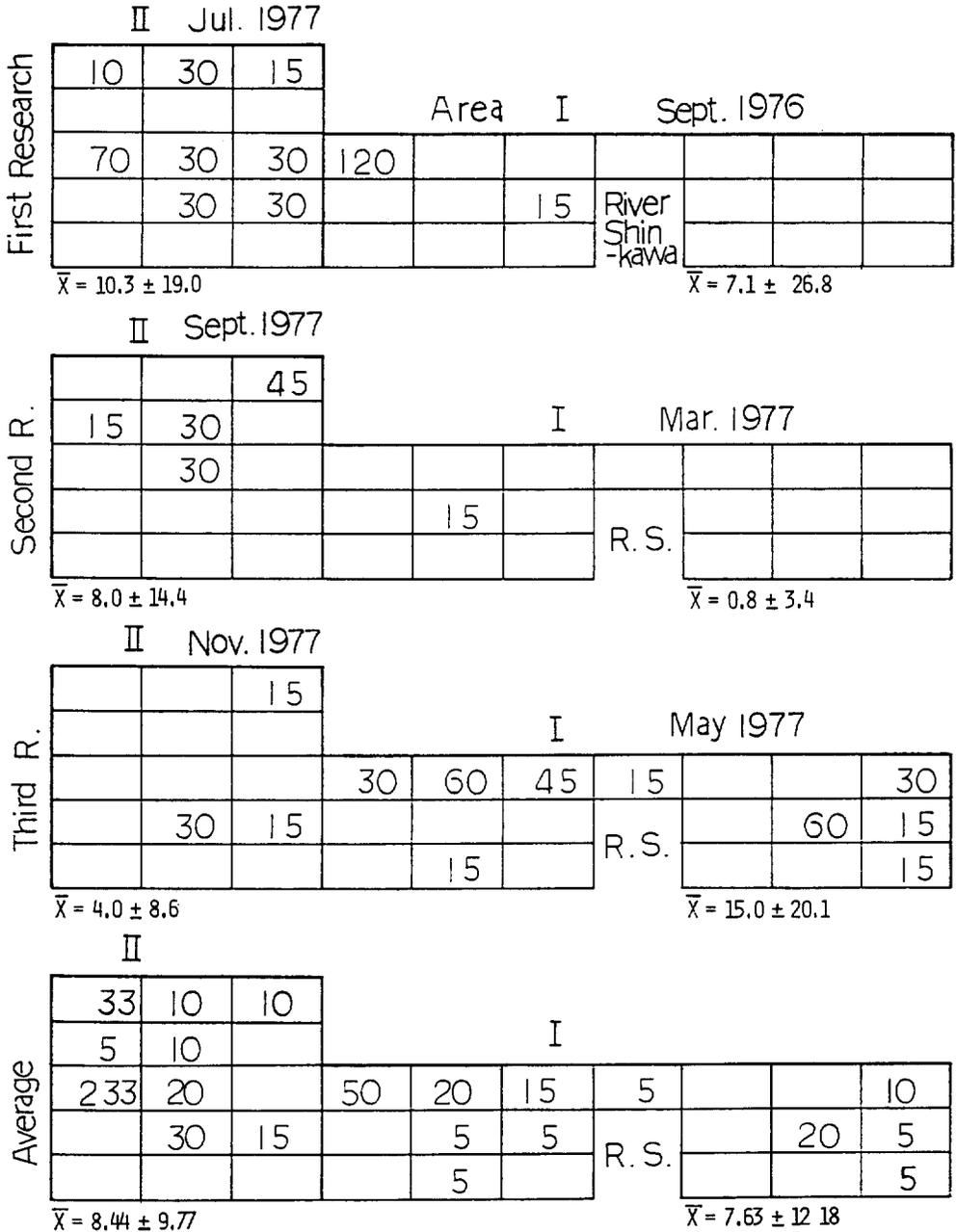
付図 6 水域 I, II における底砂の区画別 C, N および C+N 値 (mg/g).  $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Carbon and nitrate amounts of the bottom sand in each division of the research area I and II.



