

浅海養殖漁場における沈降性物質と 給餌量ならびに餌質との関係^{*1}

門脇 秀策^{*2}・加世堂照男^{*2}・中蘭 貫幸^{*2}
山下八百喜^{*3}・平田 八郎^{*4}

The Relation between Sediment Flux and Fish Feeding in Coastal Culture Farms^{*1}

Shusaku KADOWAKI^{*2}, Teruo KASEDO^{*2}, Tsurayuki NAKAZONO^{*2},
Yaoki YAMASHITA^{*3} and Hachiro HIRATA^{*4}

Abstract

Sediment flux in coastal culture farms was observed in order to estimate an environmental load resulting from fish feeding. Observations were made 63 times, between October 1977 and February 1980, in the farms located around the Fisheries Research Laboratory of Kagoshima University.

The sediments were collected from 3 stations: St. 1 in a sea bream farm, St. 2 in a yellow-tail farm, and St. 3 in a non-culture area. Water depth in the St. 1, 2, and 3 were: 8 to 12 m, 14 to 16 m, and 12 to 13 m, respectively. Polyethylene columns, 5 liters capacity with 17 cm opening, were set on the sea bottom at each station, and renewed every 4-days during the culture seasons. The samples were filtered after collection, and dried at 60°C for 5 days. The food quantity and quality were noted every day in each farm.

Average daily amounts of sediments in St. 1, 2, and 3 were calculated to be: 33.8, 23.0, and 14.6 g/m², respectively. The sedimentations were related to the amount of foods supplied, and to water depth. Some diffusion of biodeposits was observed in a deeper farm. The type of food supplied also affected the amount of sediment flux. The amounts of sediments ranged from 4.1 to 5.9 g/m² when the fish were fed daily on 1202 kg of fresh anchovies, but such amounts increased about 4 times, 17.0 to 21.6 g/m², when 1247 kg of frozen mackerel were supplied.

-
- ^{*1} 鹿児島大学水産学部附属水産実験所業績14号 (Contribution No. 14 from Fish. Res. Lab., Fac. Fish., Kagoshima Univ.)
^{*2} 鹿児島大学水産学部附属水産実験所 (Fish. Res. Lab., Fac. Fish., Kagoshima Univ., Azuma-cho, Izumi-gun, Kagoshima, 899-14 Japan)
^{*3} 山水産有限公司 (Yamashita Fish. Co. Ltd., Azuma-cho, Izumi-gun, Kagoshima, 899-14 Japan)
^{*4} 鹿児島大学水産学部増殖生理学講座 (Lab. Fish Cultivation Physiol., Fac. Fish., Kagoshima Univ., Kagoshima, 890 Japan)

まえがき

浅海養殖と自家汚染に関する研究は、1977年春におこなわれた日本水産学会のシンポジウムでもとりあげられており、その集録をみてもわかるようにすでに数多くの報告がなされている。しかし、その基本的課題である沈降物質量と給餌量ならびに餌質との関係については、まだ十分な解析がなされていない。萩野(1977)は、給餌量と沈降量との関係について、和歌山水試の水槽実験例や高知水試の養殖漁場例をとりまとめているが、いずれの資料も数例にすぎない。

このように給餌量と沈降物質量とに関する資料不足の主な理由は、養殖漁場における資料収集の至難さによるものである。特に、その現場における正確な給餌量はむしろ把握しにくいのが通例である。幸い、本水産実験所の目前に大規模な浅海養殖場が広がっており、1977年以來、その養殖業者と本水産実験所との共同研究が可能になったので、ここに沈降物質量と給餌量や餌質との関係をまとめることができた。

なお、養魚に伴う沈降物質の研究は比較的新しい分野なので、その用語はまちまちである(萩野, 1977; 畑, 1979; 小山, 1975; 田中, 1977)。それで本文では、単位面積あたりの日間沈降物量を「沈降物質量」と呼ぶこととし、その単位は $g/m^2 \cdot day$ で表示した。

