

野生生物のダイオキシン類蓄積状況等

調査マニュアル

野生生物のダイオキシン類蓄積状況及び影響調査検討会

検討委員

井口 泰泉	岡崎国立共同研究機構 統合バイオサイエンスセンター教授
(座長) 大井 玄	東京大学名誉教授
大島 康行	(財)自然環境研究センター理事長
杉森 文夫	(財)山階鳥類研究所 広報室長
田辺 信介	愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授
坪田 敏男	岐阜大学農学部教授
羽山 伸一	日本獣医畜産大学 野生動物学講師
藤瀬 良弘	(財)日本鯨類研究所研究部長
皆川 康雄	特定非営利活動法人 野生動物救護獣医師協会事務局
森 千里	千葉大学大学院医学研究院教授
安野 正之	滋賀県立大学環境科学部教授
山田 格	国立科学博物館分館 動物第一研究室長

執筆協力者

岩田 久人	愛媛大学沿岸環境科学研究センター
岩見 恭子	千葉大学文学部認知情報科学講座
久保田 彰	愛媛大学沿岸環境科学研究センター
茂田 良光	(財)山階鳥類研究所 標識研究室研究員
玉田 克巳	北海道環境科学研究センター 道東地区野生生物室
橋本 俊次	独立行政法人 国立環境研究所
瀨田 典明	三浦工業株式会社 三浦環境科学研究所
福田 道雄	東京都葛西臨海水族園
吉田 英可	(財)日本鯨類研究所

1 総論

1-1 野生生物の調査の意義

1976年、イタリアのセブソで発生した工場爆発事故では、250g～300g（推定値）の2,3,7,8-TCDDが環境中に放出され、ウサギ、ネコ、ネズミ、ウシなど多数の動物が死亡した。一方、地域住民には爆発の2日後に症状が出始め、特に小児に多数の塩素ざそう（クロロアクネ）の症状が観察されている。

これまでのダイオキシン類による一般環境汚染の事故例では、人に影響が出る前に野生動物や家畜に影響が見られている。このように、化学物質の影響が人間に出現する前に、野生動物に症状が出現することがあることがこれまでに様々な場面で観察されている。

このことは、自然界すなわち地球生態系にある生物を調査研究することは、直接人間の健康に関係ないように思われても、環境からの影響を予見するという観点から重要であることを示している。特に、ダイオキシン類をはじめとする有機塩素系化学物質は、生物濃縮により食物連鎖の高次にある哺乳類などへ世代を越えて高濃度に蓄積すると考えられている。人も自然の食物連鎖の高次に位置する生物であるため、化学物質の野生生物への影響を評価することは、人への影響を評価するにあたって有用であると考えられる。

また、環境基本法及び環境基本計画においても明らかなように、野生生物への影響を防止すること自体が環境保全上の重要な目的であり、このことは平成14年に鳥獣保護及狩猟二関スル法律が改正されて成立した鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律でも配慮されている。こうした観点からも野生生物の調査研究への取組を進める必要がある。

人間活動による野生生物の種の減少が急速に進み、野生生物の保護が国際的に緊急に取り組むべき課題となっている。これまでは生息環境の破壊、乱獲、侵入種の影響、餌不足などの観点から、野生生物の個体数減少の原因が研究されてきたが、化学物質の影響という観点からの調査研究は必ずしも十分に行われていなかった。

このような中、重金属類やダイオキシン類など環境中に存在するいくつかの化学物質が、動物の体内のホルモン作用を攪乱することを通じて、生殖機能や免疫機能を阻害したり、奇形や悪性腫瘍を引き起こすなどの悪影響を及ぼしている可能性をめぐる問題が、新たに環境保全上重要な課題の1つとして浮かび上がった。例えば、米国の五大湖に棲息するカモメに多発した甲状腺過形成の原因として、ダイオキシン類など

の化学物質による影響が疑われている。

欧米においては、1970年代から鳥類の調査で卵中のダイオキシン類濃度測定が開始されており、実際に観察される生殖影響等との関連などと併せて検討が行われていた。わが国においても、野生生物に対する化学物質の影響について、広範囲にわたるモニタリング・システムを構築し、調査研究を進めていくことが必要である。調査を進める際、採取試料から化学物質の濃度を測定するにとどまらず、さらに掘り下げた評価解析を行うためにも、腫瘍や奇形などの病理学的所見等の影響に関する調査も併せて行うことが必要と考えられる。

1-2 生物試料の特徴

水、底質、大気など環境媒体中の化学物質の濃度は、特殊な局地汚染の場合などを除いて一般に極めて低いレベルにあることが多いが、生物の体内では特定の化学物質が濃縮・蓄積され、環境媒体中の濃度に比較して高いレベルを示すことが知られている。また、水、大気などの非生物学的な環境試料の測定値が瞬間値であり時間的なバラツキが大きいのに対し、生物濃縮性の高い化学物質の場合は生物試料の測定値はある期間の摂取と排泄の差の積分値であり安定していると考えられる。

このような点に着目して、化学物質による生物の影響を系統的かつ定期的に測定すれば、人の健康や生態系に対して問題があると考えられる物質の環境中における汚染レベルの推移の把握など、多くの面で有効に利用し得るデータを得ることが可能となる。例えば、経年的・継続的にモニタリング調査を実施することにより、異常が認められた場合には早期に対策を取ることが可能となる。

一方、非生物学的な環境媒体と比べた場合の生物試料の欠点は、種や個体によっては、一定の範囲に留まらず常に移動するため測定しようとする環境の範囲を特定することが困難であること、汚染経路が複雑で個体差があること、物質により蓄積の様相が異なること、種により分解能力に差があり蓄積量やその様相が異なること、加齢による成長の効果を補正する必要のある場合があることなどである。これらの欠点は、鳥類や哺乳類など食物連鎖の過程で高次の動物ほど大きくなる傾向がある。

このような特徴を踏まえ、欠点を可能な限り小さくするために、サンプリング方法（対象種、採取場所、採取個体の年齢や性別、採取時期、採取試料）を標準化することが重要である。

1-3 対象種の選定

(1) 選定のクライテリア

対象生物種の選定には調査の目的を考慮する必要がある。化学物質蓄積のモニタリングの目的で採取する対象種として望ましい条件は、一般的に次のようなものがある。

モニタリングの対象とする物質を蓄積する性質があること。

生物種によって、化学物質の取り込み、分解、排泄の過程が異なるので、蓄積性の高い種を選定する必要があるが、一般に生物濃縮の結果生態系の高次捕食者ほど化学物質を高濃度に蓄積している。

全生活史にわたる生活領域が明瞭でかつ比較的限定されていること。

特定地域の汚染レベルを監視するためには必要な条件である。

環境中の化学物質の汚染レベルの変化を検出できること。

一般に、生長に伴って化学物質の体内濃度(蓄積)は増加するので、同一地点(定点)における経年的変化を把握するためには、同一年齢層の個体群を使用する必要がある。

汚染指標性があること。

汚染指標性とは特定地域の汚染状況と生物の体内濃度とがよく反応する性質である。このためには上記の条件が満足されていればよい。

毎年同時期に同地点で、年齢や性別のそろった標本が安定して入手できること。

わが国の野生動物(鳥類・哺乳類)は、基本的に捕獲が制限されているので、既存のモニタリング体制や関係機関と有機的に連携して行う必要がある。

全国的に分布する生物種であること。

全国の複数の地域で同一の生物種によるモニタリングを続けることによって、異なる地域間の汚染状況の比較が可能となる。

ダイオキシン類蓄積状況調査では、ダイオキシン類の環境中の動態を考慮し、次の例のように生息環境によって区分し対象種を選定する方法も考えられる。

- ・主に外洋で生活する種 例) オウギハクジラ
- ・主に沿岸で生活する種 例) スナメリ
- ・主に沿岸から陸上にかけて生活する種 例) トビ、カワウ
- ・主に陸上で生活する種 例) アカネズミ、タヌキ

また、影響調査の対象種は、調査項目に必要な試料の種類、状態、量を採取できる

こと等の条件を考慮して選定することが必要となる。

(2) 本マニュアルの記載種について

鳥類

鳥類としては、カワウ、トビ、ウミネコ、ドバト、カラス（ハシブトガラス、ハシボソガラス）の6種について記載した。

カワウとウミネコは主に魚類をエサとし、食物連鎖上では上位に位置する。カワウは、本州、四国、九州に生息し、海岸、河川や湖沼で潜水して捕食する。近年、分布が拡大しており漁業被害の他、フン害なども増加している。

ウミネコは日本の沿岸部に生息し、日本国内で繁殖する代表的なカモメ類で、北海道から九州までの各地に繁殖地がある。なお、繁殖地の一部の場所は、文化財保護法で天然記念物に指定されている。試料入手にあたっては、国の捕獲許可のほか、地元の関係者や機関の理解を求めなければならない。捕獲時に鳥類標識調査のために放鳥された個体が入手された場合、年齢や繁殖地の特定が可能となることが多い。

トビ、ドバト、カラス（ハシブトガラス、ハシボソガラス）は、日本各地に分布する陸鳥である。トビは、日本各地に分布するが、沖縄では稀である。主に河川や湖、湿地の近くや港などの海水面に近い場所を好む。動物食性で、動物や魚類の死体などの他、昆虫類なども採餌する。

ドバトは、世界各地の大都市に生息する。日本国内では、都市部、農村部など人間の生活環境下に数多く生息し、人工建造物などで繁殖を行い、集団で孵ることが多い。食性は主に植物食性であるが、人間が与える各種植物性食品も採餌する。

カラス（ハシブトガラス、ハシボソガラス）は、日本各地に分布する。生息環境は、都市部・住宅地・農耕地・海岸・山間部など、幅広く生息するが、高山帯や森林地帯などでは少ない。カラスは雑食性で、植物性の餌と動物性の餌を採取する。

記載した6種の鳥類は、いずれも「有害鳥獣駆除」により各地で捕獲されることが多い。ドバトやカラスは、都市部などの人間の生活環境下で数多く生活しており、ウミネコやトビも地域によっては廃棄物処理場などで集団採餌を行い、人間の食品類も餌資源にしている。従ってこれらの鳥類の蓄積状況は、人間の生活空間の汚染状況を反映していると考えられる。また、ウミネコやカワウなど魚食性鳥類については、海外の近縁種で化学物質の蓄積と影響の知見が集積されている。

海棲哺乳類

海棲哺乳類については総論の他にオウギハクジラ、スナメリの2種について記載した。

イルカやアザラシなど海棲哺乳類は、薬物代謝酵素が発達していないため化学物質

の分解能力が弱いことから、化学物質の濃縮率（体内蓄積性）が極めて高いことが知られている。しかし、化学物質の暴露が海棲哺乳類に及ぼす影響については必ずしも明らかになっていない。ダイオキシン類の暴露と影響の関係を究明するためには、ダイオキシン類蓄積状況調査と影響調査を同時に実施することが必要である。

オウギハクジラは外洋性の中型のハクジラであるが、毎年、日本海側で1～4月に迷入や漂着が見られる。生息域は明らかではないが、日本海が繁殖地である、または日本海に定住している可能性もある。深い海域で頭足類を主に餌としている。

スナメリは沿岸性の小型ハクジラで、魚類、甲殻類、頭足類などを食べている。日本近海で5系群が知られており、一部は天然記念物に指定されている。ダイオキシン類は拡散しないので、スナメリやネズミイルカなど沿岸性の種で高濃度に蓄積されると考えられている。

クジラ類は水産資源保護法及び漁業法に基づき調査研究を目的とした採取も制限されている。従って試料入手にあたっては、水産部局など関係機関との調整をはかる必要がある。また、座礁・漂着（ストランディング）個体を試料とするためには、関係機関との連絡・調整とともに、回収体制を整える必要がある。また、害獣駆除されるトドやゴマフアザラシなどは、駆除従事者との協議により入手可能であると考えられる。

陸棲哺乳類

陸上哺乳類としては、ニホンザル、アカネズミ、クマ類（ツキノワグマ、ヒグマ）、タヌキ、ニホンジカの6種を記載した。

ニホンザルは青森県下北半島から鹿児島県屋久島にかけて、群をなして生息している。主に植物食だが、昆虫も食べる。ニホンザルについては、主に1970年前後に西日本を中心として全国各地で先天性四肢奇形が報告されており、また近縁種であるアカゲザルで実験的な子宮内膜症が報告されていることから、ダイオキシン類蓄積状況調査と影響調査を同時に実施することが望ましい。害獣駆除の目的で多数捕獲されているが、試料入手にあたっては関係者に十分な理解を求めなければならない。また、地域によっては文化財保護法で天然記念物に指定されている。

アカネズミは北海道から九州にかけて分布する日本固有種で、食性は種子や昆虫が中心で、猛禽類などの多くの動物の餌になる。クマネズミなどのいわゆるイエネズミが人間の生活の場に入り込んで都市部に生息しているのに対し、アカネズミは森林を中心に社寺林、農耕地の周辺などに生息している。従って、森林や農耕地の汚染状況を検討する指標となる。捕獲は容易であるが、小型動物（体重は30～50g）であるため、1匹を1検体として測定すると定量下限が高くなる等の問題がある。

クマ類は、ツキノワグマが本州及び四国に生息し、ヒグマが北海道に生息している。ツキノワグマは主に植物を餌とし、ヒグマは雑食性である。害獣駆除の目的で年間百頭ほど捕獲されており、また、自治体や大学等で学術捕獲が行われているので、関係

者に理解を求めることにより試料入手が可能になると考えられる。

タヌキは北海道から九州にかけて、郊外の住宅地から亜高山帯まで広く分布しており、雑食性で食物連鎖の高次に位置している。また、他の中型哺乳類と比較して皮下脂肪の割合が高いため、ダイオキシン類の蓄積度が高い可能性がある。害獣駆除の目的で多数捕獲されており、また、交通事故等により救護されたり死亡する個体数も増加しているが、試料入手にあたっては関係者に十分な理解を求めなければならない。

ニホンジカは全国の林縁部や草地に生息し、群で行動する草食動物である。草食動物は動物食性のものと比較するとダイオキシン類の体内蓄積量は低いものと予想される。しかし家畜のウシなどのデータはあり、野生の草食動物の蓄積状況を把握するという観点からシカを記載種に加えた。害獣駆除の目的で多数捕獲されているが、試料入手にあたっては関係者に十分な理解を求めなければならない。また、各県で実施されている個体群解析（年齢や繁殖指標等の学術調査）との有機的な連携のもとに蓄積状況調査が実施できれば、さらに掘り下げた評価解析が可能になると考えられる。

1-4 試料採取上の注意点

藤瀬良弘・山田 格

(1) 生物採取方法の統一化

本調査の主要な目的はダイオキシン類の蓄積状況のモニタリングにあるので、調査は定めた期間に定めた地点で特定の種を対象として実施することが望ましい。それによって、現在の蓄積状況の把握が可能であり、またこの調査を継続することにより経年的な変化を調べることができるからである。地理的な比較あるいは経年的な推移を把握するためには可能な限りサンプリング方法を統一する必要がある。しかしながら、調査対象が野生生物である場合には、毎年同じ地域で試料を採取することは非常に難しい。また、協力者などを通して試料を収集する場合には採取場所を特定できないこともある。そのため、ある一定範囲の地域（例えば、県単位、地方単位など）で、ある一定期間（例えば、春夏秋冬など四季単位）内に調査するなどの余裕をもった計画として、関係者に周知徹底する必要がある。

さらに、ダイオキシン類などの生物蓄積性を示す化学物質を対象としたモニタリングでは、対象生物の成長や年齢及び性成熟などの生物側の諸条件も蓄積変動の要因の一つとなることから、これらを考慮した調査方法もしくは解析（補正方法）が必要である。

ダイオキシン類などの化学物質の生物に対する影響は、その毒性影響とともに生物体内の内分泌系を攪乱する環境ホルモン（内分泌攪乱化学物質）としての影響が懸念

されている。特に、環境ホルモンとしての影響は毒性影響よりも低濃度で起こっており、生物体内の蓄積レベルだけでなく、化学物質に暴露される時期（特に胎子期）にも大きく関与している。また、その影響は標的器官である生物の生殖腺やその関連器官において発現するだけでなく、生物の行動にも影響することが示唆されており、これらのモニタリングも重要である。調査する個体を選択する場合にはそれらの点も考慮する必要がある。例えば、環境汚染の把握を目的として対象生物の汚染状況（蓄積レベル）を調べるためには、妊娠や出産、授乳などの影響が小さく、比較的高く蓄積している成熟雄個体を用いるのが望ましい。しかし、環境ホルモンとしての繁殖への影響を考慮する場合には、その影響を受けやすい胎子や妊娠個体を対象とすることも有用であろう。また、環境ホルモンとしての影響が現れる性ホルモン濃度の測定もこれらの影響を把握する上で有用であり、化学物質の測定用の脂肪組織以外にも組織の採取が可能な個体では、新鮮血や新鮮肝の採集も同時に行う必要がある。

調査期間を通じて対象種や採取方法を一定にし、変動の原因となる要素はできるだけ少なくしなければならない。また、生物の行動範囲を良く理解し、どの程度の範囲の環境を代表しているのかを見極めるとともに、それらの情報を利用する必要がある。例えばスナメリやネズミイルカは沿岸性の小型鯨類であるが、特にスナメリではこれまでの研究から我が国の沿岸には5つの地方種（グループ）が存在するものと推定されており、限られた地域（海域）に生活していると考えられ、ごく限られた沿岸生態系の汚染状況を把握するのに有用であろう。一方、オウギハクジラは日本海を中心とする外洋に棲息し、おそらく中層（水深200から600メートル）付近で主として頭足類を捕食しているものと考えられている。同じアカボウクジラ科のツチクジラは水深1000から3000メートルの大陸棚斜面を利用していることが示唆されており、底棲生物を捕食しているので、大陸棚斜面低層部の汚染状況を反映しているものと考えられる。また、ミンククジラは外洋性のヒゲクジラ類の一種であり、これまでの調査結果では日本沿岸ではサンマやイワシ類などの表層群集性魚類を主に捕食しているので、表層の生態系の汚染を反映していると考えられる。このように、これら海棲哺乳類の分布と生態系における食地位を考慮して海域の汚染状況を考える必要がある。

（2）生物側の条件

PCBなどの脂溶性の高い有機塩素化合物などは、哺乳類では妊娠中に胎盤を介して、また哺乳期には母乳を介して母親からその子に移行することが知られている。鯨類など海棲哺乳類の母乳は、特に脂肪に富んでいるので母体から排泄される化学物質の量も多い。これは母体側から言えば有効な排泄機構の一つとも言える。一方、雄ではそのような排泄機構が存在しないことから体内に長期間にわたって残留し続ける。そのため雌雄による蓄積レベルの差はより顕著となっている。つまり、標本の性別の違いは環境モニタリングの点から重要な問題となる。また、母親から子供への移行は、第1子ほど移行量が多く、また、出産間隔が長いほど高くなる。このため、母体側では

泌乳の回数、すなわち何頭子供を育てたかによって蓄積レベルが異なるため、子育て（授乳）の回数が重要である。状況が許せば泌乳個体からは母乳を採取し、成分分析を行うことが望ましい。

また、ミンククジラのように幅広い食性を有する種では、オキアミからマイワシ、マサバと主要な餌生物を変化させており、近年の調査から最近ではサンマやカタクチワシに加えてスケトウダラやスルメイカなども捕食していることが明らかになっている。このような食性の変化も化学物質の蓄積には反映されるので、生態に食性とその地理的季節的变化も加えて検討する必要がある。

また、生物蓄積の変動要因となる生物学的な情報として年齢がある。生物蓄積性の高い有機塩素化合物などの化学物質では生物の体内に長く残留するので、その蓄積量は加齢に伴って増大する。そのため、個体の年齢情報も重要である。一定の成長段階の個体のみを収集することが特に難しい場合は、個体の性や年齢、成長段階、成熟状態などの情報で補正を行って比較する方法もモニタリング・データの精度を高め、適切な答えを得る上で極めて重要であろう。

さらに、採取時期についても、繁殖周期をもつ生物や大型鯨類の場合のように摂餌期と繁殖期が分かれている場合には、体脂肪量などが季節的に変化する場合がありますので注意する必要がある。ミンククジラの場合、4月から5月にかけて日本太平洋沿岸を北上しており、これから夏季にかけて摂餌中心の生活を送るため、体脂肪量が増加するものと考えられる。これらの状況も、また蓄積の濃度に大きく影響するため、捕獲時期はできるだけ毎年同じにすべきであろう。

(3) 特定汚染（もしくは突発汚染）からの影響

本調査が対象とする数種の化学物質のうち、ダイオキシン類は我が国に於いては主にごみ焼却場から環境に放出されるため、焼却場からの距離や方向、風向きなどによっても影響を受けるが、この他にも一般の家庭の小型焼却炉からの放出なども無視できない。この調査の主要な目的は広範囲な観点からのダイオキシン類などによる汚染をモニタリングすることであり、調査対象とする生物については特定の（もしくは突発の）汚染源からの影響が少ないものが望ましい。これらの点にも十分配慮して、一般環境を代表しているものから採取する必要がある。

