

他の動物種と比べて、七面鳥は最も感受性が高いとされる。10～12日齢の成鳥に300mg/kgの餌を与えると、ゼアラレノンの同化による影響が認められる。4日間の投与においては、糞便中の粘膜の分泌物は増加し、卵管および総排泄腔は肥大し、外転症が起こる（Mirochaら,1971）。56日にわたって成鳥に100mg/kgのゼアラレノンを含む餌を与えると、雌の卵産性が20%減少する（Allenら,1983）。一方で400～800mg/kgのゼアラレノンは雄において肉垂の発達を引き起こす（Allenら,1981b）。繁殖産業におけるゼアラレノンの「経済的」影響について、言及した報告はまだないようである。

表3：鳥類におけるゼアラレノンの影響

(Allenら, 1981a and b, Allenら, 1983; BaconとMarks, 1976; Chiら, 1980; MarksとBacon, 1976; Mirochaら, 1971).

種、性別、年齢	ゼアラレノン	曝露時間	症状と病変
三週齢の七面鳥	10～25 mg/kg	3週間	一日摂取量、剖検、組織学的所見に異常なし
10日齢の七面鳥	300 mg/kg	4日	一日摂取量の増加、糞便中の粘液分泌増加
七面鳥の雄の成鳥	400-800 mg/kg	慢性的投与	肉垂発達、総血球数、血液生化学的所見に異常なし
鶏/ウズラ	1～10～30 mg/kg	4週間	異常なし
6週齢の鶏	50～100～400～800 mg/kg	3週間	剖検、組織学的所見に異常なし
雌鶏	15 g/kg pc	独特な経口投与方法	病変なし
	50～200～400～800 mg/kg	7日続けて	卵管の重さの増加（投与量にあわせ直線的）
20週齢の繁殖鶏	25～100 mg/kg	28日	繁殖に影響なし
30週齢の産卵鶏	10～25～50～100～200～400～800 mg/kg	慢性的投与	繁殖に影響なし
雄の成鶏	100～800 mg/kg	慢性的投与	精液異常なし、リン酸血症、コレステロールおよびALP減少

ALP: アルカリホスファターゼ

● 代謝および残留持続性

ゼアラレノンの代謝が毒性の鍵となる（Gaumyら,2001b）にも関わらず、鳥類において行われた研究は少ない。ex vivo 研究では、鳥類はミクロソーム画分に α -ゼアラレノールを、細胞質画分に β -ゼアラレノールを生成する（OlsenとKessling,1983）。肝細胞は

原則的には β -ゼアラレノールを生成するはずだが、 α -ゼアラレノールしか検出できない (Pompa ら,1986)。in vivo 研究においては異なる結果が出る。100mg/kg のゼアラレノンを含む餌を8日にわたって摂取すると細胞半減期は24~48時間となる。これはトリチウム化ゼアラレノンを 10^9 dpm/kg 投与したことになる。ゼアラレノンの移行は早いことが明らかとなっている (Mirocha ら,1982)。消化管や排泄物(胆汁を含む)の他に、腎臓と肝臓において多くが検出され、濃度のピークは投与後30分で訪れる。肝臓での残留はゼアラレノンが681ng/g、 α -ゼアラレノールが1200ng/g、 β -ゼアラレノールが662ng/gとなる。24時間後には肝臓、砂嚢(粘膜は含まない)、筋肉、血漿、皮膚、脂肪のゼアラレノン総量は651、297、111、91、70、53ng/gとなる。これらの結果はMaryamma ら(1992)によって明らかにされた10mg/kg pcゼアラレノンを含む餌を20日にわたって投与し、24時間経過後の肝臓および筋肉中のゼアラレノンが207ng/gおよび170ng/g認められた結果と似ている。加えて七面鳥において2週間にわたって800mg/kgのゼアラレノンを含む餌を投与すると、血漿中において66ng/mlのゼアラレノン、194ng/mlの α -ゼアラレノールが抱合化された状態で検出され、 β -ゼアラレノールの痕跡も検出された (Olsen ら,1986)。これらの研究は大用量のゼアラレノン濃度によってなされたものである。小用量については、1.58mg/kgのゼアラレノンを16日にわたって雌鶏に投与した研究が有用であると考えられる。研究においては肝臓中の量は2.1ng/mlのゼアラレノン、3.7ng/gの α -ゼアラレノールが抱合化(グルクロン酸抱合、スルホ抱合)された状態で検出され、検出限界(3ng/g)ではあるが β -ゼアラレノールも検出された (Danicke,2002)。この用量では、ゼアラレノンおよびその代謝物は筋肉や脂肪、卵中からは検出されていない。しかしながら、著者達は餌を投与した後の時間を考慮した残留検査を行っていないことに留意する必要がある。

