

漁場海域における微生物生態系の解析—Ⅲ  
北琉球島弧西方海域における海洋バクテリオファージ系の  
棲み分けについて\*<sup>1</sup>

日 高 富 男・崎 田 勲\*<sup>2</sup>

Analytical Research of Microbial Ecosystems in Seawater  
around Fishing Ground—Ⅲ

On the Habitat Segregation of Bacteriophage Systems in the West  
Region of the Northern Ryukyu Island Arc\*<sup>1</sup>

Tomio HIDAHA and Isao SAKITA\*<sup>2</sup>

**Abstract**

The authors surveyed the distribution of bacteriophage systems in seawater at twenty-four stations in the west region of the northern Ryukyu Island Arc during November 8 to 20, 1980. Heterotrophic bacterial cells and phage-sensitive bacterial cells were determined in the seawater samples collected from 50 m, 100 m, and 300 m depth layers at the stations. The bacterial cells were most abundant in 50-100 m depth layer in the vertical distribution. And the numbers of them at the Sts. 5-7 on the continental shelf were the highest in the horizontal distribution. The microbial population was generally higher at the St. 1 to St. 11 on the continental shelf and slope than at the St. 12 to St. 19 in the main current of Kuroshio. Thirty-two types of bacteriophage systems were isolated from seawater in the region. The habitat of the bacteriophage systems was segregated into three areas as follows; the Tsushima current area of south off the Satuma Peninsula of Kyushu, the continental shelf and slope area in the East China Sea, and the Kuroshio area from west off Amamiyoshima Island to Tokara Straits. The habitat segregation of them was dependent on the oceanographic conditions in the sea areas.

前年にひき続いて、琉球島弧周辺海域における陸棚斜面漁場調査の '80 年次航海にも参加し、調査海域の微生物生態系を海洋バクテリオファージ系（単にファージ系とも呼ぶ）の範囲でとらえて解析を進めている。今回の調査は、北琉球島弧西方海域を中心に行った。

東シナ海の黒潮は、ほぼ大陸棚に沿って北東に進み、奄美大島北方で対島暖流を分岐しながら、本流は向きを変えて奄美大島と屋久島の間を通過して太平洋に出る（高橋, 1978）。分岐された対島暖流は九州西方を北上する。よって、この調査海域は黒潮水と東シナ海大陸棚沿岸水、および九州南方対馬暖流水とが混在するところで、海況の違いによる微生物生態系

\*<sup>1</sup> この研究は昭和55年度文部省特定研究費で行ったものである。

\*<sup>2</sup> 鹿児島大学水産学部 微生物学研究室 (Laboratory of Microbiology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

の差異を解析するには好適の場である。更に、この調査海域内には大陸棚漁場や幾つかの曾根漁場が散在していて、生物生産性や漁場性の高い海域でもある。従って、それらと関連づけて微生物生態系を解析することは興味深い。

そこで、この調査海域の所定採水点から採取した海水中の従属栄養細菌とフェージ感受性細菌とを計数、分離し、それらの分布の様相を検討した。その結果、九州南方対馬暖流海域、東シナ海の大陸棚や陸棚斜面海域、および奄美大島西方海域や吐噶喇列島周辺の黒潮流軸海域の3海域で、それぞれに特徴あるフェージ系の棲み分けが見出された。本報ではそれらの知見を報告する。

### 実験材料および方法

**調査海域** 本調査は、本学練習船かごしま丸に乗船して、1980年11月8日から20日の間に行った。この調査航海において海洋、地質、生物など各分野の調査定点は都合69点であったが、そのうち微生物学的調査を行った定点は24点であった。その航跡と調査定点は Fig. 1 に示すとおりである。また、それら定点の位置と深度および試料採水日時は Table 1 に表示する。Fig. 1 に示されるように調査定点は、九州薩摩半島の南、長崎鼻沖合の定点1から

