

# 인조광물섬유에 대한 NIOSH 7400 방법의 A 및 B 계수규칙 비교

신용철†

인제대학교 보건안전공학과

## Comparison of NIOSH Method 7400 A and B Counting Rules for Airborne Man-Made Vitreous Fibers

Yong Chul Shin†

*Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University*

There are many counting rules for analyzing man-made mineral fibers. The representatives are the NIOSH Method 7400 A and B counting rules. The two rules have different rules of length-to-width ratio(aspect ratio) and diameter. The A rule counts only fibers  $>5 \mu\text{m}$  in length, and only fibers with aspect ratio  $>3:1$ . The B rule counts only ends of fibers  $>5 \mu\text{m}$  in length and  $<3 \mu\text{m}$  in diameter, and only fibers with aspect ratio  $\geq 5:1$ . The A counting rule had been used before the B counting rule was introduced. The purpose of this study is to compare the A and B counting rules for airborne fibers from various man-made mineral fibers(glass wool fibers, rock wool fibers, refractory ceramic fibers, and continuous filament glass fibers) industries. There were significant differences between the paired counts of A and B rules in all types of fibers( $p<0.05$ ). A rule counts/B

rule counts(A/B ratios) were 1.52 for glass fibers, 1.53 for rock wool fibers, 1.19 for RCF, and 1.82 for continuous filament glass fibers. The counting results by A and B counting rules were highly correlated in glass wool fibers, rock wool fibers and refractory ceramic fibers(RCF) samples ( $r=0.96$  for all types of fibers) except continuous filament glass fibers( $r=0.82$ ). Regression equations to correct for the differences between counting rules were presented in this paper.

**Key Words :** man-made or synthetic vitreous fibers, NIOSH 7400 A and B counting rules

## I. 서론

인조광물섬유(man-made mineral fibers, synthetic vitreous fibers, MMMF)는 유리면(glass wool fiber), 유리장섬유(continuous filament glass fibers), 암면섬유(rock wool fibers), 슬래그울(slag wool fibers), 내화성 세라믹섬유(refractory ceramic

fiber, RCF), 실리콘 카바이드(silicon carbide) 등이 대표적인 종류이며 이들은 다양한 용도로 사용되고 있다(WHO, 1988).

일반적으로 알려진 MMMF의 건강 영향은 자극(irritation) 작용이며, 섬유에 노출되었을 때 나타나는 일반적인 증상은 가려움증이다. 유리섬유는 피부뿐만 아니라 눈, 상기도에도 자극을 유발할 수 있다(Bender et al., 1991; Kojola et al., 1992).

접수일 : 2005년 9월 30일, 채택일 : 2006년 3월 20일

† 교신저자 : 신용철 (경남 김해시 어방동 607번지 인제대학교 보건안전공학과

Tel : 055-320-3676, Fax : 055-325-2471, E-mail : yeshin@inje.ac.kr)

늑막 내에 유리섬유를 주사한 동물에게서 암이 유발되었으며 독성의 크기는 섬유의 길이가 길수록 그리고 직경이 작을수록 증가하는 것으로 알려져 있다(Wagner et al., 1984; Smith et al., 1987; Stanton et al., 1977; Lippman, 1990). International Agency for Research on Cancer(IARC, 2002)에서는 RCF를 "possibly carcinogenic to human (Group 2B)"로 규정하고 있다.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH, 2005)에서는 유리면 섬유, 암면 섬유, 슬래그울 섬유 및 특수목적 유리 섬유는 동물발암물질(confirmed animal carcinogen, A3), 그리고 유리장섬유는 인체 발암물질로 분류할 수 없는 물질(not classifiable as a human carcinogen, A4)로 규정하고 있다. 특히 세라믹 섬유는 인체 발암의심물질(suspected human carcinogen, A2)로 규정하고 있다. 한편, IARC(2002)에서는 보온유리면(insulation glass wool), 암면(rock or stone wool) 및 유리장섬유의 경우 "not classifiable as to their carcinogenicity to humans(Group 3)"로 규정하고 있다.