本研究は鹿児島県東町役場、東町漁業協同組合および全日本鹹水養魚協会からの受託研究費によっておこなったものであり、関係各位に厚くお礼を申しあげる。さらに、本研究に対し懇切な御助言を賜った北海道大学富士昭教授ならびに香川大学田中啓陽博士に深謝の意を表す。また、終始本調査に御協力を賜った本学部の四宮明彦教官および山下水産(有)の山下功氏に感謝する。

調査方法

本調査漁場は、井上・他(1970)の区分によれば、典型的な小海峡利用型養殖漁場であり、東シナ海と八代海を往復する潮汐の変動が大きく、生簀周辺の潮流は $1 \sim 2 \text{ kt}$ に達することが多い。本養殖漁場は Fig. 1 に示す如く、その面積はおよそ 10 ha であり、約300枠もの生簀(主に $7 \times 7 \times 5 \text{ m}^3$)が浮いている。また、この養殖漁場からの年間生産量はおよそ 400 t と推定されている。

調査地点は、マダイ養殖生簀群(St. 1; a~c)とハマチ養殖生簀群(St. 2; a~c)の他に、これら生簀群から約 500 m 離れた非養殖漁場(St. 3; a または b)の3区を対象とした。St. 1の水深は $8 \sim 12 \text{ m}$ と比較的浅いが、St. 2およびSt. 3の水深は、それぞれ $14 \sim 16 \text{ m}$ および $12 \sim 13 \text{ m}$ であった。なお、St. 3の調査は、1977年12月まではa点とし、それ以降はb点とした(Fig. 1)。

沈降物質の採集は、門脇・他(1978)の方法によっておこなった。すなわち、口径 17 cm 、筒長 25 cm の円筒ポリ容器を「浮き」と「重り」によって、海底より $60 \sim 80 \text{ cm}$ の部所に浮立せしめ、その容器内に沈殿した沈降物は、ほぼ4日毎に回収し、2号ろ紙によりろ過を施し、 60°C にて2日間乾燥させた後秤量した。また、給餌量や餌質は、調査期間中、毎日、生簀群毎に記帳した。

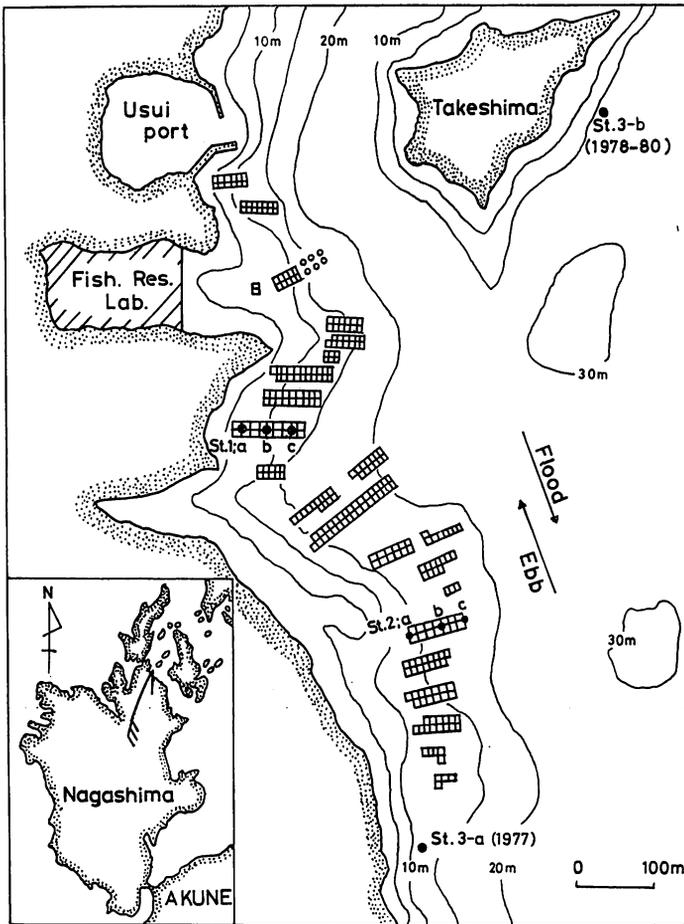


Fig. 1. Map showing the experimental stations in a coastal fish farm with isobath.

