

淡水養魚池における従属栄養細菌の生態学的研究 (3)

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 誌名 | 水産増殖 = The aquiculture |
| ISSN | 03714217 |
| 著者 | 杉田, 治男 伏野, 俊則 大嶋, 健 出口, 吉昭 |
| 巻/号 | 34巻4号 |
| 掲載ページ | p. 269-274 |
| 発行年月 | 1987年3月 |

淡水養魚池における従属栄養細菌の生態学的研究—Ⅲ

キンギョ養魚池における種々の高分子化合物分解菌の季節的变化

杉田 治 男・伏野 俊 則・大 嶋 健・出 口 吉 昭

(日本大学農獣医学部)

Ecological Studies on Heterotrophic Bacteria in Freshwater Culture Ponds—Ⅲ

Seasonal Changes of Bacteria Decomposing Various Macromolecular Substances in a Goldfish Culture Pond

Haruo SUGITA, Toshinori FUSHINO, Ken OSHIMA and Yoshiaki DEGUCHI

Abstract

A total of 511 strains of heterotrophic bacteria were isolated from the water and sediment of a goldfish culture pond and their ability to decompose five types of organic matter were examined. Casein and starch were hydrolyzed by 48.7 ~ 61.0 % of the isolated bacteria while chitin and cellulose were refractory and decomposed by only 0.8 ~ 6.5 % of the isolates. The decomposers of casein, tributyrin and starch were present in the water and sediment throughout the year. Major decomposers of these substances were Vibrionaceae in the water, and Vibrionaceae, *Pseudomonas*, coryneforms and *Bacillus* in the sediment of the pond. Cellulolytic and chitinolytic bacteria were detected during defined periods.

養魚池における従属栄養細菌の主な役割は、動植物(魚、アオコなど)の遺体、動植物からの排泄物および分泌物、残餌などに由来する有機物を分解し、無機化することであり、養魚池における環境保全を考えると、従属栄養細菌は極めて重要な存在である¹⁾。従来の養魚池における細菌に関する研究では、従属栄養細菌を単に分解者として扱っており²⁻⁴⁾、それらの分類学的組成、すなわち細菌相についての報告は比較的少ない⁵⁻¹⁰⁾。著者らは前報¹¹⁾で、コイ (*Cyprinus carpio*) およびキ

ンギョ (*Carassius auratus*) の止水式養魚池の水中には好気性グラム陰性細菌が優占するのに対し、底泥中にはこれに加えて好気性グラム陽性細菌および嫌気性細菌が周年優占することを報告した。さらに、多変量解析法を用いて池水および底泥中の各従属栄養細菌相を比較したところ、試料間の差異は飼育魚種間および養魚池間よりも、むしろ採取時期によるものの方が大きいことを見出した¹²⁾。本報ではキンギョ養魚池の水および底泥に存在する従属栄養細菌の種々の高分子化合物に対する分解菌の季節的变化について検討した。なお、ここでは好気性細菌および通性嫌気性細菌を好気性細菌、偏性嫌気性細菌を単に嫌気性細菌と呼ぶことにした。

連絡先：〒154 東京都世田谷区下馬3-34-1
日本大学農獣医学部水産学科 杉田治男
Address : H. SUGITA, Dept. Fish., Nihon Univ.,
Setagaya-ku, Tokyo 154

実験方法

試料採取 前報¹¹⁾と同様に、東京都水産試験場(水元)構内のキンギョ (*Carassius auratus*) 養魚池について調査を行った。養魚池は面積約150m²であり、平均体重約160gのキンギョ親魚を約230尾収容していた。

調査は1982年5月20日、7月16日、9月27日、11月11日、1983年1月19日および3月4日の計6回にわたって行った。養魚池の中層水は北原式採水器(離合社)で、また底泥はEKMAN-BERGE式採泥器(離合社)で採取した。