(4) コンタミネーションの防止

生物体の外部からの化学物質の混入に注意する必要がある。例えば、海棲哺乳類でスタンディング個体を用いてダイオキシン類などの有機塩素化合物を分析する場合には、廃油ボールなどの海上漂流物や漁網や船底塗料の一部が体表面に付着していないか注意深く観察し、分析用組織を採取する場合には、それらが付着していない部位から採取するように注意する必要がある。また、皮下脂肪を採取する場合にはなるべ

く体表からのコンタミネーションを避けるように気を付ける。

加えて、採取用具からの汚染を避けるため、可能な限り汚染源とならないような器具、例えばステンレス製のナイフやピンセットなどを用いて採集を行う必要がある。特に、プラスチック製品を用いる場合にはこの点に注意する必要がある（合衆国の国立バイオモニタリングティッシュバンクでは、チタン製のナイフやテフロンコーティングの器具などの使用を推奨している）。

2 調査対象生物種の概要

2-1 鳥類

(1) カワウ *Phalacrocorax carbo* (Great Cormorant)

福田道雄

1) 種の特性

分類と形態

分類と分布

カワウの属するペリカン目ウ科の鳥の分類は、研究者によって見解が異なり、29～37種で構成されている(Peters 1931、Siegel-Causey 1988、van Tets 1977)。カワウの外部形態は近縁種のウミウと非常によく似ている。最も大きな相違点としては、カワウ成鳥の雨覆の羽色が暗褐色であるのに対して、ウミウでは緑褐色であることがあげられる。その他の識別点は、顔部の皮膚裸出部の形状や体型の違いである。しかし、野外ではウミウの幼鳥の中に、カワウとの区別の難しい個体が見られることもある。カワウもウミウと同じく海岸で過ごすことがめずらしくないので、見た場所によって区別はできない。また、カワウのコロニーに少数のウミウが飛来・滞在することもある。しかし、カワウと他種との種識別は確立されており、研究者の間にも異なる意見はない。

カワウは6亜種に分けられていて、日本に生息するカワウは亜種 *P. c. hanedae* とされる(黒田 1925)。ユーラシア大陸に広く分布する *P. c. sinensis* の地域群とする見解もあったが、最近の主な出版物では独立した亜種とされている(Harrison 1983、Johnsgard 1993、Orta 1992 など)。しかしながら、形態や習性などから両亜種が非常に近縁であることは間違いなく、今後の分子生物学的な検討が待たれる。

ウ類の仲間の鳥は極地と高山を除く地球上のあらゆる地域の水辺に生息している。その中で、カワウは北アメリカのカナダ北東部から合衆国の東海岸、ユーラシア大陸のほとんど全域、オセアニア、アフリカ大陸と、極めて広い範囲に分布を拡げている唯一の種である(Harrison 1983、Johnsgard 1993、Orta 1992)。これは、沿岸部が

ら内陸部の水辺へと進出したことで、ウ類の中で最も繁殖することができたためとみられる。

日本に生息する亜種 *hanedae* は、古くはサハリンから日本、韓国、先島諸島まで生息すると記載されていた（清棲 1952）。しかしながら、現在の生息状況は以下の通りである。北海道では少数が一部の地域で見られるだけで、本州、四国、および九州の各地に生息する。2001 年の繁殖期に確実にコロニーがあったのは、北海道、青森県、福島県、富山県、群馬県、栃木県、新潟県、茨城県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、兵庫県、徳島県、大分県の 1 都 1 道 18 県であった。さらに、福井県、石川県、京都府、岡山県などにコロニーがあるか、できる可能性が高い。

現在、総生息個体数は 5～6 万羽とみられ、なお増加状態が続いている。これは、各地での駆除（銃器を使用）による捕獲圧や、追い出しによって人為的に分散が加速されているためである。すなわち、それまで住んでいなかった地域に進出することで、利用されていなかった新しい食物資源にありつき、結果として新天地で生活できている。そして一方、生息数の多い地域は、駆除や追い出し、それらに誘引された分散などで食物をめぐる競争が軽減され、一定の繁殖成績を維持している。

形態

開翼長が 1 m 以上にもなる大型の鳥で、嘴は細く鋭くのびて鉤型である。虹彩は深みのある緑色で、目先から喉にかけての皮膚裸出部が淡黄色である。頸が長く、大きな胴体を、体の最後尾についた太く短い足で支えている。みずかきは 4 本の趾すべてが膜でつながった肉厚なものである。水中ではこのみずかきで、水を蹴って進むため丈夫であるだけでなく、電線をしっかり掴んで就碇することもできるような柔軟な構造となっている。全身は黒い羽で覆われていて、雨覆は羽縁以外が暗褐色で、黒色の羽縁が鱗模様となっている。繁殖期の直前から抱卵期にかけて、目先から喉の皮膚裸出部が暗黒色の婚姻色に変わり、その一時期の間、目の下に紅色の斑紋が生じる。さらに頭部と腿部に糸状の白い生殖羽が生える。このような裸出部の発色には、雌雄や年齢（2 歳以上の個体）の差異はほとんどない。

幼鳥（1 回目の換羽期を迎える以前の個体）は少し淡い褐色の羽で、胸から腹部にかけてさまざまな大きさの淡色の斑がある。雛はピロードのような光沢のある黒い綿毛で覆われている。

オスはメスよりも少し大きいのが、野外で見分けることは困難である。東京都台東区上野公園の不忍池コロニーの群で計測した平均的な値は次の通りであった（福田 1998）。翼長は、雄が約 340mm、雌が約 320mm。尾長は、雄が約 160mm、雌が約 150mm。露出嘴峯長は、雄が約 66mm、雌が約 60mm。体重は、雄が約 2.0kg、雌が約 1.8kg。

生態

採食習性

カワウは海水から淡水の、あまり深くない水辺でおもに魚類を採食する。大きな群が、よく採食活動を行う場所は内湾の大型河川の河口から遠浅の海岸一帯である。河川の場合は流れの蛇行部、支流との合流部、また堰や橋脚などの人工物によってできた深みのある場所をよく利用する。なお、小群や個体の場合は、安全であればほとんどどんな水辺でも採食活動をする。

関東地域のカワウは、夏を中心とした 6～7 カ月間は東京湾の河口から遠浅の海岸一帯、冬を中心とした 5～6 カ月間は周辺河川の中・下流部をおもな採食地としている。このように季節によって採食場所が変わるのは、冬期になると海岸一帯にいる採りやすい魚類が、カワウが潜水活動しやすい所よりも深い場所に移動するためとみられる(福田 1980)。なお、季節によって採食場所を変える傾向は、他の地域でも見られている。

一般的な採食方法は、海の場合は底付近に群れずにいる魚種を、河川や湖沼では深みに集まってじっとしている魚種を、嘴でくわえ採るようにして捕獲し、水面に出てくわえなおして、頭の方から丸飲みをするといったものである。

カワウがよく採食する魚種は、関東地域ではボラ、サッパ、コハダ、カレイ類、ハゼ類、フナ類、コイ類など(Mizutani et al. 1990)、中部地域(12～4月の駆除個体の胃内容物)ではニゴイ、ギンブナ、カマツカ、オイカワ、ボラ、イシガレイ、マサバなど(日本鳥類保護連盟 1988)が知られている。特に、好んで特定の魚種を採食することはなく、その時その場所で採りやすい魚種を食べているとみられる。特に、アユなどの放流魚は非常に採りやすいので、放流後の一時期はその容易に採食できる場所に執着することが多い。採食量は、1日に、300～400gを採食するものとみられる。コロニーでの行動観察や飼育下の採食状況からみて、カワウは毎日一定量を採食するよりも、日々の採食量の変動が大きいのが普通だと考えられる。即ち、うまく食べられる時は大量に採食し、その翌日は食欲の低下から採食量は少なくなるという状態を繰り返すのではないだろうか。そのため、希に 500gを越える胃内容物を持った個体が回収される。ただし、これらは回収されたということから、大食したことによって事故が起こりやすくなったことを物語っているわけでもある。

繁殖習性

カワウは、多くの鳥類とは異なり、秋から冬にも繁殖を行うかあるいは繁殖を開始する鳥で、日本のどこかの群が一年のどの時期にも繁殖活動をしている状態が続いていた(福田 1981a、福田 1981b、福田 1993)。これは主として、東京都不忍池で 8月下旬から翌年の 7月中旬までという長期間、繁殖活動がみられるためであった。したがって、繁殖に関係する生理的な変化が、あまり日照時間や温度などの影響を受けない鳥であるといえよう(福田 1997)。最近では、東京の主要なコロニーでの長期

に及ぶ攪乱の影響などから、関東地域内のコロニーの中だけでもさまざまに異なる繁殖時期を持つようになった。そして、数百羽の群へと縮小した不忍池コロニーでは、断続的に周年繁殖を行うようになり(福田 未発表)、埼玉県武蔵丘陵森林公園内のコロニーでも 8 月から翌年の 6 月までという長期間繁殖活動が続いている(日本野鳥の会 2000)。また、春から繁殖を開始する他のコロニーでは、毎年繁殖時期が早期化しているなど、開始時期が変化しつつある。これらの原因の一つとして、各コロニーで繁殖する個体のある割合が入れ替わっているためとみている。

その他の地域については、愛知、三重、静岡などの各県では 1 月下旬から、それ以外のほとんどの場所は 2 ~ 3 月頃から開始し、大きな年変化はない。大分県の沖黒島では、断片的な資料から 11 月に開始するのでは思われるが、詳しい状況は調べられていない。

多くの場合は水辺近くに集まって営巣する。普通、繁殖期の 1 カ月ほど前からコロニーに集結し始める(福田 1982、福田 1996)。非繁殖期に壱として使っている所でも、ある割合の個体が帰還する。巣は樹上に造られるが、地上部も安全なコロニーでは地上にも巣をよく造る。造巣は、カワウで唯一雌雄が分業して行う行動である(福田 未発表)。雄は、ほとんどの巣材を運んでくる。雌はそれを受け取って、他の巣材とからめながら積み重ねて、巣を造り上げ、約 10 日で完成する。巣材の種類は、コロニーの立地条件によって異なる。そのコロニーの周辺で集めやすい小枝類や草類が多く、人里に近い場所のコロニーでは、ナイロン袋などの人工物が巣内に持ち込まれている巣もよく見られる。

鶏卵より二回りほど小さい卵を 1 ~ 6 個、1 日おきに産卵する。多くの場合の抱卵数は 2 ~ 3 個で、抱卵期間は約 1 ヶ月である。抱卵に成功した巣では、1 ~ 3 羽の雛が孵化する。雛は晩成性で、無羽・閉眼で生まれるため、孵化後まもない時期には、抱雛している親鳥が少し長い間巣を空けただけで弱ってしまう。また、カワウは第 1 卵から完全抱卵を開始する鳥で、非同時孵化をするために育雛初期は雛間の成長の差が大きく、一腹の雛数が多い場合には、遅く孵化した雛が育たない場合もしばしばある。結局、ほとんどのコロニーで、雛の孵化が観察された巣の平均した巣立ちまでの成育数は 2 羽足らずであった(福田 1995)。

移動状況

個体を識別した標識調査によって、幼鳥がより遠方に移動・分散しやすいことが知られている(福田 1987、1994)。最長の移動例は東京の不忍池コロニーから約 287km 離れた長良川まで飛んでいったものである。不忍池で標識を付けた個体が知多半島鷯の山のコロニー内で目撃されていたり(福田 1994)、その後も愛知県で標識放鳥した少数個体が神奈川や千葉県内で目撃されていることなどから、日本の 2 大生息地である伊勢・三河湾一帯と東京湾一帯の群は少数の個体が互いに流入し始めた可能性がある。

カワウが多数生息する愛知県およびその周辺地域と関東地域内では、短期的に多く

の個体が複数のコロニーや埴の間を移動することが、標識調査から明らかになっている（斉藤 1993、福田 未発表）。また、最近では冬期のみ姿を見せる地域が増加し、それらの大小の群は季節的な移動を行っている。そして、移動途中で残留する個体、元の繁殖地との間を往復する個体、さらに年によって移動を変更する個体などと、複雑な構成となっているとみられる。したがって、同一コロニーのみで生活する個体はほとんどいないと考えられる。なお、その主要な原因として、ほとんどすべてのコロニーで生じている人間との摩擦があげられる。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

カワウは鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律で定められた非狩猟鳥で、捕獲することはできない。ただし、都道府県知事許可による学術研究のための鳥獣捕獲許可または、有害鳥獣駆除（県によっては関係市町村長許可）のための鳥獣捕獲許可によって捕獲できる。

採取方法

最近では多数の県で有害鳥獣駆除が実施されている。捕獲方法はすべて、銃器によるものである。これらの個体を手に入れる場合は、関係府県の関係鳥獣担当者と打ち合わせ、有害鳥獣駆除申請者から譲り受けることである。

年齢査定

カワウは孵化した翌年の換羽期（地域や繁殖期間によって異なるが、6～8月）までの間は、成鳥よりも褐色みのある羽色で、胸部から腹部にかけて淡色の羽が斑状に生える。褐色味の程度や淡色斑の大きさは、個体によってさまざまである。中には、胸部から腹部のほとんど全体が薄い褐色味のある白羽となった個体もいた。

すでに述べたように、関東地域で秋に繁殖する個体は減ったが、秋から初冬に生まれた個体の成鳥羽への換羽は上記と異なる。これらの個体は翌年の換羽期に1年に満たない状態で、換羽し成鳥羽となる。一方、年を越して孵化した個体はその翌年の換羽期に1年以上を経て成鳥羽となる（特に、幼鳥時の羽をより長期間持った個体は、羽が色褪せて、茶褐色の強い個体となる）。このように、生息地域によって、同じ幼鳥羽であっても年齢が異なる。

成鳥羽の個体の年齢査定は難しい。頭骨の骨化進行状態の変化によって幾つかの年齢グループに分けることできる（杉森ら 未発表）。

性別査定

確実な方法は、剖検によって精巣か卵巣を確認することである。成鳥の非繁殖活動期や、幼鳥では、生殖器は退縮しているため、注意を要する。関東のように長い繁殖活動が継続する地域では、群が繁殖期にあっても、その個体が繁殖活動を行っていない場合は、生殖器は退縮している。なお、不忍池の研究では、抱卵を開始したつがいを繁殖開始とした場合では、平均繁殖開始年齢がオスで 2.1 ± 1.1 年、メスで 2.6 ± 1.1 年であった（福田 準備中）。

関東地域に生息する群については、外部形態の各部位の計測値をもちいた以下の性別判別関数式によっても判定できる（福田 1998）。

幼鳥の場合

$$Z=0.2405(BL)+1.6388(BH)+2.6176(BD)+0.7262(GL) \\ -0.0113(TUL)+0.2261(WL)-192.5115$$

成鳥の場合

$$Z=0.2310(BL)+3.2083(BH)+0.0151(BD)+0.3214(GL) \\ -0.1370(TUL)+0.2289(WL)-152.8949$$

略号で示した計測部位は、以下の通りで、mm 単位で読みとる。各計測値にそれぞれの係数を掛け、Z 値が正の場合はオス、負の場合はメスと判定する。なお、幼鳥とは巣立ち後から出生した翌繁殖期まで個体である。

BL：露出嘴峯長、BH：嘴高長、BD：嘴幅長、GL：口裂長、TUL：ふ蹠長、WL：翼長。

引用文献

- 福田道雄. 1980. カワウの生活. 野鳥, 45:679-684.
福田道雄. 1981a. 不忍池, カワウの繁殖. アニマ, 103:39-41.
福田道雄. 1981b. カワウのコロニーの拡大と群の分散. どうぶつと動物園, 33:368-373.
福田道雄. 1982. 下北半島におけるカワウの繁殖. 鳥, 31:69-74.
福田道雄. 1987. カラーリングによって調べたカワウの移動状況 (第1報). 鳥類標識誌, 3:63-70.
福田道雄. 1991. 巣立つ子と夫婦の離婚. 動物たちの地球, (14):52-55.
福田道雄. 1993. 人とカワウは共存できるか. 関西自然保護機構会誌, 14:107-113.
福田道雄. 1994. 標識したカワウのコロニーからの長距離移動. 鳥類標識誌, 9:5-10.

- 福田道雄. 1995. カワウ. 日本水産資源保護協会編, 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(), pp.684-689.
- 福田道雄. 1996. 琵琶湖におけるカワウの繁殖状況および標識調査. 福田道雄編, 琵琶湖におけるカワウの生息状況, カワウ環境研究会, pp.33-53.
- 福田道雄. 1997. カワウの創設コロニーと小形サブコロニーの関係. 鳥類標識誌, 12 :31-38.
- 福田道雄. 1998. カワウの外部計測値による性判別. 鳥類標識誌, 13:70-71.
- 福田道雄. 準備中. 日本におけるカワウの繁殖生態. 日本鳥学会誌,
- Harrison, P. 1983. Seabird. London and Sydney, Croom Helm, pp.295.
- Johnsgard, P. A. 1993. Cormorants, Darters, and Pelicans of the world. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. and London, pp.226-234.
- 斉藤成人. 1993. " 鷺の山 " で放鳥したカワウのカラーリング標識個体の観察状況. 鳥類標識誌, 8:19-25.
- 清棲幸保. 1952. 日本鳥類大図鑑 . 講談社, 東京, pp.608-610.
- 黒田長禮. 1925. 日本産ウミウに就いて. 鳥, (20):336-350.
- Mizutani, H., M. Fukuda, Y. Kabaya and E. Wada 1990. Carbon isotope ratio of feathers reveals feeding behavior of cormorants. Auk 107:400-437.
- 日本鳥類保護連盟. 1988. 昭和62年度環境庁委託調査鳥獣害性対策調査報告書. 環境庁, pp.99-249.
- 日本野鳥の会. 2000. 平成12年度カワウ実態把握調査. 国土交通省関東地方整備局 国営武蔵丘陵森林公園管理所, 47pp.
- Orta, J. 1992. Family PHALACROCORACIDAE(CORMORANTS). In del Hoyo, J., A.Elliott, and J. Sargatal(eds), Handbook of the Birds of the World. Vol. . pp.326 - 353. Barcelona, Lynx Edicions, pp.344.
- Peters, J.P. 1931. Check-list of the World. Vol.1. Harvard Univ. Press, Cambridge.
- Siegel-Causey, D. 1988. Phylogeny of the Phalacrocoracidae. Condor, 90:885-905.
- van Tets, G.F. 1976. Australasia and the origin of shags and cormorants, Phalacrocoracidae. Proc. 16th Inter. Ornith. Congr., Canberra. Australia. 1974. pp.121-124.

