

1.4.1. 小麦

全国及び地域別の、試料中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度との関係を図 1-23 及び図 1-24 に示した。

日本全体では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度とには弱い正の相関 ($r^2=0.40$) があった。

北海道では、総 DON が比較的高濃度の試料でも、総 NIV はほとんど検出されないか、極めて低濃度で検出された。

関東、東海、近畿及び九州では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度とには極めて強い正の相関 ($r^2=0.76\sim0.95$) があった。関東では試料中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度とが同程度で、近畿では総 NIV 濃度が総 DON 濃度よりやや高い傾向にあり、東海及び九州では総 DON 濃度が総 NIV 濃度より高い傾向にあった。

東北では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度との相関は弱かった ($r^2=0.31$)。

1.4.2. 大麦

全国及び地域別の、試料中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度との関係を図 1-23 及び図 1-25 に示した。

日本全体では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度とには弱い正の相関 ($r^2=0.39$) があった。

北海道では、総 DON が比較的高濃度の試料でも、総 NIV はほとんど検出されないか、極めて低濃度で検出された。

関東、中国四国及び九州では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度とには極めて強い正の相関 ($r^2=0.63\sim0.87$) があった。関東では試料中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度とが同程度で、中国四国では総 NIV 濃度が総 DON 濃度の 2 倍程度と高く、九州では総 DON 濃度が総 NIV 濃度より高い傾向にあった。

北陸では、総 DON 濃度と総 NIV 濃度との相関は弱かった ($r^2=0.15$)。

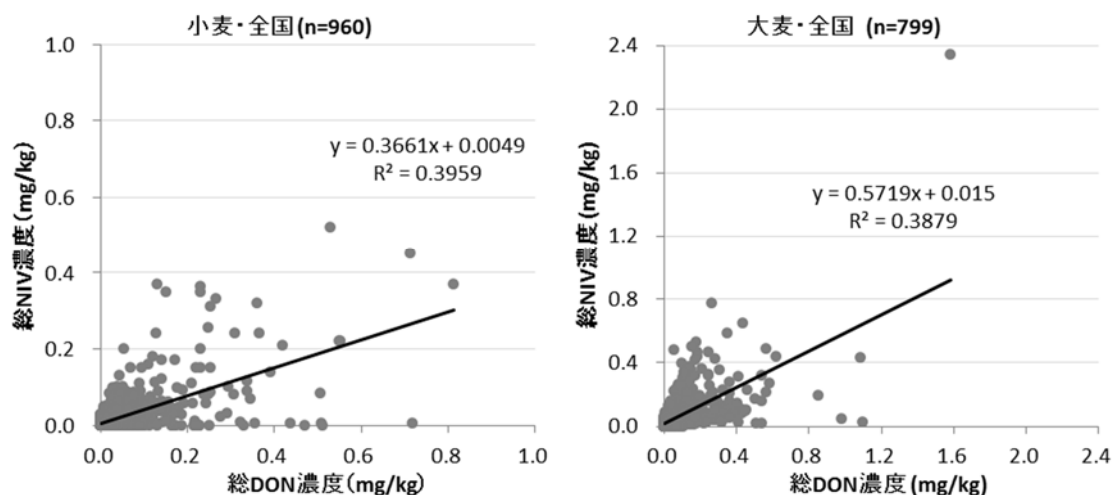


図 1-23 小麦（左側）及び大麦（右側）の試料中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度の相関（全国）

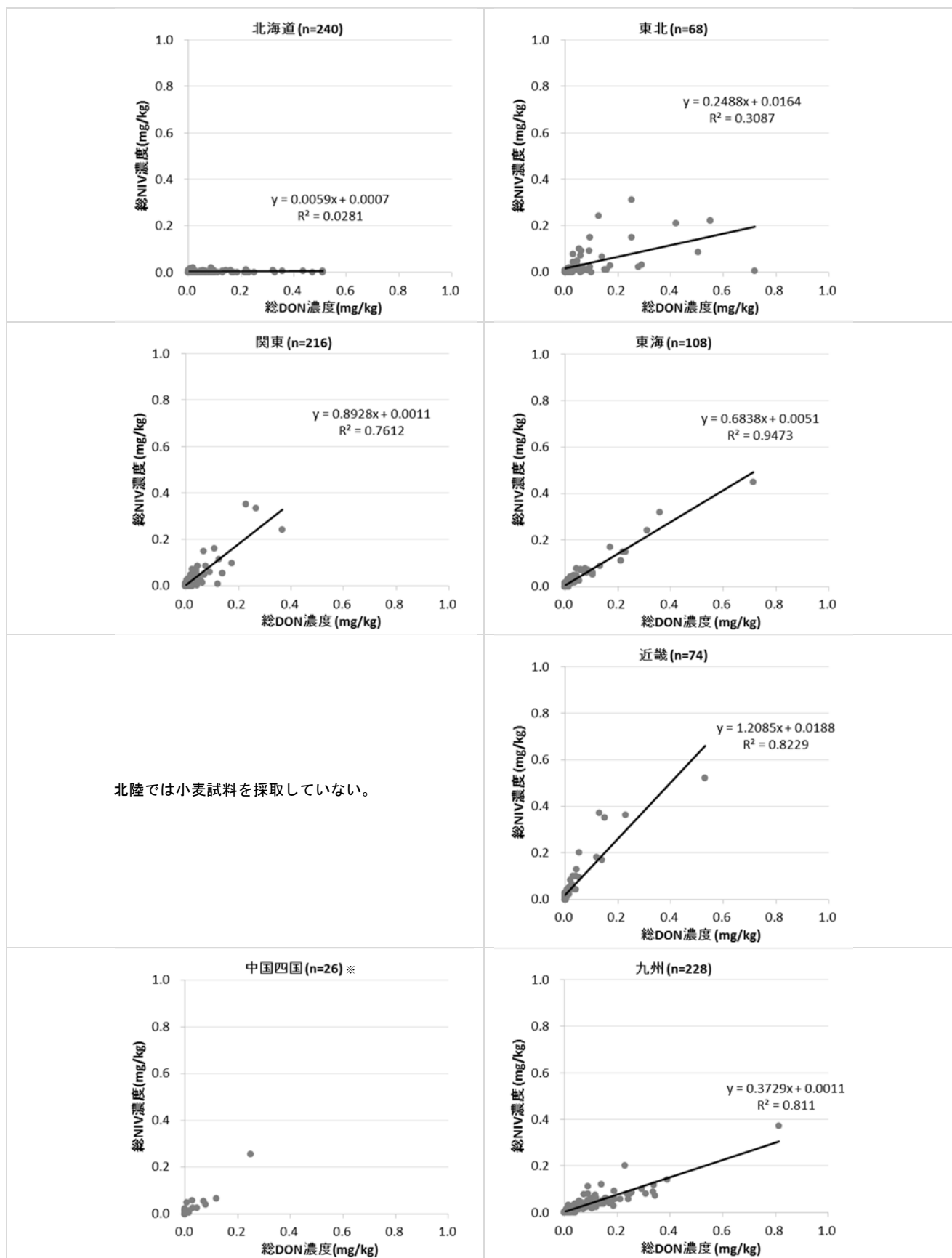


図 1-24 小麦中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度の相関（地域別）

※データ数が少ないため、統計学的に回帰直線や r^2 の推定は不適切

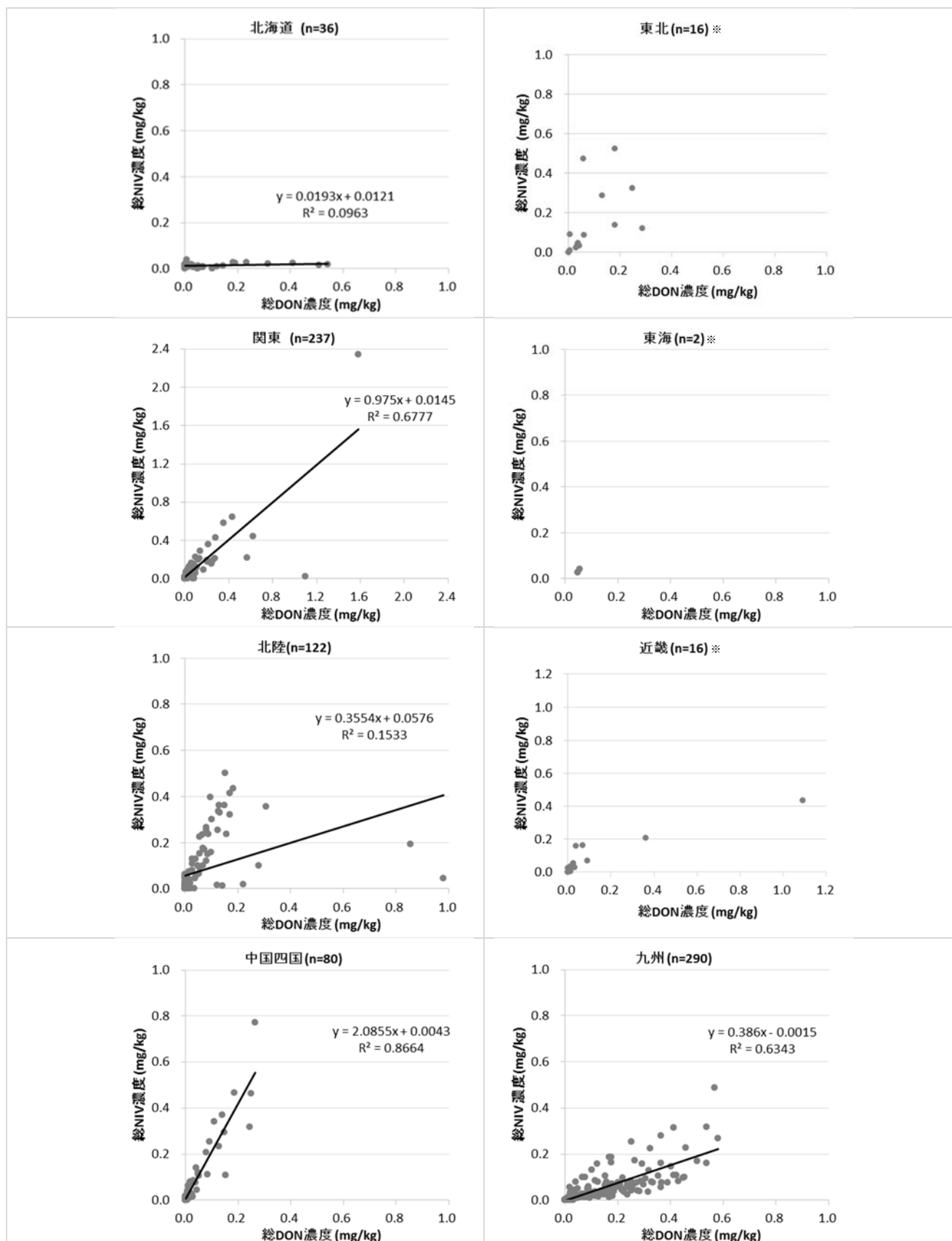


図 1-25 大麦中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度の相関（地域別）

※データ数が少ないため、統計的に回帰直線や r^2 の推定は不適切

1.4.3. 麦類の DON・NIV 汚染と *Fusarium* の関係

試料を採取した地域によって、小麦及び大麦中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度の大小や相関の程度は異なっており、我が国において、生産地域によって小麦及び大麦に感染する *Fusarium* の菌種や菌株が異なることを裏付ける結果が得られた（表 1-2）。

