

穀類のかび毒低減のための GAP の役割

九州沖縄農業研究センター ^{なか}中 ^{じま}島 ^{たかし}隆

はじめに

2003年5月に、国民の健康保護が最も重要であるという認識に基づき、リスク分析の考え方を導入するなど食品の安全性の確保に関する基本理念などを定めた食品安全基本法が制定された。食品の安全性向上のためには、フードチェーン（農作物の生産から食品の消費に至る一連の食品供給行程）全体を通じたりスク管理が必要となる。農作物の生産段階においても、食品危害要因（病原微生物、かび毒、重金属、残留農薬、異物混入等）による健康への悪影響を総合的に低減するためのリスク管理が求められている。穀類の危害要因としてかび毒（マイコトキシン）が特に重要である。2003年7月にコーデックス委員会において「穀類のかび毒汚染の防止および低減に関する行動規範」が採択されており、国内においては02年に厚生労働省により小麦のかび毒デオキシニバレノール（DON）の暫定基準値（1.1 ppm）が設定されている。農作物の生産段階におけるリスク管理の手法として、食品安全のためのGAPの導入が有効であると国際的に推奨されている。

本稿では、まずGAPの概念を解説し、穀類のかび毒、特に麦類の赤かび病のかび毒汚染低減対策におけるGAPの果たす役割を筆者の研究データに基づいて解説する。あわせて、本年の麦類赤かび病の発生状況と今後の防除対策について述べる。

I GAPの基本的考え方

GAPとは、文字どおり「ジー・エー・ピー」と読み、英語で「Good Agricultural Practice」日本語では「適正農業規範」と訳される。国連食糧農業機関（FAO）の定義（広義）では、「安全で健康な食品や非食品農産物に関わる農場内での生産工程や生産後の工程において、環境、経済、社会の持続性を図るために得られた知識を利用すること」としている。つまりGAPとは、「食品安全」、「農業の適正使用」、「農業活動を原因とする環境負荷の低減」、「農作業における労働安全」などの具体的な

目的のために、農業の作業工程ごとの基本的な考え方や、実施すべき作業の内容を成文化するとともに、それを実践し、記録する取り組みのことである。GAPの導入と実践では、このような特定の目標や理念の達成のために必要となる活動内容を具体的にかかげ、それに従って作業を進めること、つまり農作物の生産工程全体を見渡した管理を行うことで目標に到達していくことが期待されている。また、個々の生産現場で実践する作業内容をこと細かく規定するのではなく、生産活動における各工程管理の原則などを示すことで、具体的な管理方法などについて現場での合理的な選択や軌道修正が可能とされている。さらに、各国などで既に策定されたGAPの内容を見ると、EUREPGAPのように「食品安全」、「環境負荷低減」、「労働福祉」を目標・理念としたGAPもあれば、コーデックスで検討された「農薬使用を原因とする食品汚染防止を目的とした農薬の使用」や米国での「青果物を原因食材とする食中毒事故防止を目的とした病原微生物対策」などの食品安全確保に限定したものもある。

我が国では農林水産省が食品安全GAPへの取組を推進しており、食料・農業・農村基本計画にも位置付けられている。このため、(社)日本農林規格協会が2005年3月に策定した「食品安全のためのGAP」策定・普及マニュアルを基に各都道府県でGAP推進協議会が立ち上げられている。民間でも大手流通メーカーなどが独自のGAPに取り組んでいる。

II 穀類で問題となるかび毒

かび毒とはかび（糸状菌類）の産生する第二次代謝産物で、ヒトあるいは家畜、魚類など高等動物に対して急性もしくは慢性の生理的あるいは病理的障害を与える物質群に与えられた総称である。現在300種類以上が報告されている。かび毒の恐ろしさが世界的に注目されるようになったのは、1960年にイギリスで、10万羽以上の七面鳥が集団中毒死する事件が起きてからである。この事件の原因物質は、飼料中のピーナッツミールを汚染していた *Aspergillus flavus* の代謝産物アフラトキシンB1、B2、G1、G2などであることがわかり、この毒素が史上最強の発ガン性を有することが明らかになった。アフラトキシンによる汚染はナッツ類、穀類、マメ類、コーヒ