(2) トビ *Milvus migrans* (Black Kite)

岩見恭子

1) 種の特徴

分類と形態

分類と分布

トビ *Milvus migrans* はタカ目タカ科に属し、以下の7亜種に分類され(Brown and Amadon 1968)、アメリカ大陸を除く旧大陸およびオーストラリア、アフリカ大陸に広く分布している。全世界の猛禽類の中でも最も数が多いといわれており、様々な環境に適応し、繁栄している種である。

亜種

Milvus migrans migrans : 北部ヨーロッパからウラル山脈まで、中東、エジプトを除く地中海周辺、アフリカ北西部に分布。

M. m. aegyptius : エジプトと紅海沿岸からケニア沿岸まで分布。

M. m. parasitus : アフリカ南部、コモロ諸島とマダガスカル島に分布。

M. m. lineatus : シベリア西部、ウラル山脈の東側から日本まで分布。トルキスタンの南から東、カシミール地方、中華人民共和国南西部に分布し、冬はイラクやインド北部へ渡る。日本国内では北海道から九州、対馬、屋久島まで分布しているが、沖縄から与那国島では希である。

M. m. govinda : イラン南東部、インド、インドシナ南部で繁殖し、ヒマラヤ地方に渡る。

M. m. formosanus : 海南島と台湾に分布。

M. m. affinis : オーストラリアとティモール、セレベス、ニューギニアに分布。

体サイズ

日本に生息する *M. m. lineatus* のサイズは、全長が雄 51~66cm、雌 57~66cm、翼長が雄 36~51cm、雌 45~51cm、翼開長が雄 129~162cm、雌 139~160cm、体重が雄 630~1150g、雌 750~1240g である(樋口ら 1996)。体サイズでは多くの場合雌の方が大きい、重複しているものもあるのでこれらによる性判別は難しい。

生態

生息環境

一般的には山岳地帯や広範囲に広がる森林地帯よりむしろ、河川や湖、湿地、海岸などに近い場所を好む。ヨーロッパではアカトビ (*Milvus milvus*) と比較すると標高の低い土地を好み、農耕地などにも生息する (Cramp and Simmons 1980)。また、トビは驚くべき適応力でさまざまな環境に生息している。このことを可能にしている理由の一つとして、人為的な環境への適応があげられる。餌種の幅が広いため人為的な廃棄物にも依存しており、非繁殖期には都市の周辺部のゴミ捨て場など餌条件の良い場所では大群で共同の壟を形成し (Mahabal and Bastawade 1985) 繁殖期はルーズなコロニーで繁殖する (Galushin 1971、Pomeroy 1975、Brandl et al. 1985、Newton 1979)。北海道十勝地方では、年間を通して平野部の都市部から周辺の農耕地にかけて生息するが、都市周辺部では農耕地に比べると繁殖密度が高く、山岳地帯でも餌をとれるダム湖などがあれば、わずかではあるが生息している。

食性

トビは一般的には generalist (何でも屋) である (Brown and Amadon 1968)。食物はほとんど動物質であるが、それぞれの地域の状況に適応しているため餌の種数は多く (Cramp and Simmons 1980)、主要な餌種類は地域によって異なる。餌の種類としてあげられているのは、哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、魚類、昆虫類、クモ類、その他 (ミミズ、廃棄物、家畜の死体など) である (Brown and Amadon 1968、Cramp and Simmons 1980、Veiga and Hiraldo 1990、Viñuela and Veiga 1992)。時には人間の食物もかすめ取って食べる (Hansen 1986)。

国内で主要な食物は、動物や魚の死体とされている (石沢・千羽 1967)。長崎県では魚類が最も多く、漁港近くで死魚をとったり、海上に浮いてくる魚を捕食している (川路・白石 1980)。死んだ動物の肉も食べるため、養鶏場や家畜の屠殺場など、常に餌を得られる場所には強く依存する傾向がみられ (Blanco 1994、Pomeroy 1975)。繁殖期では頻繁に餌をとりに行くのが観察される。また、交通事故によって道路上で死んでいる鳥類や中・小型哺乳類も餌としている。十勝地方ではなわばり内の路上を定期的にパトロールする行動が観察され、巣内からも交通事故によって死亡したと考えられるキタキツネ、ネコなどの食べ残しが見つかっている。

これら以外にも魚類 (Roberts 1982、Klapste 1983) や鳥類、昆虫、小型哺乳類も餌としており、十勝地方ではドバト、ハクセキレイのほかにシメやカワラヒワなどの小鳥類の巣内雛を巣ごと持ち帰るのが観察され、エゾモモンガやエゾリス、エゾヤチネズミ、ドブネズミなどの哺乳類も捕食していた。また爬虫類ではアオダイショウやシマヘビなど、両生類ではエゾアカガエルを捕食していた (岩見 未発表)。

餌の種類は季節により変化することが知られている (川路・白石 1980)。十勝地方

でも繁殖期は鳥類や齧歯類、魚類などを捕食するが、8月には昆虫を多く捕食する。冬期は餌が少ないため、養鶏場やごみ捨て場に飛来して、鶏や家畜の死骸などを食べている。しかし青森県弘前市における調査では冬期の餌の94%がネズミ類であった(竹内 1983)。このように、トビはそれぞれの地域や季節でもっとも得やすい餌を利用しているといえる。

周年行動

主に繁殖期と非繁殖期に分けられ、繁殖期は造巣期、抱卵期、育雛期、家族期(巣立ち期)に、非繁殖期は分散期、越冬期に分けられる。

a) 繁殖期

繁殖の開始(造巣行動がみられる)時期は地域によって異なり、最も早いのは九州長崎県で2月(Koga et al. 1989)、最も遅いのは北海道十勝地方で3月である。ただし、十勝地方では年間を通してなわばりにとどまるつがいもいるため、このようなつがいでは求愛行動が2月に観察された。

十勝地方の平野部では営巣場所として、農耕地や牧草地など開けた環境にある落葉広葉樹の孤立林が選択されている。巣間距離は農耕地では約3.0kmで一定の間隔であったが、採餌場となるごみ捨て場や養鶏場の周辺では巣の密度が高くなり、最短では150mであった。また、87%の巣が河川から2.0km以内にあった。このように、トビは餌条件が良く営巣に適した木が存在する場所を選択している。また、1996年と1997年の調査から餌場となる養鶏場周辺では営巣数が増加していることから、通常は単独で営巣するが、餌場の周辺では通常よりも近接して営巣すると考えられる。

繁殖は毎年同じ巣もしくは同じ場所で行われ(Fiuczynski and Wendland 1968)、造巣行動は雄、雌共同で行う。一般に樹上で営巣するが、まれに崖や人工建造物などにも営巣する(Brown and Amodon 1968)。北海道でも高圧線の鉄塔に営巣しているのが観察された(岩見ら 1998)。交尾行動は産卵の約20日前から増加し、産卵後、急激に減少する(Koga and Shiraishi 1994)。一腹卵数は通常1~3卵で、最大は5卵である(Brown and Amodon 1968)。抱卵期間は約32日で、抱卵は採食のために交代する以外はほとんどが雌によって行われる。雄はなわばりの防衛と餌の探索を行う。それぞれの卵の孵化間隔は2日から3日で、一腹雛数は1~3羽である。育雛期には雛が20日齢に達するまでは雌が主に抱雛し、雄が餌を巣に搬入する(古賀・白石 1987)。孵化してから20日目以上くらいからは雌も雄と同じく餌を探索するため巣を空けることが多くなる。育雛期間は餌条件などにより差があるが、42~83日である。ほかの猛禽類と同じく、巣内雛の期間ではほかの兄弟に対して攻撃的になるが(古賀・白石 1987)、他の猛禽類で観察されるような兄弟殺しの報告は少ない(Dementiev and Gladkov 1954)。幼鳥は巣立ち直後には巣の近くの枝上で過ごし、夜間は巣に戻る。巣立ち後、約46日間は親とともに巣のある林のそばで給餌を受けながら生活し(Koga and Shiraishi 1994)、親の給餌回数の減少とともに、徐々に巣から離れてい

く。また、繁殖に参加していない個体は 40 ~ 50 羽程度の群で生活している (Koga et al. 1989)。

b) 非繁殖期

ヨーロッパやアフリカでは渡りをするのが報告されているが (Schifferli 1967、Brown and Amadon 1968、Cramp and Simmons 1980) 日本国内では一部の猛禽類の渡り調査で確認されているのみで (信州ワシタカ類調査研究グループ 1994) それ以外に詳しい調査は行われていない。十勝地方において 1994 年から巣内の幼鳥に対してウィングマーカによる標識を行い、その分散を調査している。その結果、幼鳥は 8 月頃から営巣地を離れはじめ、9 月には北海道東部の阿寒町などで確認され、11 月には根室の風蓮湖で確認された例がある。最も遠いものでは、翌年の 3 月に山梨県で越冬しているのが確認された。その後これらの亜成鳥が十勝地方に戻ってきた例はまだ確認されていないが、1994 年生まれの亜成鳥が 1995 年 4 月に青森県竜飛岬から北へ向かって渡るのが確認されており、冬季に本州へ移動した個体が北海道に帰って来ている可能性は高い。ヨーロッパでの標識調査の結果によると、1 才から 4 才までのトビが加齢とともに出生地に近い場所に戻って来ることが確認されている (Schifferli 1967)。

冬期は 9 月上旬から徐々にごみ捨て場などの餌場で群を作り始め、11 月下旬には大規模な群を形成し、共同の峙を利用するようになる。大きなものでは数百羽の共同峙をとり、一つの地域でいくつかの場所を峙として利用している (羽田ら 1966、竹内 1983)。峙に入る前には、別の場所でいったん集合し、群で峙へと移動する。就峙場所として本州中部と東北地方ではアカマツやヒノキ、スギなどの常緑針葉樹林が好まれるが (羽田ら 1966、竹内 1983) 北海道十勝地方ではカシワやカラマツの林が利用される (岩見 未発表)。

行動圏

繁殖期の採食行動圏は巣から約 3 km 以内の範囲とされているが (羽田・小泉 1965b) 行動圏の大きさや範囲は繁殖期や非繁殖期で異なる。長崎空港近くの調査では、繁殖期は 3 km 以内の範囲であったものが、渡りの時期には 10 km まで広がり、冬期にはそれが 1 km まで減少していた (川路・白石 1980)。ヨーロッパでは、トビは渡りの時期はかなり広い範囲を移動するが (Brown and Amadon 1968) 渡りの期間以外の時期は餌場に近い場所で生活していると考えられる。

繁殖年齢と寿命

雌は孵化後 2 年で産卵可能になるとされているが (風間 1984) これは飼育下で観察されたものである。北海道十勝地方では、巣内雛に標識して観察した結果、雌は最も早いもので、4 年目から繁殖を開始した (岩見 未発表)。

寿命は飼育下で 22 年 (Newton 1979) 新潟県愛鳥保護センターでは 23 年の飼育

記録がある。野生では標識によって調査された結果で 24 年である (Newton 1979)。トビ成鳥の野生での年間の死亡率は 30%とされている (Schifferli 1967)。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

トビは鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律で非狩猟鳥であり、捕獲はできないが、都道府県知事許可の有害鳥獣駆除のための鳥獣捕獲許可または環境大臣の学術研究のための鳥獣捕獲許可を得た場合には捕獲できる。

学術研究のための捕獲許可は、少なくとも 2 ヶ月前までに、捕獲予定地域の都道府県を通じて環境省に申請書類を提出し、その許可を得る。なお、申請する捕獲個体数は、必要最低限にとどめるべきであろう。

採取方法

トビは「有害鳥獣駆除」により全国で捕獲されている。特に、各地の飛行場などでは、トビと航空機の衝突防止の目的で駆除されている。最近の捕獲数の統計をみると、平成 9 年度が 1,941 個体、平成 10 年度が 1,411 個体、平成 11 年度が 1,601 個体である (環境省自然環境局 2001)。これらの個体を入手して利用する場合は、都道府県の鳥獣担当部局とあらかじめ相談し、有害鳥獣駆除申請者からわけてもらう。

捕獲方法は、銃器・網類である。網類の場合は、餌付けをすることが有効であるが、鳥類標識調査で用いられる熟練した技術が必要となる。

年齢査定

成鳥と幼鳥または亜成鳥 (2 年目) は羽装で判別することが可能であるが、それ以上の年齢を特定する研究は行われていない。孵化してから成鳥の羽装になるまでは 2 年かかる (Makatsch 1953)。

幼鳥は成鳥に比べ胸の羽毛にクリーム色の縦斑が太く、羽軸もクリーム色をしている (写真 2-1-1、写真 2-1-2、図 2-1-1)。雨覆いや尾羽根の先端もクリーム色の縁が目立つ (写真 2-1-3) (樋口ら 1996)。また、頭部から背面の雨覆いにかけてもクリーム色の斑が目立つ。風切は濃い黒褐色で羽先に明るいクリーム色の縁がある。

亜成鳥の場合、胸の羽毛に黒褐色の軸線がはっきりとみられ、その両側に成鳥よりもやや太いクリーム色の縦斑がみられる (図 2-1-1)。雨覆いや次列風切の羽先に幼鳥ほどではないが、成鳥よりも太いクリーム色の縁がみられる。頭部から背部にかけての羽毛には黒い軸線が見られるが、幼鳥よりも細いクリーム色の縦斑がみられる。

北海道十勝地方の個体を観察した結果、頭部や胸部の羽毛が孵化した年の 12 月中

旬までに換羽している個体がみられた。その他の部分も孵化した翌年の9月には換羽をほぼ完了し亜成鳥の羽装になったが、胸の両脇部分に一部褪色した羽毛が残っている個体もみられた。



写真 2-1-1 トビ幼鳥（2ヶ月齢）の腹面観



写真 2-1-2 トビ成鳥の腹面観（上：オス、下：メス）



写真 2-1-3 トビの背面観（左から幼鳥、2年目、成鳥）

性別査定

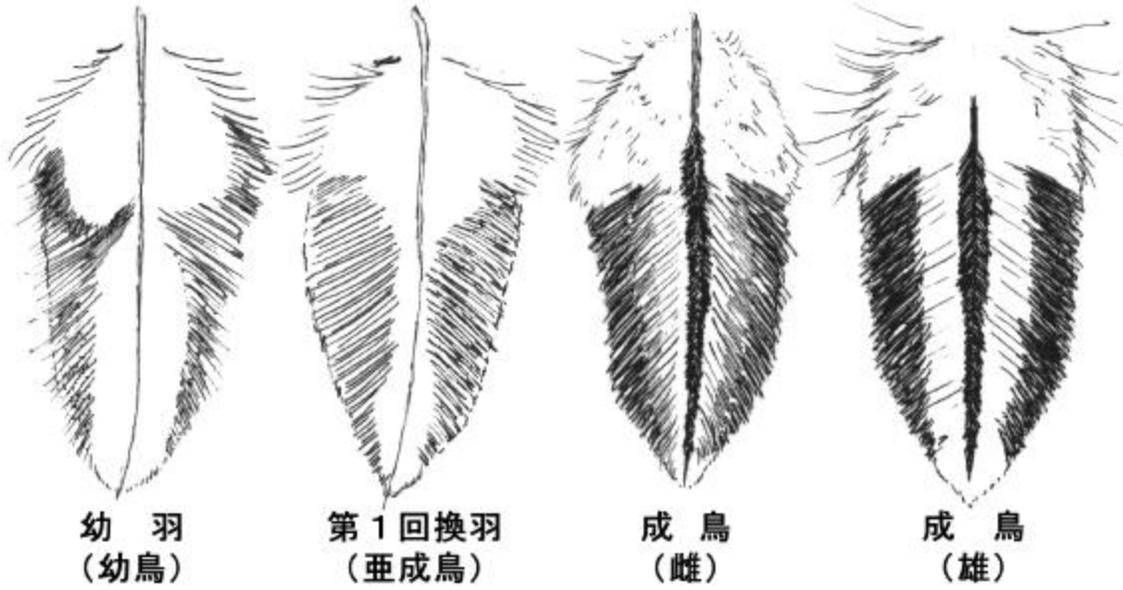
トビの羽装は個体差も著しく、加齢によって変化し、地域的な変異も考えられるため、これによって雌雄を断定することは難しい。ここでは北海道十勝地方で得られたサンプルから、雌雄の羽装の特徴について傾向をまとめたので紹介する。比較に用いたのは交通事故などによって死亡した個体で、解剖により雌雄を判別したものである。また幼鳥、亜成鳥など加齢による変化については1994年から1998年に巢内で標識された年齢の明らかな個体を用いて比較した。

下面（腹部）を見た場合、成鳥の雄は雌に比べて胸部から腹部にかけて白っぽく、雌は赤っぽく見える。これは胸から腹の羽毛に雄は明るいクリーム色の縦斑があり、雌では赤褐色の縦斑があるためである。雄は胸の羽毛が暗褐色で、中心にクリーム色もしくは淡褐色の縦斑がある。雌の羽毛は雄よりも薄い褐色で、淡赤褐色の縦斑がある。雄は雌よりも色彩のコントラストがはっきりしており、クリーム色の縦斑が目立つ。雌はこのコントラストが雄ほどははっきりしておらず、縦斑も赤みを帯びているため全体に赤っぽく見える（写真2-1-2）。胸の羽毛における縦斑の太さや色はそれぞれの個体でも異なったが、成鳥は雌雄ともに羽毛には黒い軸線が太くはっきりとみられる。羽毛の色彩は換羽直後の秋から冬にかけてははっきりしているが、繁殖期の春か

ら夏にかけては褪色している場合が多く、羽色によって雌雄を判断することは難しくなる。また、飼育下の雄成鳥では雌の羽装に近いものもみられ、個体によってはこの方法が当てはまらないものもみられた。また、幼鳥と亜成鳥については雌雄間で大きな違いはみられなかった。

性別を判別するには解剖により生殖器（精巣および卵巣）を調べるのが最も確実な方法である。一般的に鳥類の精巣は左右1対で肝臓に接して腹腔背側にある。精巣は繁殖期には発達しているが、非繁殖期は萎縮している。卵巣は一般的に左側の卵巣のみが機能的で、繁殖期には卵胞がブドウの粒状に膨大し、黄色く目立つようになる。しかしどちらも幼鳥では発達していないため雌雄の判別が難しい場合もある。

胸部



頭部

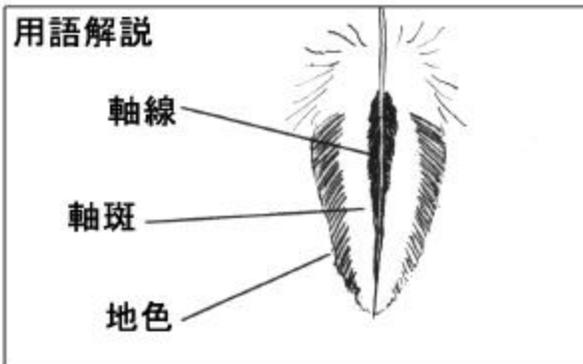


図 2-1-1 トビの羽毛

引用文献

- Blandl, R., H. Utschick and K. Schmidtke. 1985. Raptors and Land-use systems in southern Africa. *Afr. J. Ecol.* 23: 11-20.
- Branco, G. 1994. Seasonal abundance of Black Kites associated with the rubbish dump of Madrid, Spain. *J. Raptor Res.* 28: 242-245.
- Brown, L. and D. Amadon. 1968. *Eagles, Hawks and Falcons of the World*. Country Life Books, London.
- Cramp, S. and K. E. L. Simmons. 1980. *Hand book of the birds of Europe, the Middle East and North Africa*. Oxford University press. Oxford, London, New York. Volume :27-36.
- Dementiev, G. P. and N. A. Gladkov. 1954. *Birds of Soviet Union, Vol. 1*. State Publishing House. Moscow.
- Fiuczynski, D. and V. Wendland. 1968. Zur Populationsdynamik des Schwarzen Milans (*Milvus migrans*) in Berlin. *Beobachtungen 1952-1967*. *J. Orn.* 109: 462-471.
- Galushin, V. M. 1971. A huge urban population of birds of prey in Delhi, India. *Ibis*: 113.
- 羽田健三・小泉光弘. 1965b. トビの生活史に関する研究 . 繁殖期 (承前) . *日生態会誌*, 15: 221-228.
- 羽田健三・小泉光弘・小林建夫. 1966. トビの生活史に関する研究 . 非繁殖期 . *日生態会誌*, 16: 1080-1087.
- Hansen, A. J. 1986. Kleptoparasitism of humans Yellowbilled Kite. *Ostrich*, 57: 59-60.
- 樋口宏芳・森岡弘之・山岸哲. 1996. *日本動物大百科 3 鳥類* . 平凡社, 東京.
- 石沢慈鳥・千羽普示. 1967. 日本産タカ類 12 種の食性. *山階鳥研報*, 5: 13-33.
- 岩見恭子・池田翔・山崎里実. 1998. 高圧線鉄塔での営巣例. *Strix*, 16: 160-162.
- 環境省自然環境局. 2001. 平成 11 (1999) 年度鳥獣関係統計. 環境省自然保護局,
- 風間辰夫. 1984. 猛禽類の繁殖年齢について. *日本野鳥の会新潟県支部報* 18: 8-9.
- 川路則友・白石哲. 1980. 長崎空港周辺の鳥類 - 特にトビ *Milvus migrans* の行動パターンと食性. *九大農芸学誌*, 34: 123-132.
- Klapste, J. 1983. Observation on two species of kites fishing. *Emu*, 83: 278-279.
- 古賀公也・白石哲. 1987. トビ *Milvus migrans* の育雛行動. *Jap. J. Ornithol.*, 36: 87-97.
- Koga, K., S. Siraishi and T. A. Uchida. 1989. Breeding ecology of the Black-eared Kite *Milvus migrans lineatus* in the Nagasaki peninsula, Kyushu. *Jap. J. Ornithol.*, 38: 57-66.
- Koga, K. and S. Siraishi. 1994. Parent-offspring relations during the post-fledging dependency period in the Black Kite (*Milvus migrans*) in Japan. *J. Raptor res.*, 28(3): 171-177.
- Koga, K. and S. Siraishi. 1994. Copulation behaviour of the Black Kite *Milvus migrans* in Nagasaki peninsula. *Bird Study*, 41: 29-36.

