

要 約

オキサジアゾール環を有する発芽前処理除草剤である「オキサジアルギル」(IUPAC : 5-*tert*-ブチル-3-[2,4-ジクロロ-5-(プロパ-2-イニルオキシ)フェニル]-1,3,4-オキサジアゾール-2(3*H*)-オン)について、各種試験成績等を用いて食品健康影響評価を実施した。

評価に供した試験成績は、動物体内運命(ラット)、植物体内運命(イネ、ひまわり及びレモン)、土壌中運命、水中運命、土壌残留、作物等残留、急性毒性(ラット及びマウス)、亜急性毒性(ラット、マウス、ウサギ及びイヌ)、慢性毒性(イヌ)、慢性毒性/発がん性併合(ラット)、発がん性(マウス)、2 世代繁殖(ラット)、発生毒性(ラット及びウサギ)、遺伝毒性試験等である。

オキサジアルギル投与による影響は主に肝臓に認められた。

試験結果から、催奇形性及び遺伝毒性は認められなかった。発がん性試験では、マウスに肝細胞腫瘍の増加が認められたが、発生機序は遺伝毒性メカニズムとは考え難いことから、本剤の評価にあたり閾値を設定することは可能であると考えられた。

各試験の無毒性量の最小値は、ラットを用いた 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験の 0.8 mg/kg 体重/日であったことから、これを根拠として、安全係数 100 で除した 0.008 mg/kg 体重/日を一日摂取許容量(ADI)とした。

1. 評価対象農薬の概要

1. 用途

除草剤

2. 有効成分の一般名

和名：オキサジアルギル

英名：oxadiargyl(ISO名)

3. 化学名

IUPAC

和名：5-*tert*-ブチル-3-[2,4-ジクロロ-5-(プロパ-2-イニルオキシ)フェニル]-1,3,4-オキサジアゾール-2(3*H*)-オン

英名：5-*tert*-butyl-3-[2,4-dichloro-5-(prop-2-ynyloxy)phenyl]-1,3,4-Oxadiazol-2(3*H*)-one

CAS (No.39807-15-3)

和名：3-[2,4-ジクロロ-5-(プロピニルオキシ)フェニル]-5-(1,1-ジメチルエチル)-1,3,4-オキサジアゾール-2(3*H*)-オン

英名：3-[2,4-dichloro-5-(propynyloxy)phenyl]-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3*H*)-one

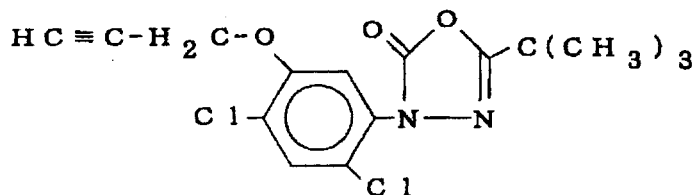
4. 分子式

C₁₅H₁₄N₂O₃Cl₂

5. 分子量

341.2

6. 構造式



7. 開発の経緯

オキサジアルギルは、1994年にローヌ・プーラン社(現：バイエルクロップサイエンス社)により開発されたオキサジアゾール環を有するクロロフィル生合成阻害作用をもった発芽前処理除草剤である。諸外国ではイタリア、フランス、ブルガリア、中国、インド、ベトナム、コロンビア、ジャマイカ、トリニダード、グアテマラ、ドミニカ、コスタリカ、パナマ、バルバドス、イスラエルでイネ、さとうきび、ひまわり等に登録されている。我が国では、バイエルクロップサイエンス株式会社より農薬取締法に基づく適用拡大申請(移植水稻)がなされ、参照1~55、63、65、67の資料が提出されている。なお、2002年1月に非食用作物への登録がなされ、製剤で年間8.1トン(平成14農薬年度、参照59)生産されている。また、魚介類への残留基準設定が申請され、参照69の資料が提出されている。

II. 試験結果概要

各種運命試験(II.1~4)は、オキサジアルギルのフェニル環部分の全炭素を ^{14}C で標識したものの(^{14}C -オキサジアルギル)を用いて実施された。放射能濃度及び代謝物濃度は特に断りがない場合オキサジアルギルに換算した。代謝物/分解物等略称及び検査値等略称は別紙 1 及び 2 に示されている。

1. 動物体内運命試験

(1) ラット

^{14}C -オキサジアルギルを雌雄 SD ラットに 10 mg/kg 体重(低用量)または 1000 mg/kg 体重(高用量)の用量で単回または反復強制経口投与し、動物体内運命試験が実施された。

低用量及び高用量単回投与後の血漿中最高濃度は、それぞれ 3.3~3.9 時間後に 0.44~0.78 $\mu\text{g/g}$ (低用量)、7.2~9.5 時間後に 16.4~24.3 $\mu\text{g/g}$ (高用量)であり、消失半減期($T_{1/2}$)はそれぞれ 44.6~46.7 時間(低用量)、33.3~40.5 時間(高用量)であった。

投与後 72 時間に、低用量単回投与群では総投与放射能(TAR)の 88.8~91.7%、低用量反復投与群では 79~89%TAR、高用量単回投与群では、93.6~93.8%TAR が排泄された。いずれの場合も、主な排泄経路は糞中、次いで尿中であり、投与後 7 日間で糞中に 50.4~87.2%TAR、尿中に 8.9~43%TAR が排泄された。また、予備試験結果によると呼気中排泄は僅かであった。

