

阿尾漁港における水質環境調査[※]

芳養 晴雄・竹内 照文・小久保友義

はじめに

阿尾漁港に昭和62年度活魚荷捌水槽を設置する計画がある。そこで、港内あるいは港の入口付近の水質が現在どの程度のレベルで推移・変動しているかを把握することにより、活魚水槽の採水適地の選択、あるいは、今後この港内でどのように水質変化が起こるか等、比較検討するための既往資料となるよう以下の水質調査を行った。

方 法

阿尾漁港における水質調査の観測定点は図1に示す12定点の調査点を設けた。観測層は表層(0 m)と海底上1 m層(B-1 m)とし、それぞれの観測点はバンドーン採水器で採水し水質分析用試水とした。調査は1987年7月22日と9月28日に行った。なお、試水の分析は以下に示す方法により測定した。

水 温：採水と同時に棒状水銀温度計
(気象庁検定済み1/10°C目盛)により测温

D O：ウインクラー・アジ化ナトリウム変法

塩 分：オートラブ社製サリノメーターによる

クロロフィル-a：海洋観測指針による分光光度計法

NH₄-N：インドフェノール改良法

NO₂-N：テクニコンオートアナライザーによるジアゾ化法

NO₃-N：テクニコンオートアナライザーによるCdカラム還元法

PO₄-P：ストリックランド・パーソン法

DTN・DTP：ろ過海水に紫外線照射しNO₃-N・PO₄-Pに分解

T-N・T-P：生海水に紫外線照射しNO₃-N・PO₄-Pに分解

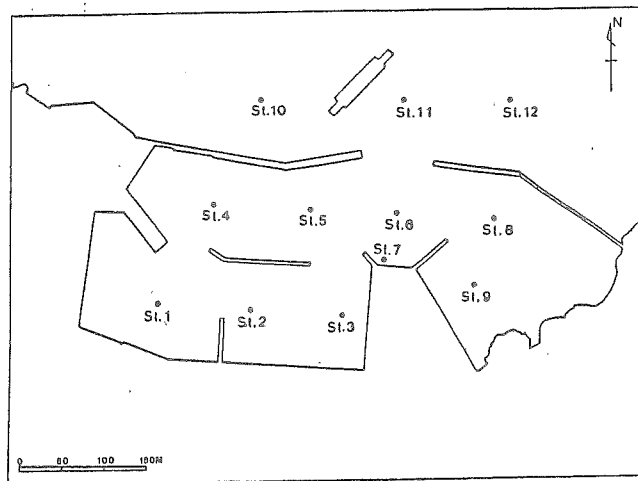


図1 調査定点

結果及び考察

1. 1987年7月22日の調査結果(表1)

水 温

一般に海水交換の少ない閉鎖的な港内や湾では、気温の上昇と共に表層の水温が高くなり密度成層ができ表層と底層に差がみられる¹⁾。しかし、今回の調査における水温は全点全層で最低23.7°C(St. 5、

