한국산업위생학회지 제14권 제1호(2004년 4월)
J Korean Soc Occup Environ Hyg 2004;14(1):

금속가공유 취급 공정에 있어서의 오일미스트농도, 내독소와 미생물의 평가에 관한 연구

오세욱 · 김종혁 · 이웅기 · 이용식 · 정호철 · 조일형 · 김영환 · 변상훈‡

고려대학교 병설 보건대학, 보건과학연구소

Environmental Assessment of Oilmist, Endotoxins and Microbes in a Machining Plant

Sewook Oh · Jonghyeok Kim · Wungki Lee · Yongsik Lee · Hochul Joung · Ilhyong Cho · Youngwan Kim · Sanghoon Byeon ‡

Institute for Health Sciences, College of Health Sciences, Korea University

Bioaerosol monitoring was undertaken in 9 engine plants. Bulk in-use metal working fluids(MWF) samples were collected at the machining sites and compared with air measurements at the same sites. Gravimetric concentration of oil mist averaged 0.33㎎/㎥. Endotoxin concentration ranged from 270 to 290,500 endotoxin unit(EU)/㎖ in the bulk MWF and from 14 to 790 EU/㎥ in air. Airborn microbe concentrations were from 38 to 42,500 colony-forming units(CFU)/㎥.

Concentrations of endotoxin in the MWF were significantly correlated with airborne Heterotropic Plate Count(HPC) (r=0.64, p<0.0019). And the significant relationships between pH and airborne HPC(r=-0.50, p<0.001) and between pH and airborne endotoxins(r=-0.67,p<0.001) were also observed. The predominant bacteria species in MWF were *Pseudomonas* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Serratia marcescens, Providencia rettgeri* in order. Hazardous agents emitted by using water-soluble MWF seems to be correlated microbial growth. In order to minimize worker's exposure to several hazardous agents by an water-soluble MWF, microbial growth must be controlled to the lowest level as possible. Administrative control as well as engineering control must comprehensively be applied to control microbe's growth in water-soluble MWF.

Key Words : MWF, Oilmist, Endotoxin, Microbes

Ⅰ. 서 론

금속가공유(metalworking fluids, MWFs)는 원유(crude oil)를 정제한 기유(base oil)에다 각종 첨가제를 혼합한 것을 말하며, NIOSH(National Institute for Occupational Safety & Health, NIOSH)에서는 오일함유량과 각종 첨가제의 조성비율에 따라 비수용성(insoluble oil), 수용성(soluble oil), 합성유(synthetic), 준합성유(semi-synthetic)로 분류하고 있다. 일반적인 분류방법은 기유 및 첨가제에다 물과 혼합사용 여부에 따라 수용성오일과 비수용성오일로 크게 구분하기도 한다.

미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA), 미국산업안전보건연구원(National Institute for Occupational SAfety and Health, NIOSH), 미국산업위생전문가협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) 등에서는 금속가공 공정중에 비산되는 오일미스트에 대해 노출기준을 모두 5㎎/㎥으로 설정하고 있으나, 현재 설정된 노출기준에서는 금속가공유로 인한 건강상의 장해를 예방

접수일 : 2003년 10월 30일, 채택일 : 2004년 3월 2일
‡ 교신저자 : 변상훈(서울 성북구 정릉동 산1번지, 고려대학교 병설 보건대학, 환경보건과
Tel : 02-940-2866, E-mail : bsh@korhealth.ac.kr)

하는 것이 효과가 없고 그 이하의 농도에서도 암과 비악성 폐질환 및 피부염이 유발된다고 주장하고 있다. 이러한 이유 때문에 OSHA 및 NIOSH에서는 금속가공유에 대한 오일미스트 노출기준을 0.5㎎/㎥ 으로 낮출 것을 권고하였고, ACGIH에서도 0.2㎎/㎥으로 개정하려는 의도(Notice of Intended Change, NIC)를 공고한 바 있다(ACGIH, 2002).