オキサジアルギルの低用量及び高用量単回投与群の主な組織の残留放射能濃度は表 1 に示されている。

表 1 主な組織の残留放射能濃度($\mu\text{g/g}$)

投与群	性	血漿中最高濃度到達時 ¹⁾	投与 168 時間後
低用量 単回	雄	胃 ²⁾ (51.7)、肝臓(20.3)、脂肪(14.2)、副腎(11.7)、ハーダー腺(8.11)、皮膚・被毛(2.99)、腎臓(2.71)	肝臓(0.48)、ハーダー腺(0.18)、腎臓(0.15)
	雌	胃(51.1)、脂肪(42.2)、副腎(16.0)、ハーダー腺(17.0)、生殖腺(14.5)、肝臓(13.8)、子宮(6.97)、皮膚・被毛(6.26)、腎臓(3.86)、肺(3.44)、カーカス(2.61)、筋肉(2.48)	肝臓(1.26)、ハーダー腺(0.64)、腎臓(0.23)
高用量 単回	雄	胃(11400)、脂肪(1070)、副腎(293)、ハーダー腺(293)、肝臓(187)、皮膚・被毛(89.4)、生殖腺(68.6)、筋肉(67.3)、腎臓(58.5)、カーカス(54.6)	肝臓(10.2)、腎臓(3.7)、皮膚・被毛(3.7)、ハーダー腺(3.2)
	雌	胃(4860)、脂肪(876)、副腎(545)、ハーダー腺(332)、生殖腺(290)、子宮(184)、肝臓(183)、皮膚・被毛(192)、カーカス(72.7)、筋肉(66.8)、肺(66.0)、腎臓(63.1)	肝臓(19.7)、ハーダー腺(6.2)、皮膚・被毛(3.3)、腎臓(3.2)

1): 低投与量単回: 雄(2 時間後)、雌(3 時間後) 高投与量単回: 雄(3 時間後)、雌(6 時間後)

2): 表中の胃には、胃内容物を含む。

尿中からは 16 種類の代謝物が検出された。雌雄いずれの処理群でも代謝物 E のグルクロン酸抱合体(代謝物 H)及び硫酸抱合体(代謝物 J)、代謝物 B のグルクロン酸抱合体(代謝物 I)であり、親化合物は殆ど検出されなかった。糞中からは親化合物の他、14 種類の代謝

物が検出された。最も多い成分は親化合物で、次いで代謝物 B 及び E であった。

従って、オキサジアルギルの主要な代謝経路は *O*-脱プロピニル化、*tert*-ブチル基の酸化及びグルクロン酸または硫酸抱合であると考えられる。(参照 2、3)

(2) ラット及びマウスの肝スライスを用いた ¹⁴C-オキサジアルギルの *in vitro* 代謝試験

Fischer ラット及び ICR マウスの肝スライスを用いて、¹⁴C-オキサジアルギル(5~20 μmol/L)の *in vitro* 代謝試験(4 時間反応)が実施された。

実施したいずれの試験においても、総残留放射能(TRR)の 94%以上が未代謝物(親化合物)であった。主要代謝物として、ラット及びマウスに共通して代謝物 B 及び 1 種の未同定代謝物が検出された。その他、ラットでは代謝物 D、マウスでは 1 種の未同定代謝物が検出された(それぞれ 1%TRR 未満)。しかし、いずれも緩衝液のみの区と同様の代謝物が検出され、当該試験条件下においては、オキサジアルギルは代謝されなかったと考えられた。(参照 4)

2. 植物体内運命試験

(1) イネ

¹⁴C-オキサジアルギルを発芽前(播種日)または発芽後(播種 19 日後)に 300 g ai/ha の用量でイネ(品種: lemont)に散布後、播種 60 日後に地上部全体、138 日後に玄米及び籾殻、播種 166 日後にわらを採取し、イネにおける植物体内運命試験が実施された。

玄米、籾殻及びわら中の残留放射能は、発芽前散布区及び発芽後散布区で差がなく、それぞれ 0.007~0.009、0.019~0.027 及び 0.091~0.098 mg/kg であった。玄米中からは残留放射能の 22%TRR が抽出されたが、0.02 mg/kg と微量であったため同定は行われなかった。

籾殻及びわら中からは、それぞれの残留放射能の 53~59 及び 73~78%TRR が抽出され、オキサジアルギル、そのプロパルギル基がメチル基になった代謝物 K 及び未同定代謝物がそれぞれ 9 及び 11 種類以上が検出されたが、いずれも少量であり、最大はオキサジアルギルの約 0.03 mg/kg であった。

対照群からも放射能が検出されていることから、散布した ¹⁴C-オキサジアルギルが ¹⁴CO₂ まで分解し、同化が起こったものと考えられた。(参照 5)

(2) ひまわり

¹⁴C-オキサジアルギルを発芽前(播種日)に 501 g ai/ha または発芽後(播種 19 日後)に 536 g ai/ha の用量でひまわり(品種: Albena)に散布後、播種 47 日後に地上部全体、108 日後(収穫時)に地上部全体(子実、頭花、茎葉に分離)を採取し[発芽後に散布したものは地上から 15 cm を分別した(以下「茎葉下部」という)]、ひまわりにおける植物体内運命試験が実施された。

