

아위버섯균의 생리적 특성

김대식¹⁾ · 채정기^{1)*} · 위계문¹⁾ · 윤대령¹⁾ · 오득실¹⁾ · 장경수¹⁾ · 손한길²⁾

¹⁾ 전남대학교 대학원 임학과, ²⁾ 전남농촌진흥원

The physiological characteristics of *Pleurotus ferulae* Lanzi

Dae-Sik Kim¹⁾, Jung-Ki Chai^{1)*}, Kye-moon Wi¹⁾, Dai-Ryoung Yoon¹⁾, Deuk-Sil Oh¹⁾,
Kyoung Soo Chang¹⁾ and Han-Gil, Son²⁾

¹⁾ Chonnam National Univ., Gwangju, 500-757, Korea

²⁾ Institute of Agriculture and Technology, Jeonnam, 502-201, Korea

ABSTRACT : This study was executed to decide the physiological characteristics of Ferule mushroom. Four strains of Ferule mushroom were tested to select a superior strain in its mycelial growth. The pertinent substrates, temperature and pH ranges for the growth of selected strain were determined. And then, the wood rotting ability and type of the Ferule mushroom were determined. The superior strain F-2 among four strains was selected, on the basis of its vegetative mycelial growth and density on agar media. Mycelial growth of F-2 was the best on MYPA among other tested synthetic or semi-synthetic media. The temperature range for pertinent mycelial growth was about 25~34°C and best at 30°C. The optimum pH range on MYPA was 5.0~6.0. The mycelial growth was mostly stimulated by soluble starch at cont. 1% (w/w) and secondly, maltose among several carabon sources and by mixed solution of YE(0.25%) and ME(0.25%) but not by ME alone. Cell thinning and erosion of *Pinus rigida* wood by the mycelia of Ferule mushroom were found only on a few cell but largely at wood block test, indicating that the softwood rotting ability of Ferule mushroom mycelia was not so good. The result of polarized light microscopy appeared that cellulose of some tracheides showing the S3 layer lost brifringence was degraded by Ferule mushroom. But only part of cellulose of *P. rigida* wood was degraded by Ferule mushroom, because most of wood cells continued to showing brifringence. A largely degraded ray parenchyma and longitudinal parenchyma cell and partly thinning and erosion of hardwood(*Quercus serrata*) cell was found and it indicates that the rotting ability of Ferule mushroom mycelia on hardwood was higher than on softwood. It could be concluded that the difference in the wood rot by Ferule mushroom between the hardwood and softwood was made by the difference of chemical constitutions between them, especially in the contents and the types of lignin. Ferule mushroom was considered as white rotter as a result of bavendam test, although more research should be required.

KEYWORDS : *Pleurotus ferulae*, physiological characteristics, mycelial growth, bavendam test

고등균류 중 버섯은 고대로부터 인류생활과 밀접한 관계를 가져 식용과 약용 및 산업용 등으로 널리 이용되어 오고 있고, 이에 따른 여러 가지 생리적 특성(Hayes, 1978)이나 유해성분 및 독성(Pegler and Watling, 1982) 등에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

최근에 많은 연구자들이 버섯을 이용한 인체의 약리효과와 버섯에서 추출한 여러가지 고분자 물질의 다당체를 이용한 AIDS 예방(Anonymous, 1988), 또는 항바이러스(Kleinschmid, 1972; Suzuki *et al.*, 1973), 항균활성(윤 등., 1959) 및 항종양 활성물질을 분리하여 항암저지 효과에 대한 논문들이 상항버섯(*Phellinus linteus*), 흰들버섯(*Agaricus blazei*), 표고버섯, 영지버섯, 잎새버섯 등에서 많이 보고되고 있다(Chihara, 1970; Fujii *et al.*, 1978; Ikekawa *et al.*, 1969; Mizuno *et al.*, 1994; Mizuno *et al.*,

1984). 그리고 버섯류는 자실체뿐만 아니라 균사체를 이용한 생화학적 이용 연구 등 신물질 분리에도 매우 흥미로운 대상이 되고 있다(寺下隆夫, 1989).

아위버섯은 분류학적으로 느타리버섯과(Pleurotaceae), 느타리버섯속(*Pleurotus*)에 속하며 건조한 초원에서 아위(阿魏)라고 하는 약용식물에 기생 혹은 부생 하는 버섯이다. 아위측이(阿魏側耳), 아위마(阿魏)라고도 불리며 버섯의 자실체는 단생하거나 군생에 가깝다. 갓 길이는 직경 5~15cm이며, 무게는 150~300g정도이다. 처음에는 납작한 반구형이지만 점차 넓게 펼쳐지다가, 마침내 밑 부분이 오목해지거나 부채꼴이 된다. 표면은 매끄러우며, 어릴 때는 갈색을 띠지만 후에는 오백색(汚白色)으로 변한다. 육질은 흰색이며 비교적 두텁다. 주름살은 이어져 자라다소 촘촘하며, 흰색을 띠며 후에 담황색이 된다. 어느 시기에 균병(대)에서 교차되어 그물무늬가 된다. 균병은 치우쳐 자라거나 중간에 자라며, 안의 포자는 백색부터 오백

*Corresponding author: <mycotopial@yahoo.co.kr>

색에 이른다.

포자는 흰색에 가까우며 매끄럽다. 갖의 모양은 원형, 장 타원형, 타원형으로 비교적 단조로운 편이다. 크기는 12~14 μ m \times 5~6 μ m이다. 1983년 중국 연구원들이 신강(新疆)의 야생 아위버섯에서 균을 채취하여 인공재배에 성공한 버섯이다.

아위버섯은 중국의 서북방인 Uighur 지역, 신강(新疆) 지방, 목리(木理) 지방의 황량한 초원에 자생하는 한방재료인 아위풀의 뿌리부위에서 봄철(4월~6월)에 발생하며, 이때 온도는 0~15 $^{\circ}$ C이다. 그러나 인공재배의 경우에는 12 $^{\circ}$ C 내외에서 생장이 비교적 빠르고 품질도 좋은 것으로 보고되고 있다.

이러한 *Pleurotus ferulae* 균의 균사배양이나 이에 관한 특성이 지금까지 국내에 보고된 바 없어, 본 연구에서는 *P. ferulae* 균의 균사배양 조건과 목재분해 형태를 알아보고자 한다.

