실내공기질공정시험기준 ES 02701.1b

실내 공기 중 총부유세균 측정방법 - 충돌법

2017

(determination of total airborne bacteria in indoor)

1.0 개요

1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 실내 공기 중 부유하고 있는 배양 가능한 세균의 총부유농도 측정 방법을 규정한다.

1.1.2 세균배양용 배지가 장착된 채취기를 이용하여 실내 공기 채취 시 공기 중 미생물이 배지에 충돌하는 원리를 이용하여 실내 공기 중 총부유세균를 채취하고 농도를 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

이 시험기준은 실내 공기 중 총부유세균의 농도 측정을 위한 주시험방법으로 사용된다.

2.0 용어정의

2.1 배지

미생물의 증식이나 생존능의 유지를 돕기 위한 천연 및/또는 합성 성분을 함유하는 액체, 반고체, 고체상의 물질 제제

2.2 완성배지

완성된 형태로 용기(예를 들면 페트리 접시)에 포장되어 공급되는 배지

2.3 상업용 건조 제제로 준비한 배지

즉시 사용이 불가능한 건조 형태의 배지(예를 들면 분말, 과립, 동결 건조된 제품)로, 증류수(필요에 따라 다른 성분 추가)를 가하여 멸균하여 사용해야 한다.

2.4 군체 형성 단위(CFU, colony forming unit)

배양할 수 있는 세균이나 진균의 수를 나타내는 기본 단위

3.0 분석기기 및 기구

3.1 부유세균 측정 장비

실내 공기중의 총부유세균의 농도를 파악하기 위해서는 실내 공기를 채취할 수 있는 채취장치의 사용이 필수적이다. 이러한 장치는 여러 종류가 상용화되었고, 각각의 고유한 채취한계를 갖고 있다. 일반적인 총부유세균의 측정은 충돌방식을 이용한 채취장비(bio air sampler)로 가능하다. 300 ~ 400 개의 구멍(hole)을 가지는 충돌방식의 채취장비 혹은 이와 동등한 성능의 장비가 일반적으로 사용된다.

3.1.1 충돌법 측정원리

3.1.1.1 실내 공기를 부유세균 측정 장비(bio air sampler)로 일정량을 흡입하여 장비 내에 미리 장착된 배지에 충돌시켜 공기 중의 부유세균을 채취한다. 부유세균이 흡착된 배지를 배양기에서 배양하여 증식된 균의 집락(colony)수를 세어 채취한 공기의 단위 체적 당 집락수(CFU/m^3)로 산출한다.

3.1.1.2 충돌법을 이용한 시료채취장비는 기본적으로 배지 등에 충돌하는 유량이 대략 1 μm 이하의 부유세균을 채취할 수 있을 정도로 충분히 크고, 부유세균의 덩어리를 파손하거나 손상을 피하면서 부유세균의 생존을 보장할 수 있을 정도로 충분히 낮아야 한다. 또한 채취량은 매우 낮은 농도의 부유세균을 검출할 수 있고 부유세균이 배지의 건조 등

물리적 변화에 따른 영향을 받지 않아야 한다.

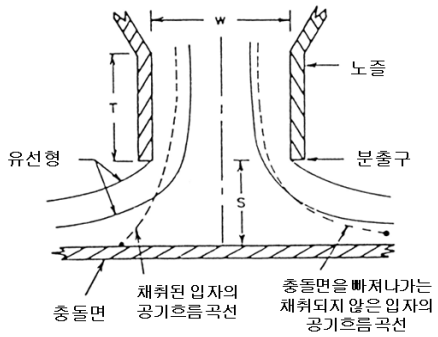

그림 1. 충돌법 기기 원리의 예
(참고: Andersen Type, Tisch Environmental, Inc.)

3.2 흡인펌프(모터)

흡인펌프는 사용목적에 맞는 펌프를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

3.3 유량계

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

3.4 배지

총부유세균 측정에 사용되는 한천배지는 TSA(tryptic soy agar)배지, 카제인대두소화한천배지(casein soybean digest agar)를 사용한다.