発芽前散布区及び発芽後散布区の収穫時の子実、頭花及び茎葉部の残留放射能は、発芽後処理群で 0.003~0.010、0.010~0.017 及び 0.070~2.65 mg/kg であった。特に、発芽後散布区の下部から 7.43 mg/kg が検出され、そのうち 6.54 mg/kg がオキサジアルギルであった。主要成分はオキサジアルギル及び代謝物 B、F、K 及び N であった。

発芽後散布した全ての植物部位中の残留は非常に低く、大部分は茎葉下部にオキサジアルギルとして存在することから、オキサジアルギルは植物体中で殆ど移動せず、代謝されにくいと考えられた。(参照 6)

(3) レモン

^{14}C -オキサジアルギル 6720 g/ha を土壌またはレモン(*Citrus avrantifolia* を接ぎ木した *Citrus siciliano*)の茎葉に散布後、8 週間後に果実を採取し、また、 ^{14}C -オキサジアルギル 40 mg/果実を果実に注入後、5 週間後に採取し、レモンにおける植物体内運命試験が実施された。

果実中の総残留放射能は土壌散布、茎葉散布及び果実注入でそれぞれ 0.002、22.9 及び 9.7 mg/kg であった。茎葉散布及び果実注入区の残留放射能のうち 18.3 及び 8.1 mg/kg がオキサジアルギルであった。その他、代謝物 B が 0.93 及び 0.041 mg/kg 検出された。(参照 7)

3. 土壌中運命試験

(1) 好氣的土壌中運命試験

^{14}C -オキサジアルギルを 2 kg ai/ha の用量で壤質砂土、壤土及び埴壤土(いずれも英国)に混和後、363 日間インキュベーションし(20°C、壤質砂土は 30°C でも実施)、オキサジアルギルの好氣的土壌中運命試験が実施された。

オキサジアルギルの推定半減期は壤質砂土で 35 日(20°C)及び 15 日(30°C)、壤土で 72 日、埴壤土で 18 日であった。主要分解物としてプロパルギル基がメチル基に変化した分解物 K 及びプロパルギル基が脱離した分解物 B がそれぞれ最大 37.7 及び 13.8% TAR 生成した。

$^{14}\text{CO}_2$ は試験期間中漸増し、363 日間で 16.1~29.7% TAR を生成した。(参照 8)

(2) 嫌氣的湛水土壌中運命試験

砂壤土(英国)に水を加えて水深 2 cm の湛水状態とし、窒素ガスを通して嫌気状態にした試験系の水面に ^{14}C -オキサジアルギルを 2.24 kg ai/ha の用量で滴下後、365 日間インキュベーションし、オキサジアルギルの嫌氣的湛水土壌中運命試験が実施された。

オキサジアルギルの推定半減期は水相で 0.9 日、土壌中で 114 日であった。主要分解物として B、L 及び M を検出した。特に、分解物 B は 365 日後土壌中で 66.3% TAR に達した。

オキサジアルギルの代謝経路は、プロパルギル基の脱離による分解物 B の生成またはプロパルギル基の還元及び水和による分解物 M の生成であると考えられた。(参照 9)

(3) 主要分解物の好氣的土壌中運命試験

オキサジアルギルの主要分解物である分解物 B 及び K のフェニル環部分を ^{14}C で標識したものをそれぞれ 0.65 及び 1.65 kg ai/ha の用量で壤土(英国)に混和後、122 日間インキュベーションし、各分解物の好氣的土壌中運命試験が実施された。

分解物 B 及び K の推定半減期はそれぞれ 19 及び 83 日であった。また、 CO_2 生成量はそ

れぞれ 20 及び 12% TAR であった。(参照 10)

(4) 土壌吸着試験

4 種類の国内土壌(細粒強グライ土(宮城)、灰色低地土(岡山)、淡色黒ぼく土(北海道)及び細粒グライ土(福島))を用いて、オキサジアルギルの土壌吸着試験が実施された。

Freundlich の吸着温等式による吸着係数 K^{ads} は 16~114、有機炭素含有率による補正吸着係数 K_{oc} は 917~3840 であった。(参照 11)

(5) 土壌カラム移行性試験

4 種類の土壌(砂質壤土 1(米国)、重埴土 1(米国)、壤土 2(英国))に ^{14}C -オキサジアルギルを 2.29 kg ai/ha の用量で添加し、25°C の暗所で 30 日間エージングを行った。次に、4 種類の土壌を別々の内径 5.1 cm、高さ 30 cm のカラムに充填し、0.01 M 塩化カルシウム溶液で満たした。それぞれの土壌カラムの上に、先にエージングを行った土壌を載せ、0.01 M 塩化カルシウム溶液で土壌カラムを溶出した。

30 日間のエージング後の土壌中に 65.7~87.0% TAR をオキサジアルギルが占め、分解物 B が 1.8~7.9% TAR を、分解物 K が 0.7~9.0% TAR を占めた。溶出液からは 0.07~0.2% TAR が検出され、土壌中からは砂質壤土では表面から 10 cm までに 80% TAR 以上が、その他の土壌では表面から 5 cm までに 90% TAR 以上が検出された。土壌中からは、オキサジアルギル、分解物 B 及び K が、それぞれ 23.8~82.2% TAR、3.0~7.7% TAR 及び 5.9~33.6% TAR 検出された。

