

## 第20章 東京湾

### 1. はじめに

東京湾は、日本のほぼ中心に位置する閉鎖性の強い内湾であり、その流域には現在約2,600万人の人が生活し日本の政治・経済・産業の中心となっている首都圏を抱えている。「江戸前の料理」で知られる江戸前とは江戸の前面の海すなわち隅田川の河口を中心として東は江戸川から西は羽田までの海面であり、そこで取れた新鮮な魚介類を江戸の板前の包丁のさえを見せた料理である。このようにつての東京湾は干潟が多く比較的豊かな漁業資源をもっていたが、昭和30年(1955年)代以降における首都圏への人口の集中や臨海部の大規模な埋立て・開発などによって東京湾への流入負荷が増大し、水質は急速に悪化した。このため、国や東京湾流域の自治体は水質汚濁防止のための各種の施策を実施し、また、市民や企業も公害をなくすための努力をしてきた。その結果、東京湾の水質はある程度改善された。しかし、近年における水質の改善傾向はあまり認められず、むしろ水質は横ばいで推移してきている。

この章では、主として昭和35年(1960年)以降における東京湾の水質汚濁対策について紹介するとともに、富栄養化問題など今後の課題についても言及する。

### 2. 東京湾の概要

#### 2.1 概況<sup>1,2,3,4)</sup>

東京湾は、ほぼ南北に長く約80 km、それに直交する幅は20~30 km、面積は約1,400 km<sup>2</sup>、そして湾口はわずか6 kmであり、閉鎖性の強い内湾である。東京湾流域の気候は、年平均気温が15℃前後で、冬に乾いた北東風、夏には湿った南西風が吹き抜けていく。また、年降水量は1,400mm程度あり、6~7月の梅雨期と9~10の台風期に降雨のピークがある。東京湾流域には、湾岸部に東京都・神奈川県・千葉県そして内陸部に埼玉県の1都3県があり、東京湾に流入する大きな河川は湾奥部から西岸に集中し、東岸側では大きな河川は少ない(図20-1)。表20-1に荒川や多摩川など主要な流入河川の流域面積と延長距離を示す。なお、江戸時代初期に、水害対策や農業開発などを目的として、以前は東京湾に流入していた利根川(流域面積:8588km<sup>2</sup>)を直接太平洋へ流す大規模な付け替え工事、いわゆる

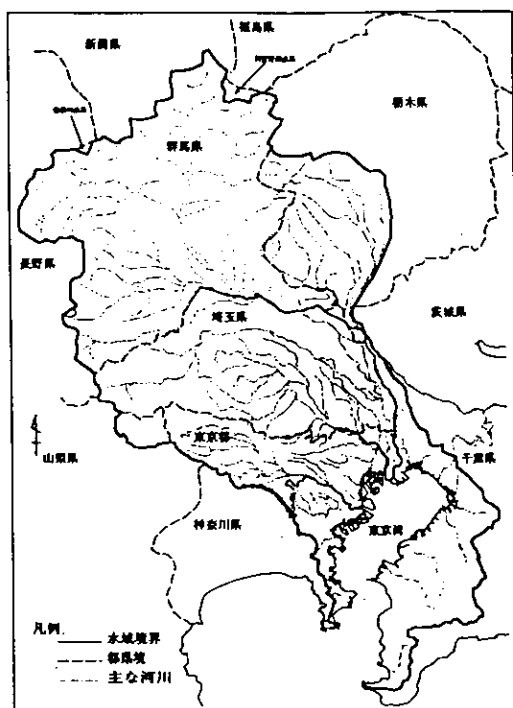


図20-1 東京湾流域の概要

表20-1 主要な河川の概要

河川名	流域面積	延長距離
江戸川	200 km <sup>2</sup>	54.7 km
中川	987	102.8
荒川	2940	169.0
隅田川	390	23.5
多摩川	1240	123.3
鶴見川	235	43.0

「利根川の東遷」が行われた。これにより東京湾への河川水流入量は約30%減少したといわれている。現在、東京都と埼玉県の都市用水や農業用水などとして利根川から導水されているものの、東京湾への淡水流入量は大幅に減少した。

湾口部における海水の流動については、年間を通して、西側では上層流出、下層流入になり、東側では全層が流入傾向にある。また、海水の滞留時間は年平均1.6カ月であり、最大時間は1~2月の3.5カ月、最小時間は9~10月の0.8カ月と推算されている。伊勢湾・三河湾の滞留時間（年平均0.7カ月）に比べて、東京湾の滞留時間は2倍ほど長いことから、東京湾の閉鎖性が強いことがわかる。

## 2.2 漁獲量の推移<sup>8,9)</sup>

東京湾は規模が小さく雑多な魚種を対象とした内湾性漁業が盛んな水域であった。しかし、大正9年（1920年）頃から工場排水等による漁業被害が出始め、年々増加していき、昭和25年（1950年）代以降は特に著しくなった。このように水質汚濁が進行したことなどにより漁業環境は次第に悪化し、昭和37年（1962年）には東京都下の漁業権全部が330億円の補償金をもって抹消されることになった。その後、東京都の漁場だけでなく、神奈川・千葉の地先水面のほぼ全域で大規模な埋立てが行われ、京浜、京葉の2大工業地帯が造成された。

東京内湾域の総漁獲量は昭和35年（1960年）頃までは12万トン前後あったが、それから減少していき昭和47年（1972年）以降は当初の約3分の1で推移している。これは、主にハマグリ、カキ、エビの減少によるもので、現在の総漁獲量に占める種類の割合をみると、アサリ、養殖ノリなどが高くなっている（図20-2）。

## 2.3 社会環境の変化<sup>7,8,9)</sup>

表20-2に東京湾流域の人口・産業の推移を示す。東京湾流域の1都3県の総人口は平成6年（1994年）度現在で3,239万人となっており、昭和50年（1975年）度以降19年間に約20%増加した。産業別の生産額の推移をみると、1次産業はあまり変化していないが、2次及び3次産業の増加が著しく、19年間にそれぞれ2.6倍、4.1倍となっている。家畜の養頭数については、いずれの家畜も昭和60年（1985年）度頃にやや増加傾向が認められるものの、大きく変化していない。一方、耕地面積は緩やかに低下してきており、19年間に約18%減少した。耕地の宅地化などが進んだため考えられる。

人口と下水道普及率の推移の関係についてみると（図20-3）、人口に比べて下水道普及率の増加が大きい。下水道普及率は昭和50年（1975年）度の約30%から平成6年（1994年）度には約75%まで上昇し、下水処理人口としては約900万人から約2,400万人へ約2.7倍増加した。

## 2.4 海岸埋め立て状況<sup>10,11)</sup>

東京湾では、臨海部の工業団地や港湾等の造成のための埋め立てによって、従来の東京湾の約2割に相当する約24000haの水面や干潟が消失した（図20-4）。特に、干潟については、明治時代に存在した干潟面積の90%以上が失われた。海岸線の状況は内湾の約95%が人工海岸で、一般の人々が自由に立ち入ることのできる海岸は極めて少なく、また、自然海岸はわずか1.8%である。

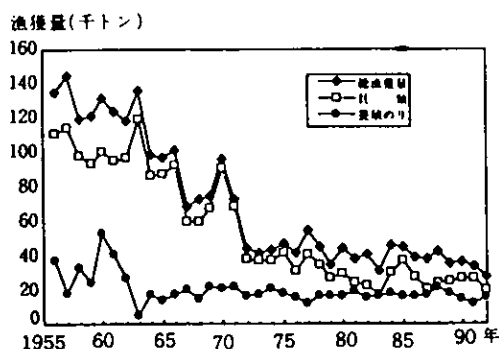


図20-2 東京湾内湾における漁獲量の推移

表20-2 東京湾流域の人口・産業の推移

年度		1975	1980	1985	1990	1994
人口(万人)		2704	2870	3027	3180	3239
生産額	1次産業(兆円)	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
	2次産業(兆円)	17.9	27.9	35.1	49.3	46.0
	3次産業(兆円)	27.2	44.8	63.8	106.0	110.8
養頭数	牛(万頭)	20.0	22.6	24.2	23.9	21.3
	豚(万頭)	91.6	98.9	100.7	101.8	85.3
	鶏(百万羽)	18.4	20.0	22.0	19.9	19.9
耕地面積(万ha)		33.0	31.1	29.9	28.5	27.0

