

실내 공기 중 부유곰팡이 측정방법 -

2017

충돌법

(Determination of total concentration of airborne molds in indoor by the sampling method of impaction)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 공기 중에 존재하는 부유곰팡이(이하 곰팡이)를 충돌(impaction) 방식으로 배지에 직접 채취한 후 배양 후에 증식된 곰팡이의 집락(colony)수를 계수하여 채취한 공기의 단위 체적 당 집락 수 (CFU/m³)로 곰팡이의 공기중 농도를 측정하는 방법에 대해 규정한다.

1.2 적용범위

이 시험기준은 공기 중 곰팡이의 농도 측정을 위한 주 시험방법으로 사용된다.

2.0 용어정의

2.1 곰팡이(mold)

실처럼 길고 가는 모양의 균사(hypha)로 형성된 균사체(mycelium)와 포자(spore)로 증식, 번식하는 호기성 종속영양미생물로 유성과 무성생식의 방식 또는 생식기관의 구조에 따라 접합균류, 자낭균류, 담자균류, 불완전균류로 구분된다.

2.2 곰팡이 배지 (medium)

곰팡이의 증식 또는 생존에 필요한 영양성분(천연 또는 합성)이 함유된 액체, 반고체,

고체형태의 물질로 상업적으로 완성된 형태로 판매되는 완성배지와 상업용으로 판매되는 건조 제제로 조제한 후 멸균 처리하여 사용하는 조제배지 등이 있다.

2.3 집락 형성 단위 (CFU, colony forming unit)

배양 가능한 미생물(세균 또는 곰팡이)의 수를 나타내는 기준이 되는 단위

2.4 생존 활성 보존률 (biological preservation efficiency)

시료 채취하는 동안 공기 중 미생물(세균 또는 곰팡이)의 생존력을 유지하여 원래 상태로 시료를 채취할 수 있는 채취기의 능력

2.5 평판 접시 (petri dishes)

반고체 또는 고체 형태의 미생물 배양 배지를 담을 수 있는 직경 약 90 mm의 공기가 통하는 원형의 플라스틱 또는 유리로 된 멸균제품

3.0 분석기기 및 기구

3.1 충돌방식의 생물시료 채취기(bio air sampler)

진공펌프로 공기를 채취할 때 시료채취 헤드의 구멍을 통과한 공기 중의 부유입자가 관성에 의해 가속화되어 배양 배지와 충돌하여 분리·포집되는 원리를 이용하여 공기 중의 미생물(부유곰팡이 등)을 충돌 방식으로 포집하는 장치로 스탠드, 시료채취 헤드, 배지 거치대, 공기펌프, 유량계 등으로 구성되어 있다.

[주 1] 시중에 여러 종류의 충돌방식의 부유세균 채취기가 판매되고 있으며, 이 장비 중 부유곰팡이 채취 기준을 만족한 제품은 부유곰팡이 채취기로 사용할 수 있다.

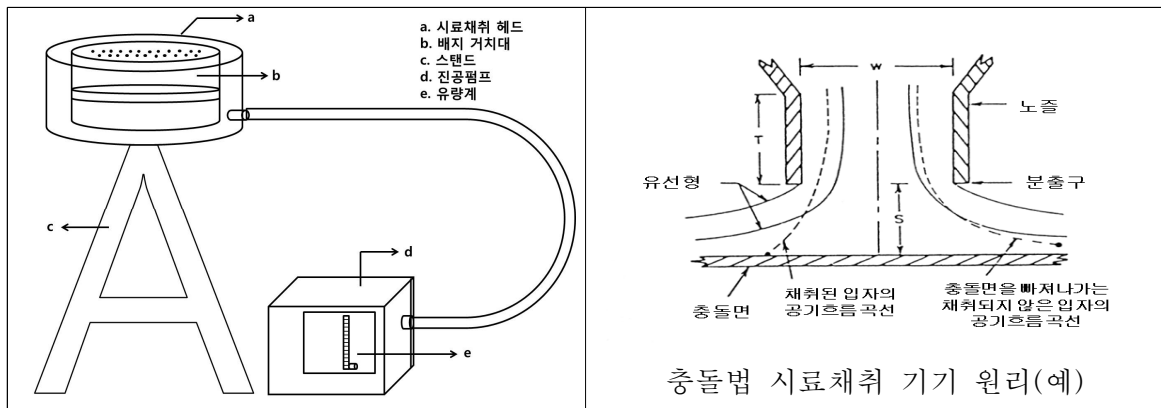


그림 1. 충돌방식의 부유곰팡이 시료채취기 구성도

3.1.1 스탠드

시료채취에 적합한 높이에 시료채취기 헤드를 고정하기 위한 장치

3.1.2 시료채취 헤드

공기시료가 시료채취기에 유입되는 부분으로 시료중의 부유 곰팡이 포자가 충분히 통과되고 각 개체별로 나누어 배지와 충돌될 수 있도록 충분한 구멍(200~400개)을 가지고 있어야 한다.

