

## 針葉樹テルペン類の生物活性と利用への展望

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	谷田貝, 光克
巻/号	15巻3号
掲載ページ	p. 25-31
発行年月	1992年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 特 集 樹木・きのこ類とバイオテクノロジー

## 針葉樹テルペン類の生物活性と利用への展望

谷田貝 光克

植物の二次代謝産物の一つであるテルペン類は種類が多く、その化学構造も変化に富み、従って多様な生物活性を有するが、最近、特に針葉樹に含まれるテルペン類の生物活性が注目を浴び、新しい生物活性の発掘と、その活性を利用した新しい用途開発が進められている。森林のにおいの主たる成分であるテルペン類の森林浴効果に関する研究も盛んである。ここでは、森林樹木が放出するテルペン類の濃度、立地条件、気象条件と濃度との関係等について述べ、森林浴効果の実証例を紹介する。また、テルペン類の持つ多様な生物活性の例として、抗菌作用、植物成長制御作用、シロアリ、ダニ等の害虫に対する作用、抗酸化作用等の最近の例を示す。さらに、これらの生物活性を利用した最近の製品開発の動向について紹介する。

### 1. はじめに

酸性雨による森林の衰退、乱伐による熱帯林の減少等森林破壊が進行し、地球の緑が減少していく様を見て、今や世界の大きな関心が緑資源の保護に向けられている。それと同時に緑資源の効率の良い利用法の開発が盛んである。石油、石炭等の化石資源が主流となる以前は、森林資源は生活に無くてはならぬものであり、生活をうるおし、充実したものにしてくれた。現在の身の周りは石油等からの合成品であふれている。しかしながら、化石資源に座を奪われていた森林資源が、最近再び注目を浴びている。

自然志向、健康志向の世の動きに伴って、穏やかな感触を持ち、副作用や毒作用の比較的少ない天然物が再び見直され出した。ここでは、森林資源の中でも成分利用の点から特に注目を浴びている針葉樹テルペン類について、その生物活性と利用の面から最近の動向を探ってみよう。

### 2. 木のおいとしてのテルペン類

森林浴が盛んである。林野庁で森林浴構想を打ち出してから、早や8年が経過した。今や森林浴は野外レクリエーションとして定着しつつある。森林の静かな雰囲気の中で、森林樹木が放出する木のおいにおいに触れ、健全な心身をつくりだそうというのが森林浴の考え方である。森林にはわれわれの疲れたからだに安らぎを与え、リフレッシュさせてくれるいくつかの機能があ

Mitsuyoshi Y<sub>ATAGAI</sub> : Biological activity of terpenes of conifers and a view of its utilization

る。穏やかな気象条件を作り出す気象緩和機能、静寂な雰囲気を作り出す防音、防風機能等がそうである。これらの機能に加え、最近、木のおいが心身にプラスに働くことが実証され出した。森林が昔から備えている、しかしながら、最近わかりだした森林の新しい機能である。森林には様々なおいが漂う。木の葉のおい、花のおい、腐葉のおい、動物のおい等々。そして、森林にはその森林特有のおいが存在する。それがテルペンのおいである。生えている樹種が違えばおいも異なる。テルペンは森林のおいを形づくる主要な成分である。テルペンの中でも森林のおいのもととなるのは揮発性のもので、精油に相当する部分である。トドマツやヒノキからは1ヘクタール当り一昼夜に3~5kgの揮発性テルペンがおいとして放出される。広葉樹では放出量が幾分少なく、高々2kg程度である。植物から放出されるテルペン量は、植物中の精油含量の多少にほぼ比例し、精油含量の大きい植物は、放出量も多い。精油含量は年間を通じて変化し、夏に多く、冬

