

## 적조생물 살조세균 탐색

### I. 유해 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 살조세균 *Micrococcus* sp. LG-1의 분리와 살조특성

박영태 · 박지빈 · 정성윤 · 송병철 · 임월애\* · 김창훈\*\* · 이원재  
부경대학교 미생물학과, \*국립수산진흥원 적조생물과, \*\*부경대학교 해양산업개발연구소

## Isolation of Marine Bacteria Killing Red Tide Microalgae

### I. Isolation and Algicidal Properties of *Micrococcus* sp. LG-1 Possessing Killing Activity for Harmful Dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides*

Young-Tae PARK, Ji-Bin PARK, Seong-Youn CHUNG, Byung-Chul Song, Wol-Ae LIM\*,  
Chang-Hoon KIM\*\* and Won-Jae LEE

Department of Microbiology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
\*Division of Harmful Algae Blooms Biology, National Fisheries Research & Development Agency, Pusan 619-900, Korea

\*\*Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

In this study, we have investigated the distributions and killing effects of marine bacteria that tend to kill the red tide microalgae, *C. polykrikoides* in the area of Masan bay from June to October, 1996.

To summarize, *C. polykrikoides* killing bacteria were detected at  $10^2$  to  $10^3$  cells/ml of seawater samples during the survey period, and the bloom was observed in September by containing  $4.8 \times 10^3$  cells/ml. It appears, however, that the number of these bacteria is decreased ( $2.0 \times 10^2$  cells/ml) in October.

A total of 110 strains were isolated from seawater samples and seawater filtrate (pore size,  $0.8 \mu\text{m}$ )-containing mixed culture of *C. polykrikoides* in which the mixed culture was grown in f/2 medium. As results, we have successfully isolated *Micrococcus* sp. LG-1 which shows a remarkable killing effect against the *C. polykrikoides*.

The cell numbers of *C. polykrikoides* were decreased to less than 10 cells/ml within 6days and 5days after inoculation of *Micrococcus* sp. LG-1 into the lag and logarithmic growth phases of *C. polykrikoides*, respectively. Therefore, it appears that inoculation of *Micrococcus* sp. LG-1 against the logarithmic *C. polykrikoides* is more effective than the lag growth phase. In addition, the killing effects were increased in accordance with bacterial cell densities inoculated in a dose dependent manner. Especially, the filtrate of killing bacterium culture (pore size,  $0.2 \mu\text{m}$ ) revealed a dramatic effect in which *C. polykrikoides* were decreased to less than 10 cells/ml of culture within 1 hr, 1.5 hrs, 1.5 hrs, 3.5 hrs. and 5.5 hrs after inoculations of the culture filtrate with concentration of 30%, 20%, 10%, 5% and 2.5%, respectively. Moreover, *Micrococcus* sp. LG-1 showed a selective specificity against *C. polykrikoides* and any other killing effects of *Micrococcus* sp. LG-1 were not observed against *Alexandrium tamarense*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*. and *Gymnodinium sanguineum*.

Key words: *Cochlodinium polykrikoides*, killing bacteria, red tide, *Micrococcus* sp. LG-1

## 서 론

1980년대 이후 매년 남해안의 부영양화된 해역을 중심으로 유해·유독성 적조가 발생하였으며, 1982년에 적조를 일으킨 *Cochlodinium polykrikoides*는 1990년 초부터 계속 적조를 일으킨 후, 1995년 이후로는 10,000 cells/ml 이상의 고밀도 적조로 남해안에서 동남해역까지 대규모로 발생하여 막대한 수산피해를 일으켜 사회·경제적

으로까지 영향을 미치게 되었다(김 등, 1996). 이를 계기로 적조피해를 최소화하기 위한 종합적인 적조방제 대책연구가 진행되고 있다.

적조방제에 관한 연구로 물리적, 화학적, 생물학적 방법들이 국내외에서 연구되고 있으며, 특히 생물학적 방법 중 해양세균을 이용하는 방제로 적조생물살상 및 저해 세균에 관한 연구는 국외에서 활발히 진행되어 왔다.

Stewart and Brown (1969, 1971)이 담수에서 식물플랑

본 논문은 96년도 한국학술진흥재단의 국내 박사후 연수과정 연구비와 농림수산 특정연구 사업지원에 의한 연구결과의 일부임.

