

## 浅海養殖漁場における DO の航走連続記録—II\*<sup>1</sup>

給餌に伴う浮遊懸濁物の拡散

門 脇 秀 策\*<sup>2</sup>・加世堂 照 男\*<sup>2</sup>

中 蘭 貫 幸\*<sup>2</sup>・平 田 八 郎\*<sup>3</sup>

### Continuous Records of DO Contents by Cruising in the Coastal Culture Farms-II

Diffusion of Suspended Particles by Feeding

Shusaku KADOWAKI, Teruo KASEDO, Tsurayuki NAKAZONO  
and Hachiro HIRATA

#### Abstract

The observations were made to find out the mechanism of suspended particles diffusion in waters around the fish floating cages after feeding.

Water samples were taken around the culture farms by using polyethylene bottles near the Fishery Research Laboratory, Faculty of Fisheries, Kagoshima University. Suspended particles were determined immediately after sampling on board a 5-ton vessel Azuma by using a Coulter Counter model ZB. Bacterial population densities were determined using a modified ZoBell's medium.

Average weight of the bio-deposits was 37.2 dry-g/m<sup>2</sup>/day. The maximum amount, 91.0 dry-g/m<sup>2</sup>/day, was observed in the end of October when the fish were fed the maximum foods, 3375 kg/day. The amounts of bio-deposits were closely related to the amounts of foods supplied in fish cages.

#### ま え が き

沿岸は、漁船漁業や浅海養殖業を営むうえで欠くことのできない漁場である。殊に、最近200カイリ海洋法が施行されるにつれて、沿岸を見直そう、という気運が高まってきた。ところが、一方では、それと逆行するかのようによ沿岸における環境汚染の度合が年を追って進行しているのである(村上, 1976)。かかる今日、沿岸漁場における水族環境生理学的研究は、漁船漁場の合理化をはかるうえでも、また、浅海養殖漁場の環境を保全する面からも極めて重要な課題になってきた。

\*<sup>1</sup> 鹿児島大学水産学部附属水産実験所業績6号 (Contribution No. 6 from the Fish. Lab., Fac. Fish., Kagoshima Univ.)

\*<sup>2</sup> 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, Kagoshima, 899-14 Japan)

\*<sup>3</sup> 鹿児島大学水産学部増殖生理学講座 (Lab. Fish Cultivation Physiol., Fac. Fish., Kagoshima Univ., Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

それで筆者らは前報(門脇・他, 1978)において、浅海養殖漁場の環境生理学的機構を把握する目的で、DOの航走連続記録法(平田・他, 1978a)により、生簀周辺の低酸素化と養魚の収容密度との相関について報告した。しかし、給餌に伴う浮遊懸濁物質もその低酸素化を招く一因と考えられるので、本調査では、その浮遊懸濁物の拡散とDOなどとの関係を調べることにした。

養魚に伴う自家汚染物質の物理的挙動については、すでに萩野(1977)や田中(1977)らによって綜説されているが、給餌直後の浮遊懸濁物の混合や拡散等は、今後に残された問題点として指摘されている(萩野, 1977)。今回、私達は、Coulter Counterを用いて、給餌前後におけるその挙動について調べたところ、その浮遊物質はDOの低下やバクテリア数の増加にも関与していることがわかった。ここに、その結果を報告する。

本文に入るに先立ち、養殖生簀周辺における本調査を心よくお認めいただいた山下水産の山下八百喜社長に深謝の意を表す。また、本調査を行なうに対し、種々御協力を仰いだ鹿児島大学水産学部の川村軍蔵博士、小平田栄一技官、同学部増殖生理学講座の大学院生のP. GABASA、児玉正俊、前香二、前田正彦、鶴丸正則、研究生の松田宗之の各氏に感謝する。なお、本研究の一部は菱和化成株式会社からの奨学寄附金によるものであり、関係各位に厚くお礼申しあげる。

