

第19章 霞ヶ浦

1. 霞ヶ浦の概況

1. 1 霞ヶ浦

首都・東京の北東約60~90Km に位置する霞ヶ浦は、我が国第2位の広さを有する自然淡水湖である。特徴としては、湖面積に比べて水深が極めて浅いという自然的条件と、古代から様々な様相が変化してきたという歴史的条件を有していることがあげられる。特に近年においては、首都圏にあって平坦な流域は開発可能地域として、また、豊かな水は貴重な資源として、人為的な改変と利用・管理が進んでいる湖である。

霞ヶ浦とは、西浦、北浦及び外浪逆浦を合わせた総称である（図19-1）。一般的には西浦を指して霞ヶ浦と呼ぶことも多いが、ここでは環境や河川の法律に準じて3水域を合わせて霞ヶ浦と表現する。

霞ヶ浦の面積は約 220km²、平均水深は約4m、容積は約 8.5億m³ である⁵⁾（表19-1）。また、湖岸線は約250Km と長く、その形状は細長く、数本の河川が合わさった様相をしていることから、周辺住民は霞ヶ浦を「川（かわ）」と呼んでいる。

霞ヶ浦は、昔海だったところに上流から運ばれてきた土砂によって河口がふさがれてできた海跡湖である。そのため、現在でも水面高（Y. P. +1.0m）は海拔16cmである。そして、流入する河川は56を数えるが、流出する河川は常陸川1河川のみで、利根川の下流部（河口から約18Km地点に合流）を経て、太平洋に繋がっている。

なお、現在では、常陸川と利根川の合流地点に、通称逆水門と呼ばれる常陸川水門が建設されており、この水門の操作によって霞ヶ浦への海水の侵入を阻止している。このことから、多くの人々に霞ヶ浦は最近まで汽水湖であり、逆水門の締切りによって湖水が淡水化したという印象を与えている。しかし、実際には霞ヶ浦が現在のような淡水湖の姿になったのは 250年以上も前で、江戸時代の寛永15年（1638年）前後といわれている²³⁾。



図19-1 霞ヶ浦の名称と水深

表19-1 霞ヶ浦の諸元

区分	項目	単位	霞ヶ浦	利根川	荒川	荒川	牛久沼
湖	成因	-	海跡湖	断層湖	断層湖	断層湖	河口部への土砂の堆積
	最大水深	m	7	104	7	6.5	3
	平均水深	m	4	41	4	2.1	1
	湖面積	km ²	220	674	13	9.35	6.52
	湖岸線	km	250 (JR水戸駅から山台までとほぼ同じ)	235	16	22	20
	湖目録	冊数	約8 (後編東京ドームの645杯分)	約 275	約 0.6	0.2	0.065
	平均滞留日数	日	約200	約 2,000	約 47	50	17
	冠水高さ	m	0.16	85	750	0	1
流域	流域面積	km ²	2,156 (茨城県流域面積の約3分の1)	3,848	531	430	148
	流域の市町村	-	44市町村 (茨城県41、千葉県2、栃木県1)	ほぼ全県	6市町村	9	6
	湖周辺の市町村	-	22市町村 (茨城県20、千葉県2)	20市町村	4市町村	4	3
	流域人口	万人	約95	約 120	約 19	約 15	約 9
	年間平均降水量	mm	1,350 (年間平均降水量28.2mm)	1,924	1,374	1,330	1,350
	年間平均流出量	億m ³	約14 (年間平均流出率48%)	約 49	約 6	約 1.5	約 1.4

1. 2 霞ヶ浦の流域

霞ヶ浦の流域は、茨城県、栃木県、千葉県の44市町村にまたがり、その面積は約 2,200km² で、茨城県全面積の約3分の1に相当する（図19-2）。

流域には、現在約25万世帯95万人の人々が生活している。昭和45年頃（1970年）までは60万人程の人口であったが、近年の人口増加は著しく、今後も増加が見込まれる地域である（図 19-11）。しか

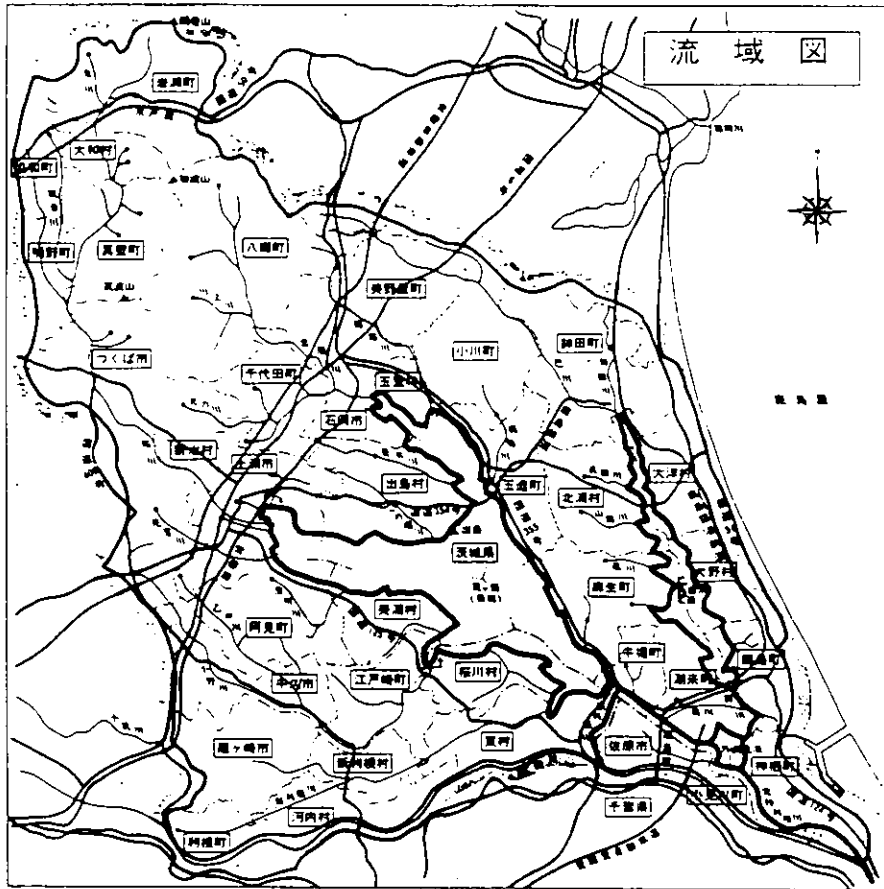


図19-2 霞ヶ浦流域図

し、首都圏の中にあつては、まだ比較的低密度の地域に属する。

霞ヶ浦流域の地形は、筑波山地、洪積台地、沖積低地がそれぞれ20、60、20%の割合を占め、人が住みやすい平野部が80%にも及んでいる¹⁸⁾。また、その土地利用は、水田(20.2%)や畑・樹園地(15.7%)など農耕地としての利用が多く、山地等(40.5%)のうち約半分は、洪積台地(標高30~50m)にある平地林と呼ばれる緑地と裸地などの荒地で、標高150mを越す山地森林地帯は約20%程であり、日本の中では極めて山地森林が少ないのが霞ヶ浦流域の特徴である。

さらに、市街地(13.3%)としては、古くから発達した小都市が流域内に点在しているが、近年、鹿島臨海工業地帯の造成や、筑波研究学園都市の建設、高速自動車道路の整備などに伴い、新たな都市が形成され、農耕地や平地林が減少し市街地が増加する傾向が続いており、土地利用も大きく変容しつつある地域といえる(図19-3)。

この流域では、温暖な気候と恵まれた自然資源を利用して、農業、畜産業、水産業など第1次産業が盛んに営まれている。特に、経営規模が高いレベルにある水郷地帯の稲作、生産量としては全国第

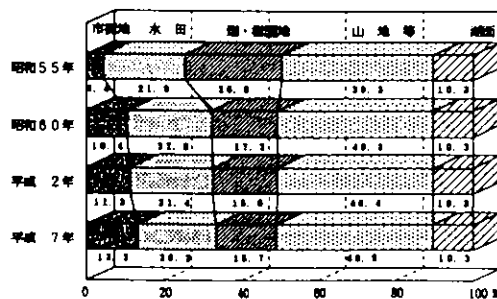


図19-3 流域の土地利用とその推移

表19-2 流域の主な産業

工業	●工業出荷額 2兆3,884億円 (県出荷額の約5分の1, 全国9位)
農業	●米作付面積 49千ヘクタール (県作付面積の約2分の1, 全国5位) ●れんこんの作付面積 1,730ヘクタール (県作付面積のほとんど, 全国1位) ※首都圏の生鮮食糧の供給地
畜産	●豚飼養頭数 30万頭(県飼養頭数の約5割, 全国3位) ●肉用牛飼養頭数 2.3万頭(県飼養頭数の約4割, 全国17位) ●乳用牛飼養頭数 2.7万頭(県飼養頭数の約6割, 全国8位) ●採卵鶏飼養羽数 686万頭(県飼養羽数の約6割, 全国3位)
水産	●内水面漁獲量 4,576トン(県漁獲量の約4割, 全国1位) ●コイ養殖生産量 5,537トン(県生産量のほとんど, 全国1位)

(注)1. 数値は平成6年度のものを示す。(工業は平成5年度)
2. 農業の数値は、関連市町村のものを示す。

1位のレンコン、全国第3位を誇る養豚、さらには、内水面漁獲量、コイ養殖生産量はともに全国第1位となっている(表19-2)。

また、首都・東京に近いことから、近年、工場の新規立地が活発となり、年間工業出荷額は約2兆4千億円に達し、最近の10年間で約3倍に増加している。

かつて、霞ヶ浦の流域一円は、関東の水溜りといわれる水害常習地を抱え、さらに利根川や霞ヶ浦が天然の障害物となって交通体系の整備が疎外され、首都圏のなかの後進地域に取り残されてきた。しかしながら後進地域からの脱却を1960年代の命題にかかげ、県民の創意と工夫によって未来社会の創造に向かってのはなばなしい努力がなされてきたところである²⁴⁾。

2. 霞ヶ浦の利用と管理

2.1 霞ヶ浦と人との関わり

霞ヶ浦と人との関わりは、古くから多様な方面にみられた。とりわけ霞ヶ浦に生息する豊富な魚種が、内水面漁業の発展の基盤となってきた。漁業の主な対象魚種は、昭和55年(1980年)頃まではワカサギ、シラウオ、シジミであったが、最近ではハゼ、エビ、イサザアミとなっている(図19-4)。また、獲る漁業からつくり育てる漁業をめざし、昭和30年代後半(1955年)からコイの網いけす養殖も行われるようになった²⁵⁾(図19-21)。

水上交通路としての利用も古い歴史がある。特に江戸時代(1603~1867年)には、霞ヶ浦は東北・奥羽地方から江戸(現在の東京)へ運ばれる物資輸送の重要なルートであった。

農業用水としても古くから利用されていたが、その広汎な利用は、大正時代以降(1925年)ポンプなどの近代的用水施設が普及してからである。その後、水道用水としての利用が昭和30年代(1955年)から、さらに昭和40年代(1965年)になると鹿島臨海工業地帯造成を契機として工業用水としての利用が始まり、今日に至っている。

また、最近湖底の砂礫が、建設用資材として盛んに掘り取られている。霞ヶ浦は首都圏内の工事現場に近く、塩分をほとんど含まない砂礫を産することから、霞ヶ浦は首都圏の都市建設に欠くことができないものとなっている²⁶⁾(表19-3)。