크톤을 저해하는 세균을 분리 보고한 후, Ishio et al. (1989)이 해양세균을 이용하는 적조방제를 제시하며 연구 보고하기 시작하였다. 이와 관련된 연구로는 현장 해수에서 적조생물과 살조세균의 동태에 관한 것으로 Fukami et al. (1991)과 Yoshinaga et al. (1995)은 bioassay법을 이용하여 *Gymnodinium mikimotoi*과의 동태를 조사 보고하였다. 저해기작에 관한 연구로서는 살조세균이 생산한 대사산물로 적조생물을 살조시키는 기작 (Ishio et al., 1989; Fukami et al., 1992), 활주세균인 *Saprospira* sp. (Sakata 1990, 1991)와 *Cytophaga* sp. (Imai et al., 1991, 1993; Mitsutani et al., 1988)와 같이 직접 세균이 적조생물에 접촉하여 살조시키는 기작, 또한 적조생물의 접합을 저해시키는 기작 (Sawayama et al., 1990, 1993)이 보고되었다. 또한, 접합저해 물질의 정제 및 분석 (Sawayama et al., 1991) 등 해양 미생물을 이용한 적조방제 대책의 일환으로 살조세균에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 마산만에서 유해성 적조생물 *C. polykrikoides* 살조세균의 분포와 분리된 균주중 우수한 살조능을 보여준 *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특성을 조사한 결과이다.

## 재료 및 방법

### 시료채취

시료는 1996년 6월부터 10월까지 Fig. 1. 에 표시된 마산만의 정점 (A)에서 채취하였다. 세균용 시료는 MB 채수기로 무균적으로 채수하였으며, 식물플랑크톤은 Van Dorn 채수기를 사용하였다. 채수된 시료는 ice-box에 보관하여 연구실로 옮겨 시료를 처리하였다.

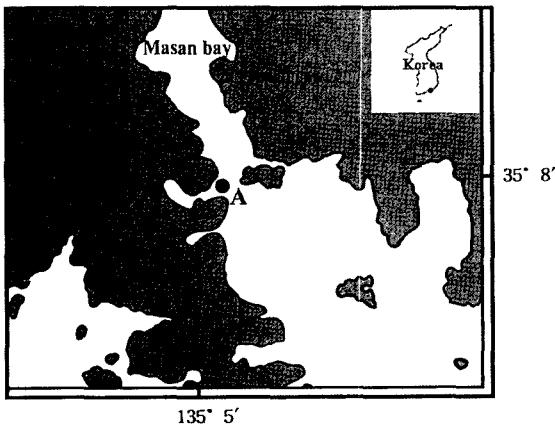


Fig. 1. Location of sampling station in Masan Bay.

### 현장 해수에서 살조세균의 계수 및 분리

Fukami et al. (1991)의 방법으로 MPN법으로 현장 해수에서 *C. polykrikoides*를 사멸시키는 살조세균을 계수 하였다. MPN법은 5 portion으로서, 10 ml 시험관에 f/2 배지 (Guillard and Ryther, 1962)로 배양한 대수증식기의 *C. polykrikoides* (2,000 cells/ml)를 각각의 시험관에 4 ml씩 분주하여 사용하였다. 채수된 해수를 멸균한 공경 0.2  $\mu$ m와 0.8  $\mu$ m의 nucleopore polycarbonate filter에 각각 무균적으로 여과하여, 여과액을 MPN 배양 시험관에 1 ml 씩 접종하여 2,500 lux, 20°C, 14L:10D 조건에서 배양하였다. 0.2  $\mu$ m filter로는 살조능을 가진 바이러스에 의한 영향을, 0.8  $\mu$ m filter로는 해수 중에 있는 다른 식물플랑크톤과 큰 생물들을 제거하기 위한 것으로 0.8  $\mu$ m filter의 여과액에 존재하는 살조미생물의 최확수에서 0.2  $\mu$ m filter의 여과액의 최확수를 빼는 것으로 살조세균을 계수 하였다. 양성시험관은 경시적으로 *C. polykrikoides*의 개체수를 계수하여 *C. polykrikoides*에 대하여 사멸효과를 보이는 시험관으로 하였다.

살조세균은 양성시험관의 배양액과 현장 해수를 개량형 Zobell 2216E 배지 (門田과 多賀, 1985)에서 평판배양법 (Buck and Cleverdon, 1960)으로 20°C에서 2주간 배양하여 출현한 세균집락을 분리하여 2,000 cells/ml인 *C. polykrikoides*의 배양 시험관에 10<sup>6</sup> cells/ml의 개체수로 접종시킨 후 경시적으로 관찰하여 탐색하였다.

### *Micrococcus* sp. LG-1에 의한 *C. polykrikoides*의 살조효과

*C. polykrikoides*의 성장단계별 살조효과는 잠복기와 대수증식기의 *C. polykrikoides* 배양액 10 ml에 개량형 Zobell 2216E 배지에서 2일간 배양한 *Micrococcus* sp. LG-1 (최종밀도, 1.0×10<sup>6</sup> cells/ml)을 접종하여 경시적으로 계수하여 살조능을 조사하였다. *Micrococcus* sp. LG-1의 균수에 따른 살조효과는 개량형 Zobell 2216E 평판배지에서 2일간 배양한 *Micrococcus* sp. LG-1을 최종밀도가 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> cells/ml가 되도록 대수증식기의 *C. polykrikoides* 배양액 10 ml에 접종하여 조사하였다.

