

제지공장내 슬라임 발생원의 분리와 동정*1

오정수*2 · 조병목*3 · 김은희*2

Isolation and Identification of the Origins Causing the Slime Found in Pulp and Paper Making Processes*1

Jung-Soo Oh*2 · Byoung-Muk Jo*3 · Eun-Hee Kim*2

ABSTRACT

The presence of slime in paper mills is practically universal. Many researchs have been performed for many years to resolve the problem caused by the slime in pulp and paper mill. Many papers have been published to show the bacteria is a major cause of paper mill slime.

Now that the recycling of the water has been increased and the regulations of a toxic chemical dosage have become more strengthen, the importance of the control of slime in pulp and paper mill recently has been more recognized. Therefore, to produce quality products at the lowest economic and environmental costs, a through study of the microbial ecology and the indentification of troublesome slime-forming bacteria is a quite necessary.

The purpose of this paper is to indentify slime-forming bacteria isolated from the papermaking process. The samples were taken from four parts of making fine paper : machine chest, head box, wire part, white water tank. Machine chest showed the most numbers of bacteria, numbering 2.55×10^7 . The different colony types were taken from the 105 dilution plate. Nine bacteria were identified using the Biolog system and the vitek system: 6 gram-negative bacteria, 3 gram-positive bacteria. They are *Pseudomonas paucimobilis* B., *Staphylococcus* sp., *Acinetobacter calcoaceticus*, *Pseudomonas cepacia*, *Actinobacillus capsulatus*, *Acidovorax* sp., *Flavobacterium* sp., and *Staphylococcus auricularis* in addition to one unidentified sp.. Among them, *Pseudomonas paucimobilis* was found in all places where the samples were taken. And, each parts had the different predominant bacteria in it : *Pseudomonas paucimobilis* B. in machine chest, *Acinetobacter calcoaceticus*. in Wire Part and *Staphylococcus* sp. in head box.

Keywords : Slime, slime-forming bacteria, gram-negative bacteria, gram-positive bacteria, biolog system, identification, paper mill

*1 접수 1997년 7월 10일 Received July 10, 1997

본 논문은 1996년도 한국학술진흥재단 자유공모과제(01-G-0261) 연구비로 수행되었음.

*2 동국대학교 생명자원과학대학 College of Life Resources Science, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

*3 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Science, Kwangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

1. 서론

필프·제지공정에서 물과 목재 섬유는 필수조건이다. 따라서 이러한 환경에서는 미생물의 발생이 있고 이들의 침착물인 슬라임은 제지공정에서 커다란 문제가 되고 있다. 또한 슬라임은 미생물 자체내 대사물이나 다른 물리, 화학적인 반응에 의해 형성되는 물질로 균체의 형태를 결정하는 세포벽의 외부를 감싸고 있다(김, 1988). 주성분은 다당류로서, 구성당의 종류, 결합양식, 분자량의 차이 등에 따라 독특한 물성 및 침착제와 같은 특성을 나타낸다. 수중에 녹아있는 희박한 유기영양분이 제지공정내 스테인레스나 시멘트같은 불활성체 표면에 흡착되면서, 이 유기영양분에 미생물이 집락화하여 집착성의 슬라임층을 형성하게 된다(Corpe *et al.*, 1976). 이 슬라임은 세포와 세포상호작용의 매개체로 작용하고 식균작용 및 자연계에서 일어나는 다른 항균인자의 작용에 대한 저항성을 미생물에 부여한다. 이러한 슬라임들은 제지공정에서 pipe line의 내부에 부착하여 내경을 막고, screen 등에 부착해 있거나 기벽에 부착되어 있던 슬라임들이 떨어져 나와 초지파트의 wire나 felt를 자주 막히게 하여 sheet의 형성에 영향을 준다. 또한 셀룰로오스 등의 성분을 분해하여 종이 강도를 저하시키고 지질을 발생시키며 종이의 변색을 야기한다. 그 결과 제품생산의 감소, 생산시간 손실, 각종 약품의 손실, 장치수명의 감소등을 초래한다(Oppermann *et al.*, 1961). 이러한 물질을 생산해 내는 박테리아 그룹이 제지공정내 슬라임 형성세균으로 보고되고 있어 미생물 중 세균이 슬라임 형성의 주원인으로 밝혀져 있다(Delaporte, 1960; Donald, 1959; Ralph, 1959; Sanborn, 1958). 그러므로 특정 살생물제를 선정하기에 앞서, 초지계내에 슬라임을 형성하는 박테리아의 형태 및 유입원을 찾아내어 미생물학적, 화학적인 조사와 함께 공정자체내 미생물의 생태에 지속적인 연구를 통하여, 필요한 시간에 최적의 장소에 최적의 슬라임 억제제를 첨가하는 시스템적인 방지대책이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 효과적인 슬라임 조절과, 환경영향을 극소로한 슬라임 억제제의 개발에 대한 기본자료를 도출하고자 수인필프원료로 백상지를 생산하는 중성 초지 공장을 선정하여 공정내 슬라임을 종합적으로 검토, 공정라인에서 각 공정수를 채취하고, 슬라임원에 관련된 세균을 분리, 동정하였고, 공정파트별 우점종을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1 실험재료