この他、かつては浮島、天王崎、歩崎などいくつもの水浴場があって子供たちの遊びの場となっていた。また、霞ヶ浦一帯は、水郷情緒に富んだ観光地として全国的に知られ、水郷筑波国定公園に指定されている。そしていま、霞ヶ浦は首都圏に残された貴重な自然地帯としての評価が高まりつつあ

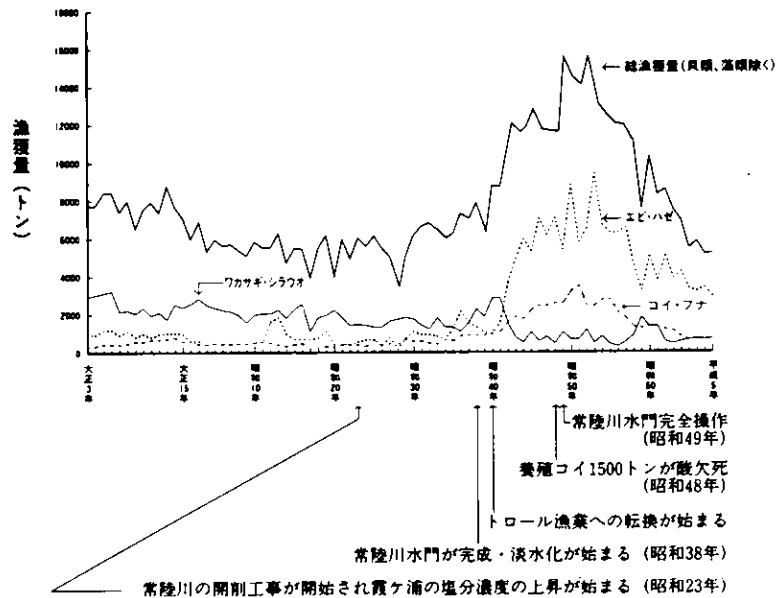


図19-4 霞ヶ浦の漁獲量の推移

表19-3 砂利採取量の推移

・砂利採取量(湖内) (単位:千円)

年度\水域	霞ヶ浦	北 浦	常陸利根川	計
昭和53	378	2	122	502
54	394	0	122	516
55	393	0	114	507
56	354	0	67	421
57	368	0	75	443
58	376	0	81	457
59	423	0	88	511
60	416	0	91	507
61	385	0	67	452
62	374	0	67	441
63	494	0	79	573
平成元	494	0	84	578
2	478	0	83	561
3	441	0	67	508
4	457	0	67	524
5	408	0	67	475

(注) 砂利採取業者数 16社 (内1社休業中)
資料: 建設省霞ヶ浦工事事務所

る。

2. 2 洪水と塩害

また、第一次、第二次世界大戦を契機とする国内の食糧増産要請などに応えるため、大正10年(1920年)頃より湖岸周辺の開墾事業や湖面の干拓事業が進められてきた。その結果、霞ヶ浦周辺の干拓地は約2,700haに達し、豊かな農地が拡張された。こうして現在、下流一帯は関東でも有数の穀倉地帯となっている。

ところが、霞ヶ浦周辺は低平地であり、水はけが悪いことからしばしば洪水に悩まされてきた¹⁰⁾(表19-4)。特に、昭和13年・16年(1938, 1941年)の洪水では、霞ヶ浦周辺に大きな被害が生じた。このため、戦後になって抜本的な改修計画として、常陸利根川の河道浚渫・川幅拡幅に着手し、流下

表19-4 主要洪水表

発生年月	水位・雨量	水 位	流域平均降雨量	備 考
昭和13年6、7月		Y.P. +3.34m	600mm(7日間)	台風
昭和16年7月		Y.P. +2.90m	315mm(4日間)	台風8号
昭和22年9月		Y.P. +1.96m	179mm(5日間)	台風9号(カスリン)
昭和25年7月		Y.P. +2.34m	248mm(10日間)	台風17号
昭和33年9月		Y.P. +2.30m	246mm(5日間)	台風22号(狩野川)
昭和36年6、7月		Y.P. +1.96m	300mm(7日間)	前線
昭和46年9月		Y.P. +1.91m	312mm(9日間)	台風23号、25号
昭和52年8月		Y.P. +1.84m	212mm(7日間)	前線、熱帯低気圧
昭和57年9月		Y.P. +1.80m	175mm(3日間)	台風18号
昭和60年6、7月		Y.P. +1.89m	115mm(2日間)	台風6号
昭和61年8月		Y.P. +2.05m	238mm(2日間)	台風10号
平成3年9月		Y.P. +2.31m	198mm(2日間)	台風18号
平成3年10月		Y.P. +2.50m	279mm(9日間)	台風21号

(昭和36年以前、井上水位観測所／昭和46年以降、出島水位観測所)

能力の増大を図った。この結果、霞ヶ浦や利根川の疎通はよくなったが、逆に海から塩水が遡上しやすくなった。また、昭和20年（1955年）頃より利根川からの取水水量が増えたこととも重なって、常陸利根川沿いの水田ではしばしば塩害に見舞われるようになった。昭和33年（1958年）の濁水による塩害では、甚大な被害を被るに至った（図19-5）。

こうしたことから、昭和38年（1963年）5月に利根川からの逆流による洪水防除と干ばつ時の塩害防止のため、常陸川と利根川の合流地点に常陸川水門が建設された。これにより以前のような大洪水はなくなり、塩害も昭和50年（1975年）以降水門を順流操作（海水の混じる利根川の水を霞ヶ浦に逆流させないよう水門を操作すること）としてからは起きなくなった。

2. 3 霞ヶ浦総合開発

このように常陸川水門がその機能を果たすようになると、霞ヶ浦からの無効放流（利用しないまま流れ去る水）をこの水門でせき止め、それを有効に利用しようとする要望が一層強くなってきた。こうした背景には、日本経済の高度成長や茨城県内の地域振興政策によって、鹿島臨海工業地帯が開発されるようになったことや、筑波研究学園都市の建設が決定し、さらに東京圏の外延的拡大が進んできたこと、などがある。

霞ヶ浦周辺地域の山地や農地は浸透性に富む土壤に覆われていることから、昔から地下水が豊富であると考えられ、盛んに利用されてきた。しかし、地下水には限界があり、その水質も良好とはいえ

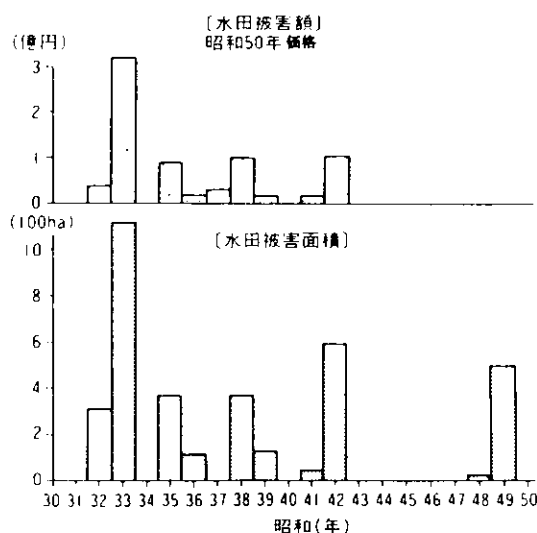


図19-5 農業の塩害状況

ない状況にある。また、霞ヶ浦周辺地域には大きな河川もなく、平均年降水量も約1,350mmと日本の中では少ないほうである。一方、霞ヶ浦は下流低地にあるので水利調整に有利であり、さらに、利根川を含めた無効放流の抑制に、大変有利な地理的地形的条件を備えている²⁵⁾。したがって、良好な水を得ることができる安定した水源として、この地域では霞ヶ浦への依存が強まるのも当然といえる。

そして、霞ヶ浦周辺の地域開発を支えると同時に、拡大発展を続ける首都圏の長期的、かつ広域的な水需要に応える水源として位置づけられ、霞ヶ浦開発事業が実施されることとなった。この事業は、霞ヶ浦の湖岸周囲に天端高 Y. P. +3.0mの堤防を建設して湖周辺を洪水から守る治水と、湖水位 Y. P. ±0.0mから Y. P. +1.3mまでの水深1.3m、その容量2.78億 m^3 を利用(図19-6)し、茨城県をはじめ首都圏の年々増大する水需要に対する新規利水の供給を目的としている(図19-7)。総事業費は2.864億円で、昭和43年度(1968年)から25年の歳月を経て、平成8年(1996年)3月に完成した。

また、霞ヶ浦開発事業により湖周辺の基礎条件が著しく変化することから、霞ヶ浦及びその周辺地域の生産機能・生活環境等に及ぼす影響を緩和し、あわせて、霞ヶ浦の水質を保全し、関係住民の生活の安定と福祉の向上を図ることを目的として霞ヶ浦水源地域整備事業が計画され、現在、計画に沿って事業が進められている。霞ヶ浦開発事業と霞ヶ浦水源地域整備事業をあわせて霞ヶ浦総合開発と言っている¹⁾(図19-8)。

2. 4 水位管理

霞ヶ浦開発事業の完成により、平成8年(1996年)4月からの霞ヶ浦の水位管理は、これまで通り常陸川水門の操作によって行われているが、開発事業の治水・利水の目的を達成するとともに、湖の水理特性を踏まえ、環境に配慮した管理を行うこととしている。具体的には、霞ヶ浦の周辺環境などを考慮して、ヨシなどの植物の生育期、開花・結実期である4月から10月中旬は、Y. P. +1.1mを中心として管理し、また、11月中旬から2月の間はんがい期の水利用に備えるため、Y. P. +1.3mを目標に水位運用を行っている¹²⁾(図19-9)。