注)東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県合計

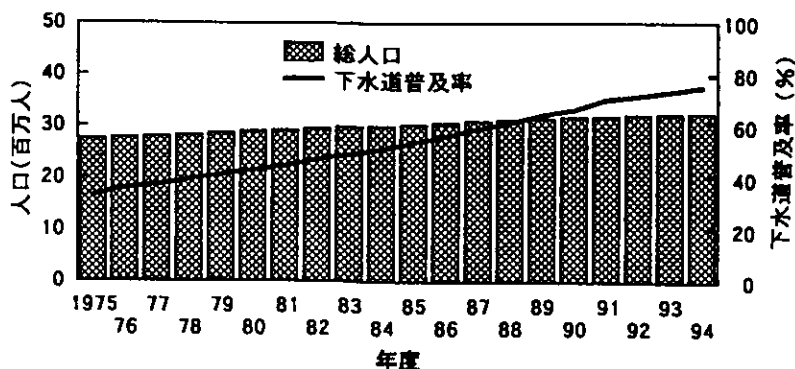


図20-3 東京湾流域の人口と下水道普及率の経年変化  
(データは各都県の全域を対象とした)

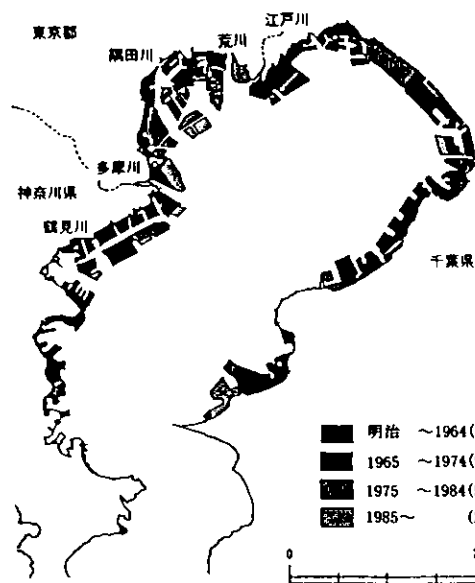


図20-4 埋立ての変遷

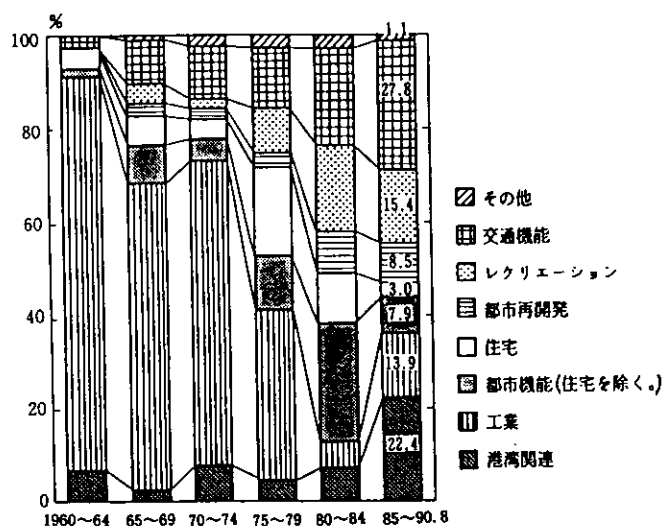


図20-5 年代別・用途別埋立面積構成の推移

埋め立てが活発に行われた昭和35年(1960年)から平成2年(1990年)現在までの用途別埋め立て面積の構成の推移をみると(図20-5)、工業が大幅に減少し、代わりに港湾関連やレクリエーションなどが増加しており、用途が多様化してきている。

## 2.5 油汚染発生状況<sup>11)、12)</sup>

平成9年(1997年)7月2日に東京湾本牧沖6kmで原油を満載した大型タンカーが座礁し、原油が大量に流出する事故があった。しかし、原油流出量が当初の予測量の10分の1の約1,500klであったこと、また、関係機関がオイルフェンス・油処理剤などで迅速に対処したことにより、比較的短時間で流出油をほぼ除去することができた。このような油汚染事故の防除対策のため、東京湾では官民合同の調整・防除機関として、昭和49年(1974年)に「東京湾流出油災害対策協議会」が発足し、関係機関相互の連絡の緊密化、事故対策の策定、資機材等の備蓄整備、海上防災訓練の実施等が行われている。

海域の油汚染は、このようなタンカーの海難事故の他に船舶からの不法投棄や過失による流出、ビルジ水や石油コンビナート等からの排水などがある。東京湾内には、平成2年(1990年)度現在で年間約34万隻の船舶が入港し、浦賀水道を航行する船舶は一日平均約770隻で過密状態となっている。これらの船舶などによる海洋汚染が規模の大小はあるものの比較的多く発生しており、そのうち油による汚染が約90%を占めている。東京湾内の油汚染事故発生件数(図20-6)は、昭和45年(1970年)度まで毎年50件程度であったが、昭和46年(1971年)度になると急激に増加した。これは、「海洋汚染防止法」が昭和45年(1970年)に制定され、監視・規制の強化が始まったためと推定され、昭和47年(1972年)度には発生件数は324件と最も多くなった。それ以降は徐々に低下し、近年は平成7年(1995年)度を除き毎年50件前後で推移しており、全国の約15%を占めている。

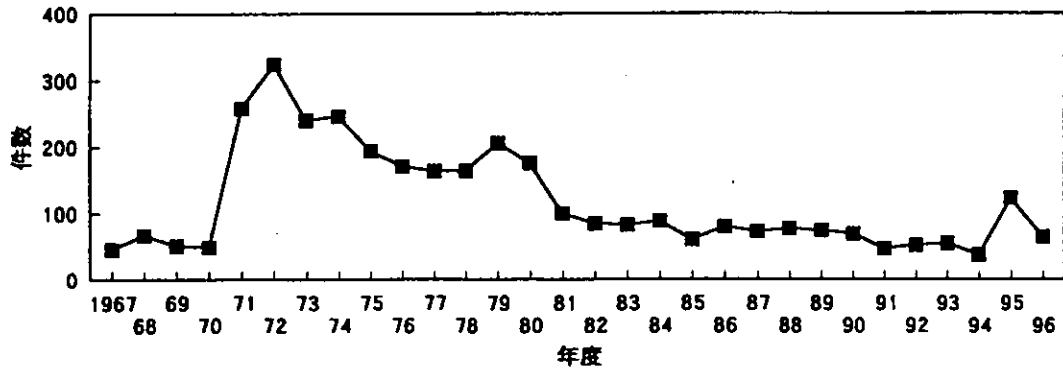


図20-6 東京湾内における油汚染事故発生件数の推移

## 2. 6 国内主要内湾との比較<sup>6,9)</sup>

まず、人口や入港船舶数などについて、東京湾と大阪湾および伊勢湾とを比較した(図20-7)。いずれの項目も、大阪湾及び伊勢湾に比べて東京湾の占める割合が多い。その傾向が特に顕著な項目は埋め立て面積累計数で、大阪湾および伊勢湾はいずれも東京湾の20%程度である。全国比では東京湾の埋め立て面積累計数は約50%を占めている。また、東京湾の人口に対する大阪湾及び伊勢湾の人口の割合はそれぞれ55%、34%となっており、全国比では東京湾の人口は20%を占めている。さらに、海上出入貨物トン数総数の東京湾に対する大阪湾及び伊勢湾の割合はそれぞれ64%、34%であり、全国比で東京湾の海上出入貨物トン数総数は約20%となっている。

次に、国内主要内湾におけるCODと流域の人口密度(図20-8)について比較してみると、東京湾のCODは他の国内主要内湾のCODよりも高い。同様な傾向は窒素・磷についても認められており、例えば、東京湾は大阪湾よりもCODで約1.5倍、全窒素で約2倍、全磷で約1.5倍ほど高い濃度を示している。このように東京湾の水質が他の国内主要内湾の水質に比べて悪いのは、東京湾に流入する汚濁負荷量が多いことに加えて、東京湾の閉鎖性が高いことも影響しているためと考えられる。