## 方 法

本調査は、1977年10月から1978年7月までの間におこなったものである。すなわち、給餌量と沈殿物量との関係の調査は給餌料の最も多く与える10月から12月にかけて行なった。その後、浮遊懸濁物質の挙動を解析するために、その懸濁物量と透明度(1978年1月)、投餌中のDO変化(同年2月)、バクテリアの分布(同年7月)などを調べた。

海底沈殿物は、5lポリビンの底を切り取り、Fig. 1に示す如く、海底より60~80cmほど離れた部所に倒立せしめ、4~5日毎に採集した。その重量は乾燥器で乾燥させて定量した。

給餌中のDO変化は前報(門脇・他, 1978)の方法とほぼ同じ要領でおこなったが、その測定コースは給餌作業船を避けて通過するので生簀から5~7mの距離をもたせた。

浮遊懸濁物量は平田・他(1978b)の方法に準じてCoulter Counter ZB型を用いて測定した。そのCounterの調整は、280 $\mu$ のaperture tubeをセットし、10K matching, 6gain trim, 1 amplification および0.177 aperture currentとした。なお、浮遊懸濁物のサイズ組成は検鏡によって計測した。

バクテリアの定量は、ZoBell 改変培地(HIDAKA and KAKIMOTO, 1968)を用い、Most Probable Number (MPN)法によって調べた。

Coulter Counter用ならびにMPN法用の採水は、直径3cm、長さ27cmの塩化ビニールパイプを手にして潜水し、生簀直下や周囲の定めた部所で両端にゴム栓を施して船上に持ち帰った。その調査船は本水産実験所所属の「あづま」(5ton)であり、Coulter Counterによる計数は、採水後すみやかに船上でおこなった。

調査地点は前回と同様に、本水産実験所より約1km離れた鹿児島県出水郡東町の薄井養殖海域である。

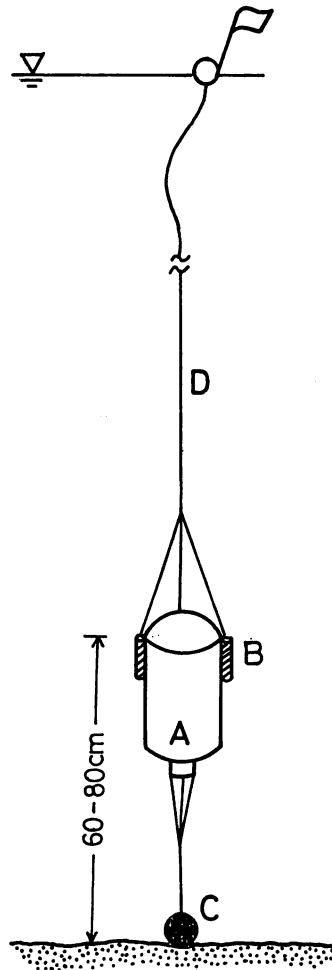


Fig. 1. Schematic view of collector.

A: polyethylene bottle (5 liters), B: float, C: weight, D: Cremona rope in 8mm diameter.

## 結 果

給餌量と沈積物量に関する調査結果は Fig. 2 に示したとおりである。この調査を開始した10月20日頃における日間給餌量は1.4 ton/day と比較的少ないが、11月には、ほぼ2.0 ton/day と、その後、その量は次第に増量された。そして、11月下旬から12月上旬にかけて、再び給餌量は0.8 ton/day まで減量された。

一方、その間における、沈積物量は乾重量で当初の35.5 g/m<sup>2</sup>/day であったが、11月の盛期には45 g/m<sup>2</sup>/day へと増加した。その後、餌の減量とともに、沈積量も減少し、終期の12月中旬には、その沈積量は約20 g/m<sup>2</sup>/day と算出された。