調査期間は1977年10月から1980年2月までの間、断続的ではあるが、のべ63回、285日間にわたっておこなった。春季の3~5月には生簀の交換や移動がおこなわれるので、その間における調査はできなかったが、給餌最盛期の10~12月には4日毎の定期的調査を3年間にわたって実施した。

結果および考察

本調査における全ての資料は Table 1 に表示した。また給餌量と沈降物質量は Table 1 にもとづいて、それぞれ3点移動平均値を求め、Fig. 2 にそれらの相関関係を St. 別（水深別）に図示した。給餌量と沈降物質量との関係は各 St. とも「ばらつき」はあるものの、いずれの場合にもほぼ正の相関がうかがわれた（St. 1 での $r = +0.49$ 、また St. 2 では $r = +0.58$ ）。

図をみてわかるように、St. 1（マダイ生簀群）ではその傾斜が比較的「急」であるのに対

Table 1. Daily amount of sediment flux and food supplied.

Item	SEDIMENT (<i>dry-g/m²·day</i>)						FOOD (<i>kg/day</i>)			
	Sea bream (St. 1)			Yellowtail (St. 2)			Out of farm	Sea bream	Yellow-tail	
	Substation	a	b	c	a	b	c			(St. 3 a or b)
Depth	8 m	10 m	12 m	14 m	15 m	16 m	12~13 m			
<u>1977</u>										
Oct.	13-17	—	47.5	—	23.2	61.9	67.2	36.5	1770	1120
	17-21	—	—	—	32.1	59.7	39.8	21.0	1010	2240
	21-25	—	—	—	44.2	58.6	49.7	24.3	760	1370
	25-29	—	51.9	—	45.3	84.0	32.1	18.8	760	1370
	29-2	—	65.2	—	33.2	22.1	32.1	17.7	1590	1360
Nov.	2-7	—	59.7	—	44.2	19.9	24.3	24.3	3850	2430
	7-11	—	47.5	—	51.9	32.1	26.5	30.9	1010	1530
	11-15	—	40.9	—	47.5	24.3	28.7	37.1	840	2970
	15-19	—	36.5	—	34.3	26.5	29.8	21.0	1460	1440
	19-24	—	22.1	—	45.3	18.8	19.9	14.4	2080	1150
	24-28	—	16.6	—	51.9	25.4	28.7	16.6	1390	2870
	28-2	—	18.8	—	37.6	18.8	11.1	15.5	1130	1260
Dec.	2-7	—	19.5	—	32.1	13.3	12.2	11.7	540	920
	7-12	—	23.2	—	19.9	14.4	12.2	13.9	1020	430
	12-16	—	21.0	—	18.8	17.7	14.4	19.4	530	1670
<u>1978</u>										
June	6-10	11.4	19.5	9.5	18.9	15.5	14.3	16.5	980	850
	10-14	20.8	21.3	15.3	10.0	9.2	6.0	5.8	1950	1030
	14-18	22.7	48.0	45.3	19.6	23.2	27.9	9.5	750	1090
	18-22	20.8	32.4	21.0	21.4	20.0	19.8	15.8	1240	2360
	22-26	13.7	12.0	10.7	14.7	17.1	17.2	20.1	980	1240
	26-1	3.1	6.8	2.2	4.9	5.3	4.6	4.1	1510	1190
July	1-6	8.4	9.1	8.3	3.9	2.6	—	6.0	1560	720
	9-13	3.5	4.3	7.7	3.3	—	—	—	990	1240
Sep.	5-9	55.1	53.0	25.4	—	—	—	13.1	1050	—
	9-13	68.4	32.6	35.3	—	—	—	11.8	1660	—
	13-17	50.2	58.5	49.9	—	—	—	28.4	710	—
	17-21	72.3	30.3	17.8	—	—	—	28.8	1500	—
	21-25	42.5	52.6	12.2	—	—	—	23.0	1690	—
	25-29	21.5	49.8	38.9	—	—	—	6.4	1800	—
Oct.	3-7	57.6	93.3	53.1	—	—	—	28.1	1910	—
	7-11	63.9	60.5	44.5	—	—	—	24.4	940	—
	11-15	60.7	59.8	50.5	—	—	—	16.8	940	—
	15-19	44.1	37.6	41.7	—	—	—	—	1500	—