## 3. 有機汚濁、赤潮及び青潮の状況<sup>3,13,14,15,16,17,18)</sup>

東京湾における水質汚濁の状況を7月の上層のCOD分布でみると(図20-9)、CODは主要河川の河口が位置している湾奥部から西岸沿いにかけて高くなっている。同様な傾向は栄養塩、DOそしてクロロフィルaでも認められており、その水域では赤潮発生(2次汚濁)の影響が著しい。赤潮の発生海域は昭和15年(1940年)代までは品川から横浜沿岸に限られ、その後昭和28年(1953年)頃までに浦安から千葉市沿岸に広がり、昭和29年(1954年)からは湾全域に及んだと言われている。

図20-7 東京湾と大阪湾・伊勢湾との比較  
(1993, 1994年のデータ、東京湾を100%とした場合)

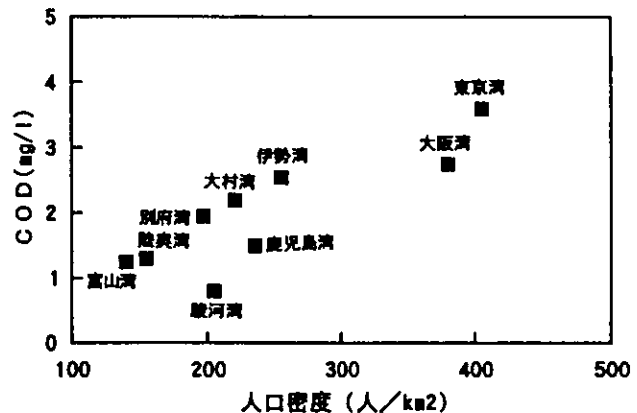
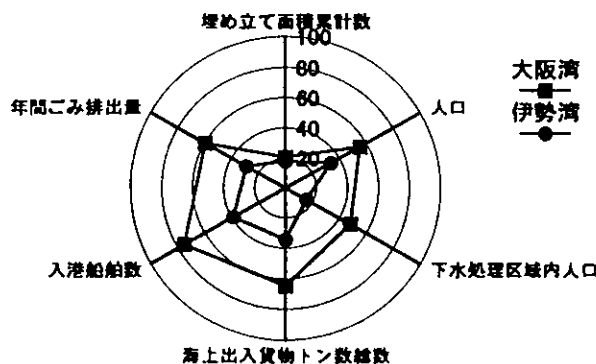


図20-8 国内主要内湾の水質と人口密度  
(水質は河口部、港湾部を除いた表層平均)

東京都内湾において、赤潮は主に5月から8月にかけて毎年80日前後発生し（図20-10）、毎年発生している優占プランクトンは*Skeletonema costatum*と*Heterosigma akashiwo*である（図20-11）。なお、瀬戸内海などで漁業被害を伴う赤潮の優占種として知られているラフィド藻綱の*Chattonella sp.*が平成元年（1989年）度に初めて確認され、平成6年（1994年）度には優占5種として観察された。また、平成7年（1995年）度にハプト藻綱の*Gephyrocapsa oceanica*が東京湾から相模湾にかけて大発生し、海の色が土色に変色して話題となった。

一方、海底に沈降・堆積した植物プランクトンの嫌氣的分解等により、底層水は貧酸素化される。東京湾では、このような貧酸素水塊は昭和30年（1955年）代から確認されている。最近の調査によると、湾奥部の底層は赤潮の発生する梅雨期から秋にかけて貧酸素状態になっており（図20-12）、無生物域あるいは貧生物相域を形成し、また、燐など栄養塩の溶出が起きている。湾奥部のなかでも、幕張沖等の海底には埋立用土の浚渫後窪地が存在し、そこでは海水の混合が起こりにくいことから、非常に貧酸素化しやすくなっている。

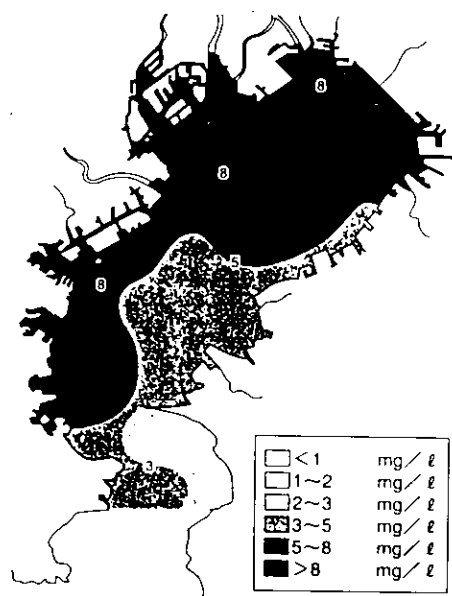


図20-9 7月の上層におけるCODの水平分布(1994年)

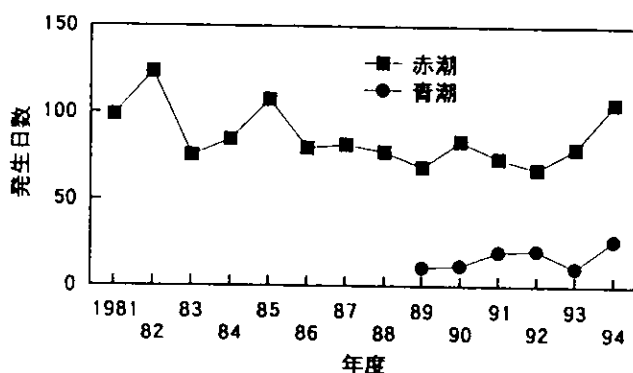


図20-10 赤潮と青潮の発生日数の推移  
(赤潮は東京都内湾、青潮は千葉県のデータ)

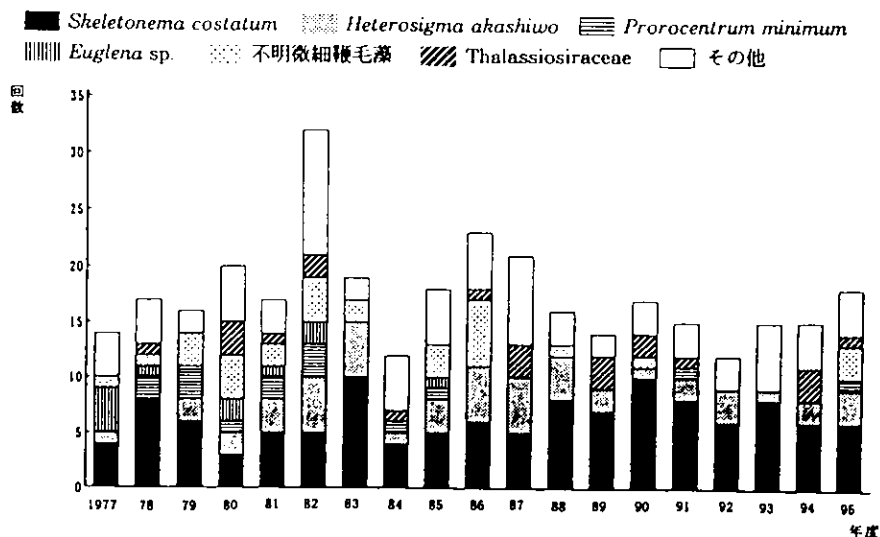


図20-11 優先プランクトン別赤潮発生回数の推移

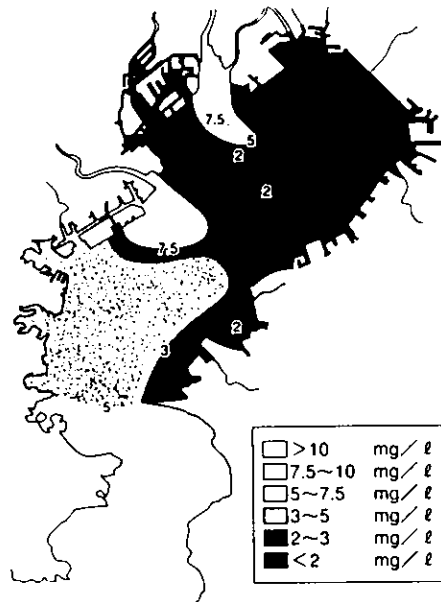


図20-12 7月の下層におけるDOの水平分布(1994年)

