與謝内海の海況と漁況の改善*

宮地 傳三郎・波部 忠重

(京都大学理学部動物学教室)

Studies on the Yosanaikai, its Oceanographic Conditions
and their Improvement for Fisheries Purposes

D. MIYADI and T. HABE

SYNOPSIS

The Yosanaikai is located on the southwestern coast of the Japan sea and it represents a lagoon formed by a sand bar about 2.5 km long. This lagoon has been noted for its delicious fat sardin. In recent years, however, the fish and molluscan production became rapidly lower. By our oceanographic survey, the following facts were revealed:

1) The salinity of surface and bottom waters differs considerably, and in the deeper layer no oxygen is contained in the warmer season and only a trace in the colder season. 2) Benthic animals are found on shallow bottoms only. The deposits of deeper bottom, which are jet black in color, are azoic throughout the year, but contain a large amount of bivalve shells chiefly of *Theora lubrica* and *Raeta yokohamaensis*, which are well known euryoxybionts. 3) The living specimens of these bivalves, though found on shallow bottom, are very scarce. The transportation of dead shells from shallow bottom to deeper bottom can seldom occur, because the lagoon is so calm that the stagnation causes the putrefaction of water. Thus the thanatocoenoses of this lagoon must be autochthonous, being the remains of molluscs which lived abundantly for some years before. 5) It is said by the fishermen that the sardin was used to be caught from the upper layer in the warmer season and from the lower layer in the colder season. In recent years, however, nothing could be caught in the deeper strata throughout the year.

From these facts we reached to a conclusion that ecological conditions of this lagoon were so changed that the stagnation of water became more serious than ever and fatal to those living in the deeper zone. The outlet of the lagoon became narrower as well as shallower than before by the accumulation of sand, and both the outflow of less saline surface water and the inflow of the more saline sea water were prevented. It seemed to us that this topographic change is the chief cause of the trouble. Upon our advice, the dredging of the outlet was made with the results of better aeration of deeper water, wider distribution of benthic animals

* 海底群衆の研究 第40報。食糧應急生産研究特別委員会研究報告。

and larger production of sardin, other fishes and useful molluscs. The writers believe that, by similar procedure, the lagoons on our coast may be made more productive.

興謝内海は天ノ橋立によつて宮津湾から区切られた潟である(第1図)。この水域の海洋調査は吉村(1937)のを含めて前後7回行われた。その間、湾内漁獲物の急激な減少が問題となり(第1表、その対策を樹てるための調査を依頼せられたので、第2回以降の調査はその目的をかねてなされた。われわれの判断によると、漁獲の減少の原因は、排水路が漂砂のために埋められて、宮津湾との海水の流通が悪化し、ために停滞が甚しくなつて生物死圏が増大したことにある。この判定に基いて1947年春第1回の排水路啓開作業が行われた。その結果、深層水中の O_2 が増加し、底棲動物の分布圏が湾口部から漸次拡大し、漁獲高も回復してきた。目下引き続き経過を調べているが、一應これまでの資料を整理して報告する。

第 1 図

この調査に援助と協力を與えられた溝尻漁業組合と動物学教室の諸氏に深謝する。

海 況

漁況と密接な関係があると思われる海況について述べる。

水 温 表面水温は変化し易いが、冬には時には氷を見ることがあるから、 0°C 以下になるわけである。上層の水温は夏季には 30°C 近くになると想像される。しかし地点 6 に於ける観測では大

体 3 m 以深の水温には急激な変化がない。深層では夏季でも 20 °C を殆んど越えず、冬季も 10 °C を下ることは少い。例えば、最深部の泥温は第 7 回調査 (3 月 19 日) に於て 11.0 °C であつた。また、同じ調査で、深度 2 m では表面水温 8.91 °C に対して 11.80 °C である。

第 1 表 與謝内海の漁獲高の年変化 (單位貫)
(1936—1945)

魚 名	すずき	あ ち	このしろ	いわし	なまこ	あさり	おほの が い
1936	4700	6720	117600	7840	18820	196000	39200
1937	3141	11200	196000	22740	11760	117600	58800
1938	3500	4480	313650	11760	7450	137200	78400
1939	3100	1790	172500	5090	3530	156800	88200
1940	2800	1050	103800	5000	2700	160000	70000
1941	2000	1500	86000	1550	2200	75000	43000
1942	1850	4000	65000	46500	2000	45000	20000
1943	1500	3700	52000	12300	540	40000	12000
1944	950	1600	4500	5000	300	25000	17000
1945	460	250	5000	8100	95	9200	4400