に少なくなる。放出量も精油含量の変化に応じて年間を通じて増減する<sup>1)</sup>(図1)。

森林大気中のテルペン濃度は、立地条件、気象条件によって大きく変化する<sup>2)</sup>。傾斜のある森林でのテルペン濃度は、中腹部で最高値を示し、頂上に近くなるにつれ低くなる。麓あるいは林縁部では最も低い。中腹部では頭上を覆う樹葉が多いのに対し、頂上や林縁部では少ないので、テルペンの拡散が大きいためである。平地林でも林縁ではテルペン濃度は低いが、林縁から林の奥に行くと高くなる。約50mほど入りこむと、テルペン濃度はほぼ一定になり、それより奥に入っても濃度はほとんど変わらない<sup>3)</sup>。都市と農村の大気中に含まれる有機化合物を分析して比較すると、都市では排気ガス由来の炭化水素がほとんどであるのに対して、農村の大気中では排気ガス濃度が10~100分の1に減少し、揮発性テルペン類の濃度が増加する<sup>4)</sup>。山村に行けば樹木由来のテルペン濃度がさらに増加することが予想できる。一部の揮発性テルペン類は大気中でオゾンや光と反応する。森林大

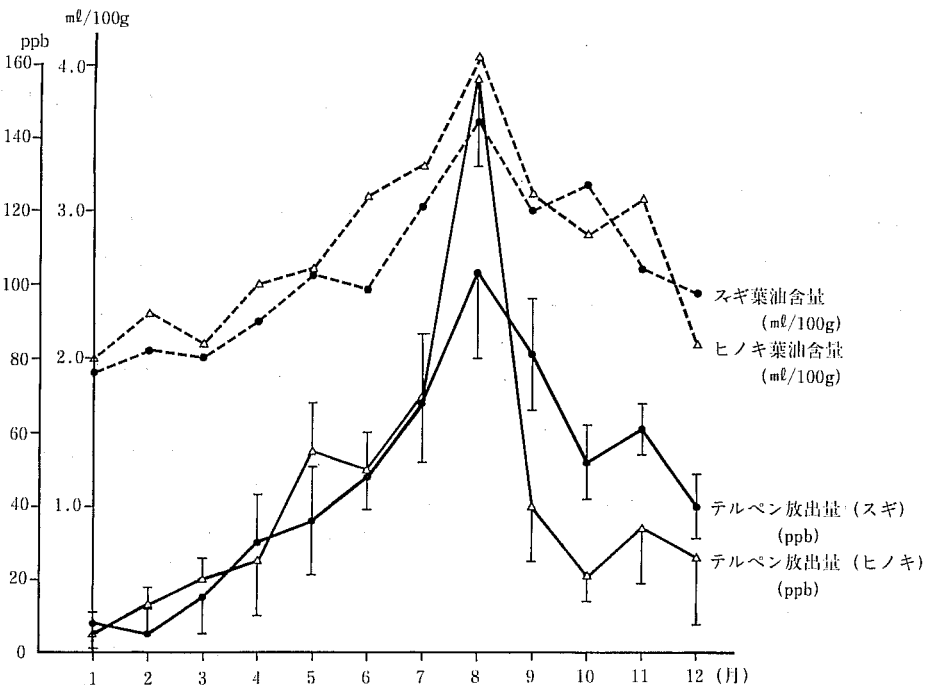


図1 樹木が放出するテルペン量と葉油含量

気中のエアロゾルを調べると、その中にはテルペンとオゾンとの反応生成物も含まれているが、その量は $\text{SO}_4^{2-}$ の量に比べるとはるかに少なく、微粒子化したテルペンが大気中の透明度を低くする心配はないという<sup>5, 6, 7)</sup>。

それでは森林大気中でのテルペン類の濃度はどの程度なのだろうか。樹木から放出されるテルペン量が季節によって変動するのに呼応して森林大気中の濃度も変化し、初夏から夏にかけ最大となる。ヒノキ、スギ、トドマツ、ヒバなどのわが国に生育する代表的な針葉樹林のテルペン濃度は、濃度の高い夏期に通常数百 ppb で、高い時でもたかだか ppm 前後である。とはいえ、この濃度は一般的な平均値であって、大気中のテルペン濃度は、気温、風速などの気象条件に大きく影響される。雨の日は晴れた日の数分の1の濃度になるし、ひと風、強い風が吹けば、においはすぐさま拡散してしまう。微風でもテルペン濃度はかなり影響を受ける。森林大気中のテルペン類としては、 $\alpha$ -ピネン、カンフェン、サビネンなどの揮発性炭化水素が主であり、中でも $\alpha$ -ピネンの濃度が通常高い。

