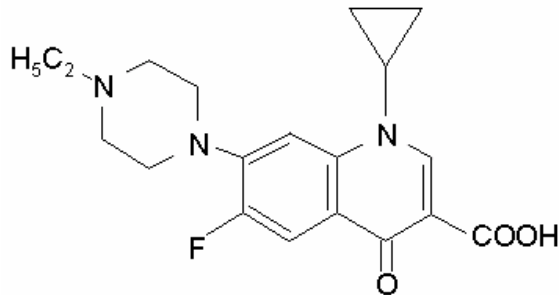


エンロフロキサシンの食品健康影響評価について(案)

1. 薬剤の概要

(1)物質名 (資料番号 : 66)

エンロフロキサシン(Enrofloxacin)



分子式 : $C_{19}H_{22}FN_3O_3$

分子量 : 359.40

常温における性状 : 淡黄色～黄色の結晶性粉末

融点 : 約 222°C (分解)

溶解度 : 溶解性 クロロホルムに溶けやすく、メタノール、アセトンに溶けにくく、水、エーテルにほとんど溶けない。

蒸気圧 : nonvolatile

(2) 効能・効果

エンロフロキサシンはニューキノロン^a剤に属し、グラム陰性菌に加え、多くのグラム陽性菌に対しても有効である。作用は殺菌的であり、細菌のⅡ型トポイソメラーゼ^bであるDNAジャイレース、あるいはトポイソメラーゼⅣに作用しDNA複製を阻害するものと考えられている(グッドマンギルマン薬理学)。

(3) その他

エンロフロキサシンを主剤とする動物用医薬品は、国内では鶏の呼吸器性マイコプラズマ病、大腸菌症、牛の肺炎、大腸菌性下痢症、豚の胸膜肺炎、大腸菌性下痢症を対象に使用されている。欧州、米国等においも広く使用されているが、米国においては鶏への適用を取りやめる動きがある。また、代謝物である ciprofloxacin は抗菌活性を有し、ヒト臨床において使用されている。

2. 毒性試験の概要

2-1.吸収・分布・代謝・排泄

【ラットにおける投与試験】

Wistar系雄ラット(各 4 匹/群)に¹⁴C標識エンロフロキサシン(5mg/kg)を単回強制経口投与あるいは静脈内投与し、最長 48 時間までの血液を経時的に採取した。T_{max}(はいずれも投与直後(0.5 時間)に認められ、C_{max}

^a ノルフロキサシン以降に合成された塩基性環の 6 位にフッ素、7 位に環状塩基性基を有するキノロン薬を総称して言う。

^b DNA鎖に一時的な切れ目を導入し、閉環DNAの超らせんの程度の調節や連環状二量体の形成・解除に作用する。

は経口投与で 570ng-eq./mL、静脈内投与で 1448ng-eq./mL、 $T_{1/2}$ (β 相)はそれぞれ 11.7 と 7.9 時間、AUCは 2941.8 と 3824.3 ng·h/mLで生物学的利用率は 75.3%であった。また、単回強制経口投与後 24 時間までの胆汁中からは約 40%が回収された。

Wistar系雄ラット(各 3 匹/群)に ^{14}C 標識エンロフロキサシン(5mg/kg)を単回強制経口投与し、2, 4, 8, 24, 36, 48 時間後の肝臓、腎臓、筋肉、脂肪中の放射活性が測定されている。放射活性は各組織とも投与 2 時間後に最高濃度に達し、その時の濃度は順に 1.85、1.14、0.52、0.02ppmであった。その後の消失は速やかであり、投与後 48 時間ではすべて 0.01ppm以下となった。

6 時間後までの胆汁中の主要な代謝物は未変化体で 73.6%を占め、極性代謝物が 9.8%、シプロフロキサシンが 4.6%、その他 5 種類の未同定代謝物が検出された。尿中からは未変化体が 30.3%、シプロフロキサシンが 33.8%、極性代謝物が 24.7%検出された。(資料番号 : 32)

Wistar系ラットに ^{14}C 標識エンロフロキサシン 165mg/kg体重/日を 3 日間、50mg/kg体重/日を 4 日間連続で強制経口投与し、6 日目の投与後 24 時間までの尿について代謝物の同定が実施されている。主要な化合物として未変化体が雌 36.2%、雄 30.5%、極性代謝物が雌 31.2%、雄 26.0%、シプロフロキサシンが雌 19.0%、雄 28.9%検出された。(資料番号 : 33)

未同定の極性代謝物についてさらに詳細な検討が実施されたところ、この代謝物はエンロフロキサシンのグルクロン酸抱合体であることが示唆された。(資料番号 : 34)

【ウシにおける投与試験】

3 日～約 8 週齢のウシ(フリージアン種)にエンロフロキサシン 2.5 mg/kg を静脈内(6 頭)、皮下(10 頭)あるいは経口(各 4 頭)経路で単回投与し、*E. coli* を検定菌としたバイオアッセイ法により最長 24 時間までの血清中濃度が検討された。

静脈投与における T_{\max} は投与直後(0.5 時間)で C_{\max} は $1.8 \pm 0.3 \mu\text{g/mL}$ 、 $T_{1/2}$ (β 相)は 5.4 ± 0.9 時間で、24 時間後の平均血清中濃度は $0.06 \mu\text{g/mL}$ であった。皮下投与の T_{\max} は投与後 1～2 時間(1.7 ± 0.48)に認められ、 C_{\max} は $1.1 \pm 0.24 \mu\text{g/mL}$ で、2 時間後以降は静脈投与と同様に推移した。経口投与はミルク媒体と直接投与の 2 試験が実施され、 T_{\max} はそれぞれ 4-6 時間、1 時間、 C_{\max} は $0.9 \pm 0.23 \mu\text{g/mL}$ 、 $1.5 \pm 0.45 \mu\text{g/mL}$ 、であった。24 時間後の血清中濃度はそれぞれ 0.3 ± 0.19 、 $0.2 \pm 0.22 \mu\text{g/mL}$ であった。

また、各群 6 頭のウシに 2.5 あるいは 5mg/kg体重を皮下投与後 24 時間間隔でさらに 2 回経口投与し、1、2、4、6、24 時間後の血液がそれぞれ採取された。 T_{\max} は投与量にかかわらず皮下投与で 2 時間、経口投与で 6 時間、 C_{\max} は 2.5 mg 投与群の皮下投与で $1.5 \pm 0.47 \mu\text{g/mL}$ 、経口投与は 2 回ともに $1.1 \pm 0.3 \mu\text{g/mL}$ 、5.0mg 投与群の皮下投与で $2.2 \pm 0.21 \mu\text{g/mL}$ 、1 回経口投与後で $1.8 \pm 0.3 \mu\text{g/mL}$ 、2 回経口投与後で $1.9 \pm 0.59 \mu\text{g/mL}$ で、蓄積性は認められなかった。

さらに、各群 6 頭のウシを用いて 2.5mg/kg 体重を単回筋肉内投与後 1、4、12 時間の血清、胆汁、尿及び各組織中濃度が検討された。投与 1 及び 4 時間後に血清中より高濃度の抗菌活性が検出されたのは、肺、腎臓、肝臓、脾臓、心臓、リンパ節、腸管壁で、特に腎臓と肝臓で約 3～4 倍の濃度であった。4 時間後で最高値となった尿を除き組織中濃度は経時的に減少していた。(資料番号 : 35)

3～4 週齢の仔ウシに ^{14}C 標識エンロフロキサシン 5mg/kg体重/日を 7 日間強制経口投与し、最終投与後 12 あるいは 72 時間における肝臓、腎臓、筋肉及び脂肪中の代謝物の同定が実施されている。主要な化合物は未変化体とシプロフロキサシンで、肝臓でシプロフロキサシンが 51.1%、未変化体が 30.9%、腎臓でそれぞれ 45.3%、37.4%、筋肉で 44.4%、51.5%、脂肪で 37.3%、49.9%検出された。検出濃度は経時的に減少したが、肝臓で最も高濃度であった。(資料番号 : 46)

【ブタにおける投与試験】

ブタ(ジャーマンランドレース種)にエンロフロキサシン 2.5 mg/kg を筋肉内(18 頭)または経口(17 頭)経路で単回投与し、*E. coli* を検定菌としたバイオアッセイ法により最長 24 時間までの血清中濃度が検討された。

T_{max} は筋肉内投与で 1 時間(1.3±0.49)、経口投与で 2 時間(2.3±1.0)、 C_{max} はそれぞれ 0.8±0.12、0.6±0.19µg/mL、 $T_{1/2}$ は 5.8±1.2 時間、6.8±2.9 時間であった。24 時間後の濃度はそれぞれ 0.05、0.06µg/mL となった。

2.5mg/kg 体重を単回筋肉内投与後 1、2、4、6、8、12 時間の血清、胆汁、尿及び各組織中濃度が検討された。一般に組織中濃度は血清中より高濃度で、尿を除き 1 あるいは 2 時間後に最も高濃度を示した。投与後 2 時間目以降は、6 時間後で最高値となった尿を除き組織中濃度は経時的に減少していた。(資料番号：35)