水質検査 前報¹¹⁾で述べた方法で中層水の温度、溶存酸素量および化学的酸素要求量(COD)を測定した。

細菌学的検査 定量的に希釈した試料を1/20 PYBGF 寒天培地¹²⁾、PYBGF 寒天培地¹³⁾、PEA 血液寒天培地(BBL)、マッコンキー寒天培地(栄研)、EG 血液寒天培地(日水)、NBGT-1/3S 血液寒天培地¹⁴⁾、改変 FM 寒天培地(日水)、バクテロイデス寒天培地(日水)およびFM-CW 血液寒天培地(栄研)に接種した。前4種類の培地は好気的条件下で、また後5種類の培地は嫌気的条件下で培養した⁹⁾。

前報¹¹⁾で述べた通り、培養後に出現したコロニーを計数し、菌株を分離し、属または群レベルまで同定した。このようにして得た分離菌株は、池水からの好気性細菌167株および嫌気性細菌49株、並びに底泥からの好気性細菌205株および嫌気性細菌90株の計511株であった。次に、これらの菌株についてキチン、カゼイン、トリブチリン、デンプンおよびセルロースに対する分解能の有無を調べた。分解能試験のための基礎培地として、好気性細菌には1/20 PYBGF 寒天培地¹²⁾または Trypticase soy 寒天培地(BBL)を、そして嫌気性細菌には5% FILDES 氏液添加 EG 寒天培地(日水)を用いた。各々の基礎培地に基質として再生キチン、カゼイン(NBC)、トリブチリン(和光純薬)、可溶性デンプン(和光純薬)およびアビセル(微結晶セルロース、旭化成)をそれぞれ5、2、2、0.5および0.5%ずつ添加した。

分離菌株を5種類の試験培地表面に塗抹し、

20°Cの好氣的または嫌氣的条件下で培養した。基質の種類に応じて1~3週間培養した後、キチン、カゼイン、トリブチリンおよびセルロースについては、コロニー周辺に透明帯を形成したものについて陽性と判定した。デンプンについてはルゴール液を試験培地上に滴下し、コロニー周辺が紫色に変化しないものをデンプン分解能陽性とした。

分離菌株の5種類の基質に対する分解能の測定結果から、基質分解能を有する細菌種の生菌数(cfu/ml,g)を求め、各細菌種における9種類の培地上での生菌数を比較して、最も高い生菌数を各細菌種における真の分解菌数(cfu/ml,g)とみなした。

結果および考察

キンギョ養魚池の環境要因は表1に示した。水温は9月に最大値24.4°Cに達し、その後、徐々に下降し、1月に最小値の4.6°Cに達した。溶存酸素量およびCODの最大値は水温と同様に9月であったが、最小値は11月であった。

Table 1 Environmental parameters in the water of a goldfish culture pond

| Parameter | May | Jul. | Sep. | Nov. | Jan. | Mar. |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Temp. (°C) | 16.8 | 22.4 | 24.4 | 14.7 | 4.6 | 9.5 |
| DO (ppm) | 9.9 | 10.5 | 11.3 | 6.6 | 8.5 | 9.3 |
| COD (ppm) | 9.6 | 10.7 | 10.7 | 6.6 | 9.5 | 7.6 |

キンギョ養魚池の水および底泥から511株の従属栄養細菌を分離し、5種類の高分子化合物に対する分解能を調べたところ、各高分子基質を分解する細菌株の割合は基質の種類および細菌種によって異なった(表2)。すなわち、各細菌種における分解菌の割合は、キチンで0~33.9%、カゼインで12.9~72.6%、トリブチリンで0~37.1%、デンプンで12.5~90.3%であり、セルロースでは0~7.7%であった。また、各基質のうち、分解菌の占める割合の高い細菌種は、キチンでは Vibrionaceae (33.9%)、カゼインでは Vibrionaceae (72.6%)、Bacteroidaceae (63.2%)、Clostridium (57.6%)、Bacillus (54.2%) およびコリネ型細菌 (53.4%)、トリブチリンでは Vibrionaceae (37.1%)、Acinetobacter (31.3%)

