

Title	<論文>低毒性防かび剤の研究 : (1)ゴムノキの防かび
Author(s)	角田, 邦夫; 高橋, 旨象; 西本, 孝一
Citation	木材研究・資料 (1983), 17: 122-131
Issue Date	1983-03-25
URL	http://hdl.handle.net/2433/51569
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

低毒性防かび剤の研究

(1) ゴムノキの防かび*

角田 邦夫**・高橋 旨象**・西本 孝一**

Studies on Low Toxicity Anti-Sapstain Chemicals

(1) Chemical Control to Prevent Sapstain and Mold on Rubber Wood

KUNIO TSUNODA, MUNEZOH TAKAHASHI
and KOICHI NISHIMOTO

Abstract

Rubber wood is a potential substitute of currently used commercial timbers as the trees grow fast and are felled every 20~30 years for replanting due to the decrease in latex yield. However, a major problem in rubber wood utilization is concerned with its poor resistance against insect and fungal attacks. If the problem is led to resolution, the extensive development could be promising in the near future.

Deterioration of rubber wood after felling is initiated by microorganisms such as sap-staining fungi and molds. It is, therefore, essential to prevent their invasion for obtaining stain-free rubber wood materials in wood industries.

The present investigation is related to the isolation of fungi and to the evaluation of effectiveness of some chemicals and mixtures in controlling fungal growth in the laboratory.

Isolation of sap-staining fungi, molds and basidiomycetes from fungus-infected rubber logs showed the heavy infestation of *Botryodiplodia theobromae* PAT., a typical blue-staining fungus, and a few species of mold. The isolated *B. theobromae* and three other fungi were served to the next experiment of which various chemicals and mixtures were tested for their effectiveness in controlling fungal growth on the treated sapwood specimens of rubber wood (*Hevea brasiliensis* MUELL.-ARG.) placed on the nutrient agar medium in Petri dishes. Wood specimens, measuring 4(T)×4(L)×0.45(R) cm, were dipped in treating solutions for 30 seconds and then air-dried. Each of the treated specimens was placed in a Petri dish with spore suspension of a test fungus. Visual evaluation was made every once a week for 4 weeks at 26±2°C.

Among the tested chemicals and mixtures, a mixture of 4-chlorophenyl-3-iodopropargylformal and 2-(4-thiazolyl) benzimidazole (mixing ratio 3:1) was superior to others in effectiveness. At 2% treating level, the growth of all the test fungi was completely inhibited, whereas

* 一部は第31回日本木材学会大会において発表

** 木材防腐防虫実験施設 (Research Facility for Wood Protection)

tributyltin oxide, trichlorophenol and benomyl [1-(butylcarbamoyl)-2-benzimidazole carbamic acid, methyl ester] failed to prevent fungal growth on the wood specimens at the same level. The results seem to expect that the mixture becomes an alternative low toxicity anti-sapsatin agent instead of world-wide commercial trichlorophenol and pentachlorophenol.

ゴムノキは、従来の有用森林資源の枯渇が進む中で、これらの代替材料となる諸性質を備えているが、生物劣化に対する抵抗性が極めて低く、資源量の割にはあまり利用されていない。本研究では、微生物に侵害されたゴムノキ丸太から変色菌や汚染菌を分離し、分離菌を含む数種の供試菌に対する各種薬剤の防かび効力を検討した。

分離された菌には、ゴムノキの代表的な青変菌である *Botryodiplodia theobromae* PAT. の他、*Penicillium* sp., *Gliocladium* sp. などの汚染菌があった。

ゴムノキ辺材から採取した試験片（4×4×0.45 cm）を各処理薬液中に30秒間浸漬後、風乾し、シャーレ内の人工組成培地上に置き、供試菌の孢子懸濁液を試験片上および周辺にまき、26±2°C 下で4週間培養した。培養開始後1週間毎に肉眼による観察を行い、薬剤による供試菌の生育防止の程度を判定した。この結果、有機ヨウ素化合物とベンツイミダゾール系化合物との混合物の防かび性能がもっとも優れており、特に、混合割合を3：1にした時の防かび効果が顕著であった。この混合物は、現在汎用されている防かび剤に代る低毒性防かび剤として実用の可能性があり、今後さらに温度安定性、効力持続性などに関する研究を推進していく価値がある。