このような結果から、給餌量が1.4倍に増えると沈積量は1.3倍となり、逆に、給餌量が

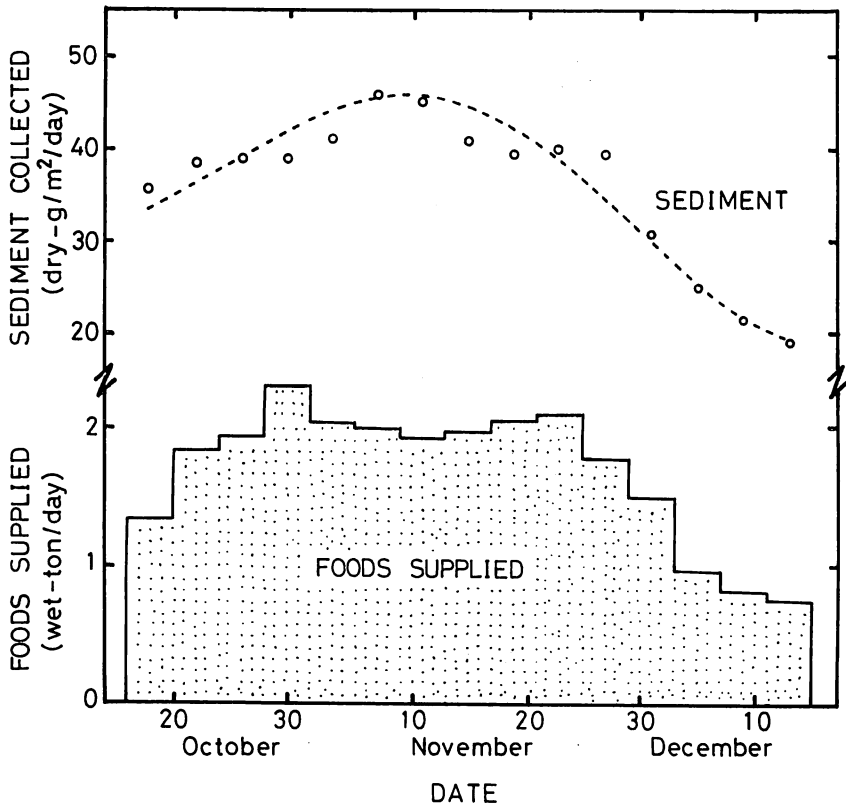


Fig. 2. Relation between food supplied and sediment collected.

1/2.5に減量すると、その沈積量は1/2.3に減少した。従って、給餌量と沈積量との間に強い関連性をみることができた。

次に、浮遊懸濁物質について検討すると、まず、その大きさは10~80 $\mu$ であり、また、そのピークは Fig. 3 に示すように30 $\mu$ 前後であった。このような浮遊懸濁物は給餌中には2~3倍に増加し、しかもその時、DOもまた0.2~0.6 ppm程度の減少を示したのである (Fig. 4)。

Fig. 5 は給餌に伴う0~4 m層の浮遊懸濁物量と透明度との変化を経時的に示したものである。この図からも明らかなように、給餌時には、浮遊懸濁物量はほぼ2倍に増えており、それとともに、透明度は11 mから9 mへと浅くなっていた。このように、懸濁物量と透明度との間に顕著な逆相関の関係がみられたが、約1時間後には、ほぼもとの状態に復元した。

浮遊懸濁物の垂直分布は Table 1 に示したとおりである。給餌の影響は0 m層で約2倍増となり、より大きく影響を受けていたが、4~6 m層では給餌前後による差はみられなかった。

また、生簀の周囲とその直下における浮遊懸濁物量の分散変化について調べてみると、その結果は Fig. 6 に示した如く、生簀の直下における懸濁物量はその周囲より2倍の増加を示すことがわかった。この傾向は Table 2 に示したバクテリアの濃度を調べた結果でもほぼ同様

