

厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）総括研究報告書

内分泌かく乱物質の小児、成人等の汚染実態および暴露に関する調査研究

主任研究者 秦 順一 慶応義塾大学医学部病理学教室 教授
分担研究者 渡辺 昌 東京農業大学応用生物科学部 教授
飯田隆雄 福岡県保健環境研究所 部長
田辺信介 愛媛大学沿岸環境科学研究センター 教授

1. 内分泌かく乱物質の小児、成人等の汚染実態および暴露に関する調査研究

主任研究者 秦 順一 慶応義塾大学医学部病理学教室 教授

研究要旨：日本人の各種臓器における内分泌かく乱物質の暴露状況を把握し、特定の疾患や病態と蓄積の相関関係を得るための基礎データとすることを目的とし、インフォ-ムドコンセントのもとに、剖検症例の主要臓器、血液、胆汁を採取し、内分泌かく乱物質（PCB、ダイオキシン類、有機塩素系化合物）を平成11年度に引き続き測定した。同一症例における血液、肝、胆汁における内分泌かく乱物質の濃度を測定したところ、血液と胆汁での濃度がよく相関し、さらに肝では脂肪重量あたりの濃度が血液、胆汁よりも高い傾向が明らかとなった。この知見はヒトにおける内分泌かく乱物質の代謝経路について重要な示唆を与えるものである。また PCB の体内蓄積量は、ダイオキシン類より数桁多く、PCB 自体の直接的な人体への毒性だけでなく、ダイオキシン類等他の内分泌かく乱物質の人体への複合的な毒性を考える必要性が明らかとなった。さらに人工栄養のみで栄養されていた脳性小児麻痺では、ダイオキシン類が低かったこと、膀胱症例で平均値の10倍以上のダイオキシン蓄積例が1例見いだされた。

A. 研究目的

内分泌かく乱物質は、農薬やプラスチック、PCB等の生産過程や廃棄物の処理過程等で発生すると考えられているが、人体において、その影響がどの程度起こりえているのかを評価することが必要不可欠である。本研究は、1)成人および小児の各種臓器の暴露状況を把握し、2)特定の疾患や病態と蓄積の相関関係を得るための基礎データとする、ことを目的とする。さらに我が国におけるバックグラウンド値を明らかにすることによって、人体影響データを比較するためのデータベースが構築される。

B. 研究方法

1)インフォ-ムドコンセントのもとに、剖検症例の主要臓器（頂部脂肪組織（褐色脂肪に相当）、腋窩脂肪組織、腸間膜脂肪組織、腹壁脂肪組織、下垂体、脳（開頭症例のみ）、肝、脾、腎、膀胱、胃粘膜、上行結腸粘膜、乳腺、骨髄、）、血液、胆汁を採取する。現在までに、197例の剖検例について、各種臓器・組織のファイリングを終了するとともに、臨床経過、臨床化学データ、病理解剖診断についてファイリングしている。

2)臓器・組織に含有される内分泌かく乱物質（PCB、HCB、コプラナおよびモノオルトPCB、ダイオキシン類、ブチル化スズ化合物、HCH、DDT、重金属、微量元素）を測定し、標準的なバックグラウンド値と比較する。

ド暴露値を年齢、階級、性別に得る。測定は、脂質抽出、クリンアップ後、高分解能ガスクロマトグラフ、二重収束型質量分析計あるいはGCMSで行う。(倫理面への配慮) 剖検にあたって研究対象者に対する人権擁護上の配慮および研究方法による研究対象者に対する利益・不利益等の説明を遺族に対して行い、インフォ-ムドコンセントを得て、遺族の同意の署名を剖検承諾書へ記入していただいている。