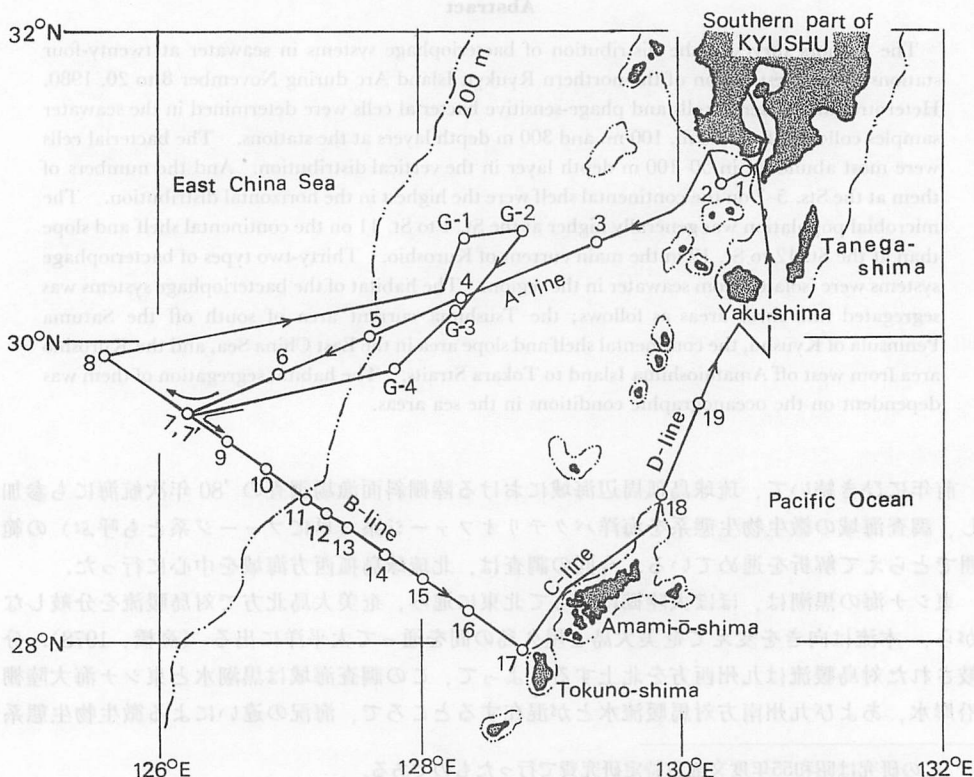


Fig. 1. Map showing the microbiological sampling stations of Kagoshima-maru cruise in November 1980.

Table 1. Sampling data at the microbiological stations.

Station No.	Position		Depth (m)	Sampling	
	Latitude	Longitude		Date (in 1980)	Time
1	31°03'.0N	130°31'.4E	245	Nov. 8	13: 36
2	30°57'.8N	130°20'.0E	320	8	15: 40
3	30°38'.0N	129°24'.2E	780	9	16: 00
4	30°15'.8N	128°22'.1E	920	10	02: 18
5	30°02'.7N	127°39'.5E	220	10	09: 02
6	29°46'.2N	126°59'.0E	113	10	13: 25
7	29°30'.9N	126°16'.1E	114	10	17: 58
8	29°54'.6N	125°38'.3E	75	10	22: 39
G-1	30°40'.1N	128°18'.8E	720	12	10: 26
G-2	30°42'.5N	128°44'.9E	718	14	09: 40
G-3	30°11'.9N	128°17'.9E	780	14	16: 47
G-4	29°49'.2N	127°53'.9E	280	15	16: 44
7'	29°30'.9N	126°16'.1E	108	16	18: 26
9	29°18'.7N	126°35'.5E	106	16	21: 23
10	29°08'.0N	126°35'.0E	122	16	23: 50
11	28°57'.1N	127°10'.9E	475	17	03: 06
12	28°52'.1N	127°20'.0E	1025	17	07: 44
13	28°47'.2N	127°29'.7E	1050	17	09: 50
14	28°35'.1N	127°47'.0E	1190	17	15: 40
15	28°23'.0N	128°05'.0E	1140	17	18: 58
16	28°11'.1N	128°24'.1E	1260	17	22: 47
17	27°56'.2N	128°47'.5E	750	18	03: 46
18	28°55'.9N	129°52'.9E	420	18	18: 28
19	29°32'.8N	130°10'.9E	400	19	01: 46

