

目次

1 経緯	1
2 蓄積状況調査結果について	1
(1) トビ	1
(2) カワウ	2
(3) オウギハクジラ	3
(4) カズハゴンドウ	3
(5) スナメリ	4
(6) アカネズミ	4
(7) タヌキ	5
(8) 平成13年度蓄積状況調査結果のまとめ	6
3 影響調査結果について	12
(1) 調査対象	12
(2) 薬物代謝酵素活性	12
(3) 病理組織学的検査	12
(4) 内分泌学的検査	13
(5) 平成12,13年度影響調査結果のまとめ	13

野生生物のダイオキシン類蓄積状況及び影響調査結果について

ダイオキシン類による環境汚染の実態を把握するため、平成12年度に続き、鳥類(トビ、カワウ)、海棲哺乳類(オウギハクジラ、カズハゴンドウ、スナメリ)及び陸棲哺乳類(アカネズミ、タヌキ)について、ダイオキシン類の蓄積状況の調査を行った。また、新たに野生生物への影響に関する調査を行った。

1. 蓄積状況調査結果について

鳥類(カワウ)では他の生物に比較してダイオキシン類の蓄積量(湿重量あたり毒性等量)が高い個体が見られた。海棲哺乳類(オウギハクジラ、カズハゴンドウ、スナメリ)では、陸棲哺乳類(アカネズミ、タヌキ)に比較して、蓄積量が若干高かった。

経年的変化については、寿命の長い鳥類(トビ、カワウ)や海棲哺乳類(オウギハクジラ、スナメリ)では、ダイオキシン類の蓄積量に有意な変化は認められなかった。平成10年度以降の調査結果と比較すると、寿命の短いアカネズミでは、平成11年度に有意に蓄積量の減少したものの、平成12及び13年度における蓄積量は、平成11年からほぼ横ばいであった。

2. 影響調査結果について

ダイオキシン類の蓄積による影響について検討を行うため、薬物代謝酵素活性、病理組織学的変化、血中ホルモン濃度について、トビを用いて調査を行った。その結果、ダイオキシン類蓄積と薬物代謝酵素活性の間に相関関係は認められなかったが、病理組織学的変化については、例数は少ないもののダイオキシン類の蓄積量が高い個体にリンパ系組織の病変が認められた。また、血中ホルモン濃度については、コプラナーPCB濃度と甲状腺ホルモン濃度との間に相関関係を認めた。

今回の調査結果から、トビにおいてダイオキシン類蓄積による影響の指標として、血中の甲状腺ホルモン濃度、病理検査所見を活用できる可能性が示唆されたものの、今後、検体数を増やしてさらに調査する必要があると考えられた。

1 経緯

ダイオキシン類による問題は人の健康に関わる環境保全上の重要な課題であることから、広く生態系の問題として把握するために、野生生物への蓄積が環境汚染の指標の一つとして注目されている。

環境省では、平成 10 年度より野生生物へのダイオキシン類の蓄積状況について経年的に調査を実施しており、平成 12、13 年度には蓄積状況に加えて、影響を考慮する基礎資料とするためのバイオマーカー^{*}調査をトビについて実施した。

平成 13 年度の調査結果が取りまとめられたのでここに報告する。

2 蓄積状況調査結果について

平成 13 年度調査では、主に外洋で生活する生物としてオウギハクジラとカズハゴンドウ、主に沿岸で生活する生物としてスナメリ、主に沿岸から陸上にかけて生活する生物としてトビとカワウ、主に陸上で生活する生物としてアカネズミとタヌキの合計 7 生物を対象に蓄積状況調査を実施した。

(1) トビ

生息環境

国内各地の平地から山地で見られ、主に都市部から周辺の農耕地にかけて生息するが、山岳地帯でも水辺のそばに生息する。河川や湖、湿地の近く、港などの開水面に近い場所を好む。通常は餌場周辺で生活しており、移動距離は1～3km程度であるが、渡りあるいは分散の時期には約10kmまで広がる。

食性

肉食性で、中・小型哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、魚類、昆虫類、クモ類、ミミズなどを食べる。

個体数：20

採取方法：有害鳥獣駆除、学術捕獲等

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量（TEQ値）

算出方法：

- ・湿重量あたりの毒性等価係数（TEF）はWHO-TEF1998（鳥類）を使用
- ・参考として、WHO-TEF1998（哺乳類）を使用した値も併記

^{*} 生体に取り込まれた化学物質に反応して、体内に出現する物質であり、化学物質の影響の指標となるものであるが、ここではダイオキシン類の影響の指標と考えられる誘導酵素（CYP1A1）等を指す。

- ・ 定量下限値を下回る異性体については定量下限値の 1/2 として算出
 なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ 値も参考として表 2 に表示

分析方法：環境庁の「野生生物のダイオキシン類汚染状況調査マニュアル」平成10年度7月（以降、マニュアル）に基づき分析を行った。

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

- ・ ダイオキシン類を毒性等量（鳥類のTEF、括弧内は哺乳類のTEFで算出）で評価すると、

<筋肉：20検体>

平均値 16(15) pg-TEQ/g-湿重量、中央値 11(10) pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 3.6(3.2) ~ 44(45) pg-TEQ/g-湿重量

<肝臓：20検体>

平均値 32(30) pg-TEQ/g-湿重量、中央値 19(15) pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 5.7(4.7) ~ 160(170) pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値50(53)%、中央値51(55)%であった。

(2) カワウ

生息環境

主に沿岸、河川、湖沼に分布する。季節により採餌場所を変える傾向がある。繁殖期には、水辺近くの樹木に集団営巣することが多い。

食性

海水から淡水の、あまり深くない水辺で主に魚類を採餌する。

個体数：40

採取方法：有害鳥獣駆除等

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量（TEQ 値）

算出方法：

- ・ 湿重量あたりの毒性等価係数（TEF）はWHO-TEF1998（鳥類）を使用
- ・ 参考として、WHO-TEF1998（哺乳類）を使用した値も併記
- ・ 定量下限値を下回る異性体については定量下限値の 1/2 として算出
 なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ 値も参考として表 2 に表示