C. 結果

剖検症例の肝(52検体)および腸間膜脂肪(54検体)における mono-ortho PCB (8種類)と di-ortho PCB (2種類)を測定したところ、脂肪重量あたりの mono-ortho PCB 平均値は TEQ 表記で、それぞれ 8.9、20.0pg/g であり、肝は脂肪組織の 1/2 以下であった。また脂肪重量あたりの di-ortho PCB 平均値は TEQ 表記で、それぞれ 2.4、5.2pg/g であり、肝は脂肪組織の約 1/2 であった。27 症例の肝、胆汁および血液におけるダイオキシン、フラン類とコブラナ PCB (non-ortho 3 種類)を測定したところ、平均 TEQ 値でそれぞれ肝(73.2, 46.6, 38.0)、胆汁(11.5, 18.0, 13.7)、血液(11.6, 18.1, 13.5)であった。胆汁におけるダイオキシン、フラン類、コブラナ PCB の蓄積は、血液における蓄積と関連した。胆汁についてのダイオキシン異性体パターンでは、OCDD が一番高濃度であり PePB、HxCB がそれに続き、さらに 1,2,3,6,7,8 HxCDD、TeCB、2,3,4,7,8-PeCDD、1,2,3,4,6,7,8HpCDD が高い傾向を示し、ダイオキシン類の体内循環に示唆をあたえる所見を得た。今回、測定した剖検例で興味深い例が 2 例みられたが、

その概要は以下のとおりである。第 1 例は、脳性小児麻痺患者(21 歳にて死亡)で、生後 1 歳から 21 歳で亡くなるまで、人工栄養(クリニミール)のみで成長した方であり、この患者においてはダイオキシン類が血液、肝臓とも平均値の 5~7 分の 1 であることが明らかとなった。年齢を考慮しても、ダイオキシンが経口摂取されていることを推測させるとともに、少ないながらも暴露していたことはダイオキシンは、一部は経気道的あるいは経皮的に暴露する可能性を示唆するものと考えられた。第 2 例は、59 歳男性で、膵癌の術後再発で亡くなられた方であり、有機塩素系化合物、ダイオキシン、PCB いずれも高い蓄積を示しており、平均値の 2-12 倍に達していた。これまでも有機塩素系化合物とがんの関係は、報告されているが、特に DDT、DDE、PCB の血清濃度が高い膵癌症例では、K-ras のコドン 12 の変異が高頻度であるとの報告が 1999 年に Lancet にある。本症例についても現在、K-ras 変異を検討している。

D. 考察

同一症例における血液、肝、胆汁における内分泌かく乱物質の濃度が測定できたことから、血液と胆汁での濃度がよく相関し、さらに肝では脂肪重量あたりの濃度が血液、胆汁よりも高い傾向が明らかとなった。この知見はヒトにおける内分泌かく乱物質の代謝経路について重要な示唆を与えるものである。また PCB、有機塩素系化合物、有機スズ化合物いずれもが、高濃度の蓄積を認めた膵臓癌症例が見いだされた。今後、このような高濃度の蓄積が見られた症例について、臨床化学、血液データや剖検診断との関連を詳細に検討していく予定である。

2. ダイオキシン、コブラナ PCB、農薬等の暴露調査

分担研究者 渡辺 昌 東京農業大学応用生物科学部・疫学、栄養学 教授

研究要旨：ダイオキシン類の各同族体ごとのヒトでの吸収、排泄に関する報告はほとんどない。そこで健常被験者 3 名の協力を得て同一の献立による食事

の摂取を一定期間行い、陰膳、糞便、皮脂、及び血液中ダイオキシン類量を測定して、ダイオキシン類の摂取量および排泄量を検討した。食事由来と胆汁中に排泄されるダイオキシン類量から糞便中に排泄された量を引くと約 80% のダイオキシン類が吸収されていた。糞便へ排泄されたダイオキシン類総量は 300.6 ± 72.6 pg/day であり、Total-TEQ は 18.3 ± 5.9 pgTEQ/day であった。OCDD が最も多く 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、PeCB、1,2,3,4,6,7,8-HxCDF が続き、これらで総量の約 70% を占めていた。TEQ が最も高かった同族体は 1,2,3,7,8-PeCDD で 2,3,4,7,8PeCDF、PeCB が続き、これらで Total-TEQ の約 70% を占めていた。皮脂への排泄総量は $4,186.4 \pm 1,054.5$ pg/day、Total-TEQ が 23.8 ± 5.6 pgTEQ/day であった。最大濃度は OCDD で総量の 80% を超えており、TEQ では 2,3,4,7,8PeCDF、PeCB、1,2,3,7,8-PeCDD が Total-TEQ の約 60% を占めていた。胆汁経由の排泄に比し、低塩素の排泄は皮脂の方が多かった。排泄経路が同族体によって異なることは、体内蓄積ダイオキシン類の排出を考える際に重要と考えられる。

