

## II. の「3. 産生生物」及び「4. 発見の経緯」に係る修正（案）

## 3. 産生生物

OTA は *Aspergillus*属及び*Penicillium*属に属する数種の糸状菌によって産生されるが、菌によってはOTAに加え、オクラトキシンB（OTB等の類縁体を産生するものもある。これら類縁体のうち、食品汚染の報告が多いのはOTAであり、OTBが次に続くが、その他の類縁体は検出されることはまれである<sup>1</sup>。各種食品におけるOTAの自然汚染の原因となる主要糸状菌の分布及び汚染食品等について表2に示す。表2に示されるとおり、OTA産生菌は熱帯から寒冷地まで多種多様な農産物及び様々な食品で生育する。

OTA産生菌種は*Aspergillus*属の*Circumdati*節<sup>2</sup>に含まれる*A. ochraceus*、*A. westerdijkiae*及び*A. steynii*、*Flavi*節に含まれる*A. alliaceus*、*Nigri*節に含まれる*A. carbonarius*及び*A. niger*種複合体<sup>3</sup>（このうち主に*A. niger*及び*A. welwitschiae*）、並びに *Penicillium*属の*P. verrucosum*及び*P. nordicum*等である。各種食品への各菌の汚染は、それぞれの生態、宿主となる農作物及び食品の特異性、地理的分布及び発育条件（温度、湿度など）によって、大きく異なる。

OTA産生菌は、1960年代に南アフリカのモロコシから分離した*A. ochraceus*として最初に報告された（参照 35, 36）。日本では、最初にアズキ及び唐辛子粉から分離した*A. ochraceus*から（参照 7）、次いで、国産米から分離した*A. ochraceus*から（参照 8, 9, 10）、OTA産生が認められている。*Aspergillus*属の*Circumdati*節に属する*A. westerdijkiae*及び*A. steynii*はかつて*A. ochraceus*に含まれており、2004年に形態的な特徴や生育温度の差異によって、*A. ochraceus*からの独立が提唱された（参照 6）。したがって、それ以前にOTA汚染の原因または産生菌として報告されてきた*A. ochraceus*の中には*A. westerdijkiae*、*A. steynii*が含まれている可能性がある。実際に、2004年以降、過去に分離されたある食品のOTA汚染の原因菌*A. ochraceus*を再分類し、*A. westerdijkiae*と同定されたとする報告は複数ある（参照 1004）。生コーヒー豆のOTA汚染は南米、東南アジア及びアフリカ諸国で広く発生するが（参照 27, 28, 29, 30, 31）、そのうち海拔1,000 m 以上の高地で栽培されるアラビカ種のコーヒーでは、*A. ochraceus*、*A. westerdijkiae*、*A. steynii*等の*Aspergillus*属の*Circumdati*節の菌がOTA汚染の主原因となっているとの報告

<sup>1</sup> *A. ochraceus*をコメ上でインキュベーションしてもOTCは検出されなかったという報告がある。（参照 133）

<sup>2</sup> 国際植物命名規約で認められる、属と種の間におかれる分類階級（生物学辞典 第1版第1刷）

<sup>3</sup> 何らかの理由で独立の分類学的種として扱うことに支障がある複数の生物学的種の集合をさす（生物学辞典 第1版第1刷）。*A. niger* 種複合体には*A. niger*のほか、*A. luchuensis*、*A. tubingensis*、*A. welwitschiae*等が含まれ、これらの種は形態学的にも遺伝学的にも非常に類似している。

1 がある。(参照X1, X2)

2 *Aspergillus*属*Nigri*節の菌種については、いずれも生育が早く、暗黒褐色～黒色  
3 の集落を形成し、OTA産生において高温と多湿環境が影響するといった特性が共  
4 通している。したがって、しばしばまとめてblack aspergilliと表記される。この  
5 中で、*A. carbonarius*は以前から明確に同定されていた種であるが、OTA産生に関  
6 する報告は1995年が最初である(参照 20)。2000年以降、ワイン用ブドウ液及び  
7 ワインのOTA自然汚染に関して、ポルトガル、スペイン、フランス及びイタリアを始め  
8 とする地中海沿岸諸国、オーストラリア並びに南米のワイン用ブドウ生産地におけ  
9 る実態調査が実施され、分離された*A. carbonarius*菌株はいずれも強力なOTA産生  
10 能を有し、ブドウのOTA汚染の主要な菌であることが示された(参照 21, 22, 23, 24,  
11 25, 26)。本菌の発生率は高温と降雨による湿度の上昇といった条件に影響され、  
12 気象との相関がみられる(参照 1006)。また生コーヒー豆でも*A. carbonarius*に  
13 によるOTA汚染が多数報告され(参照 27, 28, 29, 30, 31)、中でも海拔800 m以下  
14 の高温多湿の熱帯地域で栽培されるロブスタ種に本菌が感染するとの報告があり  
15 (参照 X1)、上述のアラビカ種では*Aspergillus*属*Circumdati*節の菌がOTA汚染  
16 の主原因となることと比較すると、OTA産生菌の地理的分布の差異が顕著に表れ  
17 ている。