본 실험재료는 경기도에 위치한 S제지공장의 공정라인 일부에서 채취한 공정수를 시료로 사용했으며, 채수된 시료는 121℃, 15분간 고압멸균된 500ml 갈색병에 담아 -4~-5℃에서 보관하였다. 공정수 시료외에 백수탱크기벽으로 부터 푸른색, 녹색 및 붉은색의 혼합점질성 슬라임을 멸균된 도구로 긁어 시료병으로 옮기고, 온도와 pH를 기록하였다. 시료 채취장소 및 조건은 Table 1 과 같다.

Table 1. Sampling spot for isolation of strains.

Sampling spot	Temp. (℃)	pH
Machine chest	36	7.8
Head box	30	7.9
Wire part	33	7.5
White water tank	34	7.6
Slime(white water tank)		

2. 2 실험방법

2. 2. 1 세균의 총생균수

2. 2. 1. 1 시료의 희석

여러개의 시험관에 각각 9ml의 증류수를 담고 실리온 마개를 한 후 121℃, 15분간 멸균하였다. 멸균된 증류수 9ml가 담긴 시험관에 시료 1ml를 넣은 후 충분히 혼합하였다. 이 혼합된 시료에서 다시 1ml를 취하여 9ml 증류수가 든 다른 시험관에 분주 후 충분히 혼합하였으며 이 조작을 반복 실시하여 10⁶까지 희석하였다.

Table 2. Composition of nutrient agar.

Beef extract	3 g
Peptone	5 g
Agar	15~20 g
Distilled water	1 l

2. 2. 1. 2 시료의 접종 및 배양

일반세균의 배양용 배지로 많이 이용되는 시험용 nutrient broth(Difco) 8g을 1 l 에 용해시킨 후, 0.1N NaOH 로 pH 7로 조정하였다. 한천 15g을 첨가하여 121℃, 15분간 고압멸균하고, 평판배지를 만들었다. 앞

서 105으로 희석한 시료 0.1ml를 평판배지위에 분주하고, 유리봉으로 도달한 후, 30℃에서 72시간 이상 배양하였다.

2.2.1.3 Colony수 측정

72시간 배양한 평판배지에서 집락을 확인하고 각 평판배지내의 콜로니를 콜로니 카운터로 그 총생균수를 측정하고 형태상 동일한 콜로니를 분리 그 수를 측정하였다. 집락수는 CFU(colonies forming unit/ml)로 나타내었다.

2.2.2 순수 colony 분리

배양 후 1차 형성된 집락에서 육안으로 관찰. 그 성상이나 색깔을 달리하는 콜로니를 각각 백금이로 취해 평판배지상에 따로 streaking하여 30℃에서 24시간 이상 배양하였다. 배양후 혼합여부를 판별하여 순수 콜로니만을 백금이로 취해 다른 평판배지상에 2차 분리하여 계대배양하며, 이를 3차까지 실시하였다. 순수분리한 균주를 임의의 기호로 표시하였으며, TSA 배지에 증균시켜 동정에 이용하였다.

