

環境汚染下の水圏底質における糸状菌類の生態および分類学的研究*

上田成一

長崎県衛生公害研究所

Ecological and taxonomic studies on filamentous fungi of sediment in fresh water, brackish water and marine environment, with special reference to water pollution

Seiichi UEDA

*Nagasaki Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences,
Nagasaki 852, Japan*

要 旨

経済の高度成長期以後、わが国の水圏は産業の発達、都市開発および人口の集中化などが原因で、自浄作用を上回る有機物が流入し、汚濁が進行している。こうした水圏の汚濁を知る方法としては、BODなどを測定する理化学的な方法、バクテリア数などを用いる生物学的な方法がある。しかし、生態系の分解者である糸状菌類について、環境汚染下における生態とそれによる環境汚染の評価については未だ明らかにされてない。水圏に生息している菌類についての研究は、これまで主として淡水域においては鞭毛菌類、水生不完全菌類、また、海水域においては木材着生菌類、海藻着生菌類などを中心に行われているが、環境汚染下の水圏底質の菌類についての報告はほとんどない。

本研究の目的は、水圏（河川、海）とくに内湾の底質に生息する糸状菌類と環境汚染との関係、および底質糸状菌類の環境浄化に果たす役割について究明することである。まず、淡水域—汽水域—海水域における底質糸状菌類の生態を明らかにするとともに、分離糸状菌類の中から汚染指標菌の検索を試みた。さらに、これら汚染指標菌を用いた環境調査の有用性を確認するため、汚染が進行している河口域において調査を行い、理化学試験の結果と比較検討した。つづいて、底質より分離した主要糸状菌類の生理学的性質（低酸素あるいは高塩濃度下における胞子の発芽や菌糸の生育）について検討し、その結果と生態的分布との関連性について考察した。また、底質糸状菌類の海水環境下における物質分解の役割を検証するべく、セルロース分解能についても検討した。

1. 主要水圏底質糸状菌類の生態

1-1. 河川底質の糸状菌類相

自然河川（境川）および市街河川（本明川）の底質の糸状菌類相を比較調査した。両河川とも上

流より下流になるにしたがい出現種数は次第に増加したが、感潮域では減少した。また、自然河川よりも市街河川の方が出現種数が多かった。河川の上流域からは植物寄生性および植物腐生性菌類である *Aureobasidium*, *Arthrimum*, *Drechslera*, *Pestalotiopsis*, *Pithomyces*, *Umbelopsis* などが分離され、上流域の糸状菌類相は流域の植生や土壌の影響を受けているものと判断された。

一方、下流域の糸状菌類相は排水の影響を受けているものと考えられた。汚濁水質に固有の *Geotrichum candidum* をはじめ、*Aspergillus niger*, *Penicillium oxalicum* などの不完全菌類と *Eupenicillium*, *Talaromyces*, *Eurotium*, *Neosartorya* などの子う菌類によって構成され、かつ出現種数も豊富であった。最下流域の河口部では、逆に出現種数は減少するが、この主因は塩濃度の影響にあると思われ、海水環境に適応した菌類だけが選択され生存するものと推察される。

1-2. 汽水域底質の糸状菌類相

汚染地域（長崎地区）と非汚染地域（有明地区）の汽水域底質の糸状菌類相を比較調査した。出現種数については両者の間で有意な差は認められなかったが、主要分離菌の分離頻度は長崎地区の方が有明地区より顕著に高かった。一方、出現種数の季節的変動については非汚染地域で著しかった。分離された主要な菌類は、河川底質と比較して大きな相違は認められなかったが、汽水域での汚染を特徴づける糸状菌類として *Sordaria humana* が高頻度に分離され、本菌が環境汚染指標菌として利用できることを示唆した。

1-3. 海域底質の糸状菌類相

まず長崎湾を対象とし、湾奥部から湾口にかけて水平方向の糸状菌類相を調べた。汚染地域すなわち湾奥部が湾口よりも出現集落数および出現種数の両者とも多かった。出現した主要糸状菌類の中で *Ascodesmis sphaerospora*, *A. macrospora*, *Talaromyces helicus* var. *helicus*, *Zopfiella latipes*, *Gilmaniella humicola* は湾奥部から多数分離された。とりわけ *Ascodesmis sphaerospora*, *A. macrospora* は汚染された海水域から高頻度に出現したが清浄域からは分離されず、これらの菌の動向から環境汚染の実態を知るための手掛りが得られることがわかった。なお、汚染汽水域から高頻度に分離された *Sordaria humana* は海水域からは分離されなかった。

垂直方向の糸状菌類の分布を大村湾を対象に調べた。コアーサンプラーを用い、S (0-1 cm)、B1 (1-6 cm)、B2 (6-11 cm)、B3 (11-16 cm) の4層から採泥し試料とした。4層の中で出現集落数および出現種数をもっとも多かったのはS層であり、下層になるにしたがって急激に減少した。湾奥部の汚染地域では最下層のB3層でも清浄域のS層以上の出現集落数が得られ、垂直方向の出現集落数の分布も汚染度と密接な関係にあることが明らかになった。*Talaromyces*, *Neosartorya*, *Pseudeurotium*, *Eupenicillium* などはS層からB3層まで分布していたが、*Apiosordaria*, *Byssochlamys*, *Microascus*, *Monascus* などはS層からのみ分離された。