- Mahabal, A. and D. B. Bastawade. 1985. Population ecology and communal roosting behaviour of Pariah Kite *Milvus migrans govinda* in Pune (Maharashtra). J. Bombay Nat. Hist. Soc., 82: 337-346.
- Makatsch, W. 1953. Der Schwarze Milan. Neue Brehm Bücherei, Leipzig, Wittenburg Lutherstadt.
- 松村俊幸. 1993. 工業埋立地における非繁殖期のワシタカ類の捕食行動と優劣関係. Strix, 12: 61-71.
- Newton, I. 1979. Population ecology of raptors. T & AD poyser, London.
- Olsen, P. D. 1995. *Australian birds of prey*. The Johns Hopkins University Press. Baitimore, Maryland.
- Pomeroy, D. E. 1975. Birds as scavengers of refuse in Uganda. Ibis, 117: 69-81.
- Roberts, G. J. 1982. Apparent baiting behaviour by a Black Kite. Emu, 82: 53-54.
- Schifferli, A. 1967. Von Zug Schweizerrischer und Deutscher Schwarzer Milane nach Ringfunden. Orn. Beob., 64: 34-51.
- 信州ワシタカ類調査研究グループ. 1994. 信州のタカの渡り. 信州ワシタカ類調査研究グループ 1994 年報.
- 竹内健悟. 1983. 弘前市郊外におけるトビの就壻群 (). 青森県生物学会誌, 21: 21-25.
- Veiga, J. P. and F. Hiraldo. 1990. Food habits and the survival and growth of nesting in two sympatric kites (*Milvus milvus* and *Milvus migrans*). Holarctic Ecol., 13: 62-71.
- Viñuela, J. and J. P. Veiga. 1992. Importance of rabbits in the diet and reproductive success of Black Kites in southwestern Spain. Ornis Scand., 23: 132-138.

(3) ウミネコ *Larus crassirostris* (Black-tailed gull)

杉森文夫

1) 種の特徴

分類と形態

ウミネコは、チドリ目CHARADRIIFORMES、カモメ科Laridae、カモメ属*Larus*の鳥で、亜種はない(The Ornithological Society of Japan 1974)。カモメ科の鳥類はカモメ類とアジサシ類に分けられるが、カモメ類はほぼ全世界に分布し、研究者の見解により異なるが、6～7属、43～50種知られている(中村・中村 1995)。カモメ類の鳥類は、中型あるいは大型の海鳥で、体が太っており、翼は長い。嘴は短い、頑丈でその先がかぎ状になっている。頸や脚は比較的短く、脚には水かきがある。

ウミネコは、日本で観察される代表的なカモメ類で、羽色は雌雄同色である。成鳥の夏羽は頭部と頸部と腹部は白色で、背部と翼の上面は濃い青灰色で、尾の基部は白色でその先端部に黒帯がある。日本産のカモメ類で、成鳥の個体で尾羽に黒帯が残るのはウミネコだけである。嘴は黄色で、先端部に赤く、最先端部は黒色である。脚は黄色で、眼瞼は赤色である。同様に冬羽は頭部に褐色斑が散在する。

ウミネコの全長は約46.5cm、翼開長は120cm程である。清棲(1978)による外部計測値は、全長が約46.5cm、翼開長が120cm、嘴峰が44～56mm、翼長が340～390mm、ふ蹠長が50～61mm、尾長が129～155mm、体重がオスで500～642g、メスで480～630gである。

ウミネコは、沿岸性の海鳥で、旧北区のサハリン南部(繁殖)・千島列島南部(繁殖)・ウスリー(繁殖)・日本(繁殖)・朝鮮半島(繁殖)・中国東部(繁殖)・台湾・香港などに分布する。

国内の繁殖地は、北海道・本州・九州各地の沿岸の無人島、崖地、岩礁などで、集団で繁殖する。集団繁殖地としては、北海道の天売島・大島・知床半島・モユルリ島、本州の青森県蕪島・弁天島、岩手県の椿島・三貫島、宮城県の江島・足島、山形県飛鳥島、東京都八丈小島、島根県経島、九州の長崎県男女群島、鹿児島県甕島などで知られている(中村・中村 1995, The Ornithological Society of Japan 1974)。なお、これらの繁殖地のなかには、国の天然記念物など法律で保護されている地域も含まれている。和名の由来は、ネコのような鳴き声からきている。

鳥類標識調査は、戦前は農林省鳥獣調査室で実施され、近年は環境省の委託調査として山階鳥類研究所が行っている。1996年には、年間で260種、約19万個体が全国で放鳥されている。



国内放鳥国内回収（青森県蕪島放鳥）1966-1983（88）
 ○：放鳥地 青森県八戸市蕪島（6・7月に雛で放鳥）
 回収地：放鳥後1年以内で翌年5月までに回収されたもの ▼=8・9月 ■=10・11月 ▲=12・1月
 ●=2・3月 ◆=4・5月 放鳥後翌年6月以後に回収されたもの ☆=6・7月 ▽=8・9月
 □=10・11月 △=2・3月 ◇=4・5月

図 2-1-2 青森県蕪島で放鳥されたウミネコの回収（山階鳥類研究所 1985）



外国放鳥国内回収 1967-1978 (16)

○ : 放鳥地

1. Karamsin Island, Primoric, USSR (14)

2. Furugelma Island, South Primorie, USSR (2)

回収地

放鳥地 1 : ★ = 6・7月 ▼ = 8・9月 ■ = 10・11月 ▲ = 12・1月 ● = 2・3月 ◆ = 4・5月

放鳥地 2 : △ = 12・1月

図 2-1-3 ロシアで放鳥されたウミネコの日本国内の回収(山階鳥類研究所 1985)

ウミネコの鳥類標識調査は各地で行われているが、おもに青森県蕪島で戦前から継続的に続けられている。これらの調査結果の一部は、現地の研究者の小松(1937)や成田(1975)などにより、蕪島のウミネコの生態が明らかにされている。

また、山階鳥類研究所標識研究室(1985、1996)は、国内での放鳥あるいは回収(外国放鳥個体も含む)結果などを毎年報告しているが、ウミネコは1961年から1996年までに全国で78,456個体が放鳥されている。

生態

繁殖期

ここでは、青森県八戸市蕪島のウミネコ集団繁殖地の生態研究報告(小松 1935、成田 1975)を引用した。蕪島は標高約17m、面積約1.8ha、中央に神社が位置している。かつては島であったが、現在は陸続きになっている。この島全体が、ウミネコの繁殖地となっている。また、神社の周囲には観察路が設けられ、多くの観光客が繁殖期に訪れている。

ウミネコは、一夫一妻で繁殖を行う。繁殖期は3月から7月で、産卵は早いもので4月下旬にはじまる。産卵の最盛期は、5月上旬である。巣は地上に枯れ草などを集め、皿状のものをつくり、卵を産む。卵の平均の大きさは、長径62mm、短径44mm、卵重は62gである。また蕪島における巣密度は、平均で1平方メートル当たり0.80巣である。

一腹卵数は1～4卵で、多くは2～3卵である。雌雄で抱卵を行い、2～3時間で抱卵交代を行い、24～25日後に孵化する。孵化率は約70%である。

雛は早生性で、孵化した雛は全身黒褐色の羽毛におおわれている。雛は雌雄から給餌され、孵化後約5週間で巣立つ。産卵数に対する巣立雛数の割合は良い年で約30%である。

なお、この島で脚環が付けられた雛が成長後、再び蕪島にもどり、繁殖に参加している個体が数多く見られている。この成鳥個体の年帰還率は、70%前後と推定されている。

非繁殖期

蕪島のウミネコの雛は、毎年6～7月に鳥類標識のために脚環が付けられる。巣立った個体は、図2-1-2に示したように8～11月には一旦北上し北海道道南部に達し、12～3月には再び南下して本州以南の太平洋と日本海側の沿岸地域で回収されている(氏原・氏原 1992)。戦前の回収例では、韓国や台湾でのものが各1例報告されている(清棲 1978)。これらの結果からは、蕪島で巣立ったウミネコは日本の近海の沿岸地域を非繁殖期の行動域として利用していると考えられる。

また、ロシアのウミネコの繁殖地(Karamsin Island, Furugelma Island)で標識された雛の日本国内における回収結果(図2-1-3)によると、九州の日本海側を中心

に北海道や本州で回収されているが、いずれも放鳥後 1 年未満の回収であった(山階鳥類研究所 1985)。

冬期は本州以南で数多くの成鳥・非成鳥羽の若鳥や幼鳥の個体が観察されている。繁殖期にも、これら若鳥の個体は各地で観察されている。繁殖期の蕪島では、若鳥の個体も少数見られている。

食性

ウミネコは、おもに海上や海岸を飛翔しながら水面や地上の餌を探索する。つまみとったり、水面に下りて泳ぎながらついばむ。上空から海面に飛び込むこともあるが、全身が水面下に潜るようなことはない。しばしば、漁船に群がり、ホバリングしながら水面にこぼれたものを拾いとる。餌は、小型の魚類・甲殻類・動物の死体・漁船や漁港で捨てられる魚の破棄物などである(中村・中村 1995)。なお、ウミネコは地域によっては餌付けもされており、スナック菓子類やパン類なども採餌するほか、ゴミ処分場でも採餌する。

また海産の餌のほかに、水田などで淡水産の昆虫類(ミズアブ類)や陸生昆虫の記録もある(小松 1935)。なお、海上が荒れると川の上流にまで餌を探索することもある(成田 1975)。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ウミネコは鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律で非狩猟鳥であり、捕獲することはできないが、環境大臣の有害鳥獣駆除のため、または学術研究のための鳥獣捕獲許可を得た場合は捕獲が可能である。

学術研究の捕獲許可は、少なくとも 2 ヶ月前までに、捕獲予定地域の都道府県を通じて環境庁に申請書類を提出し、その許可を得る。申請する捕獲個体(卵)数は、必要最低限にとどめるべきであろう。

なお、青森県蕪島、宮城県陸前江ノ島、島根県経島、岩手県椿島、山形県飛島のウミネコ繁殖地は天然記念物に指定されており、文化財保護法で保護されている。これらの地域で作業する場合には、事前に所在地の教育委員会と十分に協議する必要がある。

採取方法

ウミネコは有害鳥獣駆除で駆除されることがある。これらの個体を入手して利用する場合は、都道府県の鳥獣担当部局とあらかじめ相談し、有害鳥獣駆除申請者から分けてもらう。また、学術研究のための鳥獣捕獲許可を得れば、野外の個体の捕獲を行うことも可能である。

捕獲方法には、銃器・わな・網類がある。わな・網類の方法では、鳥類標識調査で用いられている熟練した技術などが必要である。

その他のウミネコの入手方法には、全国各地の海岸などで保護された後に死亡した個体、あるいは死亡した個体を積極的に収集する方法がある。都道府県の鳥獣行政担当部局や自然保護センター、地元の鳥獣保護員・パードウォッチャーなどと連絡を密にして、収集方法のルートをつくるのが望ましい。

特に、鳥類標識調査用に脚環が付いている個体の場合は、繁殖地や年齢が判明することがあるので、有効な分析材料となるであろう。その際、発見された標識は、必ず都道府県の鳥獣担当部局か山階鳥類研究所標識研究室に連絡をとる必要がある。報告事項は、回収時の日時・場所・発見時の鳥体の状況・脚環番号・種名・回収者の連絡先と氏名などである。なお、標識されていた脚環は、取り外して報告事項と共に報告してほしい。後日、山階鳥類研究所から放鳥時のデータの提供を受けることができる。

報告先：〒270-1145 千葉県我孫子市高野山115

(財)山階鳥類研究所標識研究室

電話 0471-82-1107 FAX 82-4342

なお、国内の放鳥データは、山階鳥類研究所で保管されている。また、外国放鳥の場合でも、外国の鳥類標識センターからの放鳥時のデータを入手後、回収者に報告されるシステムになっている。

蕪島のウミネコ繁殖地のような場所では、同様に成鳥や幼鳥や雛の保護（後日死亡した個体）あるいは死亡個体の入手が可能であろう。特に、雛は孵化後1週間以内までは巣内を動きまわることが少ないが、成長すると親鳥の縄張りの周辺にまで動きまわるようになり、ときには隣接の縄張りを構えている親鳥につつき殺されることがある。現在、環境省が蕪島のウミネコで実施している生物モニタリングのサンプルは、このような雛（巣立ち近いもの）を分析材料として利用している。

同様に繁殖地では、無精卵などの放棄された卵がある。この卵の活用もひとつの方法であるが、現地の状況を鳥類専門家などと相談し、計画的に行う必要がある。少なくとも、鳥類の専門家の同行なしに行うべきではないだろう。

なお、それぞれの繁殖地には永年現地で保護・研究に従事している研究者などがいることが多いので、事前に打ち合わせを行うべきである。

形態調査など

年齢査定法

孵化した雛が成鳥になるには、満3歳の春まで時間を要する(成田 1975)。鳥類は全身の羽毛が毎年抜け変わる(換羽)が、氏原・氏原(1992)は幼鳥羽、第一回冬羽、第一回夏羽、第二回冬羽、第二回夏羽、第三回冬羽、第三回夏羽、成鳥夏羽、成鳥冬羽別に整理している。この幼鳥や若鳥の年齢推定には、氏原・氏原(1992)の図版や解説が有効であるが、鳥類の換羽の基礎的な知識がないと、入手したウミネコの材料が

ら年齢を推定するには困難が伴うこともあろう。

寿命については、鳥類標識調査の回収記録(山階鳥類研究所 1996)によると、放鳥後25年11カ月経過した個体の報告もある。

性別判定法

ウミネコは、オス個体がメス個体よりも大型と言われるが、性別は精巢・卵巣を直接観察する方法で確認する。雌雄が番で並んでいるときは、メスがやや小型である(中村・中村 1995)。

参考文献

- 清棲幸保. 1978. 増補改訂版日本鳥類大図鑑II. 講談社.
- 小松正躬. 1935. 青森県八戸市大字鮫町蕪島に於けるウミネコの生態. 鳥, 40: 446-461.
- 小松正躬. 1937. 鳥類標識法に依るウミネコの帰巢性及び其地の習性に関する調査 鳥獣彙報, 11: 1-38.
- 中村登流・中村雅彦. 1995. 原色日本野鳥生態図鑑「水鳥編」. 保育社.
- 成田憲一. 1975. 蕪島のウミネコ. 八戸市教育委員会文化財シリーズ, 26.
- The Ornithological Society of Japan. 1974. Check-List of Japanese Birds.
- 氏原巨雄・氏原道昭. 1992. BIRDERスペシャル カモメ識別ガイド、文一総合出版. 東京.
- 山階鳥類研究所. 1985. 日本の鳥類標識調査(昭和36年 - 58年).
- 山階鳥類研究所. 1996. 平成8年度環境庁委託調査鳥類標識調査報告書.

(4) ドバト *Columba livia* var. *domestica* (Feral pigeon)

杉森文夫

1) 種の特性

分類と形態

分類

ドバトとは、ハト目COLUMBIFORMES、ハト科Columbidae、カラスバト属 *Columba* のカワラバト *Columba livia* の家禽化された品種の総称である。ドバトの起源であるカワラバトは、ヨーロッパ・アフリカ北部・アジアに分布し、10亜種が知られている。カワラバトの1亜種である *Columba livia atlantis* が、おそらくドバトの起源ではないかと考えられている(Goodwin 1970)。

ハト科の鳥類は、42属295種が知られている(Goodwin 1970)が、国内にはドバトを含めると4属11種が記録されている。ドバトは、キジバトと共に、国内に広く分布する代表的なハトである。

ドバトには、各種の羽色が知られており、カワラバトによく似た灰二引、灰胡麻、黒胡麻、栗二引、栗胡麻、黒、白、モザイクなど数多くのタイプがみられている。東京・上野公園内で測定したドバト(64個体)の翼長は 222.7 ± 7.6 mm(平均 \pm 標準誤差)、体重は 314.2 ± 35.6 g(同上)であった(山階鳥類研究所 1979)。

このカワラバトの家禽化の歴史は古く、紀元前3000年ごろまでさかのぼると考えられている(Darwin 1859)。家禽化されたドバトには、数多くの品種が知られているが、利用目的から分けると大きく3タイプに分けることができる。ひとつは、通信・運搬・競技の目的で飼育する伝書鳩(現在ではレース鳩と言うことが多い)、次が食用に供するために飼育する食用鳩、最後がその姿・形・曲芸などに価値をみだし飼育する鑑賞鳩である。

分布

ドバトの国内への渡来は、朝鮮半島の三韓の時代までさかのぼると考えられている(加茂 1973)が、古くから神社仏閣などで繁殖・増やすドバトのことを「土鳩」あるいは「堂鳩」とも呼んできた。

国内への本格的な渡来は、明治以降である。軍用鳩(伝書鳩)として、通信が主たる目的で、ヨーロッパなどから盛んに輸入された。また、大正時代には農家の副業として食用鳩も輸入されたが、食習慣がないためか国内では定着することはなかった。また、戦前は新聞社などでも通信・運搬の目的で盛んに伝書鳩が飼育され、通信手段や運搬手段のない時代には貴重な動物として管理されてきた。しかし、通信手段などが発達するようになり、その役割は徐々に少なくなってきた。

戦後になり、レース鳩の競技が大きなブームになり、大人から子供たちまで盛んに飼育するようになった。1969年当時、日本のレース鳩の年間生産個体数は、推定で400万弱に達したと言われている。このころからドバトの有害鳥獣駆除による捕獲個体数が急増している。ドバトが国内に広く分布するようになった背景には、いくつかの要因があるが、その大きな要因のひとつにレース鳩の野生化問題がある(山階鳥類研究所 1979)。

国内にみられるドバトは、古くから神社仏閣などに生息していたドバトとレース鳩などから野生化したドバトに由来する。現在国内では、都市部・農村部・離島などでも広く観察されている。特に最近では、都市中心部から郊外への分布の拡大が著しく、より身近な鳥類になりつつある。また、世界的にみても主要な都市部を中心に広く分布している(Long 1981)。

形態

ハト科鳥類には、誰がみてもそれと分かるような形態的な特徴がある。胸骨と胸筋がよく発達し、体に比べて小さな頭部と先が丈夫そうで付け根の柔らかい嘴があり、嘴には鼻孔を覆うろう膜があるといった点である。

この仲間の鳥類は、他の多くの鳥類と異なり、親鳥のそ嚢でつくられるピジョンミルクを雛に与えて育てる。このミルクは、蛋白質・脂肪・ビタミンなどが含まれ、雌雄ともこのミルクをつくる。また、飲水行動も特徴があり、嘴を直接水の中に入れてそのまま吸水することができる。

生態

ハト類は南方系の鳥類と言われ、一般的に繁殖期間が長い。ドバトは一夫一妻で繁殖するが、ときには一雄が二雌と同時に繁殖することもある(杉森 未発表)。繁殖に参加する個体は、早いもので孵化後6カ月の個体が観察されている。

ドバトは、建造物の隙間や棚状の上に、枯れ草や枯れ枝などで、皿状の巣をつくる。ときには針金などの金属類も巣材に用いるが、粗末な巣材のこともある。また、繁殖空間としては、マンションのベランダ、石垣の隙間、海岸などの洞窟、樹洞のなかでも繁殖している。

ドバトの繁殖空間は、夜間ドバトの集団壻になることが多い。東京渋谷駅前の歩道橋裏の構築部上は、ドバトが集団で繁殖していた。夜間は繁殖に参加していない個体もその周辺で壻していた。図2-1-4は、同歩道橋で観察されたドバトの月別の産卵数・孵化雛数・巣立ち雛数を示している。産卵数からみると、1月から7月にかけて盛んに産卵が観察され、8月から12月には産卵数が少なく、9月は年間を通じて最も低い値を示している(山階鳥類研究所 1979)。また、多摩動物公園内の調査でも、年間ドバトの繁殖がみられる。産卵数が高い春期は、雛が巣立つ前に次の産卵がみられ、育雛と抱卵を同時に行う番も知られている。

ドバトの卵の形態は、表2-1-1に示したが平均で長径が39.4mm、短径が28.8mm、卵重が17.9gであった。孵化日数(N=24)は 17.3 ± 0.2 日(平均 \pm 標準誤差)で、雛の巣立ちまでの日数(N=38)は 35.6 ± 0.3 日(平均 \pm 標準誤差)であった(表2-1-2)。ドバトの産卵数1,002卵に対する孵化雛数の割合は48.3%で、孵化雛数に対する巣立ち雛数の割合は65.1%であった。

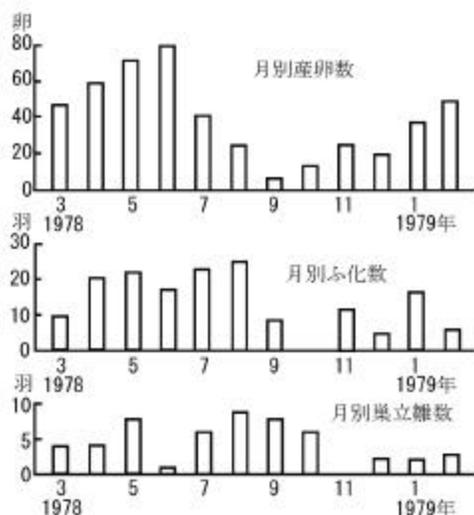


図 2-1-4 東京・渋谷のドバト繁殖状況

表 2-1-1 産卵日の卵の大きさと重量

	N	平均 \pm SE	最大値	最小値
長径 mm	156	39.4 ± 0.1	43.8	36.1
短径 mm	156	28.8 ± 0.1	33.0	26.3
重量 g	107	17.9 ± 0.1	20.4	14.6