Table 3. Composition of TSA medium.

Tryptic casein Bios D	17.0 g
Soy peptone	3.0 g
Sodium chloride	5.0 g
Dipotassium phosphate	2.5 g
Glucose	2.5 g
Distilled water	1.0 l

2.2.3 분리균의 형태학적 특성

모든 균주는 nutrient agar(Difco) 배지에서의 성상을 관찰하였고 gram stain하여 형태학적 특성을 조사하였다. Gram stain은 Hucker의 변형된 방법(김 등, 1992)을 따랐다. 먼저 깨끗한 슬라이드 glass위에 증류수 한방울을 떨어뜨린 후, 여기에 미량의 균을 백금이로 취하여 혼합하며 glass위에 얇게 편다. 실온에서 자연건조후 알콜램프에 천천히 3~4회 통과로 화염고정한다. 고정후 Crystal violet 염색시약을 도달표본위에 가하여 1분간 염색, 약하게 흐르는 수도물로 수세하고 Gram's iodine solution으로 약 1분간 매염한다. 수세후 50% acetone alcohol로 20초간 탈색시킨다. 다시 수세후 safranin O solution으로 30초간 대조염색하여 수세후 여과지로 수분을 흡수시켜 건조하고, immersion oil을 한방울 떨어뜨린 후 광학현미경 1000배에서 그 특성을 관찰하였다.

2.2.4 생화학적 특성

분리균주의 생화학적 특성을 조사하기위해 본 실험에서는 미생물 자동 동정 시스템인 Biolog사의 Biolog system(Yun *et al.*, 1992)을 이용하여 분리균주의 96가지 탄소원의 이용능을 조사했으며, 또한 Vitek system을 이용하여 보완하였다. Biolog system에 1차 시험하여 결과가 불충분한 균주는 2차 Vitek system에 시험하였으며, 주로 gram positive bacteria들이 Vitek system에 적용되었다. Biolog system의 판독을 위한 전처리과정은 Fig. 1과 같다.

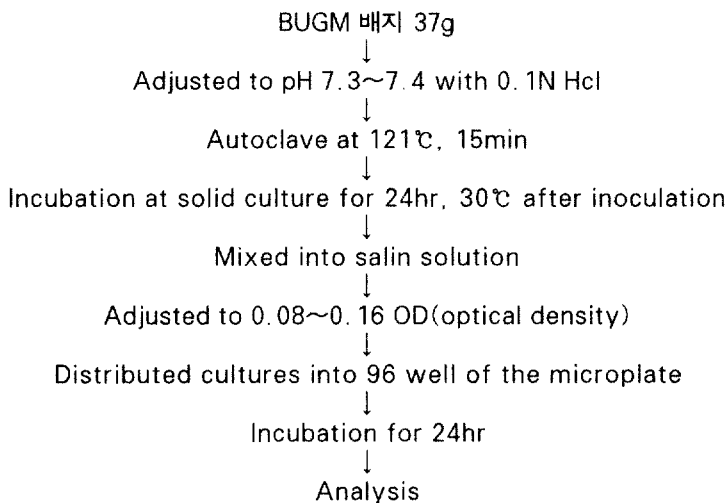


Fig 1. Pretreatment flowchart of Biolog system.

2.2.5 분리세균의 동정

2.2.3과 2.2.4의 결과들을 바탕으로 Biolog computer data base 및 Vitek system의 판독 결과들은 Biologsystem은 similarity index로서, Viteck system은 similarity %로 나타내어 동정되었다. 참고자료로는 Bergey's manual of systematic bacteriology' (Sneath *et al.*, 1984)와 Biochemical tests for identification of medical bacteria, Bergey's manual of determinative bacteriology 8th (Buchanan, 1974)를 참고로 하여 그 결과를 비교 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 공정별 총 세균수

