

## 〈論 文〉

## 日本産サンゴハリタケ属菌 3 種の生物学的および培養特性

小 島 靖

Biological and Cultural Characteristics of Three Japanese Species of Genus *Hericium*

Yasushi OBATAKE

日本産サンゴハリタケ科サンゴハリタケ属菌きのこであるヤマブシタケ、サンゴハリタケおよびサンゴハリタケモドキ（以下サンゴハリタケ属菌 3 種とする）について、栽培品種育成の基礎的知見を得るため、菌糸体の培養特性、生化学的性質、交配系およびビン栽培における栽培特性を調べ、種間および菌株間の差異を比較し、以下の結果を得た。

- 1) サンゴハリタケ属菌 3 種の寒天培地における菌叢の形態と菌糸成長速度は菌株により異なった。サンゴハリタケモドキは他の 2 種に比べ菌叢の菌糸密度が低く、菌糸成長が緩慢であった。
- 2) 10 種類のフェノール化合物に対してサンゴハリタケ属菌 3 種は異なる反応を示した。サンゴハリタケモドキは *p*-クレゾールに対して呈色反応を示し、他の 2 種と異なった。
- 3) サンゴハリタケ属菌 3 種はすべて 4 極性の交配系を示した。同種内では全ての組み合わせで交配が成立したが、異種間では和合性反応は認められず、これら 3 種は生物学的に異なる種であることが示唆された。
- 4) コナラおよびスギおがくずを培地基材とするビン栽培をおこなった結果、ヤマブシタケ野生株 3 菌株は、栽培品種よりも子実体収量が多く、これらの菌株が育種材料として有用であることが認められた。また、他の 2 種と同様にサンゴハリタケモドキがコナラあるいはスギのおがくず培地で子実体発生が可能であることを確認した。

In order to evaluate the breeding potential of three species of the genus *Hericium* in Japan, *H. erinaceum*, *H. ramosum* and *H. coralloides*, colony morphology, cultural and biochemical characteristics, mating behavior and fruitbody productivity were studied and differences between species and isolates were compared. The results are summarized as follows:

- 1) Comparison of colony morphology and mycelial growth rate showed differences among isolates of the three *Hericium* species. In all of *H. coralloides*, density of mycelial colony was lower and mycelial growth rate was slower than that of *H. erinaceum* and *H. ramosum*.
- 2) The three species of *Hericium* showed different reactions on agar plate containing ten different phenolic compounds. Color reactions of *H. coralloides* to *p*-cresol were different from other two species.
- 3) Intra-specific mating test reconfirmed that each of these *Hericium* species have a bifactorial mating system, but inter-specific incompatibility among them suggested that they are different biological species.
- 4) Under the bottle cultivation using Konara (*Fagus crenata*) or Sugi (*Cryptomeria japonica*) sawdust media, three wild isolates of *H. erinaceus* had higher fruit body yield than commercially used cultivars, and their potential usefulness as breeding materials were suggested. It was also confirmed that all three species can be cultivated on the Konara or Sugi sawdust media.

## 1. はじめに

サンゴハリタケ科 (Hericiaceae) サンゴハリタケ属 (*Hericium* Pers.ex Gray) に属するきのこは、広葉樹や針葉樹の枯木や倒木上に塊状または枝サンゴ状の子実体を形成し、針状の子実層托が垂下あるいは房状になる形態を示す<sup>1-3)</sup>。本属菌はヨーロッパ、アジアから北アメリカまで北半球に広く分布する白色腐朽菌である<sup>3-5)</sup>。これまで日本では、ヤマブシタケ (*Hericium erinaceum* (Fr.)Pers.)、サンゴハリタケ (*H. ramosum* (Merat)Letellier)、サンゴハリタケモドキ (別名:クマガシラ) (*H. coralloides* (Fr.)S.F.Gray) が記録されており、いずれも食用となる<sup>1,2,6)</sup>。なかでもヤマブシタケは優れた食用きのことしてだけではなく、培養菌糸体および子実体に免疫賦活、抗腫瘍作用および神経成長因子合成促進作用など、人体に対する機能性を示す成分を含有することが報告されている<sup>7-9)</sup>。また、サンゴハリタケにおいても神経成長因子エリナシンEの存在が明らかとなり<sup>10)</sup>、ヤマブシタケと同様の効果が期待されている。

ヤマブシタケについては、栽培に関する研究も多く報告されており、プラスチックビンや袋を用いた菌床栽培、原木殺菌法による原木栽培が行われ、生鮮品や健康食品などの加工品として流通している<sup>11-13)</sup>。また、サンゴハリタケについては、川嶋らによって菌床栽培が確立され、優れた食用きのこであることが報告されている<sup>14)</sup>。このように日本産サンゴハリタケ属菌は、食用きのことして商業的生産が行われているにもかかわらず、未だにそれらの生理的性質や育種の基礎となる遺伝的性質については、十分に解明されているとは言い難い。海外では、同属のきのこについて、おがくずや農業副産物を用いた栽培の可能性について報告されており<sup>15,16)</sup>、日本産同属のきのこについても、新たな食用きのことしての利用価値が見いだされる可能性がある。しかし、特に日本産サンゴハリタケモドキについては、その生態および生物学的性質についての報告はみられず、栽培例もない。また、外国産の同属種との同義性や系統類縁関係についても不明な点が多く、分類学的な再検討が望まれる。

本報告では、ヤマブシタケを中心とする日本産サンゴハリタケ属菌きのこ3種の栽培品種育成および栽培技術を開発するための基礎的知見を得るため、野生菌株および既存栽培品種について、菌糸体の培養特性、交配系およびビン栽培における栽培特性について調査した結果を報告する。

## 2. 材料および方法

### 2.1 菌株

試験に用いた菌株を表1に示す。野生菌株の種名は、外見的特徴から原色日本新菌類図鑑(Ⅱ)の記載に従って同定した。試験期間中、これらの菌株はMYG寒天培地(Malt extract 20g、Yeast extract 2g、Glucose 20g、寒天15g、蒸留水1000ml)において継代培養した。

