三重科技セ水研報　第10号　平成13年11月
Bull. Fish. Res. Div. Mie, 10, 71 77 (2001)

英虞湾における底質汚染の現状と近年の進行状況*1, 2

中西克之・増田　健・畑　直亜・山形陽一

Present Conditions and Changes in Recent Years in Organic Pollution of Bottom Sediments in Ago Bay

Katsuyuki NAKANISHI, Takeshi MASUDA, Naotsugu HATA, and Yoichi YAMAGATA

熊野灘北部に位置する英虞湾は，面積約25km^2，平均水深約10mのリアス式の小型内湾で，東西に長い主湾部と派生する多くの支湾部により構成されている(Fig. 1)。海岸線が複雑であることに加え，湾口部や湾内には浅瀬が存在し，これらが海水交換や堆積物の流出を妨げることから，本湾は閉鎖的性格の強い湾となっている。また，大きな流入河川を有しないことも本湾の特徴である。

英虞湾内では，湾口付近を除く広い範囲で真珠養殖が盛んに営まれ，また冬期には支湾を中心にアオノリ養殖が営まれている。三重農林水産統計年報によれば，給餌型魚類養殖は湾口に近い浜島浦で1970年頃から1984年まで行われていたが，現在は行われていない。英虞湾の真珠養殖は全国に先駆け1893年に始まり，その後1960年代に最盛期を迎え，湾内の養殖筏台数は50,000台以上に達した。1970年代には，いわゆる真珠不況の影響で真珠養殖業は急速に衰退し，湾内の養殖筏台数も25,000台程度まで減少した。1990年代後半には養殖筏台数はさらに減少し，1999年の筏台数は約22,000台となっている。しかし，県下の1999年の真珠生産額は約83億円にのぼり，英虞湾はその大半を産することから，地域経済における真珠産業と英虞湾の重要性は極めて大きいといえる。

英虞湾では生活排水の流入やアコヤガイの糞・擬糞の堆積，また貝掃除の際に発生する生物遺骸などの投棄物が底質汚染（以下，底質汚染の語は底質の富栄養化を意味することとする）を招き，貧酸素水塊の発生や，真珠養殖漁場の生産性低下を引き起こしているとして問題視されてきた（上野・井上1961，澤田・谷口1969)。特に真珠養殖量の増加した1950年代から1960年代には貧酸素水塊や硫化水素の発生によってアコヤガイが大量死し，漁場環境の悪化は深刻であった(沢田ほか1958，関 1972)。これに対して，条例等による養殖数量の削減や浚渫，水道掘削，底質改良剤散布等の環境改善策が実施され，近年では1960年代当時と比較すると改善が見られるものの，環境問題の根本的解決には至っていない。水産研究部では英虞湾の全域を対象に過去25年あまりにわたり底質汚染に係るモニタリングを継続してきた。英虞湾ではこれまでにいくつかの底質調査が実施されてきたが（例えば水産庁1978，稲垣ほか1993，1995，三重県1997)，本調査のように底質汚染の長期的監視を目的とした継続調査の例は見られない。本報では，長期間にわたる底質分析の結果を解析し，英虞湾の底質汚染の現状と近年の進行状況についてとりまとめた。

方　　法

1976～2000年の毎年夏期に１回，水産研究部所属の小型調査船を用い，英虞湾の20測点（Fig. 1）において調査を実施した。ただし1976年にはSt.14，20を除く18測点で，また1978年にはSt.20を除く19測点で調査が実施され，1977年には調査は実施されなかった。エクマンバージ型採泥器（採泥面積15×15cm＝225cm^2）により各測点で１回の採泥を行い，表層０－３cmをプラスチックケースに分取し，分析試料として持ち帰った。調査が始まった1976年の分析項目は酸揮発性硫化物量（AVS）のみであり（水分含量はAVSを乾泥１gあたりの値に換算するため計測されているがその値は記録されていない)，1981年に化学的酸素要求量（COD）と水分含量が追加され，1984年に全窒素量（TN）が追加された。有機炭素量（OC)，酸化還元電位は1998年以降分析，計測されている。AVSは検知管法 ，CODはアルカリ性過マンガン酸ヨウ素滴定法，ＴＮおよびＯＣは柳本製作所製 CN