공정라인 중 4장소에서 채취한 시료로부터 총세균수를 측정된 결과, machine chest에서 2.55×10^7 CFU, Head Box에서 2.2×10^7 CFU, wire part에서 1.15×10^7 , white water tank로부터 1.45×10^7 CFU로 나타났다. 즉 machine chest에서 가장 많은 세균이 발견되었으며, head box, white water tank, wire part 순으로 나타났다. 시료가 채취된 공정중 machine chest는 바로 여러 원료물질들, 전분, 염료, 필라, 섬유 등이 혼합되는 첫공정에 포함된다. Machine chest에서 가장 많은 세균이 발견된 것은 각종 원료 저장 탱크로부터 원료들이 machine chest로 유입되어온 결과로 추정할 수 있다. Cynthia 등(1988)은 제지공정내 주 오염원이 broke, filler clay, starch 등이 있음을 밝히고 있다. 또한 본 실험에서 조사되지 않았지만, save all도 미생물의 배양기 역할을 하는 것으로 추정하고 있다.

3.2 분리균주의 동정

제지공정라인 중 4파트와 슬라임 시료를 nutrient agar에서 30℃에서 생장시켜, 성상이나 그 색깔을 달리 하는 9종류 균주의 콜로니를 분리, 잠정적으로 균주 HE-I, HE-II, WP-I, WP-II, WT-I, MC-I, SM-I, SM-II, SM-III 라 기호를 부여하여 형태적, 생화학적 특성을 조사하였다.

3.2.1 Colony 성상 및 세포학적 성상

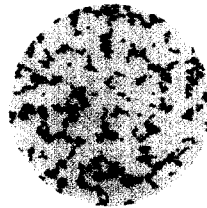
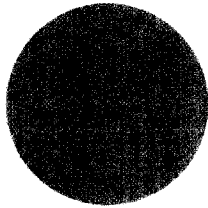
Naturient agar 배지상에서의 colony관찰과 gram staining한 후 현미경 $\times 1000$ 에서 관찰한 결과, HE-I은 담황색의 반구상의 콜로니를 형성했고, gram negative로서 간균의 형태를 띠었다. Colony, HE-II는 불투명한 흰색으로 gram positive로서 구균의 형태였고,

WP-I은 연노랑의 이슬모양 용기상이며, gram negative로서 구간균의 형태이며, WP-II는 중앙용기원형의 담황색으로서, gram negative이며 간균이었다. WT-I은 부정형의 담황색, gram negative이며 간균의 형태, MC-I colony는 길은 흰색을 띠었으며, gram positive로서 구균, SM-I은 원형용기의 불투명한 연노랑색 colony로서, gram positive이며 구균의 형태로 관찰되었다. SM-II은 담황색의 콜로니를 형성했고, gram negative로서 간균의 형태였으며 뚜렷한 포자형성도 관찰되었다. SM-III의 colony는 이슬모양용기의 흰색을 띠었고 gram negative이며, 간균의 형태를 보였다. 분리된 균주들의 nutrient agar 배지상에서 자란 colony 성상과 gram stain한 후 현미경사진은 Photo 1과 같다.