東シナ海大陸棚上の定点7 (29° 31'N-126° 16'E) に至る A 線上に7点, 定点7と徳之島を結ぶ B 線上に11点, 奄美大島から屋久島に向かう D 線上に2点と, 定点4, 5付近に漁場調査のための4点とであった。

**供試海水** 各調査定点においては, 水深50m層, 100m層および300m層の3層のうち, その定点の深度に応じて1~3層の海水をそれぞれJ-Z式採水器によって無菌的に採取し, 船上で直ちに実験に供した。供試海水採取深度における水温は, 転倒温度計で測定した。

**供試微生物の計数と分離** 試料海水中の従属栄養細菌は, 海水寒天塗抹培養法 (25°C, 6日間) にて計数し, 海水1ml当たりの細菌細胞数 (colony forming unit, c. f. u./ml) で表わした。そして, それら平板上に現われたコロニーは, 海水寒天斜面培地へ移殖・分離し, その後の供試菌とした。

一方, 試料海水中のファージは, 集菌培養法によって増強して粗ファージ液とした。それら粗ファージ液は, 全供試細菌をそれぞれ含む二重寒天平板上にスポットして培養し, スポット部分に溶菌像出現の有無を観察した。それによって, 供試細菌に対して感染能を持つファージの存否と分離細菌中のファージ感受性細菌とを併せて確認できる。検出されたファージ感受性細菌 (ファージ宿主細菌) に基づいて, 供試海水1ml当たりのファージ感受性細胞数を算出した。また, 粗ファージ液は該当する宿主細菌に対する二重寒天平板法により溶菌斑を作らせて, 単離溶菌斑から純化・分離した。各ファージ系は, それぞれの宿主細菌と

ファージの相互交叉感染試験によって類以性を検討し、それらファージ宿主細菌を菌株レベルで鑑別した。

これらの実験方法の詳細は前報（日高ら，1979；日高，1980）の記載を参照されたい。

### 実験結果および考察

**供試海水採取深度の水温分布** 各調査定点での試水採取深度，50 m, 100 m, 300 m 層における水温を Fig. 2 に示す。各定点の 50 m 層の水温は 21~25°C, 100 m 層では 17~25°C で，300 m 層の水温は 9~18°C であった。このように調査海域内各層の水平的な温度差は 50 m 層で 4°C とかなり大きく，さらに 100 m 層で 8°C, 300 m 層で 9°C と水深が増すにつれてその差は大きくなっている。このことは，この調査海域内に海況の異なる海域が混在していることを意味する。定点1から19における 50 m 層の水温を見れば，定点11を境にそれ以前の定点では 21~23°C, 定点12以後では 24~25°C と明らかな差異が見られる。前半の定点1~11のうち定点1, 2は九州沿岸に近く，また定点5~11は東シナ海の大陸棚および陸棚斜面上にあって，いずれも海底深度の浅い海域である。定点3, 4は対馬暖流の流軸に位置して海底深度が深く，前2者とやや異なる海況であることが考えられるが，その違いの程度は水温分布の差異からもうかがえる。これら定点1, 2, 定点5~11の海域は前述の海底地形の特性によって湧昇流が生じ，下層の冷温水が浮上し，50~100 m 層の水温を下げてい