Role of GAP for the Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals. By Takashi NAKAJIMA

（キーワード：赤かび病、デオキシニバレノール、マイコトキシン、適正農業規範）

一豆、牛乳、ナチュラルチーズなど多くの食品で報告されている。アフラトキシンのほかに発がん性が確認されているかび毒には、*Aspergillus ochraceus* などが産生するオクラトキシシ、*Aspergillus versicolor* などが産生するステリグマトシシチン、*Penicillium islandicum* が産生するルテオスカイリンや *Aspergillus clavatus* などが産生するパツリンなどがある。

また、麦類などに赤かび病を引き起こす数種の *Fusarium* 属菌が産生する DON、ニバレノール (NIV) 等のトリコテセン系毒素は発ガン性は確認されていないが、悪心、嘔吐、腹痛、めまい、下痢、頭痛等の諸症状を伴う中毒症を引き起こす。ただし、世界的に見ても死亡例は報告されていない。しかし、現在問題になっているのは、こうした高濃度の汚染によるものではなく、より低濃度の汚染でも、長期間摂取していると成長抑制、体重低下や免疫力低下などヒトの体に影響を及ぼしていることである。赤かび病の原因となる *Fusarium* 属菌は、このほかにも女性ホルモン様作用をもつゼアラレノン (ZEA) を産生することが知られてる。なお、上記の菌類種ならばすべての菌株がかび毒を産生するとは限らず、産生能をもつ菌株とまたない菌株が一つの菌類種に混在するのが一般的である。我が国では農作物のアフラトキシシ汚染は確認されていないが、かび毒を産生するかびは身の回りのいたるところに存在している。かび毒による中毒を予防するには、かびの発生を抑えることが基本であり、そのためには農作物が畑に生育しているときから適切な防除措置を行い、生産から流通までの十分なかび毒汚染防止策をとることが必要である。その有効な手段として GAP の導入が進められている。

III 米のかび毒汚染低減 GAP

米の食品としての安全性を脅かす危害要因としては、我が国の場合はカドミウムが最も重要と考えるが、かび毒もけっして無視はできない。米のかび毒は貯蔵中に作り出されるものが多く、国産米で、これまで汚染が報告されたかび毒には、ステリグマトシチン、オクラトキシシ A、シトニシシなどがある。貯蔵中にこれらのかび毒を産生するかびが生育できないように、温度、湿度、米の水分活性値 (あるいは水分含有量) をできるだけ下げようにする必要がある。ほとんどのかびが生育できない 0.65 以下に水分活性値 (Aw) を保つのが理想的である。一方、圃場において生育期間中に初に感染した植物病原菌が原因となる場合もある。麦類と比べると病徴がはっきりしないが、米にも赤かび病があり、DON、NIV、ZEA、T-2 トキシシに汚染される可能性がある。筆者らは赤かび病菌の特性から考えて風水害や病虫害などの被害が誘因となり、米のかび毒汚染リスクが高くなるとの仮説を設定し、2003 ~ 04 年に倒伏、冷害、いもち等の病害による被害、斑点米カメムシ被害粒、飼料用イネ等全国から約 150 サンプルを収集し、かび毒の検出を行った (中島ら、2005)。その結果、斑点米カメムシ、飼料イネ (初付き)、穂いもち、倒伏、障害型冷害、天日乾燥中の降雨の要因を受けた粗玄米からかび毒が検出された。検出されたかび毒は DON よりも NIV の頻度が高く、麦類と比較して汚染程度は低かった。なお、上記要因を受けなかった約 50 試料からはかび毒が検出されなかった (表-1)。したがって、このような要因を避ける生産管理により、米のかび毒汚染リスクを低減することが可能と考えられる。