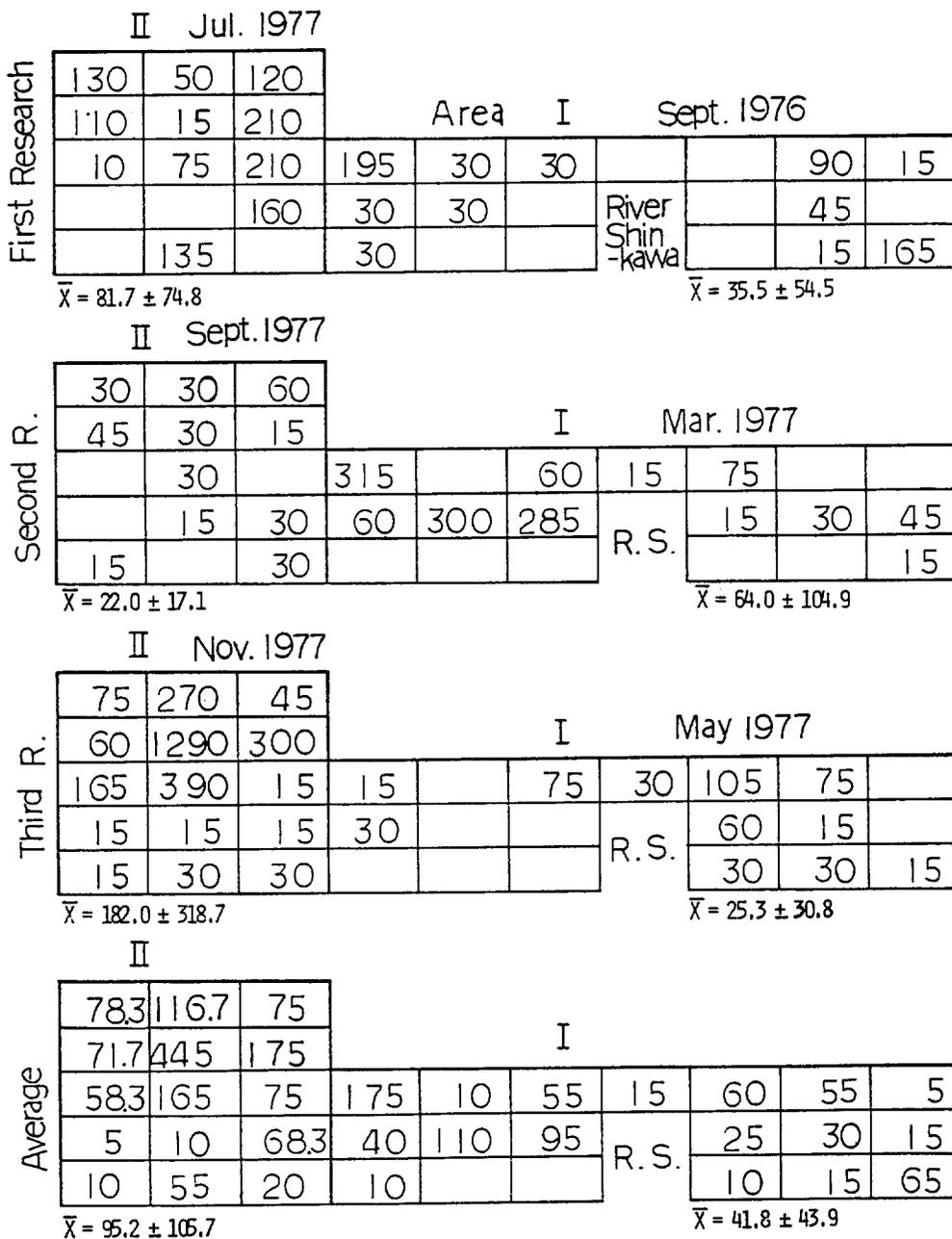
付図 7 水域 I, II における軟体動物の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>). 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Mollusca in each division of the research area I and II. Blank divisions mean zero value.  $\bar{X}$  means average and standard deviation in each area.



付図 8 水域 I, II における軟体動物腹足類の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Mollusca-Gastropoda in each division of the research area I and II.



付図 9 水域 I, II におけるマクロベントス中の軟体動物  
斧足類の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Mollusca-Vivalvia in each division of the research area I and II.

II Jul. 1977											
First Research	1080	350	1965	Area I						Sept. 1976	
	420	345	1620								
	590	945	1140	30	45	15	75	60	390	135	
	360	615	360	150	60		River Shin- kawa	75	45		
	120	165	90	45	15	15		105	120		
$\bar{x} = 677.7 \pm 542.2$						$\bar{x} = 72.6 \pm 87.1$					
II Sept. 1977											
Second R.	240	165	270	I						Mar. 1977	
	405	330	435								
	2910	210	225	15	15	15	15	15			
	30		75			15	R. S.	30	15		
		75	105		15				15		
$\bar{x} = 365.0 \pm 693.2$						$\bar{x} = 8.7 \pm 8.9$					
II Nov. 1977											
Third R.	240	375	105	I						May 1977	
	165	150	465								
	30	225	90	15	30	165	105	1185	45	195	
	90	15	45		15	60	R. S.	75	60	45	
			45					45	30	15	
$\bar{x} = 136.0 \pm 134.1$						$\bar{x} = 109.7 \pm 265.9$					
II											
Average	520	297	780	I							
	330	275	840								
	1176	460	485	20	30	65	65	420	145	110	
	160	210	160	50	25	25	R. S.	60	40	15	
	40	80	80	15	10			50	55	5	
$\bar{x} = 382.23 \pm 336.05$						$\bar{x} = 63.42 \pm 93.66$					

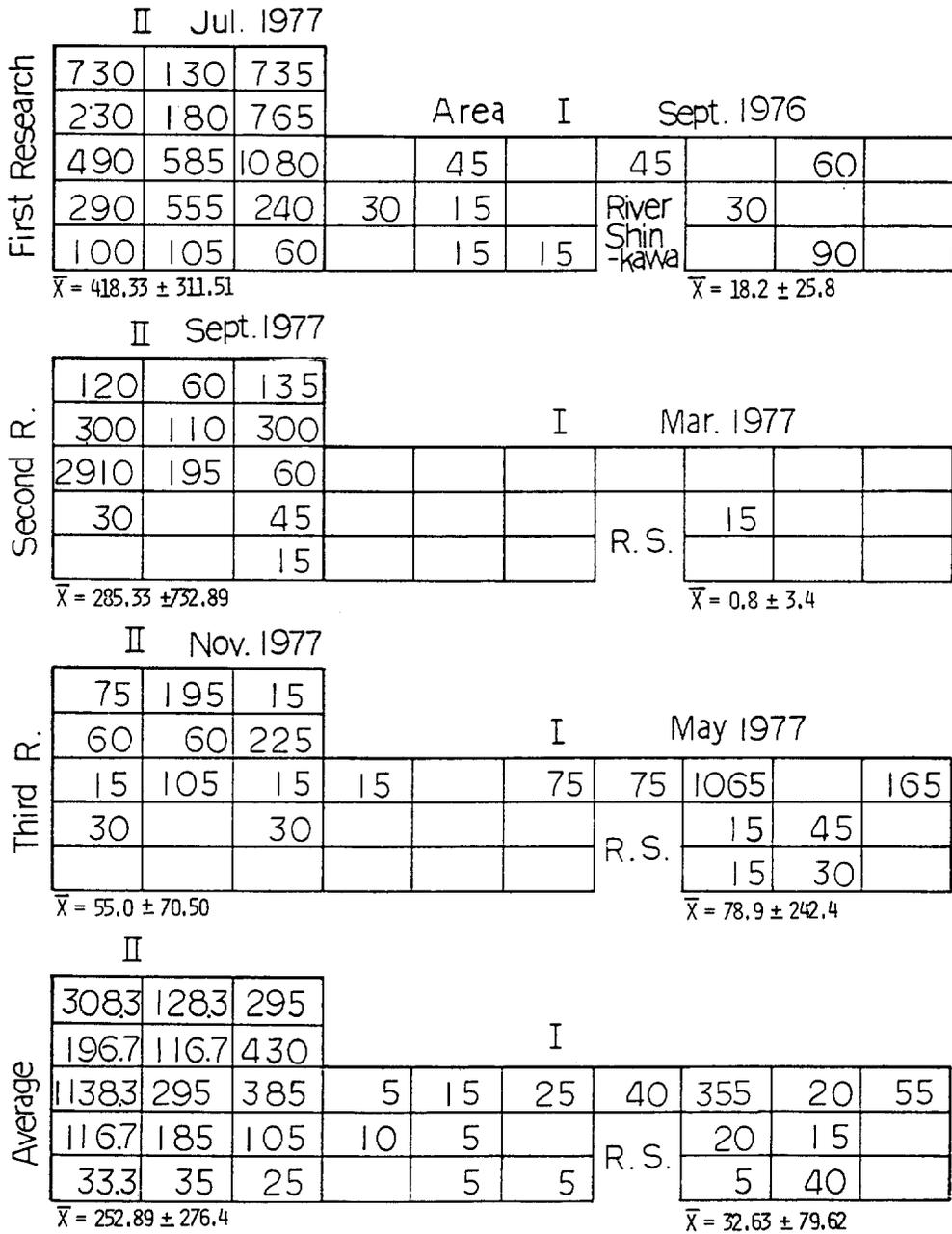
付図 10 水域 I, II におけるマクロベントス中の環形動物  
多毛類の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Annelida-Polychaeta in each division of th research area I and II.