공기중 섬유의 측정은 National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) Method 7400(NIOSH, 1994) 방법이 국제적으로 널리 이용되고 있다. 초기의 NIOSH 방법에는 A 규칙에서만 포함되어 있었으며 이것은 공기중 석면을 A 규칙을 이용해서 분석해야 한다는 OSHA의 결정에 근거하였다. A 규칙은 주로 석면계수에 이용되며 길이  $5\mu\text{m}$  초과, 길이:두께 비(aspect ratio)가 3:1을 초과하는 섬유를 계수하며 두께에 대한 제한은 없다. 1987년에 NIOSH 방법에 유리섬유와 같은 인조광물섬유의 분석을 위해 B 규칙이 도입되었다. B 규칙은 길이  $5\mu\text{m}$  초과, 직경  $3\mu\text{m}$  미만, 길이:직경 비가 5:1 이상인 섬유를 계수하도록 정하고 있다. World Health Organization(WHO, 1981)에서는 길이  $5\mu\text{m}$  이상, 길이:직경 비가 3:1 이상인 섬유중 호흡성 섬유(직경  $\leq 3\mu\text{m}$ )를 측정하도록 권고하고 있다.

이와 같이 호흡성 섬유 측정을 위한 계수방법은 NIOSH Method 7400, 인조 광물섬유 분석을 위한 WHO 방법(WHO, 1981)에 포함되어 있지만 이들 방법에 제시하고 있는 길이:직경 비, 계수에 포함시키는 직경 기준은 일치하지 않는다.

앞에서 기술한 바와 같이 인조광물섬유의 계수 방법 중 NIOSH 방법의 경우 B 계수규칙(길이  $>5\mu\text{m}$ , 길이:직경  $\geq 5:1$  이상, 직경  $<3\mu\text{m}$ )이 도입되기 이전에는 석면 계수시 적용되는 A 규칙(길이  $>5\mu\text{m}$ , 길이:직경  $>3:1$ , 두께 계수기준 없음)이 사용되었다. WHO 방법은 aspect ratio 기준이 NIOSH 방법(5:1)과 다른 3:1이다. 그러므로 B 계수규칙이 도입되기 전에는 A 규칙이 이용되었고 B 규칙이 도입한 후에는 B 규칙을 이용하여 MMMF의 분석이 이루어졌기 때문에 근로자의 노출자료는 다른 두 가지 규칙에 의해 실시된 경우 노출자료의

일관성이 결여되어 있다. 또한 WHO 방법(WHO, 1981)과 NIOSH 방법(NIOSH, 1994)에서 정한 aspect ratio는 서로 달라 노출자료의 통합이나 해석에 문제가 있다. 역학연구를 위해서는 서로 다른 방법에 의한 산출된 노출자료를 취합할 경우 노출자료를 산출한 방법의 일관성이 있어야 한다.

서로 다른 계수규칙에 의해 산출된 노출 자료의 통합을 위해 두 가지 규칙의 차이와 관계에 관해 연구한 논문이 발표된 바 있다. Buchta 등(1998)은 RCF를 대상으로 A 및 B 계수 규칙을 비교하였는데 두 규칙에 의한 결과는 차이가 없었고 상관성이 매우 높게 나와 두 규칙에 의한 결과를 통합할 수 있다고 보고하였다. 그러나 이 연구자는 다른 상황의 경우 조사자는 두 분석방법이 산출된 결과에 영향을 미치는지에 대해 평가하도록 주장하였다.

Breysse 등(1999)은 RCF, 유리섬유(결합제가 없는 유리섬유 제외), 유리섬유(결합제 무함유), 암면을 대상으로 두 계수규칙을 비교하였는데 모든 섬유종류에서 두 계수 규칙에 의한 섬유밀도는 유의한 차이가 있는 것으로 보고하였다. 결합제가 없는 유리섬유의 경우 A 규칙의 값이 B 규칙보다 약간 컸으나 결합제가 있는 유리섬유와 암면의 경우 A 규칙에 의한 값이 B 규칙에 의한 값보다 약 70% 이상, RCF의 경우 약 33% 큰 것으로 보고하였다.

이와 같이 세라믹의 경우 연구자에 따라 차이가 있었고 MMMF 종류, 공정 등의 요인에 따라 이 계수규칙을 비교한 결과는 다를 것으로 예측된다. 따라서 본 연구에서는 현장에서 채취한 RCF, 유리섬유, 암면 뿐 만 아니라 이전에 발표된 논문에서 연구되지 않은 유리장섬유를 대상으로 A 계수규칙과 B 계수규칙에 의한 분석결과를 비교해 보고자 한다.