3.1.3 배지 거치대

곰팡이 배양용 배지를 장착하는 장치로 시료채취 헤드 아래쪽에 위치

3.1.4 진공펌프

공기를 흡입하는 장치로 시료를 채취하는 동안 유량 변동률은 10% 이하 또는 유속 변동률은 $\pm 2\%$ 이하의 성능을 가져야 하며, 최소 측정단위는 1 L/min 이하여야 한다.

3.1.5 유량계

유량계는 시료를 흡입할 때의 유량을 측정하기 위한 것으로 적산유량계 또는 순간유량계 및 질량 유량 제어장치(MFC, mass flow controller)를 사용할 수 있으며, 허용오

차는 5 % 이하여야 한다.

3.2 평판접시 (petri dishes)

지름 약 9 cm, 높이 약 1.5 cm의 유리제품이나 1회용 플라스틱 제품으로 멸균된 것을 사용한다.

3.3 배양기

배양기는 별도로 규정하지 않는 한, 진동이 없고 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 에서 안정하고 고른 온도 분포로 유지할 수 있는 장치

3.4 고압 증기 멸균기(autoclave)

고압 증기 멸균기는 미생물의 파괴라는 관점에서 최소한 $121 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 포화증기 온도를 얻을 수 있는 장치이다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 배지

4.1.1 부유곰팡이의 채취, 배양 및 증식에는 맥아추출물 한천배지(MEA, malt-extract agar), 감자덱스트로오스(potato dextrose agar) 한천배지 등을 사용한다.

4.1.2 상업용 건조 제제로 준비한 배지의 경우 가급적 상용화된 제품을 사용하는 것이 오염관리 측면에서 유리하며, 배지를 조제하여 사용할 경우 제품의 설명서에 따라 필요한 양만큼 소량 제조한 후 사용하여야 한다.

[주 2] 곰팡이 집락을 계수할 때 시료에 세균이 고농도로 존재하면 혼란을 유발할 수 있기 때문에 배지를 조제할 때 세균의 성장을 억제하기 위해 항생제를 첨가하여 사용하여야 한다. 일반적으로 그람양성균과 음성균을 모두 억제할 수 있는 암피실린(ampicillin) 0.1 g 또는 클로람페니콜(chloramphenicol), 스테로토마이신(streptomycin)을

배지 1 L당 0.05 g 첨가한다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 시료채취 지점 선정 및 방법

5.1.1 시료채취 지점 선정

5.1.1.1 조사대상 공간 중 시료채취 지점 선정을 위해 측정대상 시설의 도면과 거주 현황 등을 검토·기록한 후 사람이 가장 많이 체류하는 공간(주택의 경우 방 또는 거실)에서 1 지점을 선정 한다.

[주 3] 다중이용시설 및 신축공동 주택의 경우 실내공기 오염물질 시료채취 및 평가방법 (ES 02130.a)에 따라 시료채취 지점의 선정 및 채취 지점수를 결정한다.

5.1.1.2 선정된 조사지점의 중앙부에 시료채취기를 설치하되 시료채취기는 가능한 한 내부 벽에서 1 m 이상, 바닥면으로부터 약 0.75 ~ 1.5 m 높이에 설치한다.

5.1.2 시료채취량

5.1.2.1 공기시료채취 유속은 기기회사에서 제시하는 값을 따르되 공기시료 채취량은 배양 후 적절한 수의 집락이 형성될 수 있도록 조사지점의 곰팡이 농도수준에 따라 다르게 선택할 수 있으며, 일반적인 환경의 경우 채취량은 약 50~200 L 정도가 적당하다.

[주 4] 침수 또는 누수·결로 등 습기 피해로 인해 곰팡이 오염이 예상되는 장소, 습도가 매우 높은 계절에 시료 채취를 하는 경우 채취량을 줄여 채취할 수 있으나 채취량이 너무 적을(50 L 미만) 경우 미가용 부피(dead volume)로 인해 채취된 공기 부피에 오차가 발생할 수 있다.

[주 5] 조사지점의 곰팡이 농도가 낮을 것으로 판단되는 지점은 시료 채취량을 늘릴 수 있으나 여러 개의 곰팡이가 하나의 홀에 채취되어 실제 농도보다 낮게 평가될 수 있으므로 500 L 이상은 채취하지 않는 것이 좋다.

5.1.3 시료채취 방법

5.1.3.1 5.1.1에 따라 선정된 조사지점에 시료 채취 장치를 설치한다.

5.1.3.2 시료 채취기 헤드와 내부를 70% 에탄올 또는 소독제로 적신 솜이나 기타 적합한 재질의 것으로 소독한 후 수분을 완전히 제거한다.