Table 1. (Continued)

Item	SEDIMENT (<i>dry-g/m²-day</i>)						FOOD (<i>kg/day</i>)		
	Sea bream (St. 1)			Yellowtail (St. 2)			Out of farm	Sea bream	Yellow-tail
	Substation	a	b	c	a	b	c		
Depth	8 m	10 m	12 m	14 m	15 m	16 m	12~13 m		
19-23	38.0	54.9	31.2	—	—	—	—	1760	—
23-27	42.8	53.4	23.4	—	—	—	3.4	1880	—
27-31	25.4	70.7	42.7	—	—	—	19.6	1900	—
31-4	36.8	46.3	43.8	—	—	—	15.7	1800	—
Nov. 4-8	33.4	57.8	—	—	—	—	6.7	870	—
12-16	22.2	42.1	64.3	—	—	—	5.5	1880	—
16-20	28.0	20.4	16.8	—	—	—	4.3	900	—
20-24	44.8	—	—	—	—	—	10.3	940	—
24-28	50.4	23.9	27.9	—	—	—	5.6	640	—
28-2	71.0	27.1	23.2	—	—	—	12.9	1120	—
Dec. 2-7	70.9	21.8	11.6	—	—	—	10.8	730	—
7-11	30.5	30.0	14.8	—	—	—	9.3	480	—
14-18	11.8	17.3	7.0	—	—	—	6.9	560	—
<u>1979</u>									
Oct. 8-12	31.5	49.1	46.8	43.1	9.6	4.4	5.1	580	1630
12-16	31.5	31.0	22.2	44.4	39.8	22.8	6.3	1000	2830
16-20	55.1	87.7	41.7	66.2	8.5	11.4	9.9	540	2310
20-24	24.6	60.9	54.7	24.5	5.1	6.5	12.1	1200	3260
28-1	19.3	104.7	17.6	3.6	12.8	11.2	9.8	990	4130
Nov. 1-5	12.1	51.9	52.5	19.5	11.7	11.4	11.4	480	4050
5-9	19.9	67.4	43.5	22.9	9.4	18.8	17.8	1020	1990
9-13	8.5	135.9	29.5	22.8	29.2	12.3	11.0	1110	4070
13-17	21.8	53.6	43.7	9.8	41.3	15.5	16.8	1050	3380
17-22	18.6	150.0	13.6	7.9	20.1	8.8	7.0	750	1550
<u>1980</u>									
Jan. 4-8	13.0	11.9	6.2	20.0	10.7	11.4	19.8	720	1130
11-14	5.2	7.9	6.2	9.5	9.2	10.8	5.9	920	840
14-17	14.0	31.0	17.6	15.8	12.6	14.8	15.0	680	800
21-25	5.0	8.5	7.3	26.4	7.4	4.8	7.3	540	470
25-29	25.2	11.4	19.3	—	67.8	10.1	9.2	680	660
29-2	9.5	11.9	7.5	—	8.0	6.9	8.9	380	240
Feb. 2-6	8.6	7.6	14.5	—	—	9.9	10.0	840	300
mean	30.6	41.7	27.0	26.9	23.5	18.7	14.6	1147	1687
(a+b+c)/3		33.1			23.0		14.6	—	—
sediment/food		28.9			13.6		—	1000	1000