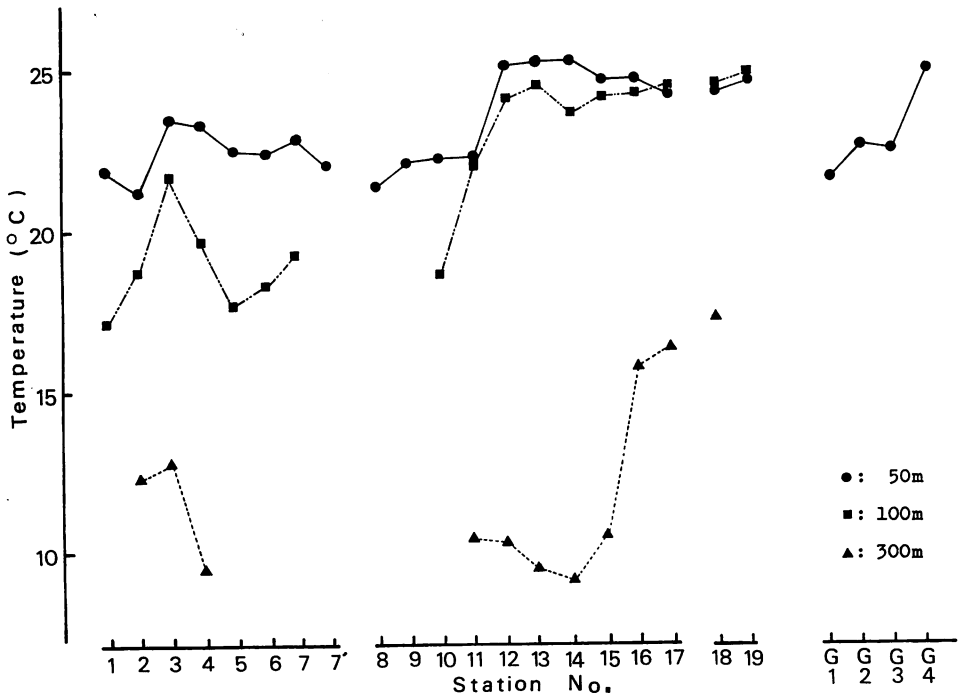


Fig. 2. Temperature of seawater in sampling layers, 50 m, 100 m and 300 m depth at the stations.

るものと考えられる。また、湧昇流に伴って底層の栄養物が上昇して、ある程度富栄養化されていることも推測できる。一方、後半の定点12~19は前半の定点よりも水温が高い。それは、この海域が黒潮の流軸に位置し、海底深度が深いので、底層からの湧昇がなく、海水の上下混合が少ないためであろう。これらの知見を次節の供試微生物の分布図 (Fig. 3) と重ねて見れば、色々な関連性がうかがえる。

**供試微生物の分布** 各調査定点の所定水深層から採取した試料海水 1 ml 当たりの細菌細胞数 (白棒), およびその中のフェージ感受性細胞数 (黒棒) は Fig. 3 に示す。また, Fig. 3 には調査海域の海底地形を知るために各定点の海底深度をも付記している。まず Fig. 3 で、

