

シンガポール北東部の沿岸漁場 環境監視計画

(東南アジア漁業開発センター調査
部局沿岸汚染調査団調査報告書)

昭和50年11月

国際協力事業団
派遣事業部

119
89
EX

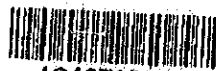
國際協力事業団		
受入 月日	'84. 3. 21	119
登録No.	01102	89
		EX

目 次

は し が き

第 1 章	調査の目的と経緯	1
第 2 章	問題の背景	4
1.	政治経済と自然環境の概要	4
2.	シンガポールの漁業	4
3.	産業と水資源	6
4.	ジョホール水道附近の漁場保全	7
5.	参 考 資 料	7
第 3 章	調査結果と論議	9
1.	水 理 ・ 水 質	9
2.	生 物	12
第 4 章	今後の調査計画	16
1.	水 理	16
2.	水 質	16
3.	生 物	17
第 5 章	必要とする人と機材	20

JICA LIBRARY



1046503171

は し が き

今般、国際協力事業団は、「東南アジア漁業センター」調査部局およびシンガポール政府の要請にもとづき、沿岸汚染調査のため、東海区水産研究所町田喜弘水質部長を長とする5名の調査団をシンガポールに派遣いたしました。調査は9月1日より15日までの半月にわたり、船上からの調査も含めて、おこなわれました。

「漁業と汚染」の問題は東南アジア諸国においても、開発の進展に伴いますますます重要になってきております。こうした折に「東南アジア漁業開発センター」調査部局が中心になって、この問題について現地調査を実施したことはまことに時宜を得た、意義あることと思われます。

本報告書は今回の調査結果をとりまとめたものでありますが、関係各位の御参考になれば幸甚に存じます。

なお、本調査について、ご協力をいただきました内外の関係各位に対し、ここに改めて感謝申し上げる次第です。

昭和50年10月

国際協力事業団

理 事 平 井 龍 明

第1章 調査の目的と経緯

今回の調査の目的のひとつは、現在シンガポールにおいて、次第に関心の昂まりつつある水質汚濁の問題、とくにジョホール水道における「漁業と汚染」についてその実態を調査することであり、他のひとつは、こうしたシンガポールにおいて生起している問題がいずれ、SEAFDEC域内諸国においても起る可能性が強いことから、近い将来SEAFDECとしても理事会の承認を得て、正面から、この問題に取り組まざるをえなくなり、わが国から、長期専門家を派遣することが必要となるので、その際の専門家の種類、業務内容およびその範囲を予め調査し、効率的な専門家派遣に備えるというものであった。

今回の調査に至る経緯をみると、シンガポールにおいてはとりわけ、本年1月の祥和丸の坐礁事故を契機として、「沿岸汚染」に対する関心が昂まり、シンガポール港務局(PSA)、SEAFDEC調査部局(MFRD)、環境庁のChemical Dept.の3者が分担して、この問題を調査することとなった。中でもMFRDは「ジョホール水道の東側を漁業との関係で調査する」役割を担ったが、同部局ではこれらの専門家を欠き、ここに新たにわが国に専門家および調査団の派遣を求めてきたものである。当初、日本人専門家の間にはMFRDがこうした沿岸汚染の問題を取り上げることには若干異論もあったが、将来、域内国の工業化、都市化の進展に伴い、共通の問題として生じてくることが予想されるに至って、この問題をMFRDとして取り組むことの必要性を認識するようになった。

調査はジョホール水道を対象とし、とくにこの地域の「エビ」「グルーパー(ハタの類)」等の養殖業と都市下水・養豚場排水等の有機排水との関係に重点をおき、その内容は水理、水質、生物相調査に大別して実施された。

調査団の構成および調査日程は以下のとおりである。

調査団の構成：

町田 喜弘 団長 水質化学

水産庁東海区水産研究所水質部長

北 森 良之介 底生生物

水産庁東海区水産研究所水質部汚濁対策研究室長

大久保 勝夫 水質一般

水産庁東海区水産研究所水質部主任研究官

桑原昭彦 水理

京都大学農学部大学院研究員

吉田芳夫

国際協力事業団派遣事業部

調査日程：昭和50年9月

- 1日(月) 渡航(JAL711)
- 2日(火) 午前日本大使館、国際協力事業団シンガポール海外事務所挨拶。
午後SEAFDECに於て調査目的聴取、及び日程打合。
- 3日(水) SEAFDECに於て、機材整備等調査準備。
- 4日(木) 調査予定地域(シ。ホール水道東半)概況視察、観測地点決定。
- 5日(金) 現地調査、試料採集(観測点4-8, 10, 10', 11', 13に於て)。
- 6日(土) SEAFDECに於て、試薬作成等分析準備、観測値整理、及び生物試料処理。
- 7日(日) 休日
- 8日(月) 現地調査、試料採集(観測点2, 3, 4, 7, 10, 14, 15に於て)。
- 9日(火) SEAFDECに於て、試料分析、観測値整理、生物試料処理、及びシンガポールにおける排水基準並びに同国水質保全事情等聴取。
- 10日(水) SEAFDECに於て、試料分析、観測値整理、生物試料処理、及び結果の取纏めと検討。
- 11日(木) 同上。
- 12日(金) 午前貯水池、養豚場、下水処理場等視察。午後SEAFDECに於て中間報告。
- 13日(土) 午前日本大使館、国際協力事業団シンガポール海外事務所へ帰国挨拶。
午後市内見学。
- 14日(日) 休日、帰国準備。
- 15日(月) 帰国(JAL712)。

なお、この報告書の作成には第1章吉田芳夫、第2章は町田喜弘、第3、4章の水理・水質の部の前者は主として桑原昭彦が後者は大久保勝夫が、生物の部のうちプランクトンは桑原が、ペントスと漁業生物については北森良之介が、第5章は町田が分担した。この調査の遂行にあたり、各種の便宜を興えられたHooi局長、井上次長を始めSEADEC調査部局のスタッフの方々に改めて深甚の謝意を表します。

第2章 問題の背景

1. 政治経済と自然環境の概要

シンガポール共和国は、1965年マレーシアから分離してイギリス連邦内の独立国となったが、面積は淡路島位であり人口は横浜市とほぼ同じで、東南アジアで最も小さな国である。インド洋と太平洋を結ぶ交通の要点にあつているので、1819年以来イギリスの植民地として軍事上・経済上非常に重要な存在であつた。シンガポール経済の生命は中継貿易であるが、国際政情や経済の変化及び人口の急増に伴い貿易のみに頼つていられなくなり、工業化をおしすすめている。旅客交通についても船から航空機に変わり、交通の要路としての地位はバンコクに奪われ、シンガポール港に出入するのは貨物船ばかりとなつている。

マレーシア南端に位置するシンガポール本島と54の小島より成り、シンガポール島は長さ1.2kmの土堤道でマレー半島に結ばれている。赤道北方136.8kmの北緯1°09'から1°29'東経103°38'から104°06'に位置し、長さ41.8km、巾22.5kmのほぼ半円形をなし、海岸線は133.6kmにすぎず、面積は584.3km²である。

周年降雨があり、明瞭な乾期と雨期の別はないが、11月から1月の北東季節風期の前半に降雨が稍多い。平均の日中気温は29.4℃で平均夜間気温は23.8℃であり、周年殆んど変化がない。南支那海では夏には南西風が(5~9月)、冬には北東風が(11~3月)吹き、そのため海流は夏には一般に北流が、冬には南流となるが、マラッカ海峡では周年西流となつている。ジョホール水道の水の動きは小さく、且つ浅く下水道の放水には適切ではない、またこの島の周辺の海は浅くて春の干潮時には通常1~2尋のジョホール水道東部では海岸から2.4kmも干出する。

シンガポール島は大きめに3つに分けられ、中央の丘陵は主に花崗岩より成り、南部は頁岩や砂岩より成るが、東部は砂礫より成る。中央部の平坦地約33km²は水源及び自然保護地として保全され、その地を流れる本島最大の川である Seletar 川は長さ14.5kmで水源から Seletar 貯水池を経てジョホール水道に注ぐ。Pandan, Kranji 及び Seletar ~ Tampine の各地区に在つたジャングルや沼沢は開拓され、工業用地及び住宅地に変わった。古くから開けたシンガポール市はシンガポール島南西中央に位置し、政治と商業の中心地となつている。

2. シンガポールの漁業

シンガポールの1人当り魚介類消費量は、人口約250万人に対し1973年の全消費量約7万tで、かなり高い。それにも拘らず国内漁業はさほど重要な役割を果していない。即ち外国漁

船による鮮魚の水揚げと加工魚介類の通常貿易による輸入により、消費の約80%がまかなわれている(第2-1図)。

漁民の1/3は沿岸漁業に従事しているが、沖合漁業は次第に重要性を増してきており、先進漁業国との合併事業が行われている。漁船数は急速に減少しているが、機械化は進みつつある。1971年の許可漁船数は794隻、内部機関を有するもの284隻(但し33%は15t未満)外部機関を有するもの300隻、無動力船は14%以下である。1962年には無動力船が2/3を占めていた。

総漁獲量は15,000~18,000tで、1966年にはこれまでの最高値18,500tに達した。沿岸漁業の漁獲量低下は、造船・精油・土地造成等の沿岸地帯の急速な工業化による。一方沖合漁業の漁獲量は増加しつつあり、沿岸漁業の衰微を補っている(第2-1表)。そして、魚介類が動物蛋白摂取の重要な部分を占めているのではあるが、漁業の生産活動が占める経済的重要性よりも商業部門の重要性が増大している。

政策としては、沿岸漁業の将来は沿岸の工業化のために阻害され、一方魚介類の輸入依存度を軽減する必要があるので、沖合漁業の発展に行政努力が払われている。政府の財政援助にも拘らず地元漁船は殆んど増加せず、広い経験と進んだ技術を有する外国の漁業会社との提携がすすんでいる。内水面漁業には見るべきものはなくコイ類の池中養魚のみであり、鹹水養殖もエビに限られている。この分野の将来も建設工事と大規模な社会開発計画による土地利用により拘束されるが、沿岸の棚田や区割された水面の中での集約的養殖には見込みがあり、その開発に努力している。また浅海域をイガイ・カキ・海藻等の養殖場として利用すること、特にイガイ養殖に利用しうる可能性は強い。

ちなみに、エビ養殖について検討された結果によると、現在の年生産量250~400kg/haを、放養密度の適正化及び捕食魚の管理などにより約600kg/haに、また給餌と適切な管理により2,000~2,500kg/haにする事が可能であると推定されている。現在エビ養殖池の1/2はPunggol地区、Ubin島、Tekong島にあって、マングローブを一部伐採した沼沢に土堤を作って池となし、満潮時毎に水門を開いて仔エビ・幼魚を流入する水と共に取り入れ、引潮のときには逃がせぬように金網を水門におろす、このようにして池中に発生した豊富な餌生物を利用させ4~6カ月で仔エビを取獲しうる大きさに育てている。この他に採捕時にやせていたマングローブガニの肥育が商業的に行われており、また高級魚やジャイアンツシュリンプ・カキ・イガイの養殖は実験段階ながら開始されている。