오일미스트는 미스트의 일종으로 MWFs를 사용하는 중에 발생·분산되는 액체입자이다. 현재 금속가공유에 관하여 적용할수 있는 규제치인 OSHA의 PEL (Permissible Exposure Limits)이나 ACGIH의 TLV(Threshold Limit Values)는 광물성 성분인 광물유 미스트(mineral oil mist)의 노출만 고려한 것으로 다른 성분의 노출로 인한 건강장해를 고려하고 있지 못하다. 즉, 기존의 규제치는 MWFs를 사용했을 때 공기중으로 발생할 수 있는 여러 인자 중 여과지를 이용하여 채취하는 중량법으로 측정한 양만 고려하고 있다. 더구나 합성유는 광물유(mineral oil)을 전혀 포함하고 있지 않아 적절한 허용기준이 아니라고 할 수 있다(Hands 등, 1996).

MWF 시스템은 물과 에멀젼화된 오일, 소 포제, 녹방지제, 방부제, 미생물 그리고 미생물 산물의 복합혼합물로 되어 있다. MWF는 3달에서 6달 정도로 오일통에서 반정도씩 갈라주도록 되어 있다. 이러한 MWF가 기계도구에 뿌려질 때에 바이오에어로졸도 생성된다. MWF는 박테리아와 진균의 효과적인 숙주가 될 수 있고 미생물 독의 원천으로 작용할 수도 있다. *Pseudomonas pseudoalcaligenes*와 같은 박테리아들은 다른 것보다 MWF에서 훨씬 자주 나타난다. 이러한 그람음성(Gram negative) 박테리아 종들은 영양분과 방부제를 중화시킴으로 인해 다른 박테리아들의 성장을 가능하게 하는 것으로 알려져 있다(Mattsby-Baltzer등, 1989). 바이오에어로졸은 여러 산업환경에서 유해물질로 알려져 있고 역학연구에 따르면 MWF로부터 발생한 미스트의 흡입은 급성호흡기증세를 유발할 수 있고 폐기능의 이상을 초래할 수 있다고 보고 되었다(Kennedy등, 1989).

본 연구의 목적은 오일미스트, 공기중 미생물, MWF의 pH 그리고 내독소에 초점을 맞춰 금속가공유 취급 공정에서의 공기중 농도와 서로의 상관을 알아보고 미생물의 번식과 오염을 예방하기위한 관리 대책을 알아보는데 있다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

수용성 및 비수용성 금속가공유를 취급하는 중형엔진부 외 9개 공장을 조사대상으로 2002년 8월19일~8월23일까지 5일간 실시하였으며, 측정지점은 예비조사시 선정한 24개 공정을 대상으로 환경조사를 실시하였다.

2. 연구방법

1) 오일미스트 측정

수용성 및 비수용성 금속가공유 사용시 발생되는 오일미스트의 근로자 노출농도를 평가하였다. 시료채취는 개인시료포집기(Personal Air Sampler : Gilian, MSA, SKC사 U.S.A)에 여과지(PVC filter, 0.5㎛, 37mm)를 포집기 홀더(Holder)에 장착하여 근로자 호흡기 위치에서 6시간 이상 채취하였다. 분석은 채취한 여과지의 무게를 중량법으로 전자저울(OHAUS Co., Switzerland)을 이용하여 측정한 후 공기중 발생량을 확인하였으며, 광물성오일 함유율은 각 작업공정에서 사용하고 있는 오일원액을 채취하여 적외선분광 광도계를 이용하여 분석하였다.

2) 미생물

공기중 미생물 채취는 관성충돌포집법(Inertial Impaction Sampling Method)을 적용한 로이터 원심분리기 에어 샘플러(Reuter Centrifugal Air Sampler, RCS, Germany)를 사용하였으며, RCS 측정에 사용한 전용배지와 배양조건은 (표1 참조) 같다.

RCS 샘플러의 유량은 40L/min으로 각 배지마다 4분 동안 총 160L의 공기를 채취하여 배양 후 각 배지마다의 집락수(colony)를 세어 공기 중 단위 용량당 집락수를 계산하였다.

