■초청 원고■

실내 환경 진균

일본 위생미생물 시험연구센타

이 헌 준

=Abstract=

Fungi in Indoor Environment

Hun Jun Lee

Hygiene & Microbiological Test and Research Center, Tokyo, Japan

The characters of mordern buildings such as higher airtightness, frequent usage of artificial materials and artificial air conditionings provide suitable conditions for flourishing of microorganisms, especially fungi. Indoor fungi could produce unacceptable musty smells and cause structural damage of building. But the more serious effects are the threatening on human health. They could provoke several allergic diseases, sick building syndrome, organic dust toxic syndrome, and could be the important causative agents of infectious diseases in the immunocompromized host. This paper review the characters, physiology, epidemiology and isolation techniques of the indoor fungi to provide the basic ideas to control the indoor fungi.

[Kor J Med Mycol 3(2): 73-80]

Key Words: Fungi, Indoor environment, Immunocompromized host

서 론

현대주택은 보온성을 높이기 위하여 외기를 차단하는 구조로 설계되고, 소재면에서도 천연소재보다는 온도 및 습도조절기능이 낮은 인공소재가 많이 사용됨으로서, 결과적으로 실내의 밀폐도가 점차 높아지고 있다. 또한 에어컨 등 인공냉방, 난방시설의 도입은 주거환경을 쾌적하게 하는 면도 있으나 한편으로는 진균을 포함한 각종미생물의 증식을 용이하게 하는 원인이 되고 있다. 실내에 진균이 증식하면 우선 미관이 상하게 되고 곰팡이 냄새로 인하여 불쾌감이 생기게 된다. 또한 실내 공기 중에 부유하고 있는 진균포자의 흡입은 천식을 위시한 알레르기성질환을 유발할 수 있으며, 진균의 성장시 생산되는 증산성유기물 (volatile organic compounds)과 진균독은 sick building syndrome과 organic dust toxic syndrome을 일으킬 수 있다[1]. 더욱이 최근 여러가지 원인에 의하여 면역기능이 저하된 환자 (immunocompromized host)가 증가되고 있으며 이러한 환자에서는 실내 환경내의 진균 특히 *Aspergillus*가 기회감염의 중요한 원인균이 되고 있다. 따라서 실내 환경에서 진균을 비롯한 각종 미생물의 증식은 단순히 미관을 해치고 건축물을 약화시키는 기능적, 경제적인 문제 뿐만 아니라 건강을 위협하는 요인이 되고 있으므로 이에 대한 인식이 과거보다 더욱 필요하다고 하겠다. 이러한 관점에서 저자는 실내 환경 진균의 증식으로 인한 피해상황, 진균의 발생요인, 실내 환경 진균의 검출 및 동정에 대하여 논함으로서 이에 대한 적절한 관리에 대한 고안을 하여 보고자 한다.

*본 논문의 요지는 1997년도 5월 17일 대한의진균학회 제 4차 학술대회에서 특별강연으로 발표되었음

†별책 요청 저자: Hun Jun Lee PhD, Hygiene & Microbiological Test and Research Center, 9-4 7-Chome, Asakusa Taito-ku, Tokyo, JAPAN

실내 환경 진균으로 인한 피해

최근 10여년 동안, 실내 환경 진균으로 인한 문제를 가지고 있는 일반주택의 빈도는 네덜란드가 19%, 벨기에가 20%, 영국이 12%로 보고된 바 있고, 습도가 높은 이스라엘의 해안지역에서는 일반주택의 50%가 습기 및 진균으로 인한 피해를 입고 있다고 한다[2]. 일본의 경우 일반주택을 위시하여 각 실내 환경에 대한 역학조사가 수행되고 있으나[3~5] 한국의 경우, 실내 환경 진균에 관한 조사보고는 드물며, 지은지 3~4년된 아파트의 하자조사에서 대부분의 하자가 균열, 누수 및 결로로 인한 진균발생이었다는[6] 점을 비추어 볼때 적지 않은 피해가 발생하고 있는 것으로 예상된다.