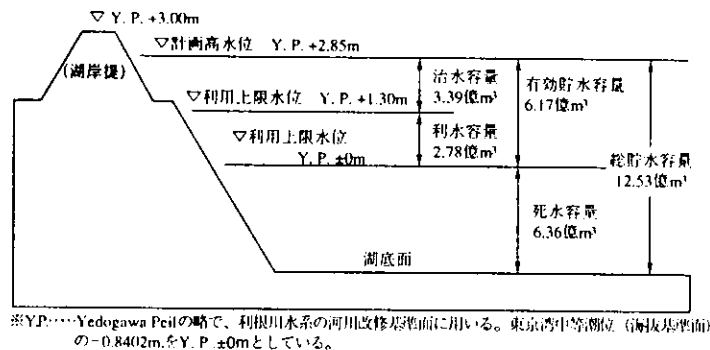


図19-6 霞ヶ浦容量配分図

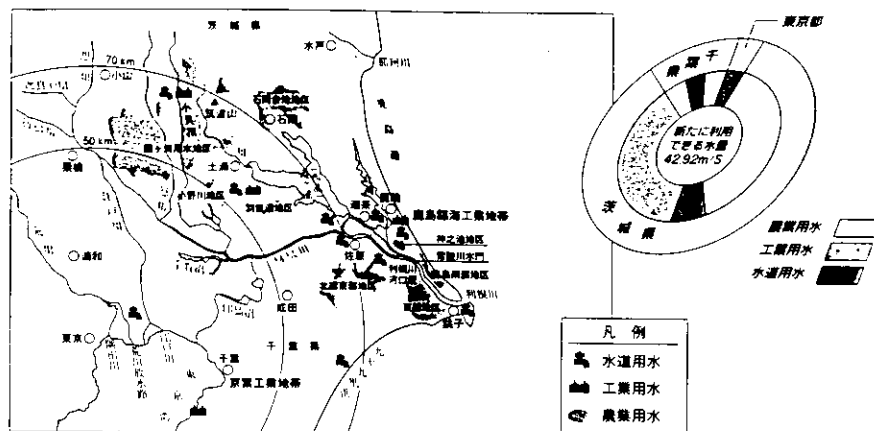


図19-7 給水区域計画図

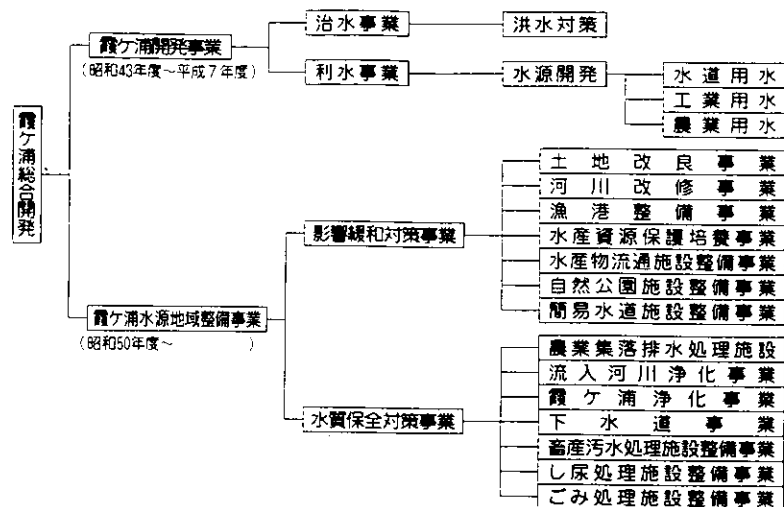


図19-8 霞ヶ浦総合開発の体系

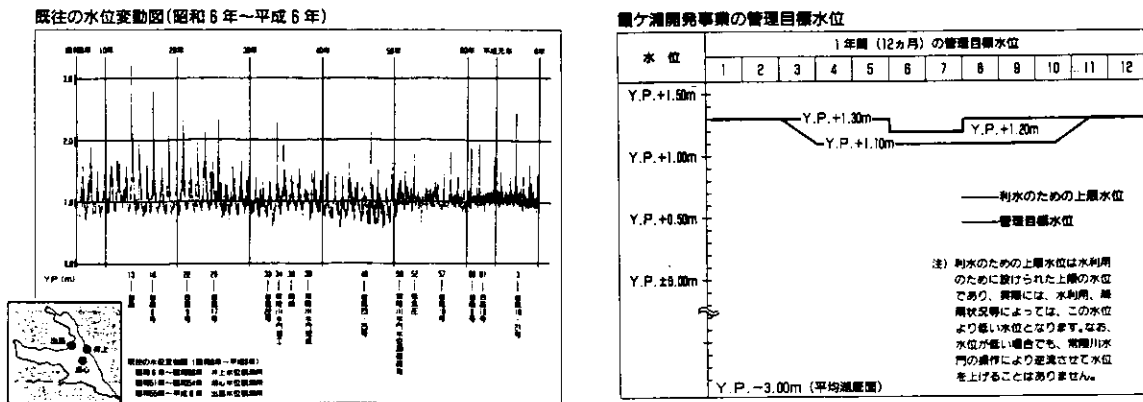


図19-9 霞ヶ浦の水位管理

実際のところ、夏季にはこれまでの水位 (Y.P. +1.0m) とほとんど変わらない状況であるが、冬季は確かに増水した景観に変わってきた。このような水位管理に対し、従来からの季節変動とは異なるものであり、水生植物や生態系、また周辺環境への影響を懸念する意見もあることから、湖の水理、環境モニタリング調査を十分に行いつつ、注意深く運用することとなっている。

2. 4 霞ヶ浦の水利用

さらに、水資源を確保し、合わせて霞ヶ浦の水質浄化を図るための事業として、霞ヶ浦導水事業が進められている (図 19-10)。この事業は、那珂川下流部と霞ヶ浦 (約42.9km)、利根川下流部と霞ヶ浦 (約 2.6km) を地下トンネルで結び、年間 6.5億 m^3 を導水することにより、霞ヶ浦及び桜川 (那珂川水系) の水質浄化や既得用水の安定取水を図り、毎秒12.7 m^3 の新規都市用水を開発するものである。総事業費は1,900 億円で、工事は昭和59年度 (1984年) に着工され、平成12年度 (2000年) に完成する予定である^{13) 14)}。

こうした水資源開発等の進展により、現在霞ヶ浦の湖水利用量は、水道用水、工業用水、農業用水として、合計毎秒117.82 m^3 に及んでいる (表19-5)。一番多くの湖水を利用しているのは農業用水で、水田稲作へのかんがい用水となっている。そして、水道用水としては、約90万人の生活用水となっている。なお、平成8年 (1996年) に完成した霞ヶ浦開発事業に伴う開発水量 毎秒42.92 m^3 のうち、現在利用している量は約半分で、これから利用水量の増加が計画されている状況にある。

水の使用量は、流域人口の増加、生活様式の変化、工業団地の整備などにより、今後も増えていくものと見込まれている。平成7年 (1995年)、そして8年 (1996年) には全国的な渇水による水不足が問題になる中で、霞ヶ浦は渇水に強い水源として注目された。かつて「降れば水害、照れば干害」

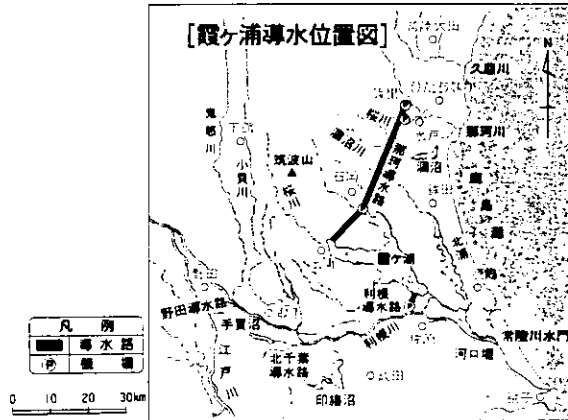


図 19-10 霞ヶ浦導水位置図

表19-5 霞ヶ浦の水利用現況

(単位: m³/秒)

事 項	件数	最大取水量	備 考
農業用水	136	101.73	かんがい面積約50.873ha
上水道用水	9	2.98	県南広域水道、東西広域水道など
工業用水	3	12.14	鹿島工業用水、東西広域工業用水など
雑用水	61	0.97	
合 計	209	117.82	

(資料提供: 建設省霞ヶ浦工事事務所) ※平成8年8月現在

と周辺住民を苦しめてきた霞ヶ浦が、今や茨城県のみならず首都圏全体の発展に無くてはならない大切な資源となっているのである¹⁵⁾。

3. 霞ヶ浦の水質汚濁とその要因

3. 1 湖沼の特性

霞ヶ浦の水深は平均約4mと、広さに比べて極めて浅い。そして平均滞留日数も約 200日と長い。さらに霞ヶ浦は、水温が高いこと(3~31℃)、湖水量に対し流域面積が広いことなど、その自然的条件から富栄養化しやすい特性をもった湖である。また、明治43年(1910年)にはアナベナやマイクロキスティスが観察され、古くから水の華現象がみられていたといわれている。

一般的に、富栄養湖の水質は、窒素0.2mg/l、りん0.02mg/l以上を示しているといわれている。Vollenweider(1974年、1975年)は、この濃度にならないための許容負荷量について、水深と滞留時間等から求める関係式を提案している。この関係式を用いて、我が国の主な湖沼について許容負荷量を求めたものが、表19-6である²⁾。許容負荷量をみると、霞ヶ浦では琵琶湖の3分の1程度である。さらに、人間が生活する流域の面積で除して得られる許容流域負荷を計算すると、琵琶湖の2分の1

表19-6 湖沼諸元と許容負荷量(P)

湖沼名	湖面積 km ²	滞留時間 年	平均水深 m	許容負荷量 kg/日	流域面積 km ²	許容流域負荷 kg・P/km ² ・日
霞ヶ浦	220	0.55	4.0	104.0	2,169	0.048
山中湖	6.41	0.38	11.0	6.8	66	0.104
諏訪湖	13.7	0.13	4.1	15.7	531	0.030
六道湖	80.3	0.20	4.5	70.8	1,318	0.054
児島湖	8.2	0.06	1.6	8.2	532	0.015
琵琶湖	680	5.34	41.0	329.8	3,800	0.067

程度となる。もし琵琶湖と同程度の水質を期待するならば、単位流域内の人間活動を半分にするか、2倍の高度処理をするか、ということになり、霞ヶ浦はそれだけ水質保全には厳しい条件を備えた湖であるといえることができる²²⁾。

3. 2 水質の変化

霞ヶ浦の水質は昔からCODが4~5mg/l程度あり、透明度もそれほど高いものではなかった（日本のCOD標準法は酸性過マンガン酸カリウム法である）。それでも水は澄んでいたし、湖底の砂礫ははっきり見え、そして、直接湖水を飲用に利用しても支障はなかったといわれている。

ところが、流域での諸活動が盛んになり、水利用が増えてきた昭和40年代（1965年）頃から、霞ヶ浦の水質も変化してきた（図 19-11）。

そして、昭和40年代（1965年）後半頃から藻類の発生が著しくなり、CODの年平均値（基準点8ヶ所で年間12回測定）は6mg/lを超えるようになった。これにともない、浄水場ではろ過閉塞などの処理上の障害が発生したり、利用者から異臭の苦情などが毎年でるようになった。特に濁水であった昭和48年（1973年）の夏には、アオコ（ミクロキスティスによる水の華）が大量発生し、浄水障害に加え、アオコの腐敗による悪臭や、酸欠による養殖コイの大量へい死などの被害が発生し、霞ヶ浦の水質汚濁は大きな社会問題となった。それ以来、霞ヶ浦は、汚い水、アオコ、死の湖など汚濁湖沼の代名詞となって、全国的に知られるようになった。

その後も、昭和50年代（1975年）初めにかけては、COD 6~7mg/l台で推移したが、昭和53、54年度（1978年、1979年）は夏季にはミクロキスティス、冬季にはクロステリウムが大量発生し、CODも10mg/lを超すような状態となった。

このため、流域では工場排水の規制や下水道の整備、湖内ではアオコの採取や底泥の浚渫など水質浄化に向けた各種の取り組みが進められた。その効果もあって、CODは徐々に低下し、昭和58年度（1983年）からは8mg/l台、昭和63年度（1988年）以降は7mg/l台で推移した後、平成3年度（1991年）には6.8mg/lと14年ぶりに6mg/l台に低下した。

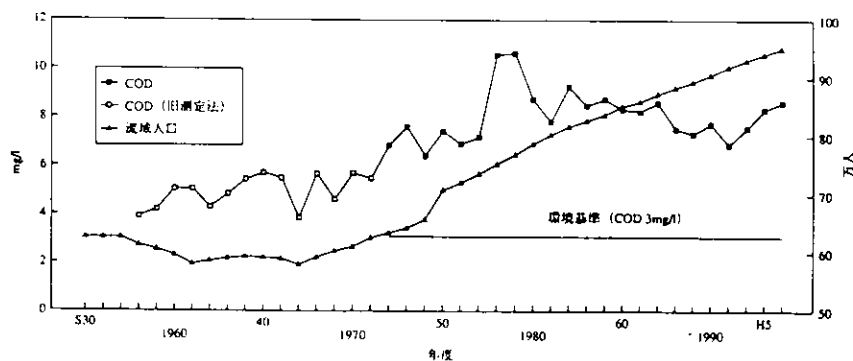


図 19-11 霞ヶ浦の水質経年変化 (COD) と人口の推移

3. 3 水質の現況

このまま水質改善が進むものと期待されたところであったが、平成5年度（1992年）以降、CODは再び8mg/l台に上昇し、現在も継続している。

CODの季節変動（図 19-12）をみると、霞ヶ浦ではCOD年平均値が上昇するにしたがって、夏季に高い値を示し冬季に低い値となる変動をくり返していたが、最近では年中ほぼ同じ値で季節変動は見られなくなっている。