Table 2 Macromolecules hydrolysis by bacteria isolated from the water and sediment of a goldfish culture pond. Numbers in the table show "positive %" and marks "nd" indicate "not tested."

| Bacterial group (No. of strain) | Chitin | Casein | Hydolysis of | | |
|------------------------------------|--------|--------|--------------|--------|-----------|
| | | | Tributyryn | Starch | Cellulose |
| <i>Acinetobacter</i> (16) | 0.0 | 18.8 | 31.3 | 12.5 | 0.0 |
| <i>Moraxella</i> (19) | 0.0 | 31.6 | 15.8 | 42.1 | 0.0 |
| <i>Pseudomonas</i> (49) | 2.0 | 30.6 | 30.6 | 34.7 | 0.0 |
| Enterobacteriaceae (31) | 12.9 | 12.9 | 16.1 | 51.6 | 0.0 |
| Vibrionaceae (62) | 33.9 | 72.6 | 37.1 | 90.3 | 1.6 |
| <i>Flavobacterium</i> (29) | 6.9 | 41.4 | 24.1 | 65.5 | 0.0 |
| Coryneforms (58) | 3.4 | 53.4 | 19.0 | 65.5 | 0.0 |
| <i>Bacillus</i> (72) | 4.2 | 54.2 | 19.4 | 72.2 | 0.0 |
| <i>Streptococcus</i> (12) | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 33.3 | 0.0 |
| <i>Staphylococcus</i> (11) | 0.0 | 36.4 | 18.2 | 54.5 | 0.0 |
| <i>Micrococcus</i> (13) | 0.0 | 46.2 | 7.7 | 69.2 | 7.7 |
| <i>Clostridium</i> (59) | 0.0 | 57.6 | 0.0 | nt | 5.1 |
| Bacteroidaceae (57) | 0.0 | 63.2 | 0.0 | nt | 0.0 |
| Anaerobic cocci (23) | 0.0 | 47.8 | 0.0 | nt | 4.3 |
| Total (511) | 6.5 | 48.7 | 16.8 | 61.0 | 0.8 |

および *Pseudomonas* (30.6%), デンブンでは *Vibrionaceae* (90.3%), *Bacillus* (72.2%), *Micrococcus* (69.2%), *Flavobacterium* (65.5%) およびコリネ型細菌 (65.5%) であったが, セルロースを分解するものは少なく, 僅かに *Micrococcus* (7.7%), *Clostridium* (5.1%), 嫌気性球菌 (4.3%) および *Vibrionaceae* (1.6%) が分解能を示したにすぎなかった。以上の結果から, キンギョ養魚池ではセルロースおよびキチンが難分解性有機物であり, 逆にデンブンおよびカゼインが易分解性有機物であることが判明した。

キンギョ池の水および底泥における各種高分子化合物を分解する細菌の生菌数の季節的变化を表3および表4に示した。

キチン分解菌は, 池水, 底泥ともに11月, 1月および3月にのみ検出された。また分解菌の総生菌数は池水で $10^1 \sim 10^4$ /ml, 底泥で $10^5 \sim 10^6$ /gであり, *Vibrionaceae* が主要構成細菌であった。セルロース分解菌は, 池水では7月に嫌気性球菌が 10^2 /ml検出されたのに対し, 底泥では*Clostridium*, *Micrococcus* および *Vibrionaceae* が5月に $10^2 \sim 10^4$ /g検出されたにすぎなかった。カゼイン分解菌は, 池水では14属, 底泥では13属の細菌で観察された。また, 分解菌の総生菌数は池水で

$10^2 \sim 10^4$ /ml, 底泥で $10^5 \sim 10^6$ /gであり, 共に9月に最大値を示した。

トリブチリン分解菌には, 池水では8属, 底泥では9属の細菌が含まれていた。トリブチリン分解菌の総生菌数は池水で $10^2 \sim 10^4$ /ml, 底泥で $10^4 \sim 10^5$ /gであり, 共に9, 11月に高い値を示した。