1. 緒 言

ゴムの原料植物、すなわち、弾性ゴムを含むものとしては、トウダイグサ科、クワ科、キク科、キョウチクトウ科などに属する200種以上が知られている。しかし、一般にゴムノキと言えば、トウダイグサ科（Euphorbiaceae）のパラゴムノキ（Para rubber tree, *Hevea brasiliensis* MUELL.-ARG.）であり、世界の天然ゴム生産の90%以上が本種から採取されている。天然ゴム栽培の主要国には、マレーシア、インドネシア、タイ、スリランカなどの東南アジア諸国があげられる。特に、マレーシアでは、栽培面積が約170万 ha¹⁾にも及び、生産量は全世界の40%をこえている。

ゴムノキは、本来ゴムの原料であるラテックスを得るために栽培されているが、ラテックスの収率や品質の維持を考慮して、20～30年毎に更新（面積として平均約3%）されている。ゴムノキの木材としての生産量は年間130～180 ton/ha と算定されており¹⁾、マレーシアでは、年々600～700万 ton ずつが生産され、利用可能とされている。これらのうち、100～200万 ton が製材に適する直径20 cm 以上の木材である。しかしながら、伐倒後に利用されるものは約半年分の量にしか過ぎず、主として燃料源やチップ、家具材料として利用されているが、残りの大半は、野外で燃却されるか放置されたままになっているのが現状である。

ゴムノキは材色が淡黄白色（心辺材の色調差は顕著でない）、絶乾比重0.55（0.50～0.60）で、比較的加工性や釘保持力も良好であり、パルプ、チップ原料以外に家具等への利用拡大を考慮できよう。

マレーシアでは、従来広く利用されてきた有用樹種資源の枯渇にともない、潜在的な森林資源としてゴムノキが注目されつつあり、その有効利用開発が急務とされているが、生物劣化（とりわけ、変色菌、汚染菌、腐朽菌に対して）に対して極めて抵抗性が低く、實際上、利用開発を推し進めていく上での大きな障害になっている。防腐・防かび剤として現地で利用されてきたペンタクロロフェノールナトリウム塩（Na-PCP）は、人畜への毒性が高く、使用中止の方向に向かっている。そこで、Na-PCP に代って生物劣化の防止を可能にする低毒性保存剤の開発が肝要である。

当実験施設では、ゴムノキを伐倒直後に現場処理して生物劣化を防止する実用的手段を開発するため、微生物に侵害されたゴムノキから菌を分離することから着手し、分離された菌に対する薬剤の効力を判定し、実用可能な薬剤の組成を決定するための試験を続けてきた。ここにその結果を報告する。

2. 実験方法

2-1. 変色菌の分離

明らかに変色菌（あるいは腐朽菌）に侵害されたゴムノキ丸太（直径約 30 cm、長さ約 2 m）を繊維方向に半分に鋸断し、その木口部と中央部から巾 10~20 cm、厚さ 2~3 cm の板状試料を採取し、各板の5箇所から約 1 mm 立方のサイコロ状小片を10 ずつ作り、それらのうち5 個ずつをシャーレ内の麦芽エキス寒天、ツァペック寒天培地上に静置した (Fig. 1 参照)。ツァペック寒天培地は一般に菌類の分離に汎用されているが、本研究では、特に担子菌の分離を企図して、*o*-フェニルフェノールを加えた麦芽エキス寒天培地を併用した。培地の組成は下記の通りである。発生したコロニーを順次純粋な単一菌になるまで培養を繰り返した。分離に供した丸太は、無処理、伐倒後にクレオソートあるいは市販薬剤による処理をしたもの各1本であった。