5.1.3.3 배지가 담긴 평판접시 뚜껑에 시험 정보(날짜, 시험 장소, 코드 등)를 기록한다.

[주 6] 배지는 물기가 생기지 않게 주의 하여 관리하여야 하며, 시료 채취 전에 현장 온도와 평형화를 시켜 사용하는 것이 좋다.

5.1.3.4 시료채취기의 시료채취 헤드를 제거한 후 즉시 배지가 담긴 평판 접시의 뚜껑을 제거한 후 신속하게 올려놓은 후 시료채취 헤드를 재결합한다.

5.1.3.5 시작 버튼을 눌러 공기 중의 부유곰팡이와 배지를 충돌할 수 있도록 정해진 시간 또는 유량의 시료를 흡입한다.

5.1.3.6 시료채취가 완료되면 시료채취 헤드를 제거하여 채집된 평판배지를 회수한 후 파라필름으로 밀봉한다. 시료채취 과정에서 측정에 영향을 미칠 수 있는 사항을 시료채취 일지에 기록한다.

[주 7] 시료채취 일지에는 측정대상 공간, 채취지점 위치(가능하면 도면에 표기), 시료채취 장치, 시료채취 일시 및 시간, 시료채취량, 기온 및 상대습도, 채취 높이, 부착곰팡이 발생유무 및 정도, 채취 시 활동양상(조리, 환기상태 등)등 측정농도 해석에 필요한 자료가 기록되어야 한다.

5.1.3.7 1차 시료채취를 완료한 후 20 간격으로 5.1.3.2에서 5.1.3.6의 과정을 2회 반복하여 2차, 3차 시료를 채취한다.

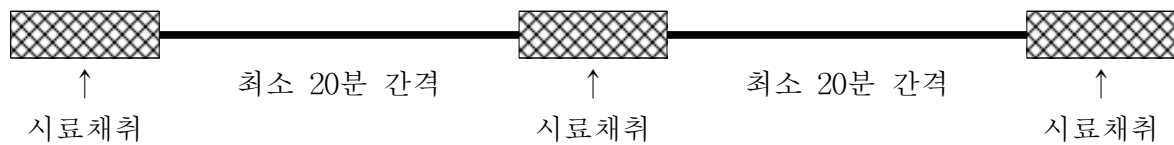


그림 2. 실내 부유곰팡이 채취 방법

5.2 이동 및 보관

5.2.1 밀봉한 시료는 직사광선을 피해 냉장온도(10°C 이하)에서 보관·운반하며 이때 온도 차이로 인해 물기가 생기지 않게 주의한다.

5.2.2 운송하는 동안 평판접시의 시료채취 면이 위쪽을 향하도록 하여 폐쇄 용기에 담아 운송한다.

5.2.3 운송과정 동안 배양 온도인 (25 ± 3) $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하지 않도록 하여야 하며 시료 채취 종료 후 24시간 이내에 시료를 처리하여야 하며 48시간이 경과한 시료는 폐기하여야 한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 현장 바탕시료(field blank)

6.1.1 시료 채취 및 운반·보관 과정에서의 배지의 오염여부를 확인하기 위하여 시료 채취에 사용한 배자와 동등한 배지를 개봉하지 않고 시료채취 과정을 거친 후 현장바탕 시료로 한다.

6.1.2 현장바탕시료는 전체 시료수의 10% 이상(최소 2개 이상)에 대해 실시하며, 배양 후 2개 이상의 집락이 확인되면 시료 채취 과정에 오차가 있다는 것을 의미한다.

6.1.3 현장바탕시료 결과로 시료 측정결과를 보정하지는 않으나 분석결과 산출시 주의하여 해석하여야 한다.

6.2 배양기 사용 주의사항

6.2.1 배양기의 벽면은 직사광선으로부터 보호되어야 한다. 어떤 형식(강제 대류식 또는 기타)의 배양기를 사용하더라도 배지는 온도 평형을 이루는 데 장시간이 필요하므로 배양기는 한 번의 단일 작업 시 가능한 한 가득 채우지 않아야 한다.

6.2.2 배양기에 페트리 접시나 시험관을 넣을 경우, 이들은 배양기의 내벽에서 25 mm 이내에 위치하지 않아야 하며 공기 순환에 주의를 기울여야 한다. 페트리 접시는 6개를 초과하여 적층하여서는 안 되며, 최소한 25 mm는 띄어 놓아야 한다.

7.0 분석절차

7.1 배양

7.1.1 시료를 채취한 평판접시는 접시의 뚜껑이 위쪽을 향하도록 하여 배양기에 넣어 배양한다.

7.1.2 시료를 채취한 배지는 25 ± 1 °C 에서 최소 5일 동안 배양하며 최대 7일을 초과하지 않아야 한다. 배양 과정에서 진동에 의한 포자 확산으로 인한 2차 집락이 형성되지 않도록 주의하여야 한다.