表 1-2 小麦・大麦に含まれる地域別の総 DON 濃度と総 NIV 濃度の大小比較と両者の相関

地域区分	総 DON 濃度と総 NIV 濃度との大小比較	総 DON 濃度と総 NIV 濃度との相関	
		相関	強さ
北海道	総 DON >> 総 NIV $\div$ 0（小麦、大麦）	なし	-
東北	総 DON $\geq$ 総 NIV（小麦）	正	弱
関東	総 DON $\div$ 総 NIV（小麦、大麦）	正	強
東海	総 DON $\geq$ 総 NIV（小麦）	正	強
北陸	総 DON << 総 NIV が主 総 DON > 総 NIV もあり（大麦）	正	弱
近畿	総 DON $\leq$ 総 NIV（小麦）	正	強
中国四国	総 DON << 総 NIV（大麦）	正	強
九州	総 DON $\geq$ 総 NIV（小麦、大麦）	正	強

北海道で採取された試料からは総 NIV がほとんど検出されず、北海道における小麦及び大麦に感染する *Fusarium* の菌種や菌株の構成が、総 NIV が検出されたその他の地域とは大きく異なると推察された。

総 DON 濃度と総 NIV 濃度とに極めて強い正の相関があった地域では、小麦及び大麦に感染する *Fusarium* の菌種や菌株の構成が、それぞれの地域内で類似していると推察された。一方、両者の相関が弱かった東北や北陸では、それぞれの地域内において小麦及び大麦に感染する *Fusarium* の菌種や菌株の構成が多様であると推察された。

また、北海道、関東及び九州の 3 地域では、小麦及び大麦中の総 DON 濃度と総 NIV 濃度との大小の傾向が類似しており、小麦、大麦を問わず、同じ菌種や菌株の *Fusarium* が DON、NIV 汚染に関与している可能性が高いと推察された。

我が国の小麦又は大麦に感染している *Fusarium* の調査では、北海道では DON 産生型が優占し、NIV 産生型はほとんど分離されないこと⁸、東北では DON 産生型の分離頻度が高く、関東では DON 産生型と NIV 産生型の分離頻度が同程度であること⁹、それ以外の地域では NIV 産生型の分離頻度が高いこと^{10, 11}が報告されている。今回の北海道、東北、関東、北陸、近畿及び中国四国における調査結果は、これらの知見とも整合して

⁸ 北海道道央地域産 *Fusarium graminearum* (種複合体)の毒素タイプと分子系統種の同定, 北日本病害虫研究会報 2005(56), 24-26 (2005)

⁹ 東日本のムギ類赤かび病罹病穂から分離された病原菌の菌種と分離菌株のかび毒産生性, 中央農研研究報告 11: 191-199 (2008)

¹⁰ 西日本におけるムギ類赤かび病菌 *Fusarium graminearum* 種複合体のかび毒産生能と病原力, 日植病報 73: 106-111 (2007)

¹¹ 東海地方に分布するムギ類赤かび病菌の菌種及びマイコトキシン産生型, 愛知農総試研報 39: 17-23 (2007)

いた。

東海及び九州では、DON 産生型よりも NIV 産生型の *Fusarium* が多く分離されることが^{10, 11}が報告されていたが、本調査では東海及び九州における小麦及び大麦中の総 NIV 濃度は総 DON 濃度よりも低かった。これは、NIV 産生型の *Fusarium* の中には、毒素産生能が DON 産生株と比較し弱いものがあるとの報告¹⁰と関係している可能性がある。

第2章 麦類の DON、NIV 汚染の防止・抑制対策の実施状況と DON、NIV 濃度の関係

2.1. 赤かび病抵抗性による DON、NIV 汚染の防止・抑制

麦類は品種によって、早晚性、収量性、たんぱく含量、各種の病害抵抗性等の特性が異なる。そこで、都道府県ごとに、栽培地域に適した奨励品種が定められている。

赤かび病抵抗性も、育種や奨励品種決定の際に評価されている麦類の主要な特性の 1 つである。農林水産省策定の指針では、DON、NIV 汚染を防止・抑制するため、赤かび病抵抗性の強い品種を選択することを推奨している。

品種名に関する情報を入手できた平成 22 年～平成 27 年の小麦試料 720 点、大麦試料 599 点を都道府県別奨励品種特性表¹²の赤かび病抵抗性に基づいて「強」、「やや強」、「中」、「やや弱」、「弱」の 5 つに分類し、調査試料の赤かび病抵抗性の構成を解析した。

2.1.1. 小麦

調査試料の赤かび病抵抗性を全国及び地域別（地域区分は表 1-1 を参照）に示した（図 2-1）。

全国の調査試料の約 8 割が赤かび病抵抗性「中」の品種であり、「やや強」、「やや弱」の品種がそれぞれ約 1 割であった。赤かび病抵抗性「強」又は「弱」の品種はなかった。

いずれの地域でも赤かび病抵抗性「中」の品種が主流となっていた。

これらの結果は、国内における小麦の奨励品種¹³のほとんどが、赤かび病抵抗性「中」の品種であることと一致していた。

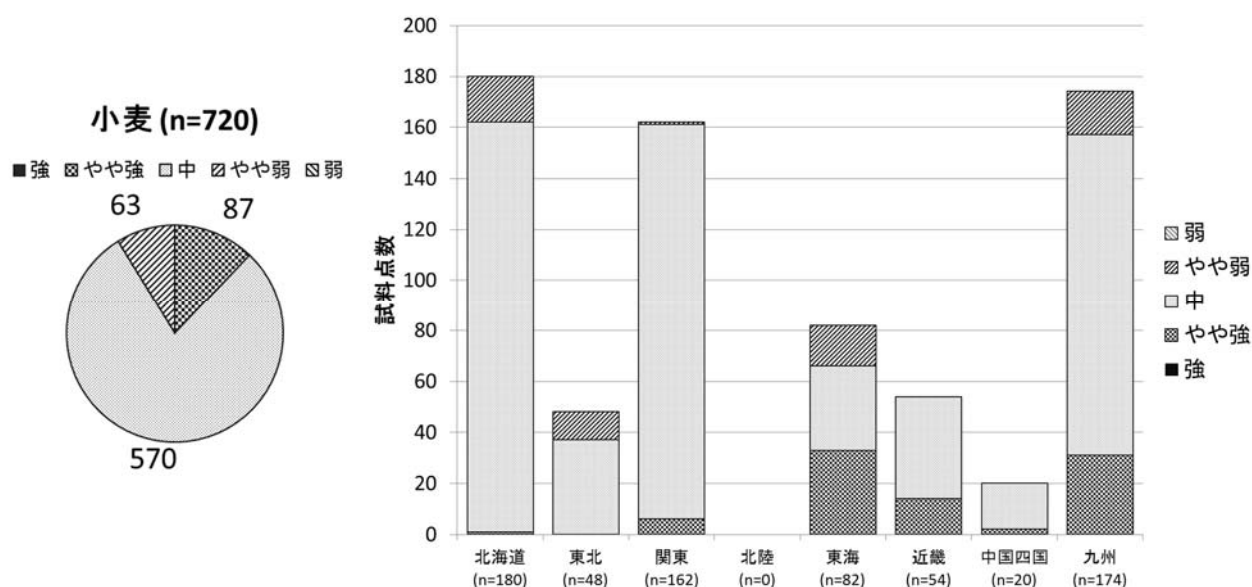


図 2-1 小麦試料の赤かび病抵抗性内訳（全国：円グラフ、地域別：棒グラフ）

¹² 水陸稲・麦類・大豆奨励品種特性表 平成 25 年度版（農林水産省生産局編）

¹³ 麦類の赤かび病抵抗性別の国内栽培奨励品種一覧

http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/pdf/mugi_syousei.pdf

2.1.2. 大麦

調査試料の赤かび病抵抗性を全国及び地域別に示した（図 2-2）。

全国の調査試料の 7 割弱が赤かび病抵抗性「強」又は「やや強」の品種、2 割が「やや弱」又は「弱」の品種で、1 割が「中」の品種であった。地域別では、北海道と九州ではほぼすべてが「強」又は「やや強」の品種であった。一方、北陸ではすべて「やや弱」の品種であった。関東や中国四国では「強」又は「やや強」が多いものの、「やや弱」又は「弱」の品種もあった。

これらの結果は、国内の各産地において奨励されている品種（例えば、北陸では「やや弱」の品種が、九州では「強」や「やや強」の品種が多い。）と一致していた。

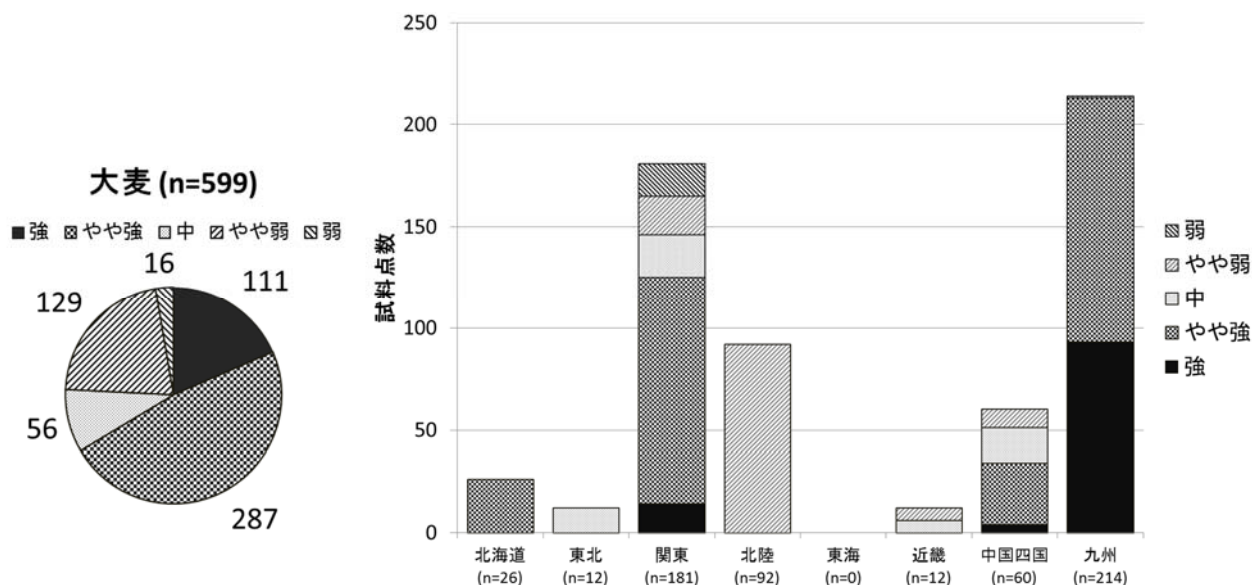


図 2-2 大麦試料の赤かび病抵抗性内訳（全国：円グラフ、地域別：棒グラフ）

2.1.3. 赤かび病抵抗性と DON、NIV 濃度の関係

赤かび病抵抗性の強弱と DON、NIV 汚染の関係を見るため、小麦、大麦別に品種の赤かび病抵抗性に基づいてそれぞれ「強及びやや強」、「中」、「やや弱及び弱」の 3 群に調査試料を分類し、各群の遊離型の DON 濃度と NIV 濃度の合計（以下「DON・NIV 濃度」という。）を比較した。赤かび病抵抗性別の DON・NIV 濃度の相対度数分布を図 2-3 に示した。