塩分量 湖状の内湾であるため、表層水の塩分変化は著しい。冬期に一部結水を見るのは、著しく低鹹になるためと考えられるし、夏期には相当高鹹で、吉村は 28.33 ‰ (8 月 2 日) を測っている。一方底層水では大体 30 ‰ で、毎回の観測による変化は少い。日本海では潮位差は日変化よりも季節変化の方が大きく、夏期には外洋から高鹹な海水が侵入して、底層に入る。この重い底層水が垂直循環を妨げて腐敗し、漆黒色還元性の腐泥を堆積せしめる。

O₂ 量 表層水では概ね 100 ‰ 或はそれ以上の O₂ を含むが、深度を増すと共に減少する。水温や塩分量の分布から判断されるように、夏季には海水の垂直循環が停止して、安定な成層をなし、底層では腐泥の作用も手傳つて、O₂ が急激に減少し、遂に無酸素状態になつて、生物の生存が不可能となる。この夏期停滞の現象が相当以前からあつたことは吉村の報告によつても明らかである。しかし、冬期には表面水温の低下に基いて、(表層水の鹹度が余り小さくなければ) 垂直循環が行われ、O₂ は底層に運ばれる。

透明度 透明度は一般に小さく、特に湾奥で小さいのは他の内湾に於けると同様である。吉村は 6.4 m を測つたが、われわれの調査では 2.0~5.0 m の範囲にあり、多くは 2~3 m に過ぎなかつた。透明度の小さいのは水中に浮懸物の多いためで、事実プランクトンは極めて豊富である。このため湾内の魚類は肥満して美味となるが、特にイワシは金樽鰯或は金太郎鰯と呼ばれて有名である。

底 質 海底は大部分硫化水素臭のある漆黒色腐泥で覆われ、浅部ではその下から、青灰色の泥がとれてくる。黒色泥土は強い還元性であるから、底層水から O₂ を吸収して、停滞期にはそれを無酸素状態にする。循環期には堆泥の表層が酸化されて褐色の薄層が出来る。底層動物の棲息は底質上に酸化層のある海域に限られている。泥温は夏秋期に高く地点 6 では 20 °C 近くに上り、冬春季には 10 °C 近くに下る。その間約 10 °C の年変化がある。3 月 19 日の観測からみて冬期には泥温と底層水温と

が略等しくなることが判る。尙泥温変化は水温変化よりもかなり遅れて進行する。

第 2 表 與謝内海の海水の溶存酸素の飽和度(%)、塩分量(‰)、
水温(°C)の垂直分布(地点 6)。

年 (觀)	月 (測)	日 (者)	Ⅷ. 2, 1937 (吉 村)	Ⅵ. 4, 1945 (波部 山路 原 津田)	Ⅺ. 25, 1945 (宮地 波部 山路)	Ⅳ. 4, 1946 (川口 原)	Ⅵ. 20, 1947 (波部 川口 山路 川合)	Ⅲ. 19, 1948 (波部 河端 世古口松谷)
水 深 度 °C (m)		0	28.8	23.27	14.23	16.50	23.00	8.91
		1	—	—	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	22.73	11.80
		3	27.39	—	18.82	11.32	—	—
		4	—	—	—	—	21.33	11.82
		5	26.66	18.87	18.12	9.34	—	—
		6	24.45	—	—	—	20.55	11.42
		7	23.25	—	—	—	—	—
		8	22.51	—	18.63	9.00	20.01	10.90
		9	21.74	—	—	—	—	—
		10	19.84	17.43	18.28	7.39	19.57	11.99
		11	18.60	—	—	—	—	10.90
		12	18.43	—	18.44	—	16.93	—
		12.5	—	16.44	—	—	—	—
		13	17.94	—	—	—	—	—
泥 温			—	13.00	18.00	13.4	15.1	11.0
塩 分 量 % (m)		0	28.33	20.08	21.11	14.16	22.79	19.54
		1	—	—	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	24.33	18.75
		3	32.09	—	27.32	22.43	—	—
		4	—	—	—	—	28.71	29.47
		5	32.47	29.99	28.13	24.72	—	—
		6	32.05	—	—	—	29.00	29.61
		7	31.82	—	—	—	—	—
		8	31.98	—	28.89	27.00	29.72	29.36
		9	—	—	—	—	—	—
		10	31.47	30.43	29.04	28.91	30.19	29.99
		11	—	—	—	—	—	25.63
		12	31.65	—	29.79	—	30.10	—
		12.5	—	30.64	—	—	—	—
		13	31.94	—	—	—	—	—
酸 素 深		0	101	94	110	115	112.1	99.5
		1	—	—	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	108.3	102.5
		3	100	—	114	108	—	—