*1　英虞湾汚染対策協議会委託事業
*2　平成13年度日本水産学会春季大会口頭発表

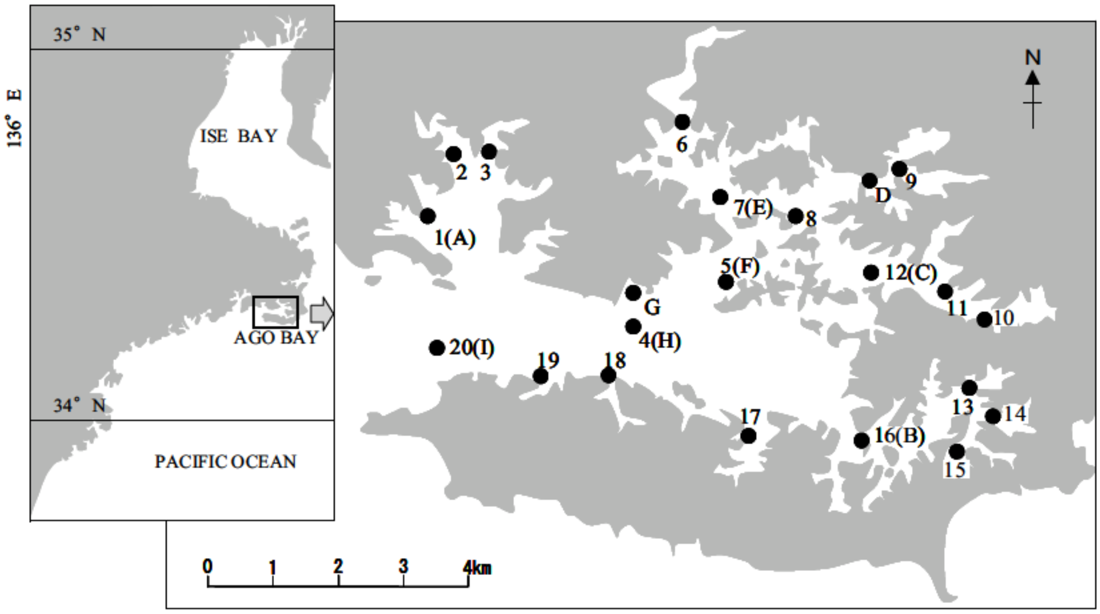

Fig. 1. Locations of sampling stations in Ago Bay.
At stations 1　20 substrate samples were collected once each summer from 1976 to 2000.
At stations A　I dissolved oxygen at 1m above the substrate was surveyed every week from April to December in 1998.

CORDERで分析し，OCは低温燃焼法（鈴木 1986）によった。また，酸化還元電位は堀場製作所製H-7にORP複合電極を装着して計測した。

結　　果

1　底質汚染の現状

COD，AVS，水分含量，TN，OC，酸化還元電位の6項目について測点ごとに1998～2000年の3ヵ年の平均値を求め，これを現状データとしてtable 1に示した。CODは6.5～70.4mg•g ^{1}，AVSは0.01～4.04mg•g ^{1}，水分含量は45.4～75.0%，TNは1.03～5.30mg•g ^{1}，OCは5.03～30.87mg•g ^{1}，酸化還元電位は　200.0～+136.3の範囲にあり，6項目はいずれも測点間で大きな差が見られた。

次に，6項目の現状データを用いて，クラスター解析（ウォード法）による測点のグループ分けを試みたところ，Fig. 2に示すとおり3つのクラスターが得られ，20測点は3つのグループに分けられた。1つのグループは主湾の湾口付近に位置する3測点（St.18，19，20）で構成される「湾口グループ」，2つ目は主湾の中央付近および支湾の湾口に位置する9測点（St. 4，5，7，8，12，13，14，16，17）で構成される「湾中央グループ」，残る1つは支湾の湾奥に位置する8測点（St. 1，2，3，6，9，10，11，15）で構成される「湾奥グループ」である（Fig. 3）。3つのグループの汚染の程度は相対的にみると湾奥グループ＞湾中央グループ＞湾口グループの順になる。

2　底質汚染の進行状況

長期間のデータが存在するCOD（1981～2000年），AVS（1976～2000年，ただしSt.20は1978～2000年，St. 14は1979～2000年），水分含量（1981～2000年），TN（1984～2000年）の4項目を用いて，底質汚染の進行状況について検討した。まず，先に分類した3つのグループから1測点を代表として選び，これらの測点における底質分析結果の経年変化を5ヶ年の移動平均でFig. 4に示した。各グループの代表測点は，湾奥グループはSt.11，湾中央グループはSt.5，湾口グループはSt.20とした。グラフから受ける印象として，湾奥グループのSt.11では4項目すべてで増加傾向が見られ，また湾中央グループのSt. 5でもCOD，水分含量，TNの3項目で増加傾向が見られた。一方，湾口グループのSt.20では増加傾向を示す項目は見られず，COD，水分含量では減少傾向が見られた。そこで次にCOD, AVS, 水分含量，TNの4項目について，測点ごとにトレンドの検定（Kendall型）をおこない，分析値の増減傾向を判別した（table 2）。湾奥グループの8測点および湾中央グループの9測点では，少なくとも1つ以上の分析項目で分析値の増加傾向が認められ（有意水準5%），これら17測点のうち12測点

Table 1. Chemical oxygen demand (COD), acid volatile sulphides (AVS), water content (WC), total nitrogen (TN), total organic carbon (OC) and oxidation reduction potential (ORP) in substrate samples collected from stations 1 20. Values are mean±SD of the last three years (1998 2000).