小麦においては、3 群の DON・NIV 濃度に統計学的に有意な差があった（Kruskal-Wallis H 検定、 $\alpha=0.05$ ）。3 群の DON・NIV 濃度の対比較（Mann-Whitney U 検定、 $\alpha=0.05$ ）をした結果、赤かび病抵抗性が「やや弱及び弱」の群及び「強及びやや強」の群は、いずれも「中」の群より DON・NIV 濃度が有意に高かったが、「やや弱及び弱」の群と「強及びやや強」の群との間には、統計学的に有意な差が認められなかった。

大麦においては、3 群の DON・NIV 濃度に統計学的に有意な差は認められなかった（Kruskal-Wallis H 検定、 $\alpha=0.05$ ）。

小麦、大麦のいずれにおいても、赤かび病抵抗性が強い群と弱い群との間で DON・NIV 濃度に統計学的に有意な差がなかったのは、品種による栽培地域、栽培方法、気象状況等の差異が小麦、大麦中の DON、NIV 濃度に大きく影響したためと推察される。

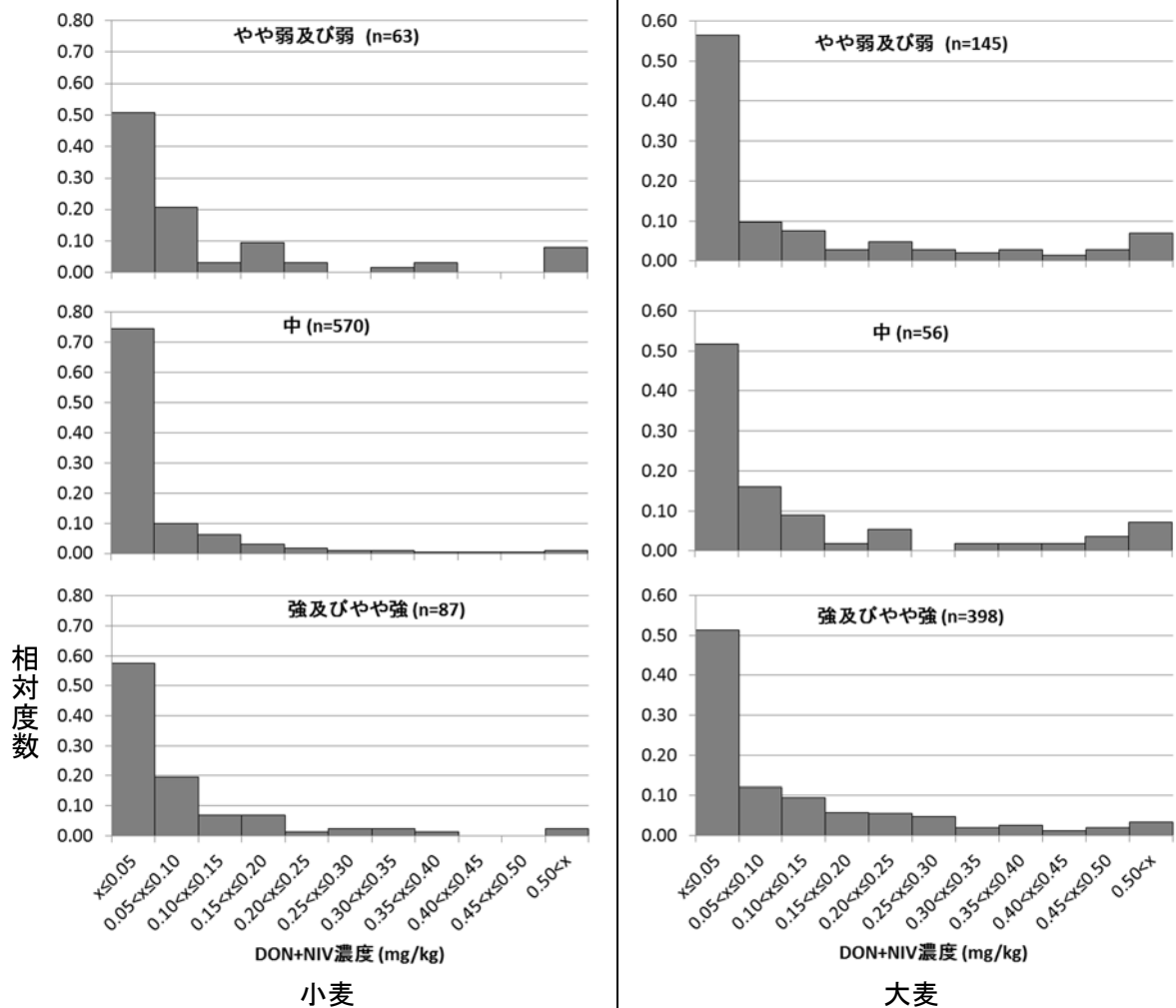


図 2-3 赤かび病抵抗性別の遊離型の DON 濃度と NIV 濃度の合計の相対度数分布（左側：小麦、右側：大麦）

2.2. 麦類赤かび病の農薬防除による DON、NIV 産生の防止・抑制

指針は、赤かび病の発生を防止し、DON、NIV 汚染を防止・抑制するために、麦の種類ごとの適期（小麦及び六条大麦の場合は開花期、二条大麦の場合は穂揃い期の 10 日後頃）に農薬による最初の防除（以下「初回防除」という。）を実施することを推奨している。また、地域の気象状況、過去の被害の状況、指導機関からの情報、品種の赤かび病抵抗性なども考慮して、必要に応じて 2 回目以降の防除（以下「追加防除」という。）を実施することも推奨している。

また、指針は、DON、NIV 産生の防止・抑制効果等を考慮して、赤かび病の防除のための殺菌剤を選択することも推奨している。技術情報は、小麦中の DON 産生の防止・抑制効果が高い殺菌剤として、表 2-1 の農薬を紹介しており、これらの農薬の毒性が DON、NIV の毒性より低いことを、科学的根拠を挙げて示している¹⁴。農林水産省が実施した農産物の農薬の残留状況調査も、それらの農薬の小麦及び大麦中の残留濃度は極めて低いことを示している¹⁵。適切な農薬を適期に適切に使用すれば、DON、NIV 濃度を低く抑えることが可能であり、より安全性の高い麦類を生産することが可能である。

平成 22 年～平成 27 年の試料採取地点のうち、使用農薬についての情報が得られた小麦 719 地点、大麦 597 地点における麦類赤かび病防除に使用された農薬を調査した。DON 産生の防止・抑制効果が高いとされている 3 剤の他に、プロピコナゾール、クレソキシムメチル、イミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル混合剤、イミノクタジン酢酸塩、硫黄及びトリフルミゾールが使用されていた。ここではそれらの農薬の散布回数及び使用実績を解析した。

表 2-1 赤かび病防除及び DON 防止・抑制の効果が高いとされている農薬（殺菌剤）と使用基準

有効成分		作物名	使用時期	使用回数【有効成分を含む剤の使用回数】
チオファネートメチル	水和剤	小麦	収穫 14 日前まで	3 回以内（出穂期以降は 2 回以内） 【4 回以内（種子 1 回、散布・無人ヘリ散布は合計 3 回以内、出穂期以降は 2 回以内）】
	ゾル剤			
	粉剤			
	水和剤	大麦	収穫 30 日前まで	3 回以内（出穂期以降は 1 回） 【3 回以内（種子 1 回、出穂期以降は 1 回）】
	ゾル剤	大麦	収穫 21 日前まで	
	粉剤	大麦	収穫 14 日前まで	
テブコナゾール（フロアブル剤）		小麦	収穫 7 日前まで	2 回以内【3 回以内（根雪前は 1 回以内、融雪後は 2 回以内）】
		大麦	収穫 14 日前まで	2 回以内【2 回以内】
メトコナゾール（粉剤、フロアブル剤）		小麦 大麦	収穫 7 日前まで	3 回以内【3 回以内】

¹⁴ 「指針活用のための技術情報」（農林水産省）（2016 年）13 ページ参照

¹⁵ 国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査の結果について（農林水産省）

2.2.1. 農薬の散布回数

小麦及び大麦の赤かび病防除のために使用された農薬の散布回数を全国及び地域別（地域区分は表 1-1 を参照）に、それぞれ図 2-4 及び図 2-5 に示した。

なお、各地点における各農薬の使用回数を確認した結果、使用基準が遵守されており、適切に使用されていた。

2.2.1.1. 小麦

日本全体では、719 地点のうち、663 地点（全地点の 92%）で農薬散布が行われており、313 地点（全地点の 44%）で複数回の散布が行われていた。

北海道ではほぼすべての地点で、東北では約 70%の地点で複数回の散布が行われていた。関東、東海、近畿、中国四国及び九州では、散布回数が 1 回の地点が多かった。東北及び関東には散布回数が 0 回の地点が約 20%程度あった。

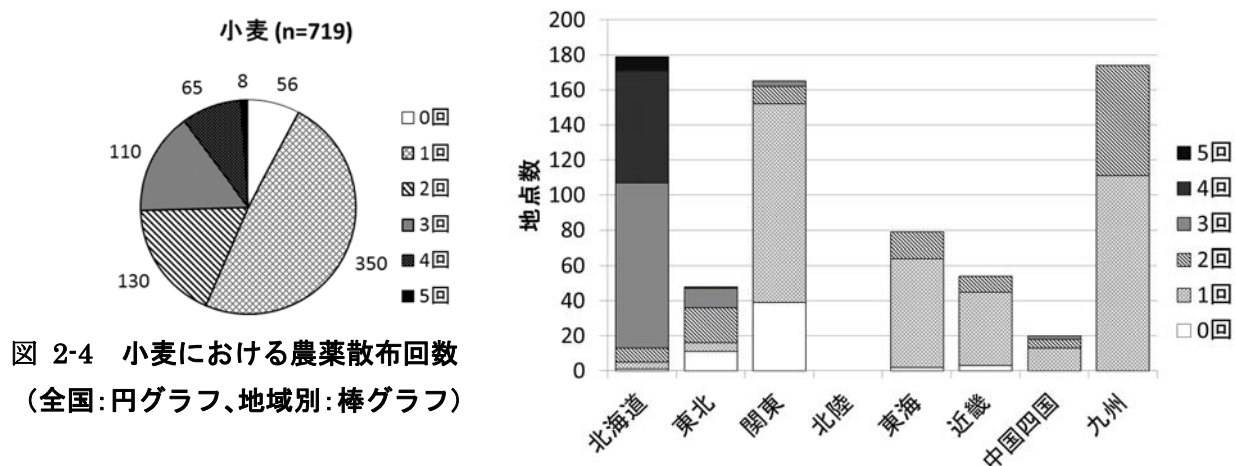


図 2-4 小麦における農薬散布回数
（全国：円グラフ、地域別：棒グラフ）

2.2.1.2. 大麦

日本全体では、597 地点のうち、547 地点（全地点の 92%）で農薬散布が行われており、147 地点（全地点の 25%）で複数回の散布が行われていた。

北海道及び北陸では、ほとんどの地点で複数回の散布が行われていた。関東、中国四国及び九州では、散布回数が 1 回の地点が多かった。関東には散布回数が 0 回の地点が 20%程度あった。

