

적조생물 살조세균 탐색

II. 적조생물 *Prorocentrum micans* 살조세균 *Pseudomonas* sp. LG-2의 분리와 살조특성

이원재 · 박영태
부경대학교 미생물학과

Isolation of Marine Bacteria Killing Red Tide Microalgae

II. Isolation and Algicidal Properties of *Pseudomonas* sp. LG-2 Possessing Killing Activity for Dinoflagellate, *Prorocentrum micans*

Won-Jae LEE and Young-Tae PARK

Department of Microbiology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

We have isolated a bacterial strain that tends to kill *P. micans* from the mixed culture of *P. micans* plus seawater filtrate (pore size, 0.8 μ m) collected at Masan bay in July 1996, in which the mixed culture grown in the f/2 medium. According to the experimental results of the isolated bacterium such as fatty acids analysis, morphological and biochemical characteristic tests, the strain was supposed to be a *Pseudomonas* and then it was named as *Pseudomonas* sp. LG-2.

The killing effect of *Pseudomonas* sp. LG-2 against *P. micans* was proportionally increased with the concentrations of culture filtrate (pore size, 0.8 μ m) as well as with the number of bacterium inoculated. In the mixed culture inoculated with 1.3×10^6 cells/ml of *Pseudomonas* sp. LG-2, the number of *P. micans* (2,000 cells/ml) was gradually decreased and then killed below 100 cells/ml within 7 days. In addition, the culture filtrate with 30% of final concentration revealed a significant killing effect against *P. micans* around 3 days after culture. In the relationship between killing effects and growth stage of *Pseudomonas* sp. LG-2, the culture filtrate at lag phase has little effects on *P. micans*. In constant, the culture filtrate at mid-log phase showed the killing effect by decreasing *P. micans* to 1/2 in number within 5 days. In particular, the culture filtrate at stationary phase showed a significant killing effect against *P. micans* in which the majority of it was killed after 3 day culture. The species specificity of killing effects of *Pseudomonas* sp. LG-2 against 5 species of dinoflagellate was only found in *P. micans* and *Scrippsiella trochoidea*.

Key words: *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, dinoflagellate, *Pseudomonas* sp. LG-2, cellular fatty acid

서 론

해양생태계에서 식물플랑크톤 군집은 주로 규조류와 와편모조류가 우점하며, 기초생산자로서 중요한 위치를 차지한다. 와편모조류 중 일부는 적조를 일으키거나 독소를 생산하여 (Yoo and Lee, 1986) 직접적으로 어패류를 폐사시키거나 저층에 유기물질을 퇴적시킴으로써 저층빈산소수피를 형성하여 연안역의 생산성을 현저히 감소시키고 있다 (박, 1987).

와편모조류중 *Prorocentrum*은 1982년부터 남해안의 마산만을 포함한 진해만 인근해역에서 매년 지속적으로 우점종으로 출현하였으며, 주요종인 *Prorocentrum micans* 적조는 1992년부터 매년 발생하고 있다 (김 등, 1997).

적조의 발생과 소멸과정에는 물리·화학적 요인을 포함하여 생물학적 요인이 작용하며 (石田, 1994), 적조의 소멸기에 원인생물을 사멸하는 세균군이 증가하는 현상 (Fukami et al., 1991; Yoshinaga et al., 1995; 深見와 西島, 1994)이 보고되었으며, 해양세균은 적조소멸에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 국외에서는 적조대책의 일환으로 살조세균에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 일본의 수산청은 적조생물 살조세균을 이용하는 적조대책 기술개발에 관한 연구를 보고 (水産廳, 1991, 1992, 1993)하였다.

이와 관련된 연구로서는 적조생물을 저해 혹은 사멸시키는 해양세균을 분리한후, 생태학적 특징과 저해물질에 관한 보고로 Sakata et al. (1991)은 *Chaetoceros*

ceratosporum, Imai et al. (1991)은 *Chattonella antiqua*, Mitsutani et al. (1992)은 *Skeletonema costatum*, Yoshinaga et al. (1997)은 *Gymnodinium mikimotoi* 그리고 Kim (1998)은 *Heterosigma akashiwo*를 사멸시키는 해양세균을 분리하였으며, Sawayama et al. (1991, 1993)은 *Alexandrium catenella*의 집합저해물질을 정제 분석하였다.