### 2.2 温度別菌糸成長速度および菌叢の形態

供試菌株の温度適応性を確認するため、温度別菌糸成長速度を測定した。培地はMYG寒天培地を用いた。この培地を、121°Cで15分間殺菌後、滅菌済みプラスチック製ペトリ皿(直径90mm、深さ15mm)に15mlずつ分注し、平板培地を作成した。あらかじめMYG平板培地で培養した菌糸体コロニーから、直径5mmの菌糸片をコルクボーラーで打ち抜き、同培地の中央部に接種した。これらを25°C暗黒下で4日間培養し、菌糸成長を確認した後、5°C、10°C、15°C、20°C、25°C、30°Cおよび35°Cの恒温器に移動した。その後、7日間あるいは成長の遅いものは14日間培養し、所定の培養期間の菌糸伸長量を測定し、1日当たりの菌糸伸長量をその培養温度における菌糸成長速度とした。測定には各菌株当たり5枚の平板培地を用いた。

同様にMYG平板培地上に菌糸片を接種し、25°Cで培養14日後あるいは30日後の菌叢の形態を観察した。

### 2.3 生化学的特性

菌株の腐朽様式に関わる生化学的特性を比較するため、以下のフェノール化合物に対する呈色反応を調べた<sup>17-19)</sup>。p-クレゾール(0.1%)、グアヤコール(0.01%\*)、タンニン酸(0.1%)、没食子酸(0.1%\*)、 $\alpha$ -ナフトール(0.01%\*)、バニリン(0.1%)、2,2'-azio-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS, 0.1%)、ピロガロール(0.1%)、フェルラ酸(0.1%\*)、レマゾールブリリアントブルーR(0.05%)をそれぞれ蒸留水またはエタノール(\*で示す)に溶解し、濾過滅菌した後、括弧内に示す最終濃度になるようにMYG寒天培地に添加し平板培地を作成した。これらの培地中央部に、あらかじめMYG平板培地で培養した菌糸片を接種し、25°Cで24時間および1週間培養後の培地の呈色反応を観察した。

### 2.4 交配系解析

下述の栽培方法で形成した子実体を滅菌済ペトリ皿の外蓋の内側に貼付け、胞子を落下させた。この胞子を滅菌水で適当な濃度に希釈し、MYG平板培地上に塗布した。23°Cで10日から2週間培養後、成長してきた菌糸コロニーを分離し、同培地に移植した。顕微鏡下で菌糸体

表1 供試菌株 Table 1 List of *Hericium* spp. isolates used in the study

菌種 Species	菌株 Isolate	由来、採取地、発生基質 Type, locality and Substrate	採取年月日 Date of isolation
<i>Hericium erinaceum</i>	Nhe-2	野生株、奈良県吉野郡川上村、シオジの倒木 Wild, Kawakami-mura Yoshino-gun Nara, On a decayed trunk of <i>Fraxinus platypoda</i>	1999年10月5日 Oct. 5.1999
	Nhe-4	野生株、宮崎県西諸県郡高原町 Wild, Takaharu-cho Nishimorokata-gun Miyazaki	2000年10月27日 Oct. 27.2000
	Nhe-5	野生株、宮崎県西諸県郡高原町 Wild, Takaharu-cho Nishimorokata-gun Miyazaki	2000年10月28日 Oct. 28.2000
	Nhe-6	野生株、宮崎県西諸県郡高原町 Wild, Takaharu-cho Nishimorokata-gun Miyazaki	2000年10月29日 Oct. 29.2000
	Nhe-7	野生株、宮崎県西諸県郡高原町 Wild, Takaharu-cho Nishimorokata-gun Miyazaki	2000年10月30日 Oct. 30. 2000
	He-S	栽培品種、共立薬品工業 Commercial strain, Kyoritsu pharmaceutical industries Co.,Ltd.	
	Nhe-9	野生株、十津川村 Wild, Totsukawa-mura Yoshino-gun Nara	2000年10月14日 Oct. 14.2000
	He-C	栽培品種、共立薬品工業 Commercial strain, Kyoritsu pharmaceutical industries Co.,Ltd.	
	フクシマ	栽培品種、福島県きこ振興センター Commercial strain, Fukushima ken kinoko shinkou centre	
	キノックス	栽培品種、(株)キノックス Commercial strain, Kinox Co., Ltd.	
<i>Hericium coralloides</i>	Nhe-1	野生株、奈良県吉野郡川上村 Wild, Kawakami-mura Yoshino-gun Nara	1999年10月 5日 Oct.5.1999
	Nhe-3	野生株、奈良県吉野郡川上村 Wild, Kawakami-mura Yoshino-gun Nara	1999年10月 6日 Oct.6.1999
	Nhe-10	野生株、十津川村、針葉樹(モミあるいはツガ)の倒木 Wild, Totsukawa-mura Yoshino-gun Nara, On a fallen trunk of a conifer ( <i>Abies</i> or <i>Tsuga</i> )	2000年10月14日 Oct.14.2000
	Nhe-11	野生株、十津川村、針葉樹(モミあるいはツガ)の倒木 Wild, Totsukawa-mura Yoshino-gun Nara, On a fallen trunk of a conifer ( <i>Abies</i> or <i>Tsuga</i> )	2002年10月15日 Oct.15.2002
	<i>Hericium ramosum</i>	Nhe-15	野生株、十津川村、ブナの倒木 Wild, Totsukawa-mura Yoshino-gun Nara, On a fallen trunk of <i>Fagus crenata</i>

のクランプ結合の有無を確認し、それが無いものを一核菌糸体として保存した。交配の確認は、MYG平板培地上に2つの一核菌糸体を2~5mm離して接種し、コロニーが接触後両コロニー全体にクランプ結合が形成された組み合わせを和合性組み合わせとした。

## 2.5 栽培試験

スギあるいはコナラのおがくずを培地基材とし(以下、

スギ培地あるいはコナラ培地と記す)、ビン栽培により栽培試験をおこなった。培地は、おがくず112.0gと米ぬか56.0gを混ぜ(乾燥重量)、水道水で含水率を65%に調整し、口径52mm容量800mlのポリプロピレン製ビンに生重量で480g充填した。キャップはNARAキャップ(内部通気孔6穴)を用いた。培地を118℃で30分間殺菌し、放冷後、あらかじめコナラ培地で培養した種菌を植菌し