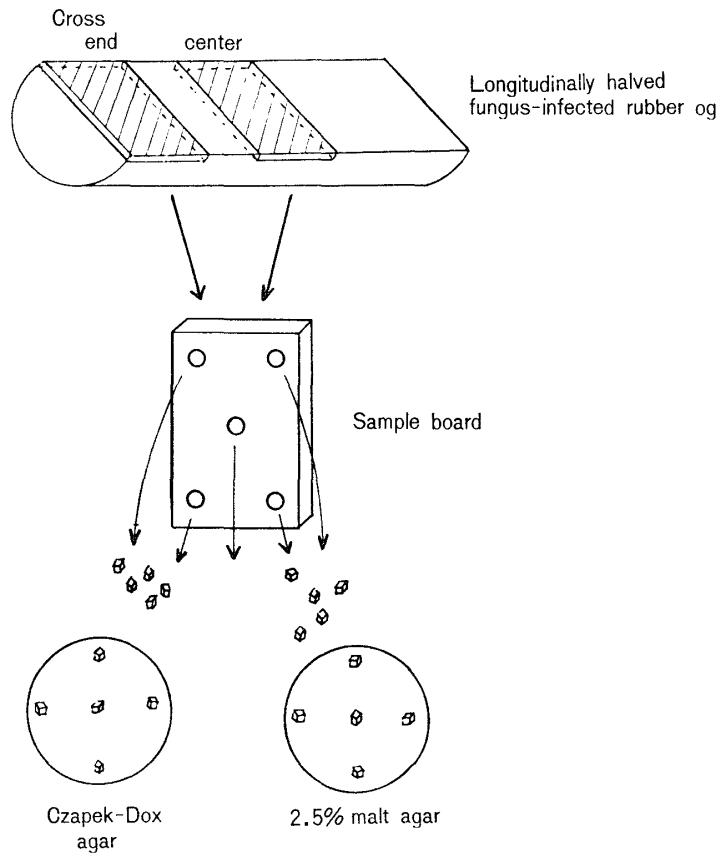


Fig. 1 Isolation of fungi from rubber logs.

ツァペック寒天培地 (Czapek-Dox agar medium)

NaNO ₃	2.0 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5 g

KCl	0.5 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.01 g
Saccharose	30 g
Agar	20 g
Distilled water	1,000 ml

麦芽エキス寒天培地 (Malt agar medium)

Malt extract	25 g
Agar	20 g
Distilled water	1,000 ml

これに *o*-フェニルフェノールを 0.06 % になるように添加

2-2. 薬剤の防かび効力試験

供試薬剤の防かび性能試験は、シャーレに注加し、固化した下記の人工組成培地上に各濃度の供試薬液で処理した試験片 (ゴムノキ辺材, 4(T)×4(L)×0.45(R) cm) を置き、供試菌の孢子懸濁液を試験片の上面および周辺にふりかけ、26±2°C 下で4週間培養を行い、試験片上の菌糸の生育状況から防かび性能を Table 1 の評価基準にしたがって判定した。

培地の組成 (Nutrient agar medium)

Peptone	5.0 g
Malt extract	10 g
Glucose	25 g
KH ₂ PO ₄	3.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.0 g
Agar	20 g
Distilled water	1,000 ml

処理の方法は、処理薬液中に試験片を30秒間浸漬するのを原則とした。各試験条件につき最低3枚の試験片を処理し、供試した。供試薬剤は Table 2 に示す通りである。

供試菌としては、ゴムノキから分離した菌2種と *Aureobasidium pullulans* (DE BARY) ARNAUD (IFO 6353)*, *Gliocladium virens* MILLER, GIDDENS and FOSTES (IFO 6355)*, *Aspergillus niger* VAN TIEGHEM (IFO 6342)* の3種を用いた。

3. 結果と考察

3-1. 分離菌

分離された菌は、Table 3 に示すように、クレオソートや市販薬剤で処理したゴムノキ丸太からも得られた。分離菌Aはゴムノキの代表的な青変菌である *Botryodiplodia theobromae* PAT. であることが顕微鏡観察から確認された (Fig. 2, 3 参照)。分生子殻から飛び出した分生孢子は暗色の楕円から長円形を呈しており、成熟孢子には特徴的な隔膜 (septum)²⁾ があり、孢子が中央部で二分されているのが認められた (Fig. 3)。

分離菌Bは、*o*-フェニルフェノールを添加した麦芽エキス寒天培地からだけ分離され、腐朽担子菌の1種である可能性もあったが、今回の研究では確認しなかった。分離菌C~Fは、*Penicillium*, *Gliocladium* あるいは、*Trichoderma* どの汚染菌であったか、種の同定はしていない。

B. theobromae は、空気感染型の変色菌であり、熱帯地方一帯に広く分布している。熱帯材の中でも材が

* Accession number, Institute for Fermentation, Osaka, Japan (財団法人 発酵研究所, 菌株番号)

Table 1 Fungicidal ratings based on fungal growth on the wood specimens.

