

大村湾の水質特性

長崎県衛生公害研究所 香月幸一郎, 松尾征吾

はじめに

大村湾は、古くは「琴の海」と呼ばれ、周囲の山々と一体となって風光明媚で、豊かな漁場、海上交通の場、さらに海水浴場などのレクリエーションの場として県民にやすらぎと潤いを与えてきた。ところが、近年水質の悪化が目立ち、長崎県としては様々の水質保全対策を実施してきているが、依然として環境基準の達成にはほど遠いというのが現状である。

その原因としては、流域が長崎県唯一の人口増加地域であることに加え、湾自体の持つ強度の閉鎖性が挙げられるが、ここではこの大村湾の閉鎖性、閉鎖性ゆえに起こる夏場の貧酸素化、その貧酸素化に伴う栄養塩類の溶出、さらに降雨の水質に及ぼす影響等について記述する。

大村湾および流域の概要

大村湾は長崎県本土のほぼ中央部に位置し、南北約26km、東西約11km、面積約320km²、容積約47.3億m³の中型湾で、北部の非常に狭い2つの瀬戸（針尾、早岐瀬戸）を通じ、しかも佐世保湾を介してのみ海水交換が行われる極めて閉鎖性の強い内湾で、湾内の平均潮位差は佐世保湾の3分の1と小さいため、流入した汚濁物質が蓄積されやすく水質汚濁に対し極めて弱い体質となっている。

底質は湾口部では、速い潮流のため礫ある

いは粗砂で構成されているが、その他の水域は大部分がシルトあるいは砂質シルトより構成されている¹⁾。

湾内での水深は全般的に浅く、最深は湾口部に54mを示す部分が見られるが、平均は14.8mで平坦な海盆状をなしている。

湾の背景としては約600km²の流域面積をもち、24水系で56河川が流入しており、その流入水量は日平均170万m³と推定されている²⁾。

また、流域には3市8町が存在し、流域人口は253千人（平成7年度末）、流入負荷量はCODで3,739kg/d（平成3年度）と算出されているが、特に湾奥部や枝湾部では海水の交換が行われにくいうえに住宅団地、工場団地、ゴルフ場やハウステンボスで代表されるレジャー施設の立地が相次ぎ、人口の増加が著しく、水質の悪化が懸念されている。

水質調査および最近の水質

長崎県では大村湾の水質汚濁の状況を把握するため、昭和46（1971）年から水質調査を実施しており、現在図1に示す湾内17地点、流入河川14河川において調査採水し、分析を行っている。

その結果については、県環境保全課発行の「公共用水域水質測定結果」の中に収載されているが、当研究所においても所報の中に当該年度の概要をまとめている。



図1 大村湾及び大村湾流入河川調査地点

最近では、平成6年度の所報に測定結果をまとめて次のように記載している³⁾。

「平成6年度は、前年(平成5年)度とは対照的に降水量が非常に少なく、年度合計で958mmと1,000mmにも達せず、平年の約2分の1程度、雨の多かった前年度(2,443mm)の39%であった。」

「降水量が少なく、流入負荷が少なかったためCOD, T-N, T-Pともに、高かった前年度より低くなっており、全湾平均で各々2.4mg/l, 0.20mg/l, 0.021mg/lで、ほぼ平年の値に近くなっていった。月別変化を見ると、例年水

質悪化がみられる6~8月の梅雨時期にかけて、6年度はこのような現象が見られていないが、これも降水量が少なかったためと考えられる。」

同様に、流入河川については「平成6年度は降水量が例年と比べて少なかったため、県下の多くの河川で流量の減少によると考えられる水質の悪化がみられた。大村湾流入河川でもほとんどの河川でBODの値が前年度より高くなっており、特に東大川(平均3.6mg/l)、西大川(同9.5mg/l)、喜々津川(同5.9mg/l)および長与川(同3.8mg/l)では前年度の2倍前後の値であった。」と記載している。