※ 赤潮調査事業費による。

表1 阿尾漁港水質調查結果

調查日 1987年7月22日

St No	採水量 m	水溫 °C	塩分	DO ml/ℓ	飽和度 %	Chl-a μg/ℓ	T-N	DTN	DIN	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	DTP	DOP	PO ₄ -P	水深 m	透明度 m
													μg at/ℓ					
1	0	24.9	29.745	4.78	93.7	3.89	10.47	8.53	5.57	0.60	0.41	4.56	0.71	0.54	0.40	0.14	5	OVER
	4	24.2	30.313	4.96	96.4	3.56	9.66	9.03	6.08	1.48	0.41	4.19	0.77	0.52	0.34	0.18		
2	0	24.6	29.907	4.93	96.2	3.95	7.03	6.29	3.10	0.06	0.28	2.76	0.48	0.33	0.28	0.05	5	OVER
	4	24.1	30.324	4.75	92.2	3.41	7.53	7.03	3.78	0.24	0.36	3.18	0.55	0.41	0.32	0.09		
3	0	24.7	29.889	5.02	98.2	5.20	7.91	6.41	3.11	0.45	0.28	2.38	0.61	0.32	0.30	0.02	6.5	5
	6	23.9	30.636	3.99	77.3	3.50	7.91	7.78	4.75	1.09	0.41	3.25	0.62	0.50	0.33	0.17		
4	0	24.7	29.893	5.01	98.0	4.93	8.53	7.35	3.60	0.44	0.30	2.86	0.63	0.35	0.28	0.07	6	5
	5	24.2	30.244	4.77	92.7	3.33	8.41	7.72	4.92	0.95	0.39	3.58	0.63	0.41	0.28	0.13		
5	0	24.8	29.972	4.91	96.2	4.28	8.53	7.16	3.53	0.43	0.32	2.78	0.41	0.37	0.37	0.00	8.5	5.5
	8	23.7	30.976	4.29	83.0	2.84	9.26	9.16	5.60	1.37	0.51	3.72	0.67	0.66	0.38	0.28		
6	0	25.1	29.738	4.96	97.5	4.94	7.28	6.91	3.93	0.52	0.30	3.11	0.47	0.33	0.29	0.04	6.5	5.5
	6	24.1	30.384	4.75	92.2	4.50	8.72	7.03	4.57	1.04	0.37	3.16	0.48	0.41	0.31	0.10		
7	0	24.7	29.855	4.97	97.2	5.01	6.19	6.16	3.42	0.63	0.28	2.51	0.61	0.35	0.31	0.04	5	OVER
	4	24.2	30.115	4.77	92.6	3.46	6.04	5.91	4.59	1.30	0.32	2.97	0.50	0.41	0.33	0.08		
8	0	25.2	29.655	4.83	95.1	4.53	7.35	6.91	4.31	0.89	0.34	3.08	0.51	0.42	0.37	0.05	4	OVER
	3	24.3	30.022	4.93	95.8	3.88	7.78	6.16	3.55	0.38	0.32	2.85	0.43	0.43	0.40	0.03		
9	0	25.4	29.509	4.82	95.4	4.64	8.03	7.41	4.05	0.69	0.33	3.03	0.48	0.41	0.31	0.10	4	OVER
	3	24.2	30.012	4.84	93.6	3.50	7.53	7.03	3.79	0.62	0.32	2.85	0.51	0.43	0.36	0.07		
10	0	24.4	29.942	4.99	97.1	2.95	7.10	6.91	3.91	0.62	0.43	2.86	0.44	0.34	0.29	0.05	7.5	6
	7	24.0	30.473	4.89	94.8	3.04	6.29	6.04	3.55	0.39	0.39	2.77	0.50	0.29	0.24	0.05		
11	0	24.3	29.977	4.94	98.4	3.38	5.60	5.54	3.54	0.63	0.28	2.63	0.45	0.43	0.39	0.04	8	5
	7	23.9	30.473	4.57	88.5	2.22	8.47	7.16	4.72	0.93	0.49	3.30	0.47	0.40	0.23	0.17		
12	0	24.9	29.814	5.03	98.6	3.15	6.47	6.41	3.39	0.41	0.28	2.70	0.51	0.35	0.31	0.04	7	5
	6	24.1	30.221	4.79	92.9	3.41	6.53	5.91	3.98	0.75	0.32	2.91	0.64	0.47	0.34	0.13		

B-1 m) から最高 25.4°C (St. 9, 0 m) と 1.7°C 差の変化であった。また、表・底層に於ける水温差の高い観測点は St. 9、1.2°C、St. 6、1.0°C、St. 5、8 で 0.9°C となり、反対に水温差がない観測点は St. 10、11 の 0.4°C、St. 2、4、7、の 0.5°C となり、前記の観測点より海水の移動があったものと思われる。このように、海水交換が良いためすべての観測点の水温差は 1.0°C 以下の変化であった。

塩 分

陸水による影響の少ない港内の塩分は通常 33~34 台で推移するが、今回の調査では、表層塩分はいずれも 29 台、底層では 30 台と表・底層ともに低塩分化していた。この原因は前の週から降り続いていた降雨による河川水の影響と思われ、7 月中旬 (11~20 日) には竜神 455 mm、御坊 200 mm の降雨量が観測されている²⁾。