表 2-1-2 雛の発育

観察項目	平均日数 \pm 標準誤差 (例数)	
	日令	日令
うす目を開く	3.7 ± 0.2	(26)
目を開く	6.9 ± 0.4	(24)
卵歯がとれる	12.6 ± 0.9	(20)
歩行の状態 b (腹部を床につけて移動)	7.6 ± 0.3	(24)
歩行の状態 c (中足骨で歩行)	12.3 ± 0.4	(17)
歩行の状態 d (cとeの間)	18.2 ± 0.5	(18)
歩行の状態 e (指骨で歩行)	20.3 ± 0.6	(14)
初列第5風切羽		
筆毛の先から羽毛が生える	11.4 ± 0.2	(12)
羽軸のさやが完全にとれる	28.6 ± 0.3	(8)
尾羽		
筆毛の先から羽毛が生える	11.3 ± 0.2	(7)
羽軸のさやが完全にとれる	33.8 ± 0.5	(13)
巣立をする	35.6 ± 0.3	(38)

食性

ドバトは植物食性の鳥類である。おもに地上で歩きながら餌を探索するが、ときには樹上でムクの木などの果実を細い枝に吊り下がりながら採餌することもある。東京都文京区の根津神社での餌付け調査では、ドバトに与えられた餌の種類はハト用の配合粒餌、パン類、菓子類、米やご飯などで、1日当たりの平均餌重量が10.7kg (N=17) となり、その内配合粒餌は6.0kgであった(杉森 1993)。

ドバトは、餌付けが行われている神社仏閣・公園・駅前広場、餌となる穀物類などが散在する倉庫・生産工場・動物園・飲食店、および生ゴミ処分場などで集団で観察されることが多い。都内のこのような場所10カ所で、各時間毎に観察される個体数とその場所で与えられた餌の種類とその量を調査した(表2-1-3)(杉森 1993)。図2-1-5は、調査地点毎の餌の量と各時間毎の平均滞在個体数を示している。ドバトの個体数は、それぞれの場所で与えられる餌の量と比例している。なお、与えられた餌はその種類毎に食物成分表からエネルギー量に換算して計算した。

採餌食物の観察例としては、小型のカタツムリ、フライドチキン、小動物の死体に発生したウジなどがある。変わった観察には、発泡スチロールをつつき壊しながら食べていた例もある。

採餌食物ではないが、鳥類は筋胃で餌を消化するために、小石や砂を摂取する。ドバトは舗装道路面や広場の地面などで、頻繁にその表面をつつき、摂取する行動がみられる。新聞紙面の情報では、以前に小さなベヤリングの玉を食べていたという記事もあった。

表 2-1-3 食物供給地の個体数と餌の量

調査地	平均個体数 ± SE	主な餌	総給餌量 (kg)	エネルギー量 (kcal)
浅草寺	1,650.2 ± 742.2	配合粒餌	63.6	197.5
根津神社	350.0 ± 158.0	配合粒餌	14.7	53.4
高岩寺	170.0 ± 76.2	コーン	5.7	19.6
富士神社	93.8 ± 33.0	ご飯	2.9	6.8
湯島神社	74.1 ± 30.9	ご飯	1.9	6.4
鳥越神社	49.2 ± 46.3	配合粒餌	3.1	11.1
南公園	49.2 ± 25.2	パンの耳	1.5	5.4
日暮里南公園	22.7 ± 13.9	菓子類	0.3	1.1
秋葉原児童公園	22.1 ± 31.0	パンの耳	0.9	3.3
金龍公園	0		0	0

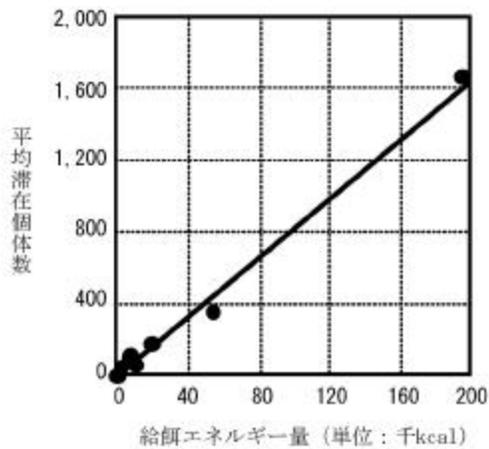


図 2-1-5 観察個体数と餌エネルギー量

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ドバトは鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律では非狩猟鳥であり、その捕獲のためには有害鳥獣駆除のための都道府県知事許可の鳥獣捕獲許可、または学術研究のための環境大臣の鳥獣捕獲許可を得なくてはならない。学術研究の捕獲許可は、少なくとも2ヶ月前までに、捕獲予定地域の都道府県を通じて環境省に申請書を提出し、その許可を得る。なお、申請する捕獲個体(卵)数は、必要最低限にとどめるべきであろう。

採取方法

有害鳥獣駆除

ドバトは、人間の健康への害・人間の生活への害・農業畜産への害・第二次産業への害・交通機関などへの害などの理由で、有害鳥獣駆除により毎年数多くの個体が捕獲されている(山階鳥類研究所 1979)。最近の捕獲数の統計をみると、平成9年度が約14.0万、平成10年度が約12.1万、平成11年度が約11.4万個体である(環境省自然環境局 2001)。この捕獲数は、1960年代以降急激に増加し、1980年前後は20万以上の個体が捕獲されていた(杉森 1985)が、近年は減少し出している。これらの個体を入手して利用する場合は、都道府県の鳥獣担当部局とあらかじめ相談し、有害鳥獣駆除申請者から分けてもらう。

このドバトの有害鳥獣駆除のための捕獲方法には、捕獲箱・手捕り・銃器・網類な

どがある。なかでも捕獲箱により数多くの個体が捕獲されている(山階鳥類研究所 1979)。この捕獲箱は、捕獲小屋のなかに罠のドバト・餌・水などを入れて置くと、野外で生活しているドバトが餌を求めてワンウェイの入口から中に入り、出られなくなり捕獲される。この方法は、銃器などの場合と異なり、生きたまま捕獲することができる。また、餌付けされている公園や駅前広場などでは、餌を撒きながら手捕りする方法が有効である。

捕獲箱などの方法で生け捕りされたドバトは、原則的には有害鳥獣駆除の申請を行った者が処分することになっているので、申請者と事前打ち合わせを行い、捕獲個体を入手することは可能であろう。

学術捕獲

ある特定の地域に生息しているドバトを入手するには、ドバトの繁殖空間を計画的につくり出す方法もある。筆者は、以前ある高層建造物の塔屋内にドバトが自由に出入できる空間を設け、ドバトの繁殖生態や就峙個体群の構成を調査したことがある。この塔屋内には、約 2 × 2 × 2 m のドバト用の空間をつくり、その中に 40 × 40 × 40 cm の繁殖用の巣房を 16 個設け、観察したことがある(杉森 1983)。この方法は手間暇がかかるが、就峙個体群の年齢構成や定着状況が分かり、長期間の体内蓄積物質を検討する材料が得られるメリットがある。

この種の調査には、学術研究用の捕獲許可を取り、生まれてくる雛や生息する個体に個体識別用のリングを付けることにより可能となるであろう。

形態調査など

年齢査定法

ドバトの年齢推定に関する文献は少ない。生後 6 カ月以内の雛には、羽毛の先端に褐色羽縁がある個体が多い(Murton and Clarke 1972)。なお、レース鳩には、個体毎に個体識別用の番号のほかに、年度識別文字が記入されている。

野外で生活しているドバトの寿命に関する情報としては、筆者が観察したドバト集団に約 9 歳の個体が記録された例がある。

性別判定法

性別については、解剖により精巣および卵巣を観察する方法で確認する。

参考文献

- Darwin, C. 1859. *The Origin of Species*. John Murray
- Goodwin, D. 1970. *Pigeons and doves of the world*. Trustees of the British Museum (Natural History).
- 加茂儀一. 1973. *家畜文化史*. 法政大学出版.
- 環境省自然環境局. 2001. 平成11(1999)年度鳥獣関係統計.
- 近藤恭司. 1985. 環境監視動物. 環境監視動物ドバト等を指標とした環境疫学的研究. 「環境科学」研究報告, B229-R21-12: 1-4.
- Long, J.L. 1981. *Intoroduced Birds of the World*. Aguricultural Protection Board of Western Australia.
- Murton, R.K. and S. P. Clarke. 1972. Ecological studies of the feral pigeon I Population, Breeding Biology and Methods of Control. *J.of applied Ecology*, 9: 835-874.
- 杉森文夫. 1985. ドバトの生態的特性. 環境監視動物ドバト等を指標とした環境疫学的研究. 「環境科学」研究報告, B229-R21-12: 5-14.
- 杉森文夫. 1993. 私の鳥学 ドバトの餌付け. *山階鳥研ニュース*, 48: 2.
- 山階鳥類研究所. 1979. ドバト害防除に関する基礎的研究. 山階鳥類研究所.
- 山階芳麿. 1986. *世界鳥類和名辞典*. 大学書林.

(5) カラス類

ハシボソガラス *Corvus corone* (Carrion crow)

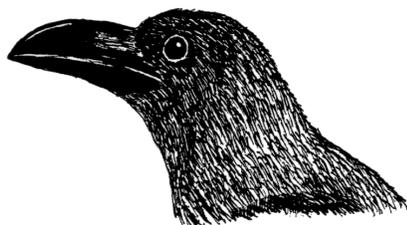
ハシブトガラス *C. macrorhynchos* (Jungle crow)

玉田克巳

1) 種の特性

分類と形態

スズメ目PASSERIFORMESカラス科Corvidaeカラス属 *Corvus*の鳥は世界中に42種あり(山階 1986)、このうち日本には5種が記録されている(ねぐら研究会 1986)。しかし一般的にカラスと呼ばれている鳥はハシボソガラス(*C. corone*)とハシブトガラス(*C. macrorhynchos*)の2種のことである。ハシボソガラスとハシブトガラスは全身が黒く、外見は似ているが、ハシブトガラスの方がやや大きく、嘴が太い(図 2-1-6)。ハシボソガラスは極東からヨーロッパまでユーラシア大陸に幅広く分布している。ハシボソガラスは5亜種に分類され、日本を含むアジア中部、東部に生息する *C. c. orientalis* はヨーロッパ西部に生息する *C. c. corone* よりやや大きい。またヨーロッパ東部、南部からアジア西部に分布する *C. c. conix*、*C. c. sardonius*、*C. c. sharpii* はCONIXグループと呼ばれており、背面から腹部が灰色を呈している。ハシブトガラスの世界分布はサハリン、中国からインド、フィリピン、マレー半島までで、東南アジアを中心に分布しており、9亜種に分類されている(Madge and Burn 1994)。このうち日本には北海道、本州、四国、九州などに分布するハシブトガラス(*C. m. japonensis*)、北部琉球から宮古島まで分布するリュキュウハシブトガラス(*C. m. connectens*)、石垣島や西表島などに分布するオサハシブトガラス(*C. m. osai*)、対馬に分布するチョウセンハシブトガラス(*C. m. mandshuricus*)の4亜種が生息している(日本鳥学会 1974)。



ハシブトガラス



ハシボソガラス

図 2-1-6 ハシブトガラスとハシボソガラスの嘴の形態(玉田、1996)

生態

繁殖期

ハシボソガラスとハシブトガラスはともに留鳥として日本各地に分布している。生息環境は、都市部、住宅地、農耕地、海岸、山間部など、幅広いが、高山帯や森林地帯などでは少ない。ゴミ捨て場では、両種が生息しているが、ハシブトガラスの方が多く(Higuchi 1979)、とくにゴミ捨て場の中心部はハシブトガラスが占拠して、ハシボソガラスが周辺部にいることが多い。

繁殖期はハシボソガラス、ハシブトガラスともに春で、本州では3月頃から、北海道では4月頃から抱卵を開始する。抱卵日数は約20日間、育雛日数は約35日である。

卵は青緑色で、長径37～41mm、短径28～30mm、産卵数は4～6卵である。孵化直後の雛は体重13～15gで羽毛は生えていないが、孵化後7日で眼が開き、10日で風切羽根が生え始め、約20日で400～500gになる。雛は巣立ちしてからは、しばらく親の近くで行動するが、巣立ち後70日目頃から親は雛に対して徐々に攻撃的になり、巣立ち後140～250日で雛は親から独立する(中村 1997)。

巣の直径は約45cm、厚さ約25cmで、外側は木の枝で作るが、市街地などではハンガーなどの針金も用いる。産座は直径約20cm、深さ約15cmで動物の毛などの柔らかい素材を使うが、ビニールヒモなども用いる。営巣場所は主として樹上であるが、高圧線の鉄塔やビル屋上の広告塔などの人工物にも営巣する。巣の外見では2種の区別はできないが、2種の営巣場所を比べるとハシブトガラスはハシボソガラスより高いところに営巣したり、営巣する樹種も常緑針葉樹など巣が見えにくいところに営巣することが多い(玉田 1996)。また、繁殖期のハシブトガラスはとくに警戒心が強く、巣の近くに人間が近寄るとほとんどの場合、威嚇行動をとり、時として人間の頭などに体当たりをしてくることがある。この行動は、駆除で巣を撤去したのちも続くことがある。ハシボソガラスは調査などで巣内を覗くとほとんどの場合は巣から逃げ去ってしまうが、まれにハシブトガラスのように威嚇、攻撃してくる個体もある。

埒(ねぐら)

カラス類は集団で夜間を過ごす集団埒をつくる。埒は季節によって秋埒、冬埒、非繁殖鳥の埒の3種類に大別できる(羽田ら 1966)。夏から秋にかけては各地に秋埒が形成される。この時期は巣立ちした幼鳥が徐々に飛翔できるようになる時期で、繁殖した家族が巣を離れて埒に集まるようになる。秋から冬にかけては、秋埒のいくつかは消滅し、他の埒に統合される形で、秋埒よりさらに大きい冬埒が形成される。冬から春になると、繁殖する鳥はナワバリを作り、このなかで夜間を過ごすようになる。繁殖に参加しない鳥はナワバリから追い出され、非繁殖鳥だけの埒を形成する。埒の規模は地域によって異なり、個体数が最大になる冬埒の場合でも数十羽の小規模のものから数千羽、時には1万羽に近い大規模なものもある(深松・佐藤 1989, 後藤ら 1993, 倉田・樋口 1972, ねぐら研究会 1986)。

食性

ハシボソガラスとハシブトガラスはともに雑食で、動物性の餌も植物性の餌も食べる。北海道で有害鳥獣駆除によって駆除されたハシボソガラス115羽とハシブトガラス100羽の胃内容物を調べた結果、ハシボソガラスでは動物性の餌が29.4%、植物性の餌が70.6%、ハシブトガラスでは動物性の餌が39.4%、植物性の餌が58.2%で、割合としては両種ともに植物性の餌の方が多かった(図 2-1-7)(犬飼・芳賀 1953)。動物性の餌としては家畜の肉や家禽、野鳥、魚貝、甲殻類、昆虫、蜘蛛類などが検出され、植物性の餌としては樹木や果樹の種子、禾穀類、豆・そば類、そ菜類など多様性に富んでいた。また、胃内容物からは注射針、木くず、アルミホイル、ビニール袋なども検出されており、これらはゴミをあさっている時に餌とともに誤って摂取したものと思われる(池田 1957, 犬飼・芳賀 1953, 柳川・玉田 1991)。餌の季節変化としては、両種ともに動物性の餌の割合は、春から夏にかけてが多い傾向が見られ、秋から冬にかけては植物性の餌の割合が多かった(図 2-1-8)。

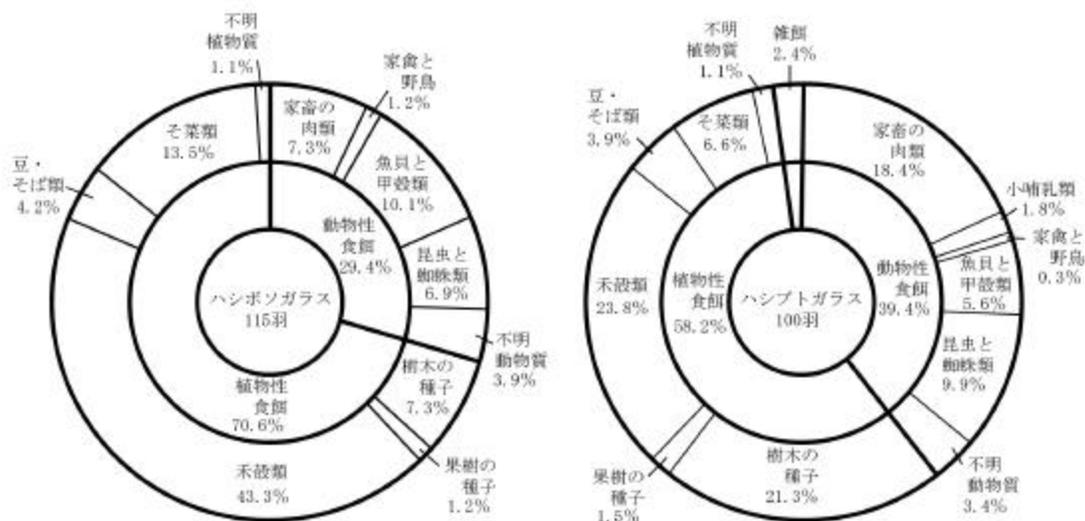


図 2-1-7 ハシボソガラスとハシブトガラスの胃内容物(犬飼・芳賀、1953)

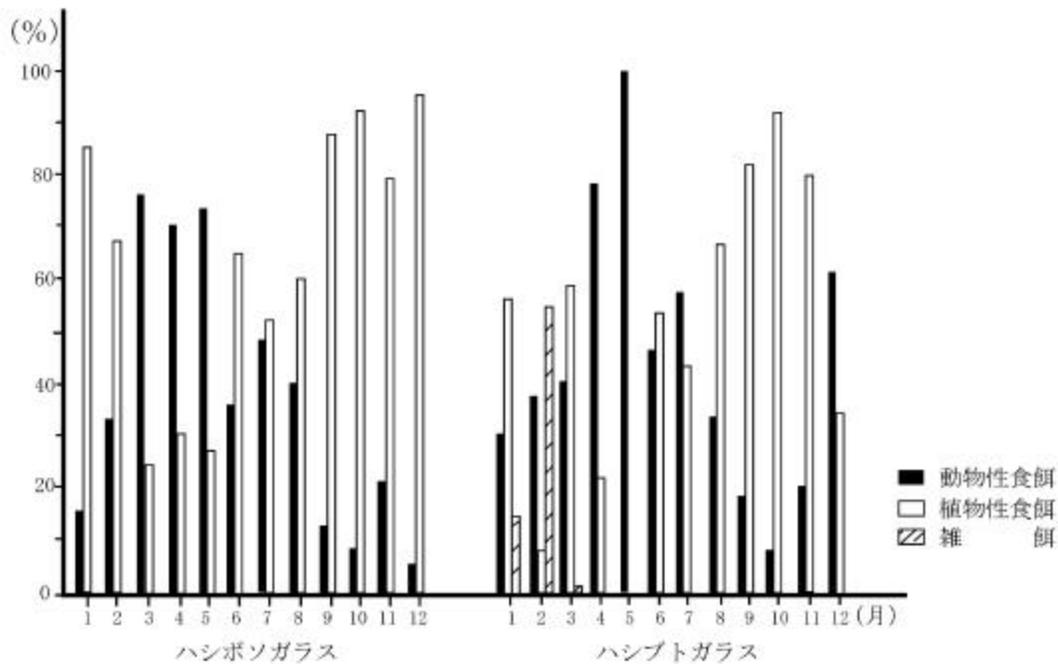


図 2-1-8 ハシボソガラスとハシブトガラスの食性の季節変化 (犬飼・芳賀、1953)

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ハシボソガラスとハシブトガラスはともに鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律にもとづく狩猟鳥であり、また害鳥であるため、各地で狩猟や有害鳥獣駆除で捕獲されている。狩猟は、狩猟免許を取得し、入猟しようとする都道府県に対し狩猟者登録を行えば、狩猟期間中(11月15日から翌年2月15日、北海道は10月1日から1月31日)に捕獲することができる。有害鳥獣駆除の許可は、被害が発生した時に、被害者または被害者から依頼されたものが、都道府県知事(北海道などでは市町村長)から特別に許可されるものである。

採取方法

カラス類は全国で捕獲されており、毎年狩猟では約10万羽、有害鳥獣駆除では約30万羽が捕獲され、卵は約3千個が採取されている(環境庁自然環境局 2001)。しかし、捕獲は容易でなく、ある程度実績があがっている捕獲方法は銃器による方法と捕獲小屋(罠)による方法である。