このように平成6年度は、雨の少ない年の典型で、水質は河川で悪化し、逆に海域で良好な年度であった。

水質の経年変化

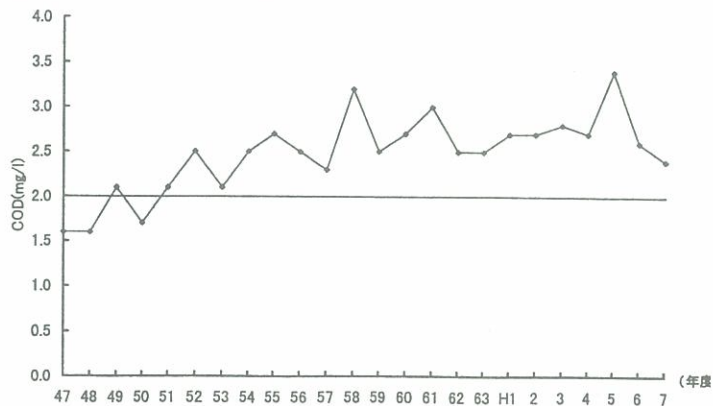


図2 大村湾水質の経年変化

大村湾の水質の経年変化を見るために、昭和47(1972)年度以降のCOD(75%値の全湾平均値)の変化を図2に示した。

大村湾は、昭和49(1974)年に湾全域が環境基準の海域A類型に指定されており、従ってCODの環境基準は2mg/l以下となっている。

図2に示すように、調査を開始した昭和47(1972)年当時はCODが全湾平均で1.6mg/lと環境基準を十分満足していたが、昭和51(1976)年度以降は環境基準を超過した状態が続いている。特に、昭和61(1986)年度頃までの10年間は悪化の傾向が見られ、その後の期間は2.5~2.8mg/lで、ほぼ横ばいで推移

している。

平成5(1993)年度は3.4mg/lと非常に高い値を示しているが、この年は梅雨期から夏場にかけて記録的な長雨に見舞われた年で、河川から汚濁負荷が増加したこと、さらに塩分濃度の低下等、植物プランクトンの増殖の条件が整い二次汚濁が促進されたことが原因と考えられる。

表1 大村湾の水域別水質

水域	項目 地点	透明度 (m)	COD (mg/l)	T-P (mg/l)	T-P (mg/l)
湾口部	中央北	6.0	2.0	0.18	0.015
	大串湾	5.4	2.1	0.16	0.014
	平均	5.7	2.1	0.17	0.015
湾中部	中央中	6.7	2.3	0.15	0.013
	中央南	6.7	2.4	0.17	0.013
	堂崎沖	6.5	2.4	0.17	0.013
	平均	6.6	2.4	0.16	0.013
湾奥部	喜々津川沖	3.7	3.0	0.29	0.024
	久山港	3.2	3.1	0.34	0.030
	平均	3.5	3.1	0.32	0.027