デンブン分解菌は, 池水では11属, 底泥では10属の細菌が含まれており, 総生菌数は池水で $10^3 \sim 10^4$ /ml, 底泥で $10^5 \sim 10^6$ /gであり, ともに9月に最大値を示した。

これら3種類の基質の分解菌の内, 池水では *Vibrionaceae* が主要であったのに対し, 底泥では *Vibrionaceae* のほかに, *Pseudomonas*, コリネ型細菌, *Bacillus* などが優占することが判明した。 *Vibrionaceae* は, これまでの知見^{15,16)}から, おそらく比較的幅広い高分子化合物を加水分解できる *Aeromonas* 属に分類される細菌が大部分であると思われる。また, 底泥ではコリネ型細菌や *Bacillus* などのような常在優占菌^{11,12)}に高分子化合物分解能を有するものが多いことが判明した。いずれにしても, キンギョ養魚池では, これらの細菌による高分子化合物の分解が重要であることが示唆された。カゼイン, トリブチリンおよびデンブン

Table 3 Seasonal changes of viable counts (log no./m^l) of different groups of bacteria decomposing various macromolecular substrates in the water of a goldfish culture pond. Marks "nd" in the table indicate "not detected."

| Substrate | Bacterial group | May | Jul. | Sep. | Nov. | Jan. | Mar. |
|------------|-----------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Chitin | <i>Pseudomonas</i> | nd | nd | nd | nd | nd | 1.9 |
| | Enterobacteriaceae | nd | nd | nd | 2.3 | 1.8 | 1.3 |
| | Vibrionaceae | nd | nd | nd | 4.4 | nd | 3.0 |
| | <i>Flavobacterium</i> | nd | nd | nd | 2.6 | nd | nd |
| | Coryneforms | nd | nd | nd | nd | 1.3 | nd |
| | <i>Bacillus</i> | nd | nd | nd | 2.3 | nd | nd |
| | Total | nd | nd | nd | 4.1 | 1.9 | 3.0 |
| Casein | <i>Acinetobacter</i> | 2.6 | nd | nd | 2.3 | nd | nd |
| | <i>Moraxella</i> | nd | nd | 3.3 | 3.3 | 1.6 | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | nd | 2.3 | 3.3 | 2.3 | nd | 2.3 |
| | Enterobacteriaceae | nd | nd | 2.3 | 2.3 | nd | 1.3 |
| | Vibrionaceae | 3.6 | 3.9 | 3.9 | 4.2 | nd | 2.6 |
| | <i>Flavobacterium</i> | 2.6 | 1.6 | nd | 2.6 | 2.3 | nd |
| | Coryneforms | nd | 3.0 | 3.0 | nd | 1.3 | nd |
| | <i>Bacillus</i> | nd | 3.3 | 1.8 | nd | 1.3 | 2.3 |
| | <i>Streptococcus</i> | nd | nd | 3.0 | nd | nd | nd |
| | <i>Staphylococcus</i> | nd | 1.9 | 1.3 | 2.3 | nd | nd |
| | <i>Micrococcus</i> | nd | nd | 1.3 | 1.9 | nd | nd |
| | <i>Clostridium</i> | 3.3 | 1.8 | 3.6 | 1.6 | nd | nd |
| | Bacteroidaceae | 2.2 | nd | 4.8 | 1.6 | nd | 1.3 |
| | Anaerobic cocci | nd | 3.0 | 3.3 | 1.9 | nd | nd |
| Total | 3.8 | 4.1 | 4.9 | 4.3 | 2.4 | 2.9 | |
| Tributyryn | <i>Acinetobacter</i> | 2.6 | nd | 3.3 | 2.3 | nd | nd |
| | <i>Moraxella</i> | nd | nd | nd | 2.3 | 1.3 | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | 2.6 | 1.6 | 1.3 | 2.3 | 1.6 | 2.6 |
| | Enterobacteriaceae | 2.6 | nd | nd | 2.3 | nd | 1.3 |
| | Vibrionaceae | 2.6 | 1.9 | 3.6 | 4.4 | nd | 2.5 |
| | <i>Flavobacterium</i> | nd | nd | nd | 2.8 | 2.6 | nd |
| | <i>Bacillus</i> | nd | nd | nd | 2.3 | nd | nd |
| | <i>Micrococcus</i> | nd | nd | nd | nd | 1.3 | nd |
| | Total | 3.2 | 2.1 | 3.8 | 4.4 | 2.7 | 2.9 |
| Starch | <i>Acinetobacter</i> | 2.8 | nd | nd | 2.3 | nd | 2.3 |
| | <i>Moraxella</i> | nd | 1.9 | nd | 3.3 | 1.6 | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | 2.3 | 2.3 | nd | 2.3 | 2.4 | 2.6 |
| | Enterobacteriaceae | 2.6 | 4.2 | 4.4 | 2.3 | 1.8 | 1.3 |
| | Vibrionaceae | 3.6 | 3.9 | 4.2 | 4.4 | nd | 3.0 |
| | <i>Flavobacterium</i> | 2.8 | 3.0 | nd | 2.6 | 2.8 | 3.2 |
| | Coryneforms | nd | 3.0 | 1.6 | nd | 1.8 | 1.3 |
| | <i>Bacillus</i> | nd | 3.4 | nd | 2.3 | 1.8 | 2.3 |
| | <i>Streptococcus</i> | nd | 1.8 | nd | nd | nd | nd |
| | <i>Staphylococcus</i> | 1.8 | 2.6 | 1.3 | 2.3 | nd | nd |
| | <i>Micrococcus</i> | 2.1 | nd | nd | 1.9 | 1.3 | nd |
| Total | 3.8 | 4.5 | 4.6 | 4.5 | 3.1 | 3.5 | |
| Cellulose | Anaerobic cocci | nd | 2.8 | nd | nd | nd | nd |
| | Total | nd | 2.8 | nd | nd | nd | nd |