## II. 방법

본 연구를 위한 시료는 MMMF 및 그 가공제품을 제조하거나 가공하는 사업장에서 채취하였다. 연구대상 MMMF 종류는 유리면섬유, 유리장섬유, 암면섬유 및 세라믹섬유 등 4 종류였다. 생산되는 제품의 종류는 유리섬유 관련 업체의 경우 유리면, 단열재보드, 파이프 보온재, 자동차 소음기 등이고 유리장섬유 관련 업체의 경우 매트, 기관 등이고 암면 관련 업체의 경우 원면(loose wool), 보드, 모전(felt), 바닥 타일 등이고 세라믹 섬유 관련 업체의 경우 세라믹 섬유 자체, 섬유로 가공한 보드, 모듈 등이었다.

공기중 MMMF 시료는 NIOSH Method 7400(NIOSH, 1994)에 따라 직경이 37 mm인 cellulose ester membrane(MCE) 여과지(0.8  $\mu\text{m}$ , Millipore AA Type, Millipore Co.)에 1.5 - 2.5 L/분의 유량으로 채취하였다. MMMFs 시료가 채취된 여과지의 일

부를 잘라 acetone/triacetin으로 투명화시킨 후, Walton-Beckett graticule이 삽입된 위상차 현미경(Carl Zeiss, Zernan)으로 400 배의 배율에서 섬유수를 계수하였다. 전체 시료를 먼저 “A” 규칙에 따라 길이 5 μm 초과, 길이 대 두께 비(aspect ratio)가 3:1을 초과하는 섬유를 계수한 후, 다음으로 “B” 규칙에 따라 길이 5 μm 초과, 직경 3 μm 미만, 길이 대 직경 비가 5:1 이상인 섬유를 계수하였다.

A 규칙에 따른 섬유밀도와 B 규칙에 따른 섬유밀도의 비(A/B)가 인조광물섬유, 업체, 공정별로 차이가 있는지를 분석하였다. 각 섬유계수 규칙에 따라 구한 섬유수를 시야면적(field area)로 나누어 산출한 섬유밀도(fiber density)를 대수변환하여 Shapiro-Wilk W 통계량을 이용하여 정규분포를 검정하였고 정규분포 검정 후 각각의 대수값을 paired t-test를 이용하여 통계 검정하였다. 한편, 집단 간 평균의 차이는 ANOVA를 이용하여 검증하였고, 차이가 있는 특정 집단을 파악하기 위해 t-test를 이용하였다.

### III. 결 과

#### 1. A 규칙 및 B 규칙에 따른 섬유밀도 분포

Table 1은 A 규칙 및 B 규칙에 의해 결정된 연구대상 인조광물 섬유시료의 섬유밀도 분포를 보여주고 있다. 유리면, 암면, 세라믹섬유, 유리장섬유 시료의 A 규칙에 의한 섬유밀도

평균(기하평균, GM)은 각각 30, 53.3, 59.7 및 11.0 fibers/mm<sup>2</sup>이고, B 규칙에 의한 섬유밀도평균(GM)은 각각 19.8, 34.8, 50.2 및 6.2 fiber/mm<sup>2</sup>이었다. 모든 섬유종류에 있어 A 규칙과 B 규칙에 의해 산출된 섬유밀도 값은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05).

#### 2. A 규칙 및 B 규칙에 의한 섬유밀도 비

##### 1) 섬유 종류

Table 2는 인조광물섬유의 종류에 따른 A 규칙에 의한 섬유밀도/B 규칙에 의한 섬유밀도(A/B 비)를 보여주고 있다. A/B 비 값들은 대수정규분포를 하므로 통계량을 기하평균과 기하표준편차(GSD)로 나타내었다. 유리면 섬유, 암면 섬유, 세라믹 섬유 및 유리장섬유 시료의 A/B 값(GM)은 각각 1.52, 1.53, 1.19, 및 1.82로 나타났다. A/B 비는 섬유종류에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05).

A/B 비가 가장 작게 나타난 RCF의 경우 두 계수규칙에 의한 값 간에 차이가 작고 직경이 작은 섬유가 많이 분포하고 있는 반면, A/B 비가 가장 크게 나타난 유리장섬유의 경우 두 계수규칙에 의한 값 간에 차이가 크며 직경이 큰 섬유가 많이 분포하고 있음을 말해 준다.

