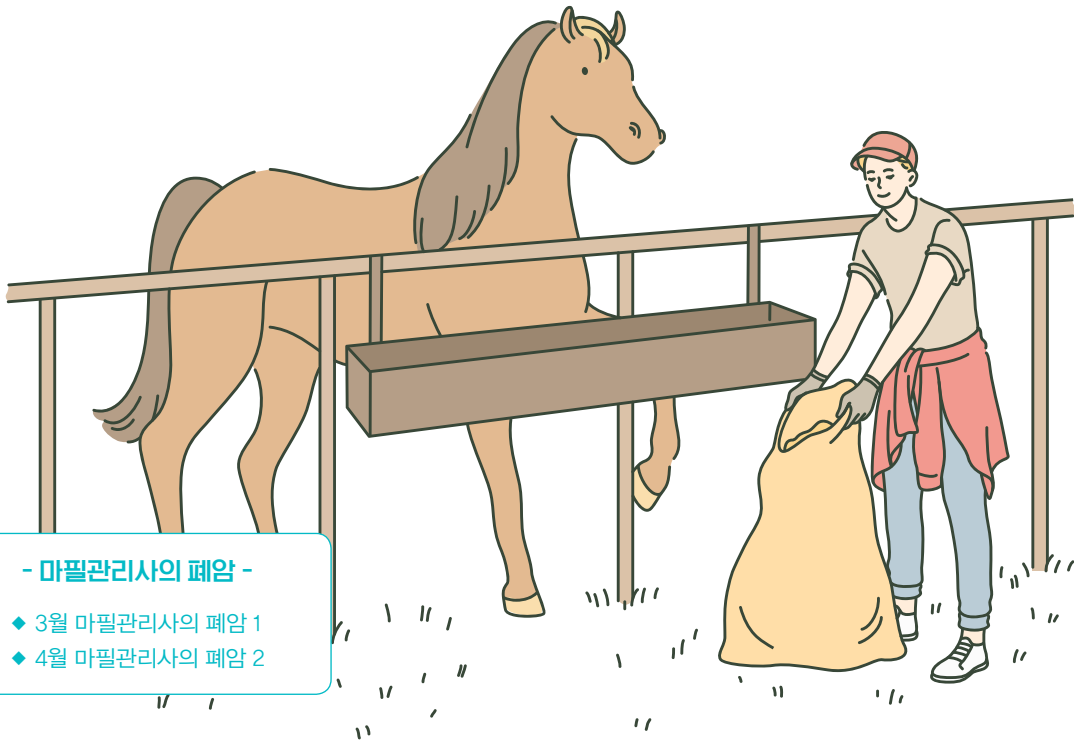


마필관리사의 폐암 (2)



- 마필관리사의 폐암 -

- ◆ 3월 마필관리사의 폐암 1
- ◆ 4월 마필관리사의 폐암 2



조기홍

대한산업보건협회
산업보건환경연구원
실장

협회 연구팀(조기홍 실장, 김현수 팀장, 임성국 선임과장, 최아름 과장)은 서울, 제주 경마장 마필관리사의 작업환경을 조사하기 위해 모래의 결정체 석영함량 분석, 모래의 입경(입도) 분석, 호흡성분진, 호흡성 결정체 석영, 총분진 노출평가를 실시하였다.

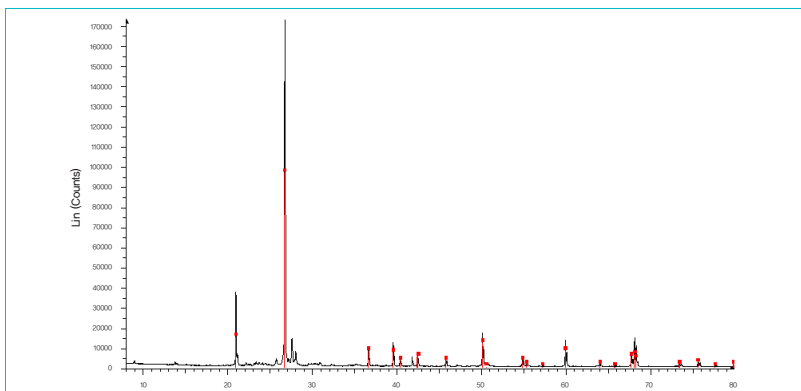
연구결과

1. 모래의 결정체 석영 함량을 조사

모래의 결정체 석영 함량을 조사하기 위하여 주로, 실내원형마장 및 실외원형마장에서 채취한 모래를 XRD(X-Ray Diffraction)를 이용하여 정성분석결과 결정체 석영 피크를 확인하였으며, 정량분석결과 결정체 성분 중 석영이 주성분이었고 그 외에 정장석, 조장석을 포함하고 있었다.