土壌カラムの中でオキサジアルギルは分解され、分解物 B 及び K が生成したが、いずれの成分も土壌中での移行性は僅かであると考えられた。(参照 12)

4. 水中運命試験

(1) 加水分解試験

^{14}C -オキサジアルギルを pH 4 及び pH 5 のクエン酸緩衝液、pH 7 のイミダゾール緩衝液及び pH 9 のホウ酸緩衝液に 0.17 mg/L となるように溶解後、遮光下で 30 日間インキュベーションして、オキサジアルギルの加水分解試験が実施された。

pH 4、5 及び 7 では安定であった。pH 9 では推定半減期 7.3 日で分解し、主要分解物は分解物 N であり、30 日後に 47.4% TAR に達した。(参照 13)

(2) 水中光分解試験(滅菌水)

滅菌緩衝液(pH 5)に、 ^{14}C -オキサジアルギルを溶解して、0.189 mg/L の濃度とし、25 ± 1°C の無菌条件下で 29 時間、キセノン光(光強度：615 W/m²、測定波長：290~800 nm)を照射し、オキサジアルギルの滅菌水中光分解試験が実施された。

オキサジアルギルの推定半減期は 25.5 時間であり、主要分解物として分解物 B 及び O が試験終了時点でそれぞれ 1 及び 5.6% TAR 検出された。(参照 14)

(3) 水中光分解試験(自然水)

河川水(神奈川県酒匂川より採取、pH 7.9)に、 ^{14}C -オキサジアルギルを溶解して、0.18

mg/L の濃度とし、25°C で 30 時間キセノン光(光強度：600 W/m²、測定波長：300～800 nm)を照射し、オキサジアルギルの自然水中光分解試験が実施された。

オキサジアルギルの推定半減期は 44.9 時間であった。(参照 15)

5. 土壌残留試験

洪積火山灰・軽埴土(茨城)、洪積・埴壤土(大阪)及び洪積花崗岩・砂壤土(福岡)を用いて、親化合物、分解物 B 及び K を分析対象化合物とした土壌残留試験が実施された。

親化合物の推定半減期は 1 日以内～19 日であった(表 2)。分解物の推定半減期は求められなかったが、概ね開始 10～30 日でピークに達し減少に転じた。なお、分解物 K は畑地状態の洪積火山灰・軽埴土を用いた圃場試験(690 g ai/ha)においてのみ、試験終了時の 179 日後まで増加を続け、最大 0.215 mg/kg となった。(参照 16)

表 2 土壌残留試験成績(推定半減期)

試験		濃度	土壌	推定半減期
容器内 試験	水田状態	0.1 mg/kg*	洪積火山灰・軽埴土	15 日
		0.1 mg/kg*	洪積・埴壤土	10 日
	畑地状態	0.8 mg/kg*	洪積火山灰・軽埴土	6 日
		0.8 mg/kg*	洪積花崗岩・砂壤土	19 日
圃場試 験	水田状態	100 ^G g ai/ha	洪積火山灰・軽埴土	1 日以内
		100 ^G g ai/ha	洪積・埴壤土	1 日以内
	畑地状態	690 ^{SC} g ai/ha	洪積火山灰・軽埴土	10 日
		690 ^{SC} g ai/ha	洪積花崗岩・砂壤土	7 日

*：容器内試験は純品を使用。 G：粒剤 SC：フロアブル

6. 作物等残留試験

(1) 作物残留試験

水稻を用いて、オキサジアルギル及び代謝物 K を分析対象化合物とした作物残留試験が実施された。分析はアセトニトリルで抽出した試料を精製後、ガスクロマトグラフを用いて定量するものであった。結果は表 3 に示されている。オキサジアルギル及び代謝物 K の残留値はいずれも定量限界未満であった。(参照 17、18)

表 3 作物残留試験成績

作物名 (分析部位) 試験実施年度	試験 圃場 数	使用量 (g ai/ha)	回 数 (回)	PHI (日)	残留値(mg/kg)			
					親化合物		代謝物K	
					最高値	平均値	最高値	平均値
水稻 (玄米) 1997年度	2	50 ^G	2	102 ～ 104	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水稻 (稲わら) 1997年度	2	50 ^G	2	102 ～ 104	<0.02	<0.02*	<0.02	<0.02

g: 粒剤 * : 定量限界値が異なる場合は大きい数値を採用した。全てのデータが定量限界未満の場合は定量限界値の平均に<を付して記載した。

(2) 魚介類における最大推定残留値

オキサジアルギルの公共用水域における環境中予測濃度(PEC)及び生物濃縮係数(BCF)を基に、魚介類の最大推定残留値が算出された。

オキサジアルギルの PEC は 0.0056 ppb、BCF は 608、魚介類における最大推定残留値は 0.017 ppm であった。(参照 69)

上記の魚介類における最大推定残留値に基づき算出した、オキサジアルギルを暴露評価対象化合物とした際に食品中から摂取される推定摂取量が表 4 に示されている。なお、本推定摂取量の算定は、魚介類への残留が上記の最大推定残留値を示し、加工・調理による残留農薬の増減が全くないと仮定の下に行った。