	COD (mgO$_2$・g^{1} dry)	AVS (mg・g^{1} dry)	WC (%)	TN (mg・g^{1} dry)	OC (mg・g^{1} dry)	ORP (mv)
Station	MEAN ± SD	MEAN ± SD	MEAN ± SD	MEAN ± SD	MEAN ± SD	MEAN ± SD
1	56.0 ± 4.2	2.68 ± 0.35	75.0 ± 0.8	3.97 ± 0.05	18.37 ± 1.01	159.3 ± 47.7
2	63.2 ± 1.8	3.14 ± 0.52	73.9 ± 1.5	4.63 ± 0.21	22.90 ± 2.24	172.9 ± 22.0
3	61.5 ± 1.8	2.75 ± 0.58	74.6 ± 1.1	4.30 ± 0.08	23.63 ± 2.50	193.0 ± 25.2
4	30.0 ± 4.1	0.19 ± 0.09	60.7 ± 1.8	2.70 ± 0.16	17.07 ± 3.56	9.2 ± 49.7
5	33.6 ± 0.4	0.34 ± 0.11	64.3 ± 0.3	2.80 ± 0.08	16.97 ± 1.82	10.9 ± 11.8
6	56.6 ± 1.6	3.42 ± 0.47	72.1 ± 2.1	3.73 ± 0.17	22.27 ± 4.65	136.6 ± 49.2
7	38.0 ± 0.8	0.72 ± 0.19	67.8 ± 1.3	3.30 ± 0.16	21.97 ± 5.84	42.5 ± 83.1
8	37.1 ± 0.5	0.57 ± 0.05	66.9 ± 1.3	3.27 ± 0.12	22.97 ± 5.05	9.0 ± 17.1
9	57.6 ± 2.9	3.21 ± 0.99	73.5 ± 1.9	3.73 ± 0.21	19.70 ± 5.59	139.6 ± 40.1
10	68.2 ± 9.9	2.01 ± 1.10	72.4 ± 2.1	4.40 ± 0.90	29.03 ± 8.26	200.0 ± 55.1
11	58.3 ± 21.5	3.12 ± 1.36	74.1 ± 3.7	4.73 ± 0.52	28.17 ± 4.84	159.7 ± 10.1
12	55.8 ± 1.4	1.57 ± 0.22	72.4 ± 1.5	3.77 ± 0.12	21.77 ± 0.74	109.3 ± 4.6
13	54.7 ± 1.9	1.52 ± 0.13	69.4 ± 1.4	3.90 ± 0.29	23.83 ± 2.68	113.2 ± 21.2
14	41.0 ± 1.0	1.38 ± 0.17	61.5 ± 1.0	3.13 ± 0.05	19.13 ± 1.93	127.7 ± 28.2
15	70.4 ± 3.4	4.04 ± 0.55	72.2 ± 0.9	5.30 ± 0.16	30.87 ± 5.75	120.5 ± 10.0
16	53.9 ± 2.6	1.65 ± 0.53	71.4 ± 0.6	4.20 ± 0.14	24.90 ± 2.48	35.6 ± 62.9
17	45.5 ± 1.7	0.95 ± 0.11	68.9 ± 0.7	3.90 ± 0.08	23.83 ± 2.57	21.9 ± 21.9
18	16.7 ± 1.2	0.23 ± 0.04	51.1 ± 1.7	1.63 ± 0.09	8.60 ± 0.62	3.3 ± 4.9
19	22.9 ± 2.1	0.13 ± 0.06	55.8 ± 0.8	2.17 ± 0.12	11.73 ± 0.74	47.3 ± 37.9
20	6.5 ± 0.3	0.03 ± 0.01	45.4 ± 3.9	1.03 ± 0.05	5.03 ± 0.57	136.3 ± 17.4

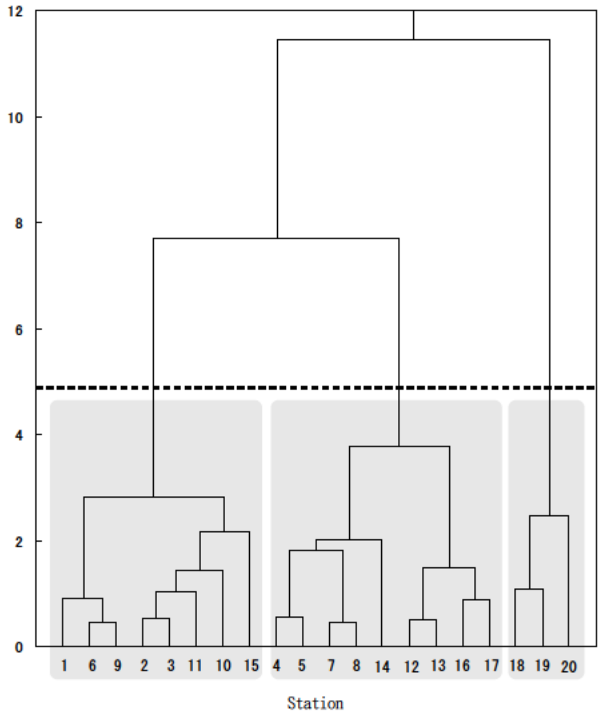

Fig. 2. A dendrogram drawn by cluster analysis (Ward method) with mean values of chemical oxygen demand, acid volatile sulphides, water content, total nitrogen, total organic carbon and oxidation reduc tion potential of substrate samples collected from sta tions 1 20 in the last three years (1998 2000). Stations are divided into 3 groups.

