米に着生するカビ

一戸 正勝*

Masakatsu ICHINOE*: Mould contamination on rice

穀類に着生してカビ毒汚染をもたらす菌類にはムギ類、トウモロコシの赤かび病にみられるような収穫前の圃場における植物病原菌に区分されるものと、米粒の収穫後の貯蔵、輸送時に発生する病変米の原因になるような貯蔵性菌類に区分されるものがある。

圃場におけるイネ病原菌がカビ毒汚染に関与したと想定される例は1950年代に発生した赤かび被害米粒の摂取による食中毒事件以外にはない。食品衛生学の歴史のうえで米（米粒）に着生するカビが問題視されたことは第二次世界大戦以前からあったが、社会問題にまでなり、その後の我が国のカビ毒研究の発端となったのは貯蔵性菌類による黄変米事件である。

1993年の東日本を中心とする異常気象によるイネの大冷害は外国産米の緊急輸入という事態をもたらし、その安全性をめぐって新聞、テレビをおおいに賑わしたのは黄変米以来のことである。

そこで、これまでの我が国における米のカビに関する研究の歴史を概観することにより、それらの研究成果から学ぶことの多いことを期待すると共に、現在の輸入米、国産米のカビおよびカビ毒の問題にいかに対処すべきか考えたい。

1. 黄変米事件

1950代には戦後の食料不足による外国からの大量の米の輸入時に病変米（黄変米）の発生が問題となり、それまでの毒性学的研究成果をふまえて、*Penicillium* 属のカビのいわゆる黄変米菌3菌のうちイスランジア黄変米菌 (*P. islandicum*) およびタイ国黄変米菌 (*P. citrinum*) の着生を対象とした菌学試験が行政試験として国の研究機関により実施されている。当時の検査基準は一定の培養条件のもとで、1試料あたりの病変米含有率が0.3%以上のものは再搗精を要するというもので、具体的には300粒の培養検査で *P. islandicum*, *P. citrinum* のいずれかの汚染粒が検出されたら再搗精（不合格）というきわめてきびしいものであった¹⁾。

この検査基準にそって、例えば1959-1967年の間には検査対象となった621点のうち100点(16%)が不合格となったという。

この輸入米の行政検査の結果は1954年から1967年までとりまとめられている^{2),3)}。これらの報告によると当時はまだ問題視されていなかった *Aspergillus flavus*, *A. versicolor* などの高率な検出頻度を指摘している点が注目される。

2. 国産米のカビ分布調査

1960年代には、現在カビ毒のなかで最も重要視されるアフラトキシンの発見をふまえて、国産米の菌学試験が国立衛生試験所および千葉大学の研究グループにより実施されている。国立衛試で

* 東京家政大学 (〒173 東京都板橋区加賀 1-18-1)

Tokyo Kasei University (18-1, 1-chome, Kaga, Itabashi-ku, Tokyo 173).

は消費者段階に流通していた精白米を対象とし、菌学試験に引きつずき、分離菌株の毒性試験まで行っているが、毒性株として *P. expansum*, *P. islandicum* などを見出しているが検出頻度は低く、全体として流通中の精白米は良好な状態にあるとしている^{4,5)}。

一方、千葉大グループは農家保有の精白米および玄米を対象に菌学的検索を行い、分離菌株の中からオクラトキシン A (*A. ochraceus*), ステリグマトシスチン (*A. versicolor*), パツリン (*A. clavatus*) などの生産菌を見出している他、国産米からも *P. islandicum*, *P. citrinum* などの黄変米原因菌が少なからず検出されたことに注目している⁶⁾。

なお、これら一連の調査研究から米粒由来の *A. flavus* にアフラトキシン生産菌は検出されていない。

3. 古米、古古米のカビとカビ毒

1970 年代には国内産米の生産過剰によって生じた古米、古古米の処理に関する研究が行われて、常温倉庫内での貯蔵条件下における玄米のカビによる加害状況が調査された。この報告によると、貯蔵後 3-4 年経過した玄米では検出菌量と水分含量の関係が重要であり、低湿性菌群（好乾性菌類）の *A. glaucus* (*Eurotium* spp.), *A. restrictus* の両菌群および *P. pusillum* を検出頻度、着生率の高い菌類としている。しかしながら、常温倉庫内で最下段部に積まれた袋では床からの吸湿により *A. versicolor*, *P. tardum*, *P. citreo-viride* などのカビ毒生産菌が時に高率に着生する場合があることを指摘している⁷⁾。実際、同研究グループは *A. versicolor* が高率に検出される玄米試料につき、化学分析した結果、37 点中 12 点にステリグマトシスチンの自然汚染を確認し、最高 16.2 ppm の汚染値をしめすものを見出している⁸⁾。

また、長期保管された変質米からステリグマトシスチンの他、オクラトキシン、チトリニンの複合汚染を検出し、これらの汚染試料から *A. versicolor*, *P. viridicatum* を分離して、カビ毒の生産条件についても検討した報告がある⁹⁾。

4. カビ毒汚染米粒におけるカビ毒の分布

1980 年代には、黄変米事件の際に菌学試験で不合格になった試料の再掲精が議論の対象になったことにに対する解答が得られた。

千葉県衛生研究所のグループはカビ毒汚染した米粒内におけるステリグマトシスチン、チトリニン、アフラトキシンなどの分布につき、汚染原因菌の米粒への侵入経路、自然汚染米粒内におけるカビ毒の分布、精白米と糠区分におけるカビ毒の分布などを検討した。

