

낙동강 하류(물금)와 세 지류에서 분리된 우점 세균의 증식에 미치는 금속(Cd & Zn) 및 그 질소 화합물의 영향

박재림·손연주·하경·박중철*
신라대학교 환경공학과·신라대학교 화학과
(2001년 6월 26일 접수; 2002년 3월 8일 채택)

Effect of metals(Cd & Zn) and its nitrogen compounds on growth of bacteria isolated from the three tributaries and lower reach(Mulgum) of the Nakdong River

Jae-Rim Park, Yoen-Ju Son, Kyong Ha and Jung-Chul Park*

Dept. of Environmental Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

*Dept. of Chemistry, Silla University, Busan 617-736, Korea

(Manuscript received 26 June 2001; accepted 8 March 2002)

Investigation was carried out to observe the dominant bacteria and the effect of metals(Cd & Zn) and its nitrate compound on growth of bacteria isolated from the three tributaries and lower reach of the Nakdong River. Mean CFU(log₁₀) level was highest in Kumho River(8.30 CFU), Nam River, Hwang River, and Mulgum followed. *Staphylococcus xylosus*, *Staph. lentus*, *Pasteurella pneumotropica*, *Aeromonas hydrophilla* were dominant species in each study site. Cadmium powder and Zinc powder showed strong effect to inhibit the growth of *Micrococcus* spp., *Pasteurella pneumotropica*, *Aeromonas hydrophilla*. But, nitrate compounds of Cd and Zn(Cd(NO₃)₂·4H₂O, Zn(NO₃)₂·6H₂O) did not clearly show the strong effect to inhibit the growth of dominants.

Key words : bacteria, Cd, Nakdong River, *Staphylococcus lentus*, Zn

1. 서론

도시 근교를 흐르는 중·소하천은 유역인구 및 산업체, 공단으로부터 배출되는 폐기물과 생활 하수 등으로 인하여 상당히 오염되어 있으며, 하천 주변의 식생과 토양도 유입 폐수의 영향을 받고 있다. 수역을 오염시키는 각종 오염물질 중 특히, 중금속은 수생생물에 대해 잠재적인 독성을 나타내며, 배출 후에 지속적으로 잔류하기 때문에 먹이연쇄를 통하여 생태계 내에 축적되고, 수생생태계 내의 먹이사슬을 통해 상위단계의 생물체에게 농축되어 결국은 인체 내로 유입되어 많은 증상을 유발하게 되므로 큰 중요성을 가진다.¹⁾ 퇴적물 내의 미생물들은 유기물을 분해할 수 있어, 금속이온의 결합에 영향

을 미칠 수 있다. 뿐만 아니라, 퇴적물 내의 물리화학적 조건(pH, 산화환원 전위)을 변화게 하여, 금속이온의 용해도에 영향을 미친다.²⁾ 대개의 중금속은 이온화나 침전물로 되어 토양의 고형 유기물에 흡착하여 하상에 가라앉는다. 따라서, 이러한 수중 중금속에 의해 세균도 증식에 영향을 받을 것으로 생각된다.

세균은 수서 생태계에서 유기물질의 분해자(de-gradator) 및 환원자(reducer)로서 유기물질을 CO₂ 또는 무기염 등으로 전환하여 생태계를 유지하는 물질의 순환과 에너지 흐름에 중요한 역할을 담당하고 있다.^{3,4)} 세균군집의 성장은 물리·화학적 요인(pH, 온도, 영양염류 등)에 의하여 영향을 받고, 수계의 식물플랑크톤 군집의 생체량 변화에 영향 받으면서 수계의 자정작용에 큰 역할을 하고 있다. 이러한 유용한 세균이 각종산업 폐기물 특히, 유독성 화학 폐기물의 유입으로 인하여 그 증식과 역할에 영

Corresponding Author : Jae-rim Park, Dept. of Environmental Science, Silla University, Busan 617-736, Korea
Phone : +82-51-309-5460
E-mail : jrbahk@silla.ac.kr

향을 크게 받아 본연의 작용을 못하게 되기도 한다.