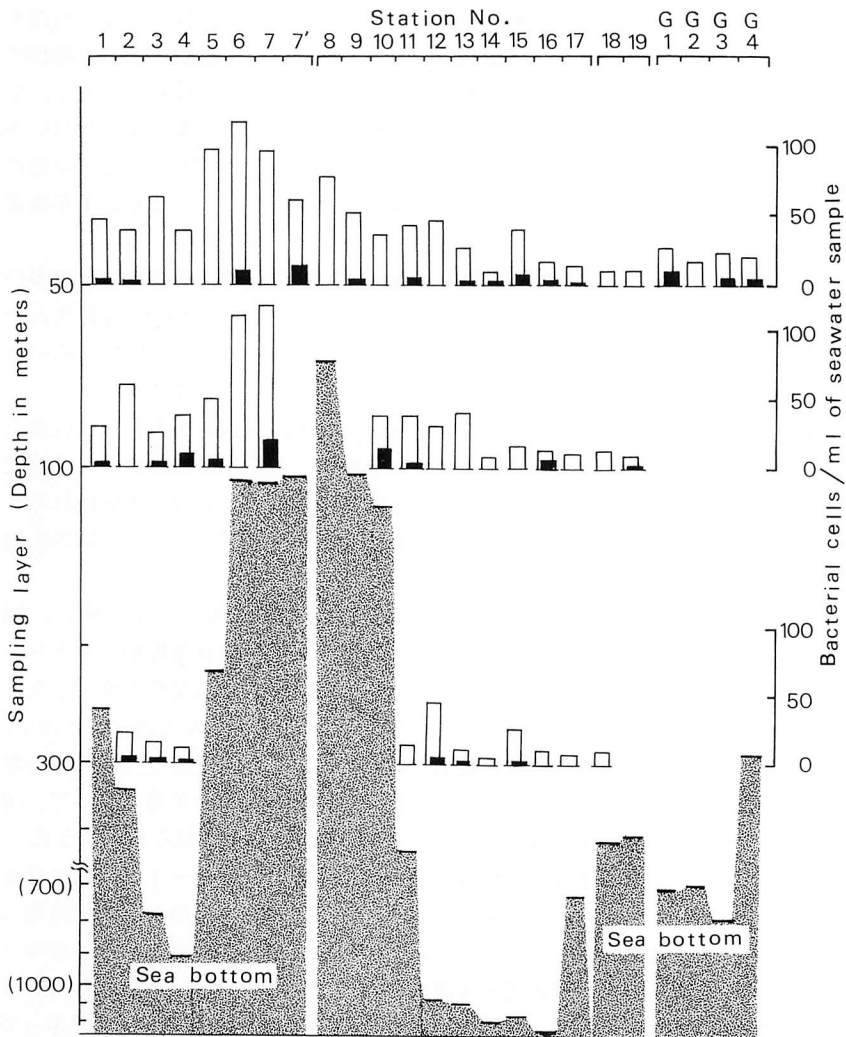


Fig. 3. Numbers of heterotrophic bacterial cells (white column) and phage-sensitive bacterial cells (black column) in seawater samples collected from 50 m, 100 m and 300 m depth layers at the stations.

調査定点における細菌細胞の鉛直分布を通覧すれば、前2報(日高ら, 1979; 日高, 1980)でも述べたと同様に、50 m 層の細菌細胞数と、100 m 層のそれとの間には、有意の差はないが、300 m 層のそれは明らかに減少している。それは細菌細胞の鉛直分布のピークが 100 m 以深よりもそれ以浅にあることを示唆している。また、Fig. 3 を一見して言えることは、大陸棚上の定点 5, 6, 7 においては他の定点に比して細菌細胞数が多く、100/ml を越えている。これは 吉田 (1973) の「海域の栄養階級規準」によれば富栄養域に相応する値である。これら三つの定点に次いで、定点 2, 3, 7, 8 では 60~80/ml, その他の定点では 50/ml 以下で、いずれも貧栄養域に相応する値である。全般的に言って、細菌細胞の水平分布は、定点11を境にその前後で異なり、前者で多く、後方で少ない傾向が見られる。この現象は水温分布にも見られた地形的、水理的な差異による海況の違いに伴って現われたものであろう。すなわち、Fig. 1 において 50~100m 層の水温が低い海域に相当する大陸棚や陸棚斜面の海域は、海底深度が浅く、しかもその斜面に潮流があたり湧昇流を生じて、やや富栄養化されているために細菌細胞数が多いと考えられる。それらの現象が見られない黒潮流軸海域では細菌細胞数が少ない。さきの '78 年次南琉球島孤周辺、'79 年次北琉球島孤周辺での調査で黒潮流軸の各定点における細菌細胞数は 50/ml 以下であったが、本年度調査結果もそれらとよく符合している。

次いで、Fig. 3 でファージ感受性細菌細胞の水平分布を見れば、細菌細胞数の多い定点でファージ感受性細胞数も多い傾向にあり、それは細菌細胞数の 1/10~1/5 位を占めている。ファージは宿主特異性が厳しく、しかも宿主細菌株の若い細胞に感染寄生するものであるから、ファージ感受性細胞数が多い海域は活力に富んでいることを意味する。また、ファージ感受性細菌が多く存在する定点は比較的深度の浅い大陸棚か陸棚斜面あるいは曽根上にあつて、それらは、一般に良い漁場として知られている海域である。従つてファージ感受性細菌数が多いところは、その場の生物生産性や漁場性が高いところであろうと思われる。前2報で考察したと同様に、やはり海水中のファージ感受性細菌の多寡は、その海域の生物生産性や漁場性を的確に指標するものであると言える。