		II Jul. 1977			Area I Sept. 1976							
First Research		350	220	1230								
		190	165	855								
		100	360	60	30		15	30	60	330	135	
		70	60	120	120	45			45	45		
		20	60	30	45				105	30		
		$\bar{x} = 259.3 \pm 342.3$			$\bar{x} = 54.5 \pm 78.5$							
		II Sept. 1977			I Mar. 1977							
Second R.		120	105	135								
		105	120	135								
			15	165	15	15	15	15	15			
				30					15	15		
			75	90		15				15		
		$\bar{x} = 73.0 \pm 59.4$			$\bar{x} = 7.9 \pm 7.7$							
		II Nov. 1977			I May 1977							
Third R.		165	180	90								
		105	90	240								
		15	120	75		30	90	30	120	45	30	
		60	15	15		15	60		60	15	45	
				45					30		15	
		$\bar{x} = 81.0 \pm 71.9$			$\bar{x} = 30.8 \pm 33.3$							
		II			I							
Average		211.7	168.3	485								
		133.3	125	410								
		383	165	100	15	15	40	25	65	125	55	
		433	25	55	40	20	25		40	25	15	
		6.7	45	55	15	5			45	15	5	
		$\bar{x} = 137.8 \pm 140.0$			$\bar{x} = 31.05 \pm 28.70$							

付図 11 水域 I, II におけるマクロベントス中の多毛類遊泳目の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Polychaeta-Errantia in each division of the research area I and II.



付図 12 水域 I, II におけるマクロベントス中の多毛類定在目の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0

Distribution density of Polychaeta-Sedentaria in each division of the research area I and II.