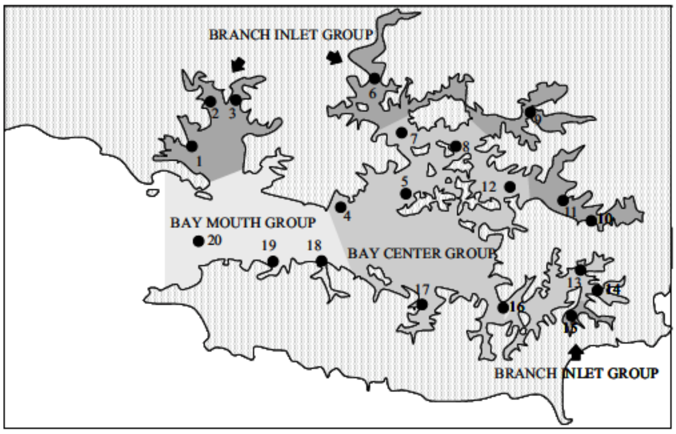

Fig. 3. Locations of the stations groups produced by the cluster analysis.
BAY MOUTH GROUP located at the mouth of Ago Bay, comprises of stations 18, 19 and 20. BAY CENTER GROUP, at the center of Ago Bay and the mouth of branch inlet, comprises of stations 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 16 and 17. BRANCH INLET GROUP, at branch inlet comprises stations 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11 and 15.

では4項目のうち3項目以上で分析値の増加傾向が認められた。また，これら17測点では減少傾向を示す分析項目はなく，湾奥グループの8測点および湾中央グループの9測点では底質汚染が進行したと判断された。一方，湾口グループに属する3測点についは，最も湾口側に位置するSt.20ではCODとAVSで，他の2測点ではAVSで分析値の減少傾向が認められた(有意水準5％)。これらの3測点では増加傾向を示す分析項目はなく，底質汚染が改善したと判断された。このように，過去20年余りの間に英虞湾の湾奥部，湾中央部では底質汚染が進行し，湾口付近では改善していることが示唆された。

Table 2. Result of trend test (Kendall method) with chemical oxygen demand(COD), acid volatile sulphides(AVS), water content(WC), total nitrogen (TN) in substrate samples collected from stations 1 20.
COD and WC data was collected from 1981 to 2000, AVS from 1976 to 2000, TN from 1984 to 2000. ＊ and ＊＊ indicate significant increase or decrease at 5% level respectively. BI (Branch Inlet Group), BC (Bay Center Group) and BM (Bay Mouth Group) refer to Fig. 3.

St		Probability				GROUP
		COD	AVS	WC	TN	
1	UPPER	1.441 ＊	9.958	0.271 ＊	0.872 ＊	BI
	LOWER	98.716	90.56	99.761	99.23	
2	UPPER	3.398 ＊	93.636	90.968	1.124 ＊	BI
	LOWER	96.928	6.749	9.722	99.003	
3	UPPER	0.281 ＊	24.833	82.299	0.702 ＊	BI
	LOWER	99.755	76.113	18.791	99.381	
6	UPPER	0.183 ＊	1.323 ＊	26.158	0.238 ＊	BI
	LOWER	99.842	98.777	75.165	99.793	
9	UPPER	0.32 ＊	0.584 ＊	0.499 ＊	0.213 ＊	BI
	LOWER	99.721	99.464	99.558	99.816	
10	UPPER	0.8 ＊	50.602	9.014	7.764	BI
	LOWER	99.293	50.602	91.638	92.87	
11	UPPER	0.159 ＊	0.08 ＊	0.161 ＊	4.136 ＊	BI
	LOWER	99.862	99.928	99.859	96.248	
15	UPPER	0.281 ＊	1.425 ＊	0.992 ＊	4.136 ＊	BI
	LOWER	99.755	98.681	99.112	96.248	
4	UPPER	1.624 ＊	92.436	22.282	18.788	BC
	LOWER	98.55	8.004	78.928	82.412	
5	UPPER	0.001 ＊	9.342	0.081 ＊	0.238 ＊	BC
	LOWER	99.999	91.155	99.93	99.793	
7	UPPER	0.119 ＊	2.387 ＊	1.232 ＊	0.063 ＊	BC
	LOWER	99.898	97.778	98.894	99.946	
8	UPPER	0.159 ＊	16.287	0.565 ＊	0.156 ＊	BC
	LOWER	99.862	84.447	99.498	99.865	
12	UPPER	0.32 ＊	15.587	1.112 ＊	2.485 ＊	BC
	LOWER	99.721	85.125	99.003	97.766	
13	UPPER	0.119 ＊	1.323 ＊	2.072 ＊	0.028 ＊	BC
	LOWER	99.898	98.777	98.125	99.976	
14	UPPER	1.624 ＊	42.919	47.537	27.07	BC
	LOWER	98.55	58.351	54.101	74.407	
16	UPPER	0.419 ＊	0.236 ＊	2.734 ＊	0.474 ＊	BC
	LOWER	99.634	99.786	97.516	99.584	
17	UPPER	0.064 ＊	12.239	1.101 ＊	3.767 ＊	BC
	LOWER	99.945	88.363	99.013	96.588	
18	UPPER	50.898	99.635	75.165	92.236	BM
	LOWER	50.898	0.399 ＊＊	26.158	8.441	
19	UPPER	14.502	99.119	14.676	74.465	BM
	LOWER	86.5	0.955 ＊＊	86.25	27.015	
20	UPPER	98.851	97.444	75.165	90.074	BM
	LOWER	1.292 ＊＊	2.773 ＊＊	26.158	10.737	