6. 1. 3. 反芻類

●健康への影響

乳牛の不妊問題と干し草のゼアラレノンの存在との関連がMirocha ら(1968)によって、最初に確認されたのが始まりである。Linn と Chapman (2002)による酪農の群れを対象とした研究により、500 μ g/kgを超える量のゼアラレノンを含んだ餌が生殖能力の低下に繋がることが明らかとなった。ニュージーランドの牧草地で認められた雌牛と未経産牛の不妊はゼアラレノンが原因とされている (Towers と Sposen, 1993)。実際に、繁殖異常はしばしば高産乳牛で観察されている。しかし、動物の生殖能力はまたエネルギーとタンパクの非常に豊富な餌を与えることによる消化・代謝機能障害によって説明することもできる (Jouany, 2006)。このように、これらの要因の両方がどのように影響して繁殖異常を引き起こすか判断するのは難しい。

●第一胃におけるゼアラレノンの出現

第一胃内の微生物によって in vitro においてゼアラレノンの90%が代謝され、 α -ゼアラレノールや量は劣るが β -ゼアラレノールになりうる (Kiessling ら,1984)。 α -ゼアラレノールのエストロゲン活性はゼアラレノンよりも高い一方で、 β -ゼアラレノールのエストロゲン受容体に対する親和性は低い。しかしながら、 β -ゼアラレノールは子宮内膜細胞の増殖に対する強力な阻害効果が認められる (Tienman ら,2003)。第一胃におけるゼアラレノンの減少はそのほとんどが投与後1時間以内に起こる (Moschini ら,1999)。

原虫は細菌に比べてゼアラレノン代謝活性が約 9 倍となるため、原虫のゼアラレノン代謝が最も考えられる (Kießling ら,1984)。 α -ゼアラレノールの 1 基と 2 基が二重結合した非芳香族環構造は第一胃で生産され、ゼラノール (あるいはゼアラレノール) の形となり胆汁からも検出されるが、ゼラノール合成に繋がるような同化作用は起こらない

(Meyer ら,2002)。この結果は牛においては、ゼアラレノンは投与された後ゼラノールに代謝されることを意味する。10mg のゼアラレノンと α -ゼアラレノールを強制給餌させた際、ゼラノールはまた牛の胆汁からも除去される : Meyer ら (2002) は尿中において「 α -ゼアラレノール/ゼラノール」比は常に 5 以上であり、この結果はエストロゲンの通常産生と比較して、ゼラノールが間違っ使われていることと区別するために使用できることを示した。また同様の目的で、「ゼラノール/タレラノール」比 (タレラノールはゼラノールを与えた動物で検出される代謝物である) も用いることができる (Launay ら,2004)。

Kuiper-Goodman ら (1987) によって、ゼアラレノンとその代謝物のエストロゲン様作用が研究された。また、Eriksen ら (2000) によってこのエストロゲン様作用は受容体の型で区別することができることが示された。これらの研究はゼアラレノン代謝物がゼアラレノンと同等あるいはそれ以上のエストロゲン様作用を起こすことを明らかにしている。しかしながら、ゼアラレノールの減少によってゼアラレノンの極性が増加することを考えると、代謝物の吸収や排泄は増加することが考えられる。

ヒドロキシステロイド脱水素酵素は、ステロイド代謝経路に関わるが、肝臓内においてゼアラレノンをゼアラレノールに変換する (Kießling と Pettersson,1978; Olsen ら,1981)。ゼアラレノール変換の一部は第一胃で行われ、その後肝酵素の影響が強まる。