##### 2) 업체 및 공정

Table 3은 업체 및 생산 공정별 A/B 비(GM)를 보여주고 있

Table 1. Distribution of fiber densities determined using A and B rules

Type of fibers	A rule		B rule		p-value
	GM, fibers/cc	GSD	GM, fibers/cc	GSD	
Glass wool	30.0	3.1	19.8	3.2	<0.001
Rock wool	53.3	3.8	34.8	4.4	<0.001
Refractory ceramic fiber	59.7	2.7	50.2	2.5	<0.001
Continuous filament glass fiber	11.0	2.1	6.2	2.4	<0.001

GM: geometric mean; GSD: geometric standard deviation

Table 2. Ratio of A counting rule counts to B counting rule counts by type of fibers

Type of fibers	N	A/B ratio	
		GM (GSD)	Range
Glass wool fiber	62	1.52 (1.4)	0.17 – 8.0
Rock wool fiber	74	1.53 (1.5)	0.5 – 4.0
Refractory ceramic fiber	106	1.19 (1.3)	0.56 – 2.5
Continuous filament glass fiber	27	1.82 (1.5)	0.67 – 5.0

GM: geometric mean; GSD: geometric standard deviation

다. 업체별 A/B 비(GM)의 범위는 유리섬유 관련 업체 1.33-1.67, 암면섬유 관련 업체 1.23-1.79, RCF 관련 업체 1.16-1.23, 유리장섬유 관련 업체 1.56-1.82였다. 유리면 섬유, 세라믹 섬유 및 유리장섬유의 경우 A/B 비 값은 업체별로 차이가 없었으나( $p>0.05$ ), 암면섬유의 경우 암면보온재를 선박의 선실에 시공하는 업체의 A/B 비는 제조업체보다 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ).

### 3. 두 계수규칙에 의한 값 간의 상관관계 및 회귀식

유리섬유, 암면, 세라믹 섬유의 두 규칙에 의한 결과간의 상관계수는 모두 0.96이고 장유리섬유의 경우 두 값의 상관계수가 0.82이었다.

Fig. 1은 유리섬유, 암면섬유, RCF 및 유리장섬유 시료에 대한 A 규칙과 B 규칙에 의한 값들 간의 회귀관계를 나타낸 것이다. 유리섬유, 암면섬유, RCF의 경우 두 값 간의 회귀계수는 모두 0.93이었다. 유리장섬유의 경우 회귀계수가 0.68로 다른 섬유종류에 비해 회귀계수가 비교적 작았다.

암면섬유를 생산하는 두 업체보다 암면보온재를 선박의 선실에 시공하는 업체에서 A/B 비가 유의하게 낮았다. 암면을 가공하는 과정에서 길이는 변화할 수 있으나 두께는 변하지 않는다. 그러므로 제조업체와 시공업체의 발생된 섬유에 대한 A/B 비의 차이는 직경의 차이에 따른 결과라고 보여진다. 선박 선실 시공에 사용된 암면 제품의 명목직경이  $4\mu\text{m}$ 였고 암면 제조업체에서 생산된 제품의 명목직경은  $4-7\mu\text{m}$ 로 차이가 있었다.

유리섬유, 암면, 세라믹 섬유의 두 규칙에 의한 결과간의 상관계수는 모두 0.96으로 두 규칙 간에 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타나 총섬유중 직경이  $3\mu\text{m}$  보다 작은 호흡성 섬유의 분포가 시료에 따른 변이가 크지 않음을 알 수 있다. 한편 유리장섬유의 경우 두 값 간에 상관성이 0.82로 시료마다 호흡성 섬유의 비율이 비교적 변이가 크음을 알 수 있다. A 규칙과 B 규칙의 중요한 차이는 계수에 포함시키는 직경에 대한 기준인데, B 규칙에서는 직경이  $3\mu\text{m}$  보다 작은 섬유만 계수하나 A 규칙은 직경에 상관없이 길이와 aspect ratio 기준만 충족하면 된다. 그러므로 유리장섬유의 경우 직경이 큰 섬유의 비율이 높기 때문에 A/B 비가 높게 나타난 것이다.