Table 4 Seasonal changes of viable counts (log no./g) of different groups of bacteria decomposing various macromolecular substrates in the sediment of a goldfish culture pond. Marks "nd" in the table indicate "not detected."

| Substrate | Bacterial group | May | Jul. | Sep. | Nov. | Jan. | Mar. |
|-----------------|-----------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Chitin | <i>Pseudomonas</i> | nd | nd | nd | nd | 4.6 | nd |
| | Enterobacteriaceae | nd | nd | nd | 4.6 | 4.3 | nd |
| | Vibrionaceae | nd | nd | nd | 4.8 | 6.1 | 6.1 |
| | Coryneforms | nd | nd | nd | nd | 3.3 | nd |
| | <i>Bacillus</i> | nd | nd | nd | nd | 3.3 | nd |
| | <i>Staphylococcus</i> | nd | nd | nd | nd | nd | 4.3 |
| | Total | nd | nd | nd | 5.0 | 6.1 | 6.1 |
| Casein | <i>Acinetobacter</i> | nd | nd | 5.3 | nd | nd | nd |
| | <i>Moraxella</i> | nd | nd | 4.8 | 6.6 | nd | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | 2.3 | 3.8 | 5.6 | nd | 4.6 | 4.3 |
| | Enterobacteriaceae | nd | nd | 3.6 | 4.6 | 4.3 | nd |
| | Vibrionaceae | 4.2 | 4.5 | 5.0 | 4.8 | 5.6 | 6.0 |
| | <i>Flavobacterium</i> | 4.3 | nd | 5.3 | 4.3 | 5.1 | 3.6 |
| | Coryneforms | 4.8 | 5.0 | 6.8 | 4.8 | 4.3 | 4.7 |
| | <i>Bacillus</i> | 4.6 | 4.9 | 5.3 | 5.4 | 4.8 | 4.6 |
| | <i>Staphylococcus</i> | nd | nd | nd | nd | nd | 3.3 |
| | <i>Micrococcus</i> | 3.3 | nd | nd | nd | nd | nd |
| | <i>Clostridium</i> | 4.4 | nd | 4.8 | 4.4 | 4.1 | 4.6 |
| | Bacteroidaceae | 2.3 | nd | 4.9 | nd | nd | 2.7 |
| Anaerobic cocci | nd | nd | 5.0 | nd | nd | nd | |
| Total | 5.2 | 5.3 | 6.9 | 6.6 | 5.8 | 6.0 | |
| Tributylin | <i>Acinetobacter</i> | nd | nd | 5.3 | 4.8 | nd | nd |
| | <i>Moraxella</i> | nd | nd | nd | 6.6 | nd | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | nd | nd | 5.6 | 6.1 | 4.6 | 4.2 |