このような底質環境の中で、強い北東風が数日続くと上層水が沖に流され、底層の硫黄化合物を含む貧酸素水が湧昇して表層の酸化性海水と接触し、いわゆる青潮を形成する。青潮は、東京湾では地形と風向の関係から、主として8月から9月にかけて北東岸の船橋沖から千葉沖で発生しやすくなっている。最近では、それらの海域を中心に青潮は毎年平均して延べ17日間程度発生しており（図20-10）、最近では平成6年（1994年）8、9月には規模の大きい青潮が船橋沖で発生して、アサリ等に大量の被害があった。

#### 4. 浄化対策

##### 4. 1 昭和40年（1965年）前後における取り組み<sup>19,20)</sup>

産業復興に伴い増大した工場公害を防止するため、東京湾流域の自治体はそれぞれ昭和24年（1949年）から昭和38年（1963年）にかけて公害防止条例を制定した。しかし、多くの条例は、工場設置の許可手続きを定めるだけで、定量的な基準によって規制を行うものではなかった。国においても、江戸川の製紙工場排水による漁業被害を巡る漁民と工場との乱闘事件を契機として昭和33年（1958年）に「公共用水域の水質の保全に関する法律」及び「工場排水等の規制に関する法律」を制定し、国が特に指定した公共用水域に対して環境基準を定めて規制が行われた。例えば、紙製造業の排水基準はCODで $600\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。しかし、実際に指定された水域は少なく、産業相互との協和を目的としていたことから、公害規制の観点から十分に貫かれていたとは言い難かった。また、これらの条例や法律による対策では、人口、産業の急激な集中と発生源の多様化した東京湾の公害は改善されなかった。こうした状況の中で、東京湾流域の自治体は市民運動を背景にして大規模な工場と「公害防止契約」を結び法律より厳しい内容の基準を認めさせていった。

東京湾岸で昭和40年（1965年）前後に市民・行政・企業が取り組んだ工場公害対策の1例として、横浜市磯子区の根岸湾臨海工業地帯への工場進出問題について紹介する。

##### 4. 1. 1 市民運動

根岸湾臨海工業地帯へ工場進出が予定されていたが、昭和35年（1960年）5月に、磯子区医師会は市長に対し進出予定工場が公害防止対策をたてるよう陳情した。横浜市はこれを受けて、「要望」の写しを進出企業に送付して協力を求めたところ、各社は市長に「趣旨に沿う」旨の回答をした。しかし、昭和39年（1964年）4月、臨海工業地帯に進出した工場の操業が始まると、騒音や悪臭、さらには洗濯物には褐色の斑点が生ずるなどの被害が出たので、市民の間で公害反対の機運が急速に高まった。当時は、四日市公害の悲惨な姿や静岡県三島・沼津での石油コンビナート建設反対の住民運動が大きな盛り上がりを見せた時期でもあった。

昭和39年（1964年）6月、中区・磯子区の町内会役員、医師会役員、保健指導員代表、民生委員、区社会福祉協議会役員、婦人団体代表、地元商店会幹部らは、実行委員200人に及ぶ住民組織「中区磯子区環境衛生保全協議会」を発足させ、通産、厚生、建設、経済企画の各省庁に「根岸・本牧工業地区の公害事前調査」を陳情した。厚生省から、「厚生省にても環境衛生面より直ちに善処するが、地元の県市当局においても今後の大きな公害の発生が予想される地域に対しては、専門の調査機関を設けて、事前調査を行うことが必要である」との回答を受けて、協議会は横浜市に「万全の処置」を要請した。以後、この運動は横浜市の公害防止対策をバックアップする役割をはたしていった。

#### 4. 1. 2 行政の対応

協議会の要請に応じて、横浜市は事前調査を実施し、その調査データをもとに学者グループに提言を求めた。学者グループは、工業立地計画などの再検討、火力発電所の立地の変更、公害観測網の整備強化などの内容を含む9項目の提言を行った。この提言が、その後の公害対策の基礎ともなって大いに生かされ、今日、そのほとんどが実行されるに至った。

昭和39年（1964年）6月、市議会で条例として制定された「横浜市公害対策協議会」は、市長の諮問機関として、重要な事項の調査審議にあたり、市長はその答申を受けて公害行政を進めていった。臨海工業地帯へ進出する工場の公害対策についても審議し、その答申はすべて市の施策として取り上げられた。電力会社の用地の一部を使用することになっていた火力発電所に対して、市と電力会社で交わした土地の売買契約の中に定めた「転用する場合には市の同意を受けなければならない」という条項があるのを生かし、一定の条件付けに成功した（公害防止契約の締結）。これを契機として、根岸湾臨海工業地帯や他の地域の大規模工場とも、法律より厳しい内容の公害防止契約を成立させることができた。当初の公害防止契約の主な内容は大気汚染対策に係わるものであったが、昭和40年代（1965年）後半から水質汚濁対策を盛り込み、工場全体をみわたした総合的な公害防止契約へと、その形を整えていった。昭和48年（1973年）以降の契約には一定の水質基準が維持されており、BOD・CODが $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下が通例となっている。

公害防止契約の持つ効果を普遍的に広げようとするれば、条例などによる法的な規制方法をとるのが有効である。また、契約の積み重ねや契約という形をとらなくとも市の指導に従ってもらうケースが増加してくると、一つの統一した指導の指針のようなものが形成されてくる。そういうものをまとめて市の方針として示していくことも規制のスピードを上げていく上で、また、もっと広い対象をこういう規制の枠内に組み入れていく点で重要となる。そこで、「条例」という形にせず、市長が定める「指導要綱」という形式をとって、条例に準ずる効果をもたせていく方向をとることになった。これらの公害対策を着実にかつ効果的に行う上で、法令だけでなく工場の生産工程の理解など技術的対応に努力した公害担当職員が果たした役割は大きかった。

#### 4. 1. 3 企業の取り組み

企業が工場の製造工程から出る廃棄物について対処する場合、効率本位の考え方と公害防止の考え方が具体的な事項についてどう一致し、どう対立するかが問題となる。効率本位の考え方からすれば、物質バランス上、廃棄物が少ない方が良いわけであり、これは公害防止上からも効果のあることである。しかし、廃棄物を少なくすることがコスト低減に結び付かない場合が多くある。こういう時にこそ、公害対策に力点をおいた製造工程の検討を実施していく必要があり、工場毎の特殊性に対して、企業自らの責任で主体的、積極的に対応し、技術的に困難な問題を解決していくことが強く求められる。

水質汚濁の法的規制が濃度規制であったことから、排出水量の削減は排出負荷量を下げるために重要な意味をもった。しかし、水に対する工場の考え方は、渇水対策を考えねばならない場合を除き、多くは「タダのもの」「安いもの」ということであったし、多くの工場は水の得やすいところに立地した。このような発想から、水の使いっぱなし、ムダ使いという状況が過去には数多くあった。しかし、規制や指導により企業の水の使い方に対する姿勢も徐々に変化して行き、水の使い方を再検討し、大幅に削減することに成功した例も出るようになった。

##### (1) 直接冷却から間接冷却へ

A コークス工場では、ガス冷却洗浄装置に海水を使用していたが、これを海水で間接冷却されたガス

液による直接冷却と吸収液による洗浄に切り換えたため、7,000m<sup>3</sup>/日以上あった工程系の排水を600m<sup>3</sup>/日以下に減少させることができた。

### (2) 工程系排水の系内全量再利用

大手化学メーカーのB研究所では、分散していた研究施設を統合するのを機会に、実験系の排水を同じ系内で全量再利用することにした。すなわち、実験で使用した薬品や生成物はいったん別の容器に類型別に分離して集め、それらは別途処理することによって排水にかかる負荷を大幅に減らすようにした。こうして排水量は当初予定の3,000m<sup>3</sup>/日から800m<sup>3</sup>/日以下に、しかも生活系や空調系の排水だけとなった。また、水処理においても、系内再利用にふさわしく、イオン交換による脱塩設備を設置し、イオン交換の再生排水についても別途処理することとなった。