Rating	Fungal growth on the surface of wood specimen
1	No fungal growth on the specimen
2	Moderate infection : infected area covered less than 1/3 of the total surface of specimen
3	Heavy infection : infected area covered 1/3 or more of the total surface of specimen

Table 2 Chemical formulations tested for their effectiveness in controlling fungal growth.

Sample No.	Active ingredient %
1	IF* ¹ 1.2+BZA* ² 0.08
2	IF 1.2+BZA 0.16
3	IF 1.2+BZA 0.24
4	IF 1.2+BZA 0.08+ Benomyl* ³ 1.0
5	Benomyl 2.0
6	TBZ* ⁴ 1.0
7	TBZ 2.0
8	TBZ 3.0
9	IF 1.5
10	IF 2.0
11	IF 3.0
12	IF 1.5+TBZ 0.5
13	IF 2.0+TBZ 0.5
14	IF 2.5+TBZ 0.5
15	TBTO* ⁵ 2.0
16	TCP* ⁶ 6.0
17	Na- TBP* ⁷ 4.0

*1 : 4-chlorophenyl -3'-iodopropagylformal

*2 : 2-benzimidazole carbamic acid, methyl ether

*3 : 1-(butylcarbomoyl)-2-benzimidazole carbamic acid, methyl ester

*4 : 2-(4-thiazolyl) benzimidazole

*5 : bis(tri-*n*-butyltin) oxide

*6 : 2,4,6-trichlorophenol

*7 : sodium salt of 2,4,6-tribromophenol

Table 3 Isolated fungi from rubber wood (+: isolated).

Isolate*	Origin	Untreated wood		Creosoted wood		Treated wood by commercial fungicide	
		Cross end	Center	Cross end	Center	Cross end	Center
A		+	+	+	+	+	+
B		+	+		+		+
C					+	+	+
D			+	+	+		
E					+		+
F					+		

*A: *Botryodiplodia theobromae* PAT.

B: decay fungus (?)

C-F: moulds such as *Penicillium*, *Gliocladium* and *Trichoderma*

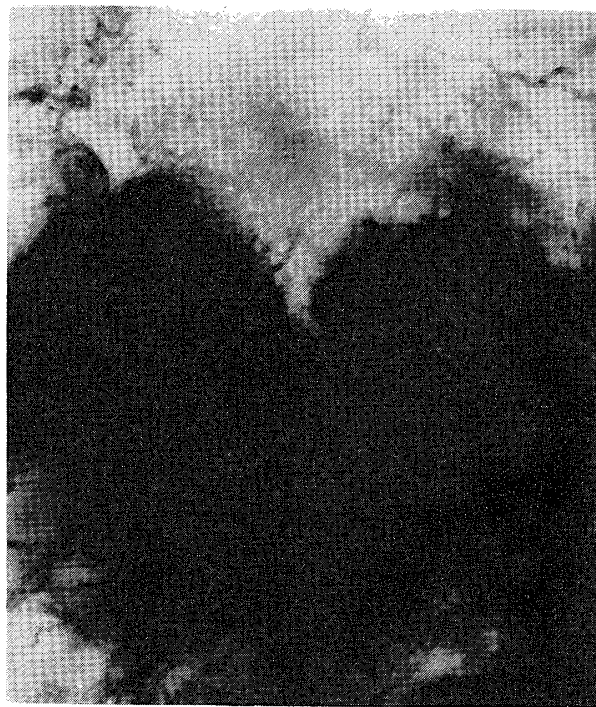


Fig. 2 Conidia emerged from pycnidium.