た。培養は $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $75 \pm 5\%$ の条件下でおこなった。培養中は作業時のみ蛍光灯を点灯した。所定の培養日数経過後、発生処理として菌掻きおよび注排水をおこない、再びキャップを付け、 $15 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $95 \pm 5\%$ に制御し、蛍光灯(75~275lx)を点灯した発生室に移した。培地上面に子実体原基の形成を確認した後、キャップを取り外した。子実体は、針が十分に成長した時にピンごとに収穫し、子実体生重量を測定した。栽培試験ピン本数は、1試験区32本とした。

### 3. 結果

#### 3.1 温度別菌糸成長速度および菌叢の性状

MYG寒天平板培地上で $5^\circ\text{C}$ 、 $10^\circ\text{C}$ 、 $15^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 、 $35^\circ\text{C}$ の7段階の温度において培養した時のサンゴハリタケ属菌3種の菌糸成長速度を表2に示した。菌糸成長速度は、きのこの種類ならびに菌株によって大きく異なった。ヤマブシタケの菌糸成長最適温度は、Nhe-2では $20^\circ\text{C}$ 、それ以外は $25^\circ\text{C}$ であった。ヤマブシタケの菌糸成長速度は菌株間で差異が認められ、最も成長の速いキノックスとNhe-Sでは約2.3倍の違いがみられた。サンゴハリタケモドキ4菌株は他の2種に比べ菌糸成長が極めて遅く、培養7日間では菌糸成長がごく僅かであ

たため、14日培養後成長量を測定した。サンゴハリタケモドキの菌糸成長最適温度はNhe-1とNhe-11では $25^\circ\text{C}$ 、それ以外は $20^\circ\text{C}$ であった。いずれの菌株も菌糸成長は極めて遅く、最適温度においても $1.1 \sim 1.8\text{mm}/\text{日}$ であった。サンゴハリタケNhe-15は $25^\circ\text{C}$ において菌糸成長が最も速く、 $2.8\text{mm}/\text{日}$ であった。

ヤマブシタケとサンゴハリタケの菌叢は、接種源から同心円状あるいは波状に菌叢が広がり、菌糸は密で気中菌糸が綿毛状に発達した(図1の上、下)。ヤマブシタケの菌叢は白色~黄白色であったが、サンゴハリタケは培養期間が長くなると淡橙~淡燈黄色になった。一方、サンゴハリタケモドキは、接種後菌糸の発育が極めて遅く、数日経過後接種源の一部分から樹枝状の菌糸が成長した後、房状の気中菌糸が散在する形態を示した(図1の中)。これら菌叢の特徴は、同種内では菌株間で共通し、良好な成長を示す $15 \sim 25^\circ\text{C}$ の温度域では同じ形態を示した。

#### 3.2 生化学的特性

表3に10種類のフェノール化合物をそれぞれ添加した培地における供試菌株の培養24時間後および1週間後の呈色反応の結果を示した。サンゴハリタケ属菌3種は、フェノール化合物に対してそれぞれ異なる反応を示した。ヤマブシタケは、Nhe-7を除く全ての菌株が培養24時間後にはどの基質においても明瞭な反応を示さなかったが、

表2 寒天培地における温度別菌糸成長速度

(mm、平均±標準偏差)

Table 2 Mycelial growth rate of *Hericium* spp. on agar plate

(mm, mean±SD)

菌種 Species	菌株 Isolate	$5^\circ\text{C}$	$10^\circ\text{C}$	$15^\circ\text{C}$	$20^\circ\text{C}$	$25^\circ\text{C}$	$30^\circ\text{C}$	$35^\circ\text{C}$	
ヤマブシタケ <i>Hericium erinaceum</i>	Nhe-2	$0.8 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$	$2.3 \pm 0.1$	$4.6 \pm 0.3$	$4.5 \pm 0.2$	$3.3 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.0$	
	Nhe-4	$0.4 \pm 0.1$	$1.2 \pm 0.1$	$1.8 \pm 0.2$	$3.3 \pm 0.3$	$3.8 \pm 0.5$	$2.5 \pm 0.2$	$0.7 \pm 0.2$	
	Nhe-5	$0.6 \pm 0.2$	$0.9 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1$	$2.5 \pm 0.3$	$3.5 \pm 0.2$	$2.7 \pm 0.3$	$0.5 \pm 0.1$	
	Nhe-6	$0.3 \pm 0.0$	$0.6 \pm 0.2$	$1.8 \pm 0.3$	$2.2 \pm 0.2$	$2.8 \pm 0.4$	$2.5 \pm 0.2$	$0.4 \pm 0.1$	
	Nhe-7	$0.4 \pm 0.1$	$0.8 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.3$	$3.1 \pm 0.6$	$3.7 \pm 0.5$	$2.4 \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.0$	
	He-S	$0.5 \pm 0.1$	$0.9 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$2.0 \pm 0.3$	$2.3 \pm 0.4$	$1.6 \pm 0.3$	$0.9 \pm 0.4$	
	Nhe-9	$0.6 \pm 0.2$	$1.0 \pm 0.2$	$2.1 \pm 0.3$	$3.7 \pm 0.4$	$4.4 \pm 0.7$	$3.8 \pm 0.4$	$0.2 \pm 0.0$	
	He-C	$0.6 \pm 0.1$	$1.0 \pm 0.2$	$2.0 \pm 0.3$	$3.7 \pm 0.2$	$4.3 \pm 0.6$	$3.9 \pm 0.4$	$0.7 \pm 0.1$	
	フクシマ Fukushima		$0.7 \pm 0.2$	$1.5 \pm 0.3$	$2.4 \pm 0.6$	$4.6 \pm 0.6$	$5.3 \pm 0.3$	$3.6 \pm 0.2$	$0.5 \pm 0.1$
	キノックス Kinnox		$0.5 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.2$	$2.9 \pm 0.5$	$4.6 \pm 0.6$	$5.4 \pm 0.5$	$2.3 \pm 0.2$	$0.4 \pm 0.1$
サンゴハリタケモドキ <i>Hericium coralloides</i>	Nhe-1	$0.0 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.2$	$0.5 \pm 0.3$	$0.9 \pm 0.6$	$1.1 \pm 0.6$	$0.2 \pm 0.1$	$0.0 \pm 0.0$	
	Nhe-3	$0.0 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.1$	$0.5 \pm 0.3$	$1.8 \pm 0.4$	$1.0 \pm 0.3$	$0.3 \pm 0.1$	$0.0 \pm 0.0$	
	Nhe-10	$0.0 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.2$	$0.8 \pm 0.3$	$1.5 \pm 0.7$	$1.0 \pm 0.4$	$0.3 \pm 0.2$	$0.0 \pm 0.0$	
	Nhe-11	$0.0 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.1$	$0.7 \pm 0.2$	$1.4 \pm 0.4$	$1.6 \pm 0.6$	$0.4 \pm 0.5$	$0.0 \pm 0.0$	
サンゴハリタケ <i>Hericium ramosum</i>	Nhe-15	$0.4 \pm 0.1$	$0.5 \pm 0.1$	$1.1 \pm 0.2$	$2.4 \pm 0.2$	$2.8 \pm 0.1$	$1.6 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.0$	