降雨による塩分低下は見られるものの、港内底層塩分 St. 3、30.636、St. 5、30.976 は港外底層塩分 St. 10、11、30.473 より若干高くなっているがほとんど差はなく、同様に表層に於ける塩分も港内 St. 5、29.972、St. 2、29.907、港外 St. 10、29.942、St. 11、29.977 となり港内・港外共にほとんど差はない。従って、調査域の塩分低下は港内に流入している小河川や溝から流れ込む淡水により塩分低下をきたしたものと考えにくい。

酸素飽和度

St. 3 の B-1 m で 77.3%、St. 5 の B-1 m で 83.0% となっている以外に全ての観測点や層において 90% 台の濃度で推移していた。また、特に酸素が低下しているヶ所はなく、港内港外共に際だった特徴は見られなかった。海水交換の悪い港や湾奥では降雨後海水の上に淡水が覆いかぶさり底層の酸素がなくなる³⁾ こともあるが、この港ではこのような現象は見られなかった。

クロロフィル a

St. 3、7 の観測点で 5.2、5.0 $\mu\text{g}/\ell$ と僅かに高くなっているほかは港内港外ともに 3~4 $\mu\text{g}/\ell$ 程度の値で推移しており、特に海域の栄養階級区分⁴⁾ から 10 $\mu\text{g}/\ell$ を越えるような過栄養域に属するような値は見られなかった。

窒素関係

T-N は港外で 6 $\mu\text{g at}/\ell$ 程度の濃度で認められ、その海水が港内に入り込み港内奥の St. 1 などはその値に 4 $\mu\text{g at}/\ell$ 程度上乗せした状況を呈していた。また、この調査日には、窒素の中で D I'N の占める比率が高くその中でも特に $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合が高くなっている。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は有機物の中に含まれている窒素成分中最終過程として生じるものであって、ここで見られた現象は塩分やその他の項目から推察すると紀伊水道に流れ込んでいる河川水が原因と思われた。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は St. 1、3、5、6、7 の底層水に 1 $\mu\text{g at}/\ell$ 程度見られ、しかもこのような所で酸素も少なくなっている事から若干未分解性の有機物質の堆積が考えられる。

磷 関 係

T-P は総窒素量の約 1/10 程度の濃度で窒素と同じ様な分布を示している。しかし、磷の中では $\text{PO}_4\text{-P}$ の割合が少なく DOP で占められている点が窒素の項目と異なっていた。

2. 1987年9月28日の調査結果 (表2)

水 温

最低 22.6°C (St. 2, 0 m) から最高 24.7°C (St. 10, 0 m) と、全点全層での差は 2.1°C の温度差となっていたが、港内ではほとんど差は見られなかった。