銃器による捕獲

カラス類の捕獲には散弾銃を使うのが普通である。ふつう捕獲に用いる弾丸は最大到達距離が約250m、有効射程が約50mであるため(大日本猟友会 1996)、近づかなくては捕獲ができない。また、翼部分は大半が羽根であるため、弾丸があたっても致命傷にならず、標的としては意外と小さい。またカラス類は学習能力が高く、銃に対する警戒心が高い。これらの理由で銃を用いてカラス類を大量に捕獲することは容易ではない。カラス類は、猛禽類などを集団で攻撃する習性があるため、フクロウなどの剥製を用いて引き寄せて撃つ方法(システムクロウシューティング)などが考案されている。北海道根室市では狩猟期間の1月下旬に、この方法を用いて1人のハンターが2日間で50~70羽のカラス類を捕獲した記録がある(山本 1988)。

カラス類は外見では雌雄、年齢を識別することはできないので、銃による捕獲は無差別に捕獲することになるが、銃では成鳥を捕獲することができる。

捕獲小屋による方法

ドバトなどを捕獲するマルチトラップを参考にして、北海道池田町の深松登氏が考案した罠で、年間3,000~5,000羽を捕獲する実績をあげている(深松・佐藤 1989)。この罠は、大きさが10~20m四方、高さ約3mの金網製の小屋で、天井部分に1.8×3.6m程度の入口をつくり、入り口部分には約30cm間隔に丸太をスリット状に取付け、丸太に約60cmの針金をつるす。カラス類は小屋の中に入る時は翼をたたんだまま入るため、スリット状の丸太の隙間から入ることができるが、飛び出す時には翼を広げるため、針金に翼があたって出られなくなる仕掛けである。罠の中には餌と餌を入れておき、カラス類を誘因する。この罠では大量捕獲が可能であるが、罠周辺にカラス類を誘因することや餌への給餌など、罠の管理が大変である。

捕獲小屋で捕獲されるカラス類の種構成は、罠に使う種構成とは関係がないが、設置する場所などによってハシボソガラスが大量に捕獲されたり、ハシブトガラスのみが捕獲されたりする。この罠はカラスの繁殖期にはあまり捕獲実績が上がらないが、10~12月にかけては特に大量に捕獲される。この罠では雌雄のカラス類が捕獲できるが、年齢はほとんどの個体が1年未満の幼鳥である(玉田・深松 1992)。

形態調査など

年齢査定法

同一個体と思われるハシブトガラスが、生後14年目に観察された例はあるが(黒田 1989)、カラス類の寿命についてはよくわかっていない。巣立ち直後(孵化後約1ヶ月)のカラス類の舌はピンク色であるが、成長とともに黒い舌斑が現われ、孵化後8~12ヶ月で口内は黒色になるため(北川 1980)、5~12月頃までに捕獲されたカラス類は成鳥と幼鳥の区別ができるが、それ以降の年齢判別は外見からはできない。

このほかの年齢査定方法としては下顎骨の層構造を調べる方法がある。Mitani and

Fujimaki (1992) は、ハシボソガラスを材料に、下顎骨の先端部分約2cmを5%の蟻酸を用いて8~12時間脱灰したのちに、凍結ミクロトームを用いて10 μ に薄切片、デラフィールドのヘマトキシリンで染色して検鏡した。この結果、外基礎層板に形成されていた層の数が越冬年数に対応していた。

性別判定法

性別はハシボソガラス、ハシブトガラスともに解剖して精巣・卵巣を直接調べるのが確実な方法である。精巣・卵巣ともに非繁殖期は萎縮して、繁殖期の直前に発達する。精巣は左右に1対あるが、非繁殖期における片方の精巣の大きさは米粒大(約長径3.0mm、短径2.0mm)である。北海道のハシボソガラスでは1月頃から発達が始まり、3~4月に長径が約15mmに達し最大になる。ハシブトガラスも発達はやや遅れるが5月には最大になる。卵巣についても、非繁殖期の卵胞は1mm未満であるが、北海道のハシボソガラスでは2月頃から発達し始め、4月が最大で3mmをこえるものが出てくる。

参考文献

- 大日本猟友会 1996. 狩猟読本. 東京169pp.
- 深松登・佐藤文夫. 1989. 北海道池田町の新型カラス捕獲小屋とその効果. 応用鳥学集報, 9: 9-16.
- 後藤三千代・井上堅・鳴澤徹. 1993. 庄内地方におけるカラスの生態. 第報鶴岡市における就峙個体数の季節消長と就峙行動. 山形農林学会報, 50: 9-17.
- 羽田健三・飯田洋一・香川敏明・母袋卓也・山岸哲. 1966. カラスの長野県北信部の就峙地域群について. 日生態会誌 16: 213-216.
- Higuchi, H. 1979. Habitat segregation between the jungle and carrion crows, *Corvus macrorhynchos* and *C. corone* in Japan. Jap.J.Ecol., 29: 353-358.
- 池田真次郎. 1957. カラス科に属する鳥類の食性に就いて. 鳥獣調査報告, 16:123pp.
- 犬飼哲夫・芳賀良一. 1953. 北海道におけるカラスの被害とその防除の研究()特にカラスの食性と農業との関係. 北海道大学農学部紀要, 1: 459-482.
- 環境庁自然環境局. 2001. 平成11(1999)年度鳥獣関係統計. 東京 333pp.
- 北川珠樹. 1980. 野鳥の生活をさぐる. 11. ハシブトガラスの四季. 野鳥, 45: 416-421.
- 倉田篤・樋口行雄. 1972. 三重県におけるカラス科2種の就峙行動. 山階鳥研報, 6: 89-106.
- 黒田長久. 1989. バフ変ハシブトガラス続報. 山階鳥研報, 21: 90.
- Madge, S. and H. Burn. 1994. Crows and Jay. A Guide to the Crows, Jays and Magpies of the World. A & C Black, London. 191pp.
- Mitani, A. and Y. Fujimaki. 1992. Age Determination of the Hazel Grouse and

Carrion Crow based on the Layered Structure of the Mandible. Jap.J. Ornithol., 40: 109-111.

中村純夫. 1997. ハシボソガラス *Corvus corone* における幼鳥の独立過程. 山階鳥研報, 29: 57-66.

日本鳥学会. 1974. 日本鳥類目録. 学習研究社, 東京. 120pp.

日本鳥学会目録編集委員会. 1997. 日本産鳥類リスト. 日鳥学誌, 46: 59-91.

ねぐら研究会. 1986. 神奈川県内におけるカラス類の集団峙について. Strix, 5: 17-22.

玉田克巳. 1996. カラス(1)繁殖生態と食性. 植物防疫 特別増刊号 (No3) 鳥獣害とその対策, 平成8年3月20日発行, 社団法人 日本植物防疫協会, p72-78.

玉田克巳・藤巻裕蔵. 1993. 帯広市とその周辺におけるハシボソガラスとハシブトガラスの繁殖生態. 日鳥学誌, 42: 9-20.

玉田克巳・深松登. 1992. 捕獲小屋で捕獲されたハシボソガラスとハシブトガラスの捕獲数と年齢構成の季節変化. 日鳥学誌, 40: 79-82.

山本映之輔. 1988. カラスの勝手はゆるさない. 狩猟界社, 東京. 210pp.

山階芳麿. 1986. 世界鳥類和名辞典. 大学書林, 東京. 1140pp.

柳川久・玉田克巳. 1991. カラス類2種の胃内から発見された人工異物について. ワイルドライフ・レポート, 13: 15-17.

(6) 鳥類の外部計測法

茂田良光

1) 部位の名称

鳥類の主要部位の名称を図 2-1-9 および図 2-1-10 に示す。

2) 外部計測法

鳥類の外部計測は機能形態や生理生態学的研究の他、種または亜種を同定したり、性別や年令を識別するのにも役立つ。鳥類の各部の測定には、基本的な測定部位ですら、それぞれいくつかの方法があり、一定の方法に統一することは不可能である。ここでは鳥類標識者（バンダー）により、よく用いられる測定方法を紹介し、参考に供することとしたい（茂田（1986）より抜粋）。

生きた鳥を保持する基本的な方法は、翼を閉じた状態で図2-1-11のように左手（右ききのとき）の人差指と中指の間で鳥の頸部を軽くはさみ、残りの3本の指と掌で鳥体を保持するのが、鳥にも保持者にとっても安全でもっともよい持ち方である。この際、薬指と小指の間に鳥の両脚をはさむと鳥が脚を動かすのを防ぐことができる。片手で保持できない大型の鳥では、測定者と保持者が別の方がやりやすい。

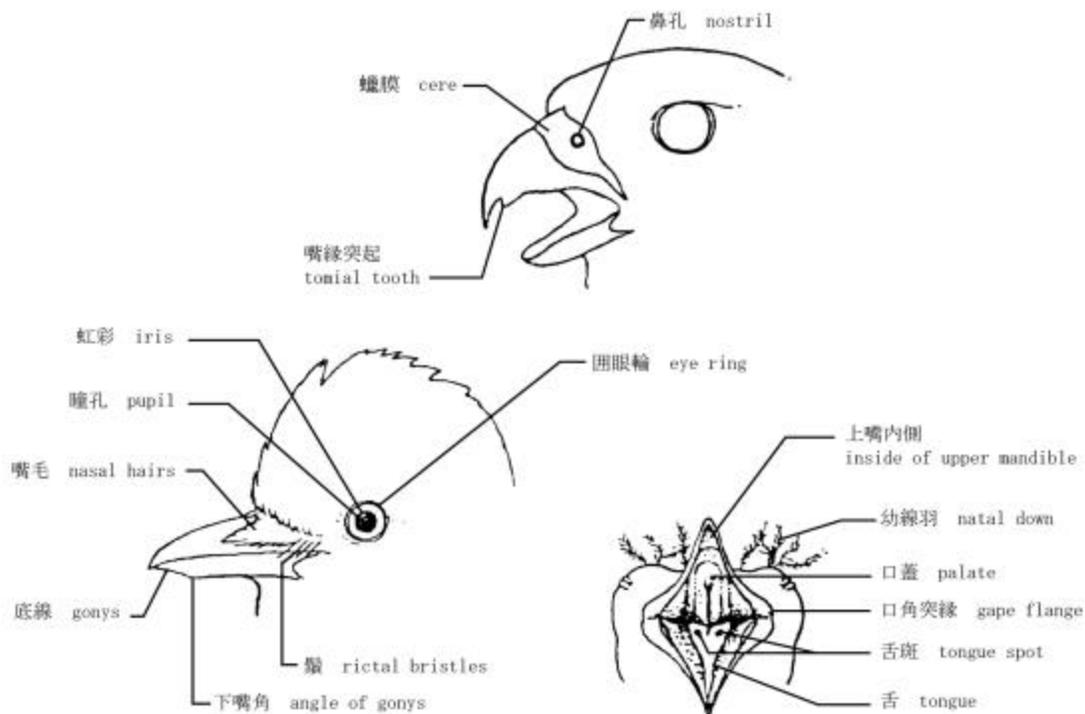
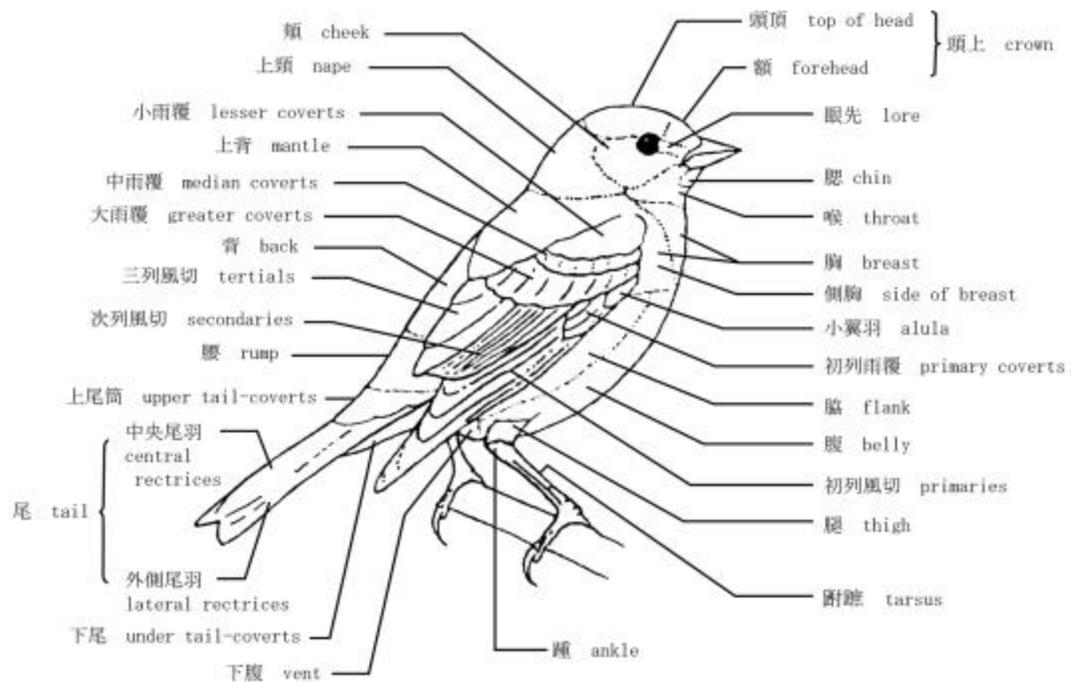


圖 2-1-9 鳥類の主要部位の名称 (その1)

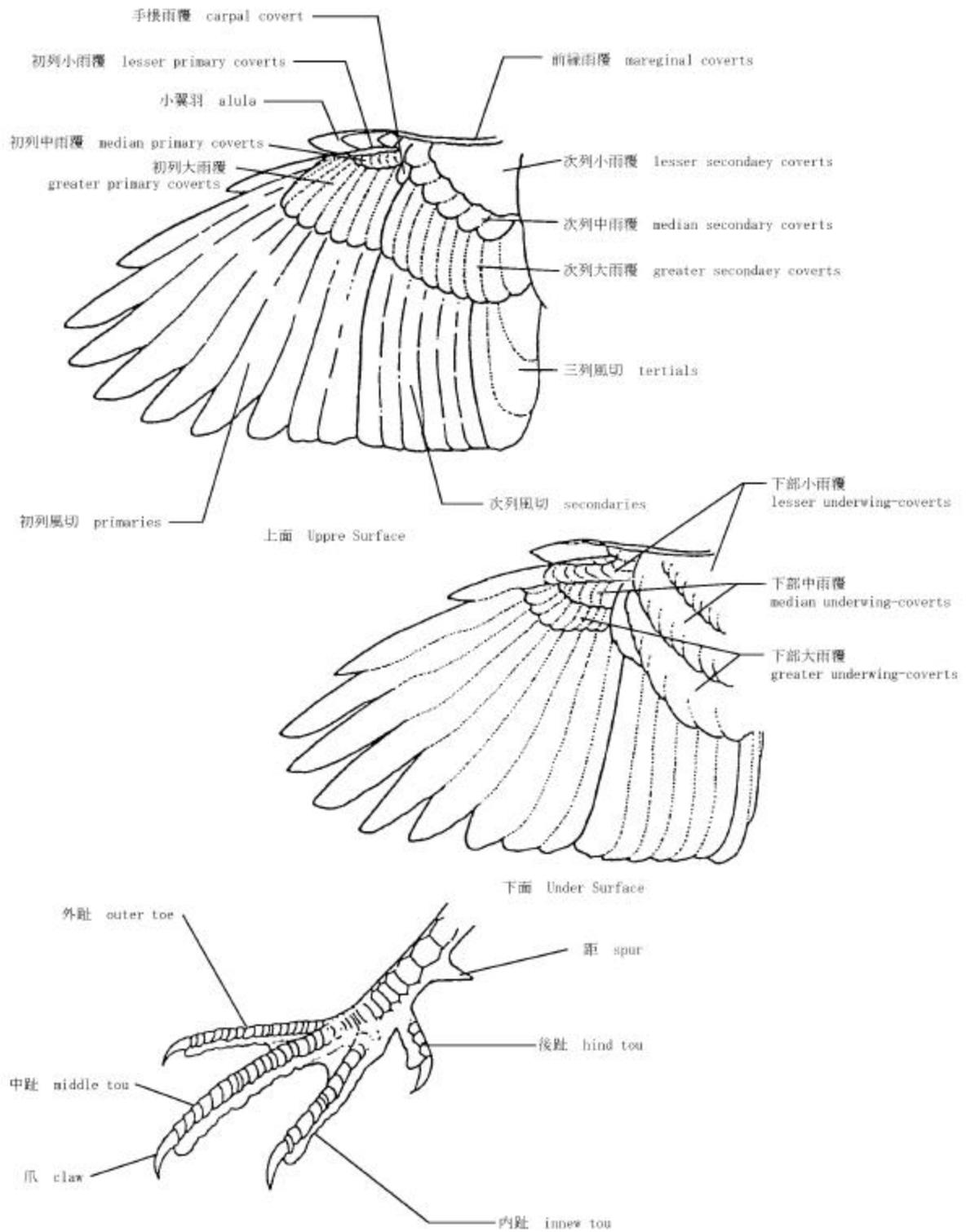


図 2-1-10 鳥類の主要部位の名称 (その2)

〔1〕翼長Wing (Length)

翼長から最長初列風切の先端までの直線距離を測定する。次の3方法がよく用いられる。

a) 自然翼長 Natural Wing Length (図2-1-12)

翼を自然な状態に閉じて、湾曲している翼をそのまま平らにせず、翼角と最長初列風切の先端を結ぶ直線距離を測る。この測定には、ノギスまたは0点にストッパーの付いた翼長測定用物指が用いられる。いずれにしる翼面が測定器具に強く押しあてられた状態にならないように注意する。この方法は翼面に力を加えないので、測定者が異なっても（または同じ測定者が複数回測っても）同じ値を得やすいが、翼が不自然に湾曲していたり湿っている場合には適さない。おそらく、アメリカや日本でもっとも広く用いられているのは、この方法である。

b) 平圧翼長 Flattened Wing Length (図2-1-13)

翼を自然に閉じて、物指の上に平らに押しつけた状態で測定する。この測定と次の最大翼長の測定には、翼長測定用物指が測定しやすい。翼の下にあてた物指の0点ストッパーに翼角を固定し、初列雨覆か大雨覆の部分を親指で物指に押しつけ、初列風切を物指上で平らにする。この際、初列風切を側方から力を加えてまっすぐのばさないようにし、また初列風切の先端部を指でなでないようにする。この方法はWitherby, et al. (1938-1941)の"The Handbook of British Birds"をはじめ、多くの類似書で採用されている。しかし個人差が出やすい欠点があり、次の測定方法に近くなりやすい。

c) 最大翼長 Maximum Wing Length (図2-1-14)

b)の方法のように翼を物指の上に平らに押しつけ、さらに初列風切を側方からも力を加えてできるだけまっすぐにのばした状態で測定する。これには普通、まず鳥体を保持する親指で注意深く小翼羽または初列雨覆の部分を物指上に押さえつけながら、翼角を0点に正しく固定する。そして物指を持つ手の人差指で、初列風切を初列雨覆先端付近で初列風切の外側から鳥体の方向に押しまっすぐにし、さらに親指で初列風切の後半部から先端にかけてを鳥体の外側方向に押しおぼすようにする。この方法は現在、ヨーロッパでよく用いられている。Svensson(1984)の"Identification Guide to European Passerines"の改訂3版では、同書の2版まで採用していた上記b)の方法を改め、すべてこの方法で測定しなおしている。この方法では翼角より内側の部分に力を加えないようにし（翼の骨をくじく危険がある）、また風切をできるだけ平らに押しつけ、まっすぐにのばそうとして力を加えすぎないように注意する必要がある。

上記の3法はそれぞれ一長一短があるが、湾曲の著しい翼をもつ種（例えばキジ目）にはb)やc)の方法は、適切ではない。非スズメ目の鳥では、各種にもっとも

適切な方法を考慮して測定すべきであろう。また乾燥した標本では、翼の湾曲度が減少してくるので a)の方法で正確な値は得られなくなる。

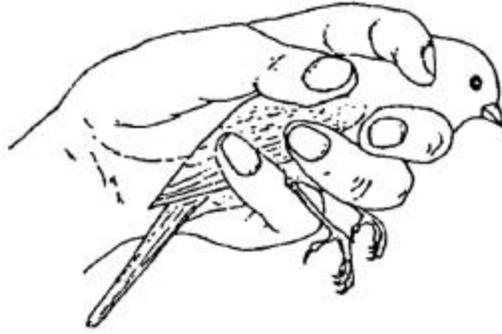


図 2-1-11 鳥の持ち方



図 2-1-12 自然翼長の測定法

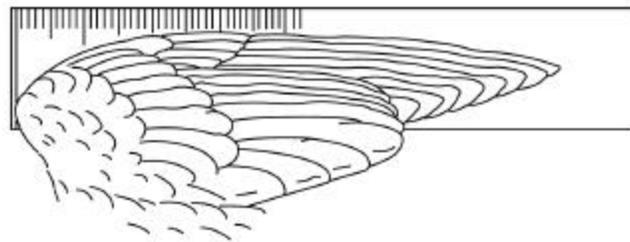


図 2-1-13 平圧翼長の測定法

図 2-1-14 最大翼長の測定法



図 2-1-15 尾長の測定法

〔2〕尾長 Tail (Length) (図2-1-15)