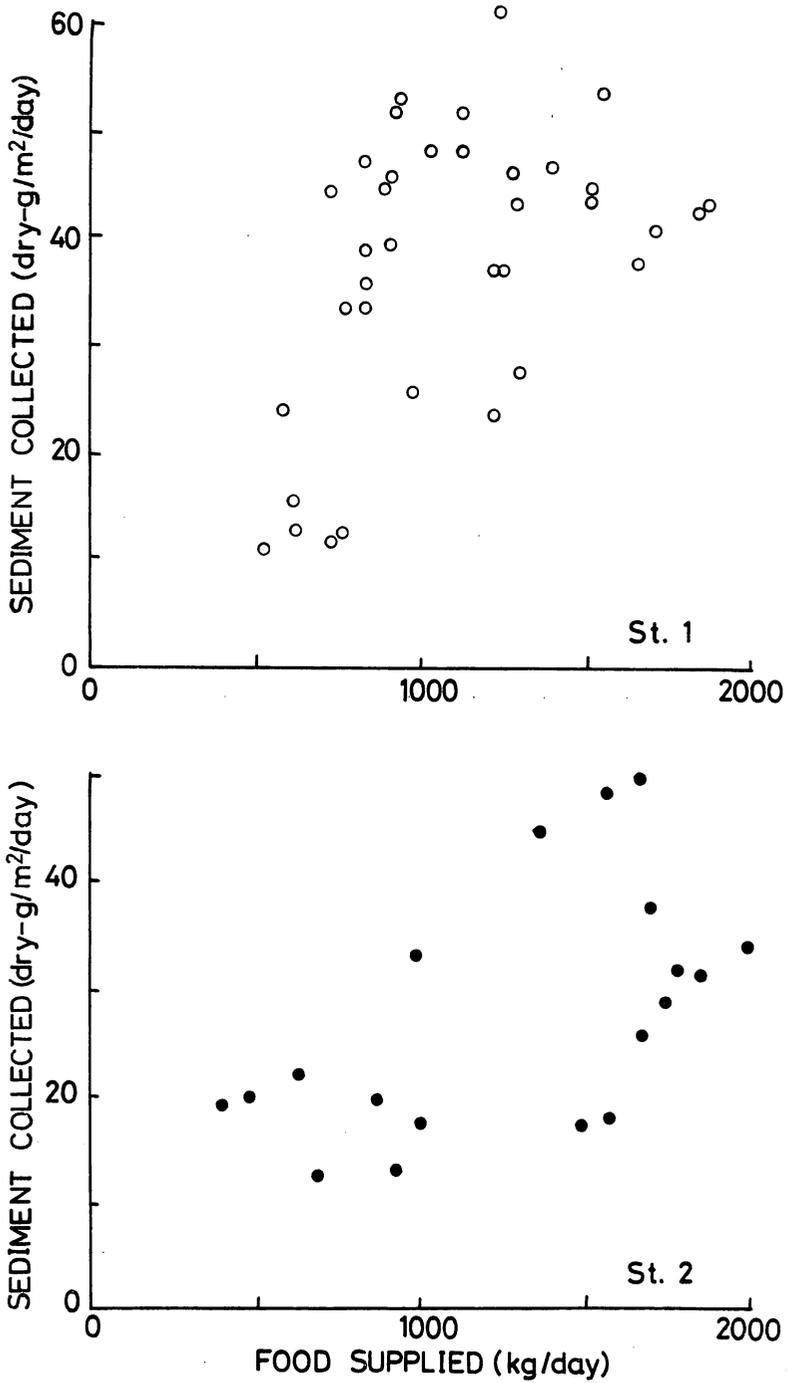


Fig. 2. Relation between daily amount of food supplied and sediment. Upper and lower diagrams show the results obtained from sea bream and yellowtail farms, respectively.