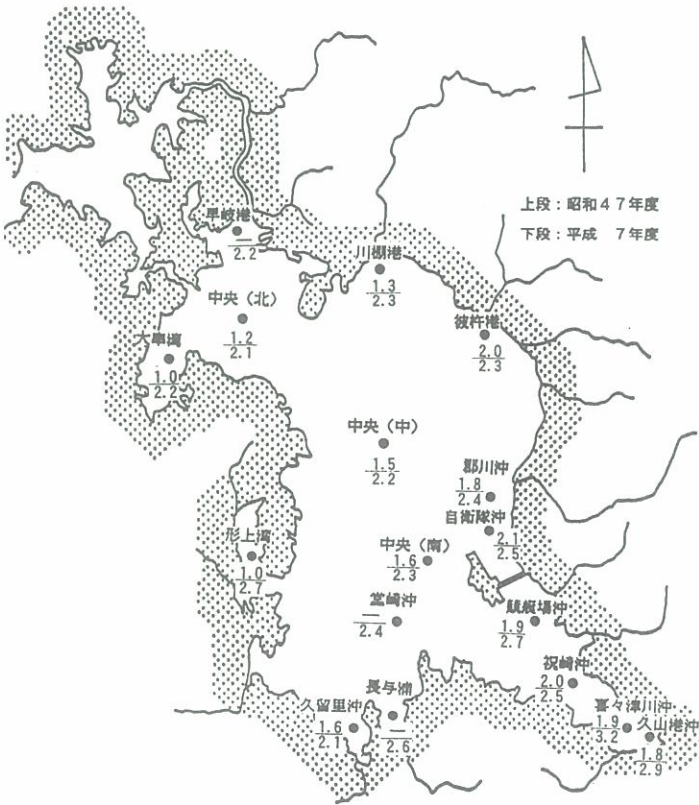


図3 大村湾のCOD

水域別の水質

大村湾17地点のCOD(75%値)を昭和47(1972)年度と平成7(1995)年度を比較して図3に示した。

調査地点が変わったため昭和47年度のデータがぬけている地点もあるが、調査開始時はほとんどの地点で環境基準を満足していたことが分かる。ところが平成7年度は、すべての地点で環境基準を上回っており、水域別に見ると、湾口部(中央北、大串湾、早岐港)は2.1mg/l、2.2mg/lで基準をやや上回る程度であるが、北東部の川棚港、彼杵港では2.3mg/l、湾中部

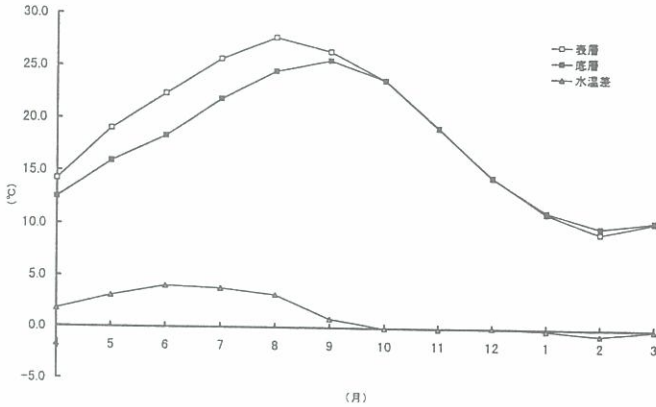


図4 大村湾の中央部表層底層の水温及び水温差の季節変化

(中央中, 中央南, 堂崎沖) で 2.2~2.4mg/l, 大村市沖 (自衛隊沖, 競艇場沖, 祝崎沖) および枝湾の形上湾および長与浦では 2.5~2.7mg/l を示している。さらに最奥部の喜々津川沖, 久山港沖では 3mg/l 前後を示している。

また, 表1には最近の大村湾の水質について水域別にまとめてみた。

ここでは湾口部, 湾央部, 湾奥部の3水域に分け, 湾口部を中央北, 大串湾の2地点で, 湾央部を中央中, 中央南, 堂崎沖の3地点で, また湾奥部を喜々津川沖, 久山港沖の2地点で代表させたが, CODは湾口部, 湾央部, 湾奥部と奥部に進むに従って高くなっており, 湾奥部では 3.1mg/l を示している。一方, 他の項目は湾央部が一番良好で透明度 6.6m, T-N 0.16mg/l, T-P 0.013mg/l となっており, 湾奥部ではいずれも悪く透明度 3.5m, T-N 0.32mg/l, T-P 0.027mg/l と湾央部の約2倍 (透明度は1/2) を示している。

このように大村湾でも海水の交換が行われにくく, 沿岸の開発が著しい湾奥部での水質の悪化が目立ってい

る。

湾中央部の表層・底層水温差

大村湾は閉鎖性が強く海水の交換が行われにくいため, 風の弱い夏場には温度成層が強固になり, 表層と底層の水温にかなりの差が見られる。

図4には, 大村湾中央部の表層, 底層 (底上1m層) の水温 (中央中, 中央南, 堂崎沖の平均) および両層の水温差 (いずれも最近10年間の平均値)