前掲の図・表からも明かなように、クロン・エビ養殖池の数や面積及びその生産量の低下は甚

しい。そしてシンガポール島の北東部に在るジョホール海峡やチャンギー地区等は同国水産関係者が期待する貴重な漁場となっている。しかしながら、この地域にも蔭りがないわけではない。ジョホール水道に面するシンガポール島には西方から火力発電所・センパワンクドック・セレタ一海軍基地等に加えて下水処理場・漁港・塵埃による埋立地区などがあり、対岸のマレーシア側にも石油貯蔵基地・採石積出地・工業団地らしいもの等が望見され、また航路では浚渫が行われている。現在最も重大なのはSerangoon川に排出されている下水処理場排水であろう。さらに今後このシンガポール島北東方面へ養豚農家の移転が進むと聞いている。

3 農業と水資源

ここで水の保全と利用の面から、シンガポール国の開発計画について触れねばならない。市街地の生活排水・事業場の排水は公共下水道に、他の地区では公共水面に排出されるが、それぞれの場合第2-2表に示すような規制を受ける。シンガポールでは、第2-3表のように100~110mgd(百万ガロン/日)(45.5~50.0万 m^3)の水を使用し、その約半分は下水道に入り処理された後排出される。現在シンガポール島には4ヶ所に下水処理場があり、Ulu Pandan及びKim Chuanの2ヶ所では2次処理まで行っている。処理場の排水基準はBOD 20ppm, SS 30ppm, 大腸菌は未規制で塩素処理は未だ行われていない。現在計画中の処理場が5カ所あり、そのうち3カ所はジョホール水道側にあり、その処理済排水の利用法はまだ策定されていない。

公共水面への排水基準が厳しい理由の一つは、現在シンガポールには3カ所の貯水池があるけれどもマレーシアから大量の水を供給されており、その送水が止ると3カ月持たぬと云われ、さらに河口に河口堰を作って貯水・利用しようとしている程であるからである。水不足に対処する真剣さは、Kim Chuan処理場では133,000 m^3 /日の二次処理水をSerangoon川に排出しているが、Ulu Pandan処理場では149,500 m^3 /日の二次処理を行うかたわら、Jurong工業団地へ二次処理水を更に処理したのち工業用水として供給しつつあることから窺える。また河口堰を設けて源水を採る計画のある流域では、排水基準が前記のように厳しいばかりでなく、養豚農家をSerangoon川流域に移転させつつある。養豚場といえども前記の規制を受けるのであるが、実際には斯る程度に処理することは特に小規模の養豚場が散在する場合非常に困難であると云われている。またシンガポール国の人口は現在約250万人であるが、将来は300万人に押え、人口30万人の10都市を作ると云う計画で、下水道整備が間に合わぬ場合はCommunity Plantを作ることにしている。

4. ジョホール水道附近の漁場保全

このような状況のもとにあるうえ、海岸線も短かくまた航行による制約を受けるため利用しうる沿岸漁場にめぐまれていない。そのため残されたジョホール海峽東部とその附近の沿岸漁業及び養殖漁場の活用は急務であり、同時にこの附近の漁場の汚染状態についてのモニタリングは不可欠となっている。事実、ジョホール海峽のSerangoon川下流附近では下水処理場排水にもとづく富栄養化により、ミドリイガイ (*Mytilus viridus*) が豊富で食用及び高級魚養殖用の餌に利用されている。下水処理場排水中の重金属の蓄積について若干の懸念も持たれているが、それよりもこの生物の漁場環境のモニタリング用指標種としての価値についての関心が強く持たれている。このような養魚餌料となりうる生物が増殖していることは、集約養魚用餌料としての用途の開発をうながし、適切な集約養殖用種の撰択に努力が払われるようにもなっている。

また富栄養化に伴って最も減産しやすい生物の一つであるエビの養殖場では、近年仔エビが少くなり養殖場の単位面積当りの生産量も低下していると云う。このように仔エビや幼魚の保育場であるこの附近の水域の、汚染と生産との関係を解明する必要があり、またケロン等沿岸漁業と汚染との関係の解明も必要である。さらに魚類等の給餌による集約養殖と漁場環境との関係についても注目してゆくべきであろう。

5. 参 考 資 料

赤井正夫, 穂積俊一, 福屋正嗣, 1970: 西マレーシア・シンガポール(マレイ半島)の水産業。海外水産叢書15。45頁。日本水産資源保護協会。

Anon., 1975: The water pollution control and drainage act, 1975 (No. 29 of 1975). Singapore National Printers Ltd. Singapore.

—————, ———: Sewage procedures and requirements for planning approval, building plan approval and sewage plans approval. Ministry of the Environment, Environmental Engineering Division, Sewage Department, Singapore.

—————, 1973: Status of aquaculture development in Singapore. SCS/DEV/73/5 Rome. 24-26.

—————, ———: Status of fisheries in Singapore. *ibid.*/73/1 Rome. 59-63.

—————, 1967: Review of the Primary Production Department, 1960-65.

—————, 1975: Report on the Agricultural Census of Singapore, 1973. Ministry of

National Department in conjunction with National Statistical Commission.

Chen Hung, 1973: Water pollution and its control in Singapore. Jour. Singapore National Academy of Science. Vol. 3 Supplements. p.100-115.

Khoo Hong Woo, 1966: A preliminary study of the physical, chemical and biological characteristics of Johore Strait. A thesis as fulfillment for the degree of Master of Science at the Department of Zoology, University of Singapore, 1965/66. p.152.

La Fond, E.C., 1966: South China Sea (in the Encyclopedia of Oceanography. 829-836). Reinhold, New York.

Oakley, H.R. and T. Cripps, 1972: Marine pollution at Hong Kong and Singapore (in Marine Pollution and Sea Life. 83-91). Fishing News Ltd. Surrey and London.

Sathye, N.N., 1972: Report in current observation (carried out during Nov. 1971 - Jan. 1972) at Serangoon harbour and Kuala Johore. Hydrographic Department Report No.H.D.2/72.

第 3 章 調査結果と論議

1. 水理・水質

1-1 方法

海上の調査には、船外機を取りつけた長さ約 7 m のボートを使用した。

給速が遅いため、全測点を 2 回に分け、9 月 5 日は主要汚染源と目される Serangoon 川を中心として、St. 4, 5, 6, 7, 8, 10, 10', 11, 13 を、9 月 8 日は水道の中央線に沿った測点 St. 15, 14, 10, 7, 4, 3, 2 を調査した(図 3-1 参照)

天候は 5 日が曇時々小雨模様であったのに対し、8 日は晴でやゝ風があり各層観測の測器に 30° くらい傾角が生じたが、データ整理に当っては傾角補正は省略した。

水温と塩素量は東邦電探 ECT 5 型塩分計、溶存酸素飽和度は EIL 1520 型 DO メーターを使用し、pH は海水用 pH 比色計で測定した。

海水の COD は、アルカリ性過マンガン酸カリ、20 分間加熱、ヨード滴定法によった。各測点の観測時刻と潮時の関係は図 3-2、図 3-3 に示した。

1-2 9 月 5 日の結果

1) 塩素量(表 3-1)

塩素量の最高値は St. 7 の底層で 16.5‰、最低値は St. 13 の表面で 13.6‰ であった。表面塩素量について見ると、Serangoon 川河口域の 3 測点、St. 10', 11, 13 で 15‰ 以下の低塩分水が見られた以外は、あまり大きな変化はみられず、Setetar 川、Punggo 川の両河口域においても 15‰ 以下の低い塩素量の値は検出されなかった。塩素量躍層は St. 4 で最もはっきり現われ、St. 7, St. 10 と水道の入口に向うにしたがって不明瞭になると同時に、表層と底層との塩素量の差は小さくなっていった。

2) 水温(表 3-2)

水温の変化は鉛直、水平方向とも少なく、その変化範囲は 28.5°C から 28.9°C であった。

3) 溶存酸素(表 3-3)

表面溶存酸素飽和度は Serangoon 川河口域の St. 10', 11, 13 で 60% 以下と異常に低い値となっていた。また、St. 10', 13 では表面よりも、1 m 深における飽和度の方がわずかながら高くなっていた。

Serangoon 川河口域の 3 測点を除けば、全ての測点の表層における溶存酸素は過飽和

状態であった。特に St. 4, 5, 7, 8 の表層では 150 以上の高い値が見られた。

4) COD (表 3-4)

5 ppm 以上の比較的高い値が St. 4, 6, 7, 10', 11, 13 で見られた。特に水道中央部の St. 4, 7 において、都市下水の排出されている Serangoon 川河口域より高い値が検出された。最高値は St. 4 の 10.37 ppm であった。

5) pH (表 3-5)

Serangoon 川河口域の St. 10', 11, 13 で 7.8 以下の低い値が検出された。他の測点においては 8.3 前後の値を示していた。

1-3 9月8日の結果

1) 塩素量 (表 3-6, 図 3-4)

塩素量の変化は St. 3 の表層の 15.35‰ から St. 2 の底層の 16.30‰ と大きくなかったが、St. 15 の表層から St. 14 の底層にかけて 16‰ 以上の海水が水道内に侵入していた。また、水道奥部の St. 2, 3 の底層にも 16‰ 以上の海水が見られた。St. 2, 3, 4 の表層に比較的低い海水があった。塩素量躍層は St. 2, 3 の水深 6~8 m に見られたが、他の測点においては不明瞭であった。

2) 水温 (表 3-7, 図 3-5)

水温の水平方向での変化は 0.7°C あり、5日の結果と比して大きくなっており、表面水温で見れば水道入口の St. 15 で 28.3°C と最も低く、水道の奥に行くにしたがって水温は上昇し、St. 2 で 28.7°C と最も高くなっていた。しかし鉛直方向の変化はどの測点においても小さく、最も大きな St. 3 でも 0.4°C しかなく、明瞭な水温躍層は見られなかった。

3) 溶存酸素 (表 3-8, 図 3-6)

溶存酸素飽和度は St. 2, 7 を除いた他の測点において、水深 2 m 付近までの表層では過飽和の状態であり、最高は St. 3, 0 m の 116% で 5日の結果に見られたような 160% 以上の高い値は検出されなかった。St. 4, 7, 10, 15 の水深 2 m 以上の中底層でも飽和度は 80% 以上であったが、St. 2 の 6 m, St. 3 の 10 m 以深では飽和度が急激に減少し、特に St. 2 の 12 m 以深では 50% 以下となっていた。

4) COD (表 3-9)