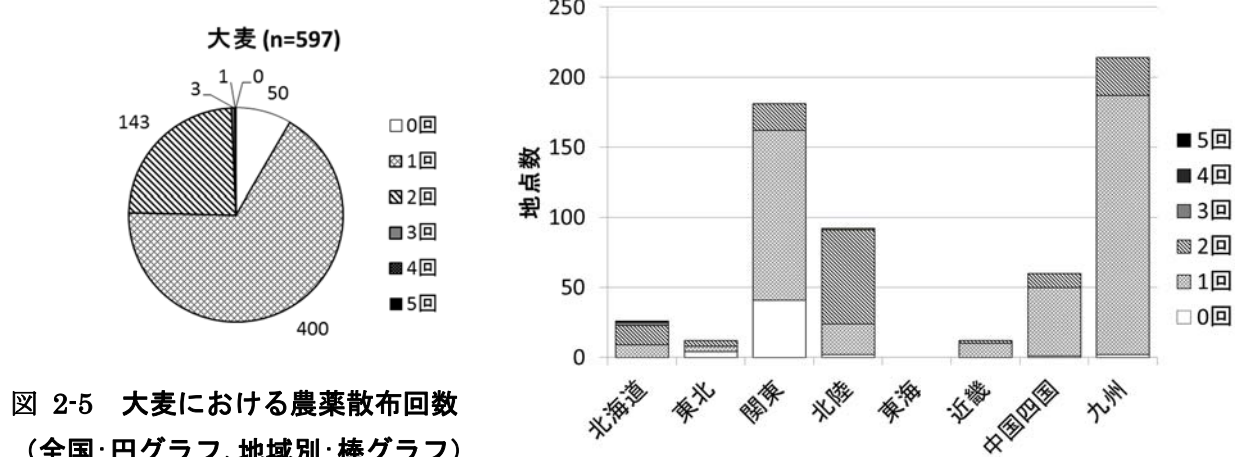


図 2-5 大麦における農薬散布回数
（全国：円グラフ、地域別：棒グラフ）

2.2.2. 使用された農薬

赤かび病防除のために使用された記録がある農薬を初回防除と追加防除に分類し、それぞれの防除時期に使用頻度が高い農薬等について解析した。小麦及び大麦の初回防除又は追加防除別に使用農薬の内訳を図 2-6 に示した。

なお、各地点における農薬の使用時期を確認した結果、使用基準が遵守されており、適切に使用されていた。

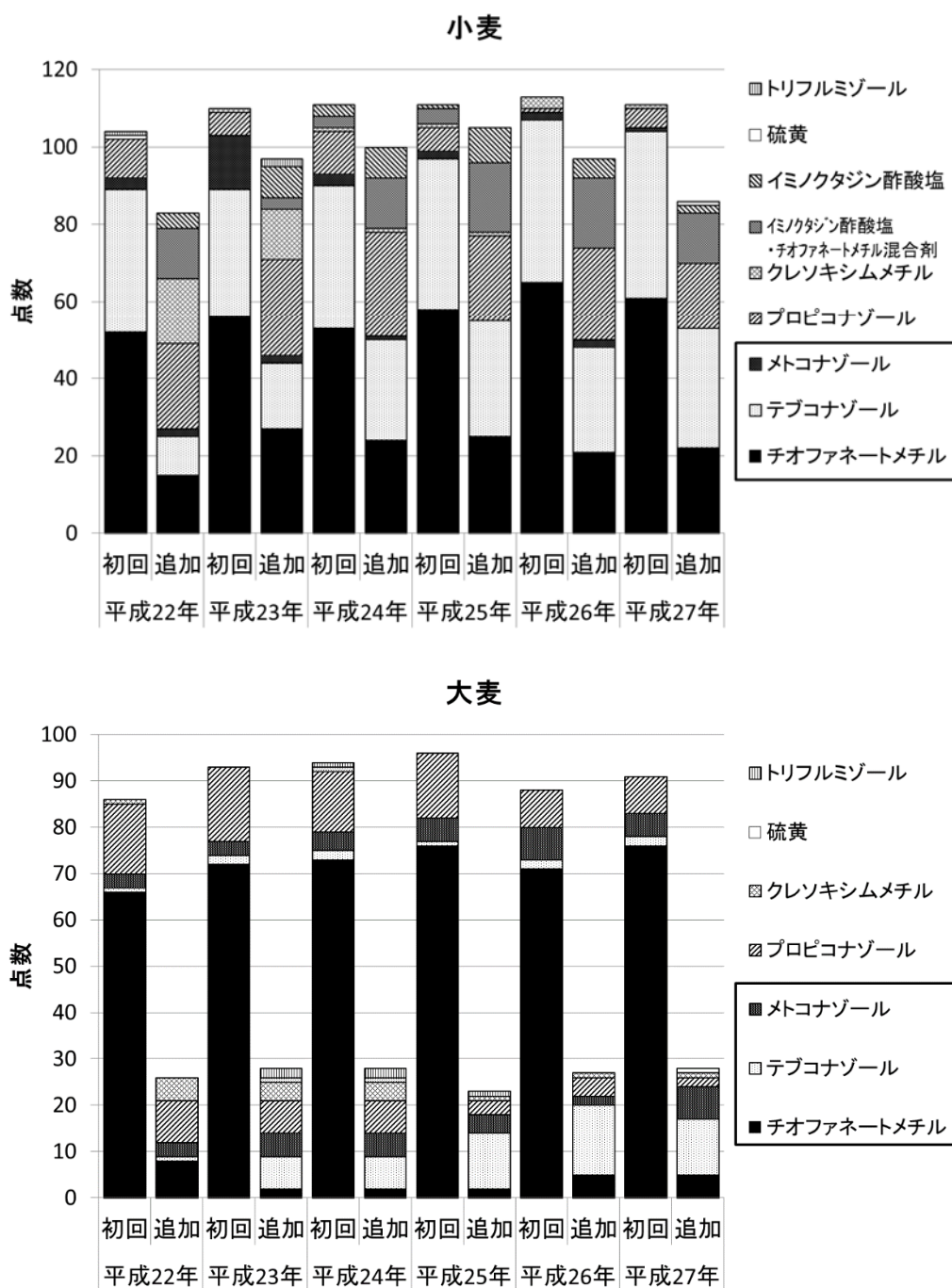


図 2-6 赤かび病適用農薬の使用時期別の使用実績（上：小麦、下：大麦）

注釈）「初回」は初回防除、「追加」は追加防除（2 回目以降の延べ点数の内訳）を示す。
四角囲みの農薬は、農林水産省の技術情報で DON 産生の防止・抑制効果が高い農薬として紹介しているもの。

2.2.2.1.小麦

初回防除に使用された農薬の約 9 割が、チオファネートメチル又はテブコナゾールのいずれかであった。メトコナゾールの使用は前述の 2 剤と比較すると少なかった。プロピコナゾールが使用されていた地点もあった¹⁶。初回防除に使用されている農薬の種類は、平成 22 年～平成 27 年の間では、いずれの年次も同様の傾向にあった。

追加防除においては、平成 27 年では、チオファネートメチル、テブコナゾール、プロピコナゾール若しくはイミノクダジン酢酸塩・チオファネートメチル混合剤のいずれかの使用又はこれらの併用が多かった。平成 23 年までは追加防除にクレソキシムメチルも使用されていたが、平成 24 年以降ではほとんど使用されていなかった。メトコナゾールは追加防除にほとんど使用されていなかった。

平成 27 年実績によると、農薬散布が実施された 112 地点のうち、初回防除又は追加防除に DON 産生の防止・抑制効果が高いとされる 3 剤のいずれかが使用されていた地点が 106 地点（全地点の 95%）あった。

2.2.2.2.大麦

初回防除に使用された農薬の約 8 割がチオファネートメチルであった。次いで使用が多かったのはプロピコナゾールであり、テブコナゾール、メトコナゾールの使用は少なかった。

追加防除においては、チオファネートメチルの使用は比較的少なく、テブコナゾール、メトコナゾールの他、プロピコナゾール、クレソキシムメチルのいずれかの使用が多かった。平成 25 年以降では、クレソキシムメチルの使用は少なく、テブコナゾールが最も多く使用されていた。

平成 27 年実績によると、農薬散布が行われた 91 地点のうち、初回防除又は追加防除に DON 産生の防止・抑制効果が高いとされる 3 剤のいずれかが使用されていた地点が 86 地点（全地点の 95%）あった。

2.2.3. DON、NIV 産生の防止・抑制のための赤かび病防除と麦類中の DON、NIV 濃度

小麦、大麦のいずれにおいても、全調査地点のうち、90%以上の地点において、少なくとも 1 回は赤かび病防除のために農薬散布が実施されていた。全調査地点のうち、小麦では 43%、大麦では 25%の地点で追加防除が実施されていた。

小麦、大麦のいずれにおいても、赤かび病防除のためには、チオファネートメチルの使用頻度が最も高かった。次いで使用頻度が高かったのはテブコナゾールであり、DON 産生防止・抑制効果が高いとされている農薬の使用頻度が高いことが確認できた。一方、防除の実施回数が 1 回の地点が多かった大麦では、チオファネートメチルの使用割合が極めて高く、1 種類の農薬に依存している産地があることが明らかとなった。同一の農薬（又は同一の作用機構の農薬）の連続使用は耐性菌の発生リスクを高めることが知ら

¹⁶ 技術情報で DON 低減効果が高いとして紹介している農薬には下線を付けた。

れており、実際に国内各地でチオファネートメチル耐性の赤かび病菌の発生が既に確認されている^{17, 18, 19}。

小麦、大麦のいずれにおいても、追加防除にチオファネートメチルを使用する頻度は初回防除よりも低く、テブコナゾール、メトコナゾール、プロピコナゾール又はイミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル混合剤が主に使用されていた。

近年の研究により、開花期の農薬散布が赤かび病の発病の防止・抑制に効果的で、開花 10 日～20 日後に追加して農薬を散布すると DON、NIV の産生抑制に効果が高いことが判明した^{20, 21}。本調査で、小麦中の DON、NIV 濃度が大麦中の DON、NIV 濃度よりも低い傾向にあったのは、小麦栽培においては、大麦より追加防除の実施率が高いことが要因の 1 つと推察される。

なお、今回の調査で、農薬による赤かび病防除を行っていなかった地点が、小麦、大麦でそれぞれ全地点の 1 割程度ずつあった。それらの地点の DON、NIV 濃度を解析した結果、農薬を散布した地点と比較して、DON、NIV 濃度が高い傾向は見られなかった。この結果から、農薬による防除が行われなかった地点でも、気象状況等に恵まれれば、赤かび病がほとんど発生せず、DON、NIV 濃度が高くないことがあると考えられた。一方、小麦又は大麦の出穂期以降に気温や湿度が高い状態が続けば、農薬による防除が行われないと赤かび病が大発生し、高濃度の DON、NIV 汚染が生じる可能性がある。

¹⁷ 黒田克利, and 鈴木啓史. "三重県におけるチオファネートメチル剤耐性赤かび病菌の初確認." 関西病虫害研究会報 51 (2009): 37-38.

¹⁸ 岩間俊太, 勝部和則, and 石井英夫. "チオファネートメチル耐性コムギ赤かび病菌 *Fusarium culmorum* の検出." 日本植物病理学会報 73.3 (2007): 162-165.

¹⁹ 吉松英明, et al. "チオファネートメチル剤に対する *Fusarium graminearum* の耐性菌の初確認と *F. avenaceum* のベースライン感受性 (九州部会講演要旨, 平成 17 年度地域部会講演要旨)." 日本植物病理学会報 72.1 (2006): 32.