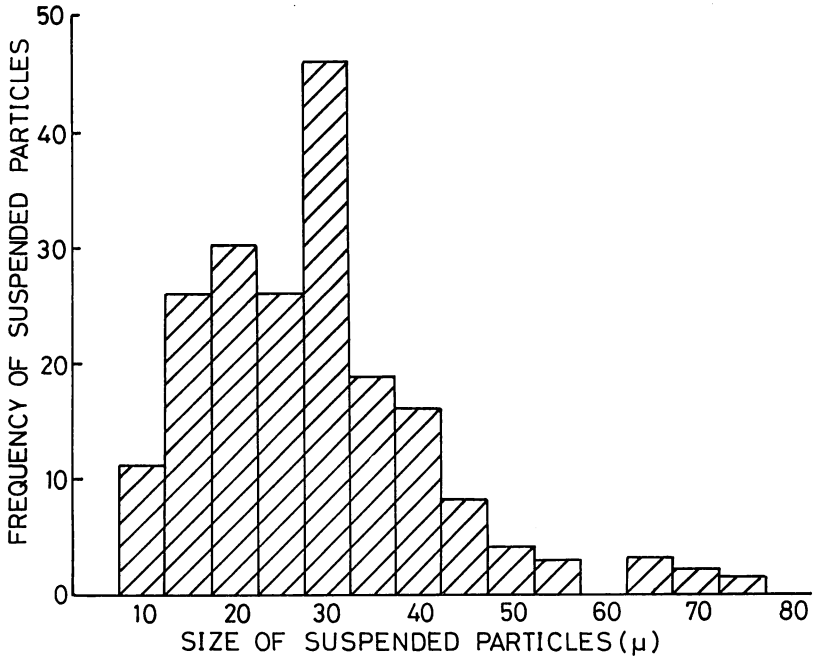


Fig. 3. Size distribution of suspended particles measured by microscope.

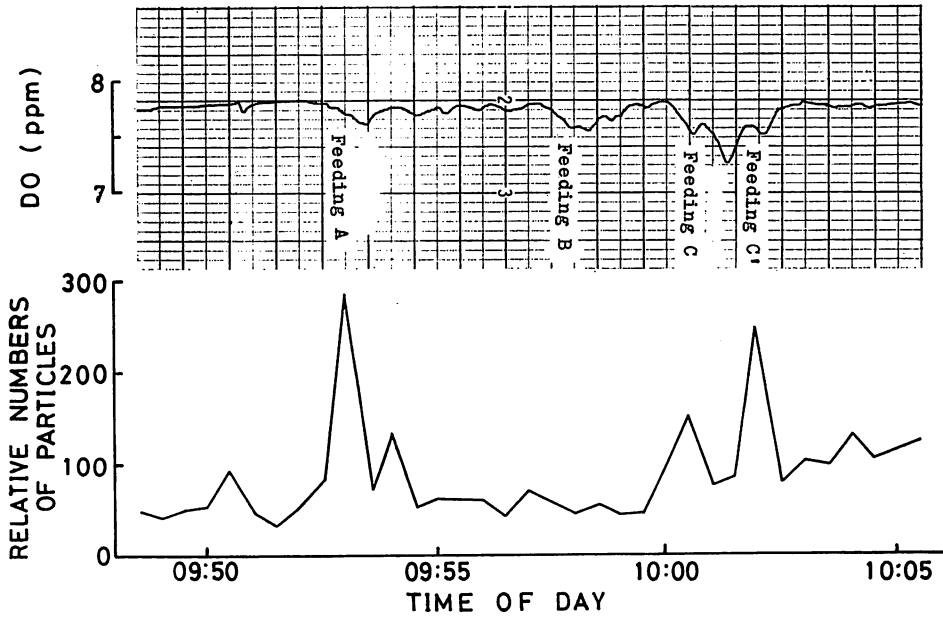


Fig. 4. Variations of DO content and number of particles during feeding.