재료 및 방법

아위버섯균의 생리적 특성

공시균주

본 실험에 사용된 아위버섯 균주는 국내에서 수집된 F-4와 자실체 조직분리를 통해 얻은 F-1, 그리고 중국에서 수집된 F-2, F-3을 사용하였으며, potato dextrose agar (PDA) 배지에서 2개월 간격으로 계대배양하여 사용하였다. 접종원의 준비는 고체배양의 경우, 냉장 보관하던 균주를 PDA 평판배지의 중앙부에 접종하여 25 \pm 1 $^{\circ}$ C의 항온기에서 배양한 후 실험에 사용하였으며, 액체배양의 경우, 250ml 삼각플라스크에 50ml의 potato dextrose

broth(PDB)를 조제하여 평판배양 된 아위버섯 균사체를 접종하고 8일간 배양한 다음, 배양액을 균질기로 균질화하여 접종원으로 사용하였다.

균주선발

공시된 4개 균주에서 균사생장이 우수한 균주를 선발하기 위하여 PDA 배지를 121 $^{\circ}$ C (1.2kg/cm 2)에서 15분간 살균 후 ϕ 84mm petri dish에 20ml씩 분주하여 공시균을 접종한 후 25 \pm 1 $^{\circ}$ C에서 10일간 배양하면서 생장정도를 측정하여 가장 우수한 균주를 선발하였다.

최적 톱밥배지 선발

톱밥배지에서 균사생장을 조사하고자 ϕ 3.0 \times 20.0cm인 시험관에 은백양(*Populus alba*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 툴립나무(*Liriodendron tulipifera*), 양버즘나무(*Platanus occidentalis*) 톱밥을 10~20 mesh 체로 친 후, 미강 20%(w/w)를 혼합한 다음, 수돗물로 배지의 수분이 65%되게 조절하여 70ml 시험관에 50g씩 충전하여 면전을 하고, 고압살균기에서 60분간 살균(121 $^{\circ}$ C, 1.2kg/cm 2)한 후 냉각시켰다. 냉각된 배지는 무균상내에서 petri dish에 배양이 완료된 공시균주를 크기가 ϕ 10mm인 cork borer로 절취하여 시험관에 접종한 후 25 \pm 1 $^{\circ}$ C로 조절된 항온기에 20일간 배양하여 균주별 균사생장을 측정하였다.

생리적 특성

배지 선발

공시균주의 최적 배지를 선발하기 위하여 MCM, MYPA, ME, PDA, YM, YMPG, YMG를 표 1과 같이 조제하였다.

Table 1. Composition of various synthetic and semi-synthetic media tested

Nutrition reagent	Medium ¹⁾						
	MCM	MYPA	PDA	ME	YM	YMPG	YMG
Fresh Potato			200.0				
K ₂ HPO ₄	1.0						
K ₂ HPO ₄	0.46					2.0	
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5					1.0	
Glucose	20.0				10.0	10.0	4.0
Maltose							
Dextrose			20.0				
Thiamine HCl						1.0	
DL-Asparagine						1.0	
Peptone	2.0	1.0		5.0	5.0	2.0	
Malt extract		30.0		20.0	3.0	10.0	10.0
Yeast extract	2.0	2.0			3.0	2.0	4.0
Agar	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	15.0

¹⁾ MCM: mushroom complete media, MYPA: malt-yeast-peptone agar, PDA: potato dextrose agar, ME: malt extract agar, YM: yeast-malt agar, YMPG: yeast- malt-peptone-glucose agar, YMG: yeast-malt-glucose agar.

표 1과 같이 혼합된 배지는 15분간 살균(121°C, 1.2kg/cm²) 후 petri dish 에 20ml씩 분주한 후, 공시균(F-1, F-2, F-3, F-4)을 접종하여 25±1°C 항온기에서 10일간 배양하면서 균사생장 정도를 측정하여 최적 배지를 선발하였다.

균사배양 최적온도

선발된 공시균주의 균사배양 최적온도를 규명하기 위하여 기본배지로 선발된 MYPA배지를 조제하여 15분간 고압살균(121°C, 1.2kg/cm²)하고, petri dish에 20ml씩 분주하여, 접종원을 접종하고 15, 20, 25, 30, 35°C의 온도 범위로 조절된 항온기에서 10일간 배양하면서 균사생장과 밀도를 조사하여 최적 온도범위를 조사하였다.

균사배양 최적 pH

공시균주의 최적 pH를 선발하기 위하여 MYPA배지에 1N-HCl과 NaOH를 사용하여 배지의 최초 pH 범위를 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 및 8.0으로 각각 달리 조절하여 15분간 고압살균(121°C, 1.2kg/cm²) 한 후 petri dish에 20ml씩 분주하였다. 여기에 공시균을 접종하여 25±1°C로 조절된 항온기에서 7일간 배양하면서 균사생장 및 밀도를 조사하여 최적 pH 범위를 조사하였다.

최적 영양원 선발

아위버섯균의 균사생육을 위한 최적 탄소원, 질소원을 선발하기 위하여 기본배지와 상기 실험으로부터 얻은 최적조건(온도, 배양기간, pH)을 이용하여 다음과 같이 조사하였다.

기본배지에 탄소원으로 glucose 외 5종의 당류를 각각 1%(w/w)씩 첨가하고, 배지의 pH를 6.0으로 조절한 후 15분간 고압살균(121°C, 1.2kg/cm²) 하였다. 살균된 배지는 petri dish에 20ml씩 분주하여 무균상내에서 공시균을 접종하고 25±1°C로 조절된 항온기에서 7일간 배양한 후, 균사생장 및 밀도를 조사하여 최적 탄소원을 선발하였다.

최적 질소원 선발은 기본배지에 질소원으로 aspartic acid 외 6종의 각종 질소원을 질소 함량이 0.5%(w/w)가 되게 배지를 조제하여 pH는 6.0으로 조절한 다음 15분간 고압살균(121°C, 1.2kg/cm²)한 후, petri dish에 20ml씩 분주하였다. 이 배지를 무균상내에서 공시균을 접종하고 25±1°C로 조절된 항온기에서 7일간 배양한 후, 균사생장 및 밀도를 조사하여 최적 질소원을 선발하였다.