A. 研究目的

平成 12 年度は 11 年度に続き、20 例の病理解剖例のダイオキシン類濃度を測定した。これまでに解剖例 27 例の測定結果で、胆汁中のダイオキシン類濃度はほぼ血液中濃度に等しいこと、肝には塩素数の高いダイオキシン同族体が血中の 10 倍近く蓄積していることがわかった。平成 12 年度はダイオキシン類の異性体ごとの吸収と排泄経路を知るために、出納実験をおこなった。ヒト生体内のダイオキシンの半減期は、少量の 14C-2,3,7,8-TCDD を低投与した実験から 5.8~9.7 年と非常に長いことが報告されているが、ヒトにおけるほかの同族体の代謝に関する実験のデータは無い。ダイオキシン類は通常の日常生活においては大半が食品からの摂取であり、その推定量は 2.4 pgTEQ/day と発表されている。また排泄に関しては、母乳、皮脂におけるデータがあり、糞便に関しては、飯田らによる油症患者の報告があるのみである。本研究では、健常被験者 3 名の協力を得て同一の献立による食事の摂取を一定期間行い、陰膳、糞便、皮脂および血液中ダイオキシン類量を測定して、ダイオキシン類の摂取量および排泄量を検討した

B. 研究方法

同意を得て協力を得た被験者 3 名は同一の食事を 9 日間摂取した。その期間内に以下の要領で、陰膳と上記の被験者が

ら血液、糞便および皮脂を摂取した。陰膳はフードミキサーで均一化したものに $13\text{C-TCDD/F} \sim \text{HpCDD/F}$ を各 30 pg、 13C-OCDD を各 60 pg、 $13\text{C-TCB} \sim \text{HxCB}$ を各 100 pg 添加した。3~9 日目までに排泄された全糞便（約 200 g）を採取した。皮脂は 3 から 9 日目まで、トルエン、ヘキサン、アセトンおよびエタノールで十分に洗浄した 50% 含超純水エタノール綿で毎朝顔面を拭くことにより採取した。血液は 4-5 日目にヘパリン入りベネジエクト真空採血管（テルモ社製）に約 50 ml 採取した。

C. 結果

陰膳中のダイオキシン類では、OCDD が最も多かった。同じ塩素系の同族体では塩素数の増加に伴って量が増加する傾向が PCDD および PCDF において見られた。逆に Co-PCBs では高塩素になるに従って減少する傾向があった。糞便中のダイオキシン排泄量においては、3 名の被験者のダイオキシン類量に有意差はなかったため、3 名の 20 検体の平均値で検討した。PCDDs と PCDFs の量は陰膳と同様な傾向があったが、Co-PCBs は 3,3',4,4',5-PeCB が最も多かった。ダイオキシン類総量は 300.6 ± 72.6 pg/day であり、Total-TEQ は 18.3 ± 5.9 pgTEQ/day であった。最大量の同族体は OCDD で、1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、PeCB、1,2,3,4,6,7,8-HxCDF が続き、これらで総量の約 70% を占めていた。

TEQ が最も高かった同族体は 1,2,3,7,8-PeCDD で 2,3,4,7,8-PeCDF、PeCB が続き、これらで Total-TEQ の約 70% を占めていた。また、PCDDs が Total-TEQ の約 50% を占め、同族体群で最も高い TEQ であった。皮脂中のダイオキシン類排泄量は、ヒト皮脂排泄量を 1g/day として試算した。ダイオキシン類の排泄総量は $4,186.4 \pm 1,054.5$ pg/day、Total-TEQ が 23.8 ± 5.6 pgTEQ/day であった。最大濃度の同族体は OCDD で総量の 80% を越えていた。TEQ で最も高かったのは 2,3,4,7,8-PeCDF で、PeCB、1,2,3,7,8-PeCDD が続きこれらで Total-TEQ の約 60% を占めていた。また、PCDFs が Total-TEQ の 40% 以上を占め、同族体群で最も TEQ が高かった。今回の研究で血液中のダイオキシン濃度では、最大濃度の同族体は OCDD であった。TEQ では PeCB、1,2,3,7,8-PeCDD、2,3,4,7,8-PeCDF がほぼ同じ位で最も高く、Total-TEQ の約 70% を占めていた。