これに対して、全窒素、全りんの水質の変動（図 19-13）は、CODとはやや異なるものである。全窒素については、昭和47年（1972年）以降ほぼ同じ値で推移してきたが、近年やや低下する傾向にある。また、全りんについては、昭和53年（1978年）は特異的に高い値をとっているが、昭和47年（1972年）以降徐々に増加傾向にある。

霞ヶ浦の現在の水質レベルは概ね、透明度0.5m、COD8.5mg/l、全窒素0.9mg/l、全りん0.09mg/l

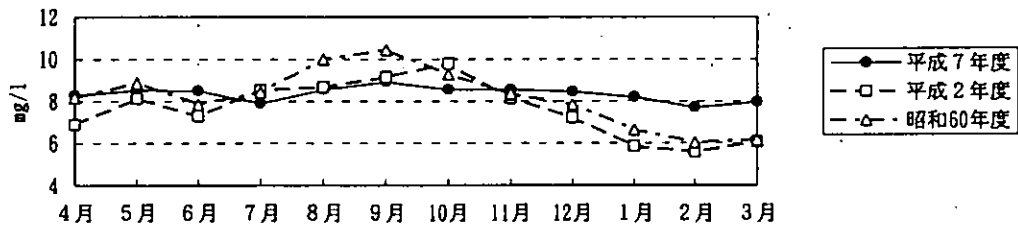


図 19-12 霞ヶ浦の水質季節変化 (COD)

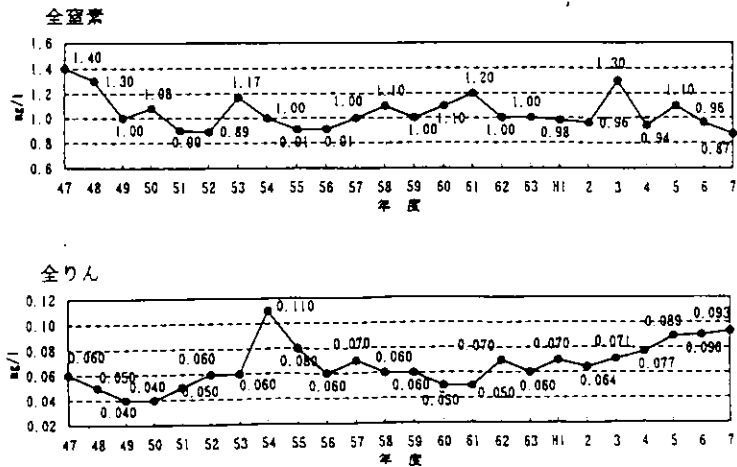


図 19-13 霞ヶ浦の水質経年変化 (T-N, T-P)

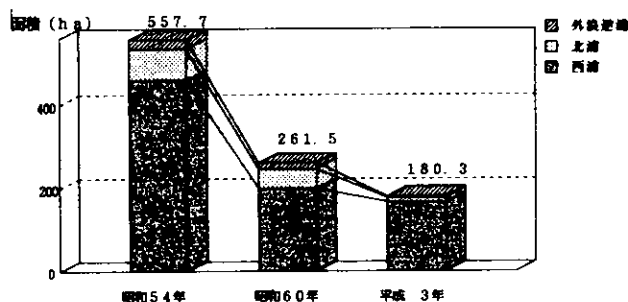


図 19-14 挺水植物群落面積の推移

1、クロロフィル a 70 μ g/l、塩化物イオン50mg/lである。この現況は、昭和50年代(1975年)前半の状況に比べ、アオコの発生は少なくなってきたし、大きな利水障害も見られなくなり、長期的にみれば顕著な改善とは言えないが、汚濁の進行を抑制している状況にあると言える。

しかし、全りん濃度が徐々に増加(図 19-13)していることに加え、一時的に高い透明度(2~3m)が観測されたり、イサザアミなど動物プランクトンの急激な発生や消滅が見られること、さらに水生植物帯の減少(図 19-14)、漁獲量の減少(図19-4)など、不安定な湖沼の水環境となっていることから、今後の水質動向が憂慮される状況である。

ではなぜ、水質浄化のための努力が続けられているにもかかわらず、最近水質改善が進まなかったのか、その原因は次のように整理される。まず第1に、湖内に発生する植物プランクトンの種類が、夏季に発生し、冬季に死滅するマイクロシステスから、低温・低照度を好み、通年生き続けるオシラトリア、フォルミデュウム(糸状性藍藻類)に変わった(図 19-15)ため、従来比較的きれいであった冬季の水質が上昇して水質の季節変動がなくなり、年平均水質を悪くしている。しかし、なぜ植物プランクトンの種類の変化が起こったのかは、窒素とリンの比率が変化したことや、底泥から溶出する有機物の影響、生物間の競合関係などと言われているが、まだ明らかになっていない。

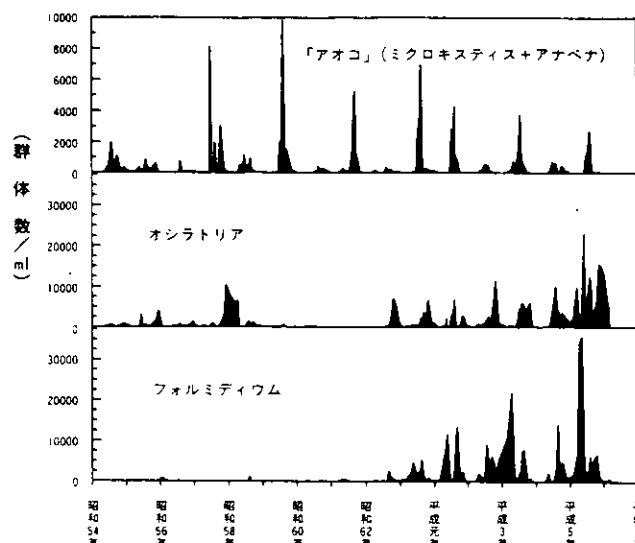


図 19-15 近年の霞ヶ浦湖心の表層における主要な植物プランクトンの出現状況

第2には、流域からの汚濁負荷、特に富栄養化の要因となる窒素・リンの負荷削減が最近計画どおりに進まないことがあげられる。これは、下水道などの生活排水処理施設の整備は計画通り進んでいるにもかかわらず、それ以上に近年窒素・リンの処理性能の低い単独処理浄化槽によるトイレの水洗化が進んでいることなどによるものである。

このほか、降雨時の汚濁物質（特にリン）の流出や、農村地域河川の窒素濃度の上昇、湖底の嫌気化に伴う窒素やリンの溶出、生態系の変化に伴う自然浄化機能の低下など、把握しがたい要因が重なったことが考えられている。

3. 4 利水障害

霞ヶ浦の水質汚濁の進行に伴って、種々の利水障害も発生している。主な利水障害としては、表19-7に示したように、水道用水の浄水障害や異臭味問題、酸欠等による魚類へい死（表19-8）などである。

霞ヶ浦では、昭和35年（1960年）から水道用水として利用が始まったが、藻類が大発生するようになった頃から障害が報告されるようになった。そして、アオコの発生が見られるようになった昭和42、43年頃から浄水障害や異臭味問題が顕在化した。そのため、粉末活性炭の注入、凝集剤のPACへの切替え、前塩素の強化などの障害対策を実施してきた。さらに、昭和53年（1978年）には取水点を湖心に近い地点への変更、昭和59年（1984年）には生物酸化処理施設の増設など実施してきた。この結果、従来の浄水障害や異臭味問題などは軽減している。最近では、カビ臭がやや多発している状況にある³⁾。

表19-7 利水障害の発生状況

利 水 障 害	発生の有無	発 生 状 況・量 等
異臭味・カビ臭障害	有	昭和44年頃から
凝集・ろ過障害	有	昭和43年頃から
水産被害	有	養殖こいへい死（昭和48, 49, 53, 57年等）
農業被害	有	塩害（昭和33, 42, 49年等）
水浴場閉鎖	有	昭和48年閉鎖
観光価値低下	有	
赤水	無	
赤潮	無	
アオコ	有	
その他		

表19-8 主な漁業被害

年月	被害内容	被害量(トン)	場所	備考
S41. 8	シジミ	1,045	常陸川	酸欠
S48. 5	シジミ	2,053	常陸川	酸欠
7~9	養殖コイ	1,349	霞ヶ浦・北浦	〃
S49. 5~9	養殖コイ	423	霞ヶ浦・北浦	酸欠・魚病
S53. 7~9	養殖コイ	348	霞ヶ浦・北浦	酸欠
S57. 7~9	養殖コイ	235	霞ヶ浦・北浦	酸欠

なお、現在でも農業用水としての利用には障害となる水質ではない。さらに、アオコの産生する毒性物質の問題については、霞ヶ浦では上水処理工程に生物酸化処理を増設したことにより毒性物質を容易に分解できること、また近年アオコの発生が少なくなってきた(図 19-16)ことから、最近話題となっていない。

流域の農耕地で使用される農薬は、年間約5,600 トンもあると言われている。また、流域内には計画中のものも含めてゴルフ場が57ヶ所(1995年現在、流域総面積の約2%を占める)あり³⁾、相当量の農薬を使用している。しかし、流入過程の流況が緩やかなことから分解が進み、今まで霞ヶ浦では農薬が問題になることはほとんどなかった。