아위버섯균의 목재부후 특성

세포벽 물질 분해의 초미시구조적 특성 분석

광학현미경을 이용한 관찰은 목편의 부후형태와 분해정도를 관찰하기 위해 시료를 2% glutaraldehyde (GA) + 2% paraformaldehyde (PA) 혼합고정액 (in 0.05M cacodylate buffer, pH 7.2)으로 처리한 후 동일 buffer로 세척한 다음 ethyl alcohol 계열로 탈수시킨다. 이어 ethyl alcohol과 xylene의 1:1 혼합액과 100% xylene으로 각각

처리하고 xylene과 paraffin의 1:1 혼합액에 처리 후 paraffin 원액으로 치환시킨 다음 paraffin 블록을 만들어 microtome을 사용하여 15-20μm 두께의 절편을 제작하였다. 절편은 1% safranin과 2% astra blue로 이중염색한 다음 광학현미경 관찰을 실시하였다. 염색하지 않은 절편은 편광현미경 관찰에 사용하였다. 주사형전자현미경의 경우 2% GA+2% PA 혼합고정액으로 고정시킨 톱밥시료를 ethyl alcohol 계열 탈수를 실시한 다음 -20°C에서 1시간 냉동시킨 후 100% t-butyl alcohol로 치환한 다음 동결건조시킨다. 이 시편을 ion sputter를 사용하여 gold coating하여 주사형전자현미경 (Hitachi S-4000 SEM)을 사용하여 관찰하였다. 투과형 전자현미경 관찰(TEM)은 LRW에 포매된 시편을 조제하여 diamond knife를 사용하여 70~90nm (초박절편 두께의 색깔 : gold→silver) 두께의 초박절편을 제작하였다. 이 절편을 1% KMnO₄(in sodium citrate)로 10분간 염색한 시편을 투과형 전자현미경으로 관찰하였다.

Bavendam Test

용해된 한천기본배지 20ml 당 α-naphtol 이나 tannic acid를 0.01~1% (in 1ml ethanol)를 처리하였다. 멸균 후 배지를 petri-dish에 분주하여 시험균을 접종하여 생육도 및 laccase 등의 polyphenoloxidase의 분비정도를 측정하였다. 효소의 분비정도에 따라 목재성분의 분해특성을 분석하였다.

결과 및 고찰

아위버섯균 생리적 특성

균주선발

선발균주의 배양적 특성

공시한 4개의 균주 중 균사생장이 우수한 균주를 선발하기 위하여 PDA배지에서 균사생장 분포도를 조사한 결과 표 2와 같이 F-2가 가장 빨리 자랐고 균사밀도도 높았고 F-3의 경우 균사생육이 F-2와 비슷하였으나 균사밀도가 낮고 공중균사 생성이 많았다. F-1, F-4 경우에는 균사생장이 너무 저조하였으므로 본 연구에서는 F-2를 선발하여 사용하였다.

최적 톱밥배지 선발

아위버섯균 재배용 최적 톱밥배지의 선발 실험결과는 표 3과 같다. F-1, F-4 균주는 서어나무와 톱나무에서 생장이 양호하였지만 전반적으로 생육이 부진했다. F-2와 F-3 균주는 모든 수종에서 생육이 양호하였으며, 특히 톱나무에서 생장이 가장 우수했다.

이 실험 결과 아위버섯을 재배하는데 적합한 수종은 F-1, F-2, F-3, F-4 모든 균주가 잘 자라는 서어나무와 톱나무가 가장 적합한 것으로 나타났다.

Table 2. Mycelial growth of various *Pleurotus ferulae* strains on PDA media

Strain of ferule mushroom ¹⁾	F-1	F-2	F-3	F-4
Growth characteristic				
Mycelial growth ²⁾ (mm/10day)	23±3.9	69±3.9	68±3.9	22±3.9
Mycelial density ³⁾	+++	+++	++	+++

¹⁾ Four strains of Ferule mushroom was collected, subcultured and named as F-1, F-2, F-3 and F-4.

²⁾ Mycelial growth was checked 10 days after inoculation and expressed as average and standard deviation.

³⁾ Mycelial density was examined with naked eyes and expressed as + (thin), ++ (moderate) and +++ (compact).

Table 3. Mycelial growth of various Ferule mushroom strains on different sawdust substrates

Strain of Ferule mushroom ¹⁾	F-1	F-2	F-3	F-4
Sawdust Substrate ²⁾				
<i>Populus alba</i>	38	68	63	47
<i>Carpinus laxiflora</i>	52	59	68	76
<i>Platanus occidentalis</i>	28	60	60	36
<i>Liriodendron tulipifera</i>	52	86	84	72
<i>Quercus serrata</i>	35	64	62	49

¹⁾ Refer to Footnote of Table 2.

²⁾ Different species of sawdust substrates (10~20 mesh) were mixed with rice bran (20%, w/w) and tap water was added to keep the moisture content at 65%(w/v).

기본배지 선발

아귀버섯균의 균사생육에 가장 좋은 기본배지를 선발하기 위하여 표 1과 같은 7종의 공시배지를 이용하여 균사생육 및 밀도를 조사하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

공시한 7종의 배지중 MYPA에서 84.0±2.4(mm/10day)로 가장 빠르게 성장하였으며 균사밀도 또한 높았다. 반면에 ME배지에서는 MYPA배지와 성장속도가 비슷하였으나 균사밀도 면에서는 많은 차이를 보였다. 그 외에도 MCM, YMPG에서도 균사생장을 빨랐으나 균사밀도가 낮았으며, YM, YMG, PDA에서는 균사생장속도가 느렸고 균사밀도 또한 낮았다. 이 실험으로 아귀버섯균에 적합한 합성배지는 MYPA배지임을 알 수 있었다.