실내 환경 진균의 발생요인

실내에서의 진균발생은 실내외 환경과 건축물 사이의 지속적이고 복잡한 상호관계에 의해 형성된 실내의 표면온도 및 습도가 직접적인 요인이 되고 있다. 실내의 표면온도 및 습도에 영향을 주는 요소로서는 주택의 밀폐도, 실내 난방, 환기 및 거주밀도 (거주자수/거주공간) 등을 들 수 있다. 또한 국소적으로는 건축자재의 온도 및 습도에 대한 물리적 속성, 표면처리제의 성상 및 표면공기의 속성에 따라 표면온도 및 습도가 결정된다. 천연재료를 주로 한 과거의 주택에 비해 고밀폐성의 인공소재를 사용하고 있는 현대주택은 자연환기도가 매우 낮다. 특히 오일쇽크 이후 고밀폐성 지향의 구조 및 자재 사용으로 인한 실내의 환기불량, 결로현상 등은 실내진균의 증식을 촉진하고 있다.

실내 환경 진균의 생리

실내 환경 진균의 증식에 필요한 조건에는 온도, 수분, 영양, pH, 산소 등을 들 수 있고 여기에서는 3대 조건인 온도, 수분 및 영양에 대해 기술하고자 한다.

1. 온 도

실내로 부터 분리되는 진균이 생육 (生育)하기에 가장 좋은 온도 (생육지적온도)는 20~30℃이지만 생육가능 최고온도는 35~52℃, 생육가능 최저온도는 0~5℃이다[7,8]. 또한 대부분의 실내 환경 진균은 5~10℃에서도 발아 및 균사성장이 가능하므로, 냉장고 내에서도 증식이 가능하다. 한국 아파트의 경우 연평균 실내 온도가 23~28℃이므로[6] 진균의 생육지적 온도가 연중 유지되고 있다고 생각된다.

2. 수 분

진균의 생육에는 다른 미생물과 마찬가지로 물을 필요로 하며, 흔히 수분활성 (water activity, Aw) 혹은 상대습도 (relative humidity, RH)로 표현하고 있다. 일반적으로 진균은 Aw 0.85이상이면 생육하며 *Eurotium*을 위시한 호건성진균 (xerophilic fungi)의 생육가능최저 Aw치는 0.65이다. 그러나 영양, 온도, pH 등이 적절한 조건일 때에 대부분의 실내 환경 진균은 Aw 0.62~0.65에서 발아한다[9]. 즉 실내 습도가 62~65%일 때 실내의 어느 곳에서도 진균의 발아증식이 가능하며, 한국의 일반주택의 하절기 평균 실내 습도가 60~65%이므로 진균의 증식조건을 만족시키고 있음을 알 수 있다. 또한 동절기의 평균 실내 습도는 40% 전후이지만, 인공난방으로 인하여 결로현상이 일어나는 곳의 표면습도는 훨씬 높다. 더우기 벽면의 균열 등으로 인한 침수, 상하수관의 누수 등은 진균의 대량증식을 초래하는 원인이 된다.

3. 영 양

진균은 종속영양체 (從屬營養體, heterotrophic organism)으로서 생육하기 위해서는 탄소를 위시한 영양을 기질로부터 섭취하여야 한다. *Penicillium, Aspergillus*를 위시한 실내 환경 진균들은 유기질을 포함하고 있는 거의 대부분의 기질로부터 탄소원을 취할 수 있는 소화효소를 가지고 있다. 현대주택에 사용되고 있는 인공소재의 주성분 중에는 천연소재에 비해 진균이 분해하기 힘든 것들도 있지만, 인공소재의 유기성첨가제 혹은 표면에 부착된 소량의 유기오염물 등은 진균증식에 충분한 영양원이 되고 있다.

