

$$- : V_n = V \cdot \left(1 - \frac{P}{V+P}\right)$$

$$\dots : V_n = V \cdot \left(1 - n \frac{P}{V}\right)$$

$$\left. \begin{array}{ll} 1 : P/V = 1 & 3 : P/V \div \frac{1}{4} \text{ (小田和湾)} \\ 2 : P/V = \frac{1}{3} & 4 : P/V \div \frac{1}{5} \end{array} \right\} \text{ の場合}$$

第3図 n 潮後における残存湾内水量 (V-1 とした場合)

4 あとがき

本報において、研究の全貌を記載せず(3)で終わっているのは、これらの一連の研究結果を東海区水産研究所漁場海況概報(特別号)に毎年1回報告をしているので重複を避けるためである。

2. 最近の東京内湾千葉県沿岸部における水質について

海老原 天 生 (千葉県内湾水産試験場)

1. 東京湾における千葉県沿岸の概況

東京湾に臨む千葉県沿岸線は浦安から富津までその距離約76Kmで、かつて広大な干潟を形成し、ノリ、アサリ、ハマグリ等全国一の生産を誇っていた。昭和25年に千葉市南部の埋立地に川崎製鉄が、昭和29年には隣接地に東京電力千葉火力が建設されたのを端緒として、30年以降は我が国経済成長伸展の波に乗って埋立による工場造成が盛んになり、昭和35年度までに、1684ヘクタールの工場敷地が造成され、これに60企業の進出がみられた。更に44年度に

は造成面積5,305.2ヘクタール(1,592万坪)となり企業数も、777企業と増加して、本県は我が国における有数の工業県へ仲間入りした。

なお本県の京葉工業地帯造成の最終目標年度は昭和60年度で、造成予定面積は15,400ヘクタール(4,660万坪)である。企業の進出にともなって人口増加もはげしく、本県の人口は昭和30年2,205千人、35年2,306千人、40年2,702千人、45年3,365千人と増加をみたが、その大部分は東京湾沿岸特に中部、北部に集中している。近郊整備地帯のみの人口をみると昭和35年には1,230千人と全県の殆強であったが、40年1,680千人、45年2,400千人と殆強に達し、この10年間に約2倍に増加している。

これら企業の進出と人口の増加は廃水処理施設、下水処理施設の未整備も加わって当然水質の汚濁傾向をまねき、漁業生産はもちろん、沿岸住民の生活環境にも変化をもたらした。

2. 調査概要

当場における東京湾の水質調査は昭和22年9月からイワシ資源調査の一環として、沿岸部の海洋調査を月1回実施したことにはじまる。昭和23年からは浅海漁業の指導指標とするため、沖合点を5点加え、更に昭和27年からは沿岸10点、沖合15点とし奇数月1回、年6回とした。昭和31年からは水質の分析項目も増加し、ほぼ現在の調査体制に近いものになった。その後東京湾における水質汚濁傾向を把握する目的もあって、調査回数、調査点、分析項目、分析方法等に多少の変更を加え、昭和41年8月からは神奈川水試金沢分場と共同調査体制をとり、今日に至っている。

3. 調査方法

1) 調査点

昭和45年度の調査点は第1図のとおり、沖合21点、沿岸14点、計35点で、このうちSt.10からSt.14と、St.19からSt.23までの10点について、金沢分場で担当している。

2) 調査回数

沖合点 毎月各1回 年12回

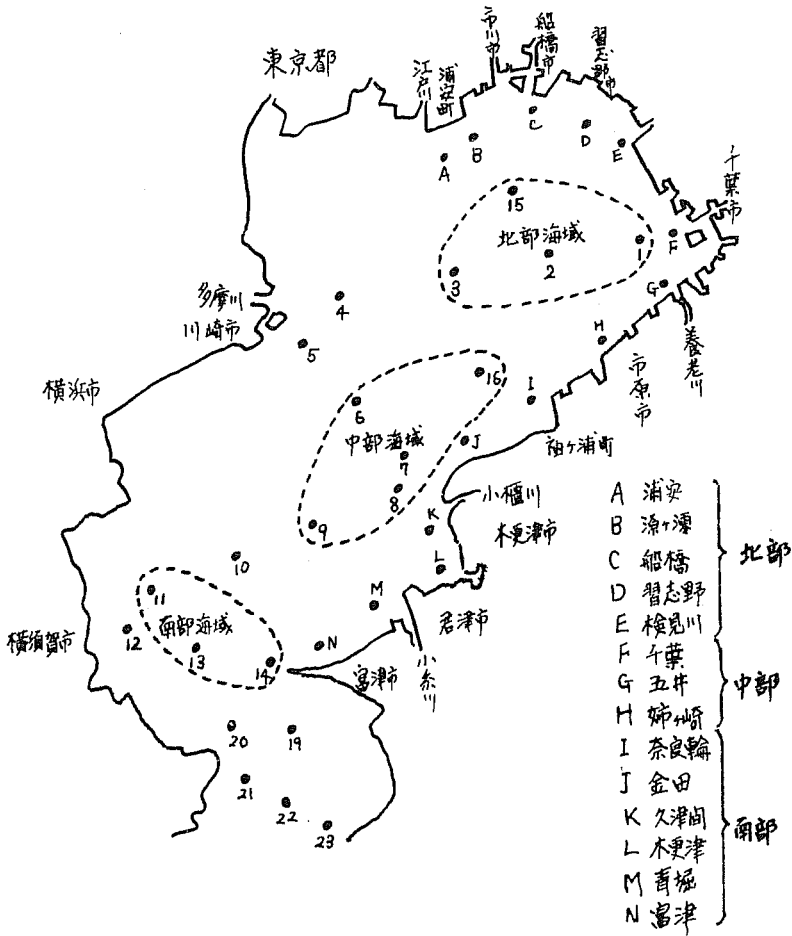
沿岸点 2月、4月、6月を除いて各月1回年9回

3) 調査項目

天候、気温、風向、風力、水色、透明度、波浪、水温、pH、塩素量、溶存酸素量、C.O.D. Ammonia-N、Nitrite-N、Nitrate-N、Phosphate-P、Silicate-Si

4) 分析方法

塩素量—海洋観測指針改良法(試水5ml)



第1図 海洋調査地点 (昭和45年度)

溶存酸素 - 窒化ナトリウム変法

C.O.D. - 佐伯法 (試水はガラスフィルター17G3でろ過)

Ammonia - N ネスラー法 (昭和45年10月からインドフェノール法)

Nitrite - N 海洋観測指針

Nitrate - N ミウーリン、リンレイ法

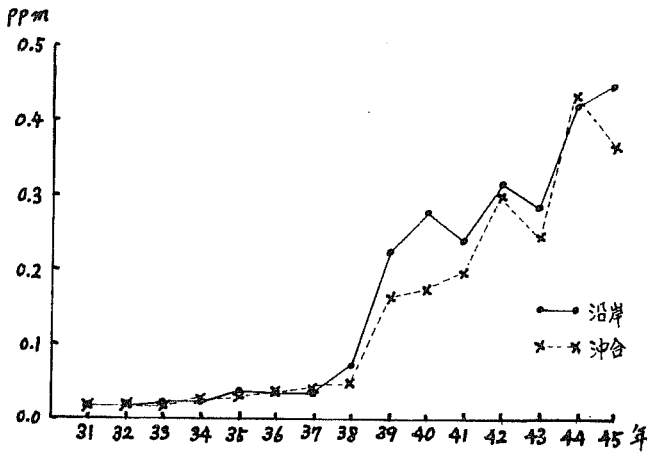
Phosphate - P 海洋観測指針

Silicate - Si //

4. 経年変化

1) Ammonia-Nの経年変化

昭和31年から45年まで15年間の年間平均値（沿岸は上下層平均、沖合は表層のみ）を第2図に示した。昭和39年からの急激な増加は昭和38年10月に分析方法をウィッチング