表3 サンゴハリタケ属菌 のフェノール化合物に対する呈色反応

Table 3 Color reaction on phenolic compound agar medium by *Hericiium* spp. isolates

菌種 Species	菌株 Isolate	0.1% <i>p</i> -cresol		0.01% guaiacol		0.1% tannic acid		0.1% gallic acid		0.01% $\alpha$ -naphthol	
		24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後
		After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week
<i>Hericiium erinaceum</i>	ヤマブシタケ Nhe-2	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	Nhe-4	-	-	-	+	-	+	-	+	-	++
	Nhe-5	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	Nhe-6	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	Nhe-7	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	He-S	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	Nhe-9	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	He-C	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	フクシマ Fukushima	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
	キノックス Kinnox	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
サンゴハリ タケモドキ	Nhe-1	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	++
	Nhe-3	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Hericiium coralloides</i>	Nhe-10	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	Nhe-11	+	+	-	+	+	+	+	+	+	++
サンゴハリタケ	Nhe-15	-	(+)	+	+	+	+	+	+	+	++
<i>Hericiium ramosum</i>											
菌種 Species	菌株 Isolate	0.1% vanilin		0.1% ABTS*		0.1% pyrogallol		0.1% ferulic acid		0.05% RBBR**	
		24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後	24時間後	1週間後
		After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week	After 24hr.	After 1week
<i>Hericiium erinaceum</i>	ヤマブシタケ Nhe-2	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	Nhe-4	-	-	+	++	-	+	-	+	-	-
	Nhe-5	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	Nhe-6	-	-	-	++	-	-	-	(+)	-	-
	Nhe-7	-	+	++	++	+	+	+	+	-	-
	He-S	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	Nhe-9	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	He-C	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	フクシマ Fukushima	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
	キノックス Kinnox	-	-	-	++	-	-	-	+	-	-
サンゴハリ タケモドキ	Nhe-1	-	+	++	++	+	+	-	-	-	-
	Nhe-3	-	-	++	++	+	+	-	-	-	-
<i>Hericiium coralloides</i>	Nhe-10	-	-	++	++	+	+	+	+	-	-
	Nhe-11	-	+	++	++	+	+	-	-	-	-
サンゴハリタケ	Nhe-15	-	+	++	++	+	+	-	+	-	-
<i>Hericiium ramosum</i>											

++: 強い呈色反応あり strong reaction、+: 呈色反応あり positive reaction、(+): 弱い呈色反応あり weak reaction、-: 呈色反応なし no reaction \*: ABTS, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic acid) \*\*: Remazol brilliant blue R salt

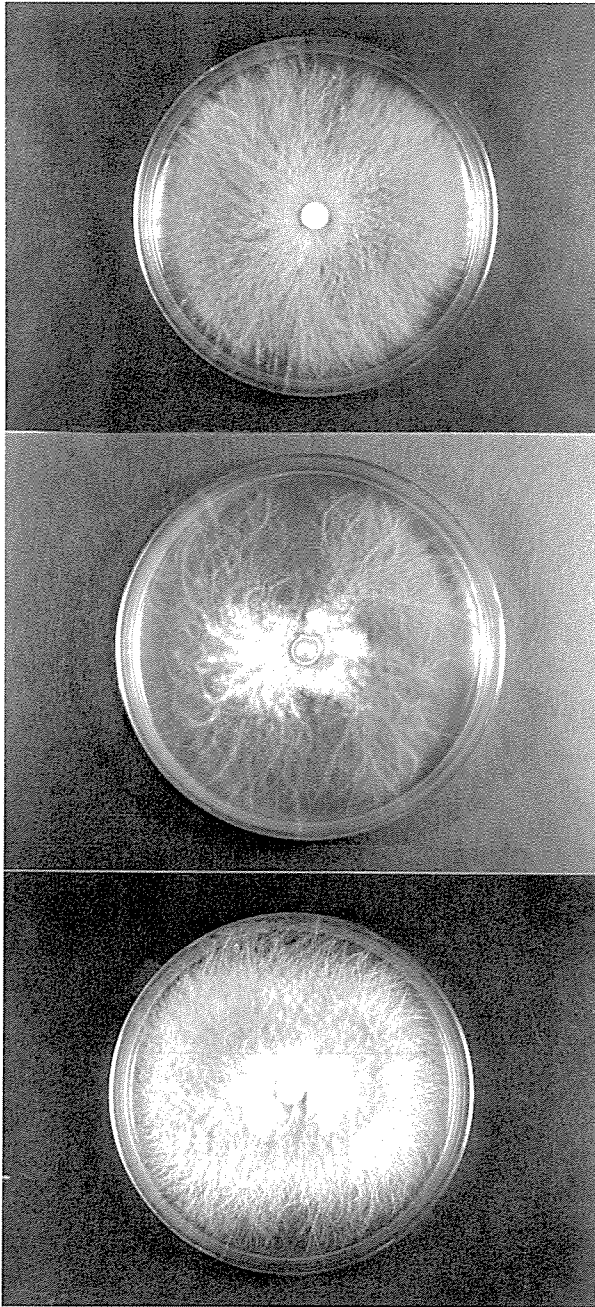


図1 サンゴハリタケ属きのこの菌叢形態

Fig.1 Mycelial morphology of *Hericium* spp.