²⁰ 生産・流通・加工工程における体系的な危害要因の特性解明とリスク低減技術の開発 [かび毒・病原微生物 (第 2 編)] 研究成果 522 (2014.3), p57-60 農林水産技術会議事務局

²¹ Yoshida, Megumi, et al. "Effect of the timing of fungicide application on *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination in wheat." *Plant Disease* 96.6 (2012): 845-851.

2.3. 選別による DON、NIV 濃度の低減

指針は、乾燥調製施設において、粒厚選別、比重選別等による調製を実施し、DON、NIV 濃度の低減に努めることを推奨している。そこで、平成 27 年に試料を採取した小麦 120 施設、大麦 100 施設で使用されていた選別方法を解析した。

また、選別による効果を確認するため、平成 24 年～平成 26 年に実態調査用に採取した主食用麦と同一ロットの麦を調製する過程で選別・除去された細麦・屑麦を採取し、その遊離型の DON、NIV 濃度を分析し、主食用麦における遊離型の DON、NIV 濃度と比較した。

2.3.1. 乾燥調製施設における選別方法

小麦では 120 施設のすべてで粒厚選別が実施されていた。このうちの 79 施設が比重選別を併用、19 施設が色彩選別を併用していた。粒厚選別、比重選別及び色彩選別をすべて実施していた施設も、16 施設あった。

大麦でも 100 施設のすべてで粒厚選別が実施されていた。このうちの 50 施設では比重選別を併用、18 施設では色彩選別を併用していた。粒厚選別、比重選別及び色彩選別をすべて実施していた施設も、14 施設あった。

色彩選別は、主にコメの被害粒を除去するために使用される技術であるが、米麦二毛作地域や水田転作麦ほ場が多い地域で使用実績が多かった。

2.3.2. 主食用麦と細麦・屑麦の DON、NIV 濃度の比較

2.3.2.1. 小麦

平成 24 年～平成 26 年の 3 年間に採取した 231 組の主食用麦と細麦・屑麦とに含まれる DON、NIV 濃度を比較した²² (図 2-7)。

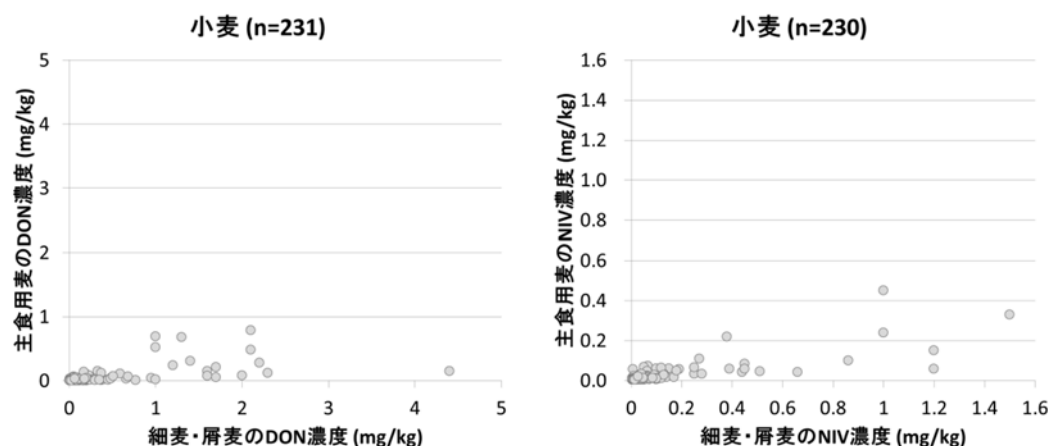


図 2-7 主食用小麦と選別された細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度の比較

²² 細麦・屑麦 1 点は妨害ピークがあり、採用した分析法では NIV の定量ができなかったため、NIV のデータ数は 230 である。

ほとんどの細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度は、対応する主食用麦中の DON、NIV 濃度と比較して高かった。選別後の主食用と細麦・屑麦に対応するデータを統計学的に比較したところ、DON、NIV のいずれにおいても、細麦・屑麦中の濃度が主食用麦中の濃度より有意に高かった（Wilcoxon 符号付順位検定、 $\alpha=0.05$ ）。

細麦・屑麦及び主食用麦中の DON 濃度及び NIV 濃度の相対度数分布を図 2-8 及び図 2-9 に示した。下のグラフは、主食用小麦において、DON、NIV 濃度の分布が細麦・屑麦の分布と比較して低濃度側にあること、すなわち、選別により高濃度で DON、NIV を含む穀粒を除去できていることを示している。

細麦・屑麦試料のうち 13 点の DON 濃度は、厚生労働省が設定した食用小麦の DON の暫定基準値（1.1 mg/kg）より高かった。また、それらの細麦・屑麦中の DON 濃度は、農林水産省が設定した飼料（生後 3 か月以上の牛用を除く）管理基準（1 mg/kg）よりも高く、生後 3 か月以上の牛用の飼料管理基準（4 mg/kg）より高い試料も 1 点あった。

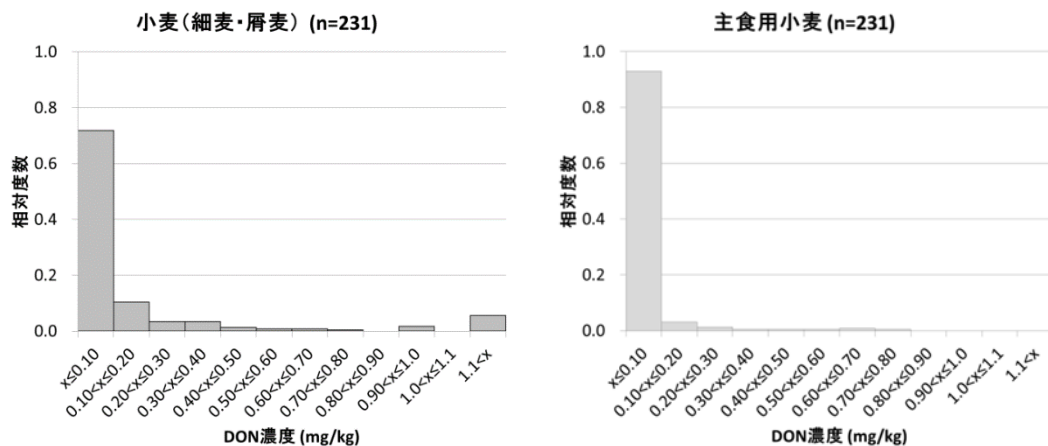


図 2-8 小麦の細麦・屑麦（左側）及び主食用小麦中（右側）の DON 濃度の相対度数分布

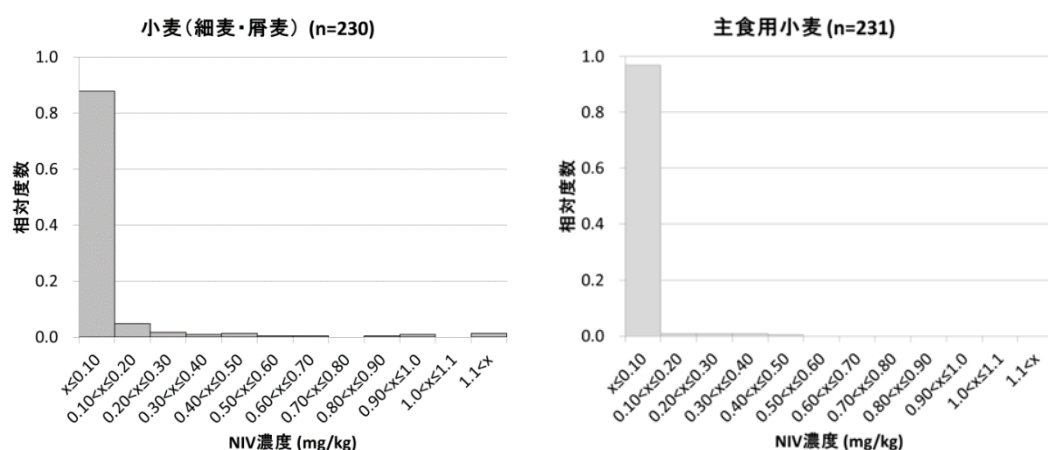


図 2-9 小麦の細麦・屑麦（左側）及び主食用小麦中（右側）の NIV 濃度の相対度数分布

2.3.2.2. 大麦

平成 24 年～平成 26 年の 3 年間に採取した 125 組の主食用麦と細麦・屑麦中の DON、

NIV 濃度を比較した（図 2-10）。

ほとんどの細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度は、対応する主食用麦中の DON、NIV 濃度と比較して高かった。主食用麦中の DON、NIV 濃度が、細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度よりも著しく高い試料が 1 点あったが、その原因は不明であった。

選別後の主食用と細麦・屑麦に対応するデータを統計学的に比較したところ、DON、NIV のいずれにおいても、細麦・屑麦中の濃度が主食用より有意に高かった（Wilcoxon 符号付順位検定、 $\alpha=0.05$ ）。

細麦・屑麦及び主食用麦中の DON 濃度及び NIV 濃度の相対度数分布を図 2-11 及び図 2-12 に示した。下のグラフも、主食用大麦において、DON、NIV 濃度の分布が細麦・屑麦の分布と比較して低濃度側にあること、すなわち、選別により高濃度で DON、NIV を含む穀粒を除去できていることを示している。