分析方法：（マニュアル参照）

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

- ・ ダイオキシン類を毒性等量（鳥類のTEF、括弧内は哺乳類のTEFで算出）で評価すると、

<筋肉：40 検体>

平均値 120(120) pg-TEQ/g-湿重量、中央値 90(98) pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 14(8.0) ~ 490(550) pg-TEQ/g-湿重量
であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値 80(83)%、
中央値 81(84)%であった。

(3) オウギハクジラ

生息環境

外洋性であり、斜面上の海域に生息する。分布はベーリング海南部から日本
海中部、房総およびカリフォルニア中部の亜寒帯から温帯と思われる。

食性

肉食性で、中層から深層(水深200-600m)で頭足類(イカなど)を採餌する。

個体数：5

採取方法：漂着死体(ストランディング)

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量(TEQ値)

算出方法：

- ・湿重量あたりの毒性等価係数(TEF)はWHO-TEF1998(哺乳類)を使用
- ・定量下限値を下回る異性体については定量下限値の1/2として算出

なお、定量下限値を下回る濃度を0及び定量下限値に1を乗じて換算した

TEQ値も参考として表2に表示

分析方法：(マニュアル参照)

調査結果(表1、表2、図1)：

- ・ダイオキシン類を毒性等量で評価すると、

<脂肪：5検体>

平均値 240 pg-TEQ/g-湿重量、中央値 190 pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 180 ~ 360 pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値98%、中央値97%
であった。

(4) カズハゴンドウ

生息環境

外洋性である。熱帯性であり、通常の分布は九州沿岸以南と考えられる。

食性

主に頭足類(イカなど)を食するが、底生魚類も採餌する。

個体数：5

採取方法：漂着死体(ストランディング)

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量(TEQ値)

算出方法：

- ・湿重量あたりの毒性等価係数(TEF)はWHO-TEF1998(哺乳類)を使用
- ・定量下限値を下回る異性体については定量下限値の1/2として算出

なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ値も参考として表 2 に表示

分析方法：（マニュアル参照）

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

・ダイオキシン類を毒性等量で評価すると、

<脂肪：5 検体>

平均値 56 pg-TEQ/g-湿重量、中央値45 pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 24～130 pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値83%、中央値84%であった。

（ 5 ）スナメリ

生息環境

沿岸性であり、水深が50mより浅く、砂底の海域に生息する。

食性

群集性の小魚、浅海の頭足類を食べる。

個体数：10

採取方法：漂着死体（ストランディング）

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量（TEQ値）

算出方法：

・湿重量あたりの毒性等価係数（TEF）はWHO-TEF1998（哺乳類）を使用

・定量下限値を下回る異性体については定量下限値の 1/2 として算出

なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ値も参考として表 2 に表示

分析方法：（マニュアル参照）

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

・ダイオキシン類を毒性等量で評価すると、

<脂肪：10検体>

平均値 110 pg-TEQ/g-湿重量、中央値 110 pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 30～290 pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値91%、中央値91%であった。

（ 6 ）アカネズミ

生息環境

低地から高山帯の森林に生息する。社寺林、農地周辺の森林、河川敷などにも分布する。行動範囲は数haである。

食性

雑食性で、草本の根茎部、種子や木の実、昆虫類などを食べる。

個体数：20

採取方法：ワナ捕獲

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量（TEQ値）

算出方法：

- ・湿重量あたりの毒性等価係数（TEF）はWHO-TEF1998（哺乳類）を使用
 - ・定量下限値を下回る異性体については定量下限値の 1/2 として算出
- なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ値も参考として表 2 に表示

分析方法：（マニュアル参照）

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

- ・ダイオキシン類を毒性等量で評価すると、

<全身：20検体>

平均値 1.6 pg-TEQ/g-湿重量、中央値 1.2 pg-TEQ/g-湿重量、

検出範囲 0.80～3.9 pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値18%、中央値15%

であった。

（7）タヌキ

生息環境

平地から亜高山帯までの林や林縁、里山に生息する。郊外の住宅地に現れることもある。

食性

雑食性で果実、堅果、穀類、昆虫類、ミミズ、甲殻類、ヘビ、カエル、ノネズミ類、鳥類を食べる。甲虫の幼虫やミミズなどの土壌動物の採食量が比較的多い。行動範囲は都市近郊では狭いが山間部では広く、数十ha～数百ha程度である。

個体数：10

採取方法：死後回収された個体

測定項目：ダイオキシン類；濃度、毒性等量（TEQ値）

算出方法：

- ・湿重量あたりの毒性等価係数（TEF）はWHO-TEF1998（哺乳類）を使用
 - ・定量下限値を下回る異性体については定量下限値の 1/2 として算出
- なお、定量下限値を下回る濃度を 0 及び定量下限値に 1 を乗じて換算した TEQ値も参考として表 2 に表示

分析方法：（マニュアル参照）

調査結果（表 1、表 2、図 1）：

- ・ダイオキシン類を毒性等量で評価すると、

<脂肪：10検体>

平均値 18 pg-TEQ/g-湿重量、中央値 18 pg-TEQ/g-湿重量、
検出範囲 9.3~26 pg-TEQ/g-湿重量

であった。

なお、コプラナーPCBの総TEQ値に占める割合は、平均値57%、中央値56%
であった。

(8) 平成13年度蓄積状況調査結果のまとめ

ダイオキシン類の蓄積量を調査結果(表2)及び平成10年度からの蓄積状況(図2)に基づき毒性等量で評価すると、鳥類のカワウで他の生物に比較して蓄積量(湿重量あたり)が高い個体が見られた。哺乳類では、海棲哺乳類(オウギハクジラ、カズハゴンドウ、スナメリ)が陸棲哺乳類(アカネズミ、タヌキ)に比較し、蓄積量が高かった。

蓄積量の経年変化についてみると(図2)、寿命が長い海棲哺乳類では濃度の減少は見られなかった。比較的寿命が短く、陸棲であるアカネズミでも、10年度調査結果と比較すると11年度に有意に蓄積量が減少したものの、平成12及び平成13年における蓄積量は、平成11年度からほぼ横ばいであった。

今後も、野生生物における蓄積状況を把握するため、試料の年齢や性別等の構成に留意しつつ、種の寿命や生息環境等の生態特性を勘案し、適切な生物種において経年変化等を観察することが重要である。

表1 平成13年度 野生生物のダイオキシン類蓄積状況調査結果

(湿重量当たり毒性等量)

(鳥類の括弧内は哺乳類のTEFで計算した値)