上：ヤマブシタケ (Nhe-2)、中：サンゴハリタケモドキ (Nhe-1)、サンゴハリタケ (Nhe-15)

Upper: *H. erinaceum* (Nhe-2), Middle: *H. coralloides* (Nhe-1), Bottom: *H. ramosum* (Nhe-15)

培養1週間後にはグアヤコール、タンニン酸、没食子酸、 $\alpha$ -ナフトール、ABTS、フェルラ酸に対し呈色反応を示した。サンゴハリタケモドキは培養24時間後、*p*-クレゾール、タンニン酸、没食子酸、 $\alpha$ -ナフトール、ABTS、ピロガロールに対して明瞭な呈色反応を示した。サンゴハリタケNhe-15は*p*-クレゾールには明瞭な反応を示さなかったが、他の基質に対してはサンゴハリタケモ

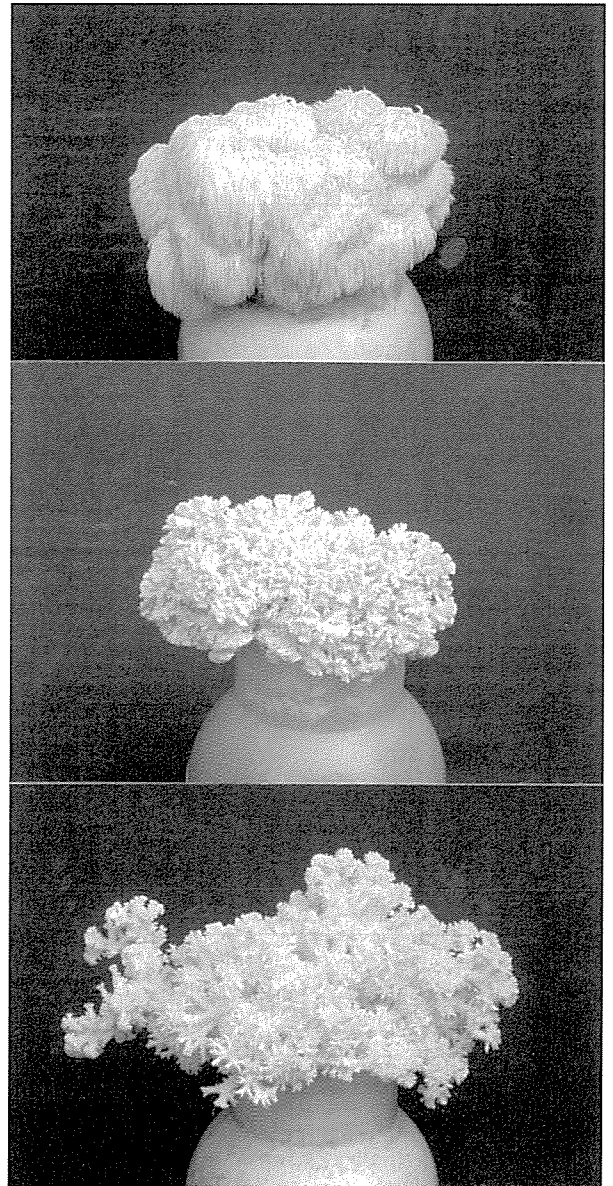


図2 サンゴハリタケ属きのこの子実体

Fig. 2 Fruit body of *Hericium* spp.

上：ヤマブシタケ (Nhe-2)、中：サンゴハリタケモドキ (Nhe-1)、サンゴハリタケ (Nhe-15)

Upper: *H. erinaceum* (Nhe-2), Middle: *H. coralloides* (Nhe-1), Bottom: *H. ramosum* (Nhe-15)

ドキと同様の呈色反応を示した。なお、RBBRに対しては供試した3種の全ての菌株が呈色反応を示さなかった。

### 3.3 交配系解析

サンゴハリタケ属菌きのこ3種について、それぞれ子実体から単孢子分離した一核菌糸体20系統を総当たりで自家交配した。交配結果を表4に示すように、これら3種のきのこは4極性の交配様式を示した。ヤマブシタケとサンゴハリタケの和合性の組み合わせでは、2つの一核菌糸体コロニーの接触後、交配コロニー全体に速やかにクランプ結合の形成が見られた。一方、サンゴハリタケ

表4 サンゴハリタケ属菌3種の交配様式

Table 4 Mating compatibility patterns of *Hericiium* spp.

ヤマブシタケ(Nhe-2) *Hericiium erinaceum*

	1*	5	15	17	19	2	8	10	11	12	13	14	18	20	3	4	7	9	16	6	
1	/					F	F	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
5						F	F	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
15						F	F	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
17						F	F	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
19						F	F	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		
2	F	F	F	F	F	/		+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-			
8	F	F	F	F	F			+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-			
10	-	-	-	-	-	+	+	/							F	F	F	F	F	+	
11	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
12	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
13	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
14	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
18	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
20	-	-	-	-	-	+	+									F	F	F	F	F	+
3	+	+	+	+	+	-	-	F	F	F	F	F	F	F	/					+	
4	+	+	+	+	+	-	-	F	F	F	F	F	F	F							+
7	+	+	+	+	+	-	-	F	F	F	F	F	F	F							+
9	+	+	+	+	+	-	-	F	F	F	F	F	F	F							+
16	+	+	+	+	+	-	-	F	F	F	F	F	F	F							+
6								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

サンゴハリタケ (Nhe-15) *Hericiium ramosum*

	4*	9	17	10	11	12	19	2	5	7	13	14	16	18	20	1	3	6	8	15	
4	/			F	F	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
9				F	F	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
17				F	F	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
10	F	F	F	/				+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
11	F	F	F					+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
12	F	F	F					+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
19	F	F	F					+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	+	+	+	+	/								F	F	F	F	F	
5	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
7	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
13	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
14	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
16	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
18	-	-	-	+	+	+	+									F	F	F	F	F	
20	-	-	-	+	+	+	+								F	F	F	F	F		
1	+	+	+	-	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	F	/					
3	+	+	+	-	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	F						
6	+	+	+	-	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	F						
8	+	+	+	-	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	F						
15	+	+	+	-	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	F						

サンゴハリタケモドキ (Nhe-1) *Hericium coralloides*

	1*	3	9	11	13	2	4	5	8	12	6	7	10	16	17	14	15	18	19	20
1						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
3						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
9						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
11						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
13						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
2	-	-	-	-	-						+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-						+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-						+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-						+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-						+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+						-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+						-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+						-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+						-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+						-	-	-	-	-
14	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
15	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
18	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
19	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
20	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