ブタに¹⁴C標識エンロフロキサシン 5mg/kg体重/日を 7 日間強制経口投与し、最終投与後 12 あるいは 72 時間における肝臓、腎臓、筋肉及び脂肪中の代謝物の同定が実施されている。主要な化合物は未変化体とシプロフロキサシンで、あわせて 78~98%を占め、そのほとんどは未変化体であった。検出濃度は経時的に減少したが、肝臓で最も高濃度であった。(資料番号：50)

【イヌにおける投与試験】

ビーグル犬にエンロフロキサシン 2.5 mg/kg 体重および 5.0 mg/kg 体重を単回皮下投与(各 6 頭)、または 5.0 mg/kg 体重(15頭)を単回経口投与し、*E. coli* を検定菌としたバイオアッセイ法により最長24時間までの血清中濃度が検討された。

T_{max} は皮下投与で 0.8±0.3 時間、経口投与で 2.6±1.2 時間、 C_{max} は皮下投与の 2.5mg投与群で 1.0±0.39µg/mL、5.0mg投与群で 1.0±0.39µg/mL、経口投与で 1.2±0.47µg/mL、 $T_{1/2}$ は皮下投与で 4.3±1.6 時間、経口投与で 2.3±0.7 時間であった。24 時間後の血清中濃度は皮下投与では用量順に 0.03±0.03、0.03±0.02µg/mL、経口投与では検出限界未満であった。

5.0 mg を単回経口投与した 1 時間後の血清、胆汁、尿及び各組織中濃度は、ほとんどの臓器で血清中より高濃度であった。(資料番号：35)

【鶏における投与試験】

3~6 週齢の雄ブロイラー(各群 18 羽)にエンロフロキサシン 2.5、10 mg/kg 体重を単回皮下投与、または 2.5、5.0、10 mg/kg を単回経口投与し、*E. coli* を検定菌としたバイオアッセイ法により最長 24 時間までの血清中濃度が検討された。

経口投与後の T_{max} は投与後 1~2 時間で、 C_{max} は 2.5 mg投与群で 0.5µg/mL、5.0 mg投与群で 0.6µg/mL、10mg投与群で 1.4µg/mL、 $T_{1/2}$ は 2~4 時間(2.0~3.5±0.4 時間)であった。皮下投与後の T_{max} は 0.5~1 時間で、 C_{max} は 2.5 mg投与群で 0.4µg/mL、10 mg投与群で 1.9µg/mL、 $T_{1/2}$ は 2~6 時間であった。24 時間後の血清中の抗菌活性は 10mg投与量群でのみわずかに検出された。

2.5mg/kg 体重の単回経口投与において、血清及び組織中濃度は 1 時間に最高値となり、経時的に減少して 24 時間後には検出限界未満となった。10mg/kg 体重の単回経口投与では、血清及び組織中濃度は約 2 時間で最高値となり、その後は経時的に減少した。24 時間後では肝臓が最も高く 0.1µg/g であった。

また、エンロフロキサシン 25、50、100ppm を含む水あるいは 50、200ppmを含む飼料を 14 日間自由

摂取させ、2、7、14 日目に血液を採取^cし、血清中の抗菌活性が検討された。飲水投与における血清中濃度は 25ppm 投与群で 0.3-0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、50ppm 投与群で 0.6-0.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、100ppm 投与群で 1.1-1.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、50 ppm、200 ppm 混餌投与における血清中濃度は 25ppm、100ppm の飲水投与とほぼ同等であった。試験期間中を通じて血清中濃度はほぼ同等であった。(資料番号：35)

6~7 週齢の鶏に対してエンロフロキサシン 5mg/kg 体重を静脈内あるいは経口経路で単回投与したときの $T_{1/2}$ はそれぞれ 18.7、14.9 時間と報告されている。AUC の比較から求められた生物学的利用能率は 84.5% であった。(資料番号：36)

30 日齢の鶏に対して¹⁴C 標識エンロフロキサシン 12mg/kg 体重/日を 7 及び 10 日間経口投与し、最終投与 6 時間後の肝臓、筋肉、皮における残留物が検討されている。いずれの組織においても主要残留物はエンロフロキサシンで 65.7、78.5、49.7% を占めた。また、シプロフロキサシンがそれぞれ 13.3%、3.1%、4.1% 検出された。その他の代謝物は微量であったが、皮については未同定の 1 代謝物が 7.6% 検出された。(資料番号：38,39)

2-2. 毒性試験

(1) 急性毒性試験 (資料番号：1、2、3、4)

経口投与による LD_{50} は Bor:CFW1 マウスの雄で 5000 mg/kg 体重以上、雌で 4336 mg/kg 体重、Wistar 系ラットの雌雄で 5000mg/kg 以上、ウサギ(大型チンチラ種)の雌雄で 500-800mg/kg であった。イヌ(ビーグル)では被験物質を嘔吐したため LD_{50} の算出は不可能であった。静脈内投与による LD_{50} は CFW1 マウスの雄で 225 mg/kg 体重、雌で 220 mg/kg 体重であった(資料番号：1)。

また別の試験においては、経口投与による LD_{50} は ICR 系マウスの雌雄、Wistar 系ラットの雌雄とも 5000mg/kg 以上、筋肉内投与では CD-1 マウスの雌雄、Wistar 系ラットの雌雄とも 1000mg/kg 以上、静脈内投与では CD-1 マウスの雄で 136.0 mg/kg 体重、雌で 143.9 mg/kg 体重、Wistar 系ラットの雄で 233.2 mg/kg 体重、雌で 210.0 mg/kg 体重であった。(資料番号：2)。

皮下投与では、CD-1 マウスの雌雄、Wistar 系ラットの雌雄とも 3000 mg/kg 以上であった(資料番号：3、4)。

(2) 亜急性毒性試験

【ラットを用いた 4 週間亜急性毒性試験】 (資料番号：6)

6 週齢の Wistar 系ラットを用いた皮下(0、5、40、300 mg/kg/日)投与における 4 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。各群の動物数は 0、300 mg 投与群では雌雄各 16 匹、5、40 mg 投与群では雌雄各 10 匹で、このうち 0、300 mg 投与群の雌雄各 6 匹は、投与終了後 4 週(28 日)間休薬する回復群にあてた。なお、300mg 投与群の雄の 3 匹が試験期間中に死亡した。

一般的な臨床症状観察では、40mg 以上投与群の雄及び 300mg 投与群の雌で投与部位に皮膚の膨隆を伴う硬結が認められた。300mg 投与群では投与の反復につれその数、硬度が増し、投薬期間後半では背部全体が膨隆する重度の変化が認められ、皮膚の一部が潰瘍化する例もあった。また、300mg 投与群の雄では、20 日目頃から全身筋肉の緊張度低下を伴って行動が緩慢になり、眼は退色傾向を示した。休薬開始後は、投与部位の変化は経過につれて軽減消退し、行動や眼の変化もみられなくなった。

体重変化では、300 mg 投与群において雄で低値、雌で高値が認められた。休薬開始後は雌雄とも対照群と比較して有意差は認められなくなった。

^c 午前 8 時から午後 5 時にかけて 1 時間毎に血液を採取しプールしたもの。

摂餌量では各投与群において有意差は認められなかった。

眼科的検査(検眼鏡)においては、投与終了時、休薬後ともに異常は認められなかった。

尿検査では、300 mg 投与群において雌雄に比重の増加、雄にケトン体、リン酸マグネシウムアンモニウム結晶の増加が認められた。休薬期間終了時では雌雄ともこのような変化はみられなかった。休薬終了時の300 mg 投与群において尿中精子数が対照群に比べて多い傾向が認められた。

血液学的検査は投与終了時及び休薬期間終了時の2回のみ実施されている。5 mg 投与群の雌に血小板数の増加が認められたが、用量相関性が無く、皮下投与による出血に伴う影響と考えられた。40 mg 以上投与群の雌雄に主に好中球、リンパ球の増加に伴う白血球数ならびに血小板数の増加、雄に Hb、Ht の減少が認められ、さらに300 mg 投与群では雌雄で網状赤血球の増加を伴う赤血球数の減少、雄で MCV、MCH の減少が認められた。これらの変化はいずれも休薬終了時には雌雄とも回復した。なお、休薬終了時における300 mg 投与群のリンパ球、白血球数は対照群を下回った。

血液生化学的検査は投与終了時及び休薬期間終了時の2回のみ実施されている。40 mg 以上投与群の雌雄でアルブミン量の減少が認められ、これに伴って40mg 以上投与群の雄及び300mg 投与群の雌で総たん白質量、A/G 比が低下していた。雄で塩素、雌でナトリウムの低値が認められた。また300mg 投与群の雌雄で GPT 活性、カルシウム、ナトリウム及び塩素の減少、AP、TG の増加、雄で Tcho、BUN の減少、無機リンの増加、雌でカリウムの増加が認められた。休薬期間終了時では300 mg 投与群雄の GPT 及びカルシウムの減少が認められた以外は回復した。