온도 및 pH별 균사배양적 특성

균사생장에 적합한 최적온도를 검토한 결과는 그림 1과 같다. 생육온도 20℃이하와 30℃이상에서는 균사생장이

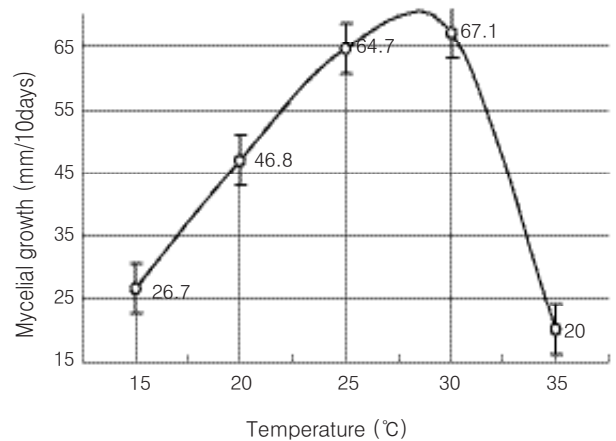


Fig. 1. Effect of cultural temperature on the mycelial growth of Ferule mushroom (F-2) on malt-yeast-peptone-agar(MYPGA) medium.

Table 4. Mycelial growth of Ferule mushroom (F-2) on various synthetic and semi-synthetic media

Media ¹⁾	MCM	MYPA	PDA	ME	YM	YMPG	YMG
Growth Characteristic ²⁾							
Mycelial growth(mm/10day)	81.2±1.3	84.0±2.4	64.7±3.9	84.0±2.2	61.5±0.2	80.3±1.4	74.2±1.9
Mycelial density	+	+++	++	++	+++	++	++

1) Refer to Table 1.

2) Refer to the footnotes of Table 2.

급격히 저하하는 경향을 보였으며, 25~30°C에서 가장 빠른 균사 성장속도를 나타내었다.

이는 느타리버섯속의 생육최적 온도가 *P. eryngii*는 25°C, *P. ostreatus*와 *P. florida*는 30°C인 것처럼, 느타리속은 종에 따라 균사최적 온도가 다르다는 Zadrazil(1978)과 Sohi와 Upadhyay(1989)의 주장과 유사한 경향을 나타내었다.

균사성장 최적 pH를 조사한 결과 표 5에서 보는 바와 같이 pH 5.0~7.0 범위에서 균사 성장정도가 비교적 양호하였으며, 특히 pH 5.0~6.0에서 균사성장속도가 가장 우수하였다.

이는 아위버섯균이 강산성이나 알칼리성에서는 잘 자라지 않는 반면 약산성에서 잘자란다는 것을 보여준것이다.

Table 5. Effect of initial pH on the mycelial growth¹⁾ of *Pleurotus ferulae*

Initial pH	Mycelial growth (mm/7days)	Mycelial Density
4.0	48.8 ± 2.8	++
5.0	63.2 ± 1.2	+++
6.0	64.0 ± 3.1	+++
7.0	60.8 ± 2.6	++
8.0	59.8 ± 1.8	+

¹⁾ Refer to the footnotes of Table 2.

최적 영양원 선발

탄소원이 균사생장에 미치는 영향

MYPAB에 탄소원이 1%(w/w)가 되게 조제하고 7일간 균사 배양 후, 균사생장과 밀도를 조사한 결과는 표 6과 같다.

Table 6. Effect of carbon sources on the mycelial growth¹⁾ of *Pleurotus ferulae*

Carbon source ²⁾	Mycelial growth (mm/ 7days)	Mycelial density
Control	54.6 ± 2.5	++
Glucose	54.8 ± 1.2	++
Xylose	52.9 ± 2.2	+
Maltose	61.0 ± 1.3	+++
Lactose	53.0 ± 2.8	++
Fructose	57.5 ± 0.2	++
Mannitol	54.2 ± 0.9	++
Soluble Starch	63.1 ± 0.8	+++

¹⁾ Refer to the footnotes of Table 2.

²⁾ Each carbon sources (1%, w/w) was added into MYPAB.

다당류인 soluble starch를 첨가한 배지에서 7일만에 63.1mm로 균사생장이 가장 빨랐으며, 균사 밀도 또한 가장 양호하였다. 그 다음으로는 maltose가 양호 하였으며, 단당류 5탄당인 xylose에서 균사생장 및 밀도가 가장 저조하게 나타났다.

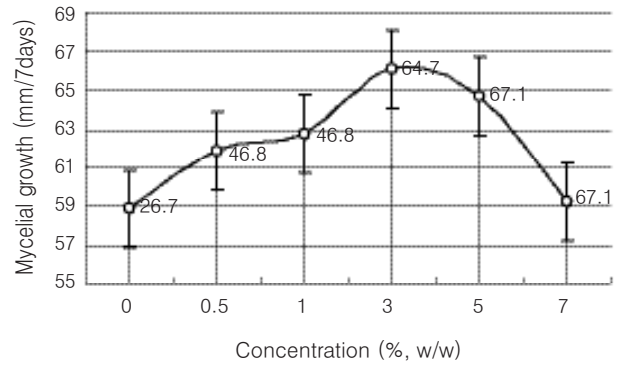


Fig 2. Effect of soluble starch concentration on the mycelial growth of *Pleurotus ferulae*.

또 최적 soluble starch의 농도는 그림 2와 같이 3%(w/w)농도에서 가장 좋았으며, 7%농도에서는 균사생장이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

질소원이 균사생장에 미치는 영향

최적 질소원 선발 실험결과(표 7) malt extract와 yeast extract를 혼합하여 첨가하였을 때 67.8mm/7day로 가장 빠른 균사 성장속도를 나타내었으며, 균사밀도 또한 높았다. 반면 malt extract를 단독으로 사용하였을 때는 첨가하지 않는것보다 성장속도가 늦었으며, yeast extract를 첨가한 것은 성장속도에 영향을 거의 주지 못하였다.

최적 질소원으로 선정된 malt extract와 yeast extract의 최적 농도를 조사하기 위하여 이 두가지 질소원을 1:1의 무게비로 총 0~2.0%(w/w)의 농도로 배지를 조제하여 배양한 결과, 그림 3에서와 같이 0.5%(w/w)농도에서 최대 균사생장을 보였으나 0.5% 이상의 농도에서는 감소하였다.