し、St. 2 (ハマチ生簀群) のそれは「緩やか」な傾きを示した。このことは、魚種の違いというよりも、St. 1 の水深が 8~12 m と比較的浅かったのに対し、St. 2 のそれは 12~16 m であり、水深の深い生簀群の方が懸濁物の拡散が大きいためと考えられる。

また、全調査資料を通して、給餌量 1t 当りの沈降物質量は Table 1 の最下欄に表示した如く、St. 1 の a~c では平均値で 28.9 $dry-g/m^2 \cdot day$ であり、一方、St. 2 の a~c では、平均 13.6 $dry-g/m^2 \cdot day$ であった。これらの値は、山内 (1979) のワムシ飼育例にもとづいて乾・湿換算すると、St. 1 で 444.5 $wet-g/m^2 \cdot day$ 、また、St. 2 では 209.2 $wet-g/m^2 \cdot day$ と算出された。従って St. 1 および St. 2 における給餌量 1t に対する沈降物質量 (湿重) の比率は、それぞれ、約 30 および 15% と推定された。

萩野 (1977) は湾央型養殖漁場における給餌量と沈降物質量の比は約 10% 程度であると述べているが、本調査の如く海峡型養殖漁場ではそれより比較的の高い値が得られた。このことは水深などに伴う拡散条件の差によるものと思われる。

一方、養殖生簀群から 500 m ほど離れた St. 3 の非養殖漁場における沈降物質量は、全期間を通して平均 14.6 $dry-g/m^2 \cdot day$ であり、その値は、St. 1 や St. 2 の養殖漁場のほぼ半量であった (Table 1)。このことは養殖漁場から非養殖漁場への浮遊懸濁物の拡散を意味するものであり、今後、深度、潮流などの要因を加味しながら調査を重ねる必要があろう。

Table 2. Seasonal variation of sediment flux ($dry-g/m^2 \cdot day$) in different farm.

Season	Sea bream	Yellowtail	mean
	St. 1 (8-12 m)	St. 2 (14-16 m)	
Summer (Jun-Jul)	15.7	12.1	13.9
Autumn (Sep-Nov)	44.6	28.8	36.7
Winter (Dec-Jan)	19.8	17.7	18.8

また、養殖漁場における沈降物質量の季節的変動は Table 2 に示した如く、9 月から 11 月の秋季にかけて平均 36.7 $dry-g/m^2 \cdot day$ と最も多く、冬季 (12 月~1 月) や夏季 (6 月~7 月) のそれは、秋季のおよそ 45% と少なく、平均して 16.4 $dry-g/m^2 \cdot day$ であった。このように秋季にその沈降物質量が多くみられたのは、その時期が給餌の最盛期に相当するためと考えられる。

Table 3. The amount of sediment flux influenced by food quality.

Type of food	Date	SEDIMENT ($dry-g/m^2 \cdot day$)		FOOD (kg/day)	
		Sea bream (8-12 m)	Yellowtail (14-16 m)	Sea bream	Yellowtail
Frozen mackerel (June 6- June 26)		21.6	17.0	1180	1314
Fresh anchovy (June 27- July 13)		5.9	4.1	1353	1050

本調査結果で、いま一つ興味のあることは餌料の種類による沈降物質量の違いである。Table 1 に示した 1978 年 6 月 6 日から同 26 日までは冷凍サバを与えていたが、翌 27 日から 7