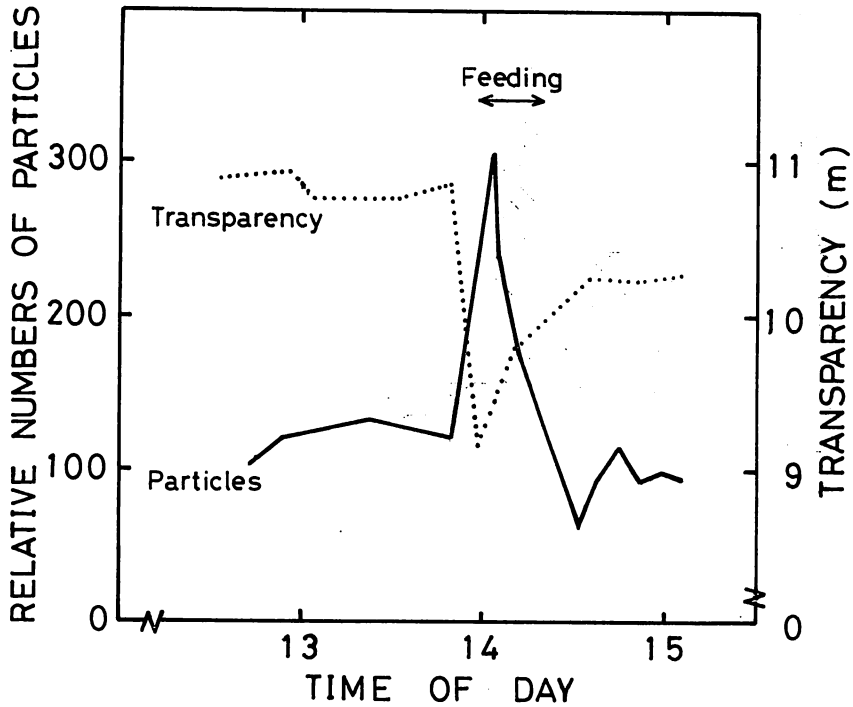


Fig. 5. Relation between density of particles and transparency in feeding.

Table 1. Vertical distribution of suspended particles. (number per ml).

Depth (m)	Pre-Feeding	Feeding	Post-Feeding	mean
0	126	223	102	129
2	113	157	88	109
4	106	100	96	101
6	132	138	92	116
8	118	159	90	112
mean	118	155	93	

Table 2. Correlation between density of particles and number of bacteria (log N/ml) at each station.

Station	Relative number of particles	Number of bacteria (log N/ml)
Bottom	442.1	8.04
Side	272.4	5.36
Off shore	253.2	4.00

に伺うことができた。生簀直下におけるバクテリアの濃度は8.04 log N/ml 以上であったが、生簀の周囲におけるその濃度は5.36 log N/ml であった。なお、約1 km ほど離れた沖合水中のバクテリア濃度は4.00 log N/ml 以下であった。一方、浮遊懸濁物の例では、生簀

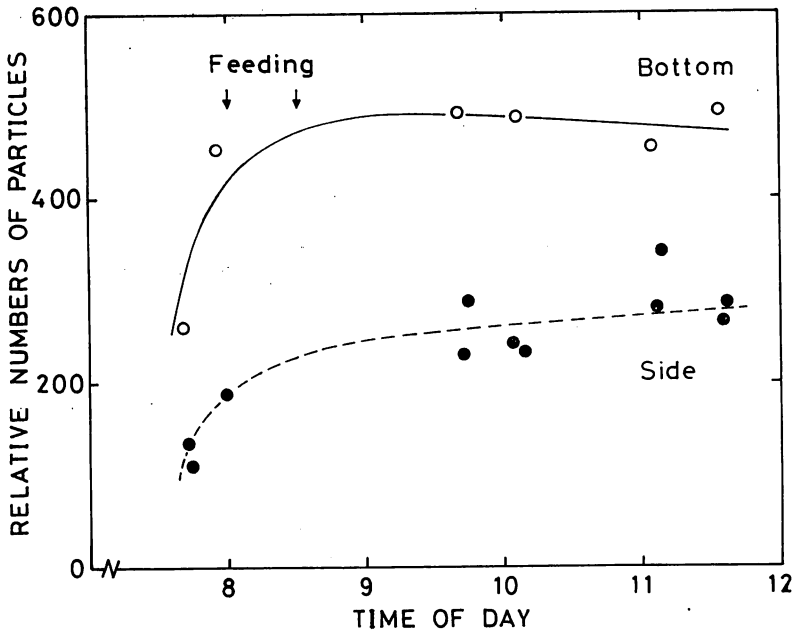


Fig. 6. Variation of particles around fish cages in feeding.