\*: 一核菌糸体番号 Monokaryon culture number  
 -: クランプ形成なし No clamp connection

+: クランプ形成あり Clamp connection  
 F: フラットな菌叢出現 Occurrence of flat mycelium

モドキは、一核菌糸体の成長が緩慢なため、交配コロニー全体にクランプを確認するためには1ヶ月以上を要した。ヤマブシタケとサンゴハリタケでは、和合性組み合わせの他に、気中菌糸が少ない交配様式「フラット」が出現した。また、両菌の交配コロニーの接触部に「バラージ」様の気中菌糸の少ない溝が見られる組み合わせも存在したが、偽クランプの形成は確認できなかった。それゆえ、ここでは和合性組み合わせのみを指標とし、A因子およびB因子は特定しなかった。

次に、ヤマブシタケNhe-2、He-S、サンゴハリタケモドキNhe-1、Nhe-11およびサンゴハリタケNhe-15について、それぞれ異なる交配型を持つ4つのテスター株を選定し、種内および種間で交配した。その結果、表5に示すように、同種内では全ての和合性組み合わせで交配が成立したが、異種間では和合性反応は認められなかった。従って、これら3種は生物学的に異なる種であることが示唆された。また、ヤマブシタケNhe-2の4つテスター株と、Nhe-7とNhe-9を除く菌株の4つテスター株と交配したところ、全ての組み合わせで和合性反応が認められた(表6)。

### 3.4 栽培試験

コナラ培地では、ヤマブシタケは接種後13~20日でビン全体に菌糸が蔓延した。サンゴハリタケモドキは菌糸密度が極めて薄く、培地全体への菌糸の蔓延完了を明確に判定できなかった。本試験では培養日数をヤマブシタケとサンゴハリタケは30日間、サンゴハリタケモドキは40日間とした。

図2にビン栽培において発生したヤマブシタケ(Nhe-2)、サンゴハリタケモドキ(Nhe-3)およびサンゴハリタケ(Nhe-15)の子実体の形態を示す。ヤマブシタケの子実体は塊状の基部から針状の子実層托が全体を覆う様に垂れ下がり、針は長いもので2~3cmに達した(図2の上)。ひとつの塊状の子実体を形成するもの、あるいはいくつかの塊状子実体が結合するように形成されるものなど、菌株によって形態に違いが見られた。サンゴハリタケモドキの子実体は基部より分岐した短い枝状の構造からなり、枝の先端部に束状あるいは房状に2~5mmの針を形成し、全体として短い針から成る毬状の形態を呈した(図2の中)。サンゴハリタケは枝状に分岐し、枝の下部に櫛歯状の針を形成した(図2の下)。枝はサ



表5 サンゴハリタケ属菌3種のテスター菌株の種内および種間交配

Table 5 Mating compatibility patterns among mating-type testers of *Hericium* spp.

		ヤマブシタケ <i>Hericium erinaceum</i>				サンゴハリタケモドキ <i>Hericium coralloides</i>				サンゴハリタケ <i>Hericium ramosum</i>							
		Nhe-2		He-S		Nhe-1		Nhe-11		Nhe-15							
		1*	2	4	10	1	4	6	11	1	2	4	12	2	8	9	10
Nhe-2	1	-	+	F		+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	2			F	+	+	+	+		-	-	-	-	-	-	-	-
	4				-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	10					+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
He-S	1						-	+	F								
	4								F	+							
	6																
	11																
Nhe-1	1									-	-	+	+	+	+	+	-
	2										+	-	+	+	+	+	-
	6											-	+	+	+	+	-
	14												+	+	+	+	-
Nhe-11	9												-	-	+		-
	8													+	-		-
	10														-		-
	12															-	-
Nhe-15	2															F	-
	8																+
	9																
	10																F

\*: 一核菌糸体番号 Monokaryon culture number +: クランプ形成あり Clamp connection  
 -: クランプ形成なし No clamp connection F: フラットな菌叢出現 Occurrence of flat mycelium

表6 ヤマブシタケテスター菌株の交配

Table 6 Results of interstock matings among mating-type testes of *Hericium erinaceum*

		Nhe-4		Nhe-5		Nhe-6		He-C		He-S												
		1*	3	7	8	1	5	8	9	8	12	6	7	1	4	6	11	1	2	5	6	
Nhe-2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

\*: 一核菌糸体番号 Monokaryon culture number +: クランプ形成あり Clamp connection

ンゴハリタケモドキよりも長く多く分岐し、全体として不整形の形態を呈した。

表7に栽培試験において接種から子実体収穫までに要した日数(栽培日数)と1ビン当たりの平均子実体収量を示した。コナラ培地では、ヤマブシタケの全ての菌株、サンゴハリタケモドキのNhe-1とNhe-11およびサンゴハリタケNhe-15が子実体を形成した。ヤマブシタケの栽培

日数は菌株によって異なり、最も短いキノックスが43.5日、最も長いNhe-2が52.1日であった。サンゴハリタケの栽培日数は51.2日であった。サンゴハリタケモドキは他の2種と比較して発生処理後原基形成が遅く、成熟子実体までの生育も日数を要した。ヤマブシタケの子実体収量は、最も多いNhe-2が1ビン当たり78.4g、最も少ないNhe-5が37.6gであった。サンゴハリタケNhe-15

表7 サンゴハリタケ属菌3種のビン栽培試験結果 (平均±標準偏差)

Table 7 Results of the bottle cultivation of *Hericium* spp. isolates (mean±SD)