淡色のものに多く発見されており³⁻⁶⁾、また、ポプラの青変に関与する主要微生物のひとつに挙げられている⁷⁾。汚染された木材の、色は暗青色～灰色に変化し、変色域は材中深く達する。一旦材中深く侵入した場合には、木材含水率が9.5%でも3年間生存していたことが記録されている³⁾。

本菌種が木材への侵害を開始する時には、木材含水率が24～130%であることが条件であり、繊維飽和点以下では、新たな基質への侵害もなく生育も停止する³⁾。したがって、ゴムノキが伐倒され、生材状態から徐々に乾燥して行く過程で本菌の攻撃を受けるわけであり、伐倒直後に迅速かつ確実な保存処理をすることが生物劣化の防止上極めて重要である。



Fig. 3 Two-celled mature conidium. Septum (shown by an arrow) seen at the center of each mature conidium.

3-2. 薬剤の防かび効力

ゴムノキの変色菌、かびの防止に関する実験・研究はあまりされていないが⁸⁻¹⁰⁾、Sujan ら⁸⁾は、ベンツイミダゾール系化合物であるベノミルが Na-PCP よりも *B. theobromae* や *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. に対して優れた抑制効果があることを報告している。本研究では、同じくベンツイミダゾール系化合物である BZA* や TBZ* の効果を検討すると同時に、木材防腐性能も優れている IF* の効力についても試験を行った。また、BZA や TBZ と IF との混合物についても防かび性能を検討した。結果は Table 4, 5 に示している。

供試薬剤 No. 1~5 については、分離菌 A, B (Table 3 参照), *A. pullulans*, *G. virens*, *A. niger* の 5 菌種に対する防かび性能を試験したが、サンプル No. 7 以降については、主としてゴムノキの代表的青変菌であり、本研究でも分離された *B. theobromae* (分離菌 A) について試験を行い、必要に応じて他菌種を付加して検討した。

サンプル No. 1~3 は IF を主体とする混合剤であるが、ゴムノキ分離菌 A, B 以外の *A. pullulans*, *G. virens*, *A. niger* に対しては、TCP (サンプル No. 16) と比較すると顕著な効果が認められた。有効成分量からすれば TCP の 1/3 以下の量で 3 菌種に対して有効である。また、BZA の割合を増大させることによってもこれら 3 菌種に対する効力が増加の傾向を示した (サンプル No. 1 と 2 を比較参照)。一方、分離菌 A, B に対しては、有効成分量が最大であるサンプル No. 3 (有効成分 1.44%) でも効力は十分でなかった。また、ベノミルをサンプル No. 1 に重量割合で 1% 添加した場合 (サンプル No. 4) でも、分離菌 A, B への生育阻止効果は発揮されなかった。ベノミルは、水の存在下で直ちにベンツイミダゾールカルバミン酸メチルエステル (benzimidazole carbamic acid, methyl ester) に分離し、その分解物はベノミルと同程度の殺菌効力を呈するものとされている¹¹⁾。この殺菌力は核酸合成を阻害する生化学的作用に由来するもの

* Table 2 参照

Table 4 Performance of chemical formulations tested in controlling fungal growth.

Sample No. *1	Rate of dilution	Absorption of a. i. by specimens (g/m ²)	Test fungi *2				
			Isolate A	Isolate B	AUP	GLV	ASN
1	1/1	0.62	2-3	1-2	—*3	-	-
	1/2	0.27	3	3	-	2	-
	1/6	0.10	3	3	1	2-3	1
	1/10	0.06	3	3	1-2	3	2
2	1/1	0.71	3	3	-	-	-
	1/3	0.24	-	-	-	1	-
	1/10	0.07	-	-	1	-	-
	1/12	0.06	-	-	-	-	2
3	1/1	0.78	3	3	-	-	-
	1/4	0.20	-	-	-	3	-
	1/12	0.06	-	-	1	-	-
	1/15	0.05	-	-	-	-	2
4	1/1	1.16	3	3	-	-	-
	1/4	0.30	-	-	-	1	-
	1/6	0.20	-	-	1	-	-
	1/10	0.12	-	-	-	-	1-2
5	1/1	1.04	3	3	-	-	-
	1/2	0.52	3	3	-	1	-
	1/6	0.17	-	-	1	-	-
	1/10	0.10	-	-	-	-	3

*1 : identical with those in Table 2

*2 : AUP=*Aureobasidium pullulans* (DE BARY) ARNAUD, GLV=*Gliocladium virens* MILLER, GIDDENS and FOSTES, ASN=*Aspergillus niger* VAN TIEGHEM

*3 : not tested

Table 5 Performance of chemical formulations tested in controlling fungal growth.