の年間変動について示した。冬場の水温は, 表層, 底層ともに 10°C 前後を示し, 水温差はほとんど見られず, 気温の低い2月には, むしろ表層のほうが底層よりわずかではあるが低く (0.3°C) になっている。4月以降は気温の上昇にともなって水温が上がると同時に水温差も大きくなって, 4月には 1.8°C, 5月には 3.1°C, 6月には最高の 4.1°C の差が見られ, その後8月までは 3°C 以上の差が継続している。しかし, 気温の低下および風による影響等により, 9月には表層の水温が下がり始め, 水温差は 1°C 前後まで縮まり, 10月以降は湾内は十分攪拌されているものと思われ, 水温差は全く見られなくなっている。

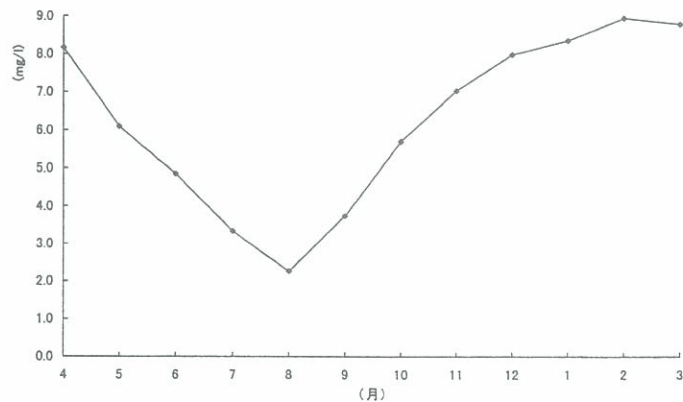


図5 大村湾中央部底層の溶存酸素の年間変動

以上は3地点10年間の平均値で見たものであるが、個々のデータを見ると中央南では平成2(1990)年7月には7.5°C(表層29.3°C, 底層21.8°C)もの差が見られており、大村湾の中央部の表層と底層の水温差はこの時期にはかなり大きくなる事が分かる。

底層の貧酸素化

前述のように、大村湾では春から夏にかけて温度成層ができることからわかるように、この時期には海水が停滞し、底層では酸素の供給が消費に追いつかず、貧酸素化が進行する。

図5には湾中央部の底層での溶存酸素(前記3地点の最近10年間の平均値)の年間変動について示した。

冬場から春先にかけては8mg/l以上を示し、底層でも飽和量に近い溶存酸素が存在しているが、温度成層が安定してくる5月以降は徐々に低下し始め、8月には最低の2.3mg/lまで低下している。9月にはやや回復して3.7mg/lを示し、10月には表層の水温低下および台風等による攪拌によるものと思われ、一気に回復して5.7mg/lとなっている。個々のデータについて見ると夏場には、調査地点、調査時期によっては1mg/lを下回り、ほとんど無酸素に近い状態もたびたび出現している。

窒素・リンの溶出

大村湾中央部の底層におけるT-N, T-P(前記3地点の最近10年間の平均値)の年間変動を図6に示す。

T-N, T-Pともに貧酸素化が進行する夏場(7~9月)に濃度が高くなり、T-Nは7月に、T-Pは8月

に最高を示し、各々0.30mg/l, 0.054mg/lを示している。

このように夏場に底層のT-N, T-Pの濃度が高くなる原因としては、貧酸素化にもなう底質からのNH₄-N, PO₄-Pの溶出が考えられる。

大村湾における窒素・リンの溶出については、現場実験としては昭和55(1980)年から同56(1981)年にかけて実施したものがあ⁴⁾る。

コアサンプラーで採泥し、その採泥管内の海水(直上水)だけをガラス瓶に採り対照水とし、別の採泥管を海水が入ったまま密栓し、対照水と共に底層に沈め24時間後に回収し、両方の海水について窒素(NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N), リン(PO₄-P)を測定し、その濃度の差から溶出速度(mg/m²・d)を求め、水深10m以深の面積を溶出面積とし、溶出量(kg/d)を算出している。