| | Enterobacteriaceae | 4.3 | nd | nd | 4.6 | 4.3 | nd |
| | Vibrionaceae | 2.6 | nd | 5.0 | 4.8 | 5.6 | 6.0 |
| | <i>Flavobacterium</i> | nd | nd | nd | nd | 5.1 | 3.6 |
| | Coryneforms | 3.3 | nd | 5.7 | 4.8 | 4.3 | nd |
| | <i>Bacillus</i> | nd | 4.6 | 5.6 | 4.6 | 4.4 | nd |
| | <i>Staphylococcus</i> | nd | nd | nd | nd | 3.6 | nd |
| | Total | 4.3 | 4.6 | 6.2 | 6.7 | 5.8 | 6.0 |
| Starch | <i>Moraxella</i> | 3.3 | nd | nd | nd | 3.3 | nd |
| | <i>Pseudomonas</i> | 4.3 | 3.8 | 5.6 | nd | 4.8 | 3.3 |
| | Enterobacteriaceae | 4.3 | nd | nd | 4.6 | 4.3 | nd |
| | Vibrionaceae | 4.2 | 4.5 | 5.0 | 4.8 | 6.1 | 6.1 |
| | <i>Flavobacterium</i> | 4.6 | 5.3 | nd | 4.3 | 4.3 | 5.0 |
| | Coryneforms | 4.9 | 5.1 | 5.9 | 5.1 | 4.6 | 4.7 |
| | <i>Bacillus</i> | 5.1 | 5.8 | 5.8 | 5.4 | 4.9 | 4.3 |
| | <i>Streptococcus</i> | nd | 3.9 | nd | nd | nd | nd |
| | <i>Staphylococcus</i> | nd | 4.1 | nd | nd | nd | 3.3 |
| | <i>Micrococcus</i> | 3.3 | nd | nd | nd | 4.6 | nd |
| Total | 5.5 | 6.0 | 6.3 | 5.7 | 6.2 | 6.2 | |
| Cellulose | Vibrionaceae | 2.3 | nd | nd | nd | nd | nd |
| | <i>Micrococcus</i> | 3.3 | nd | nd | nd | nd | nd |
| | <i>Clostridium</i> | 4.3 | nd | nd | nd | nd | nd |
| | Total | 4.3 | nd | nd | nd | nd | nd |

の分解菌は池水、底泥ともに2桁程度の幅で同様に変動することが判明した。このように分解菌数に季節的変動が観察されることや、キチンおよびセルロース分解菌のように特定の季節にのみ出現する事実は、これらの高分子化合物またはそれらと類似の化合物を保有したり分泌したりする動植物の季節的消長や、飼育魚への投餌の際、生じる残餌量の変化などによるものと考えられる。特に易分解性の高分子化合物を分解する細菌の総生菌数が、水温、溶存酸素量およびCODと同様9月前後に最大に達している事実は、養魚池内の主要な第1次生産者であるアオコによる影響が大きいことを示唆する。また、底泥の方が各種の高分子化合物の分解菌数が高いことから、キングョ養魚池内では高分子化合物は主に底泥付近で分解されていることが示唆される。さらに、池水および底泥中にはカゼインなどを分解する嫌気性細菌が比較的高密度で存在することから、酸化還元電位(Eh), pH, 水温などの環境条件が満たされれば、嫌気性細菌が養魚池の浄化に寄与することも考えられる。