(定量下限未満の値は、定量下限値の1/2で換算)

種名	脂肪含量	単位	PCDDs	PCDFs	PCDDs+PCDFs	Coplanar PCBs	PCDDs+PCDFs+Co-PCBs
			pgTEQ/g	pgTEQ/g	pgTEQ/g	pgTEQ/g	pgTEQ/g
トビ (筋肉) N=20	平均値	6.2	4.0 (4.4)	2.1 (1.1)	6.1 (5.5)	9.6 (9.6)	16 (15)
	中央値	6.0	2.3 (2.7)	2.0 (1.1)	4.5 (3.7)	6.5 (6.8)	11 (10)
	最大値	9.9	24 (27)	4.4 (2.3)	27 (28)	31 (33)	44 (45)
	最小値	4.7	0.35 (0.37)	0.43 (0.21)	0.78 (0.58)	2.9 (2.6)	3.6 (3.2)
(肝臓) N=20	平均値	5.3	12 (15)	8.9 (4.7)	21 (20)	10 (10)	32 (30)
	中央値	4.7	4.5 (5.5)	6.2 (3.2)	11 (8.7)	7.8 (7.3)	19 (15)
	最大値	11	110 (140)	26 (13)	140 (150)	38 (38)	160 (170)
	最小値	3.6	0.85 (0.94)	2.0 (0.88)	2.8 (1.8)	2.2 (2.1)	5.7 (4.7)
カワウ (筋肉) N=40	平均値	4.1	11 (12)	10 (5.4)	21 (17)	97 (110)	120 (120)
	中央値	4.1	9.4 (10)	9.1 (4.8)	19 (15)	72 (84)	90 (98)
	最大値	6.5	40 (43)	37 (20)	77 (63)	430 (500)	490 (550)
	最小値	1.5	1.6 (1.6)	1.3 (0.59)	2.8 (2.2)	11 (5.7)	14 (8.0)
オウギハクジラ (脂肪) N=5	平均値	82	1.8	3.7	5.5	230	240
	中央値	81	1.7	3.5	5.2	180	190
	最大値	86	2.5	5.1	7.6	350	360
	最小値	80	1.4	2.8	4.1	170	180
カズハゴンドウ (脂肪) N=5	平均値	61	1.6	4.8	6.4	49	56
	中央値	62	1.7	5.1	6.9	38	45
	最大値	67	2.0	5.7	7.6	130	130
	最小値	56	0.76	3.3	4.1	18	24
スナメリ (脂肪) N=10	平均値	73	4.3	4.8	9.1	100	110
	中央値	76	4.3	4.7	9.8	95	110
	最大値	92	7.0	8.5	14	280	290
	最小値	28	1.0	1.3	2.4	27	30
アカネズミ (全身) N=20	平均値	3.3	0.67	0.51	1.2	0.42	1.6
	中央値	3.1	0.68	0.35	1.0	0.16	1.2
	最大値	5.3	0.93	1.62	2.1	2.1	3.9
	最小値	1.9	0.48	0.22	0.78	0.028	0.80
タヌキ (脂肪) N=10	平均値	73	4.4	3.4	7.8	10	18
	中央値	73	4.3	3.1	7.5	9.9	18
	最大値	88	6.4	5.1	12	17	26
	最小値	58	2.2	2.4	4.6	4.7	9.3

表2 - 1 平成13年度 野生生物のダイオキシン類蓄積状況調査結果
 (湿重量当たり毒性等量)
 (鳥類の括弧内は哺乳類のTEFで計算した値)