Table 7. Effect of nitrogen sources on the mycelial growth of *Pleurotus ferulae*

Nitrogen source	Mycelial growth (mm/ 7days)	Mycelial density
None	54.6 ± 2.5	++
Yeast extract	55.7 ± 2.1	+++
Malt extract	33.2 ± 1.6	+
Yeast extract + Malt extract	67.8 ± 1.9	+++
Peptone	40.6 ± 2.5	++

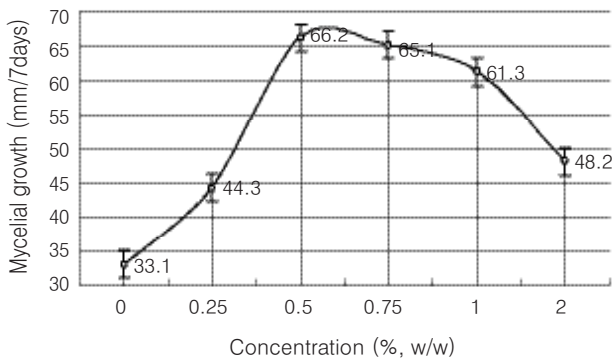


Fig. 3. Effect of malt and yeast extract [1:1(w/w)] on the mycelial growth of *Pleurotus ferulae*.

아위버섯균의 목재부후 특성

세포벽 물질 분해의 초기구조적 특성 분석

아위버섯 균사의 Bavendam 반응과 분해양태의 현미경 관찰 결과 식용버섯이 일반적으로 백색부후균으로 알려진 바와 같이 백색부후의 특징을 나타내었다. 리기다소나무와 줄참나무의 변재 부위를 시편으로 조제 후, 아위버섯 균사를 배양한 PDA 배지에 40일 동안 배양하여 현미경으로 관찰한 결과는 다음과 같다.

리기다소나무 목편의 경우 주로 수직수지구와 방사조직의 방사유세포에 균사가 집중적으로 분포하였다 (Fig. 4.). 이는 방사조직이 원형질이나 전분립을 포함하고 있어서 (Core 등, 1979) 아위버섯 균사가 목재 세포벽의 분해에 앞서 이를 우선적으로 영양원으로 이용하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 리기다소나무의 광학현미경과 편광현미경 관찰 결과 가도관의 내강에 균사가 분포함에도 불구하고 목재 세포벽의 분해는 크지 않았다. 다만 일부 세포에서 백색부후의 분해 형태인 세포벽의 일부가 분해되는 침식 현상과 세포내강에서 중간층으로 세포벽이 점점 얇아지는 박벽화 현상이 미약하게 나타났다 (Fig. 5.). 편광현미경 관찰 결과, 갈색부후 균의 부후 시편에서 부후 초기에 S3층은 복굴절성이 감소하지 않고 S2층에서 복굴절성이 감소하는 것과는 달리, 리기다소나무 세포의 S3층에서부터 복굴절성이 감소하여 세포 내강에서 중간층으로 셀룰로스의 분해가 이루어짐을 나타내었다 (Fig. 6.). 균사의 세포간 이동은 벽공을 통한 이동과 직접 세포벽을 뚫고 bore hole을 형성하여 다른 세포벽으로 이동하는 것이 관찰되었다 (Fig. 7.). 그러나 방사조직 내에서도 방사유세포에 균사가 밀집되어 있고 분해가 이루어진 반면에 방사가도관에는 균사의 분포가 적었으며 부후도 거의 이루어지지 않았다 (Fig. 8., 9.). 줄참나무 변재의 경우 리기다소나무와는 달리 분해가 더 이루어짐이 관찰되었다 (Fig. 10.). 균사의 세포간 이동은 벽공과 bore hole을 통해 이동하였다 (Fig. 11.). 목섬유의 박벽화와 침식현상, 축방향유세포의 박벽화가 관찰되었으며 (Fig. 12., 13.), 방사유세포가 현저히 침식됨이 관찰되었다 (Fig. 14.). 아위버섯균이 활

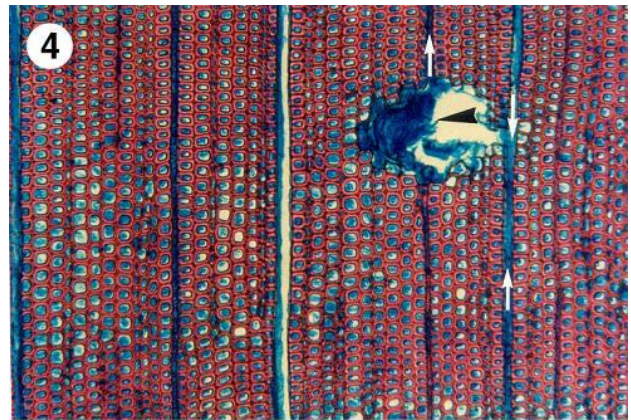


Fig. 4. Distribution of *Pleurotus ferulae* mycelia on wood cells of *Pinus rigida*. Mycelial distribution of *P. ferulae* in longitudinal resin canal (arrow head) and ray parenchyma cells (arrow) could be shown.

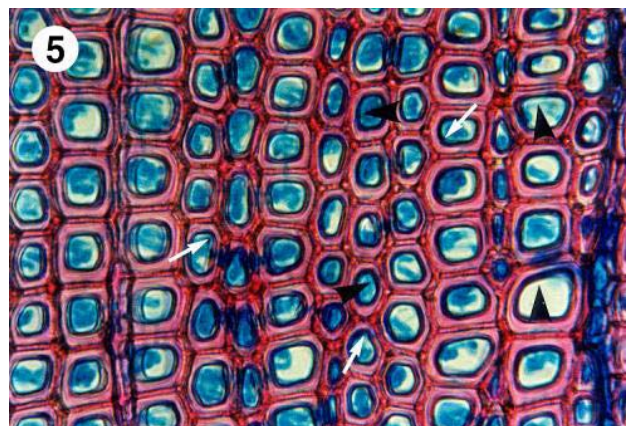


Fig. 5. *P. rigida* wood cell wall degrading by *P. ferulae*. Cell wall thinning (arrow head) and erosion (arrow) could be shown.

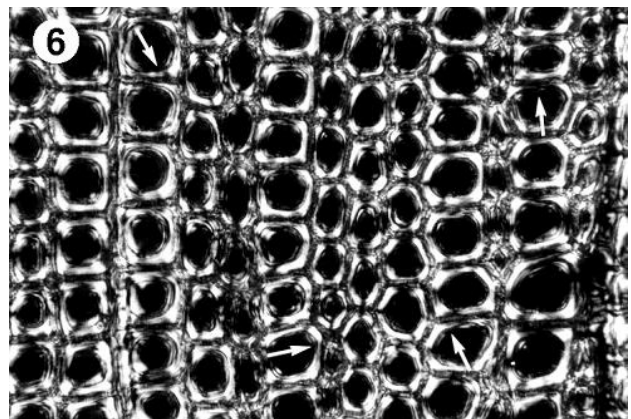


Fig. 6. Briefingence of *P. rigida* cell wall with polarized light microscopy. Only part of tracheides could be shown lost brifringence but not most of wood cells.