### (3) 水の多段利用

鉄鋼業は典型的な用水産業であり、汚濁負荷量も非常に高く、それを全量処理するには巨大な施設を必要とする。そこで、各工程で排出される水量と水質を検討し、少々汚れていても使える工程や簡単な処理をしたのち使える工程をさがし、そこへ供給するならば、新水を供給しなくて済むことになる。こうして何段階かの工程で多段利用されて出てきた水を最終処理すればよい。しかも、水量は対策以前よりも少なくなるため、処理施設の容量も相対的に小さくて済む。

C製鉄所は600万t/年の粗鋼生産能力をもっているが、多段利用により96%の循環を可能にした。これは、間接冷却(循環)→ブロー→直接冷却(循環)、ガス洗浄などにもっていくだけで、11万m<sup>3</sup>/日にまで減少させることができた。

## 4. 2 水質汚濁防止法による規制

### 4. 2. 1 上乘せ基準<sup>21)</sup>

昭和45年(1970年)の公害国会において、規制地域や規制対象業種の拡大、そして排水規制の強化などが盛り込まれた「水質汚濁防止法」が制定された。また、水質汚濁防止法では、それに基づく一律基準よりも厳しい基準(上乘せ基準)を設けることができ、東京湾流域の自治体はそれぞれの実情に応じて、BOD、COD、SSなどに対して上乘せ基準を定め、また、規定排水量よりも小さい事業場まで規制対象を拡大している(表20-3)。この基準値を基に、東京湾流域の自治体は事業場の排水基準遵守状況の確認や排水処理施設等の維持管理の指導および公害防止に係わる啓発等を目的として立入検査を行い、違反した場合には改善命令や一時停止命令等の行政措置をとっている。

### 4. 2. 2 総量規制<sup>12, 22, 23)</sup>

一方、これらの排水基準が濃度規制方式であることから、各発生源が排水基準を守っていても、工場の生産活動の活発化や規模の拡大あるいは新設に伴い排水量が増加した場合には、水域に流入する汚

表20-3 各都県における主な特定事業場の排水基準(mg/l)

項目	一律基準 (日間平均)	東京都				神奈川県			千葉県		埼玉県
		江戸川・多摩川水域		その他の水域		水質保全 湖沼等	湖沼等以 外の水域	海域等	500m <sup>3</sup> /日/500m <sup>3</sup> /日		10m <sup>3</sup> /日
		500m <sup>3</sup> /日 以上	500m <sup>3</sup> /日 未満	500m <sup>3</sup> /日 以上	500m <sup>3</sup> /日 未満				以上	未満	以上
pH	5.8~8.6	5.8~8.6(5~9)				5.8~8.6			5.8~8.6(5~9)		5.8~8.6(5~9)
BOD	160(120)	20	25	20	25	5(3)	15(10)	25(20)	10	20	25(20)
COD	160(120)	-	-	20	25	5(3)	15(10)	25(20)	10	20	160(120)
SS	200(150)	40	50	40	50	15(5)	35(20)	70(40)	20	40	60(50)
n-ヘキサン抽出物質 (鉱油類)	5	5	5	5	5	3	3	-	2	3	5
(動植物油脂類)	30	5	5	10	10	3	3	5	3	5	30
フェノール類	5	1	1	5	5	-	0.005	0.5	0.5	0.5	
銅	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3
亜鉛	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5
備考		50m <sup>3</sup> /日以上				50m <sup>3</sup> /日以上			30m <sup>3</sup> /日以上		



濁負荷は量的に増大する。その結果、特に東京湾のような閉鎖性水域は著しくその影響を受け、水質の改善が図られないことになる。そこで、東京都は、昭和48年（1973年）に東京都水質審議会から昭和51年度（1976年）を実施目標とする「総量規制の導入について」の答申があり、東京都はこれを実現するため現行の濃度規制の強化をはかりつつ、量規制の実効を計画的にかつ段階的に実施することになった。

こうしたなかで、国は昭和54年（1979年）に水質汚濁防止法等を改正し、東京湾等については水質の濃度規制に加えてCOD総量規制制度を導入した。その内容は、国が定めた総量削減基本方針と削減目標量にしたがい、各自治体が総量削減計画を定め、それに基づいて発生源別に削減対策を実施する方式となっている。これまで、3次にわたり総量規制を実施し、昭和54年（1979年）度から平成6年（1994年）度までの間に東京湾へ流入するCOD負荷量が約40%削減された（図20-13）。発生源別の削減量は、生活系の39%に対して産業系は49%と多く、厳しい排水規制等による効果が認められる。

平成6年（1994年）度における発生源別汚濁負荷量の割合によると（図20-14）、生活系が69%、産業系が21%、そして、その他が10%となっており、生活系の占める割合が多い。その生活系の汚濁負荷量の中で雑排水と処理水はほぼ半々となっている。このように、COD負荷量は高く、依然として環境基準の達成が困難であることから、平成11年（1999年）度を目標とする第4次総量規制により、平成6年（1994年）度の負荷量に対し8%の削減を図ることになっている。その達成のため、生活排水、産業排水、下水処理場、その他排水等について汚濁発生源別に削減に努めることとしている。

#### 4. 2. 3 富栄養化対策

##### (1) 自治体による行政指導<sup>9,11,24,25)</sup>

東京湾流域の自治体は、公害問題の発生当初はそれぞれ独自に浄化対策を構っていたが、東京湾という共通した課題に取り組むため、共同して広域的な体制をとるようになった。その一つとして、富栄養化対策がある。

東京湾の汚濁問題を解明するため、1都2県（東京都、神奈川県、千葉県）が昭和46年（1971年）度から48年（1973年）度にかけて東京湾の総合的な共同調査を行った。その結果、アンモニア性窒素は昭和30年（1955年）代の後半まで $0.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であったが、昭和48年（1973年）には沿岸で $0.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ に達し、また、夏季には富栄養化に伴う植物プランクトンの増殖が湾内の水質汚濁に大きな影響を及ぼしていることが改めて明らかとなり、栄養塩類の除去対策の必要性が指摘された。

そこで、東京湾流域の自治体は共同して昭和54年（1979年）から特定事業場に対して栄養塩の削減を法規制ではなく行政指導として実施している。これまで3次にわたり削減指導を行ってきており（図20-15）、昭和54年（1979年）度から平成6年（1994年）度までに窒素負荷量が約23%、磷負荷量が約45%削減された。発生源別としては、窒素・磷とも産業系の削減量が多く、それぞれ48%、55%となっており、行政指導等の成果が認められる。また、生活系については窒素の13%に対して磷では43%削減されており、洗剤の無磷化が効果を発揮した。平成6年度（1994年）における負荷量の割合は窒素・磷とも生活系が大きく、ともに約62%となっている。現在は平成11年（1999年）度目標として、東京湾流域から公共用水域に排出される窒素・磷の総量を平成6年度（1994年）より減少させる計画を進めている。

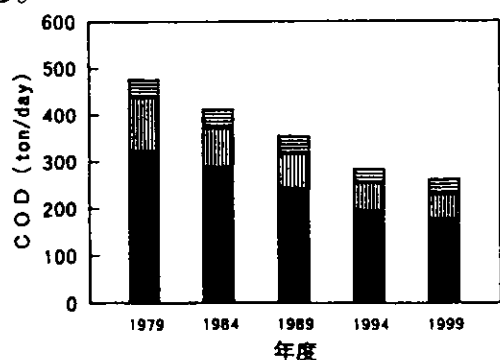


図20-13 COD負荷量の推移と削減目標

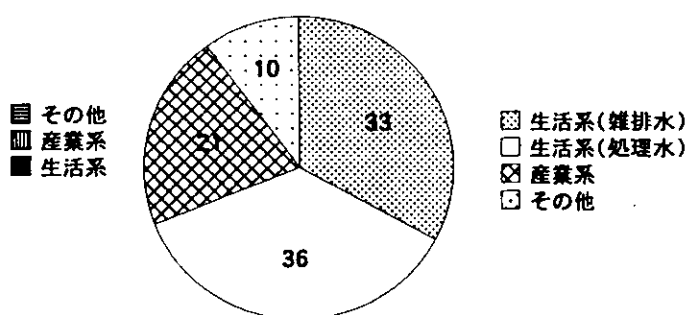


図20-14 発生源別汚濁負荷量の割合(1994年度)