表 4 食品中より摂取されるオキサジアルギルの推定摂取量

作物等名	残留値 (mg/kg)	国民平均 (体重: 53.3 kg)		小児(1~6 歳) (体重: 15.8 kg)		妊婦 (体重: 56.6 kg)		高齢者(65 歳以上) (体重: 54.2 kg)	
		ff	摂取量	ff	摂取量	ff	摂取量	ff	摂取量
魚介類	0.017	94.1	1.60	42.8	0.73	98.2	1.67	95.7	1.63
合計			1.60		0.73		1.67		1.63

- ・ 残留値は最大推定残留値を用いた。
- ・ 玄米のデータは全て定量限界未満であったため、摂取量の計算に含めていない。
- ・ 「ff」：平成 10 年～12 年の国民栄養調査(参照 56~58)の結果に基づく摂取量(g/人/日)
- ・ 「摂取量」：残留値から求めたオキサジアルギルの推定摂取量(μg/人/日)

7. 一般薬理試験

マウス、ラット、ウサギ及びモルモットを用いた一般薬理試験が実施された。結果は表 5 に示されている。(参照 19)

表 5 一般薬理試験概要

試験の種類	動物種	動物数 匹/群	投与量(mg/kg 体重) (投与経路)	無作用量 (mg/kg 体重)	作用量 (mg/kg 体重)	結果概要	
中枢神経系	自発行動	マウス	雄 5	0、300、1000、 3000 (経口)	3000	—	特異な徴候及び行動は認められなかった。
	自発運動量	マウス	雄 10	0、300、1000、 3000 (経口)	3000	—	影響なし
呼吸・循環器系	ウサギ	雄 5	0.5、1.5、5 (静脈内)	5	—	物理的影響に起因すると思われる呼吸数の増加、血圧上昇及び心電図の T 波の平坦化を示したが、呼吸・循環器系に対する薬理作用は殆どないと考えられた。	

自律 神経 系	摘出回腸 への影響	モット	雄 5	10 ⁻⁶ 、10 ⁻⁵ 、 10 ⁻⁴ mol/L (<i>in vitro</i>)	10 ⁻⁶ mol/L	10 ⁻⁵ mol/L	10 ⁻⁵ mol/L で静止時筋緊張に おける自動運動を惹起し、10 ⁻⁴ mol/L ではベースラインが上 昇したまま戻らなかった。 ACh 及び His の収縮反応にお いては 10 ⁻⁵ mol/L でも影響を 与えなかった。
消化器系	消化管 輸送能	マウス	雄 10	0、300、1000、 3000 (経口)	3000	—	影響なし
骨格筋	横隔膜神 経筋への 影響	ラット	雄 5	10 ⁻⁶ 、10 ⁻⁵ 、 10 ⁻⁴ mol/L (<i>in vitro</i>)	10 ⁻⁴ mol/L	—	影響なし
血液	血液 凝固能	ラット	雄 6	0、300、1000、 3000 (経口)	3000	—	影響なし
	溶血性	ウサギ	雄 3	10 ⁻⁶ 、10 ⁻⁵ 、 10 ⁻⁴ mol/L (<i>in vitro</i>)	10 ⁻⁴ mol/L	—	影響なし

—：作用量が設定できない。

8. 急性毒性試験

(1) 急性毒性試験(経口/経皮/吸入：ラット及びマウス)

SD ラット及び ICR マウスを用いた急性経口毒性試験、SD ラットを用いた急性経皮毒性試験及び急性吸入毒性試験が実施された。また、代謝物 B 及び K についてラットを用いた急性経口毒性試験が実施された。

オキサジアルギルの急性経口 LD₅₀はラット及びマウスの雌雄で 5000 mg/kg 体重超、経皮 LD₅₀はラットの雌雄で 2000 mg/kg 体重超、吸入 LC₅₀はラットの雌雄で 5.16 mg/L 超であった。(参照 20～23)

オキサジアルギルの代謝物 B 及び K の急性経口 LD₅₀はいずれもラットの雌雄で 2000 mg/kg 体重超であった。(参照 24、25)

(2) 急性神経毒性試験(ラット)

SD ラット(一群雌雄各 10 匹)を用いた強制経口投与(原体：0、200、1000 及び 2000 mg/kg 体重)による急性神経毒性試験が実施された。

いずれの用量においても神経毒性は認められなかった。

本試験での無毒性量は、雌雄とも 2000 mg/kg 体重であった。(参照 26)

9. 眼・皮膚に対する刺激性及び皮膚感作性試験

NZW ウサギを用いた眼一次刺激性試験及び皮膚一次刺激性試験が実施された。眼に対して極めて軽度の刺激性が認められ、皮膚に対する刺激性は認められなかった。(参照 27、28)

Hartley モルモットを用いた皮膚感作性試験(Maximization 法)が実施され、軽度の皮膚感作性が認められた。(参照 29)

10. 亜急性毒性試験

(1) 90日間亜急性毒性試験(ラット)

Fischer ラット(一群雌雄各 10 匹)を用いた混餌(原体：0、80、200、6000 及び 20000 ppm：平均検体摂取量は表 6 参照)投与による 90 日間亜急性毒性試験が実施された。

表 6 ラット 90 日間亜急性毒性試験の平均検体摂取量

投与群		80 ppm	200 ppm	6000 ppm	20000 ppm
平均検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	5.36	13.5	412	1360
	雌	6.09	15.5	474	1590

各投与群で認められた毒性所見は表 7 に示されている。

本試験において、200 ppm 以上投与群雌雄で T4 の増加が認められたため、無毒性量は雌雄とも 80 ppm(雄：5.36 mg/kg 体重/日、雌：6.09 mg/kg 体重/日)であると考えられた。(参照 31、60)