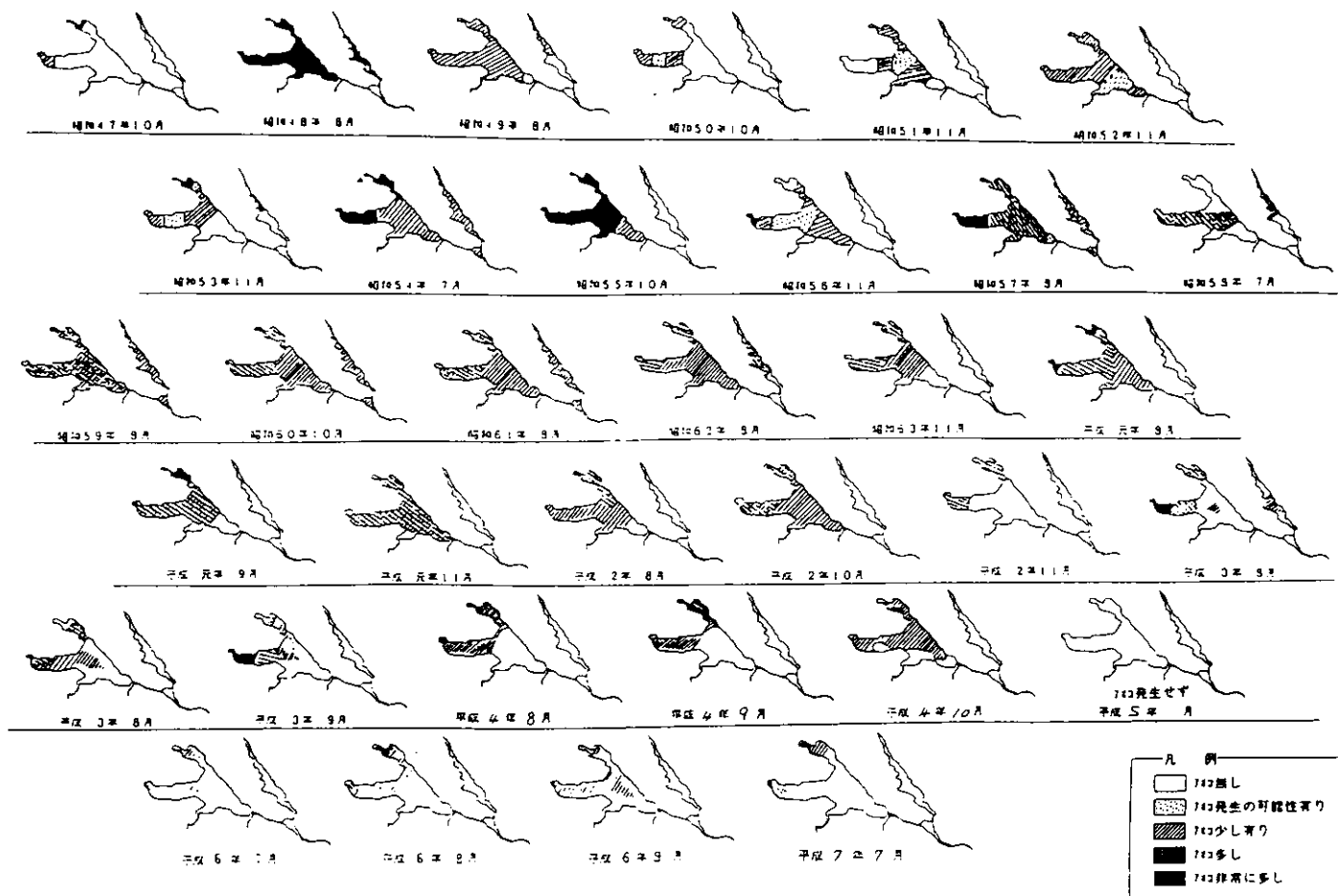


図 19-16 近年のアオコの発生状況

3. 5 水質汚濁の要因

水質汚濁の要因は、図 19-17のように分類することができる。外部要因としては、流域の各家庭からの生活系排水、工場系排水、畜産系排水、そして山林、水田・畑、市街地、降雨等の面源系排水、湖面の網生質による魚類養殖などが考えられる。そこで、原単位法によって要因別に排出負荷量を算出すると、現状（平成 7年）ではCOD28.8t/日、全窒素10.1t/日、全りん0.91t/日になり、この20年間にも人間活動や浄化対策の進展により変化がみられる（表19-9）。

COD排出負荷量については着実に減少してきたが、昭和50年代（1975年）の大きな削減にくらべると最近の削減量は小さくなっている。一方、窒素、りんは昭和50年代（1975年）には減少していたが、最近増える傾向にある。これは、し尿汲み取り世帯が窒素・りんの処理性能の低い単独処理浄化槽によりトイレの水洗化を図ったことや、流域人口の増加に加え、各世帯の水使用量そのものが増えたことなど、生活様式の急速な変化が起きたことによるものと考えられている。

また、汚濁要因としては依然として生活系と面源系の割合が高いのであるが、昭和50年代（1975年）には工場系の占める割合が減少したこと、最近では面源系の占める割合が増加していることが特徴となっている。面源系負荷が増加している原因としては、次のように考えられている。まずCODについては、排出負荷原単位の高い都市化に伴う住宅地や生活基盤整備に伴う道路など市街地面積の増加によるものである。また、窒素については、農耕地土壌中に蓄積した肥料成分等の流出率の増加などが原因であると考えられている。りんについては、りん成分を吸着しやすい土壌に覆われていることから、面源からの流出が少ないのが特徴となっている。

その他、霞ヶ浦では湖底に堆積している底泥から溶出する内部負荷も大きな要因と言われている。霞ヶ浦では風速5mを越える風がしょっちゅう吹くが、その風で水深2~3m付近までは容易に混合する。しかし風が止むと、夏季にはたちまち温度差による水の成層構造ができ、有機物の分解が進んでいる

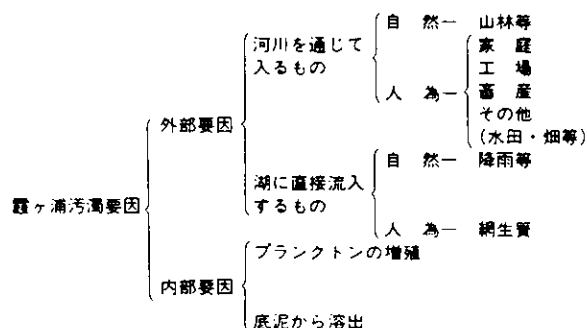


図 19-17 霞ヶ浦汚濁要因

表19-9 霞ヶ浦流域における排出負荷量の推移

項目	年次	排出負荷量 t/日	要因別内訳 %				
			生活	面源	工場	畜産	水産
COD	昭和53年	45.2	40.7	30.0	15.7	7.4	6.2
	60年	31.7	42.9	32.6	4.9	12.0	7.6
	平成 2年	30.8	43.7	33.5	3.9	11.9	7.0
	7年	28.8	34.4	42.7	3.3	12.5	7.0
	(計画)12年	25.7	28.5	49.1	3.5	11.8	7.1
全窒素	昭和55年	11.6	30.6	38.5	5.2	12.9	12.3
	60年	10.6	31.8	38.2	8.1	12.1	9.8
	平成 2年	10.1	37.4	36.3	6.0	11.7	8.5
	7年	12.1	34.9	39.8	4.8	13.8	6.6
	(計画)12年	10.8	34.6	42.6	5.0	11.3	6.5
全りん	昭和55年	1.25	27.2	18.4	26.4	6.4	21.6
	60年	0.93	39.7	21.5	10.8	5.4	22.6
	平成 2年	0.84	47.6	22.6	7.1	6.0	17.9
	7年	0.91	46.1	22.1	7.6	4.9	19.3
	(計画)12年	0.78	44.6	25.2	8.2	4.8	17.1

湖底付近では酸素がなくなり、りんなどの溶出が増える。そして、風が吹くと水は再び混合し、底層にあった栄養塩を表層に持ち上げてくる²¹⁾。近年霞ヶ浦では植物プランクトンの種類が変化したことなどにより、底泥の無酸素化が進んでいると指摘されている。

最近の建設省¹¹⁾の試算によれば、COD、りんの底泥溶出負荷量は霞ヶ浦に流入する負荷量とほぼ同等、窒素では約半分となっている(図19-18)。

なお、霞ヶ浦の水質悪化の原因は常陸川水門の締切りである、と主張する意見も聞かれる。水門の操作によって滞留時間が変わったことが富栄養化を進行させた一つの要因であると考えられるが、その寄与度を見積もった報告はまだない。

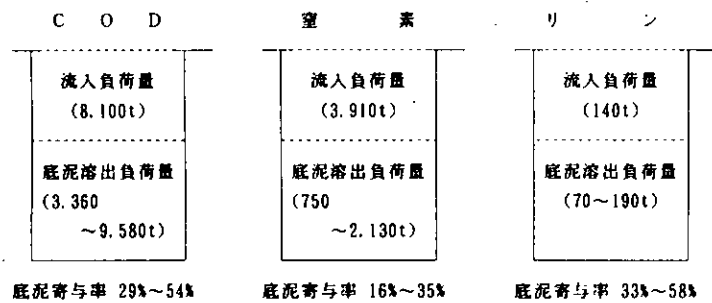


図 19-18 底泥溶出負荷量 (年間)

4. 霞ヶ浦の水質浄化対策

4. 1 環境基準

このような霞ヶ浦の水質汚濁を防止するため、行政目標という観点から望ましい水質として定めたのが、水質汚濁にわたる環境基準である。この環境基準は、「環境基本法」(旧公害対策基本法)に基づくもので、人の健康の保護に関する項目(健康項目)と生活環境の保全に関する項目(生活環境項目)がある。健康項目は、すべての公共用水域に一律に定められているが、生活環境項目は、河川、湖沼、海域ごとに利水目的に応じた水域類型を設け、それぞれに基準値が定められている。

霞ヶ浦は、水道水源として利用することから昭和47年(1972年)に湖沼A類型に指定された。湖沼A類型とは、COD 3mg/l以下で、簡易処理により水道水として使用できるレベルの水質である。しかし、元々霞ヶ浦のCODは4~5mg/l程度であったことを考えると、この目標設定は達成可能なゴールというよりは利水目的を重視したものであり、後々議論的的となっている。

そして霞ヶ浦に流入する河川は、昭和48,49年(1973,74年)に河川A類型(BOD 2mg/l以下)に、また、霞ヶ浦の全窒素・全りんに係る環境基準は、昭和61年(1986年)にⅢ類型(全窒素0.4mg/l以下、全りん0.03mg/l以下)に指定された。

4. 2 上乘せ排水基準

この環境基準を達成するため、まず「水質汚濁防止法」(1971年制定)や「茨城県公害防止条例」(1971年全面改正)により、工場・事業場から排出される排水に対して規制対策を実施した。水質汚濁防止法では、汚水または廃液を排出する施設を特定(特定施設)し、これを設置している工場・事業場(特定事業場)に届出義務を課すとともに、排出する排水に対し全国一律に適用する基準(一律排水基準)を定めた。さらに、茨城県では、霞ヶ浦の水質汚濁の防止を図るという観点から、条例により全国で最も厳しい基準(上乘せ排水基準)を、表19-10のように既設、新設に区分して定めた。ここで既設は、条例施行となった日において現に特定施設を設置している工場・事業場に、そして新設は施行となった日以後に設置又は構造等の変更した工場・事業場に適用するものである。

また、霞ヶ浦は、昭和50年(1975年)に「水源地域対策特別措置法」に基づく水源地域に指定され、昭和51年(1976年)に水源地域整備計画が策定された。この中に下水道及びし尿処理場の整備、家畜ふん尿処理、底泥の浚渫などの水質保全対策も、水源地域整備事業に位置づけられて推進してきた(図19-8)。そして、これらの水源地域整備事業の実施に当たっては、地元地方公共団体の財政負担を軽減するため、同法の規定により、一部の事業に対する国庫補助率の高上げをする優遇措置がとられ、