表-1 要因別に採集したイネ試料 (玄米) のかび毒汚染

要因	分析点数	検出	検出率 (%)	ELISA による NIV 汚染濃度 (μg/g = ppm)							
斑点米カメムシ	12	8	66.7	0.44	0.16	(0.17)	(0.18)	0.20	0.30	0.20	0.11
飼料イネ (初付き)	16	6	37.5	0.12	0.30	0.41	0.13	0.18	0.17		
障害不稔	7	2	28.6	0.13	0.22						
穂いもち	13	3	23.1	0.19	0.19	0.19					
倒伏	30	6	20.0	0.39	0.17	0.10	0.10	0.12	0.10		
掛け干し	10	2	20.0	0.17 (0.113)	0.10						
その他病虫害	14	0	0.0								
対照区	50	0	0.0								
合計	152	27	17.8	汚染試料の平均濃度 = 0.20 μg/g							

() は DON 汚染濃度。その他の病虫害：紋枯病 (3)、初枯細菌病 (2)、稲こうじ病 (1)、墨黒穂病 (1)、ばか苗病 (1)、トビイロウンカ (2)、コブノメイガ (1)、スズメの食害 (3)。

IV 麦類のかび毒汚染低減 GAP

穀類生産における GAP の例示として、「食品安全のための GAP 策定普及マニュアル」に記載されている麦類の生産工程とリスク管理の内容（例）を表-2 に示す。また、麦類における生産工程ごとのリスク管理は赤かび

病とそのかび毒対策が中心であり、ポイントを以下にまとめた。

（１）は種～栽培工程
赤かび病抵抗性は、品種によって差があることから、各地域で奨励されている品種の中から赤かび病に抵抗性の強いものを選定する。また、関東以西においては梅雨

表-2 麦類の生産工程とリスク管理の内容（例）

エリア	管理対象	危害（食品）	危害をもたらす要因	対策方法
ほ場準備・は種・栽培工程				
ほ場	・ 土壌	・ かび毒	・ 前作，土地の生産履歴 ・ 周辺環境の汚染	・ 前作，土地の生産履歴の確認 ・ 周辺環境の確認，廃棄物の処理
	・ 種子	・ かび毒	・ 品種選定の不備 ・ 種子自体の汚染 ・ 種子消毒の不備	・ 赤かび抵抗性品種の選択 ・ 購入元の種子証明書・購入伝票等による指定品種の確認 ・ 種子消毒に関する記録の確認
	・ は種	・ かび毒	・ 密植栽培等のは種方法の不備	・ 栽培様式の種類に合わせたは種量等を遵守
	・ 農薬	・ 登録のない農薬等 ・ 基準値以上の残留農薬 ・ かび毒	・ 作業者の保管管理不良 ・ 農薬の処理方法の不備 ・ 赤かび病防除の不備	・ 適切な保管管理と購入伝票等による登録農薬の確認 ・ 登録農薬の使用と農薬使用基準の遵守の徹底 ・ 発生予察情報等に基づく防除適期の把握と地域の防除指針に従った適時・的確な防除
収穫工程				
ほ場	・ 栽培管理	・ かび毒 ・ 異種穀粒 ・ 異物	・ 麦類の倒伏 ・ 収穫時期の不徹底 ・ そば等の混在	・ 生育診断に基づく栽培管理による倒伏防止 ・ 適期に収穫できるように計画し，適期収穫の徹底 ・ そば等の除去
	・ 作業用具・機械	・ 異種穀粒 ・ 異物	・ 収穫作業用具・機械の管理（清掃/洗浄）不良 ・ そば等の異種穀粒の混入	・ 収穫作業用具・機械の点検維持 ・ そば等の異種穀粒の除去等
	・ 容器	・ 異物	・ 不適切な保管及び取り扱い	・ 保管環境の清潔さ維持及び衛生的な取り扱い
乾燥調製工程				
乾燥調製施設	・ 作業者の衛生	・ 異物	・ 作業者の衛生管理不良	・ 作業服の清潔さ維持
	・ 乾燥調製施設 ・ 乾燥調製機械	・ かび毒 ・ 異種穀粒 ・ 異物	・ 乾燥調製施設，乾燥調製機械の衛生管理不良 ・ 赤かび病被害粒の混入 ・ 乾燥不良 ・ 水分含量の管理不良 ・ 選別不良 ・ そば等の異種穀粒の混入 ・ 小動物，衛生昆虫の侵入	・ 乾燥調製施設，乾燥調製機械の清潔さ維持，廃棄物の管理・荷受時の赤かび病被害粒混入チェックと仕分け ・ 乾燥終了後，ロット毎の水分含量の点検の徹底 ・ 比重選別による異物等の選別 ・ 小動物・衛生昆虫の生息点検と防除（施設点検/補修/清掃/駆除）
	・ 容器（コンテナ）	・ 異物	・ 不適切な保管及び取り扱い	・ 保管環境の清潔さ維持及び衛生的な取り扱い
	・ 運搬車両	・ 異物	・ 運搬車両の管理（清掃/洗浄）不良	・ 運搬車両の点検維持