낙동강 유역은 해수유입을 막기 위한 하구 독 건설로 1987년 11월 이후 하류지역이 담수화 된 후 부영양화(eutrophication)가 가속화되고 있는 실정이다.⁵⁾ 1990년대 이후 이 강의 부영양화 현상이 심각해짐에 따라 생태계 구조 변화⁶⁾와 식물플랑크톤의 동태^{7,8)} 및 수질 변화⁹⁾에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 박 외¹⁰⁾의 서낙동강 유역의 수중, 저토 및 토양 내 중금속 분포에 관한 연구와 정 외¹¹⁾의 낙동강 하류 유역의 저니토, 토양 내 중금속 분포와 유역 주변 식물과의 관계에 관한 연구가 수행되었으며, 김¹²⁾은 낙동강 유역 중·하류 지점에서 저니층의 오염물질 분포 및 용출 특성에 관한 연구를 수행하였다. 그러나, 낙동강 하류와 지류에 분포하는 주요 중금속이 세균의 증식에 미치는 영향에 관한 연구는 없는 실정이다.

본 연구에서는 부산·경남지역의 주요 취수원인 물금 지점과 낙동강 하류로 유입되는 중요 세 지류(황강, 금호강, 남강)의 수중에 생존하는 세균의 생균수를 측정하고, 각 지점의 우점종을 동정하고, 각종 오염원으로부터 배출되어 하상(河床)에 상당량 침전되어 있는 것으로 보고된 금속(Cd & Zn) 및 그 질소화합물이 각 지점에서 분리된 우점 세균의 증식에 미치는 영향을 실험하여 보고하고자 한다.

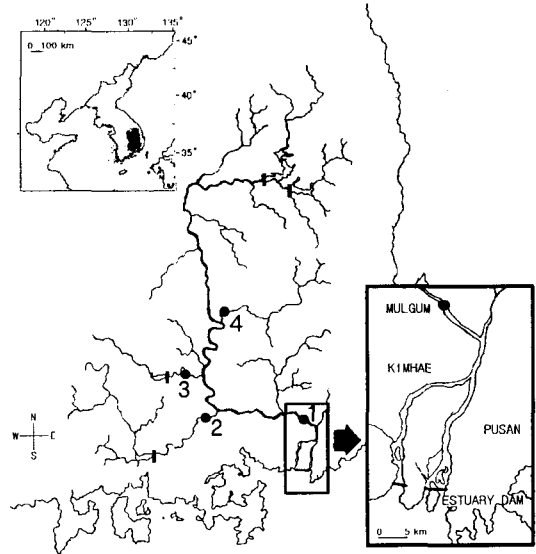


Fig. 1. Map showing the sampling sites for bacteria isolated from mid to lower reaches of Nakdong River.

- 1: Mulgum(27 km upward the estuary dam),
- 2: Nam River(92 km upward the estuary dam),
- 3: Hwang River(121 km upward the estuary dam),
- 4: Kumho River(169 km upward the estuary dam)

2. 실험 대상지 및 실험 방법

2.1. 조사 지점 및 시기

1999년 5월부터 12월까지 한달 간격으로 부산·경남 인근의 주요 취수원인 물금 취수장과 낙동강 중·하류에 위치한 지류 세 지점(남강, 황강, 금호강)에서 세균의 생균수 및 종 동정을 수행하였으며, 이 지점의 미생물을 채취하여 각각 세균을 분리 배양하면서 중금속에 미치는 세균의 영향 실험에 임하였다.

조사지점은 다음과 같다.

- 1) 물금(낙동강 하구둑으로부터 27 km 상부지점): 경상남도 양산군 물금면(물금 취수장)
- 2) 남강(낙동강 하구둑으로부터 92 km 상부지점): 경상남도 함안군 구례리(송도교)
- 3) 황강(낙동강 하구둑으로부터 121 km 상부지점): 경상남도 합천군 적중면 죽교리(황강교)
- 4) 금호강(낙동강 하구둑으로부터 169 km 상부지점): 대구시 달서구 파산동(강창교)

2.2. 실험 방법

2.2.1. 생균수(viable counts) 측정

각 지점의 물을 미리 준비된 희석용액에 단계별로

희석하면서 nutrient agar plate에 도말하여 20°C, 22시간 배양하였다. 희석단계당 2개의 nutrient agar plate에 시료 0.5~1ml을 glass hockey stick으로 smear한 후 incubator에 배양하여 CFU(Colony Forming Unit)를 산정하였다.