菌種 Species	菌株 Isolate	コナラ培地		スギ培地	
		Sawdust media of <i>Quercus serrata</i>	Sawdust media of <i>Cryptomeria japonica</i>	栽培日数(日)	子実体収量(g)
		Days for harvesting	Yield of fruit body	Days for harvesting	Yield of fruit body
ヤマブシタケ	Nhe-2	52.1±0.8	78.4± 4.4	55	61.7±3.2
<i>Hericium erinaceum</i>	Nhe-4	48.0±0.0	71.6± 5.7	55	43.6±4.1
	Nhe-5	47.5±0.5	37.6± 3.1	56	33.0±1.7
	Nhe-6	50.4±2.7	54.9± 7.6	64	24.3±3.6
	Nhe-7	54.2±1.5	38.0± 5.9		* 1
	He-S	50.4±1.3	74.3± 3.0	55	44.4±2.8
	Nhe-9	50.3±1.7	76.2± 2.1	54	70.5±7.0
	He-C	52.0±3.1	71.5±12.2	54	35.6±5.4
	フクシマ	49.6±0.5	47.9± 4.1	54	33.2±6.2
	Fukushima				
	キノックス	43.5±0.5	63.2± 7.1		* 2
	Kinox				
サンゴハリタケモドキ	Nhe-1	73.8±3.2	34.7± 8.8	72	22.5±2.0
<i>Hericium coralloides</i>	Nhe-3		* 1		* 1
	Nhe-10		* 1		* 1
	Nhe-11	65.7±0.5	34.3± 3.2		* 1
サンゴハリタケ	Nhe-15	51.2±0.9	77.6± 9.9	62	51.4±8.5
<i>Hericium ramosum</i>					

\* 1 : 試験期間中に子実体形成なし No fruiting during cultivation \* 2 : データなし No data

の子実体収量は77.6gであった。サンゴハリタケモドキ Nhe-3およびNhe-10は培地上に子実体原基を形成したものの、その後成長が停止したため、子実体収量を測定できなかった。子実体を形成したサンゴハリタケモドキ Nhe-1とNhe-11の子実体収量はそれぞれ34.7g、34.3gであった。

スギ培地におけるヤマブシタケの栽培日数は54日から64日であり、コナラ培地よりも3~14日長くなった。サンゴハリタケモドキは72日、サンゴハリタケは62日を要した。また、スギ培地における子実体収量は、いずれの菌株においてもコナラ培地のそれに対して少なかった。ちなみに、ヤマブシタケのスギ培地における子実体収量は、コナラ培地の40% (Nhe-6、24.3g) から90% (Nhe-9、70.5g) の収量であった。サンゴハリタケの子実体収量は51.4gであり、コナラ培地における収量の66%であった。なお、ヤマブシタケNhe-7、サンゴハリタケモドキNhe-3、Nhe-10およびNhe-11は発生処理後40日を経過しても子実体原基を形成しなかった。

#### 4. 考察

原色日本新菌類図鑑(Ⅱ)において、日本に分布するサンゴハリタケ科サンゴハリタケ属の種として、ヤマブシタケ、サンゴハリタケ、サンゴハリタケモドキ(クマガシラ)が記述されている<sup>1)</sup>。それぞれ、学名に*Hericium erinaceum* (Fr.)Pers.、*H. ramosum* (Merat)Letellier、*H. coralloides* (Fr.)S.F.Grayが用いられている。これら3種のきのこは、子実体の形態的特徴、特に胞子の大きさ、子実体の分岐状態および子実層が形成される針状の子実層托の形状と長さによって分類されている。また、生態的特徴として、ヤマブシタケとサンゴハリタケは広葉樹(主にブナ科)枯木に白腐れをおこし、サンゴハリタケモドキは針葉樹(特にモミ属)の枯幹上に発生すると報告されている。本報告では、これら3種のきのこの野生菌株と栽培品種について、寒天培地上での培養特性、交配系および栽培特性について比較した。

これら3種のきのこは寒天培地上の菌糸成長速度および菌叢の形態が大きく異なった。ヤマブシタケとサンゴハリタケは、同種内でも菌株によって菌糸成長速度に差

異が認められた。サンゴハリタケモドキの菌糸成長速度は、他の2種と比較して極めて緩慢であった。また、ヤマブシタケとサンゴハリタケの菌叢は気中菌糸が綿毛状に発達するのに対し、サンゴハリタケモドキの菌叢は、菌糸密度が低く、気中菌糸の少ない菌叢を示した。これらの性質はサンゴハリタケモドキの菌株では共通しており、菌叢の形態および菌糸成長速度は、この種と他の2種との明確な相違点であると言える。

木材の腐朽に関連する種々の菌体外酵素活性の反応を利用した呈色反応は、木材腐朽性きのこの生化学的性質を比較する方法として広く用いられている<sup>17,18,19)</sup>。特にフェノールオキシダーゼ活性は、木材腐朽菌の腐朽型と関係する重要な性質である。10種類のフェノール化合物に対する呈色反応を調べた結果、日本産サンゴハリタケ属菌3種のきのこの全ての菌株は、グアヤコール、タンニン酸、没食子酸、 $\alpha$ -ナフトールおよびABTSに対して呈色反応を示した。他の2種と同様に、サンゴハリタケモドキは白色腐朽菌であることが明らかとなった。また、これら3種はそれぞれ特徴ある呈色反応を示し、サンゴハリタケモドキはヤマブシタケよりも多くの基質に対して接種直後から強い反応が認められた。一方、ヤマブシタケは培養1週間後もp-クレゾールに対して呈色反応が現れなかった。サンゴハリタケモドキが培養初期より多くの基質に対して呈色反応を示し、その傾向がヤマブシタケやサンゴハリタケと異なったことは、両種の生態特性の違い、特に発生基質の違いとも関連し興味深い特徴である。

3種のきのこはいずれも4極性の交配様式を示し、これまで報告されている*Hericium*属の結果と一致した<sup>5)</sup>。また、3種は同種内交配では互いに交配が成立したが、異種間では交配が成立せず、形態的特徴および培養特性で区別される集団は生殖的に隔離された異なる種 (biological species) であることが示唆された。Ginnsは北アメリカ産の*Hericium*属75菌株について交配様式と培養特性を調べた<sup>5)</sup>。その結果、カナダ産*Hericium erinaceus*と同定された菌株は*H. americanum*に再分類され、*H. coralloides*と*H. erinaceus*のヨーロッパおよび北アメリカの菌株は同種であることが確認された。また、菌糸成長速度や菌叢の形態など、培養特性により*Hericium*属を分類することの困難さを指摘している。Stalpersは、*Hericium*属として、*H. coralloides*、*H. erinaceus*、*H. abietis*、*H. americanum*および*H. flagellum*を記載している<sup>3)</sup>。本研究で用いた日本産サンゴハリタケ属菌3種は、交配の成立した同種では類似した培養特性を示し、特性の異なる異種間では互いに交配しないことが確認できた。これらの