### 3. 多様な生物活性を持つテルペン類

#### (1) 抗菌作用

植物に含まれる抗菌物質は現在までに単離され、その構造が明らかにされたものも多い。また、単離されないまでも日常生活の中でヒノキやヒバの葉を食品の防カビ用として用いたり、あるいは民間薬として使用したりといった具合に経験的に利用されてきたものも多い。

国内に生育する針葉樹葉油のうちで、抗カビ性の強いものとしては、ニオイヒバ、ヒノキ、チャボヒバ、ヒバ、ツガなどがあり、バクテリアの生育を阻害するものとしては、カラマツ、モミ、ツガ、ハイマツ、ヒバ、ハイビャクシンなどがある。いずれの場合も活性を示す濃度は1,000~100 ppm 程度である。針葉樹の葉油が通常50~100種類の成分の混合物であることを

考えると活性がそれほど強くないのもうなづける。

材油ではヒバが強い抗菌・抗カビ作用を持っていることが昔から知られ、その活性成分ヒノキチオールは現在でも使用されている。また、ヒノキ科埋木材の精油に多量に含まれる $\alpha$ -カジノールは虫菌菌 *Streptococcus mutans* に対し、強い抗菌性（生育阻止濃度20 ppm）をもっている<sup>8)</sup>。

精油の抗菌性を調べるのには精油を寒天培地に混入させる方法が良く取られる。前述の精油の活性はこの方法によるものである。精油が森林のにおいとして揮散している状態での抗菌作用はどうだろうか。このような雰囲気下では、ネズコ、アオトウヒ葉油が1,000~100 ppm で抗カビ性を発揮する。しかし、他の葉油は雰囲気状態ではほとんど活性を示さない。雰囲気状態、液体状態のいずれにしても樹木精油が抗菌・抗カビ性を発揮するのは数10 ppm から数1,000 ppm 程度の濃度である。従って、前述したように濃い時で数 ppm、通常は ppb 濃度である森林大気中の森林のにおいが、大気中の細菌やカビの生育を阻害する可能性は少ない。しかし、木から放出されるテルペン類は地上に落下するので、長期間にわたり地中にテルペン類が蓄積され、土壤中の微生物の生育を阻害したり、植物の発芽、成長を抑えたりすることはあり得ることである。事実、揮発性テルペンによるアレロパシーは良く知られている<sup>9)</sup>。

#### (2) 植物成長制御作用

アレロパシーは植物が自分以外の植物の成長を妨げるような物質—他感物質を分泌し、自分のテリトリーを確保し、繁殖するための、いわば、種族保存のための手段である。今までに知られている他感物質には、揮発性のテルペン類かフェノール類が多い。サルビア現象として知られている放牧地に侵入していくサルビア属の灌木や、ヨモギ属草本から放出される他感物質は、カンファーや1,8-シネオールなどの揮発性テルペンであり、アレロパシー現象を起こ

すので良く知られているユーカリからの他感物質は、クロロゲン酸などのフェノール類とテルペン類である。わが国の針葉樹でアレロパシーを起こすことが知られているものには、アカマツ、ナギ、モクマオウ、カラムツなどがある。