7.2 계수

7.2.1 배양 중에 포자 확산으로 인한 2차 집락의 형성 및 집락의 겹침 현상 등으로 인해 계수가 곤란할 수 있으므로 배양 후 2~3일 후에 증식 상태 및 집락 수를 계수하여 기록한 다음 일정 주기(24시간 간격)로 최소 배양 5일, 최대 7일째까지 집락수를 세어 놓는다. 집락수 계수는 육안 또는 콜로니 카운터를 사용하며 2회 반복하여 동일한 수가 나오는지 확인한다.

7.2.2 배양 후에 생성된 집락은 계수에 혼란을 없도록 적절한 집락수를 가져야하며, 만약 배양 후 평판접시에 과도한 집락이 형성된 경우 채취유량을 줄여 시료를 다시 채취하여 재시험하여야 한다.

[주 8] 90 mm의 표준 평판접시 사용할 때 계수에 적절한 집락의 수는 동정 및 정량 분석의 경우 20 ~ 40 개이며, 정량분석은 약 100개 이내가 좋다.

7.2.3 시료채취 지점에서 채취한 평판접시가 여러 개일 경우, 각 평판접시에서 생성된 집락수를 계수한 후 평균집락수를 구하여 측정 대상 실내공간의 부유곰팡이 농도로 취급 한다.

7.3 집락수의 보정

7.3.1 충돌 방식의 장비로 공기 중의 부유곰팡이를 채취할 때 시료중의 부유곰팡이가 100개를 초과할 경우, 채취 과정에서 부유곰팡이가 충돌 등으로 인해 구멍에 적게 포집되는 현상에 의해 저평가 될수 있기 때문에 통계적 기법을 이용하여 시료 중의 부유곰팡이의 농도를 보정하여야 한다.

7.3.2 보정은 시료채취기 제조업체에서 장비의 특성을 반영하여 제공하는 집락계수 환산표 (positive hole conversion table)를 사용하여 계수한 부유곰팡이의 집락수를 보정하고 보정된 집락수를 이용하여 공기 중 농도를 계산한다.

8.0 결과보고

8.1 농도계산

8.1.1 시료채취 유량은 시료채취 기간의 평균유량으로 한다.

$$Q_{ave} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (\text{식 1})$$

여기서, Q_{ave} : 시료채취기간의 평균유량(L/min)

Q_1 : 시료채취 시작 시의 유량(L/min)

Q_2 : 시료채취 종료 시의 유량(L/min)

8.1.2 채취한 공기의 총 부피는 식 2에 따라 계산한다.

$$V = \frac{Q_{ave} \times T}{10^3} \quad (\text{식 } 2)$$

여기서, V : 채취한 공기의 총부피(m^3)

Q_{ave} : 시료채취기간의 평균유량(L/min)

T : 시료채취시간(min)

8.1.3 채취한 공기는 식 3에 따라 25 °C, 1기압 조건으로 보정하여 환산한다.

$$V_{(25^\circ\text{C}, 1\text{atm})} = V \times \frac{T_{(25^\circ\text{C})}}{T_2} \times \frac{P_2}{P_{(1\text{atm})}} \quad (\text{식 } 3)$$

여기서, $V_{(25^\circ\text{C}, 1\text{atm})}$: 25 °C, 1기압일 때 기체의 부피(m^3)

$T_{(25^\circ\text{C})}$: 25 °C의 절대온도($^\circ\text{K}$), ($298 \text{ }^\circ\text{K} = 273+25 \text{ }^\circ\text{C}$)

$P_{(1\text{atm})}$: 1기압(atm)

V : 실제로 채취한 기체의 부피(m^3)

T_2 : 기체를 채취할 때의 절대온도($^\circ\text{K}$), ($^\circ\text{K}=273+^\circ\text{C}$)

P_2 : 기체를 채취할 때의 기압(atm)

8.1.4 부유곰팡이의 농도 계산(CFU/m^3)

실내 공기 중 부유곰팡이의 농도는 식 4에 따라 계산한다.

$$C = \frac{CFU}{V_{(25^\circ\text{C}, 1\text{atm})}} \quad (\text{식 } 4)$$

여기서, C : 실내 공기 중 부유곰팡이의 농도(CFU/m^3)

CFU : 계수된 집락 수 또는 보정된 집락 수

$V_{(25^\circ\text{C}, 1\text{atm})}$: 환산된 채취공기량(m^3)

8.2 결과의 표시

시험결과는 정수로 표기한다.