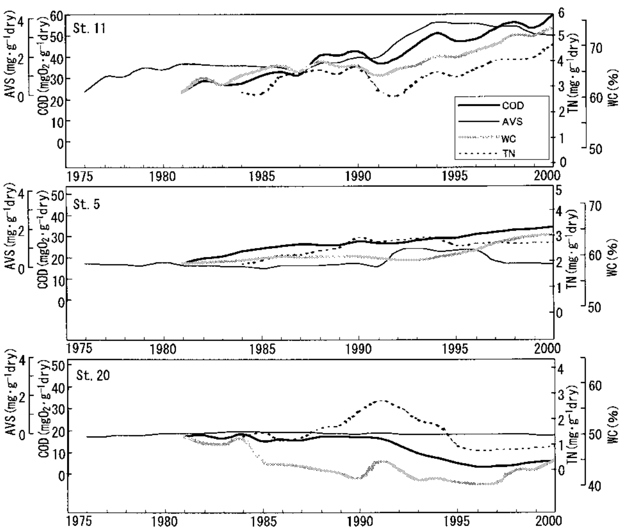

Fig. 4. Annual changes in chemical oxygen demand (COD), acid volatile sulphides (AVS), water content (WC) and total nitrogen (TN) in substrate samples collected from stations 11, 5 and 20. The value is shown as the moving average for five years.

考　　察

1　底質汚染の現状

英虞湾の20測点におけるCOD，AVS，水分含量，TN，OC，酸化還元電位の1998～2000年の3ヵ年平均値を用いてクラスター解析を行った結果，20測点は湾口グループ，湾中央グループ，湾奥グループの3つに分けられ，汚染の程度は相対的に，湾奥グループ＞湾中央グループ＞湾口グループの順であることが示された。英虞湾では1996年にも底質調査が実施されており（三重県 1997），この調査における底質汚染に関する分析値の水平分布も今回の場合と同様の傾向であった。

水産用水基準（水産資源保護協会 1995）によればAVSが0.2mg•g ^{1}以下で，かつCODが20mg•g ^{1}以下の泥を「正常泥」，AVSが1mg•g ^{1}以下で,かつCODが30mg•g ^{1}以下であり，なおかつ「正常泥」に当てはまらない泥を「汚染の始まった泥」，AVSが1mg•g ^{1}より大きいか，またはCODが30mg•g ^{1}より大きい泥を「汚染泥」と定義している。この基準にしたがって20測点を分類すると，St.20が「正常泥」，St.18，19が「汚染の始まった泥」と分類され，他の17測点は「汚染泥」と分類された（Fig.5）。湾中央グループおよび湾奥グループに属する17測点はすべて「汚染泥」と分類されたが，湾中央グループの9測点は AVSが2mg•g ^{1}以下で，かつCODが60mg•g ^{1}以下の範囲にあるのに対し，湾奥