실내 공기 중 진균의 밀도 및 종류

공기 중에는 항상 진균포자가 부유하고 있고, 실외 및 실내 공기 중 분포되어 있는 진균은 서로 다른 특성을 가지고 있다. 먼저 실외 공기 중에는 계절, 날씨, 지리적위치, 동일한 날에도 시간 등에

Table 1. List of important fungi isolated from the indoor environments

Site of isolation	Isolated fungi
Indoor air	*Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Alternaria, Curvularia, Rhizoctonia, Mucor, Rhizopus*
House dust	*Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Alternaria, Aureobasidium, Eurotium, Wallemia,* Yeasts
Wet area such as bathroom, kichen and damp wall	*Aureobasidium, Cladosporium, Alternaria, Phoma, Trichoderma, Fusarium, Ulocladium, Geotrichum,* Yeasts
Living room, bed-room, built-in closet	*Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Eurotium, Wallemia*
Cold area such as inside of refrigerator	*Cladosporium, Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Phoma*
Wall coated by paint	*Acremonium, Alternaria, Ulocladium, Penicillium*
Wall paper	*Acremonium, Aspergillus, Epicoccum, Stachybotrys, Penicillium, Ulocladium*

따라 부유하고 있는 진균의 종류와 균수가 다르다. 일반적으로 실외 공기 중 부유진균수는 m^3 colony forminbg unit (cfu/^{m})가 10^2~10^6정도로 알려져 있다[10,11]. 한편 실내 공기 중 부유진균수는 실내의 용도, 환기, 저장물 등에 따라 차이를 보이며, 일반적으로 10^1~10^3cfu/m^3정도 부유하고 있고, 곰팡이냄새를 느낄 수 있는 실내 공기 중에는 10^4cfu/m^3 이상 분리된다[4,5,12]. 실내 공기로 부터 분리되는 진균은 온대지역인 경우 *Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Alternaria* 등의 분리빈도가 높으며, 특히 면역억제환자에서 병원을 나타낼 수 있는 *A. fumigatus*도 가끔 분리되며, 한국도 동일한 분포를 나타내고 있는 것으로 보인다[13].

실내장소 별 분리진균의 종류

실내 환경에서 분리되는 진균은 동일한 주택내에서도 장소에 따라 분포되어 있는 진균의 종류가 다르다. 즉 부엌이나 욕실 등 습도가 높은 곳으로 부터는 호습성진균, 벽지로 부터는 cellose분해성진균, 냉장고로 부터는 호냉성진균 (phychrophilic), 건조한 융단, 소파, 집먼지 등으로 부터는 호건성진균이 분리된다. 실내장소 별로 분리되는 진균을 Table 1에 요약하였다.

실내 환경 진균의 검출방법

1. 재료채취 방법

1) 실내 공기

공기 중 미생물의 채취법은 여러가지 방법이 고안되어 있고[14] 각각은 장단점이 있으므로, 연구목적, 부유진균의 균수, 채취장소의 특성 등을 고려하여 선택하는 것이 바람직하다. 여기에서는 실내 공기 진균의 분리에 흔히 사용되는 자연낙하법과 air sampler법을 소개하고자 한다.

(1) 자연낙하법: 분리용 배지를 재료채취장소에 설치후 샤레뚜껑을 일정시간 개방 (주로 10~20분)하여 낙하진균을 채취하는 방법으로서 장비가 필요없고 간단하여, 과거부터 흔히 이용되어 왔다. 그러나 이 방법은 채취공기량을 알 수 없어 정량적시험법이 될 수 없다. 또한 자연낙하에 의한 채집이므로 포자가 큰 진균의 채집이 용이한 반면 작은 포자의 채집율이 낮고 부유균수가 적은 장소로 부터는 균분리가 되지 않는 등의 단점이 있어 다른 정량적시험과 병용사용이 권장되고 있다.