表 7 ラット 90 日間亜急性毒性試験で認められた毒性所見

投与群	雄	雌
20000 ppm	<ul style="list-style-type: none"> ・ 褐色尿 ・ 体重増加抑制 ・ 甲状腺比重量¹増加、胸腺絶対重量減少 ・ 甲状腺びまん性過形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 褐色尿 ・ 脾比重量増加 ・ 甲状腺びまん性過形成
6000 ppm 以上	<ul style="list-style-type: none"> ・ T.Chol、TP 及び Alb の増加 ・ T3 の増加、TSH 増加 ・ 肝及び腎比重量増加 ・ 肝肥大及び暗色化、腎暗色化 ・ 小葉中心性肝細胞肥大 	<ul style="list-style-type: none"> ・ T.Chol、TP 及び Alb の増加 ・ TSH 増加 ・ 肝及び腎比重量増加 ・ 肝肥大及び暗色化、腎暗色化 ・ 小葉中心性肝細胞肥大
200 ppm 以上	<ul style="list-style-type: none"> ・ T4 の増加¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ T4 の増加
80 ppm	毒性所見なし	毒性所見なし

¹⁾：ただし、20000 ppm 投与群雄では減少。

(2) 90日間亜急性毒性試験(マウス)

ICR マウス(一群雌雄各 10 匹)を用いた混餌(原体：0、200、2000 及び 7000 ppm：平均検体摂取量は表 8 参照)投与による 90 日間亜急性毒性試験が実施された。

¹⁾：体重比重量を比重量とする(以下同じ)。

表 8 マウス 90 日間亜急性毒性試験の平均検体摂取量

投与群		200 ppm	2000 ppm	7000 ppm
平均検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	29.1	290	1050
	雌	37.0	363	1310

各投与群で認められた主な毒性所見は表 9 に示されている。

7000 ppm 投与群雌及び 2000 ppm 以上投与群の雄でみられた肝の褐色色素沈着については、ビリルビン、胆汁色素、リポフスチン及びポルフィリンそれぞれを同定する染色法では同定できなかった。しかし、マウスの肝臓へのポルフィリン沈着の可能性を検討するために別途実施した試験(ICR マウスを用いた 28 日間メカニズム試験、14.(7))において、ポルフィリンの沈着が強く示唆された。

本試験において、200 ppm 以上投与群の雄で小葉中心性肝細胞肥大が、2000 ppm 以上投与群の雌で肝比重量増加及び小葉中心性肝細胞肥大が認められたので、無毒性量は雌で 200 ppm(37.0 mg/kg 体重/日)であると考えられた。雄では無毒性量は設定できなかった。(参照 30、60)

表 9 マウス 90 日間亜急性毒性試験で認められた毒性所見

投与群	雄	雌
7000 ppm	・ T.Chol 及び ALT の増加	・ 肝細胞内、毛細胆管、類洞、類洞内のマクロファージ褐色色素沈着
2000 ppm 以上	・ 肝比重量増加 ・ 肝細胞内、毛細胆管、類洞、類洞内のマクロファージに褐色色素沈着	・ 肝比重量増加 ・ 小葉中心性肝細胞肥大
200 ppm 以上	・ 小葉中心性肝細胞肥大	200 ppm において毒性所見なし

(3) 28 日間亜急性毒性試験(イヌ)

ビーグル犬(一群雌雄各 2 匹)を用いた混餌(原体 : 0、30、300 及び 3000 ppm : 平均検体摂取量は表 10 参照)投与による 28 日間亜急性毒性試験が実施された。

表 10 イヌ 28 日間亜急性毒性試験の平均検体摂取量

投与群		30 ppm	300 ppm	3000 ppm
平均検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	1.1	10.7	92.5
	雌	1.1	10.4	69.3

3000 ppm 投与群雌雄において、体重増加抑制、摂餌量の低下、ALT、AST 及び ALP の増加、胸腺及び腎比重量の増加、肝の暗褐色色素の沈着及び胆嚢の黒色結晶の沈着が、3000 ppm 投与群雌において肝比重量の増加が認められた。

本試験において、3000 ppm 投与群雌雄で体重増加抑制及び摂餌量低下等が認められたので、無毒性量は雌雄とも 300 ppm(雄 : 10.7 mg/kg 体重/日、雌 : 10.4 mg/kg 体重/日)で

あると考えられた。(参照 32)

(4) 21 日間亜急性経皮毒性試験(ウサギ)

NZW ウサギ(一群雌雄各 5 匹)を用いた経皮投与(原体:100、500 及び 1000 mg/kg 体重/日)による 21 日間亜急性経皮毒性試験が実施された。

投与方法は動物体幹背部の 12×14 cm を刈毛し、0.9%生理食塩水で湿らせた 10×12 cm のガーゼに検体を広げ貼り付けた。暴露は 1 日 6 時間、週 5 日間で 3 週間実施した。

いずれの投与群においても投与の影響は認められなかった。

本試験での無毒性量は雌雄とも 1000 mg/kg 体重/日であると考えられた。(参照 33)

(5) 90 日間亜急性神経毒性試験(ラット)