ヒノキ、サワラ、スギ、ヒバ、トドマツ等約30種の樹葉の精油およびメタノール抽出物のハツカダイコン、レタス等野菜種子を用いた発芽阻害作用、成長阻害作用を調べると、0.1%試料濃度では、ヒノキ、ウラジロモミ、ハイマツ、トドマツの葉油、オウゴンシノブヒバ、カイツカイブキのメタノール抽出物が、100%の発芽阻害作用を示す。トウヒ、スギの葉油、クロマツ、モミのメタノール抽出物は、発芽の時期を遅らせる作用がある。一例を図2に示す。針葉樹葉油の構成成分はその大部分が揮発性テルペン類であるので、テルペン類がアレロパシーに大きく関わっていることになる。落葉後、揮発性テルペン類の大気中への揮散速度が早い場合には、アレロパシー現象は生じない。

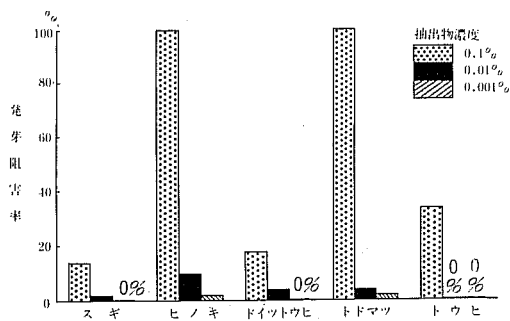


図2 葉油のレタス種子に対する発芽阻害性 (3日後のコントロールに対する%)

### (3) 害虫に対する作用

コウヤマキ、ヒバ、イジュなどのようにシロアリに抵抗性を持つ樹種が知られている。これらの樹種は殺蟻成分あるいはシロアリに対する抵抗性成分を含んでいることが多い。ヤマトシロアリは、暖かい地方に生息するイエシロアリと違い、関東近辺の冬に比較的寒くなる地方にも生息する。針葉樹葉油のヤマトシロアリに対する殺蟻性を調べてみると、マツ科樹種では、ハイマツ、ツガ、トウヒ、アオトウヒ、ドイツ

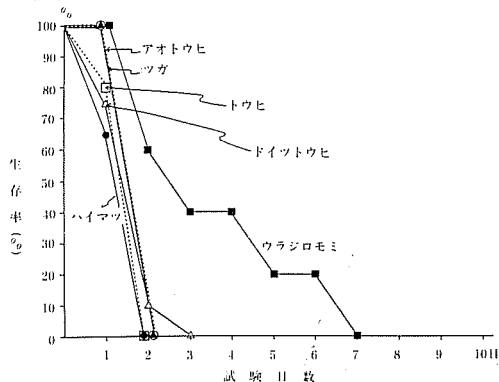


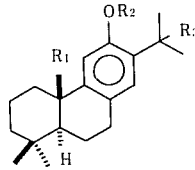
図3 葉油の殺蟻性

トウヒが特に強く (図3)、直径9 cmのシャーレ内に敷いたろ紙に10mgのサンプルをしみこませておくと2日目にシロアリは全滅する。ヒノキ科樹種では、アスナロ、ニオイヒバ葉油に強い殺蟻性が見られる (2日目にシロアリは生存率0%)。ヒノキは中程度の殺蟻活性を示す。

高温多湿はダニの繁殖を助長する。最近の住宅は気密性が良いので、すま風が吹かず多湿になる場合があり、暖房設備が整っているために高温となる。ダニにとってはこの上ない条件である。家に生息するダニの害に悩む家庭が最近増えている。空中に舞い上がったダニの死骸や糞を吸うことによって喘息などの症状が現れる。小児喘息の原因のうちのかなり高い割合が、家にいるダニによるものである。

針葉樹成分には殺ダニ効果を持つものがある。ニオイヒバ、ネズコ、カイツカイブキの葉油には比較的強いダニ行動抑制作用があるし、北米材のベイマツ、ベイスギ、エンピツビャクシン、国産材のスギ、ヒノキの木屑でダニを飼育するとダニの繁殖が抑えられる。木屑の精油成分のダニ抑制効果によるものである。

長期間にわたり土中に埋もれていた土埋木では、腐れやすい部分や害虫に侵されやすい部分が消失し、耐久性の原因となる精油や抽出物を多く含む部分が残っていく。そのために土埋木の精油含量や有機溶媒による抽出物含量は、正常な材に比べ大きいのが普通で、含まれている成分にも生物活性の面から興味あるものが多い。屋久島に生育するヤクスギの土埋木の精油含量