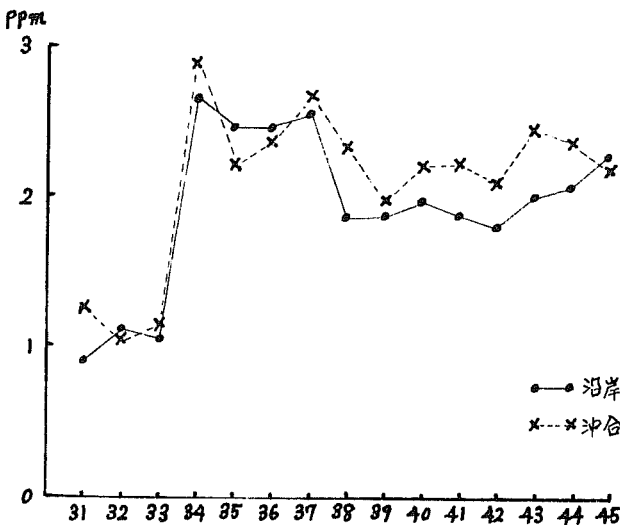


第2図 Ammonia-Nの経年変化

法に変えたため（昭和40年5月から45年9月まではネスラー法）である。分析法の相違による測定値を比較検討した場合、昭和38年以前のAmmonia-Nの含有量は、55 r/Lから100 r/Lに相当するものと思われるので、最近の10年間に4倍から8倍に増加し、沿岸平均値は500 r/Lに近づいている。Ammonia-Nの分布が都市周辺部に多いことから生活廃水による有機汚濁の増加傾向を示すものと思われる。

2) CODの経年変化

第3図によると昭和34年からの急激な増加がみられるが、その原因はこの頃から赤潮の発生が多くなったためと思われる。



第3図 CODの経年変化

昭和40年7月からプランクトンの影響を除くため、試水をガラスフィルターでろ過したが、その後は横ばい状態で現在まで殆んど増加がみられな

い。しかし昭和30年代初期に比べると2倍以上の増加を示している。最近の鈍化は、工場廃水の規制強化と自浄作用による効果と思われる。

5. 東京湾の漁業生産量

進出企業及び沿岸人口の増加に伴ない、湾内に流入する汚廃水も増大悪化し、これによる水質変化や、埋立工事による沿岸漁場、漁民の減少ならびに地形、底質等棲息環境の変化にともなって漁業生産量及び漁獲種類に変動がみられる。

農林省千葉統計調査事務所の実施した、東京湾地域（浦安漁業地域から富津漁業地域）魚類別漁獲量累年統計調査（属人）によると第4図-1から第4図-4のとおりである。

1) 総数

埋立工事が本格的に始められた、昭和35年から、昭和44年までの10年間の総数、貝類魚類、その他の水産動物の累年漁獲量を第4図-1に示した。昭和35年における総漁獲量は10万トンで（これは34年以前に比べても最大量を示している）その後徐々に減少し、昭和42年からほぼ6万トン程度を維持している。

総数の中では貝類が70%から95%と最も高い比率を示し、特に40年以降において、この傾向が顕著である。

2) 魚類

魚類の占める割合は総数の3%から10%で43年にマイワシが、3,477トンと大量に漁獲され、その後は2,000トンないし3,000トンとやや下降気味である。このうち外海性又はこれに準ずるソウダガツオ、サメ類、ウルメイワシ、マダイ、サワラ類、シラ類等は36年ないし39年以降、殆んどその姿をみなくなり、これに反して、内湾性の強い、カレイ類、ボラ類は殆んど変化がなく、スズキ類は逆に増加傾向がみられる。

その他の水産動物は甲殻類とイカ、タコの類が主体で43年まで1,000トン前後あったものが44年は急激に減少している。

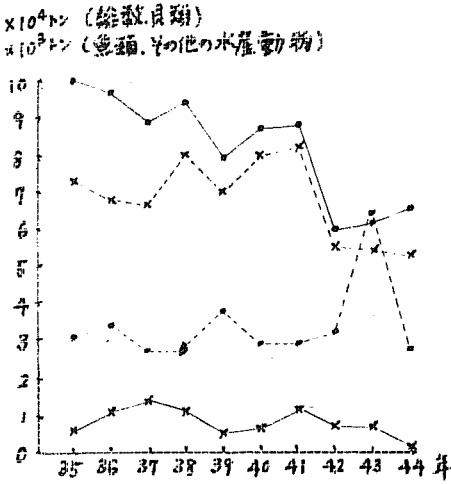
3) ノリ

内湾漁業の中で最も生産金額の多いノリの生産量は、第4図-2の通りである。34年以前の生産高は3億枚から6億枚であったが、35年の大豊作時には、11億8千万枚に達し、38年の大凶作年には1億7百万枚に低下した。

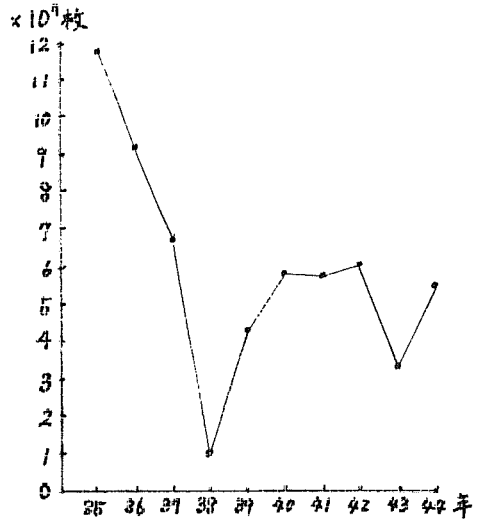
その後はノリ種網の冷凍保蔵や沖合でのベタ流し養殖等、新技術の導入と普及により、漁場面積が約以下に減少したにもかかわらず、5億枚から6億枚の生産をあげている。

ノリ養殖期は9月から翌年4月にかけてであり、水質が比較的安定した時期に肥沃な海水を利用して品質の良いものを生産している。

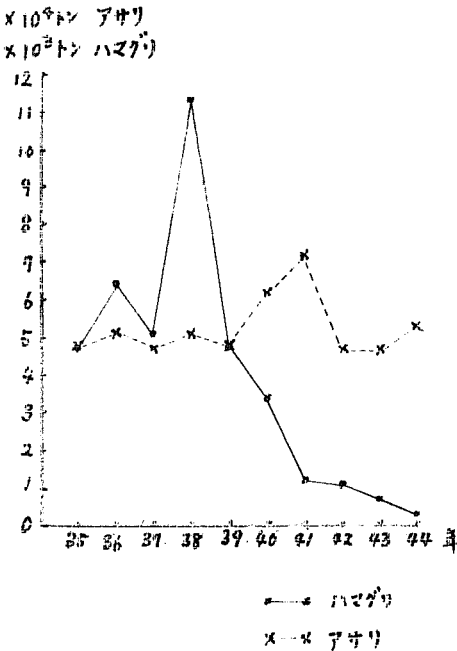
なお年内早期には例年病害の発生が見られるが、被害の軽減、回避には、種網の冷蔵技術が大きく貢献している。