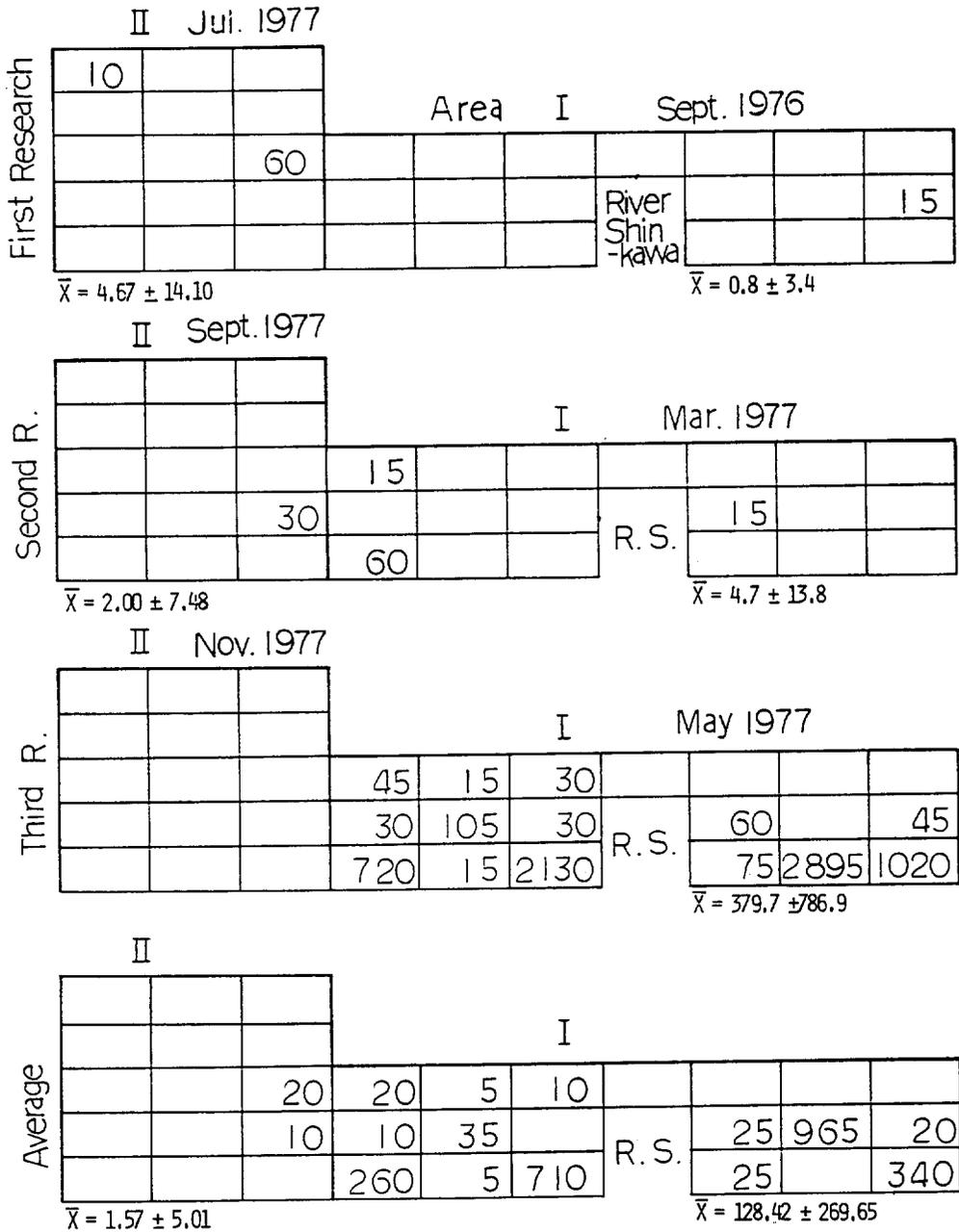




		II Jul. 1977									
First Research				Area I			Sept. 1976				
			15								
	40	30	105	270	120		75	45	195	525	
	60	45		1170	30	45	River Shin-kawa		325	825	
		75	375	90				165	30	90	
				$\bar{X} = 43.0 \pm 92.0$						$\bar{X} = 236.8 \pm 334.1$	
		II Sept. 1977									
Second R.			15	I			Mar. 1977				
		30	30			60	45		45		
	135	30		30		45	R.S.	120	30	75	
	15	15	120	45	30	75		75	390	105	
				$\bar{X} = 20.7 \pm 42.7$						$\bar{X} = 61.6 \pm 84.8$	
		II Nov. 1977									
Third R.				I			May 1977				
			30	375	1230	105	120	45	405	60	
		15		5040		3015	R.S.	330	750	3090	
	15	30		735	525	1680		1395	510	375	
				$\bar{X} = 4.0 \pm 8.6$						$\bar{X} = 1041.3 \pm 1296.6$	
		II									
Average			5	I							
	133	20	45	215	450		80	30	215	195	
	65	30		2080	10	1035	R.S.	150	535	133	
	10	40	165	290	185	585		545	310	195	
				$\bar{X} = 26.55 \pm 43.20$						$\bar{X} = 380.68 \pm 483.09$	

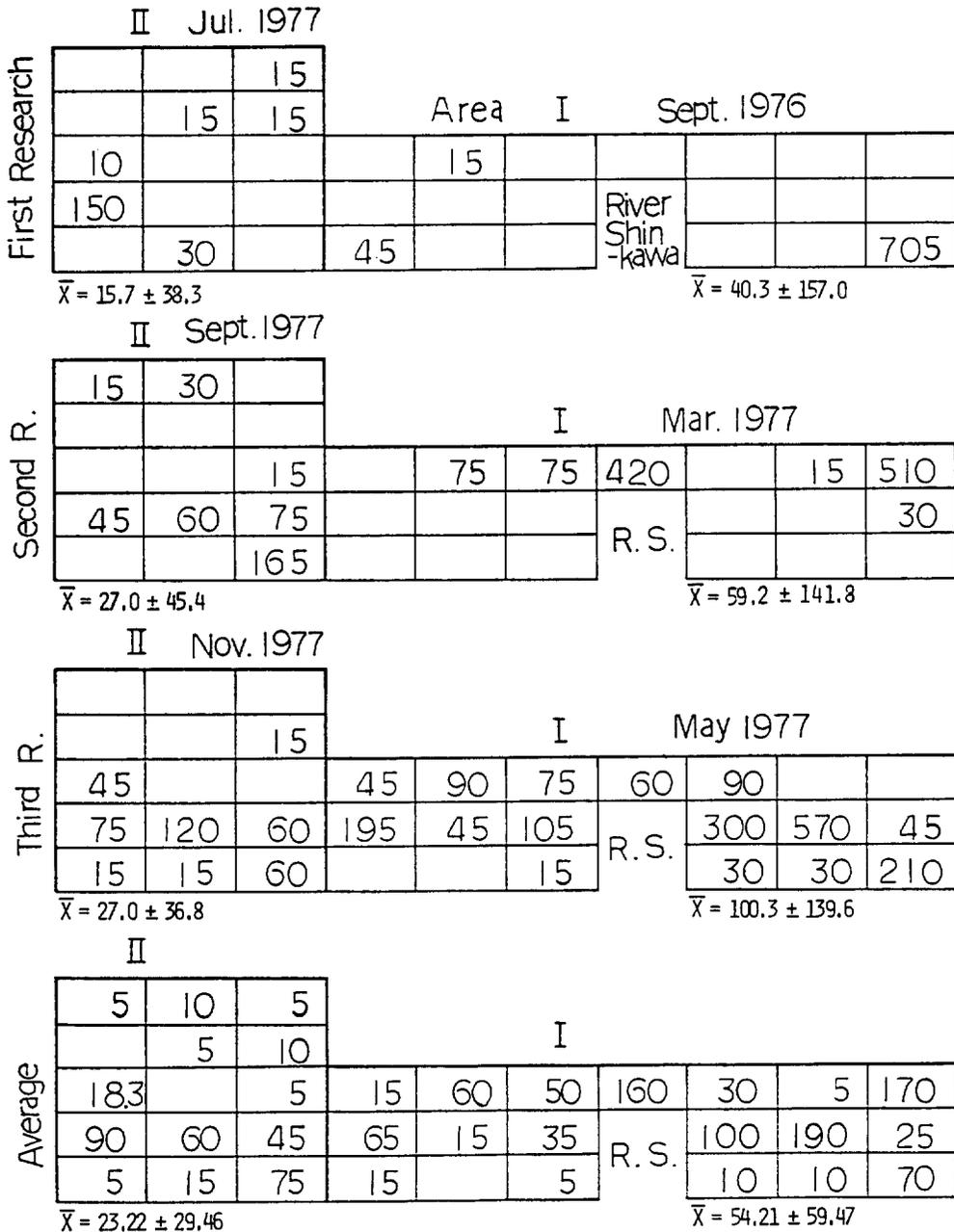
付図 15 水域 I, II におけるマクロベントス中の甲殻類端脚目の区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0