3.5 페트리 접시

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

3.6 배양기

배양기는 별도로 규정하지 않는 한, 온도가 ±1 °C 이내의 범위에서 안정하고 고른 온도 분포를 유지할 수 있는 챔버(chamber)로 구성된다.

3.7 고압 증기 멸균기(autoclave)

고압 증기 멸균기는 미생물의 파괴라는 관점에서 최소한 121 °C의 포화 증기 온도를 얻을 수 있는 장치이다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 배지

가급적 상용화된 제품을 사용하며, 배지의 조제는 제품의 설명서를 따른다. 직접 조제 시에는 배지 제조 지시서에 따라 제조하고자 하는 양만큼 제조한다.

4.1.1 완성배지

완성된 형태로 멸균되어 용기에 포장되어 공급되는 배지

4.1.2 상업용 건조 제제로 준비한 배지

두 가지의 준비 과정이 있다.

(1) 건조 또는 건조되지 않은 상태의 기본적인 원료를 이용한 준비

(2) 건조된 완전한 상태의 배지로부터 준비

[주 1] 건조된 기본적인 원료 또는 건조된 완전한 배지가 들어 있는 병은 제조사가 밝힌 온도의 건조한 장소에서 차광 상태로 보관해야 한다.
[주 2] 정해진 유효 기간(저장 기간)을 초과해서 사용하지 않아야 한다.
[주 3] 건조된 성분과 배지는 흡습성이 있으므로, 채취 후에는 신속하고 주의 깊게 병을 닫는 것이 필수적이다. 흡습, 고체화 또는 응고(caking)의 징후를 나타내는 건조

배지는 사용하지 않고 폐기한다.

4.1.2.1 Tryptic Soy Agar 상업용 건조 제제로 준비한 배지 성분 및 조성

표 1. 총부유세균용 배지(TSA 배지) 조성의 예 [1]

성 분	조 성
approximate formula per liter pancreatic digest of casein	15.0 g
enzymatic digest of soybean meal	5.0 g
염화나트륨(sodium chloride, NaCl)	5.0 g
한천[Agar, $(C_{12}H_{18}O_9)n$]	15.0 g

[1] : Tryptic Soy Aga(Difco™, 236950) 또는 이와 동등하다고 인정되는 상용화된 제품

4.1.2.2 Tryptic Soy Agar 배지조제

상업용 건조 제제로 준비한 배지를 예시로 들어 설명하여 보면 다음과 같다.

(1) 증류수 1 L에 4.1.2.1의 배지 제조 지시서에 따라 조성대로 넣어준다.

(2) 교반기에서 1분 이상 교반하여 완전히 녹인다.

(3) 고압 멸균기에서 끓어 넘칠 수 있으므로, 500 mL 플라스크에 제조한 배지 300 mL를 넣고 플라스크 입구를 마개로 막은 후 호일로 감싼다.

(4) 121 °C에서 15 분간 고압증기멸균 한다.

(5) 멸균이 끝난 후 실험을 시작 시 미리 자외선램프를 켜둔 클린벤치로 옮겨 60 ~ 70 °C로 식힌다.

(6) 플라스크 입구를 화염버너(알콜 램프)로 멸균하며 페트리 접시에 약 20 mL씩 붓는다.

(7) 페트리 접시에 부은 배지는 클린벤치에서 자외선 살균하며 응고 시킨다.

(8) 일단 만들어진 배지는 3 개월을 넘겨서 저장하지 않도록 하고, 고체배지는 랩으로 밀봉하여 4 °C 저온 보관을 한다.

[주 4] 페트리 접시의 배지 양이 너무 적으면 보존 중에 건조하여 사용불가능한 상태가 되기 쉽고, 양이 너무 많으면 페트리 접시의 뚜껑에 배지가 접촉되어 오염될 염려가 있으므로 적절하게 양을 조절한다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 시료채취

5.1.1 채취하고자하는 지점에서 20분 이상 간격으로 3 회 연속 측정한다.