2.2.2. 세균의 동정

조사지점에서 분리 배양한 세균 균주 중 5월, 8월, 11월 및 12월의 우점종을 api20E, 20E *Streptococcus* 및 20 *Staphylococcus* kit(bioMerieux, France)을 이용하여 동정하였다.¹³⁾

2.2.3. 중금속 및 그 질소 화합물의 첨가배양 실험
환경오염 물질이 세균의 증식에 미치는 영향을 부분적으로나마 이해하기 위하여 낙동강 하류의 침전 오니(sludge)에서 검출된 금속류 중 축적량이 많은 것으로 알려진^{10,11)} 카드뮴(Cadmium; Cd) 및 아연(Zinc; Zn)을 선택하여 그 질소화합물인 cadmium nitrate(Cd(NO₃)₂ · 4H₂O)와 zinc nitrate(Zn(NO₃)₂ · 6H₂O)를 각각의 우점 균주에 각각 0.1, 0.5, 1, 2%가 되도록 첨가하여 세균의 증식을 4시간 단위로 32시간동안 파악하였다. 배양조건은 배양온도 20°C, 120 rpm으로 진탕 배양하였고, 미생물의 증식은 spec-

trophotometer 20D로 600 nm에서 흡광도를 측정하여 증식 정도를 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 생균수

조사지점에서 분리된 세균의 생균수는 Table 1과 같다. 표에서 지류별 생균수의 평균(log₁₀)은 물금이 가장 적고(3.40 CFU), 다음이 황강(3.71 CFU)으로 나타났다. 이로써 부산시의 상수 취수지역인 물금의 생균수는 최고치가 9월의 4.54 CFU이며, 최저치가 10월의 2.87 CFU로 나타나 지류 중 가장 낮은 수치를 나타냈다. 지역별 차이가 작은 달은 7월과 12월, 금호강을 제외한 10월로 7, 10, 12월의 균수가 대체로 적었다. 반면 금호강의 11월, 5월, 9월, 6월이 각각 8.60, 8.56, 8.49, 7.56 CFU의 순으로 다른 세 지역보다 높게 나타났다.

계절별 비교치는 5월과 12월이 봄과 겨울을 대표한다고 볼 수 없으나 잠정적으로 봄과 겨울로 가정하고, 여름과 가을은 3개월 평균치를 계산하여 계절별 변동을 비교하면 겨울(3.87 CFU), 여름(4.71 CFU), 봄(4.81 CFU), 가을(5.06 CFU)의 순으로 나타났다. 여름철이 가을 보다 낮은 이유는 강수로 인한 희석도 한 원인이 될 수 있다.

Table 1. Viable counts of bacteria isolated from the water samples of three tributaries and the lower reach(Mulgum) of the Nakdong River (from May to December, 1999)

| Site | Mean ± SD | Max(month) | Min(month) |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| Nam River | 4.43 ± 0.01 | 6.11(May) | 2.95(Nov.) |
| Mulgum | 3.40 ± 0.58 | 4.54(Sept.) | 2.87(Oct.) |
| Hwang River | 3.71 ± 0.01 | 5.23(Jun.) | 3.23(Nov.) |
| Kumho River | 6.59 ± 1.93 | 8.60(Nov.) | 4.11(July) |

* Each number is calculated with log₁₀.

3.2. 우점종의 동정

본 조사 지점에서 월별(5~12월)로 검출된 미생물의 우점종을 분리하여 동정한 결과는 Table 2와 같다. *Micrococcus* spp.는 물금 11월과 남강 12월에 2차례 우점한 것으로 나타났고, *Pasteurella pneumotropica*는 황강 5월과 금호강 11월, *Staphylococcus lentus*는 금호강 5월과 8월, *Aeromonas hydrophilla*는 남강 8월, 11월에 우점하였다. 전 지점에서 *Staphylococcus*의 존재가 월등하게 출현하였고, *Pasteurella*가 조사 지점중 황강과 금호강에서 3차례 우점하였다. 특히, *Staphylococcus*가 조사 전지점에서 5차례(*S. xylosum* 1개지점 1차례, *S. lentus* 2

개지점 3차례, *S. saprophyticus* 1개 지점 1차례) 우점한 것으로 나타났다. *Micrococcus* spp. 역시 물금과 남강에서 2차례 우점한 것으로 나타났다. 조사 지점 중 물금에서는 여러 속의 세균이 다양하게 우점하였고, 남강 8월과 11월 동안은 *A. hydrophilla*가, 금호강은 *S. lentus*가 5월과 8월 동안 우점하였다. 봄에는 남강과 금호강에서 *Staphylococcus*가 여름은 황강과 금호강에서 *Staphylococcus*가 가을 역시 황강과 금호강지역에서 *Pasteurella*가 주로 우점하였으며, 겨울에는 우점종이 지역에 따라 다양하게 나타났다.