Distribution density of Crustacea in each division of the research area I and II.



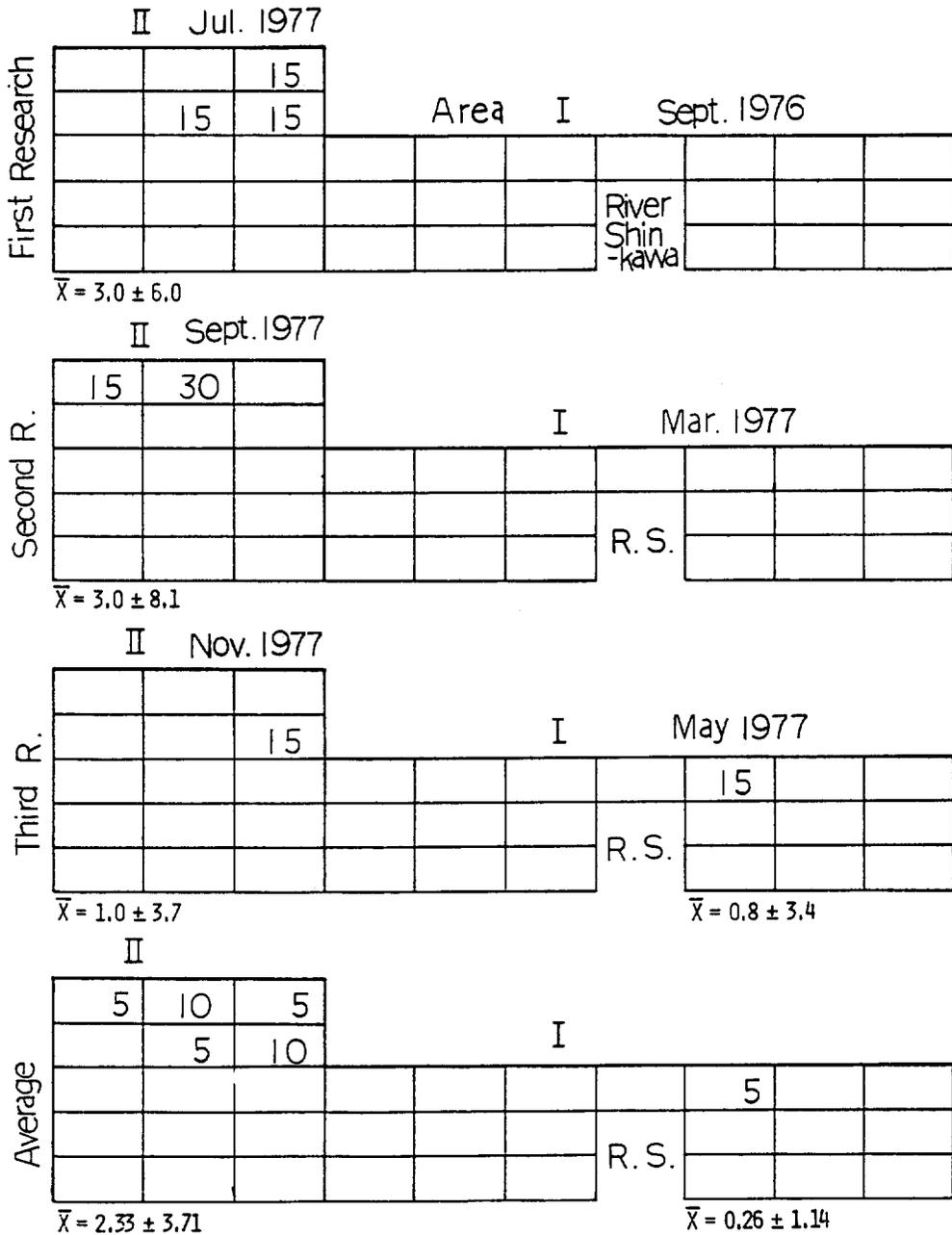
付図 16 水域 I, II におけるマクロベントス中の甲殻類クマ目の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Crustacea-Cumacea in each division of the research area I and II.



