

3.2 水質汚濁の現状

3.2.1 水理・水文特性

3.2.1.1 降雨量

大連市は、穏和な海洋性気候の特徴を持った温帯大陸性モンスーンに属し、年間平均気温は約 10℃ (8.4~10.5℃) である。四季の変化もはっきりしており気候は温暖で空気は湿潤である。

大連市の例年の年間平均降水量は約 660 mm (550~1000 mm) で、日本 (1700 mm~1800 mm) の約 1/3 である。降水の季節分布も極端な差異がある。夏季は最多で主に暴風雨によりもたらされ、平均 350 mm~700 mm と年間降水量の 60%~70% を占める。冬季は最小で平均 20 mm~40 mm であり年間降水量の約 5% を占めるに過ぎない。降水量の月別変動を表 3-2-1-1 に示すが 7 月が最多で 175.6 mm、2 月が最小で 7.6 mm となっている。また、海洋調節の関係で夜間降雨が日中より多い傾向がある。

過去の年最大降水量は 970.8 mm (1951 年) であり、一日最大降水量は 231.1 mm (1992 年 9 月 1 日)、最大連続降水量日数は 10 日 (1953 年 8 月 3 日~12 日) であった。

表 3-2-1-1 大連市の月間平均降水量 (1951~1980 年)

(単位: mm/月)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量	7.7	7.6	12.6	35.8	44.0	86.2	175.6	153.1	68.4	35.6	21.6	10.8

出典: 大連市統計局

3.2.1.2 河川現況

大連市には 200 本余りの河川があり。各々が独立して海に流下しているが、黄海大水系か渤海大水系に属している。流域面積 1,000km² 以上の河川は碧流河と復州河の 2 本があり、その他に流域面積 200 km² 以上 1,000 km² 未満の河川が 9 本、50 km² 以上 200 km² 未満の河川が 32 本ある。主要河川の流域面積及び年平均流出高を表 3-2-1-2 に示す。

また、大連市における年平均流出高分布図を図 3-2-1-1 に示す。これを見ると遼東半島の先端 (旅順) に近づくと流出高が小さくなる傾向が見られる。

大連地域の河川は典型的な温帯季節風域の河川といえ、各河川の水文状況は季節の変化と一致する。河川の水源は大部分は降雨によるものである。従って、河川の流量の変化は降水量の変化に左右されている。この地域の河川の流れは夏と秋に大部分が現れ、冬と春には殆

ど現れない。河川の年間総流量の80%以上が6月から9月の4カ月の間のものであり、残る8カ月間の流量は20%以下である。

(表3-2-1-3、図3-2-1-2参照)

表3-2-1-2 各主要流域における年平均流出高

流域	水源の所在地	流域の郷(鎮)	流域面積 (km ²)	水深 (mm)
登沙河	新金二竜山	新金大平、金州向応、華家	229.2	222.5
大沙河	新金鶏冠山南麓	新金元台、瓦房店市鎮郊外	988	256.9
復州河	新金老帽山東麓	新金安波、瓦房店市松樹、復州	1,593	225.4
清水河	新金老白山	新金県境蓮山、河口	225.6	220
碧流河	蓋県七盤山南麓	營口蓋県、大連庄河、新金等の郷	2,814	338.0
庄河	庄河前大嶺南録	庄河境内蓉花山、太平嶺等	618	433.7
英那河	岫岩県老北溝	岫岩竜潭、庄河三架山、仙人洞	932	474.2
石咀河	庄河大尖頂山東録	庄河境内塔嶺、高嶺	510	482.4
浮渡河	瓦房店市老帽山西麓	蓋県三台子、瓦房店市万家嶺	510	239.2

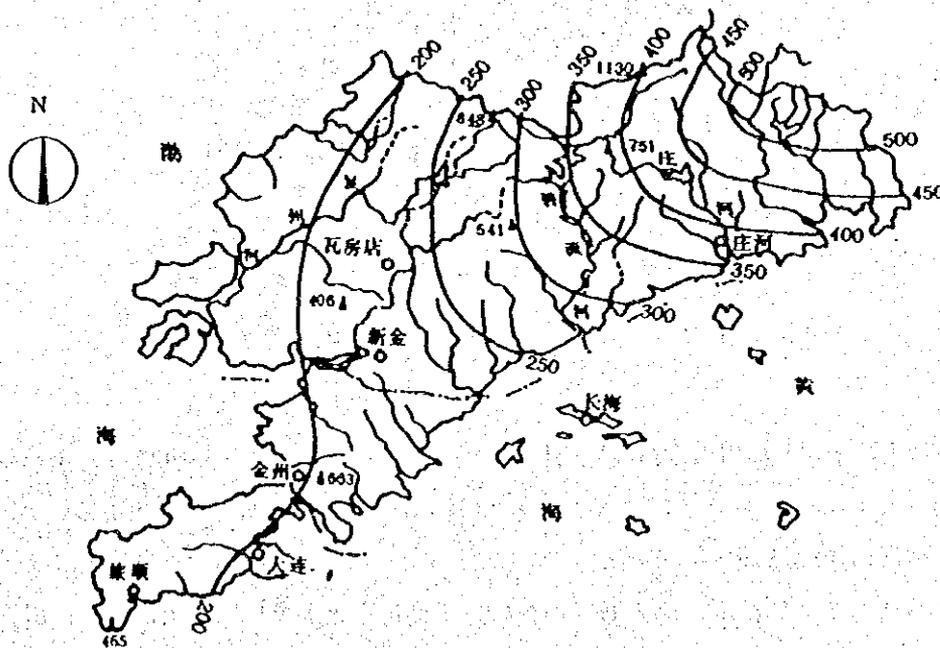


図3-2-1-1 大連市における年平均流出高分布図(多年平均)

表 3-2-1-3 各 天然経流量年内変化

(単位：100 万 m³)

河名	主な発着所	年間流量量 (W)	1~5月		6~9月		10~12月		3~4月	
			W	%	W	%	W	%	W	%
復州川	関家屯	259.83	23.9	9	215.3	83	20.63	8	13.93	58
登沙河	登沙河	28.34	2.88	10	23.07	82	2.39	8	2	69
碧流河	小宋家屯	899.72	67.5	7.5	763.08	85	69.14	7.5	37.58	56
庄河	沙里塗	266.41	27.19	10	219.45	82	19.77	8	12.49	46

注： 3~4月の値は1~5月の値に対する百分比、その他は年間量に占める百分比である。

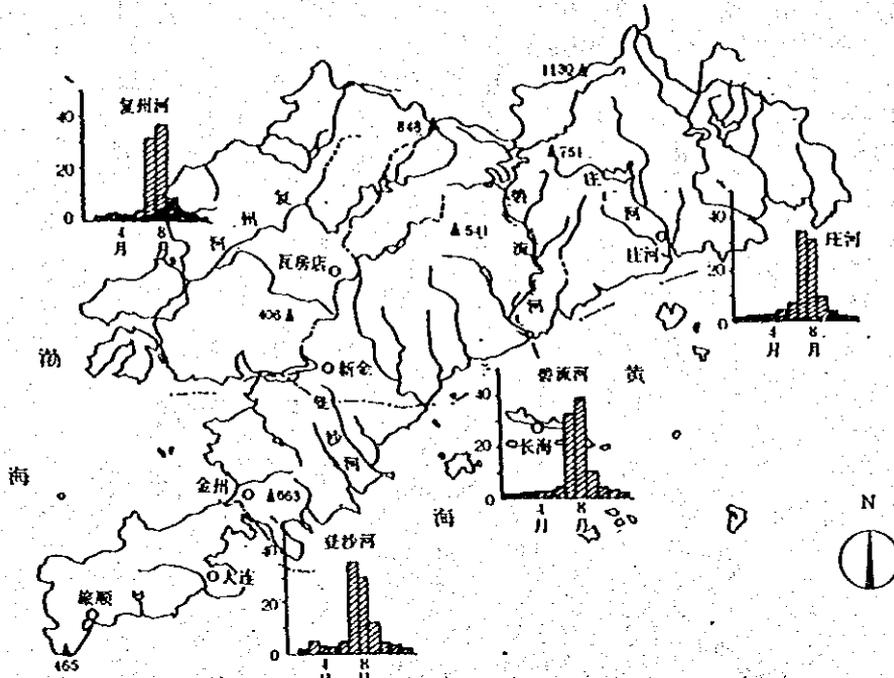


図 3-2-1-2 大連市主要河流径流年内分配示意図

大連市街地を流下する河川のうち流域面積の最も大きい河川は馬欄河 (92 km²) であり、その他泉水河 (27.1 km²)、周水子河 (26.6 km²)、凌水河 (24.1 km²) 等の河川があるが、大半の河川は流域面積 10 km² 未満の小河川である。従って、これらの河川では自流量はほぼ 0 に等しく、生活排水や工場排水の流入も無いため (生活排水・工場排水の大部分は排水管を通じて河口部又は直接海域に排水される)、6 月~8 月の雨期を除き水はほとんど流れていない状態にある。

3.2.1.3 水利用・排水状況（生活系・工場系）

(1) 大連市における水利用の現状と計画

大連市自来水公司（水道局）の推定では、1993年の総使用水量は8.4億 m^3 （約230万 m^3 /日）で、そのうち海水は6.2億 m^3 、残り2.2億 m^3 は水道水となっている。地下水では、1970年代における過剰汲み上げにより塩水が浸入し、水質は悪化してしまった。このため、1983年に碧流河ダム（上水・農水利用が主）を完成させ、水源をほぼ全量地表水に切り替えている。

以下、大連市における水利用（主に水道用水）の現状と計画について、大連市自来水公司にヒアリングを行なった結果よりまとめる。

1) 大連市における給水状況について

(a) 大連市の給水事業は1879年より開始した（給水能力：1500 m^3 /年、水源：旅順口）。

(b) 1945年には給水能力6.9万 m^3 /日、1960～1970年には21万 m^3 /日に増加した。

(c) 1981年より次のような事業拡張工事を展開中である。

- ・第1期工事（1981～1985年）：投資額1.1億元、増加給水能力15万 m^3 /日
（大連市より170kmの距離に碧流河ダム完成）
- ・第2期工事（1987～1990年）：投資額2.4億元、増加給水能力23万 m^3 /日
- ・第3期工事（1992～1998年）：

碧流河ダム下流の圭子店ダム（取水ダム）に新たにポンプ施設を建設し、導水管2本（管径2.0m・1.8m、延長80km）を敷設して大連市内への給水能力を67万 m^3 /日増加し、市全体の給水能力を120万 m^3 /日とする。

(d) 近年（1991～1996年）における給水状況は以下のとおりであり、年平均で約10%の増加を示している。

- | | | |
|---------|-----------------|-----------------------|
| ・1991年； | 54.7万 m^3 /日 | （中心4区：46万 m^3 /日） |
| ・1992年； | 59.9万 m^3 /日 | （中心4区：49万 m^3 /日） |
| ・1993年； | 61.7万 m^3 /日 | （中心4区：50万 m^3 /日） |
| ・1994年； | 69.17万 m^3 /日 | （中心4区：55.4万 m^3 /日） |
| ・1995年； | 78.57万 m^3 /日 | （中心4区：63.1万 m^3 /日） |
| ・1996年； | 80.5万 m^3 /日 | （中心4区：63.3万 m^3 /日） |

(e) 給水量の水利用別比率は概ね以下のとおりである。

生活用水：工業用水：その他（漏水、散水、消火用水等）＝1/3：1/3：1/3

(f) 工業用水量（淡水）の90%は水道水、残りは自己水源であり、工業用水専用水道はない。

2) 水道水源の概要

- (a) 水源は大半が地表水で、90%は碧流河ダムに依存。残り 10%は市郊外の 9 つの小ダム（貯水量計 6800 万 m^3 ）および地下水である。
- (b) 碧流河ダムの利用目的は水道用水・農業用水の開発が主で（洪水調整機能もあり）、貯水容量は 9.34 億 m^3 （常時 7.24 億 m^3 ）、年間調整水量は 5 億 m^3 。貯水池周辺が水源保全地域に指定されているため、水質は清澄である。
- (c) 取水・送水系統は、碧流河ダムにおいて流況調整を行った後、下流の圭子店ダムでポンプ取水し（現況能力 53 万 m^3 /日、第 3 期工事において 67 万 m^3 /日増設）、導水管にて大連市内の 8 箇所の浄水場に送水している。浄水場での処理方式は凝集沈殿・砂濾過法、第 3 期工事完了に伴い処理能力 40 万 m^3 /日の浄水場建設を予定。

3) 今後の水需要の動向と水資源開発計画

- (a) 今後の水需要量は年間 10%程度増加していくと予測している。具体的には市政府の決定に基づき給水量を決めている。
- (b) 第 3 期工事完成により、2008 年までは給水能力 120 万 m^3 /日に対応可能と考えている。また、第 4 期工事として碧流河ダム上流に新たなダム建設を計画している。（現在は調査段階）

一方、大連市は常に水不足に悩まされており、1960 年代には都市排水を無処理で直接農業用水として、また工業排水（化学・食品・機械・塗料工場）も農業用水として利用することを試みた。その結果、1970 年代に入りフェノール等による地下水汚染（地下浸透）が顕在化してきたため、工場排水を農業用水として利用することを中止した経緯がある。（現在は、農業用水の水源は地表水である。）

大連市自来水公司では、水不足問題に対する対策として今後、水資源開発（ダム建設）と市民の節水意識の高揚、汚水再利用の 3 つが重要と考えている。

(2) 排水状況

大連市環境保護局の推定によると、1993 年の大連市における総排水量は 4.5 億 m^3 /年で、そのうち 4 億 m^3 が工場排水、残りが非工場排水（生活排水・商業排水等）となっている。この総排水量のうち、80%は市内河川を経由して大連湾に流入している推測されている。また、南部沿岸には、0.3 億 m^3 /年の工場排水、非工場排水が流入していると推測されている。

大連市での汚水の二次処理水量は、1993 年現在 0.18 億 m^3 /年（5 万 m^3 /日）であり、大連湾に流入する総排水量の約 5%が処理されているに過ぎない。

現在のところ、大連市（経済開発区を除く）では、生活排水はそのまま、し尿は化粪池（消化槽）で嫌気性処理して河川（下流河口部）に放流されてる。

経済技術開発区では、各工場で一次処理（除害施設で有機物、重金属、化学物質、油分などを処理）されたものが、汚水処理場（計画6万 m³/日、1994年6月稼働実績3万 m³/日）で一括処理され、放流されている。このため、工場排水の排出口は開発区内で一個所である。

以上述べたことにより、大連市における用排水量収支（生活系・工場系）をまとめ、図 3-2-1-3 に示す。なお、この中でみられる用水量と排水量の収支の食い違いは、海水の汲み上げ量や工場内循環率（自来水会社の推定では80%）の推定誤差と蒸発によるものと考えられる。

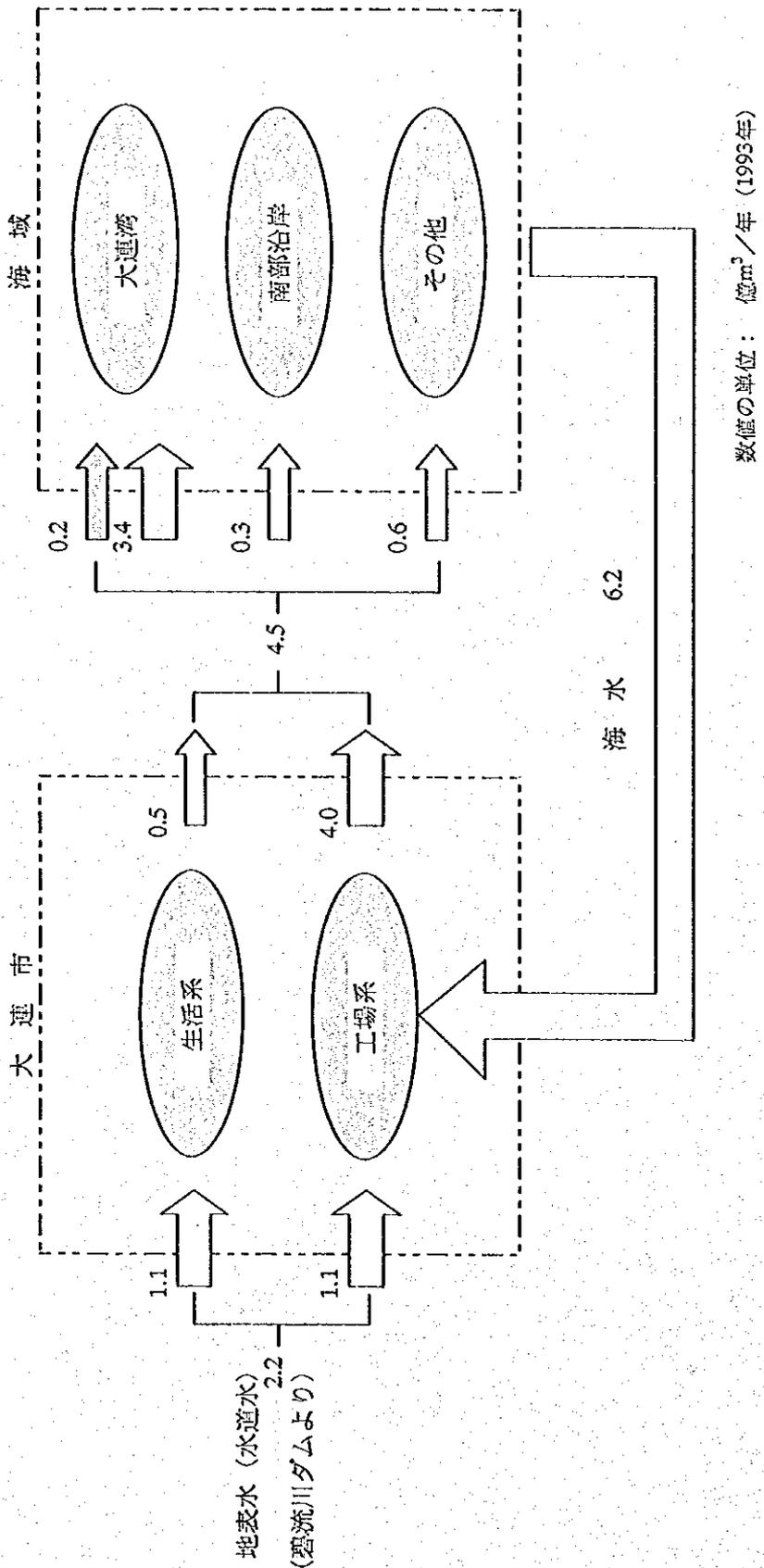


図3-2-1-3 大連市における用排水量収支 (生活系・工場系)

3.2.2 水質環境基準

中国の水質環境基準適用地域は、1980年以降、重要度に応じて順次定められ、現在は主要な水域のほとんどで基準が定められている。地表面水（河川、湖沼など）の水質基準を表3-2-2-1に、海水の水質基準を表3-2-2-2に示す。これらの基準は、日本の水質環境基準の健康項目と生活環境項目（窒素、リンを含む）を合わせたものとなっている。ただし、日本では健康項目は全ての公共用水域に一律に適用されるのに対し、中国では水域の利用目的（功能区）に応じて類型別に適用される。なお、海水の水質環境基準は1998年7月に改定が行われた。その主な改定点は、

環境基準の類型区分が3類型から4類型に変更された。

BOD₅や六価クロム、農薬関係、放射性物質など、新たな項目が追加された。

従来の重金属項目については、総水銀、カドミウムなど全般的に基準値が厳しくなった。

大連市においては、市街地（環境モデル地区）を流下する河川には地表面水の基準は定められていない。大連湾とその周辺海域については、図3-2-2-1に示すように功能区が定められ、それに応じた類型のあてはめが行われている。これをみると、大連湾では湾奥部から沖合につれて第4類から第2類が、また南部沿岸では第2類があてはめられている。なお、第1類の功能区は指定されていない。

一方、海水の水質基準について日本の水質環境基準（参考資料1.）と比較すると、

- (1) 健康項目について「第1類」の基準でみると、砒素、シアン化合物では緩やかになっているものの、総水銀、鉛、カドミウム、六価クロムは厳しい値を採用しており、これらの項目について日本の基準は中国の第3～4類に相当している。
- (2) 生活環境項目について類型（水域の利用目的）との対応でみると、中国の「第1類」と「第2類」が日本のA類型に相当し、「第3類」はB類型、「第4類」はC類型にほぼ相当するものと考えられる。
- (3) ただし、基準値でみるとCODについては「第1類」はA類型、「第2類」はB類型と等しく、「第3類」・「第4類」はC類型よりも厳しい値となっている。
- (4) ちなみに、北九州市の洞海湾水域における環境基準類型指定状況は、A～C類型となっており（参考資料2.）、湾奥部ではC類型となっている。

中国における環境基準は、他の国々のものに比べて遜色はないが、その性格は、日本と同様に行政目標であり、その達成に向けて排水規制や監視強化等の措置が講じられている。

表 3-2-2-1 地表面水の水質基準 (GB3838-88)

番号	I類	II類	III類	IV類	V類
基本的要求条件	すべての水は、人為的（非自然的）原因によって以下の物質を誘導してはならない。 A. 普通に沈殿ができ、悪い沈殿物を形成する B. 負尤物、破片、かす、油類、その他不快を誘う物質 C. 悪い色彩、臭い、呈味、濁り D. 人体や動植物に対して、損害を与えたり、毒性または有害な生理的影響を与える物質 E. 有害な水生生物を発生させるもの				
1 水温 (°C)	人為的引き起こされる水温の変化の限界は次の通りとする。 夏季は、週平均最大温度上昇範囲は、1°C未満 冬季は、週平均最大温度上昇範囲は、2°C未満				
2 pH	6.5~8.5			6~9	
3 硫酸塩* (SO ₄ ²⁻ 換算)	250以下	250	250	250	250
4 塩化物* (Cl換算)	250以下	250	250	250	250
5 溶解性鉄*	0.3以下	0.3	0.5	0.5	1.0
6 総マンガン*	0.1以下	0.1	0.1	0.5	1.0
7 総銅*	0.01以下	1.0	1.0	1.0	1.0
8 総亜鉛*	0.05	(漁場0.01) 1.0	(漁場0.01) 1.0	2.0	2.0
9 硝酸塩 (N換算)	10以下	10	20	20	25
10 亜硝酸塩 (N換算)	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0
11 非イオンアンモニア	0.02	0.02	0.02	0.2	0.2
12 ケルダール態窒素	0.5	0.5	1	2	2
13 総リン (P換算)	0.02	0.1 (湖沼・ダム 0.025)	0.1 (湖沼・ダム 0.05)	0.2	0.2
14 過マンガン酸塩指数	2	4	6	8	10
15 溶存酸素	飽和率90%	6	5	3	2
16 化学的酸素要求量 (COD _{Cr})	15以下	15以下	15	20	25
17 生物化学的酸素要求量 (BOD ₅)	3以下	3	4	6	10
18 ふっ化物 (F換算)	1.0以下	1.0	1.0	1.5	1.5
19 セレン (4価)	0.01以下	0.01	0.01	0.02	0.02
20 全ひ素	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
21 総水銀**	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
22 総カドミウム***	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
23 クロム (6価)	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
24 総鉛**	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
25 総シアン化合物	0.005	0.05 (漁場0.005)	0.2 (漁場0.005)	0.2	0.2
26 フェノール**	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
27 石油類** (石油エーテル抽出物)	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
28 陰イオン界面活性剤	0.2以下	0.2	0.2	0.3	0.3
29 総大腸菌群*** (個/L)			10,000		
30 ベンゾ (a) ピレン*** (μg/L)	0.0025	0.0025	0.0025		