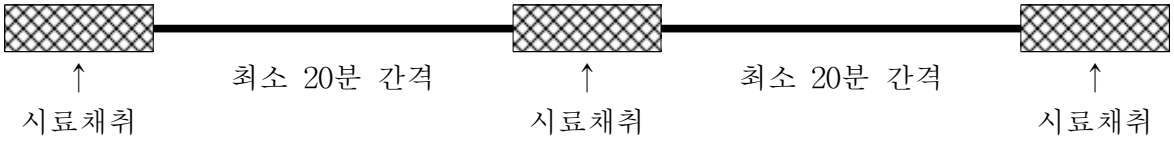

그림 2. 실내 공기 중 총부유세균 채취 방법

5.1.2 시료채취장치에 적절한 배지를 장착하고 흡인펌프를 이용하여 실내공기가 배지에 접촉하게 한다. 시료는 일반적인 방법으로 채취되어야 하며 이동 및 저장 상태와 기간을 명시하여 오염되지 않은 운반용기에 넣는다.

5.1.3 실험 전 배지는 물기가 생기지 않게 주의 하며, 배지의 온도를 시험소 온도와 평형화시키는 것이 바람직하다.

5.1.4 구체적인 시험절차는 다음과 같다.

(1) 원하는 시료채취 위치로 이동하여, 120 ~ 150 cm 높이로 장비를 설치한다.

(2) 시료 채취기의 뚜껑과 내부를 70 % 에탄올 또는 소독제로 적신 솜이나 기타 적합한 재질의 것으로 소독한 후 수분을 완전히 제거한다.

(3) 페트리 접시 뚜껑에 시험 정보(날짜, 시험 장소, 코드 등)를 기록한다.

(4) 실험 기기의 뚜껑을 제거한 후 즉시 미리 준비한 배지가 담긴 페트리 접시(agar plate)를 신속하게 올려놓는다.

(5) 기기를 재결합한다.

(6) 시작 버튼을 눌러 자동 샘플링을 시작한다. 측정에 영향을 미칠 수 있는 시작 시간, 샘플링 시간, 시험 현장 또는 기타 조건이나 관찰 결과를 기록한다.

(7) 20 분후 (2)번부터 절차를 다시 시작하여 다음의 시료를 채취한다.

5.2 채취유량 선정

5.2.1 시료채취장치(bio air sampler)의 시료채취유량은 채취장치의 제조회사에서 제시한 유량으로 한다.

5.2.2 시료채취 전후 1차 유량계를 이용하여 시료채취장치의 유량이 정확한지 확인한다.

5.2.3 일반적인 실내에서 총 공기채취량은 250 L이하가 적정하다. 총 공기채취량이 많을 경우(예 : 500 L)일 때는 그보다 적은 유량일 때 보다 총부유세균이 낮은 농도로 평가될 가능성이 있다. 단, 측정장소의 총부유세균의 농도 수준에 따라 총 공기채취량은 다르게 설정할 수 있다. 낮은 농도의 장소에서는 총 공기채취량을 증가시키거나, 높은 농도의 장소에서는 감소시켜 적절한 공기채취량이 되도록 조절하여야 한다.

[주 5] 총 공기채취량이 많으면 여러 개의 세균이 하나의 홀에 겹쳐 하나의 집락으로 계수되므로 실제 농도보다 낮게 평가된다. 한 배지 안에 집락수가 적절하도록 시료채취의 유량을 조절하여야 한다. 다중이용시설의 특성에 따라 총부유세균의 농도는 달라지므로 현장예비실험을 하여 적정 공기채취량을 판단할 수 있다.

5.3 이동 및 보관

5.3.1 채취가 끝나면 페트리 접시의 뚜껑을 덮고 파라필름으로 밀봉한다.

5.3.2 밀봉한 시료는 직사광선을 피해 실온에서 보관·운반한다. 온도차이로 인해 물기가 생기지 않게 주의한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 현장 바탕시료(field blank)

배지의 오염 여부를 확인하기 위하여 전체 시료 개수의 10 % 이상(최소 2개 이상)을 실험에 이용한 배지와 동등한 조건의 배지를 실험 장소에 가지고가서 개봉하지 않고 실험한 배지와 함께 보관한 후 실험실로 가지고와 현장 바탕시료로 한다.

6.2 시료의 채취

(1) 채취방법을 명시한다. 가능하다면 이용한 규격의 일련번호나 명칭을 표기한다.