グループの8測点は AVSが 2 mg•g^{-1}より大きいか，またはCODが60mg•g^{-1}より大きく，「汚染泥」の中でも値の大きいほうに位置した。

底質汚染は底層水の貧酸素化と密接な関係があることから（来田ほか 1985，河合 1990，玉井・森本 1990），英虞湾においても底層水の溶存酸素量の状態と底質の関係について検討した。溶存酸素量のデータは三重県水産技術センター（現三重県科学技術振興センター水産研究部）が水産庁の委託を受けて1998年4月から12月に実施した調査（中西ほか 1999）における，湾内9測点A～I（Fig. 1）の底上1mの測定値を用いた。底層の溶存酸素量の季節変化はFig. 6に示すように，主湾の湾口に位置するSt. Iでは貧酸素の目安とされる3 mg•l^{-1}を下回ることは無く，また主湾中央部のSt. E，F，G，Hにおいても3 mg•l^{-1}を下回ることはないか，あってもわずかの期間であったが，支湾湾奥に位置するSt. A，B，C，Dでは夏季に長期間にわたって3mg•l^{-1}を下回った。このように英虞湾においても底質汚染度の高い水域で底層の貧酸素化が顕著であるが，主湾中央付近では水産用水基準で「汚染泥」とされる底質であるにもかかわらず貧酸素化は顕著でなく，AVSも支湾湾奥に比べると低かった。英虞湾では湾口の浅瀬を越えて間欠的に外海水が侵入し，底層へ酸素を供給する現象が報告されていることから（杜多 1997，上野 1999），主湾中央付近では外海水の侵入による酸素供給によって貧酸素化がある程度防止されていると考えられた。

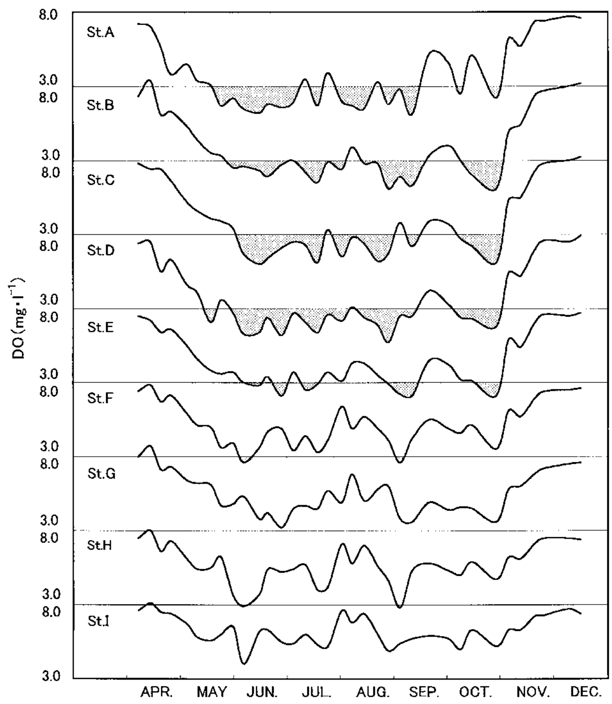

Fig. 6. Seasonal changes in dissolved oxygen (DO) surveyed at 1m above the substrate of stations A－I from April to December in 1998. Shady part indicate the period of low oxygen (DO≦3 mg•l－1).

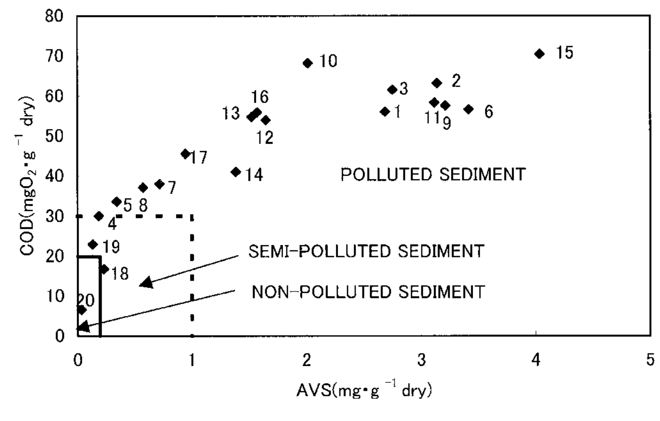

Fig. 5. Classification of 20 stations in accordance with Water Quality Guidelines for Aquaculture＊.
The values of chemical oxygen demand (COD) and acid volatile sulphides (AVS) used here are mean values for the years 1998－2000. Water Quality Guidelines for Aquaculture prescribed for COD and AVS in substrate are as follows: AVS≦0.2 and COD≦20：「Non－polluted sediment」. AVS≦1.0 and COD≦30, except 「Non－polluted sediment」：「Semi－polluted sediment」. AVS>1.0 or COD>30：「Polluted sediment」.
＊Japan Fisheries Resource Conservation Association (1995)

支湾湾奥の底層水の溶存酸素量は，正常な底生生物群集の維持に必要とされる3 mg•l^{-1}（玉井 1990）を長期間にわたって下回り，底生動物相への影響が懸念されるところである。底生動物相は長期の環境変化の累積を反映すると考えられるので，本報で示した底質の化学的変化に加えて，底生動物相の変化も併せて検討できれば汚染の進行状況をより正確に把握できると考えられる。また，近年環境評価の中で生物指標を用いた手法の重要性が指摘されており（横山 2000），底質の測定項目（泥分率，AVS，COD，強熱減量）に底生動物の多様度指数を加えた底質環境評価指標（水産資源保護協会 2000）や，マクロベントスの水質浄化機能を指標とした底質基準（鈴木ほか2000）が提案されている。英虞湾では湾全域を対象として1940年（MIYADI 1941），1965年（北森ほか 1966），1972年（KAWABE 1975），に底生動物相調査が実施されているが，1972年の調査以降，水域を限定しての調査（川辺 1985）や冬期の調査（三重県