(注) *: 地方のバックグラウンド値の特徴に基づいて調整される。特に表示していない単位はmg/l

** : 公定分析 (検定) 方法の検出限界では基準の要求に達していない。

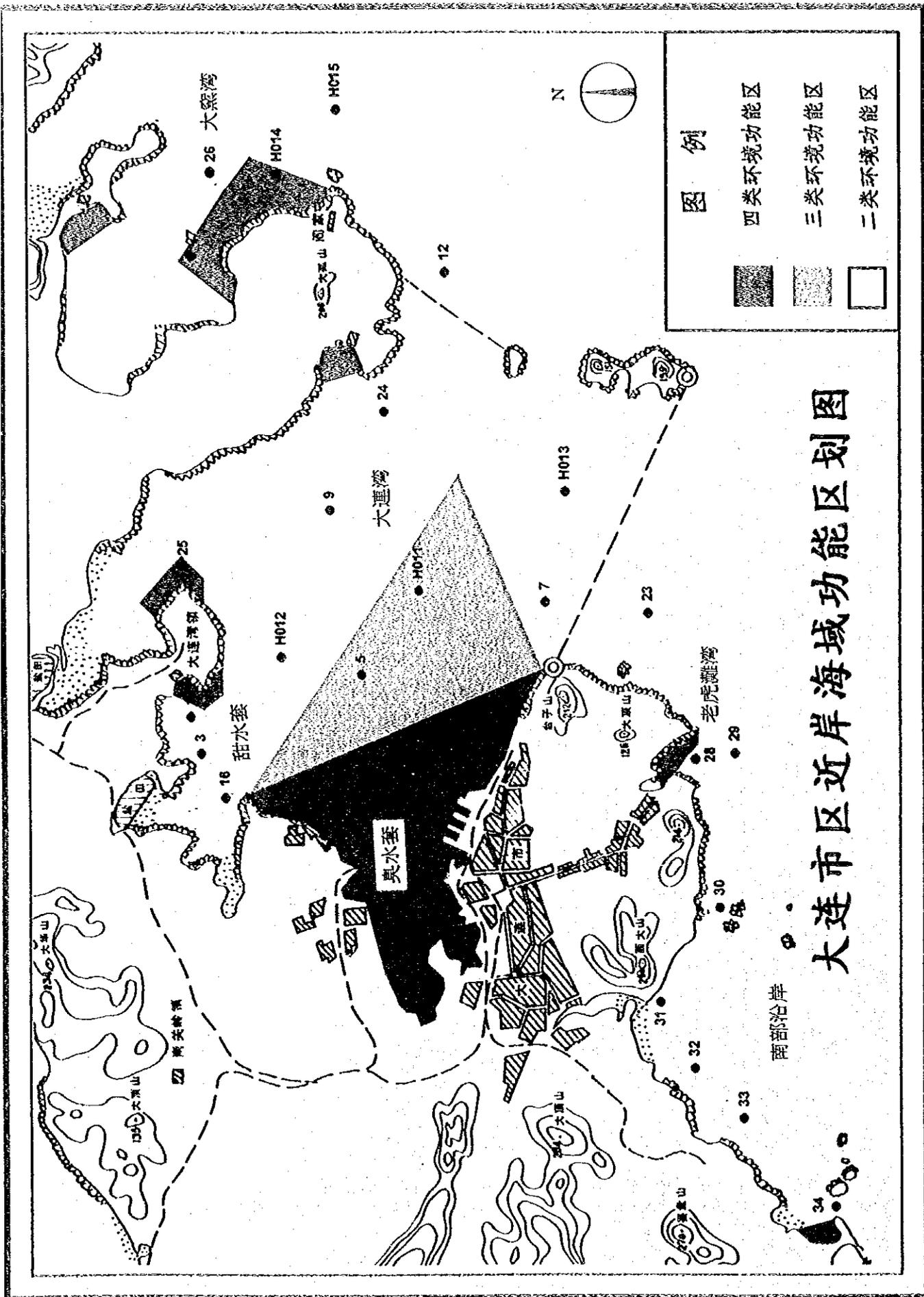
*** : 試行基準

(資料) (財) 日本環境衛生センター、1991年、p130

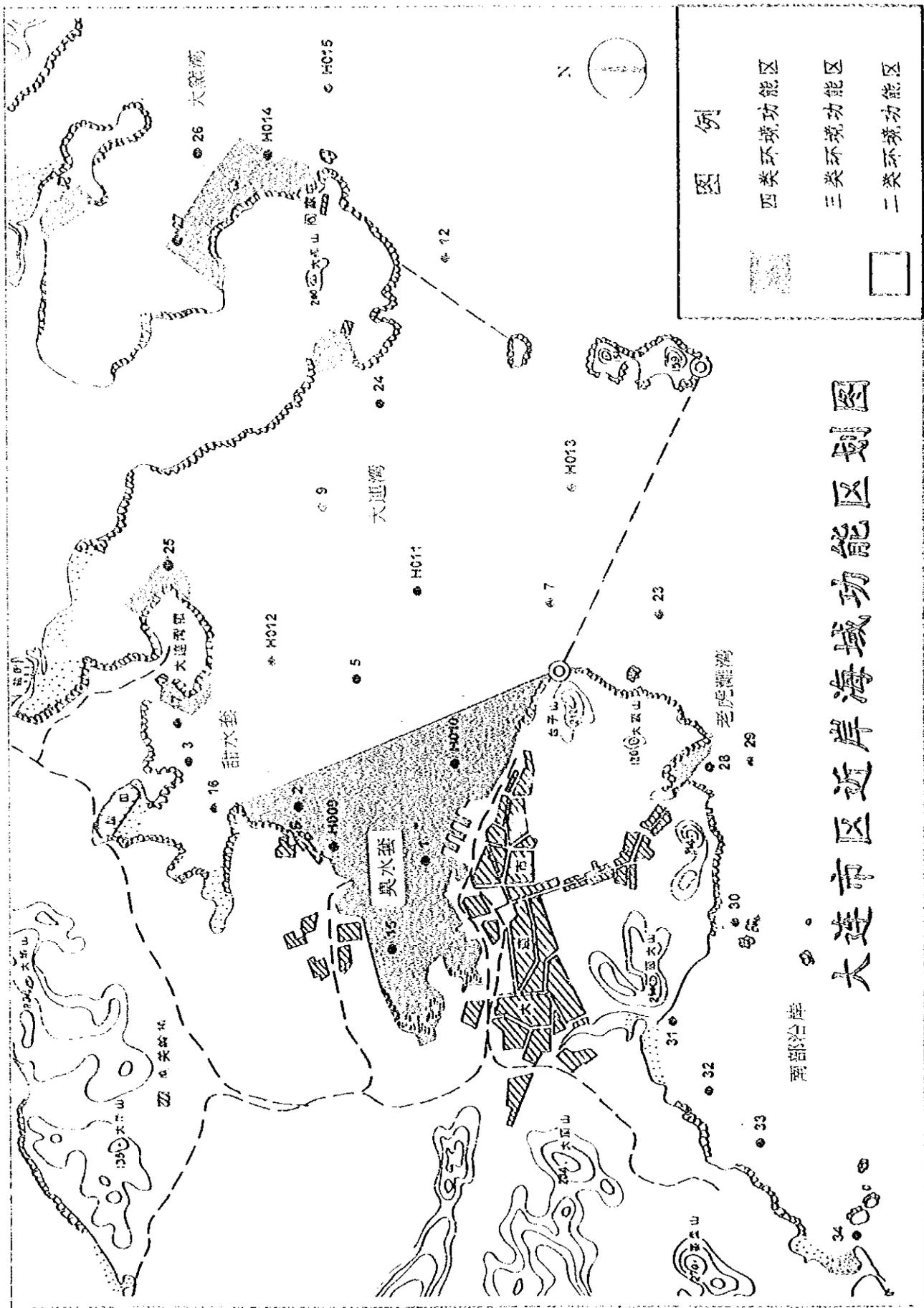
表3-2-2-2 海水水質環境基準 (GB3097-1997)

項目	第1類	第2類	第3類	第4類
色・臭・味	海水は異色・異臭・異味がないこと			海水は人に不快感を与える異色・異臭・異味がないこと
浮遊物	海面に油膜や浮泥、その他浮遊物がないこと			水面に顕著な油膜や浮泥、その他浮遊物がないこと
pH	7.8~8.5 (と同時にその海域の正常な変動範囲で0.2を越えてはならない)		6.8~8.8 (と同時にその海域の正常な変動範囲で0.5を越えてはならない)	
水温	人為的な海水水温の上昇は夏季で1℃、その他の季節では2℃を越えてはならない。		人為的な海水水温の上昇は4℃を越えてはならない。	
SS (mg/l)	人為的造成による増加量が10以下		人為的造成による増加量が100以下	人為的造成による増加量が150以下
COD _{Mn} (mg/l)	2以下	3以下	4以下	5以下
BOD ₅ (mg/l)	1以下	3以下	4以下	5以下
DO (mg/l)	6以上	5以上	4以上	3以上
大腸菌 (個/l)	10000以下 (生食用貝類の養殖の場合は700以下)			-
糞便性大腸菌 (個/l)	2000以下 (生食用貝類の養殖の場合は140以下)			-
病原体	生食用貝類の養殖場の水に病原体が含まれてはならない			
石油類 (mg/l)	0.05以下		0.30以下	0.50以下
無機態窒素 (mg/l)	0.20以下	0.30以下	0.40以下	0.50以下
非イオン態窒素 (mg/l)	0.020以下			
リン酸態リン (mg/l)	0.015以下	0.030以下		0.045以下
総水銀 (mg/l)	0.00005以下	0.0002以下		0.0005以下
カドミウム (mg/l)	0.001以下	0.005以下	0.010以下	
鉛 (mg/l)	0.001以下	0.005以下	0.010以下	0.050以下
六価クロム (mg/l)	0.005以下	0.010以下	0.020以下	0.050以下
総クロム (mg/l)	0.05以下	0.10以下	0.20以下	0.50以下
砒素 (mg/l)	0.020以下	0.030以下	0.050以下	
銅 (mg/l)	0.005以下	0.010以下	0.050以下	
亜鉛 (mg/l)	0.020以下	0.050以下	0.10以下	0.50以下
セレン (mg/l)	0.010以下	0.020以下		0.050以下
ニッケル (mg/l)	0.005以下	0.010以下	0.020以下	0.050以下
シアン化合物 (mg/l)	0.005以下		0.10以下	0.20以下
硫化物 (-S mg/l)	0.02以下	0.05以下	0.10以下	0.25以下
揮発性アミン (mg/l)	0.005以下		0.010以下	0.050以下
多環芳香族炭化水素 (mg/l)	0.001以下	0.002以下	0.003以下	0.005以下
DDT (mg/l)	0.00005以下	0.0001以下		
馬拉ソン (mg/l)	0.0005以下	0.001以下		
ジブチルホリン (mg/l)	0.0005以下	0.001以下		
ベンゾピレン (mg/l)	0.0025以下			
界面活性剤 (LAS mg/l)	0.03以下	0.10以下		
放射性核種 (Bq/l)	⁶⁰ Co	0.03以下		
	⁹⁰ Sr	4以下		
	¹⁰⁶ Rn	0.2以下		
	¹³⁴ Cs	0.6以下		
	¹³⁷ Cs	0.7以下		

第1類：海洋漁業水域、海上自然保護区、稀少で絶滅の危機に瀕している海洋生物保護区に適用
 第2類：水産物養殖区、海水浴場、人体に海水が直接接触する海上スポーツあるいはレクリエーション地区、及び食品工業用水区に適用
 第3類：一般工業用水区、海浜景勝観光区に適用
 第4類：港湾水域、海洋開発作業区に適用



大连市近岸海域功能区划图



大连市近岸海域功能区划图

[参考資料 1.] 水質汚濁に係わる環境基準 (日本)

(1) 人の健康の保護に関する環境基準 (健康項目)

項目	標準値	六価クロム	鉛	全シアン	銻	基準
項目	標準値	六価クロム	鉛	全シアン	銻	基準
項目	標準値	0.01 mg/l 以下	0.01 mg/l 以下	検出されないこと	0.05 mg/l 以下	0.01 mg/l 以下
項目	標準値	0.0005 mg/l 以下	アルキル水銀	P C B	ジクロロメタン	四塩化炭素
項目	標準値	0.005 mg/l 以下	検出されないこと	検出されないこと	0.02 mg/l 以下	0.002 mg/l 以下
項目	標準値	1.1-ジクロロエタン	1.1-ジクロロエチレン	1.1.1-トリクロロエタン	1.1.2-トリクロロエタン	1.1.2-トリクロロエタン
項目	標準値	0.04 mg/l 以下	0.02 mg/l 以下	0.04 mg/l 以下	1 mg/l 以下	0.006 mg/l 以下
項目	標準値	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1.3-ジクロロプロペン	チウラム	シマジン
項目	標準値	0.03 mg/l 以下	0.01 mg/l 以下	0.002 mg/l 以下	0.006 mg/l 以下	0.003 mg/l 以下
項目	標準値	チオベンカルブ	ベンゼン	セレン		
項目	標準値	0.02 mg/l 以下	0.01 mg/l 以下	0.01 mg/l 以下		

備考 1. 基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。
2. 「検出されないこと」とは、環境庁が定めた測定方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。以下、同じ。

(2) 生活環境の保全に関する環境基準 (生活環境項目) : 海域

7

項目 類型	利用目的の 適心性	標準値			
		水素イオン 濃度 (PH)	化学的酸素 要求量 (COD)	溶解酸素 (DO)	大腸菌数
A	水産1級、水浴、自然 環境保全及びB以下の 欄に掲げるもの	7.8以上 8.3以下	2 mg/l 以下	7.5 mg/l 以上	1,000 MPN/100ml 以下
B	水産2級、工業用水及 びCの欄に掲げるもの	7.8以上 8.3以下	3 mg/l 以下	5 mg/l 以上	—
C	環境保全	7.0以上 8.3以下	8 mg/l 以下	2 mg/l 以上	—

注1 自然環境保全 : 自然探勝等の環境保全

2 水産1級 : マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用並びに水産2級の水産生物用

2級 : ポラ、ノリ等の水産生物用

3 環境保全 : 国民の日常生活 (沿岸の遊歩等を含む。) において不快感を生じない限度

イ

項目 類型	利用目的の 適心性	基準値	
		全窒素	全りん
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.2 mg/l 以下	0.02 mg/l 以下
II	水産1級、水浴及びIII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.3 mg/l 以下	0.03 mg/l 以下
III	水産2種及びIVの欄に掲げるもの (水産3種を除く。)	0.6 mg/l 以下	0.05 mg/l 以下
IV	水産3種、工業用水、生物生産環境保全	1 mg/l 以下	0.09 mg/l 以下

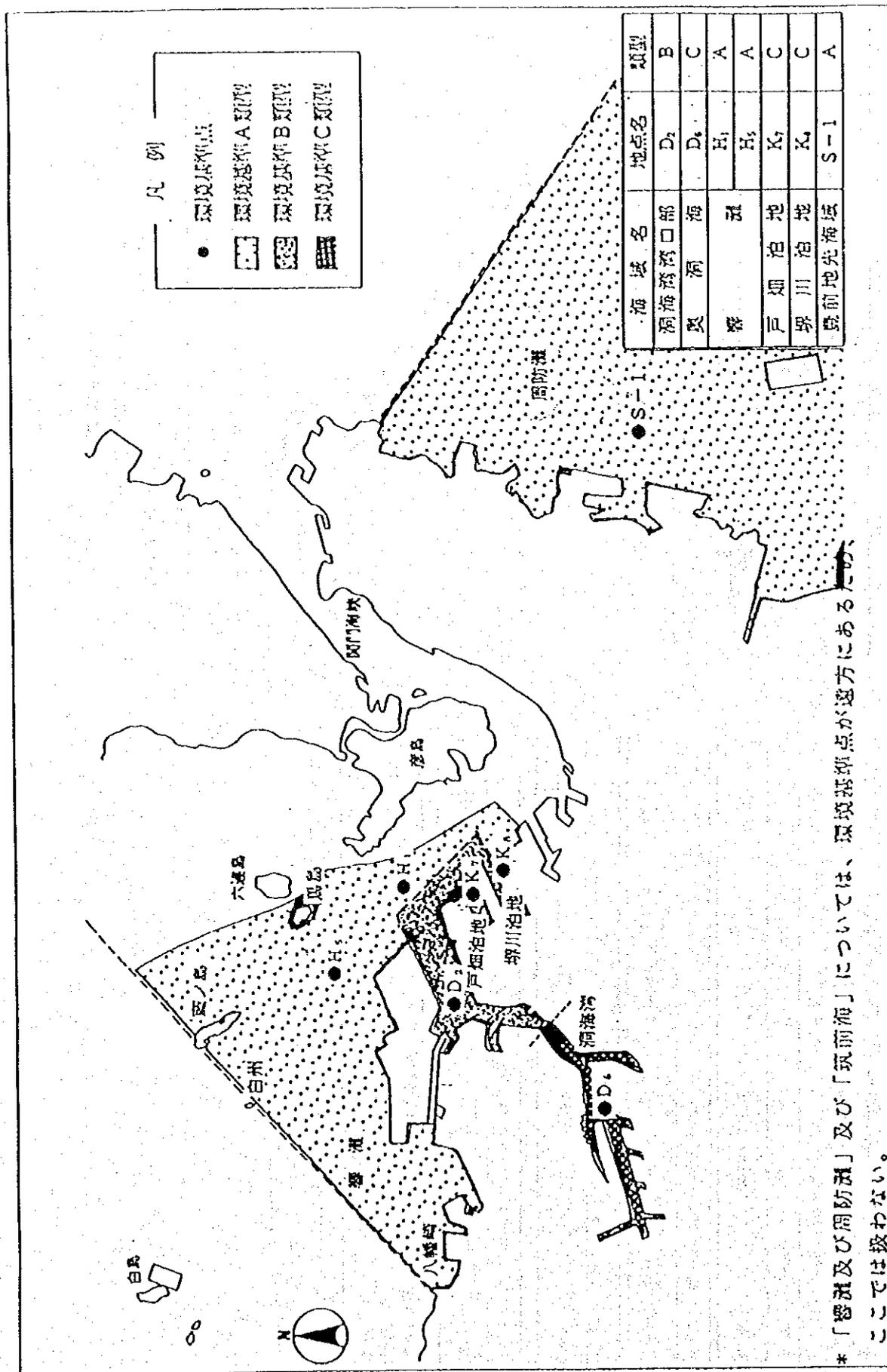
注1 自然環境保全 : 自然探勝等の環境保全

2 水産1種 : 底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される

水産2種 : 一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多産される

水産3種 : 汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される

3 生物生産環境保全 : 年間を通して底生生物が生息できる限度



環境基準水域類型指定状況及び環境基準点位置図（海域）

3.2.3 水質・底質・生物に関する既往調査成果

ここでは、大連市環境監測センターにおいて過去に実施された水質・底質・生物に関する既往調査成果をとりまとめる。

3.2.3.1 水質

大連市の市街地を流下する馬欄河、自由河、凌水河等の河川については定期的な水質調査は行われていないが、これら市街地河川の水質汚濁状況については、以前は生活排水や工場排水が無処理のまま下水管を通じて河川に放流されていたため、相当な水質汚濁がみられた。

しかしながら、現在は既設下水管の遮断式（載流式）への改造が段階的に進められており、その結果、馬欄河等の河川では汚水と河川水の分流化が図られたため水質は改善している。ただし、雨期を除き河川には水が流れないため、普段は河床が露出している状態にある。なお、遮断式下水管により収集された汚水は、河口部ではなく海の沖合（1km 以上）に延長された下水管を通じて放流することにより、沿岸部の水質汚濁が進まないように配慮されている。

一方、大連湾等の海域については定期的な水質調査が実施されている。以下、それらの調査結果をもとに、近年における大連湾、南部沿岸、大窯湾の水質状況についてまとめる。

(1) 大連湾海域調査（定期調査）の概要

大連市環境監測センターにおいて定期的に実施されている大連湾海域調査の概要を表 3-2-3-1 にとりまとめる。また、調査地点（水質調査のほか底質調査および生物調査地点も含む）を図 3-2-3-1 に示す。

(2) 大連湾海域調査結果の概要

上記の水質調査項目のうち水温および塩分を除く 16 項目について、1991 年 5 月～1997 年 7 月における 3 海域の季節変化図を図 3-2-3-2～図 3-2-3-3 に、また、各水質項目に関する各海域毎の経年変化を図 3-2-3-4～図 3-2-3-7 に示す。ここで、図 3-2-3-2～図 3-2-3-3 は各海域における全調査地点の平均値を調査日毎に示したものであり、図 3-2-3-4～図 3-2-3-7 は各海域の全年をとおした全調査地点の平均値および全測定値における最大値と最小値を水質項目毎に示したものである。さらに、1997 年 7 月に実施された定期水質調査結果をもとに、各地点別の水質データから SS、COD、無機態窒素の水域濃度分布図を作成した。それを図 3-2-3-8～図 3-2-3-13 に示す。

大連湾沿海の水質に関する既往知見および現地調査結果をもとに、近年における大連湾沿海の水質状況をとりまとめる。ここで、表 3-2-3-2 に各水質項目の海水水質環境基準値(前出)を示す。

事前調査団報告書等により、これまでに得られている知見を整理すると、

- 1) 前項の排水状況のところでも述べたように、大連市における年間総排水量のうち二次処理が行われているのは 5%にすぎず、これらは総て海域に排出されているため沿岸海域の水質環境は極度に悪化している。
- 2) 大連湾の目視観察によると、岸壁付近の海水は茶褐色を帯び、透明度は 0.5m 以下であり、一部では油膜も確認されている。海藻や貝類等の付着生物の存在は認められていない。
- 3) 大連湾海域の主な汚染源は、大連湾沿岸に隣接する工場からの排水であり、その主な汚染物質は油分、無機態窒素である。
- 4) 南部沿岸海域に関しては、工場排水、生活排水、観光レジャー施設および広域的に行われている養殖場からの排水および各種船舶の移動作業などが主な汚染源となっており、その汚染物質として、油分、無機態窒素 $PO_4\text{-P}$ などがあげられる。
- 5) 大窯湾に関しては、大窯湾供用開始に伴う船舶の通行増加による油分と無機態窒素濃度の増加が認められる。

一方、図 3-2-3-2~図 3-2-3-3 に示す季節変化図をみると

表 3-2-3-2 海水水質環境基準値

水質項目	第1類	第2類	第3類	第4類
pH	7.5~8.5		6.8~8.8	
COD	2	3	4	5
DO	6	5	4	3
石油類	0.05		0.30	0.50
総水銀	0.00005	0.0002		0.0005
鉛	0.05	0.10		0.10
ヒ素	0.05	0.10		0.10
砒素	0.005	0.010		0.010
シアン化合物	0.02	0.10		0.50
揮発性アミン	0.005	0.010		0.050
$PO_4\text{-P}$	0.015	0.03		0.045
無機態窒素	0.10	0.20		0.30

6) 各水質濃度は、概ね大連湾で最も高く、次いで南部沿岸、大窯湾の順となっている。特に窒素、油分に関しては大連湾が高い値を示している。

7) 大連湾の無機態窒素に関しては、0.8 mg/l 前後の高い値で変動しており、環境基準第 4 類の値 0.50 mg/l をはるかに越えている。また、無機態窒素のほとんどは $NH_4\text{-N}$ によって占められている。

- 8) 一方、南部沿岸の無機態窒素の値は環境基準第1類の値0.20 mg/l 前後で推移している。また、大遼湾は環境基準第1類より低い値で変動しているが、近年やや増加する傾向が認められる。
- 9) 石油類に関しては、大連湾は概ね0.06~0.10 mg/l、南部沿岸は0.04~0.07 mg/l の範囲で近年は低下傾向にあり、ともに環境基準第1(2)類の値を満足している。大遼湾は0.05 mg/l 以下で環境基準第1類を満たしている。
- 10) PO₄-P に関しては、大連湾海域よりも南部沿岸の方が高い値を示す場合が多く環境基準第1類と第2(3)類の間で変動しているが、これは、先述した家庭排水、養殖場からの排水が大きな原因になっていると考えられる。また、1992年、1994年の夏季の7月には環境基準第4類を上回る0.05 mg/l 以上の高い値を示したが、95年以降それほど大きな変動は認められない。
- 11) DO、pH は各海域とも環境基準第1類を満たしている。SS、COD に関しては全体的に増加傾向にあり、大連湾、南部沿岸のCOD は環境基準第1類をほぼ満足するものの、夏季の7月に高い値を示している。
- 12) フェノール、シアン化合物、ヒ素、水銀、鉛およびカドミウム等の有害物質に関しては、微量ながら検出されているが、すべて環境基準第1類を満たしている。
- また、図3-2-3-4~図3-2-3-7に示す海域別の水質経年変化をみると、
- 13) pH、DO、SS および COD の年平均値の変動傾向は各海域でそれほど大きな差異は認められないが、測定値の幅に関しては南部沿岸海域のCOD および pH でやや大きくなっている。
- 14) 窒素に関しては、大連湾では測定値の幅が広く、無機態窒素の最大値が4 mg/l 以上の高い値を示す年が多い。これはNH₄-N に起因していると考えられる。また、年平均値も環境基準第2類の値0.3mg/l を大きく上回った値で推移している。一方、南部沿岸および大遼湾の無機態窒素の年平均値はそれぞれ環境基準第2類、第1類の値を概ね満たして推移しているが、大遼湾のNO₃-N は近年増加する傾向が認められる。
- 15) PO₄-P に関しては、先述した様に南部沿岸が他海域よりもやや高い値を示している。また1994年および1995年には極めて高い値が測定されている。
- 16) 石油類に関しては、大連湾、南部沿岸で近年において減少傾向が認められ、各海域とも環境基準第1(2)類値以下で推移している。
- 17) 有害物質項目のうち、ヒ素および水銀は各海域ともに減少傾向が認められるが、水銀に関しては、1998年にやや増加している。

さらに、図3-2-3-8~3-2-3-13に示す水質濃度分布図をみると、

- 18) 大連湾海域では臭水套水域や甜水套水域の湾奥部で水質濃度が高く、沖合に向かって低下する傾向がみられる。また、南部沿岸海域では馬欄河河口部から星海湾の沿岸部にかけて比較的高濃度の分布域がみられる。
- 19) 環境基準値との比較でみると、COD については大連湾海域の臭水套水域沿岸部や甜水套水域で環境基準第4類の値 5 mg/l を満たしていない。
- 20) 無機態窒素に関しては、大連湾海域は臭水套水域から甜水套水域にかけての沿岸部全域で環境基準第4類の値 0.50 mg/l を超過し、南部沿岸海域では馬欄河河口部から星海湾の沿岸部にかけて環境基準第1類の値 0.20 mg/l を上回っている。
- 21) なお、水銀、カドミウム等の有害物質については全地点とも未検出または環境基準値以下という結果になっている。

表 3-2-3-1 大連湾海域調査 (1991年~1995年) の概要

調査地域	調査地点数	調査水深	調査回数	調査項目
大連湾	16	0.5m	3回/年	水温、pH、透明度、DO、COD、SS、塩分、
南部沿海	8	0.5m	(7,10月)	NH ₄ -N、NO ₃ -N、NO ₂ -N、PO ₄ -P、油脂類、
大窪湾	5	0.5m	(1991年のみ5,8,10月に実施)	シアン、フェノール、カドミウム、鉛、ヒ素、水銀 (計18項目)