●乳中への移行

牛乳へのゼアラレノンの移行率について判断できる有用なデータが得られている。

50~165 mg のゼアラレノンを毎日経口投与した牛においては、血漿または牛乳中に毒素および代謝物を検出できなかった (Prelusky ら,1990)。544.5 mg のゼアラレノンを毎日 21 日間にわたって摂取した乳牛においては、牛乳中にゼアラレノンと α -ゼアラレノールが検出され、移行率は 0.06% と計算された。ゼアラレノンの 1.8 または 6.0 g の経口投与によって、48 時間後に乳中に最大で 0.004 または 0.0061 μ g/ml のゼアラレノン、0.0015 または 0.004 の α -ゼアラレノール、0.0041 または 0.066 μ g/ml の β -ゼアラレノールが検出された。移行率は低いものの用量に依存する形となり、1.8g および 6.0g の投与に対して 0.016% および 0.008% の結果となった (Prelusky ら,1990)。

これらのデータはゼアラレノンが日常的に消費する消費者においてもリスクがないことを示している (Guerre ら,2000)。しかし、牛乳への移行はこれらの研究でしか行われておらず、まだデータも乏しい。

6. 1. 4. ペットおよび娯楽動物

マイコトキシンへのリスクの状況や、マイコトキシンによる影響について考えた時、ペットや娯楽動物は他の家畜と根本的には違いはない。異なるのは一点である。すなわち彼らの長い寿命において、毒素の作用がどの程度続くかであるかということである。これらの種の場合、非常に長期にわたって低用量の摂取をした時の影響 (生殖能または生殖機序

への影響や、免疫の低下や感染性病原体への感受性の増加など）や、臨床兆候が出るような大量消費をさせて正確なリスクの影響を知ることは特に重要である。

●ウマ種

ゼアラレノンに汚染された餌に対する感受性に関する有用なデータは非常に乏しい。

Gimeno と Quintanilla (1983) は 2.7mg/kg のゼアラレノンに汚染されたコーンから中毒が起こることを示した。雌馬は、食欲不振、子宮脱出症や内出血といった影響が出る。一方、Juhasz ら (2001) は経口にて小用量（一日 10mg、10日にわたって計 1mg/kg の汚染餌を与えた計算になるようにした）のゼアラレノンを 6頭の雌馬に 10日与えても、排卵後 10日においても繁殖異常を示す兆候は認められなかったと報告した。

●食肉類

度々行われたフィールド調査の結果から、ペット動物（犬と猫）は（特に小麦とトウモロコシ）腐った穀物を含む乾燥食品を摂取することで、エストロゲン様マイコトキシン症状を示す傾向があると考えられることができる。しかしながら、これらの現象は明確に文書化されておらず、出版されたこともない。2001年5月～2002年5月にかけてペット動物用の餌を対象とした疫学調査によって、ポーランドの犬用として売られたドライフード 45 サンプルについてゼアラレノン汚染の可能性が指摘された (Gajeki, 2002)。42 サンプルは 5～299.5µg/kg の汚染陽性となった。同国において行われた Zwierzchowski ら (2004) の研究では、食肉類用フードの 57 サンプルのうち 48 サンプルについてゼアラレノン汚染陽性 (0.5～299.5µg/kg) となった。平均すると 36µg/kg の汚染となる。

しかしながら、ゼアラレノンと食肉類の繁殖との繋がりを明らかにする報告は犬や、ミンクの餌の汚染調査で行われているのみである。猫におけるデータは存在しない。

Hidy ら (1977) は当時初めて、雌犬において 1mg/kg pv/day のゼアラレノンを含んだ餌を 13 週間投与することで、黄体の数が有意に少なくなることを示した。さらに近年犬の繁殖能力に対するゼアラレノンの影響が明らかにされている (Gajeka ら, 2004a および b)。ゼアラレノン 200 µg/kg 含んだ餌を 7日にわたって投与された (10 mg/kg 投与されたことになる) 6カ月齢の雌犬について、卵巣と子宮を摘出した。組織学的には子宮は腫れ、充血、肥厚が起こり、子宮内膜は果肉様になり、充血が認められた。子宮頸部と膣は化生細胞が多く認められた。卵巣については、充血が目立つだけでなく、卵胞閉鎖が認められた。小用量 (25、50 µg/kg pc を 50日にわたって投与) においては液性免疫のパラメータを下げる効果が観察された (Gajeka ら, 2004a)。

in vitro において顆粒膜および卵膜細胞を 25 ng/ml のゼアラレノンに曝露すると、空胞変性が起こった。これは卵胞組織の機能的な侵害を意味する (Skorska-Wyszynska ら, 2004)。これらをまとめると、潜在的に生殖繁殖雌の繁殖障害（発情持続、卵巣囊腫、子宮筋層の炎症、等）が懸念されている以上、肉食動物用の餌の汚染の可能性を無視することはもはやできない。