1998）はあるものの，湾全域を対象とした夏期の調査は実施されていないことから，今後底生動物調査をモニタリング項目に加えることも検討したい。

2　底質汚染の進行状況

本報では，英虞湾での長期にわたる底質環境の調査結果から，湾口付近では底質汚染が改善されているが，湾口付近を除く湾の広い範囲で汚染の進行していることが示された。そこで，汚染の改善あるいは進行の原因を，統計資料をもとに負荷源と関わりの深い項目の経年変化から考察してみる。まず湾口付近で底質汚染が改善したことについては，ハマチ養殖との関連が考えられる。すなわち湾口近くの支湾（浜島浦）では1970年頃からハマチ養殖が営まれてきたが，1984年を最後に養殖はおこなわれなくなっており（三重農林水産統計年報），ハマチ養殖に由来する負荷がなくなったことが湾口付近の底質汚染の改善につながった可能性が考えられる。次に湾口付近を除く湾の広い範囲で底質汚染が進行したことについて，真珠養殖と陸水の２者を主な負荷源と想定し，前者についてはアコヤガイ施術実績数，後者については英虞湾沿岸４町（阿児町，大王町，志摩町，浜島町）の人口，伊勢志摩国立公園を訪れた観光客数，英虞湾に注ぐ主要河川である前川の水質（BOD）を指標として，それらの経年変化と汚染進行の関連について検討した。英虞湾の真珠養殖の生産規模を反映していると考えられるアコヤガイ施術実績数は，調査開始以前の1960年代にピークを示し，その後1970年代前半にかけて急速に減少した。調査期間中は1995年頃まではピーク時の20％程度（約50,000千個）でほぼ安定していたが，1995年以降はさらに減少している。一方，英虞湾沿岸４町の人口は阿児町で緩やかな増加傾向を示すが他の３町で減少し，合計では調査期間をとおして52,000人程度でほぼ一定であった。また，伊勢志摩国立公園を訪れた観光客数は調査開始以前の1970年頃までは増加傾向を示すが，調査期間中は1995年頃までは12,000～15,000千人でほぼ一定であり，その後やや減少している。前川は人口の増加した阿児町を集水域とする河川であるが，BODの値はむしろ減少傾向にあり，河川流量のデータは無いものの流入負荷量は大きく増加していないと考えられる。以上のように調査期間中のアコヤガイ施術実績数，人口，観光客数，主要河川の水質はいずれも汚染負荷の増加を示しておらず，負荷源に関する統計量の経年変化から汚染進行の原因を特定することは困難であった。汚染負荷が増加していないにも係わらず，底質汚染が進行した原因は明らかではないが，現状の汚染負荷量がすでに水域の浄化能力を上回っているために毎年過負荷が蓄積し，底質汚染が進行した可能性が考えられる。したがって，英虞湾の環境改善のためには真珠養殖と陸水に由来する汚染負荷をそれぞれ削減する必要があろう。英虞湾における底質への汚染負荷の中では真珠養殖の貝掃除の際に発生する生物遺骸の割合が大きいとの指摘がある（上野ほか 2000）。また西村ほか（1995）は貝掃除で発生する残滓を回収することで湾奥水域の酸素収支が改善し，貧酸素化を防止することができるとしている。さらに「噴射ポンプ式貝掃除機」が1970年代に急速に普及し，それまで陸上処理されていた生物遺骸などが漁場へ投棄されるようになったことで海域への負荷増大を招いたと指摘する生産者もいる。貝掃除残滓の陸上処理は真珠養殖にともなう負荷を削減する有効かつ現実的な方策であると考えられ，実現に向けた努力が望まれる。一方陸源負荷については，平成９年度末における英虞湾沿岸４町の生活廃水処理率は2.9％と県全体で見た処理率の21.2％を大きく下回っており（三重県統計書），陸源負荷削減対策として下水道等の整備も重要である。

要　　約

英虞湾に設けた20測点において，過去25年あまりにわたり実施した底質汚染に係るモニタリング結果を解析し，英虞湾の底質汚染の現状と近年の進行状況についてとりまとめた。

COD，AVS，水分含量，TN，OC，酸化還元電位の1998～2000年の３ヵ年平均値を用いて，クラスター解析（ウォード法）による測点のグループ分けを試みたところ，20の測点は「湾口グループ」，「湾中央グループ」，および「湾奥グループ」に分けられ，３つのグループの汚染の程度は相対的にみると湾奥グループ＞湾中央グループ＞湾口グループの順であった。