大麦の細麦・屑麦には、飼料の管理基準を超えたものは無かった。

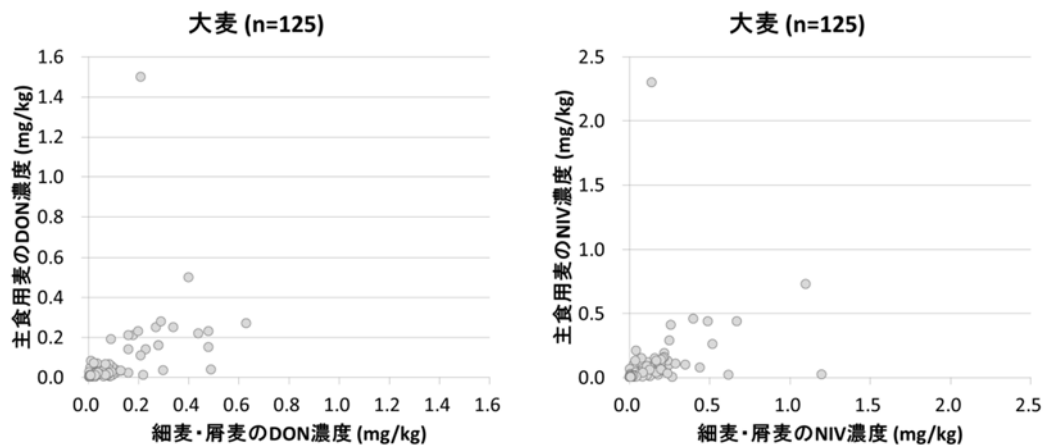


図 2-10 主食用大麦と選別された細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度の比較

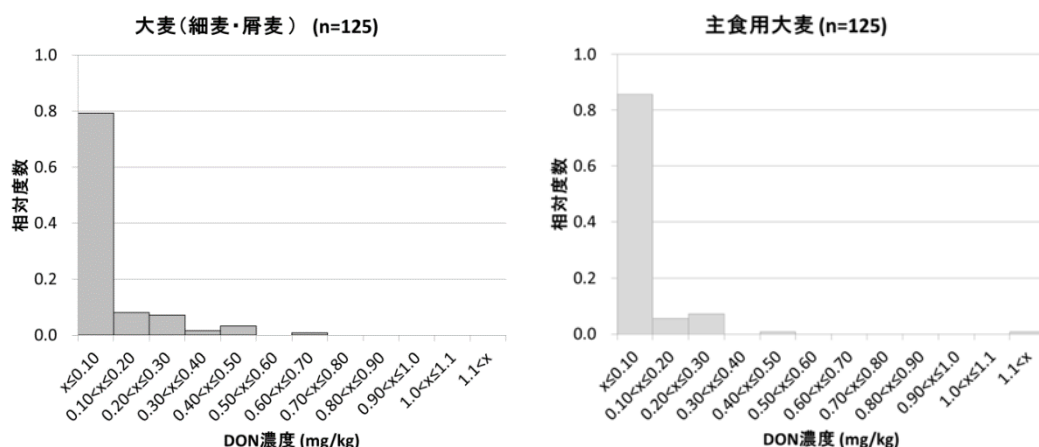


図 2-11 大麦の細麦・屑麦（左側）及び主食用大麦中（右側）の DON 濃度の相対度数分布

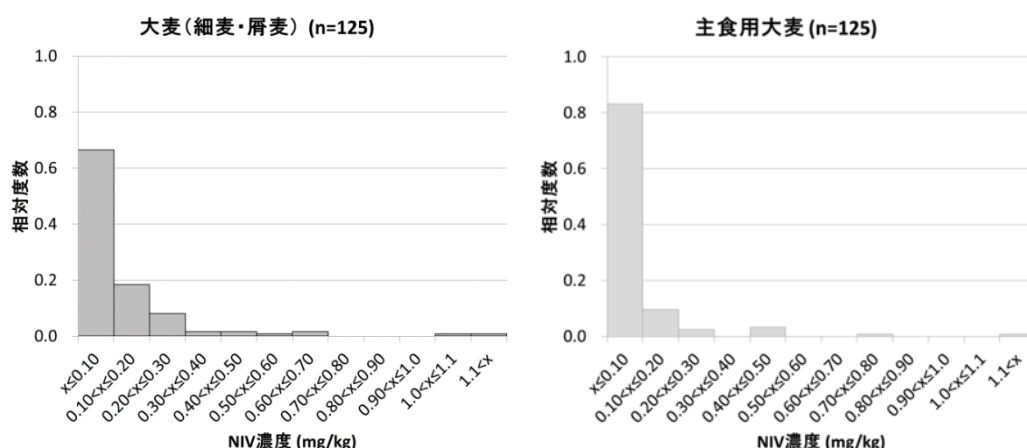


図 2-12 大麦の細麦・屑麦（左側）及び主食用大麦中（右側）の NIV 濃度の相対度数分布

2.3.3. 選別による DON、NIV 低減効果

技術情報や試験研究^{23, 24, 25}等で報告されているように、小麦、大麦のいずれにおいても、粒厚が薄いほど DON、NIV 濃度が高い傾向にあるため、粒厚選別及び比重選別の実施によって DON、NIV 等の濃度が高い穀粒を選別・除去できる。

平成 27 年の調査では、小麦、大麦のいずれにおいても調査対象となったすべての乾燥調製施設で粒厚選別が実施されていた。

同一ロットの小麦又は大麦から乾燥調製施設で選別によって主食用と細麦・屑麦に選別された小麦又は大麦中の DON、NIV 濃度を比較したところ、小麦、大麦のいずれにおいても細麦・屑麦中の DON、NIV 濃度が主食用麦中の DON、NIV 濃度よりも有意に高く、粒厚選別や比重選別が DON、NIV 濃度の低減に有効であることが証明された。

細麦・屑麦の DON 濃度は、食品や飼料の基準値を超える場合があることも確認された。そのため、細麦・屑麦を主食用以外の食品原料として利用する場合は、分析により基準値に適合しているかを確認し、消費者に健康被害が生じないようにしなければならない。また、飼料として利用する場合には、食用に適さない穀類等を飼料に転用する際の手続²⁶が定められているので、同手続に基づき飼料の安全を確認しなければならない。

²³ 吉田めぐみ, et al. "赤かび病菌に人為的に感染させたオオムギ品種における収穫物の粒厚とかび毒濃度の関係." 九州病害虫研究会報 62 (2016): 1-11.

²⁴ 吉田めぐみ, and 中島隆. "赤かび病かび毒自然汚染オオムギ試料の粒厚とかび毒濃度の関係の調査事例." 九州病害虫研究会報 62 (2016): 12-19.

²⁵ 中島隆, et al. "西日本における赤かび病自然発生圃場のコムギ試料における粒厚、赤かび粒率およびマイコトキシン汚染度の関係." 九州病害虫研究会報 50.0 (2004): 6-9.

²⁶ 食用不適穀類等の飼料転用に当たっての安全確認手続について（平成 21 年 3 月 18 日付け 20 消安第 11157 号農林水産省消費・安全局長通知）

2.4. かび毒検査による DON、NIV の低減効果の確認

指針は、自主的な DON、NIV 低減のための取組や各都道府県や集荷・出荷団体の技術指導に基づく対策の効果を検証するため、ほ場や出荷ロットの単位で、生産者や集荷団体等が DON、NIV の濃度を測定することを推奨している。

平成 22 年～平成 27 年の 6 年間に入手した調査試料（小麦 720 点、大麦 599 点）に対する DON の検査の実施状況を解析した。

年次別の各地域の DON の検査の実施率には、ほとんど変化が無かったことから、全国及び地域別の 6 年間の平均実施率を表 2-2 示した。

日本全体では、小麦における検査の実施率は約 8 割と高かったが、大麦においてはその半分以下であった。地域別では、北海道、近畿及び中国四国は小麦、大麦のいずれにおいても実施率が約 7～9 割と高く、東北は小麦、大麦とも実施率が約 2～3 割と低かった。関東及び九州は、小麦における実施率が大麦における実施率よりも高かった。北陸は、大麦における実施率が 2%と全国平均や他の地域と比較して極めて低かった。

表 2-2 DON の検査の地域別平均実施率（平成 22 年～平成 27 年実績）

	全国	北海道	東北	関東	北陸	東海	近畿	中国四国	九州
小麦	81%	88%	27%	81%	-	67%	93%	75%	92%
大麦	29%	77%	17%	32%	2%	-	83%	68%	23%

小麦では、生産量が多い地域（北海道、関東、九州）において、検査の実施率が高い傾向にあった。小麦には、DON の暫定基準値が設定されているため、検査の実施率が高かったと考えられる。

大麦では、小麦と同様に実施率が高い地域もあったが、全国的に見ると小麦より実施率が低く、生産量が多い地域（関東、北陸、九州）においても実施率が小麦と比較して高くはなかった。本調査では、大麦中の DON 及び NIV 濃度は小麦よりも高い傾向にあったことに留意する必要がある。

麦類赤かび病に関する注意報や警報が発令された地域や、実際に麦類赤かび病が発生した年には、穀粒中の DON、NIV 濃度が上昇する可能性が高い。しかし、平成 23 年や平成 24 年のように麦類赤かび病が多発した年でも、小麦、大麦のいずれにおいても、他の年次と比較して検査の実施率は高くなっていなかった。

第3章 麦類由来の遊離型 DON、NIV の推定経口摂取量

農林水産省が策定した指針に基づく麦類中の DON、NIV 汚染の防止・低減対策の効果を検証するとともに、リスク管理における DON、NIV の優先度を検討するため、小麦及び大麦に由来する遊離型の DON、NIV の経口摂取量を推定し、食品安全委員会や JECFA が設定した耐容摂取量等と比較した。

T2、HT2、ZEN については、DON、NIV と比較して小麦及び大麦中の検出率、濃度のいずれも低く、統計学的に信頼性の高いかび毒濃度分布を推定できなかった。そのため、今回はこれらのかび毒の経口摂取量は推定しなかった。

3.1. 経口摂取量の推定に使用したデータ

3.1.1. 麦類中の DON、NIV 濃度

かび毒濃度の年次変動を考慮して、平成 14 年～平成 27 年に採取した小麦及び大麦の乾燥調製後の穀粒（以下「玄麦」という。）中の DON、NIV 濃度を推定に使用した。

我が国の麦類の品目別自給率は低く（小麦 15%、大麦 9%、いずれも平成 27 年度概算値²⁷⁾）、消費者が摂取する小麦及び大麦がすべて国産である可能性は低い。しかし、輸入麦については、統計学的に信頼できる点数の DON 又は NIV の濃度データが入手できなかったため、国産の小麦及び大麦中の DON、NIV 濃度を、日本で流通する小麦及び大麦中の DON、NIV 濃度とした。

また、3-Ac-DON、15-Ac-DON、4-Ac-NIV は、平成 20 年以降しか分析していない。より長期間の実態調査データに基づいて摂取量を推定するため、ここではアセチル体を含めた総 DON 濃度や総 NIV 濃度ではなく、遊離型としての DON、NIV の濃度を使用した。

3.1.2. 日本人の食品摂取量

平成 17～19 年度厚生労働省委託事業「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務」における、40,389 人日分（調査対象者 4,510 人、4 季節×3 日間の最大 12 日間）の食品摂取量データを使用した。

DON は、慢性毒性及び急性毒性を有することが知られており、我が国でも過去に DON、NIV によると示唆される食中毒が発生している。そこで、上記調査における各調査対象者の調査期間を通した 1 日平均摂取量（4,510 人分のデータ）ではなく、1 日単位の食品摂取量（40,389 人日分のデータ）を個別に経口摂取量の推定に使用した。

通常、汚染物質の体重 1 kg 当たりの経口摂取量は、子供の方が大人より多いことが知られている。食品安全委員会及び JECFA による DON のリスク評価においても、同様のことが指摘されている。そこで、本摂取量推定でも、全年齢集団の経口摂取量に加えて、調査時の年齢が 1 歳～6 歳と記録されていた調査対象者の食品摂取量データ（1,618

²⁷⁾ 日本の食料自給率（農林水産省） http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/012.html

人日分)を用いて、未就学児相当の子供の集団(以下「未就学児」という。)の経口摂取量を推定した。

3.1.3. 食品摂取量の玄麦相当摂取量への換算

上記の厚生労働省の委託事業は、生鮮・加工食品のいずれにおいても、食品毎の摂取量を示している。小麦及び大麦の玄麦中のかび毒濃度を用いて、それらの食品からの総経口摂取量を推定するためには、加工食品又は調理食品の摂取量から、それらの原材料である小麦又は大麦の玄麦の摂取量を求める必要がある。

文献や食品事業者からの情報等に基づいて、加工食品及び調理食品の標準的なレシピを作製し、麦類加工品から小麦玄麦又は大麦玄麦への換算係数(例えば、食パンから小麦玄麦への換算係数は 0.61、干しうどんから小麦玄麦への換算係数 0.865、麦茶(浸出液)から大麦玄麦への換算係数 0.033 など)を算定した(別添 3 参照)。