種名	調査対象物質	単位	注)	平均値	中央値	最大値	最小値
トビ (筋肉) N=20	脂肪含量	%		6.2	6.0	9.9	4.7
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	4.0 (4.4)	2.3 (2.7)	24 (27)	0.35 (0.36)
			ND=1/2*QL	4.0 (4.4)	2.3 (2.7)	24 (27)	0.35 (0.37)
			ND=1*QL	4.0 (4.4)	2.3 (2.7)	24 (27)	0.36 (0.38)
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	2.0 (1.1)	2.0 (1.1)	4.3 (2.2)	0.36 (0.18)
			ND=1/2*QL	2.1 (1.1)	2.0 (1.1)	4.4 (2.3)	0.43 (0.21)
			ND=1*QL	2.1 (1.1)	2.1 (1.1)	4.5 (2.3)	0.51 (0.24)
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	6.1 (5.5)	4.4 (3.7)	27 (28)	0.70 (0.54)	
		ND=1/2*QL	6.1 (5.5)	4.5 (3.7)	27 (28)	0.78 (0.58)	
		ND=1*QL	6.2 (5.5)	4.6 (3.8)	28 (28)	0.87 (0.62)	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	9.6 (9.6)	6.5 (6.8)	31 (33)	2.9 (2.6)	
		ND=1/2*QL	9.6 (9.6)	6.5 (6.8)	31 (33)	2.9 (2.6)	
		ND=1*QL	9.6 (9.6)	6.5 (6.8)	31 (33)	2.9 (2.6)	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	16 (15)	11 (10)	44 (45)	3.6 (3.2)	
		ND=1/2*QL	16 (15)	11 (10)	44 (45)	3.6 (3.2)	
		ND=1*QL	16 (15)	12 (10)	44 (45)	3.7 (3.2)	
(肝臓) N=20	脂肪含量	%		5.3	4.7	11	3.6
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	12 (15)	4.4 (5.4)	110 (140)	0.0033 (0.022)
			ND=1/2*QL	12 (15)	4.5 (5.5)	110 (140)	0.85 (0.94)
			ND=1*QL	13 (15)	4.7 (5.7)	110 (140)	1.7 (1.9)
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	8.2 (4.5)	5.4 (3.1)	25 (13)	1.2 (0.62)
			ND=1/2*QL	8.9 (4.7)	6.2 (3.2)	26 (13)	2.0 (0.88)
			ND=1*QL	9.5 (4.9)	6.9 (3.4)	26 (14)	2.7 (1.1)
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	21 (19)	11 (8.4)	140 (150)	1.2 (0.65)	
		ND=1/2*QL	21 (20)	11 (8.7)	140 (150)	2.8 (1.8)	
		ND=1*QL	22 (20)	12 (9.2)	140 (150)	4.4 (3.0)	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	10 (10)	7.8 (7.3)	38 (38)	2.2 (2.1)	
		ND=1/2*QL	10 (10)	7.8 (7.3)	38 (38)	2.2 (2.1)	
		ND=1*QL	10 (10)	7.8 (7.3)	38 (38)	2.2 (2.1)	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	31 (30)	18 (15)	160 (170)	4.2 (3.5)	
		ND=1/2*QL	32 (30)	19 (15)	160 (170)	5.7 (4.7)	
		ND=1*QL	33 (30)	20 (16)	160 (170)	7.3 (5.9)	
カワウ (筋肉) N=40	脂肪含量	%		4.1	4.1	6.5	1.5
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	11 (12)	9.4 (10)	40 (43)	1.5 (1.6)
			ND=1/2*QL	11 (12)	9.4 (10)	40 (43)	1.6 (1.6)
			ND=1*QL	11 (12)	9.4 (10)	40 (43)	1.6 (1.7)
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	10 (5.4)	9.1 (4.8)	37 (20)	1.2 (0.53)
			ND=1/2*QL	10 (5.4)	9.1 (4.8)	37 (20)	1.3 (0.59)
			ND=1*QL	10 (5.4)	9.1 (4.8)	37 (20)	1.4 (0.66)
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	21 (17)	19 (15)	77 (63)	2.8 (2.1)	
		ND=1/2*QL	21 (17)	19 (15)	77 (63)	2.8 (2.2)	
		ND=1*QL	21 (17)	19 (15)	77 (63)	2.9 (2.3)	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	97 (110)	72 (84)	430 (500)	11 (5.7)	
		ND=1/2*QL	97 (110)	72 (84)	430 (500)	11 (5.7)	
		ND=1*QL	97 (110)	72 (84)	430 (500)	11 (5.7)	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	120 (120)	90 (98)	490 (550)	14 (7.9)	
		ND=1/2*QL	120 (120)	90 (98)	490 (550)	14 (8.0)	
		ND=1*QL	120 (120)	90 (98)	490 (550)	14 (8.0)	
オウギハ クジラ (脂肪) N=5	脂肪含量	%		82	81	86	80
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	1.8	1.7	2.5	1.4
			ND=1/2*QL	1.8	1.7	2.5	1.4
			ND=1*QL	1.8	1.7	2.5	1.4
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	3.7	3.5	5.1	2.8
			ND=1/2*QL	3.7	3.5	5.1	2.8
			ND=1*QL	3.7	3.5	5.1	2.8
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	5.5	5.2	7.6	4.1	
		ND=1/2*QL	5.5	5.2	7.6	4.1	
		ND=1*QL	5.5	5.2	7.6	4.1	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	230	180	350	170	
		ND=1/2*QL	230	180	350	170	
		ND=1*QL	230	180	350	170	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	240	190	360	180	
		ND=1/2*QL	240	190	360	180	
		ND=1*QL	240	190	360	180	

注) ND=0*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を0として扱った場合
 ND=1/2*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を定量下限値に1/2を乗じて換算した場合
 ND=1*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を定量下限値に1を乗じて換算した場合

表 2 - 2 平成13年度 野生生物のダイオキシン類蓄積状況調査結果
 (湿重量当たり毒性等量)
 (鳥類の括弧内は哺乳類のTEFで計算した値)

種名	調査対象物質	単位	*注)	平均値	中央値	最大値	最小値
カスハコ ンドウ (脂肪) N=5	脂肪含量	%		61	62	67	56
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	1.6	1.7	2.0	0.71
			ND=1/2*QL	1.6	1.7	2.0	0.76
			ND=1*QL	1.6	1.7	2.0	0.81
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	4.8	5.1	5.7	3.3
			ND=1/2*QL	4.8	5.1	5.7	3.3
			ND=1*QL	4.8	5.1	5.8	3.3
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	6.3	6.9	7.5	4.0	
		ND=1/2*QL	6.4	6.9	7.6	4.1	
		ND=1*QL	6.4	6.9	7.6	4.2	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	49	38	130	18	
		ND=1/2*QL	49	38	130	18	
		ND=1*QL	49	38	130	18	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	56	45	130	24	
		ND=1/2*QL	56	45	130	24	
		ND=1*QL	56	45	130	24	
スナメリ (脂肪) N=10	脂肪含量	%		73	76	92	28
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	4.3	4.3	7.0	0.97
			ND=1/2*QL	4.3	4.3	7.0	1.0
			ND=1*QL	4.3	4.3	7.0	1.1
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	4.8	4.7	8.5	1.3
			ND=1/2*QL	4.8	4.7	8.5	1.3
			ND=1*QL	4.8	4.7	8.5	1.3
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	9.0	9.7	14	2.3	
		ND=1/2*QL	9.1	9.8	14	2.4	
		ND=1*QL	9.1	9.8	14	2.4	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	100	95	280	27	
		ND=1/2*QL	100	95	280	27	
		ND=1*QL	100	95	280	27	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	110	110	290	30	
		ND=1/2*QL	110	110	290	30	
		ND=1*QL	110	110	290	30	
アカネズミ (全身) N=20	脂肪含量	%		3.3	3.1	5.3	1.9
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	0.0051	0.000035	0.054	0.0
			ND=1/2*QL	0.67	0.68	0.93	0.48
			ND=1*QL	1.3	1.4	1.9	0.91
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	0.30	0.065	1.6	0.0
			ND=1/2*QL	0.51	0.35	1.6	0.22
			ND=1*QL	0.72	0.57	1.7	0.43
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	0.31	0.081	1.6	0.0	
		ND=1/2*QL	1.2	1.0	2.1	0.78	
		ND=1*QL	2.1	2.0	2.6	1.5	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	0.40	0.16	2.1	0.0	
		ND=1/2*QL	0.42	0.16	2.1	0.028	
		ND=1*QL	0.43	0.16	2.1	0.054	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	0.71	0.23	3.3	0.0	
		ND=1/2*QL	1.6	1.2	3.9	0.80	
		ND=1*QL	2.5	2.3	4.5	1.6	
タヌキ (脂肪) N=10	脂肪含量	%		73	73	88	58
	PCDDs	pgTEQ/g	ND=0*QL	4.4	4.3	6.4	2.2
			ND=1/2*QL	4.4	4.3	6.4	2.2
			ND=1*QL	4.4	4.3	6.5	2.2
	PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	3.3	3.1	5.1	2.4
			ND=1/2*QL	3.3	3.1	5.1	2.4
			ND=1*QL	3.4	3.1	5.1	2.4
PCDDs+PCDFs	pgTEQ/g	ND=0*QL	7.8	7.5	11	4.6	
		ND=1/2*QL	7.8	7.5	12	4.6	
		ND=1*QL	7.8	7.5	12	4.6	
Coplanar PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	10	9.9	17	4.7	
		ND=1/2*QL	10	9.9	17	4.7	
		ND=1*QL	10	9.9	17	4.7	
PCDDs+PCDFs+Co-PCBs	pgTEQ/g	ND=0*QL	18	18	26	9.3	
		ND=1/2*QL	18	18	26	9.3	
		ND=1*QL	18	18	26	9.3	