その結果、窒素はNO₂-N, NO₃-Nは検出されず、すべてNH₄-Nとして溶出しており、溶出速度は、夏と秋に最高で20mg/m²・dを示しており湾全体の溶出量は2,500kg/dに達すると計算されている。一方、リンの溶出速度は夏に最高で6mg/m²・dという値が

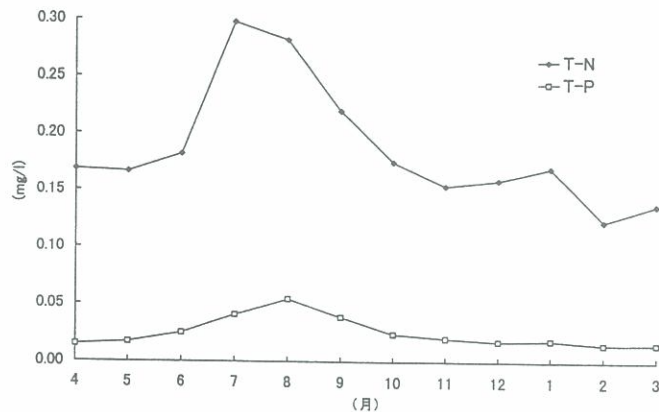


図6 大村湾中央部底層T-N, T-P月別変化

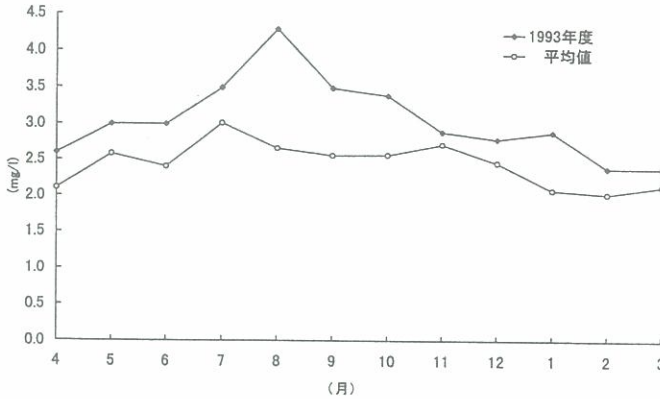


図7 CODの月別変化

得られており、湾全体の溶出量は470kg/dと計算されている。

また、平成3(1991)年度には大村湾の底質を使用した室内模擬実験を行っているが⁵⁾、その結果によれば、嫌気条件下ではNH₄-N、PO₄-Pの溶出が著しく、その速度は各々7~16mg/m²・d、2.1~3.4mg/m²・dとなっている。

このように、大村湾では夏場に中央部の底層において、貧酸素化に伴う底質からのNH₄-N、PO₄-Pの溶出が著しく、湾全体への窒素・リンの大きな供給源となっており、秋以降の赤潮等の発生の引き金になっている。

降雨の影響

閉鎖性の強い大村湾では、外洋に比べ気象の影響を直接受けると考えられる。

平成5(1993)年度は、降水量が異常に多く(年度間降水量2,443mm)、梅雨期が長く8月に入っても雨が降り続き、日照不足により気温が上がらない、いわゆる冷夏であった。従って大村湾の水質は当然通常の年とは非常に異なったものであった⁶⁾。

CODは(図7)年度始めの4月から既に平年値(平成4年度以前の12年間の平均値)を上回っており、年間を通じて一度も平年値を下回ることなく、特に8月は平年値より1.6mg/lも高く、4.3mg/lを示していた。日照不足のため水温が上がらず8月でも表層の水温は24.8℃で平年よりも3.7℃も低かった。