본 연구는 적조대책의 일환으로 적조다발해역인 마산만에서 적조원인 생물의 주요종인 *P. micans*를 사멸시키는 *Pseudomonas* sp. LG-2를 분리하여 그 살조특성을 조사한 결과이다.

재료 및 방법

살조세균의 분리 및 동정

P. micans 살조세균을 분리하기 위하여 1996년 6월부터 10월까지 5회에 걸쳐 마산만에서 MB 채수기로 해수를 무균적으로 채수한 후, ice-box에 보관하여 연구실로 옮겨 시료를 처리하였다. 10 ml 시험관에 f/2 배지 (Guillard and Ryther, 1962)로 배양한 대수증식기의 *P. micans* (2,000 cells/ml)를 각각의 시험관에 4 ml 씩 분주, 채취된 해수는 멸균된 0.8 μ m Polycarbonate membrane filter로 여과한 후 1 ml씩 시험관에 접종하여 2,500lux, 20°C, 14L : 10D 조건에서 혼합 배양하였다. *P. micans*에 대하여 사멸효과를 보이는 시험관으로부터 개량형 Zobell 2216E 배지 (門田와 多賀, 1985)에서 평판배양법 (Buck and Cleverdon, 1960)으로 20°C에서 2주간 배양한 후 출현한 세균집락을 분리하여 다시 *P. micans*의 배양 시험관 (2,000 cells/ml)에 10^6 cells/ml의 개체수로 접종하여 경시적으로 관찰하여 살조세균을 분리하였다.

분리된 세균은 Simidu et al. (1977)과 MacFaddin (1984)에 의하여 생화학적 성상과 Miller and Berger (1985)의 방법에 따라 지방산을 추출하여 Microbial Identification System (MIS: Hewlett-Packard 5890A)으로 분석한 결과와 비교 동정하였다. 살조세균의 성장곡선은 개량형 Zobell 2216E 액체배지에서 20°C, 180 rpm에서 배양하여 spectrophotometer (Shimadzu, UV-160)로 660 nm에서 측정하여 구하였다.

Pseudomonas sp. LG-2에 의한 *P. micans*의 살조효과 *Pseudomonas* sp. LG-2의 균수에 따른 살조능은 개량형 Zobell 평판배지에서 36시간 배양한 *Pseudomonas* sp. LG-2를 최종밀도가 1.3×10^3 , 1.3×10^4 , 1.3×10^5 , $1.3 \times$

10^6 cells/ml가 되게 대수증식기의 *P. micans* 배양액 (2,000 cells/ml) 10 ml에 접종하여 경시적으로 관찰하였다.

Pseudomonas sp. LG-2의 생성물질에 의한 살조능을 조사하기 위하여, 개량형 Zobell 2216E 액체배지에서 성장곡선 (Fig. 1.)의 정상기일 때 (54시간 배양)의 *Pseudomonas* sp. LG-2를 원심분리 (5,000×g, 20 min) 후, 상층액을 취하여 멸균된 0.2 μ m polycarbonate membrane filter에 거른 여과액을 첨가농도 (10, 20, 30%)를 다르게 하여, 대수증식기의 *P. micans* (2,500 cells/ml) 10 ml에 첨가하여 사멸효과를 관찰하였다. 대조구로서 *P. micans*의 성장에 저해를 주지 않는 *Pseudomonas* sp. M-5 배양 여과액을 30%가 되게 첨가하였다.

Pseudomonas sp. LG-2의 성장단계에 따른 배양액의 살조능 조사는 개량형 Zobell 2216E 액체배지에서 잠복기 (배양 16시간), 대수증식기 중기 (배양 36시간), 정상기 (배양 54시간)일 때의 배양액을 원심분리 (5,000×g, 20 min) 후 상층액을 취하여 멸균된 0.2 μ m Polycarbonate membrane filter에 거른 여과액을 30%의 농도로 하여, 대수증식기의 *P. micans* (2,500 cells/ml) 10 ml에 첨가하여 사멸효과를 관찰하였다.