*注) ND=0*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を0として扱った場合
 ND=1/2*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を定量下限値に1/2を乗じて換算した場合
 ND=1*QL : 定量下限 (QL) 未満の数値を定量下限値に1を乗じて換算した場合

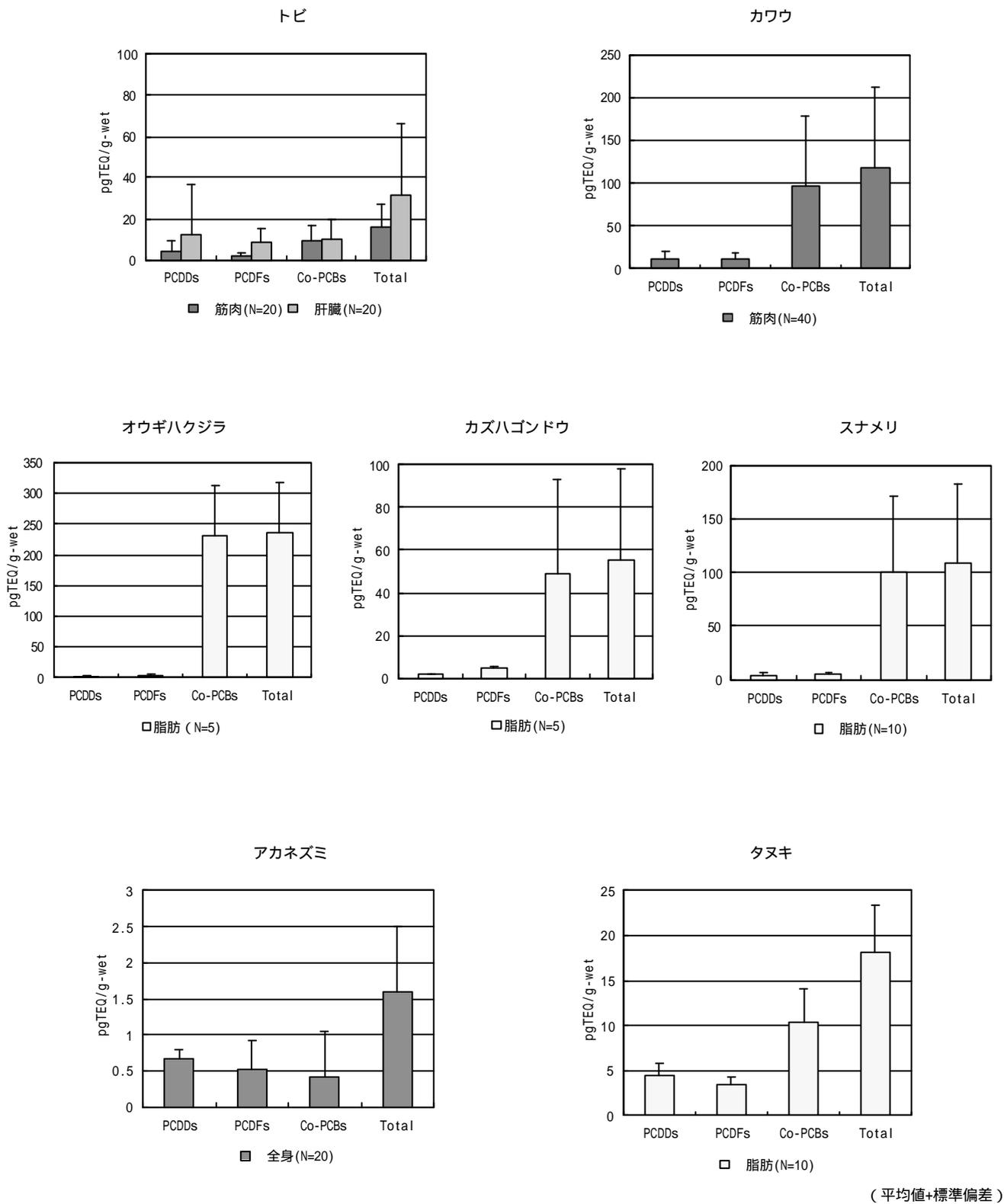
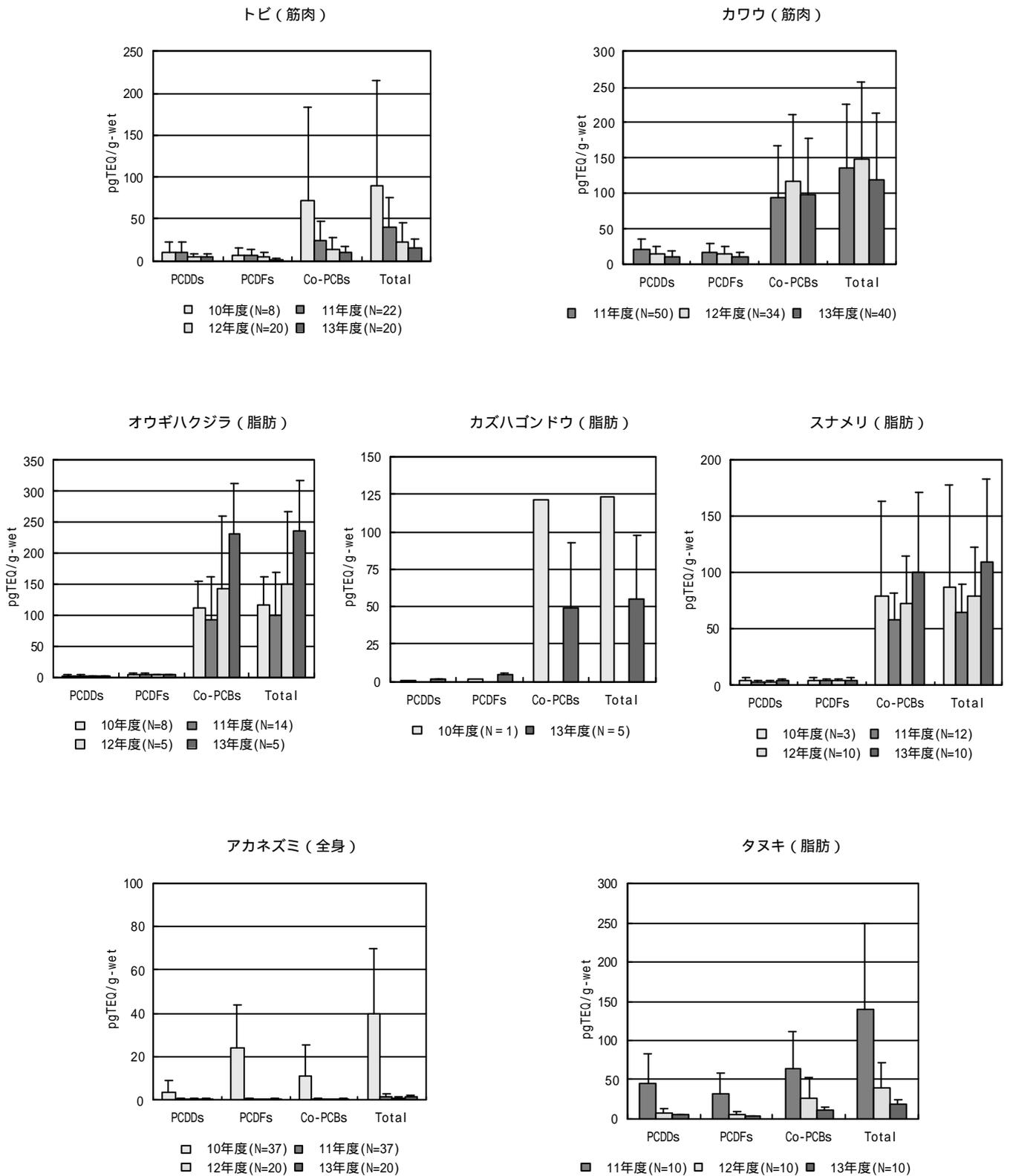