表 19-10 一律排水基準と上乘せ排水基準

	水 質 項 目	水 質 汚 濁 防 止 法 一律排水基準(総理府令)	茨城県公害防止条例 霞ヶ浦水域における上乘せ排水基準	
			新 設	既 設
有 害 物 質	カドミウム・化合物	0.1mg/ℓ	0.01mg/ℓ	
	シアン化合物	1 "	検出されないこと	
	有機りん化合物	1 "	"	
	鉛・化合物	0.1 "	0.1mg/ℓ	
	六価クロム化合物	0.5 "	0.05 "	
	ヒ素・化合物	0.1 "	0.05 "	
	水銀・アルキル水銀・化合物	0.005 "	0.0005 "	
	アルキル水銀化合物	検出されないこと		
	PCB	0.003mg/ℓ	検出されないこと	
	トリクロロエチレン	0.3 "		
	テトラクロロエチレン	0.1 "		
	ジクロロメタン	0.2 "		
	四塩化炭素	0.02 "		
	1,2-ジクロロエタン	0.04 "		
	1,1-ジクロロエチレン	0.2 "		
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 "		
	1,1,1-トリクロロエタン	3 "		
	1,1,2-トリクロロエタン	0.06 "		
	1,3-ジクロロプロペン	0.02 "		
	チウラム	0.06 "		
	シマジン	0.03 "		
	チオベンカルブ	0.2 "		
	ベンゼン	0.1 "		
セレン	0.1 "			
生 活 環 境 項 目	水素イオン濃度(pH)	5.8~8.6(但し海域は5.0~9.0)	5.8~8.6	5.8~8.6
	生物学的酸素要求量(BOD)	160mg/ℓ(日間平均120mg/ℓ)	15(10)mg/ℓ	25(20)mg/ℓ
	化学的酸素要求量(COD)	160 "(日間平均120mg/ℓ)	15(10) "	25(20) "
	浮遊物質(SS)	200mg/ℓ(日間平均150mg/ℓ)	20(15) "	40(30) "
	ノルマルヘキサン抽出物質(鉱油)	5mg/ℓ	3 "	3 "
	ノルマルヘキサン抽出物質(石油)	30 "	5 "	5 "
	フェノール類	5 "	0.1 "	1 "
	銅	3 "	1 "	3 "
	亜鉛	5 "	1 "	5 "
	溶解性鉄	10 "	1 "	10 "
	溶解性マンガン	10 "	1 "	1 "
	クロム	2 "	0.1 "	1 "
	フッ素	15 "	0.8 "	8 "
大腸菌群数	日間平均3,000個/cm ³	日間平均3,000個/cm ³	日間平均3,000個/cm ³	
窒素含有量	120mg/ℓ(日間平均60mg/ℓ)	(次ページのとおりに)		
りん含有量	16mg/ℓ(日間平均8mg/ℓ)	(次ページのとおりに)		

(注) 排水基準が適用になる工場・事業場は次のとおりです。
 1 有害物質は排水量を問わずすべてのものに適用。
 2 生活環境項目は既設のものは50m³/日以上(但し、有害物質を排出するところは30m³/日以上)、新設のものは20m³/日以上に適用。

国の財政的援助を得て、霞ヶ浦の水質浄化に取り組むこととなった。

この他、住民による水質浄化運動として、粉石けん・無りん洗剤の使用運動、霞ヶ浦清掃大作戦なども実施されるようになった。

4. 3 富栄養化防止条例

しかし、このような浄化対策の進展にもかかわらず、人口の増加や、産業活動の活発化、生活様式の変化などに伴い、霞ヶ浦の水質はさらに悪化し、昭和53、54年(1978、79年)にはCODが10mg/lを超えるまでになった。

この水質汚濁の要因は、窒素、りんなどの栄養塩類の流入による植物プランクトンの大量増殖、いわゆる富栄養化に起因するものであり、この対策としては、霞ヶ浦に流入する窒素やりんを削減することから、茨城県では、昭和56年(1981年)12月に「霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例」(図 19-19)を制定し、翌年に施行した。これにより、霞ヶ浦では琵琶湖に次いで2番目に、国に先駆けて富栄養化防止対策を実施していくこととなった。

この条例は、

(1)富栄養化の防止を図るため、県、市町村、県民、事業者などの責務を明らかにしたこと、

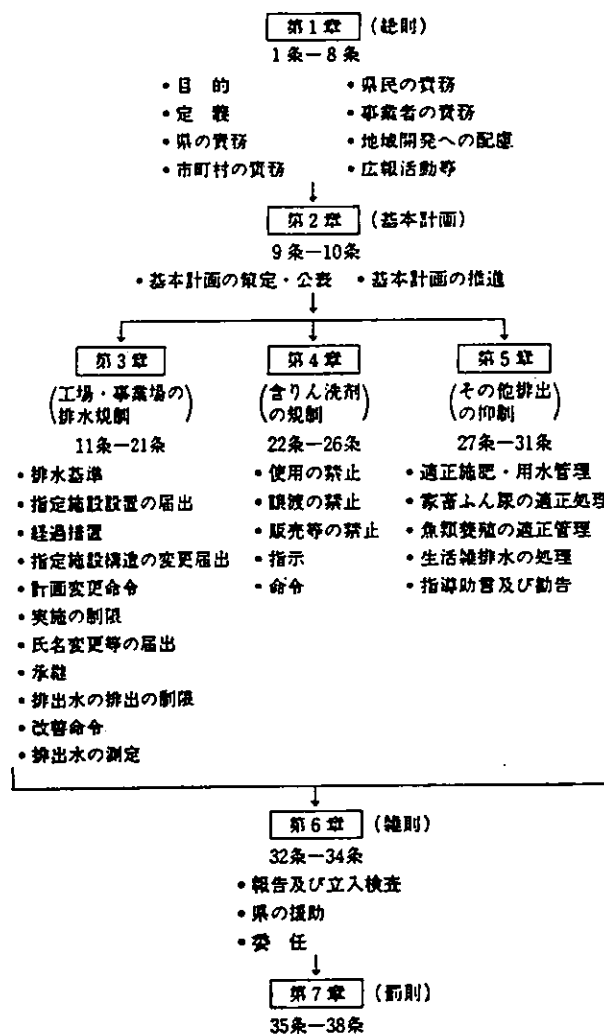


図 19-19 富栄養化防止条例の概要図

- (2)総合的な汚濁負荷削減対策が必要になるため、目標年次、目標水質、窒素・りん削減目標、目標達成に必要な対策などを盛り込んだ富栄養化防止基本計画の策定を義務づけたこと、
- (3)窒素・りんについて水質汚濁防止法のしくみに準じた工場・事業場の排水規制を設けたこと、
- (4)りんを含む家庭用合成洗剤の使用などを禁じたこと、
- (5)規制の対象となりにくい農業、畜産、水産養殖、生活雑排水の処理などについて訓示規定を設けたこと、などが特徴である¹⁶⁾。

4. 4 富栄養化防止基本計画

続いて茨城県では、基本計画を策定し、条例の施行に合わせて公表した。計画では、着実な水質改善による環境基準(COD 3mg/l以下)の達成をめざし、昭和65年(平成2年、1990年)の水質目標を、アオコの発生や利水障害のない昭和40年代(1965年)中頃の水質(COD 6mg/l台)とした。さらにこの水質目標を達成するための窒素・りん削減量の目標を、表 19-11のように汚濁要因別に定めるとともに、基本的方法を具体的に示した。なお、表中の将来の予測負荷量とは施策を講じない場合の負荷量であり、目標負荷量とは目標水質を達成するための負荷量である。

工場・事業場に対する窒素・りんの排水規制については、既設・新設の区分に加え、業種区分、さらに排水量区分を設けて、表 19-12のように排水基準を設定した。ここで業種区分を設けたのは、それぞれの業種の窒素・りんの排水実態と処理技術の関係を勘案したためである。また、新設の欄の排水基準は、既設のそれに比べて、より厳しい許容限度を定めており、これは、今後の新規立地工場等については、新たな負荷の増加を極力抑えるためと、新規立地工場等の場合には、排水処理施設を設

表 19-11 要因別流入負荷削減目標 (トン/日)

		現 状 流入負荷量		昭 和 65 年						
				予測流入負荷量		目標流入負荷量		削減すべき量		
		窒 素	り ん	窒 素	り ん	窒 素	り ん	窒 素	り ん	
面 源 負 荷	湖 面 降 雨	0.61	0.03	0.61	0.03	0.61	0.03	0	0	
	山 地 等	0.85	0.05	0.85	0.05	0.85	0.05	0	0	
	市 街 地	0.27	0.05	0.27	0.05	0.27	0.05	0	0	
	農 地	水 田	1.41	0.04	1.41	0.04	0.98	0.03	0.43	0.01
		畑 地	1.35	0.06	1.35	0.06	0.82	0.04	0.53	0.02
		小 計	2.76	0.10	2.76	0.10	1.80	0.07	0.96	0.03
	合 計	4.49	0.23	4.49	0.23	3.53	0.20	0.96	0.03	
点 源 負 荷	生 活 系 排 水	糞 排 水	1.21	0.22	1.10	0.21	0.90	0.10	0.20	0.11
		し尿浄化槽	0.70	0.06	0.59	0.05	0.59	0.05	0	0
		し尿処理場	1.29	0.03	0.85	0.02	0.12	0.01	0.73	0.01
		下 水 道	0.36	0.03	3.25	0.30	1.96	0.05	1.29	0.25
		小 計	3.56	0.34	5.79	0.58	3.57	0.21	2.22	0.37
	工 場 負 荷	工 場	0.60	0.33	0.79	0.44	0.54	0.17	0.25	0.27
		畜 産	1.50	0.08	1.96	0.11	1.30	0.05	0.66	0.06
		水 産 養 殖	1.49	0.27	1.49	0.27	0.58	0.16	0.91	0.11
		合 計	7.15	1.02	10.03	1.40	5.99	0.59	4.04	0.81
		總 計	11.64	1.25	14.52	1.63	9.52	0.79	5.00	0.84

表 19-12 窒素・りんの上乗せ排水基準 (単位: mg/l)

区 分	1日の平均的 な排水の量	新 設		既 設		
		窒素	りん	窒素	りん	
製 造 業	食 料 品 製 造 業	20 立方メートル以上 50 立方メートル未満	20	2	25	4
		50 立方メートル以上 500 立方メートル未満	15	1.5	20	3
		500 立方メートル以上	10	1	15	2
	金 属 製 品 製 造 業	20 立方メートル以上 50 立方メートル未満	20	2	30	3
		50 立方メートル以上 500 立方メートル未満	15	1	20	2
		500 立方メートル以上	10	0.5	15	1
	上 記 以 外 の 製 造 業	20 立方メートル以上 50 立方メートル未満	12	1	15	1.5
		50 立方メートル以上 500 立方メートル未満	10	0.5	12	1.2
		500 立方メートル以上	8	0.5	10	1
そ の 他 の 業 種 等	畜 産 農 業	20 立方メートル以上 50 立方メートル未満	25	3	50	5
		50 立方メートル以上 500 立方メートル未満	15	2	40	5
		500 立方メートル以上	10	1	30	3
	下 水 道 終 末 処 理 施 設	20 立方メートル以上 100,000立方メートル未満	20	1	20	1
		100,000立方メートル以上	15	0.5	15	0.5
	し 尿 処 理 施 設 (し尿浄化槽を除く。)	20 立方メートル以上	10	1	20	2
	し 尿 浄 化 槽	20 立方メートル以上	15	2	20	4
	上 記 以 外 の 事 業 場	20 立方メートル以上 50 立方メートル未満	20	3	30	4
		50 立方メートル以上 500 立方メートル未満	15	2	25	4
		500 立方メートル以上	10	1	20	3

計の段階から組み込むことができるからである。さらに、排水量の規模によって排水基準の値が区分されているのは、窒素・リンの量規制的な面も考慮したためである。なお排水基準の数値は、現在の窒素・リン処理技術及び処理経費等を総合的に判断して定められたものである²⁾。その後、昭和60年(1985年)に水質汚濁防止法施行令が一部改正されて、一律排水基準に窒素・リンが追加され、霞ヶ浦も規制対象湖沼に指定されたことから、条例による窒素・リンの排水規制は、水質汚濁防止法に定める一律排水基準の上乗せ排水基準として位置づけられて運用されている。

この計画では、窒素・リンの削減目標量が、規制対策による量と指導対策による量がほぼ同量見積もられているように、従来規制になじまなかった汚濁源の対策にも取り組むようになったことも大きな特徴である。