直下で相対値 442 N/ml であったが、その周囲では相対値 272 N/ml 平均であった。このようにバクテリアの濃度と浮遊懸濁物の増減との間に正の相関関係を伺うことができた。

#### 考 察

以上、ハマチ養殖の給餌に伴う浮遊懸濁物の拡散について検討したが、給餌直後、その量はおよそ 2 倍に増加することがわかった。特に、生簀直下においてその傾向は顕著であった。従来、給餌前後、あるいは生簀直下における浮遊懸濁物量の調査は萩野 (1977) が指摘するように、未解決のままであったが、それは一つには方法的困難性によるものと思われる。生簀直下の採水は、潜水によるのが簡便ではあるが、給餌前後には素潜りでも、時にはハマチが餌をとらなくなることもあるので、所定の時に所定の場所から採水することは極めて困難である。今回の調査で、そのことがまず第一の問題であった。

次に、生簀周辺における潮流はハマチの遊泳行動によって対流現象 (南沢, 1976) なども加わってくるので、特に給餌中には流向流速ともに複雑な様相を呈するのである。従って、浮遊懸濁物のマイクロな拡散状態は把握しにくい。本調査で得た Table 1 の結果のように、4~6 m 層における浮遊懸濁物量が給餌の前後でも変化を示さなかったのは、そのような対流のためと思われる。

井上 (1971) は浮上した底泥による酸素消費について調べており、また、中村・萩野 (1973) は溶存懸濁物の拡散の見積り方について理論づけているが、その際、DO が一つの指標としてとりあげられている。筆者らは前報 (門脇・他, 1978) において、DO の航走記録によって生簀全体の酸素消費量を試算したが、本調査では浮遊懸濁物による酸素消費も考えられるので、今

後、室内実験などを加味しながら、浮遊懸濁物とDOとの関係を追求する必要がある。

なお、本調査で、Coulter Counterによる計数値とMPM法によるバクテリア生菌数との間に高い相関をみたが、この点については、ICHIKAWA and NISHIZAWA (1975)、石田・他 (1978) 等の報告を参考としてさらに検討を加えたい。

#### 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, 日本).
- 平田八郎・山口照男・植田総一・門脇秀策・東川勢二 (1978 a): 赤道周辺海域におけるDOの航走連続記録-I. 低酸素帯の検出法とその分布. 日水誌, 44, 819-821.
- 平田八郎・山口照男・植田総一・門脇秀策・東川勢二 (1978 b): 赤道周辺海域におけるDOの航走連続記録-II. 低酸素帯と懸濁物量ならびにマグロ類の釣獲率との関係. 日水誌, 44, 823-826.
- HIDAKA, T. and D. KAKIMOTO (1968): Studies on the marine bacteria—III. On the effect of minerals on the Lysis of bacteria in Hypotonic medium. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 34, 73-77.
- ICHIKAWA, T. and S. NISHIZAWA (1975): Particulate organic carbon and nitrogen in the Eastern Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 29, 129-138.
- 井上裕雄 (1971): ハマチ養魚場の環境, とくに底質について. 農業土木, 39, 522-529.
- 石田祐三郎・田中孝典・門田 元 (1978): 水中の好気栄養細菌の計数法の改良. 昭和52年度日水学会春季大会講演.
- 門脇秀策・加世堂照男・中藺貫幸 (1978): 浅海養殖漁場におけるDOの航走連続記録-I. 2・3の記録例とその解析, 特にDOと養魚密度. 鹿大紀要, 27, 273-280.
- 南沢 篤 (1968): “ハマチ養殖12ヵ月”. p 156, (緑雪房, 東京, 日本).
- 村上彰男 (1976): “赤潮と富栄養化”. 1-207, (公害対策技術同友会, 東京, 日本).
- 中村 充・萩野静也 (1973): 溶存懸濁物質の拡散の見積り方. 水産土木, 17(1), 53-60.
- 田中啓陽 (1977): “浅海養殖と自家汚染”. 42-51, (恒星社厚生閣, 東京, 日本).