9.0 참고자료

9.1 KS P 6111, “세균 배양기”, 한국표준협회, 산업표준심의회 의료기부회, 서울, (2006)

9.2 KS I ISO 16000-1, “실내공기 제 1부 : 샘플링 전략의 일반적 측면”, 한국표준협회, 산업표준심의회 환경부회, 서울, (2004)

9.3 KS J ISO 11133-1, “식물 및 동물 사료의 미생물학-배지의 준비 및 생산에 관한 지침-제1부 : 실험실에서의 배지 준비를 위한 품질보증에 대한 일반 지침”, 산업표준심의회 식료품부회, 서울, (2007)

9.4 KS I ISO 16000-17, “실내공기 제 17부 : 곰팡이 검출 및 계수-배양을 이용한 방법”, 한국표준협회, 산업표준심의회 환경부회, 서울, (2012)

9.5 KS I ISO 16000-18, “실내공기 제 18부 : 곰팡이 검출 및 계수-충돌에 의한 시료 채취”, 한국표준협회, 산업표준심의회 환경부회, 서울, (2013)

9.6 KS I ISO 16000-19, “실내공기 제 19부 : 곰팡이 채취 방법”, 한국표준협회, 산업표준심의회 환경부회, 서울, (2014)

9.7 KS B ISO 8573-7, “압축공기-제 7부 : 생육 가능한 미생물 오염 물질 함량의 시험 방법”, 산업표준심의회 일반산업기계부회(2005)

9.8 KS Q ISO 9001, “품질경영시스템 - 요구사항”, 산업표준심의회 사회·경영시스템 기술심의회, 서울, (2007)

9.9 KS J ISO 7218, “식품 및 동물사료의 미생물학-미생물시험 일반원칙”, 산업표준심의회 식료품부회, 서울, (2007)

9.10 ASTM E 884-82, “Standard Practice for Sampling Airborne Microorganisms at Municipal Solid Waste Processing Facilities”, American Society for Testing Materials International, West conshohocken, PA19428-2959, United States, (2006)

9.11 Tisch Environmental, Inc, “Cascade Impactor Series 10-8XX Viable (Microbial) Particle Sizing Instruments”, (1998)

9.12 발효배지의 오염 테스트 공정, 제6조 작업방법 및 실시절차, 한국생물공학회
<http://www.ksbb.or.kr/home/kor/sop/test.asp>

10.0 부록

10.1 부유곰팡이 채취 및 배양용 고상배지

10.1.1 맥아추출물 한천배지 (malt-extract agar)

맥아추출물 한천배지는 DG18 배지보다 넓은 범위의 건성곰팡이를 검출하기에 적합한 배지로 조제하여 분주한 배지는 암소, 5 ± 3 °C에서 1개월간 보관 가능하다. 항생제가 첨가된 배지는 제조 후 암소, 5 ± 3 °C에서 보관해야 하며 제조 후 2주 이내에 사용해야 한다.

[주 9] 다양한 종류의 맥아추출물 한천배지가 판매되고 있기 때문에 표 2의 조성을 만족하는 제품을 선택하여야 함

[주 10] 공기 시료에 고농도의 세균이 존재할 경우, 암피실린 0.1 g/L 또는 클로람페니콜(chloramphenicol) 약 0.05 g/L을 살균된 배지를 페트리접시에 분주하기 바로 전에 첨가한다.

10.1.1.1 맥아추출물 한천배지의 조성

표 4. 부유곰팡이용 배지(malt extract agar) 조성(예)

성분	조성
맥아 추출물(Malt-extract)	30.0 g
콩에서 얻은 펩톤(Peptone from soy)	3.0 g
한천(Agar)	15.0 g
물(Water)	1,000 mL

10.1.1.2 조제방법

정제수 약 800 mL에 표 2에 따라 각 성분들을 정해진 양 취해 교반기에서 1분 이상 교반하여 완전히 녹인다. 용해 후 정제수를 부어 최종 1 000 mL를 만든다. 고압멸균기를 사용 121±3 °C, 15±1분 동안 멸균한다. 멸균이 끝난 배지는 자외선램프를 켜둔 클린벤치로 옮겨 60 ~ 70 °C로 식힌다. 식힌 배지가 담긴 플라스틱 입구를 화염버너(알콜 램프)로 멸균하며 페트리 접시에 약 20 mL씩 부은 후 응고시킨다.

10.1.2 감자 한천배지 (potato dextrose agar)

감자 한천배지는 넓은 범위의 건성곰팡이를 검출하기에 적합한 배지로 조제하여 분주한 배지는 암소, 5±3 °C에서 1개월간 보관 가능하다. 항생제가 첨가된 배지는 제조 후 암소, 5±3 °C에서 보관해야 하며 제조 후 2주 이내에 사용해야 한다.