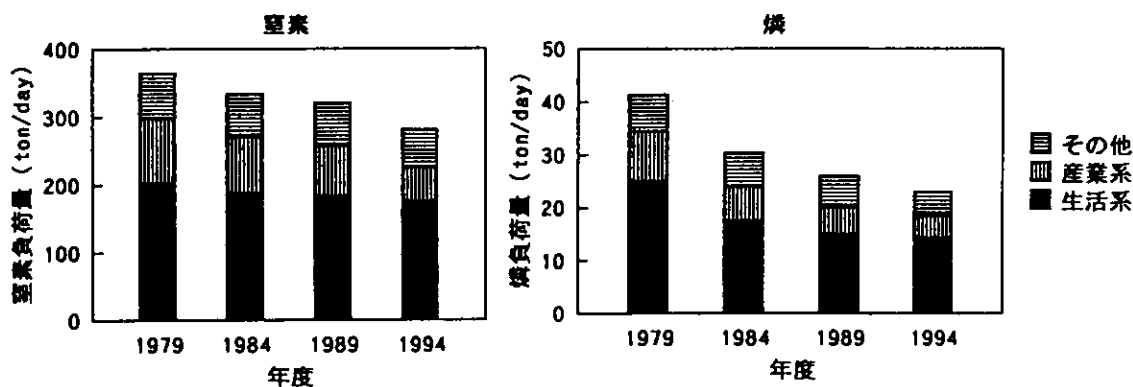


図20-15 窒素・燐の発生負荷量の推移

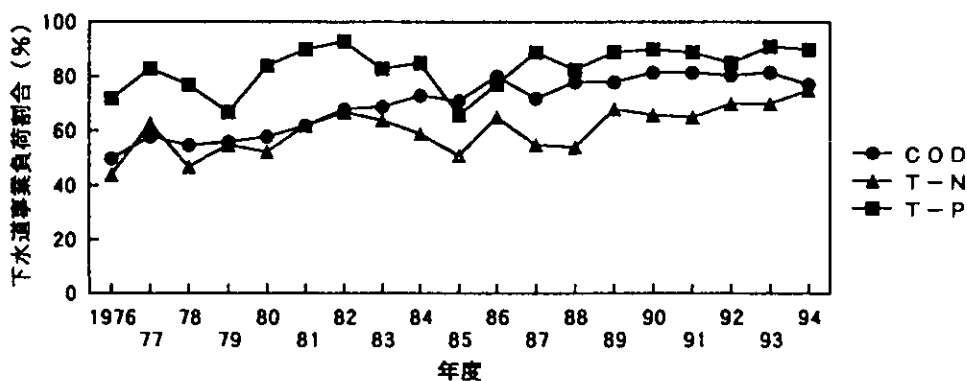


図20-16 工場一斉調査における下水道事業負荷割合の経年変化

一方、下水道普及率が高くなるにつれて、業種別の負荷割合が変化してきた。東京湾流域の自治体は、排水量1000m<sup>3</sup>/日以上規模の工場を対象にCOD、全窒素及び全燐等について一斉立入調査を実施している。その調査結果によると(図20-16)、業種別の負荷割合は各項目とも下水道事業の負荷割合の上昇が見られ、近年は全燐で90%、CODで80%及び全窒素で70%前後を占めている。

## (2) 水質汚濁防止法の改正<sup>12)</sup>

このような状況の中で、平成5年(1993年)に環境基本法および水質汚濁防止法の改正により、海域における全窒素・全燐の環境基準および排水基準の設定がなされ、特定事業場については排水基準が適用されることとなった。さらに、平成7年(1995年)には東京湾に適用される水質環境基準の水域類型指定がなされたところである。

## 5. 東京湾の水環境

### 5.1 類型指定とモニタリングシステム<sup>9,13)</sup>

昭和45年(1970年)の水質汚濁防止法の制定により、東京湾等についてpH、COD、DO等に係る環境基準の水域類型指定が行われた(図20-17)。類型指定の内容は、概ね湾口部から湾中央部にかけて最も厳しい基準のA類型、次に湾中央部から湾奥部にかけてB類型、そして人口や工場の集積地の地先でC類型となっており、19の水域に分けられ、合計49の環境基準点がある。

また、平成7年(1995年)には水質汚濁防止法が改正され、東京湾等について窒素・燐に係る水域類型指定が行われた。その内容は、概ね湾口部でⅡ類型、湾中央部から東岸寄りにかけてⅢ類型、湾奥部の西側や東側の沿岸域でⅣ類型となっており、6水域に分けられている。

東京湾における定常的な水質モニタリングシステムとしては、水質汚濁防止法で定められている公共用水域の常時監視調査と環境庁が東京湾岸の1都2県の協力で実施している東京湾広域総合調査がある。調査頻度は、測定項目により異なるが、原則として前者では毎月1回、後者は季節毎の年4回の上下層について行われている。