毛皮に用いられる動物の中で、ミンク (*Mustela vison*) は繁殖様式が違うので別のカテゴリーに入れる必要がある。Yamini ら (1997) によってゼアラレノンの有害作用が測定されている。20mg/kg のゼアラレノンを雌に投与した際、1/4 しか出産に至らなかった。

出産しなかった雌は、全て子宮の異常（子宮内膜の過形成、子宮内膜炎および/あるいは子宮筋層の炎症）と卵巣障害（卵胞閉鎖）を示している。

6. 1. 5. 魚

繁殖におけるゼアラレノン毒性の観察

我々の知見においては、魚の養殖におけるゼアラレノン毒性に関して科学文献では報告されていない。しかし、魚を用いた研究によって、ゼアラレノンは生殖に影響していることが明らかとなっている。

実験的研究

ゼアラレノンとその代謝物（ α および β -ゼアラレノール）のエストロゲン様作用が *in vitro* で実証されている。大西洋サケ（*Salmo salar*）の初代肝細胞の培養において、10～100nm の量に曝露した。この曝露により、卵の放射帯の **zr** タンパクとビテロゲニン合成が誘導される。 α -ゼアラレノールは最も強い誘導体となり、**zr** タンパクは最も感受性が高い。同様の現象はニジマス（*Oncorhynchus mykiss*）でも認められ、エストロゲン受容体に対するゼアラレノンおよび α -ゼアラレノールの親和性はそれぞれエストラジオールの1/300、1/150となっている（Arukwe ら,1999）。

Arukwe ら（1999）は、*in vivo* の系において、ニジマスで実験を行った。観察群ではゼアラレノンおよび α 、 β -ゼアラレノールを1または10 mg/kg pc の投与を行い、別の群では17 β -エストラジオールを5 mg/kg pc の投与を行った。ビテロゲニンと **zr** タンパクの用量依存的な誘導はゼアラレノンと α -ゼアラレノールにおいて、投与7日後に観察されている。 β -ゼアラレノールにおいて有意な影響は観察されていない。 α -ゼアラレノールへの **zr** タンパクの応答は17 β -エストラジオールのそれに比べて約50%に相当する。*in vivo* における感受性は、*in vitro* 実験で示されたそれより高いようである。

ゼアラレノンとその代謝物の魚のエストロゲン受容体への結合は、おそらくビテロゲニンと **zr** タンパクの肝臓での合成を誘導すると考えられる。動物種の大半と同様にサケ科魚類における、潜在的なエストロゲン様物質は次の順序になる： α -ゼアラレノール>ゼアラレノン> β -ゼアラレノール（Arukwe ら,1999）。しかし、Matthews ら（2000）の研究によれば、ゼアラレノンとその代謝物におけるニジマスのエストロゲン受容体への親和性は、ヒト、マウス、鶏、カエルの受容体への親和性より強い。逆に、ゼアラレノンにおけるエストロゲン受容体の親和性と特異性は、ニジマスと大西洋サケで似ている（Tollefsen ら,2002）。

コイ（*Cyprinus carpio*）においては、ゼアラレノンの摂取によって精子数と質の減少が起こったが、その機序は明らかになっていない（Sandor と Vanyi, 1990）。

動物組織への移行

投与方法の違いに関わらず、ニジマスの組織におけるゼアラレノンや、 α -ゼアラレノール、 β -ゼアラレノールの定量法はLC-MSで確立されている（Lagana ら, 2003）。我々の知見では、ゼアラレノンおよびその代謝物の組織への移行はこれまで報告がない。

6. 2. フランスにおける動物曝露量の計算

一般的な計算法は、付録 2 に記載した。

6. 2. 1. 汚染データ

2162 の汚染量に関するデータが、17 種類の食品（表 4）を対象として集められ、分類されている。5 未満の数のデータしか得られていない食品（キャッサバ、コーン、ライ麦）については表 4 に記載せず、曝露量の計算にも使用していない。従って、2153 の汚染量が 14 種類の食品から得られている。

表 4：原料で分類した際のゼアラレノン汚染データ (n≥5)