SD ラット(一群雌雄各 10 匹)を用いた混餌(原体:0、50、500 及び 5000 ppm:平均検体摂取量は表 11 参照)投与による 90 日間亜急性神経毒性試験が実施された。

5000 ppm 投与群雄については、7 匹の動物で死亡の約 2 日前から嗜眠、肛門周囲の汚れ、排便量の減少及び不規則歩行が見られ、投与 63~70 日後に死亡または切迫と殺し、投与 72 日後に残りの 3 匹もと殺した。

表 11 ラット 90 日間亜急性神経毒性試験の平均検体摂取量

投与群		50 ppm	500 ppm	5000 ppm
平均検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	3.4	33.7	352
	雌	4.1	40.7	399

5000 ppm 投与群の雄 7 例が投与 63~70 日後に死亡した。

5000 ppm 投与群の雌雄及び 500 ppm 投与群雄に体重増加抑制がみられた。

5000 ppm 投与群の雄 1 匹の膀胱に淡赤色の液体が観察され、同群における血尿の臨床所見と一致した。

本試験において、500 ppm 以上投与群の雄及び 5000 ppm 投与群の雌で体重増加抑制が認められたので、無毒性量は雄で 50 ppm(3.4 mg/kg 体重/日)、雌で 500 ppm(40.7 mg/kg 体重/日)であると考えられた。神経毒性は認められなかった。(参照 34)

1.1. 慢性毒性試験及び発がん性試験

(1) 1 年間慢性毒性試験(イヌ)

ビーグル犬(一群雌雄各 5 匹)を用いた混餌(原体:0、1、3 及び 10 mg/kg 体重/日)投与による 1 年間慢性毒性試験が実施された。

各投与群で認められた毒性所見は表 12 に示されている。

褐色色素沈着の大部分は、偏光顕微鏡を用いた観察により、ポルフィリンであることが示唆された。対照群を含む全動物の小葉中心性の肝細胞にリポフスチンが観察されたが、10 mg/kg 体重/日投与群では「顕著」に分類される所見が多く、次いで 3 mg/kg 体重/日にみられた。脾臓リンパ節に色素沈着したマクロファージが 10 及び 3 mg/kg 体重/日投与群にみられたが、主要な褐色色素はポルフィリンであることが示唆された。

本試験において、3 mg/kg 体重/日以上投与群の雌雄において肝毛細胆管内及びクッパー細胞色素沈着、肝小葉中心性色素沈着等が認められたので、無毒性量は雌雄とも 1 mg/kg 体重/日であると考えられた。(参照 35、60)

表 12 イヌ 1 年間慢性毒性試験で認められた毒性所見

投与群	雄	雌
10 mg/kg 体重/日	<ul style="list-style-type: none"> • GGT 減少、ALP 及び AST 増加 • T.Chol 減少 • 尿中 PBG 量及び濃度の増加 • 肝絶対重量増加 • 膵臓暗色化 • 胆嚢中暗色粘性物質/膿様物質 • 胆嚢内石灰沈着、肝マクロファージ色素沈着を伴う小葉間線維症、膵臓リンパ節マクロファージ色素沈着 	<ul style="list-style-type: none"> • GGT 減少、ALP 及び AST 増加 • 尿中 PBG 量及び濃度の増加 • 胆嚢中暗色粘性物質/膿様物質 • 胆嚢内石灰沈着、肝マクロファージ色素沈着を伴う小葉間線維症、膵臓リンパ節マクロファージ色素沈着
3 mg/kg 体重/日以上	<ul style="list-style-type: none"> • APTT 短縮 • ALT 増加 • 肝及び膵臓リンパ節の暗色化 • 肝毛細胆管内及びクッパー細胞色素沈着、肝小葉中心性色素沈着、肝マクロファージ色素貧食 	<ul style="list-style-type: none"> • APTT 短縮 • ALT 増加 • 膵臓リンパ節の暗色化 • 肝毛細胆管内及びクッパー細胞色素沈着、肝小葉中心性色素沈着、肝マクロファージ色素貧食
1 mg/kg 体重/日	毒性所見なし	毒性所見なし

(2) 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験(ラット)

Fischer ラット(慢性毒性試験群：一群雌雄各 20 匹、発がん性試験群：一群雌雄各 50 匹)を用いた混餌(原体：0、20、50、500 及び 5000 ppm：平均検体摂取量は表 13 参照)投与による 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験が実施された。慢性毒性試験の最高用量群については、10000 ppm で試験を開始したが、最大耐量を超えていると判断されたため、10 週目以降、5000 ppm に変更した。また、発がん性試験の最高用量群については、65 週目以降の試験を中止した。

表 13 ラット 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験の平均検体摂取量

投与群		20 ppm	50 ppm	500 ppm	5000 ppm
平均検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	0.8	2.1	21.5	314
	雌	1.0	2.5	25.0	344

各投与群で認められた毒性所見は表 14 に示されている。

腫瘍性病変については、対照群と比べて統計学的有意差の認められたものはなかった。
 本試験において、50 ppm 以上投与群の雄で肝細胞色素沈着、500 ppm 以上投与群の雌で体重増加抑制、肝細胞色素沈着等が認められたので、無毒性量は雄で 20 ppm(0.8 mg/kg 体重/日)、雌で 50 ppm(2.5 mg/kg 体重/日)であると考えられた。発がん性は認められなかった。(参照 36、60)