3.2.2 생화학적 성상 및 동정

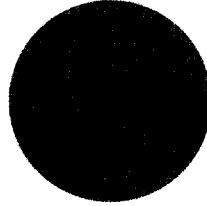
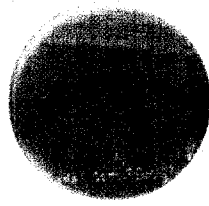
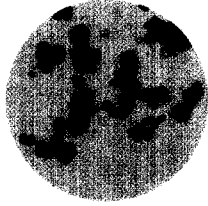
분리균주의 생화학적 특성은 미생물 자동 동정시스템인 Biolog사의 Biolog system을 이용 분리균주의 96가지 탄소원의 이용능을 조사했으며, 또한 Vitek system을 이용하여 보완하였다. Table 4는 Biolog system과 Vitek system에서 공통적으로 보이는 탄소원들에 대한 결과를 나타내었다. 이 결과들을 Bergey's manual과 비교 검토, 각 항목은 잘 일치하고 있다. 이 결과들은 Biolog system의 computer data base의 similarity 0.5이상, Vitek system의 similarity 90%이상, "good identification"으로 나타났다. 위의 결과를 바탕으로 각각의 균주들은, HE-I은 Biolog system의 computer data base의 similarity가 0.7로서 *Pseudomonas paucimobilis* B(이하 *P. paucimobilis* B로 약칭)로 동정하고 있으며, HE-II는 vitek system, similarity 72%로서 *Staphylococcus* sp., WP-I은 similarity 99%의 *Pseudomonas cepacia*(이하 *P. cepacia*로 약칭), WP-II는 Vitek system의 similarity 99%와 Biolog system의 0.6을 나타내며 *Acinetobacter calcoaceticus*(이하 *A. calcoaceticus*로 약칭)로 동정되었다. WT-I은 Biolog system의 similarity 0.54로서 *Actinobacillus capsulatus*(이하 *A. capsulatus*로 약칭)로 동정되었고, SM-I은 Vitek system의 similarity 97%의 "good identification"으로 *Staphylococcus auricularis*(*S. auricularis*로 약칭) SM-II와 SM-III는 각각 Biolog system의 similarity 0.70과 0.72로서 *Acidovorax* sp., *Flavobacterium* sp.로 동정되었으며, HE-II, SM-II와 SM-III는 속단위의 동정에 그쳤다. 이외에 MC-I은 어느 system에서도 적용이 불가능하여 미동정균주로 남겨두었다.

위 결과, gram negative bacteria가 총 9균중 6종



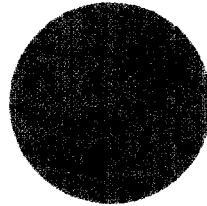
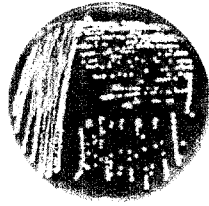
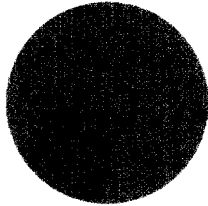
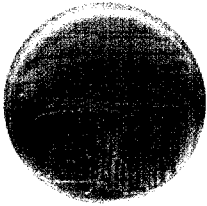
Pseudomonas cepacia

Staphylococcus sp.



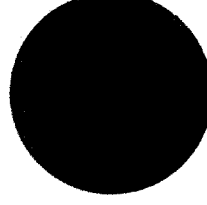
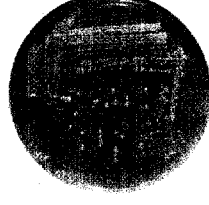
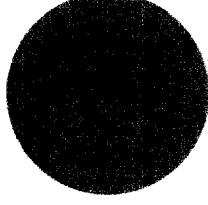
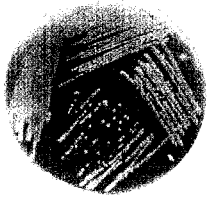
Staphylococcus auricularis

Acidovorax sp.



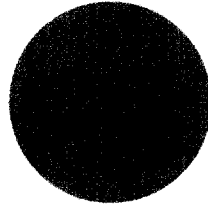
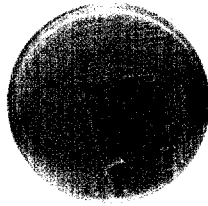
Flavobacterium sp.

Unidentified sp.



Pseudomonas paucimobilis B.

Acinetobacter calcoaceticus



Actinobacillus capsulatus

Photo. 1. Photograph of bacteria colony and photomicrograph of gram-stained bacteria.

Table 4. Morphological characteristics and metabolic activity of the isolated strains.