(2) 측정 장치에 대해서 기술한다.

(3) 시료를 포집한 측정 대상 실내공간을 가능한 도면과 함께 제시한다.

(4) 측정 대상 실내공간의 거주현황과 시료를 채취하는 동안 이루어진 활동 등을 명시한다.

(5) 시료채취 장소, 일시, 시간, 기간 및 온・습도 조건을 표시한다.

6.3 시료 채취용 펌프의 유량 보정

펌프의 유량 보정은 1차 유량계를 이용하여 시료를 채취하기 전과 후에 바로 측정 장소에서 하는 것이 가장 바람직하다. 그렇지 않을 경우, 측정지점으로 이동하기 전과 측정이 끝난 후 오염물질이 없는 곳에서 보정되어야 한다.

6.4 시료의 배양

(1) 배양조건과 기간을 명시한다.

(2) 사용한 채취방법에서 결과에 영향을 줄 수 있는 변수를 기록해둔다.

(3) 정량적인 측정이 수행되었다면, 결과는 적절한 단위를 사용하여 표시한다.

(4) 배양을 완료한 일시와 측정을 실시한 기관명을 표기한다.

(5) 배양 담당자의 성명과 확인을 표시한다.

6.5 배지의 보관

보관 조건, 유효 기간(저장 기간) 및 사용 등 모든 경우에서 제조사의 지침서를 따른다.

6.5.1 건조 배지 및 보조제의 품질관리

배지는 일반적으로 상업적인 제조사로부터 구입한다. 배지는 밀봉 용기에 포장된 건조 분말 또는 과립상으로 제공되며, 다른 선택성 보조제나 진단용 물질은 동결 건조되거나 액체 상태로 공급된다. 건조 배지 및 보조제는 오래 보관하지 않고 사용하는 것이 바람직하므로 항상 재고 현황을 파악하고 먼저 들어온 제품을 우선적으로 사용해야한다. 효과적으로 재고 목록을 유지하기 위해서 보다 추가적인 검사는 다음을 포함해야 한다.

6.5.1.1 밀봉의 재확인, 최초 개봉 날짜, 개봉한 용기 내용물의 육안 평가

6.5.2 상업적으로 공급되는 완성 배지

보관 조건, 유효 기간(저장 기간) 및 사용에 관해서는 제조사의 지침서를 따른다.

6.5.3 상업용 건조 제제 및 개별 기본 성분으로 준비한 배지

배지 종류의 유효 기간은 다양하다. 따라서 준비한 배지의 보관을 위한 일반적 제품 수명을 말하기는 어렵다. 특정 국제규격 또는 국가규격은 특정 조건 및 유효 기간을 규정할 수도 있다. 즉시 사용하지 않는 시약 및 평판, 또는 병에 분주된 멸균 배지는

건조 상태로 유지해야 하며, 빛으로부터 보호되어야 한다.
유효 기간이 정해지지 않았거나, 국제규격에 규정되지 않은 경우, 예를 들면 사용 직전 최종 성분을 가하는 멸균 부분 완전 배지는 그 성분이 변형되는 것을 방지하는 조건하에서 3 개월 미만으로 냉장보관하거나 상온(18 ~ 23 °C)에서 1 개월 미만으로 보존해야 한다. 그러나 변하기 쉬운 선택 보조제를 가한 배지는 제조당일 사용하도록 권고한다. 화학적으로 반응성이 있거나 또는 변하기 쉬운 물질을 포함하는 고체 배지는 재 용해를 목적으로 벌크 상태로 보관해서는 안 된다.
미생물 성장 또는 증발/건조의 징후인 색 변화를 관찰한다. 이러한 변화를 나타내는 배지의 배치(batches)는 사용하지 않아야 한다. 사용 전 또는 추가적인 가열 전에 배지를 상온과 평형한 온도로 만들 것을 권고한다.

6.6 배양기 사용 주의사항

6.6.1 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.

6.6.2 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 페트리 접시를 뚜껑이 아래로 가게 뒤집어 배양기에 넣어 배양한다.

7.1.2 시료를 채취한 배지는 (35 ± 1) °C에서 48 시간 동안 배양기에서 배양한다.