Pseudomonas sp. LG-2의 다른 식물플랑크톤에 대한 살조특이성은 5종의 편모조류 (*Alexandrium tamarense*,

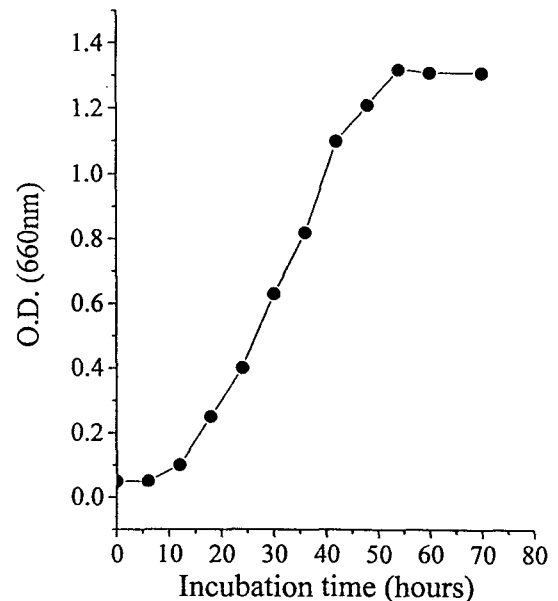


Fig. 1. Growth curve of *Pseudomonas* sp. LG-2 at 20°C, pH 7.6 and 180 rpm in the Zobell 2216E medium.

Table 1. Taxonomical characteristics of *Pseudomonas* sp. LG-2

Morphological and biochemical characteristics		Composition of fatty acids	
Check items	Results	Name	Percentage
Cell shape	rod	10:0 3OH	3.92
Gram stain	negative	12:0	2.52
		12:0 2OH	5.03
Motility	positive	12:0 3OH	3.01
		14:0	0.41
Catalase	positive	16:1 ω 7c/15 iso 2OH	29.88
		15:0 iso 2OH/16:1 ω 7c	4.69
Oxidation	positive	16:0	25.09
		17:0 cyclo	2.83
Glucose O/F test	oxidation	18:2 ω 6, 9c/18:0anteiso	0.47
Gelatin liquefaction	positive	18:1 ω 9c/ ω 12t/ ω 7c	20.63
		18:0	1.05
Denitrification	negative	19:0 cyclo ω 8c	0.47

Prorocentrum micans, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*)를 f/2배지에서 배양하여 대수증식기일 때 개량형 Zobell 2216E 평판배지에서 36시간 배양한 *Pseudomonas* sp. LG-2를 최종밀도가 5.4×10^6 cells/ml 되도록 접종한 후 경시적으로 계수하여 살조특이성을 조사하였다.

결과 및 고찰

살조세균의 분리 및 동정

조사기간 동안 해수 및 *P. micans*와 해수의 혼합배양액에서 85 균주의 해양세균을 분리하였으며, 1996년 7월의 혼합배양액에서 *P. micans*에 대한 살조능이 뛰어난 균주 LG-2를 분리하였다. 공시균의 형태학적, 생화학적 특성과 균체 지방산조성을 검토한 결과는 Table 1과 같다. 공시균은 Gram음성 간균으로서 운동성을 가지며 Catalase 양성반응과 Glucose O/F test에서 산화반응을 보였으며, MIS (Microbial Identification System)와 비교한 결과 *Pseudomonas*속으로 동정되어, *Pseudomonas* sp. LG-2로 명명하여 본 실험에 사용하였다. *Pseudomonas* sp. LG-2의 균체 지방산조성 중 16:0, 16:1 ω 7c/15 iso 2OH, 18:1이 높게 나타난 것은 Kang et al. (1997)이 수영만에서 분리한 *Pseudomonas*속의 지방산조성 특징과 비슷한 양상을 보여주었으며, 또한 Cho and Salton (1966)이 보고한 *Pseudomonas*속이 특징적으로 가지는 17:0 cyclo, 19:0 cyclo가 각각 2.83, 0.47%를 차지하였다.