섬유종류별로 본 A/B는 유리섬유와 암면 섬유의 경우 A/B

## IV. 고 찰

Table 3. Ratios of fiber density by B rule to fiber density by A rule by factory, type of fibers and process

Type of fibers	Factory	Operation or Product	N	A/B ratio GM(GSD)
Glass wool	BS	Fiber/wool and pipe cover production	25	1.67 (1.37)
	HANI	Fiber, wool and pipe cover production	12	1.54 (1.34)
	KKSW	Board and pipe cover production	16	1.33 (1.37)
	DD	Insulation installation	9	1.35 (1.16)
Rock wool fiber	BSND	Fiber, wool and board production	31	1.54 (1.59)
	KKEY	Board production	24	1.79 (1.63)
	DD	Insulation installation	19	1.23 (1.13)*
Refractory ceramic fiber	SWKK	Fiber, blanket and board production	67	1.16 (1.32)
	KR	Fiber, blanke and block production	39	1.23 (1.25)
Continuous filament glass fiber	HKF	Fiber, mat and electronic base production	22	1.82 (1.51)
	DD	Sand blasting	5	1.56 (2.09)

GM: geometric mean; GSD: geometric standard deviation; \*:  $p<0.05$

비가 비슷한 값을 보여 이 두 섬유의 두께분포는 유사함을 알 수 있었다. 유리섬유와 암면섬유의 A 계수규칙에 의한 값이 B 규칙에 의한 값보다 약 50% 정도 많았고 세라믹 섬유의 경우 약 20% 정도 더 많았다. 이와 같은 결과로 보아 세라믹 섬유 시료는 유리섬유나 암면섬유보다 직경이 작은 섬유 비율이 높음을 알 수 있다. 한편, 유리장섬유 시료에는 3 μm 보다 큰 직경의 섬유가 많이 분포하고 있어 A/B 비가 약 1.8배로 크게 나왔다.

Breyse 등(1999)은 제품을 취급 또는 시공하는 근로자로부터 채취한 공기중 RCF의 경우 A 규칙에 의한 값이 B 규칙에 의한 값보다 33%, 결합체가 함유된 유리섬유 및 암면섬유의 경우 약 70%, 유리섬유(결합체 비함유)의 경우 약 8% 높게 나타났고 따라서 계수규칙에 따라 노출추정치에 영향을 주고 계수규칙이 다른 노출자료를 비교연구하는데 어려움이 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 세라믹 섬유의 A 규칙의 값이 B 규칙의 값에 비해 20% 높게 나와 Breyse 등(1999)이 보고한 결과와 비슷하였다. 그러나 Buchta 등(1998)은 7개의 공장에서 채취한 세라믹 섬유 시료를 A 및 B 규칙에 의해

분석한 섬유밀도간의 상관계수는 0.98로 두 규칙 간에는 밀접한 상관성이 있었으며 통계적으로 유의한 차이가 없기 때문에 두 계수 규칙에 의한 결과를 통합할 수 있다고 보고하였는데 본 연구결과를 포함한 다른 연구결과와 차이가 있었다.

이와 같이 두 계수규칙에 의한 결과간의 차이를 검증한 결과가 연구에 따라 차이가 있는 이유는 각 연구 대상 섬유의 크기, 특히 직경 분포가 다르기 때문인 것으로 판단된다. 공기중 섬유의 직경분포가 비교적 작아 호흡성 섬유가 뚜렷하게 구분되지 않고 대부분의 섬유가 호흡성 섬유에 해당하는 경우 두 계수 규칙에 의한 결과는 유의한 차이가 없게 나타날 것이다. 그러나 직경 분포가 커서 호흡성 섬유의 비율이 낮은 경우 두 계수 규칙에 의한 값 간에는 유의한 차이가 발생할 것이다.