	データ数	% < LOD	% > LOQ
エンバク (Oat)	56	0.0	8.9
小麦	322	8.1	17.4
コーン飼料	22	0.0	86.4
低小麦粉 (Low flour)	9	0.0	0.0
ソラマメ	19	100.0	0.0
小麦のグルテンフィード (Wheat's gluten feed)	112	0.0	54.5
穀類 (Cereals' issues)	8	0.0	75.0
コーン	972	11.6	26.3
オオムギ	258	11.2	5.4
エンドウ	150	60.0	14.7
レキャスティン (Recasting)	55	0.0	18.2
ふすま (Bran)	76	0.0	17.1
ソルガム	24	0.0	25.0
ライムギ	70	0.0	50.0
計	2153	12.9	23.4

これらのデータのうち 12.9% が検出限界を下回り、23.4% が定量限界を上回った。

同様に定量限界を超えたの 75 及び 95 パーセンタイル推定値として計算された最小予測量は、全食品の公式報告と比較することができる (2006/576/CE 勧告)。

最も汚染された 3 食品は、コーン、穀類 (特に塵埃)、小麦のグルテンフィードである。これは、一般的にコーンとその加工製品は小麦よりも汚染しやすいことを意味する。

穀類の粉塵については、その汚染量はたびたび問題となる。これはゼアラレノンだけでなく、その他のマイコトキシンも含みうるからである。粉塵は、様々なものが原因となる

(例えばダストフィルターを介してサイロ、ボート、トラックの底部から出てくる)。家畜の飼料として用いないことが求められる。

文脈で触れられた汚染量の統計値は、付録に記載した。これらの結果は、勧告に記載されているように、新鮮重量の汚染量（湿度の 12%）を意味するものである（2006/576/CE 勧告）。

曝露量の計算

餌の汚染の計算は次のとおりである（結果を示す詳細な表は付録 2 に記載）：

- 草食動物、反芻動物（特に牛）について

曝露量は計算されていない。現実問題として主に一次産品を含む飼料は使用不能または不十分なデータが多い：牧草地、貯蔵サイロや他の飼料などが該当する（付録 2"動物への暴露：一般的な方法論"を参照のこと）。

- 家禽について

表 5 a : 家禽の餌におけるゼアラレノン汚染量の計算値

		最少汚染量		汚染陽性		
		餌中のµg/kg	割合%	餌中のµg/kg (p75)	p95	陽性率%
標準的な鶏	出生後初期	27.6	58.5	33.1	92.7	58.5
	成長期	23.3	62.2	27.7	69.8	62.2
	成鶏段階	19.7	62.6	23.2	52.2	62.6
	老鶏段階	21.6	68.4	25.4	57.2	68.4
銘柄鶏 (Label chicken)	出生後初期	42.1	65.8	51.0	157.6	65.8
	成長期	50.2	77.6	60.8	188.5	77.6
	成鶏～老鶏段階	50.5	79.4	60.9	197.7	79.4
産卵鶏	出生後初期	40.2	68.8	48.6	158.6	68.8
	成長期	40.9	76.7	49.6	157.9	76.7
	繁殖期	41.8	79.5	50.7	166.2	79.5
	産卵期	38.1	65.1	46.3	140.0	65.1
七面鳥	出生後初期	17.0	40.9	20.2	53.6	40.9
	成長期 1	14.3	47.5	16.8	43.6	47.5
	成長期 2	17.4	55.0	20.4	55.5	55.0
	成鶏段階 1	23.4	58.3	27.8	72.5	58.3
	成鶏段階 2	19.3	66.0	22.5	61.7	66.0
	成鶏段階 3	18.8	64.3	22.1	46.8	64.3
ホロホロチョウ	出生後初期	49.8	58.2	60.5	205.1	58.2
	成長期	56.0	62.5	68.1	225.6	62.5
	成鶏～老鶏	62.9	65.4	76.7	257.0	65.4

	段階					
タイワン アヒル (Muscovy duck)	出生後初期	31.8	70.4	38.0	104.6	70.4
	成長期	35.1	79.1	41.9	114.5	79.1
	成鶏段階	33.9	81.8	40.3	106.8	81.8
強制給餌 段階のアヒル (Duck ready to be force-fed)	飼育期	44.5	75.0	53.7	162.6	75.0
	強制給餌期	100.4	98.0	122.4	414.0	98.0