〈그림 1〉 XRD를 이용한 모래의 결정체 석영 파크



〈표 1〉 벌크(모래)의 결정체 성분 정량분석 결과

성분	%		
	주요	실내 원형마장	실외 원형마장
Quartz(SiO_2), 석영	79.9	73.4	78.8
Orthoclase(KAlSi_3O_8), 정장석	13.0	14.5	13.8
Albite($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), 조장석	7.1	12.1	7.4

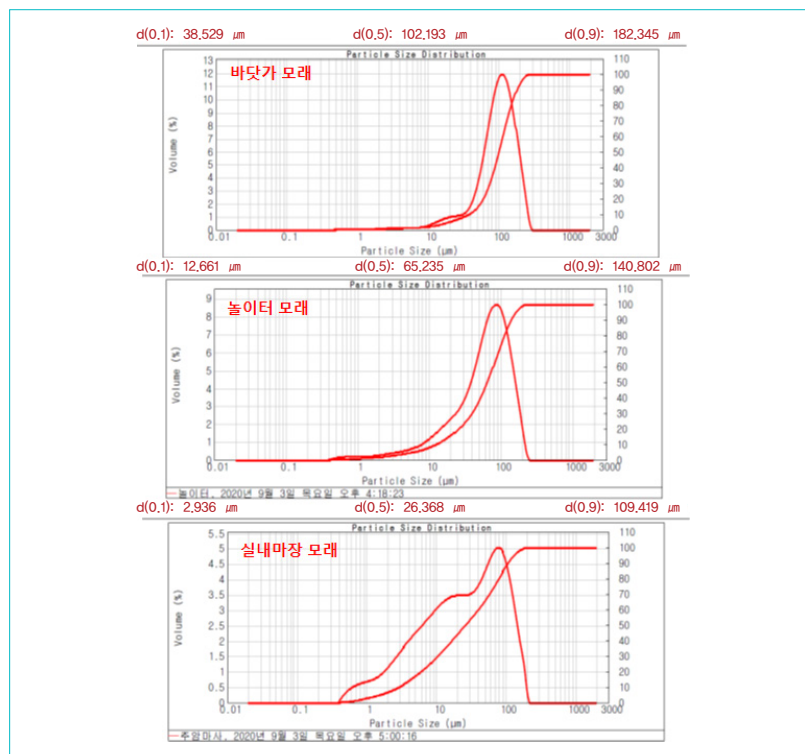
2. 일반 모래와 실내 마장의 입경 분포 비교

일반 모래와 실내 마장의 입경 분포를 비교하기 위하여 바닷가 모래, 놀이터 모래 그리고 실내마장 모래의 입경 분포를 비교하였다. 전체 입도 분포에서 90%에 해당하는 입자크기($d(0.9)$)가 바닷가 모래 182,345 μm , 놀이터 모래 140,802 μm , 실내마장 모래 109,419 μm 로 나타났다. 50%에 해당하는 입자크기($d(0.5)$)는 바닷가 모래 102,193 μm , 놀이터 모래 65,235 μm , 실내마장 모래 26,368 μm 이었으며 10%에 해



당하는 입자크기($d(0.1)$)는 바닷가 모래 $38.529\ \mu\text{m}$, 놀이터 모래 $12.661\ \mu\text{m}$, 실내마장 모래 $2.936\ \mu\text{m}$ 로 실내마장의 모래가 일반지역의 모래보다 작은 입자크기로 구성되어 있었다.

〈그림 2〉 장소별 모래 입경 비교



3. 호흡성 분진, 호흡성 결정체 석영, 총분진 노출 평가

호흡성 분진, 호흡성 결정체 석영, 총분진 노출 평가는 많은 제한점이 있었다. 첫째 코로나19로 인한 경마중단으로 코로나19 발생 이전에 비해 훈련량이 감소하였으며, 둘째 장마와 태풍의 영향으로 비가 내리는 상황에서 일부 측정이 이루어졌고, 셋째 우연의 일치인지 모르겠으나 측정 전날 마사회 측에서 분진발생을 줄이기 위한 살수 작업을 수행하여 정확한 분진노출의 실태를 파악하기가 어려웠다. 이에 연구진은 비가 내리지 않은 건조한 상태에서의 측정을 위해 토요일, 일요일에 추가로 측정을 실시하였다. 참고로 마필관리사의 근무일은 수요일~일요일이다.