10.1.2.1 감자 한천배지의 조성

표 5. 부유곰팡이용 배지(Potato Dextrose Agar) 조성의 예

성 분	조 성
감자 추출물(Potato extract)	4.0 g
포도당(Glucose)	20.0 g
한천(Agar)	15.0 g
물(Water)	1,000 mL

10.1.2.2 감자 한천배지 조제방법

정제수 약 800 mL에 표 3에 따라 각 성분들을 정해진 양 취해 끓여서 용해시킨 후 정제수를 부어 최종 1,000 mL로 한다. 고압멸균기를 사용 121 ± 3 °C, 15 ± 1분 동안 멸균한다. 멸균 후, pH는 25 °C에서 5.6 ± 0.2에 해당해야 한다. 멸균이 끝난 배지는 자외선램프를 켜둔 클린벤치로 옮겨 60 ~ 70°C로 식힌다. 식힌 배지가 담긴 플라스틱 입구를 화염버너(알콜 램프)로 멸균하며 페트리 접시에 약 20 mL씩 부은 후 응고시킨다.

[주 11] 공기 시료에 고농도의 세균이 존재할 경우, 암피실린 0.1 g/L 또는 클로람페니콜(chloramphenicol) 약 0.05 g/L을 살균된 배지를 페트리접시에 분주하기 바로 전에 첨가한다.

10.2 총돌방식 시료채취기의 집락계수 환산표(예시)

10.2.1 Anderson 샘플러(400 holes)

r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
1	1	51	55	101	116	151	190	201	279	251	395	301	559	351	840
2	2	52	56	102	118	152	191	202	281	252	398	302	563	352	848
3	3	53	57	103	119	153	193	203	283	253	400	303	567	353	857
4	4	54	58	104	120	154	194	204	285	254	403	304	571	354	865
5	5	55	59	105	122	155	196	205	287	255	406	305	575	355	874
6	6	56	60	106	123	156	198	206	289	256	409	306	579	356	883
7	7	57	61	107	124	157	199	207	292	257	411	307	584	357	892
8	8	58	63	108	126	158	201	208	294	258	414	308	588	358	902
9	9	59	64	109	127	159	203	209	296	259	417	309	592	359	911
10	10	60	65	110	128	160	204	210	298	260	420	310	597	360	921
11	11	61	66	111	130	161	206	211	300	261	423	311	601	361	931
12	12	62	67	112	131	162	208	212	302	262	426	312	606	362	942
13	13	63	69	113	133	163	209	213	304	263	429	313	610	363	952
14	14	64	70	114	134	164	211	214	306	264	432	314	615	364	963
15	15	65	71	115	136	165	213	215	308	265	434	315	620	365	974
16	16	66	72	116	137	166	214	216	311	266	437	316	624	366	986
17	17	67	73	117	138	167	216	217	313	267	440	317	629	367	998
18	18	68	75	118	140	168	218	218	315	268	443	318	634	368	1010
19	19	69	76	119	141	169	220	219	317	269	447	319	639	369	1023
20	21	70	77	120	143	170	221	220	319	270	450	320	644	370	1036
21	22	71	78	121	144	171	223	221	322	271	453	321	649	371	1050
22	23	72	79	122	146	172	225	222	324	272	456	322	654	382	1064
23	24	73	81	123	147	173	227	223	326	273	459	323	659	373	1078
24	25	74	82	124	148	174	228	224	328	274	462	324	664	374	1093
25	26	75	83	125	150	175	230	225	331	275	465	325	670	375	1109
26	27	76	84	126	151	176	232	226	333	276	468	326	675	376	1123
27	28	77	86	127	153	177	234	227	335	277	472	327	680	377	1142
28	29	78	87	128	154	178	236	228	338	278	475	328	686	378	1160
29	30	79	88	129	156	179	237	229	340	279	478	329	692	379	1179
30	31	80	89	130	157	180	239	230	342	280	482	330	697	380	1198
31	32	81	91	131	159	181	241	231	345	281	485	331	703	381	1219

r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
40	42	90	102	140	172	190	258	240	367	290	516	340	759	390	1476
32	33	82	92	132	160	182	243	232	347	282	488	332	709	382	1241
33	34	83	93	133	162	183	245	233	349	283	492	333	715	383	1263
34	36	84	94	134	163	184	246	234	352	284	495	334	721	384	1288
35	37	85	96	135	165	185	248	235	354	285	499	335	727	385	1314
36	38	86	97	136	166	186	250	236	357	286	502	336	733	386	1341
37	39	87	98	137	168	187	252	237	359	287	505	337	739	387	1371
38	40	88	99	138	169	188	254	238	362	288	508	338	746	388	1403
39	41	89	101	139	171	189	256	239	364	289	513	339	752	389	1438
41	43	91	103	141	174	191	260	241	369	291	520	341	765	391	1518
42	44	92	105	142	175	192	262	242	372	292	524	342	772	392	1565
43	45	93	106	143	177	193	263	243	374	293	527	343	779	393	1619
44	47	94	107	144	179	194	265	244	377	294	531	344	786	394	1681
45	48	95	108	145	180	195	267	245	379	295	535	345	793	395	1754
46	49	96	110	146	182	196	269	246	382	296	539	346	801	396	1844
47	50	97	111	147	183	197	271	247	384	297	543	347	808	397	1961
48	51	98	112	148	185	198	273	248	387	298	547	348	816	398	2127
49	52	99	114	149	186	199	275	249	390	299	551	349	824	399	2427
50	53	100	115	150	188	200	277	250	392	300	555	350	832	400	-

(1) All holes must be clean and open

(2) Indicates quantitative limits of state (approx 2628 particles) is exceeded

(3) r=Number of colony forming units counts on 90 mm Petridish, Pr=Probable statistical total

(4) This table is based upon the principles that as the number of viable particles being impinged on a given plate increases, the probability of the next particle going into an "empty hole" decrease.