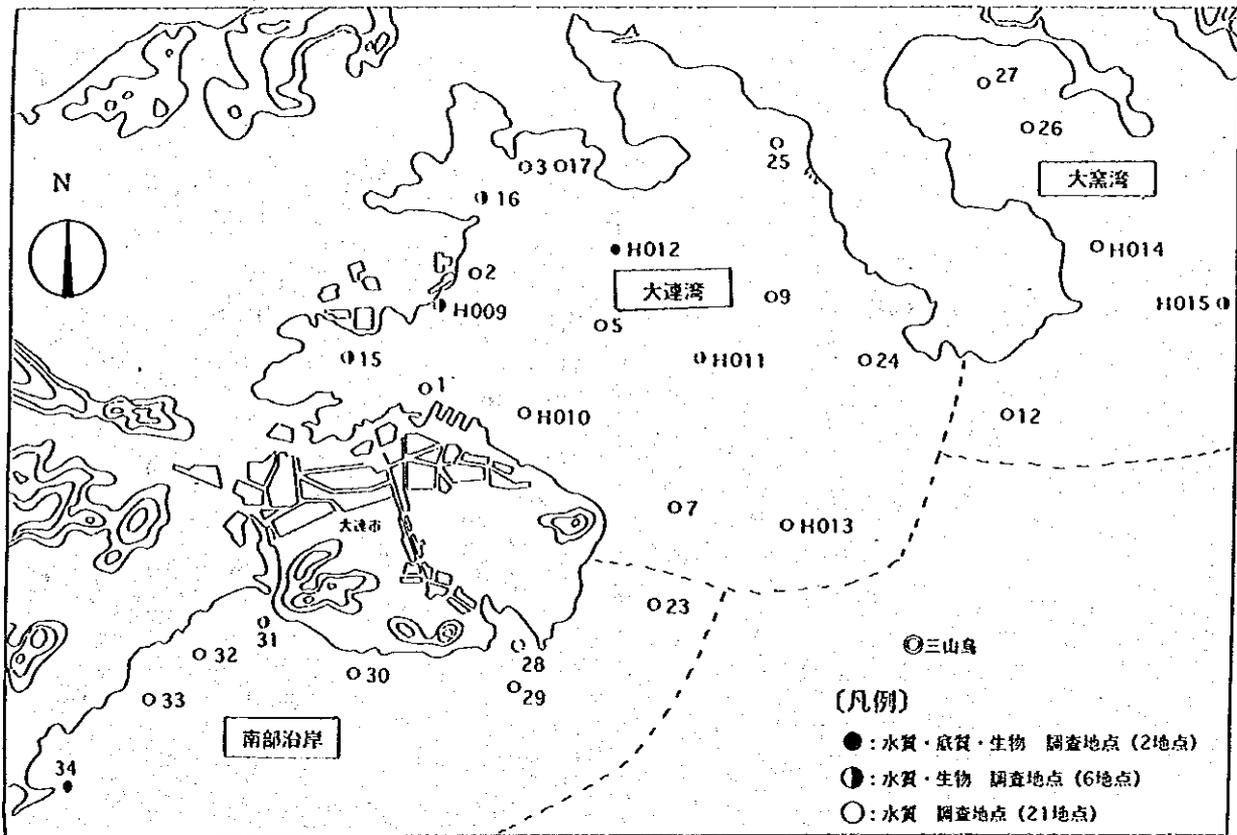


図 3-2-3-1 大連湾海域調査地点位置図

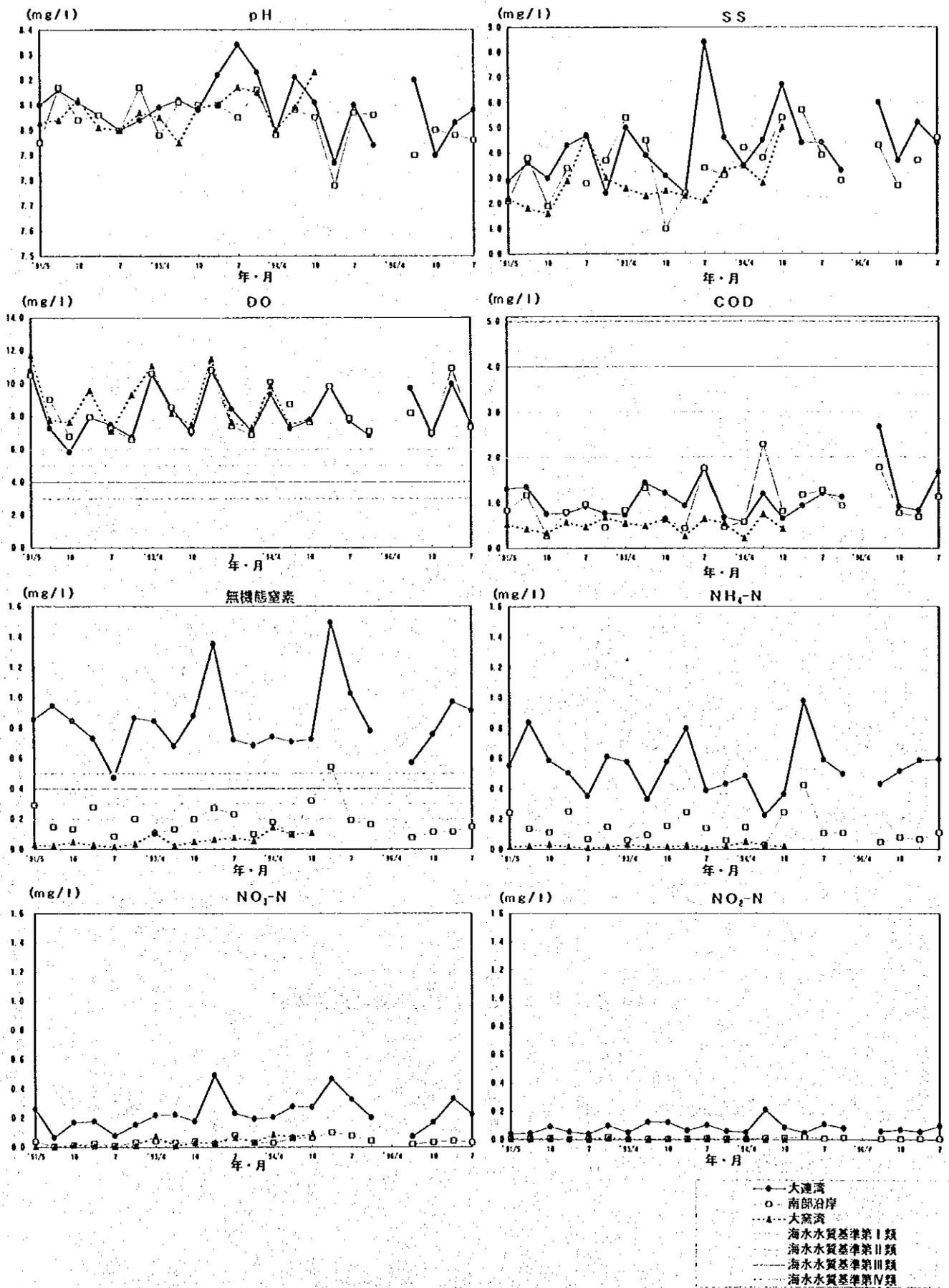


図3-2-3-2 各海域における水質の季節変化
(pH、SS、DO、COD、T-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N)

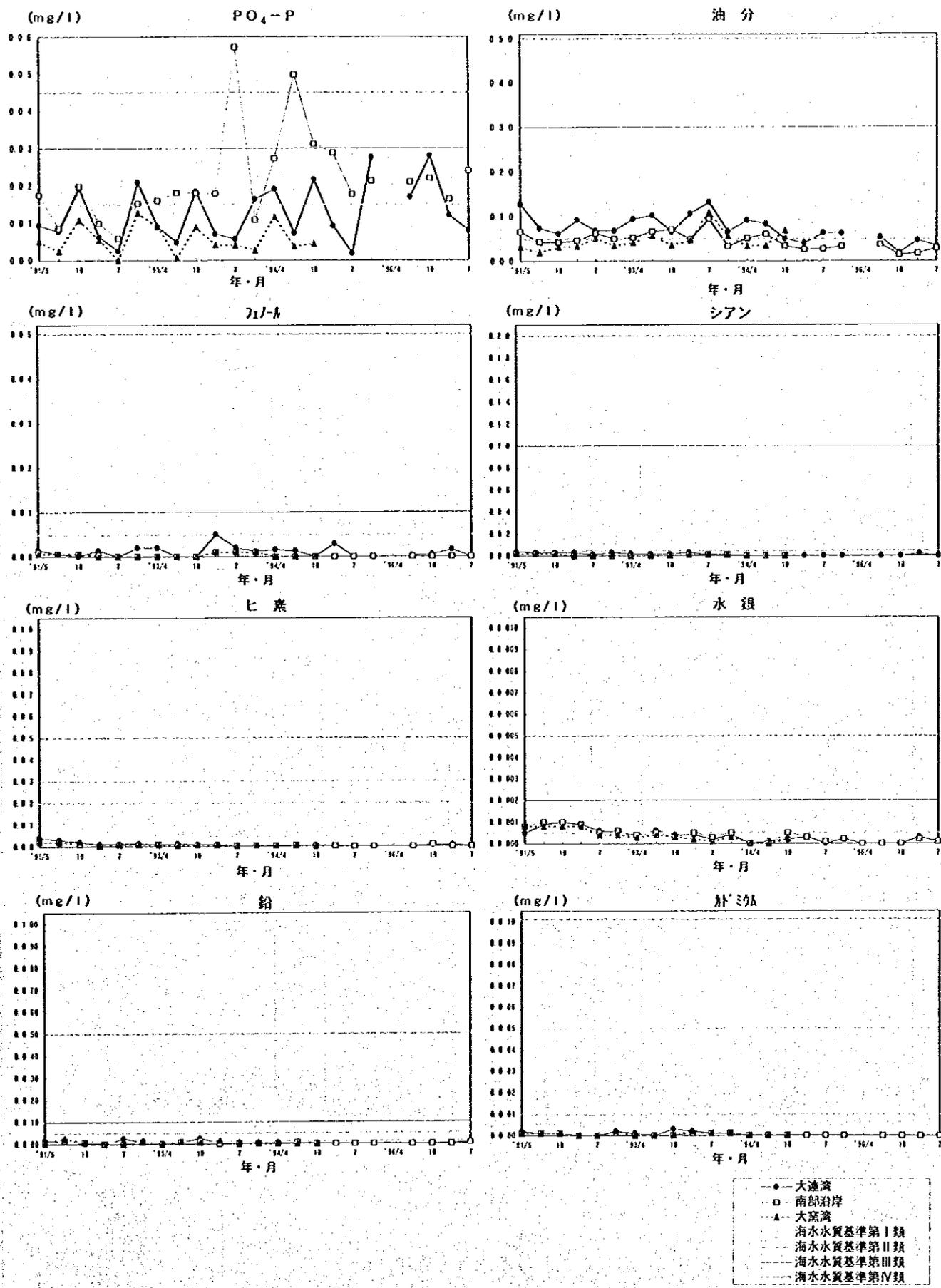


図2.3.③ 各海域における水質の季節変化 (PO₄-P, 油分, NO₃-N, シアン, NO₂-N, 水銀, 鉛, NH₃-N)

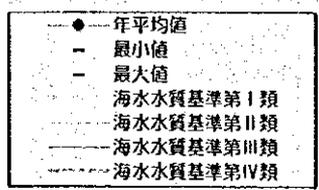
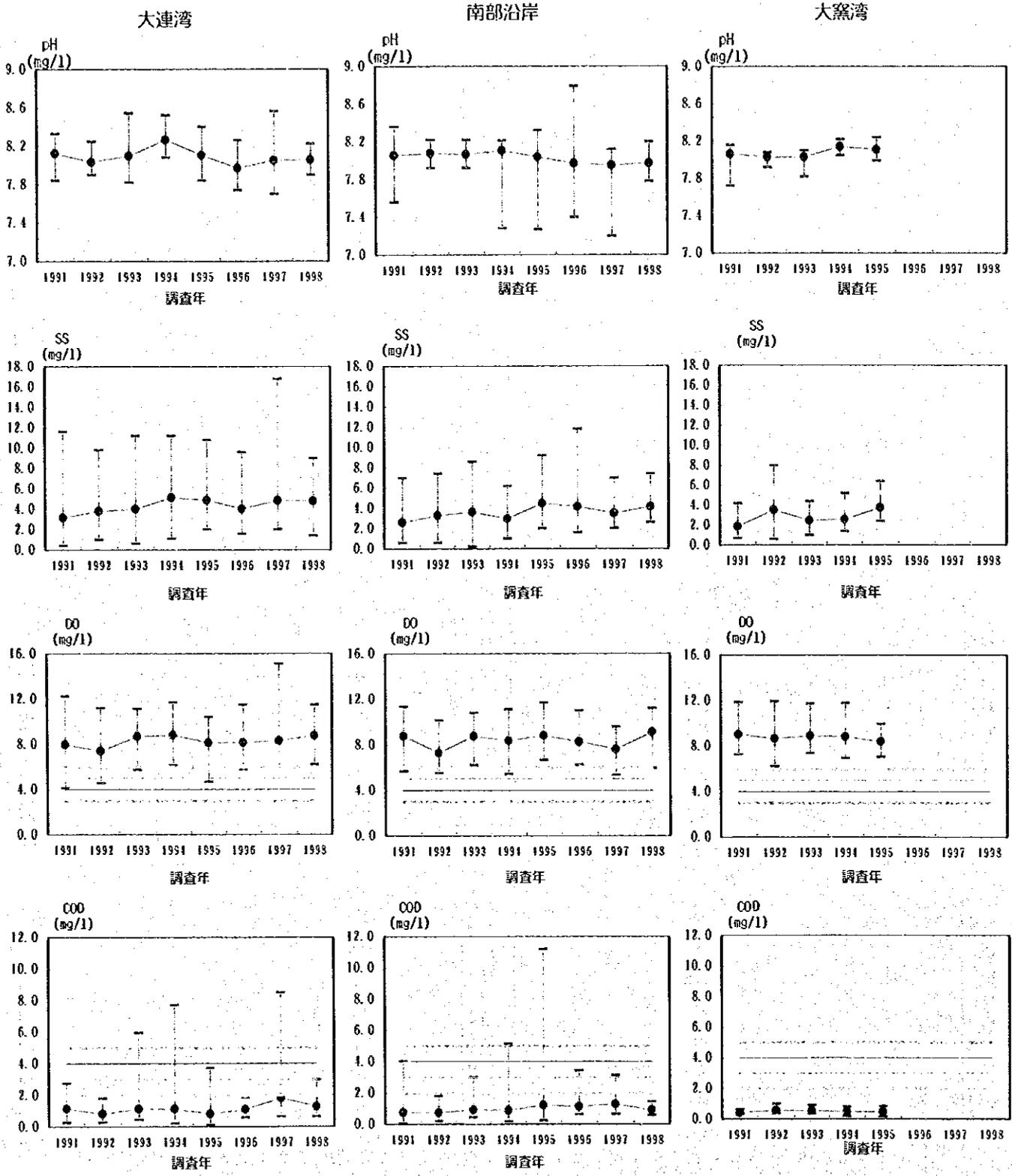


図3-2-3-4 各海域における水質の経年変化 (pH, SS, DO, COD)

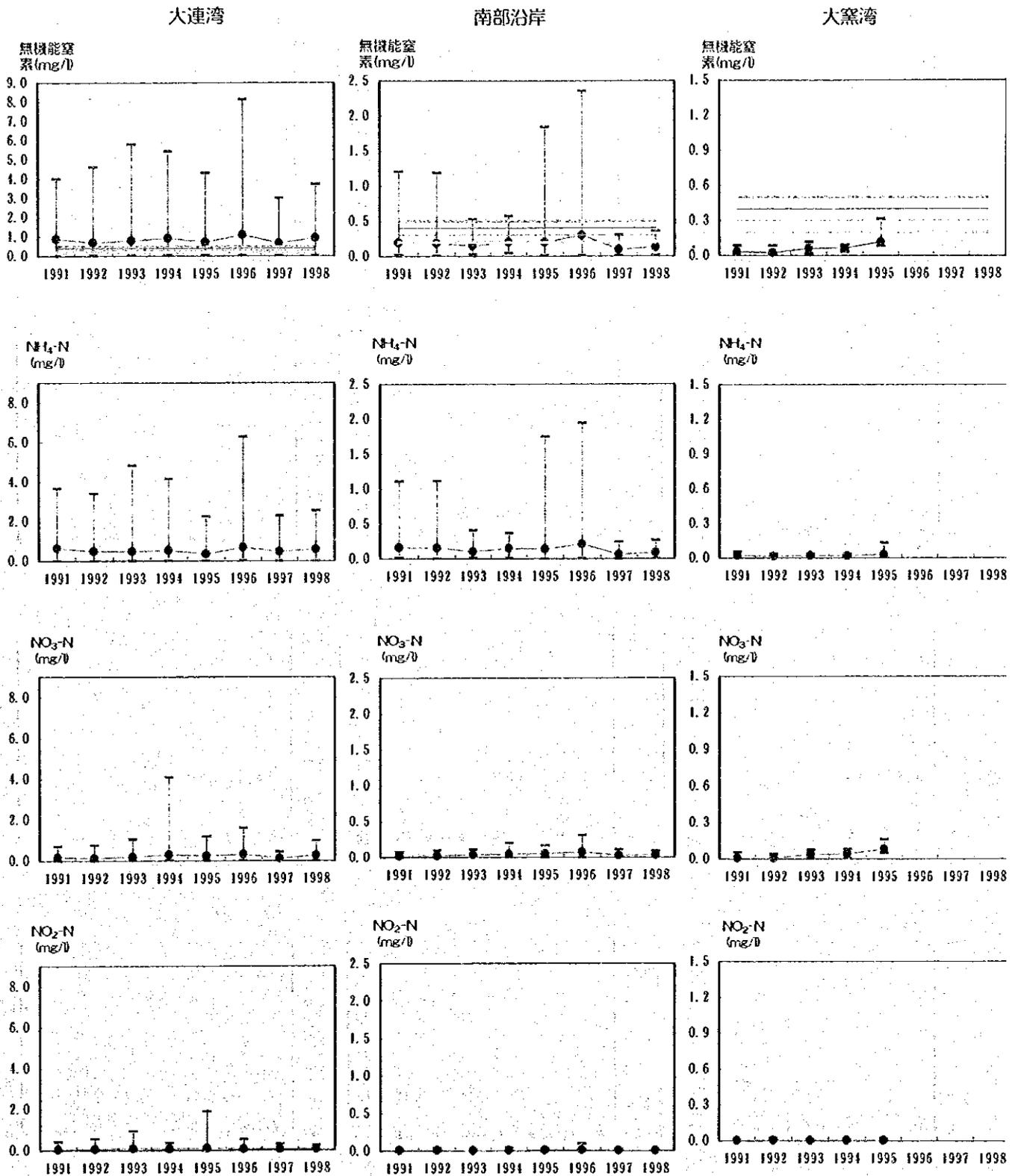
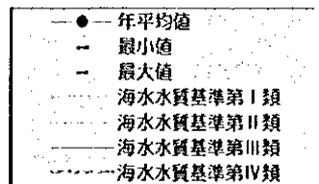


図3-2-3-5 各海域における水質の経年変化
(無機態窒素、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$)



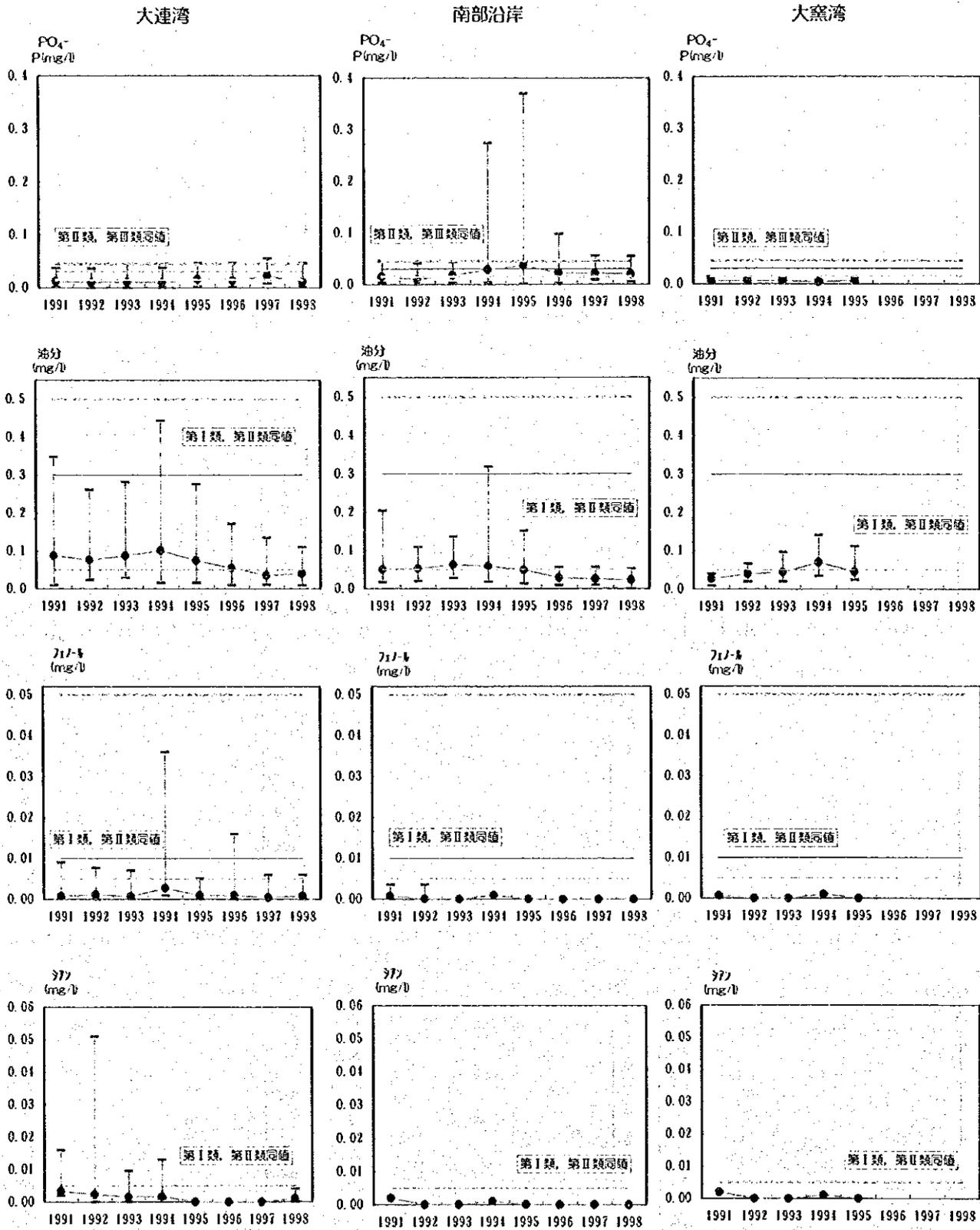


図3-2-3-6 各海域における水質の経年変化
(PO₄-P、油分、フェノール、シアン)

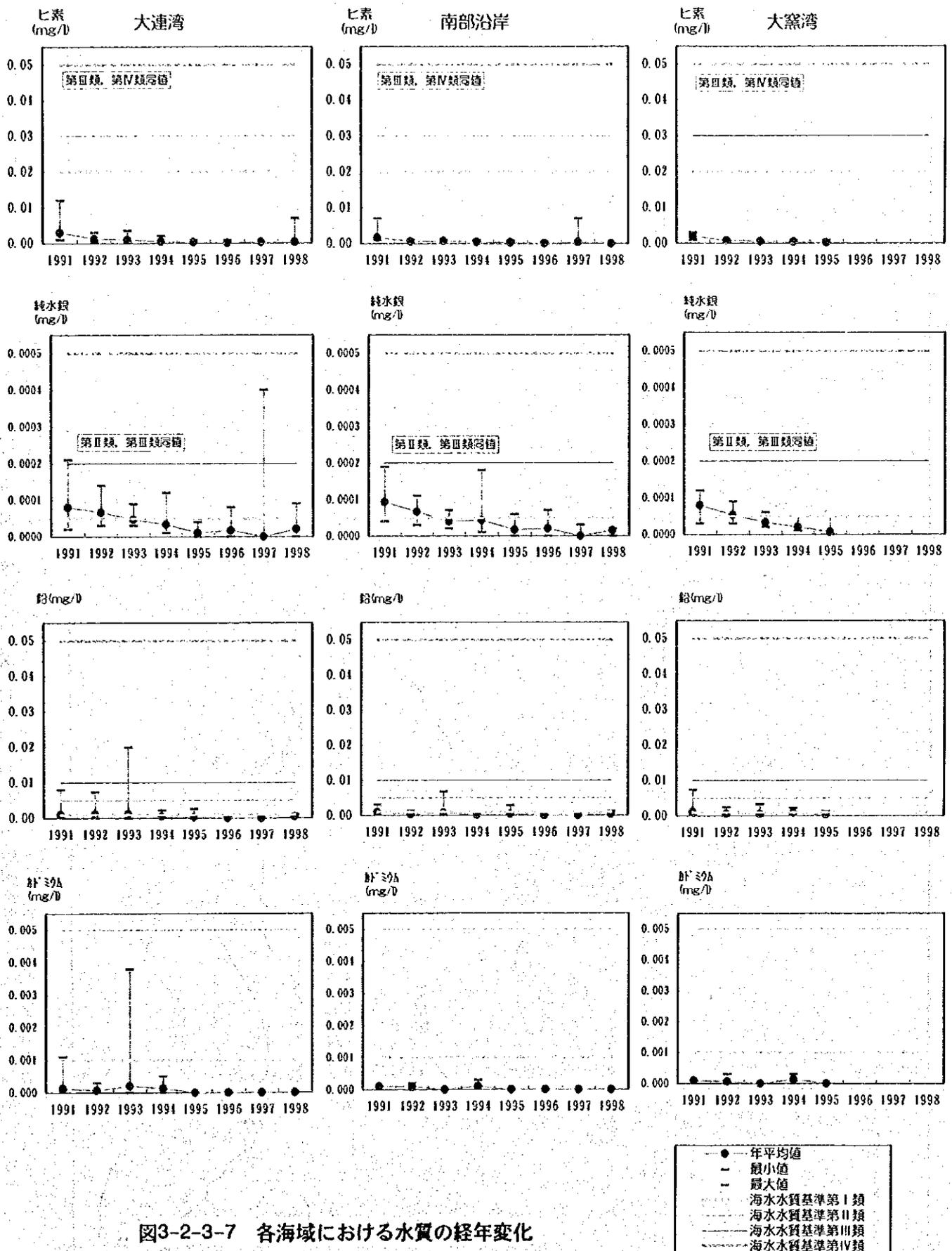


図3-2-3-7 各海域における水質の経年変化

(七素、水銀、鉛、カドミウム)