제주 경마장 및 과천 경마장의 측정결과를 작업환경 특성별로 구분하여 호흡성 분진 농도, 호흡성 석영 농도, 총분진 농도를 비교하였다. 작업 특성은 마장의 살수 여부, 마장 종류, 경마장 지역, 마장이용시간-(말1두당 원형마장 이용시간 × 말두수)으로 저(100분 미만) 중(100~200분 미만) 고(200분 이상)으로 구분하여 비교하였다.

(1) 작업환경 특성별 호흡성 분진 농도 비교

작업환경 특성이 살수를 하지 않은 경우, 실내 마장, 과천 경마장 그리고 이용시간이 많을수록 호흡성 분진 농도가 높은 경향은 있으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

〈표 2〉 작업환경 특성별 호흡성 분진 농도 비교

단위: mg/m³

구분		N	AM±SD	GM(GSD)	Range	P-value
살수여부	살수	19	0.0871±0.0712	0.0665(2.1061)	ND~0.254	0.8066 †
	미살수	19	0.1534±0.1860	0.0648(4.7372)	ND~0.545	
원형마장 종류	실내	25	0.1237±0.1540	0.0620(3.5818)	ND~0.545	0.7807 †
	실외	13	0.0995±0.0632	0.0824(2.0365)	ND~0.188	
경마장	과천	20	0.1518±0.1695	0.0734(4.1871)	ND~0.545	0.2794 †
	제주	18	0.0695±0.0535	0.0556(2.0002)	ND~0.188	
이용시간*	저	4	0.1589±0.0418	0.1531(1.3050)	ND~0.188	0.1046 †
	중	15	0.1251±0.1492	0.0560(4.5069)	ND~0.501	
	고	5	0.2252±0.2238	0.1544(2.7279)	ND~0.545	

* 이용시간: 말1두당 원형마장 이용시간 × 말두수, 저: 100분 미만, 중: 100~200분 미만, 고: 200분 이상

† Mann-Whitney U test, ‡ Kruskal-Wallis H test

(2) 작업환경 특성별 호흡성 석영 농도 비교

호흡성 석영 농도의 경우도 작업환경 특성이 살수를 하지 않은 경우, 실내 마장, 과천 경마장 그리고 이용시간이 많을수록 농도가 높은 경향은 있으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

〈표 3〉 작업환경 특성별 호흡성 석영 농도 비교

단위: mg/m³

구분		N	AM±SD	GM(GSD)	Range	P-value
살수여부	살수	19	0.0032±0.0020	0.0028(1.6917)	ND~0.008	0.2622 †
	미살수	19	0.0052±0.0057	0.0036(2.4608)	ND~0.018	
원형마장 종류	실내	25	0.0043±0.0046	0.0032(2.0666)	ND~0.018	0.6155 †
	실외	13	0.0034±0.0022	0.0029(1.7518)	ND~0.008	
경마장	과천	20	0.0052±0.0057	0.0036(2.3120)	ND~0.018	0.5769 †
	제주	18	0.0032±0.0020	0.0028(1.6917)	ND~0.008	
이용시간*	저	4	—	—	ND	0.2829 †
	중	15	—	—	ND~LOD미만	
	고	5	0.00644±0.00642	0.0046(2.4608)	LOD미만~0.018	

* 이용시간 : 말두당 원형마장 이용시간 × 말두수, 저 : 100분 미만, 중 : 100~200분 미만, 고 : 200분 이상

† Mann-Whitney U test, ‡ Kruskal-Wallis H test

(3) 작업환경 특성별 총분진 농도 비교

총분진 농도는 살수작업을 실시한 경우 산술평균 및 표준편차가 0.2306±0.1105 mg/m³, 실시하지 않은 경우 1.3013±1.5151 mg/m³로 살수 작업을 하지 않은 경우가 높았으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

실내 마장의 총분진 농도는 1.1321±1.4411 mg/m³, 실외 마장은 0.2315±0.0505 mg/m³으로 실내 마장이 높았으며 통계학적으로 유의하였다(p<0.05). 과천 경마장의 총분진 농도는 1.1321±1.4411 mg/m³, 제주 경마장은 0.2315±0.0505 mg/m³으로 과천 경마장이 통계학적으로 유의하게 높았으며 과천 경마장은 모두 실내 마장에서 측정된 결과로 실외 마장이 포함된 제주 경마장 보다 높게 나타난 것으로 판단된다.