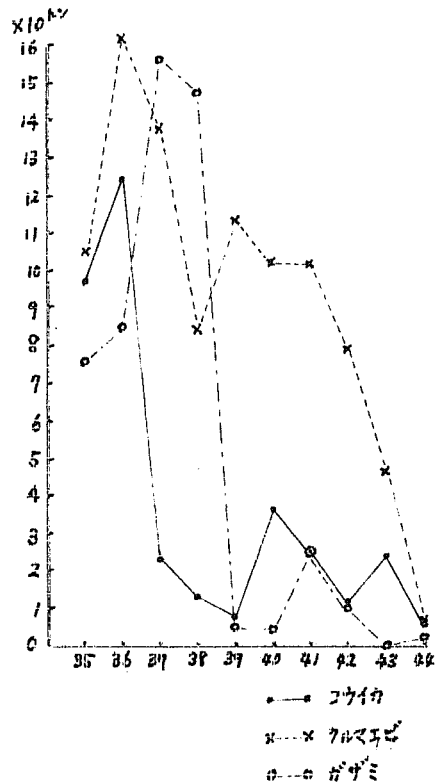
第4図-1 東京湾漁獲統計



第4図-2 東京湾ノリ生産統計



第4図-3 東京湾貝類生産統計



第4図-4 東京湾甲殻類・コウイカ漁獲統計

4) 貝類

沖合性の貝類は、湾奥部の夏季における底層無酸素層の形成のために、生産量が著しく減じたが、干潟にあって海水の交流が良く、比較的赤潮や底層無酸素水塊形成の影響が少ないアサリは近年毎年1万トン程度のへい死がみられ、漁場面積が約 $\frac{1}{2}$ に減少したにもかかわらず、稚貝の発生が良好で生育も良く、第4図-3にみられるとおり、昭和41年には過去の統計資料のなかで最高の73,000トンが生産され、その後も昭和20年代後期の約2倍にあたる5万トン前後の生産をあげている。

これに反して、アサリよりやや沖合で養殖されるハマグリは、ヒトデ、赤潮、無酸素水塊の影響によって、昭和32年の13,600トンを最高に40年代に入って急速に減少し、毎年発生する被害による養殖意欲の減退もあって、昭和44年は、334トンとなった。

5) その他の水産動物

前述のとおり、イカ、タコ類、甲殻類の漁獲量は甚だしい減少を示し、コウイカ類は、昭和31年に300トンの漁獲がみられたが、藻場等産卵場の減少、及び水質的な理由によって、昭和37年から急激に減少し、第4図-4のとおり、昭和44年は5トン強の漁獲にとどまっている。ガザミは昭和39年から急激に減少して、43年53Kg、44年2,474Kgと殆んど壊滅的である。内湾性の強いクルマエビは、昭和40年までは、ほぼ100トン以上の生産を保っていたが、稚仔期の生育場である干潟の減少と、沖合底層水質及び底質の悪化により、42年から生産量が順次低下し、44年には僅かに6,786Kgの漁獲にとどまった。

6. 水質季節変動

最近5カ年間に於ける沿岸部を第1図により北部、中部、南部に分け、月別のC.O.D.、表層酸素飽和度、底層酸素飽和度、Ammonia-N、Nitrite-N、Nitrate-N、Phosphate-P、Total-N(DO以外は、上下層平均値)を第5図-1(1)から8)に、沖合部(表層)を第5図-2(1)から8)に示した。

1) 沿岸部

i) C.O.D.

海水汚染指標の一つであるC.O.D.は夏期に高く、冬期に低い顕著な季節変動がみられ、7月、8月又は9月に最高値を示す。北部が最も高く、最高値は3ppmから4ppmで、最近5カ年間に於ける変化は余り認められない。中部、南部はほぼ同じ値で、最高値は2.5ppmから3.5ppmとやや増加の傾向がみられ地域差は減少の傾向にある。

冬期では地域的な差異が少なく、41年から45年までの5カ年間に1ppmから1.5ppmをいし2ppmと増加傾向がみられる。夏期における増加は陸水と試水をろ過しているとけいえプランクトンが被酸化性物質として、関与しているものと思われる。

ii) 酸素飽和度

表層では昭和43年以降の夏期に190%から270%と過度の過飽和状態にあり、プランクトンの同化作用が活発に行なわれたことを示しているが、冬期は100%程度と正常である。

底層では南部を除いて夏期の成層期に著しい低下がみられるが、北部及び中部は、埋立にともなう浚渫工事によって沿岸部の水深が10m以上に深くなったため、底層水質、及び底質汚染の影響を受けて、沖合部と同様に無酸素層を形成するためである。冬期は上下混合が活発に行なわれるため、表層同様100%前後と正常な値を示す。

iii) 窒素化合物

窒素化合物が磷酸塩、珪酸塩などの栄養塩類とともに、植物プランクトン増殖に関与し、一般的に外洋域では珪藻類の繁殖が盛んになる春に低下し、夏に最低値を示し、秋に増加して冬期に最高値を示すものであるが、内湾水では、陸からの流入や、プランクトン等海産生物からの供給に影響されて、これと異なる季節変動がみられる。

東京湾のアンモニア態窒素は冬期と夏期に高い双峯型で、34年夏のピークは比較的低かったが、44年夏期の最大値は冬のそれを大きく上まわり、夏期における陸水の影響が大きくなってきているものと思われる。地域的には中部地域の増加が目立ち、43年45年共、北部を上まわり、この地域の急速な都市化、工業化によるものと思われる。

亜硝酸態窒素は、アンモニア態窒素の $\frac{1}{10}$ 以下で、それほど季節変動は大きくないが、アンモニアと同じ傾向を示している。

硝酸態窒素も類似した傾向でアンモニア態窒素の $\frac{1}{2}$ 程度を示し、地域的な差異は少なく、年々増加の傾向がみられ、夏の最大値はそれほど高くない。硝酸態窒素はアンモニアのそれらに比べて珪藻等のプランクトンによる消費が大きいと思われる。