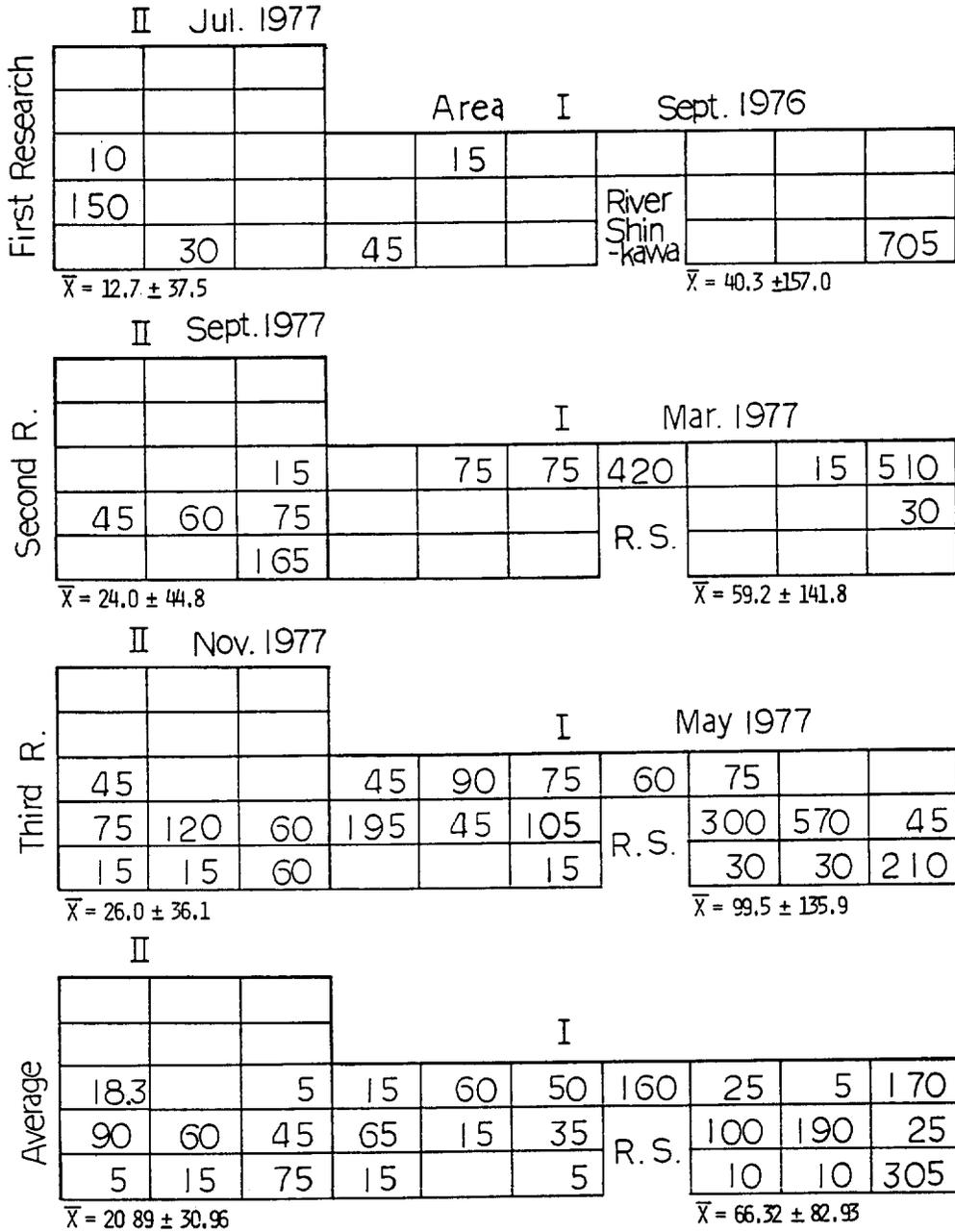
付図 17 水域 I, II におけるマクロベントス中の棘皮動物の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Echinodermata in each division of the research area I and II.



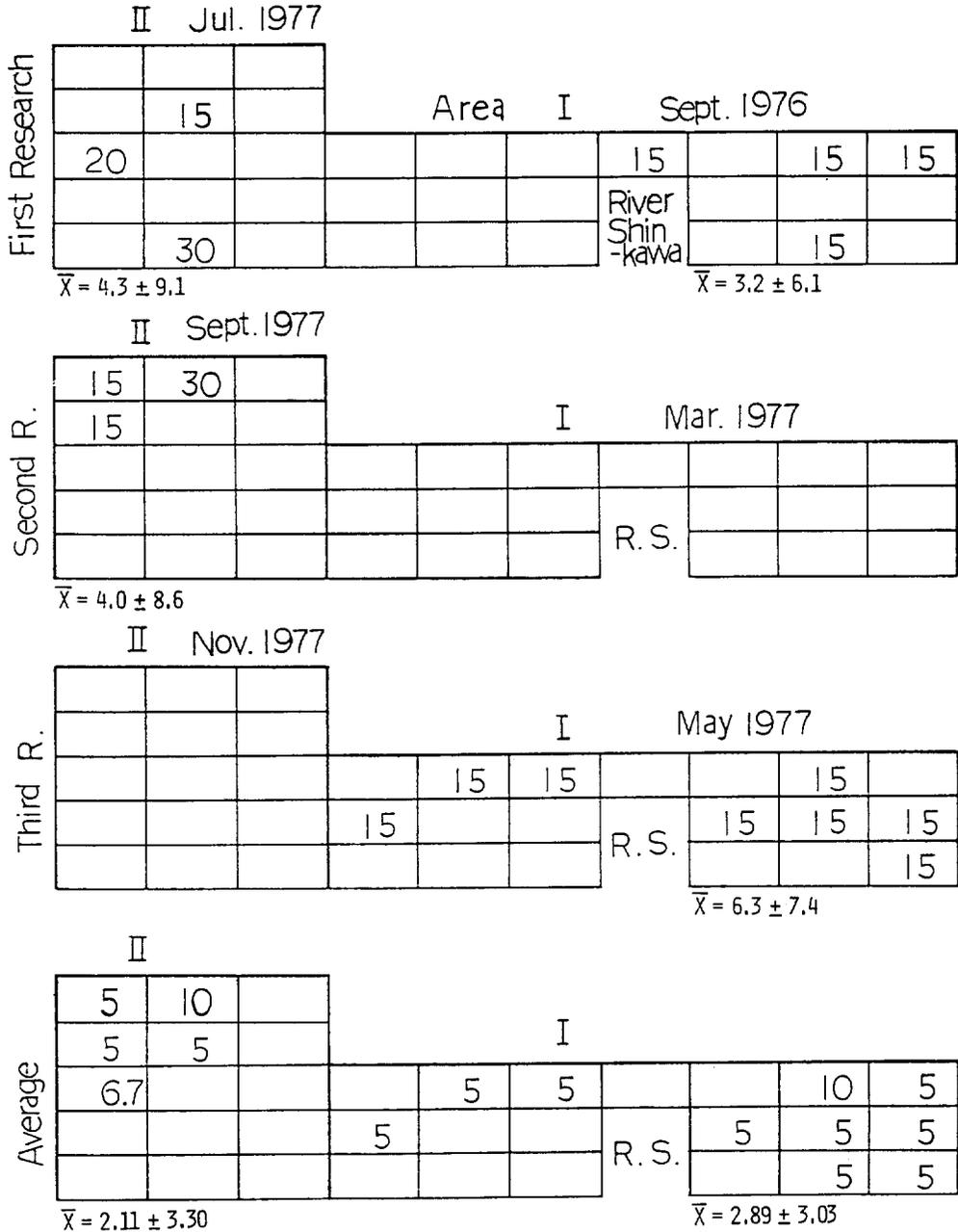
付図 18 水域 I, II におけるマクロベントス中の棘皮動物蛇尾類の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Ophiuroidea-Echinodermata in each division of the  
 research area I and II.