本研究では、養魚池から分離した細菌株について高分子基質に対する分解能を測定することによって、養魚池内における高分子化合物分解菌の季節的消長を検討した。これらの方法は養魚池内での各細菌種の生態、特に機能的側面に関する知見を得るためには極めて有効であると考えられる。しかしながら、これらの結果はあくまで各細菌種の高分子化合物の分解に関する潜在的能力を示すにすぎない。養魚池における有機物の適正負荷量を決定し、経済的な養魚環境の管理を行うためには、今後は現場での分解および無機化活性についても検討する必要がある。

本研究を遂行するに当たり試料採取にご便宜をいただいていた東京都水産試験場三木誠主任研究員並びに研究員の方々に深謝する。なお、本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費並びに日本大学学術研究助成金によった。

文 献

- 1) 杉田治男・出口吉昭(1986) : 水産増養殖と微生物. 恒星社厚生閣, 東京 : pp.58-71.
- 2) 河合 章・高鳥直樹・杉山元彦(1975) : 海洋の生態系と微生物. 恒星社厚生閣, 東京 : pp. 112 - 125.
- 3) 河合 章(1980) : 淡水養魚と用水. 恒星社厚生閣, 東京 : pp. 111 - 122.
- 4) RAM, N. M., O. ZUR, and Y. AVNIMELECH (1982) : Microbial changes occurring at the sediment-water interface in an intensively stocked and fed fish pond. *Aquaculture*, 27, 63 - 72.
- 5) YOSHIMIZU, M. and T. KIMURA (1976) : Study on the intestinal microflora of salmonoids. *Fish Pathol.*, 10, 243 - 259.
- 6) SAKATA, T., H. HIGASHI and D. KAKIMOTO (1982) : Microflora in the alimentary tract of *Tilapia* - II : Comparison among microflora of intestine, sediment and pond water. *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, 31, 235 - 242.
- 7) 杉田治男・出口吉昭・石田祐三郎・門田 元(1981) : 淡水養魚類の消化管内細菌に関する研究 - II : ティラピア飼育環境の季節的変動について. 日大農獣報, 38, 296 - 301.
- 8) 杉田治男・住田 忠・小橋二夫・出口吉昭(1981) : コイの分解に伴う水中マイクロフローラの変化. 水産増殖, 29, 65 - 72.
- 9) 杉田治男・住田 忠・出口吉昭(1981) : 魚類飼育が水中マイクロフローラに及ぼす影響. 水産増殖, 29, 73 - 77.
- 10) SUGITA, H., S. USHIOKA, D. KIHARA and Y. DEGUCHI (1985) : Changes in the bacterial composition of water in a carp rearing tank. *Aquaculture*, 44, 243 - 247.
- 11) SUGITA, H., T. FUSHINO, K. OSHIMA and Y. DEGUCHI (1985) : Ecological studies on heterotrophic bacteria in freshwater culture pond - I : Microflora in the water and sediment of freshwater culture ponds. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51, 91 - 97.
- 12) 杉田治男・伏野俊則・大嶋 健・出口吉昭(1985) 淡水養魚池における従属栄養細菌の生態学的研究 - II : 種々の止水式養魚池の水および底泥の細菌相. 水産増殖, 33, 92 - 99.
- 13) SUGITA, H. and Y. DEGUCHI(1983) : Media for the isolation of aerobic and facultatively anaerobic bacteria in freshwater environments. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 49, 1737 - 1740.
- 14) SAKATA, T., H. SUGITA, T. MITSUOKA, D. KAKIMOTO and H. KADOTA(1980) : Isolation and distribution of obligate anaerobic bacteria from the intestines of freshwater fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46, 1249 - 1255.
- 15) SAKAZAKI, R. and A. BALOWS(1981) : The Prokaryotes. Springer-Verlag, Berlin : pp. 1272 - 1301.
- 16) 杉田治男・角原美樹雄・大越徹夫・出口吉昭(1985) : 水産動物の消化管内細菌相に関する研究 - IV. キングョの腸内細菌相. 昭和60年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. p.93.