図1 野生生物ダイオキシン類蓄積濃度
 (湿重量当たり毒性等量)
 (定量下限未満の値は、定量下限値の1/2で換算)



(平均値+標準偏差)

図2 平成10年度からの蓄積状況
 (湿重量当たり濃度)
 (定量下限未満の値は、定量下限の1/2で換算)

3 影響調査結果について

平成 12 年度と平成 13 年度に、ダイオキシン類の蓄積による影響について検討を行うため、トビを用いて、薬物代謝酵素活性測定、病理組織学的変化、内分泌学的検査の 3 種類のバイオマーカー調査を行った。

(1) 調査対象

対象種：トビ

個体数：40羽（蓄積量調査2年分）および参考試料33羽

採取方法：有害鳥獣駆除、学術捕獲等

(2) 薬物代謝酵素活性

ダイオキシン類は生体内に入るとAh受容体を介してチトクロームP450(CYP)など複数遺伝子の転写活性化を促し、さまざまな毒性影響を惹起する。CYPに依存する薬物代謝酵素活性は、Ah受容体を介した作用の強さの指標となると考えられる。

測定項目：肝臓中のCYP依存酵素活性(AROD活性；alkoxyresorufin O-dealkylase 活性)すなわちEROD (ethoxyresorufin O-deethylase) 活性、PROD (pentoxyresorufin O-depenethylase) 活性、MROD (methoxyresorufin O-demethylase) 活性、BROD (benzyloxyresorufin O-debenzylase) 活性
測定方法：ケネディらの方法^{*}に準拠した。

調査結果(表3、図3)：平均活性値はEROD>PROD BROD>MRODの順であった。肝臓中のダイオキシン類の毒性等量(TEQ値)とこれらのAROD活性との間には、ほとんどの異性体において有意な相関関係は認められなかった。また、酵素活性阻害試験の結果、トビではCYP1B1様酵素がAROD活性を触媒していると推測された。

(3) 病理組織学的変化

ダイオキシン類の毒性影響で種々の臓器に形態学的変化が生じることが研究者より報告されている。形態学的変化はダイオキシン類の影響の指標となると考えられる。

対象臓器：生殖器、甲状腺、その他主要臓器^{**}

方法：ヘマトキシリン-エオジン染色標本を光学顕微鏡下で観察

調査結果(表4、図4)：ダイオキシン類蓄積量が高い個体で脾臓やその他のリンパ系組織の活性化の程度が高いものがあり、また、甲状腺濾胞上皮過形成が認められた個体もあった。生殖器では、4羽のオスで右の精巢

^{*} Kennedy, S. W., Jones, S. P. and Bastien, L. J. (1995) Efficient analysis of cytochrome P450A catalytic activity, porphyrins, and total proteins in chicken embryo hepatocyte cultures with a fluorescence plate reader. Analytical Biochemistry, 226, 362-370.