*Micrococcus* sp. LG-1의 생성물질에 의한 살조효과를 조사하기 위하여, Zobell 액체배지에서 정상기 일 때의 *Micrococcus* sp. LG-1을 원심분리 (5,000×g, 20 min) 후 상층액을 취하여 멸균된 0.2  $\mu$ m filter에 거른 여과액을 첨가농도 (1, 2.5, 5, 10, 20, 30%)를 다르게 하여, 대수증식기의 *C. polykrikoides* (4,000 cells/ml) 10 ml에 첨가

하여 사멸효과를 관찰하였다. 대조구로서는 *C. polykrikoides*의 성장에 저해를 주지 않는 *Pseudomonas* sp. M-5 배양 여과액을 최종농도가 30%가 되게 첨가하였다. *Micrococcus* sp. LG-1의 다른 식물플랑크톤에 대한 살조특이성을 조사하기 위하여 5종의 식물플랑크톤 (*Alexandrium tamarense*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*)이 f/2배지에서 대수증식기일 때, 개량형 Zobell 2216E 평판배지에서 2일 배양한 *Micrococcus* sp. LG-1을 최종밀도가  $1.4 \times 10^7$  cells/ml 되도록 접종한 후 정기적으로 계수 하여 살조특이성을 조사하였다.

살조세균 및 식물플랑크톤의 동정

살조세균은 Simidu et al. (1977)과 MacFaddin (1984)에 의하여 생화학적 성장과 Miller and Berger (1985)의 방법에 따라 지방산을 추출해서 Microbial Identification System (MIS: Hewlett-Packard 5890A)으로 분석한 결과와 비교 동정하였다. 식물 플랑크톤의 종조성은 채취된 해수를 Lugol 용액으로 고정후, 침전관에서 3~4일 침전시킨 후 상층액을 제거한 다음 10ml가 되도록 농축한 후 日本プランクトン圖鑑 (山路, 1984)에 의하여 동정하였다.

결과 및 고찰

식물 플랑크톤의 종조성

조사기간동안 정점 A (Fig. 1)에서 출현한 식물플랑크톤의 종조성을 Table 1에 나타내었다. 6월과 7월에는 *Prorocentrum* spp.이 우점종이었으며, 9월에는 *C. polykrikoides*가 우점종으로 출현하여, 10월에 소멸함과 동시에 규조류가 우점하는 천이현상을 보였다. 김 (1990)이 마산만에서 조사한 여름철에는 *Prorocentrum* spp. 등의 편모조류가 가을철에는 규조류로 우점종이 천이한다는 보고와 유사한 분포 양상을 보여주었다. 이 기간동안에

김 등 (1997)의 조사보고에 의하면 9월에 발생한 *C. polykrikoides*의 적조는 남해안 일대 해역을 포함하여 울산 연안까지 확산되어 대규모의 수산피해를 발생시켰다.

해수중의 *C. polykrikoides* 살조세균의 분포

조사기간동안 현장 해수에서 생균수와 *C. polykrikoides* 살조세균의 분포를 Table 2에 나타내었다. 생균수는  $10^4 \sim 10^5$  cells/ml의 범위로 9월에  $1.9 \times 10^5$  cells/ml로 가장 높았다. *C. polykrikoides* 살조세균은  $10^2 \sim 10^3$  cells/ml의 범위로 *C. polykrikoides* 적조가 발생하지 않는 기간에도 해수 중에 존재하였다. 살조세균은 적조가 발생한 9월에  $4.8 \times 10^3$  cells/ml로 가장 높았으며, 소멸하는 10월에  $2.0 \times 10^2$  cells/ml로 감소하는 경향을 보여주어 *C. polykrikoides* 적조의 소멸에 관련이 있는 것으로 고려되어지나, 현장에서의 적조의 소멸에 미치는 살조세균의 역할을 정확히 파악하기 위해서는 보다 세밀한 간격의 조사가 되어야 할 것으로 사료된다.