Test	Strains									
	HE-I	HE-II	WP-I	WP-II	WT-I	MC-I	SM-I	SM-II	SM-III	
Gram staining	-	+	-	-	-	+	+	-	-	
Cell form	rod	cocci	irregular	rod	rod	cocci	cocci	rod	rod	
pigment	citrine	white	yellow	citrine	citrine	white	yellow	citrine	white	
Hydrolysis of dextrin	+	*	*	-	+	*	*	-	-	
fructose	-	*	*	-	+	*	*	+	-	
lactose	+	-	-	-	+	-	-	-	-	
maltose	+	*	*	-	+	*	*	-	-	
mannitol	-	-	+	-	+	-	-	+	-	
raffinose	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
xylitol	-	*	*	-	-	*	*	-	-	
sorbitol	-	-	-	-	+	-	-	+	-	
galactose	+	*	*	-	+	*	*	+	-	
sucrose	*	+	-	-	+	+	+	-	-	
glucose	+	*	*	*	+	*	*	-	-	
trehalose	-	+	*	-	+	-	-	-	-	
arabinose	+	-	-	+	+	-	-	+	+	
rhamnose	+	*	*	-	-	*	*	-	-	
melibiose	+	-	*	-	+	-	-	-	-	
cellobiose	+	-	*	-	+	-	-	-	-	
xylose	*	-	+	*	*	-	-	*	*	
inositol	-	*	-	-	-	*	*	-	-	
adonitol	-	*	-	-	-	*	*	-	-	
arginine	*	-	-	*	*	-	-	*	+	

Notes: + : Assimilation, - : No assimilation, * : Not tested.

을 차지하고 있었으며, 간균의 형태를 띠는 세균도 대다수였다. 이미 발표된 논문들에 따르면 Gram negative rod shaped aerobic bacteria가 troublesome-slime former로 알려져 있으며(Cynthia, 1988) 본 결과도 이와 잘 일치하고 있다. Gram negative rod shaped aerobic bacteria들은 두종류로 나누어 지는데 비발효성 박테리아와 발효성 박테리아이다. 비발효성에는 *P. species*(*P. cepacia*, *P. aeruginosa* 등)와 *Flavobacterium species*이다(Eveleigh, 1964). *Pseudomonas species*와 *Flavobacterium species*는 본 실험에서 분리된 균들이다. 특히 *Flavobacterium*, *Pseudomonas*류는 fmbriated species로 분리되는데(Oppermann, 1961) 이것들은 제지공정의 침적물에서 셀룰로오스 섬유에 흡착하거나 셀룰로오스섬유와 다른 물질이 덩어리를 형성하도록 유도한다(Duguid, 1959). 또한 *Acidovorax* sp.는 뚜렷한 포자를 형성하고 있는데, 제지공정중의 포자생성균을 측정하는 것은 중요한 일이다. 이는 슬라임과 포자생성균이 슬라임 덩어리를 형성 지절을 발생시킬 뿐 만 아니라

시트의 구멍과 반점을 발생시키기 때문이다. 포자생성균은 매우 열악한 조건에서도 생존할 수 있고, 환경조건이 호전되면 슬라임 형성균으로 변화할 수 있다(이, 1995)

3.3 각 공정별 세균의 분포 및 특성

본 실험결과 machine chest에서는 *P. paucimobilis* B., *P. cepacia*, *A. calcoaceticus*, *A. capsulatus*와 하나의 미동정균주와 함께 5종류의 세균이 분리되었으며, Head box에서는 각각 *P. paucimobilis* B. 와 *Staphylococcus* sp.로서 2종류가 분리되었다. Wire part에서는 4종류의 세균이 분리되었는데, 이들은 *P. paucimobilis* B., *Staphylococcus* sp., *P. cepacia*, *A. calcoaceticus*이다. 백수탱크에서도 총 4종의 세균이 분리되었으며, *P. paucimobilis* B., *Staphylococcus* sp., *P. cepacia*와 *A. capsulatus*이다. 위 장소이외의 백수탱크에서 채취한 슬라임 시료에서는 *P. paucimobilis* B., *P. cepacia*, *A. capsulatus*, *A. calcoaceticus*, *S. auricularis*, *Acidovorax* sp., *Flavobacterium* sp.로서 7종의 세균이 분리되었다.