臓器重量では、40mg 以上投与群の雄及び300mg 投与群の雌で脾臓の相対及び絶対重量の増加が認められた。300mg 投与群の雌雄で肺重量の増加、雄で唾液腺、胸腺重量の減少、雌で肝重量の増加、子宮重量の減少が認められた。

剖検では、40 mg 以上投与群の雌雄において投与部皮下に出血点、遺残被験物質及び浸出液を含む肉芽嚢が高頻度で、雄で脾臓の腫大が40mg で1/10、300mg では全個体で認められた。その程度は300mg 投与群でより強く、肉芽嚢は全ての個体で認められ、皮膚潰瘍を伴う例もあった。300mg 投与群の雌で脾臓の腫大が9/10で認められた。また、300 mg 投与群では盲腸の拡張が全ての個体で認められた。300mg 投与群の休薬期間終了時では雌で盲腸の拡張、投与部皮下の出血点が認められた。

病理組織学的検査では、**対照群および5mg群では投与部位に炎症が認められたものの軽度であった。40mg以上の群では投与部位の炎症性変化は増強し、中心部に被験物質を入れる肉芽嚢の形成がみられ、300mg群では重度であった。また投与部位における炎症の反応性変化として40mg以上投与群の雌雄に骨髓で顆粒球系細胞の過形成、脾臓で造血亢進が認められ、300mg投与群では雌雄で肝臓における顆粒球系細胞の造血が認められた。その他では、投与部皮下の局所反応の他には被験物質投与に起因した変化は認められなかった。**

本試験における NOAEL は 5mg/kg 体重/日であった。

【ラットを用いた13週間亜急性毒性試験】

42日齢のCD(SD)BR系ラット(雌雄各15匹/群)を用いた混餌(0、500、2000、7500ppm:雄36.5、150.0、577.5mg/kg体重/日、雌;45.0、182.0、690.0mg/kg体重/日)投与における13週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、試験期間中に500ppm投与群の1匹が死亡した。

一般的な臨床症状観察では特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。また眼検査(直接検眼鏡)にも異常は認められなかった。

体重変化では、7500ppm投与群の雌雄で体重増加量の減少と体重の低値が認められた。

摂餌量では、7500ppm 投与群の雌雄で飼料効率がやや低下していたが、その他に差は認められなかった。

血液学的検査は、6 週と 13 週時点の 2 回が実施されている。7500ppm 投与群の雌雄で Hb の低値、雌で Ht の低値が認められた。Ht の低値は 7500ppm 投与群の雄でも認められたが統計学的な有意差はなかった。6 週の 7500ppm 投与群の雌雄で血小板数の増加が認められた。13 週の 7500ppm 投与群の雌雄においても血小板数の増加が認められたが、統計学的に有意ではなかった。13 週の雄で MCV の低値が認められた。

血液生化学的検査は、6 週と 13 週時点の 2 回が実施されている。2000ppm 投与群の 13 週の雌及び 7500ppm 投与群の 6、13 週の雌雄で血清総たん白質の低値が認められた。これはグロブリンの低下に起因しており、7500ppm 投与群の雌雄で低値が認められ、雄では A/G 比も高値を示した。7500ppm 投与群の 6、13 週目の雄で AST の低値が認められ、6 週の雄の全投与群、13 週では雄の 7500ppm 投与群で ALT の低値が認められた。また、2000ppm 以上投与群の 6 週目の雄、7500ppm 投与群の 13 週目の雌雄で無機リンの高値、2000ppm 以上投与群で TBIL の低値が認められたが、13 週では認められなかった。

尿検査では 6 週目の 2000ppm 以上投与群の雄、13 週目の 2000ppm 以上投与群の雌でナトリウムの減少が認められた。

臓器重量では、2000ppm 以上投与群の雄で前立腺の相対及び絶対、雌で心臓の絶対重量の低値が認められた。2000ppm 投与群では雌の心臓の相対重量は低値であった。7500ppm 投与群の雄の心臓の絶対重量は高値を示した。7500ppm 投与群の雌雄で肝臓の絶対重量の低値が認められ、雌では統計学的に有意であった。また、雄で精巣の相対重量の高値、雌で脾臓の絶対及び相対重量の高値が認められた。なお、報告書においては、前立腺で認められた重量の低値について、対照群で前立腺炎が認められ、重量が増加したために有意差が認められたと考察されている。

剖検及び病理組織学的検査では、盲腸の拡張が 2000ppm 以上投与群の雄及び 7500ppm 投与群の雌で認められた。高用量群の雄の精巣上体及び精巣に病変が認められ、精巣上体管内及び精巣精細管内で精子集団の間に変性あるいは壊死過程の精子細胞が認められた。また、高用量群の 3 匹(3/30)に膝関節に軟骨変性、骨膜液増生、慢性滑液包炎が認められた。対照群を含めて耳介の腫脹が認められ、病理組織学的には耳介軟骨の異常(発生頻度は用量順に 1、1、6、10)と肉芽腫が認められた。(資料番号:7)

上記試験で精巣への影響が示唆されたため、さらに詳細な検討が実施された。37 日齢の雄 CD@BR 系ラット(45 匹/群)を用いた混餌(0、125、500、7500ppm:9.9、38.0、615.0mg/kg体重/日)投与における 13 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。対照群、125ppm 投与群、500ppm 投与群は各 2 群(15 匹/群)、7500ppm 投与群は 3 群(15 匹/群)を設定し、14 日目に 7500ppm 投与群の 1 群、91 日目に各用量 1 群を剖検し、残りの各 1 群は 181 日目まで無投薬で飼育し、回復が観察された。なお、試験期間中に 125ppm 投与群の 1 匹が死亡した。

一般的な臨床症状観察では特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

体重変化では、7500ppm 投与群で体重増加量の減少と体重の低値が認められた。これは回復期の後期には回復した。

摂餌量では、7500ppm 投与群で飼料効率がやや低下した。

臓器重量では、500ppm 投与群で精巣上体の絶対重量の低値、7500ppm 投与群で精巣上体の絶対及び相対重量の低値及び精巣の相対重量の高値が認められた。

剖検及び病理組織学的検査では、7500ppm 群の 14 日目の検査剖検で 10/15 に精巣内の異常精子が認め

られ、全例で精巢上体管中に異常精子の増加、壊死細胞、成熟精子の減少が認められた。91 日目の**検査剖検**で 7500ppm 投与群の全例で精細管と精巢上体管に、500ppm 投与群の 3 例で精巢上体管に異常精子が認められた。181 日目の**検査剖検**ではいずれのラットの精巢にも異常精子は認められなかった。**精巢の小型化**が 91 日目の剖検で、7500ppm 群の 1 例(片側)、~~ただし~~、181 日目の剖検では、500ppm 投与群の 1 例(片側) **精巢の矮小**、および 7500ppm 投与群の 2 例(両側)に**精巢の矮小**が認められ、**病理組織学的に**いずれも萎縮性の変化が認められた。(資料番号:8)

本試験における NOAEL は 9.9mg/kg 体重/日であった。

【イヌを用いた 13 週間亜急性毒性試験】

12～13 ヶ月齢のビーグル犬(雌雄各 4 頭/群)を用いた混餌投与(0、320、800、2000ppm; 雄 0、9.3、22、53mg/kg 体重/日、雌 0、8.9、23、51mg/kg 体重/日)による 13 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。

一般的な臨床症状観察では、嘔吐が全ての群で観察されたが、2000ppm 投与群で顕著であった。

体重変化では、800ppm 以上の投与群の雄及び 2000ppm 投与群の雌で試験の初期に体重減少が認められた。同時期においては飼料摂取量も減少していた。これらは試験期間中に回復した。

血液学的検査、尿検査、眼検査(直接検眼鏡)では、特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

血液生化学的検査では、試験の初期に 800ppm 以上投与群の雄でグロブリンの低値、A/G 比の高値、総たん白質の減少傾向が認められた。これらは、試験の進行に伴って回復もしくは回復傾向を示した。

臓器重量、剖検及び病理組織学的検査では、特に投与に起因した異常は認められなかった。(資料番号: 9)

【若齢イヌを用いた 13 週間亜急性毒性試験】

3 ヶ月齢のビーグル犬(雌雄各 4 頭/群)を用いた混餌投与(0、100、320、2500ppm; 0、3.0、9.6、75mg/kg 体重/日)による 13 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、成長に必要な栄養を補うため、全ての群に被験物質を含まない飼料が別途与えられた。

一般的な臨床症状観察では、初期に散発的な嘔吐、下痢が 100 及び 2500ppm 投与群で認められた。2500ppm 投与群の雌雄に活動低下(1/4、2/4)、前脚の手根関節の過伸展(2/4、2/4)が認められた。手根関節の異常は 2 週目には 2500ppm 投与群の全頭で認められるようになった。前脚の X 線検査が 2500ppm 投与群 3 頭、100 及び 320ppm 投与群各 2 頭、対照群 1 頭について実施されたが、2500ppm 投与群ではとう骨手根部再形成が認められた。