2. 新規汚染指標菌の検索

従来より淡水域では汚染指標菌として *Geotrichum candidum*, *Leptomitus lacteus* など数種の糸状菌類が有用であるとされていたが、汽水域および海水域における汚染指標菌についてはまだ知られていない。これまで実施した生態調査の結果と環境汚染との関係から、汽水域での指標菌として *Sordaria humana*, 汽水域および海水域での指標菌として *Ascodesmis sphaerospora* が利用できることがわかった。*A. sphaerospora* は Cooke (1957) が淡水域での指標菌としてとりあげているが、

本研究により淡水域のみならず全水域（淡水域—汽水域—海水域）での指標菌として利用できることがわかった。両菌種とも糞生菌と呼ばれ、通常有機質に富む土壌から分離され、地理的にも広く分布する菌であるが、水圏底質からは著しく汚染された地域からのみ分離される。すなわち、環境選択性が狭い狭適応性の菌であることが特徴であり、指標菌として適しているものと判断された。

3. 新規指標菌を対象とした環境調査

下水処理場排水が流入する東大川河口域において、新規指標菌を対象としての生物モニタリングを実施した。なお、同時に理化学的試験も行い生物調査と比較した。*Ascodesmis* 属は *A. sphaerospora*, *A. nigricans*, *A. porcina*, *A. macrospora* の4菌種が分離されたが、分離頻度は前2菌種が高かった。*A. sphaerospora* は下水処理場排水の流入地点を中心に上流および下流地点から検出され、かつ菌数および検出頻度も流入地点に近いほど高い値を示した。したがって、*A. sphaerospora* の分布、検出頻度および糸状菌類の出現集落数などの測定から下水処理場排水の拡散をモニタリングできることがわかった。

4. 水圏底質糸状菌類の分類

水圏底質より子のう菌類の不整子のう菌類および核菌類に所属する新種 *Eupenicillium limosum* sp. nov. (マユハキタケ科)、*Neocosmospora tenuicristata* sp. nov. (ボタンタケ科)、*Corynascella inquinata* sp. nov. (ケタマカビ科)、*Podospora inquinata* sp. nov. (ラシオスファエリア科)、新属新種 *Calceomyces lacunosus* gen. et sp. nov. (マメザヤタケ科) を発見したので、図とともに形態的性質を記載した。さらに、これらの新属新種を含めて接合菌類1科3種、子のう菌類13科58種、不完全菌類37種を分類・同定した。

5. 主要水圏底質糸状菌類の生理学的性質

5-1. 低酸素条件下における生育

主要分離菌26菌種を用い、二酸化炭素置換培養法による低酸素条件下での生育試験を行った。その結果、供試菌の生育は菌種によって異なり、4つのタイプに類別された。低酸素条件下で生育しうる菌群 *Talaromyces flavus*, *Eupenicillium brefeldianum*, *Neosartorya glabra* はフィールド調査においても水平方向、垂直方向ともに広範囲に分布していた。他方、低酸素条件下で生育が抑制される菌類は水平方向、垂直方向ともに出現頻度が低かった。このように生理学的性質と水圏底質における分布との間には明確な関連が認められた。

5-2. 塩濃度と胞子の発芽および菌糸の生育との関係

Aspergillus fumigatus, *A. niger*, *Penicillium oxalicum*, *Paecilomyces variotii*, *Stachybotrys chartarum* の5菌種を用いて海水濃度および温度と胞子の発芽との関係について調べた。前4菌種の胞子の発芽は塩分濃度および温度の影響を著しく受け、塩分の増加とともに発芽率は低下し、かつ低温のとき影響の程度は大きくなり、その程度は菌種によって異なっていた。しかし、*S. chartarum* は塩分濃度および温度の影響を受けにくく、事実、その分布も汽水域、海水域に多く、淡水域にみられないことから、海の環境に適応した菌と考えられる。

さらに、主要分離菌26菌種の海水濃度を変えた培地における菌糸の生育試験では、菌糸の生育は孢子の発芽ほどは塩分濃度の影響を受けないことが認められた。(1)塩分存在下で生育が良い、(2)塩分が存在しても生育するが、ない方が生育が良い、(3)生育が塩分の有無に無関係であるものの3つのグループが認められた。海水域から分離した糸状菌類は(3)グループに属することが多く、このような耐塩性が海水域における生息を保証しているものと考えられる。

5-3. 環境汚染有機物質（とくにセルロース）の分解

内湾には、河川を通して内陸部由来のセルロース、リグニン、腐植などの有機物が流入している。これらのうちセルロース分解については淡水域での水生菌類に関する研究があるが、海水域におけるものは見あたらない。そこで内湾底質より分離した主要糸状菌類を用いてセルロース分解能について検討した。その結果、内湾底質に生息している糸状菌類の中にはセルラーゼを生産する菌と生産しない菌が存在することがわかった。高いセルロース分解活性を有する菌はそれらの負荷の多い河川、汽水域、海水域に分布する傾向があった。セルラーゼ生産菌はすべて蒸留水を用いた培地でろ紙を分解したが、海水培地では海水域-汽水域に広く分布している *Aspergillus terreus*, *Penicillium oxalicum*, *Trichoderma* sp., *Gilmaniella humicola* のみが分解能を示し、その他の菌はろ紙を分解しなかった。これらのセルラーゼ生産糸状菌類は環境汚染物質としてのセルロースを分解し、水圏の環境浄化に寄与しているものと考えられる。

以上のように、淡水-汽水-海水にわたる水圏底質には、主に陸域土壌に由来する多くの糸状菌類が環境条件に巧みに適応しながら生息しており、環境浄化に重要な役割を果たしていることが推測された。これらの糸状菌類の中のあるものは、有機物負荷のとりわけ多いところに特徴的に見られ、汚染の著しいところに特徴的な糸状菌類を用いれば、汚染を高感度でモニターできることも明らかになった。