18 以上のことから、*A. carbonarius*はブドウ、ワイン用ブドウ液及び干しブドウ等  
19 の乾燥果実並びに生コーヒー豆における重要な汚染原因菌として認識されている。  
20 一方で、ブドウ又はコーヒー栽培で*A. carbonarius*による OTA汚染が発生する地域  
21 であっても、穀類、種実類などの農作物では本菌の検出率は低く、OTA汚染への関  
22 与は低い。

23 *A. niger*種複合体は、*A. carbonarius*と共に熱帯圏のブドウ又はコーヒーに同  
24 時発生することが多いが、*A. carbonarius*よりも分布に多様性があり、温帯にも  
25 広く分布する。さらに、表 2 に示すように穀類、穀類加工品など多種類の食品及  
26 び原材料に発生する。*A. niger*種複合体は、ブドウ果実の成熟段階の全てにおいて菌の  
27 汚染の主体となっており、発生率は*A. carbonarius*より2～3 倍程度高い。一方で  
28 *A. carbonarius*は成熟期から収穫期にかけて増加する。

29 *Penicillium*属のOTA産生菌に関する最初の報告は、1969年にカナダにおいてハ  
30 ムから分離した*P. viridicatum*の菌株によるものである(参照 11)。その後、*P.*  
31 *viridicatum*のかび毒産生について、多数の菌株の検討が行われた結果、本菌は生  
32 育速度や集落の色調などの形質並びにOTA及びシトリニン(CIT)の産生性を指標  
33 として再分類され、OTA及びCITを産生しない菌を*P. viridicatum*、OTA及びCIT  
34 を産生する菌を*P. verrucosum*、OTAを産生しCITを産生しない菌を*P. nordicum*  
35 とされた(参照 15)。なお、*P. verrucosum*及び*P. nordicum*は酵母エキス・スクロー  
36 ス寒天培地(YES)の集落裏面の色調の違いによって識別できるとされている。以  
37 上のおりOTA産生*Penicillium*属の分類については、変遷が認められるため、2000

1 年以前のOTA産生菌については、*A. ochraceus*の場合と同様に種名に十分留意す  
2 必要がある。

3 現在では、生態的な違いを含めて、*P. verrucosum*は主に温帯地域の中でも寒冷な  
4 地域で生産される穀類のOTA 汚染源であり、*P. nordicum*は主に食肉加工品やチー  
5 ズなどのOTA汚染源とされている。*P. nordicum*は高タンパクで塩濃度の高い食品  
6 に汚染が認められ、低温（15℃）条件や 20%の塩濃度でも生育は可能である（参  
7 照 16）。酵母エキス・スクロース寒天（YES）培地に 0～8%の塩（NaCl）を添加  
8 してOTA 産生性を調べた結果、塩濃度が2%のときにOTA産生量が最大となり、塩  
9 を添加していないときの2倍であった（参照 17）。また、ハムの熟成過程において  
10 *P. nordicum*のほかにも*A. ochraceus*等がOTA汚染に関与することが報告されて  
11 いる。（参照 18, 19）