多量の雨水の流れ込みにより、海水は希釈され塩素イオン濃度は非常に低くなり(図8)、表層では8月に全湾平均で約13,000mg/lまで低下しており、通常の濃度に戻るのには、翌年の1月までかかっている。この塩素イオンの低下は2m層までおよび、7・8月には2m層でも15,500mg/l以下を示していた。また、雨の影響を塩素イオンの湾内分布で見ると、8月23日の調査では(図9)、湾の奥部や河川流入部では10,000mg/lを下回る水域も見られており、これらの水域での影響の大きさが分かる。

その他の項目について見ると、T-Pの濃度は通常の年であれば9月に最高を示し、その後徐々に低下するのに対し、平成5(1993)年度は12月、1月まで高い状態が継続し、しか

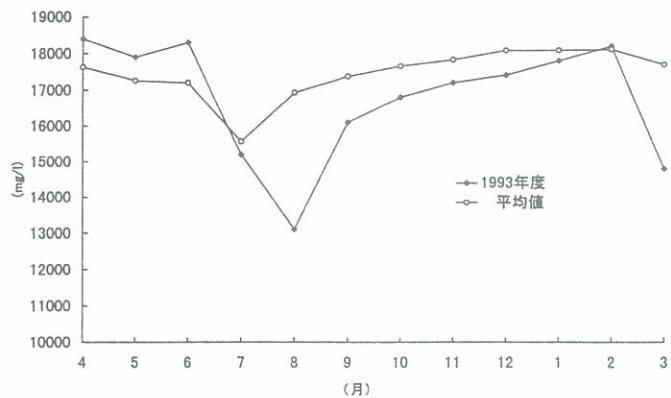


図8 塩素イオンの月別変化

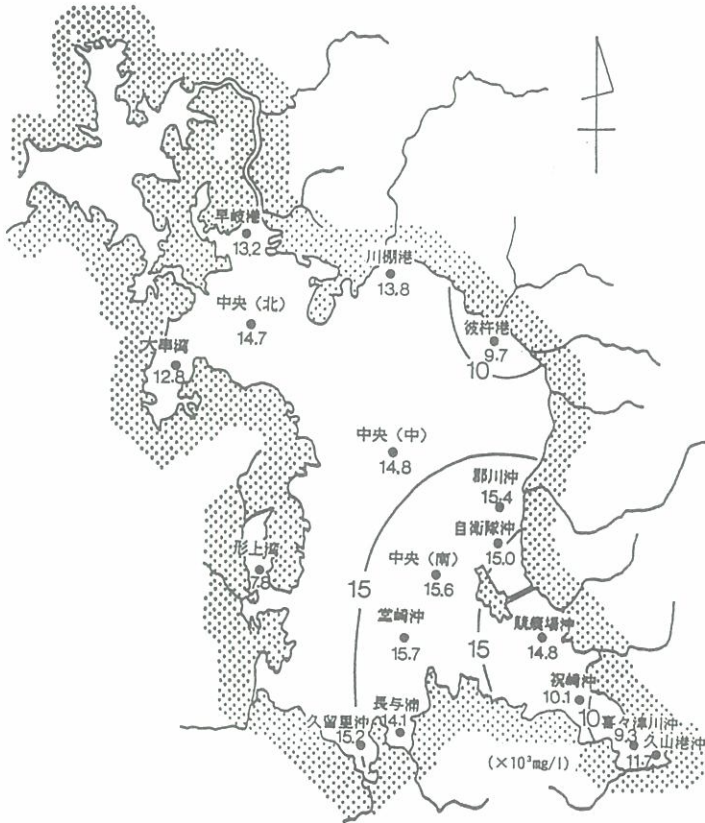


図9 大村湾の表層の塩素イオン分布
(1993年8月23日)