CFU(Colony Forming Unit)/m^3=집락수×25/총 시료채취시간(분) (RSC catalogue)

벌크시료의 일반세균(Heterotropic Plate Count, HPC)수는 주입평판법(Pour Plate Method)으로 분석하였다. 인산염완충희석액을 사용하여 10단계 희석법으로 시료를 순차적으로 희석한 다음 페트리디쉬에 시료 1mL을 넣고 Tryptic soy agar를 주입하여 굳히고 35℃, 24시간 배양한 후 집락을 계수한 후, CFU/㎖로 표기하였다.

그람음성 간균류의 동정은 편의상 장내세균과 및 비장내세균과에 속하는 미생물을 대상으로 했으며, 분리된 집락을 각각 MacConkey agar 및 Brain Heart Infusion agar에 획선접종한 후, 미생물 동정키트인 API 20E 및 API 20NE를 이용하여 동정하였다.

그람양성 구균류의 동정은 분리된 집락을 각각 Mannitol-Salt agar와 Bile

Table 1. Strip types and culture condition for microbes

Microbes	Strip types	Culture time	Culture tem.
HPC	GK-A	48hr	30-35℃
Staphylociccus spp.	S	48hr	30-35℃
Fungi	HS	120hr	28-30℃

Esculin Azide agar에 접종하여 포도상구균 속(*Staphylococcus* spp.) 및 D군 연쇄상구균 속(group D *Streptococcus* spp.)을 동정하였다.

3) (Endotoxin)

엔도톡신 분석방법인 Kinetic Turbidimetric test는 아메리카 대륙의 대서양 연안에 분포하는 투구게(Limulus polyphemus)의 순환혈액세포의 추출물인 LAL (Limulus Amebocyte Lysate)을 이용해 시료중의 엔도톡신과 반응시켜 겔을 형성하는 반응을 이용한 것이다. 엔도톡신과 LAL 시약이 반응할 때 겔이 형성되면서 탁도가 증가하는데 이때 광학적 탁도를 측정할 수 있는 기기를 사용하여 탁도의 반응 속도를 측정하여 기지의 엔도톡신으로 만들어진 표준직선에 상관하여 샘플의 엔도톡신 농도를 정량분석 할 수 있다. 또한 LAL 시험에 있어 샘플의 pH 등의 문제로 반응간섭이 있는데 측정된 샘플의 정확성을 판단하기 위해 샘플에 기지의 엔도톡신을 첨가한 spiked sample이 사용된다. 시험 후 spiked sample에서 sample의 엔도톡신을 빼, 이론적으로 첨가한 엔도톡신의 양으로 나누면 반응간섭의 정도를 파악할 수 있어, 샘플 결과의 유의성을 파악할 수 있다.

(1)시료의 전처리 및 희석

공기 중 내독소 채취는 유리섬유 필터가 내장된 3단 카셋트 홀더를 분당 2L로 보정된 개인시료포집기에 연결하여 채취하였다. 이 필터를 엔도톡신이 없는 코니칼 튜브(50㎖ 용량)에 넣고 LAL Reagent Water 20㎖를 첨가한 후, 1000g, 15분간 원심분리 하였다. 벌크의 경우에는 시료가 심하게 현탁되어 있는 경우에만 동일한 조건에서 원심분리하였다. 샘플 원액의 pH가 6~8의 범위를 벗어나는 경우에는 1/10 희석시 Tris Buffer를 이용해 희석하고 1/100 이후의 희석단계에서는 LAL Reagent Water로 희석하였다.

(2) 엔도톡신 표준액의 조제

사용한 LAL시약과 CES에 의해 만들어진 Certificate of Analysis에 따라 CSE vial에 LAL Reagent Water 2.6㎖을 넣어 50EU로 만들고 5분간 혼합한 후, 단계적으로 1/10, 1/100, 1/1000으로 희석하여 최종적으로 50EU, 5EU, 0.5EU, 0.05EU를 조제하여 엔도톡신 표준액으로 하였다.