Table 2. Identification of dominant bacteria isolated from the water sample of the three tributaries and the lower reach of the Nakdong River (from May to December, 1999)

| Month | May (Spring) | August (Summer) | November (Fall) | December (Winter) |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Mulgum | <i>Chryseomonas luteola</i> | <i>Unk</i> (Gram-, bacillus) | <i>Micrococcus</i> spp. | <i>Staphylococcus xylosum</i> |
| Nam River | <i>Staph. lentus</i> | <i>Aeromonas hydrophilla</i> | <i>Aerom. hydrophilla</i> | <i>Microc. spp.</i> |
| Hwang River | <i>Past. pneumotropica</i> | <i>Staph. saprophyticus</i> | <i>Past. pneumotropica</i> | <i>Unk</i> (Gram-, bacillus) |
| Kumho River | <i>Staph. lentus</i> | <i>Staph. lentus</i> | <i>Past. pneumotropica</i> | <i>Unk</i> (Gram) |

'River' is indicated the tributary of the Nakdong River. 'Unk' means 'unknown'.

세균의 생균수가 가장 높게 나타난 금호강은 네 조사지점들 중 수질 오염도가 가장 심하며 이때 우점하는 세균이 *Staphylococcus*로 나타났다. 이는 손¹⁴⁾이 도축폐수에서 분리한 세균 중 우점균이 *Staphylococcus*로 나타난 것과 일치하는데, 도축폐수는 고농도의 BOD, SS로 오염도가 아주 심한 것으로 보아 *Staphylococcus*는 오염된 수계에 나타나 는 종으로 생각된다.

3.3. 증식에 미치는 금속 및 그 화합물의 영향

3.3.1. *Micrococcus* spp.

남강에서 분리된 *Micrococcus* spp.의 경우 Zn분말 2% 농도를 제외한 Cd과 Zn분말 그리고 그 질소 화합물에서 전반적으로 대조군보다 증식이 억제되었다. Zn분말 2% 농도에서는 28시간 이후 대조군보다 증식된 것은 잠복기의 연장이 원인으로 생각된다. 물금에서 11월에 분리한 *Micrococcus* spp.경우 Cd분말 1% 첨가시 유도기가 단축되고 증식도 대조군을 초과하여 증식이 촉진되었고, Cd(NO₃)₂·4H₂O

첨가했을 때 모든 농도에서 대조군보다 월등한 축진을 나타냈다. 12월에 분리된 *Micrococcus* spp.는 Cd와 Zn분말 첨가시 모든 농도가 대조군보다 억제되었고, Cd(NO₃)₂·4H₂O를 첨가했을 경우 전반적으로 대조군보다 증식이 높게 나타났다. Zn(NO₃)₂·6H₂O 첨가시에는 0.1%만이 20시간이후로 증식억제되었고, 나머지 농도에서 대체로 12시간 이후의 증식이 대조군에서보다 억제되었다(Fig. 2).