^{**} 心臓、肺、脾臓、腎臓、胃、腸、膵臓など。

が極端に小さいか欠損している変化が認められた他、2羽のメスの卵巣に精巣輸出管様構造が認められ、これは発生の過程で生じた中腎細管の遺残物と考えられた。甲状腺や生殖器の変化は例数が少なく、ダイオキシン類蓄積との関連性は見出せなかった。

(4) 内分泌学的検査

ダイオキシン類が甲状腺や生殖腺などの内分泌機能に影響を与えることが研究者より報告されている。こうした機能を反映する血中ホルモン濃度は、ダイオキシン類の影響の指標となると考えられる。

測定項目：甲状腺ホルモン（トリヨードサイロニン：T3、遊離T3：FT3、サイロキシン：T4、遊離T4：FT4）および性ホルモン（テストステロン、エストラジオール、プロジェステロン）の血中濃度

測定方法：ラジオイムノアッセイ

調査結果（表5、図5、図6）：肝臓中のダイオキシン類の毒性等量とT4、FT4の濃度との間に負の相関関係が認められた。この関係はコプラナーPCBの毒性等量についても同様に認められ、PCDDs + PCDFsの毒性等量はFT4の濃度との間に負の相関関係が認められた。またコプラナーPCBの濃度とT3濃度との間には正の相関関係が認められた。

(5) 平成12, 13年度影響調査結果のまとめ

今回の調査では、トビの肝臓のダイオキシン類毒性等量と薬物代謝酵素活性との間に相関関係はみられなかった。これはダイオキシン類の蓄積量が肝臓のAROD活性に影響を及ぼすレベルに達していなかったためと考えられた。

病理組織学的変化では、例数は少ないがダイオキシン類の蓄積量の高い個体でリンパ系組織に変化が認められた個体があった。なお、生殖器への影響の検討のためには、生殖器が大きくなり微細な変化が見やすくなる繁殖期の試料の検査が必要と考えられた。

内分泌学的検査では、ダイオキシン類がトビの甲状腺ホルモンに影響を与えている可能性が示された。

今回の調査結果からは、トビにおいてダイオキシン類蓄積による影響の指標として、血中の甲状腺ホルモン濃度及び病理組織学的変化が影響の指標として利用できる可能性が示唆された。また、ダイオキシン類の蓄積と薬物代謝酵素活性誘導に関して、今回の調査対象であるトビについては、有意な相関を認めなかった。

今後、これらの指標について、繁殖期の状況や他種の鳥類の状況、また他の器官への影響などについてさらに検体数を増やして調査が必要と考えられる。

表3 トビ肝臓の薬物代謝酵素活性 検出範囲

	タンパク含量	MROD活性	EROD活性	PROD活性	BROD活性
	(mg/ml microsome)	(pmol/min/mg protein)			
平均値	13	11	130	41	39
中央値	13	10	120	39	34
最大値	17	26	360	110	120
最小値	5.7	3.7	19	0.85	1.2

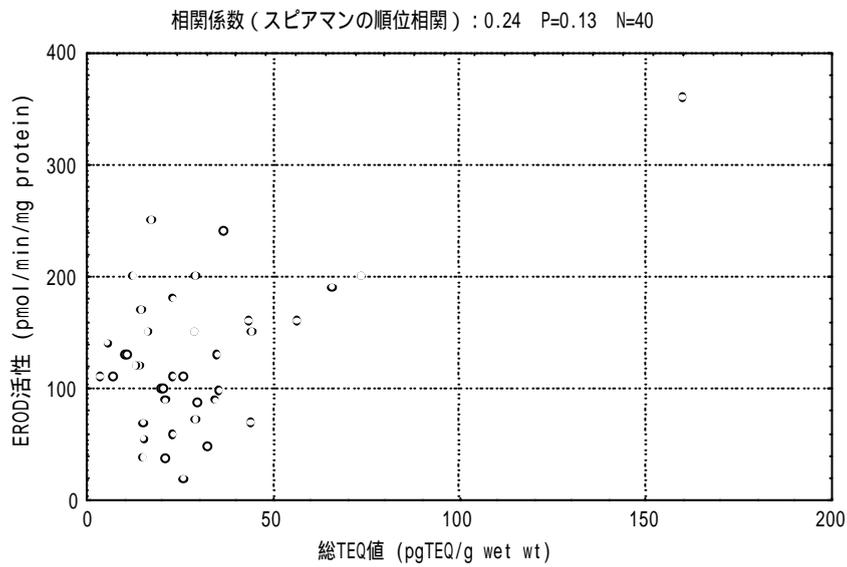


図3 トビの肝臓中ダイオキシン類蓄積量 (毒性等量) と薬物代謝酵素活性 (EROD活性) の関係

表4 トビの病理組織学的検査結果まとめ

臓器	検査数	病変が認められた個体数	主な病変 ()内は個体数
脾臓	61	41	リンパ濾胞の拡張* 軽度(34) 中程度(4) 重度(1) リンパ濾胞の萎縮(1) 壊死巣(1)
甲状腺	63	4	濾胞上皮過形成(1) 濾胞拡張(1) 細胞浸潤(1) 小肉芽腫(1)
生殖器 オス	43	4	右精巣が小さいまたは欠損
メス	30	2	精巣輸出管様構造
その他 (腸管や気管周囲)	63	21	リンパ組織における濾胞の拡張* 軽度(18) 中程度(2) 重度(1)

* 病変の程度の基準 (50倍視野)