Sample No.	Rate of dilution	Absorption of a.i. by specimens (g/m ²)	Test fungi				
			Isolate A	Isolate B	AUP	GLV	ASN
8	1/1	1.71	3	—	—	—	—
9	1/1	0.79	1	—	—	—	—
12	1/1	0.88	1	1	1	1	1
	1/3	0.27	—	—	—	2	—
	1/6	0.13	—	—	—	—	1
	1/10	0.08	—	—	3	—	—
15	1/1	1.10	2	1	1	3	2
16	1/1	5.18	1	1	—	—	—
	2/3	2.69	1	1	—	—	—
	1/3	1.38	—	—	—	3	—
	1/6	0.63	—	—	3	3	3
	1/12	0.33	—	—	3	—	3
17	1/1	2.14	2-3	—	—	—	—

と推察されている¹²⁾。

ベノミル単独の場合、2%液 (サンプル No. 5) でも分離菌 A, B に対しては効力がない反面、変色菌の *A. pullulans* には 1/6 に希釈しても完全に生育を阻止できた。ベノミルの *B. theobromae* に対する優れた効力が報告されているが、試験方法の相違が大きく影響していることも考えられる。Sujan ら⁸⁾の研究では、Na-PCP で *B. theobromae* の生育を阻止するには 0.4% の濃度が必要であったのに対し、ベノミルでは 0.13% の濃度で生育阻止が可能であった。一方、Hong⁹⁾ は、Na-PCP 2%液の生育阻止率を 100 とした時のベノミル 1%液阻止率は約 80 であったと報告している。このようにベノミルについて得られた結果は、その相対的な効果ばかりでなく、処理薬液濃度にも大きな差があり、これは供試した *B. theobromae* 菌株の違いだけに起因するものでなく、実験方法によって大きく評価が分れてしまうことを示唆している。

TBZ と IF はともに広範な抗菌スペクトルを有することが知られている^{12,13)}。TBZ はベノミル同様ペンツイミダゾール系の化合物であり、単独 (サンプル No. 6~8) では、3%液でも分離菌 A に対してはまったく効果が認められなかった。一方、IF は、供試最低レベルの 1.5% の濃度で分離菌 A の生育を完全に阻止できた (サンプル No. 9~11)。また、IF と TBZ を混合した場合 (サンプル No. 12) には、供試菌の生育状況の肉眼的な観察から判断して、防かび性能の上昇が認められた。そこで IF と TBZ を種々の割合で混合した場合の性能についてさらに実験を行った。Table 6 にその組成割合と効力を示している。これらの結果から、*B. theobromae* の生育抑制には IF が極めて有効であることが、TBTO, TCP, Na-TBP との比較 (サンプル No. 15~17, Table 5 参照) からも明白であった。IF の濃度としては、1.5% が必要であり、抗菌スペクトルを広げるためには TBZ の添加が有効である。

Table 6 Performance of the mixtures of IF and TBZ in controlling fungal growth.

Formulations IF : TBZ	a.i. % in treating sol.	Absorption of a.i. by specimens (g/m ²)	Test fungi				
			IFO 6469* ¹	Isolate A	AUP	GLV	ASN
1 : 1	1	0.71	0* ²	3	0	1-2	1
	2	1.42	0	1-2	0	0	0
2 : 1	1	0.61	0	3	0	0	0
	2	1.22	0	1-2	0	0	1
3 : 1	1	0.65	0	2	0	1	1
	2	1.13	0	1	0	0	0
1 : 2	1	0.54	0	3	0	0	1
	2	1.33	0	3	0	0	1
1 : 3	1	0.59	0	3	0	0	1
	2	1.22	0	2-3	0	0	1

*1 : *Lasiodiplodia theobromae* (= *Botryodiplodia theobromae*) from Institute for Fermentation, Osaka, Japan