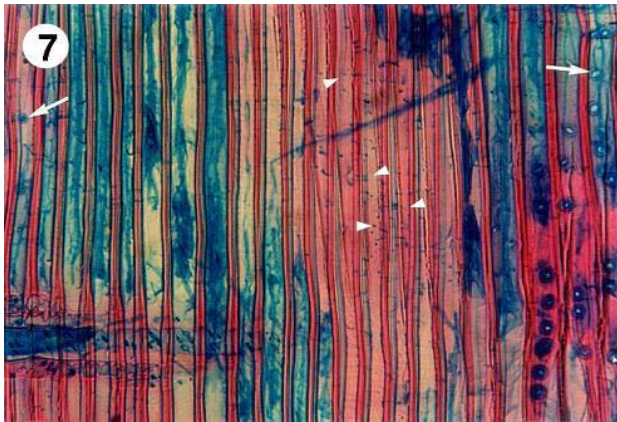


Fig. 7. Mycelial movation of *P. ferulae* thourgh hole (arrow head) and cell pits (arrow).



Fig. 10. Largely degradation of *Quercus serrata* sap wood cell by *P. ferulae*.

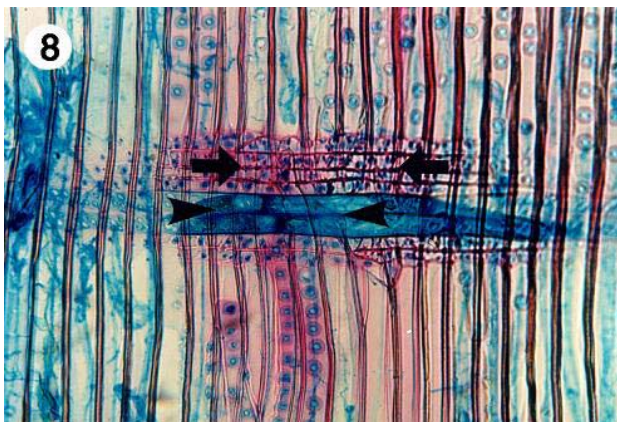


Fig. 8. Mycelial distrovition of *P. ferulae* in *P. rigida* cells. Much mycelial distrovition could be shown in ray parenchyma cell (arrow head) but not in ray tracheid (arrow).

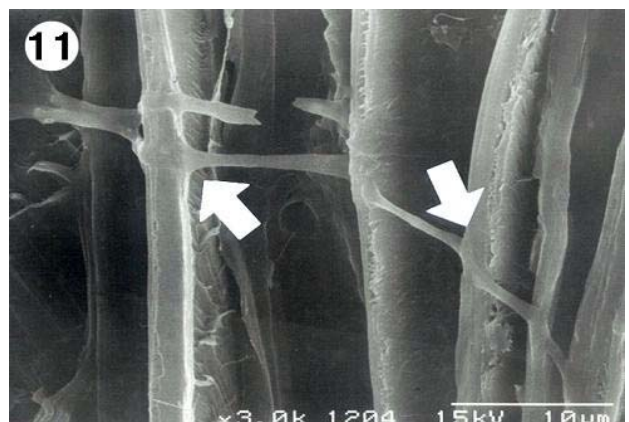


Fig. 11. Mycelial movement of *P. ferulae* directly thourgh cell wall of *Q. serrata*.

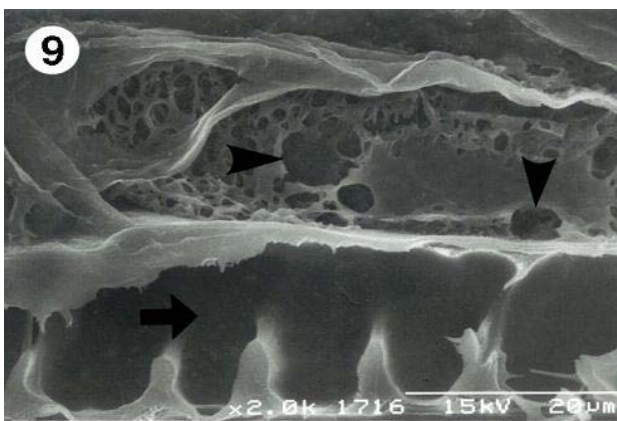


Fig. 9. Ray parenchyma cell degradation of *P. rigida* by *P. ferulae*. Severe degradation of ray parenchyma cell (arrow head) but little degradation of ray tracheid cell (arrow) of *P. rigida*.

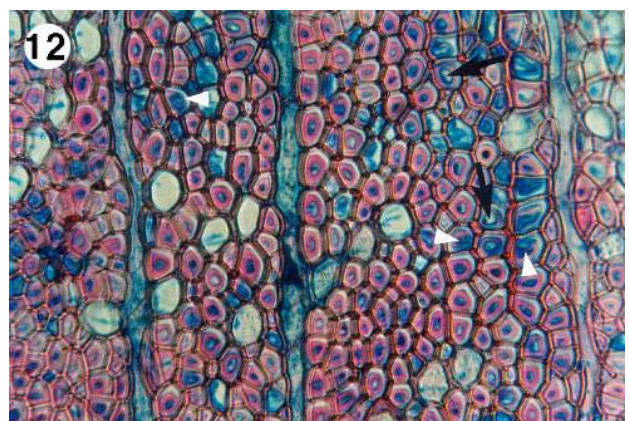


Fig. 12. Cell erosion (arrow head) and cell wall thinning (arrow) of *Q. serrata* by mycelia of *P. ferulae*.