(2) Air sampler법: 이 방법은 음압 혹은 원심을 이용하여 인위적으로 일정량의 공기를 흡입하여 접착성 슬라이드, membrane filter 혹은 배지에 부유진균을 부착 혹은 접종하는 방식이다. 여

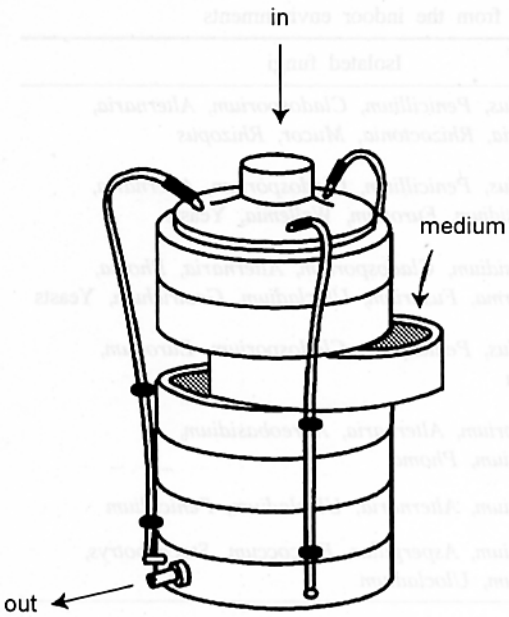

Fig. 1. Andersen's microbial impactor.

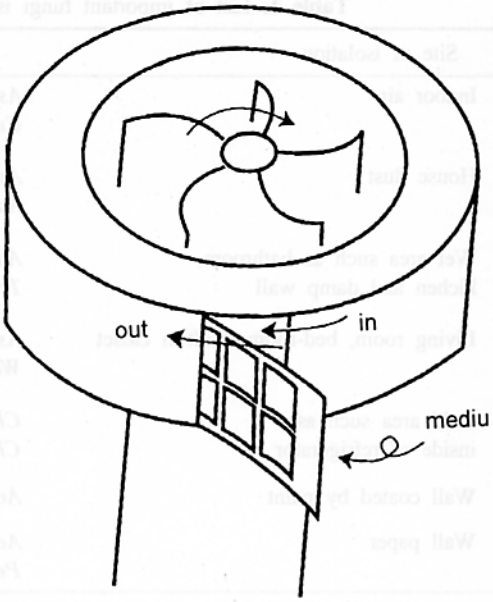

Fig. 3. Reuter's centrifugal sampler.

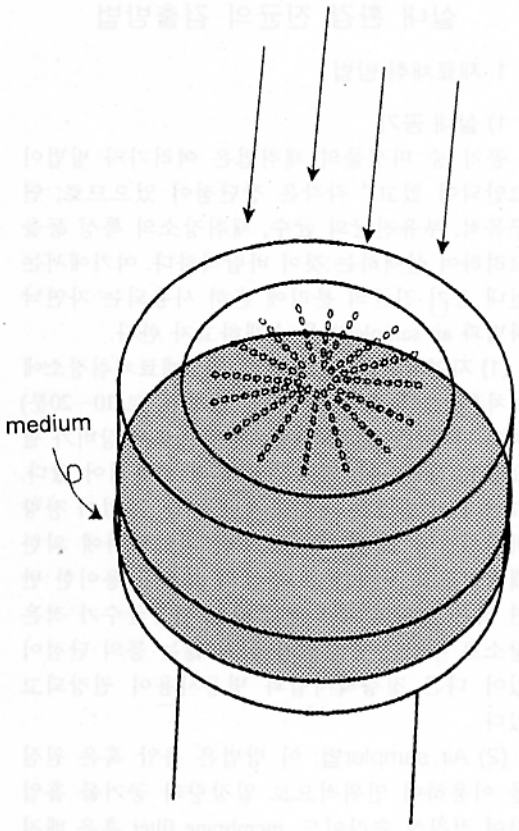

Fig. 2. Surface air sampler.