入りに収穫が可能な早生品種や、近年育成されつつある早播き特性を有する品種の作付け、北海道の春播小麦については、収穫前年の初冬の播種（初冬播き）による作期の前進化もリスク低減に有効である。

一方、現在のところ、赤かび病の抑制には、農薬による防除の効果が最も高いため、都道府県の病害虫防除基準や発生予察情報を参考に、赤かび病に対する防除効果の高い農薬を、適切な時期に散布することが最も重要となる。赤かび病の多発のおそれがある場合は、複数の農薬を組み合わせ、防除回数を増やす必要がある。

登熟期間中に倒伏した麦は、感染した赤かび病菌の進展が促進され、かび毒汚染リスクが高くなることが報告されている（図-1；中島ら，2006）。このことから、適切な栽培密度を守ったり、生育診断に基づく栽培管理（踏圧、適切な追肥、土入れ等）による倒伏防止がGAP

として重要である。また、実需者との調整を図ったうえで、倒伏に強い品種の選定・作付けも有効である。

(2) 収穫工程

赤かび病の被害が著しい圃場の麦については、健全に生育した圃場の麦と混ぜないように、収穫時の仕分けを徹底する必要がある。

(3) 乾燥調製工程

収穫後は、速やかに規定水分まで乾燥する。また、乾燥が終了した段階で、水分計を用いて穀粒水分を確認する。なお、乾燥機や乾燥施設の都合などにより、すぐに乾燥できない場合には、必ず通風装置の付いた一時貯留設備に保管する。特に、小麦は収穫水分が高くなることが多いので、無通風のまま長時間放置することは絶対に避ける。選別する際には粒厚が小さいほど赤かび粒率とかび毒濃度が高くなるので（図-2；中島ら，2004）、粒厚選別はかび毒汚染リスク低減に有効なGAPである。また、赤かび粒は千粒重が軽いので、比重選別を併用するとより効果的に選別できる。

V 2006年の麦類赤かび病の発生状況と今後の防除対策

本年は図-3に示す14の道府県から注意報が発令された。また、多くの県から防除情報などが出されて赤かび

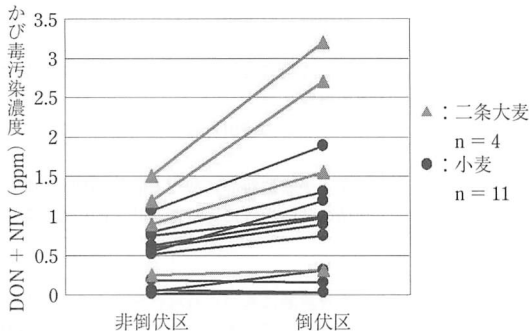


図-1 麦類赤かび病自然発生圃場におけるかび毒の汚染濃度に及ぼす倒伏の影響

同一圃場内の倒伏した麦と倒伏していない麦（実線で結んだ組み合わせ）中のDON + NIV濃度を測定。対応のあるt検定で倒伏による有意差あり（ $P = 0.0032$ ）。