5 ppm 以上の高い値は検出されず、最高値は St. 4 の 4.12 ppm であった。St. 4 を除いた他の測点では COD の値は 3 ppm 以下であった。

5) pH (表3-10)

pHの値は全ての測点で8.1から8.2の間にあり、測点間に大きな差はなかった。

1-4 論 議

ジョホール水道の塩素量は水道入口表面と水道奥部表面で0.6%の差しかなく、水道内には大きな淡水流入河川もない。また水道入口のSt.15の底層でも16%台と低い値となっている。

また水道入口付近のSt.14, 15では水温、塩素量が表層と底層で差が少なく、この海域では海水は鉛直方向に良く混合しているものと思われる。

水道内において、5日の結果で見られたSeletar川、Punggol川両河口域の塩素量はSerangoon川河口域で見られる程低下していないが、これはSeletar川、Punggol川両河川の流量がSerangoon川に比して少ないことによるのか、または、測定時間のずれ、すなわち図3-2に示すようにSeletar川、Punggol川水域は満潮時に、Serangoon川水域は干潮時に測定を行なったことによるのかは今回の調査では明らかでない。

8日の結果にみられるSt.2, 3底層の塩素量が16%台の海水は、図3-7に示したT-C Iダイアグラムからわかるように、3日前の5日に水道奥部St.4の底層に存在していた海水とよく似た性質をもっている。また溶存酸素飽和度の値がSt.2, 3底層では他の測点と比して極端に低かったことを考慮に入れると、St.3より奥部の底層では流動も少なく海水はかなり停滞しているものと思われる。

水道の汚染についてみると、高いCOD、低いpH、溶存酸素で特徴づけられるSerangoon川河口域は都市下水等の流入によりかなり汚れていることがわかる。しかしCODの最高値は5日、8日両日ともSt.4で記録された。これは両日ともSt.4が満潮時に観測され、また、水道内ではCODの高くなる要因がSerangoon川への都市下水等の排出による流入有機物及び流入栄養塩によって増殖する植物プランクトンと考えられることから、Serangoon川河口域の汚れた海水がSt.4付近まで潮汐流によって、他の海水とあまり混合せず移動して来たためと思われる。また5日の結果に見られる150%以上の高い溶存酸素飽和度は主に多量の植物プランクトンの光合成作用によってもたらされたものと思われる。このような植物プランクトンの急激な増殖にはSerangoon川からの栄養塩の供給が重要な役割を果たしていると思われる。したがって水道の汚染にはCODが高くなり、pHや溶存酸素の値が低くなるといった単なる水質の悪化だけでなく、赤潮等の生物相の変化にも充分な監視が必要であろう。

しかしながらCODや溶存酸素飽和度は5日と8日の結果にはかなり差があり、今後詳細な調査を行なって水道の一般的な海況、汚染の実体を明らかにしておく必要がある。

2. 生 物

2-1 底生動物 (Benthos, Bottom Fauna)

1) 調査方法

沿岸部の海底地形は複雑なことが多く、これに伴ってBenthosの分布も変化しやすいので、汚染状況を判断するためには、採集地点数を多くとる必要がある。また、岸近くの浅い海底は、風波や潮汐の影響によって、底層水の動きがよく、Benthos相が極端に悪化することは少なく、むしろやや沖合の深所に汚染の影響がよく現われることが多い。今回の調査期間は短時日に限定されていたので、上記を勘案して、採集地点は10地点にとどめ、しかも水道域の中央部、河口のミオ筋など、深部で採集した(第3-8図)。

採集月日：9月5日 (St. 4, 5, 8, 11, 10', 10)

9月8日 (St. 15, 14, 3, 2)

採集器：港別式採泥器 (Kōken-type bottom sampler) (採集面積, 1/30m²)。

採集方法：各地点で2回ずつ採泥し、船上で、1mm目合の篩で、土砂を洗い流し、篩に残ったものをすべて管瓶にとり、ただちにホルマリンで固定。実験室に持ち帰ってから、肉眼的の動物を選別し、分類、計数した。なお、2日間にわたって採集したが、Benthosは定着性がつよく、水質のごとき、時間的変動は少ないので、あわせて検討した。

2) 結果と論議

採泥時の底質の観察記録を第3-11表・第3-9図に示した。大部分は泥底であった。St. 4は砂泥質で、かつ粘土状、またSt. 11も粘土状、かつ炭化した樹枝の破片や貝殻が混在した。前地点は、水道部で行なわれている浚渫の結果、後者は養殖用池を造成するため掘りおこされた場所であったと考えられる。St. 10も砂泥地であったが、粘土状ではなく、後記のごとく、St. 4と異なり、bottom faunaも豊富であり、かつ海図からみても複雑な地形が推測され、小さな洲のような地形に相当していたと考えられる。一般に底質があらわいことは、底層水の動きがよいことを示すので、特異な条件をもつ地点とも思われる。

水道突部や河口域の底質は黒色を呈し、また河口域には、マングローブに起因すると考えられる腐植物が沈積しているのが認められ、これらの地点では底質中の有機物が多く、

停滞性が強く、還元状態にちかいと推察された。

筆者にとっては、初めての熱帯域の調査であり、かつ調査期間が短かったため、採集動物の大部分は Family か Genus までしか同定できなかった。その採集記録を第 3-12 表に示した。また、温帯域にある日本沿岸とでは、bottom fauna の数量、組成などにも、基本的に差異があると考えられ、熱帯域の定量的調査資料もとほしく、本水域の汚染状況を bottom fauna の分布から推定するには問題点が多い。しかし、一応日本沿岸で得られている知見に基づいて、調査結果を検討する。

全般的に bottom fauna の種類と個体数は少なく、軟体類の比率が比較的高く、甲殻類が少なかった。これらは、本水域が内湾的性格が強く、かつ底層水塊の流動が不良なことなどを示していると考えられる。ただ、軟体類の *Fulvia*・*Nuculidae*・*Nuculanidae*・*Dentaliidae* などの、へい死直後と思われる死殻が多数採集された地点が多く、今回の調査は動物数が少ない季節であったと考えられる点もある。

bottom fauna によって汚染度を評価する場合、その数量、動物群別個体数百分率、biotic index (個体数/種類数)、多様度指数 (dominance diversity) および指標種などが尺度となる。まず、種類数分布を第 3-10 図に示した。水深 10 m 以上の水道部は少なく、とくに奥部 2 地点では全く採集されず、水道入口 (St. 15) と、前記底質に特異性がみられた St. 10 とでは、やや多く、それぞれ 6、15 種採集されたが、St. 4、14 では 1~2 種にすぎなかった。これに対し、浅い河口域はやや多く、3~29 種採集され、底質に特異性がみられた St. 11 では最高であった。ただ、Serangoon 河口 (St. 10') では 1 種しか採集されなかった。全般的に bottom fauna が少ないため、種類数以外の項目は、不規則に変動していたので、詳細な検討は省略する。ただ、biotic index をみると、河口域においてはその値が高く、動物相の単純化が進行し、環境条件の悪化を示す。

淡水域と異なり、沿岸域の有機汚染に対する指標種はきわめて少なく、極言すれば、多毛類 *Capitella capitata*・*Prionospio pinnata* の 2 種にすぎないといえる。前者は河口など淡水の影響がよい沿岸部に多く、今回は採集されなかったが、後者は Punggol 河口 (St. 8) で 2 個体採集され、底質中の有機物量が多いと考えられる。

すでに述べたごとく、今回の調査は熱帯域で、しかも少数地点に限られたことなど問題点が多く、推論を進めることは危険であるが、北森 (1972) によって、水域区分をこ

ころみると下記のごとくならう(第3-11図)。

無生物域: St. 2, 3。

正常域: St. 15。本海域における正常な bottom fauna 相が如何なるものであるかは明らかでないが、調査地点中では、地理的位置、底質、bottom fauna 相などからみて、正常域にちかいと推定した。

汚染域[※]: St. 4, 10', 14。1~2種しか採集されず、無生物域について、底層環境が悪化している区域。

富栄養[※]~過栄養域[※]: St. 5, 8, 11, 10。このうち St. 5 は3種しか採集されず、biotic index が最高で、過栄養域としたが、汚染域にちかい状態である。St. 8, 11, 10 は種類数が正常域より多く、富~過栄養域にあり、biotic index の高い St. 11 は汚染域に、biotic index が低い St. 10 は正常域に、それぞれちかい位置にあると考える。

3河川の環境条件をこれだけの調査結果から判断することはむづかしく、今後の調査にまたねばならない。ただ、Serangoon 河口域は、海面上からみてもっとも浅く、St. 10' が浅いにもかかわらず、汚染域と考えられたことなどは、本河川の流量、ならびに流入有機物量が、他河川に比して多いことを示しているかもしれない。

本調査結果をみるかぎり、bottom fauna は全般的にきわめて少なく、底層の環境条件が悪いと考えられる。この原因には種々あるうが、底層水の流動不良、マングロープをはじめとする腐植物の沈積、さらには人為的汚染などがあげられる。しかし、それらが、各水域において、どれだけの役割りを果しているかについては今後の調査にまつところが大きい。また、この推論に大きな誤りがないとすれば、今後汚染負荷量の増大にもなつて、底層の環境条件が急激に悪化する危険性をひめた自然条件にある海域といえる。

3) 参考資料

Kitamori, R., : Faunal and Floral Changes by Pollution in the Coastal Waters of Japan, The 2nd International Ocean Development Conference Preprints, Vol. 1, 1972。

2-2 漁業生物

今回、Benthos 以外の生物群については野外調査を実施しなかった。すでに前章にも述べたが、漁業生物に関しては、資料を集め、実状を聴取するなどして、現況を把握する
※ 前述、北森(1972)によるもので、当地の実状を反映しているかどうかはしばらくおく。

ことにつとめたので、簡単に記す。

シンガポールの漁業生産のうち、沿岸漁業がしめる割合は約20%であり、本海域はその主要な漁場となっている。前掲第2-1表にみるごとく、沿岸漁業全般において、またその代表的漁業であるKelongにおいても、その経営体数や漁獲量は近年漸減傾向をたどっている。この原因には、社会的背景とともに、浚渫・工場建設など、沿岸域における土木工事、ならびに汚水の流入などがあげられ、しかも汚水の流入量が今後増加の一途をたどると予測される現状において、沿岸漁業の保護・育成の重要性が認識され、今回の調査の端緒ともなった。

河川域で操業されるBag net、マングローブガニを対象とするCrab lift net、さらには魚・エビ・カニ類の池中養殖などが、Kelongについて、重要な沿岸漁業である。しかし、これらの操業状況、漁獲量、漁獲物の生物学的知見などに関しては、まだ十分に調査研究が整理されていない実状にある。