(5) The values in the table are calculated from the basic formula (Feller, 1950)

$$\text{Pr} = N \left[\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \cdots + \frac{1}{N-r+1} \right] \quad (\text{식 } 3)$$

[Andersen viable samplers(USA), 400 holes]

10.2.2 MAS 100 샘플러(300 holes)

r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
1	1	51	56	101	123	151	209	201	332	251	541
2	2	52	57	102	124	152	211	202	335	252	547
3	3	53	58	103	126	153	213	203	338	253	553
4	4	54	59	104	127	154	216	204	341	254	560
5	5	55	61	105	129	155	218	205	344	255	566
6	6	56	62	106	131	156	220	206	347	256	573
7	7	57	63	107	132	157	222	207	350	257	580
8	8	58	64	108	134	158	224	208	353	258	587
9	9	59	66	109	135	159	226	209	357	259	594
10	10	60	67	110	137	160	228	210	360	260	601
11	11	61	68	111	138	161	230	211	363	261	609
12	12	62	69	112	140	162	232	212	367	262	616
13	13	63	71	113	142	163	235	213	370	263	624
14	14	64	72	114	143	164	237	214	374	264	632
15	15	65	73	115	145	165	239	215	377	265	641
16	16	66	74	116	146	166	241	216	381	266	649
17	17	67	76	117	148	167	243	217	384	267	658
18	19	68	77	118	150	168	246	218	388	268	667
19	20	69	78	119	151	169	248	219	391	269	677
20	21	70	80	120	153	170	250	220	395	270	686
21	22	71	81	121	155	171	253	221	399	271	696
22	23	72	82	122	156	172	255	222	403	272	707
23	24	73	83	123	158	173	257	223	407	273	717
24	25	74	85	124	160	174	260	224	410	274	728
25	26	75	86	125	161	175	262	225	414	275	740
26	27	76	87	126	163	176	264	226	418	276	752
27	28	77	89	127	165	177	267	227	422	277	765
28	29	78	90	128	167	178	269	228	427	278	778
29	30	79	92	129	168	179	272	229	431	279	791
30	32	80	93	130	170	180	274	230	435	280	805
31	33	81	94	131	172	181	277	231	439	281	820
32	34	82	96	132	174	182	279	232	444	282	836
33	35	83	97	133	175	183	282	233	448	283	853
34	36	84	98	134	177	184	284	234	452	284	871
35	37	85	100	135	179	185	287	235	457	285	889
36	38	86	101	136	181	186	289	236	462	286	909
37	39	87	103	137	183	187	292	237	466	287	931
38	41	88	104	138	184	188	295	238	471	288	954
39	42	89	105	139	186	189	297	239	476	289	979
40	43	90	107	140	188	190	300	240	481	290	1003
41	44	91	108	141	190	191	303	241	486	291	1036
42	45	92	110	142	192	192	306	242	491	292	1069
43	46	93	111	143	194	193	308	243	496	293	1107
44	47	94	113	144	196	194	311	244	501	294	1150
45	49	95	114	145	198	195	314	245	507	295	1200
46	50	96	115	146	200	196	317	246	512	296	1260
47	51	97	117	147	202	197	320	247	518	297	1335
48	52	98	118	148	203	198	323	248	523	298	1435
49	53	99	120	149	205	199	326	249	529	299	1585
50	55	100	121	150	207	200	329	250	535	300	1885