Yoshinaga et al. (1995)은 일본의 Tanabe만에서 1990년 7월부터 1992년 9월까지 MPN법으로 적조생물 *Gymnodinium mikimotoi*의 저해세균의 분포를 조사한 결과, 조사기간동안  $10 \sim 10^4$  cells/ml의 범위로 *G. mikimotoi* 적조가 발생하지 않은 시기에도 존재하였으며, *G. mikimotoi*의 밀도가 가장 높은 시기와 소멸될 때 저해세

Table 1. Variation of phytoplankton communities in Masan bay from June to October in 1996 (cells/ml)

Species	Month				
	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
<i>Skeletonema costatum</i>	654	340	111	329	1552
<i>Chaetoceros</i> spp.	130	100	90	133	5467
<i>Nitzschia</i> spp.	540	300	120	213	3451
<i>Prorocentrum</i> spp.	3220	5420	240	101	124
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	120	150	543	11230	231
Unidentified	170	120	90	110	130

Table 2. Numbers of viable bacteria and *C. polykrikoides* killing bacteria in Masan bay from June to October in 1996 (cells/ml)

Month	Killing microorganisms in the seawater filtrate (MPN <sup>1</sup> )		Killing bacteria (A) - (B)	Viable bacteria (CFU <sup>2</sup> )
	<0.8 μm (A)	<0.2 μm (B)		
June	$2.0 \times 10^2$	0	$2.0 \times 10^2$	$7.9 \times 10^4$
July	$9.1 \times 10^2$	0	$9.1 \times 10^2$	$4.7 \times 10^4$
Aug.	$1.8 \times 10^2$	$1.1 \times 10$	$1.7 \times 10^2$	$6.5 \times 10^4$
Sep.	$4.9 \times 10^3$	$1.8 \times 10$	$4.8 \times 10^3$	$1.9 \times 10^5$
Oct.	$2.0 \times 10^2$	0	$2.0 \times 10^2$	$4.2 \times 10^4$

<sup>1</sup>MPN: Most probable number. <sup>2</sup>CFU: Colony forming unit.

균의 밀도가 높게 나타나, 저해세균이 *G. mikimotoi* 적조의 소멸에 영향을 미친 것으로 보고하였다. 또한, 송등 (1998)도 1995년 7월부터 9월까지 Ago만에서 유해성 적조생물 *Heterocapsa circularisquama*와 살조세균의 동태를 조사하였으며, 살조세균은 10 cells/ml 이하의 낮은 밀도로 적조가 발생하지 않은 시기에도 존재하였으며, *H. circularisquama* 적조가 소멸될 때 저해세균의 수가 증가하여 적조의 소멸에 영향을 미친 것으로 보고하였다 Table 2의 8월과 9월의 0.2 µm 여과액에서 살조미생물이 검출된 것은 Fukami et al. (1991)에 의하면 바이러스 혹은 극미소세균인 것으로 고려되나, 개체수가 10 cells/ml 범위로 일반적으로 알려진 해양세균의 균체크기인 0.2~0.8 µm 범위의 살조세균에 비하여 극히 적게 분포함을 알 수 있었다.

**C. polykrikoides** 살조세균 *Micrococcus* sp. LG-1의 분리와 살조효과

조사기간중 110개의 균주가 분리되었으며, 9월 현장해수를 0.8 µm filter에 여과한 여과액과 *C. polykrikoides*의 혼합배양액에서 살조능이 우수한 균주 LG-1을 분리하였다. 공시균의 형태학적 및 생화학적 특성과 균체지방산 조성은 Table 3과 같다. 공시균은 Gram 양성 구균으로서 운동성이 없으며, Catalase 양성반응을, Glucose O/F test에서 산화반응과 Bacitracin 감수성검사에 감수성을 보였으며, MIS (Microbial Identification System) 분석과 비교한 결과 *Micrococcus*속으로 동정되어 *Micrococcus* sp. LG-1로 명명하여 본 실험에 사용하였다.

Fig. 2는 *C. polykrikoides*의 성장단계 중 잠복기와 대수성장기에 *Micrococcus* sp. LG-1 (최종농도, 1.3×10<sup>6</sup> cells/ml)을 접종하여 살조능을 조사한 결과이다. 잠복기

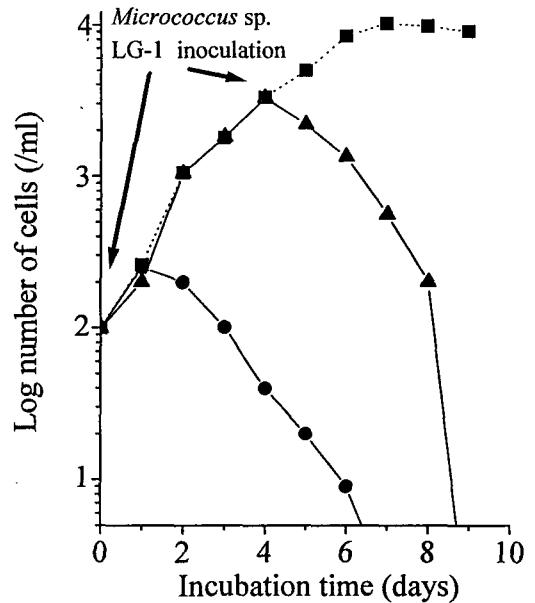


Fig. 2. Comparison of killing effect of *Micrococcus* sp. LG-1 against *C. polykrikoides* by the inoculation time of killing bacteria at 20°C. ●, in the lag stage; ▲, in the logarithmic stage; ■, control.