アンモニア、硝酸、亜硝酸態の窒素を全窒素として第5図-1-8)図に示したが、大部分はアンモニア態のものであり、これと同じ傾向を示している。

IV) 磷 酸

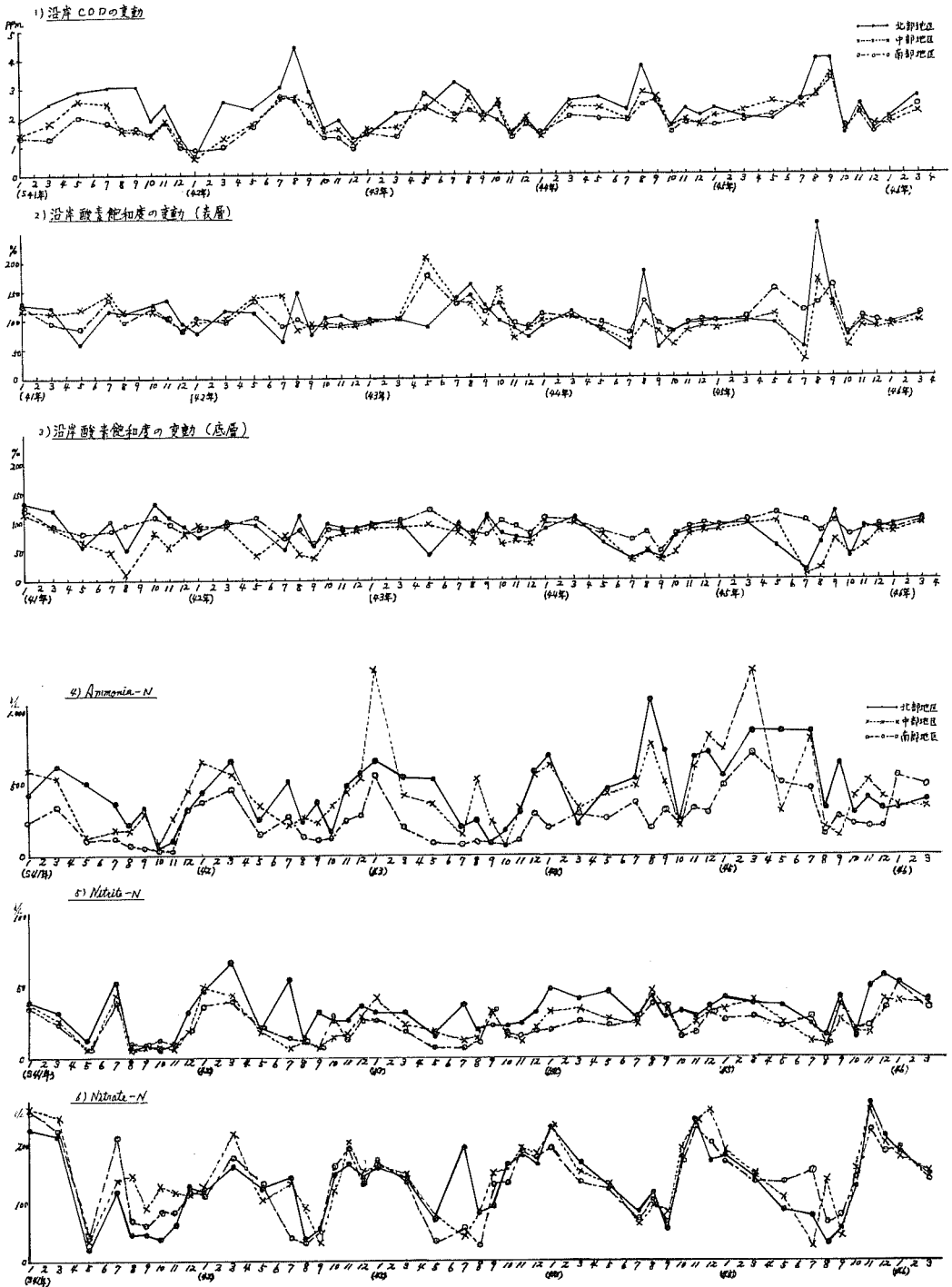
磷酸態磷は春から夏にかけて増加し、7月から9月に一たん減少して再び秋に増加して、冬から春先にかけて、最小値を示す、双峯型の変動がみられる。窒素類との位相のずれは、供給量と消費量とのバランスの違いや、有機物からの循環速度の相違によるものと考えられ全般的に増加傾向がうかがわれる。

2) 沖合部

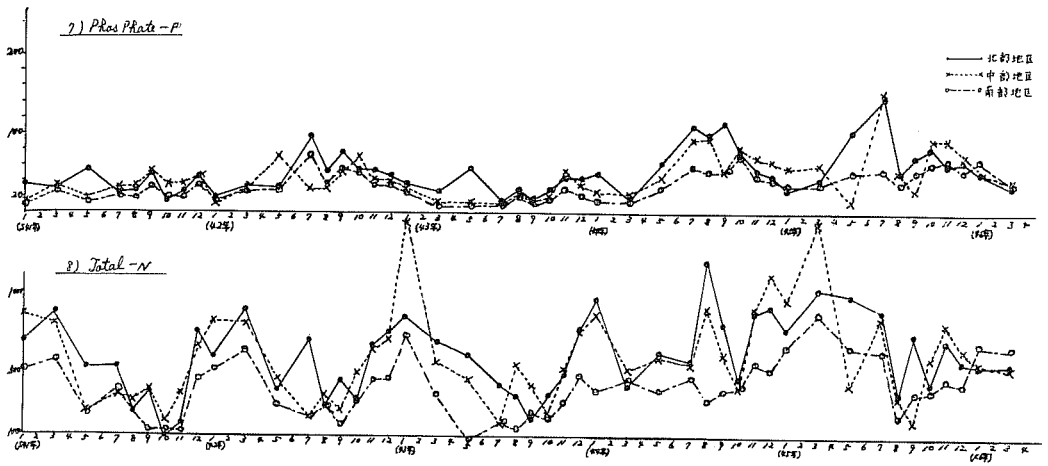
沿岸部に似た変動がみられるが、C.O.D.及び栄養塩類は表層の平均値で示したため、又底層酸素飽和度は水深が10m以上であるために季節変動はより顕著に現われている。

i) C.O.D. の変動

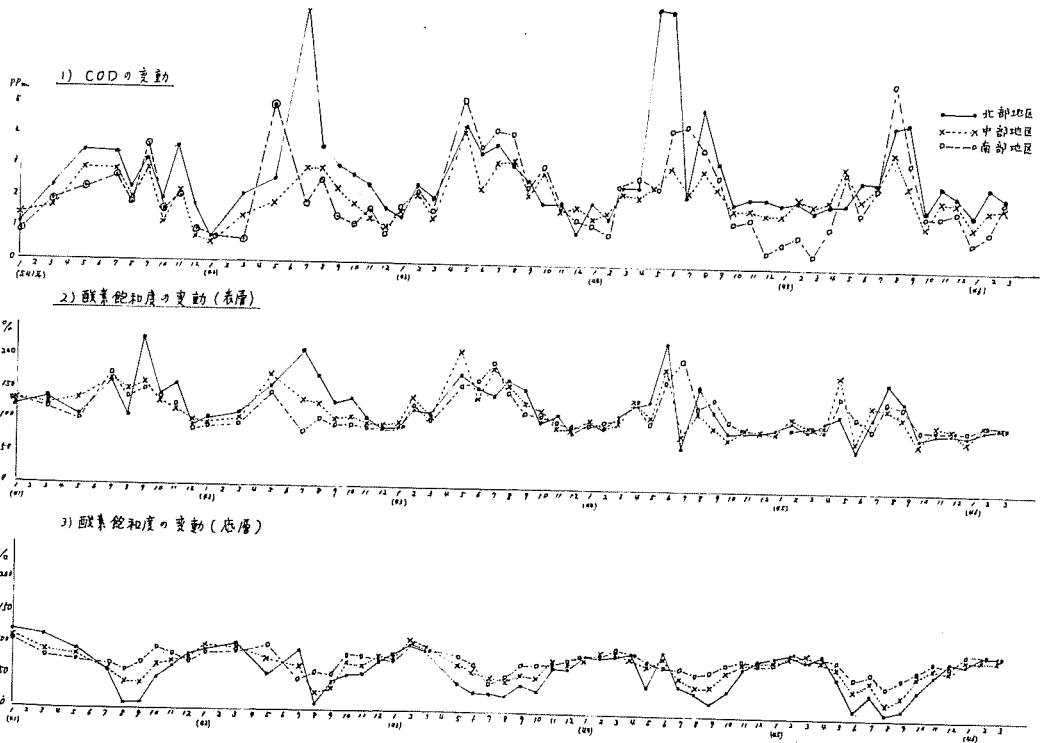
昭和42年、44年の7月および5月、6月の北部は8ppm前後を示し、これについて42年から南部地域で夏期に5ppmから6ppmに達しており、比較的清浄であった南部地域における汚染の急速な進行が認められる。冬期は0.5ppmから2ppmであるが経年