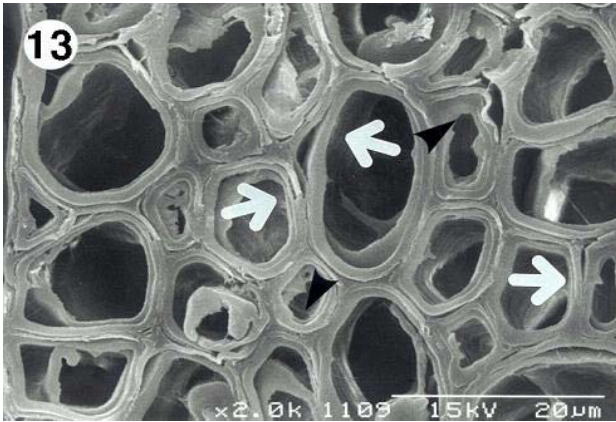


Fig. 13. Partly cell erosion (arrow head) and largely cell wall thinning (arrow) of *Q. serrata* by mycelia of *P. ferulae* (SEM).

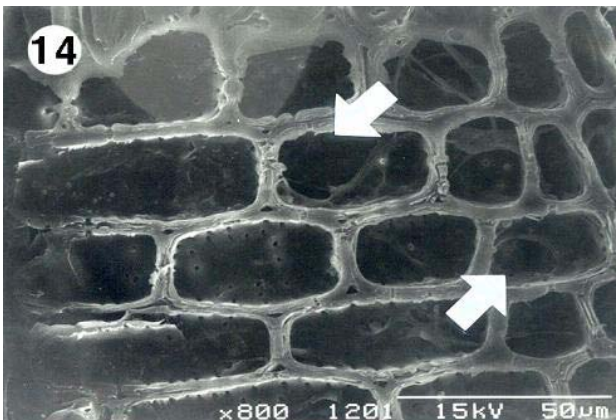


Fig. 14. Partly erosion of ray parenchyma cell of *Q. serrata* by *P. ferulae* (SEM).

엽수재인 졸참나무보다 리기다소나무를 크게 분해시키지 못하는 이유는 침엽수재가 갖고 있는 화학적 성질의 특징 때문인 것으로 사료된다. 활엽수재는 침엽수재에 비해 헤미셀룰로스의 양이 많고, 리그닌 양이 적을 뿐만 아니라 리그닌의 구성성분 자체도 침엽수재의 guaiacyl 타입의 리그닌 보다 분해하기 쉬운 syringyl 타입으로 구성되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

나. Bavendam Test

용해된 한천 기본배지 20ml당 tannic acid를 0.001~1%를 처리한 후 공시균을 접종하여 아위버섯균의 부후특성을 파악하였다.

Bavendam test를 통한 아위버섯균의 균사생장도를 조사한 결과, tannic acid의 함량이 많아질수록 균사생장이 더 양호하지만, 큰 차이는 보이지 않았다(Fig. 15.). 또한, tannic acid 1%가 함유된 배지에서 균사가 성장한 부위가 갈색으로 변하였다. 아위버섯균의 경우, tannic acid의 함

량이 많아질수록 균사생장이 더 양호한 것으로 나타났으며, tannic acid 1%가 함유된 배지에서 균사가 성장한 부위가 갈색으로 변하였다. 이 실험에서 아위버섯균은 백색 부후균인 것으로 규명되었다.

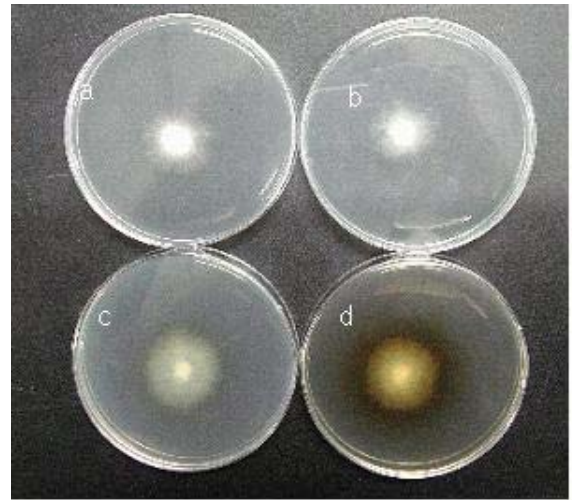


Fig. 15. Mycelial growth of *Ferule* mushroom on agar media and formation of brown pigmentation.

Tannic acid contents

- a (0.001%, w/w)
- b (0.01%, w/w)
- c (0.1%, w/w)
- d (1%, w/w)

적 요

본 연구의 결과는 다음과 같다.

국내외에서 수집된 아위버섯 4균주(F-1, F-2, F-3, F-4)를 공시하여 우량 균주를 선발한 결과 균사생장이 빠르고 균사밀도가 좋은 F-2 균주를 선발하였다.

선발된 아위버섯균은 MYPA배지에서 균사생장이 가장 좋았으며, 균사생장 최적 온도는 25~30℃이며 30℃에서 가장 빨리 자랐다. 그리고 균사배양 최적 산도는 pH 5.0~6.0 이었다.

아위버섯균의 균사생장을 위한 최적배지조성은 탄소원에서는 다당류인 soluble starch이고 그 다음으로는 maltose였으며, 최적 탄소원인 soluble starch의 적정농도는 1%(w/w)였다. 질소원에서는 yeast extract 0.25%(w/w), malt extract 0.25%(w/w)를 혼합하였을 때 가장 빠른 생장속도를 보여주었으며, malt extract 만을 첨가하였을 때는 균사생장이 극히 부진하였다.

아위버섯균의 현미경 관찰 결과 일부 세포벽의 박벽화와 침식 현상이 관찰되었지만, 이 같은 현상이 광범위하게 관찰되지 않았다는 점에서 아위버섯균에 의한 리기다소나무재의 분해는 매우 미미한 것으로 사료된다.

아위버섯균에 의해 분해된 리기다소나무재의 편광현미경 관찰 결과 일부 세포의 S3에서 복굴절성이 감소하는 것으로 나타나 아위버섯균이 부분적으로 셀룰로스를 분해하고 있음이 관찰되었다. 그러나 이 같은 복굴절성이 소멸되는 가도관은 많지 않아 아위버섯균에 의한 리기다소나무재의 셀룰로스의 분해 역시 크지 않았음을 보여주고 있다.

아위버섯균의 줄참나무재의 분해결과 리기다소나무재에 비하여 방사조직과 측방향유세포에서 분해가 상당히 이루어졌고, 목섬유에서도 부분적으로 침식과 박벽화가 상당히 진행되었음을 알 수 있었다.

Bavendam Test결과 아위버섯균은 탄닌산을 분해하여 갈색의 대사물질을 형성하여 전형적인 백색부후균의 부후형태를 나타내었다.