에 접종한 경우 *C. polykrikoides*의 개체수는 배양 1일째까지는 대조구와 유사하게 증가하였으나, 1일 이후부터는 감소하여 접종후 6일째에는 대부분 사멸하여 10 cells/ml 이하로 감소하였다. 대수성장기의 경우는 배양 1일 후에 *C. polykrikoides*의 개체수가 1/2가량 감소하였으며, 잠복기에 비하여 대수성장기에 살조세균이 유입되었을 때 빠르게 사멸됨을 알 수 있었다. Fukami et al. (1992)은 적조생물 *Gymnodinium nagasakiense*를 저해하는 세균 SN-3을 분리하여, 적조생물의 성장단계에 따라 접종하여 관찰한 결과 잠복기에 접종하였을 경우, *G. nagasakiense*의 개체수가 조금씩 증가하여 약한 저해능을 보였으나, 대수성장기의 경우에는 강한 살조능을 보여주어 4일만에 대부분 사멸시켜, 본 연구와 유사한 경향을 보여주었다. 이는 식물플랑크톤의 성장단계에 따른 생리적 차이점과 식물플랑크톤의 배양액에는 세균에 이용가능한 조류의 세포의 배출 유기물이 배양시간이 지남에 따라 축적 되어 잠복기에 비하여 대수증식기에 많은 유기물이 존재하여, 살조세균을 접종시켰을 때 이들을 이용하여 잠복기보다 빠르게 사멸을 유도한 것으로 사료된다.

*C. polykrikoides*에 살조세균 *Micrococcus* sp. LG-1을

Table 3. Taxonomical characteristics of *Micrococcus* sp. LG-1

Morphological and biochemical characteristics		Composition of fatty acids	
Check items	Results	Name	Percentage
Cell shape	coccus	14:0 iso	1.99
Gram stain	positive	14:0	3.28
Motility	negative	15:0 iso	4.07
Catalase	positive	15:0 anteiso	55.98
Glucose O/F test	oxidation	16:1 ω7c alcohol	1.37
Sensitivity of bacitracin (0.02U)	sensitive	16:0 iso	4.44
Mannose	negative	16:0 ω11c	1.90
		16:0	11.67
Urease	negative	17:0 anteiso	14.96
		18:1 ω9c	0.34

접종하였을 때 사멸되는 과정을 관찰하였다 (Fig. 3). 연쇄조직을 형성한 정상세포 (Fig. 3-A)는 살조세균의 작용을 받아, 연쇄조직의 각 단세포가 원형 (Fig. 3-B)으로 변하면서 분리되었다. 분리된 각 단세포는 직경이 약 2~3배로 커지며 (Fig. 3-C) 파열되었다 (Fig. 3-D). Imai et al. (1991)도 *Chattonella antiqua*가 살조세균의 작용을 받아 사멸될 때 형태가 변한 후 파열됨을 보여주었다.

접종한 *Micrococcus* sp. LG-1의 세균수에 따른 *C. polykrikoides*의 사멸효과를 Fig. 4에 나타내었다.  $10^5$  cells/ml 이상의 경우에 뛰어난 살조효과를 보여주었으며,  $10^6$  cells/ml의 경우 5일 만에 10 cells/ml으로 감소시켜 *Micrococcus* sp. LG-1을 접종한 개체수가 많을수록 살조능이 높았다. Fukami et al. (1992)의 보고에 의하면, *Gymnodinium nagasakiense*에 대해 저해능을 가진 *Flavobacterium* sp. 5N-3의 개체수를  $10^3$ 에서  $10^6$  cells/ml의 범위로 다르게 하여 *G. nagasakiense*의 배양액에 접종한 결과 살조세균의 밀도가 높을수록 저해능이 뛰어났으며  $10^6$  cells/ml에서 최대 효과를 나타내었다고 보고하였으며, 본 실험도 이와 비슷한 경향을 나타내었다.

*Micrococcus* sp. LG-1의 배양여과액에 의한 *C. polykrikoides* 사멸효과

*Micrococcus* sp. LG-1 배양여과액의 첨가농도에 따른 *C. polykrikoides*의 사멸효과를 Fig. 5에 나타내었다.