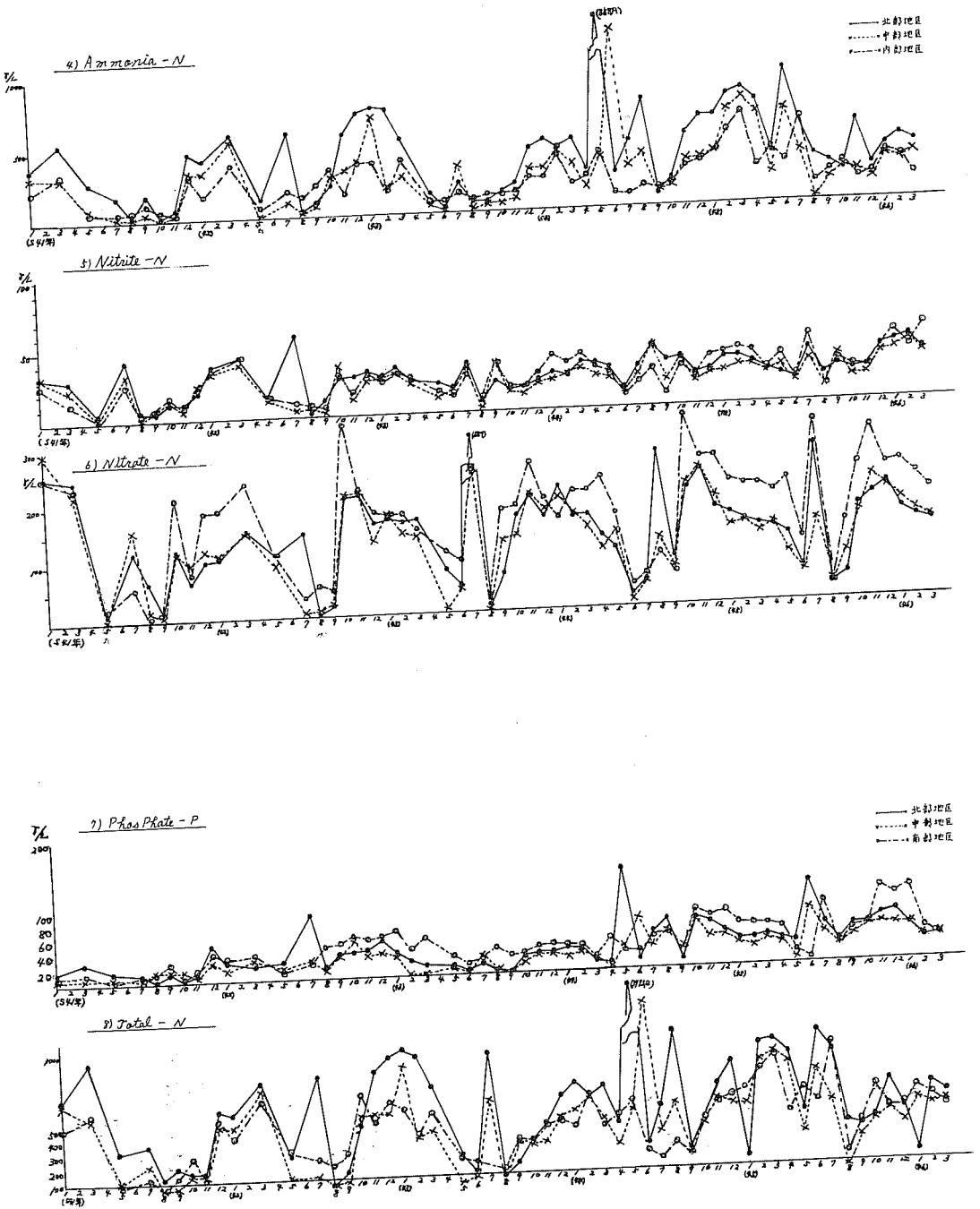
第5図-1 水質季節変動 (沿岸)



第5図-1 水質季節変動 (沿岸)



第5図-2 水質季節変動 (沖合)



第5図-2 水質季節變動(沖合)

増加がみられる。

ii) 酸素飽和度

表層と底層では逆の変動を示し、北部海域の夏期における底層溶存酸素の飽和度に極端な低下がみられる。又45年6月から無酸素状態となり底層無酸素層の形成期が早まり、長期間継続する傾向がみられる。

iii) 窒素化合物

アンモニア態窒素は、北部地区が高く、45年5月には3.889 $\mu\text{g/L}$ を示し、次が中部地区で、南部地区は比較的低い値を示す。

亜硝酸態窒素は沿岸部と殆んど変わらず、硝酸態窒素では上下の差が沿岸部に比べて大きい。全窒素は沿岸と同様アンモニア態窒素と同じ傾向を示す。

iv) 燐酸

沿岸に比べて一般的に低いが、5月から7月にかけて北部地区でかなり高い値を示す。

7. 水質分布

昭和45年度の夏期と冬期の水質分布を比較するため、45年8月と46年1月の塩素量、酸素量、酸素飽和度、C.O.D、アンモニア態窒素の平面分布と断面分布を第6図-1から第6図-4及び第7図-1から第7図-4に示した。