러가지 방법이 고안되어 있고 여기에서는 그중 대표적인 air sampler법을 소개한다.

① Andersen's microbial impactor (Fig. 1)

대표적인 채취법의 하나로서 그림에서와 같이 6단 혹은 2단으로 배지를 중첩시킨후 저부흡입구로 공기를 흡입하여 흡입공기가 상단의 배지면으로 부터 단계적으로 하단의 배지면에 접촉하면서 통과된다. 이 방법은 포자의 크기별분획 (size fraction) 채취가 가능하다는 장점이 있어, 입자의 사이즈와 호흡기계의 침투도에 관련한 연구 등의 의학분야에서 선호되고 있다. 그러나 다른 air sampler법보다 다소 분리율이 떨어지는 단점이 있다.

② Surface air sampler (Fig. 2)

SAS식으로 불리우는 이 방법은 Andersen's microbial impactor가 6단의 배지를 사용하는 것에 비해 1단의 배지를 사용한다는 차이 이 외의 채취원리는 동일하다.

상품화되어 있는 채집기들은 공기채취량의 조작 등이 간단하여 사용에 편리하며 진균의 분리율도 높다. 그러나 Andersen's microbial impactor에서와 같이 포자의 크기별 분획채취는 불가능하다.

③ Reuter's centrifugal air sampler (Fig. 3)

RCS식으로 불리우며, 내부의 원심fan이 돌면서 흡입구로 부터 흡입된 공기가 내부벽에 장착

Table 2. Formula of several malt extract agar (MEA)

Ingredients	MEA			
	Blakeslee's	Difco	Merck	Oxoid
Malt extract	20g	30g	30g	30g
Peptone	1g (bacteriological)	–	5g (from soya flour)	5g (mycological)
Glucose	20g	–	–	–
Agar	20g	15g	15g	15g
final pH	5.0~5.5	5.5±0.2	5.6±0.1	5.4±0.2

(ingredients per liter)

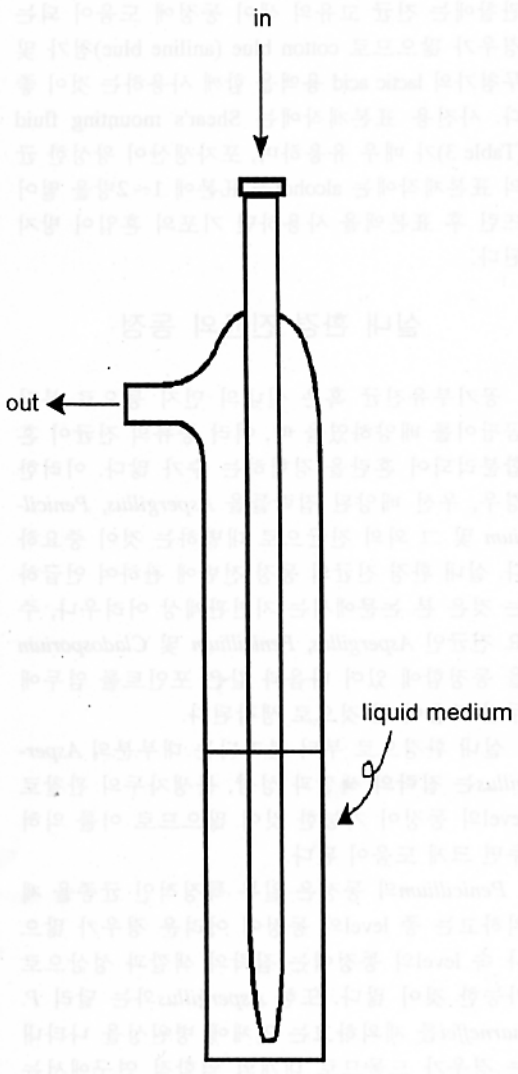

Fig. 4. Liquid impinger.