3.3.2. *Pasteurella pneumotropica*

황강 5월 및 11월과 금호강 11월에 분리된 *P.*

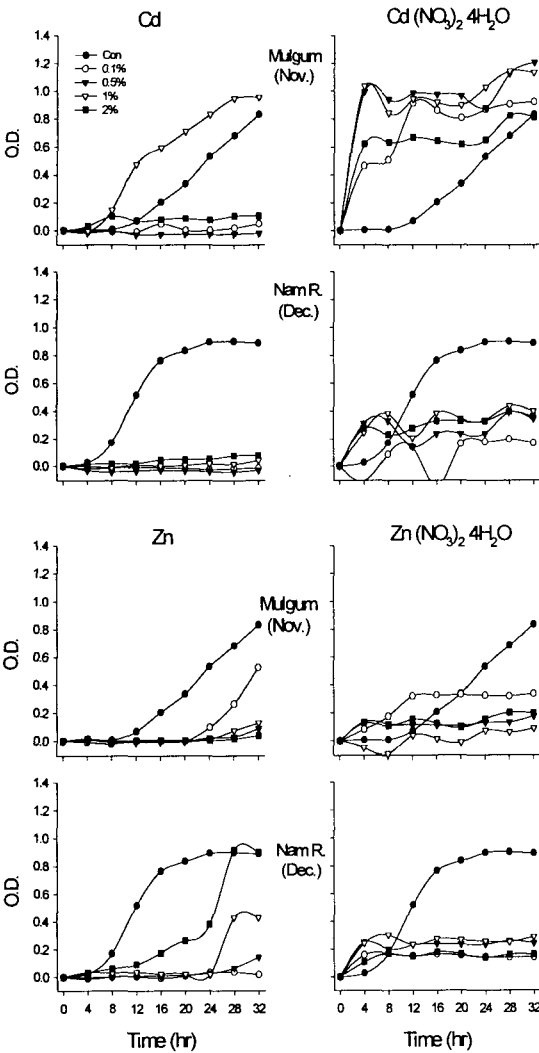


Fig. 2. Growth of *Pasteurella pneumotropica* isolated from the lower reach(Mulgum) and the tributary of the Nakdong River from May to November 1999 in the presence of Cd and its nitrogen compounds.

*pneumotropica*은 Cd분말을 첨가하여 배양한 모든 농도에서 대조군보다 증식이 억제되는 곡선을 나타내었다. 그러나 Cd(NO₃)₂·4H₂O를 첨가한 실험에서 황강의 5월에 분리된 세균에서만 현저하게 증식이 억제되었고, 황강과 금호강 11월에 분리된 균에서는 그렇지 못했다. 황강의 경우, Cd(NO₃)₂·4H₂O의 농도에 따른 *P. pneumotropica*의 증식이 대조군과 유사한 경향이 나타났다. 금호강의 경우, Cd(NO₃)₂·4H₂O 첨가시 전반적으로 대조군과 증식곡선이 유사하며 12시간이후 0.1%, 2%만이 대조군보다 증식이 억제되었고, 나머지 0.5%, 1%에서는 증식이 미비하게 축진되었다. Zn분말과 Zn(NO₃)₂·6H₂O 첨가한 실험에서도 Cd분말과 Cd(NO₃)₂·4H₂O를 첨가한 결과와 유사하게 Zn분말을 첨가한 실험에서는 황강 5월, 11월과 금호강 11월에서도 대조군보다 증식이 억제되었다. 그러나 Zn(NO₃)₂·6H₂O 첨가한 경우, 황강의 11월과 금호강의 11월에 분리된 균이 Zn(NO₃)₂·6H₂O 첨가했을 때 대조군보다 증식이 억제되었지만 황강 5월에 분리된 균은 대조군의 증식곡선과 유사하거나 오히려 증식이 활발하게 진행됨을 알 수 있었다(Fig. 3.1 & Fig. 3.2).

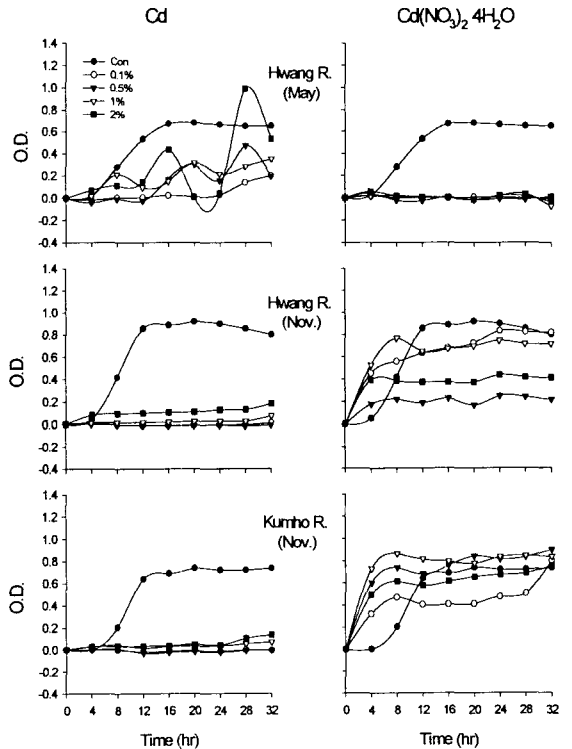


Fig. 3.1. Growth of *Staphylococcus lentus* isolated from the tributaries of the Nakdong River from May to August 1999 in the presence of Cd and its nitrogen compounds.