Pseudomonas sp. LG-2에 의한 *P. micans*의 살조효과
Pseudomonas sp. LG-2의 균수 (최종농도; 1.3×10^3 ,

1.3×10^4 , 1.3×10^5 , 1.3×10^6 cells/ml)를 달리하여 대수증식기의 *P. micans*의 배양액에 접종한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 배양 1일간은 *Pseudomonas* sp. LG-2를 접종한 4개의 시험관에서 *P. micans*는 대조구와 비슷하게 증식하였으나, 2일째부터는 대조구를 제외하고는 모두 감소하기 시작하였다. 1.3×10^3 cells/ml 접종구에서는

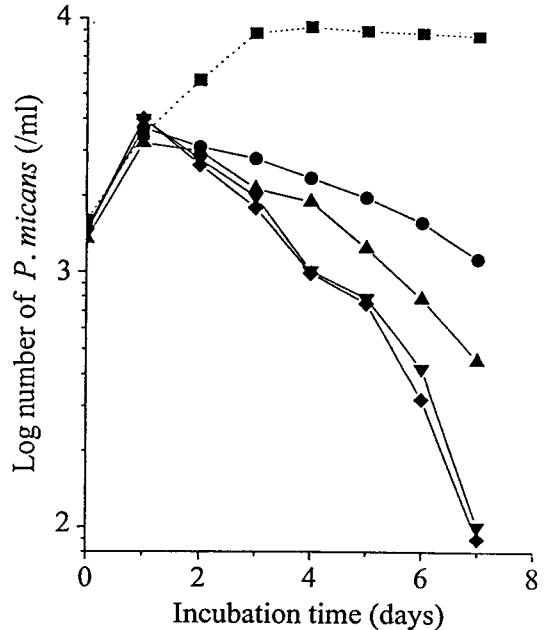


Fig. 2. Effects of the different cell densities of *Pseudomonas* sp. LG-2 against the growth of *P. micans*.

●, Initial bacterial densities of 1.3×10^3 cells/ml; ▲, 1.3×10^4 cells/ml; ▼, 1.3×10^5 cells/ml; ◆, 1.3×10^6 cells/ml; ■, control (no addition).

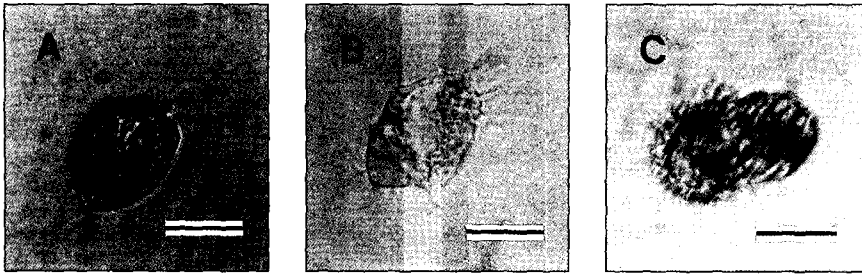


Fig. 3. Microscopical observation on the killing process of *Pseudomonas* sp. LG-2 against *P. micans*. Bars: 30 μ m. A: live cell, B: deformed cell, C: bursted cell.

*P. micans*의 개체수가 배양 7일 후에도 1,000 cells/ml 이상을 유지하고 있었으나, 1.3×10^5 cells/ml와 1.3×10^6 cells/ml의 접종구의 경우는 개체수가 급격히 감소하였고 배양 7일 후에는 100 cells/ml 이하로 사멸되어 *Pseudomonas* sp. LG-2의 개체수가 증가할수록 살조효과가 우수함을 알 수 있었다. Fukami et al. (1992)의 보고에 의하면, *Gymnodinium nagasakiense*에 대하여 저해능을 가진 *Flavobacterium* sp.의 개체수를 최종농도가 10^3 에서 10^6 cells/ml의 범위로 다르게 하여 *G. nagasakiense*의 배양액에 접종한 결과 *Flavobacterium* sp.의 개체수가 증가할수록 저해능이 뛰어나고 10^6 cells/ml에서 최대 효과를 나타내었으며, Mitsutani et al. (1992)도 *Skeletonema costatum* 살조세균 *Cytophaga* sp.의 개체수를 최종농도가 10^2 에서 10^6 cells/ml의 범위로 다르게 하여 접종한 결과, 살조세균의 밀도가 높을수록 *Skeletonema costatum*의 사멸효율이 우수함을 보고하여 살조세균의 개체수가 많을수록 사멸효율이 높음을 알 수 있었다.