表 2 阿尾漁港水質調查結果

調查日 1987年9月28日

at No	採水量 m	水溫 °C	塩分	DO ml/l	飽和度 %	Chl-a ml/l	T-N	DTN	DIN	NH ₄ -N	NO _x -N			T-P	DTP	DOP		PO ₄ -P	水深 m	透明度 m
											NO ₂ -N	NO ₃ -N	µgat/l			µgat/l	µgat/l			
1	0	22.7	33.393	4.55	88.0	7.68	11.51	9.76	4.88	1.51	0.11	3.26	1.06	0.77	0.38	0.39	5.0	3.0		
	4	23.0	33.393	4.58	89.0	9.42	10.68	9.86	4.78	1.04	0.13	3.61	1.06	0.81	0.38	0.43				
2	0	22.6	33.440	4.27	82.4	9.09	11.53	9.79	3.86	0.95	0.12	2.79	0.96	0.64	0.32	0.32	6.0	3.5		
	5	22.7	33.471	4.47	86.5	5.30	9.43	8.59	4.53	1.76	0.13	2.64	0.84	0.71	0.32	0.39				
3	0	22.8	33.500	4.61	89.3	5.87	7.08	6.43	3.58	1.27	0.12	2.19	0.73	0.54	0.31	0.23	6.5	4.0		
	6	23.0	33.614	4.41	85.8	2.73	6.59	6.29	3.00	1.26	0.12	1.62	0.69	0.54	0.26	0.28				
4	0	22.9	33.540	4.58	88.9	5.43	7.81	6.84	3.29	0.98	0.13	2.18	0.77	0.57	0.31	0.26	5.5	4.0		
	5	22.9	33.602	4.52	87.8	2.96	6.27	6.27	3.66	1.78	0.12	1.76	0.66	0.59	0.35	0.24				
5	0	23.0	33.542	4.57	88.9	6.44	8.72	6.62	2.77	0.69	0.12	1.96	0.55	0.55	0.31	0.24	6.0	4.5		
	5	23.1	33.668	4.53	88.3	2.76	8.94	8.88	3.26	1.77	0.12	1.37	0.72	0.69	0.44	0.25				
6	0	22.9	33.554	4.68	90.9	5.47	5.91	5.91	3.49	1.40	0.12	1.97	0.63	0.58	0.38	0.20	6.0	5.0		
	5	23.4	33.720	4.88	95.6	2.94	8.97	7.90	2.82	1.49	0.11	1.22	0.80	0.58	0.39	0.19				
7	0	23.1	33.576	4.65	90.6	9.04	7.82	7.54	2.99	1.04	0.13	1.82	0.82	0.75	0.56	0.19	5.0	5.0		
	4	23.4	33.711	4.66	91.3	5.15	5.70	5.55	2.07	0.58	0.11	1.38	0.64	0.58	0.41	0.17				
8	0	23.6	33.861	4.69	92.3	3.49	5.82	5.68	1.27	0.39	0.13	0.75	0.54	0.54	0.41	0.13	5.0	OVER		
	4	23.0	33.656	4.96	96.5	3.42	5.23	4.41	1.55	0.51	0.13	0.91	0.61	0.60	0.40	0.20				
9	0	23.4	33.695	4.62	90.5	6.53	7.67	4.98	1.86	0.69	0.13	1.04	0.80	0.57	0.42	0.15	4.5	OVER		
	4	23.4	33.734	4.81	94.3	4.62	5.33	5.23	1.14	0.23	0.13	0.78	0.67	0.56	0.30	0.26				
10	0	24.7	34.087	4.69	94.2	1.35	3.26	3.12	0.75	0.37	0.13	0.25	0.48	0.39	0.00	0.39	11.0	OVER		
	10	24.5	34.033	4.59	91.8	1.15	5.46	4.66	2.25	1.45	0.13	0.67	0.51	0.49	0.05	0.44				
11	0	24.4	34.038	4.65	92.9	1.62	3.75	3.74	1.72	1.25	0.13	0.34	0.41	0.33	0.05	0.28	8.0	OVER		
	7	22.9	33.598	4.72	91.7	4.86	4.98	4.88	1.97	0.71	0.13	1.13	0.59	0.48	0.15	0.33				
12	0	24.3	34.025	4.73	94.3	2.83	5.01	5.00	1.35	0.89	0.13	0.33	0.39	0.33	0.07	0.26	7.0	OVER		
	6	23.7	33.806	4.83	95.2	1.97	4.67	4.31	1.31	0.74	0.13	0.44	0.45	0.34	0.15	0.19				

塩分

港外の表層で34台の塩分が見られるほかはすべて33台の塩分であった。図2,3にはそのときの塩分の水平分布を示す。図2は表層における塩分分布を示し、港の入口付近で塩分34台の水塊の進入が認められる。反対に底層における塩分分布(図3)からは、塩分33台が港の外側に出ていく状態となっていた。