1) 昭和45年8月の水質分布

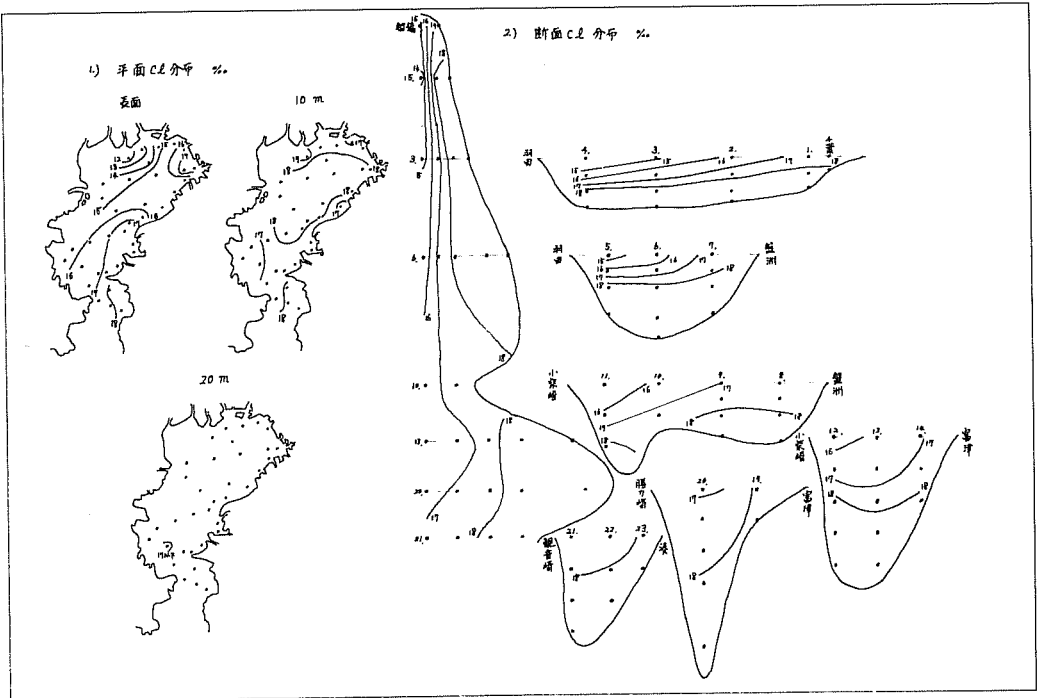
i) 塩素量

江戸川河口沖合の表面で11‰台を示し、湾中央部で16‰前後、湾口部では17‰から18‰と湾口から湾奥の品川湾寄りに向って塩素量の減少がみられるが、この地区には、江戸川、荒川、中川、隅田川、多摩川等、大河川が多く、これによる影響とみられる。千葉市地先は16‰～17‰とやや高鹹であるが、この海域の停滞性を示すものと考えられる。10m層（沿岸の下層を含む）及び20m層は17‰台から18‰台で変化が少なく、夏期成層期には10m以深の水は殆んど移動しないものと考えられる。

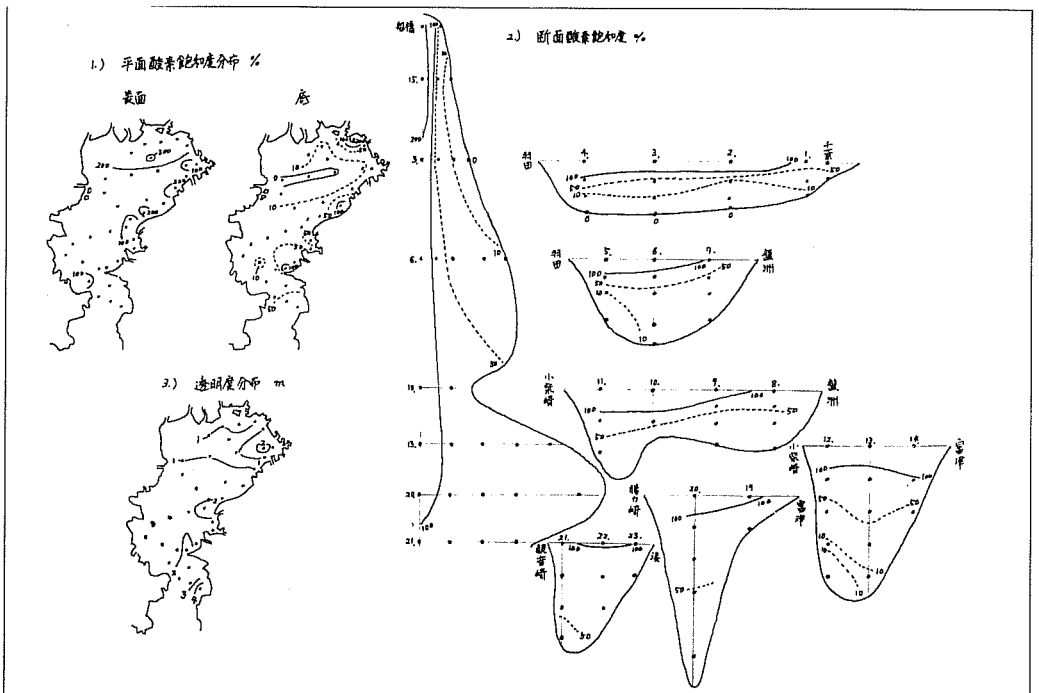
断面図からも10m以深の塩素量はほぼ均一で10m以浅では湾口で高く、湾奥で低い北低南高、千葉寄りで高く、東京、神奈川寄りに低い東高西低の分布がみられる。

ii) 酸素飽和度及び透明度

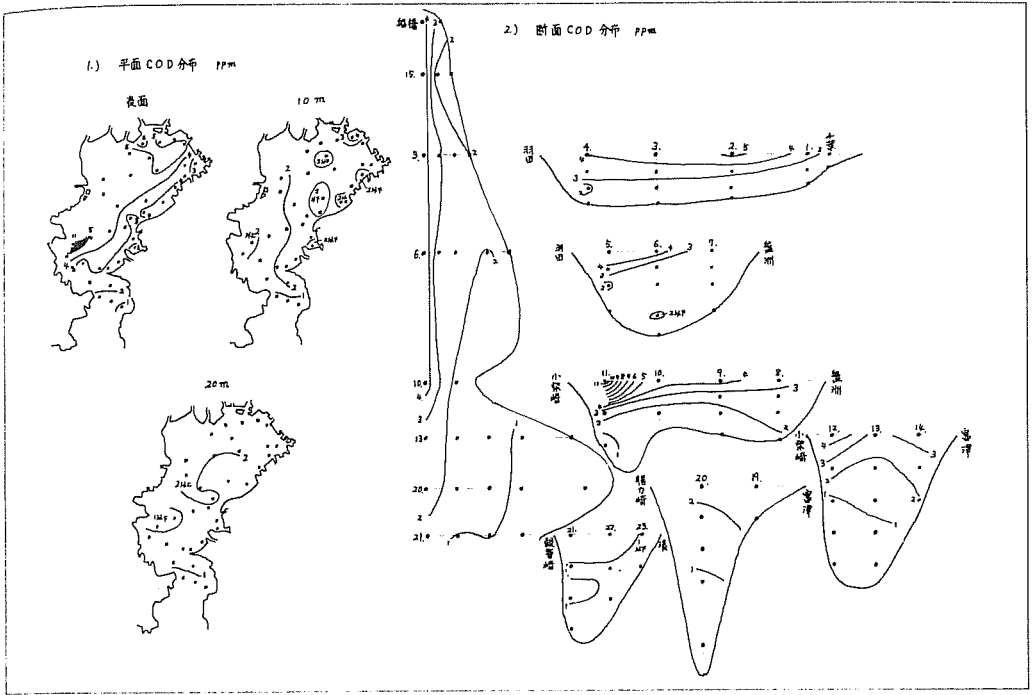
表層では100%以下のところは、ごく少なく、中部、南部で100%ないし200%、湾奥部では200%から300%と過飽和状態を示し、これに反して底層では沿岸を除いて湾の中央から北部にかけて10%以下を示し、観測点の2から4にかけては0であった。湾南部では10%から50%で、湾口部の観音崎以北で50%以上を示した。このことは湾内水の停滞と底質の汚染を示すもので、湾中部以北の沖合底層では有用生物の生棲がみられない。