세균의 증식에 미치는 금속(Cd & Zn) 및 그 질소 화합물의 영향

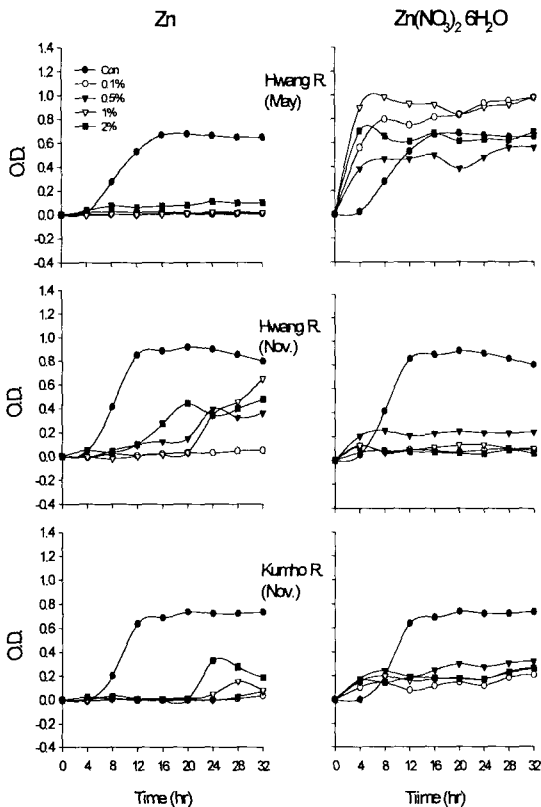


Fig. 3.2. Growth of *Staphylococcus lentus* isolated from the tributaries of the Nakdong River from May to August 1999 in the presence of Zn and its nitrogen compounds.

3.3.3. *Aeromonas hydrophilla*

남강에서의 우점종 *A. hydrophilla*은 8월과 11월에 분리된 균의 배지에 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 첨가한 경우를 제외한 8월, 11월 Cd와 Zn분말 그리고 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 을 첨가했을 시 대조군보다 증식이 현저히 억제되었다. 8월에 분리된 *A. hydrophilla*에 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 의 첨가로 인해 1%만이 16시간 이후 증식억제가 나타났고, 나머지 농도에서는 12시간 이후 증식억제가 나타났지만 Cd분말 첨가한 실험에 비해 증식억제가 현저하지는 않았다. 남강 11월의 우점종에 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 첨가로 인한 영향은 농도에 따라 증식곡선이 대조군보다 억제되어 대조군의 30~70%에 제한됨을 알 수 있었다. 또한, Zn분말과 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 을 첨가한 실험에서는 8월의 분리균에서 대조군보다 약간의 증식이 나타나지만, 아주 미비하여 전반적으로 대조군의 증식보다는 상당히 억제되었다(Fig. 4).