10.2.3 MAS 100 샘플러(400 holes)

r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
1	1	51	54	101	116	151	189	201	279	251	394	301	557	351	836
2	2	52	56	102	118	152	191	202	281	252	397	302	561	352	844
3	3	53	57	103	119	153	193	203	283	253	400	303	565	353	853
4	4	54	58	104	120	154	194	204	285	254	402	304	569	354	861
5	5	55	59	105	122	155	196	205	287	255	405	305	573	355	870
6	6	56	60	106	123	156	197	206	289	256	408	306	578	356	879
7	7	57	61	107	124	157	199	207	291	257	411	307	582	357	888
8	8	58	63	108	126	158	201	208	293	258	413	308	586	358	897
9	9	59	64	109	127	159	202	209	295	259	416	309	591	359	907
10	10	60	65	110	128	160	204	210	297	260	419	310	595	360	917
11	11	61	66	111	130	161	206	211	299	261	422	311	599	361	927
12	12	62	67	112	131	162	207	212	301	262	425	312	604	362	937
13	13	63	68	113	133	163	209	213	304	263	428	313	608	363	947
14	14	64	70	114	134	164	211	214	306	264	431	314	613	364	958
15	15	65	74	115	135	165	212	215	308	265	433	315	618	365	969
16	16	66	75	116	137	166	214	216	310	266	436	316	622	366	981
17	17	67	73	117	138	167	216	217	312	267	439	317	627	367	992
18	18	68	74	118	140	168	218	218	314	268	442	318	632	368	1005
19	19	69	76	119	141	169	219	219	317	269	445	319	637	369	1017
20	20	70	77	120	142	170	221	220	319	270	449	320	642	370	1030
21	22	71	78	121	144	171	223	221	321	271	452	321	647	371	1043
22	23	72	79	122	145	172	224	222	323	272	455	322	652	382	1057
23	24	73	80	123	147	173	226	223	325	273	458	323	657	373	1071
24	25	74	82	124	148	174	228	224	328	274	461	324	662	374	1086
25	26	75	83	125	150	175	230	225	330	275	464	325	667	375	1102
26	27	76	84	126	151	176	232	226	332	276	467	326	673	376	1118
27	28	77	82	127	153	177	233	227	335	277	471	327	678	377	1134
28	29	78	87	128	154	178	235	228	337	278	474	328	684	378	1152
29	30	79	88	129	156	179	237	229	339	279	477	329	689	379	1170
30	31	80	89	130	157	180	239	230	342	280	480	330	695	380	1189
31	32	81	90	131	158	181	241	231	344	281	484	331	701	381	1209
32	33	82	92	132	160	182	242	232	346	282	487	332	706	382	1230
33	34	83	93	133	161	183	244	233	349	283	491	333	712	383	1252
34	35	84	94	134	163	184	246	234	351	284	494	334	718	384	1276
35	37	85	95	135	164	185	248	235	353	285	497	335	724	385	1301
36	38	86	97	136	166	186	250	236	356	286	501	336	730	386	1327
37	39	87	98	137	167	187	252	237	358	287	504	337	737	387	1356
38	40	88	99	138	169	188	254	238	361	288	508	338	743	388	1387
39	41	89	101	139	171	189	255	239	363	289	511	339	749	389	1420
40	42	90	102	140	172	190	257	240	366	290	515	340	756	390	1456
41	43	91	103	141	174	191	259	241	368	291	519	341	763	391	1496
42	44	92	104	142	175	192	261	242	371	292	522	342	769	392	1541
43	45	93	106	143	177	193	263	243	373	293	526	343	776	393	1591
44	47	94	107	144	178	194	265	244	376	294	530	344	783	394	1648
45	48	95	108	145	180	195	267	245	378	295	534	345	791	395	1715
46	49	96	110	146	181	196	269	246	381	296	537	346	798	396	1795
47	50	97	111	147	183	197	271	247	384	297	541	347	805	397	1895
48	51	98	112	148	185	198	273	248	386	298	545	348	813	398	2028
49	52	99	114	149	186	199	275	249	389	299	549	349	820	399	2228
50	53	100	115	150	188	200	277	250	391	300	553	350	828	400	2628

(1) Impaction Lid 400 × 0.7

(2) r=Number of colony forming units counts on standard Petri dish, Pr=Probable statistical total

(3) This table is based upon the principles that as the number of viable particles being impinged on a given plate increases, the probability of the next particle going into an "empty hole" decrease.

(4) The values in the table are calculated from the basic formula (Feller, 1950)

$$\text{Pr} = N \left[\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \cdots + \frac{1}{N-r+1} \right] \quad (\text{식 } 3)$$

10.3 부유곰팡이 채취 기록지

부유곰팡이 시료채취 기록지									
<div style="margin-bottom: 10px;">○ 의뢰자 :</div> <div style="margin-bottom: 10px;">○ 측정대상시설 명 및 유형 :</div> <div style="margin-bottom: 10px;">○ 장치 유형 및 일련번호 :</div> <div style="margin-bottom: 10px;">○ 시료채취 일시 :</div> <div style="margin-bottom: 10px;">○ 시료채취 현장점검자 : (인)</div>									
측정 위치	배지 번호	설정 유속	시작 시간	소요 시간	설치 높이	온도	상대 습도	현장 상태	날씨
<div style="margin-bottom: 10px;">○ 시료채취자 의견</div> <div>(시료채취 주변의 상태(녹지공간 유무 등), 조사대상 건물의 특성(방 및 거주자 수), 세탁물 실내 건조유무, 실내 마감재 등의 부착곰팡이 유무 등 기술)</div>									