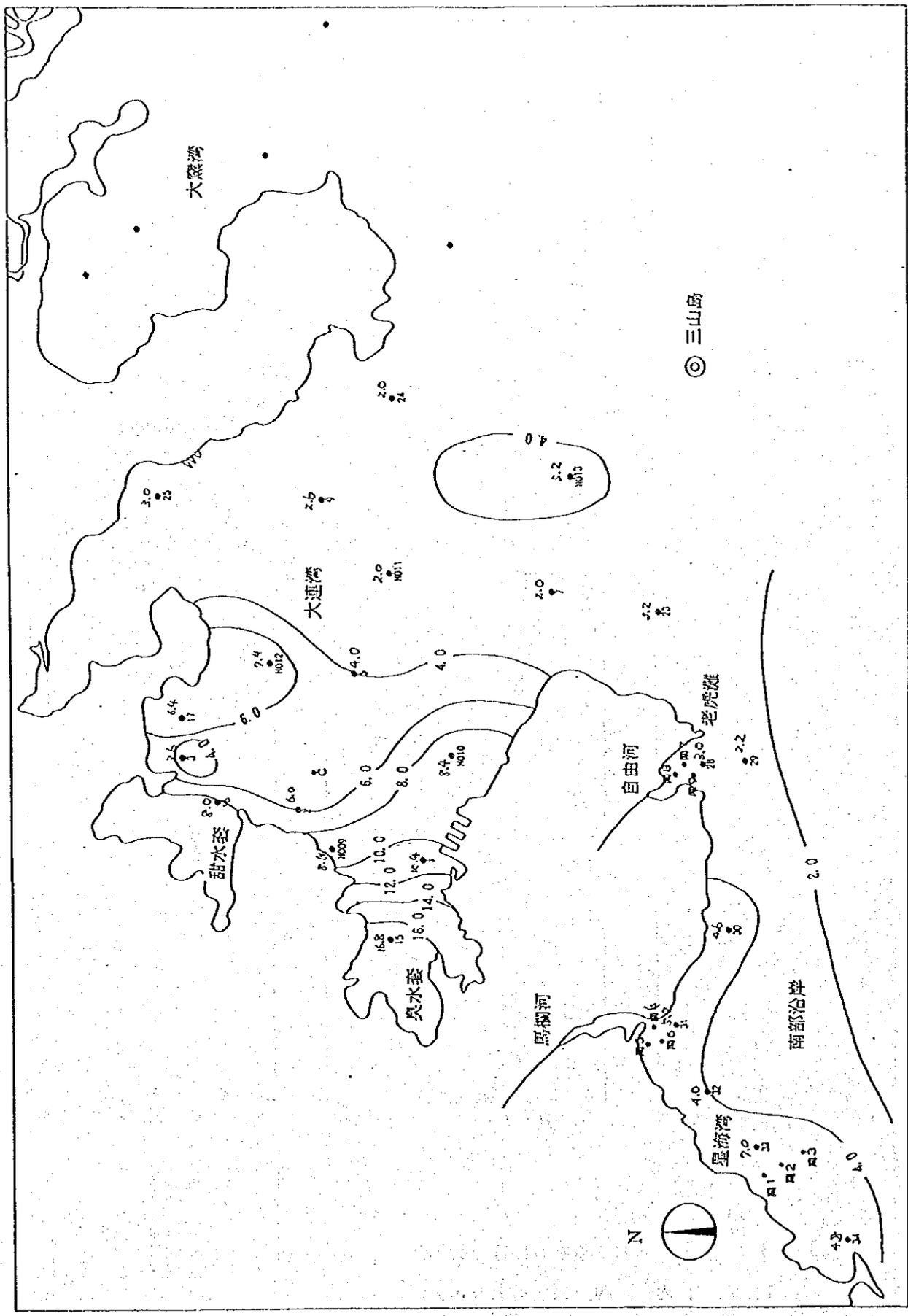


図3-2-3-8 対象水域内のSS濃度分布図 (1997年7月)

(単位: mg/l)

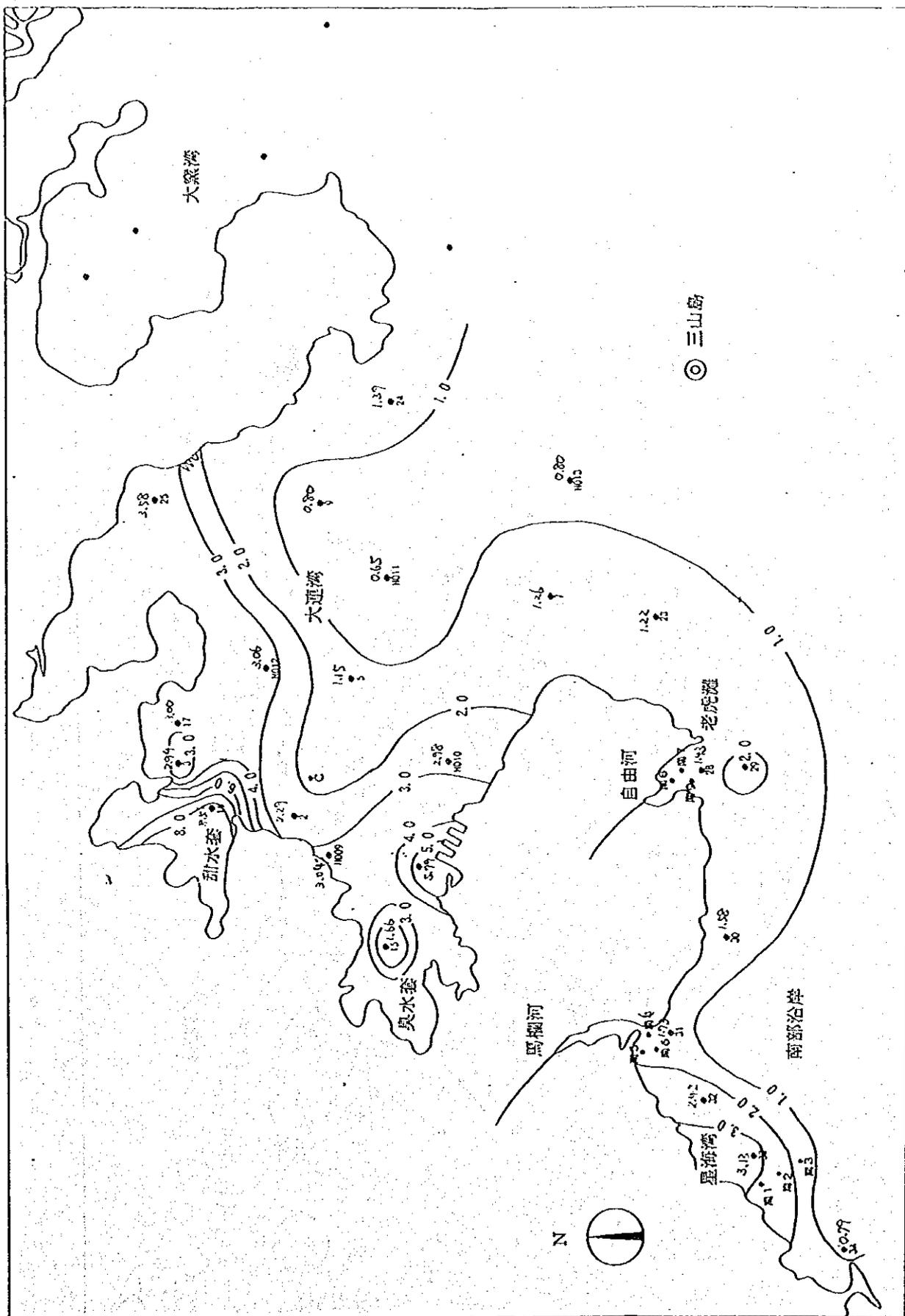


图3-2-3-9 对象水域内のCOD濃度分布図 (1997年7月)

(単位: mg/l)

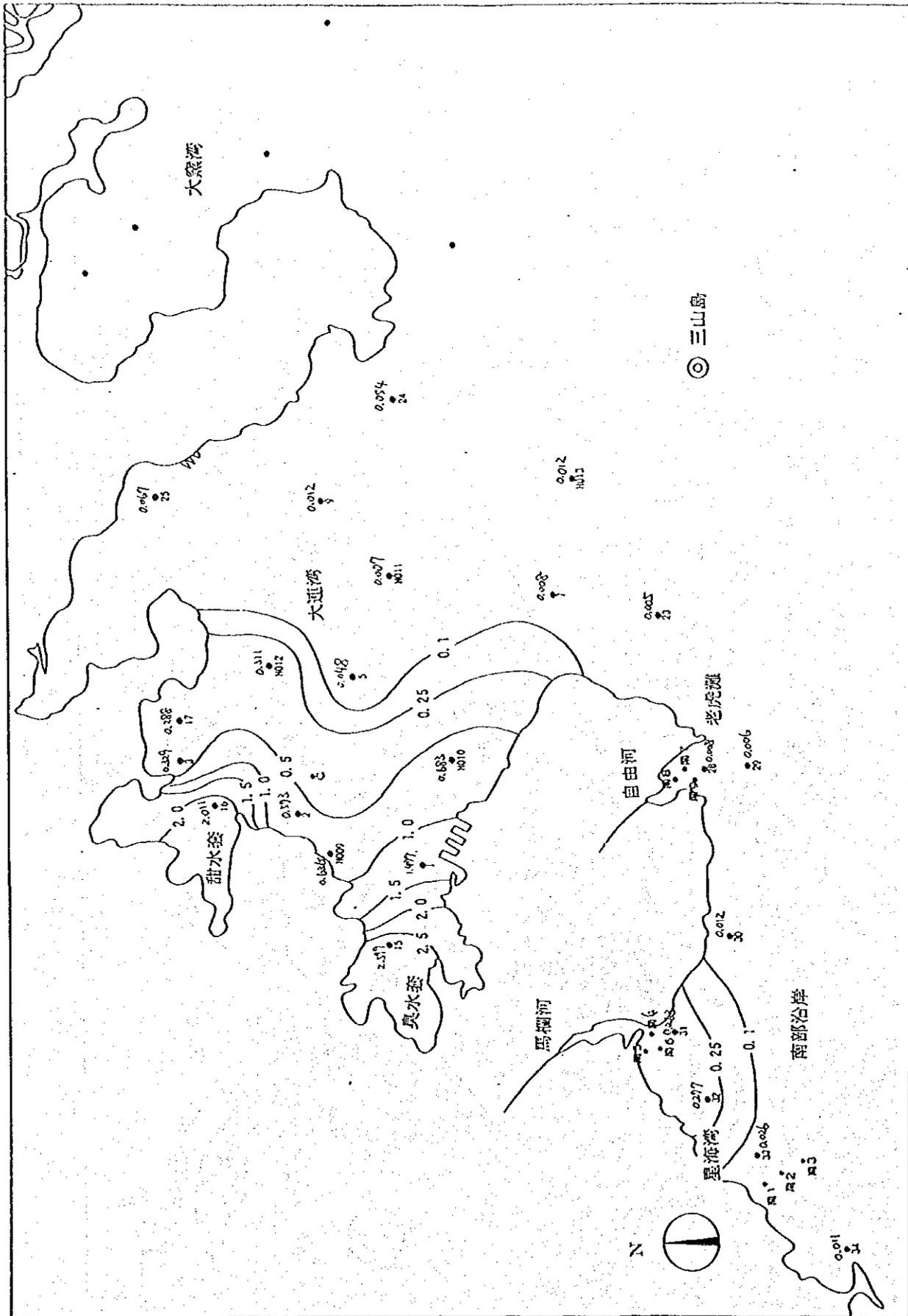


図3-2-3-10 対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1997年7月) (単位: mg/l)

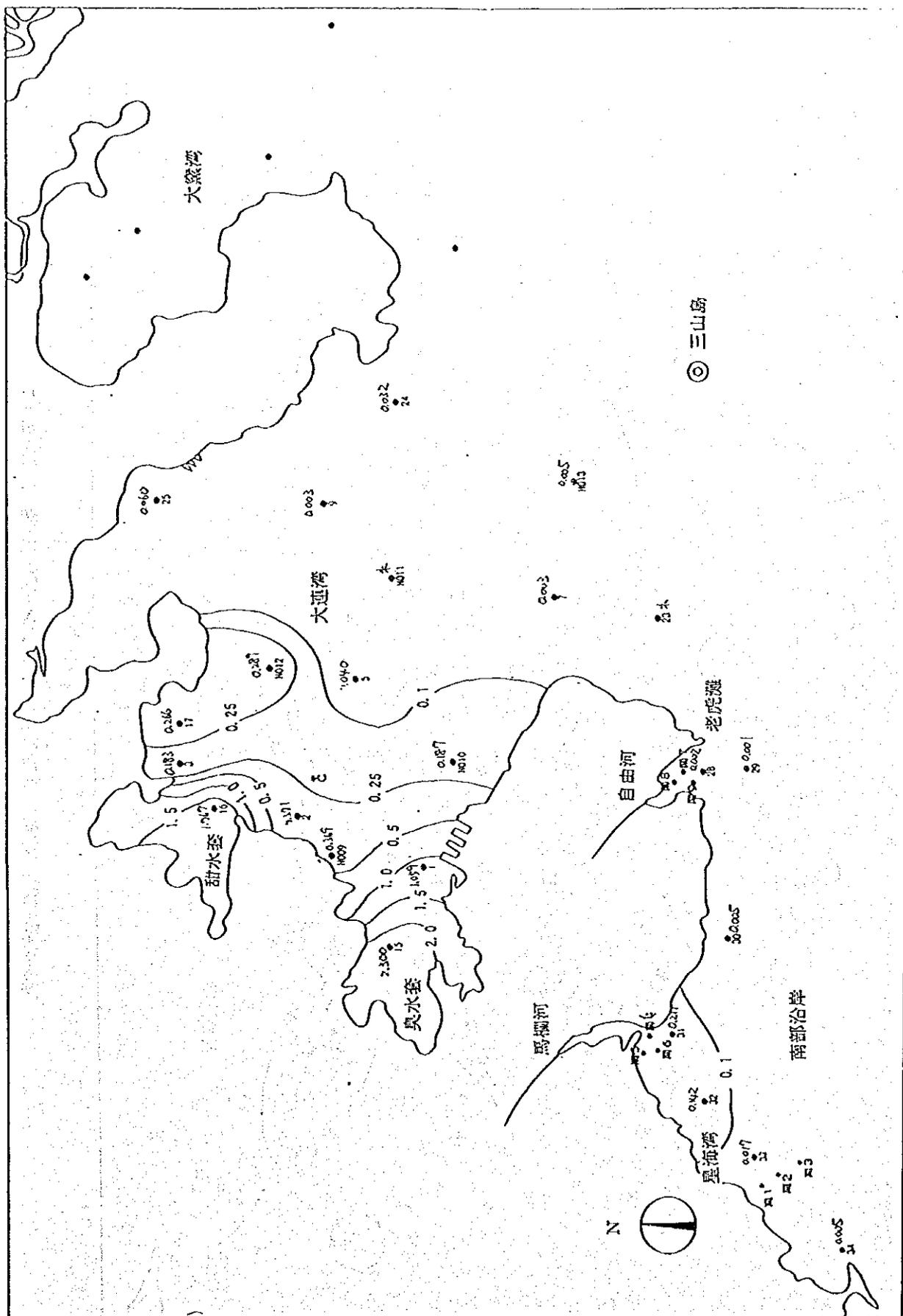


図3-2-3-11 対象水域内のアンモニア態窒素濃度分布図 (1997年7月)

(単位: mg/l)

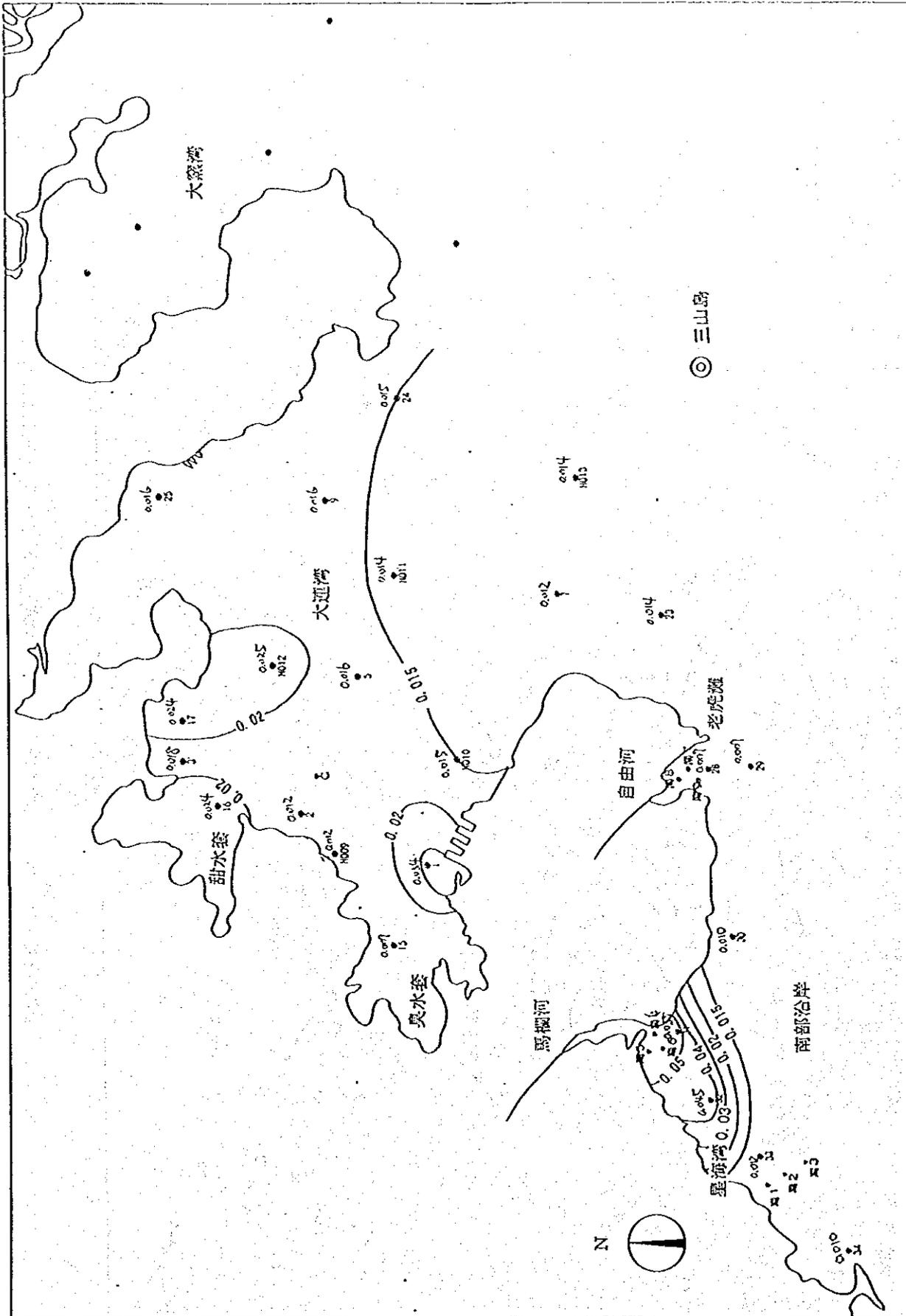
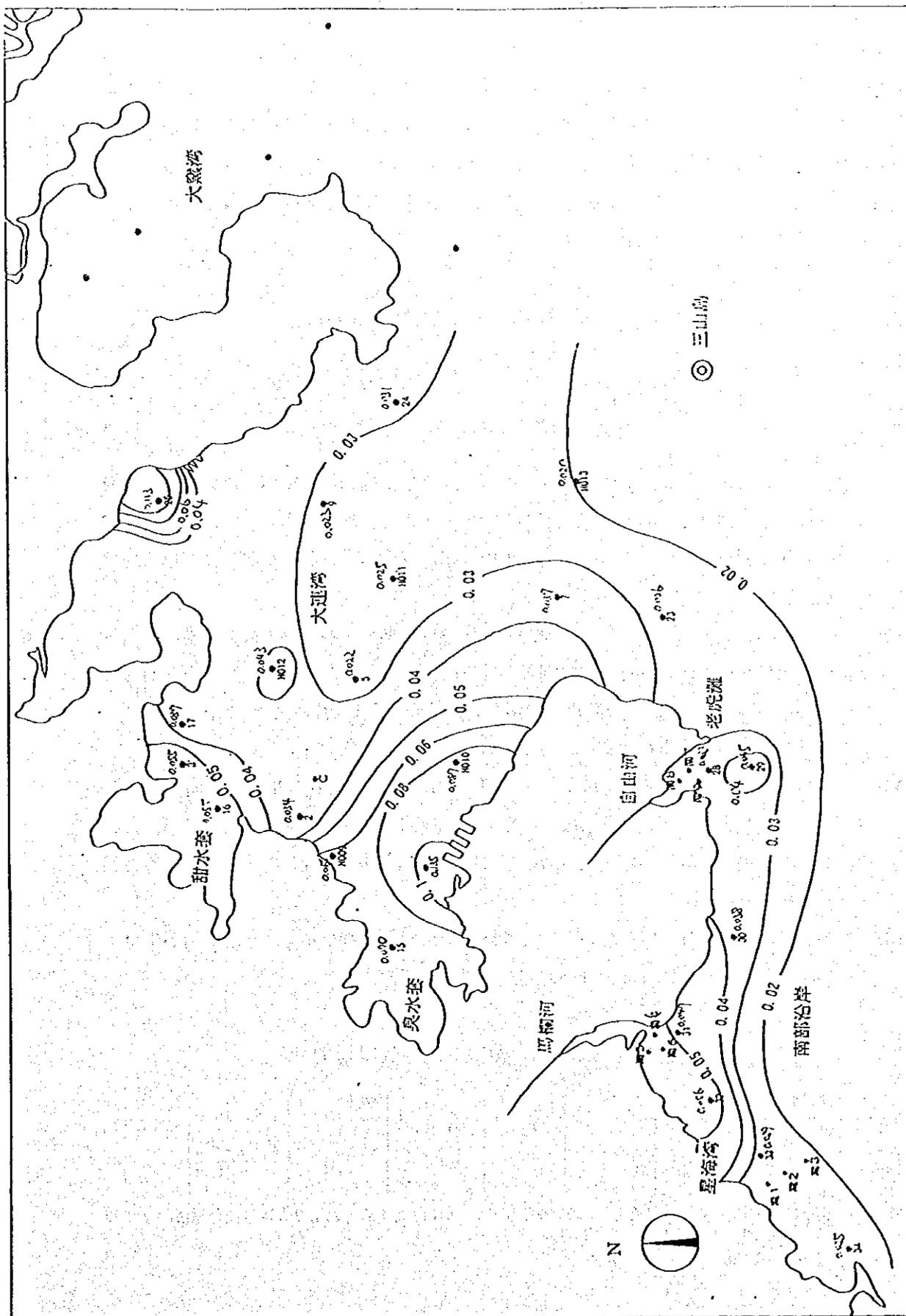


圖3-2-3-12 対象水域内のリン酸態リン濃度分布図 (1997年7月)

(単位: mg/l)



(單位：mg/l)

图3-2-3-13 対象水域内の油類濃度分布図 (1997年7月)

3.2.3.2 底質

大連湾底質調査の概要を表 3-2-3-3 に、また底質調査結果を表 3-2-3-4 および図 3-2-3-14 に示す。ここで、表 3-2-3-4 には中国における底質基準値も示している。この基準値は法的な基準値ではなく、「全国近岸海域資源調査」という調査研究レポートに記載されている基準値を引用したものであり、主に生物資源保護の観点から検討した値である。これらをもとに、近年における大連湾の底質状況を検討する。

表 3-2-3-3 大連湾における底質調査の概要

調査地域	調査地点数	調査地点名	調査回数	調査項目
大連湾	1地点 (1986年～1990年)	大連湾沖	1回/年	油分、亜鉛、銅、ヒ素、 水銀、クロム、鉛、カドミウム (計8項目)
	2地点 (1991年～1992年)	大連湾沖	1回/年	
		大連華能発電所沖		

- 1) 大連湾の底質状況については、調査地点も少なく年1回の調査であるため十分な検討はできないが、図 3-2-3-14 によると油分は 1987 年まで、銅、ヒ素および水銀に関しては 1987 年に極めて高い値を示すが、その後大幅に減少している。ただし、クロムを除く各重金属濃度は 1991 年に再び増加している。
- 2) 表 3-2-3-4 によると、1992 年の大連湾海域における油分、亜鉛および鉛の濃度は高く基準値以上になっている。特に鉛に関しては 1991 年に急増しており、原因を解明する必要がある。また、1992 年の測定結果がないため十分な検討はできないが、カドミウムも同様な傾向が認められ注意が必要である。
- 3) これら重金属濃度レベルは 1996 年の北九州市洞海湾湾口レベルとほぼ同じである（事前調査団報告書）が、油分濃度に関しては大連湾沖が 1000 mg/kg 以上と高い。この値は洞海湾が最も汚れていた 1970 年代における油分濃度の約 10 分の 1 程度であると報告されている。
- 4) ここで、底質の油分濃度が高いと底質は無酸素状態になりやすく、底生生物が生息できない状況になるため、今後十分な対応が必要である。

表 3-2-3-4 大連湾海域における底質測定結果

	単位: mg/l															
	油分	比率	亜鉛	比率	銅	比率	ヒ素	比率	水銀	比率	クロム	比率	鉛	比率	カドミウム	
1990年	1273	1.27	-	-	-	-	1.68	-	0.140	0.70	-	-	7.81	0.31	0.38	
1991年	2099	2.10	242.60	3.03	43.72	1.46	5.17	0.52	0.168	0.84	22.32	-	62.40	2.50	0.86	
1992年	1201	1.20	142.00	1.78	29.51	0.98	4.20	0.42	-	-	34.40	-	40.60	1.62	-	
基準値	1000		80		30		10		0.200		-		25		0.50	