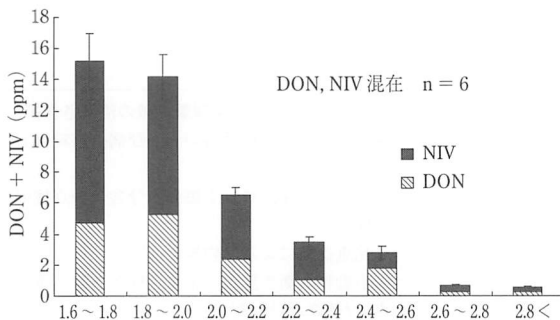


図-2 西日本の赤かび病自然発生圃場から採取したコムギ試料の粒厚とマイコトキシン汚染量の関係

nは地点数、棒グラフは地点による平均値を示し、縦のバーは標準誤差を示す。

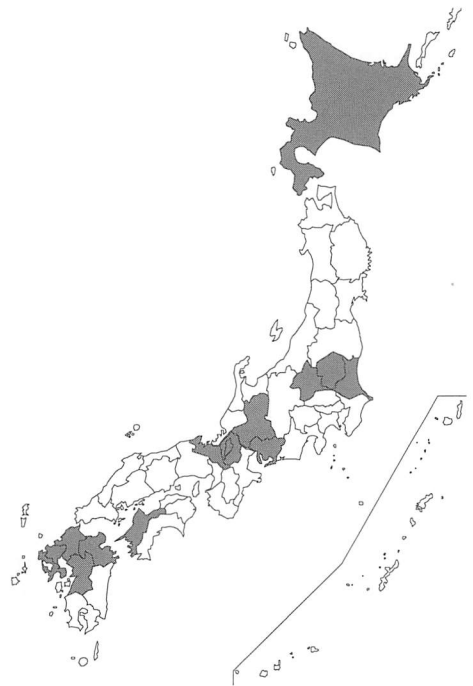


図-3 2006年に麦類赤かび病の注意報が発令された道府県

病の防除の徹底が呼びかけられた。九州地域では4月前半の気温が高く、降水量が多く経過したため、北部の4県すべてから注意報が出された。しかしながら、開花期に当たる4月後半は低温で降雨が比較的少なく、加えて収穫期まで連続した降雨日が少なかったことから、本病の発生拡大に好適な条件とはならなかった。熊本県の調査によると、小麦では平均発病率2.8%（平均5.8%）、発病度0.4（平均1.0）、発生圃場率66.7%（平均71.4%）と平均並の発生であった。近畿・東海地域では京都、滋賀、岐阜の3県から注意報が発表された。その根拠は5月上旬以降曇雨天の日が多く、赤かび病の感染に好適な状態が続いていたこと、また、麦の生育は平均よりも遅く、圃場間での差が非常に大きい状況で、大麦、小麦ともに赤かび病の発病を認めたことである。関東地域は例年発生が少ないが、本年は北関東の群馬、栃木、茨城の3県から揃って注意報が発令された。栃木県が行った巡回調査の結果では、県全域の小麦、六条大麦に赤かび病の発生が確認され、昨年同期は0%であった発生圃場率が今年は5月23日の時点で34.0%であったと報告している。小麦生産高全国1位の北海道では、6月21日付けで注意報を発表し、特に春播小麦の赤かび病対策を呼びかけた。予察圃場における発生状況は秋播小麦では、