(3) LAL Reagent의 조제

LAL Reagent vial에 ES Buffer 5.2㎖를 넣고 천천히 녹여 조제하였다.

(4) Spike액의 조제

샘플 100㎕와 50EU CSE 10㎕을 섞어 약 5EU로 만들어 Spike액을 조제하였다.

(5) 표준엔도톡신, 샘플, spike액 100㎕를 duplicate로 microplate의 well에 각각 넣고 2분내에 autopipet을 이용해 LAL Reagent 100㎕을 첨가하고 Kinetic System을 이용하여 판독하였다.

(6) 분석에 사용한 기기는 Austria Tecan 사의 Sunrisefh, 엔도톡신 분석 전용 소프트웨어인 Charles River Endosafe 사의 Endoscan-V를 사용하였다. 시험 조건은 KTA 시험에 따라 제조사에 의해 제안된 설정인, 측정파장 340nm를 그리고 엔도톡신과 LAL 시약의 반응속도를 측정하기 위한 onset OD 값은 사용한 KTA 시약에서 제안된 0.05로 설정하였다. 측정시간은 총 1시간을 설정하였고 측정시간의 간격은 30초로 하였다. 측정 중 표준엔도톡신의 가장 낮은 엔도톡신 농도가 미리 설정한 onset OD 값에 도달하면 시험은 1시간 이내라도 자동으로 멈춘다.

(7) LAL 시험에 있어 방해물질의 영향을 피해 결과를 얻기 위해, 시험 후 샘플의 spike recovery를 계산하여, spike recovery가 70-130% 사이에 있는 샘플의 희석배수를 샘플의 엔도톡신 값을 측정하는데 사용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 공기중 오일미스트 농도

수용성 공정의 경우 총27개 시료의 기하평균농도는 0.33㎎/㎥이였으며, 비수용성 공정은 0.27㎎/㎥으로 현행 노출기준 5㎎/㎥과 비교해 본다면 낮은 수준이다. Thorne(1996)에 의하면 오래된 엔진 라인에서 평균적으로 1.24 mg/㎥ 그리고 새로운 라인에서 0.74 mg/㎥로 나타났다고 보고하였다. 정동인 등(1998)에 의하면 비수용성공정의 경우 기하평균농도는 0.29㎎/㎥로 나타나 본 연구결과와 비슷한 것으로 나타났다. 표2에서 볼수 있는 바와 같이 공장별로는 수동변속기 5공장이 0.97㎎/㎥으로 다른공장의 오일미스트 농도보다는 약 2배 이상의 높은 수치를 보이고 있다.

Table 2. Oilmist mean concentrations according to plants

	Diesel engiene A	Heavy engiene1	Hand- worked transmission 2	Small engiene 7	Auto-transmiss-ion	Heavy engiene 2	Hand- worked transmis-sion 5	Diesel engiene B	Mach-ine tool
Sample No.	2	7	6	3	4	3	2	2	3
Mean (㎎/㎥)	0.16	0.30	0.38	0.32	0.37	0.31	0.97	0.21	0.53

2. pH와 온도에 따른 미생물과 내독소

표 3에서와 같이 온도와 pH는 사용중인 수용성 금속가공유 채취시 직독식 기기를 이용하여 현장에서 바로 측정하였으며, 미생물과 내독소는 공기중과 bulk(원액시료)로 구분하여 병행 측정하였다.

1) 내독소 농도

그람음성균은 그람양성균과는 달리 세포벽 바깥쪽에 세포외막(outer membrane)이 존재하는데, 엔도톡신은 바로 이 세포외막의 구성성분으로 세균이 사멸할 때 세포벽이 깨지면서 방출된다. 세포외막은 LPS(Lipopolysaccharide), 인지질 및 단백질로 이루어져 있으며, LPS가 바로 엔도톡신 물질이다. LPS는 지질과 다당류로 구성되어 있는데, 지질 부분을 lipid A라 하고 여기에 연결된 당을 core polysaccharide라 하며, 끝부분에 O-면역 항원이 반복된다. 이중 발열성을 나타내고 LAL 시약과 반응하는 부분은 Lipid A 이다.