**分離バクテリオファージ系の棲み分け** 前述の分離供試菌601株のうち71株が、別に増強して分離したファージに対して感受性を示した。それらファージ感受性細菌およびそれらに感染するファージは、相互の交叉感染試験によつてファージ系の類似性を検討した結果、32種に整理された。ファージの宿主特異性は極めて厳しく、菌株レベルで選択するので、この段階でファージ感受性細菌は菌株レベルで鑑別されたことになる。そこで、これら分離ファージ系のうち2定点以上にまたがって分布する代表的な13種のファージ系について、調査海域における分布状況を図示すれば Fig. 4 のごとくである。Fig. 4 に見られるように、三角のマークで示されるファージ系4種は九州南方対馬暖流海域の定点1~4の範囲に分布している。また、四角のマークで示される4種のファージ系は、東シナ海のおもに大陸棚および陸棚斜面海域の定点5~11に分布している。次いで、円形のマークで示される4種のファージ系は、主として奄美大島西方海域の黒潮流路に位置する定点12~17、に分布している。一方、海況の側から見れば定点5~17は、大陸棚沿岸水と黒潮水とが混合する海域であつて、各水塊の縁辺部では、四角マークのファージ系と円形マークのファージ系とが混在する様子が見られ、これらファージ系の分布はその海域の地形、水理現象を含めた海況とよく相関し

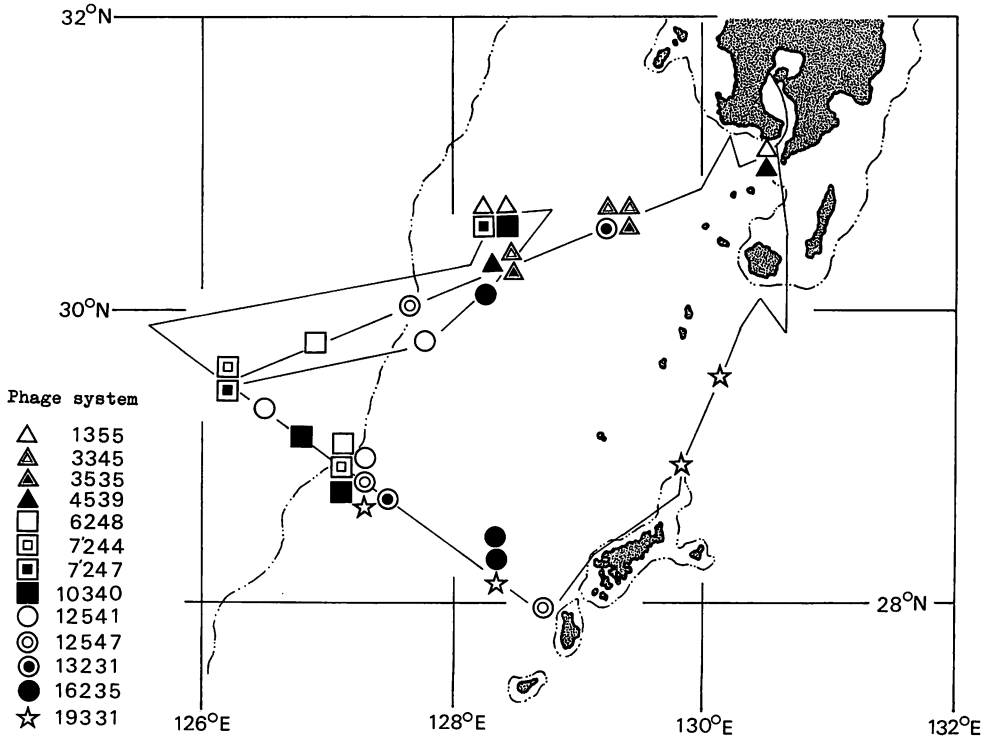


Fig. 4. Distribution of the representative bacteriophage systems in the sampling region.