※餌のいくらかの量（%で表現）は、ゼアラレノンによって汚染されている可能性があり、汚染量を計算している。これは状況に応じて異なる。

-最少汚染量の計算においては、（たとえ測定されていない場合があったとしても）十分なデータがある商品を元にしてしている。

-パーセンタイル 75 および 95 の値については、検出限界を超えたものを対象としている。

家禽のための餌および補完的な餌のゼアラレノン汚染に関しては許容最大含有量を示したものはなかった。

餌の平均汚染量は 14~100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ である。標準的鶏、産卵鶏、七面鳥の餌の汚染量は、40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ より低い値であった、これは 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ を超え、100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ に達する汚染量の餌である他の家禽（銘柄鶏、ホロホロチョウ、強制給餌段階のアヒル）と異なっているが、この違いは餌中のコーンの量に依存していると考えられる。

強制給餌段階のアヒルの餌の汚染量は「極端」であるが、これは餌の 98% がコーンでできていることによると考えられる。より高いパーセンタイルにおいてもコーンの量は家禽の種を分ける最も重要な要素であると考えられる。

汚染データの十分な数が提供されている商品は、アヒルや銘柄鶏、産卵鶏の餌の約 70% を占め、重要な位置づけとなっている。

-豚について

表 5b : 豚の餌におけるゼアラレノン汚染量の計算値

豚	最少汚染量		汚染陽性			REC 2006/576/CE 規制値
	餌中の $\mu\text{g}/\text{kg}$	割合%	p75	p95	陽性率%	
			餌中の $\mu\text{g}/\text{kg}$			
1 歳齢	40.5	56.5	49.1	155.8	56.5	100
2 歳齢	26.9	78.0	33.5	100.0	78.0	100
成長期	31.6	83.4	38.8	156.3	83.4	250
成豚期	36.1	87.0	44.3	171.1	87.0	250

懐胎期	31.3	84.8	40.5	146.2	84.8	250
哺乳期	22.7	79.5	29.2	107.5	79.5	250

2006/576 勧告では豚の餌の汚染規制量を表した。しかしながら、餌中の推奨最大含有量は感受性の低い動物を対象としており、豚においては用いることは出来ない。

平均的汚染データによると、1 歳齢の豚の餌中の汚染で許容できるものは 40%であった。パーセントイル 75 における違いはあまりないが、一方で子豚における餌中の値は 95 パーセントイルにおいて推奨規制値に達するか上回っている。

計算に用いられた餌の陽性率などの結果の解釈を踏まえ、安全策がとられる必要がある。豚においては、1 歳齢の餌の 57%しか考慮されないのを除いて、餌の約 87%が汚染しているという評価がなされている。これにより、総汚染量をより正確に表すことが可能である。

7. 規制

1881/2006/CE 規則を修正した 1126/2007/CE 規則（466/2011/CE 版とその変更版を廃止している）において、ヒトの食品を対象としてゼアラレノンなどの最大含有量が決められた（表 6a）。また、欧州委員会が勧告（表 6b）を行ったが、動物飼料のゼアラレノンの最大含有量は決められていない。

表 6a：食品におけるゼアラレノンの最大含有量（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）。

製品	最大含有量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
● コーンを除く未加工穀物	100
● 湿潤研削による移転分を除いた未加工コーン	350
● ヒトの食事として用いられる穀物	75
● 穀物粉	
● 直接ヒトの口にいたるふすまや胚芽などの完成品	
● 精製されたコーン油	400
● パン（小製品を含む）	50
● ペストリー	
● ビスケット	
● 穀類スナックと朝食用シリアル（コーンスナックと朝食のためのコーンを原料とする乾物食品を除く）	
● ヒトにそのまま消費されるコーン	100
● コーンスナックと朝食のためのコーンを原料とする乾物食品	
● 穀物を原料とする加工品（コーンを原料とする加工品を除く）	20
● 新生児および乳幼児向けのベビーフード	
● 新生児および乳幼児向けのコーンを原料とする加工品	20
● コーンの破砕物 ◇大きさが 500 μm を超えるもの	200

<ul style="list-style-type: none"> ◇NC コードが 1103 13 と 1103 20 のものを用いたもの ●ヒトに直接消費されるその他コーンの破砕物 <ul style="list-style-type: none"> ◇大きさが 500 μm を超えるもの ◇NC コードが 1904 10 10 のものを用いたもの 	
<ul style="list-style-type: none"> ●コーンの破砕物 <ul style="list-style-type: none"> ◇大きさが 500 μm のもの ◇NC コードが 1102 20 のものを用いたもの ●ヒトに直接消費されるその他コーンの破砕物 <ul style="list-style-type: none"> ◇大きさが 500 μm のもの ◇NC コードが 1904 10 10 のものを用いたもの 	300