Heederik and Douwes(1997)에 의하면 100 EU/㎥은 기관지염이 유발되지 않는 최고농도이고 1,000 EU/㎥은 조직에 영향을 미치지 않는 최고농도(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL)이며 2,000 EU/㎥은 폐렴이 유발되지 않는 최고농도인 것으로 보고되었다. 이 기준에 의하면 측정된 총 31개 시료에 대한 공기중 내독소 (Endotoxin) 측정결과 기하평균농도는 48.7 EU/㎥이며 범위는 14 ~ 644 EU/㎥범위로 나타났다. 기관지 염을 유발 시킬 수 있는 수준인 100 EU/㎥가 넘는 시료가 6개(19%)이며 폐렴을 유발할 수 있는 2,000 EU/㎥이상인 시료는 없는 것으로 평가 되었다. Thorne(1996)이 측정한 결과에 의하면 벌크 MWF에서 39에서 166,000EU/mL인 것으로 나타났고 공기중 내독소는 검출한계이하(4 EU/㎥)부터 790EU/㎥까지 나타나는 것으로 보고되어 공기중 내독소 농도는 이번 결과와 비슷한 것으로 나타났다. 24개의 bulk 시료에 대한 기하평균농도는 13,265 EU/㎖이었고 범위는 270 ~ 290,500 EU/㎖이었으며, 미생물 증식상태에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. Park(2001)등에 의하면 bulk 시료에서 내독소의 기하평균 농도는 6791 EU/㎖인 것으로 보고하였다.

2) 공기중 일반세균 농도

공기중 일반세균 40개 시료에 대한 기하평균농도는 2,057 CFU/㎥, 범위는 38 ~ 42,500 CFU/㎥이였으며, 독일에서 긴급(임시적으로)제안된 작업환경 공기중 일반세균 농도의 가이드라인인 10,000 CFU/㎥와 비교시 전체적인 평균농도는 가이드라인 미만으로 평가되고 있으나, 일부 시료(7개소)는 가이드라인을 상회하는 것으로 평가되고 있다.

3) 벌크시료내 미생물 농도

24개 벌크시료에 대한 기하평균농도는 81 CFU/㎖, 범위는 10 ~ 130,000 CFU/㎖이였으며, 부패한계농도로 알려진 100,000 CFU/㎖ 이상인 시료는 1개(4%)로 평가되었다.

수용성 공정의 집중관리 탱크에서 채취한 시료 24개중에서 10^3 CFU/㎖이상 자란 4개 시료를 대상으로 미생물을 분리 동정한 결과 표4에서와 같이 장내세균 7종 및 비장내세균 4종이 분리되었으며, 분원성 연쇄상구균이 검출된 것으로 보아 희석액(공업용수)의 분변오염 가능성을 나타내고 있다. 가장 빈번하게 발견된 균은 표 4에서와 같이 *Pseudomonas* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Serratia marcescens, Providencia rettgeri* 순이었다. 백남원(1998)의 연구에서는 *Pseudomonas* spp., *Bacillus spp., Comamonas testosteroni, Acinetobacter haemolyticus, Bordetella bronchiseptica* 순으로 빈도가 높았다. Inger 등(1989)의 연구에서는 *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium spp., Streptococcus spp., Shewanella putrefaciens*등이 빈번하게 발견되었다.