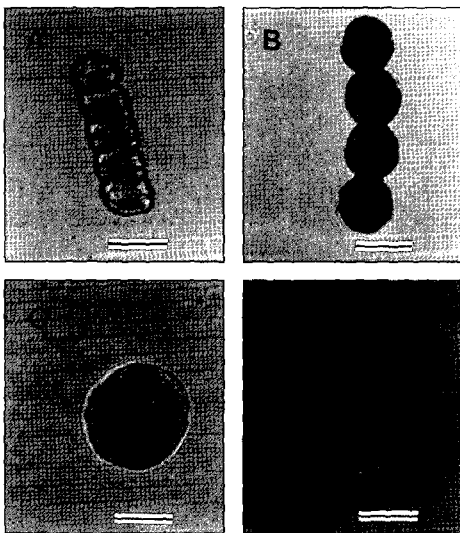


Fig. 3. Microscopical observation on the killing process of *Micrococcus* sp. LG-1 against *C. polykrikoides*. Bars: 30 µm. A: live fused cell, B, C: deformed cell, D: bursted cell.

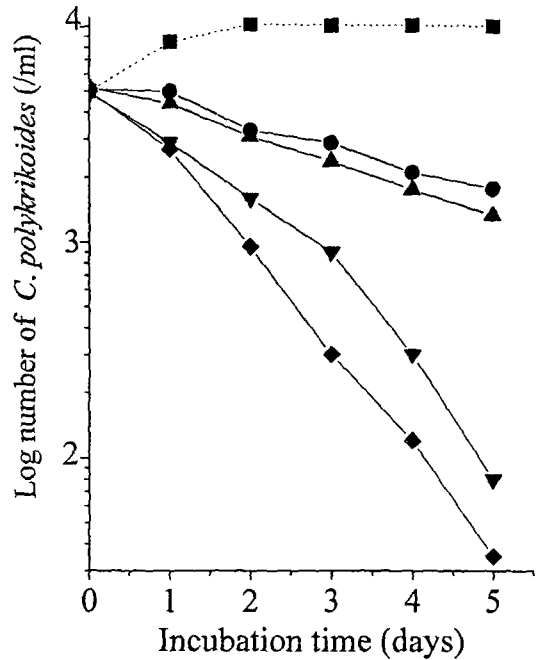


Fig. 4. Killing effect of *Micrococcus* sp. LG-1 against *C. polykrikoides* by the different cell densities of added bacteria at 20°C. ●, Initial bacterial densities of  $10^3$  cells/ml; ▲,  $10^4$  cells/ml; ▼,  $10^5$  cells/ml; ◆,  $10^6$  cells/ml; ■, control.

배양여과액의 최종농도가 1%가 되게 첨가하였을 경우는 *C. polykrikoides*의 개체수는 서서히 감소하여 72시간 경과 후에 대조구의 1/2이 되었으나 조금씩 증가하였다. 2.5%가 되게 첨가하였을 경우는 접종 후 5.5시간, 5%는 3.5시간, 10%와 20%는 1.5시간 그리고 30%에서는 1시간만에 모두 사멸하였으며, Fukami et al. (1992)이 보고한 *Gymnodinium nagasakiense*에 저해효과를 나타내는 *Flavobacterium* sp. 5N-3의 배양여과액을 최대 50%가 되도록 접종한 결과 15일경과 후 사멸하였던 것과 Imai et al. (1995)이 보고한 *Chattonella antiqua*에 *Altermonas*속에 속하는 균주 K와 D의 배양여과액을 최대 90%가 되게 접종하였을 때 4일 후에 사멸한 것에 비하여 *C. polykrikoides*에 대한 *Micrococcus* sp. LG-1은 월등한 살조능을 보여주었다. *Micrococcus* sp. LG-1의 배양여과액의 양에 비례하여 사멸효과가 증가하는 경향을 보여, *Micrococcus* sp. LG-1은 *C. polykrikoides*를 사멸시키는 어떤 화학물질을 생성하는 것으로 사료된다. 또한, 이와 같은 살조물질은 현장해수에서는 쉽게 확산되어 식물플랑크톤에 영향을 미치기 어려우나, Macroaggregate내에 식물플랑크톤이 존재할

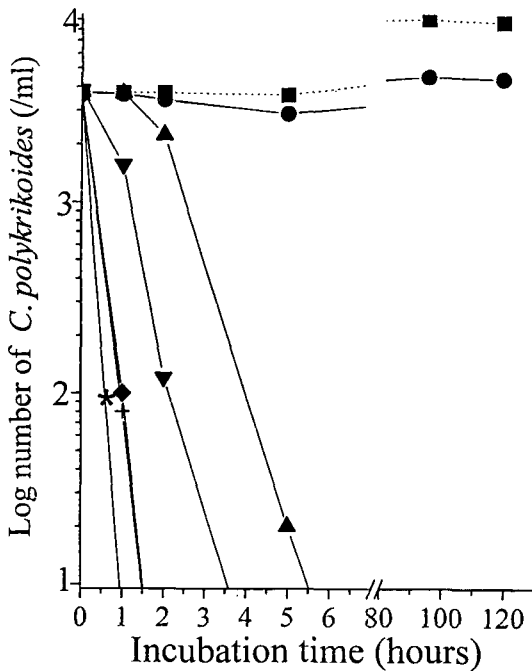


Fig. 5. Effects of the different culture filtrate concentrations of *Micrococcus* sp. LG-1 against the growth of *C. polykrikoides*.