表 6b : 2006 年の 8 月 17 日の 2006/576/CE 勧告における動物の飼料中の最大含有量。

製品	水分含有量が 12% の際の、最大含有量 (μg/kg)
動物の飼料中に含まれる原料	
●穀物や穀物の副産物	2,000
●コーンの副産物	3,000
副食あるいは主食として用いられる	
●子豚および幼豚の肉	100
●肥育豚の肉と成豚肉	250
●子牛肉、牛肉、羊肉 (子羊肉を含む)、山羊 (ノロジカ肉を含む)	500

8. フランスにおけるサーベイランスと制御

2003 年から 2006 年にかけての収穫物を対象とした州政府の監視と制御計画 (DGAL – DGCCRF、2004 年～2007 年) によって、コーンは麦わらの穀物の種子 (straw cereals seeds) よりも危険であるという汚染データが示されている。小麦の 100 サンプル、大麦の 100 サンプル、トウモロコシの 223 サンプルを対象とした調査により、コーンの 11% のサンプルが 200μg/kg のゼアラレノン含有しているのに対して、小麦や大麦においては 100μg/kg を超える含有は認められなかった。加えて、ゼアラレノンの含有量は 200μg/kg 以上を示したコーンのサンプルが 0～20% と年によって差があった。

コーン粉とコーンの粗挽き粉は最も汚染されている食品であり、平均して 13.3μg/kg のゼアラレノン含有量がある。しかし、公的規制値である 200μg/kg を超えるサンプルはない。特に他の穀物加工品、特に小麦粉や小麦の粗挽き粉は、2～4μg/kg と少ない値を示している (80% 以上の製品はまだ定量されていない)。

9. 結論と提言

ゼアラレノンの最も留意すべき毒性作用は、エストロゲン活性内分泌攪乱効果である。人間への影響は考えられていない。しかし、ブタは、特に幼若な雌においてよりゼアラレ

ノン感受性が高い。このタイプのブタにおいては、ゼアラレノン α -ゼアラレノールに代謝され、よりエストロゲン活性が著しくなる。この代謝変換は、反芻動物の消化管において起こりうる。反芻動物のミルク汚染は移送率が軽微であるとされ、リスクと認識されていない。しかし、乳牛で行われた研究も存在する。動物の製品におけるゼアラレノンとその代謝物、特に α -ゼアラレノールの存在は、動物から食品中への移送の実態を評価するために、さらに研究の対象とする必要がある。

SCF は、消費者のリスク評価のために 2000 年に暫定一日耐容摂取量を設定した。人間の食事における暴露は、3~14 歳の子供の 2.5%や完全菜食主義者の人口の 31%を除き、一日耐容摂取量よりも低い。

主な汚染食品は製造現場で *Fusarium* 属菌に汚染される穀物（トウモロコシ）である。ヒトや動物の食事となる小麦を由来とする穀物製品と並んで、サーベイランスを行う必要がある。

繁殖動物は、特にブタにおいて、ゼアラレノンで汚染された穀物や、その加工品に晒されるリスクが高く、エストロゲン様作用のリスクを誘発することになりうる。穀物の粉塵については、汚染量は慢性的な問題となっている。動物の飼養の際にはそれらを使用しないことが薦められる。

また、商品、飼料およびサイロ貯蔵に関する詳細な汚染のデータの把握が望ましいと考えられる。

乾燥食品は、国内の肉食動物の飼料やそれらの食品加工品中にリスクとなりうる穀物（トウモロコシなど）の含有が多いことを考慮すると、科学的にこれらの種の雌における繁殖への影響を評価するために試験を行う必要がある。

1999 年と 2000 年に設定された暫定一日耐容摂取量を修正するために、国際的に認められたガイドラインに基づいて、毒物学的な研究が行われることが望ましい。

特にゼアラレノン、トリコテセン、フモニシンを対象として、ゼアラレノンおよび他の内分泌攪乱物質、またはフザリウム毒素間の相互作用について、毒性学的知識を向上させるための研究が行われる必要がある。