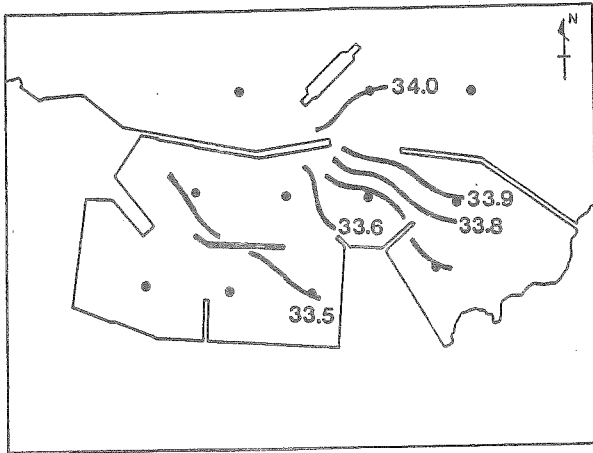


図2 表層における塩分の水平分布

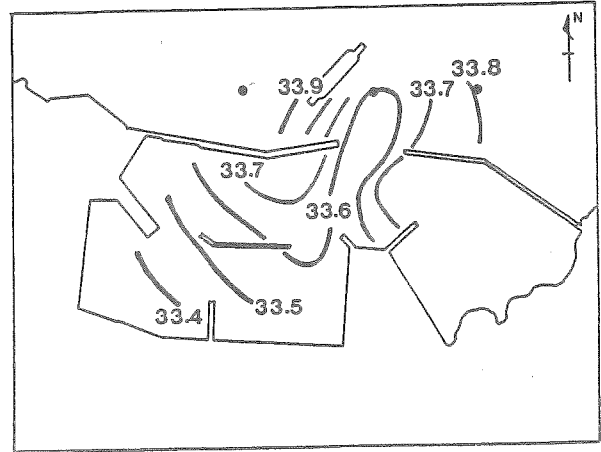


図3 底層における塩分の水平分布

これらの塩分と水温を対比させてプロットしたのが図4である。St.2の表層水温 22.6°C は塩分 33.440、St.10の底層水温 24.7°C は塩分 34.087と水温が低下するほど塩分も低くなっていた。また、水温、塩分とも全点にわたって相関係数($r=0.8489$)が高く、 0.1°C 程度のわずかな温度差に塩分も顕著に対応し、さらに、これらの差は以下の項目にも影響を及ぼしていた。

酸素飽和度

St.1~5の表底層で80%台、その他の観測点ではすべて90%以上となり、港の入口と港の奥に僅かではあるが明瞭な差が出来ていた。

クロロフィル-a

St.1の表底層及びSt.2,7の表層で $7\mu\text{g}/\ell$ 以上認められ、多少珪藻等のプランクトンが増殖していたと思われる。

窒素関係

T-Nは酸素が少なくなっている所で $8\mu\text{g at}/\ell$ 程度となっており、反対に酸素が多いところでは $5\mu\text{g at}/\ell$ 程度となっていた。また、St.10,11などは $3\mu\text{g at}/\ell$ 程度と窒素量が大変少なく、塩分34、水塩 24°C の水塊は紀伊水道外海系水の影響と考えられる(図5,6)。特に、これらの状況は $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度変化にお

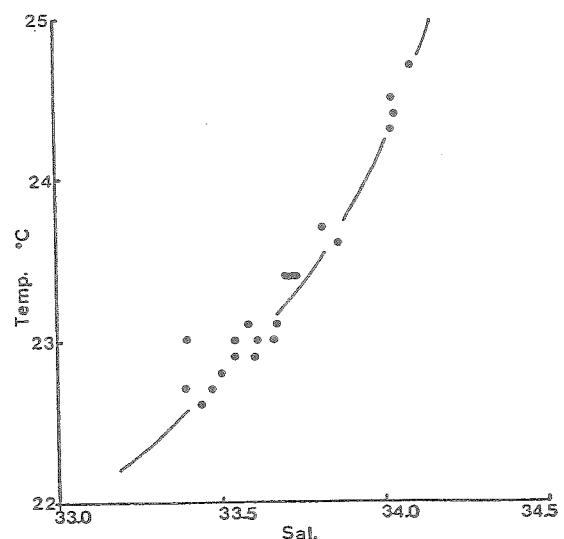


図4 水温と塩分の関係

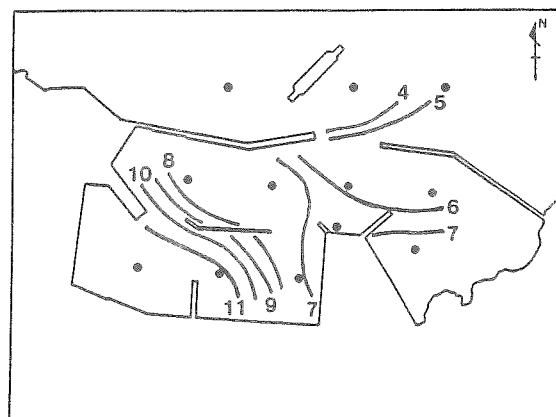


図5 表層における総窒素の水平分布($\mu\text{g at}/\ell$)