注) ・1990 年は大連湾沖 1 地点の値を、また 1991 年～1992 年は大連湾沖および大連華能発電所沖 2 地点の平均値を示す。

・比率は基準値と測定値の比率を表す。

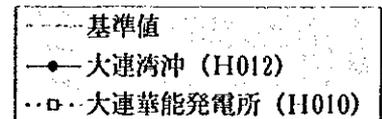
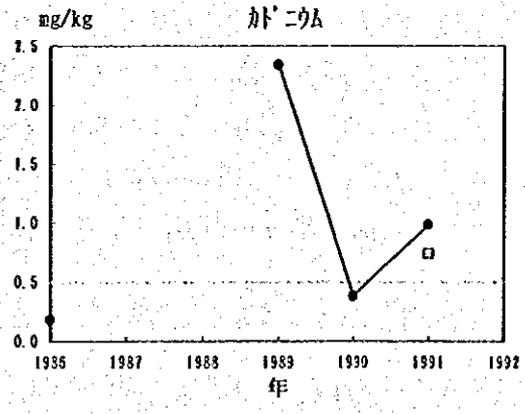
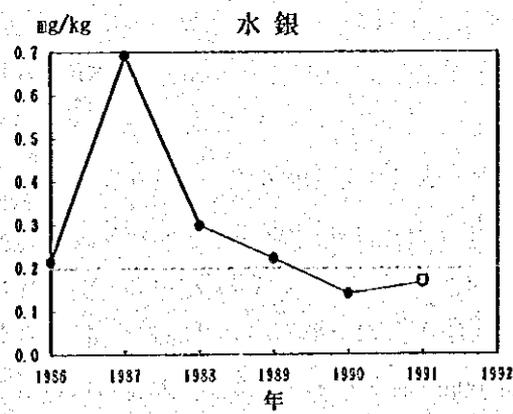
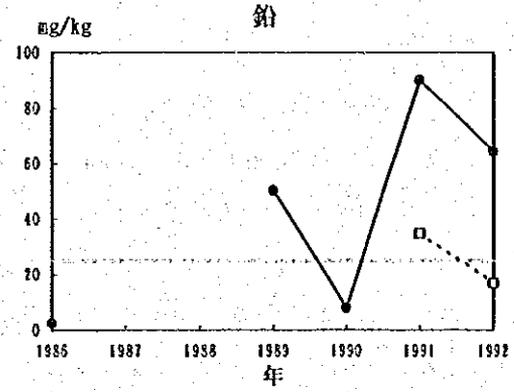
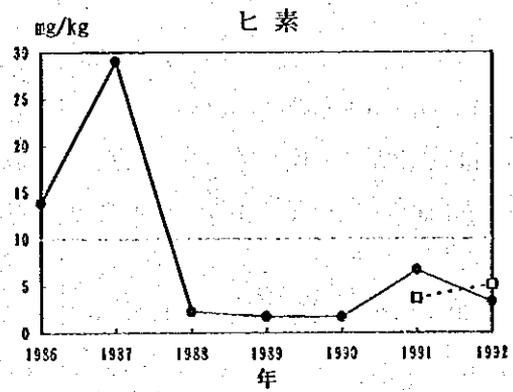
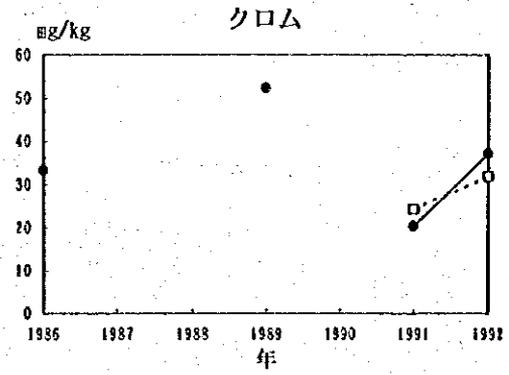
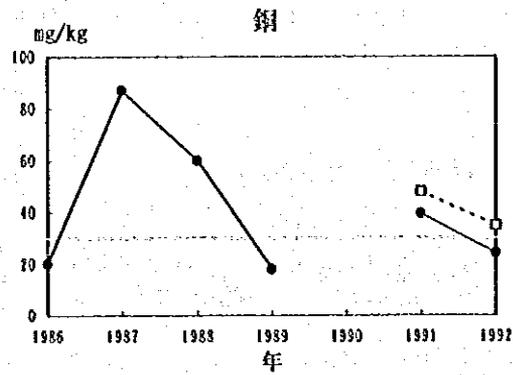
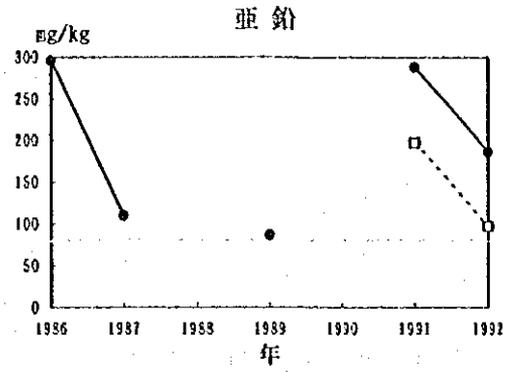
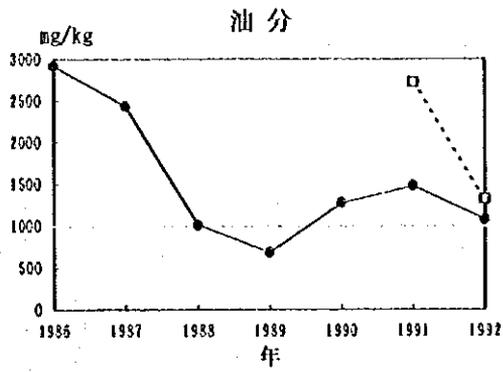


図3-2-3-14 大連湾における各底質項目の経年変化図

3.2.3.3 生物

(1) 植物プランクトンおよび大腸菌の出現状況

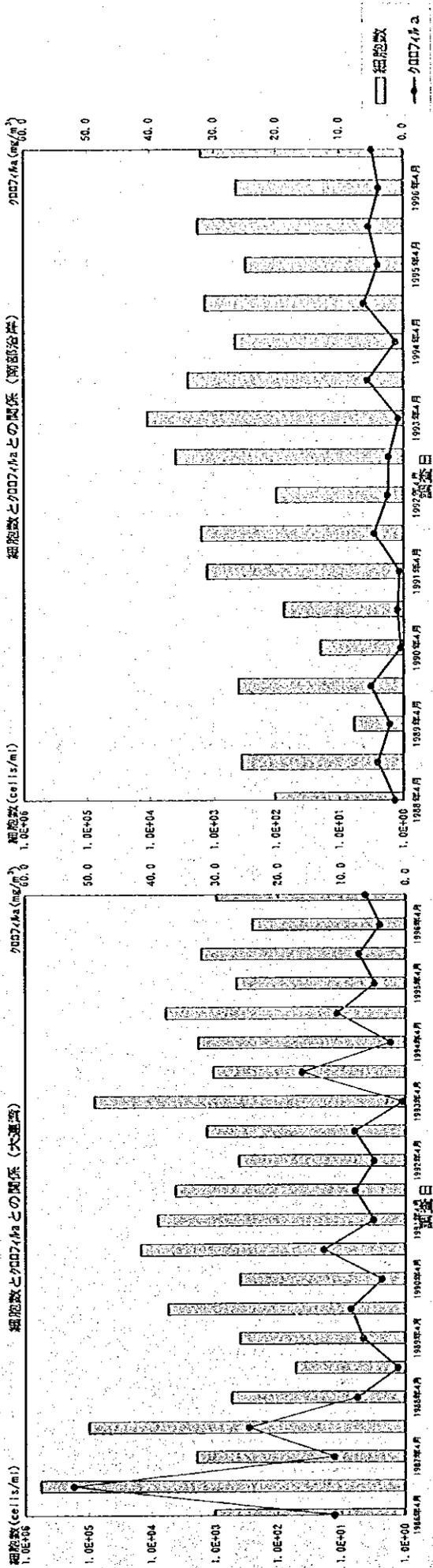
ここでは、大連湾海域および南部沿岸海域における植物プランクトンおよび大腸菌の出現状況について現地調査結果をもとに検討を行う。生物調査の概要を表 3-2-3-5 に示す。また、図 3-2-3-15 には植物プランクトン細胞数とクロロフィル a に関する経年変化図と出現種数、多様性指数および優占度の関連性を図示し、図 3-2-3-16 には大腸菌群数の経年変化を示した。

表 3-2-3-5 大連湾海域における生物調査の概要

調査海域	調査地点数	調査回数	調査項目	
大連湾	1	2 回/年	(植物プランクトン調査)	出現細胞数、出現種数、クロロフィル a
南部沿岸	1	(4, 7月)		優占種名、優占度、多様性指数
(調査地点は図 3-2-2-1 参照)			(微生物調査)	大腸菌群数

注) 大連湾沖は 1986 年～1995 年の調査結果を、南部沿岸は 1988 年～1995 年の調査結果を示す。

- 1) 図 3-2-3-15 によると、植物プランクトンは春季の 4 月よりも夏季の 7 月に多く出現する傾向が認められる。大連湾では 1986 年 7 月に 5.6×10^5 cells/ml の極めて高い値を示すが、その後は 1.0×10^3 cells/ml ～ 1.0×10^4 cells/ml の範囲で出現している。また、南部沿岸においては、 1.0×10^3 cells/ml ～ 3.0×10^3 cells/ml 前後で変動し、1993 年 4 月の春季に 1.1×10^4 cells/ml の高い値を示している。
- 2) 細胞数およびクロロフィル a の関係については概ね正の関係が認められるが、細胞数が比較的高い値を示す大連湾の 1993 年 4 月および南部沿岸の 1991 年 4 月の調査結果では細胞数の増加に対しクロロフィル a 値が極めて低くなっている。
- 3) 出現種数、多様性指数および優占度の関連性については、出現細胞数が多く優占度の高いときの出現種数および多様性指数の値は低くなっている。このような傾向が認められる水域では赤潮の発生が考えられる。
- 4) 大腸菌群数に関しては図 3-2-3-16 によると、大連湾は 1986 年 4 月を除き 1.0×10^4 cells/ml 以下の値で、また南部沿岸は 1989 年 7 月に 1.2×10^7 cells/ml の極めて高い値を示すが概ね 5.0×10^2 cells/ml ～ 1.0×10^5 cells/ml の範囲で変動しており、1994 年 4 月～1995 年 4 月を除き南部沿岸の方が大連湾よりもやや高い値を示している。日本の水産用水質基準によると大腸菌群数は 1000 個/100ml 以下とされたとおり、大連湾においては概ねその基準値以下となっている。



IV-339

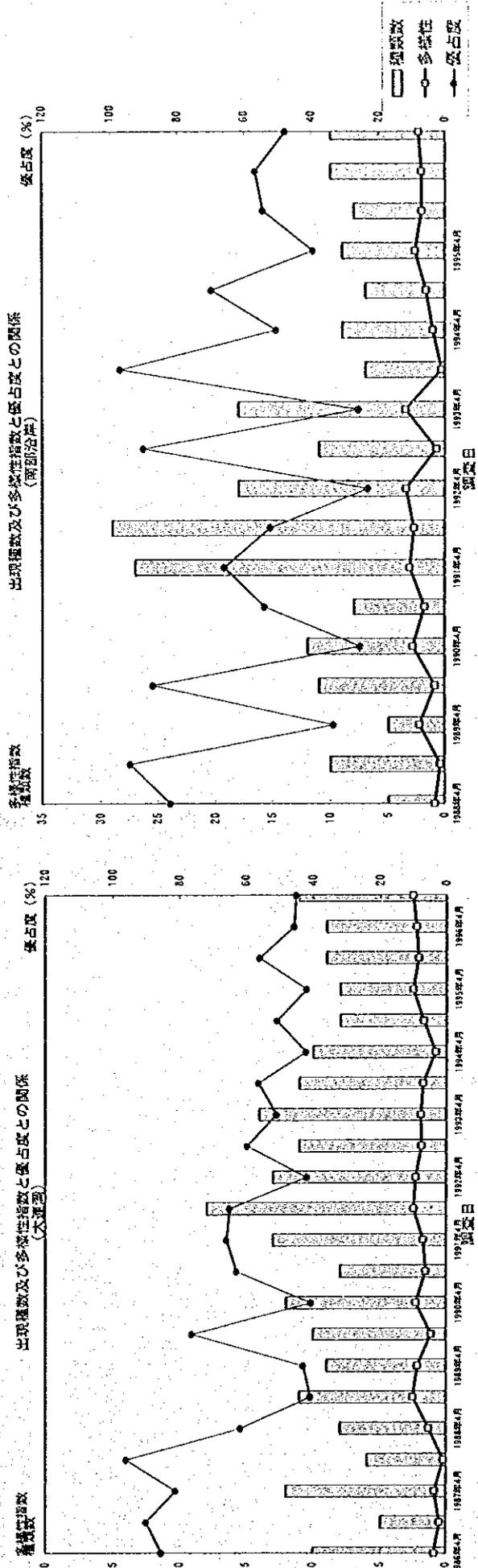


図3-2-3-15 植物プランクトン調査結果

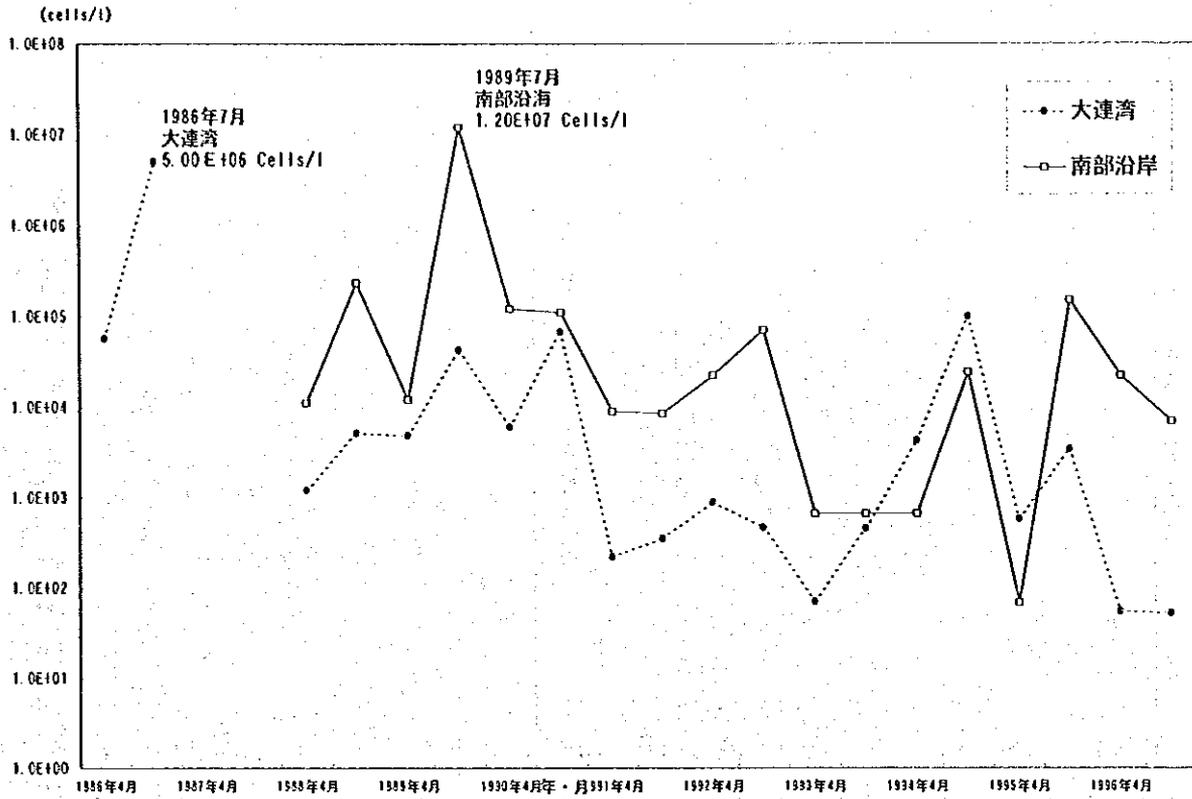


図3-2-3-16 大腸菌群数の経年変化図

(2) 赤潮発生状況

大連湾海域における赤潮の発生傾向および発生特性に関して、まず始めに、王惠卿等による既往研究成果^{1) 2) 3)}をとりまとめる。次に、これら検討成果をもとに、1986年～1995年に大連湾で実施された植物プランクトン現地調査結果にもとづく赤潮発生状況の検討を行う。

1) 既往知見にもとづく大連湾の赤潮発生状況および発生特性

王惠卿等により報告された近年における大連湾の赤潮発生状況および発生特性に関する研究成果を以下にとりまとめる。

- (a) 海域で発生する赤潮は、一般的には富栄養化された水域で起きると報告されている。近年における大連湾水域は、窒素、リン、COD および有機物濃度が高く富栄養状態になっているため、毎年のように赤潮が発生している。大連湾では1972年～1990年の18年間で、計18回の赤潮が観測されている。
- (b) 特に、富栄養化水域で有機汚染の比較的強い水域で発生するとされている *Heterosigma* 属による赤潮が1985年6月以降発生しており、近年における大連湾の水質悪化が懸念されている。
- (c) 1972年～1990年の既往現地調査結果によると、大連湾に出現した赤潮原因種として43種が確認されている。このうちの13種は有毒プランクトンである。
- (d) 植物プランクトン各種の出現は水温に大きく影響されるが、大連湾における赤潮原因種も水温の変化に伴い変遷している。
- (e) 春季は珪藻類の *Thalassiosira subtilis* が、夏季はラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo* が赤潮原因種として頻繁に出現している。*Heterosigma* 属による赤潮は、比較的水温の高い21～23℃の時に最も多く出現している。また、珪藻類は適応水温が広いため、水温の低下する秋季の主な原因藻類としてあげられるが、*Heterosigma* 属による赤潮の消滅後にも発生する傾向が認められている。
- (f) 赤潮の発生時季に関しては、夏季に一番多く、春季、秋季の順で発生頻度が小さくなる傾向がある。また、水温が低下する冬季においては赤潮はほとんど発生していない。
- (g) 赤潮発生時における原因藻類の細胞数は、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$ cells/ml 程度であるが、 10^7 cells/ml 以上の細胞数を示す場合もある。

-
- 参考文献) 1) 大連湾の海域における赤潮生物の特性に関する研究 (中国環境科学 Vol.9.1 No.1 1989.2)
2) 大連湾におけるアノシガマ赤潮藻(*Heterosigma akashiwo*)の赤潮およびその生態特徴について (環境科学研究 Vol.4. No.1 1991.2.20)
3) 大連湾の赤潮生物およびその法則に関する検討 (海洋環境科学 Vol.11. No.2 1992.5)

- (h) 植物プランクトンの出現種数の多様性を示す多様性指数について赤潮発生時で検討すると、赤潮発生時には低い値を示し、赤潮消滅に伴い上昇する傾向が認められる。これは、赤潮発生時の水域では極めて高い割合で赤潮原因種が出現していることを示している。
- (i) ラフィド藻類の *Heterosigma* 属に関しては、日本の大村湾、五ヶ湾、徳山湾等においても発生しており、その毒性についても報告されている。現在の大連湾では養殖産業は行われていないが、十分な配慮は必要である。
- (j) また、既往の統計報告によると、遼寧省の 1990 年における赤潮被害による損失は 2 億元位にのぼると報告されている。

2) 現地調査結果にもとづく赤潮発生状況

ここでは、1988 年～1995 年の 4、7 月に実施された植物プランクトン現地調査結果をもとに、近年における大連湾の赤潮発生状況を推測する。表 3-2-3-6 に南部沿岸および大連湾における優占種の変遷状況を季節別に示した。また、表 3-2-3-7 には 1988 年～1991 年にかけて大連湾海域で観測された赤潮の発生状況を示す。ここで、1988 年に関しては赤潮の発生は確認されていない。

- (a) 南部沿岸の春季 4 月の優占種は各年によって異なっており、また出現細胞数、優占度および多様性指数値からみても赤潮は発生していないと考えられる。
- (b) 一方、夏季 7 月の優占種は珪藻類が中心であり、1992 年、1993 年の 7 月においては珪藻類の優占度が極めて高い値を示し、出現細胞数からみても赤潮が発生したと考えられる。
- (c) 大連湾に関しては、珪藻類の *Thalassiosira subtilis* が 1986 年から 1991 年の春季の優占種となり既往知見と同様の傾向を示すが、1987 年を除き出現細胞数は少なく、赤潮は発生していないと考えられる。
- (d) 1991 年以降の春季においては、既往知見で赤潮原因種である珪藻類の *Chaetoceros* Sp. が優占種となっており、出現個体数からみても赤潮の発生が考えられる。
- (e) 夏季の 7 月に関しては、1986 年および 1987 年は *Heterosigma akashiwo* が細胞数および優占度で高い値を示し、赤潮の発生が考えられるが、1991 年以降は珪藻類等が優占種となり、出現細胞数もやや減少している。
- (f) 近年の傾向として、南部沿岸は出現細胞数が増加し赤潮が出やすい状況になってが、一方の大連湾では出現細胞数は減少し、赤潮の発生しにくい状況になっていると考えられる。

表3-2-3-6 植物プランクトン優占種の遷移状況 (1988年~1995年)

場所	年	月	優占種	既往知見における赤潮原因種	出現細胞数 (cells/·)	優占度 (%)	多様性指数 (ID)
南部沿岸	1988	4	<i>Rhomonas lacustris</i>	○	9.E+01	82.0	0.88
	1989	4	コケノシ藻類	○	2.E+00	33.3	2.25
	1990	4	コケノシ藻類	○	5.E+00	25.5	2.84
	1991	4	<i>Trichodesmium</i> sp. (藍藻類)		9.E+02	66.0	3.13
	1992	4	裸藻		2.E+01	23.2	3.45
	1993	4	<i>Eutryella</i> sp. (コケノシ藻類)	◎	3.E+03	26.0	3.50
	1994	4	普通小球藻		2.E+02	50.3	1.07
	1995	4	暗色鞭毛藻		1.E+02	39.4	2.65
	1988	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	3.E+02	94.0	4.04
	1989	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	4.E+02	87.2	5.12
	1990	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	4.E+01	53.8	0.97
	1991	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (コケノシ藻類)	○	8.E+02	52.0	2.75
	1992	7	珪藻類	◎	4.E+03	90.0	0.75
	1993	7	珪藻類	◎	3.E+03	97.0	0.30
1994	7	珪藻類	○	1.E+03	69.8	1.67	
1995	7	珪藻類	○	1.E+03	54.2	2.06	
大連湾	1986	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	9.E+02	85.4	0.91
	1987	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	◎	2.E+03	81.2	0.89
	1988	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	3.E+02	61.6	1.32
	1989	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	2.E+02	42.8	2.19
	1990	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	2.E+02	40.5	2.32
	1991	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	◎	5.E+03	66.0	1.75
	1992	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	○	2.E+02	41.8	2.34
	1993	4	珪藻類	◎	4.E+04	50.8	1.96
	1994	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	○	8.E+02	42.1	0.83
	1995	4	暗色鞭毛藻		2.E+02	41.8	2.54
	1986	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (コケノシ藻類)	◎	5.E+05	90.0	0.49
	1987	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (コケノシ藻類)	◎	1.E+05	96.0	0.20
	1988	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)		2.E+01	40.7	2.54
	1989	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (コケノシ藻類)	○	4.E+03	76.4	1.15
	1990	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (コケノシ藻類)	◎	9.E+03	62.9	1.57
	1991	7	珪藻類	◎	3.E+03	65.0	7.83
	1992	7	珪藻類	○	8.E+02	59.6	7.94
	1993	7	珪藻類	○	6.E+02	56.2	16.10
	1994	7	短形藻	◎	3.E+03	50.6	10.65
	1995	7	珪藻類		9.E+02	55.8	7.28

注) ◎ は赤潮が発生した可能性が高い観測日

○ は赤潮が発生した可能性のある観測日

2, 22は名、和名、学術名の分からない種を示す。

表3-2-3-7 大連湾海域で観測された赤潮の発生状況 (1988年~1991年)

発生日	発生場所	発生範囲 (km)	着色状況	発生形状	優占種名	優占種の細胞数 (cells/ml)	被害状況	
1989年	4月	臭水套	3~5	褐色	塊状	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1.4E03	養殖区で死亡発生
	7月	臭水套	-			<i>Heterosigma akasiwo</i>	2.3E03	
	8月28日	金光湖 油化湖	1~2			<i>Skeletonema costatum</i>	4.3E03	
1990年	4月10日	臭水套	5~6	茶褐色	板状	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1.4E03	養殖区で死亡発生
	7月5-9日	臭水套	5~6			<i>Skeletonema costatum</i>	7.2E03	
						<i>Heterosigma akasiwo</i>	4.6E03	
	7月8-10日	紅土堆積湾	3~4	赤褐色		<i>Heterosigma akasiwo</i>	3.6E03	
	8月31日	碧流川河口近	6~10	赤褐色	板状塊状	<i>Dinocystis</i> sp. <i>Cyanoecium</i> sp.	2.5E03 1.0E04	

表 3-2-3-6 植物プランクトン優占種の遷移状況 (1988年~1995年)

場所	年	月	優占種	既往知見における 赤潮原因種	出現細胞数 (cells·l ⁻¹)	優占度 (%)	多様性指数 (H')
南 部 沿 岸	1988	4	<i>Rhomonas lacustris</i>	○	9.E+01	82.0	0.88
	1989	4	ユヅクシ藻類	○	2.E+00	33.3	2.25
	1990	4	ユヅクシ藻類	○	5.E+00	25.5	2.84
	1991	4	<i>Trichodesmita</i> sp. (藍藻類)		9.E+02	66.0	3.13
	1992	4	崖藻		2.E+01	23.2	3.45
	1993	4	<i>Eutreptella</i> sp. (ユヅクシ藻類)		3.E+03	26.0	3.50
	1994	4	普通小球藻		2.E+02	50.3	1.07
	1995	4	暗色鞭毛藻		1.E+02	39.4	2.65
	1988	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	3.E+02	94.0	4.04
	1989	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	4.E+02	87.2	5.12
1990	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)	○	4.E+01	53.8	0.97	
1991	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (珪藻類)	○	8.E+02	52.0	2.75	
1992	7	珪藻類	○	4.E+03	90.0	0.75	
1993	7	珪藻類	○	3.E+03	97.0	0.30	
1994	7	珪藻類	○	1.E+03	69.8	1.67	
1995	7	珪藻類	○	1.E+03	54.2	2.06	
大 連 湾	1986	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	9.E+02	85.4	0.91
	1987	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	2.E+03	81.2	0.89
	1988	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	3.E+02	61.6	1.32
	1989	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	2.E+02	42.8	2.19
	1990	4	<i>Thalassiosira subtilis</i>	○	2.E+02	40.5	2.32
	1991	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	○	5.E+03	66.0	1.75
	1992	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	○	2.E+02	41.8	2.34
	1993	4	珪藻類	○	4.E+04	50.8	1.96
	1994	4	<i>Chaetoceros</i> sp.	○	8.E+02	42.1	0.83
	1995	4	暗色鞭毛藻		2.E+02	41.8	2.54
	1986	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (珪藻類)	○	5.E+05	90.0	0.49
	1987	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (珪藻類)	○	1.E+05	96.0	0.20
	1988	7	<i>Skeletonema costatum</i> (珪藻類)		2.E+01	40.7	2.54
	1989	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (珪藻類)	○	4.E+03	76.4	1.15
	1990	7	<i>Heterosigma akasiwo</i> (珪藻類)	○	9.E+03	62.9	1.57
	1991	7	珪藻類	○	3.E+03	65.0	7.83
	1992	7	珪藻類	○	8.E+02	59.6	7.94
	1993	7	珪藻類	○	6.E+02	56.2	16.10
1994	7	短竹形藻	○	3.E+03	50.6	10.65	
1995	7	珪藻類		9.E+02	55.8	7.28	

注) は赤潮が発生した可能性が高い観測日

は赤潮が発生した可能性のある観測日

括弧内名は和名、学術名の分からない種を示す。

表 3-2-3-7 大連湾海域で観測された赤潮の発生状況 (1988年~1991年)