体重変化、摂餌量に特に被験物質の投与に起因した変化は認められなかった。

血液学的検査、血液生化学的検査は試験終了時のみ実施されているが、特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

尿検査では、2500ppm 投与群の尿中に結晶が認められた。尿沈渣からはエンロフロキサシン及びシプロフロキサシンが検出された。

眼検査(直接検眼鏡)で異常は認められなかった。

臓器重量では、対照群との比較で全投与群の精巢の相対及び絶対重量の増加が認められたが、投与群間での用量相関性、有意差はともに認められなかったが、。

剖検及び病理組織学的検査では、320ppm投与群の2頭(2/8)及び2500ppm投与群の7頭(7/8)で股関節、2500ppm投与群の全頭で後膝関節、雌1頭で肩関節に異常が認められた。320ppm投与群の1頭で大腿骨頭にびらん、2500ppm投与群の全例に股関節の大腿骨頭部及び/又は膝関節の大腿骨顆に表面上の混濁を伴う表面のびらんが認められた。また、精巣について所見のばらつきが認められ、大部分は成熟段階の違いによるものと考えられたが、対照群1頭、100ppm投与群2頭、~~2500~~20ppm投与群3頭で精原細胞の頂部の空胞状変化が認められ、100ppm及び2500ppm投与群の所見は正常範囲外とされていた。ただし、この所見は320ppm投与群では認められず、用量相関性は認められなかった。(資料番号:10)

3ヵ月齢の雄ビーグル犬(各4頭/群)を用いた混餌投与(0、10、20、40、3200ppm;0、0.3、0.6、1.2、92.1mg/kg体重/日)による13週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、成長に必要な栄養を補うため、全ての群に被験物質を含まない飼料が別途与えられた。試験期間中に死亡例はなかった。

一般的な臨床症状観察では、対照群を含め散発的に軟便/下痢、嘔吐が認められた。3200ppm投与群で活動低下、手根関節の過伸展、後肢の硬直が投与初期から認められ、幾分軽減したものの試験終了時まで継続して認められた。

体重変化では3200ppm投与群で3週頃まで体重増加の抑制が認められた。摂餌量では3200ppm投与群で5週まで低値が認められた。

眼検査(直接検眼鏡)では特に異常は認められなかった。

臓器重量では、精巣重量の変動幅は大きかったが、用量に相関した変動は認められず、成熟段階の差によるものと考えられた。

剖検では精巣及び精巣上体に特に異常は認められなかった。

病理組織学的検査では、**精巣の成熟段階の違いによるばらつきが大きかったが**、3200ppm投与群の1頭で両側性の精巣の**異常変性**が認められ、精細管に多核巨細胞と、**時に有糸分裂像を認める大きな細胞質及び核を有する大型容積をもち、中の細胞が認められた。対照群を含めた全ての投与群で単層の精原細胞で覆われ、しばしば空胞化を含む精細管が全群で認められ、巨大精母細胞が認められた。**(資料番号:11)

幼若時の暴露が成長後に影響を及ぼすかについて追加で検討が行われている。

3ヵ月齢の雄ビーグル犬(各4頭/群)を用いた混餌投与(0、10、40ppm;0、0.3、1.2mg/kg体重/日)による13週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、成長に必要な栄養を補うため、全ての群に被験物質を含まない飼料が69日までの間別途与えられた。全ての動物は13週間の投与期間終了後、さらに13週間休薬し、その後精巣及び精巣上体の病理組織学的検査を実施した。

一般的な臨床症状観察、体重変化、飼料摂取量、剖検及び病理組織学的検査では、いずれも特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

本試験におけるNOAELは1.2mg/kg体重/日であった(資料番号:12)。

(3)慢性毒性試験

【マウスを用いた2年間発がん性/慢性毒性併合試験】(資料番号:76)

B6C3F₁マウス(雌雄各60匹/群)を用いた混餌(0、1000、3300、10000ppm;雄0、323、1097、3526mg/kg体重/日、雌0、373、1206、3696mg/kg体重/日)投与による2年間の発がん性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。各群10匹は12ヵ月の時点で中間剖検された。また中間剖検用に雌雄各

10 匹/群について、各投与群に加え 20000ppm(雄 8031、雌 8007 mg/kg体重/日)が 12 ヶ月間混餌投与された。

一般的な臨床症状観察では、中間剖検された 20000ppm 投与群を含め特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。試験期間中の死亡率に差は認められなかった。

体重変化では、10000ppm 以下の投与群では雌雄でしばしば顕著な高値が認められた。20000ppm では対照群と差は認められなかった。

摂餌量、飲水量では、10000ppm 以下の投与群では差は認められなかった。20000ppm 投与群では雌で摂餌量がやや少なく、雄で飲水量がやや多かった。

血液学的、血液生化学的検査は 12 ヶ月と試験終了時の 2 時点で実施されている。

血液学的検査では、12 ヶ月の時点で雄の全投与群と雌の 3300ppm 以上投与群で MCV の低値が認められたが、試験終了時には雄の 3300ppm 以上投与群と雌の 10000ppm 投与群のみとなった。12 及び 24 ヶ月のいずれの時点でも雄の 3300ppm 以上投与群、雌の 10000ppm 以上投与群で MCH の低値が認められた。12 ヶ月時点で雄の 10000ppm 以上投与群、試験終了時で 3300ppm 以上投与群の雄及び 10000ppm 投与群の雌で白血球数の減少が認められた。また、10000ppm 以上投与群の雌雄で Hb、Ht の低下が 12 ヶ月及び又は試験終了時で認められた。その他いくつかの項目で散発的に有意差を示す項目が認められたが、毒性学的意義はないと考えられた。

血液生化学的検査では、12 ヶ月時点で 3300ppm 以上、試験終了時で 10000ppm 投与群の雌で AP の低値が認められた。ALT、AST には異常は認められなかった。12 ヶ月時点の雄の 20000ppm 投与群、雌の 3300ppm 以上投与群、試験終了時の雄の 10000ppm 投与群、雌の 3300ppm 以上投与群で総たん白質の減少が認められ、アルブミンの知見からグロブリンの低値によるものと考えられた。その他散発的に有意差のある項目が散見されたが毒性学的意味は無いと考えられた。

眼検査では 10000ppm 投与群の雌雄で局所的な混濁が認められたが、病理組織学的検査では異常は認められなかった。

臓器重量では雌の 20000ppm 投与群の腎臓で相対及び絶対重量の増加が認められた。他にも有意差のある項目が散見されたが、多くは体重差に起因するものであり、その他用量相関性や程度から毒性学的な意義のある変化とは認められなかった。

試験終了時の剖検では、雄の 1000ppm 以上投与群、雌の 3300ppm 以上投与群で盲腸の拡張が認められた。他には期間途中の剖検例も含め、特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

病理組織学的検査では、3300ppm 以上投与群の雄及び 10000ppm 投与群の雌で胆管過形成と胆嚢の局所的な粘膜乳頭状過形成が認められた。腫瘍の発生率については、投与群間で特に被験物質の投与に起因した有意差は認められなかった。

本試験において発がん性は認められなかった。また、盲腸の拡張を除いた NOAEL は 323mg/kg 体重/日であった。

【ラットを用いた 2 年間慢性毒性/発がん性併合試験】

Wistar(Bor:WISW)ラット(雌雄各 50 匹/群)を用いた混餌(0、770、2000、6000ppm ; 雄 0、41.0、103.4、337.6mg/kg 体重/日、雌 0、57.7、146.0、465.6mg/kg 体重/日)投与による 2 年間の発がん性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。また同時に中間剖検用に別途各用量について雌雄各 10 匹/群及びさらに 10000ppm(雄 855.5、雌 1001.4 mg/kg 体重/日)が設定され 12 ヶ月間混餌投与された。

群間比較では有意な生存率の変化は認められなかった。

体重変化では 6000ppm 以上投与群の雄及び 10000ppm 投与群の雌雄で体重増加量の減少が認められた

が、770、2000ppm 投与群の雄では増加していた。

飼料摂取量では 10000ppm 投与群の雌雄で、飲水量は 6000ppm 以上投与群の雌雄で増加が認められた。

血液学的検査は 6、12、18、24 カ月に実施されている。6 カ月の時点において、RBC、Hb、Ht、MCV の低値が認められ、6000ppm 以上投与群の雄の Ht、10000ppm 投与群の雄の RBC、雌雄の Hb、雌雄の Ht は背景対照をうわまわっていた。また、リンパ球数の減少も認められたがこれは抗生物質の場合、細菌が死滅することにより二次的によく認められる現象である。これらはいずれも 24 カ月時点では差は認められなかった。

血液生化学的検査は 6、12、18、24 カ月に実施されている。雄の全ての投与群で 24 カ月の 2000ppm 投与群を除き 6 カ月以降のいずれの時点においても総たん白質の有意な減少が認められた。雌では 6 カ月時点及び試験終了時に 2000ppm 以上投与群、12 カ月時点で 2000ppm 及び 10000ppm 投与群で減少が認められた。総たん白質の減少はたん白質の電気泳動による解析結果からグロブリンの低下によるものと考えられた。報告者は、抗菌剤の投与により病原体が減少し、免疫系の活性化が低下したものと考察している。