表 14 ラット 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験で認められた毒性所見

投与群	雄	雌
5000 ppm ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> 皮膚のチアノーゼ 体重増加抑制 摂餌量低下 α-2 及びβグロブリン増加を伴った血漿 TP 増加、A/G 比低下、Lym、Neu、WBC 及び PLT 増加 ALT 及び AST 増加、GGT 増加、ALP 増加、血漿 TG 減少、TSH 濃度増加、血漿尿素の増加 尿中 PBG 濃度増加 脳、副腎、心、肺、脾及び精巣比重量増加 肝表面粗造 慢性腎症、肝臓クッパー細胞色素沈着、胸骨及び大腿骨骨髓褐色色素沈着、下顎及び腸間膜リンパ節マクロファージ色素沈着、精巣マクロファージ色素沈着 	<ul style="list-style-type: none"> 摂餌量低下 α-2 及びβグロブリン増加を伴った血漿 TP 増加、Lym、Neu、WBC 及び PLT 増加 GGT 増加、ALP 増加、血漿 TG 減少、TSH 濃度増加、血漿尿素の増加、血中 T.Chol 増加 暗黄色尿、尿中 PBG 濃度増加 脳、副腎、心、肺、脾及び腎比重量増加 慢性腎症、肝臓クッパー細胞色素沈着、小葉中心性肝細胞肥大、胸骨及び大腿骨骨髓褐色色素沈着、腸間膜リンパ節マクロファージ色素沈着
500 ppm 以上 ²⁾	<ul style="list-style-type: none"> Ht、Hb、MCH、MCV 及び MCHC 減少 血中 T.Chol 増加 尿中 TP 濃度増加 肝、腎及び甲状腺比重量増加 顆粒腎、腎皮質嚢胞 腎尿細管褐色色素沈着、小葉中心性肝細胞肥大、胃角化亢進 	<ul style="list-style-type: none"> 体重増加抑制 Ht、Hb、MCH、MCV 及び MCHC 減少 尿中 TP 濃度増加 肝及び腎比重量増加 肝細胞色素沈着 腎尿細管褐色色素沈着
50 ppm 以上	<ul style="list-style-type: none"> 肝細胞色素沈着 	50 ppm 以下毒性所見なし
20 ppm	毒性所見なし	

¹⁾: 慢性毒性試験群のみ ²⁾: 発がん性試験群にあつては 500 ppm 投与群

(3) 18 カ月間発がん性試験(マウス)

ICR マウス(主群：一群雌雄各 52 匹、衛星群：一群雌雄各 16 匹)を用いた混餌(原体：0、20、200 及び 2000 ppm：平均検体摂取量は表 15 参照)投与による 18 カ月間発がん性試験が実施された。

表 15 マウス 18 カ月間発がん性試験の平均検体摂取量

投与群		20 ppm	200 ppm	2000 ppm
検体摂取量 (mg/kg 体重/日)	雄	2.6	24.3	251
	雌	3.1	30.8	305

2000 ppm 投与群の雌で死亡率が増加した。

各投与群で認められた毒性所見(非腫瘍性病変)は表 16 に示されている。

2000 ppm 投与群の雌雄で、盲腸、十二指腸、回腸、空腸、腎臓、上皮小体、甲状腺、子宮、副腎、結腸、下顎リンパ節、脾臓及び胃にアミロイド症がみられた。

20 ppm 投与群で認められた肝クッパー細胞色素沈着は、発生頻度及び強度が背景データの範囲内であり、他の関連所見がないことから毒性学的意義があるとは考えられなかった。

肝細胞腺腫及び肝細胞癌については、そのメカニズムを検討するために肝毒性試験及び肝細胞初代培養における酸化ストレス試験が実施された(「14. その他の毒性試験」参照)。その結果、PB と比較すると弱いものの酵素誘導活性が認められたことや、肝細胞の酸化ストレス亢進がないものと考えられたことに加え、遺伝毒性試験の結果よりオキサジアルギルに遺伝毒性はないものと判断されたことから、オキサジアルギルの肝臓に対する発がん性は遺伝毒性メカニズムではないと考えられた。

本試験において、200 ppm 以上投与群の雌雄において肝クッパー細胞色素沈着等が認められたので、無毒性量は雌雄とも 20 ppm(雄：2.6 mg/kg 体重/日、雌：3.1 mg/kg 体重/日)であると考えられた。(参照 37、60)

表 16 マウス 18 カ月間発がん性試験で認められた毒性所見(非腫瘍性病変)

投与群	雄	雌
2000 ppm	<ul style="list-style-type: none"> ・ T.Chol 増加、Alb 減少 ・ 血中 ALT 及び AST 増加 ・ 尿中 PBG 濃度及び総排泄量の増加 ・ 腎及び肝比重量増加 ・ 肝蒼白化域/巣、腫瘤、腸間膜リンパ節大型化 ・ 腎皮質尿管細胞質色素沈着、胆嚢内ポルフィリン結晶、アミロイド症、肝大型マクロファージ色素沈着、肝小葉中心性毛細管色素沈着、肝多中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 死亡率増加 ・ 体重増加抑制 ・ PLT 増加 ・ T.Chol 増加、Alb 減少 ・ 皮膚蒼白化、腹部膨満 ・ 胆嚢内ポルフィリン結晶、アミロイド症、肝大型マクロファージ色素沈着、肝毛細胆管色素沈着(小葉周辺性)