4) 상관관계분석

수용성 금속가공유의 bulk시료 온도는 일반세균이 성장하기에 적정한 23 ~ 30℃로서 온도가 높아질수록, pH는 7.0 ~ 9.7로

Table 3. Results for microbes and endotoxin according to temperature and pH

Classification		No.	Concentrations			
			GM	GSD	Range	Note
Temperature (℃		24	26.0	1.07	23～)	
pH		24	8.90	1.09	7.0～ 7	
Microbes(Airborne)						
- HPC(CFU/㎥		40	2,057	6.9	38～ .500	
- Fungi(CFU/㎥		40	24	2.7	6～ 7	
- *Staphylococcus* spp.(CFU/㎥		35	16	7.8	ND～ 2	
Microbes(Bulk)						
- HPC(CFU/㎖		24	81	31.1	10～ 0,000	
Endotoxin	Airborne(EU/㎥	31	48.7	2.8	14～ 4	
	Bulk(EU/㎖	24	13,265	5.38	270～ 0,500	

* GM(Geometric mean) * GSD(Giometric standard deviation) * ND(No detection)

Table 4. Frequency of microbes isolated from MWF samples

Species	Frequency	Note
Pseudomonas spp.	++++	Non-enteric bacteria
Serratia marcescens	++	Enteric bacteria
Serratia liquefaciens	+	Enteric bacteria
Streptococcus spp.	+++	Enteric bacteria(Fecal streptococcus)
Proteus milabilis	+	Enteric bacteria
Aeromonashydrophia/caviae	+	Enteric bacteria
Providencia rettgeri	++	Enteric bacteria
Citrobacter freundii	+	Enteric bacteria
Pasteurella aerogenes	+	Non-enteric bacteria
Staphylococcus spp.	+++	Non-enteric bacteria
Alcaligenes faecalis	+	Non-enteric bacteria

pH가 낮아질수록 일반세균수가 증가되는 경향을 보이고 있었다. 즉 그림 1, 2에서와 같이 수용성금속 가공유 유지관리 지표로 사용되는 pH 9.0이상에서는 16개의 시료 모두 10 CFU/㎥미만 이었으나 pH 9.0미만에서는 최고 1.3 $\times 10^5$ CFU/㎥까지 일반세균수가 급증하였다. 일반세균이 과다하게 번식하면 pH는 낮아지게 된다. 탱크에서 일반세균을 관리하는 가장 일반적인 지표는 pH이다. pH가 8.5이하로 떨어지면 pH향상제인 아민류를 첨가하거나 방부제를 사용한다. 아민류를 첨가할 경우 나이트로스아민의 발생을 초래할 수 있고, 방부제를 첨가할 경우 미생물의 사체를 양산하고 이들이 발산하는 내독소가 근로자에게 건강상의 영향을 줄 수 있다(백남원 등, 1998). Park 등(2001)에 의하면 pH가 8.5보다 낮은 오일통에서의 내독소의 기하평균은 13,064 EU/ml인 반면에 pH가 8.5이상인 오일통에서의 내독소는 2,307 EU/ml인 것으로 pH가 낮아 질수록 내독소가 증가하는 것으로 보고하였다. 그리고 11℃일 경우 GM= 2,600 EU/ml, 32℃일 경우 GM= 21,500 EU/ml이었으며, 오일통의 온도가 증가할수록 내독소의 농도도 증가하는 것으로 나타났다.

공기중 일반세균 수 및 내독소와 pH간의 상관관계를 분석한 결과 그림 3, 4에서와 같이 pH와 공기중 일반세균 수(R=-0.50, p=0.0009), pH와 공기중 내독소(R=-0.67, P<0.0001)는 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 그림 5에서와 같이 공기중 일반세균 농도와 내독소(R=0.64, P<0.0019)간에는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Thorne(1996)에 의하면 MWF에서의 내독소의 농도는 벌크 mesophilic 박테리아와 상당한 상관관계(p<0.0001, r=0.62)가 있는 것으로 나타났고 그람 음성 박테리아(p=0.014, r=0.54)와도 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 공기중 내독소는 오일 미스트의 농도와 상당한 관계(p<0.0001, r=0.83)를 가지는 것으로 나타나 중량법에 의한 오일미스트 농도는 환경중 내독소 농도의 지표가 될 수 있음을 시사하여 준다고 하였다.