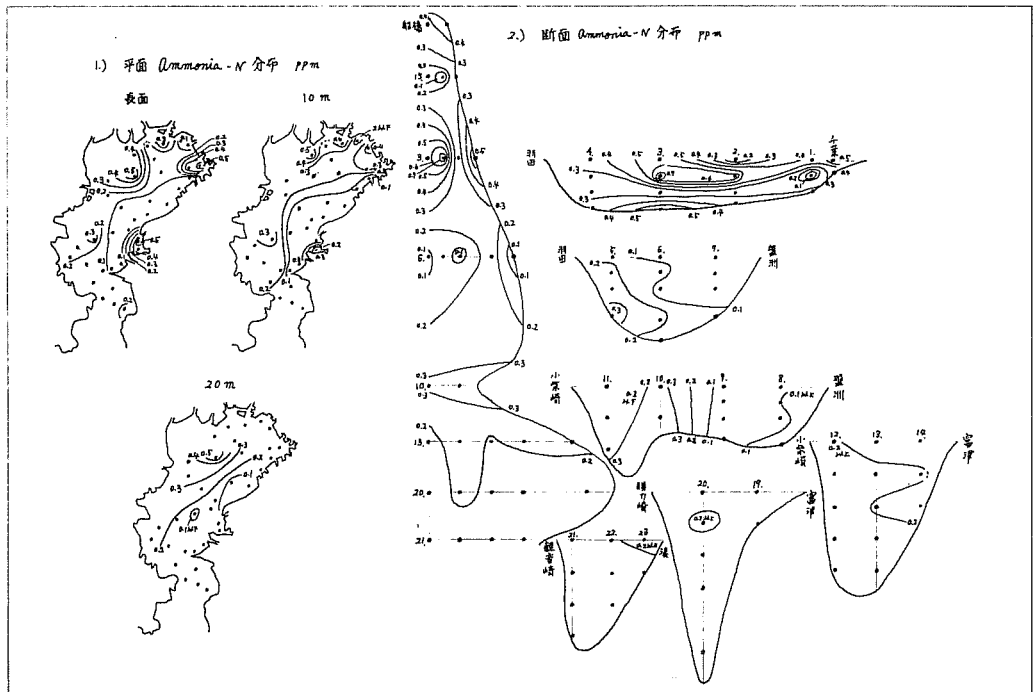
第6図-1 水質分布(45年8月)



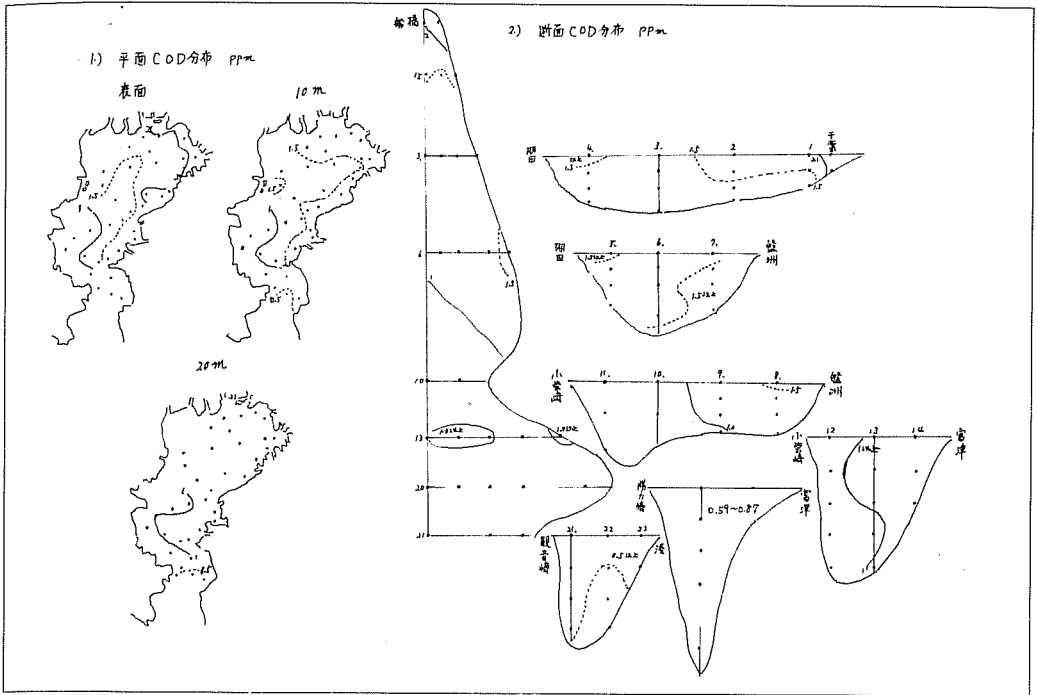
第6図-2 水質分布(45年8月)



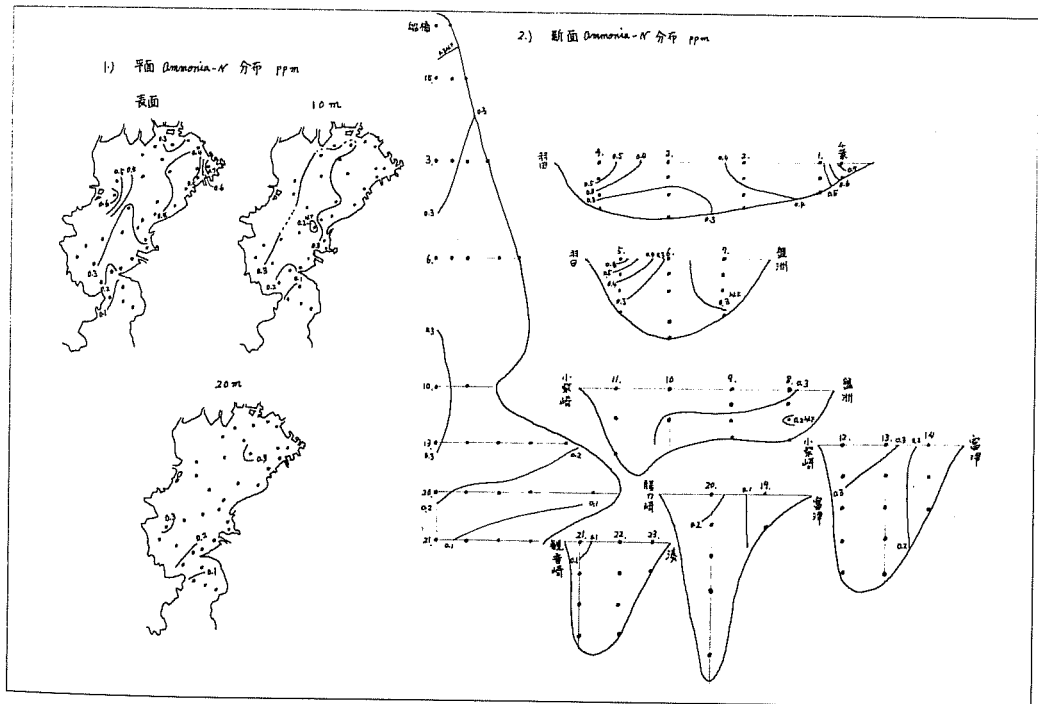
第6图-3 C.O.D.分布(45年8月)



第6图-4 Ammonia-N分布(45年8月)



第7図-3 C.O.D. 分布 (46年1月)



第7図-4 Ammonia-N 分布 (46年1月)

断面図からみて、湾内の10m以浅では殆んど過飽和状態であるが、それ以深では急速に低下して50%以下となり、湾奥部の底から10m位は10%以下を示している。酸素飽和度と一緒に図に示した透明度分布では、湾内が1mないし2m台で変化が少なく、湾口部でも2mから4m台であった。

iii) C.O.D.