食品摂取量データとこの換算係数を用いて、調査対象者 1 日当たりの小麦玄麦摂取量及び大麦玄麦摂取量を推定した。

3.1.4. 食品中の DON、NIV の加工・調理による影響

食品の加工・調理によって、玄麦に由来する食品中の DON、NIV 濃度が変化する場合には、玄麦中の DON、NIV 濃度に加工係数を掛ける必要がある。

穀粒中の DON 濃度は、一般的に、表皮や胚芽で高く、胚乳では低い。小麦玄麦中と小麦粉中の DON 濃度については複数の報告^{28,29,30,31,32,33}があるが、玄麦中の DON 濃度の水準、穀粒への DON 産生菌の侵入の程度、小麦粉の粒径、製粉方法等の要因によって大きなばらつきがある。また、NIV 濃度に関する報告は少ない。そこで、今回の摂取量試算では、小麦玄麦から小麦粉への加工によって DON、NIV 濃度は変化しないと仮定した。

DON は加熱に対して安定であり、通常の加熱調理ではほとんど分解しないが、DON は水溶性が高く、例えば、煮沸調理では容易に沸騰水中に溶出する。しかし、実際の食品中の DON 濃度の製造又は調理工程における変化についての報告があるのは、一部の食品に限られている。また、食品中の NIV 濃度の製造又は調理工程における変化に関する報告は少ない。そこで、今回の摂取量試算では、最悪の条件として、食品の加工又は調理により玄麦に由来する食品中の DON、NIV 濃度は変化しないと仮定した。

²⁸ 熊谷進：小麦玄麦と小麦粉における DON と NIV の汚染実態，平成 14 年度厚生労働科学特別研究 小麦等のデオキシニバレノールに係る規格基準設定のための緊急調査研究(主任研究者：熊谷進)，厚生労働省 2003

²⁹ Thammawong, Manasikan, et al. "Distribution of deoxynivalenol and nivalenol in milling fractions from Fusarium-infected Japanese wheat cultivars." *Journal of Food Protection* 73.10 (2010): 1817-1823.

³⁰ Thammawong, Manasikan, et al. "Distinct distribution of deoxynivalenol, nivalenol, and ergosterol in Fusarium-infected Japanese soft red winter wheat milling fractions." *Mycopathologia* 172.4 (2011): 323-330.

³¹ Zheng, Yazhi, et al. "Effect of milling on the content of deoxynivalenol, nivalenol, and zearalenone in Japanese wheat." *Food Control* 40 (2014): 193-197.

³² Hossen, Sharif Md, et al. "Distribution of nivalenol in milling fractions of severely Fusarium-infected Japanese soft winter wheat grains." *Mycotoxins* 62.2 (2012): 77-82.

³³ Kushiro, Masayo. "Effects of milling and cooking processes on the deoxynivalenol content in wheat." *International Journal of Molecular Sciences* 9.11 (2008): 2127-2145.

3.2. 経口暴露量の推定手順

3.2.1. 経口摂取量の計算方法

次の手順で経口摂取量を計算した。

- ① 食品摂取量データから、ある調査対象者のある 1 日を無作為に選択する。
- ② 選択した調査対象者の 1 日の実際の食品摂取量から算出した小麦又は大麦の摂取量に、DON 又は NIV の濃度分布モデルから無作為に選んだ小麦又は大麦中の DON 又は NIV 濃度を掛けて、小麦由来及び大麦由来の DON 及び NIV の経口摂取量を算定する。小麦及び大麦に由来する DON 又は NIV の経口摂取量をそれぞれ合計し、当該調査対象者の 1 日の DON 又は NIV の長期経口摂取量とする。
- ③ 当該調査対象者の実体重で割って、ある日本人の 1 日における体重 1 kg 当たりの DON 長期経口摂取量、NIV 長期経口摂取量を推定する。
- ④ これらの一連の計算をコンピュータ上で 100 万回繰り返し、DON、NIV の推定長期経口摂取量の分布を推定する。
- ⑤ 農薬の国際的な短期経口暴露評価³⁴における Case 3 式（穀類や乳等を含む、大量に処理されたり、混合されたりする農産物の評価の場合に使用）を使用して、短期経口摂取量も推定した。

3.2.2. 小麦及び大麦の DON、NIV 濃度分布のモデル化

DON、NIV の実態調査データから濃度分布モデルを推定するにあたり、LOQ 又は LOD 未満の測定値の取扱いを検討するため、

- ① LOQ 未満の値をすべて 0 と仮定した場合
 - ② LOD 未満の値を LOD 値、LOD 以上 LOQ 未満の値を LOQ 値と仮定した場合
 - ③ LOQ 未満の値をすべて LOQ 値と仮定した場合
- の 3 種類のデータセットを作成して評価した。

@RISK（米国 Palisade Corporation 製）を使用し、各データセットから DON、NIV 濃度分布のモデル式を推定した。この結果、小麦及び大麦中の DON 濃度分布は、対数正規分布、指数分布、逆ガウス分布（ワルド分布）、ピアソン 5 型分布に近似できた。

ヒストグラム及び分布曲線の形状の一致、PP プロット（probability-probability plot）、QQ プロット（quantile-quantile plot）、AIC（Akaike Information Criterion）等を参考に、各分布モデルと実データの適合性を評価した。その結果、小麦、大麦の DON、NIV のいずれにおいても、②の LOD 未満の値を LOD 値、LOD 以上 LOQ 未満の値を LOQ 値と仮定した場合のデータセットを使用した、逆ガウス分布モデルの適合性が最も高いと判断し、かび毒濃度分布モデルに採用した。

³⁴ IESTI: International Estimate of Short-Term Intake

3.3. DON、NIV の経口摂取量の推定結果

長期暴露評価では、国際的に指標として利用されている推定経口摂取量の 95 パーセンタイル値を求めた。また、DON については、短期暴露評価のため、想定しうる 1 日の最大経口摂取量として、推定経口摂取量の 99 パーセンタイル値を求めた。DON、NIV の経口摂取量の推定結果を表 3-1 に示した。

食品安全委員会は、耐容一日摂取量 (TDI) を DON については 1 µg/kg 体重 (不確実係数: 100)、NIV については 0.4 µg/kg 体重 (不確実係数: 1,000) と設定³⁵した。

一方、JECFA は、DON、3-Ac-DON、15-Ac-DON を含むグループの暫定最大耐容一日摂取量 (PMTDI) を 1 µg/kg 体重、グループの急性参照量 (ARfD) を 8 µg/kg 体重/日と設定³⁶した。

推定経口摂取量をこれらのリスク評価機関が設定した指標値と比較した。

3.3.1. DON の推定経口摂取量

DON の平均推定経口摂取量 (長期・短期暴露とも) は、全年齢集団では 0.11 µg/kg 体重/日、未就学児では 0.20 µg/kg 体重/日であり、食品安全委員会が設定した TDI よりも低かった。

DON の推定経口摂取量の 95 パーセンタイル値は、全年齢集団では 0.45 µg/kg 体重/日、未就学児では 0.85 µg/kg 体重/日であり、いずれも食品安全委員会が設定した TDI よりも低かったが、未就学児では TDI に近い値であった。

DON の推定経口摂取量の 99 パーセンタイル値は、全年齢集団では 1.4 µg/kg 体重/日、未就学児では 2.4 µg/kg 体重/日であり、いずれも JECFA が設定したグループ ARfD よりも低かった。

未就学児の DON の推定経口摂取量は、平均値、高パーセンタイル値のいずれにおいても、全年齢集団よりも 2 倍程度高い値となった。これは、食品安全委員会や JECFA によるリスク評価結果の報告と類似している。

表 3-1 DON、NIV の推定経口摂取量

かび毒	集団	推定経口摂取量 (µg/kg 体重/日)				
		平均値	中央値	90 パーセンタイル値	95 パーセンタイル値	99 パーセンタイル値
DON	全年齢	0.11	0.023	0.23	0.45	1.4
	未就学児	0.20	0.053	0.47	0.85	2.4
NIV	全年齢	0.065	0.015	0.15	0.27	-
	未就学児	0.12	0.035	0.28	0.50	-

³⁵ かび毒評価書 デオキシニバレンール及びニバレンール (食品安全委員会, 2010)

³⁶ WHO Technical Report Series 959 EVALUATION OF CERTAIN CONTAMINANTS IN FOOD
Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO, 2011)

3.3.2. NIV の推定経口摂取量

NIV の平均推定経口摂取量は、全年齢集団では $0.065 \mu\text{g/kg}$ 体重/日、未就学児では $0.12 \mu\text{g/kg}$ 体重/日であり、食品安全委員会が設定した TDI よりも低かった。

NIV の推定経口摂取量の 95 パーセンタイル値は、全年齢集団では $0.27 \mu\text{g/kg}$ 体重/日で食品安全委員会が設定した TDI よりも低かったが、未就学児は $0.50 \mu\text{g/kg}$ 体重となり TDI よりもわずかに高かった。

未就学児の NIV の推定経口摂取量は、平均値、高パーセンタイル値のいずれにおいても、全年齢集団よりも 2 倍程度高い値となった。これは、食品安全委員会によるリスク評価結果の報告³⁵とも類似している。

3.4. 本推定結果を利用する際の留意点（経口摂取量の推定の“不確実性”分析）

使用したデータの“不確実性”や不備、統計解析手法の特性等から、DON、NIV の経口摂取量が過大又は過小推定となる可能性について、以下のとおり考察した。

3.4.1. 麦類中の DON、NIV 濃度データの“不確実性”

- 小麦中の DON 濃度は、暫定基準値（ 1.1 mg/kg 以下）を満たすように選別・調製が行われているため、小麦ではこの水準を大きく超える濃度データはなかった。規格や基準値が変更になれば、選別・調製済みの玄麦中の DON、NIV 濃度分布が変わる可能性がある。
- 小麦及び大麦中の DON、NIV 濃度は年によって著しく異なるため、麦類中の DON、NIV 濃度が高い年には、短期経口摂取量は増加する可能性がある。
- DON、NIV の分析は、平成 14 年～平成 19 年は LC-MS 法、平成 20 年～平成 27 年は GC-MS 法を採用した。各分析法の妥当性を単一試験所で確認したが、GC-MS 法の DON、NIV の標準添加回収率は 1 mg/kg 濃度付近で 70%程度と LC-MS 法と比較してやや低かった。測定値は回収率によって調整しなかったが、もし測定値に負のバイアスがあった場合は、経口摂取量は過小推定となる可能性がある。
- 輸入の小麦、大麦中の DON、NIV 濃度は、国産の小麦及び大麦と同程度と仮定して試算した。実際の輸入麦類中の DON、NIV 濃度が国産麦類と有意に異なる場合には、今回の経口摂取量は過小又は過大推定となる。
- 今回は過小評価にならないよう、DON、NIV 濃度データが LOD 未満の場合には LOD 値、LOD 以上 LOQ 未満の場合には LOQ 値として、かび毒の濃度分布を推定した。LOQ 未満の値をどのように取り扱うのかによって、かび毒濃度の分布モデルが変わり、これにより推定経口摂取量に変化しうる。特に、本調査結果のように LOQ 未満のデータ数が多い場合には、推定経口摂取量に大きな違いが出る可能性がある。
- JECFA は、グループ PMTDI 及びグループ ARfD を設定しているが、今回は遊離型の DON 単独の経口摂取量を推定した。この推定では、リスクを過小評価する可能性がある。ただし、国産の小麦及び大麦中の DON のアセチル体濃度は、最大でも遊離