수용성 금속가공유의 일반세균과 내독소, pH간의 상관성은 높은 편이며, 각종 첨가제(방부제, pH 향상제)투입량에 따라 여러 가지 변수가 작용하므로 미생물 관리는 한 두가지 대책만으로 관리하기가 쉽지 않다. 따라서 먼저 주요 발생원(source)을 파악한 후 관리방안을 종합적으로 수립, 시행함이 바람직하다.

Ⅳ. 결 론

본 조사는 금속가공유(metal working fluids, MWFs)를 사용할 때 발생될 수 있

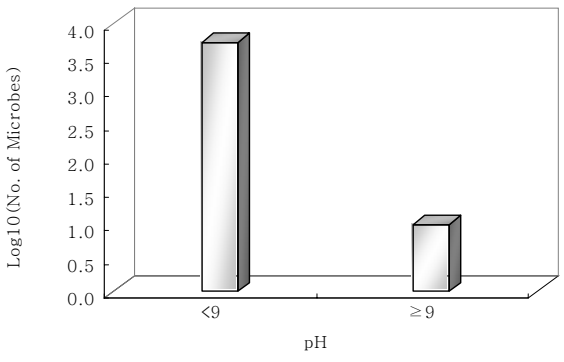

Fig 1. No. of HPC for pH in buk

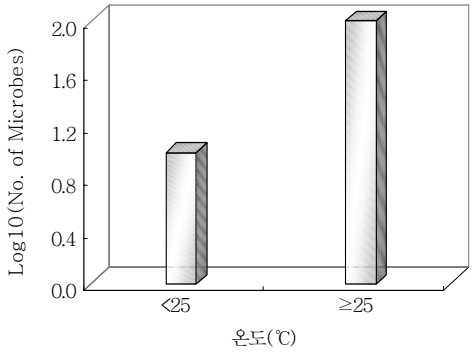

Fig 2. No. of HPC for temperature in bulk

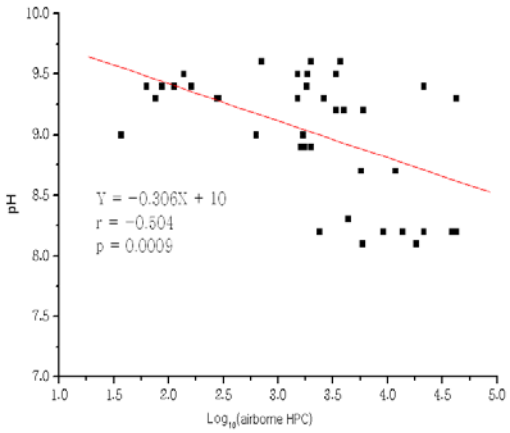

Fig 3. Correlation for airborne HPC and pH

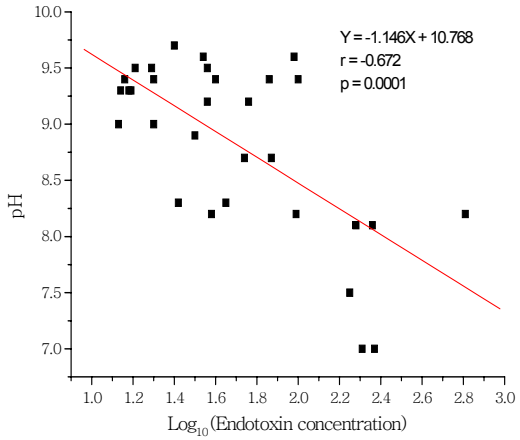

Fig 4. Correlation for airborne endotoxins and pH

는 각 유해인자에 대한 평가자료와 유해인자 발생에 영향을 미치는 변수들에 대한 상관정도를 분석한 결과 등을 토대로 한 평가 결과는 다음과 같다.

1. 공기중 일반세균 농도는 38 ~ 42,500 CFU/㎥이였고, bulk시료 내에서 부패 한계농도(10^6CFU/㎖)이상인 시료는 1개소였다.