月13日にかけては、漁獲直後の生鮮マイワシを給餌していた。これら両餌料による沈降物質量の相違が明瞭に現われたので、Table 3 にそれらの平均値をまとめてみた。両餌料の平均日間給餌量はいずれも、1200~1300 kg/day とほぼ同程度であったが、平均沈降物質量は冷凍サバの給餌期間では $17.0\sim 21.6 \text{ dry-g/m}^2\cdot\text{day}$ であったのに対し、生鮮マイワシ給餌の場合は、その約1/4量の $4.1\sim 5.9 \text{ dry-g/m}^2\cdot\text{day}$ と極めて少量であった。この生鮮マイワシは養殖業者自身によって漁獲されたものであり、餌質の違いと鮮度の良さがこのように沈降物質量の減少をもたらしたともいえる。従って、養殖業者自らの手による餌料の確保は、理想的な浅海養殖業のあり方を示すものとして評価し得るのではなからうか。

最近、海洋における堆積物(Sediment)に関する研究は単に養殖業とのかかわり合い(新田, 1980; 田中, 1977)のみならず、海洋物理・化学の分野でも新たな課題として注目されるようになってきた(半田, 1979; 畑, 1979; 平田・他, 1979; ISEKI *et al*, 1980; 西沢, 1966)。

半田(1979)はセジメント・トラップに関して総説しており、海洋における堆積物に関する様々な現象が解明されつつある。一方、養魚に伴う自家汚染は赤潮の問題とも関連して注意深く取り扱われている(花岡, 1980; 新田, 1980; 田平, 1978)。このように、海洋における底堆積物の研究は自然科学と社会科学との両面からその重要性が高まってきている。今後、本調査結果ならびに養殖漁場における溶存酸素量の航走連続記録(門脇・他, 1978)などを参考として、その漁場における底堆積機構ならびに拡散状態について検討を加えたい。

文 献

- 萩野静也(1977):“浅海養殖と自家汚染”, 31-41 (恒星社厚生閣, 東京)。
 花岡 資(1980):“赤潮に関する近年の知見と研究の問題点”, 1~4 (日本水産資源保護協会, 東京)。
 半田暢彦(1979):対話「セジメント・トラップ」, 海洋科学, 11 (12), 959-964。
 畑 幸彦(1979):海洋, 主として沿岸域における沈降粒子捕集器とその捕集物。同上, 11 (12), 996-1002。
 平田八郎・山口照男・楨田隆史(1979):海面における溶存酸素量の水平的変化と海中懸濁物量との関連性。琉球島弧周辺海域における陸棚漁場の開発利用に関する研究, 昭和53年度特定研究経過報告書, 44-53, 鹿大水。
 井上裕雄・田中啓陽・福田 清(1970):浅海養殖場における海水の交流について—II 田浦ハマチ養殖場の場合。日水誌, 36, 776-782。
 ISEKI, K., F. WHITNEY and C. S. WONG (1980): Biochemical Changes of Sedimented Matter in Sediment Trap in Shallow Coastal Waters. *Bull. Plankton Soc. Jap.*, 27 (1), 27-36。
 門脇秀策・加世堂照男・中藺貫幸・平田八郎(1978):浅海養殖漁場における DO の航走連続記録—II。給餌に伴う浮遊懸濁物の拡散。鹿大水紀要, 27, 281-288。
 小山忠四郎(1975):湖沼堆積物の物質変化の機構に関する生物地球化学的考察。水処理技術, 16, 19-39。
 窪田敏文(1977):“浅海養殖と自家汚染”, 9-18 (恒星社厚生閣, 東京)。
 西沢 敏(1966):海中懸濁物:デトライタスから共棲小宇宙まで。日本プランクトン学会報, 113, 1-33。
 新田忠雄(1980):“赤潮に関する近年の知見と問題点”, 211-214 (日本水産資源保護協会, 東京)。
 田平紀男(1978):“過密養殖防止のための漁場利用規制。ハマチ養殖に関する法的考察。鹿児島湾における赤潮の研究”, 112-121 (鹿児島県漁連・他2団体, 鹿児島)。
 田中啓陽(1977):“浅海養殖と自家汚染”, 42-51 (恒星社厚生閣, 東京)。
 山内達也(1979):シオミズツボワムシのフィードバックシステムにおける老廃物分解作用に関する研究, 鹿児島大学水産学部修士論文。