- |   |                                    |                     |                  |
|---|------------------------------------|---------------------|------------------|
| (1) R <sub>1</sub> = COOH,                | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = H  | ビシフェリン酸          |
| (2) R <sub>1</sub> = CHO,                 | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = H  | ビシフェラール          |
| (3) R <sub>1</sub> = CH <sub>2</sub> OH,  | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = H  | ビシフェロール          |
| (4) R <sub>1</sub> = CH <sub>3</sub> ,    | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = H  | フェルギノール          |
| (5) R <sub>1</sub> = COOCH <sub>3</sub> , | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = H  | ビシフェリン酸メチル       |
| (6) R <sub>1</sub> = COOH,                | R <sub>2</sub> = CH <sub>3</sub> , | R <sub>3</sub> = H  | O-メチル ビシフェリン酸    |
| (7) R <sub>1</sub> = COOCH <sub>3</sub> , | R <sub>2</sub> = CH <sub>3</sub> , | R <sub>3</sub> = H  | O-メチル ビシフェリン酸メチル |
| (8) R <sub>1</sub> = CH <sub>3</sub> ,    | R <sub>2</sub> = H,                | R <sub>3</sub> = OH | 15-ヒドロキシフェルギノール  |

図 4 ビシフェリン酸とその類縁体

は、正常なヤクスギの6倍、本州に生育するスギの約25倍の精油を含んでいる。成分的にも大きな差が見られ、含酸素化合物が多量に含まれている。この精油は、家に生息するダニであるヤケヒョウヒダニに対し、強い殺ダニ活性を持っている。含酸素テルペン類が特に強い殺ダニ活性を示す。

ヒノキ科サワラおよびその園芸品種の葉に含まれる樹脂成分、ピシフェリン酸とその類縁体(図4)もヤケヒョウヒダニに対して強い殺ダニ活性を持っている。酸化の度合いが進んだ構造をした化合物ほど、殺ダニ活性は強い(図5)。また、ピシフェリン酸のカルボキシル基は殺ダニ活性に大きく寄与しているが、フェノール性

水酸基はあまり寄与していないことが明らかにされている。

スギの穿孔性害虫であるスギカミキリは材部に食痕を残し、また、食痕が原因で変色を起こし、用材としての価値を低下させる。ところが、すべてのスギがスギカミキリの害を受けるわけではない。スギにはスギカミキリに襲われにくい抵抗性のものと、攻撃を受けやすい感受性のものがある。辺材の精油成分に対するスギカミキリの反応を詳細に調べていくと、抵抗性のものにはスギカミキリに対し忌避性を示す成分が多く含まれているのに、感受性では少なく、逆に誘引成分の量が多いことが明らかにされた<sup>10)</sup>。忌避性を示すテルペン類も明らかにされている。

(4) 抗酸化作用

抗酸化剤は食品の腐敗を防ぎ、品質を維持するために使用される。最近では、価格、効能等の面から合成剤がよく使われているが、植物成分にも抗酸化作用を持つものは多く、テルペン類もその例外ではない。シソ科常緑灌木のローズマリーの葉から得られるカルソノールは高い抗酸化活性を示す<sup>11)</sup>、殺ダニ作用を持つピシフェリン酸およびその類縁体は、抗酸化作用を持つことが明らかにされている。ピシフェリン酸類は天然抗酸化剤のα-トコフェロールより抗酸化活性が高く、強い合成酸化剤のBHTとほぼ同程度の活性を持っている。ピシフェリン酸類は剪定しても容易に再生可能なサワラとその