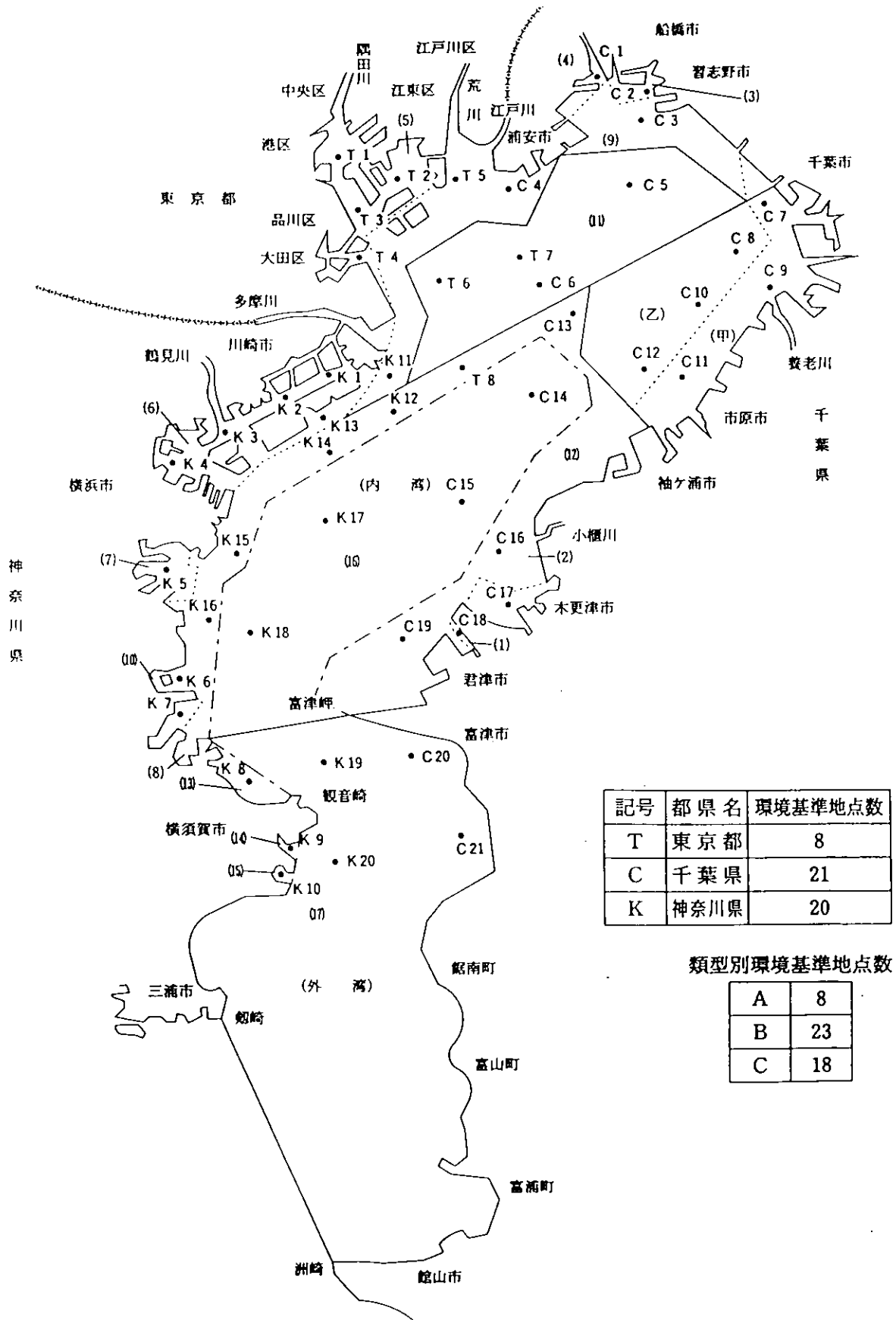


図20-17 東京湾のCODに係る環境基準点及び水質類型指定図

## 5. 2 水質環境の変遷<sup>1),23)</sup>

東京湾の水質汚濁は、東京湾流域からの流入負荷なかでも河川からの負荷によって引き起こされる割合が大きい。東京湾に流入する主要な河川のCOD(図20-18)は、昭和48年(1973年)度前後に約 $20\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と最も高い値を示したが、昭和52年(1977年)度頃には急減して $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下となっており、排水規制の強化や下水道整備などの成果が表れている。しかし、それ以降CODはほぼ横ばいで推移し、平成2年(1990年)では $5\sim 8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の範囲にある。

次に、東京湾広域総合調査結果から東京湾におけるCODの経年変化をみると(図20-19)、東京湾のCODは昭和47年度(1972年)度頃には $4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を超えていたが、昭和51年(1976年)度になると $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を下回った。しかし、その後のCODは大きく改善されず、昭和61年(1986年)以降は $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 前後の範囲で推移してきている。このように東京湾のCODは流入河川の場合ほど大きな変化を示していない。昭和61年以降のCODの濃度変化はクロロフィル-aと比較的よく対応していることから、東京湾では、流入河川からの流入負荷に加えて、湾内で生産される植物プランクトン(2次汚濁)のCODへの寄与が無視できなくなっている。

植物プランクトンの成長と密接に関連する窒素と磷の濃度の経年変化については(図20-20)、全窒素濃度は昭和49年(1974年)度に最も高い $2.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を示した後、翌昭和50年(1975年)度になると大きく低下した。しかし、その後は緩やかに上昇していき昭和57年(1982年)度頃を境にして再び徐々に減少してきており、近年は $1.3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 前後で推移している。このように窒素は削減指導等の成果が表れてきていることがうかがえる。全磷濃度については、昭和51年(1976年)度の $0.18\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ から徐々に減少しており、洗剤の無磷化等の効果が表れている。しかし、昭和58年(1983年)度以降は $0.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 前後で推移しており、ほとんど変化していない。

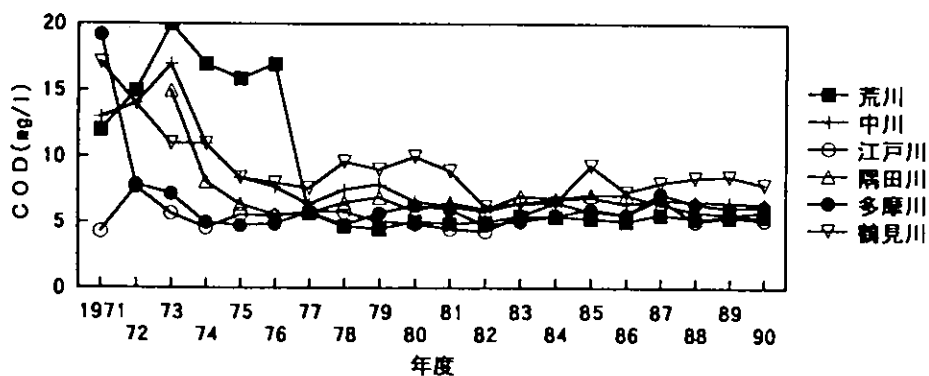


図20-18 流入河川のCODの経年変化

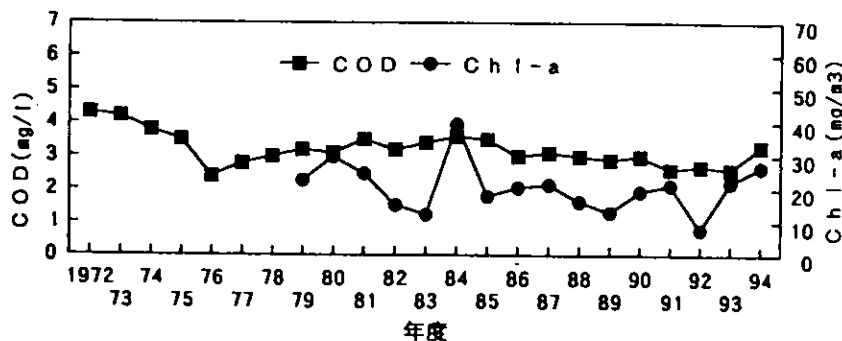


図20-19 東京湾におけるCOD及びChl-aの経年変化

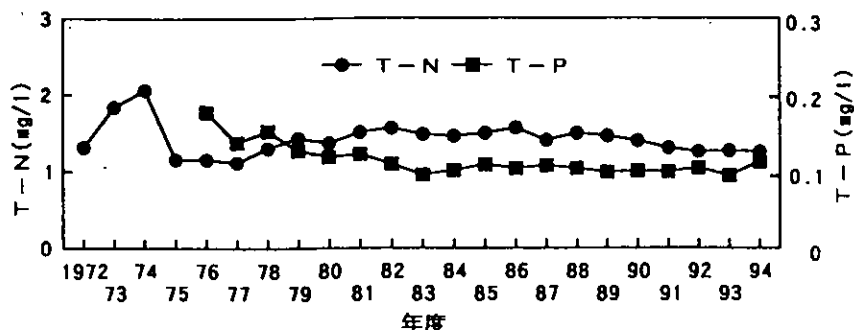


図20-20 東京湾におけるT-N及びT-Pの経年変化

### 5. 3 環境基準と水質の現状<sup>9,13,26)</sup>

東京湾におけるCODの環境基準値適合率の経年変化を概観すると(図20-21)、C類型の適合率は昭和56年(1981年)度から昭和60年(1985年)度にかけて100%をやや下回ることがあったが、近年はほぼ100%で維持している。AおよびB類型の適合率は、昭和52年(1977年)度から昭和59年(1984年)度にかけて50%前後を示し、それから徐々に上昇してきた。しかし、平成3年度(1991年)度以降になると70%前後で推移しており、水質の改善傾向がみられなくなった。

現状の水質を環境基準と比較するため、まず、生活環境項目の平成7年(1995年)度現在における平均値と環境基準値を類型別に示したのが表20-4である。pHはすべて環境基準値に適合しているが、CODとDOでは不適合の類型が認められる。CODはA及びB類型の上層でそれぞれ基準値を $0.7\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、 $0.6\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 上回っており、DOはA類型の下層で基準値を $1.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 下回っている。DOについては、下層の最小値はいずれの類型も $0.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下を示し、逆に上層では最大値が $18\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を超える場合もあった。上層のpHとCODについても、最大値がそれぞれ8.9、 $9.7\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ とかなり高い値を示していることから、2次汚濁と貧酸素化の影響が大きいことがうかがえる。

なお、カドミウムやジクロロメタンなどの健康項目は、東京湾では近年ほとんど環境基準を超えることはなく、平成7年(1996年)度においても全地点で環境基準を超えていない。