7.2 계수

7.2.1 배양 중 증식되는 세균의 확산으로 인해 계수가 곤란할 수 있으므로 24 시간 단위로 증식 상태를 관찰하고 집락수를 세어 놓는다.

[주 6] 배지에 증식한 집락수는 세균집락이 형성된 시료채취장치 뚜껑의 구멍(positive hole) 수를 이용하여 센다. 세균의 집락수는 시료채취장치 뚜껑의 구멍 수보다 많을 수 없다.

7.2.2 하나의 지점에서 사용한 배지가 여러 개일 경우에는 각 배지의 집락수를 센 후 평균집락수를 구하여 측정 대상 실내공간의 총부유세균 수로 한다.

7.2.3 400 개의 구멍을 가진 시료 채취 장비를 사용하여 시료 채취 후 계수 시, 총 집락수는 399 이하가 되어야 한다.

7.2.4 만약 배양한 배지 표면에 400 개의 구멍 위치에서 모두 집락이 생성되었다면 너무 많은 공기를 채취하여 농도를 산출할 수 없는 경우이므로, 동일한 지점에서 총 공기 채취유량을 줄여 시료를 다시 채취하여 재시험한다.

7.3 집락수의 보정

400 개의 구멍을 가지는 충돌방식의 채취 장비를 사용한 경우는 10.1의 집락 계수 환산표(positive hole conversion table)(예시)를 사용하여 계수한 총 부유세균의 집락수를 보정하고, 보정된 집락수를 이용하여 공기 중 농도를 계산하는데 사용한다. 각 채취장비(bio air sampler) 제조사에서 제시하는 집락 계수 환산표를 사용하여 보정한다.

8.0 결과보고

8.1 농도계산

8.1.1 시료채취 유량은 시료채취 기간의 평균유량으로 한다.

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

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.

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

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

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

$P_{(1atm)}$: 1기압(atm)

V : 실제로 채취한 기체의 부피(m^3)

T_2 : 기체를 채취할 때의 절대온도(°K), (°K=273+°C)

P_2 : 기체를 채취할 때의 기압(atm)

8.1.4 총부유세균의 농도 계산(CFU/m3)

실내 공기 중 총부유세균의 농도는 식 4에 따라 계산한다.

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

여기서, C : 실내 공기 중 총부유세균의 농도(CFU/m^3)

CFU : 보정된 집락수

$V_{(25°C,\ 1atm)}$: 환산된 채취공기량(m^3)

8.2 결과의 표시

시험결과는 정수로 표기한다.

9.0 참고자료

9.1 KS P 6111, “세균 배양기”, 산업표준심의회, (2011)

9.2 KS I ISO 16000-1, “실내공기—제1부:시료채취방법의일반적관점”, 산업표준심의회, (2014)

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, (2012)

9.4 KS Q ISO 9001, “품질경영시스템 - 요구사항”, 산업표준심의회, (2015)

9.5 KS J ISO 7218, “식품 및 동물사료의 미생물학-미생물시험 일반원칙”, 산업표준심의회, (2012)

9.6 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)

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

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

10.0 부록

10.1 충돌방식 시료채취기의 집락계수 환산표(예시)

10.1.1 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	2029	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
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
40	42	90	102	140	172	190	258	240	367	290	516	340	759	390	1476
41	43	91	103	141	174	191	260	241	369	291	520	341	765	391	1518

(표 계속)

r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
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)

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

[Andersen viable samplers(USA), 400 holes]

10.1.2 MAS 100 샘플러(300 holes)

Positive hole conversion table MAS-100 Impaction Lid 300 x 0,6 MBV AG, 8712 Stäfa

r = Number of colony forming units counted on 90 mm Petridish **Pr** = Probable statistical total

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	1006
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

10.1.3 MAS 100 샘플러(400 holes)

20.1 Table of statistical corrections according to Feller for SH 400 x 0.7mm

r = Number of colony forming units counted on standard Petri dish Pr = Probable statistical total

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	71	115	135	165	212	215	308	265	433	315	618	365	969
16	16	66	72	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	372	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	85	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