尿検査ではたん白質排泄量が減少したが、これは血液中のたん白質の減少に伴うものと考えられた。

眼検査では特に被験物質投与の影響は認められなかった。

臓器重量では、2000ppm 以上投与群の雄で肝臓の相対及び絶対重量の減少が認められた。雌では中間剖検で 770 と 10000ppm 投与群で同様の变化が認められたが用量相関性はなく、試験終了時では 2000ppm のみで認められ一貫性がない結果であった。その他散発的な変化が認められたが多くは体重差に起因するものであり、毒性学的な意義は不明であった。

剖検では、2000ppm 以上投与群の雌雄で肝嚢胞の増加、6000ppm 投与群で盲腸の拡張が認められた。

病理組織学的検査では、中間剖検時に線維化を伴う硬化症を伴う胆管過形成(胆管線維症? ; *sclerotic bile-duct hyperplasia*) が対照群を含めた雄の全ての群及び雌の 6000ppm 以上投与群で認められ、雄の 6000ppm 以上投与群では有意であった。また、精巣萎縮が 6000ppm 以上投与群で認められ、10000ppm では有意であった。試験終了時では線維化を伴う胆管過形成線維症及び嚢胞性胆管過形成、精巣の萎縮及び石灰沈着、心筋症、骨格筋線維繊維の核数の増加が対照群を含めた雌雄で認められ、線維化を伴う胆管過形成線維症は雄の全ての投与群と雌の 2000ppm 以上投与群、嚢胞性胆管過形成は雄の 2000ppm 以上投与群と雌の 6000ppm 投与群、雄の精巣萎縮、石灰沈着は 6000ppm 投与群、心筋症は雌の全ての投与群と雄の 6000ppm 投与群で有意であった。

腫瘍発生については、中間剖検ではほとんど認められなかった。試験終了時では、雄の 6000ppm 投与群で甲状腺の C-細胞腺腫の発生頻度の増加が認められ、腺癌がん腫との合計では統計学的に有意となったが、背景対照の範囲内であった。雌の 6000ppm 投与群で統計学的な有意差はないが、心内膜腫瘍の増加が認められた。これを心内膜下間葉性細胞の心臓で認められた増殖性病変と合算した場合統計学的に有意となるが、試験実施者は通常に加齢に伴う影響を促進したものと推測している。その他の腫瘍及び悪性腫瘍の頻度に差は認められなかった。

本試験において発がん性は認められなかったが、770ppm 投与群においても胆管過形成及び心筋症が認められたため、NOAEL は求められなかった。(資料番号 : 77)

上記で認められたいくつかの病変についての NOAEL を確認するため、同系統のラットを用いた追加試験が実施されている。

Wistar(Bor:WISW)ラット(雌雄各 50 匹/群)を用いた混餌(0、100、500ppm ; 雄 0、5.3、26mg/kg 体重/日、雌 0、7.2、36mg/kg 体重/日)投与による 2 年間の発がん性/慢性毒性試験において認められた毒性所見は

以下の通りであった。各群雌雄各 10 匹は 12 ヶ月の時点で中間剖検に供された。

生存率、一般臨床症状観察、眼検査、摂餌量、飲水量、体重変化、血液学的検査、血液生化学的検査、臓器重量には起因した異常は認められなかった。

剖検及び病理組織学的検査では、雄で肝臓の肥大が認められたが、重量及び病理組織学的に後述の変化を除き異常は認められなかった。全ての投与群の肝臓で認められ、線維化を伴う硬化症を伴う胆管過形成(胆管線維症?)が中間剖検時で雄の 100mg 以上投与群、試験終了時で雌雄の 500mg 投与群では統計学的に有意であった。

腫瘍形成については肝臓と心臓のみ病理組織学的検査が実施されているが特に腫瘍の発生率の上昇は認められなかったとされている。

上記 2 試験で最低投与量においても線維化を伴う硬化症を伴う胆管過形成(胆管線維症?)が認められたことから、この病変に対するNOAELを決定するため、再度試験が実施された。

Wistar(Bor:WISW)ラット(雌雄各 50 匹/群)を用いた混餌(0、10、50ppm；雄 0、0.6、2.9mg/kg 体重/日、雌 0、0.7、3.5mg/kg 体重/日)投与による 2 年間の慢性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。各群雌雄各 10 匹は 12 ヶ月の時点で中間剖検に供された。

生存率、一般臨床症状観察、眼検査、摂餌量、飲水量、体重変化、血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査、臓器重量、剖検及び病理組織学的検査において被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

本試験における NOAEL は 2.9mg/kg 体重/日であった。(JECFA FAS 34、NADA140-828)

(4)繁殖毒性試験及び催奇形性試験

【ラットを用いた 2 世代繁殖試験】(資料番号：13)

Sprague-Dawley 系ラット(Crl:CD®BR；雌雄各 30 匹/群)を用いた混餌(0、500、2000、7500ppm；)投与による 2 世代繁殖試験が実施されている。

被験物質の投与はF₀世代雄では 40 日齢以上の動物を用いて交配前 70 日間、雌では 100 日齢以上の動物を用いて交配前 14 日間、F₁世代では離乳後、雌雄とも交配 70 日前から剖検時まで行った。F₀世代交配の出生児(F₁)は一部を除き、離乳(生後 21 日)までほ育され、離乳後各群雌雄 25 匹を選抜し、これらを交配しF₂世代を得た。選抜されなかったF₁は剖検に供された。F₂世代は一部を除き離乳までほ育された。

一般的な臨床観察では、7500ppm投与群のF₁雌数匹で鼻孔周辺に茶褐色の付着物が認められた。体重変化ではF₀、F₁ともに 7500ppm投与群の雌雄で低体重と増加量の減少が認められた。飼料摂取量は 7500ppm投与群のF₁雄で試験期間中減少した。

性周期に投与の影響は認められなかったが、F₀、F₁世代ともに妊娠率の低下、妊娠期間の軽度な延長、総産児数、出生率、着床数の低下が 7500ppm投与群で認められた。

死産児数には、F₀およびF₁世代とも投与群と対照群の間に差はみられなかった。

F₁およびF₂児の生後 1～4 日の生存率、生後 5～21 日の生存率(離乳率)は 7500ppm投与群で低下し、ほ育期間中低体重と体重増加の抑制が認められた。

児の外表面、骨格ともに投与に起因した異常は認められなかった。

病理組織学的検査では、7500ppm投与群のF₁雄の数例で片側性の精巣萎縮、散在性の精細管萎縮、精巣上体中の細胞残屑が認められた。また、F₀、F₁雄の多くで変性した精子細胞が精細管や精巣上体中に認められた。雌の生殖器官には病理組織学的異常はみられなかった。(資料番号：13)

Sprague-Dawley 系ラット(Crl:CD@BR;雌雄各 30 匹/群)を用いた混餌(0、125、300、2000ppm;0、10、25、165mg/kg 体重/日)投与による 2 世代繁殖試験が実施されている。

投与はF₀世代雄では 47 日齢の動物を用いて交配前 70 日間、雌では 103 日齢の動物を用いて 14 日間、F₁世代では離乳後、雌雄とも交配の 77 日前から剖検時まで行った。F₀世代交配の出生児(F₁)は一部を除き、離乳(生後 21 日)までほ育され、離乳後各群雌雄 25 匹を選抜し、これらを交配してF₂世代を得た。選抜されなかったF₁は剖検に供された。F₂世代は一部を除き離乳までほ育された。

一般的な臨床観察、体重、飼料摂取量には投与の影響は認められなかった。

性周期、妊娠率、着床数、同腹児数、死産児数、児の生存率には、F₀およびF₁世代とも投与群と対照群の間に差はみられなかった。F₂の 2000ppm投与群では離乳前の体重増加が軽度に低下した。

児の外表、骨格ともに投与に起因した異常は認められなかった。

臓器重量では、2000ppm投与群のF₀、F₁雄の精巣上体重量に統計学的有意差はないが減少傾向が認められた。剖検、病理組織学的検査では、300ppm以上投与群のF₀及びF₁雄で変性した精子細胞が精巣の精細管や精巣上体中に認められた。125ppm投与群ではこれらの変化は認められなかった。(資料番号: 14)

本試験における NOAEL は 10mg/kg 体重/日であった。

上記 2 試験で雄の精子に形態異常が認められたため、これらの異常が発現する時期について検討するために追加試験を行った。

Sprague-Dawley 系ラット(Crl:CD@BR;雄 60 匹/群)に 0 または 7500ppm の濃度でエンロフロキサシンを添加した飼料を 90 日間投与した。投与 3、6、9 週にそれぞれ各群 10 匹、13 週に 15 匹を剖検し、残りの雄 15 匹には基礎飼料を与え回復群としてさらに 13 週間飼育した。投与 11 週及び投与終了後 3、7、11 週に各群の雄 15 匹を薬剤未投与の雌と最長 2 週間交配させ、雌ラットを妊娠 20 日に剖検し、繁殖成績を調べた。