特に、湖内で行なわれているコイ養殖についても、その糞や尿が汚濁源となる⁷⁾(図 19-20)ことから、生産量を低減したり(図 19-21)⁸⁾、飼料の改善、魚種の転換等負荷削減のための対策が行われるようになったことは特徴的である²⁰⁾。

この計画によって、従来から実施されていた水質保全対策事業も計画の中に位置づけられることになり、また、県民の総意による霞ヶ浦の浄化対策が、計画的かつ総合的に推進されることとなった。

4. 5 湖沼水質保全特別措置法

昭和60年代(1985年)に入ると、湖沼の富栄養化による水質汚濁は、全国的に共通した問題となったことから、国においても法制度の充実を図ることとなった。まず、水質汚濁の進行によりさまざまな環境上の障害をもたらしている湖沼について、特別の措置を講じてその水質保全を図るため、昭和59年(1984年)に「湖沼水質保全特別措置法」が制定された。この法律では、特に対策の必要性の高い湖沼を指定して、下水道などの水質保全に役立つ事業や、工場排水規制などの対策を盛り込んだ湖沼水質保全計画を5年ごとに策定し、この計画にしたがって湖沼の水質保全を計画的・総合的に進めることになった。

霞ヶ浦は、昭和60年(1985年)に指定湖沼となり、これを受けて茨城県、栃木県及び千葉県との3県は、昭和62年(1987年)に保全計画を策定した。この計画は、昭和65年(平成2年、1990年)の目標

図 19-20

■コイ養殖による負荷量

網いけすでコイを1kg生産するためには1.4kgの配合飼料の給餌が必要である。その場合、水中へ溶出負荷として、尿、ふんから窒素48.9g、リン5.3gが湖水中に溶出する。

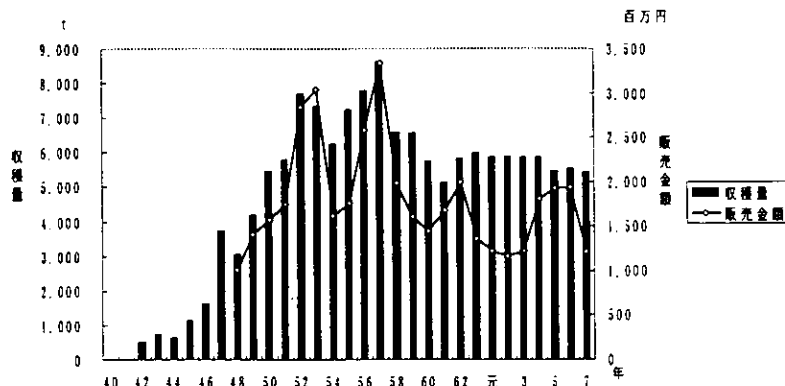
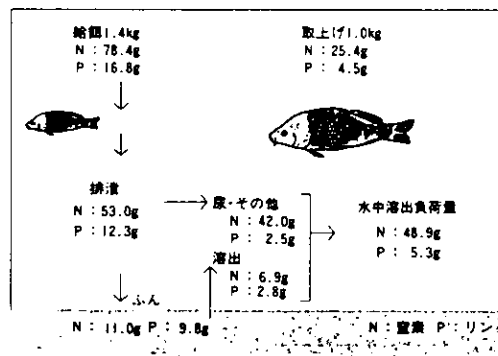


図 19-21 こい養殖業の収穫量と販売金額の推移

水質をCOD 6.8mg/lとし、この目標達成のために必要な施策及び事業量を示した。

湖沼法に基づく水質保全の方針は、霞ヶ浦条例と類似したものであることから、茨城県では法に基づく湖沼水質保全計画を5年間の事業量を明記した短期的計画、条例に基づく富栄養化防止基本計画を10年間の方針を示した中長期的計画として位置づけ、有機的な連携を図りながら霞ヶ浦の水質浄化を推進することとなった。

湖沼法や富栄養化防止条例は、湖沼の水質汚濁が重金属などの健康項目から、富栄養化に関連した生活環境項目へ移行したことや、排出源が少数の特定した工場・事業場を中心とした産業系から、零細多数の個々の家庭を含む生活系へと、負荷のウエイトが移行したことに対応するものとして制定されたものである。これらにより湖沼の水質保全は、従来の取締り規制対策から、規制と施設整備を両輪とする計画対策へと、その性格を変えてきたと言える。

4. 6 湖沼水質保全計画

茨城県、栃木県及び千葉県との3県は、昭和61年度（1986年）に第1期の湖沼水質保全計画を、また平成2年度（1991年）には第2期の計画を策定し、下水道の整備等の水質保全事業や工場等各種汚濁源に対する規制等の措置を総合的・計画的に推進してきた。

水質保全計画の策定は、まず、湖沼の水質浄化に関連する各種事業を有機的に結びつけ、総合的に施策の展開を図るようになったこと、さらに、毎年各施策の事業量や事業費などについて進捗状況を管理することによって、より計画的に施策の推進をするようになったこと、などに大きく寄与した。しかし、湖沼の水質保全に関する制度の整備は進んだところであるが、必ずしも河川や湖沼の水質改善に結びついているとは言い難い状況である。

第1期計画期間（昭和61年度から平成2年度）（1986～1990年）については、目標水質には達しないものの、負荷量は減少し、かつ湖内の水質は改善傾向が認められていた。しかし、第2期計画期間（平成3年度から平成7年度）（1991～1995年）については、計画に盛り込まれた施策については概ね計画どおりに実施されたにもかかわらず、水質目標は達成できなかったばかりでなく、水質は計画策定時よりも悪化した（図19-22）。また、COD負荷量はほぼ計画どおりの減少を示したが、窒素・りん負荷量は計画策定時よりもむしろ増加した。2期10ヶ年を全体的にみても、水質改善が進んでいる状況ではなく、汚濁の進行を抑制することに留まっている。

一方、このような状況の中で、平成7年10月には、霞ヶ浦を舞台に、「人と湖沼の調和—持続可能な湖沼と貯水池の利用をめざして—」をテーマとする第6回世界湖沼会議が開催され、世界の湖沼が抱えている課題について、さまざまな討議がなされ、多大な成果を収めるとともに、「霞ヶ浦宣言」が採択され、21世紀に向けた湖沼環境の保全修復についての行動指針が世界に向けてアピールされた。

茨城県、栃木県及び千葉県との3県は、第6回世界湖沼会議の成果等を踏まえ、今後予想される多種多様な汚濁負荷の増大に対応し、なお一層の浄化対策を推進する観点に立って、平成9年3月に第3期湖沼水質保全計画を策定した。

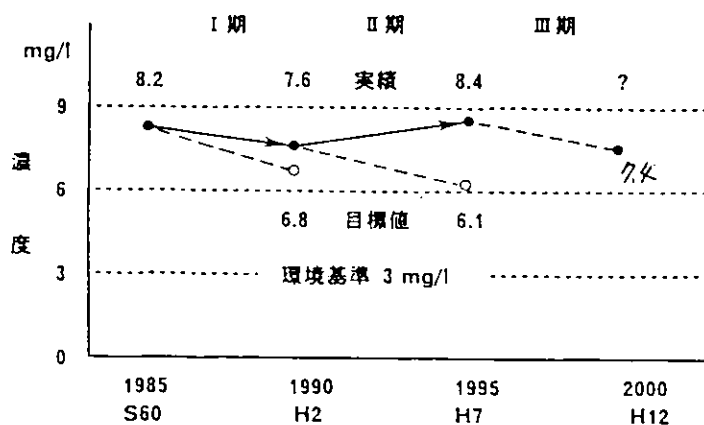


図 19-22 湖沼水質保全計画の水質目標と実績 (COD, 田淵作成)

4. 7 第3期湖沼水質保全計画

第3期計画の策定に当たっては、目標年度を平成12年（2000年）とし、汚濁要因別フレームや計画に盛り込む施策を次のように設定した。流域人口は956千人から1027千人に、市街地面積は284haから313haに増加するとし、豚飼養頭数やこい養殖生産量、農地・山地等面積はやや減少するものとした。また、主要な生活排水対策としては、下水道普及率は42%から53%に、下水道水洗化率は80%から87.5%に、農業集落排水処理施設利用人口は26.3千人から68.1千人に、また合併処理浄化槽の普及促進などを展開するものとした。その他、面源対策、家畜排泄物処理対策、こい養殖対策、工場・事業場排水対策、底泥浚渫等直接浄化対策など従来からの浄化施策の一層の充実強化を図るとともに、生態系の保全・回復と自然のもつ浄化機能を活用した水質浄化施策の推進や、住民、研究者、企業、行政4者のパートナーシップによる施策の推進、霞ヶ浦の湖沼と流域の全体を視野に入れた流域管理への取り組みなど、新たな施策の展開を図ることとした。

計画に盛り込んだ施策の事業量と目標水質の設定は、次の手順によっている。汚濁要因別フレームと計画される施策の事業量から、原単位法によって、施策を実施した場合としない場合の排出負荷量を推定する。その負荷量をもとに、最近10ヶ年の水質変動を再現できることが検証された水質予測モデルによって、平成12年度（2000年）の水質を予測する。予測水質が、目標水質として望ましい値になるまで、施策事業量を見直していく。あるいは、実施可能な事業量・事業費によって達成可能な水質濃度の値を求める。両者の側から検討・協議のうえ、事業量と目標水質は決定される。なお、霞ヶ浦の水質シミュレーションには、霞ヶ浦水域を7ブロックに分け、植物プランクトンによる内部生産を加味した物質循環モデル（図19-23）が使用されている⁴⁾。

こうした手順に従って設定されたのが、表19-13に示した第3期計画の水質目標値である。シミュレーションに見られる近年の霞ヶ浦の水質改善傾向としては、日本の他の湖沼に比べて、負荷削減割合に対する水質改善割合が小さいことがあげられる。この理由については不明な点が多いが、湖内に発生する植物プランクトンの種類が変化してきたことが最近の水質悪化に結びついていることに象徴されるように、流域においても、湖内においても健全な生態系の保全・回復が湖沼の水質浄化にとって重要であることを示唆している。そこで、従来から進められてきた負荷削減対策に加え、生態系の保全・回復など新たな視点に立って策定されたのが、図19-24した内容の第3期の霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画である²⁶⁾。

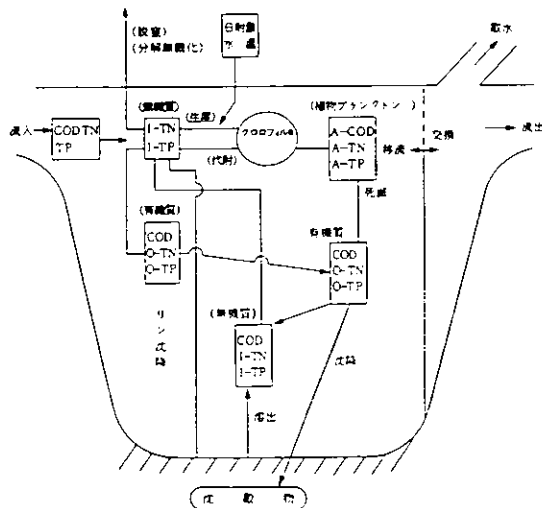


図 19-23 水質予測モデル

表 19-13 第3期湖沼水質保全計画
の水質目標

水質目標値（全水域の平均）（単位：mg/l）

項目	現 状 (平成7年度)	平成12年度	
		施策を講じ ない場合	施策を講じ た場合 (目標値)
COD	8.4	8.9	7.4
全窒素	0.87	0.95	0.83
全りん	0.093	0.10	0.085