ていることがうかがえる。さらに、星のマークで示されるファージ系は、奄美大島西方海域から吐噶喇海峡内の定点12, 16, 18, 19に散在している。それらの定点は、黒潮の流路に位置し、このファージ系は主として黒潮水塊に棲息するものであることが知られる。そして、このファージ系は前報(日高, 1980)で報告した *Beneckeia compbellii*-ファージ系と同じであることがわかった。つまり、黒潮海域に常在するファージ系を今回の調査でも検出して、その存在を述べた前報の知見を再確認し得たことになる。

調査海域には海況の異なるいくつかの海域があるが、各海域に分布ファージ系構成群の間に明らかな違いが見られる。すなわち、供試ファージ系は海況の違いに相応してそれぞれ特有の分布パターンを示している。それらは九州南方対馬暖流海域と、東シナ海の大陸棚や陸棚斜面海域、および黒潮流軸海域の3海域に明らかな棲み分けを見せている。各海域のそれぞれの水塊が混合する境界海域では、ファージ系も混在している。これら三つに類別される棲み分けを決めるファージ系自体の性状と各海域の海況の違いとの係わり合いについては、今後更に詳細に検討したい。しかし、各ファージ系の分布域を調査検討することによって、この海域における黒潮の流路や流域、あるいはそれと他の水塊との混合状態を微生物学的に解析しうることを知りえた。

## 要 約

調査海域の各定点における水深 50 m, 100 m, 300 m 層から採取した海水中の細菌細胞数を測定した。その結果, 細菌細胞の鉛直分布では, 水深 50~100 m 層にそのピークが見られた。また, 水平分布では, 東シナ海大陸棚上の定点 5, 6, 7 で細菌細胞数が最も多かった。全体として, 海底深度が浅く湧昇流が見られる大陸棚および陸棚斜面海域の定点 1~11 の方が, 海底深度が深い黒潮流軸の奄美大島西方海域および吐噶喇列島周辺海域の定点 12~19 に比して, 細菌細胞数がより多かった。

この調査海域から分離された32種のバクテリア系系の分布動態から, それらは三つに類別される明らかな棲み分けが見られた。それらは, 九州南方対馬暖流海域のせまい範囲に棲むもの, 東シナ海のおもに大陸棚や陸棚斜面海域のひろい範囲に棲むものと, 奄美大島西方から吐噶喇海峡に至る黒潮流軸海域に棲むものとであった。そのことはフェージ系自体の性状と海況との間に明確な係わりをもつことであり, 各フェージ系の分布を調査検討することによって, この海域の黒潮の流路や流域を微生物学的に解析しうることを知りえた。

## 謝 辞

この文部省特定研究, 「琉球島弧周辺海域における陸棚斜面漁場の, 開発利用に関する研究」の3カ年次にわたる調査航海に参加して, 多大の成果を収め得ましたことは, 研究代表者の高橋淳雄教授をはじめ共同研究者の各位やかごしま丸乗組員一同の御援助の賜と感謝し, 厚く御礼申し上げます。また, 今回の調査に際し, 試料採取に補助をうけた学生, 上野有史, 西山和徳, 松浦光信の3君に深謝する。

## 文 献

- 日高富男・河口貴史・白浜真之 (1979): 漁場海域における微生物生態系の解析-I, 琉球島弧周辺海水中のバクテリオフェージの分布, 鹿大・水・紀要, 28, pp. 47-55.
- 日高富男 (1980): 漁場海域における微生物生態系の解析-II, 琉球島弧周辺海域に常在するバクテリオフェージ系について, 鹿大・水・紀要, 29, pp. 327-337.
- 高橋淳雄 (1978): 黒潮と大気の係わり合いについて. 号外 海洋科学, 1 (2), pp. 133-140.
- 吉田陽一 (1973): 低次生産段階における生物生産の変化. 日本水産学会編 「水圏の富栄養化と水産増殖」 pp. 92-103, 恒生社恒生閣.