投与雄では投与期間を通じて低体重及び体重増加の減少が認められ、飼料摂取量も減少した。これらは投薬終了後に回復した。

いずれの時期の交配においても交尾率に影響は認められなかったが、投与雄の 3 例で繁殖成績の低下が認められ、これらの動物では両側精巣の完全あるいは中程度の萎縮が観察された。精巣重量では中間剖検で相対及び絶対重量の増加が認められ、試験終了時には絶対重量の低値がみられた。精巣上体重量は回復期を含めて試験期間中を通じて相対及び絶対重量の低値を示した。精巣あるいは精巣上体中の精子の変性は投与 3 週の剖検時で認められ、経時的に増加した。また、精巣上体中の細胞残屑の増加が認められた。投与雄における異常精子は 1 例を除いて休薬期間中に回復したが、精細管の萎縮は投与雄の 6/15 でお認められた。

投与 11 週に交配した雌で妊娠率、同腹児数及び着床数の低下、未着床胚数^dの増加が認められた。着床後吸収胚数の増加は認められなかった。妊娠率、同腹児数及び着床数の低下、未着床胚数増加は休薬期間中に回復した。

被験物質の投与に起因すると考えられる胎児の外形異常は認められなかった。(資料番号: 15)

【ラットを用いた催奇形性試験】 (資料番号: 16)

COBS CD 系ラット(28 匹/群)を用いた強制経口(0、50、210、875 mg/kg 体重/日)投与による催奇形性試験に

^d 黄体数と着床数から計算

において認められた毒性所見は以下の通りであった。被験物質の投与は、妊娠 6 日から 15 日の間行った。

母動物の死亡は認められなかった。一般的な臨床症状観察では、被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。体重増加の低値が 875 mg 投与群の妊娠期間中で認められた。また、妊娠 20 日の体重は低値を示した。飼料摂取量の低下が妊娠 8 日の 210mg 以上投与群、12 日の 875mg 投与群で認められたが、後半には回復し、20 日には高用量群で有意に増加した。

875mg 投与群で同腹子数の減少、着床後胚/胎児死亡数の増加が認められた。210mg 以上投与群において胎児重量の低値が認められた。黄体数、胎児の性比に投与の影響は認められなかった。

210mg 投与群の胎児で椎骨と胸骨、875mg 投与群の胎児で頭蓋骨、椎骨、骨盤骨、胸骨、肢骨の骨化遅延が認められた。胎児の外表、内臓および骨格の奇形や変異の発現率に投与の影響は認められなかった。

以上の結果から、本試験の母動物及び胎児動物に対する NOAEL は 50mg/kg/日であった。

【ウサギを用いた催奇形性試験】

ウサギ(チンチラ種; 16 匹/群)を用いた強制経口(0、1、5、25mg/kg 体重/日)投与による催奇形性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。被験物質の投与は、妊娠 6 日から 18 日の間行った。なお、25mg までの投与において母体毒性が認められなかったため、対照群と 75mg 投与群を用いた試験が追加で設定され、同様の方法で実施された。

追加試験対照群の母動物の 1 例を除き死亡例は認められなかった。一般的な臨床症状観察では、75mg 投与群の 1 例で妊娠 19 日及び 20 日に流産の兆候が観察された他は、被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。体重増加の低値が 75 mg 投与群の交配後 15 日まで認められ、交配後 6-8 日に体重の軽度な減少が認められ、11 日以降は有意な低値を示した。被験物質の投与期間を通じて 75mg 投与群の飼料摂取量は低値を示した。

75mg 投与群で着床後胚/胎児死亡数の増加が認められた。この他には特に投与の影響は認められなかった。

胎児の外表、内臓および骨格の奇形や変異の発現率、骨化状態に投与の影響は認められなかった。

以上の結果から、本試験の母動物及び胎児動物に対する NOAEL は 25mg/kg/日であった。(資料番号: 17)

(5) 遺伝毒性試験

変異原性に関する各種の *in vitro* 及び *in vivo* 試験の結果を次表にまとめた。

【変異原性に関する各種試験の結果一覧】

In vitro 試験

試験	対象	投与量	結果
不定期 DNA 合成試験 (UDS 試験)	ラット初代培養肝細胞	1~500µg/mL ¹	陰性(資料 22)
Ames 試験	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA98, TA100, <i>E. coli</i> WP2 <i>uvrA</i>	0.5~150 ng/plate(±S9) ²	陰性(資料 18)
	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA98, TA100, <i>E. coli</i> WP2 <i>uvrA</i>	0.05~15 ng/plate(±S9) ³	陰性(資料 18)
	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA98, TA100	0.004~40ng/plate(±S9) ⁴	陰性(資料 19)
前進突然変異試験	CHO(K1-BH/HPRT) (資料 21)	0.25~1.25 mg/mL ⁵	不明確 ⁶ (資料

	(-S9 ; 4h)	21)
	0.375~1.25 mg/mL ⁵	不明確 ⁷ (資料
	(+S9 ; 4hr)	21)

1 500µg/mL では細胞致死作用により解析不可能

2 1.5(TA1535-S9)、5(TA100±S9, TA1535+S9)、15(WP2±S9, TA98-S9, TA1537+S9)、50(TA98+S9, TA1537-S9)ng/plate で菌の生育阻害が認められた。

3 5(TA100±S9, TA1535±S9, TA1537±S9)、15(WP2±S9, TA98±S9)ng/plate で菌の生育阻害が認められた。

4 予備試験において 40ng/plate 以上で菌の生育阻害が認められた

5 1mg/mL 以上では 細胞毒性が認められた。

6 陽性結果が散見されたが、再現性、用量相関性がなく、変動は背景対照の範囲内であった。

7 陽性結果が散見されたが、再現性、用量相関性がない

上記のように、*in vitro* の試験においては UDS 試験及び Ames 試験で陰性であったが、ほ乳類培養細胞を用いた前進突然変異試験では陽性結果が散見されるものの、再現性に乏しく、用量相関性の無い、不明瞭な結果が得られている。この他、ほ乳類培養細胞を用いた染色体異常試験で陽性の報告が存在している (JECFA FAS34)。

in vivo 試験

試験系	試験対象	投与量	結果
小核試験	マウス骨髄	2000 mg/kg/日, 単回腹腔内 ¹	陰性(資料 75)
		1000, 1500, 2000 mg/kg/日, 単回腹腔内 ²	陰性(資料 75)
染色体異常試験	ラット骨髄	40, 200, 1000mg/kg/日, 単回経口 ³	陰性(資料 20)

¹ 9/30 の動物が死亡した。

² 1500mg 以上投与群で 3/10 の動物が死亡した。

³ 1000mg 投与群では一部に重度の副作用が認められた。

上記の通り、げっ歯類を用いた *in vivo* の骨髄小核試験、骨髄染色体異常試験ではいずれも陰性であった。

エンロフロキサシンの遺伝毒性については CHO 培養細胞を用いた前進突然変異試験で陽性を疑わせる結果及び染色体異常試験で陽性の結果が報告されている。しかし、マウスを用いた骨髄小核試験及びラットを用いた骨髄染色体異常試験のいずれも陰性であった。

これらのことから、エンロフロキサシンに生体にとって問題となる遺伝毒性はないと考えられる。

(6)一般薬理試験

【一般症状及び行動】

Irwin の多次元観察法(マウス)において 25mg/kg 体重以上の腹腔内投与で運動性の抑制、83mg/kg 体重以上で認知力の抑制、250mg/kg 体重で振戦、攣縮、痙攣等の中枢興奮症状、姿勢制御抑制、眼裂縮小、排尿、流涎、立毛、体温降下等の自律神経症状が認められた。これらの症状は投与後 30~60 分で最大となり、約 2-3 時間で消失した。8.3mg/kg 体重の投与では一般症状及び行動に著変は認められなかった。(資料番号 : 23)

【中枢神経系への作用】

体温測定(ウサギ ; 直腸温)においては 83mg/kg 体重の静脈投与で 1 例に(1/3)軽度の上昇が認められた(8.3, 25mg/kg では影響なし)。(資料番号 : 23)

ヘキソバルビタール麻酔(マウス; 睡眠時間)、中枢性協調能(マウス; 平行棒法)、鎮痛作用(マウス; 熱板法)、抗痙攣作用(マウス; 電気刺激、ペントテトラゾール痙攣)、懸垂能(マウス; 水平棒)、カタレプシー(マウス、ラット)、探索行動(マウス; Hoffmeister らの方法)、反射(ラット; 舌下顎反射、神経伝達阻害)において、100mg/kg までの経口投与で影響は認められなかった。自発運動(マウス)は 100mg/kg の経口投与で軽度の亢進作用を示した。(資料番号: 24)

【自律神経系への作用】

ウサギでは投与直後に一過性の縮瞳が認められた他に変化は認められなかった。(資料番号: 23)

【平滑筋に対する作用】

生体位子宮運動(ウサギ)では 83mg/kg 体重の静脈投与で自発性収縮の軽度な減少が認められた。(資料番号: 23)