Machine chest에서 발견된 5종류 중 그 수가 1.1×10^7 에 이르는 *P. paucimobilis* B.가 단연 우점하고 있었다. 앞서 언급했듯이 machine chest에서 가장 많은 세균수가. 또한 많은 종류의 세균이 발견되었는데 이 파트는 여러 원료들, 즉 전분, 염료, filler, fiber 등이 혼합되는 첫 공정의 일부이기 때문에 이미 세균에 오염되어 있던 각종 원료 저장탱크로부터 세균이 1차 machine chest로 유입된 결과로 추정된다. 2종류의 세균이 분리된 head box에서 우점균은 *Staphylococcus* sp이며, wire part에서는 4종류의 세균이 분리되었으며 이 중 *A. calcoaceticus*가 2.0×10^7 로서 단연 우점종을 형성하고 있다. 제지공정 중 백수 탱크에서는 4종류의 세균이 분리되었고 그 수는 서로 상이하였으나, 우점종은 *P. paucimobilis* B로 나타났다. 백수탱크에서 채취한 슬라임 시료에서는 7종의 세균이 분리되었으며 제지공정에서 이미 분리된 세균들이 포함되어 있다. 본 결과를 비교해보면, *P. paucimobilis* B.가 각 공정에서 우점종을 이루고 있다. Cyn-

thia(1988)도 3개의 제지공장을 조사하여, 슬라임 형성 세균인 비발효성의 *Pseudomonas*류를 공정에서 분리하였는데 한곳에서 전 공정에 걸쳐 분포하고 있었다. 특히 *Pseudomonas*류는 제지공장의 폐수처리시 큰 역할을 하는 세균으로 알려져 있으며 폐수의 재활용과 더불어 전 공정에 확산되기 때문인 것으로 사료된다. 다른 두 곳에서는 gram negative non fermentor류와 Acinetobacter를 밝혀내었다. 본 실험의 machine chest에서도 분리된 Acinetobacter는 생육조건이 알맞은 곳에서 많은 양의 다당류를 생산해내어 슬라임 성장의 원인을 제공하는 세균으로 알려져 있다 (Ralph, 1959). *Pseudomonas*류 이외의 세균들은 공정마다 그 수가 다르거나 심지어 분리되지 않고 있는데, 이는 pH나 온도차, 혹은 미생물간 경쟁에 따라 우점종이 정하여 지기때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

재생필프의 사용량 증가, 폐수무방류시스템의 도입, 공장의 대형화 및 대량생산의 추구로 인한 원료의 장기저장, 산성초지에서 중성초지공정으로의 전환 등은 미생물의 성장에 적당한 환경을 마련해주는 또다른 요인으로 대두되고 있다. 이와같은 이유로 슬라임에 대한 적극적인 조사와 검토로 적용슬라임제의 적합성과 사용량 등을 결정, 보다 효과적인 방어대책이 강구되어야 한다. 제지공장에서부터 공정수 및 슬라임시료를 채취하여, 슬라임발생의 주 원인이 되고 있는 세균에 대한 분리과 동정을 실시하여, 각 공정라인에서의 분리세균의 분포와 우점세균들에 대한 비교검토를 실시한 결과, 결론을 요약하면 다음과 같다. 시료를 채취하여 총생균수를 측정하고 채취장소 중 machine chest에서 가장 많은 세균수를 보였고, 이 중 9개의 균주를 순수분리했다. 성장과 색상이 다른 colony를 순수분리한 후 gram stain하여 현미경 ($\times 1000$)에서 관찰한 결과 균주 6개는 gram negative로, 3균주는 gram positive였고, 이 중 gram negative는 주로 간균류였으며, gram positive는 주로 구균류였다. 분리균은 하나의 미동정균주 외에 *Pseudomonas paucimobilis* B., *Staphylococcus* sp., *Acinetobacter calcoaceticus*, *Pseudomonas cepacia*, *Actinobacillus capsulatus*, *Acidovorax* sp., *Flavobacterium* sp., *Staphylococcus auricularis* 로 동정되었다. 각 공정라인중에서 machine chest와 white water tank에서 많은 종류의 세균이 출현했으며, 출현 세균 중 *Pseudomonas paucimobilis* B.가 모든 공정상에서 나타났다. Machine