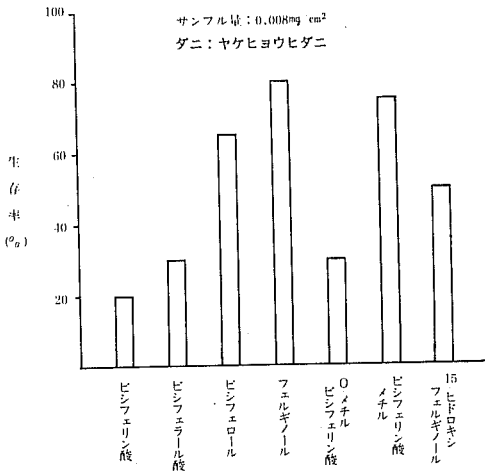


図 5 ビシフェリン酸類の殺ダニ活性 (3日後の生存率)

園芸品種に含まれているため、植物原料が得やすく、生物資源として将来性がある。

#### (5) 快適性増進作用

樹木の香りであるテルペンのもとでは気分が良くなり、快適性が増進することが、種々の方法で調べられだしている。針葉樹葉油の雰囲気の中ではマウスの運動量が増加する。森林大気中のテルペン濃度に近い濃度でマウスは最大の運動量を示す<sup>12)</sup>。この現象が、単ににおい刺激によって起こったものでなく、においで快適になったためであることが、毎日の摂食量、体重増加を見て判断された。濃度が濃い場合には逆にストレスが増加するため、運動量は小さく、餌を食べなくなり、また、体重は減少する。快適性を示すには適度な濃度が必要である。

樹木精油の雰囲気の中では、ストレス性発汗が少なくなり、指先の血流量が増加し、脈拍数が安定化することが認められている。これらの現象は、安静時に現れる副交感神経系の働きによるものである<sup>13, 14)</sup>。

$\alpha$ -ピネンは、樹木、特に針葉樹の葉油の中には多かれ少なかれ含まれている。 $\alpha$ -ピネンの香りが疲労回復に効果があることも報告されている。しかし、この場合にも適度な濃度であることが必要である。効果のあるといわれている $\alpha$ -ピネンでも75 ppmになると鼻・のどを刺激し、150 ppmでは耐えられなくなるからである。

#### 4. 用途の広がる針葉樹テルペン類

現在までのヒノキ、スギなどの代表的な針葉樹の主たる用途は用材であり、成分的な利用は皆無でなかったにしろ、ほとんどなされていなかった。林木伐採時に出てくる枝葉は林地に放棄され、製材時に出てくる鋸屑はせいぜい燃料として利用される程度だった。ところが最近の環境保護の世の動きに伴って森林保護の気運が高まり、同時に森林資源を大切に使おうという動きが現れてきた。見捨てられていた林地廃材

や工場廃材の利用が積極的に行われるようになってきた。樹木成分を利用する研究も盛んである。今まで知られていなかった新しい生物活性も見出され、テルペンを中心とした新しい用途の開発が行われている。特に最近ではヒノキなどの針葉樹の精油を使用し、森林をイメージさせる製品が多く出回っている。

芳香入り合板や繊維板は、すでに30年程前に製造されているが、当時のものは天然のにおいを発散させることや、接着剤から発散するホルマリン臭を消すことを目的としていた。最近では、殺ダニ、抗菌、快適性増進作用などの複合効果をねらった合板、壁紙等が市販されている。

合成繊維に針葉樹精油を練り込んだ製品も見かける。この種のものも以前に存在したが、濃度、徐芳性の点で問題があった。身の周りにつけるものとなると、濃すぎる濃度は気になる。においを低濃度で長期間、持続させることが重要になってくる。鞘芯型短繊維の芯部に精油を練り込んだものや、精油を封じ込んだマイクロカプセルを繊維に付着させる方法などが開発されている。ふとん綿、下着、ハンカチ、ソックスなど、多様な製品が製造されている。

スーパーマーケットに並ぶ室内芳香剤にも花の香りや柑橘系の香りに混じって森林の香りが目立ち出した。森林の香りの快適性増進作用をねらったものもある。ストレスからくる病気の治療に樹の香りを利用することも行われている。香りを嗅いで精神を安定化させるこの治療法では、不安、緊張感、神経過敏などに効果があるという。