種が海外で報告されている*Hericium*属と同種であるか否かについては、今後検討の余地がある。

コナラおよびスギおがくずを培地基材とするビン栽培においても、日本産サンゴハリタケ属菌3種は異なる性質を現した。サンゴハリタケは、コナラ培地においては培地重量の約16%、スギ培地では約11%の子実体が得られ、川嶋の報告と同様におがくずを用いた栽培が可能であることが確認できた。また、今回初めてサンゴハリタケモドキの子実体形成を確認し、おがくず培地を用いたビン栽培により栽培が可能であることが明らかとなった。しかし、本試験で用いた培地および栽培条件では、子実体発生量が少なく、商業的栽培のためには、より多くの子実体を安定して発生させるため培地組成等の改良が必要である。Koらが*Hericium*属7種について、コナラおがくずと6種の農業副産物(米ぬか、大麦ぬか、大豆粉、卵殻、白菜、フスマ)を添加材とした培地で菌糸成長を比較した結果では、種によって菌糸成長に適する添加材が異なった<sup>15)</sup>。また、Xiao and Chapmanは、針葉樹に発生するカナダ産*Hericium abietis*を複数の針葉樹おがくずにフスマ等を添加した培地によって栽培し、子実体の栽培が可能であることを報告している<sup>16)</sup>。本試験の条件では、サンゴハリタケモドキ野生菌株の子実体収量は他の2種に比べ少なかったが、培地基材として用いるおがくずの樹種や栄養材の組み合わせにより子実体収量が多くなることも十分に考えられる。特に、ヤマブシタケ野生菌株には、既存の栽培品種と同等あるいはそれ以上の子実体収量が得られる菌株が存在した。日本において、サンゴハリタケ属きのこの栽培がはじめられたのはごく最近であり、栽培品種も少なく、野生菌株からの選抜や交雑育種はあまり行われていないと考えられる。サンゴハリタケとサンゴハリタケモドキについても、更に多くの野生菌株を収集選抜し、交雑育種を進めることで、より生産性の高い菌株を育成することも考えられる。サンゴハリタケモドキについては、これまで栽培事例がなく、野生菌株の採取もごく稀であるため、食品としての機能性や有効成分についての研究も行われていない。しかし、同属のヤマブシタケとサンゴハリタケからは様々な生体調節物質が発見されていることから、サンゴハリタケモドキにも同様の機能が期待される。一般に、きのこの薬理成分の分離精製や生体調節機能解析には、菌糸体や子実体の量的確保が不可欠である<sup>9)</sup>。本研究で得られた知見を更に発展させることにより、新たな栽培品種の開発だけでなく、サンゴハリタケ属きのこに含まれる生体調節物質の解明やそれらを利用した医薬品や健康食品の開発につながると考えられる。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、菌株をご提供いただきました共立薬品工業株式会社（奈良県高市郡高取町清水谷）ならびにご助言を賜りました同社研究開発部尾上太介氏に深く感謝いたします。

本論文を執筆するにあたり、ご助言を賜りました財団法人日本きのこセンター 菌蕈研究所 所長 福政幸隆博士、同上席主任研究員 長沢栄史氏ならびに同上席主任研究員 村上重幸博士に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 今関六也、本郷次雄：原色日本新菌類図鑑（Ⅱ）。大阪，保育社，1989，118-119.
- 2) 菊原伸夫（編）：日本産ヒダナシタケ類の分類。生地研，1987，151-154.
- 3) J.A. Stalpers: The Aphyllophoraceous Fungi Key to the Species of the Hericiales. CBS, 1996, 79-82. (Studies in Mycology, 40)
- 4) P.F. Cannon and P.M. Kirk: Fungal Families of the World. Egham, UK, CAB International, 2007, 158.
- 5) J.Ginns: *Hericium* in North America: Cultural characteristics and mating behavior. Canadian journal of botany. **63**, 1551-1563 (1985)
- 6) 川村清一：原色日本菌類図鑑第6巻。東京，風間書房，1954.
- 7) 水野 卓，川合正允：キノコの化学・生化学。東京，学会出版センター，2001，73-97.
- 8) 河岸洋和：“抗腫瘍・細胞毒性活性物質”。キノコとカビの基礎科学とバイオ技術，宍戸和夫（編），東京，アイピーシー，2002，204-212.
- 9) 河岸洋和：神経成長因子の合成を促すキノコの2次代謝産物。日菌報. **42**, 11-16(2001)
- 10) T. Saito et al.: Erinacine E as a kappa opioid receptor agonist and its new analogs from a basidiomycete, *Hericium ramosum*., J. Antibiot., **51**, 983-990(1998)
- 11) 高島幸司：ヤマブシタケの栽培指針。富山県林業技術センター林業試験場。2005
- 12) 尾上太介，小西浩二，小島 靖：ヤマブシタケにおける原木栽培法の検討。奈良県森技セ研報. **33**, 39-42 (2004)
- 13) 増野和彦：“ヤマブシタケ”。2004年版きのこ年鑑。東京，(株)プランツワールド，2003,175-179.
- 14) 川嶋祐介，中嶋薫：サンゴハリタケの栽培特性。54回日林関東支論. 259-260 (2002)
- 15) H.G.Ko, H.G.Park, S.H.Park, C.W.Choi, S.H. Kim, W.M.Park: Comparative study of mycelial growth and basidiomata formation in seven different species of the edible mushroom genus *Hericium*. Bioresource Technology. **96**, 1439-1444 (2005)
- 16) G.Xiao and B.Chapman: Cultivation of *Hericium abietis* on conifer sawdust. Canadian journal of Botany. **75**, 1155-1157(1997)
- 17) M.K.Nobles: Identification of cultures of wood inhibiting Hymenomycetes. Canadian journal of botany. **43**, 1097-1130 (1965)
- 18) K.Morisaki, T.Fushimi, S.Kaneko, I.Kusakabe and H.Kobayashi: Screening for Phenoloxidases from Edible Mushrooms. Biosci. Biotechnol. Biochem. **65**(10), 2334-2336(2001)
- 19) J.B.Taylor: Biochemical tests for identification of mycelial cultures of basidiomycetes. Ann. Appl. Biol. **78**, 113-123(1974)

(2008年1月15日受理)