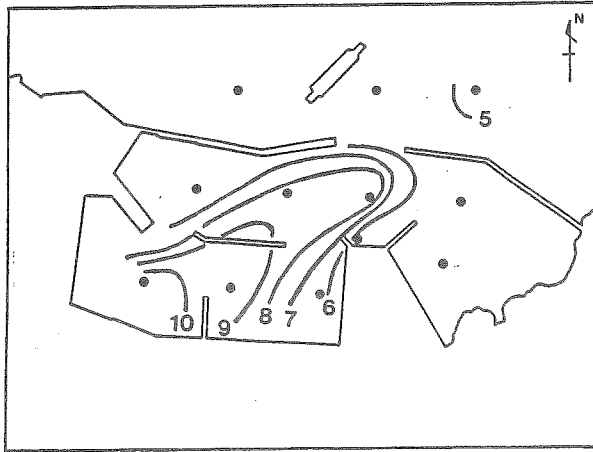


図6 底層における総窒素の水平分布(µgat/l)

いても確認できる。例えば、港内奥のSt. 1は $3\mu\text{gat}/\ell$ となっており、港内から出るに従い次第に濃度が低下する。そして、St.12などでは $0.3\mu\text{gat}/\ell$ とほとんど $\text{N O}_3\text{-N}$ の濃度がなくなっている。

磷 関 係

前回の調査と同様に総磷は総窒素量の約1/10程度で窒素と同じ様な形態変化を示した。

3. 2回行った調査結果からの総合評価

(1) この漁港の周囲はほとんど堤防で占められているため、水変わりが悪いと思われた。しかし、7月22日の調査時には紀伊水道内の水が、また、9月28日の調査時は栄養塩が少なく紀伊水道外海系水と思われる海水が港外から港内に進入するような現象が認められ、予想していた以上に海水交換がなされていた。

(2) 7月22日の調査時は調査観測点全域で一様な塩分低下が起こっていた。降雨による河川水からの塩分低下と考えられるが、水温は各観測点で差異は見られず、塩分も同様に港外・港内共にほとんど同じであった。また、特に港内に流れ込む溝や小河川による影響が認められず、 $\text{N O}_3\text{-N}$ 、クロロフィル-a濃度等から見ても港外からの海水の流入と考えられる。

このように海水交換はされていたが、港内だけに限って見た場合、微々たる変化ではあるものの港内の奥まったところに行くに従い、海水は小さな溝から流れる淡水や下水などの排水により塩分濃度の低下、あるいは、有機物分解による酸素消費が認められたり、窒素や磷などの栄養塩が増す傾向にある。

(3) 底層水では酸素量が少なくなっている所で $\text{N H}_4\text{-N}$ が高くなっている定点も見られることから底質においても多少有機物汚濁の傾向にある。

(4) 水温、塩分の変化は酸素や栄養塩の濃度の増減と結び付き、水質変化の目安になると思われる。

今回、2回の調査結果から特に漁業に影響を及ぼすと思われるような富栄養化あるいは貧酸素化という現象がみられず、この港内のどの地点の海水を蓄養水として用いても特に問題はないと思われる。ただ、港外あるいは港外に近いところの海水を蓄養水として利用した方が、今後の水質悪化に対応できうるものと考えられる。

文 献

- 1) 佐々木克之(1976)：富栄養化の過程、さかな、(17)、51-57.
- 2) 日本気象協会和歌山支部、和歌山気象台編集(1984)：和歌山県気象月報.
- 3) 渡辺勇二郎・加来靖弘・竹内照文・芳養晴雄・金丸誠司・中西 一、(1984)：ゆかし潟の漁場環境、昭和57年度和歌山県水産試験場事業報告、51-72.
- 4) 吉田陽一、(1975)：水圏の富栄養化と水産増養殖 — 低次生産段階における生物生産の変化 —、日本水産学会編、水産学シリーズNo.1、92-103.