C.O.D.は表面に高く、神奈川県寄りのSt.11に極めて大きな値がみられるほかは、4ppmないし5ppmで底層は1ppmないし2ppm、湾口部では1ppm前後を示した。東京都神奈川県寄りの西側と千葉県側の湾奥部及び中部地域沿岸に高い傾向を示している。

IV) アンモニヤ態窒素

表面分布からみると、東京都地先、横浜地先と船橋、千葉、及び木更津地先等、都市周辺に高い値を示すが、これらの影響が少ない場所では100 γ /L \sim 200 γ /Lと比較的低い値を示している。10m層では表面とほぼ同じ傾向を示し、20m層では、湾の北西部に高い値がみられる。

断面図からみると底層と5m層に高い傾向がみられ、表層付近は陸水からの補給と表層はプランクトンによるもので、底層に堆積した有機物や底土からの溶出によるものと考えられる。

2) 昭和46年1月の水質分布

i) 塩素量

1月の塩素量は8月に比べて全般的に高く、地域差及び上下差は少ない。流入河川水の減少、蒸発量の増大と表面水温低下による上下混合によるものである。

ii) 酸素飽和度及び透明度

多摩川河口付近St.5の表面を除いて50%以上あり、過飽和を示すのは、湾口部のSt.19の底層のみで殆んど均一な分布状態を示している。

透明度は沿岸部で2mないし3m、中央部では5mないし7mで、湾口部では5mから10m以上を示しており、陸水の流入量の減少もあろうが、主としてプランクトン量の減少によるものと考えられる。

iii) C.O.D.

8月に比べて全般的に低く、中北部沿岸部表面で2ppm台を示すほかは1ppm台で、湾口部では0.5ppmと夏期のほぼ $\frac{1}{2}$ の値を示している。

IV) アンモニヤ態窒素

都市部地先の表面でやや高い地域がみられるが、地域差、上下差は比較的少ない。

8. 底質分布

底層の比較を行なうため、昭和39年7月に行なった強熱減量、C.O.D.、全硫化物の分布を第8

図-1に、昭和45年10月の底質分布を第8図-2に示した。

1) 強熱減量

昭和39年は、沖合から西側にかけて8%から10%と高い値を示したが、沿岸部では北部中部で2%から5%、南部で1%から3%程度で比較的低い値を示した。

昭和45年では、39年と比べて湾奥沿岸部の千葉、船橋地先で増加が認められるほかは余り変化がみられず、沖合部ではむしろ減少気味である。

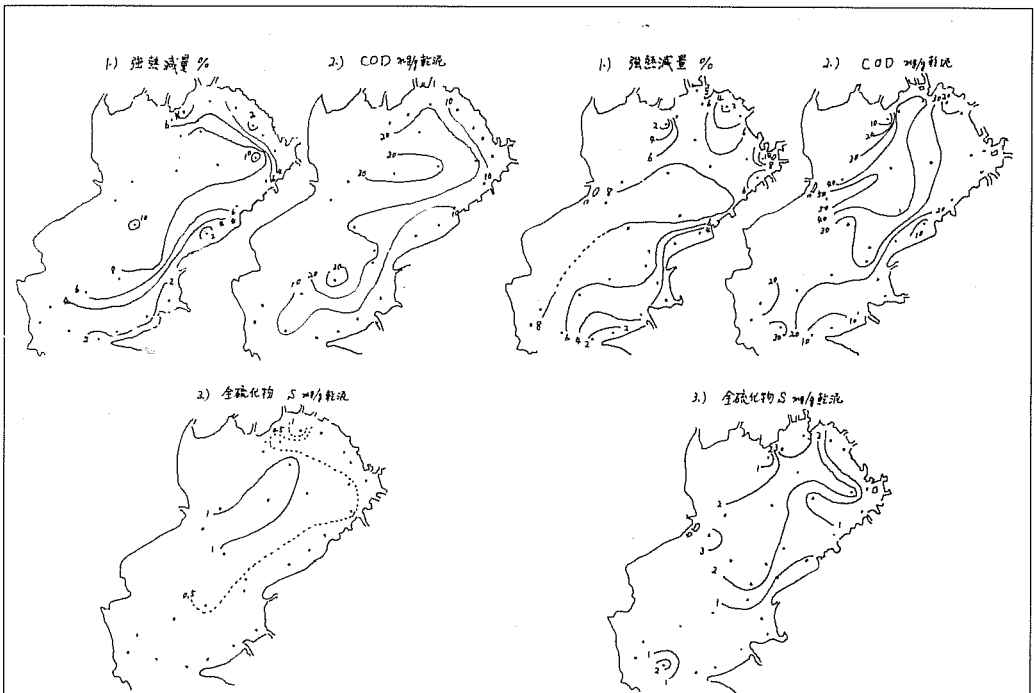
2) C.O.D.

昭和39年は沖合北部で30 mg/g以上、中部で20 mg/g程度、南部で10 mg/g位の値を示し、沿岸部では浚渫により深くなった場所が10 mg/gから20 mg/gと高く、干潟漁場沖合では5 mg/g以下の低い値を示した。

昭和45年には沖合で20 mg/gから54 mg/gとなり、6年間で約2倍に達しているほか、沿岸部でも4 mg/gから49 mg/gと2倍以上の増加がみられる。特に沿岸の湾奥部で顕著な増加がみられ、浚渫、埋立工事による地形変化と流入被酸化物質の増加によるものと思われる。

3) 全硫化物

C.O.D.と同様の傾向を示し、昭和39年湾奥中央から羽田沖にかけてと、船橋地先で1 mg/gを超えたほかは、沖合南部で0.3 mg/g以下、沿岸北部、中部で0.8 mg/g以下、沿岸南部で



第8図-1 底質分布(39年7月)

第8図-2 底質分布(45年10月)

は0.2 mg/g以下と比較的低い値を示したが、昭和45年は、沖合中北部で2 mg/gから3.7 mg/g、南部でも0.1 mg/gから2.1 mg/gと2倍以上の増加を示し、沿岸部でも船橋地先は3.48 mg/gとかなりの増加がみられた。

3. 駿河湾奥部における沿岸流の二、三の動態について*

中 村 保 昭 (静岡県水産試験場)

1. は し が き

一般に、駿河湾を含む内湾の流動は海岸地形、流入河川、海底起伏などの諸要因等によって、各水塊は気象、潮汐などの諸条件により、時空間的に極めて複雑な変化を示す。^{1) 2)}

一方、駿河湾はアジ、サバ等の回遊性の魚族に加えて、湾内特産のサクラエビ、さらに湾東奥部の内浦湾はハマチ、マゴロ等の養殖、イワシ等の蓄養で活況を呈してきた。これらの豊凶は当然のことながら生棲水域の環境に影響され、時には環境の異変によっては死に至らしめることもある。

沿岸海域の汚染状態、特にその拡散状況については当然のことながら海潮流、いわゆる流れの効果を無視して論ずることはできない。

しかしながら、駿河湾において間接的な方法による流動の報告はみられるが、^{3) 4) 5) 6)} 実測等による流動の報告はあまり見受けられない。⁷⁾ ここでは、近年特に汚染が進行していると思われる漁場価値の高い、湾奥部海域を1970年7月～11月に主として表層の流動状況を調査したので、その概略を報告する。

2. 実施した調査および方法

1) 田子の浦港周辺海況調査

1970年7月28日～29日、G E K測流2マイル間隔20点、海洋観測31点(水温、塩分、透明度および透視度)

2) 湾奥部G E Kによる測流

1970年9月21日、2マイル間隔25点

3) 湾奥部海流板追跡調査

*詳細については駿河湾の海況学的研究—II、—表層における流動—、沿岸海洋研究ノート Vol. 9 頁2 (印刷中) 参照