5. 今後の課題

霞ヶ浦開発事業が完成した現在、河道拡幅、常陸川水門の完成及び湖岸堤の暫定完成により、治水の安全度は著しく向上し、また、安定した利水が可能な状況になり、流域住民に多くの恵恵みをもたらしている。しかし一方、霞ヶ浦では、湖沼水質保全計画に基づき諸対策を実施しているにもかかわらず

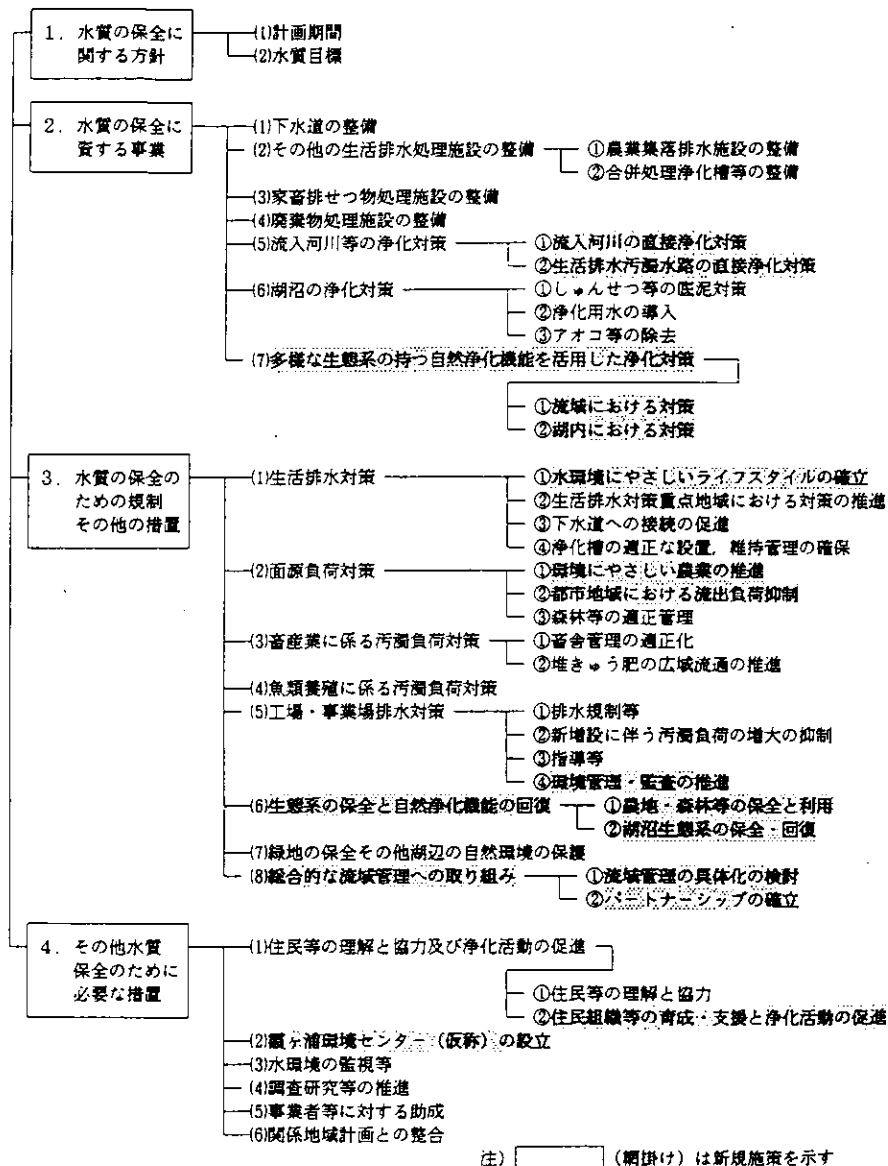


図 19-24 第3期の霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画及び施策体系

らず依然として水質改善が思うように進まないこと、さらに、堤防の建設や波浪に伴う湖岸域の水生物群落及び砂浜の喪失など失われた自然の修復と創造が強く求められている状況にある。こうした現状を踏まえて策定された第3期計画では、新たな浄化施策を積極的に推進することとしている。

今後一層の水質改善を図るためには、まず、あらゆる汚濁源に対して負荷削減対策の強化を図る必要がある。生き物の必須成分である窒素、リンの排出源は多岐にわたり、かつ高度処理技術が未確立であるという課題があるが、これからも湖沼水質浄化の基本的対策と言えよう。

そのためには発生源では、処理技術にはいつの時点でも限界があることを認識し、汚濁物質を発生させない、発生を少なくする、再利用することへの取り組みが今後の大きな柱になるものといえる。日常生活におけるリデュース、リユース、リサイクルの推進等、環境への負荷の少ないライフスタイルの確立に努めることである。また、事業活動においても環境管理・監査等の自主的な取り組みや、リデュース、リユース、リサイクルの促進を図ることである。

さらに負荷を削減するためには、これまで対策が施されなかった面源系の汚濁対策が重要になっている。排出負荷密度の高い市街地から降雨等に伴い流出する汚濁負荷に関しては、雨水調整池等により流出抑制に努めるとともに、新規開発地域においては可能な限り緑地面積の確保に努めることである。また、農業面源としては、農業の持つ保全機能を活用する環境にやさしい農業を進める必要があ

る。環境にやさしい農業は、収量が下がり、虫食いで消費者が買ってくれないことなどから現実的には進まない状況にあるが、水質浄化ばかりでなく、これから農業が発展していくためには、作物の特性に応じた施肥管理、過剰の肥料を吸収するクリーニングクロップの導入など取り組んでいかなければならない。

そして湖沼の水質浄化においても、ため池、ウェットランド、砂浜、ワンドなど多様な生態系の保全・修復を図ることが求められている。そして、自然浄化機能を活用した浄化対策を推進することである。堤防の建設や波浪による砂浜及び水生植物帯の減少、また、漁獲量の減少や在来種に影響を及ぼすブラックバス、ブルーギル等の外来魚の繁殖などにより、霞ヶ浦の生態系構造が変化したことが指摘されている。健全な生態系の回復・創造が、湖沼の水質浄化にとっても今後の重要な課題である。

さらに、湖沼と流域を一体としてとらえた総合的な流域管理への取り組みの推進である。すでに流域の土地利用の合理化や環境容量を考慮した規制のあり方、生態系に配慮した循環型地域づくりなどについていろいろな概念の提案はなされているが、未だ実行性に乏しい段階にあることから、まず具体化の検討を進めることである。

そして、霞ヶ浦とその湖辺における豊かな生活基盤を実現するため、自然環境とのバランスを保ち、住民、研究者、企業、行政が共通の認識に立ち、相互に協力しながら、質の高い霞ヶ浦の周辺整備や適切な利用の促進を図ることである⁹⁾。

6. 参考資料

- 1) 茨城県(1997) 快適な環境のために－霞ヶ浦総合開発－。
- 2) 茨城県生活環境部(1984, 1995) 霞ヶ浦水質保全等関係例規集。
- 3) 茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課(1995) 霞ヶ浦関係資料集。
- 4) 茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課(1993) 湖沼水質保全計画策定関係資料集。
- 5) 茨城県、霞ヶ浦問題協議会(1996) 清らかな水のために－霞ヶ浦－。
- 6) 茨城県企画部水・土地計画課(1997) 霞ヶ浦環境創造ビジョン。
- 7) 茨城県内水面水産試験場(1995) 霞ヶ浦北浦魚をめぐるサイエンス。
- 8) 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所(1997) 霞ヶ浦北浦の水産。
- 9) 茨城県企画部水・土地計画課(1997) 霞ヶ浦環境創造ビジョン。
- 10) 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所(1995) 霞ヶ浦。
- 11) 建設省関東地方建設局、水資源開発公団(1995) 霞ヶ浦 人と自然の共存を求めて。
- 12) 水資源開発公団(1996) 霞ヶ浦。
- 13) 建設省関東地方建設局霞ヶ浦導水工事事務所(1994) 霞ヶ浦導水事業。
- 14) 建設省関東地方建設局霞ヶ浦導水工事事務所(1995) 潤いの明日へつなく霞ヶ浦導水。
- 15) 富山暢(1994) よみがえる霞ヶ浦、霞ヶ浦水質浄化対策研究会。
- 16) 霞ヶ浦研究会編(1994) ひとと湖とのかかわり－霞ヶ浦－、STEP。
- 17) 茨城大学農学部霞ヶ浦研究会(1977) 霞ヶ浦、三共出版。
- 18) 茨城大学地域総合研究所(1984) 霞ヶ浦、古今書院。
- 19) 兼子仁、関哲夫(1984) 湖沼の水質保全条例、北樹出版。
- 20) 環境庁水質保全局(1986) 湖沼の水質保全、地球社。
- 21) 高村典子(1996) 湖の悲鳴、ILLUME, Vol. 8, No. 1, pp. 5~21。
- 22) 津田勉(1992) 霞ヶ浦の水質保全について、茨城県公害防止協会創立二十周年記念誌。
- 23) 豊崎卓(1967) 霞ヶ浦の歴史、工業用水、No. 146, pp. 61~67。
- 24) 高橋直(1967) 霞ヶ浦周辺の開発構想、工業用水、No. 146, pp. 3~14。
- 25) 高橋裕編(1993) 首都圏の水、東京大学出版会。
- 26) 茨城県、栃木県、千葉県(1997) 第3期霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画。

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^{1,2,3,4)}

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 km²、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：8588km²)を直接太平洋へ流す大規模な付け替え工事、いわゆる

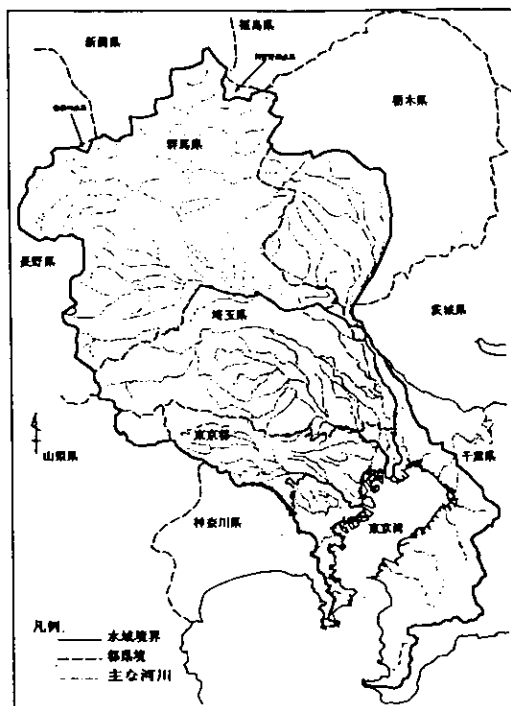


図20-1 東京湾流域の概要

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 ²	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^{8,9)}

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^{7,8,9)}

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^{10,11)}

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。

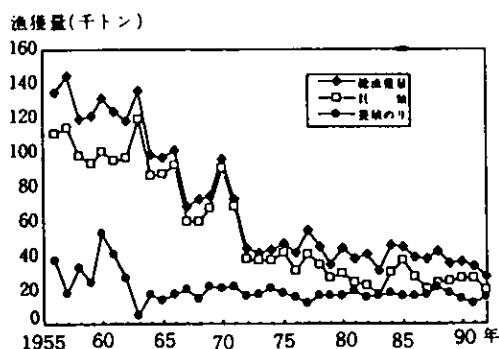


図20-2 東京湾内湾における漁獲量の推移

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