3.3.4. *Staphylococcus lentus*

금호강의 5월과 8월에 분리된 우점종 *S. lentus*은

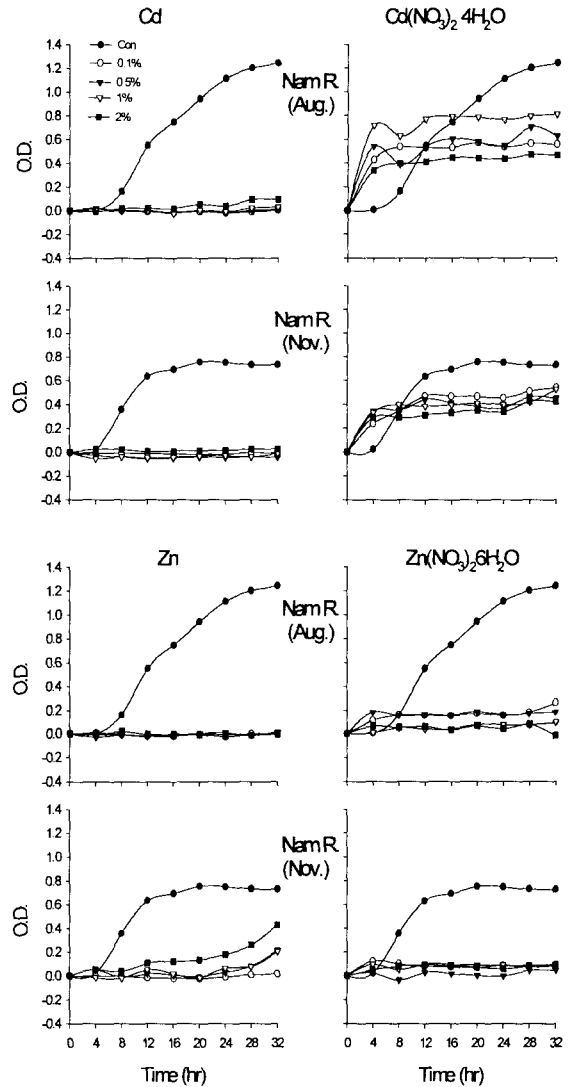


Fig. 4. Growth of *Pasteurella pneumotropica* isolated from the Nam River from May to November 1999 in the presence of Zn and its nitrogen compounds.

8월에서 분리한 경우만이 Cd분말을 첨가했을 때 대조군보다 현저한 증식억제가 일어났다. 8월에 분리된 *S. lentus*에 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 를 첨가하여 배양한 경우를 제외하고, 0.5, 1, 2%를 첨가한 모든 배양에서 대조군보다 활발하게 증식하였다. 5월에 분리된 균에 Cd분말과 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 를 첨가하여 배양한 모든 농도에서 대조군과 비슷하거나 오히려 증식을 촉진시켰다. 한편, Zn분말과 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 첨가한 경우도 8월에 분리한 균만이 Zn분말을 첨가했을 때 증식억제가 현저히 일어났고, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 첨가시 현저하지

는 양지만 대조군보다 증식이 다소 억제되었다. 그러나 5월에 분리된 균은 Zn분말과 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 첨가 시 증식이 정상적이지 못한 증식 곡선을 나타내며, 모든 농도에서 대조군과 비슷한 증식정도를 나타내었다(Fig. 5).

4. 요약

1999년 5월부터 12월까지 한달 간격으로 부산·경남 인근의 주요 취수원인 물금취수장과 낙동강 중·

하류에 위치한 지류 세 지점(남강, 황강, 금호강)에서 생균수와 우점종을 밝혀내고, 배양을 통해 우점종의 증식에 미치는 중금속의 영향을 실험하였다. 조사기간동안 지류별 생균수의 평균값(log₁₀)은 물금에서 가장 낮았고(3.4 CFU), 황강(3.709 CFU), 남강, 금호강 순으로 나타났다. 특히, 금호강 지점은 다른 지점보다 월등하게 높은 값을 보여주었다. 전 지점에서 *Staphylococcus*가 가장 우점하는 것으로 나타났으며, *P. pneumotropica*, *S. lentus*, *Micrococcus* spp.가 차점종으로 나타났다. 전 조사 지점의 공통 우점종을 배양하면서 이들의 증식에 미치는 중금속의 영향을 실험한 결과 남강에서 분리된 *Micrococcus* spp.는 Cd와 Zn분말 및 질소화합물에 대해 전반적으로 증식이 억제되는 것으로 나타났다. *P. pneumotropica*는 Cd와 Zn분말 첨가했을 때 증식억제가 뚜렷하게 일어났으나, 각각의 질소 화합물에 대해서는 증식이 대조군과 유사하거나, 보다 낮은 증식억제력을 나타내었다. *A. hydrophilla*도 Cd와 Zn분말, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 에 대해 증식이 크게 억제되었으나, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 첨가 시 대조군 증식 곡선에 비해 증식력이 1/3~2/3에 불과했다. *S. lentus*는 분리된 시기마다 증식억제력에 차이를 보였으나, Cd와 Zn분말 그리고 그 화합물에 대해 증식억제력이 대체로 낮은 것으로 나타났다.