D. 考察

1 日あたりのダイオキシン類同族体の排泄率は糞便で摂取量の 2.4 ~ 29%、皮脂で

6.4 ~ 227% であった。Total-TEQ で見た糞便と皮脂の合計の排泄率は 51% で、同族体群の TEQ では 49.1 ~ 68.3% で Co-PCBs が最も高い排泄率だった。皮脂からの OCDD、2,3,7,8-TCDF、TCB の排泄が観察されたが、これらの同族体は腸内でよく吸収され、皮脂からよく排泄されやすいといえる。逆に 1,2,3,4,7,8-HxCDD と 1,2,3,7,8,9-HxCDF は腸内でよく吸収されるが、皮脂からは排泄されにくく、糞便と皮脂の合計でも排泄率は 20% に満たなかった。腸内を通過する消化物中のダイオキシン類に胆汁由来のダイオキシン類を考慮する必要がある。血液と胆汁のダイオキシン類濃度はほぼ等しいので血液中濃度から 1 日当たりの胆汁中に分泌される量を算出すると、 15.6 ± 4.7 pgTEQ/day となり、これと陰膳中における 1 日摂取量の総和を 100% として糞便からの排泄率を求めると、糞便へは Total-TEQ、各同族体群の TEQ いずれも 20% 未満しか排泄されず、80% 以上が吸収されると試算された。

3. PCB, HCB 等の暴露調査

分担研究者 飯田隆雄 福岡県保健環境研究所 部長

研究要旨：環境汚染問題で国内外に関心が高いダイオキシン類中の PCB 類、特に WHO 等で TEF が策定されている Mono-及び Di-ortho-PCBs を対象とし、PCBs が比較的蓄積されやすいと考えられるヒト肝臓及び脂肪組織中のレベルを調査した。その結果、すべての検体中で 2,2',3,4,4',5,5'-HpCB が最も高く、次いで、2,2',3,3',4,4',5-HpCB、2,3',4,4',5-PenCB、2,3,3',4,4',5-HexCB の順で高かった。肝臓中の総 Mono-及び Di-ortho-PCBs は脂肪組織中の約 1/15 であったが、脂肪重量あたりではほぼ同じであった。脂肪組織中の総 Mono-及び Di-ortho-PCBs の TEQ 換算値は肝臓中の約 17 倍で、脂肪重量あたりでは約 1.2 倍であった。

A. 研究目的

ダイオキシン類や一部の化学物質が微量で内分泌系を攪乱し、ヒトの健康に影響を与える危険性が指摘され、試験法の改良や基準の見直し等が国際的なレベ

ルで進んでいる。この問題は、科学的に未解明な点が多く、未だに確定試験法は確立されていない。これらの物質の正確なリスク評価や暴露評価を行うには、早急な試験法ならびに影響評価法の確立が

望まれる。我々は、平成 10,11 年度に続き、環境汚染問題で国内外に関心が高いダイオキシン類中の PCB 類、特に WHO 等で TEF が策定されている Mono-及び Di-ortho-PCBs を対象とし、PCBs が比較的蓄積されやすいと考えられるヒト肝臓及び脂肪組織中のレベルを調査した。

B. 研究方法

1) 材料

病理解剖により採取された肝臓及び腸間膜脂肪組織 (20 件) を分析対象とした。(倫理面への配慮) 剖検にあたって研究対象者に対する人権擁護上の配慮および研究方法による研究対象者に対する利益・不利益等の説明を遺族に対して行い、インフォ・ムドコンセントを得て、遺族の同意の署名を剖検承諾書へ記入していただいている。

2) 試薬

10 種類の PCBs 標準品は AccuStandard 社製を、内部標準物質には ¹³C₁₂ 標識 PC8s (Wellington 社製) を用いた。その他の試薬はダイオキシン分析用または残留農薬分析用を使用した。蒸留水はヘキサンで 1 回洗浄したものを使用した。

3) 方法

50mL の遠沈管に肝臓、脂肪組織及び内部標準物質を添加し、アセトン・ヘキサン (2:1) 20mL を加え、ポリトロン (キネマティカ社製) で攪拌抽出した後、10 分間遠心分離 (2500rpm) した。シャフトはアセトン・ヘキサン 30mL で洗い、残渣に加え、超音波抽出を 5 分間行い、同様に遠心分離した。アセトン・ヘキサン層は蒸留水 10mL を加え、洗浄し、その操作を 2 回繰り返した。残渣はアセトン・ヘキサン 10mL を用いて再抽出し、蒸留水 10mL で再度洗浄した。洗浄されたアセトン・ヘキサン層を合わせ、濃縮した後に脂肪重量を測定した。その後、抽出した試料を 5mL のヘキサンに溶解し、