13 表2 食品におけるオクラトキシンA汚染に関与する  
14 主要な*Aspergillus*属及び*Penicillium*属かびの種類

菌種	主な汚染食品	地理的分布
<i>Aspergillus</i> 属		
<i>Circumdati</i> 節		
<i>A. ochraceus</i>	穀類、穀類加工品、豆類、種実類、香辛料、オリーブ、ブドウ、乾燥果実、コーヒー豆、乾物類（かつお節等）、食肉加工品	温帯～熱帯： 日本、世界各地
<i>A. westerdijkiae</i>	コメ、コムギ、ソルガム、種実類、香辛料、ブドウ、コーヒー豆	米国、ヨーロッパ、南アフリカ、イスラエル、インド、タイ、ベトナム、中国、オーストラリア、ブラジル、ベネズエラ
<i>A. steynii</i>	コメ、ダイズ、ブドウ、コーヒー豆	スペイン、インド、スリランカ、タイ、ベトナム、中国、オーストラリア、パナマ、アルゼンチン
<i>Flavi</i> 節		
<i>A. alliaceus</i> *	コムギ、種実類、イチジク、タマネギ、ニンニク	米国、メキシコ、英国、イタリア、アルジェリア、中近東、インド、中国、オーストラリア、ペルー
<i>Nigri</i> 節		
<i>A. niger</i> 種複合体	穀類、穀類加工品、豆類、種実類、香辛料、生鮮果実・野菜（ブドウ、トマト、タマネギ、ニンニク等）、乾燥果実、コーヒー豆、カカオ豆、食肉、食肉加工品、チーズ	温帯～熱帯： 日本、世界各地

<i>A. carbonarius</i>	穀類、種実類、香辛料、カンキツ、ブドウ、イチジク、乾燥果実、コーヒー豆（ロブスタ種）、カカオ豆	米国、ヨーロッパ（地中海沿岸）、チュニジア、ガーナ、ナイジェリア、中近東、インド、インドネシア、タイ、ベトナム、日本、オーストラリア、ブラジル、アルゼンチン
<i>Penicillium</i> 属		
<i>P. verrucosum</i>	穀類、穀類加工品、ジャガイモ、タマネギ、豆類、種実類、チーズ、クリーム、ケーキ	温帯（特に寒冷地） 米国、カナダ、ロシア、ヨーロッパ、日本、フィリピン
<i>P. nordicum</i>	コムギ、タマネギ、食肉、食肉加工品、魚卵、塩魚、ジャム、チーズ	カナダ、グリーンランド、ヨーロッパ、インドネシア、日本、オーストラリア

1 \* : 参照 1003においては完全世代*Petromyces alliaceus*での表記。

2

#### 3 4. 発見の経緯

4 OTAは1960年代の初めに南アフリカにおいて原発性肝癌が高発していたため、  
5 その原因を調査する研究の過程において、毒素産生かびの探索中にモロコシから分  
6 離された*Aspergillus ochraceus*（2004年に*A. westerdijkiae*と再分類）の代謝物とし  
7 て発見され、1965年に単離及び構造決定がなされている。（参照 35, 36, 1004）

8 OTAによる農産物の最初の自然汚染の報告は、1969年の米国の市販トウモロコシ  
9 についてであり（参照 37, 38）、その後、世界各地で麦類及び豆類での自然汚染例  
10 が報告された。（参照 39, 40, 41）

11 さらに、1974年に生コーヒー豆、1990年代にはOTA汚染穀類を原料として生産  
12 されたビールの汚染（参照 42, 43）、1996年にワインの自然汚染例（参照 44）  
13 が報告されている。また、欧州においては、デンマークなどの北欧で発生してい  
14 るブタの腎症やバルカン諸国で発生しているバルカン風土病腎症の要因の一つで  
15 あると推定されていた（参照 45, 46, 47, 48）。これらの状況から、これまでに世  
16 界各国において大規模な汚染実態調査や疫学調査等が実施され、OTAの世界的な  
17 汚染実態が明らかにされている。（参照 1, 21, 22, 23, 43, 49, 50, 51, 52）

1 <追加文献>

2 X1 : P. Noonim, W. Mahakarnchanakul, K.F. Nielsen, J.C. Frisvad and R.A.  
3 Samson. Isolation, identification and toxigenic potential of ochratoxin A-  
4 producing *Aspergillus* species from coffee beans grown in two regions of  
5 Thailand. *International Journal of Food Microbiology*. 2008; 128: 197-202  
6 <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.08.005>

7 X2 : T. Geremew, D. Abate, S. Landschoot, G. Haesaert and K. Audenaert.  
8 Occurrence of toxigenic fungi and ochratoxin A in Ethiopian coffee for local  
9 consumption. *Food Control*. 2016; 69: 65-73  
10 [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516301943?via%](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516301943?via%3Dihub)  
11 [3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516301943?via%3Dihub)