長期間のデータが存在するCOD, AVS, 水分含量, TNの分析値を用いて, 測点ごとにトレンドの検定（Kendall型）をおこない，分析値の増減傾向を判別した結果，過去20年余りの間に湾奥部，湾中央部では底質汚染が進行し，湾口付近では改善していることが示唆された。

調査期間中のアコヤガイ施術実績数，人口，観光客数，主要河川の水質はいずれも汚染負荷の増加を示しておらず，負荷源に関する統計量の経年変化から汚染進行の原因を特定することは困難であった。汚染負荷が増加していないにも係わらず，底質汚染が進行した原因は明らかではないが，現状の汚染負荷量がすでに水域の浄化能力

を上回っているために毎年過負荷が蓄積し，底質汚染が進行した可能性が考えられる。

文　　献

1）稲垣卓次・秋永克三・松井孝悦・高橋正昭・石神英次(1993)：内湾における水質汚濁の実態について（第2報）英虞湾における底泥調査．三重環科センター研報，第13号，57　64

2）稲垣卓次・秋永克三・里中久朗・長井喜久(1995)：内湾における水質汚濁の実態について（第4報）英虞湾における底泥調査．三重環科センター研報，第15号，9　19

3）河合　章(1990)：水域における底層水の低酸素化と底質について．瀬戸内海科学，Vol.2，No.2，36　42

4）Kawabe, R(1975) Benthic Animals of Ago Bay. Science Report of Shima Marineland，No.3, 1　30

5）Kawabe, R(1985) A Survey of Benthic Animals in the Inner Tategami Inlet of Ago Bay Made in 1978 1979. Science Report of Shima Marineland，No.6，13　31

6）北森良之介・水本三郎・関　政夫（1966）英虞湾の底生動物．三重水試研報，第8号，1　31

7）来田秀雄・前田広人・河合　章(1985)：瀬戸内海播磨灘における底層水の低酸素化と底質について．近畿大農紀要，18，39　43

8）三重県（1997）平成8年度県単英虞湾底質汚泥量調査報告書．

9）三重県（1998）県単英虞湾漁場環境改善計画策定調査報告書．

10）三重県（1999）平成11年刊三重県統計書．

11）Miyadi, D（1941）Ecological Survey of the Benthos of the Ago wan．Annot. Zool. Japon, Vol. 20，No.3，169　180

12）中西克之・増田　健・畑　直亜（1999）平成10年度赤潮対策技術開発試験報告書．三重県水産技術センター

13）日本水産資源保護協会（1995）水産用水基準．

14）日本水産資源保護協会（2000）平成10年度底質環境評価手法実用化調査報告書．

15）西村昭史・石村美佐・小林智彦(1995)：平成6年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書．三重県水産技術センター

16）沢田保夫・丹下まこと・関　政夫(1958)：真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究，国立真珠研報，4，347　355

17）澤田保夫・谷口宮三郎(1969)：真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究，国立真珠研報，14，1719　1734

18）関　政夫（1972)：養殖環境におけるアコヤガイ，*Pinctada fucata* の成長および真珠品質に影響を及ぼす自然要因に関する研究．三重水試研報，1，32　144

19）水産庁（1978)：昭和52年度漁場改良復旧基礎調査報告書（英虞湾・五ヶ所湾)．

20）鈴木輝明・青山裕晃・中尾　徹・今尾和正（2000）マクロベントスによる水質浄化機能を指標とした底質基準試案，水産海洋研究，64（2)，85　93

21）鈴木徳行・山本順三・村中英寿・高安克己・山内靖喜・大西郁夫・徳岡隆夫・島田立朗・三梨　昴(1986)ヤナコCHNコーダー（MT　3型）による地質試料の分析Ⅰ．島根大地質学研報，5，19　34

22）玉井恭一（1990）底生生物，海面養殖と養魚場環境，恒星社厚生閣，pp.69　78

23）玉井恭一・森本晴之（1990）底質とベントスからみた浦の内湾の有機汚染．日本ベントス研究会誌，38，27　34

24）杜多　哲・阿保勝之（1997)：内部潮汐の sill 越えによる英虞湾への湾外低温水の浸入．海岸工学論文集，第46巻，1051　1055

25）東海農政局三重統計情報事務所　三重農林水産統計年報．

26）上野福三・井上啓晴（1961)：真珠漁場における餌料基礎生産と漁場の海洋構造について．国立真珠研報，7，829　864

27）上野成三・灘岡和夫・高山百合子・片倉徳男・岡田美穂・関根義彦・勝井秀博（1999)：水質環境の動的変化に着目した英虞湾の現地観測．海岸工学論文集，第46巻，1051　1055

28）上野成三・灘岡和夫・高山百合子・勝井秀博・山田二久次（2000)：英虞湾の真珠養殖漁場におけるアコヤガイの成長過程と汚濁負荷に関する現地調査．海岸工学論文集，第47巻，1206　1210

29）横山　寿（2000）海面魚類養殖漁場の環境基準―その施策と問題点―．養殖研報，29，123　134