Serangoon 河口域には、近年急激にgreen mussels (*Mytilus viridis*)が増加しており、都市下水など汚水の増加と密接な関係をもつと考えられてきた。最近これを養殖して、食料ないし餌料として利用する一方、これに過剰な栄養塩を吸収させ、富栄養化の進行を抑制し、また富栄養化の程度をモニタリングするための指標生物として利用するなどの目的をもって基礎的研究が開始されている。

第 4 章 今後の調査計画

1. 水 理

今回行った調査は予備的なものであり、今後ジョホール水道内外の水理学的特性を知るために、水温、塩分の分布構造、流動パターン等についての全般的な海況の詳細な調査を行ない、さらに汚濁水の流動・拡散状況を明らかにする必要がある。

1-1 ジョホール水道内外の水温、塩分の分布調査

ジョホール水道のような入口が狭く、奥行の深い海域では、水温、塩分の分布は満潮と干潮との潮位差、水道内の河川からの淡水流入量の変化等によって変化している。

今回の調査においても、観測時間が長びき、潮時の違いによる影響が見られ、詳細な水温、塩分の分布パターンは判らなかつた。したがって、水道内外の水温、塩分の分布調査は、干潮、満潮時の流れの停滞期に短時間のうちに行ない、両潮時における分布パターンを明らかにすることが重要である。

1-2 Serangoon 川から排出される汚濁水塊の追跡調査

今回の調査結果から、Serangoon 川から排出される比較的汚れた水塊が満潮時には水道奥部の S1.4 付近まで潮汐流によって押し流されている可能性が指摘された。今後ジョホール水道の水質を監視していく上で、Serangoon 川から排出される汚濁水の挙動を明らかにしておくことは重要である。また、汚濁水塊の移動、拡散は主に汚濁水の排出量と潮汐流の流速に支配される。したがって、同時に水道内の各潮時ごとの流動パターンを潮位差や河川流量の変化を充分考慮に入れて調査する必要がある。

水塊の移動、拡散を調べる方法としては漂流桿、漂流ビン等の海面に浮いた漂流物を追跡する方法、染料を用いた拡散調査等が考えられる。

流動パターンを知るには、流速計を用いて水道内の各潮時での流速分布を明らかにすると同時に、24時間以上の流速の連続調査を水道内外数点で行ない、流速の周期解析等の方法を用いて、水道内の流れの特性を明らかにすることが重要である。

2. 水 質

今回の予備調査で明らかのように、ジョホール水道の水質汚濁は Serangoon 川の下水等による有機物汚染が主な原因である。

有機物汚染の結果として、低酸素あるいは無酸素状態を生じ、硫化水素が発生するなどの二次

汚染により環境が更に悪化する恐れがある。

2-1 今後の水質調査は、まず第一段階としては、水道全体の汚濁状況を把握することである。

Serangoon川より流入する有機汚濁物が、上げ汐、下げ汐に乗って水道のどの辺まで及び、どのような濃度分布を示すかを追跡する事が主眼となる。

人員器材の現状を考慮すると、有機汚染物質の指標として、CODの測定を主体として、DO、pHおよび透明度の測定を加え、各潮時毎の観測を雨季、乾季について行ない、それぞれの状況下での汚濁のパターンを求めるのがよいであろう。

出来得れば、水中のアンモニア濃度および底質中の硫化物量の測定を、Serangoon川を中心とした水域について実施することが望ましい。

2-2 第二段階として、有機汚染である以上過剰栄養に関する事前の調査を実施しておくことが有益である。

PO_4-P 、 NO_2-N 、 NO_3-N の分布調査も、COD同様各潮時毎に行なう。可能ならば、全リン、全窒素についてのデータも測定することが望ましい。

2-3 得られた化学的データを評価するためには、熱帯の沿岸帯におけるCODその他の正常値を確かめておく必要がある。

汚濁されていないマングローブ地帯のほか、異った性格の沿岸水域について、2-1、2-2に述べたような水質調査を行なうことが望ましい。

BODは下水関係の機関及び内水面の有機汚濁の研究に於ては一般化している。しかし、排水が海域に放出される場合、標準法による生下水のBOD値を用いて海域に於ける溶存酸素濃度の変動を解析するのは疑問がある。有機物の分解過程に関する微生物相やその他の条件が淡水と海水中とは異なるからである。

海域に放出された場合、海中の有機排水の流動・拡散を追跡するのにBODを用いるのも適切ではない。海水中で変化することはCODも同様であるが、BODはCODよりも測定にはるかに手数を要するからである。

但し海水中の溶存酸素量の変化を解析するため、海水自身のBOD値を用いることは相応の価値がある。現場に適した測定条件等検討すべき点も多いであろう。

3. 生 物

3-1 プランクトン

海洋汚染の生物指標として、また稚仔魚等の餌料生物としてのプランクトンの役割と生

態を明らかにしていくことは重要なことである。

今回の調査ではプランクトンの調査は行なわなかったが、溶存酸素の結果から植物プランクトンが高密度に増殖していると考えられる。このことは現在でもジョホール水道内で有害な植物プランクトンの赤潮が発生する可能性を示している。

赤潮の発生機構や稚仔魚の餌料生物としてのプランクトンの生態研究において、まだ研究、調査の方法は確立されていないが、少なくとも以下の2種類の基礎データを集積、整理しておく必要がある。

まず第一に、水道内における植物、動物プランクトンの優占種の季節変化と水道内における分布パターンを定期的な調査と過去のデータから明らかにする。さらにジョホール水道での出現種のリストを作ること。

次に上記のデータ、および水温、塩分、栄養塩等の分布パターンから水道を2~3海域に分け、各海域内に定点をもうけ、その定点でのプランクトンの季節的消長をもとめ、これと水質等の海水の特性と対応させ検討する必要がある。このような調査は可能な範囲で採集回数を多くすることが望ましい。

3-2 底生動物

第1段階：今回の調査で十分知りえなかった bottom fauna の詳細な分布を調査する。すなわち、Serangoon河を中心として、2~3河川に重点をおき、水道部などに、できるだけ多くの調査点をとり、できれば季節別でも2~3回採集する。bottom fauna に関しては、一般に分類学的知見が普及していないので、他研究機関とも協力して、その習得につとめる。

第2段階：上記の基礎的調査結果にもとずき、モニタリングに適切な調査地点、採集季節を選定し、継続調査を実施する。この場合、水質分布と異なり、海底地形の複雑さともない、採集位置のわずかなずれによって、bottom fauna の分布は変動しやすいので、採集地点数を多くしたほうが良好な結果が得られる。採集季節は1回でもよい。

3-3 漁業生物

プランクトンは水塊の指標として、定着性がつよい Benthos は底層の汚染環境の指標として、それぞれ海洋の汚染度の評価ないし、モニタリングの1つの手法としての利点もっている。漁業生産の見地からすれば、漁業生物に及ぼす汚染の影響に関しても、それら生物群が指標として役立つことが望ましく、日本においても近年この点に努力が注がれているが、その相互関係はまだ十分解明されていないのが実状である。

プランクトン・Benthosに比し、移動・回遊性がつよい漁業生物においては、まづ定量採集の点をはじめ、採集・調査方法だけでも多くの困難を伴なう。しかし、汚染度のモニタリングが沿岸漁業の保護・育成にある以上、前記生物群と同等むしろ、それ以上に漁業生物の調査研究に重点をおくのが妥当であろう。

第1段階：Kelong・Bag net・Crab lift net・養殖池・Green muselsなどについて、その設置場所、操業状況、漁獲量、分布、成長などについて、水域別に現況を把握するとともに、漁獲量の概要だけでも知りうるような措置をとる。

第2段階：主要水域別に、代表的漁業種類、ならびに漁家を選定し、なるべく精密な漁獲統計資料を整備するとともに、適宜生物学的測定を実施する。

プランクトン・Benthos・漁業生物など、多くの生物群において、甲殻類が汚染に対して敏感に反応するといわれているので、マングローブガニや養殖池のエビ・カニ類の生産量や成長に重点をおくのも一つの考え方である。

日本においても、*Mytilus edulis* が富栄養化の指標生物として利用されている。Green muselsの分布、生息量、成長などの調査はすでに開始されており、有効な手段である。

漁家の漁獲物に関する統計資料は基本的な重要項目であるが、社会的背景の変動による操業状況と漁獲努力の質・量の変化、さらには漁業生物の資源量の年変動などに影響されるところも大きく、環境条件悪化による変化との分離に困難をきたすのが実状である。したがって魚群探知機による魚群量調査、およびビータセン稚魚網（小型の底曳網）など、実験的漁具による試験漁獲など、実験的手法を併用すればさらに効果的であろう。

第 5 章 必要とする人と機材

今後、この調査を遂行するにあたり、現在東南アジア漁業開発センター調査部局在勤中の日本人専門家ならびに、予定されている後任専門家および追加予定と聞いている水理関係の専門家とは別に、同部局から要請のあった Coastal water pollution expert としての適任者としては、この地の水質汚濁問題の内容等から、水質化学特に一次生産あるいは富栄養の問題に関して経験と知識を有する、もしくは十分な習得能力のある科学者が望ましいと思う。

その他、水や底土等の化学分析を遂行するために、長いセルを用いる分光光電光度計、電気乾燥器、電気炉、ロータリーエボレーター、セミマイクロキールダール装置一式及び分析用化学薬品、硝子器具等を整備する必要がある。特に最初に記した分光光電光度計はぜひとも必要である。

Table 2-1. Production of various fisheries

Local production of fish (ton)					
Year	Brackish W. pond	Fresh W. pond	Inshore ¹⁾	Offshore	Total
1965			4,345	6,627	10,972
1966			4,602	13,855	18,457
1967			4,684	13,527	18,211
1968			4,834	12,483	19,317
1969			3,409	13,589	16,998
1970		866	2,789	14,661	18,316
1971	191	726	2,651	11,642	15,210
1972	185	680	3,378	11,419	15,662
1973	130	580	5,685	12,265	18,660

Note: 1); Kelong, drift net, beach seines & fish trap

Kelong fisheries in Singapore			
Year	No. of kelong	Catch, t	Catch/kelong
1965	181	2,300	12.7
1966	161	2,400	14.9
1967	143	2,500	17.5
1968	132	2,400	18.2
1969	126	1,800	14.3
1970	117	1,500	12.8
1971	112	1,300	11.6
1972	106	2,000	18.9
1973	96	3,100	32.3
1974	91		