이용 시간에 따른 총분진 농도는 저(100분 미만) 0.2315±0.0505 mg/m³, 중(100~200분 미만) 0.4493±0.3105 mg/m³, 고(200분 이상) 3.6929±0.9671 mg/m³으로 이용 시간이 증가할수록 총분진 농도가 증가하였다(p<0.01).

이러한 연구결과를 바탕으로 마필관리사의 폐암을 예방하기 위한 개선방안을 제시하였다.

〈표 4〉 작업환경 특성별 총분진 농도 비교

단위: mg/m³

구분	N	AM±SD	GM(GSD)	Range	P-value
살수여부	살수	19	0.2306±0.1105	0.2079(1.7000)	ND~0.389
	미살수	19	1.3013±1.5151	0.7417(2.8544)	ND~4.443
원형마장 종류	실내	25	1.1321±1.4411	0.6006(3.0253)	ND~4.443
	실외	13	0.2315±0.0505	0.2287(1.2459)	ND~0.267
경마장	과천	20	1.1321±1.4411	0.6006(3.0253)	ND~4.443
	제주	18	0.2315±0.0505	0.2287(1.1723)	ND~0.267
이용시간*	저	4	0.2315±0.0505	0.2287(1.2459)	ND~0.267
	중	15	0.4493±0.3105	0.3732(1.8869)	0.094~1.395
	고	5	3.6929±0.9671	3.5775(1.3581)	ND~4.443

* 이용시간: 말두당 원형마장 이용시간 × 말두수, 저: 100분 미만, 중: 100~200분 미만, 고: 200분 이상

† Mann-Whitney U test, ‡ Kruskal-Wallis H test **p<0.05, ***p<0.01

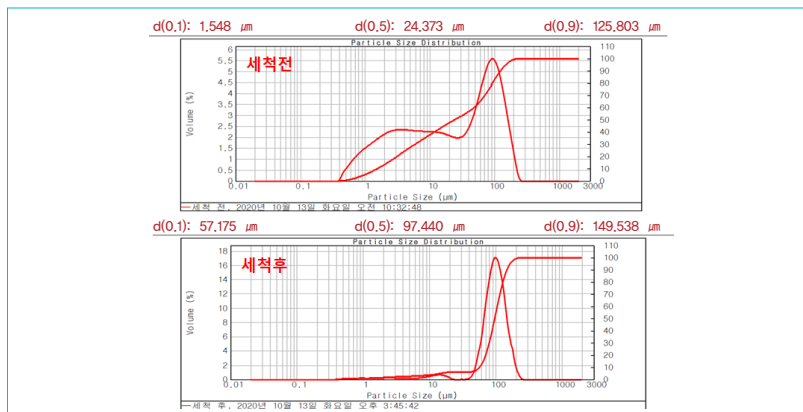
세척 후 미세한 입자가 제거되는 것을 확인하였다. 경주로 이외에 실내 마장이나 실외 연습장 등의 모래를 주기적으로 교체하여 분진의 노출을 최소화할 필요가 있다.