참고문헌

- 박완희, 이호득. 1999. 한국약용버섯도감, (주)교학사, 서울 : 389.
- 박용환. 1997. 최신 버섯학, 한국버섯원균영농조합, 서울 : 15.
- 박중수, 박용환, 차동열, 유창현, 김양섭. 1987. 한국산버섯원 색도감(I) : 농촌진흥청.
- 박중수, 박용환, 차동열. 1995. 새로운 버섯재배. 농촌진흥청. 129-152.
- 성재모, 유영복, 차동열. 1998. 버섯학, 교학사, 서울 : 64.
- 이지열. 1991. 菌學 · 버섯栽培, 대광문화사, 서울 : 259.
- 정환채, 주현규. 1989. 잎새버섯 우량계통육성과 인공재배법개발. 차동열, 유창현, 김광포. 1989. 최신버섯 재배기술, 상록사. 107-435.
- Anonymous. 1988. Shiitake mushroom research holds hope for ADIS and cancer *Agric. Life Line*, Issue 4, Geode Specialty Growers Assn, Burlington, IA, 1.
- Chahal, D. S. and Khan, S. M. 1991. Production of mycelial biomass of oyster mushrooms on rice straw. *Science and Cultivation of Edible Fungi* : 709-716.
- Chihara, G., Hamuro, J., Maeda, Y., Arai, Y., and Fukuoka, F. 1970. Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (an edible mushroom). *Cancer Res.* 30 : 2776-2781.
- Choi, M. J. and Lee, J. Y. 1983. Physiological and Ecological Studies on Mycelia of *Armillariella mellea*. *Kor. J. Mycol.* 11(2): 79-84.
- Core, H. A. Cote, W. A. and Day, A. C. 1979. WOOD: Structure and identification, second edition. *Syracuse University Press*, Syracuse, 90-128.
- Eriksson, K.-E. L., Blanchette, R. A. and Ander, P. 1990. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. *Springer-Verlag*, Berlin, 20-31.
- Fujii, T., Maeda, H., Suzuki, F., and Ishida, N. 1978. Isolation and characterization of a new antitumor polysaccharide, KS-2, extracted from culture mycelial of *Lentinus edodes*. *J. Antibiot.* 31 : 1079-1090
- Go, S. J., You, C. H. and Park, Y. H. 1984. Effect of Temperature, pH, Carbon and Nitrogen Nutritions on Mycelial Growth of *Pleurotus sajor-caju*(Fr.)Sing. and *Pleurotus ostreatus*(Fr.)Quel. *Kor. J. Mycol.* 12(1): 15-19.
- Hayes, W. A., 1978. The biology and Cultivation of Edible mushroom. *Academic Press*, London: 191-237.
- Highley, T. L. 1982. Influence of type and amount of lignin on decay by *Coriolus versicolor*. *Can J. For. Res.*, 12: 435-438.
- Hong, J. S., Lee, K. S. and Choi, D. S. 1981. Studies on Basidiomycetes(1). On the Mycelial growth of *Agaricus bitorquis* and *Pleurotus ostreatus*. *Kor. J. Mycol.* 11(3): 121-128.
- Humfeld, H. and Sugihara, T. F. 1940. Mushroom mycelium production by submerged propagation. *Food. Tech.* 3: 355.
- Humfeld, H. and Sugihara, T. F. 1952. The nutrients requirements of *Agaricus campestris* growth in submerged culture. *Mycologia*, 44: 605-620.
- Ikekawa, T., Uehara, N., Maeda, Y., Nakanishi, M. and Fukuoka, F., 1969. Antitumor activity of aqueous extracts of edible mushroom. *Cancer Res.* 29 : 734-735.
- Jennison, M. W., Newcomb, M. D. and Henderson, R. 1955. Physiology of the wood-rotting basidiomycetes. 1. Growth and nutrition in submerged culture in synthetic media. *Mycologia* 47(3): 275-304.
- Kim, H. K., Park, J. S. Kim, Y. S. Cha, D. Y. and Park, Y. H. 1988. Studies on the Mycelial Growth Conditions of *Agrocybe aegerita*. *Res. Rept. RDA* 30(3): 141-150.
- Kleinschmid, T. W. J. 1972. Biochemistry of interferon and its inducers. *Ann. Rev. Biochem.* 41 : 576.
- Mizuno, T. 1994. Food function and Medicinal Effect of mushroom Fungi. *Shizuoka University*. Japan. : 1-170.
- Mizuno, T., Kato, N., Totsuka, A., Takenaka, k., Shinkai, K. and Shimizu, M., 1984. Fraction structural features and antitumor activity of water soluble polysaccharide from "Risque" the fruit body of *Ganoderma lucidum*. *Nippon Nogeigaku Kaishi*, 58 : 871-880.
- Paul D. M. 1981. Tree Disease Concepts. *Prentice-Hall*. 224-285.
- Pegler, D. N. and Watling, R. 1982. British toxic fungi. *Bull. Br. Mycol. Soc.* 16, 66-75.
- Sakamoto, R., Nimi, Takahash. and T, S. 1978. Effect of carbon and nitrogen sources on submerged culture of edible Fungi. *Agri. Chem. Sci. Japan.* 52: 75.
- Sohi, H. S. and Upadhyay, R. C. 1989. Effect of Temperature on mycelial growth of *Pleurotus* species and yield performance on selected substrates. *Mushroom science* (part II): 49-56.
- Suzuki, F., Koide, T., Tsunoda, A. and Ishida, N., 1973. Mushroom extract as an interferon inducer(1), Biological and physiological properties of spore extract of *Lentinus edodes*. *Mushroom Sci.*, 9(part I) : 509.
- Torev, A. 1969. Submerged culture of higher fungi mycelium on an industrial scale. *Mush. Sci.* VII: 585-589.
- Yoon, D. S. 1959. *Rep. Inst. Sci. Tech. Dept. Natl. Defense.* 4 : 73.
- Zadrazil, F. 1978. Cultivation of *Pleurotus*, Pp 524. In: Chang, S. T. and Hayes, W. A. Eds. The Cultivation of Edible Mushroom. *Academic Press, New York*.
- 寺下隆夫. 1989.きのこの生化学と利用. 応用技術出版 : 1-263.