型の DON 濃度の 5 分の 1 程度であった（1.3.参照）ため、過小評価があったとしても、その程度は大きくないと推察できる。

- 今回の推計では、小麦玄麦から小麦粉への DON、NIV 濃度の換算係数を 1 とした。外皮や胚芽の DON、NIV 濃度が胚乳よりも高ければ、外皮や胚芽を除いた小麦粉中の濃度の換算係数は 1 未満となるため、今回の経口摂取量は過大推定である可能性が高い。なお、外皮や胚芽の配合割合を増やした小麦粉もあるため、換算係数が 1 より高い可能性は完全には排除できないが、そのような製品は一般的ではない。
- 今回の推計では、玄麦に由来する食品中の DON、NIV 濃度は、加工調理で変化しないと仮定した。しかし、煮沸調理によって食品中の DON の溶出・消失等が報告されており、今回の経口摂取量は過大推定となっている可能性が高い。

3.4.2. 食品摂取量データの“不確実性”

- 今回の摂取量推定では、1 日単位の食品摂取量を個別に使用した。長期暴露の推定に、複数日の食品摂取量から求めた 1 日の平均食品摂取量を使用すれば、食品摂取量データの分散が小さくなり、推定経口摂取量の高パーセンタイル値は小さくなる。
- 加工食品等の実際のレシピは多様であり、玄麦使用量を過大又は過小に換算している可能性がある。
- 今回の推計では、小麦及び大麦に由来する DON、NIV の経口摂取量を求めた。食品安全委員会は、我が国では小麦が DON 及び NIV の摂取に寄与する主要な食品と考えられるとした³⁵。しかし、トウモロコシ、エン麦、ライ麦、小豆等にも DON が含まれることが報告^{37, 38}されており、それらの食品由来の DON 及び NIV 摂取を加えていないため、全ての食品由来の総経口摂取量はより大きい可能性がある。ただし、トウモロコシ、エン麦、ライ麦、小豆等の日本人の摂取量は小麦と比較して小さく、DON、NIV 濃度も小麦、大麦と比較して高くない。そのため、全食品由来の総経口摂取量と小麦及び大麦由来の経口摂取量の差は、大きくないと推察できる。
- 食品摂取量調査で対象とした 1 歳～6 歳児は 227 人と少ない。このため、日本における未就学児の食品摂取パターンを適切に反映していない可能性がある。

3.4.3. 統計解析手法の“不確実性”

DON、NIV 濃度の分布モデルによって、推定される経口摂取量の分布は異なり、特に 99 パーセンタイル以上の値は、大きな影響を受ける。モデル化する統計分布が実際の濃度分布よりも裾が右側に長い場合は、経口摂取量は過大推定となる。

3.5. DON、NIV の経口摂取による健康リスクに関する考察

DON の経口摂取量については、全年齢集団、未就学児のいずれにおいても、平均値、95 パーセンタイル値は食品安全委員会が設定した TDI より低く、また、99 パーセンタ

³⁷ Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2011)

³⁸ 農林水産省、国産小豆及びいんげんのフザリウム毒素含有実態調査、第 79 回日本マイコトキシン学会学術講演会（2016）

イル値は JECFA が設定した ARfD より低いことから、日本人において、通常の食生活において、小麦及び大麦由来食品からの DON の経口摂取により、健康影響が生じる可能性は低い。

NIV の経口摂取量については、全年齢集団における平均値、95 パーセンタイル値は食品安全委員会が設定した TDI より低いことから、通常の食生活において、小麦及び大麦由来食品からの NIV の経口摂取により、健康影響が生じる可能性は低い。未就学児における 95 パーセンタイル値は、食品安全委員会が設定した TDI よりわずかに高い値となった。ただし、以下の理由から、未就学児においても、通常の食生活において、小麦及び大麦由来の NIV の経口摂取により、健康影響が生じる可能性は低いと考えられる。

- NIV の推定経口摂取量は TDI をわずかに超えているだけである。
- 1 日単位の経口摂取量が TDI を超える可能性はあるが、継続して TDI を超える量の NIV を摂取し続ける可能性は、確率論的に低い。
- 食品安全委員会は、NIV の TDI 設定に当たって毒性データが不十分であるため不確実係数:1,000 を使用しており、これは DON の TDI の不確実係数:100 と比較して大きい。なお、欧州食品安全機関 (EFSA) ^{39, 40}は、2013 年に NIV の TDI を 1.2 µg/kg 体重 (不確実係数: 300) と設定し、2017 年にこの TDI の維持を決定しているが、今回の NIV の推定摂取量はそれと比べて低い。

未就学児における DON、NIV の経口摂取量は、食品安全委員会が設定した TDI と比較して十分に小さいとは言えないことから、子供の DON、NIV 摂取量をより低く抑えるため、小麦及び大麦の生産段階で指針に基づく DON 及び NIV による汚染の防止・低減対策を継続して実施する必要がある。

³⁹ EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2013. Scientific Opinion on risks for animal and public health related to the presence of nivalenol in food and feed. EFSA Journal 2013;11(6):3262.

⁴⁰ EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2017. Scientific Opinion on the appropriateness to set a group health based guidance value for nivalenol and its modified forms. EFSA Journal 2017;15(4):4751

第4章 まとめと今後の対応

4.1. まとめ

第1章～第3章の解析結果から得られた主な知見を以下にまとめた。

- 国産の小麦及び大麦（いずれも乾燥調製後の穀粒。以下同じ。）に含まれる DON 及び NIV は、T2、HT2 及び ZEN より含有濃度の平均値や高パーセンタイル値が高かった。大麦中の DON 及び NIV 濃度は、小麦中の濃度よりも高い傾向にあった。小麦では、DON の暫定基準値（1.1 mg/kg）を超えたのは、総計 1998 点の試料のうち平成 14 年の 6 点のみで、平成 15 年以降ではなかった。
- 小麦及び大麦に含まれる DON 及び NIV 濃度には、生産年によって著しい変動があった。また、生産年ごとの麦類赤かび病の発生面積と小麦及び大麦に含まれる DON 及び NIV の平均濃度とには、強い正の相関があった。すなわち、赤かび病発生面積が大きかった年には、発生面積が小さかった年と比較して、より高濃度に DON 又は NIV を含む試料が多かった。これらは、赤かび病の発生面積が大きい年には、外見上は健全な穀粒中の DON 及び NIV 濃度が高くなることが要因と推察される。このことは、赤かび病の予防対策の実施が、小麦及び大麦中の DON 及び NIV 濃度の抑制に重要であることを示している。
- *Fusarium* が DON を生合成する際の前駆体である 3-Ac-DON 及び 15-Ac-DON 並びに NIV を生合成する際の前駆体である 4-Ac-NIV の濃度は、遊離型の DON 又は NIV の濃度と比較して低く、収穫期の小麦及び大麦中の DON 及び NIV は、主として遊離型として存在し、アセチル体は少なかった。なお、国産の小麦及び大麦から検出される DON 前駆体は、主に 3-Ac-DON であり、15-Ac-DON は少なかった。
- 小麦及び大麦のいずれにおいても、DON と NIV が共に穀粒から検出される地域と、DON のみが検出される地域があった。NIV 濃度が、DON 濃度よりも 2 倍程度高い地域があった。
- 小麦及び大麦のいずれにおいても、赤かび病抵抗性が強い品種群と弱い品種群とでは、DON 及び NIV 濃度に有意な差はなかった。品種による栽培地域、栽培方法、気象状況等の差異が小麦及び大麦中の DON 及び NIV 濃度に大きく影響したためと推察される。
- 小麦及び大麦の試料採取地点のうち 9 割以上の地点において、指針で推奨している赤かび病防除のために農薬散布が実施されていた。また、DON 汚染の防止・抑制効果が高いとされる農薬の使用割合が高かった。小麦は、大麦よりも複数回の農薬散布が行われていた地点の割合が高かった。
- 小麦及び大麦のいずれにおいても、乾燥調製施設において粒厚選別が実施されており、加えて比重選別や色彩選別が実施されていたものもあった。これらの指針で推奨している選別によって、小麦及び大麦中の DON 及び NIV 濃度の低減効果が認められた。ただし、選別によって除去された細麦・屑麦中の DON 及び NIV 濃度は高い傾向に

あったので、それらを食品原料や飼料として利用する場合には、基準値への適合等を確認する必要がある。

- 指針で推奨している DON 検査の実施率は、小麦において高く、大麦においては低い傾向にあった。また、地域によって DON 検査の実施率が異なっていた。
- 本調査結果を用いて、小麦及び大麦に由来する、食品からの日本人における 1 日当たりの DON 又は NIV の経口摂取量を推定した。全年齢集団では、DON、NIV の推定摂取量のいずれも、平均値、95 パーセンタイル値は食品安全委員会が設定した TDI より低かった。未就学児では、DON、NIV の推定摂取量のいずれも、平均値や高パーセンタイル値が全年齢集団よりも 2 倍程度大きく、95 パーセンタイル値は TDI に近い値となった。
- 急性毒性がある DON についての 1 日当たりの経口摂取量は、全年齢集団及び未就学児のいずれの推定摂取量の 99 パーセンタイル値においても、JECFA が設定した ARfD より低かった。
- 子供の DON、NIV 摂取量をより低く抑えるために、小麦及び大麦の生産段階で指針に基づく DON 及び NIV 汚染の防止・低減対策を適切にとる必要がある。なお、小麦及び大麦の生産段階で適切に DON 及び NIV 汚染の防止・抑制対策が講じられていれば、通常の食生活において、小麦及び大麦由来の食品中の DON 又は NIV の摂取による健康への悪影響の可能性は低いと考えられる。

4.2. 今後の対応

- 気象状況によっては赤かび病が発生し、麦類中の DON・NIV 濃度が大きく上昇する可能性があるため、引き続き、麦類（主として小麦及び大麦）の生産段階における DON 及び NIV による汚染の防止・抑制・低減対策の普及に努める。
- 生産段階における麦類の安全性の向上のための取組に関して、関係者の更なる意識向上を図るため、今回の実態調査で得られた知見に基づいて、国産の小麦及び大麦の生産関係者と意見・情報の交換を実施する。
- 本調査の解析結果及び試験研究の成果等の科学的知見に基づいて、指針や技術情報を改訂し、赤かび病の発生及び DON・NIV 汚染の防止・抑制効果の高い対策の一層の普及を、関係者と連携・協力して進める。
- 国産の小麦及び大麦について、DON、NIV 等のフザリウム毒素の含有実態調査を継続する。一定期間ごとに調査結果を集計・解析し、対策の効果や気候変動の影響を検証する。
- 現時点では、小麦及び大麦からの検出率が低く、かつ、含有濃度も低かった T2、HT2、ZEN 等については、国内においては小麦及び大麦を汚染する可能性が低いことを確認するため、産生菌や汚染要因の調査を必要に応じて実施する。

謝辞

本調査の実施にあたり、多くの方にご協力をいただきました。ここに、心より感謝の意を表します。

本調査の計画・実施、分析結果の評価・解析及び公表資料の作成にあたっては、元・農林水産省技術総括審議官の山田友紀子博士に多大なご指導、ご助言をいただきました。厚く御礼を申し上げます。

調査試料のご提供、対策の実施状況の聞き取りにご協力をいただいた全国の麦類の生産者及び生産者団体の皆様にも、厚く御礼を申し上げます。

関連情報

食品のかび毒に関する情報

http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/

本調査結果に関する問い合わせ先 農林水産省 消費・安全局 農産安全管理課 生産安全班 電話：03-3592-0306