현재 NIOSH(1994)에서는 석면은 A 규칙을 적용하여 계수하고 유리섬유와 같은 비석면 섬유는 B 규칙을 적용하도록 권고하고 있다. WHO(1988)에서도 MMMF에 대한 계수규칙을 제시하고 있지만 NIOSH의 계수규칙과 정확히 일치하지

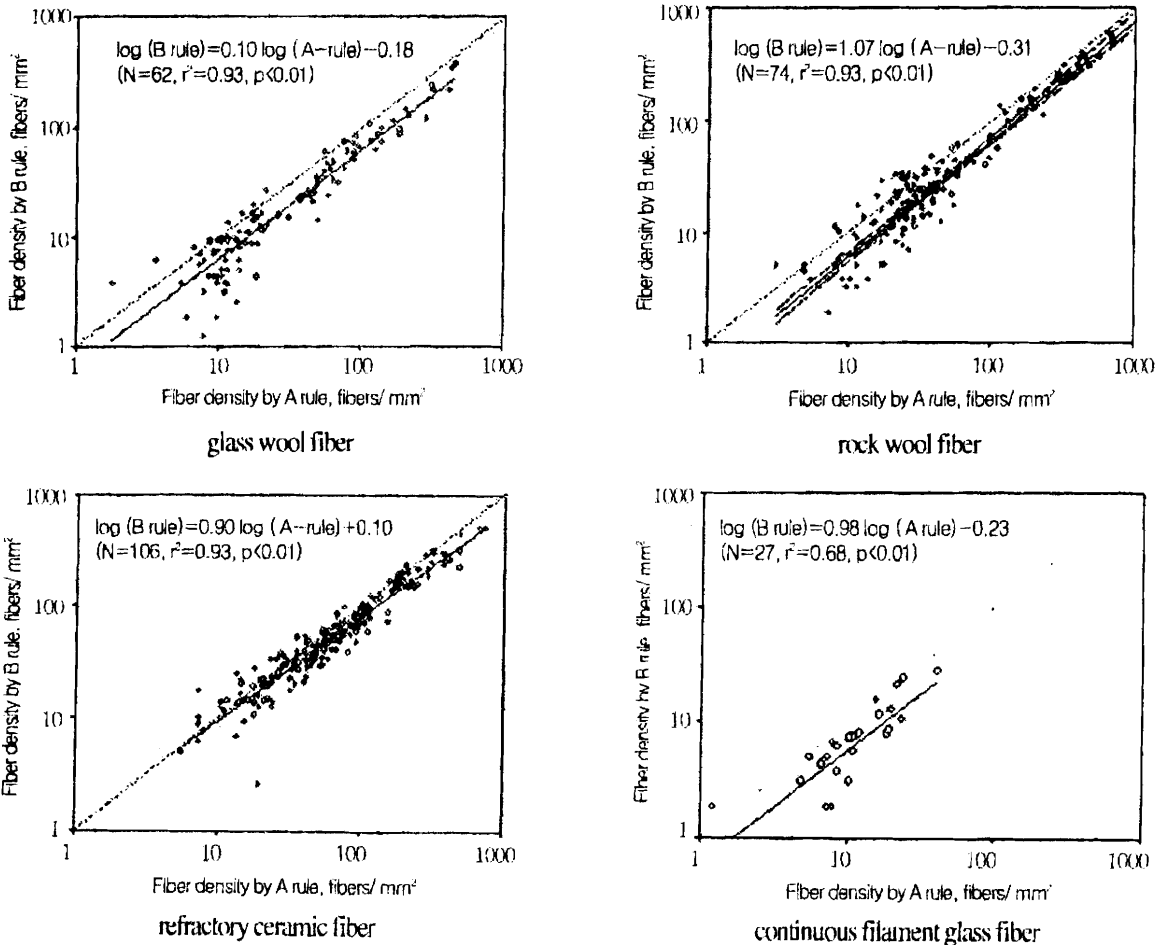


Fig. 1. Plot of fiber densities determined using A and B counting rules.

않는다. NIOSH(1994)에서는 이러한 계수규칙을 혼용하지 말고 어느 한 규칙만 적용하라고 권고하고 있다.

MMMF 종류, 제조업체 및 공정 등 여러 가지 요인에 따라 섬유 크기의 분포는 차이가 있을 수 있으므로 근로자의 섬유 노출력을 파악할 때 다른 계수규칙이 적용되었다면 정확한 폭로력의 변화를 파악하는데 문제가 뒤따른다. 그러므로 다른 규칙에 의해 산출된 결과를 통합하고자 하는 자료를 얻은 현장 시료를 대상으로 두 계수규칙간의 차이를 먼저 검증해 보아야 한다.