●, Filtrates were added with the concentrations of 1%; ▲, 2.5%; ▼, 5%; ◆, 10%; +, 20%; ★, 30%; ■, control (addition of *Pseudomonas* sp. M-5 filtrate, final concentration: 30%).

Table 4. Killing effects of *Micrococcus* sp. LG-1 on the growth of 5 species of marine red tide microalgae

Species	Killing activity
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	positive
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	negative
<i>Prorocentrum micans</i>	negative
<i>Alexandrium tamarensis</i>	negative
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	negative

경우 살조물질의 확산이 늦어 살조작용을 할 것으로 Imai et al (1995)이 고찰하였다.

#### *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특이성

Table 4는 *Alexandrium tamarensis*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*의 5종의 적조원인 편모조류에 대한 *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특이성을 조사한 것으로서, 본 세균은 *C. polykrikoides*에 대해서만 살조효과를 보여 주었다. Imai (1997)은 살조세균 *Alteromonas* sp.와 *Cytophaga* sp.를 분리하여 6종의 식물플

랑크톤에 대한 살조특이성을 조사하였으며, 살조특이성은 살조기작 및 식물플랑크톤의 운동성과 외부형태에 따라 다름을 보고하였다. Yoshinaga et al. (1997)은 *Gymnodinium mikimotoi*를 살조하는 28종의 해양세균을 분리하여 3종의 규조류와 1종의 편모조류에 대한 살조특이성을 조사한 결과, 대부분의 *Gymnodinium mikimotoi* 살조세균은 규조류에 영향을 미치지 않았으나, 22종은 편모조류 *Heterosigma akashiwo*에도 영향을 미친 것으로 보고하였고, 각각의 살조세균은 식물플랑크톤을 제어하는 종 특이성을 가지므로, 현장해수에서 식물플랑크톤의 군집변동에 영향을 미칠 것으로 고찰하였다.

## 요 약

1996년 6월부터 10월까지 적조다발해역 마산만에서 *C. polykrikoides* 살조세균의 분포와 분리된 110 균주 중 살조능이 우수한 *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특성을 요약하면 다음과 같다.

현장해수에서 *C. polykrikoides* 살조세균은  $10^2 \sim 10^3$  cells/ml의 범위로, *C. polykrikoides* 적조가 발생한 9월에  $4.8 \times 10^3$  cells/ml로 가장 높았으며, 적조가 소멸하는 10월에  $2.0 \times 10^2$  cells/ml로 감소하는 경향을 나타내었다. *C. polykrikoides*에 대한 *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특성을 혼합배양을 통하여 조사하였다. 잠복기와 대수증식기의 *C. polykrikoides*의 배양액에 *Micrococcus* sp. LG-1을 접종한 결과 각각 6일과 5일 만에 사멸되어, 대수증식기의 *C. polykrikoides*가 빠르게 사멸되었다. 또한, *Micrococcus* sp. LG-1의 개체수와 배양여과액의 농도에 비해 하여 *C. polykrikoides*의 사멸효과가 높게 나타났으며, 배양여과액은 최종농도가 2.5%일 경우는 접종 후 5.5시간, 5%에서는 3.5시간, 10과 20%에서는 1.5시간 그리고 30%에서는 1시간만에 모두 사멸하였다. *Alexandrium tamarensis*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*의 5종의 적조원인 편모조류에 대한 *Micrococcus* sp. LG-1의 살조특이성은 *C. polykrikoides*에만 살조효과를 나타내었다.

## 참 고 문 헌

- Buck, J. D. and R. C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 75~80.
- Fukami, K., T. Nishijima, H. Murata, S. Doi and Y. Hata.