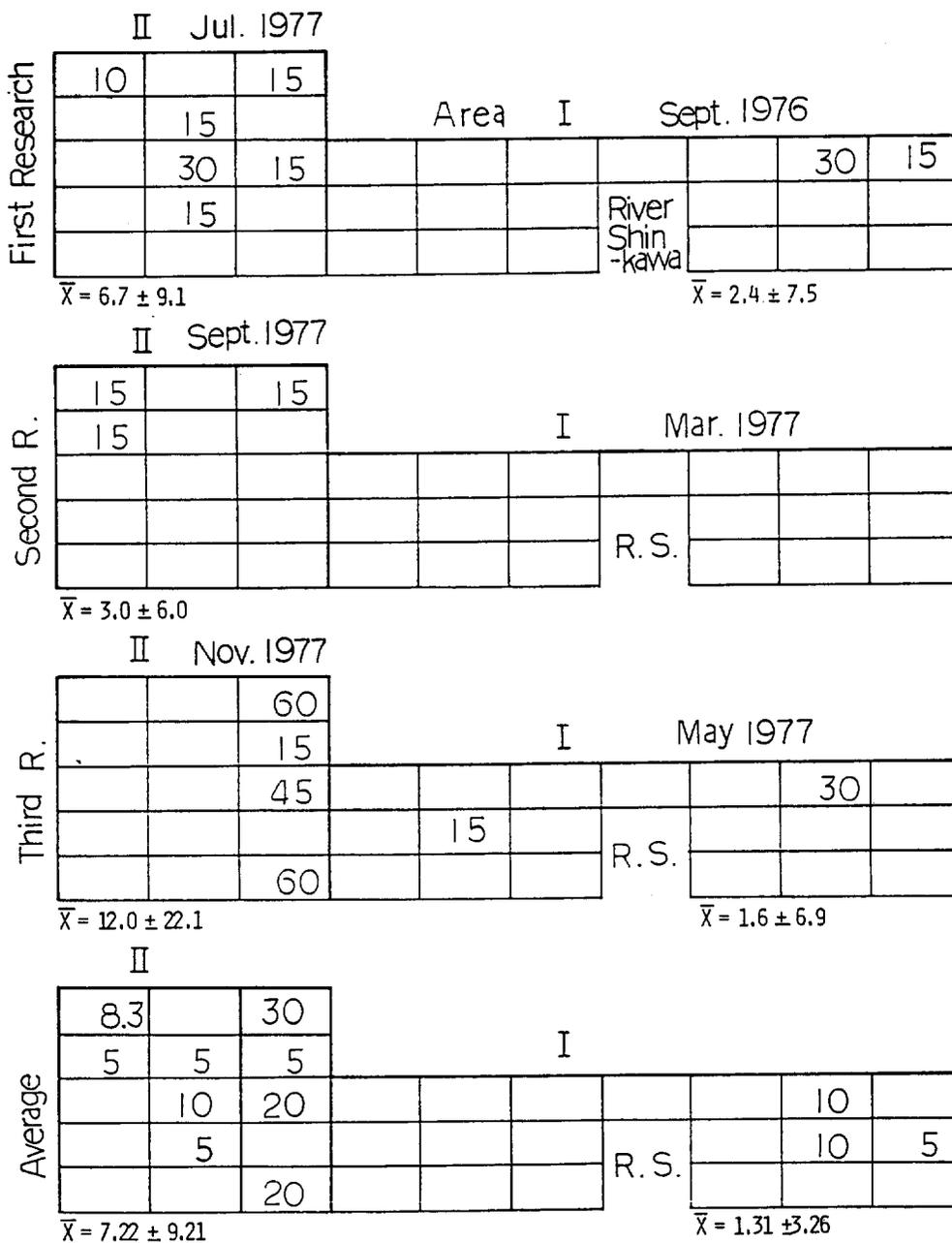
付図 19 水域 I, II におけるマクロベントス中の棘皮動物海膽類の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Echinodermata-Echinoidea in each division of the research area I and II.



付図 20 水域 I, II におけるマクロベントス中の袋形動物線虫類の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Aschelminthes-Nematoda in each division of the research area I and II.



付図 21 水域 I, II におけるマクロベントス中の星口動物星虫類の  
 区画別分布密度 (個体数/m<sup>2</sup>), 空欄は 0  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of Sipunculida-Sipunculoidea in each division of the  
 research area I and II.