된 플라스틱strip 배지면을 통과하게 하는 방식이다. 세균 및 균사성장을 억제하는 배지를 사용하고 배지와 흡입공기와의 접촉면을 극대화시킴으로써 SAS식에 비하여 균수가 많을 때에도 측정이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 공기흡입구와 배출구가 동일하여, 흡입공기량의 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

④ Liquid impinger (Fig. 4)

상기의 방식들이 고체배지를 사용하는 반면에 이 방법은 흡입된 공기가 액체배지를 통과하게 하는 방식이다. 분리율도 평판배지를 이용하는 방법보다 높고, 희석배양이 가능하므로 측정균수범위도 10^3~10^7cfu/m^{3}로서 10^3~10^5cfu/m^{3}인 Andersen's microbial impactor보다 넓다. 값이 싸고 멸균 후 재사용이 가능하다는 장점도 있으나 유리기구이므로 파손의 염려가 있다. 또한 포자의 크기별 분획채취가 가능하도록 고안된 방식도 있으나 sampler별 결과의 차이가 생기는 등의 단점이 있다.

2) 물체표면

벽, 실내 용품, 가구 등의 물체표면에 발생한 진균 혹은 부착진균을 조사할 경우에는 멸균테이프 혹은 스탬프 등을 이용하여 대상표면으로부터 배양재료를 채취한 후, 이를 배지에 직접 배양한다. 이 중 멸균테이프법은 진균이 증식한 물체표면으로 부터 직접 관찰재료를 만들 수 있다는 장점이 있고, 진균 이외에 다른 미생물 혹은 진드기 등의 검출도 가능하다. 한편 원인진균 이외의 다른 진균으로 인한 오염을 방지할 필요가 있을 때에는 실체현미경 (streoscope)를 이용하면 원인진균의 순수접종이 가능하다.

Table 3. Formula of Shear's mounting fluid

Potassium acetate	3g
Distilled water	150ml
Glycerin	60ml
Ethanol (95%)	90ml

2. 분리용 배지

초대분리용 배지로서 potato dextrose agar, malt extract agar (MEA), oatmeal agar가 이용되며, 이중 malt extract agar의 경우, 구성성분이 다른 몇 종류의 처방이 있으므로 확인이 필요하다 (Table 2). 또한 호건성진균 분리용 배지로서는 Malt yeast 40% sucrose agar (M40Y), Dichloran 18% glycerol agar (DG18)가 이용되고 있으며 실내진균의 분포를 조사할 경우에는, 일반진균용 배지와 호건성 진균용 배지를 같이 사용하는 것이 바람직하다.

3. 배 양

주로 25~27℃에서 배양하며, 배양 5일 전후에 집락수를 세고 10일 전후에 확인한다.

4. 현미경 표본제작

현미경 표본제작법으로 배양집락 절편법, transparent tape법, 슬라이드배양법이 이용된다. 여기에서는 의진균분야에서 흔히 이용되고 있는 슬라이드배양법의 소개는 생략하고자 한다.

1) 배양집락 절편법

집락을 실체현미경 등으로 관찰하여 표본제작 부위를 선정한 후, 메스 등으로 배양집락을 두께 1mm 전후로 잘라내어 유리슬라이드 위에 조심스럽게 얹은 후 적정표본액을 떨어뜨리고 카바글라스로 덮은 다음 관찰한다. Deuteromycetes의 건조성 분생자두 (conidial head) 및 분생자의 체인 등 형태가 부서지기 쉬운 진균의 표본제작에 매우 유용한 방법이다. 또한 필요에 따라 표본의 한천을 약한 화염으로 녹여내면 더욱 관찰이 용이한 표본을 제작할 수 있다.