개선방안

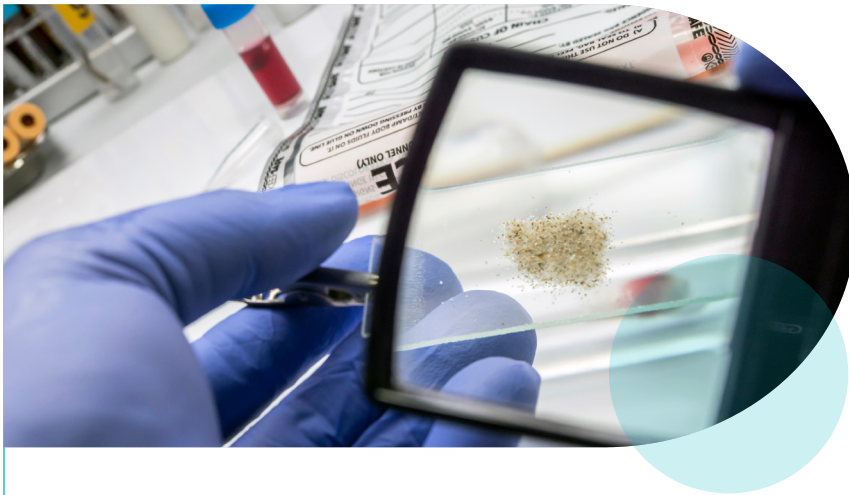
1. 주기적인 모래 세척 작업

모래의 세척 전·후의 미세입자 크기를 비교한 결과 전체 입도 분포에서 90%에 해당하는 입자크기(d(0.9))가 세척 전·후 각각 125,803 μm, 149,538 μm로 큰 차이가 없으나 전체 입도 분포에서 50%에 해당하는 입자크기(d(0.5))는 세척 전·후 각각 24,373 μm, 97,440 μm이었고 전체 입도 분포에서 10%에 해당하는 입자크기(d(0.1))는 세척 전·후 각각 1,548 μm, 57,175 μm으로 미세한 입자가 제거되는 것을 확인하였다. 따라서 경주로 이외에 실내 마장이나 실외 연습장 등의 모래를 주기적으로 교체하여 분진의 노출을 최소화할 필요가 있다.

〈그림 3〉 모래 세척 전후 입경분포



(분석장비: MASTERSIZER 2000, MALVERN사)



2. 살수시설 자동화 시스템 도입

살수 여부에 따라 총분진의 농도 차이가 있었고, 통계적으로 유의하지는 않지만 호흡성 분진의 경우에도 차이가 있어 살수에 의한 분진 저감은 효과가 있는 것으로 판단된다. 서울 경마장과 제주 경마장의 실내 마장에는 살수시스템이 설치되어 있으나 수동으로 밸브조작을 하고 있어 효율적인 관리를 하지 못하고 있었다. 따라서 살수시설 자동화 시스템을 도입한다면 효과적으로 분진 노출을 감소시킬 수 있다.

3. 실시간 측정기를 활용한 작업환경관리방안

비록 이번 연구에서는 모래분진의 농도가 낮은 수준이었지만 마필관리사의 인터뷰에서 평상시 건조한 날에는 모래분진이 많이 발생한다는 이야기가 가장 많았고 가장 심할 때는 입안에 모래가 씹힐 정도였다고 한다. 이러한 현장의 조건변화에 따라 공기 중으로 발생하는 먼지의 농도가 달라지는 특성을 고려하면 작업환경 측정제도를 활용한 공기 중 먼지농도 관리는 많은 한계를 가질 수밖에 없다. 따라서 이러한 한계를 극복하고 보다 적극적으로 먼지농도를 관리하기 위해서는 실시간으로 발생하는 먼지의 농도를 측정하여 관리의 필요성이 있다고 판단되는 지점에서 바로 개입하여 먼지 발생 수준을 저감 시키는 노력이 필요하다.

연구에서는 이를 위해 총분진과 호흡성 결정체 석영을 세트 측정 5개의 자료를 이용하여 회귀식을 구하였고 회귀식에 의해, 호흡성 석영 농도 0.05 mg/m³일 때 8.434 mg/m³, 0.025 mg/m³일 때 5.252 mg/m³로 산출되었고, 0.0125mg/m³일 때 3.662 mg/m³로 산출되었다.

〈표 5〉 호흡성 결정체 석영 노출기준에 따른 총분진 추정농도

구분	호흡성 결정체 석영 노출기준(mg/m³)	총분진 추정농도(mg/m³)	회귀식*
우리나라	0.05	8.434	$y=127.27x+2.0707$
ACGIH	0.025	5.252	
ACGIH/2**	0.0125	3.662	

*, y =총분진 농도(mg/m³), x =호흡성 결정체 석영 농도(mg/m³)

**, Action Level

본 연구를 통해 도출된 총분진에 대한 실시간 측정기를 활용하여 작업환경관리
에 필요한 관리기준은 호흡성 결정체 석영이 폐암발생 물질임을 감안하여 미국산
업위생전문가협회(ACGIH) 기준인 0.025mg/m³의 감시수준(action level) 농도인
0.0125 mg/m³로 유지될 수 있도록 3mg/m³로 설정할 것을 제안하였다.

이번 ‘마필관리사의 폐암발생 원인 및 개선방안 연구’가 마필관리사의 폐암예방
을 위한 작업환경 관리에 중요한 자료로 활용되기를 바라며, 더 이상 화려한 경주
뒤에 직업병으로 목숨을 잃거나 고통 받는 마필관리사가 없기를 간절히 바란다.
결승점을 향해 박진감 넘치게 질주하는 경주마처럼 마필관리사들도 폐암이란 직
업병을 박차고 건강한 삶을 누릴 수 있는 멋진 경마장을 꿈꿔본다. 🐾