次に、全窒素及び全磷について、現状水質と環境基準を比較した(表20-5)。ここで、暫定目標とは、環境基準の達成が困難と考えられる水域について設定されたもので、達成期間を「段階的に暫定目標を達成しつつ、環境基準の可及的速やかな達成に努める。」こととされた。また、暫定目標については、水質の改善状況、施策の進捗状況等を踏まえて、今後おおむね5年ごとに必要な見直しを行うこととしている。表20-5によると、窒素、磷ともに環境基準を達成している水域はN類型の2水域であり、磷のみが環境基準を達成している水域はN類型で1水域あったが、II及びIII類型の水域は窒素・磷とも基準値を超えている。ほぼ湾全域で高濃度レベルにある。一方、暫定目標との比較では、窒素は4水域とも暫定目標を下回っているが、磷は3水域のうち2水域で暫定目標を上回っている。

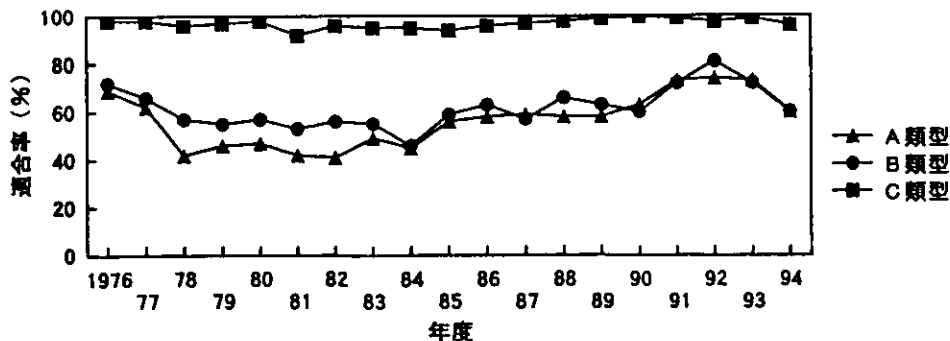


図20-21 CODの環境基準値適合率の経年変化

表20-4 生活環境項目に係る環境基準及び測定結果

項目	環境基準		1995年度平均値	
	類型	基準値	上層	下層
pH	A	7.8-8.3	8.2	8.1
	B	7.8-8.3	8.2	8.0
	C	7.0-8.3	8.1	8.0
COD	A	2 mg/l以下	2.7 mg/l	1.5 mg/l
	B	3 mg/l以下	3.6 mg/l	2.3 mg/l
	C	8 mg/l以下	3.9 mg/l	2.5 mg/l
DO	A	7.5 mg/l以上	8.3 mg/l	6.4 mg/l
	B	5 mg/l以上	8.7 mg/l	6.0 mg/l
	C	2 mg/l以上	8.3 mg/l	5.7 mg/l

表20-5 全窒素及び全磷に係る環境基準、測定結果及び暫定目標

項目	水域	環境基準		1995年度	1999年度
		類型	基準濃度 (mg/l以下)	平均値 (mg/l)	暫定目標 (mg/l)
窒素	千葉港	N	1	1.07	1.1
	東京湾(イ)	N	1	0.93	-
	東京湾(ロ)	N	1	1.27	1.4
	東京湾(ハ)	N	1	0.71	-
	東京湾(ニ)	III	0.6	0.89	0.97
	東京湾(ホ)	II	0.3	0.43	0.62
磷	千葉港	N	0.09	0.085	-
	東京湾(イ)	N	0.09	0.065	-
	東京湾(ロ)	N	0.09	0.096	0.095
	東京湾(ハ)	N	0.09	0.059	-
	東京湾(ニ)	III	0.05	0.071	0.067
	東京湾(ホ)	II	0.03	0.035	0.044

6. 今後の課題<sup>6,10,11,16,27,28,29)</sup>

東京湾の水質は、法律や条例等による排水規制・指導のほか、市民・行政・企業による努力の結果、かなり改善された。しかし、近年になると水質の改善傾向は認められず、湾奥部では夏期を中心に、赤潮は毎年発生し、底層水は貧酸素化して生物生息に悪影響を及ぼしている。炭素の安定同位体C<sup>13</sup>を用いて有機物の起源を試算した結果によると、東京湾では河口を除いて湾内に分布する底泥有機物や海水懸濁物等のほとんどは海域起源の有機物と推定され、貧酸素水塊の形成に2次汚濁による有機物負荷の寄与が大きいことが指摘されている。汚濁負荷量のさらなる削減指導や下水道普及率の向上とともに、今後は下水処理におけるCODや栄養塩の高度処理等も視野に入れた対策が求められている。また、東京湾にかつての干潟があったならば、そこでの浄化作用により東京湾では今でも貧酸素水塊や青潮が起これなかった可能性が強いとの指摘があり、干潟は自然浄化の場として重要である。自然の砂浜に比べ浄化能力が劣るとはいえ、人工海浜による東京湾の水質浄化への寄与などについても検討していく必要がある。

このように東京湾の水環境を回復するためには多くの課題があるが、多面的な施策を着実に実施していくことにより、かつての豊かな「江戸前の海」に一步步近づけていくことが次世代への我々の責務であると考えられる。

参考文献

- 1) 菊池利夫(1974)東京湾史、大日本図書。
- 2) 日本科学者会議編(1979)東京湾、大月書店。
- 3) 小倉紀雄編(1993)東京湾、恒星社厚生閣、東京。
- 4) 貝塚爽平編(1994)東京湾の地形・地質と水、築地書館。
- 5) 東京都(1996)平成7年度東京都環境白書。
- 6) 環境庁水質保全局編(1990)かけがえのない東京湾を次世代に引き継ぐために。
- 7) 総理府統計局(1975-1997)日本の統計。
- 8) 経済企画庁経済研究所編(1975-1997)県民経済計算年報。
- 9) 東京湾岸自治体公害対策会議編(1996)東京湾・20年の歩み、東京湾岸自治体公害対策会議。
- 10) 環境庁企画調整局編(1989)東京湾・その保全と創造に向けて。
- 11) 七都県市首脳会議東京湾問題対策委員会(1992)東京湾域のバランスある発展をめざして。

- 12) 環境庁(1970～1997)公害白書、環境白書。
- 13) 一都三県公害防止協議会、関東地方公害対策推進本部・同東京湾部会編(1996,1997)平成6、7年度東京湾水質汚濁調査報告書。
- 14) 二宮勝幸、柏木宜久、安藤晴夫、小倉久子(1997)東京湾における溶存性無機態窒素およびリン
- 15) 東京都環境保全局水質保全部(1996,1997)平成6、7年度東京都内湾赤潮調査報告書。
- 16) 環境庁水質保全局(1992)青潮発生機構解明調査、平成3年度環境庁委託業務結果報告書。
- 17) 小倉久子、飯村晃、相坂清子(1994)東京湾の青潮発生状況、千葉県水質保全部研究所年報、63-67。
- 18) 木村賢史、西村修、川井利雄、稲森悠平、秋山章男、須藤隆一(1997)東京都内湾の底層水域環境との空間濃度分布の季節別特徴、水環境学会誌、20、457-467。
- 19) 加藤一郎(1968)公害法の生成と展開、岩波書店。
- 20) 横浜市公害対策局(1976)昭和51年版公害との戦い。
- 21) 東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県 資料。
- 22) 東京都公害局(1976)昭和50年度事業概要。
- 23) 環境庁 資料。
- 24) 一都三県公害防止協議会(1972)東京湾総合調査報告書(昭和46年度)。
- 25) 東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県(1996)東京湾富栄養化対策指導指針。
- 26) 環境庁水質保全局(1996)平成7年度公共用水域水質測定結果について。
- 27) 東京都環境保全局水質保全部(1997)平成7年度水生生物調査結果報告書。
- 28) 赤澤豊、三好康彦、嶋津輝之、木村賢治、大島奈緒子(1991)人工海浜の浄化能力について(その4)人工海浜と自然海浜における底生動物の現況とその浄化能力の検討、東京都環境科学研究所年報、1991-2、124-134。
- 29) 森真朗、土屋隆夫(1995)東京湾の環境(その5)-東京湾の水質汚濁対策と今後の課題-、用水と廃水、37、900-908。