発生日	発現場所	発生範囲 (km)	着色状況	発生形状	優占種名	優占種細胞数 (cells·m ⁻³)	検出状況		
1989年	臭水套	4月	3~5	褐色	塊状	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1.0E+03	塊状で浮遊物	
		7月	-			<i>Heterosigma akasiwo</i>	2.3E+03		
		8月28日	1~2			<i>Skeletonema costatum</i>	4.3E+03		
1990年	臭水套	臭水套	4月10日	5~6	茶褐色	板状	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1.4E+03	塊状で浮遊物
			7月5~9日	5~6			<i>Skeletonema costatum</i>	7.7E+03	
							<i>Heterosigma akasiwo</i>	4.0E+03	
							<i>Heterosigma akasiwo</i>	3.6E+03	
7月8~10日	紅日漁育湾	3~4	赤褐色	板状塊状		<i>Heterosigma akasiwo</i>	2.5E+03		
									8月4日

3.2.4 海洋水質・底質・生物調査結果

ここでは、本調査において実施した大連湾等の沿岸海域の水質・底質・生物調査の内容および結果について述べる。

3.2.4.1 調査内容

(1) 調査の目的

大連湾および南部沿岸水域における水質・底質・生物の経時変化や空間分布特性を詳細に把握し、水質汚濁機構の解析・予測のための基礎的情報を得るとともに、過去に得られた観測結果と比較することにより、分析精度のチェックを行う。

(2) 調査の内容

1) 水質調査

(a) 調査時期：1997年10月、1998年4月・7月（合計3回）

(b) 調査地点（図3-2-4-1参照）

新設地点は、大連湾5地点、自由河河口部3地点、馬欄河河口部3地点、凌水河河口部3地点の14地点とし、既設地点（24地点）と合わせ合計38地点とする。

なお、97年10月の調査結果ならびに大連湾に排出する大連化学工業等工場排水の拡散範囲を考慮した結果、

- ・大連湾臭水套水域のさらに沿岸寄りの水質現況を把握する必要性
- ・自由河および馬欄河ポンプ場排水口付近の水質把握の必要性

が確認されたため、98年4月および7月の調査については新たに大連湾3地点、自由河河口部1地点、馬欄河河口部1地点を追加した。

(c) 採水水深：

大連湾5地点、自由河河口部1地点、馬欄河河口部1地点、凌水河河口部1地点の8地点の新設地点については2層（上層：採水水深0.5m、下層：採水水深5m）からサンプリングを行い、その他の地点は1層（上層：採水水深0.5m）のみのサンプリングとする。

(d) 分析項目：

水温、pH、DO、CODMn、SS、塩分、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、総窒素、総リン、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、カドミウム、シアン化合物、フェノール、鉛、砒素、総水銀、油脂類

(e) 実施体制：

サンプリングに関しては大連市環境監測センターが要員を手配して実施する。水質分析については、大連市環境監測センターにて分析を行う。

2) 生物調査

(a) 調査時期：1997年10月、1998年4月・7月（合計3回）

(b) 調査地点（図3-2-4-1参照）

新設地点は、大連湾1地点、自由河河口部1地点、凌水河河口部1地点の3地点とし、既設地点（7地点）と合わせ合計10地点とする。なお、付着生物については大連湾2地点、南部沿岸1地点の3地点とする。

(c) 調査項目：

クロロフィル a、大腸菌、一般細菌、植物プランクトン、動物プランクトン、付着生物、底生生物

(d) 実施体制：

動物プランクトン、底生動物、付着生物は大連水産学院大学に委託してサンプリング・分析を行うものとする。その他の項目は大連市環境監測センターにてサンプリング・分析を行う。

3) 底質調査

(a) 調査時期：1997年10月、1998年4月（合計2回）

(b) 調査地点（図3-2-4-1参照）

新設地点は、大連湾5地点、自由河河口部1地点、馬欄河河口部1地点、凌水河河口部1地点の8地点とし、既設地点（2地点）と合わせ合計10地点とする。

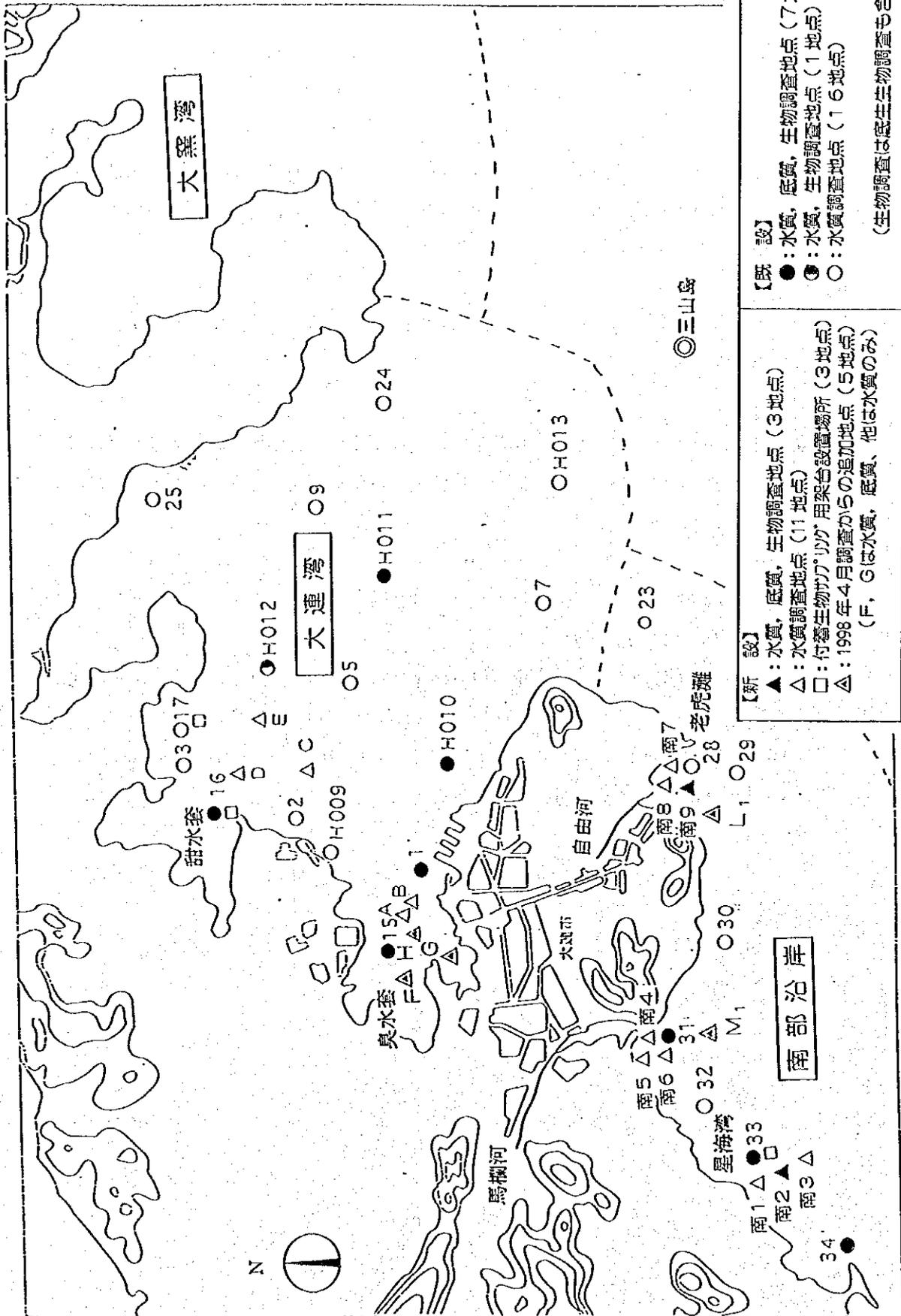
なお、水質調査の項で述べた観点から、98年4月の底質調査についても大連湾臭水套において新たに2地点を追加した。

(c) 分析項目：

カドミウム、鉛、砒素、総水銀、亜鉛、総クロム、銅、油脂類、含水率、強熱減量

(d) 実施体制

サンプリングに関しては大連市環境監測センターが要員を手配して実施する。底質分析については大連市環境監測センターにて分析を行う。



【既設】

- : 水質, 底質, 生物調査地点 (7地点)
- : 水質, 生物調査地点 (1地点)
- : 水質調査地点 (16地点)

(生物調査は底生生物調査も含む)

【新設】

- ▲: 水質, 底質, 生物調査地点 (3地点)
- △: 水質調査地点 (11地点)
- : 付着生物サンプル用架台設置場所 (3地点)
- △: 1998年4月調査からの追加地点 (5地点)

(F, Gは水質, 底質, 他は水質のみ)

図3-2-4-1 大連湾、南部沿岸における水質・底質・生物調査地点位置図

3.2.4.2 水質調査結果

1997年10月および1998年4月と7月に実施した計3回の水質現地調査結果をもとに、大連湾および南部沿岸海域の季節変化を図3-2-4-2～図3-2-4-5に、また水質濃度分布図を図3-2-4-6～図3-2-4-29に示す。ここで、図3-2-4-2～図3-2-4-5は、大連湾および南部沿岸各海域の全調査地点の平均値と既往調査結果より汚染程度の高かった大連湾海域では臭水套水域と甜水套水域の、また南部沿岸海域では馬欄河河口部、老虎灘湾および凌水河河口部の各調査地点の平均値を図示した。以下に、近年における大連湾海域および南部沿岸海域の水質状況をとりまとめる。

- 1) 各水質項目と水質環境基準値との関係を見ると、SS、DO、CODの水質項目に関しては両海域ともほぼ環境基準第1類以下の清浄海域の水質レベルを示している。しかし、CODに関しては各水域で増加傾向が認められ、大連湾臭水套水域では1998年7月に環境基準第2類の値3.0mg/lを上回る3.03mg/lの値を示している。
- 2) 大連湾の既往調査では高い濃度を示した窒素と油分のうち、窒素は依然高い値を示しNH₄-N値でも平均で1.0mg/l以上と無機態窒素の環境基準第4類(0.30mg/l)を上回っているが、油分に関しては近年減少傾向が認められ、環境基準第2類程度で推移している。
- 3) リンに関しては、既往調査では大連湾よりも南部沿岸で高い値を示す傾向が認められたが、近年においては両海域の差は小さくなりPO₄-Pの値はほぼ環境基準第1類と第2(3)類の間で変動している。しかし、大連湾ではPO₄-Pが減少傾向を示すものの南部沿岸では老虎灘湾水域を除き増加しており、総リン濃度も年々増加している。
- 4) 総水銀、ヒ素、シアン化合物、カドミウムおよび鉛の有害物質に関しては、両海域とも環境基準第1類を下回っており変動も小さいが、フェノールについては、大連湾臭水套水域で1998年4月に0.0041mg/lのやや高い値を示している。
- 5) 海域別水質特性としては、大連湾では甜水套水域に比べ臭水套水域でCOD、窒素およびリンが高くPO₄-Pを除きその差は年々大きくなっている。
- 6) 南部沿岸に関しては、各水域で大きな差は無いが、油分および総リンを除き老虎灘湾水域でやや高い値を示している。しかし、1998年7月の調査では老虎灘湾水域のPO₄-P値が著しく低下し、環境基準第1類の値0.015mg/l以下の0.0098mg/lとなっている。
- 7) 総窒素、総リンに対するNH₄-N、PO₄-Pの割合を図3-2-4-4に示した。窒素に関しては、無機態のNH₄-Nが総窒素に占める割合は大連湾の臭水套水域で50%前後、甜水套水域で30%前後、南部沿岸の各水域では30%以下の値でほぼ一定である。一方、総リンに対する無機態のPO₄-Pが占める割合は、全般的に4月、7月の順に低下する傾向が

見られる。これは、藻類の増殖活動が春から夏にかけて活発になり、総リンに占める有機態リンの割合が大きくなるためと考えられる。

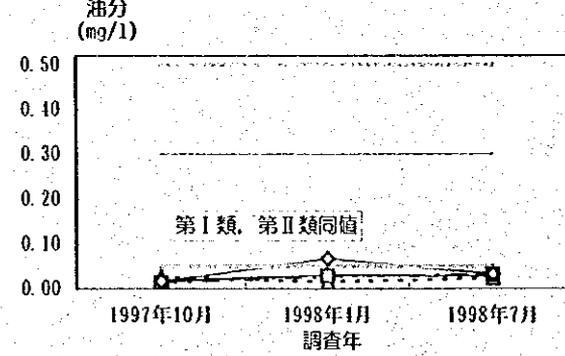
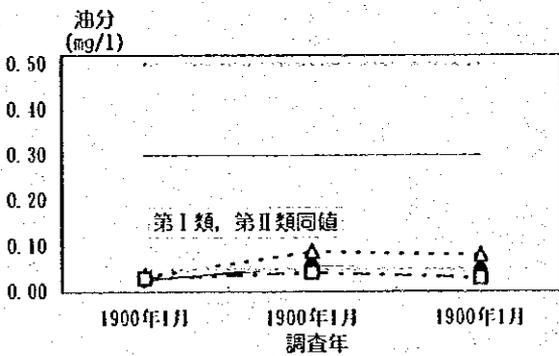
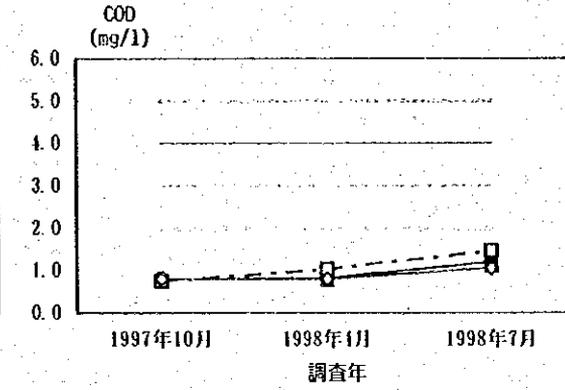
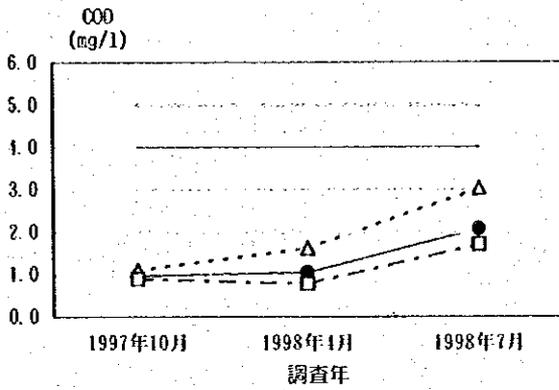
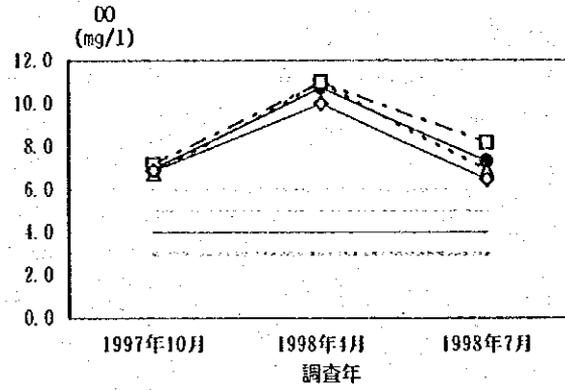
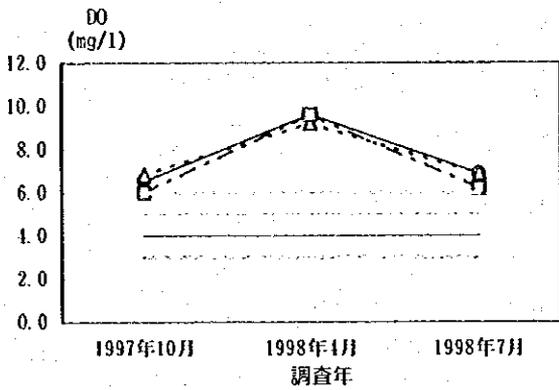
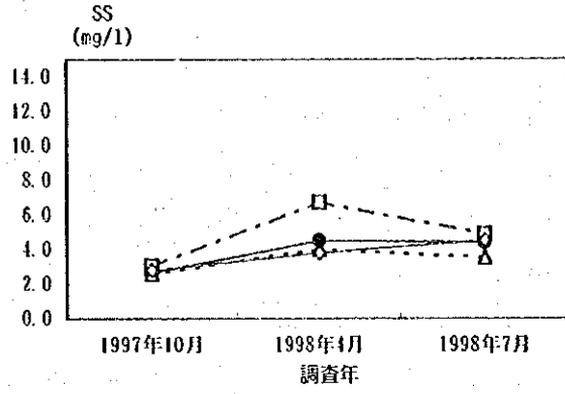
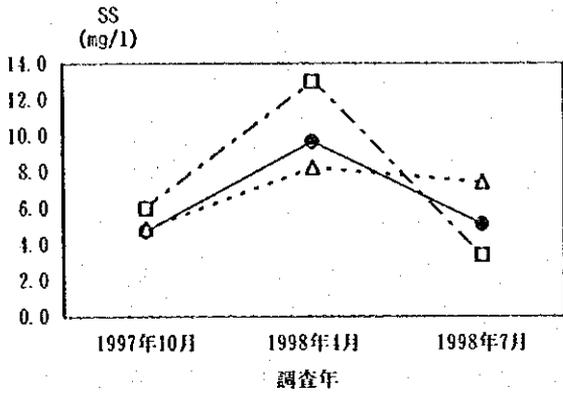
次に、図 3-2-4-6～図 3-2-4-29 に示した各項目別の月別水質濃度分布図により認められる水質特性を取りまとめる。

- 8) 大連湾および南部沿岸における全般的な水質濃度分布特性をみると、大連湾では臭水套水域や甜水套水域、南部沿岸では馬欄河河口部周辺で比較的高い濃度を示す傾向が認められる。
- 9) 各項目別に分布状況の特性をみていくと、SS に関しては、南部沿岸では全体的に低濃度であるが、大連湾では各水域、特に臭水套水域で高い値を示している。また、大連湾のやや沖合 H013 地点付近の水域でも比較的高い濃度の高い水域があったが、1998 年 7 月の調査ではその特性は認められない。
- 10) 季節的には、春季の 4 月に高い値を示すが、秋季の 10 月には全水域で低い濃度分布となっている。これは、藻類の増殖活動が関連していると考えられる。また、1997 年および 1998 年の 7 月の調査結果を比較すると、大連湾は全体的に濃度が低くなっているが、南部沿岸ではやや増加している傾向が認められる。
- 11) COD に関しては、1997 年 7 月の調査では明らかに大連湾海域で高い濃度分布が認められたが、その後の調査ではその差は小さくなり、全水域で濃度が低下している傾向が認められる。また、秋季の 10 月および春季の 4 月の調査結果では低い値を示し、環境基準第 1 類の値 2mg/l を大きく下回っている。この原因としては、藻類活動の沈静化による COD 内部生産の低下が考えられる。
- 12) 無機態窒素の濃度分布は、大連湾海域では沖合から臭水套水域に向かい徐々に高くなり、また年々上昇している。1998 年 7 月の臭水套水域では 4mg/l の高い値を示し、臭水套水域から甜水套水域にかけての沿岸部全域で環境基準第 4 類の値 0.50mg/l を大きく上回っている。一方、南部沿岸海域においても馬欄河河口部から星海湾の沿岸部にかけて高いが、環境基準第 2 類の値 0.30mg/l より低い。
- 13) 濃度分布状況から無機態窒素の大半はアンモニア態窒素により占められている。また、総窒素の濃度分布状況も無機態窒素の分布状況に似ているが、南部沿岸では老虎灘湾沿岸の地点もやや高い値を示している。
- 14) $\text{PO}_4\text{-P}$ については、1997 年 7 月の調査では大連湾海域よりも南部沿岸の馬欄河河口部で高い濃度分布を示したが、その後の調査では大連湾の臭水套水域を中心に大連湾海域のほうが全般的に高い値を示している。その傾向は 1997 年 10 月調査では著しいがその後緩やかになり、1998 年 7 月の調査では両海域の沿岸部とも環境基準第 4 類の値 0.045mg/l から環境基準第 2 類の値 0.03mg/l 程度の値を示している。

- 15) 総リンに関しては、大連湾の臭水套水域で最も高い濃度を示し、緩やかであるが全水域的に増加している傾向が認められる。また、調査日によって特異的に高い値を示す水域があるが、これは藻類の発生状況等と併せて検討する必要がある。
- 16) 油分については、大連湾の臭水套水域で高い濃度を示すが、最も高い地点でも0.1mg/l程度であり環境基準第4類を満している。また1997年10月の秋季調査では、臭水套水域においても0.04mg/lの低い値を示し、全水域で環境基準第1類の値0.05mg/l以下となっている。
- 17) 水銀、カドミウム等の有害物質については全地点とも未検出または環境基準以下という結果になっている。

大連湾

南部沿岸

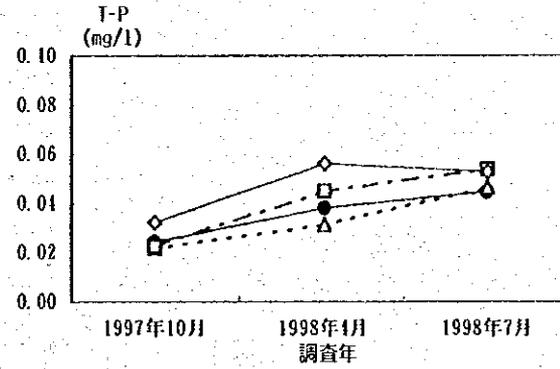
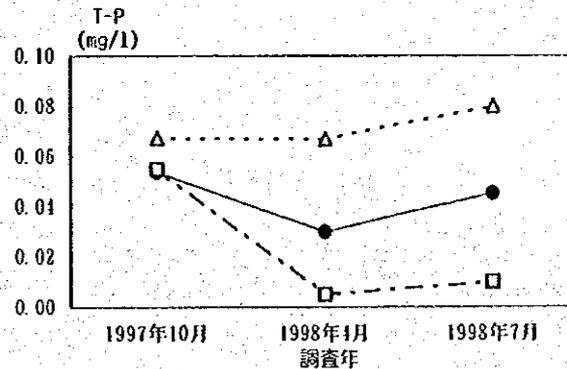
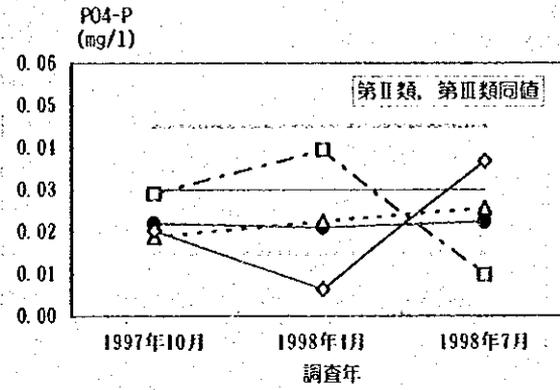
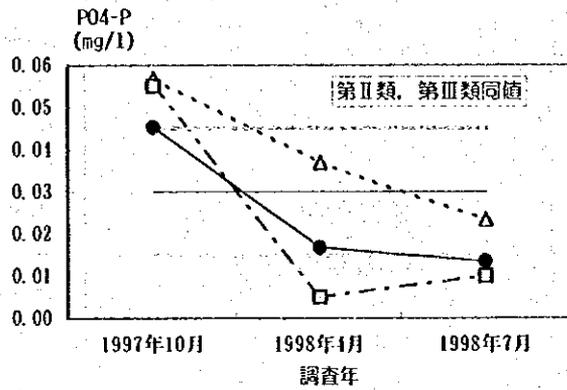
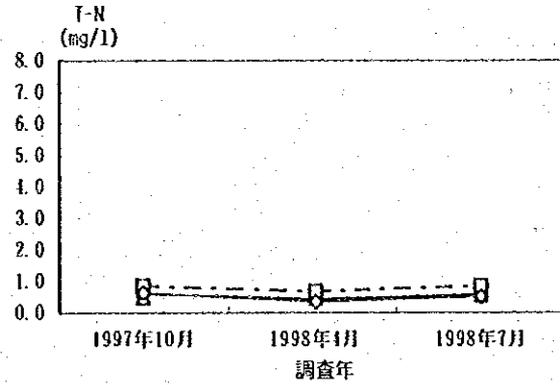
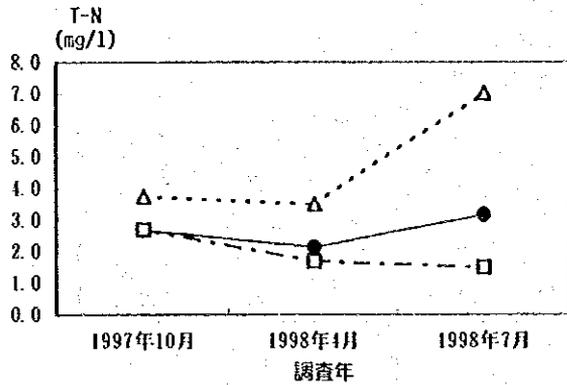
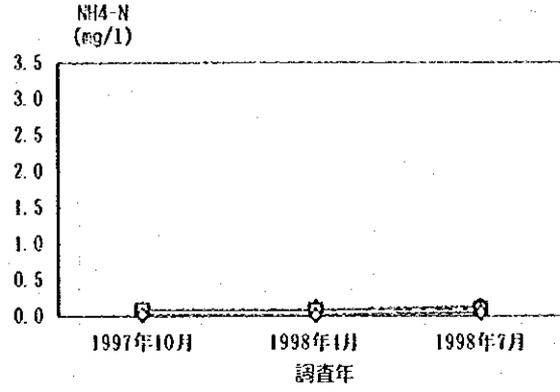
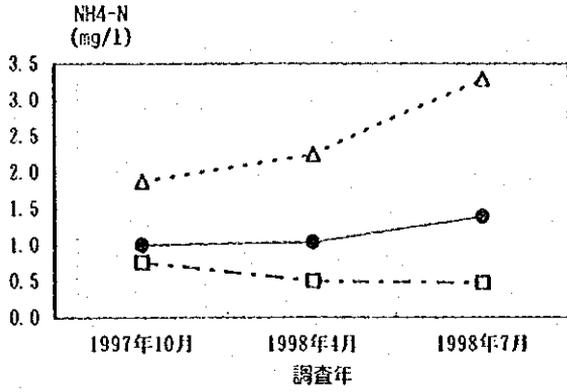