Table 2-2. Water quality standards for trade effluent discharge

Item of analysis	Sewers	Water course
	Units in milligram per litre or otherwise	
1. Temperature of discharge	110°F (43°C)	43°C
2. Colour	—	7 Lovibond Units ³⁾
3. pH value	6 - 9	6 - 9
4. B.O.D. (5 days at 20°C)	400 (1,200) ⁵⁾	50
5. C.O.D. (dichromate value) ¹⁾	600 (1,800) ⁵⁾	100 ³⁾
6. 4 hour PV ²⁾	200	40
7. Total suspended solids	400 (1,800) ⁵⁾	50
8. Total dissolved solids	1,000 (3,000) ⁵⁾	1,000 ³⁾
9. Alkalinity as CaCO ₃	2,000	—
10. Chlorion Cl ⁻	1,000	400
11. Sulphide (S ⁼)	1	0.2
12. Sulphate (SO ₄ ⁼)	600	50
13. Anionic detergent as manexol O.T.	30	15
14. Grease and oil ⁴⁾	30 (60) ⁵⁾	5
15. Simple soluble cyanide	1	0.1
16. Complex cyanide	1	—
17. Ferro-cyanide	3	—
18. Barium, selenium, tin	10	—
19. Iron	50	5
20. Arsenic	5	0.5
21. Beryllium	5	0.5
22. Boron	5	0.5
23.* Cadmium	10	0.1
24.* Chromium (trivalent or hexavalent)	10	0.1
25.* Copper	5	0.1
26.* Lead	5	0.1
27.* Mercury	10	0.1
28.* Nickel	10	0.1
29.* Silver	5	0.1
30.* Zinc	10	0.1
31.* Metals in total	10	0.5

- Notes: * The concentration of toxic metal shall not exceed the limits as shown, individually or in total
- 1) This value may be 2 - 5 times of the value obtained by acid-permanganate method
 - 2) Consumption of permanganate ($\frac{1}{80}N$) at room temp. for 4 hrs.
 - 3) Severe than Japanese standard
 - 4) CCl₄-method. Includes all of mineral, plant and animal oil
 - 5) Extra fee is necessary to get permission, but the exceptions are tentative ones

Table 2-3. Consumption and discharge of water

Consumption			
	Total consumed	Discharge into sewers	Discharge into open drains
Domestic	45 mgd	27 mgd	18 mgd
Industrial	25	10	15
Government and other agencies	35	20	15
Others	5	-	5
Total	110	57	53

Discharge		
Sources	Quantity	Quality of discharge
Final effluents from sewage treatment works	50 mgd	Very good
Small sewage treatment plants	7	Good
Industrial discharges	15	Very bad
Government and other agencies	10	Doubtful
Hawkers and markets	5	Very bad
Washings of clothes, etc.	6	Bad
Sullage water from kampongs, etc.	12	Bad
Others	5	Doubtful

Table 3-1. Calorinity (‰) observed on Sept. 5th

Station No. / Depth (m)	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.10	St.10'	St.11	St.13
0	15.45	15.20	15.30	15.70	15.45	15.95	14.65	14.05	13.60
1	15.45	15.25	15.30	15.70	15.40	16.00	14.70	14.10	13.90
2	15.45	15.30	15.30	15.65	15.50	16.00			
3	15.45	15.30	15.25	15.65		16.05			
4	15.45	15.40	15.35	15.80		16.10			
5	15.45			15.80		16.15			
6	15.45			15.85		16.15			
7	16.00			15.90		16.25			
8	16.00			15.90		16.25			
9	16.05			15.95		16.25			
10	16.10			16.00		16.35			
11	16.35			16.00		16.40			
12	16.35			16.30		16.45			
13	16.35			16.45					
14	16.35			16.50					
15	16.35			16.50					
16	16.40								

Table 3-2. Water temperature (°C) observed on Sept. 5th

Station No. / Depth (m)	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.10	St.10'	St.11	St.13
0	28.8	28.9	28.9	28.7	28.9	28.7	28.7	28.7	28.7
1	28.9	28.9	28.9	28.7	28.9	28.7	28.7	28.7	28.8
2	28.9	28.8	28.8	28.7	28.8	28.7			
3	28.8	28.8	28.8	28.7		28.6			
4	28.8	28.8	28.7	28.7		28.6			
5	28.8			28.7		28.6			
6	28.8			28.7		28.6			
7	28.8			28.7		28.6			
8	28.8			28.6		28.6			
9	28.8			28.6		28.5			
10	28.8			28.6		28.5			
11	28.7			28.7		28.5			
12	28.7			28.7		28.5			
13	28.7			28.6					
14	28.7			28.6					
15	28.7			28.6					
16	28.7								

Table 3-3. Saturation ratio (%) of dissolved oxygen observed on Sept. 5th

Station No. Depth (m)	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.10	St.10'	St.11	St.13
0	180	152	144	164	166	106	57	52	49
1	174	160	141	168	162	107	64	48	52
2	160	126	124	165	150	99			
3	140	106	116	165		96			
4	140	101	102	156		91			
5	140			152		88			
6	140			148		84			
7	104			136		83			
8	93			114		82			
9	94			112		82			
10	92			110		78			
11	81			110		76			
12	80			104		76			
13	79			99					
14	76			91					
15	76			89					
16	72								

Table 3-4. COD (ppm) observed on Sept. 5th

Station No. Depth (m)	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.10	St.10'	St.11	St.13
0	10.37	2.62	6.44	7.78	1.50	3.46	5.52	6.01	7.11
1.5									8.56
5						2.36			
11						2.43			

Table 3-5. pH observed on Sept. 5th

Station No. Depth (m)	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.10	St.10'	St.11	St.13
0	8.30	8.30	8.20	8.35	8.30	8.25	7.75	7.65	<7.60
1.5						—			7.75
5						8.15			
11						8.15			

Table 3-6. Chlorinity (‰) observed on Sept. 8th

Station No. Depth (m)	St.2	St.3	St.4	St.7	St.10	St.14	St.15
0	15.40	15.35	15.65	15.70	15.90	15.80	16.00
2	15.45	15.35	15.60	15.70	15.90	15.95	16.00
4	15.50	15.40	15.60	15.70	15.90	15.95	16.00
6	15.50	15.55	15.60	15.70	15.90	16.00	16.05
8	15.90	15.80	15.75	15.85	15.90	16.05	16.10
10	16.00	15.90	15.90	15.85	15.90	16.05	16.10
12	16.20	15.90	15.90	15.90	15.90	16.10	16.20
14	16.30	16.05	15.90	15.90	15.90	16.10	16.20

Table 3-7. Water temperature (°C) observed on Sept. 8th

Station No. / Depth (m)	St.2	St.3	St.4	St.7	St.10	St.14	St.15
0	28.7	28.6	28.5	28.3	28.3	28.4	28.2
2	28.7	28.5	28.5	28.3	28.3	28.4	28.4
4	28.6	28.3	28.4	28.3	28.3	28.4	28.4
6	28.6	28.3	28.4	28.3	28.3	28.4	28.1
8	28.6	28.6	28.4	28.3	28.3	28.4	28.1
10	28.7	28.6	28.4	28.3	28.2	28.4	28.1
12	28.7	28.6	28.4	28.2	28.2	28.4	28.0
14	28.7	28.7	28.4	28.3	28.2	28.4	28.0

Table 3-8. Saturation ratio (%) of dissolved oxygen observed on Sept. 8th

Station No. / Depth (m)	St.2	St.3	St.4	St.7	St.10	St.14	St.15
0	97	116	113	95	112	108	103
2	96	114	112	94	108	103	100
4	85	108	104	94	94	101	98
6	68	91	96	90	94	98	96
8	59	82	88	88	93	98	95
10	53	76	87	87	92	98	95
12	53	67	85	90	90	97	94
14	34	58	84	90	90	96	94

Table 3-9. COD (ppm) observed on Sept. 8th

Station No.	St.3	St.4	St.7	St.10	St.14	St.15
O m.	2.79	4.12	2.63	2.87	1.92	1.57

Table 3-10. pH observed on Sept. 8th

Station No. Depth (m)	St.2	St.3	St.4	St.7	St.10	St.14	St.15
0	8.1	8.1	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2

Table 3-11. Depth and sediment

St.	Depth (m)	Sediment		Remarks
2	16.0	M	black	
3	17.0	M	black (surface)	
4	18.0	M · Sa, clay	grey	dredged?
5	4.7	fin, M	black	
8	3.0	fin, M	black, fine humus	
11	1.5	M · Sh, clay	grey, humus	dredged?
10'	1.5	M	black, fine humus	
10	15.0	M · Sa	grey	Sand bank?
14	18.0	M	grey	
15	23.0	M	grey	

M: Mud, Sa: Sand, Sh: Shell

Table 3-12. Distribution of bottom fauna in each station

Species	St.	2	3	4	5	8	11	10'	10	14	15
<i>Nephtys</i>											
<i>Diopatra</i>				4			18		1		
<i>Glycera alba?</i>				3	1				6		2
<i>Telepsanus costarum?</i>					45				2		
<i>Ancistrosyllis</i>						68	2		2		
<i>Scoloplos</i>						10	15		2		
<i>Artida</i>						2					
<i>Polynoidae</i>						6			1		
<i>Glycera</i>						4	4				
<i>Priospio pinnata</i>						4					
<i>Hesionidae sp. A</i>						1					
<i>Poectrochaetus</i>							1				
<i>Owenia fusiformis</i>							1				
<i>Terebellidae</i>							1				
<i>Cirratulidae</i>							1				
<i>Chrysopetartidae</i>							1				
<i>Polydora</i>							16				
<i>Priospio cirrifella?</i>							1				
<i>Nereidae</i>							1				
<i>Priospio marginatus?</i>							1				
<i>Spionidae</i>							1				
<i>Paraonis</i>							1				
<i>Capitellidae</i>							1				
<i>Hesionidae sp. B</i>							1				
<i>Marphysa</i>								35			
<i>Fubia</i>					1,500				2		
<i>Musculus senhousia?</i>									1		
<i>Soler sloani?</i>									2		
<i>Macoma</i>									2		
<i>Lucinidae</i>									2		
<i>unknown</i>									1		1
<i>Modiolus</i>									2		1
<i>Tapes</i>									2		
<i>Nuculanidae</i>										1	13
<i>Stenothya</i>											3
<i>Shrimp</i>							3				
<i>Amphipoda</i>						4					
<i>Brittle star</i>									5		
<i>unknown</i>						55	18		13		
<i>Sea anemone</i>						1	1				
<i>Species</i>						11	29		15		6
<i>Individuals</i>						127	127		42		22
<i>Biotic index (Individuals/Species)</i>						14.3	4.3		2.8		3.6
<i>% of individuals</i>						62.0	51.9		40.4		9.0
<i>Polychaeta</i>						0	0		16.6		81.8
<i>Mollusca</i>						2.5	14.1		11.9		0
<i>Crustacea</i>						0	0		0		0