濃硫酸 2mL で処理した。次に、10 分間遠心分離 (2500rpm) を行い、そのヘキサン層を 10% (w/w) 硝酸銀・シリカゲル 2g をヘキサンで乾式充填したカラムに流し、ヘキサン 100mL で溶出した。容出したヘキサンを 1mL に濃縮し、GC-MS を用いて分析した。

C. 研究結果

2000 年は肝臓 (20 件) 及び腸間膜脂肪組織 (20 件) を測定した。その結果を Table 1 に示す。1998、1999 年と同様、すべての検体中で 2,2',3,4,4',5,5'-HpCB が最も高く、次いで、2,2',3,3',4,4',5-HpCB、2,3',4,4',5-PenCB、2,3,3',4,4',5-HexCB の順で高かった。肝臓中の総 Mono-及び Di-ortho-PCBs は脂肪組織中の約 1/15 であったが、脂肪重量あたりではほぼ同じであった。TEQ に換算したデータを Table 2 に示す。TEQ 換算値で比較した場合も濃度で比較した場合と比べ、大きな変化はみられず、脂肪組織中の総 Mono-及び Di-ortho-PCBs の TEQ 換算値は肝臓中の約 17 倍で、脂肪重量あたりでは約 1.2 倍であった。Table 3 に肝臓および腸間膜脂肪組織中の各 Mono-及び Di-ortho PCBs の構成比を示す。数値に若干の差がみられるほかは 1998 および 1999 年の結果と比較しても大きな変化はみられなかった。それは、脂肪重量あたりに換算しても同じであった。

D. 考察

1998 年、1999 および 2000 年に分析を行った肝臓および腸管膜脂肪中の各 Mono-及び Di-ortho-PCBs の構成比の差はほとんどなく、おおむね、このような PCB 異性体がヒトの肝臓および脂肪中に普遍的に蓄積されているだろうと考えられる。今後、他のダイオキシン類 (PCDDs、PCDFs 及び Coplanar PCBs) の分析データと併せて総合的なリスク評価を行う必要がある。

4. TBT、重金属、有機塩素等の暴露調査

分担研究者 田辺信介 愛媛大学沿岸環境科学研究センター 教授

研究要旨：新たな環境汚染物質 tris (4-chlorophenyl) methane (TCPMe)および tris (4-chlorophenyl) methanol (TCPMOH)と、他の有機塩素化合物 (PCB、DDTs、HCHs、HCB、クロルデン化合物 [CHLs]) について日本人の汚染実態とその蓄積および排泄特性を理解するため、脂肪組織、肝臓、そして胆汁中に残留するこれら化学物質の濃度を測定した。日本人の脂肪組織からは TCPMe と TCPMOH が検出され、ヒトに対する継続的な曝露が示唆された。PCBs と DDTs も、脂肪組織と肝臓での残留を認めた。胆汁中の濃度は、脂肪組織および肝臓中の濃度と強い相関関係を示し、脂肪組織 - 胆汁と肝臓 - 胆汁間で平衡状態にあり、胆汁経由で排泄されていることが示唆された。また加齢による蓄積傾向は認められたが、性差はみられなかった。有機塩素化合物の胆汁排泄率を推算したところ、p,p'-DDE と TCPMe は相対的に低値を示し、これら物質の排泄には、オクタノール/水分配係数が関与しているものと考えられた。排泄率とオクタノール/水分配係数との間で得られた相関関係は、ダイオキシン類など他の脂肪親和性有機塩素化合物の胆汁排泄予測に適用可能と思われる。