飽和度 (m) %	4	—	—	—	—	98.5	101.5
	5	97	90	107	84	—	—
	6	86	—	—	—	53.6	70.5
	7	77	—	—	—	—	—
	8	27	—	49	63	45.0	51.9
	9	5	—	—	—	—	—
	10	0	4	13	40	28.9	26.6
	11	—	—	—	—	—	21.1
	12	0	—	0	—	28.3	—
	12.5	—	1	—	—	—	—
	13	—	—	—	—	—	—

苦潮 この湾では、東北の強風（成相おろし）が吹くと、江尻方面に苦潮が発生して魚類を殺す。しかし風が止むと暫くで消失する。始め海水は褐色を帯びるが次第に黒味が増す。回復の際は再び次第に褐色を帯びて常態になる。この現象は短時間に経過すること、水中に黒色の微粒が浮遊することなどから、生物に起因するものでなくて、表層の吹送流に対する補償として風上に湧昇流を生じ、これが底層の酸素の少ない海水や黒色堆土の微粒を伴って表層に出て来て、魚類を一時窒息せしめるものと判断している。尙この湾には酸素含有層と無酸素層との境に特殊の有色プランクトンが見られたことはない。腐泥の黒色微粒は少量なら直ちに酸化されるが多量だと黒色のまゝに止る筈であり、それが回復時にはまた酸化されて褐色となり次第に沈殿して苦潮は終るものと思われる。東北の強風でもそれが天ノ橋立寄りである時は苦潮は起らない。その理由は宮津湾の表層水が湾奥へ圧されて與謝内海へ流入し、それが更に江尻の方へ流れて、湧昇流を起させないためと考えられる。他の方向の風の場合は大抵は苦潮を起さないようであるが、これも海盆の形態から説明がつくように思う。

底棲動物と海況の変化

この湾の重要底棲動物は多毛類の *Parionospio pinnata* と二枚貝のシジクガイ *Theora lubrica* の2種である。これらの動物の出現地点数は循環期に多く、停滞期に少い。1945年6月には15地点の中6地点からこれら2種を得、前者の分布は後者よりも廣かつた。全年11月には全地点に生物を見なかつたが、この時地点6では底層水の O_2 は消失していた。更に1946年4月には14地点中3地点に出現したが、全年11月には生物は全然見られなかつた。1947年6月には14地点中8地点に出現したが、その際の分布を見ると両湾奥では *P. pinnata* と *T. lubrica* が共に現われたが、切戸から湾奥に拡がる区域では *P. pinnata* のみで、密度も大きくて $1500/m^2$ 内外に達した。このような底棲動物の増加は、この調査の行われる前々春に、筆者等の勧告によつて大天橋と小天橋の間に啓開せられたためと想像している。(この水路は往年は漁船の出入が自由であつたが現在はボートも通過困難)。この年の秋には調査は行われなかつた。1948年3月18～19日の調査では14地点中12地点に *P. pinnata* が出現して、地点8では $95/m^2$ に達した。1946年4月4日には生物は湾奥の僅か3地点だけに見られ湾奥には全然見られなかつたのであるから、これを海況の回復によると判断してよからう。そしてイワシ漁況も数年振に活況を呈して13,000貫(推定2,000貫)を水揚げし、オホノガイ、アサリの生産も顯著に増加した。

総論

與謝内海の7回の調査資料及び見聞から次の如く考える。この内海の排水路は10数年以前には相当な深度を持ち、外洋水の流入も顯著であつたが、天橋立をつくつた漂砂はこの水路をも次第に埋めて行つた。過去にもこのようなことがあつて啓開をしたとも言う。このために外洋水の流入は減少し、表

第 3 表 與謝内海の底棲動物の調査成績
(1/50 m² 採泥, 昭和 22 年 6 月 20 日)

地 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
深 度(m)	6.5	12.0	12.5	9.5	12.5	13.0	12.5	12.0	13.0	11.5	9.5	9.5	6.5	5.5
透明度(m)	3.1	3.3	3.7	3.7	3.6	3.6	3.0	4.0	3.4	2.7	2.5	2.8	2.5	2.4
表面水温 (°C)	23.0	23.0	23.0	29.9	23.0	23.0	23.9	22.9	23.0	24.0	24.6	24.9	24.4	24.5
泥 温 (°C)	17.5	15.5	—	—	—	15.1	16.0	—	15.4	15.5	16.0	17.8	19.9	19.5
Polychaeta	23	—	—	1	32	31	—	33	29	—	—	—	122	42
<i>Parionospio pinnata</i>	(23)	—	—	(1)	(32)	(31)	—	(33)	(29)	—	—	—	(122)	(42)
Mollusca	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	6
<i>Theora lubrica</i>	(5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(30)	(6)
そ の 他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 計	28	—	—	1	32	31	—	33	29	—	—	—	152	48
種 類 数	2	—	—	1	1	1	—	1	1	—	—	—	2	2