참고 문헌

- 1) Vida and Parraneh, 1979, A investigation on the mercury contamination of Persian Gulf fish, Bull. Contam. Toxicol., 23, 357.
- 2) 송홍규, 오계현, 1995, 최신 환경미생물학, 동화서적, 서울, 427pp.
- 3) Azam, F. and R. E. Hodson, 1977, Size distribution and activity of marine microheterotrophs, Limnol. Oceanogr, 22, 492-501.
- 4) Odumn, E. P., 1989, Ecology and our endangered life-support systems, Sinauer Associates, Inc. Publisher, Massachusetts.
- 5) Ha, K., E. A. Cho, H. W. Kim, and G. J. Joo. 1999, *Microcystis* bloom formation in the lower Nakdong River South Korea : Importance of hydrodynamics and nutrient loading, Mar. and Freshwater Res., 50, 89-94.
- 6) 주기재, 하 경, 1998, 낙동강 수계 생태계의 구조와 기능, 낙동강 연구논총, 1, 107-120.
- 7) 이진애, 조경재, 권오섭, 정익교, 문병용, 1994, 낙동강 하구 생태계 식물플랑크톤의 일차생산성, 한국육수학회지, 27, 69-78.

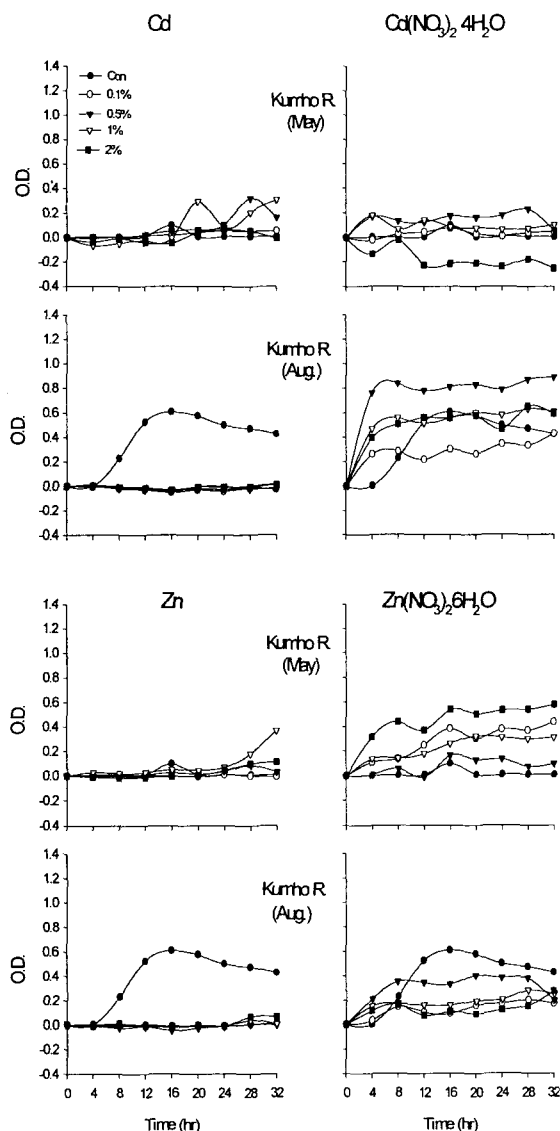


Fig. 5. Growth of *Staphylococcus lentus* isolated from the water of Kumho River from May to August 1999 in the presence of Zinc(Zn) and its nitrogen compounds.

- 8) Ha, K., H. W. Kim, and G. J. Joo, 1998, The phytoplankton succession in the lower part of hypertrophic Nakdong River(Mulgum), South Korea, *Hydrobiologia*, 369/370, 217-227.
- 9) Kim, H. W., K. Ha, and G. J. Joo. 1998, Eutrophication of the lower Nakdong River after the construction of an estuarine dam in 1987, *Int. Rev. Hydrobiol.*, 83, 65-72.
- 10) 박홍재, 박종길, 박원우, 1994, 서낙동강 유역의 강물, 저토 및 토양의 중금속 분포특성, *한국환경과학회지*, 3(4), 409-416.
- 11) 정기호, 김문순, 정종학, 1996, 낙동강 하류 유역의 저니토, 토양, 잡초 및 채소 중의 중금속분포와 상관관계, *한국환경과학회지*, 5(6), 801-812.
- 12) 김형석, 2000, 낙동강 유역 저니의 오염물질의 분포 및 용출특성, *낙동강 연구논총*, 2, 13-27.
- 13) Holt, J. G., N. R. Krieg, P. H. A. Sneath, T. Staley, and T. Stanley, 1994, *Determinative Bacteriology*, Willam & Wilkins
- 14) 손연주, 2000, 도축폐수에서 분리된 *Aeromonas hydrophilla*와 *Staphylococcus lentus*에 의한 도축폐수 성장 변화, 이학석사 학위논문, 신라대학교, 56pp.