摘出回腸(モルモット; 自発収縮)では 10^{-7} ~ 10^{-4} g/mL の濃度でコリン作動薬による収縮、ヒスタミン収縮に対して濃度依存的に抑制作用を示した。単独では収縮及び弛緩作用を示さなかった。(資料番号: 23)

摘出気管(モルモット; 自発収縮)においては、10 μ g/mL までの濃度で摘出気管の固有緊張(トーン)、ヒスタミン及びロイコトリエンD₄による収縮に影響を及ぼさなかった。(資料番号: 26)

【消化器官系に対する作用】

腸管輸送能(ラット; 炭末移動)、胃忍容性(ラット; 損傷測定)においては、100mg/kg までの濃度の経口投与で影響を及ぼさなかった。胃酸基礎分泌(ラット; 胃管流液の測定)においては、100mg/kg までの用量の十二指腸内投与で影響を及ぼさなかった。(資料番号: 27)

【呼吸循環器系への作用】

呼吸、血圧、心拍数(いずれもウサギ; 8.3、25、83mg/kg の静脈投与)が観察された。呼吸数はいずれの用量でも投与直後から用量依存的に減少したが、15 分から回復傾向を示し、60 分には回復した。血圧は投与直後から 60-90 分まで軽度に降下したが、その後は回復傾向を示した。心拍数は 83mg 投与群で投与直後から減少し、5 分後には約 23% の減少が認められた。その後は増加に転じ、30 分後には約 10% 増加し、以後 180 分まで持続した。25mg 以下では変化は認められなかった。(資料番号: 23)

血圧、心拍数、血流量、心電図(麻酔イヌ)では 5 及び 15mg/kg の静脈内投与で一過性の軽度血圧低下を伴った末梢血管拡張、左心室内圧上昇速度の増加が認められた。これらの変化は投与量に関わりなく同様であり、内因性ヒスタミンの遊離の可能性が示唆された。(資料番号: 25)

【血液系への作用】

血液系への作用は、血液凝固能(ラット; 血液凝固時間、血小板凝集、線維素溶解作用)について実施されたが、100mg/kg までの経口投与では影響は認められなかった。(資料番号: 29)

【その他】

尿排泄への作用(ラット; 尿量、Na⁺、K⁺測定)においては 100mg/kg の経口投与で K⁺の排泄が増加した。30mg/kg までの濃度では影響は認められなかった。(資料番号: 28)

血糖値、血清トリグリセライド値(ラット)においては、摂食ラットでは 100mg/kg までの経口投与で

は影響は認められなかったが、絶食ラットでは30mg/kg以上の経口投与で血糖値、血清トリグリセライド値の上昇が認められた。耐糖能(絶食ラット；グルコース経口負荷試験)においては、100mg/kgまでの経口投与では影響は認められなかったが、100mg/kgの投与120分後の血糖値には上昇が認められた。(資料番号：30)

(7)その他

【皮膚感作性】

雄モルモット(白色種)15匹に25%エンロフロキサシン懸濁液を粘着性パッチを用いて試験0、7、14日目にそれぞれ6時間皮膚に貼付し、感作を行った。27日目に感作と同様の処置を行い、24及び48時間後の発赤の程度を確認したところ、48時間後に1例で非常に弱い発赤が認められたのみであり、感作性はないものと考えられた。(資料31)

(8) 微生物学的影響に関する特殊試験

【in vitro のMICに関する試験】

①臨床分離菌に対する最小発育阻止濃度 (MIC)

ヒト臨床分離株等に対するエンロフロキサシン及び代謝物であるシプロフロキサシンについてのMICが報告されている。

菌名	株数	最小発育阻止濃度 (µg/mL)						出典等
		Enrofloxacin			Ciprofloxacin			
		MIC ₅₀	MIC ₉₀	範囲	MIC ₅₀	MIC ₉₀	範囲	
偏性嫌気性菌								
<i>Bacteroides</i> spp.	10	1	4	0.5-4	8	16	2-16	78
<i>Bifidobacterium</i> spp.	10	0.5	4	0.125-4	0.031	1	0.004-1	78
<i>Clostridium</i> spp.	10	0.25	0.25	0.125-4	0.25	8	0.062-8	78
<i>Eubacterium</i> spp.	10	0.25	8	0.062-16	0.5	2	0.25-16	78
<i>Fusobacterium</i> spp.	10	0.5	2	0.016-2	0.125	2	0.016-4	78
<i>Peptostreptococcus</i> spp.	10	0.125	8	0.062-8	0.125	8	0.125-8	78
通性嫌気性菌								
<i>Enterococci</i>	10	0.5	1	0.5-4	1	1	0.5-1	78
<i>Escherichia coli</i>	10	0.031	0.062	0.031-0.062	0.016	0.031	0.016-0.031	78
<i>Lactobacillus</i> spp.	10	0.125	0.125	0.062-0.125	0.5	1.0	0.25-16	78
<i>Proteus</i> spp.	10	1	1	0.5-1	0.031	0.125	0.016-0.031	78

調査された菌種のうち、最も低いMIC₅₀が報告されているのは *Escherichia coli* の 0.031µg/mL であった。次いで *Peptostreptococcus* spp.、*Lactobacillus* spp. の 0.125µg/mLであった。

②代謝物のヒトの腸内細菌に対する最小発育阻止濃度 (MIC) (資料番号:22)

エンロフロキサシン及びエンロフロキサシンの代謝物として同定されたシプロフロキサシン、オキソシプロフロキサシン、開環オキソシプロフロキサシン、7-aminoacetic fluoroquinolonic acid、desethylene enrofloxacin、desethylene ciprofloxacin、n-formyl ciprofloxacin、7-aminofluoro-quinolonic acid、オキソエンロフロキサシンについて、*Escherichia coli*、*Proteus*、*Lactobacillus*、*Enterococcus*、*Staphylococcus* に対するMICが測定され

たが、抗菌活性はシプロフロキサシンを除きいずれもエンロフロキサシンよりも弱かった。

③pHの最小発育阻止濃度 (MIC)に及ぼす影響 (資料番号 : 21)

エンロフロキサシンの *Bacteroides* spp.、*Bifidobacterium* spp.、*Clostridium* spp.、*Enterococcus* spp.、*Escherichia coli*、*Eubacterium* spp.、*Fusobacterium* spp.、*Lactobacillus* spp.、*Peptostreptococcus* spp.、*Proteus* spp. に対するMIC(算術平均)にpHが及ぼす影響が調査されている。少数例を除きpH7.2 でpH6.2 あるいは 5.2 よりも強い抗菌活性が認められた。

④ *in vitro* 擬似腸内環境における細菌の生存率 (資料番号 : 19)

エンロフロキサシンを Cooked meat 培地に加え、適当な pH、塩濃度でペプシン、パンクレアチン処理した腸内環境を模した条件下において、*Bifidobacterium* は 0.4、*Escherichia coli* は 0.56、*Enterococcus*、*Clostridium* は 0.9、*Bacteroides* は 1.4 μ g/mL の濃度のエンロフロキサシン存在下においても菌の増殖が認められた。これらはいずれも①で測定された MIC よりも高い濃度であった。

【ヒトボランティアにおける微生物学的影響】

エンロフロキサシンについて、ヒトにおける直接の知見は得られていないが、シプロフロキサシンについては複数の事例が報告されている。

12名の健常男性ボランティアについて、500mgのシプロフロキサシンを1日2回、7日間経口投与し、投与前、投与最終日及び投与終了後1週時点の糞便中の大腸菌(Coliforms)、*Streptococci*、*Staphylococci*、酵母及び偏性嫌気性菌数の変動が報告されている。投与最終日では、大腸菌が消失し、*Streptococci*、*Staphylococci* は統計学的に有意に減少した。酵母は増加、偏性嫌気性菌は減少したがいずれもわずかであった。投与終了後1週の時点では、これらはほぼ回復した。(Brumfitt et al., 1984)

12名の健常ボランティア(男女各6名)について、400mgのシプロフロキサシンを1日2回、7日間経口投与し、投与前、投与期間中の2、5日、投与終了後1、3、8日時点の糞便中の *E. coli*、*Streptococci*、*Staphylococci*、カンジダ酵母、偏性嫌気性菌(*Bacteroides*、*Bifidobacterium*)等の変動が報告されている。投与開始後、*E. coli* が消失し、*Streptococci*、*Staphylococci* が減少した。カンジダ酵母、偏性嫌気性菌は減少したがいずれもわずかであった。投与終了後、これらは徐々に回復した。また、*Clostridium difficile* は投与前、投与期間中、投与後共に検出されなかった。(Enzensberger et al., 1985)