道央・十勝地域で平均より多く、特に十勝で品種‘ホクシン’では発病率68.0%（平均8.4%）の多発生であった。北見では平均より少なかった。病原菌別割合では、北見・道央では *Fusarium* 属菌が優占したが、十勝では *Microdochium* 属菌が優占した。

本年発令された注意報では、いずれの県においてもチオファネートメチル剤の登録内容が変更され、出穂期以降の使用が1回となり収穫前日数が変更になったことに對して注意を喚起している。また、薬剤防除については、発病を抑制するための散布時期は開花始めであるが、かび毒の蓄積を抑止するための防除適期は今後の研究課題である。より後期の散布も必要とのデータが揃いつつあるが、試験事例を重ねていく必要がある。今後は、かび毒蓄積リスクを低減する防除技術の開発と生産管理技術を組み合わせた GAP を確立する必要がある。

引用文献

- 1) 中島 隆ら (2004): 九州病害虫研究会報 50:6~9.
- 2) ——— (2005): 日植病報 71:225~226.
- 3) ——— (2006): 同上 72:35.
- 4) (社)日本農林規格協会 (2005): 食品安全のための穀類 GAP, 策定・普及マニュアル (初版), 東京, 22 pp.
<http://www.jasnet.or.jp/jigyuu/gap/manual/kokurui.pdf>

(新しく登録された農薬 27 ページからの続き)

移植水稻: 水田一年生雑草及び、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヒルムシロ、セリ (九州の普通期を除く)、アオミドロ・藻類による表層はく離

●グリホサートカリウム塩液剤

21766: ラウンドアップマックスロード (日産化学工業) 2006/9/6

グリホサートカリウム塩: 48.0%

かんきつ、りんご、なし、もも、ぶどう: 一年生雑草、多年生雑草

水田作物 (水田畦畔): 一年生雑草及び多年生雑草、スギナ

水田作物、畑作物 (休耕田): 一年生雑草、多年生雑草

樹木等 (公園、堤とう、駐車場、道路、運動場、宅地、のり面、鉄道等): 一年生雑草、多年生雑草、スギナ

●レナシル・PAC 水和剤

21768: ホクコーレナパック顆粒水和剤 (北興化学工業)

21769: レナパック顆粒水和剤 (丸和バイオ)

21770: BASF レナパック顆粒水和剤 (BASF アグロ)

21771: デュポン レナパック顆粒水和剤 (デュポン) 2006/9/20

レナシル: 40.0%, PAC: 30.0%

てんさい (移植栽培), てんさい (直播栽培): 畑地一年生雑草

日本芝: 一年生雑草

●オキサジクロメホン・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン粒剤

21772: シリウスターボジャンボ (日産化学工業) 2006/9/20
オキサジクロメホン: 2.7%, ジメタメトリン: 2.0%, ピラ

ゾスルフロンエチル: 1.0%, ベンゾビシクロン: 6.7%

移植水稻: 水田一年生雑草及び、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカ (東北), ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

●オキサジクロメホン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン粒剤

21773: シリウスいぶき 1 キロ粒剤 (日産化学工業) 2006/9/20

オキサジクロメホン: 0.80%, ピラゾスルフロンエチル: 0.30%, ベンゾビシクロン: 2.0%

移植水稻: 水田一年生雑草及び、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

21774: シリウスいぶきジャンボ (日産化学工業) 2006/9/20
オキサジクロメホン: 2.0%, ピラゾスルフロンエチル: 0.70%, ベンゾビシクロン: 6.7%

移植水稻: 水田一年生雑草及び、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

●オキサジクロメホン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン水和剤

21775: シリウスいぶき顆粒 (日産化学工業) 2006/9/20
オキサジクロメホン: 10.0%, ピラゾスルフロンエチル: 3.5%, ベンゾビシクロン: 33.0%

移植水稻: 水田一年生雑草及び、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

(42 ページへ続く)