또한, *Pseudomonas* sp. LG-2를 1.3×10^6 cells/ml의 밀도로 접종하여 7일 배양 후 *P. micans*가 100 cells/ml 이하로 사멸한 것은 Yoshinaga et al. (1995)의 보고인 *Gymnodinium mikimotoi*의 성장을 저해하는 살조세균 D6을 최종농도 10^3 cells/ml로 접종한지 4일만에 사멸시킨 것과, Imai et al. (1993)이 분리한 *Chattonella antiqua*를 비롯한 5종의 Raphido속과 4종의 규조류, 그리고 1종의 편모조류를 사멸시키는 *Cytophaga* sp.를 최종농도 1.03×10^5 cells/ml로 되게 하여 각각의 배양액에 접종하여 사멸하기까지의 6일간에 비하여 많은 시간이 필요하였다.

Fig. 3은 *P. micans*가 사멸되는 과정을 현미경으로 관찰한 것으로서 정상세포 (Fig. 3-A)는 *Pseudomonas* sp. LG-2의 살조작용을 받은 후 세포의 형태 (Fig. 3-B)가 변한 후 파괴되었다 (Fig. 3-C).

Pseudomonas sp. LG-2의 배양여과액에 의한 *P. micans* 사멸효과

살조세균 *Pseudomonas* sp. LG-2 배양여과액의 첨가 농도에 따른 *P. micans*의 사멸효과를 Fig. 4에 나타내었다. 배양여과액의 최종농도가 10, 20%가 되게 첨가하였을 경우, *P. micans*의 개체수는 배양 3일간은 서서히 감소하였으나 4일 경과 후에는 거의 사멸하였다. 30%의 경

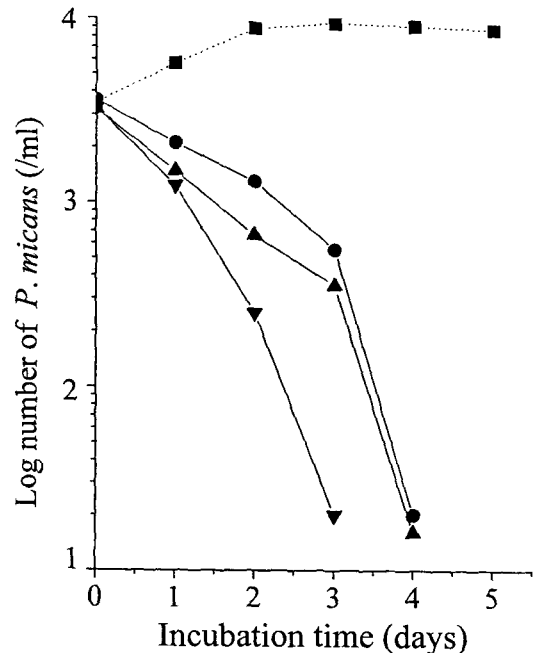


Fig. 4. Effects of the different culture filtrate concentrations of *Pseudomonas* sp. LG-2 against the growth of *P. micans*.

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

우는 급격히 감소하여 배양 3일 후 거의 사멸하였다. *Pseudomonas* sp. LG-2의 배양여과액의 농도가 높을수록 *P. micans*가 빨리 사멸하는 현상은 *Pseudomonas* sp. LG-2가 생성한 *P. micans*를 사멸시키는 화학물질이 배양액 중 존재한 것으로 사료된다.