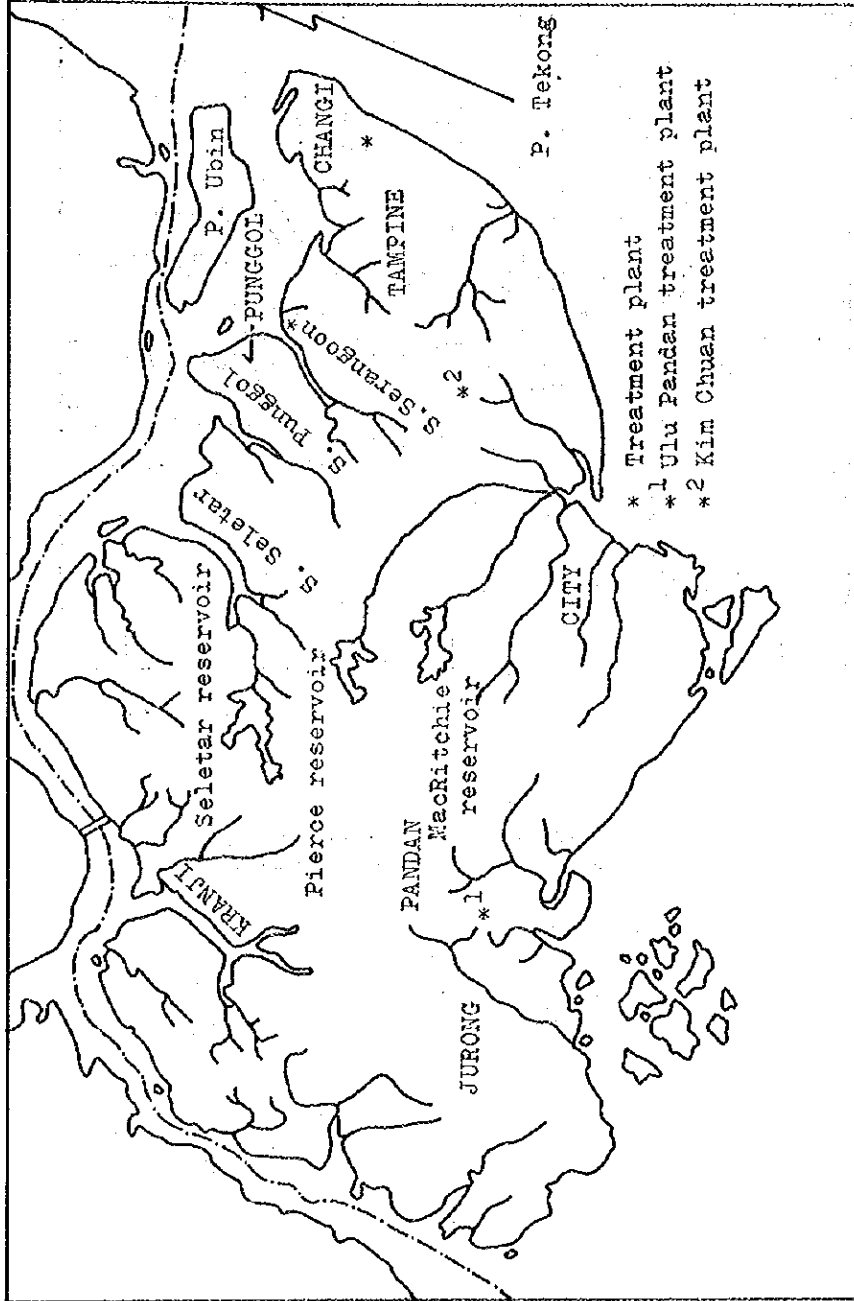


Fig. 1. Singapore

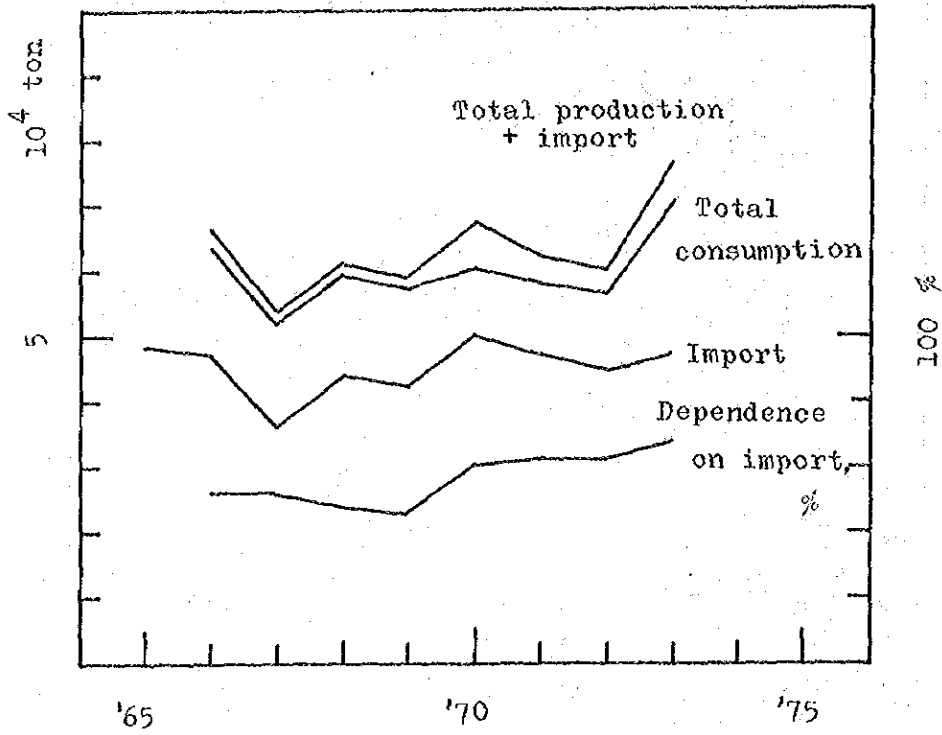


Fig. 2-1. Production, import, and consumption of fishery product, and dependence on import