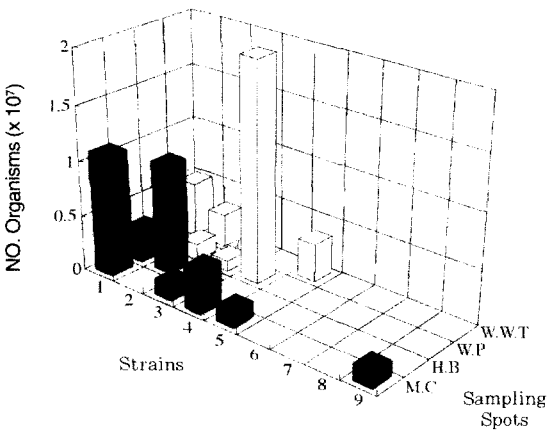


Fig. 2. Distribution of bacteria isolates in paper making process.

- Notes: 1 : *Pseudomonas paucimobilis* B.
 2 : *Staphylococcus* sp.
 3 : *Pseudomonas cepacia*
 4 : *Acinetobacter calcoaceticus*
 5 : *Actinobacillus capsulatus*
 6 : *Staphylococcus auricularis*
 7 : *Acidovorax* sp.
 8 : *Flavobacterium* sp.
 9 : unidentified
 * : Bacteria isolated from the slime
 M.C. : machine chest
 H.B. : head box
 W.P. : wire part
 W.W.T : White water tank

chest에서 *Pseudomonas paucimobilis* B. 가 우점하고 있었으며, Wire part에서는 *Acinetobacter calcoaceticus* 가 우점종이었고, head box에서는 *Staphylococcus saprophyticus*가 다수를 차지하고 있었다. White water tank에서는 *Actinobacillus capsulatus*가 가장 많이 출현했고, 슬라임 시료에는 앞의 균주와 더불어 공정에서 발견되지 않은 *Acidovorax avenae*, *Flavobacterium* sp., *St. auricularis*가 나타났다.

참 고 문 헌

- Buchanan, R. E., and N. E. Gibbons. 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology 8th. The Williams and Wilkins Company, Baltimore : 194~195
- Che, O. A., and I. Thorn. 1995. Applications of wet-end paper chemistry : paper machine deposit : 39~47
- Corpe, W. A., L. Matsuuchi, and B. Armbruster. 1976. Secretion of adhesive polymers and attachment of marine bacteria to surfaces. In J. M. Sharpey and A. M. Kaplan(eds.) Proceedings of the Third international Biodegradation symposium. Applied Science Publishers, Essex, England : 433~442
- Delaporte, A. V., and L. T. Vlassoff. 1960. Fresh water quality-its effect on product quality in the pulp and paper industry. *Tappi* 43(2) : 189A~191A
- Duguid, J. P. 1959. *J. Gen. Microbiol.* 21 : 271~286
- Eveleigh, D. E., and D. Brewer. 1964. Ecological observations on the fungi and bacteria in slime accumulation in a paper mill. *Canadian J. Botany* 42 : 35~43
- Lundgren, D. C. 1959. Mechanism of growth of bacteria and fungi. *Tappi* 42(8) : 171A~174A
- Martin, C. H. . 1988. Identification and implications of troublesome slime-forming bacteria found in paper mill system. 1988 Papermakers Conference : 91~95
- Oppermann, R. A., and L. L. Wolfson. 1961. Mechanisms of slime formation. *Tappi* 44(12) : 905~909
- Russell, R. T. 1959. Slime and odor control. *Tappi* 42(8) : 174A~176A
- Sanborn, J. R. 1958. Deposits control. *Tappi* 41(7) : 142A~144A
- Sneath, P. H. A., N. S. S. Mair, M. E. Sharpe, and J. G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology. William and Wilkins Co.
- Yun, Nalae. In-Jeong Lee and Young Nam Lee. 1992. Physicochemical characters of ultra violet ray resistant *Deinococcus* sp. isolated from air dust. *Korean J. Microbiol.* 30(6) : 483 ~487
- 김병홍 저. 1988. 미생물생리학. 아카데미서적 : 10
- 김선희 외 공저. 1992. 미생물학 실험. 도서출판 고려의학 : 62~65
- 이선호. 1995. 초지공정중 슬라임 발생 및 증성초지를 위한 조절. *제지계* 12월호 : 52~58