## V. 결론

본 연구는 인조광물섬유인 작업환경에서 채취한 공기중 유리섬유, 암면, 세라믹 및 유리장섬유를 대상으로 NIOSH 방법 7400 A 계수규칙과 B 계수규칙을 비교하기 위해 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. A 규칙과 B 규칙에 의한 섬유밀도 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). A 규칙에 의한 섬유밀도 값은 B 계수규칙에 의한 값보다 컸으며 RCF의 경우 1.2배, 유리면과 암면의 경우 1.5배, 유리장섬유의 경우 약 1.8배로 나왔다.

공기중 RCF 시료에는 직경이 비교적 작은( $\leq 3 \mu\text{m}$ ) 섬유가 많이 분포하나 유리장섬유 시료에는 직경이 비교적 큰( $> 3 \mu\text{m}$ ) 섬유가 많이 분포하고 있음을 알 수 있다.

2. 유리섬유, 세라믹 섬유, 유리장섬유의 경우 업체와 공정 간에 A/B 비는 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 그러나 보온재를 시공하는 업체의 A/B 비는 보온재를 생산하는 업체의 A/B 비와 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

3. 두 계수규칙에 의해 산출된 섬유밀도의 상관계수( $r$ )는 유리섬유, 암면, RCF의 경우 모두 0.96으로 높은 상관성을 보였으나 유리장섬유의 경우 0.82로 비교적 낮은 상관성을 보였다.

결론적으로 유리면, 암면 및 세라믹섬유 및 유리장섬유 관련 산업에서 발생된 공기중 섬유시료의 A 및 B 계수 규칙에 의한 값 간에는 유의한 차이가 있고 특히 유리장섬유의 경우 가장 차이가 크게 나왔다. 두 계수 규칙의 값 간에는 높은 상관성을 보이고 있으므로 본 연구에서 얻은 회귀식을 이용하여 서로 보정할 수 있을 것이다.

## REFERENCES

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): 2005 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological

- Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio, 2005
- Bender JR, Konzen JL, Devit GE. Occupational Exposure Toxic Properties, and Work Practice Guidelines for Fiber Glass. Fairfax, VA, AIHA, 1991.
- Bresysse PN, Lees PSJ, Rooney BC. Comparison of NIOSH Method 7400 A and B Counting Rules for Assessing Synthetic Vitreous Fiber Exposure. AIHAJ 1999;60:526-532
- Buchta TM, Rice CH, Lockey JE, Lemasters GK, Gartside PS. A Comparative Study of the National Institute for Occupational Safety and Health 7400 "A" and "B" Counting Rules Using Refractory Ceramic Fibers. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1998;13(1):58-61
- International Agency for Research on Cancer(IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans and their Supplements: Vol. 81 Man-Made Vitreous Fibers. 2002, available from: <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol81/81.html>.
- Kojola WH and Moran JB. Exposure Limits for Man-Made Mineral Fibers. Position of the Building and Construction Trades Department, AFL-CIO. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1992;7(1):724-733
- Lippman M: Man-Made Mineral Fibers(MMMF): Human Exposure and Health Risk Assessment. Toxicol. Ind. Health National 1990;6(2):225-246
- Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH): Method 7400: Asbestos and Other Fibers by PCM. In: NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th ed. DHHS(NIOSH) Pub. No. 94-113, NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1994.
- Smith DM, Ortiz LW, Archuleta RF, Johnson NF. Long-Term Health Effects in Hamsters and Rats Exposed Chronically to Man-Made Vitreous Fibres. Ann. Occup. Hyg. 1987;31:731-754
- Stanton MF, Layard M, Tegeris A. Carcinogenicity of Fibrous Glass: Pleural Response in the Rat in Relation to Fiber Dimension. J. Natl Cancer Inst. 1977;58: 587-603
- Wagner JC, Berry GB, Hill RJ. Animal Experiment with MMM(V)F - Effect of Inhalation and Intra Pleural Inoculation in Rats. In: Biological Effect of Man-Made Mineral Fibres, Vol. 2, pp. 209-233. Proceeding of a WHO/IARC Conference, April 20-22, 1982. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 1984.
- World Health Organization(WHO)/EURO Technical Committee for Monitoring and Evaluating Airborne MMMF: Reference Methods for Measuring Airborne Man-Made Mineral Fibers (MMMF). "NIOSH Research Report, WHO, Copenhagen, 1981.
- World Health Organization(WHO), International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 77: Man-Made Mineral Fibers. WHO, Geneva, Switzerland, 1988.