*2 : No fungal growth even on the agar medium

前述の通り、薬剤の防かび性能を検討し、最低の生育阻止濃度を決定する場合には、防かび試験条件が大きく結果に影響を与える。本研究における試験条件は、実用条件と比べればかなり厳しく、実際の防かび処理濃度よりも極端に高くなければ防かび効果が認められなかった。すなわち、日本で汎用されている TCP を主剤とする市販防かび剤を例にとると、実用上は有効成分量が 0.3~0.6% で製材品の浸漬処理を行っており、このレベルで、*Penicillium*, *Gliocladium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* などのかびの発生を確実に抑止できているのが現実である。しかしながら、本研究では、2%でも *G. virens* の生育を抑制できない結果が得

られている（Table 5 参照）。したがって、本研究で得られた生育阻止濃度をそのまま実用処理濃度として考えることは実際的ではないが、各薬剤・組成の相対的な効力の優劣を判断することは可能である。

なお、本研究で分離された *B. theobromae* の薬剤耐性は、IFO 6469*¹ [*Lasidioidiplodia theobromae* = *B. theobromae*] よりも高く、同一菌種であっても木材に対する変色作用の発現に程度の差があることを示している。このことを考慮して、同一菌種であっても、できる限り多くの菌株を供試することを今後の研究では考慮すべきであろう。

4. 結 論

変色菌の侵害を受けたゴムノキ丸太から分離された代表的なゴムノキ青変菌 *B. theobromae* や、*A. pullulans*, *G. virens*, *A. niger* を用いて、各種薬剤・組成の防かび性能を検討した結果、IF と TBZ の混合物（混合割合 3 : 1）の防かび性能がもっとも大であった。この混合物は、第 32 回木材学会大会で発表したように、日本木材保存協会規格第 2 号「木材用防かび剤の防かび効力試験方法」や当実験施設で考案したかびの発生を軽減したポリウレタンフォーム法でも市販 TCP 製剤品と比較して優れた防かび効力を具備していることが実証されている¹⁴⁾*²。したがって、IF-TBZ 混合物は、ゴムノキの防かび用だけでなく、木材全般にわたる新規低毒性防かび剤としての可能性を有しており、各樹種に対する実際的な防かび処理濃度の決定や、処理薬液の温度安定性、処理薬液を繰り返し使用した場合の効力の安定性と効力の低下率などについて、フィールドテストを含めた広範な検討を行う価値がある。

文 献

- 1) Anonymous: Planters' Bull. Rubber Res. Inst., Malaysia, No. 149, 54 (1977)
- 2) H. L. BARNETT: "Illustrated genera of Imperfect fungi", Burges Pub. Company, 225pp. (1960)
- 3) A. KÄÄRIK: The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP/199 (1980)
- 4) M. O. OLOFINBOBA and J. R. S. LAWSON: J. Inst. Wood Sci., 21, 6 (1968)
- 5) M. O. OLOFINBOBA: *ibid.*, 22, 32 (1969)
- 6) S. C. IFEUEME: Proc. Int. Workshop on Wood Preservation (Nigeria), 41 (1977)
- 7) A. C. A. PINHEIRO: Material und Organismen, 6 (2), 93 (1971)
- 8) A. SUJAN, A. G. TAN and M. STEVENS: IRG Document No. IRG/WP/2140 (1980)
- 9) L. T. HONG: XVII IUFRO World Cong. Voluntary Paper, 8pp. (1982)
- 10) S. C. IFEUEME and M. A. ODEYINDE: *ibid.*, 19PP (1982)
- 11) G. P. CLEMONS and H. D. SISTER: Phytopathology, 59, 705 (1969)
- 12) 農薬ハンドブック, 1976年版, 福永一夫編, 日本植物防疫協会, 504pp. (1976)
- 13) 梶田雅尚: 木材保存薬剤 (防腐, 防黴, 防虫剤) 講習会テキスト, 日本防菌防黴学会, 57 (1980)
- 14) 第32回日本木材学会大会 (福岡) 研究発表要旨集, 279 (1982)

*¹ 財団法人 発酵研究所から入手した菌株

*² 詳細な結果については、後日発表を予定している