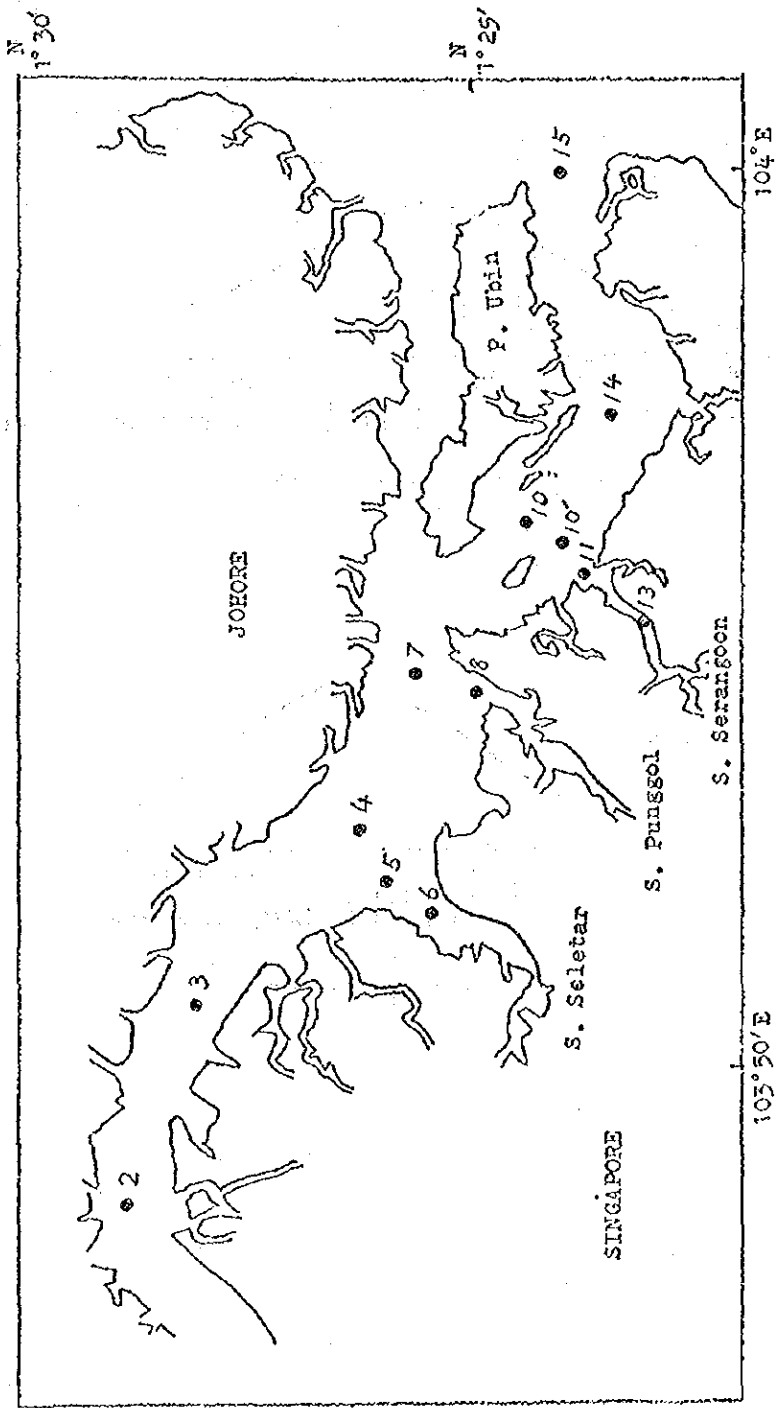


Fig. 3-1. Stations of observation

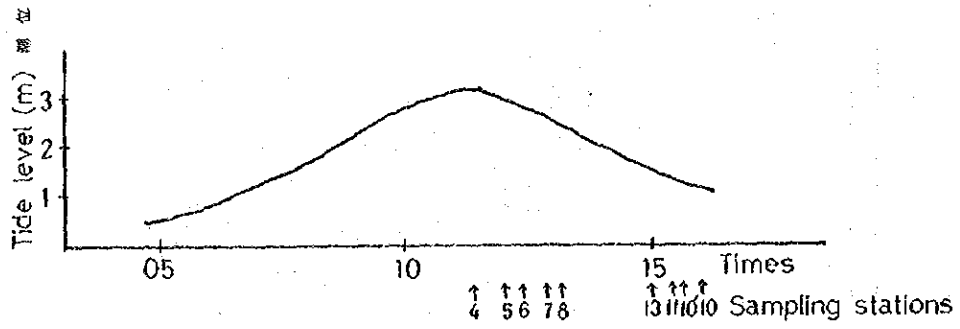


Fig. 3-2. Observation time and tide level on Sept. 5th

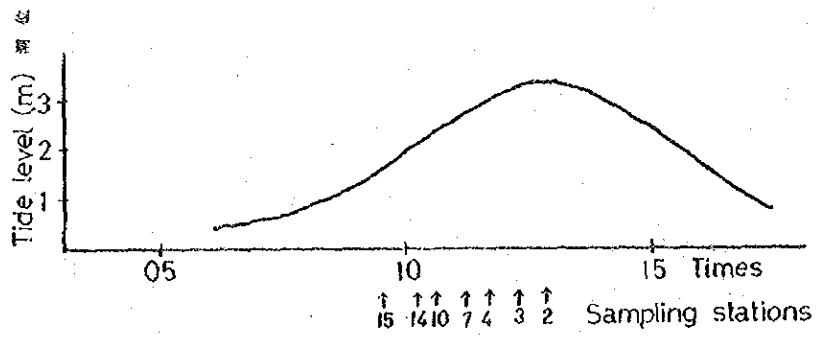


Fig. 3-3. Observation time and tide level on Sept. 8th

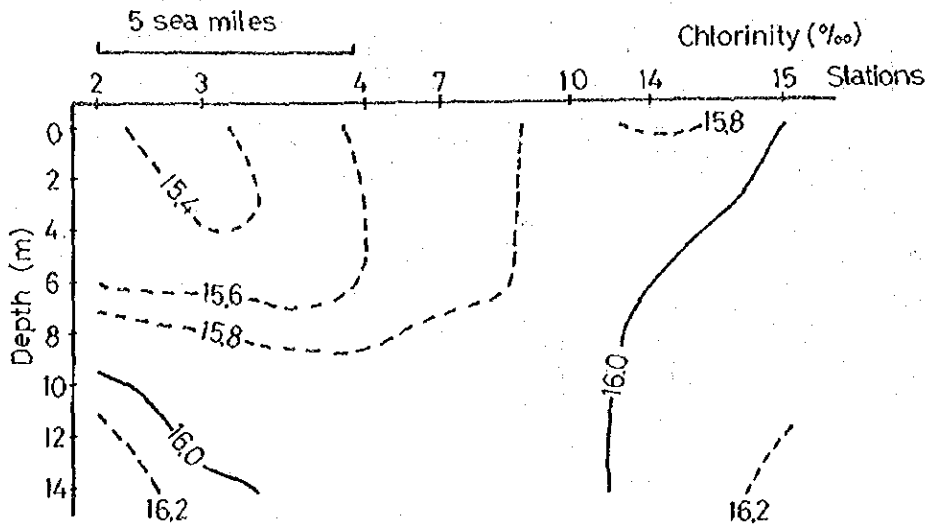


Fig. 3-4. Cross section of chlorinity

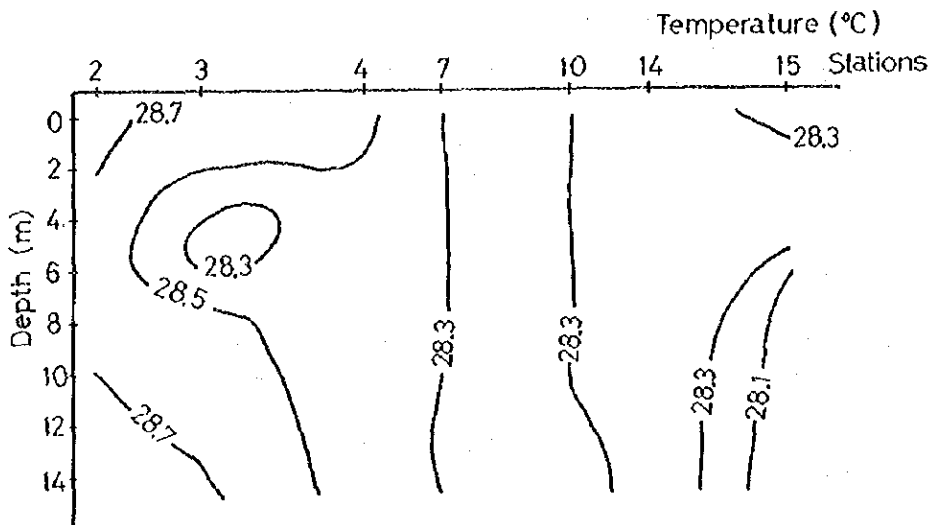


Fig. 3-5. Cross section of water temperature

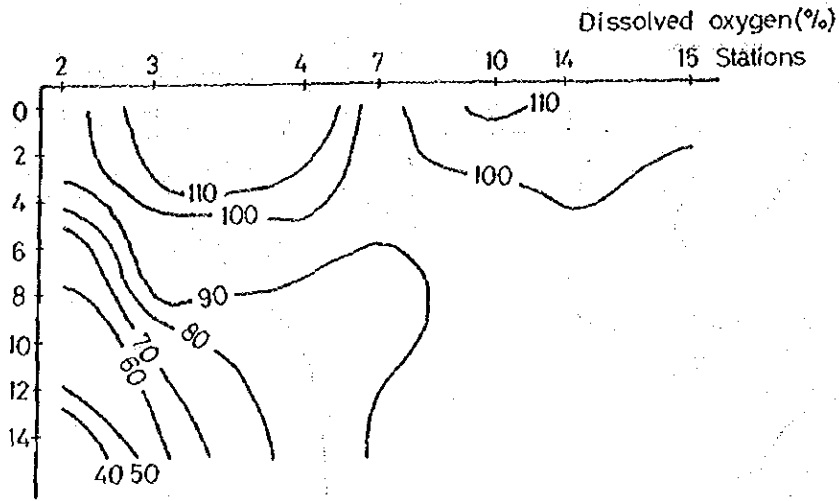


Fig. 3-6. Cross section about saturation ratio of dissolved oxygen

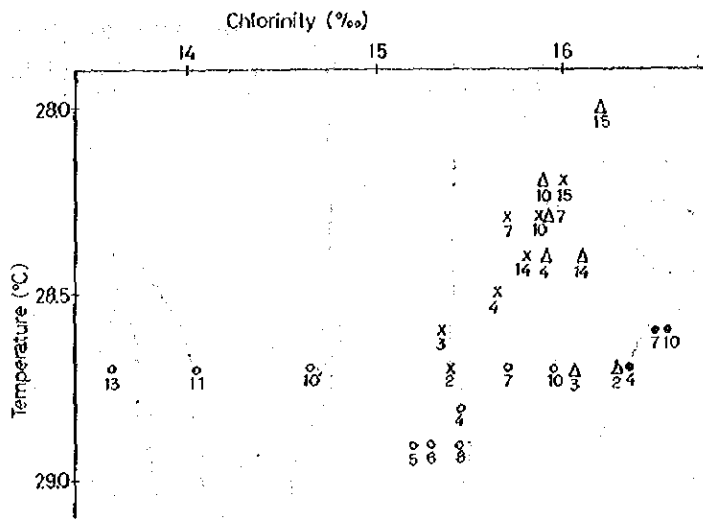


Fig. 3-7. T-Cl diagram

- Surface on Sept. 5th
- 12 m layer on Sept. 5th
- × Surface on Sept. 8th
- △ 14 m layer on Sept. 8th