自然に閉じた尾羽の、中央尾羽2枚の生え際(皮膚)から最長尾羽の先端までの直線距離を測定する。最長尾羽が中央尾羽でなく外側尾羽の場合も同様で、体軸に平行な直線上で測る。この測定にはディバイダーか、ノギス、または尾羽測定用に0点の部分の薄く削った物指を用いる。ノギスの場合は内径測定用の両脚を使用する。中央尾羽2枚の間は、種によっては隙間が狭くてその間に測定具を入れにくいのと、ノギスや物指を90度ひねらないと値を読みとりにくいので、中央尾羽の外側に沿って尾羽面と平行に測定具を挿入する方がよい。この方法だと中央尾羽の基部を傷つけにくいし、測定値も読みとりやすい。物指のストッパーの付いていない0点側の端を尾羽と下尾筒の間に、中央尾羽の基部までさし込んで測定しても、これに近い値が得られる。翼長と尾長の測定に際し、最長初列風切や最長尾羽が換羽中であつたり、抜けている場合、あるいは著しく磨滅している場合には測定できないので、そのことを記録しておくようにする。

〔3〕嘴峰長 Bill or Culmen (Length) (図2-1-16)

a) 露出嘴峰 Exposed Culmen

額の正中線上の最前端にある羽毛の生え際から上嘴までを測定する。この測定にはノギスかディバイダーを用いる。ノギスは内径測定用の両脚を使用し、外側の測定用の脚を上記羽毛の生え際に固定してから内側の脚を静かに動かして上嘴先端に当て、その直線距離を測定する。

b) 全嘴峰 Total or Entire Culmen

頭骨の前端(鼻骨の後端)から上嘴の先端までを測定する。ノギスかディバイダーを用いる。頭骨の前端は普通、羽毛でおおわれているが、額の斜面と上嘴基部の面とが接する部分の凹みに a) の方法のように測定具を当てて固定し、上嘴先端までの直線距離を測定する。ディバイダーで測定するときは、鳥を傷つけないように注意する必要がある。嘴峰長の測定値には、露出嘴峰か全嘴峰かを必ず付記するようにする。また、臘膜のある鳥(例えばフクロウ目)では、通常、臘膜を含まない臘膜中央前縁から上嘴先端までを露出嘴峰とするが、臘膜を含む(with cere)が含まない(without cere)かを付記しておくべきである。

〔4〕ふ蹠長 Tarsus (Length) (図2-1-17)

ふ蹠骨(Tarso-metatarsus)後面と脛骨(Tibia)後面の間の関節から中趾前面の基部の関節までを測定する。関節の位置は関節部分を曲げて動かしてみるとわかりやすい。測定にはノギスの外形測定脚かディバイダーを用いる。ふ蹠後端の関節中央に測定具の一方の脚を固定し、前趾を曲げてふ蹠上の分岐していない完全な鱗皮の前縁

中央にもう一方の測定具の脚をあてる。標本の場合には関節を動かすことができないので、正しい測定位置がわかりにくく、またノギスよりディバイダーの方が測定しやすい。

〔5〕全長 Total Length

嘴端から尾端までの直線距離を測定する。脚の長い鳥も同様である。これは、鳥の下面を上にして物指上で仰臥させて測るが、頸をあまり引きのばさないように注意する。鳥を両脚基部で保持し、尾端を0点に押しあて（ストッパー付き物指が便利）、もう片方の手で鳥の頭部か嘴を保持し、頸を軽く引きのばして嘴が物指と平行になるようにして測る。全長の正確な測定は、標本では不可能である。

〔6〕体重 Body Weight

生きた鳥の体重の測定には、鳥の胴体の太さに合った筒（円筒形より円錐形が扱いやすい）または袋に鳥を入れて鳥が動けないようにして測定する。この筒は、風袋重を減算しやすい重さに調整して厚紙やビニールなどで、各種鳥用の大きさのものを作っておくとよい。体重は時間とともに変化するので、なるべく鳥の捕獲後すみやかに測定する。測定の日付や時刻を記録することはもちろんであるが、捕獲時刻と測定時刻が著しく異なるときは、両時刻を記録することが望ましい。生きた鳥と死んで間もない鳥の体重は、同じと考えやすいが、体重は死後も減少することが知られている。たとえば、ニワムシクイ *Sylvia borin* では死後15分以内に平均 1 g (5.5%) 以上も軽くなった例がある。死後やむを得ず体重の測定前に鳥を冷凍する場合には、ビニール袋などに密閉して、できるだけ乾燥しないようにする必要がある。



図 2-1-16 嘴峰長の測定法（左：露出嘴峰、右：全嘴峰）

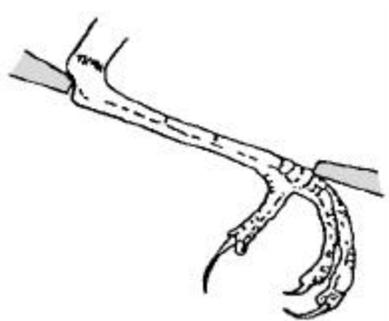


図 2-1-17 ふ蹠長の測定法

参考文献

- 茂田良光 1986. 鳥類測定の実際 - 鳥類と哺乳類の計測マニュアル - () 栃木県立博物館. 栃木. P.49-58.
- 茂田良光・佐野裕彦 1986. 鳥体外部の名称、Bird Topography Bull. JBBA. 1(3): 56-69.

2-2 海棲哺乳類

(1) 海棲哺乳類総論

藤瀬良弘・山田 格

1) 入手方法と種の特性

入手方法

国内で野生海棲哺乳類の標本を入手できるソースとしては、主に下記の5つが挙げられる。

- a) 座礁・漂着（ストランディング）
- b) 混獲
- c) 有害鳥獣駆除
- d) 商業目的による捕獲
- e) 科学目的での捕獲

この他、遊泳中の個体から生体標本（バイオプシー）を採集する方法もあるが、採取できる量に限界があることや船に接近してきた個体のみから採取可能であることなどから、現時点では本調査に適當ではないように思われる。

ストランディング（stranding）とは、船などが座礁することを意味する strand という動詞に由来し、本来は水中あるいは水上にあるべきものが海岸線をこえて陸に上がってしまうことをいう。生物が対象の場合、厳密には、生きた個体が自力で海岸に上がる場合を指し、死体が打ち揚げられた場合にはビーチング（beaching）とするべきであるとも言われるが、包括的に生死を問わず本来海にいるべき生物が海岸にある場合全般をストランディングと呼ぶようになっている。ここでも、ストランディングという表現は、生死の区別をせずに使用している。このようなストランディング、特に死体で打ち揚げられた個体を用いる場合には、必ずしも正常な身体の状態を反映しているとは限らないため、結果を解釈する場合には死因などをも併せて検討するなどの注意が必要である。

混獲（incidental catch）は、海棲哺乳類が偶発的に定置網や流し網などの漁具にかかってしまう場合を言う。この内、定置網で偶発的に捕獲されたヒゲクジラなど大型鯨類については、平成13年7月1日の農林水産省の省令改正により、義務づけられた報告を行った後に、販売することが可能となっている（<http://www.e-kujira.or.jp/henkou/zasyou5-3.html>）。

有害鳥獣駆除（害獣駆除）は、海棲哺乳類が定置網や一本釣りなどで漁獲した魚介類などを食べ荒らす被害を防ぐために、追い込みなどの方法で捕獲処分するものや、鰭脚類が定置網などの漁具から漁獲物を捕食するため、駆除する場合を言う。害獣駆除個体については、銃殺するうえに死体の回収をしない場合が多いので、サンプリングを行うには駆除従事者との事前の協議が前提である。費用の支出などの協力によってサンプリングが可能になることもある。

商業捕獲は、大型ヒゲクジラやマッコウクジラなどについては国際捕鯨委員会（International Whaling Commission）での商業捕鯨モラトリアムにより商業目的の捕獲は中止されており、これらの鯨種については下記の科学目的と原住民生存捕鯨での捕獲のみが行われている（日本国内では原住民生存捕鯨での捕獲は行われていない）。一方、これら以外の鯨種については、自国の管理下で商業的捕獲が行われており、我が国では小型捕鯨業とイルカ漁業がある。前者ではツチクジラ、コビレゴンドウ（北方型：タッパナガと南方型：マゴンドウの2系群）、ハナゴンドウが捕獲されている。また、後者のイルカ漁業では主に北日本太平洋岸からオホーツク海沿岸にかけてイシイルカの突棒漁業が、また紀伊半島南端の太地では追い込み漁や突棒漁業によりスジイルカ、マダライルカ、ハナゴンドウ、マゴンドウ（コビレゴンドウの1系群）などが捕獲されている。商業捕鯨の操業は例年一定の時期に行われるので、業者との合意が成立すれば良好なサンプリングが可能であろう。

科学目的の捕獲としては、我が国が北西太平洋と南極海で実施している鯨類捕獲調査（JARPNとJARPA）がある。本調査に関連する日本周辺海域としては北西太平洋の捕獲調査（JARPN）があげられる。このJARPNはミンククジラの資源管理に有用な同種の系群構造に関する情報を収集することを目的にして1994年から開始されているが、2000年より生態系管理に必要な情報収集のため、同種の他にニタリクジラとマッコウクジラを加えて調査が進められている。南極海と北西太平洋において実施されている捕獲調査（調査捕鯨）は例年一定の時期に調査が行われており、良好な試料が得られる可能性が高い。

本調査目的の一つは、野生生物のダイオキシン類の汚染状況を把握し、その動向を掴むことであることから、標本は一定の時期に一定の海域から入手するのが望ましい。このようなことから、上記の入手方法の内、ストランディング及び混獲個体については、これまでに得られた情報（石川 1995a、石川 1995b）から、下記に挙げる海棲哺乳類の種類が適当であると考えられる。

なお、他の動物と同様に一部の鯨種の名前については地域ごとに呼称が異なる場合がある。例えば、マイルカはその地方で良くみられたり捕獲される種類を指す場合があるので、正確な種の同定は独自に行う必要がある（粕谷・山田 1995）。

種の特徴

a) ストランディング

オウギハクジラ *Mesoplodon stejnegeri* (Stejneger's beaked whale)

本種は冬季、日本海側各地の沿岸に死亡して漂着することが多い。体長は新生児で2.2m前後、成体では5mをこえることがある。小さな頭部にはクチバシがあり、外見上イルカに似ているといわれる。歯は下顎に1対のみで、成熟雄のみで萌出し牙のように上顎の両側にそびえる。成体の体形は、強く側扁し体高が大きい。背ビレは小型の変形した三角形で尾側よりに位置する。新生児の体色は背側が濃褐色で腹側に向けて淡褐色に移行する。眼の回りには濃褐色部分が垂れ下がる。体長4.5m程度を境に体色が変化し、ほとんど全身黒一色になる。体重は成体で1~1.5t程度。胃内容物として発見されるイカの種類などから、中層から深層(水深200~600m)で摂餌するものと考えられる。漂着は福岡県から稚内までの範囲の日本海沿岸各地、斜里、根室周辺あるいは噴火湾沿岸などで知られているが、2月頃には秋田県・山形県付近、3月から5月頃には新潟県付近を中心として漂着する傾向がある。4月頃、能登半島沖から秋田県沖付近で出産している可能性がある。以上のことから、冬季、日本海沿岸全域などでサンプリングの可能性はある。

スナメリ *Neophocaena phocaenoides* (Finless porpoise)

本種の漂着は、知多湾や渥美湾、関門海峡周辺などで通年見られる。ただし、水産資源保護法による規制のため、通常は生きて座礁した場合は海に逃がす努力を行い、死体については埋却ないし焼却することとなっている。また、混獲、漂着死体を発見した際には関係機関に報告する必要があり、死体で漂着した個体を調査する場合には都道府県の担当部局を通じて農林水産大臣の許可を得る必要がある。さらに、新鮮組織が必要な場合には都道府県水産課との事前の調整が望ましい。サンプリングはこのような法的課題をクリアできれば、場所によっては通年行うことができる。体長は1.5~1.7m前後。クチバシのない丸い頭が特徴。コノシロやボラなどの魚類、エビ・カニなどの底棲性甲殻類やイカ・タコなどの頭足類などを食べる。体色は明るい灰色であるが、死亡後はかなり急速に変色し、黒っぽくなることが多い。

b) 混獲

ネズミイルカ *Phocoena phocoena* (Harbour porpoise)

冬から春にかけて噴火湾(臼尻周辺)の定置網で混獲される。体長1.6m、体重60kg程度になる。クチバシはなく、なめらかに尖った頭をしている。体色は灰色で、背中側は黒い。群集性の小型魚類などを食べる。

スナメリ *Neophocaena phocaenoides* (Finless porpoise)

伊勢湾、渥美湾などで、ほとんど通年、刺し網などで混獲される。

ゼニガタアザラシ *Phoca vitulina* (Harbour seal)

9月から12月にかけて、襟裳岬から根室半島の秋サケの定置網で混獲される。北海道東部太平洋岸に分布する。体色は黒地に白い輪模様の暗色型がほとんど。体長 1.7 ~ 1.9m、体重 80 ~ 150kg 程度。雌は繁殖期には岩礁にすむが、その他の時期には回遊している。雄は通年岩礁に定住する。幼若個体は回遊する傾向がある。

ゴマフアザラシ *Phoca largha* (Spotted seal)

9月から12月にかけて、襟裳岬から根室半島で混獲される。オホーツク海に分布。明るい黄褐色の地色に、黒っぽい斑点が散る。体長は 1.7m 程度。繁殖期は 1 月から 4 月で、流氷帯周辺で出産する。5 月頃から 12 月頃までは沿岸部で生活する。第 2 次大戦後、個体数は減少したが、回復傾向にある。

c) 有害鳥獣駆除

トド *Eumetopias jubatus* (Stellar sea lion)

雄は利尻島・礼文島周辺、雌は羅臼付近を中心として秋季に害獣駆除が行われるが、小型船舶からの銃殺で、死体を回収しないので、サンプリングは困難であろう。10 月から 4 月にかけて北海道沿岸に来遊する。繁殖地は千島列島中部以北で繁殖期は 6 月頃。雄は体長 3m 前後、体重 1,000kg 近く、雌は 2m 前後、250kg 程度になる。

ゴマフアザラシ *Phoca largha* (Spotted seal)

羅臼から納沙布にかけて害獣駆除が行われているが、死体の回収はトド同様困難である。

d) 商業目的での捕獲

ツチクジラ *Berardius bairdii* (Baird's beaked whale)

水揚げ地は千葉県和田町、宮城県牡鹿町、北海道函館市、北海道網走市。成体では体長 10m、体重 10t をこえる。底生性の魚類やイカ・タコなどを食べる。体色は黒っぽい褐色で腹側に白い紋様がある。明瞭なくちばしと、丸く大きな頭部が特徴。

イシイルカ *Phocoenoides dalli* (Dall's porpoise)

体長 2.3m、体重 220kg になる。表層から中層のイカや魚類を食べる。クチバシはない。体色は黒で、体側に白斑があるが、白斑の前端が胸びれ基部まで達する「リク

ゼンイルカ型」と、背びれ付近までの「イシイルカ型」の2タイプがある。本種はイルカ突棒漁業の対象種であり、宮城県から北海道にかけて捕獲される。水揚地は北海道、岩手県、青森県、宮城県など。

コビレゴンドウ *Globicephala macrorhynchus* (Short-finned pilot whale)

体長は最大6.5m程度。イカなどを捕食する。銚子から琉球諸島方面に分布する「マゴンドウ」と、銚子から北海道にかけて分布する「タッパナガ」の2タイプがある。水揚地は、マゴンドウでは和歌山県太地町、千葉県和田町、沖縄県糸満市、タッパナガでは宮城県牡鹿町である。平均体長はマゴンドウ型で、オス4.2m、メス3.2m。タッパナガ型ではオスが5.6m、メスが4.0m。全体に黒褐色で、タッパナガでは背中の鞍型紋が白い。クチバシがなく、大きく丸い頭部が特徴。マゴンドウは小型捕鯨業とイルカ突棒漁業、タッパナガは小型捕鯨業によって捕獲される。

ハナゴンドウ *Grampus griseus* (Risso's dolphin)

体長は3~4m。小型捕鯨業やイルカ追込漁業、イルカ突棒漁業の対象種であり、和歌山県に水揚げされる。

スジイルカ *Stenella coeruleoalba* (Striped dolphin)

体長は2.0~2.5m。熱帯から亜熱帯に生息する。かつては和歌山県から伊豆にかけてイルカ突棒漁業やイルカ追込漁業で捕獲されたが、近年は和歌山県のみで捕獲されている。

マダライルカ *Stenella attenuata* (Spotted dolphin)

水揚地は和歌山県。体長は2.0~2.5m。スジイルカと同様に、イルカ突棒漁業などで捕獲されている。

ハンドウイルカ *Tursiops truncatus* (Bottlenose dolphin)

水揚地は和歌山県、沖縄県。体長は2.7~3.3m。イルカ突棒漁業やイルカ追込漁業で捕獲されている。

オキゴンドウ *Pseudorca crassidens* (False killer whale)

水揚地は和歌山県、沖縄県。体長は3.9~5.6m。ハンドウイルカと同様にイルカ突棒漁業やイルカ追込漁業で捕獲されている。

e) 科学目的での捕獲

ミンククジラ *Blaenoptera acutorostrata* (Common minke whale)

体長は北太平洋では平均7.5~8m。日本近海(太平洋側)では、1950~1960年代

には主にオキアミ類、イワシ類、サバ類が主要な餌生物であったが、近年はサンマやカタクチイワシが主であり、この他スケトウダラやスルメイカなども捕食しており、幅広い摂餌能力を有していることが明らかにされている。一方、南半球のクロミンククジラ（これまで北半球のものと同一种として考えられてきたが、近年、別種として記載されるようになり、クロミンククジラ *Blaenoptera bonaerensis* と呼称されるようになった）は、索餌海域である南極海では主としてオキアミを捕食している。

ニタリクジラ *Blaenoptera edeni* (Bryde's whale)

体長は北太平洋では12m程度。日本近海（太平洋側）では主として群集性の表層魚類（カタクチイワシなど）やオキアミを捕食している。

マッコウクジラ *Physeter macrocephalus* (Sperm whale)

体長は雄では15m、雌は12m程度。水深1000mをこえる深海で採餌し、餌生物は主に中深層性のイカ類であるが、夜間表層に浮上するイカ類や深海性の魚類なども捕食している。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

座礁・混獲鯨類のうち、シロナガスクジラ、ホッキョククジラ、スナメリの3種については、水産資源保護法施行規則（昭和27年農林省令第四十四号）第一条により、試験研究、その他の特別な事由により農林水産大臣が許可した場合を除き、採捕してはならないことになっている。また、その他のクジラ・イルカ類の捕獲や混獲、座礁、駆除などの処置に関しても、漁業法等に基づく指導監督の一環として水産庁通達等関係機関への指導が行われている。例えば、混獲や座礁した鯨類については、生きている場合は海に戻すよう最善の努力を行うこと、死亡している場合には埋却、焼却などの適切な処理を行うよう指導されている。ただし、下記に示す種類に限っては、伝統的に鯨食の習慣のある地域で、混獲などの発見時において死んでいるものについては、その地域内での消費が認められている（販売はできない）。

ツチイルカ、オキゴンドウ、マゴンドウ、バンドウイルカ、ハナゴンドウ、マダライルカ（アラリイルカ）、スジイルカ、イシイルカ（リクゼンイルカを含む）、カズゴンドウ、マイルカ、セミイルカ、カマイルカ、シワハイルカ

しかしながら、「指定漁業の許可及び取締り等に関する省令の一部を改正する省令」が平成13年4月20日に制定され、同年7月1日より施行されており、これにより

IWC（国際捕鯨委員会）が管轄するヒゲクジラ等が定置網（大型定置漁業及び小型定置漁業）で混獲された場合には、水産資源保護法で規定されたシロナガスクジラとホッキョククジラを除き、生きている個体は海に逃がし、死んだ個体は埋却もしくは焼却処理する他、混獲の報告とDNA登録を行うことにより資源の有効利用を図ることが可能となっている（販売も可）。いずれの場合も、水産庁等の関係機関への報告や協議などが求められていることから、標本を入手する場合には、このような法、省令等に関わる各行政機関等との連絡・調整が必要となろう。

なお、平成14年公布の鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律では海棲哺乳類のうちゼニガタアザラシ、ゴマフアザラシ、ワモンアザラシ、クラカケアザラシ、アゴヒゲアザラシ、ジュゴンが同法の対象となる見通しである。