1991. Distribution of bacteria influential on the development and the decay of *Gymnodinium nagasakiense* red tide and their effects on algal growth. Nippon Suisan Gakkaishi, 57 (12), 2321~2326.
- Fukami, K., A. Yuzawa, T. Nishijima and Y. Hata. 1992. Isolation and properties of a bacterium inhibiting the growth of *Gymnodinium nagasakiense*. Nippon Suisan Gakkaishi. 58 (6), 1073~1077.
- Guillard, R. R. L. and J. H. Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatoms 1. *Cyclotella nana* HUSTEDT, and *Detonula confervacea* (CLEVE) GRAN. Can. J. Microbiol., 8, 229~239.
- Imai, I., Y. Ishida, S. Sawayama and Y. Hata. 1991. Isolation of a marine gliding bacterium that kills *Chattonella antiqua* (Raphidophyceae). Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1409.
- Imai, I., Y. Ishida and Y. Hata. 1993. Killing of marine phytoplankton by a gliding bacterium *Cytophaga* sp., isolated from the coastal sea of Japan. Mar. Biol., 116, 527~532.
- Imai, I., Y. Ishida, K. Sakaguichi and Y. Hata. 1995. Algicidal marine bacteria isolated from northern Hiroshima bay, Japan. Fisheries science, 61 (4), 628~636.
- Imai, I. 1997. Algicidal ranges in killer bacteria of direct contact type for marine phytoplankton. Bull. Plankton Soc. Japan, 44 (½), 3~9 (in Japanese).
- Ishio, S., R. E. Mangidan, M. Kuwahara and H. Nakagawa. 1989. A bacterium hostile to flagellates: identification of species and characters. In: Red tides-biology, Environmental science and toxicology, Okaichi, D., M. Anderson and T. Nemoto, eds. Elsevier sci. publ. N. Y., pp. 205~208.
- MacFaddin, T. F. 1984. Biochemical tests for identification of medical bacteria, Williams & Wilkins, pp. 36~308.
- Miller, L. and T. Berger. 1985. Bacteria identification by gas chromatography of whole cell fatty acids. Hewlett-Packard Application Note, pp. 228~248.
- Mitsutani, A., A. Uchida and Y. Ishida. 1988. Occurrence of blue-green algae and algae lytic bacteria in lake Biwa. Bull. Jpn. Soc. Microbial. Ecol., 2, 21~28.
- Sakata, T. 1990. Occurrence of marine *Saprospira* sp. possessing algicidal activity for diatoms. Nippon suisan Gakkaishi, 56, 1165.
- Sakata, T., Y. Fujita and H. Yasumoto. 1991. Plaque formation by algicidal *Saprospira* sp. on a lawn of *Chaetoceros ceratosporum*. Nippon suisan Gakkaishi, 57, 1147~1152.
- Sawayama, S., Y. Sako and Y. Ishida. 1990. Bacterial inhibitor for the mating reaction in *Chlamydomonas reinhardtii* and *Alexandrium catenella*. Nippon Suisan Gakkaishi, 5, 1847~1852.
- Sawayama, S., Y. Sako and Y. Ishida. K. Nimura, A. Abe and S. Hiroishi. 1991. Purification and structure determination of the bacterial mating inhibitor for *Chlamydomonas reinhardtii* and *Alexandrium catenella*. Nippon Suisan Gakkaishi. 57, 307~314.
- Sawayama, S., Y. Sako and Y. Ishida. 1993. New inhibitor for mating reaction of *Alexandrium catenella* produced by marine *Alteromonas* sp.. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 291~294.
- Simidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. Microb. Ecol., 3, 173~191.
- Stewart, J. R. and R. M. Brown. 1969. *Cytophaga* kills or lyses algae. Science, 164, 1523~1524.
- Stewart, J. R. and R. M. Brown. 1971. Algicidal non-fluiting *Myxobacteria* with high G+C ratios. Arch. Mikrobiol., 85, 176~190.
- Yoshinaga, I., T. Kawai, T. Takeuchi and Y. Ishida. 1995. Distribution and fluctuation of bacteria inhibiting the growth of a marine red tide phytoplankton *Gymnodinium mikimotoi* in Tanabe Bay (Wakayama Pref., Japan). Fisheries Science, 61 (5), 780~786.
- Yoshinaga, I., T. Kawai and Y. Ishida. 1997. Analysis of algicidal ranges of the bacteria killing the marine dinoflagellate *Gymnodinium mikimotoi* isolated from Tanabe Bay, Wakayama Pref., Japan. Fisheries Science, 63 (1), 94~98.
- 山路男. 1984. 日本海洋プランクトン圖鑑. 保育社.
- 門田元・多賀信夫. 1985. 海洋微生物 研究法. 學生出版センター, 307 pp.
- 今井一郎・中桐榮・永井清仁・長崎慶三・板倉茂・山口峰生. 1998. 夏季の英虞灣における有害赤潮渦鞭毛藻類 *Heterocapsa circularisquama* 殺藻微生物の變動. 南西海區水産研究所 研究報告, 31, 53~61.
- 김학균. 1990. 마산만의 편모조적조의 발생과 환경특성. 수산진흥원 연구보고, 43, 1~40.
- 김학균·이삼근·안경호·윤성화. 1996. 한국연안의 유독성 *Cochlodinium* 적조 발생과 변천. 제 2회 연구발표 및 귀국보고, 국립수산진흥원, pp. 23~24.
- 김학균·이삼근·안경호·윤성화·이필용·이창규·조은섭·김정배·최희구·김평중. 1997. 한국연안의 적조, 최근 적조의 발생원인과 대책. 국립수산진흥원, 280 pp.

1998년 7월 14일 접수

1998년 9월 14일 수리