#### 5. おわりに

ホテルのロビーにさわやかな香りが流れ、上演される演劇にあわせ、においが流れる時代である。狭い範囲の私的な空間で使用されていた室内芳香剤が、広い空間を持つ公的な場所で使用されるようになってきた。環境フレグランスと呼ばれるこの種の使い方は今後さらに普及し、

快適空間を作り出す森林の香りも、ますます、広く利用されていくことであろう。樹木が長期間かけ、丹精込めて作り上げたものを有効に、広く活用したいものである。

(森林総合研究所 生物活性物質研究室長)

文 献

- 1) 谷田貝光克・他 (1991) 木材学会41回大会(松江), 講要: 185
- 2) Yatagai, M. *et al.* (1988) Mokuzaï Gakkai-shi, 34 (1): 42~47
- 3) Yatagai, M. (1984) Mokuzaï Gakkaishi, 30 (2): 190~194
- 4) Hutte, R.S. *et al.* (1984) J.Chromatogr., 302: 173
- 5) Shaw, R. W. *et al.* (1983) Environ. Sci.

- Technol., 17: 389~395
- 6) Altskuller, A.P.(1983) Atmos. Environ., 17: 2131
- 7) Stevens, R.T. *et al.* (1984) *ibid.*, 18: 261
- 8) Yatagai, M. *et al.* (1984) Mokuzaï Gakkai-shi, 30 (3): 240~243
- 9) Rice, E.L. (1984) Allelopathy, Academic Press (New York): 422pp
- 10) Yatagai, M. *et al.* (1988) The 5th Int. Soc. Chem. Ecol. (Georgia) Abst.: 57
- 11) 中谷延二 (1984) 香料 No. 143: 11~20
- 12) Yatagai, M. and M. Hashi (1985) Mokuzaï Gakkaishi, 31 (5): 409~417
- 13) 石川明宏・島上和則 (1984) フレグランスジャーナル, No.64: 32~35
- 14) 宮崎良文 (1991) フレグランスジャーナル: 22~26

平成4年度

(財)伊藤記念財団助成応募要項

**1 助成の主旨** 財団伊藤記念財団は、食肉に関する研究及び調査を行って、畜産業及び食品産業の振興と国民食生活の安定に資することを目的としています。この目的を達成するため、平成4年度においても、前年度に引き続き食肉の生産、処理、加工等に関する研究又は調査を行う大学等の研究機関に対して助成を行います。

**2 対象とする研究又は調査の範囲**

- (1) 食肉の処理、加工・製造技術の向上に関する研究又は調査
- (2) 食肉及び食肉製品の生産部門(効率的家畜の生産、ただし家畜疾病・衛生、増殖・先端技術、飼養・飼料を含む。)への適用に関する研究又は調査
- (3) 食肉及び食肉製品の栄養学的価値に関する研究又は調査
- (4) 食肉及び食肉製品の流通に係る研究又は調査
- (5) その他、助成の趣旨に照らして本財団が必要と認める事項に係る研究又は調査

**3 助成金額** 平成4年度の助成金額は、1件当たりおおむね50万円以上、500万円の範囲で、

総額6,000万円程度です。

**4 助成金の用途** 研究又は調査の目的ならびに研究又は調査の計画に照らして合理的な範囲とします。

**5 応募方法** 本財団所定の用紙で申し込みをして下さい。希望のご連絡があり次第、申請用紙をお送りします。

**6 応募締切日** 平成4年5月15日

**7 選考決定通知** 平成4年6月下旬までに行います。

**8 助成対象者の義務** 平成5年4月30日までに研究報告書と助成金の用途についての収支報告書を提出していただきます。研究成果報告書については、本財団の年次報告書等において公表する予定です。

その他の義務はありません。

財団法人 伊藤記念財団  
 〒105 東京都港区虎ノ門5丁目3番20号  
 仙石山アネックス501 (TEL 3434-1186)  
 (FAX 3434-1256)