菌学的、形態学的あるいは分析化学的検討により、これらのカビ毒に汚染された玄米粒では毒素類は胚芽、アリーロン層ならびにそれに接するデンプン胚乳部、特に胚芽部周辺に集中することを明らかにした^{10,11)}。

この結果の示すところはカビ毒汚染玄米を掲精すると、汚染が軽度の場合には毒素が糠区分に除去されるものの、汚染が高度の場合には完全に除去されず、わずかながら精白米中に残存するという重要な知見である。

5. 1993 年冷害の緊急輸入米のカビ毒対策

この度の緊急輸入の対象となっている米の輸出国はタイ国、中国、アメリカ、オーストラリアに限定されているが、輸入港における行政検査の主体は残留農薬、カドミウムなどにあり、カビ毒に関してはアフラトキシンのみが検査されている。検査結果の詳細についてはまだ明らかにされてい

ないが、アフラトキシン以外のカビ毒による汚染の可能性はどうであろうか、現行の行政的な措置は我が国で試験法が設定され、規制の対象になっているカビ毒がアフラトキシンだけであるという理由以外にいくつかの理由が考えられる。例えば、かつて問題とされた黄変米菌の毒素のうち、*P. islandicum* の代謝産物のルテオスカイリン、サイクロクロロチンや、*P. citreo-viride* のチトレオビリジンなどについては、分析法、回収率、ガイドラインなどが定められた、完成された形での試験法が提示されていないこと、現在輸入されている外国産米の黄変米菌やその他のカビ毒生産菌がどの程度着生しているかが不明であることなどがあげられよう。

6. カビ毒生産菌の選択的培養条件

従来、米粒からカビ分離には Czapek 培地、同培地に糖を添加した好乾性菌類用の培地、glucose-peptone 培地、sucrose-peptone 培地などが使用されていたが、*Mucor*, *Rhizopus*, *Syncephalastrum* のような生育の速い拡大性菌類の存在のため、目的とするカビ毒生産菌の検出が困難となる場合があった。近年開発された Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol (DRBC) 培地¹²⁾は拡大性菌類の発育を抑制し、*Penicillium*, *Aspergillus* などの形態の特徴もよく示すすぐれた培地である。

国立衛試ではこのたびの緊急輸入米の一部の精白米 15 点、玄米 15 点につき、予備試験的に菌学試験を実施しているが、DRBC 培地は主なカビ毒生産菌の検出には好結果を示しており、また、*Eurotium* などの好乾性菌類の検出には Dichloran 18% glycerol (DG18) 培地¹³⁾が優れているという。

穀類などを対象としたアフラトキシン分析には通常粉碎試料が用いられるが粉碎試料の *A. flavus* の検出には *Aspergillus Flavus Parasiticus Agar* (AFPA) 培地が選択識別培地として利用できる¹⁴⁾。

おわりに

現時点における米のカビ、カビ毒に関する課題としては、緊急輸入米、とくに流通段階にある多量のタイ国産米の処遇の問題、ガットウルグアイラウンドの合意にもとづくミニマムアクセスとしての外国産米の受け入れなどがあり、国産米についても、米の安定供給のための備蓄など、いずれも貯蔵に係わるカビ、カビ毒の問題を無視できない。

当面は、化学的手法によるカビ毒試験法の確立が優先すべきであるが、一方で、カビ毒自然汚染の可能性を強く示唆する基礎資料としての菌学的知見の重要性はこれまでに紹介した黄変米事件以来の研究成果の示すとうりであり、特にカビ毒生産菌を迅速かつ簡便に検出できる方法の開発は急務といえる。

引用文献

- 1) 厚生省通達：輸入病変米の処置について 昭和 29 年 8 月 3 日，衛発第 516 号。
- 2) 稲垣尚起：日本公衛誌，7，1123 (1960)。
- 3) 倉田 浩，坂部フミ，宇田川俊一，一戸正勝，鈴木明子，高橋紀子：衛試報告，86，183 (1968)。
- 4) Kurata, H., Udagawa, S., Ichinoe, M., Kawasaki, Y., Takada, M., Tazawa, M., Koizumi, A., Tanabe, H.: J. Food Hyg. Soc. Japan, 9, 23 (1968)。
- 5) Kurata, H., Udagawa, S., Ichinoe, M., Kawasaki, Y., Takada, M., Tazawa, M., Koizumi, A., Tanabe, H.: J. Food Hyg. Soc. Japan, 9, 379 (1968)。
- 6) 宮木高明，山崎幹夫，堀江義一，宇田川俊一：食衛誌，11，373 (1970)。
- 7) 鶴田 理，真鍋 勝：日菌報，15，401 (1974)。
- 8) 真鍋 勝，鶴田 理：日菌報，16，399 (1975)。

- 9) 杉本貞三, 南沢正敏, 高野和子, 笹村靖子, 鶴田 理: 食衛誌, **18**, 176 (1977).
- 10) Takahashi, H., Yazaki, H., Manabe, M., Matsuura, S.: Cereal Chem., **61**, 48 (1984).
- 11) Takahashi, H., Yazaki, H., Manabe, M., Matsuura, S., Kimura, S.: Cereal Chem., **66**, 337 (1989).
- 12) King, D. A. Jr., Hocking, A. D., Pitt, J. I.: Appl. Environ. Microbiol., **37**, 959 (1979).
- 13) Hocking, A. D., Pitt, J. I.: Appl. Environ. Microbiol., **39**, 488 (1980).
- 14) 鈴木明子, 成田紀子, 菊池 裕, 一戸正勝: 食衛誌, **35**, 391 (1994).