Pseudomonas sp. LG-2의 성장단계에 따른 배양한 여과액의 살조효과를 조사한 결과 (Fig. 5). 잠복기일 때의 배양여과액은 *P. micans*의 성장에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나, 대수증식기 중기의 배양여과액은 배양 5일 후 개체수가 배양초기에 비하여 1/2로 감소시켰으나, 정상기의 배양여과액은 접종 후 급격히 감소시켜 배양 3일 후 대부분 사멸시켰다. 이상의 결과로서, *Pseudomonas* sp. LG-2에 의하여 생성되는 *P. micans*를 사멸시키는 화학물질은 대수증식기 중기를 지나서 많이 생성되는 것으로 사료된다. Sawayama et al. (1990)이 *Chlamydomonas reinhardtii*와 *Alexandrium catenella*의 접합을 저해하는 균주 NT4를 분리하여 성장시기에 따른 접합저해활성을 조사한 결과 대수증식기일 때 높게 나타난다고 보고하여, 적조생물의 살조 및 저해하는 물질의 생성시기는 각각의

살조 세균에 따라 다른 것으로 사료된다.

Pseudomonas sp. LG-2의 살조특이성

Table 2는 *Alexandrium tamarense*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*의 5종의 적조원인 편모조류에 대한 *Pseudomonas* sp. LG-2의 살조특이성을 조사한 결과로서, *P. micans*와 *S. trochoidea* 대해서 살조효과를 보여 주었다.

Imai et al. (1993)은 *Chattonella antiqua*를 살조하는 *Cytophaga* sp.를 5종의 Raphido종과 4종의 규조류와 2종의 와편모조류에 대하여 살조특이성을 조사한 결과 와편모조류 *S. trochoidea*를 제외하고는 모두 사멸시켜 살조특이성을 보여주었으며, 또한, Imai et al. (1995)은 *Chattonella antiqua*를 살조하는 *Alteromonas* sp. 4종을 분리하여 2종의 규조류와 4종의 편모조류에 대하여 각각의 살조세균에 따라서 다른 특이성을 가짐을 보여주었고, 살조세균의 살조특이성은 살조기작 및 식물플랑크톤의 운동성과 외부형태에 따라 다름을 보고하였다 (Imai, 1997).

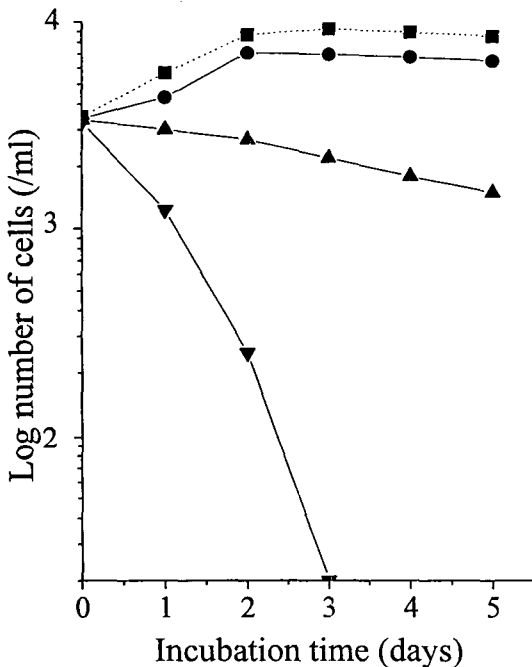


Fig. 5. Effects of the culture filtrate collected at different growth phase of *Pseudomonas* sp. LG-2 against the growth of *P. micans*. ●, lag phase; ▲, mid-log phase; ▼, stationary phase; ■, control (addition of *Pseudomonas* sp. M-5 filtrate, final concentration: 30%).

Table 2. Killing effects of *Pseudomonas* sp. LG-2 on the growth of 5 species of marine red tide microalgae

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

요 약

1996년 7월 마산만의 해수를 0.8 μm filter에 여과한 여과액과 f/2배지에서 배양한 *P. micans*와의 혼합배양액에서 *P. micans*를 사멸시키는 해양세균을 분리하였다. 분리균의 형태학적 및 생화학적 검사와 균체지방산을 분석하여 동정한 결과 *Pseudomonas* 속으로 동정되어 *Pseudomonas* sp. LG-2로 명명하였으며, 그 살조특성을 조사한 결과는 아래와 같다.