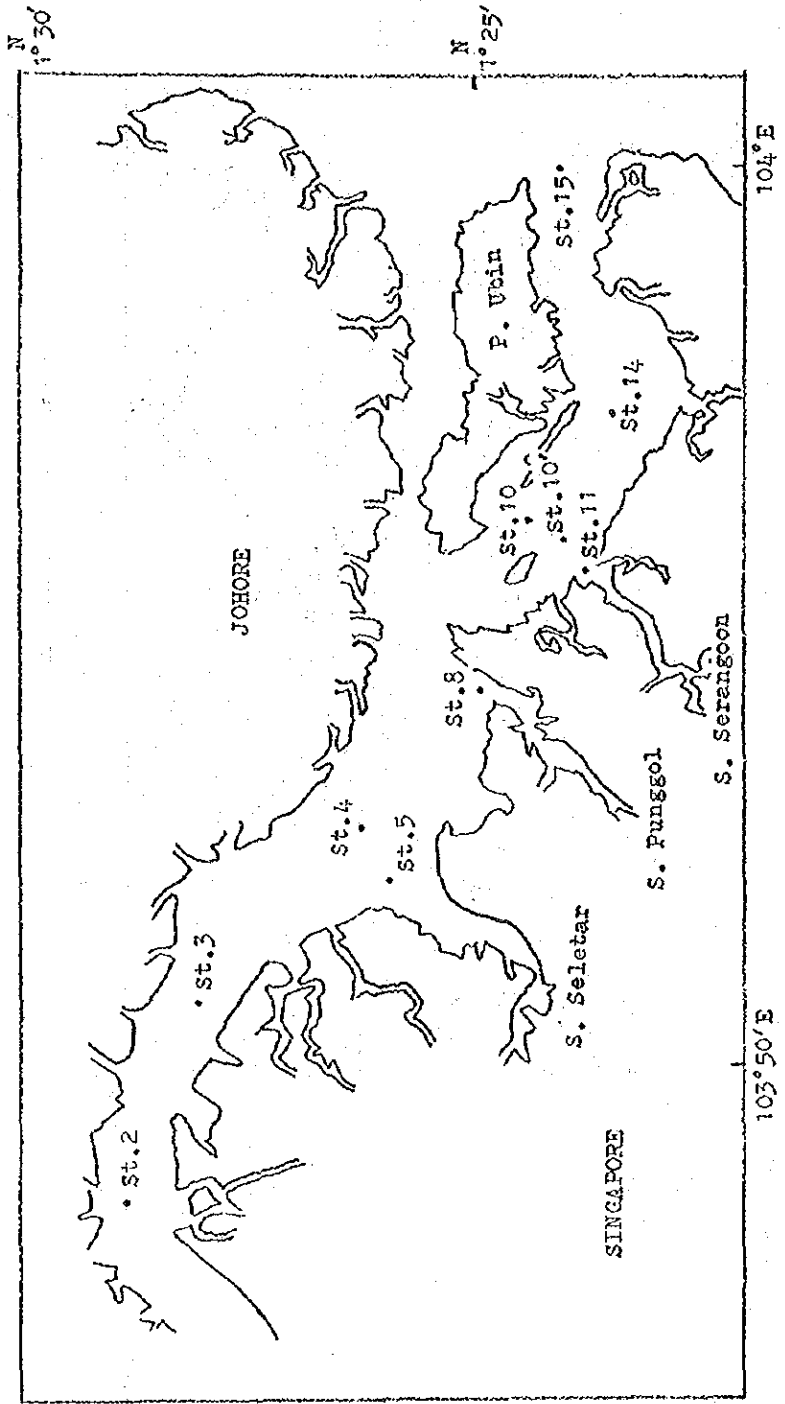


Fig. 3-8. Showing the sampling-positions of bottom fauna

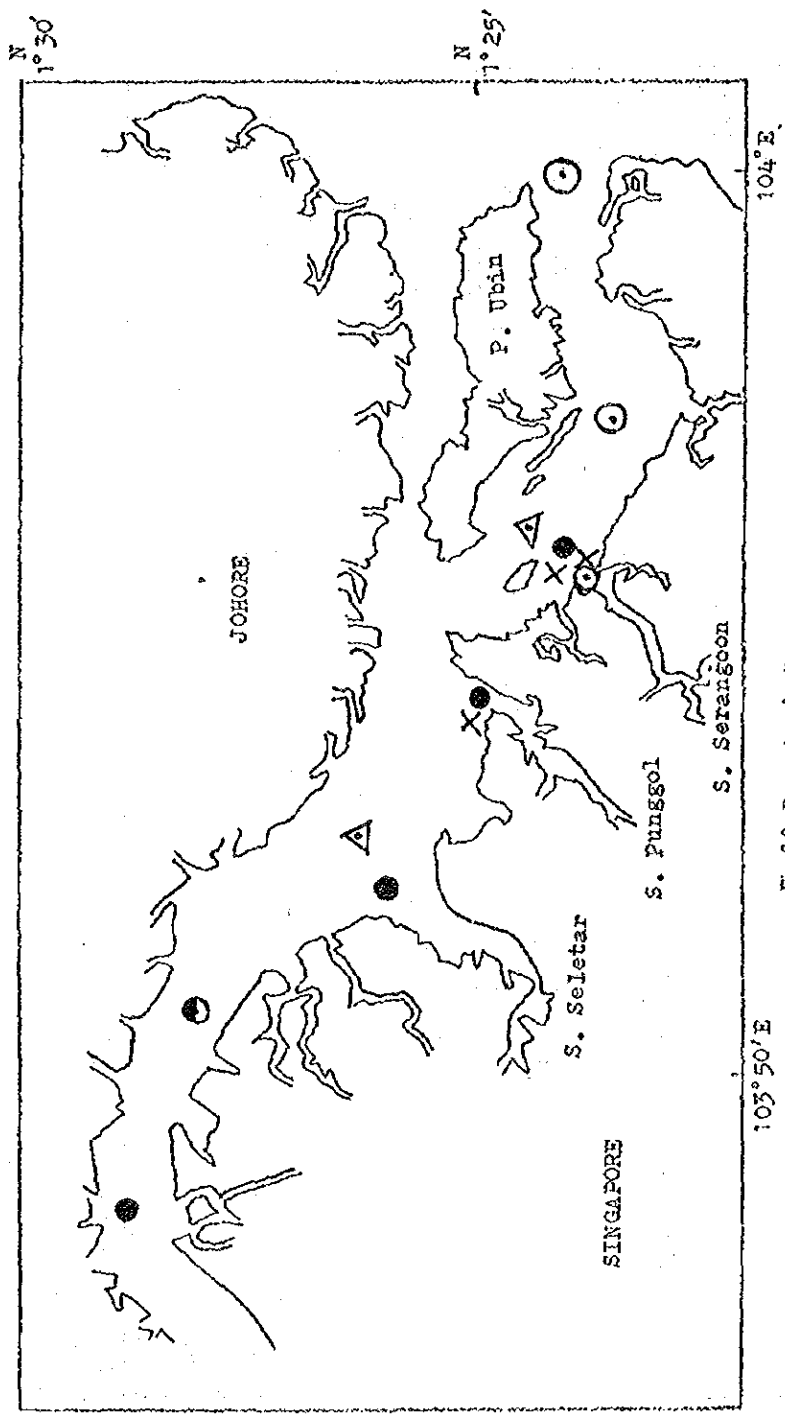


Fig. 3-9. Properties of sediments

- : Mud.
- : Black (Surface) mud.
- △ : Sandy mud.
- X : Fumus

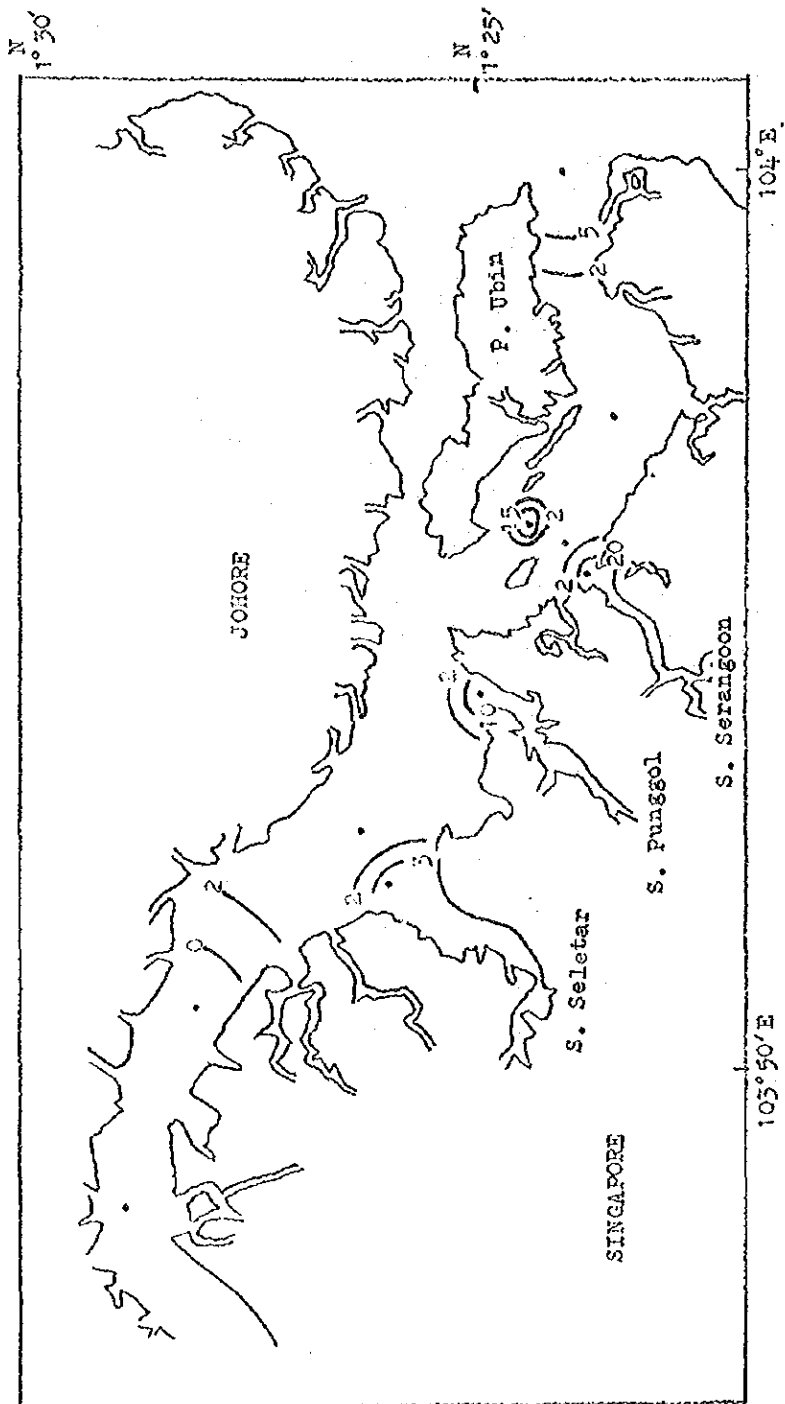


Fig. 3-10. Distribution map of bottom fauna in number of species

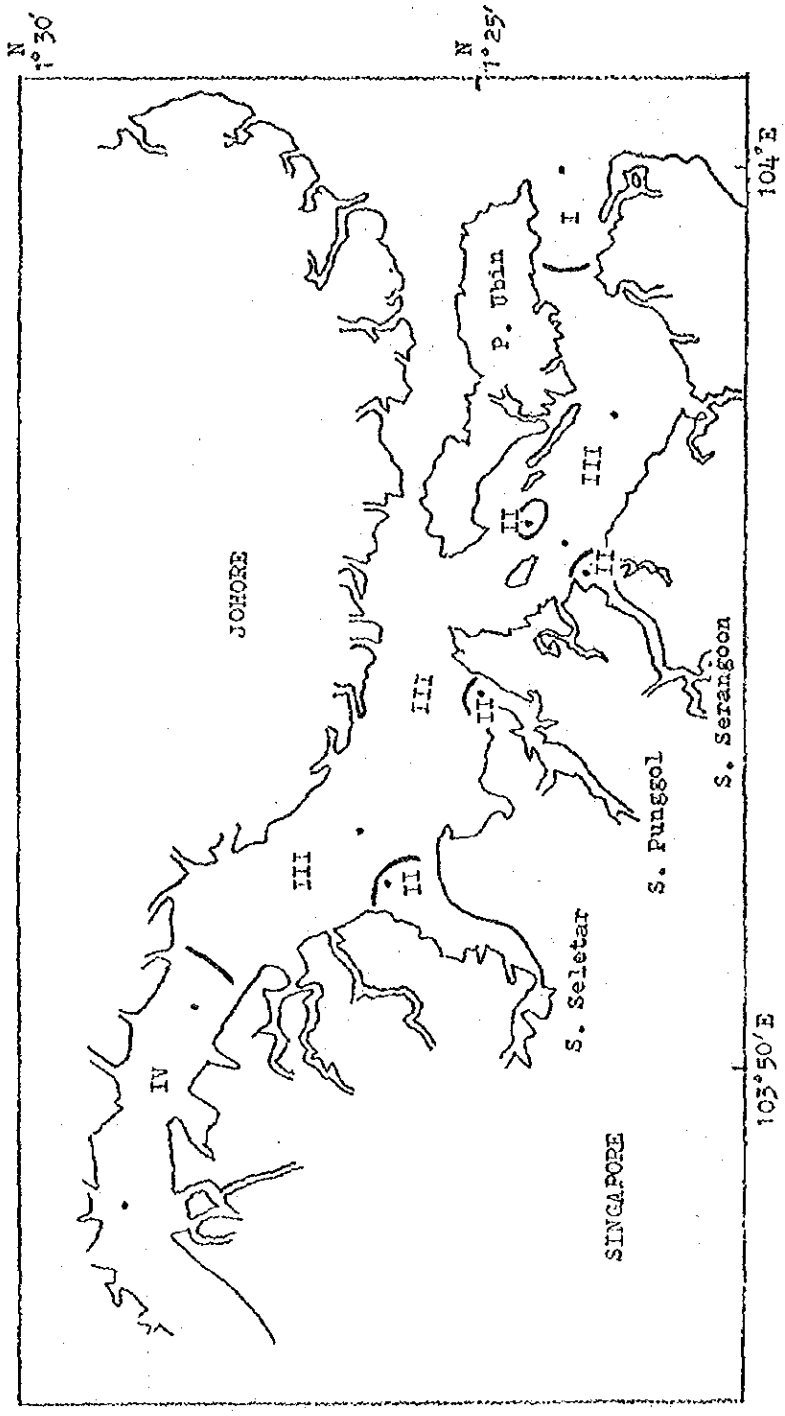


Fig. 3-11. Current status of pollution viewed from benthic communities

- I : Healthy region,
- II : Eutrophic - Supernutrited region,
- III : Polluted region,
- IV : Azolec region