12名の健常ボランティア(男女各6名)について、500mgのシプロフロキサシンを1日2回、5日間経口投与し、投与前、投与期間中の1、3、5日、投与終了後2、14日時点の糞便中の種々の通性嫌気性菌(enterobacteria、enterococci等)や偏性嫌気性菌(anaerobic cocci、*Bacteroides*、*Bifidobacterium*、*Fusobacterium*等)の変動が報告されている。投与開始後、enterobacteria、enterococciは顕著に減少したが、偏性嫌気性菌の減少はわずかであった。投与終了後14日の時点では、これらはほぼ回復した。*Clostridium difficile* 及びその毒素は投与前、投与期間中、投与後共に検出されなかった。また、MIC₅₀が1mg/Lを超える耐性菌の出現は認められなかった(Bergan et al., 1986)。

12名の健常ボランティアについて、200mgのシプロフロキサシンを1日4回、6日間経口投与し、投与前、投与期間中毎日、投与終了後4日までの糞便中の *Streptococci*、カンジダ酵母、腸内細菌科の細菌の変動が報告されている。腸内細菌科の細菌は投与4日目には消失し、*Streptococci* はわずかに減少、カンジダ酵母

^c *Peptostreptococcus* spp.、*Eubacterium* spp.はpH5.2においてやや強い抗菌活性を示した

がわずかに増加した。投与終了後 7 日の時点では、これらはほぼ回復した。また、耐性菌の出現は認められなかった(van Saene et al., 1986)。

14 名の肝硬変患者(男性 5、女性 9 名)について、シプロフロキサシン 500mg を 1 日 1 回、もしくは 250mg を 1 日 2 回、5-10 日間経口投与し、投与前、投与期間中 3-5 日、投与終了後 2-4、5-8、9-14 日の糞便中の種々の通性嫌気性菌、偏性嫌気性菌、酵母の変動が報告されている。投与開始後、腸内細菌科の細菌は顕著に減少し、bacteroides も減少したが、投与終了後 14 日の時点ではこれらはほぼ回復した。それぞれの投与群の各 1 名で投与期間中カンジダ酵母が認められ、投与終了後 14 日の時点においてもなお認められた。(Esposito et al., 1987)

10 名の健常ボランティアについて、750mg のシプロフロキサシンを単回経口投与し、投与前及び投与後 8 日までの糞便中の種々の通性嫌気性菌、偏性嫌気性菌、酵母の変動が報告されている。投与開始後、腸内細菌科の細菌が顕著に減少し、このため通性嫌気性菌数が減少した。偏性嫌気性菌、*Streptococci*、*Staphylococci*、酵母には投与の影響はほとんど認められなかった。また、*Pseudomonas aeruginosa*、*Clostridium difficile* は投与前に *C. difficile* の健常キャリアーであった 1 名を除き検出されなかった。投与によりナリジクス酸耐性の腸内細菌科の細菌が増加したが、投与後 5-8 日までには投与前の状態となった。(Pecquet et al., 1990)

(9)ヒトにおける知見について

【ヒトにおけるキノロンの毒性影響】

エンロフロキサシンのヒト臨床における使用歴はないが、同系統に属するキノロン類あるいはフルオロキノロン類の抗生物質、代謝物であるシプロフロキサシンは広くヒト臨床において利用されている。

臨床で認められた副作用で最も一般的なものは消化器系への影響で、悪心、嘔吐等であるが下痢や抗生物質に起因する大腸炎はまれであるとされている。その他、中枢神経系に関連するものとして頭痛、めまい、消炎薬との併用で痙攣、アレルギー反応に関連するものとして発疹があるとされる。この系統の薬剤による副作用に特徴的なものとして、特に未成熟な動物における関節痛や関節膨張等の関節障害、一部では光毒性に由来する光過敏症がある。

【薬剤耐性菌について】

エンロフロキサシンの代謝物であるシプロフロキサシンはヒト臨床において広く使用されている。なお、米国 FDA ではカンピロバクターのフルオロキノロン耐性増加に伴うカンピロバクター食中毒のシプロフロキサシン治療効果の減弱を主たる理由に、鶏における使用の取り消しを表明している。

3. 食品健康影響評価について

【関節影響に関する知見について】

【精巢毒性、繁殖毒性及び催奇形性について】

【遺伝毒性／発がん性について】

【光毒性について】

1990 年代後半からフルオロキノロン剤について光毒性／光遺伝毒性があることが報告されてきてお

り、そのメカニズムについて光照射によって活性化された分子の DNA との直接作用、光照射によって生じた活性酸素やフリーラジカルの生成による二次的傷害が提案されている。フルオロキノロン剤の光毒性や光遺伝毒性についてはいくつかの報告があり、構造的に6位及び8位にハロゲン置換基を有するフルオロキノロン剤が明らかに強い光毒性を示すこと(K Marutani, et al. 1993)、1位の置換基の種類によっては光毒性が減弱することが報告されている(N Hayashi, et al 2004), (N Hayashi 2005)。エンロフロキサシンについて直接のデータは得られていないが、代謝物であるシプロフロキサシンについてはいくつかの報告が得られている。エンロフロキサシンとシプロフロキサシンの構造的な違いはエチル基の有無のみであり、光毒性/光遺伝毒性についてはほぼ同様と推定される。

シプロフロキサシンについて、*in vitro* ではCHLV79 培養細胞を用いたUV 照射による細胞毒性の増強、コメットアッセイ(Zhang T, et al. 2004)や光小核試験(Ronald et, al. 1999)でいずれもUV 照射による毒性の増強が認められたが、他のフルオロキノロン剤との比較では相対的に弱いものであった。また、UV 照射後のマウスの耳介炎症を指標とした試験(Marutani1993、Hayashi2004)において光毒性が弱いことが知られるオフロキサシンとほぼ同レベルであったこと、ヒトボランティアのUV 照射後皮膚紅斑を指標とした試験においては、1回500mg、7日間の投与でも影響は弱かったこと(Ferguson1997)が報告されている。

これらのことから、少なくともエンロフロキサシンについてはフルオロキノロン剤の中では光毒性/光遺伝毒性は弱い部類に分類される。また、適切に管理される限り、通常食品中のエンロフロキサシンの残留はごく微量であり、食品を介して生体にとって問題となる光遺伝毒性が生じる可能性は無視できる程度と考えられる。

【毒性学的影響のエンドポイントについて】

【微生物学的影響のエンドポイントについて】

微生物学的影響の評価については、ヒトの腸内細菌叢への影響を十分に反映できる単独の試験法が確立されていない現状を考慮すると、得られている知見のうち最も適切と考えられるものを用いて微生物学的ADIを設定する手法が妥当であると考えられる。エンロフロキサシンは生体内で代謝されるが、シプロフロキサシンを除き、代謝物の抗菌活性はほとんどない。シプロフロキサシンの抗菌活性はエンロフロキサシンとほとんど同等であった。また、主要な畜産動物における残留物は未変化体のエンロフロキサシンが主であった。エンロフロキサシンについてヒトにおける直接の知見は得られておらず、シプロフロキサシンについてはいくつかのヒトにおける知見があるが、明確な無影響量は特定できていない。このため、現時点ではエンロフロキサシンの*in vitro* のMIC₅₀を用いて検討するのが適当と考えられた。

エンロフロキサシンのMIC₅₀については、ヒト腸内細菌叢から優勢に検出される *Bacteroides*、*Bifidobacterium*、*Clostridium*、*Eubacterium*、*Fusobacterium*、*Peptostreptococcus*、*Enterococci*、*E. coli*、*Lactobacillus*、*Proteus*の10種について10菌株の合計100菌株についてMIC₅₀の情報が得られている。

単純に最も感受性が高かった細菌種は *E. coli* であり、そのMIC₅₀値は0.031 µg/mLであったが、*E. coli* についてはヒト腸内細菌の総細菌数に占める割合はごくわずか(1%程度)で、腸内細菌叢かく乱に対する寄与率は軽微であること、一般的に高度に感受性か非感受性であることが多いことから、単独で微生物学的ADIの評価に用いるMIC₅₀として採用するべきではないとされている(JECFA)。指標として適当と考えられる細菌種の中で、最も感受性が高かったのは *Peptostreptococcus*、*Lactobacillus*における0.125µg/mLであり、現時点においてはこれらにおけるMIC₅₀の0.125µg/mLを採用することが適当であると判断された。

なお、ニューキノロンはナリジクス酸等のオールドキノロンと比較して耐性を付与しにくいとされているが、耐性菌が選択される可能性は否定できない。この問題についての定性あるいは定量的評価には、別途のリスク評価が必要であると考えられるが、キノロン剤のヒト医療上における重要性は明らかである。

【微生物学的 ADI の設定について】

微生物学的影響について現時点で利用可能なものは *in vitro* の MIC₅₀ のみであった。結腸内容物に 220g、細菌が暴露される分画に 20%、ヒト体重に 60kg を適用すると、

$$\text{ADI (mg/kg 体重/日)} = \frac{0.000125 \text{ (mg/mL)} \times 220 \text{ (g)}}{0.2 \times 60 \text{ (kg)}} = 0.0023 \text{ mg/kg 体重/日}$$

となる。

【一日摂取許容量(ADI)の設定について】

【食品健康影響評価について】

以上より、エンロフロキサシンの食品健康影響評価については、ADI として次の値を採用することが適当と考えられる。

エンロフロキサシン mg/kg 体重/日