- | | | | |
|-----|-----------|-----|-----------|
| ● | 大連湾平均 | ● | 南部沿岸平均 |
| △ | 臭水套 | △ | 馬欄河河口部 |
| □ | 甜水套 | □ | 老虎灘湾 |
| — | 海水水質基準第Ⅰ類 | — | 海水水質基準第Ⅰ類 |
| --- | 海水水質基準第Ⅱ類 | --- | 海水水質基準第Ⅱ類 |
| — | 海水水質基準第Ⅲ類 | — | 海水水質基準第Ⅲ類 |
| --- | 海水水質基準第Ⅳ類 | --- | 海水水質基準第Ⅳ類 |

図3-2-4-2 海域別にみた経時変化特性 (季節変化)

大連湾

南部沿岸



- 大連湾平均
 - △ 臭水套
 - 甜水套
 - 海水水质基準第Ⅰ類
 - 海水水质基準第Ⅱ類
 - 海水水质基準第Ⅲ類
 - 海水水质基準第Ⅳ類
- 南部沿岸平均
 - △ 馬欄河口部
 - 老虎灘湾
 - ◇ 凌水河口部
 - 海水水质基準第Ⅰ類
 - 海水水质基準第Ⅱ類
 - 海水水质基準第Ⅲ類
 - 海水水质基準第Ⅳ類

図3-2-4-3 海域別にみた経時変化特性 (季節変化)

大連湾

南部沿岸

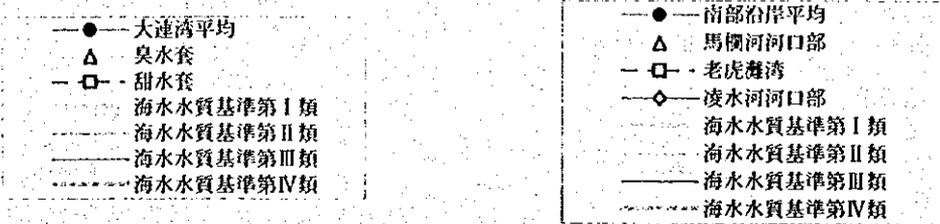
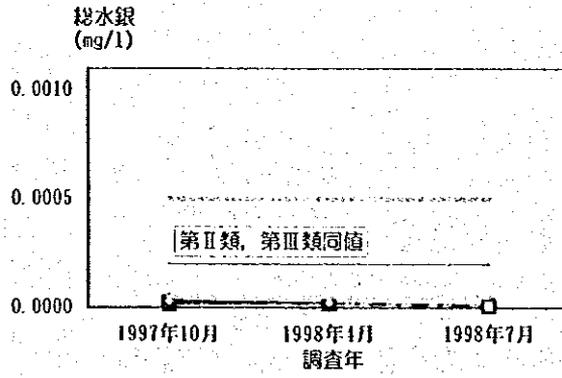
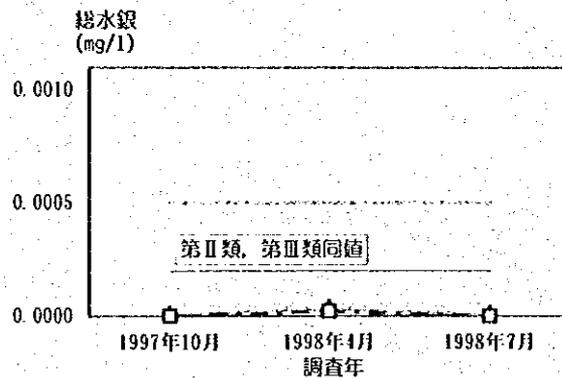
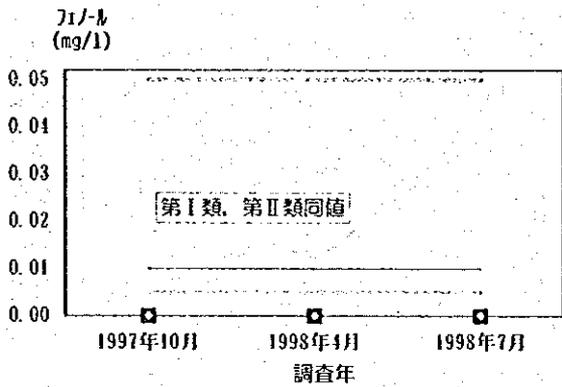
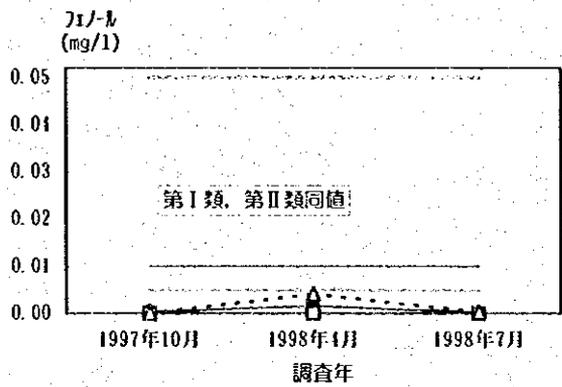
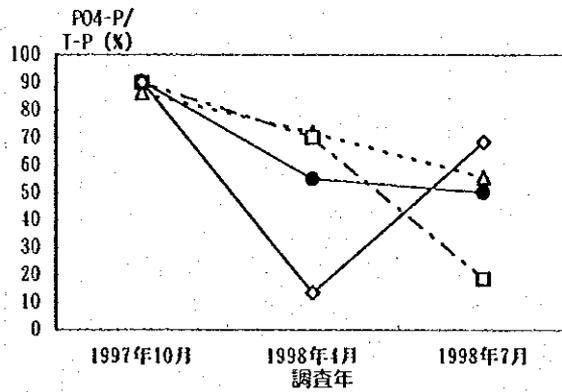
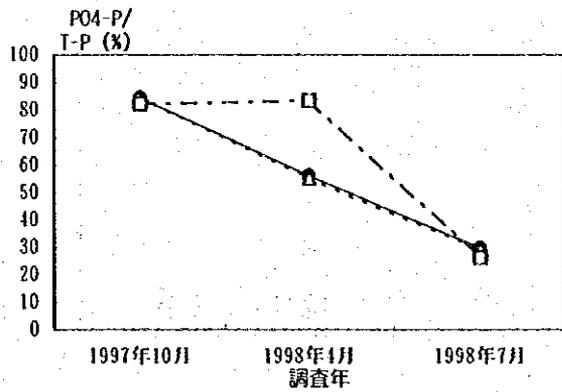
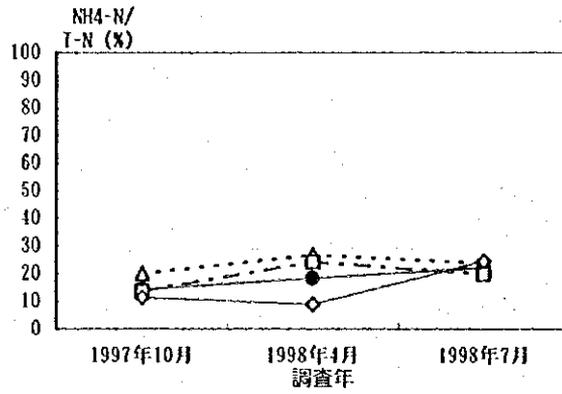
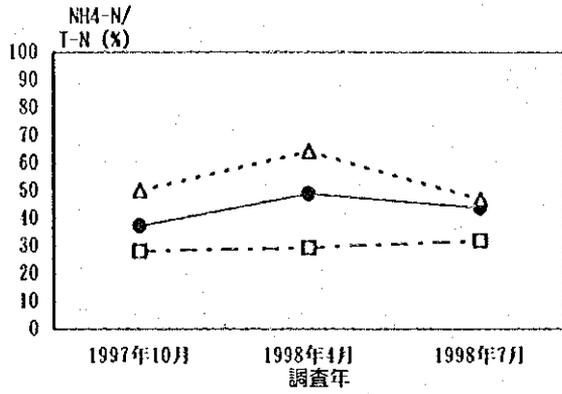
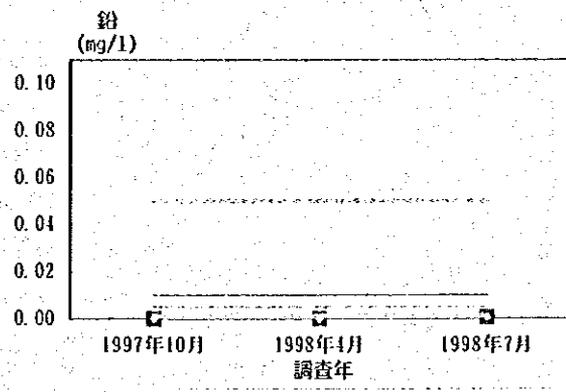
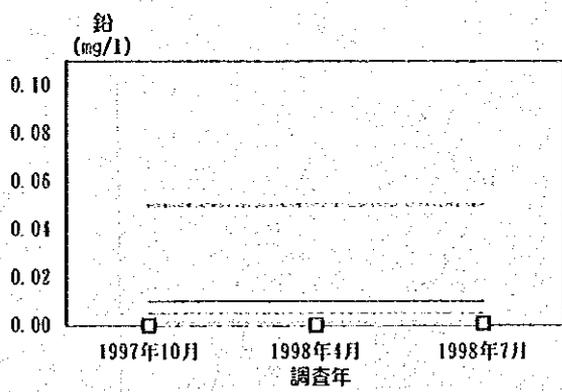
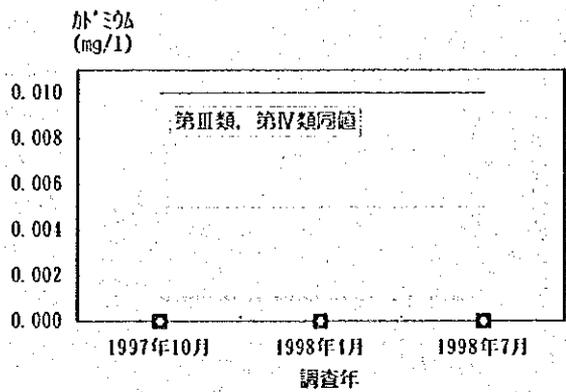
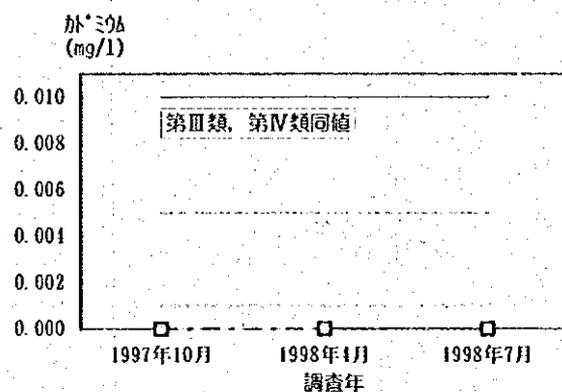
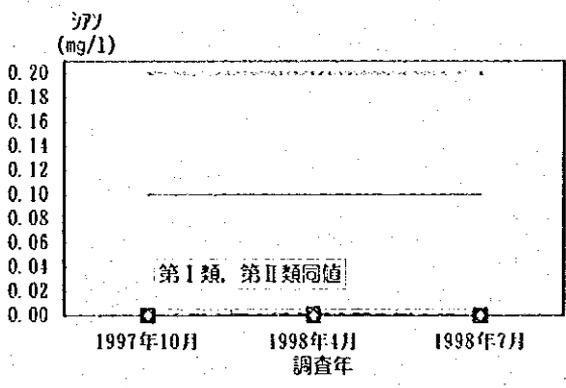
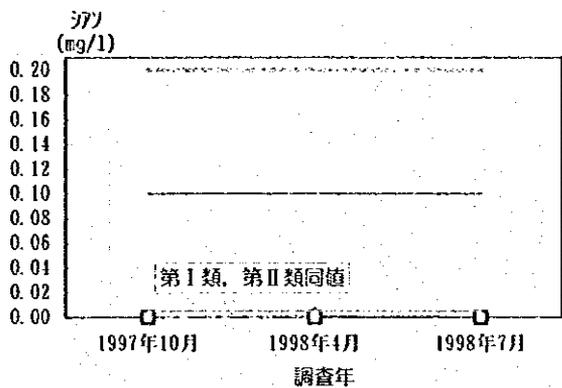
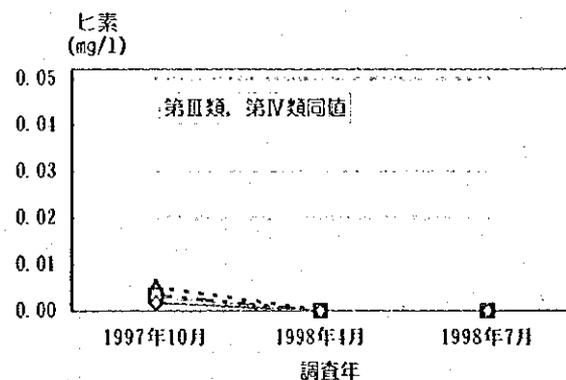
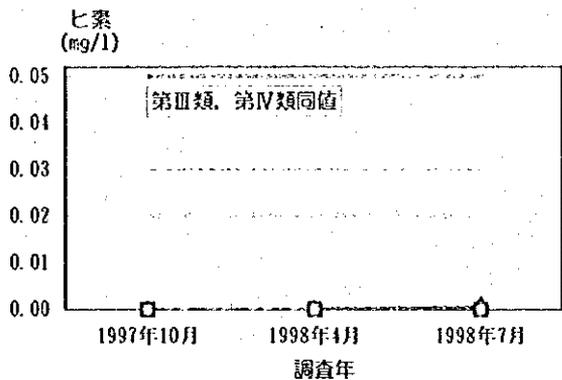


図3-2-4-4 海域別にみた経時変化特性 (季節変化)

大連湾

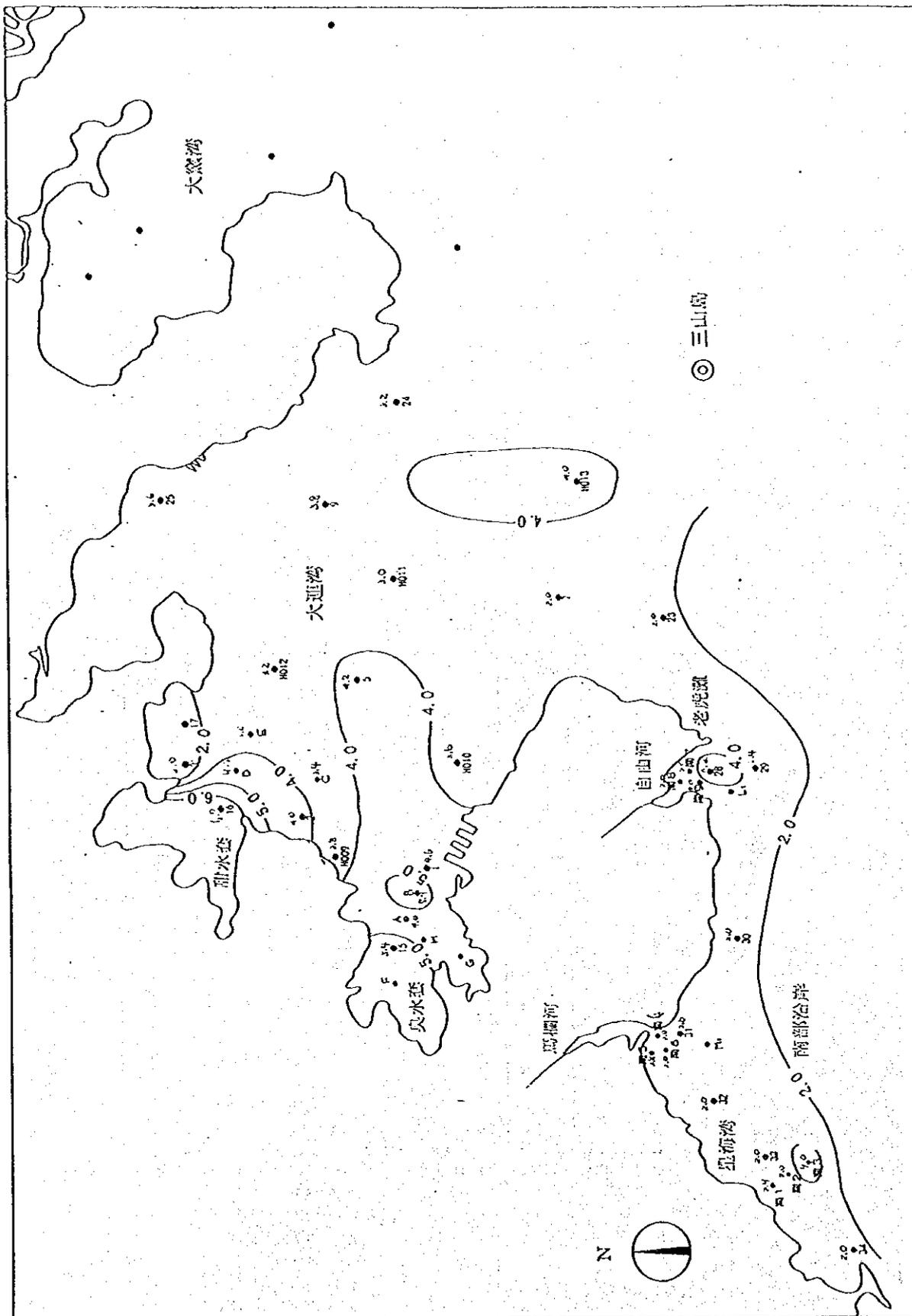
南部沿岸



- 大連湾平均
- △ 臭水套
- 甜水套
- 海水水质基準第I類
- - - 海水水质基準第II類
- 海水水质基準第III類
- - - 海水水质基準第IV類

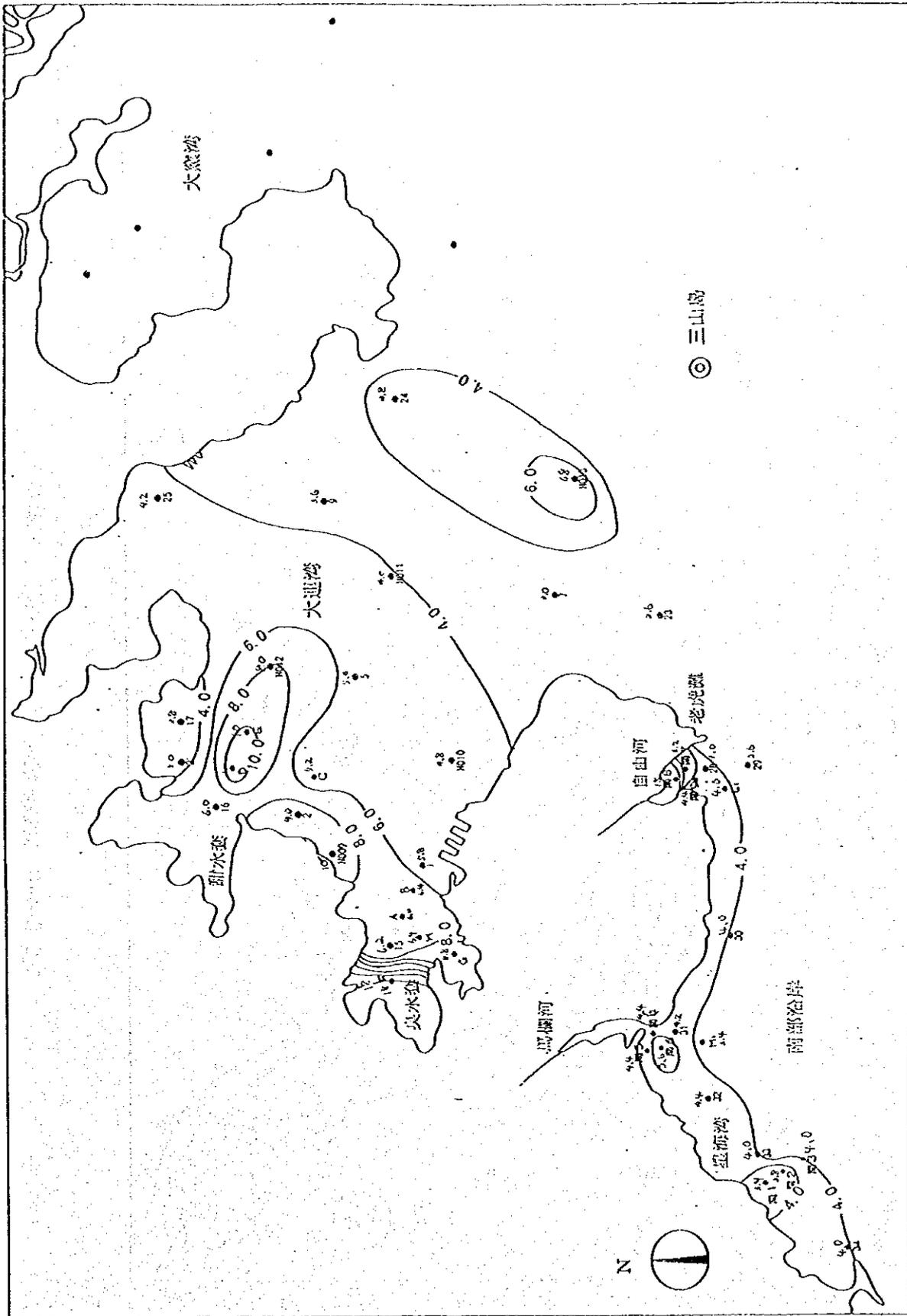
- 南部沿岸平均
- △ 馬欄河河口部
- 老虎灘湾
- ◇ 凌水河河口部
- 海水水质基準第I類
- - - 海水水质基準第II類
- 海水水质基準第III類
- - - 海水水质基準第IV類

図3-2-4-5 海域別にみた経時変化特性 (季節変化)



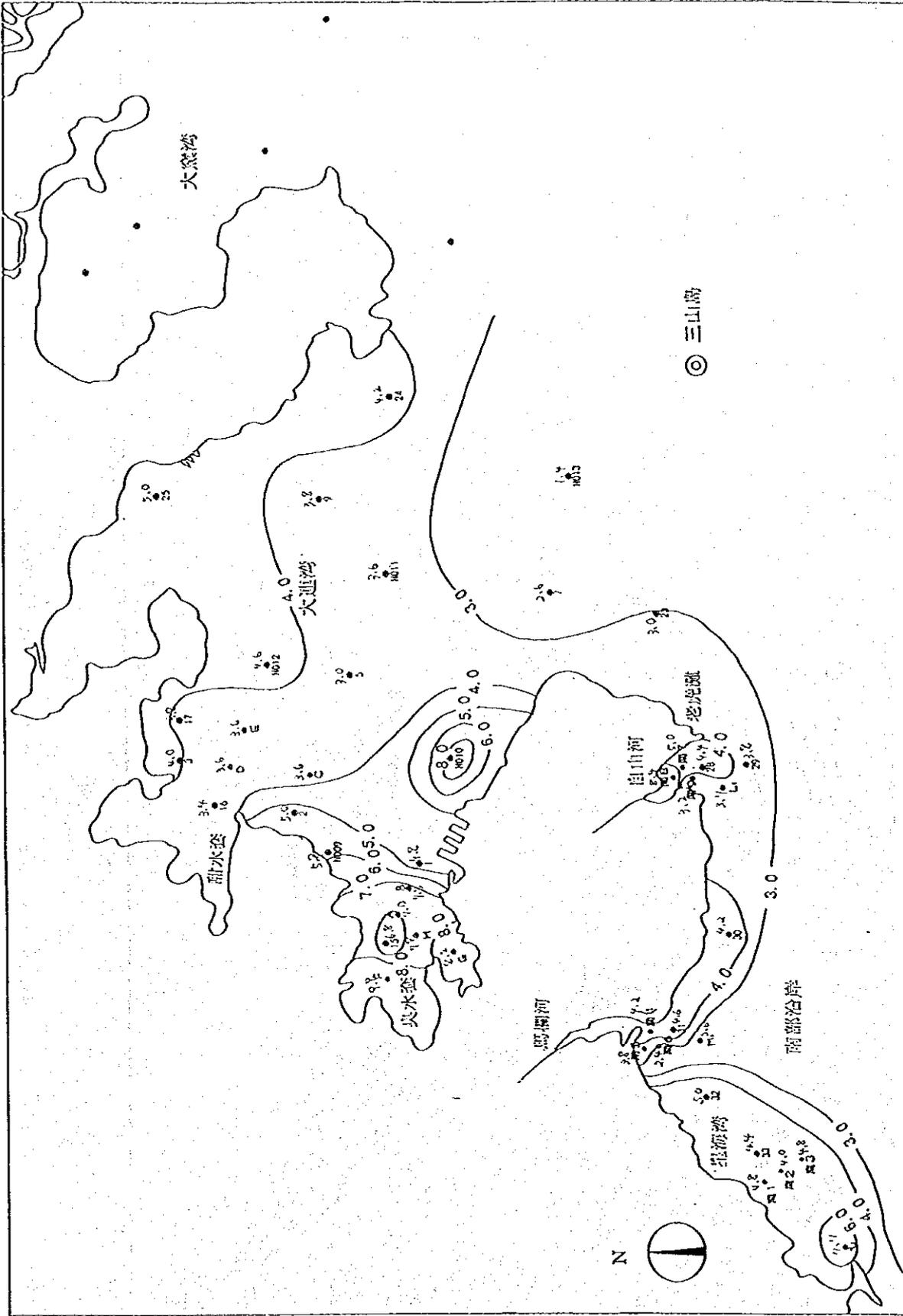
(単位：mg/l)

図3-2-4-6 対象水域内のSS濃度分布図 (1997年10月)