も植物プランクトンの量を示すクロロフィル a (過去平均値: 4~5 μ g/l) も10月の38.6 μ g/lを最高に冬場も2桁台を持続していた。

これらのことから考えると、CODが高かったのは、降雨量が多く、河川水から有機汚濁物質や窒素・リンの流入が増加し、また塩分が適度に希釈され、湾内での植物プランクトンの増殖の条件が整い二次汚濁が進んだためと考えられる。

おわりに

以上述べたように、大村湾は、湾自体の持つ水理特性と外部からの負荷要因の増加により水質汚濁の進行しやすい内湾である。このため、種々の法規制の一環として、昭和54

(1974)年以來、工場・事業場等に対してきびしい排水規制(上乘せ排水規制・横出し排水規制)を適用するとともに、地元市町に対し住民への啓発活動の実施をお願いしてきた。これらの対策により、有機汚濁の指標であるCODの上昇にはいちおう歯止めがかけられた状況にある。しかしながら、環境基準の達成には依然としてほど遠い状態が続いており、今後は、①湾の特性(リアス式海岸、浅水深)を生かした干潟、砂浜、磯浜、藻場等を再生することによる自浄作用を高めるための調査、②二次汚濁の原因となる栄養塩類(窒素、リン)の削減のための調査・研究、さらに、③流入源である流入

河川についても負荷削減のための工法・施設等の研究を実施する必要があると考える。

参考文献

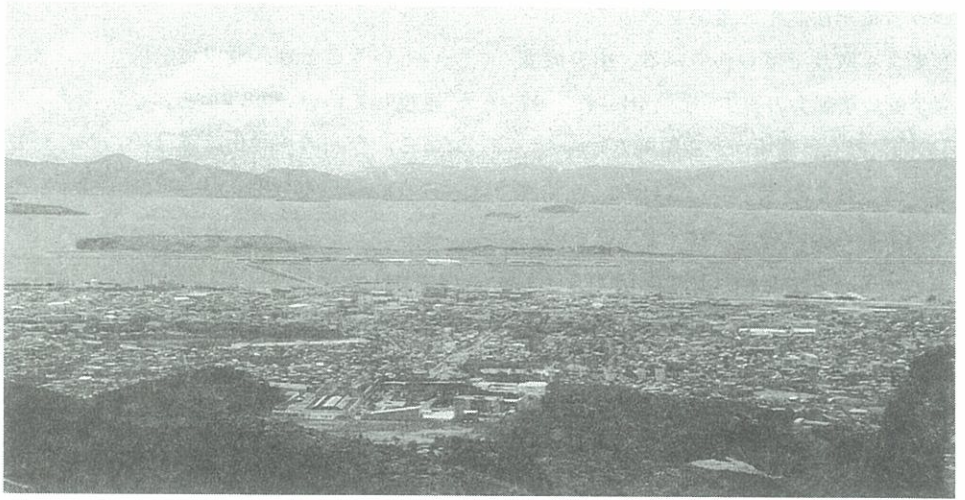
- 1) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編：日本全国沿岸海洋誌，879~884 (1987)
- 2) 長崎県水質審議会，長崎県環境部：大村湾水質汚濁対策基本計画，7 (1981)
- 3) 香月幸一郎，淵義明，本多邦隆：長崎県下の河川・海域の水質調査結果(第22報)長崎県衛生公害研究所報，40，92~96 (1994)
- 4) 長崎県環境部，長崎県衛生公害研究所：大村湾栄養塩類等収支挙動調査[大村湾水質管理システムの策定をめざして]，

19～21 (1983)

- 5) 香月幸一郎, 山之内公子, 浜田尚武, 瀧義明, 赤木聡, 豊坂元子, 熊野眞佐代, 平山文俊: 大村湾底質からの栄養塩類の溶出試験, 長崎県衛生公害研究所報,

34, 87～97 (1991)

- 6) 香月幸一郎, 本多邦隆, 松尾征吾: 大村湾の水質に及ぼす気象の影響, 長崎県衛生公害研究所報, 37, 21～27 (1993)



長崎自動車道より大村湾を望む