II Jul. 1977													
First Research	1240	440	2130	Area I						Sept. 1976			
	540	420	1845	740	1110	1545	615	210	15	390	105	735	750
	570	705	565	1350	120	60	River Shin- kawa	75	915	840			
	120	450	465	225	75	15		270	180	960			
	$\bar{X} = 859.0 \pm 566.4$							$\bar{X} = 416.1 \pm 399.4$					
II Sept. 1977													
Second R.	315	255	420	I						Mar. 1977			
	495	390	450	2910	315	270	345	90	210	495	90	60	510
	210	105	210	90	315	345	R. S.	180	75	150			
	45	105	420	105	45	75		75	405	120			
	$\bar{X} = 461.0 \pm 690.8$							$\bar{X} = 198.9 \pm 153.8$					
II Nov. 1977													
Third R.	315	645	225	I						May 1977			
	225	1440	825	240	615	210	600	1455	510	330	1440	570	285
	180	195	135	5355	210	3255	R. S.	900	1470	3270			
	45	75	195	1470	555	3825		1575	3570	1680			
	$\bar{X} = 371.0 \pm 370.4$							$\bar{X} = 1701.3 \pm 1422.7$					
II													
Average	623	447	925	I									
	420	750	1040	1297	680	675	520	585	245	405	545	455	515
	320	335	303	2265	215	1220	R. S.	385	820	1420			
	70	210	360	600	225	1305		640	1385	920			
	$\bar{X} = 562.6 \pm 322.0$							$\bar{X} = 772.1 \pm 516.5$					

付図 22 水域 I, II におけるマクロベントスの区画別  
分布密度 (個体数/m<sup>3</sup>)  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Distribution density of total macro benthos in each division of the research area I and II.

		II Jul. 1977										
First Research	3584	11236	5208				Area I			Sept. 1976		
	4808	7353	4878									
	2188	4975	3745	3829	2531	1000	3544	2935	5852	3921		
	2857	1972	6452	1316	4713	1616	River Shin- kawa	2846	1654	1567		
1389	5682	1923	4148	1480	1000	3995		3168	1812			
			$\bar{X} = 4.5503 \pm 2.5609$						$\bar{X} = 2.7856 \pm 1.3934$			
		II Sept. 1977										
Second R.	7136	7576	11765				I			Mar. 1977		
	8403	6862	6068									
	1031	2475	4203	1761	1391	3413	1378	1391	2774	1000		
	4328	2364	4750	3708	1350	1761	R. S.	3849	3700	5138		
3143	4608	4651	2364	3143	1947	1947		1163	1695			
			$\bar{X} = 5.2551 \pm 2.5609$						$\bar{X} = 2.3602 \pm 1.1562$			
		II Nov. 1977										
Third R.	4504	6061	10182				I			May 1977		
	6222	1272	8548									
	1947	4413	4750	3731	1878	11805	6841	8929	4630	2650		
	4587	2397	3584	1141	3096	1273	R. S.	3021	2482	1352		
3145	2849	4651	2793	3649	2149	1354		1517	2439			
			$\bar{X} = 4.6075 \pm 2.4018$						$\bar{X} = 3.2343 \pm 2.5384$			
		II										
Average	50747	82910	90517				I					
	64777	51623	64980									
	17220	39543	42327	31070	19333	54060	39210	44183	44087	25237		
	39240	22443	49287	20550	30530	15500	R. S.	32387	26120	26857		
25590	43797	35627	31016	27573	16987	24320		19493	19820			
			$\bar{X} = 4.8042 \pm 2.0827$						$\bar{X} = 2.7934 \pm 1.0052$			

付図 23 水域 I, II におけるマクロベントスの区画別多様度指数  
 $\bar{x}$  = 全区画平均 ± 標準偏差

Diversity index of total macro benthos in each division of the research area I and II.

## A Consideration of the Bottom Condition and the Benthos Fauna in the Shallow Water Area of the Sandy Beach

By

Yoshinobu YASUNAGA

### Summary

Macro benthos are common food to fish and other marine animals, especially to juveniles of them. It is known, for examples, flatfish eat many kinds of macro benthos. In other words, it is necessary to know the environmental conditions for propagation of food animals so as to propagate marine animals.

The benthos community and the bottom condition were studied at Igarashihama Beach in Niigata city from 1977 for the purpose of knowing relation between the distribution pattern of macro benthos and the bottom condition of the shallow water area of sandy beach.

The research area was divided to two parts, I and II. The area I was fixed around the mouth river of River Shinkawa and the area II contiguously on the right of the area I. Each area was divided to small parts composed of nineteen division in the area I and fifteen divisions in the area II.

The bottom sand was collected from each division. Next, granule size and organic matters of them were analyzed and macro benthos was sorted from the collected sand.

With regard to the bottom sand, medium granule size in the area I was bigger than in the area II on average through three times research. Mud percentage in the area I was the less than in the area II. Mud percentage in the area II increased in propotion as increase of the water depth, and attained twenty percent to thirty percent.

Correlation coefficient was high in the relation between medium granule size and concentration coefficient, between mud percentage and uniformity coefficient, and between ignition loss and carbon and nitrate amounts in the area I. In the same way, high between mud percentage and concentration coefficient in the area II.

On the other hand, converse correlation coefficient was high in the relation between medium granule size and mud percentage, and between medium granule size and concentration coefficient in the area II.

With regards to the composition of macro benthos, the dominant animal in the area I was Arthropoda-Crustacea and in the area II Annelida-Polychaeta. Average distribution density of macro benthos through three times research was seven hundred and seventy two individuals per square meter in the area I and five hundred and sixty two in the area II. Average diversity index in the same way four point eight in the area II and two point eight in the area I.

Correlation coefficient in the relation between the bottom condition and the distribution density of macro benthos was high in the relation between medium granule size and Mollusca

in the area I. In the same way, it was high between follow combination in the area II; mud percentage and Annelida, ignition loss and Annelida, concentration coefficient and Annelida, and nitrate amount and Mollusca. On the other hand, converse correlation coefficient was high in the relation between medium granule size and Annelida, and between mud percentage and Echinodermata in the area I.