A. 研究目的

PCBs、DDTs、そして HCHs などの有機塩素化合物は高い生物蓄積性を有し、ヒトや野生生物の健康に影響を及ぼすため、その汚染や毒性影響に関する研究が必須である。これら有機塩素化合物は、ヒト体内でエストロゲンやアンドロゲン様に作用して内分泌機能を攪乱するため、様々な生殖障害を引き起こすことが懸念されている。tris (4-chlorophenyl) methane (TCPMe)および tris (4-chlorophenyl) methanol (TCPMOH)は、最近になって検出された環境汚染物質である。これら化学物質は、DDT に構造が類似しており、エストロゲンおよびアンドロゲンレセプターの両方に強い結合能をもつことが指摘されている。In vivo でのこれら化合物の内分泌攪乱作用は明らかにされていないが、上記の報告は TCPMe と TCPMOH が比較的低濃度でエストロゲン様に作用することを示唆している。しかし、これら 2 つの化学物質の環境動態、とくにヒトへの曝露に関する研究例は極めて少ない。そこで他の有機塩素化合物 (PCB、DDTs、HCHs、HCB、クロルデン化合物 [CHLs]) とともに TCPMe と TCPMOH について日本人の汚染実態とその蓄積および排泄特性を理解するため、

脂肪組織、肝臓、そして胆汁中に残留するこれら化学物質の濃度を測定した。また、胆汁中の残留レベルから、これら化学物質の胆汁経由での排泄率を推算し、その物理化学的特性を基に他の有機塩素化合物の排泄特性を推定した。

B. 研究方法

病理解剖にて採取された脂肪、肝臓、胆汁 22 検体について、TCPMe と TCPMOH を含む有機塩素化合物を分析した。有機塩素化合物の分析は、試料をヘキサン・ジエチルエーテル混液で抽出、フロリシルドライカラムによる脱脂、フロリシルウエットカラムによる分画の後、GC-ECD により定量した。(倫理面への配慮) 剖検にあたって研究対象者に対する人権擁護上の配慮および研究方法による研究対象者に対する利益・不利益等の説明を遺族に対して行い、インフォ・ムドコンセントを得て、遺族の同意の署名を剖検承諾書へ記入していただいている。

C. 結果と考察

脂肪組織の残留パターンは、DDTs > PCBs > HCHs > CHLs > HCB > TCPMe > TCPMOH の順であった。脂肪組織中の

TCPMe と TCPMOH 濃度は、脂肪重当りでそれぞれ 2.7~44 (平均 18) ng/g と 0.28~31 (平均 12) ng/g であり、DDTs 濃度よりほぼ 2 桁低値であった。肝臓と胆汁中の TCPMe、TCPMOH そして他の有機塩素化合物の湿重量当りの濃度は、脂肪重当りに換算すると、ほぼ同レベルであった。肝臓の TCPMe と TCPMOH 濃度は、1.1~20 (平均 7.0) と <4.0~38 (平均 19) ng/g lipid wt. であった。胆汁中の TCPMe 濃度は、<5.0~62 (平均 17) ng/g lipid wt. であり、肝臓よりいくぶん高値を示したが、TCPMOH 濃度は検出限界以下であった。胆汁から TCPMe が検出されたことは、この物質が胆汁経路で排泄されることを暗示している。また脂肪組織の PCBs 濃度は 230~6600 (平均 2100) ng/g lipid wt. であり、日本人体内の PCBs 濃度が依然として高いことは、その影響が長期化することを懸念させる。また脂肪中 DDTs 濃度は 160~8100 (平均 2300) ng/g lipid wt. であり、分析した有機塩素化合物の中で最も高いレベルであっ

た。また TCPMe、TCPMOH、そして他の有機塩素化合物濃度は、男女とも加齢により増加傾向を示したが、性差は認められなかった。有機塩素化合物は脂肪親和性が高く、難分解性のため脂肪組織に強く残存する傾向がある。そこで、脂肪組織と胆汁中の濃度を用いて排泄率を推定した。その結果、有機塩素化合物の排泄率は、0.046 から 0.25% の範囲であった。p,p'-DDE は最も低い排泄率を示し、次いで -HCH、TCPMe、クロルデン化合物、そして PCBs の順であり、HCB は分析した有機塩素化合物の中で最も高い排泄率を示した。有機塩素化合物の排泄率は、体内おけるこれら物質の残留性と強く関係している。そこで、胆汁排泄率とオクタノール/水分配係数(K_{ow})との間の関係を調べたところ、TCPMe は、最も高い K_{ow} を有する脂肪親和性の物質であり、低い排泄率を示した。本研究でみられた排泄率と K_{ow} との相関関係は、ダイオキシン類など他の有機塩素化合物の胆汁排泄の予測に適用できると考えられた。