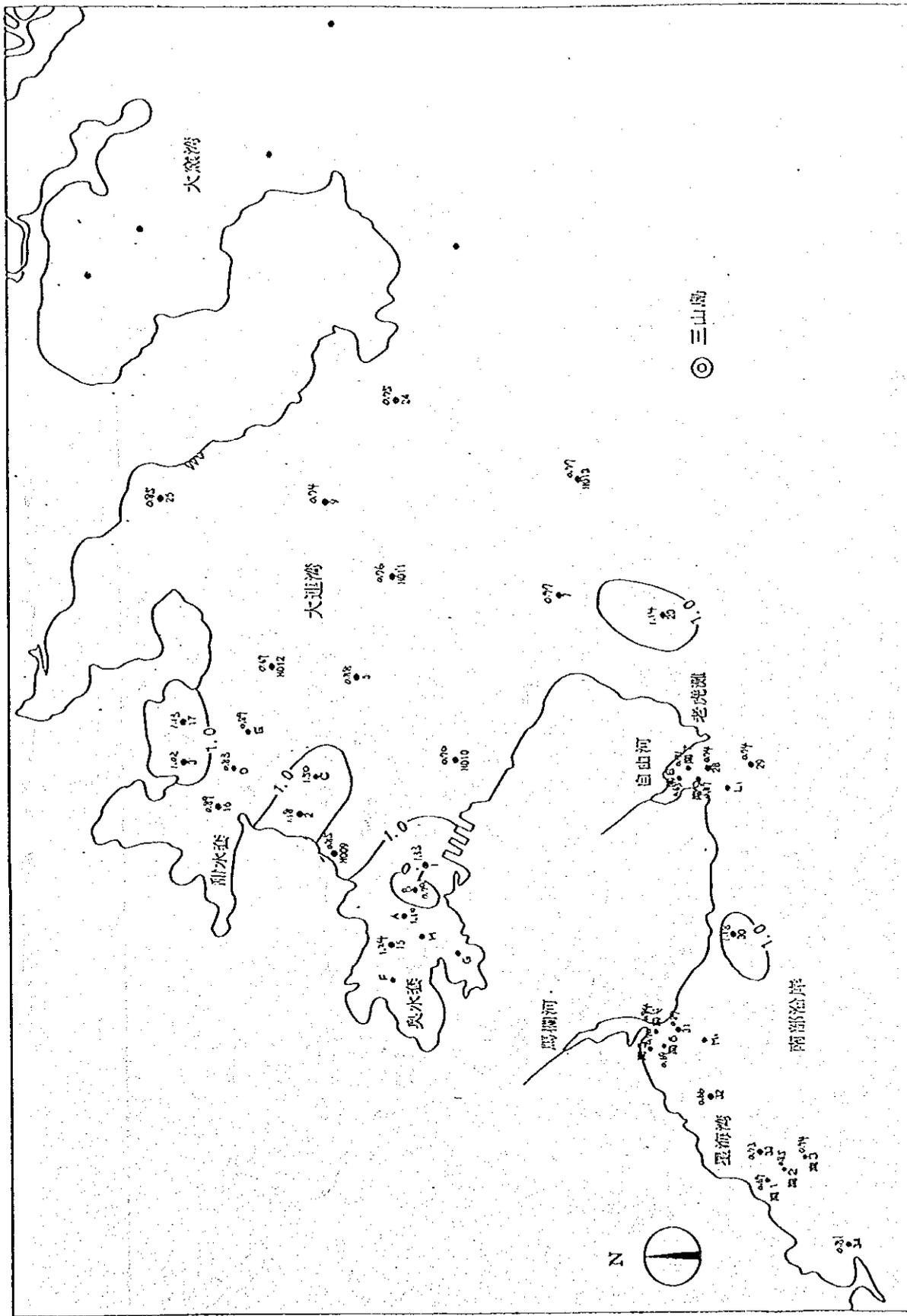
(単位: mg/l)

図3-2-4-7 対象水域内のSS濃度分布図 (1998年4月)



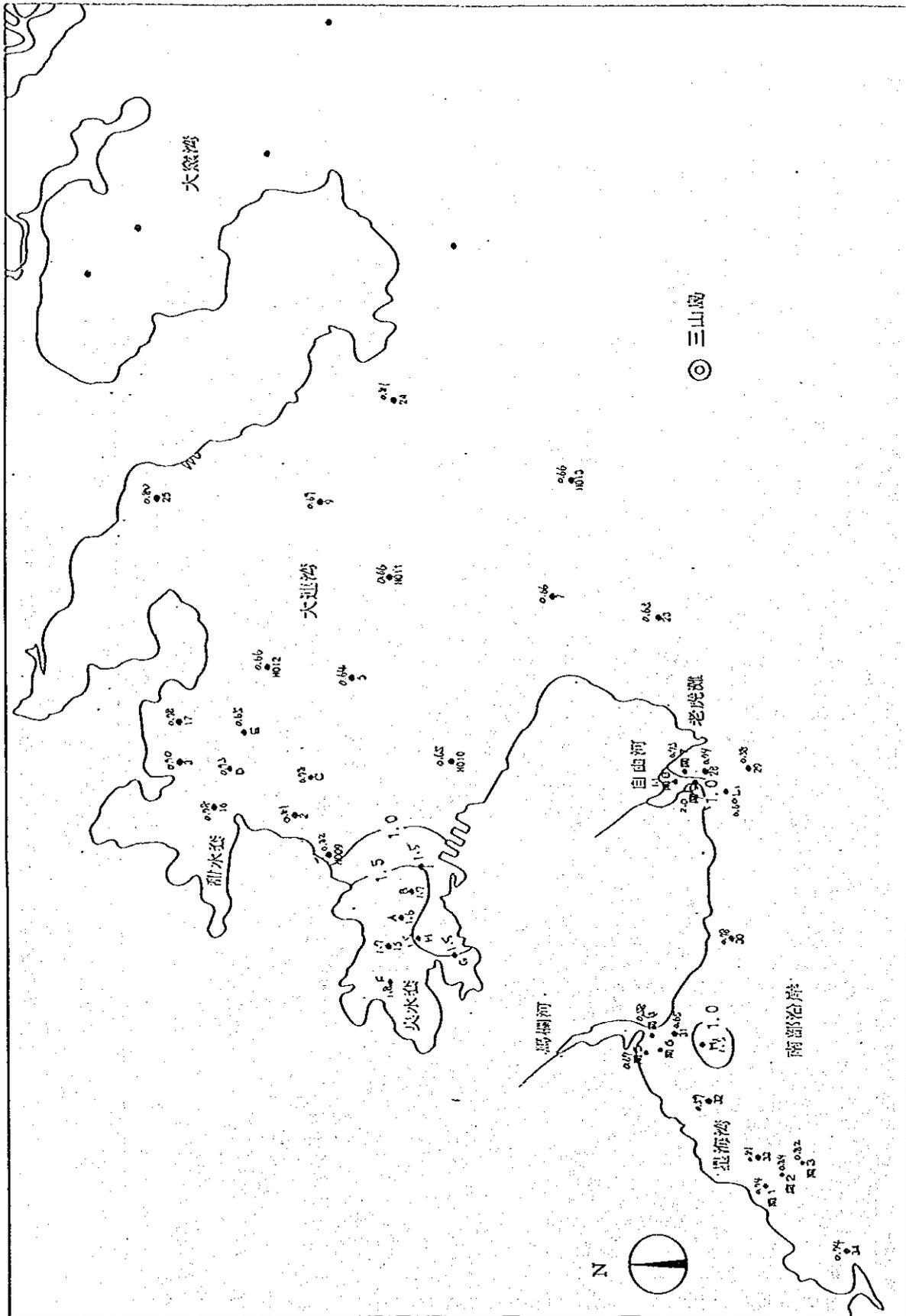
(単位: mg/l)

図3-2-4-8 対象水域内のSS濃度分布図 (1998年7月)



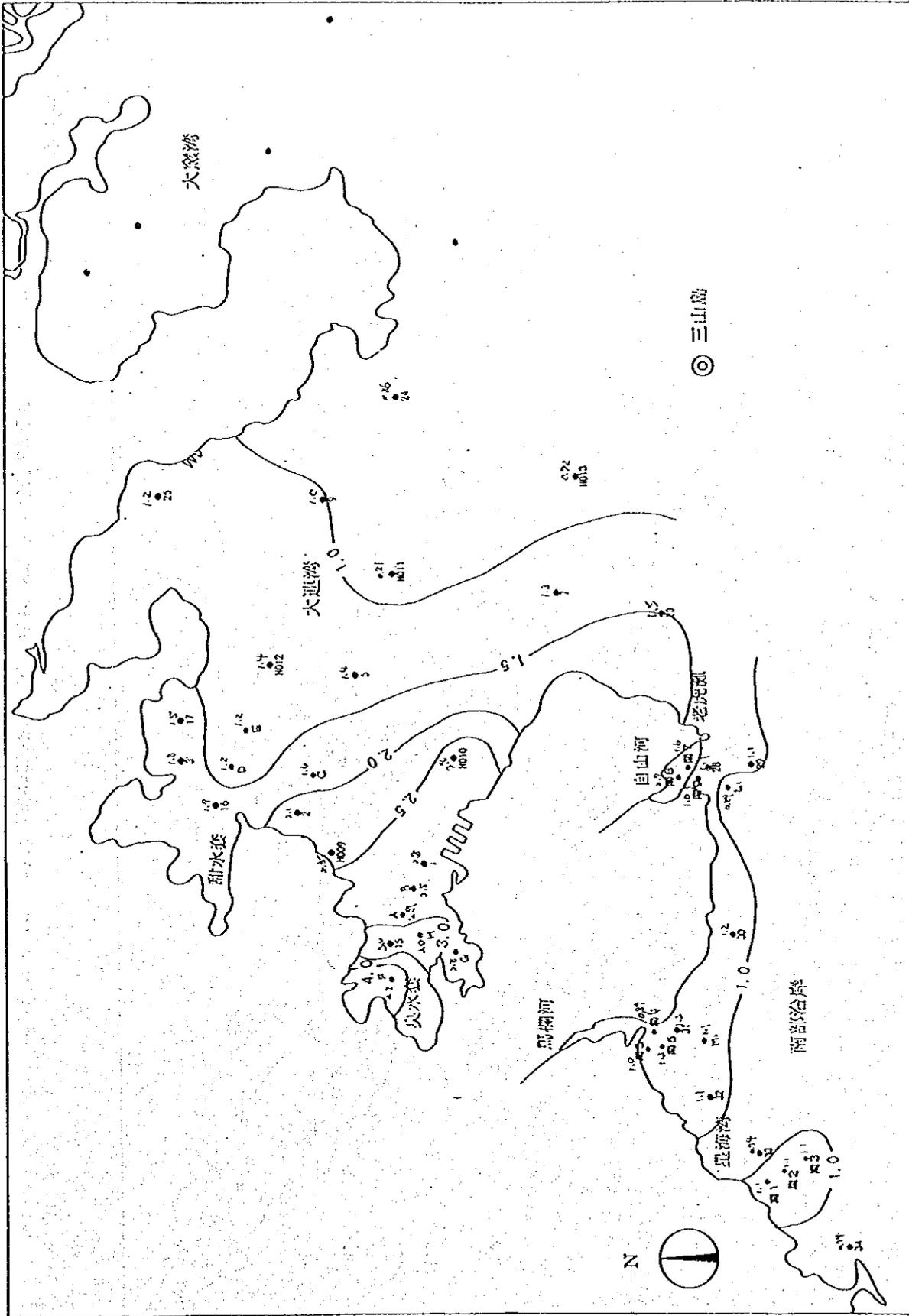
(単位：mg/l)

図3-2-4-9 対象水域内のCOD濃度分布図(1997年10月)



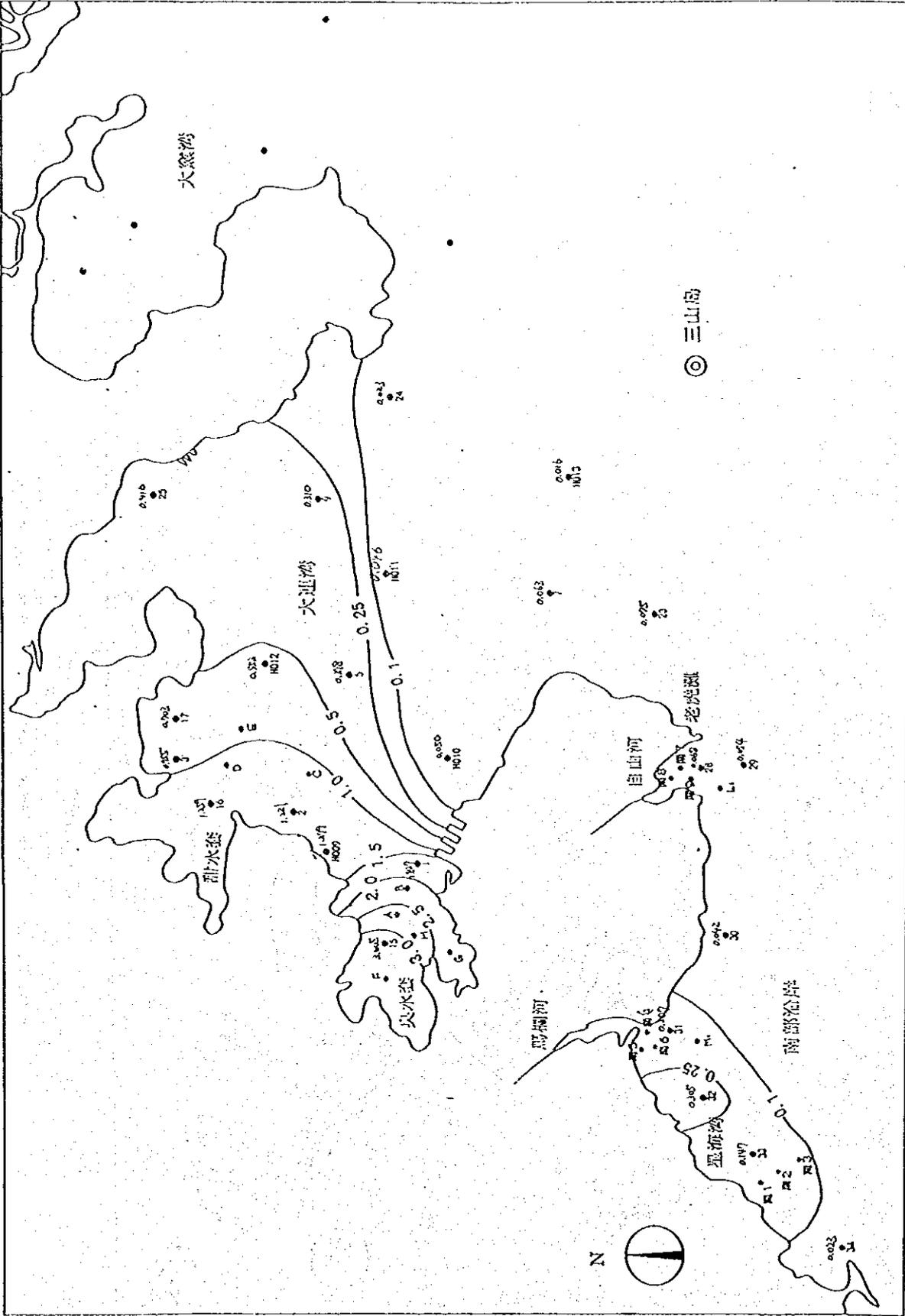
(単位：mg/l)

図3-2-4-10 対象水域内のCOD濃度分布図(1998年4月)



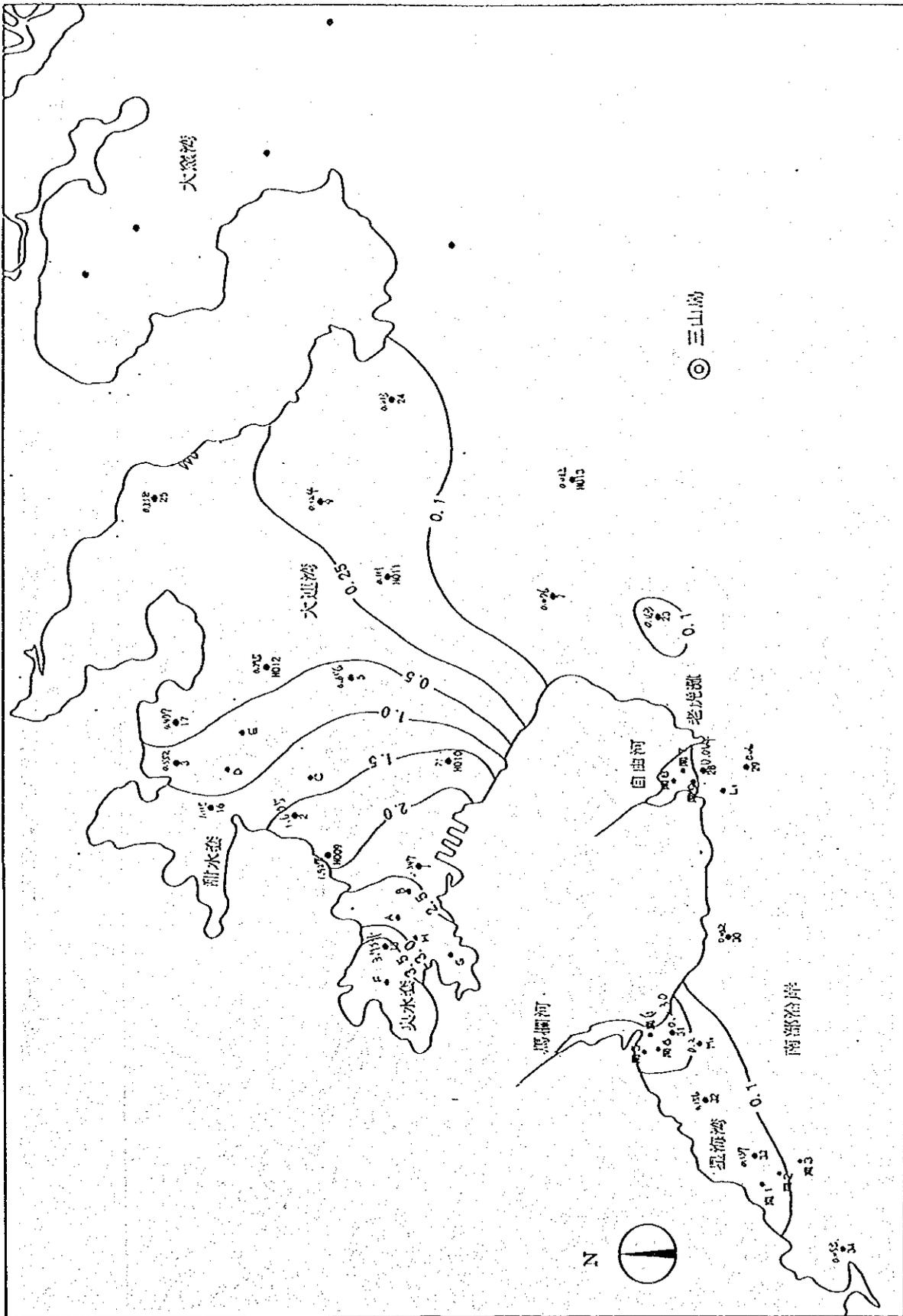
(單位：mg/l)

圖3-2-4-11 対象水域内のCOD濃度分布図 (1998年7月)



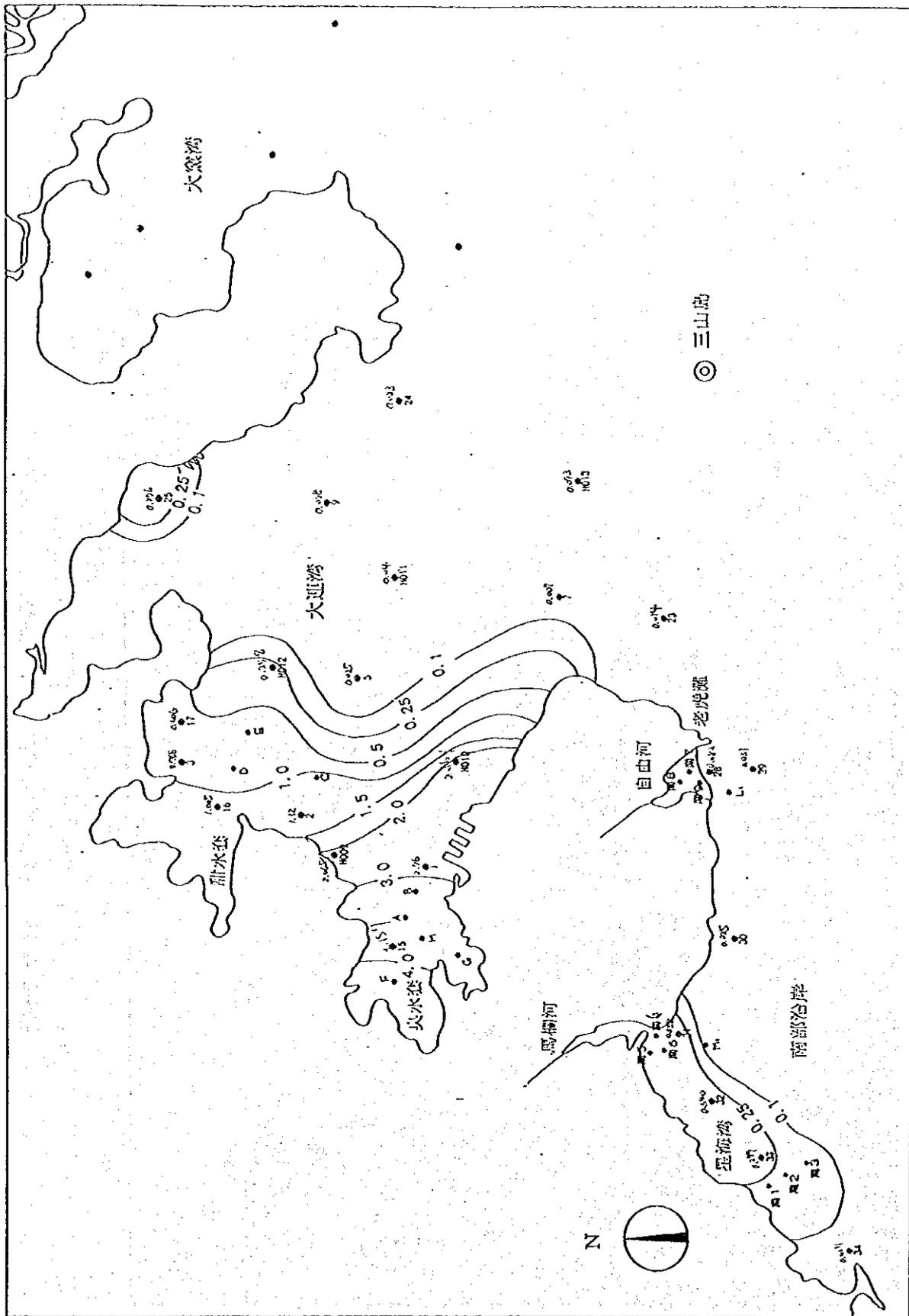
(単位: mg/l)

図3-2-4-12 対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1997年10月)



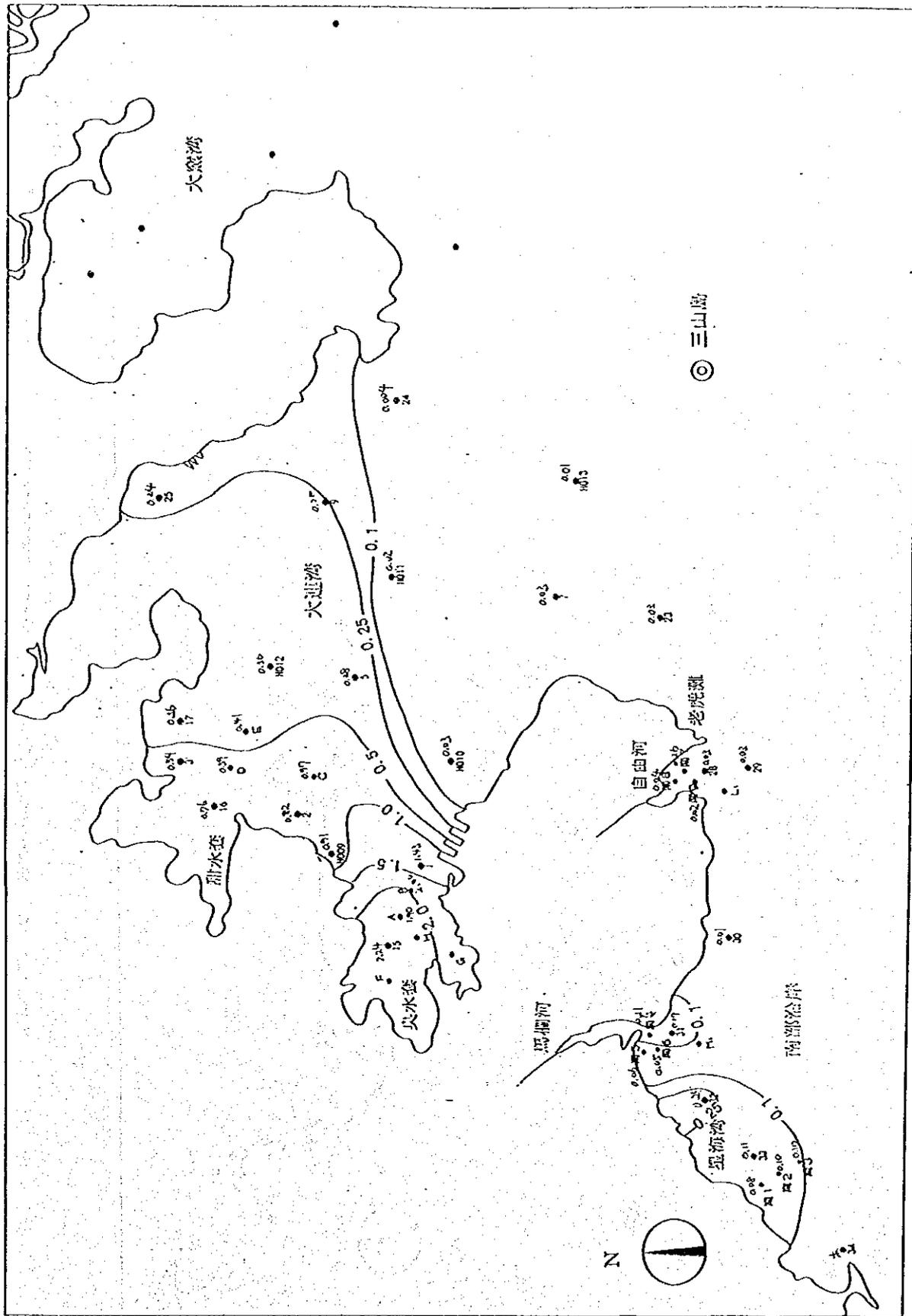
(単位：mg/l)

図3-2-4-13 対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1998年4月)



(単位: mg/l)

図3-2-4-14 対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1998年7月)



(單位：mg/l)

圖3-2-4-15 対象水域内のNH₄-N濃度分布図 (1997年10月)