Pseudomonas sp. LG-2의 개체수와 배양여과액의 농도가 높을수록 *P. micans*의 사멸효과가 높게 나타났다. 1.3×10^5 , 1.3×10^6 cells/ml의 농도로 접종한 시험관의 *P. micans*는 급격히 감소하여 배양 7일 후에는 10^2 cells/ml 이하로 사멸되었다. 또한, 배양여과액의 최종농도가 30%

일 경우에는 급격히 감소하여 배양 3일 후 거의 사멸하였다. *Pseudomonas* sp. LG-2의 성장시기에 따른 배양여과액의 사멸효과는 잠복기의 경우 *P. micans*의 성장에 큰 영향을 미치지 않았으나, 대수증식기 중기의 배양여과액은 접종 5일 후 *P. micans*의 개체수를 1/2로 감소시켰으며, 정상기의 배양여과액은 접종 후 급격히 감소시켜 배양 3일 후 대부분 사멸시켰다.

Alexandrium tamarense, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*의 5종의 적조원인 편모조류에 대한 *Pseudomonas* sp. LG-2의 살조특이성은 *P. micans*와 *S. trochoidea*에 살조효과를 나타내었다.

참 고 문 헌

- Kang, W.B., H.K. Seong, C.H. Moon and W.J. Lee. 1997. Distribution of marine bacteria and cellular fatty acid composition of dominated genus in Suyeong bay. J. Korean Fish. Soc., 30 (4), 640~651 (in Korean).
- Buck, J.D. and R.C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for enumeration of marine bacteria. Limnol. Oceanogr., 5, 75~80.
- Cho, K.Y. and M.R.J. Salton. 1966. Fatty acids composition of bacterial membrane and wall lipids. Biochem. Biophys. Acta, 116, 73~93.
- 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 *Chattoneilla 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 attract type for marine phytoplankton. Bull. Plankton Soc. Japan, 44 (½), 3~9 (in Japanese).
- Kim, M.C. 1998. Molecular ecological studies on algicidal bacteria during the *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) red tide. Ph. D. Thesis, Kyoto Univ. 98 pp.
- 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., K. Takasue, M. Kirita and Y. Ishida. 1992. Lysis of *Skeletonema costatum* by *Cytophaga* sp. isolated from the coastal water of the Ariaka sea. Nippon Suisan Gakkaishi, 58 (11), 2159~2169.
- 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.
- Yoo, K.I. and J.B. Lee. 1986. Taxonomical studies on dinoflagellates in Masan Bay. I. Genus *Prorocentrum* Ehrenberg. J. Oceanol. Soc. Kor., 21 (4), 46~55.
- 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.
- 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.

- 深見公雄 · 西島敏陸. 1994. *Gymnodinium*死滅細菌の生態. “赤潮と微生物-環境にやさしい微生物農薬を求めて” 石田祐三郎 · 菅原康 (編). 水産學シリーズ 99, 恒星社厚生閣. pp. 46~56.
- 石田祐三郎. 1994. 赤潮藻の微生物學的防除に關する現狀と將來. “赤潮と微生物-環境にやさしい微生物農薬を求めて” 石田祐三郎 · 菅原康 (編). 水産學シリーズ 99, 恒星社厚生閣. pp. 9~21.
- 平成2年度赤潮對策技術開發試驗報告書. 1991. マリンバイオテクノロジーによる赤潮被害防止技術開發試驗. 水産廳.
- 平成3年度赤潮對策技術開發試驗報告書. 1992. マリンバイオテクノロジーによる赤潮被害防止技術開發試驗. 水産廳.
- 平成4年度赤潮對策技術開發試驗報告書. 1993. マリンバイオテクノロジーによる赤潮被害防止技術開發試驗. 水産廳.
- 김학균 · 이삼근 · 안경호 · 윤성화 · 이필용 · 이창규 · 조은섭 · 김정배 · 최희구 · 김명중. 1997. 한국연안의 적조, 최근적조의 발생원인과 대책. 국립수산진흥원, 280 pp.
- 박주석. 1987. 적조 발생현황의 변천과 대책, 적조현상과 어장보존. 국립수산진흥원. pp. 7~17.

1998년 8월 14일 접수

1998년 11월 5일 수리