軽度：腫大した小型濾胞3-5個および中型濾胞1-2個

中程度：腫大した中型濾胞3-5個および大型濾胞1-2個

重度：腫大した中～大型濾胞がそれ以上ある

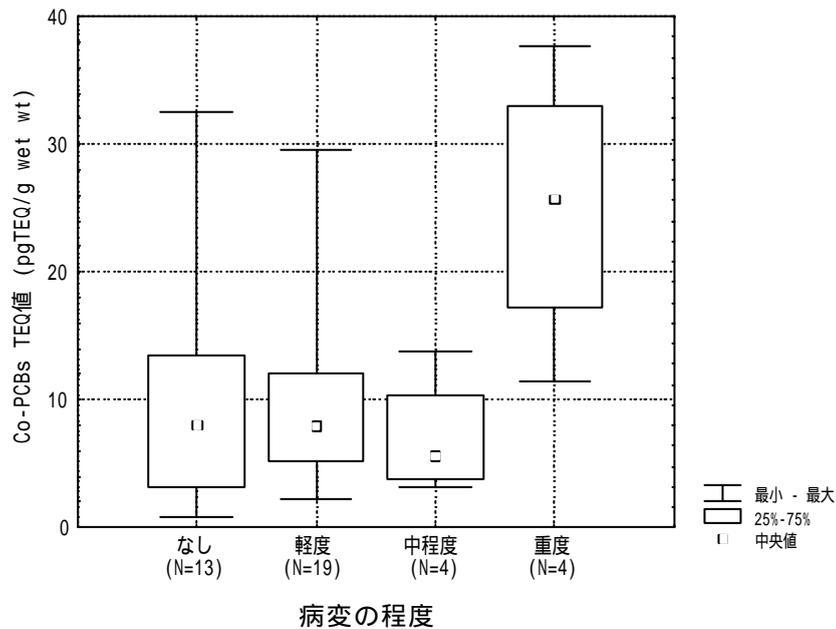


図4 トビのリンパ系組織の病変の程度と肝臓中のコプラナーPCB濃度

表5 トビ血中ホルモン濃度 検出範囲

成鳥	甲状腺ホルモン				性ホルモン		
	T3 (ng/dl)	FT3 (pg/ml)	T4 (μ g/dl)	FT4 (ng/dl)	Test (pg/ml)	E2 (pg/ml)	P4 (ng/ml)
平均値	89	2.84	1.1	0.77	69	67	3.9
M	98	2.96	1.3	0.85	50	53	2.9
F	82	2.72	0.9	0.69	93	82	4.8
中央値	78	2.81	1.0	0.75	60	29	3.3
M	84	2.81	1.3	0.87	54	63	3.3
F	68	2.77	0.9	0.67	95	14	4.5
最大値	196	5.33	1.7	1.26	151	314	8.5
M	196	5.33	1.7	1.26	76	101	3.5
F	153	3.21	1.2	1.16	151	314	8.5
最小値	31	1.64	0.6	0.22	22	0.10	1.4
M	31	1.64	1.0	0.44	22	0.10	1.4
F	50	2.13	0.6	0.22	43	0.21	2.3
測定数	11	12	11	12	16	12	12
M	5	6	5	6	9	6	6
F	6	6	6	6	7	6	6

若鳥、幼鳥	甲状腺ホルモン				性ホルモン		
	T3 (ng/dl)	FT3 (pg/ml)	T4 (μ g/dl)	FT4 (ng/dl)	Test (pg/ml)	E2 (pg/ml)	P4 (ng/ml)
平均値	109	3.40	1.3	0.83	59	37	3.5
M	114	3.46	1.2	0.86	59	30	2.6
F	102	3.31	1.3	0.78	60	45	4.7
中央値	109	3.49	1.1	0.70	50	30	2.4
M	117	3.56	1.1	0.80	59	9.3	1.6
F	103.5	3.47	1.4	0.62	46	35	3.5
最大値	170	4.65	2.2	1.82	151	132	10.8
M	170	4.65	1.9	1.72	107	132	8.3
F	159	4.56	2.2	1.82	151	117	10.8
最小値	41	1.46	0.5	0.24	22	0.02	0.2
M	41	1.46	0.5	0.24	25	0.02	0.2
F	49	1.83	0.6	0.30	22	0.32	0.3
測定数	41	42	40	42	42	31	41
M	23	24	23	24	24	16	23
F	18	18	17	18	18	15	18

M: オス F:メス

T3: トリヨードサイロニン FT3: 遊離T3 T4: サイロキシン FT4: 遊離T4

Test: テストステロン E2: エストラジオール P4: プロジェステロン

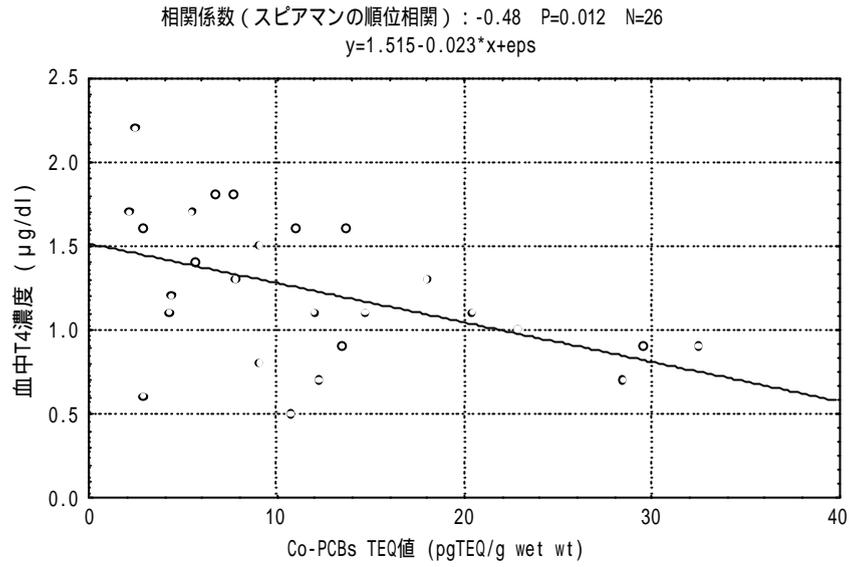


図5 トビの肝臓中コプラナーPCBの毒性等量と血中T4濃度の関係

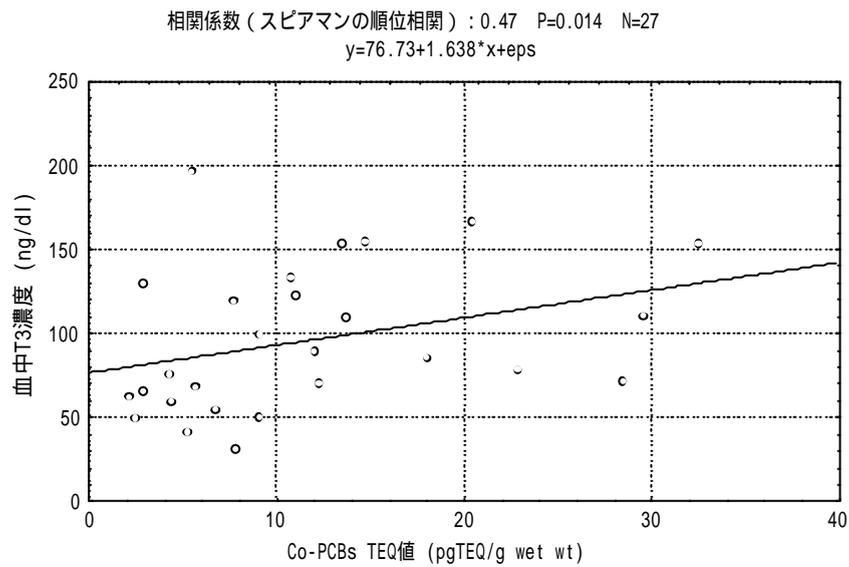


図6 トビの肝臓中コプラナーPCB毒性等量と血中T3濃度の関係