2. 공기중 Endotoxin(내독소)농도는 14 ~ 644 EU/㎥이였고, bulk시료 내에서는 270 ~ 290,500 EU/㎖로 검출되었다.

3. 공기중 일반세균 농도 및 내독소와 pH간의 상관관계를 분석한 결과 pH와 공기중 일반세균 농도(r=-0.50,p<0.001), pH와 공기중 내독소(r=-0.67,p<0.001), 공기중 일반세균 농도와 공기중 내독소(r=0.64,p<0.0019)간에 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

4. 오일미스트의 기하평균농도는 0.33 ㎎/㎥으로, 현행 노출기준과 비교해보면 매우 낮은수준(1/10이하)으로 평가할 수 있다.

상기 결과를 종합해보면 미생물의 성장을 억제하기 위하여 관리지표를 이용한 금속가공유의 합리적인 교체주기 선정이 요구된다.

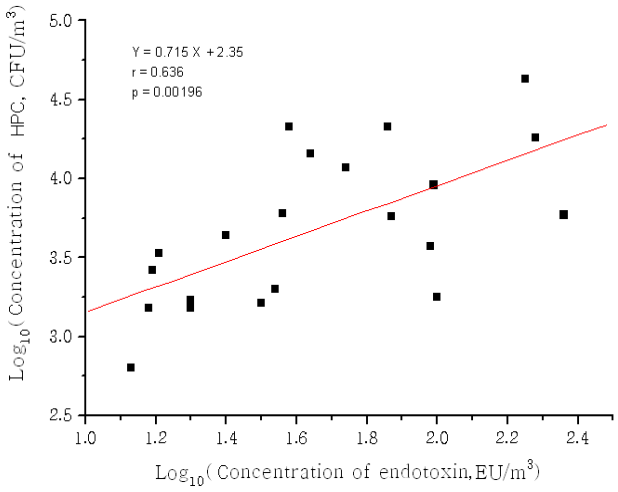

Fig 5. Concentration correlation for HPC and endotoxin

REFERENCES

백남원, 박동욱, 윤충식, 김승원, 김신범 등. 우리나라에서 사용하는 광물유(금속가공유)의 유해특성과 관리대책에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(1):67-75

정동인, 변상훈, 박승현, 오세민, 문영한. 일부 절삭유 제조 및 취급 사업장의 오일 미스트의 노출농도 및 성분에 관한 연구. 대한위생학회지 1998;13(8):121-127

American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Threshold Limit Values(TLVs) for Chemical Substance and Physical Agents and Biological Exposure Indices(BEIs). ACGIH, 2002

Hands D, Sheehan MJ, Wong B, Lick HB. Comparison of Metalworking Fluid Mist Exposure from Machining with Different Levels of machine enclosure. Am Ind Hyg Assoc J 1996;57(12): 1173-1178

Inger MB, Stadin M, Ahlstr B, Allenmark S. Edebo M, et al. Microbial growth and accumulation in industrial metal-working fluids. Applied and Environmental Microbiology 1989;55: 2681-2689

Kennedy SM, Greaves IA, Kriebel D, Eisen

EA, et al. Acute pulmonary response among automobile workers exposed to aerosols of machining fluids. Am J Ind Med 1989;15:627-641

Mattsby-Baltzer I, Sandin M, Ahlstrom B, Allenmark S, et al. Microbial growth and accumulation in industrial metal-working fluids. Appl Environ Microbial 1989;55:2681-2689

Park D, Teschke K, Bartlett K. A model for predicting endotoxin concentrations in metalworking fluid sumps in small machine shops. Ann occup Hyg 2001;45(7):569-576

RSC Catalogue, The Biotest centrifugal air sampler, West Germany

Thorne PS, DeKoster JA, Subramanian P. Environmental assessment of aerosols, bioaerosols, and airborne endotoxins in a machining plant. Am Ind Hyg Assoc J 1996;57:1163-1167