2) Transparent tape법

투명한 접착성tape를 집락표면에 가볍게 접촉시킨 후 적정 표본액을 떨어뜨려 놓은 유리슬라이드 위에 얹은 후 관찰한다. 이 방법 역시 형태가 부서지기 쉬운 진균의 관찰에 매우 유용하며, 슬라이드배양으로는 표본제작이 힘든 *Cladosporium, Botrytis* 등의 관찰에 특히 편리하다. 또한 진균이 발생한 물체의 표면으로 부터 직접 관찰재료를 만들 수 있다는 장점이 있다.

5. 고정표본액

진균 관찰표본의 제작에 있어 먼저 특정의 고정액을 사용하기 전에 멸균정제수를 이용한 표본제작이 필요하며 이는 멸균정제수를 사용하면, 고정액에 의한 균요소의 수축을 방지할 수 있고, 고유의 형태와 크기 및 색깔을 관찰할 수 있기 때문이다. 특히 이와같은 방법은 Zygomycetes, Coelomycetes, yeast, 및 *Fusarium sp.* 관찰에 반드시 필요하다. 또한 Deuteromycetes 혹은 Ascomycetes의 관찰에는 진균 고유의 색이 동정에 도움이 되는 경우가 많으므로 cotton blue (aniline blue)첨가 및 무첨가의 lactic acid 용액을 함께 사용하는 것이 좋다. 사진용 표본제작에는 Shear's mounting fluid (Table 3)가 매우 유용하며, 포자생산이 왕성한 균의 표본제작에는 alcohol을 표본에 1~2방울 떨어뜨린 후 표본액을 사용하면 기포의 혼입이 방지된다.

실내 환경 진균의 동정

공기부유진균 혹은 실내의 먼지 등으로 부터 곰팡이를 배양하였을 때, 여러 종류의 진균이 혼합분리되어 혼란을 경험하는 수가 많다. 이러한 경우, 우선 배양된 집락들을 *Aspergillus, Penicillium* 및 그 외의 진균으로 대별하는 것이 중요하다. 실내 환경 진균의 동정 전반에 관하여 언급하는 것은 본 논문에서는 지면관계상 어려우나, 주요 진균인 *Aspergillus, Penicillium* 및 *Cladosporium*을 동정함에 있어 다음과 같은 포인트를 염두에 두면 도움이 될 것으로 생각된다.

실내 환경으로 부터 분리되는 대부분의 *Aspergillus*는 집락의 색깔과 성상, 분생자두의 관찰로 level의 동정이 가능한 것이 많으므로 이를 익혀두면 크게 도움이 된다.

*Penicillium*의 동정은 일부 특징적인 균종을 제외하고는 종 level의 동정이 어려운 경우가 많으나 속 level의 동정에는 집락의 색깔과 성상으로 가능한 것이 많다. 또한 *Aspergillus*와는 달리 *P. marneffei*를 제외하고는 인체에 병원성을 나타내는 경우가 드물므로 대개의 역학적 연구에서는 속 level의 동정에 그치고 있다. *Cladosporium*은 통

상의 배지에서 직경 3cm 전후의 소집락을 형성하고 올리브그린 혹은 갈색을 나타내며, 집락의 배면이 검은색을 띄므로 속 level의 동정이 용이한 편이나 균종에 따라서는 25℃에서는 배양되지 않는 것이 있다.

결 론

실내 환경 진균의 위생학적인 의의는 과거에 등한시 되었으나 최근 진균성 질환의 증가와 더불어 이들 진균에 대한 위생학적인 의의가 새로이 평가되고 있으며, 예방책 혹은 억제책의 하나로서 항균 · 항진균제품들이 개발사용되고 있다. 이러한 제품들 가운데 항균 · 항진균 가공페인트, 벽지, 의류, 침구류 등은 병원, 식품제조장 등 실내감염 및 오염방지가 엄격히 요구되는 시설물과 관련업 종사자 및 환자 등의 작업복, 가운, 침구 등에 사용되고 있고 나름의 효과를 얻고 있다고 생각된다. 그러나 이들 제품의 항균성 및 항진균성의 평가에 있어서 현재 사용되고 있는 시험법들만으로서는 다양해진 제품들의 성능평가에 부족하다고 사료되며 특히 생육과정이 복잡하고, 다양한 형태를 가지고 있는 진균의 경우, ISO (International Standard)[15], ASTM (American Society for Testing and Materials)[16] JIS (Japanese Industry Standards)[17] 등에서 제안하고 있는 시험법들이 사용되고 있으나, 개량 및 개발의 여지가 많다고 본다.