第 4 表 與謝内海の底棲動物の調査成績
(1/50 m² 採泥, 昭和 23 年 3 月 19 日)

地 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
深 度(m)	7.5	12.0	12.0	12.0	10.0	13.0	12.5	11.0	13.5	10.5	8.0	6.5	5.5	5.5
透明度(m)	4.6	4.8	4.9	4.7	5.0	3.9	4.0	4.8	4.6	3.7	3.7	3.6	3.8	3.8
表面水温 (°C)	11.5	10.8	10.6	9.4	10.0	9.2	8.9	9.0	9.0	8.5	8.0	7.5	7.5	7.3
泥 温 (°C)	12.5	11.5	11.3	11.3	11.2	11.0	11.0	11.0	11.0	11.8	12.0	12.2	12.0	12.0
Polychaeta	2	10	13	20	73	22	32	95	80	—	—	48	88	31
<i>Parionospio pinnata</i>	(2)	(10)	(11)	(19)	(72)	(22)	(32)	(95)	(75)	—	—	(48)	(88)	(31)
Mollusca	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Philine miyadii</i>	—	—	—	—	—	(1)	—	—	(1)	—	—	—	—	—
そ の 他	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
合 計	2	10	13	20	73	23	32	96	82	—	—	48	88	31
種 類 数	1	1	2	2	2	2	1	2	5	—	—	1	1	1

第 5 表 與謝内海の貝類死骸堆積量
(1/50 m² 採泥, 昭和 21 年 11 月 1 日)

地 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
深 度(m)	8.0	11.0	13.0	10.5	12.0	13.0	13.0	13.0	13.5	11.0	9.0	6.5	6.5	5.0	
透明度(m)	2.9	2.5	2.5	2.9	3.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.8	1.8	2.3	1.9	
泥 温 (°C)	22.8	21.5	21.0	23.2	21.0	19.0	21.0	21.0	20.9	21.8	22.2	23.1	23.0	23.1	
二 枚 貝 類	<i>Theora lubrica</i>	88	42	70	18	40	264	172	123	673	54	61	48	256	206
	<i>Raeta pulchella</i>	1	3	1	2	—	15	3	6	5	1	2	—	4	—
	<i>Papyridae hugerfordi</i>	—	—	4	—	1	4	8	1	9	2	—	1	4	—
	その他	4	9	1	1	1	—	1	13	2	1	4	7	4	5
	殻片数	93	54	76	21	42	283	184	143	689	58	67	56	268	211
巻 貝 類	種類数	5	4	4	3	3	3	4	7	4	4	5	5	6	5
	<i>Fluvicin- gula nipponica</i>	9	1	—	—	1	—	1	—	—	—	—	2	—	1
	<i>Diala vitrea</i>	2	2	—	—	—	—	6	8	3	—	—	—	—	—
	その他	1	1	1	—	2	1	3	2	4	—	—	—	3	—
	殻 数	12	4	1	—	3	1	10	10	7	—	—	2	3	1
貝 類	種類数	3	3	1	—	3	1	4	3	3	—	—	1	3	1

層水の塩分は減少して垂直循環が困難となり、以前は夏期のみ無酸素となつた底層水が周年無酸素状態に近くなつた。従つて、腐泥は漆黒色となり、それが又溶存酸素を吸収するので遂に生物死圏が季節的から周年的となつた。吉村(1937)の調査では夏季とは云え塩分量が相当高いが、その後は多少低くなつてゐる。またこの湾底にはシヅクガイを主とし、チョノハナガイ、チゴトリガイ等の死骸が頗る多量に見られるが、これらはやゝ古いものである。しかしその生存がそんなに以前とは考え難く、従つて近年まで底層はわれわれの観測したほど悪い状態になつてゐなかつたと思われる。

1947 年春に小規模ながらも深度約 2 m 幅 15 m 位の水路が啓開せられて、宮津湾との海水の流通は以前より良好になつた(汽船の通る水道は別にあるが、これは距離が長いを海水の流入には余り役立たない)。このため、高鹹な海水が底層に流入し、低鹹の表層水は流出して垂直循環が冬春季に行われ、深層水は酸素の供給を受けて底質上に酸化層をつくつて再び以前の海況にもどりつつある。著減したイワシその他の魚族の循環も再び改善されて上記底棲貝類を始めとしてアサリ、オホノガイも沿岸に著しく増殖して來た。又カキの養殖も可能視されつつある。しかし湾口の漂砂の堆積は現在も続いているので、これに対する充分な対策ができない以上、尙將來もこの湾内漁業は同じ問題に悩まされることであらう。

與謝内海で行われたと同様の方法によつて深層に死圏をもつ湾の生産量を大きくして食糧生産に役立たせることが出来ると考えている。