한편으로 는 근년의 제반 연구에도 불구하고 진균에 관한 위생지침이 마련되어 있지 않다는 것도 문제점으로 지적할 수 있다. 예를 들어 위생주택에 있어서의 실내 공기 중 부유진균 기준치, 혹은 병원을 위시한 높은 위생도가 요구되는 시설물 등에 있어서의 실내 환경 진균에 관한 규제치가 아직 없다. 이는 진균 혹은 그 대사산물의 폭로와 건강장애와의 관계에 있어 dose-response relationship이 성립되지 않는다는 것이 주된 이유라고 하겠으며, 규제치의 설정 및 통제를 위하여는 각종 실내 환경의 진균에 관한 정확한 역학적 연구가 무엇보다 중요하며 선행되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Samson RA, Flannigan B, Flannigan M, et al. Health implication of fungi in indoor environments. Amsterdam: Elsevier, 1994; 1-26
2. Verenkamp J, Hens H, Samson RA. On the fungal defacement of interior finishes. Eindhoven: OCG Adan, 1994; 21-22
3. 高鳥浩介, 李憲俊. 食品製造施設とカビ. 空氣調和 · 衛生工學 1995; 69: 543-547
4. 飯田裕一, 田中辰明, 李憲俊, 木村建一. オフィスビルの空氣調和環境の眞菌 動態調査. 空氣調和 · 衛生工學會學術講演會講演論文集 1997; 21-24
5. 相原眞紀, 田中辰明, 李憲俊, 等. 住宅にみる眞菌の發生環境要因. 空氣調和 · 衛生工學會學術講演會講演論文集 1997; 25-28
6. 손장열, 윤정숙, 강순주 등. 고단열 경량외피 시스템의 개발에 관한 최종보고서. 통산산업부 93-P-27-04
7. Panasenko VT. Ecology of microfungi. Bot Rev 1967; 33: 189-215
8. Ayerst G. Influence of physical factors on deterioration by moulds. Society of Chemical Industry Monograph 1996; 23: 14-20
9. Pitt JI. Xerophilic fungi and the spoilage of foods of plant origin. In: Duckworth RB ed. Water relations of food, London: Academic Press, 1975; 273-307
10. Beaumont F, Kauffman HF, van-der-Mark TH, et al. Volumetric aerobiological survey of conidial fungi in the North-East Netherlands. Allergy 1985; 40: 173-180
11. Al-Doory Y, Domson JE, Howard WA, et al. Airborne fungi and pollens of the Washington, D.C., metropolitan area. Ann Allergy 1980; 45: 360-367
12. Sneller MR, Pinnas JL. Comparison of airborne fungi in evaporative cooled and air conditioned homes. Ann Allergy 1987; 59: 317-320
13. 송준영. 공중진균총에 관한 연구. 중앙의학 1965; 9: 715-734
14. Crook B. Inertial Samplers. In: Cox CS, Wathes CM, eds. Bioaerosols handbook, Boca Raton: CRC, 1995: 247-264
15. ISO. Determination of behaviour under the action of fungi and bacteria. ISO 1978; 846: 1-10
16. ASTM. Standard practice for determining resis-

tance of polymeric materials to fungi. ASTM 1990; Designation G 21-90: 1-4

17. JIS. Methods of test for fungus resistance. JIS 1992; Z 2911: 1-11