採取方法

国内で海棲哺乳類の標本を入手できるソースとしては、ストランディング、混獲、害獣駆除、商業目的と科学目的での捕獲がある。我が国沿岸各地で見られる海棲哺乳類のストランディングは、圧倒的に死亡個体の漂着が多く、死後経過時間の幅も広い。このような個体を用いて汚染物質の調べる場合には、腐敗が軽微の個体では可能であるが、腐敗の進行に伴って組織変質が起こるため、このような個体から採集した標本がどの程度汚染の状況を反映しているのか検討する必要がある。このため、ストランディング個体の場合には、鮮度に関する情報も併せて収集しておく必要がある。

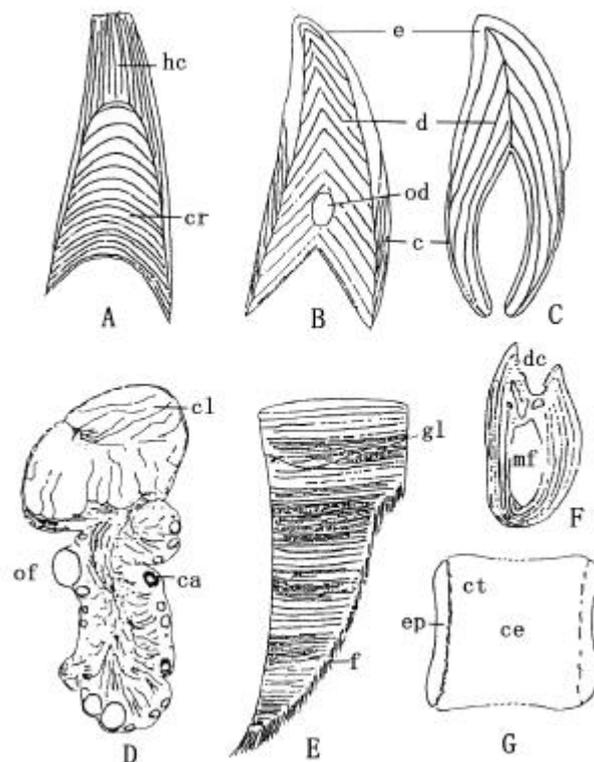
海棲哺乳類、特に鯨類はその殆どが大型であるため、一個体を丸ごと採集して冷凍保管することは、フォークリフトやクレーン、大型冷凍庫などの特殊な機材が必要であり、これらを有する水産試験場や水族館などの機関以外では難しい。そのため、殆どの場合、座礁もしくは混獲した場所付近で当該個体の調査と試料の採集を行うことになる。特に、ストランディング個体の場合には、砂浜や岩礁など足場の悪い環境の中で調査を行うことが多い。ダイオキシン類などの有機塩素化合物は、一般に脂溶性に富むことから脂肪組織に蓄積しやすく、鯨類の場合は脂皮と呼ばれる脂肪組織が、また鰭脚類では毛皮直下の脂肪（皮下脂肪）がこれらの化学物質の分析に用いられる。身体の部位による化学物質の蓄積濃度の違いは、主に脂肪含量によるものであり、締結組織の多い尾ビレや背ビレ、また逆に結合組織の少ない腹部の脂皮を除くとそれほど違いはないので、分析試料を採集する身体の部位は基本的にどこからでも良いと思われる。ただし、採集した部位名は記録し、分析結果を考察する際に確認できるようにしておくことが望ましい。また、これら主要な蓄積部位である脂肪組織（脂皮）以外にも、標的部位となる生殖腺や乳腺及び肝臓（腎臓や筋肉）なども同時に採取し、形態やホルモン分析なども併せて調査することにより、汚染状況のみならず、その影響までも知る手がかりになることから、時間的、人的、経費的に許容できる範囲で採集するのが望ましい。

これら採集にあたっては、採取日時、場所、正確な位置（図面を添える）、一般環境

状態、施設その他の生活圏との関係、汚染の状況、潮汐の状態、水温、その他の気象条件なども併せて記録する。また、病理学的な剖検を行い、可能な限り詳細な剖検所見を記すと同時に、必要に応じて組織学的な所見も添えておくことが推奨される。

年齢査定

難分解性の化学物質の蓄積レベルは、暴露時間（年齢）に依存している。特に海棲哺乳類のように比較的長寿命の生物種では重要である。汚染の経年的な変化を把握するには、ある一定の年齢の個体に限定して継続的な調査を行うことが望ましい。しかしながら、標本の入手自体が困難である海棲哺乳類の場合には、同一年齢のものだけを収集することは殆ど不可能である。そのため、蓄積レベルの年齢変動を明らかにし、それらの変動を考慮することにより地域的な比較や経年的な比較が可能となるように調査すべきであろう。海棲哺乳類の年齢形質としては、ヒゲクジラの耳垢栓、ハクジラや鯨脚類の歯、卵巣、クジラヒゲ板、下顎骨、脊椎骨などが検討されてきた(図 2-2-1) (大隅 1967)。



A:耳垢栓の断面、B:マッコウクジラの歯の断面、C:マイルカ科の歯の断面、D:卵巣の断面、E:クジラひげ板、F:マッコウクジラ下顎骨の断面、G:脊椎骨の断面（左：化石しない脊椎骨、右：化石した脊椎骨）、hc:外覆部 cr:中心部、c:セメント質、d:象牙質、e:エナメル質、od:骨象牙質、cl:黄体、ca:白体、of:卵胞、gl:“歯肉”線、f:ふさ毛（角質管）、dc:歯槽、mf:下顎孔、ep:骨端板、ct:軟骨層、ce:椎体

図 2-2-1 クジラ類の主要な年齢形質の模式図（大隅 1967）

ハクジラ類及びアザラシ類の年齢

現生のハクジラ類の歯数は多様でありマイルカなどでは250本以上もあるが、アカボウクジラ科では下顎に1対しかないものもいる。すでに絶滅した原鯨類 (Archaeoceti) では機能の異なる歯を有していた (異形歯性) が、現生の鯨類では単根、不換性で比較的単純でほとんど同じ形をしている (同形歯性)。これらの歯は、ゾウゲ質、エナメル質、セメント質からなり、年齢査定にはゾウゲ質やセメント質に認められる明暗の層群を計数することによって年齢を査定する。ゾウゲ質は歯髓腔の内壁に層をなして沈着成長するので、ツチクジラやイルカ類などのように早期に歯髓腔が満たされゾウゲ質の成長が止まる種がある一方で、アカボウクジラやトックリクジラのように終生成長する種もある。セメント質は歯の外側に沈着し、終生蓄積するので年齢査定に適しているが、ツチクジラのように明瞭な種とそうでない種がある (粕谷 1983a、粕谷 1983b)。ネズミイルカ類では歯が小さく、特にイシイルカでは顕著に小さいので年齢査定にはセメント質のみを用いるが、摩耗も激しく査定すること自体が難しい。アザラシ類では犬歯を用いた年齢査定がなされている (Naito and Nishiwaki 1972)。

査定を目的として歯を選ぶには、1対しかないアカボウクジラ科鯨類などでは選択の余地がないが、歯が多数ある種では摩耗した歯や前後端の歯など小型のものを除けばどれでも良い。上下顎に歯が存在する種では横断切片作成の必要上、下顎のものが望ましいが、マッコウクジラでは磨耗の激しい下顎歯よりも、歯肉に埋まった上顎の痕跡歯が年齢査定には適している。いずれにしても健全な歯を選ぶ必要がある (粕谷 1983a、粕谷 1983b)。

採集した歯の保存は、冷凍、煮沸、70%エタノール固定、10%ホルマリン固定のどの方法をとっても結果に大きな差はないが、乾燥させると計数が困難になる場合がある。年齢査定のための処理としては、正中線で縦切りし、その断面を観察しながら、成長層を計数するが、種類及び研究者によってその方法は多様である。マッコウクジラなど歯自体が大きい種では、その断面を切り出し、砥石で研いで、実体顕微鏡下で査定する。またイッカク、シロイルカ、アカボウクジラ、ツチクジラなどでは酸を用いて断面をエッチングし、その表面の凹凸で成長層を見る方法も用いられる。イルカ類の場合、ゾウゲ質の観察では薄切片を作成して透過光の下で透明・不透明層を数えるが、セメント質層では50~100 μ mの切片を偏光顕微鏡下で観察して計数する方法などが取られている。この他、10数 μ mから50 μ mの切片を脱灰し、ヘマトキシリン・エオジン染色を行って永久プレパラートを作成する方法などもあり、これはイルカ類に用いられる一般的な方法である。いずれにしても、これらの年齢査定には経験と熟練が要求される。この他、下顎骨なども年齢形質として検討されたが、現在のところ歯が最も有用な年齢形質である。

ヒゲクジラ類の年齢

ヒゲクジラ類の年齢は、外耳道の耳垢栓（耳あか）に形成される成長層を計数することによって査定する（Purves 1955）。鯨類の耳は目の後方に位置するが、耳介はなく、小さな孔が空いているだけである。ここから頭骨まで外耳道が続いているが、表皮の直下でいったん閉塞して再び開口しているため、耳垢は生まれてから終生体外に出ることはない。外耳道の一番奥には指サック様のグローブフィンガーという組織（鼓膜に相当する）があり、耳垢栓はここに蓄積する。耳垢栓はグローブフィンガーの上皮細胞の剥離・角質化したコア（中心部）と外耳道内壁由来のアウトカバリング（外覆部）から構成される。このコアを縦割りするとその断面に明帯と暗帯の層が交互に形成される成長層を観察することができる。明層は摂餌期に、暗層は繁殖期に形成されると考えられており、この層数を計数することにより年齢を査定することが出来る。ちなみに、コアに形成された成長層は、グローブフィンガーに近い層が一番新しく形成された層で、グローブフィンガーから最も離れた層が胎児期に形成された層である。

耳垢栓を採集するのは、特に解剖学的な知識を有する熟練者でなければ不可能に近い。北西太平洋や南極海の捕獲調査（JARPN や JARPA）で行われている採集方法では、頭部は頭頂部を下にした状態で、下顎骨の近位端付近にワイヤーなどを通して左右に引っ張りながら、左右の下顎関節よりやや内側よりの結合組織に切れ目を入れて、ゆっくり剥ぎ、外耳道膜を露出させる。外耳道膜を露出させた後、小型ナイフやハサミを用いて膜を注意深く切り開き、耳垢栓をピンセットなどを用いて損傷しないよう注意深く取りだし、10%ホルマリン溶液で固定する（銭谷 1995）。

採集した耳垢栓は研究所に持ち帰った後、長軸に沿って偏平面をメスで浅くカットし、コアの中心面が現れるまで砥石で研磨し、切片を作成する。その後、実体顕微鏡下で耳垢栓表面に現れた成長層を計数する。これも熟練した読み手でないと査定は難しい。何れの形質も絶対年齢との対比が行なわれることが望まれる。この他、卵巣やヒゲ板、脊椎骨などが年齢形質として検討されていたが、耳垢栓がもっとも有用な年齢形質である。

性別査定

海産哺乳動物の場合、海洋で生活（遊泳、移動）する必要があることから、水の抵抗を少なくするため、外形上の突起物は最小限にとどめており、生殖器は通常体内に収まっていて外部から観察することは出来ない。まれに、水族館などでイルカ類が発情した際にペニスを体外に出しているのが観察されることがあるが、特に野外では生殖孔周辺以外では外形から雌雄を判別するのはかなり難しい。生殖孔周辺を観察できた場合にのみ、性別が容易に判定でき、スリット状になっている生殖孔と肛門の距離で雌雄を判別することが出来る（図 2-2-3）。すなわち、雄では生殖孔と肛門との距離が離れており、それぞれに独立した溝（あるいは陥凹）が形成されるが、雌ではこれ

らが近接しており、連続した溝に開口している点で明確に区別できる。さらに雌ではそれらを結ぶ線を中心にして左右にそれぞれ1つの乳裂が認められ、特に成熟(泌乳)個体では顕著であり、ここから乳首が露出している場合もある。但し、乳裂は種によっては雄にも存在するので注意を要する。また、種によっては二次性徴によって外形的に判断できる場合がある。シャチでは背ビレの形状から容易に識別することができ、成熟雄個体の背ビレは垂直に高く伸びており、雌や未成熟雄の波頭のような背ビレとは大きく異なっている。同様の傾向がカマイルカにおいても観察されており、生殖器や生殖腺、性ホルモン濃度、染色体、遺伝子など直接的な判断材料が入手できない場合には、このような背ビレや尾ビレにかけての稜線の隆起などの形状を写真などで記録しておくことで、後日判断できる場合がある。

外部計測法

図 2-2-3 および図 2-2-4 に示したように、海棲哺乳類の場合、体長は体軸と平行に上顎の吻端から尾部にかけて計測するが、鯨類では尾鰭中央の分岐点まで、鰭脚類では尾の先端までの直線距離を 1cm 単位で測定する。海棲哺乳類の体長計測は、ネズミイルカやアザラシなどの小型の個体を除いて 1 人で計測することは難しく、2 人以上が協力して計測する必要がある(大型ヒゲクジラでは体長が 10m をこえる場合もあり、過去には体に沿わせて計測した事例があったが、個体の肥満度によって影響を受けることから、直線距離で計測するのが標準となっている)。また海棲哺乳類の場合、体重測定は特別の施設に移動できる場合を除いて、殆ど不可能に近い。測定可能な場合には、体重 1,000kg までの個体については 1~10kg 単位、1,000kg 以上の個体については 10~50kg 単位で測定するのが望ましい。

ストランディング・レコード用紙

*この用紙は漂着動物1頭につき1枚記録を行うようにデザインされています。もし複数の個体を同時に帰洛する場合は、頭数に応じて記録用紙を使用するか、記録内容が個別別にわかるように1枚に書き込んでください。

観察者名 _____ 所属 _____

連絡 _____ Tel _____

漂着の形態： 海岸漂着・海上漂流 漁具による混獲 港湾、河川への迷入

*該当するものに印をつけて下さい。

種類 _____ 同時漂着頭数 _____ 性別：雄/雌

*種の判定を行った場合は、その判定材料を記入して下さい。

日付 _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ 時 _____ (発見/観察) _____ 生存/死亡

漂着場所 _____

漂着状況 _____

*海岸漂着の他混獲や迷入等の状況、死亡の場合は死体の状態等を記録してください。

個体情報

体長(裏図1、計測方法明記) _____

体重(計測方法明記) _____

ヒゲ板あるいは歯の特徴 _____

体色の特徴 _____

外形の特徴：(1)吻；有/無 (2)背鰭；有/無 (3)尾鰭分岐部(裏図)；有/無
(4)喉の溝(裏図)；有/無 (5)胸鰭に白色部；有/無 (6)その他

写真撮影；有/無 撮影部位；全身(側面/腹面) 頭部/生殖器/その他

*可能であれば写真を記録に添えて下さい(記録の正確さが向上します)。

標本採集；有/無 採取部位(保存方法) _____

標本の所有者 _____

特記事項 _____

漂着動物の処理 _____

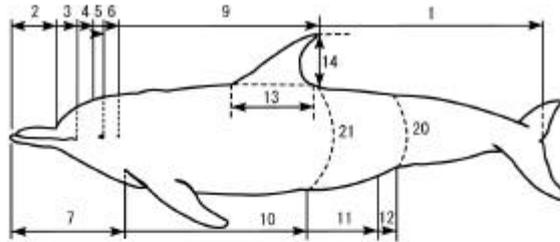
*この欄は観察者が計測を行う場合の補助としてご利用下さい。計測データを提供いただいた場合の所有権は計測者と

日鯨研に帰属し、日鯨研に記録されたデータを他の研究者が利用する場合は、計測者の了解を得るものとします。

- | | | | |
|------------------|-------|--------------------|-------|
| 1. 上顎先端 - 尾鰭分岐部 | _____ | 13. 背鰭最大幅 | _____ |
| 2. 上顎先端 - 吻基部 | _____ | 14. 背鰭幅 | _____ |
| 3. 上顎先端 - 口角後端 | _____ | 15. 胸鰭前縁長 | _____ |
| 4. 上顎先端 - 呼吸孔中央部 | _____ | 16. 胸鰭後縁長 | _____ |
| 5. 上顎先端 - 眼開口部 | _____ | 17. 胸鰭最大幅 | _____ |
| 6. 上顎先端 - 耳開口部 | _____ | 18. 尾鰭幅 | _____ |
| 7. 上顎先端 - 胸鰭基部 | _____ | 19. 尾鰭分岐部 - 尾柄部 | _____ |
| 8. 上顎先端 - 吻後部 | _____ | 20. 胴周(肛門位置)(半周も可) | _____ |
| 9. 上顎先端 - 背鰭先端 | _____ | 21. 胴周(臍位置)(半周も可) | _____ |
| 10. 上顎先端 - 臍中央 | _____ | 22. ヒゲ板、歯の最大高 | _____ |
| 11. 上顎先端 - 生殖孔中央 | _____ | 23. ヒゲ板、歯の最大幅 | _____ |
| 12. 上顎先端 - 肛門中央 | _____ | | |
24. 歯数：上左 _____ 上右 _____ 下左 _____ 下右 _____ (埋没した歯に注意する)
25. 体重 _____ kg

*長さは cm 単位、体軸に平行に測定する事。左/右で表示し、左右片側のみ計測の場合はこれを明記する。

ハクジラ類



ヒゲクジラ類

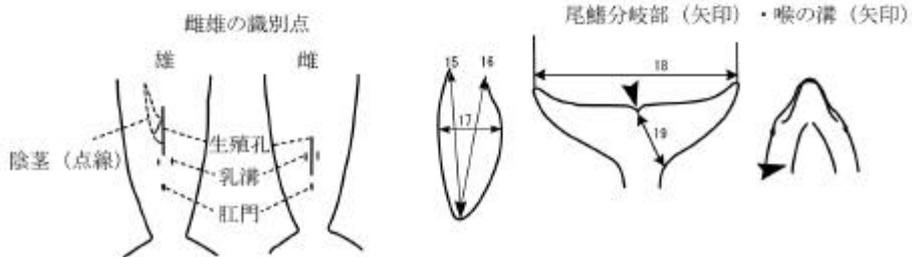
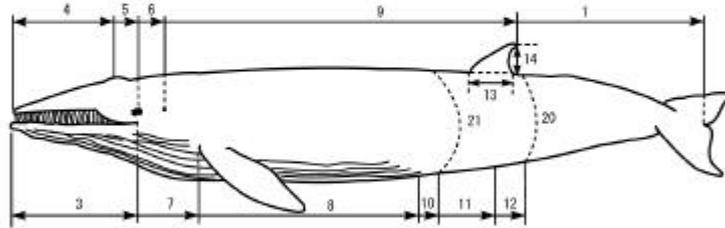


図 2-2-3 鯨類調査票 (その 2)

種名 調査名	性別	標本番号 捕獲位置	捕獲年月日 捕獲方法	調査年月日 調査者		
外部形態 (cm)						
					1. 吻端 ~ 尾端長	_____
					2. 吻端 ~ 後肢端長	_____
					3. 吻端 ~ 眼中心長	_____
					4. 吻端 ~ 耳孔長	_____
					5. 吻端 ~ 前肢前端長	_____
					6. 吻端 ~ 前肢端長	_____
					7. 吻端 ~ へそ孔長	_____
					8. 吻端 ~ 乳頭長	_____
					9. 吻端 ~ 生殖孔長	_____
					10. 吻端 ~ 肛門長	_____
					11. 口角長 1	_____
					12. 口角長 2	_____
					13. 乳頭巾	_____
					14. 前肢後縁長	左 _____ 右 _____
					15. 前肢端巾	左 _____ 右 _____
					16. 前肢前縁長	左 _____ 右 _____
					17. 前肢基底長	左 _____ 右 _____
					18. 前肢巾最小	左 _____ 右 _____
					19. 前肢巾最大	左 _____ 右 _____
					20. 後肢巾	左 _____ 右 _____
					21. 後肢長	左 _____ 右 _____
					22. 後肢端巾	左 _____ 右 _____
					23. 頭部周圍長	_____
					24. 頸部周圍長	_____
					25. 肩部周圍長	_____
					26. 腋窩部周圍長	_____
					27. さい部周圍長	_____
					28. 肛門部周圍長	_____
					29. 後肢周圍長	_____
					30.	_____
					31.	_____
* 小腸	_____					
* 大腸	_____					
内臓重量 (g)						
肝臓 _____	胃 (内容物込み) _____	胃 (内容物除く) _____	小腸 _____			
大腸 _____	心臓 _____	肺 (左) _____ (右) _____	脾臓 _____			
膵臓 _____	腎臓 (左) _____ (右) _____	副腎 (左) _____ (右) _____				
精巣 (左) _____ (右) _____	精巣上体 (左) _____ (右) _____					
卵巣 (左) _____ (右) _____	脳 _____	内臓残 _____				
皮膚重量 _____ kg	脂肪重量 _____ kg	筋肉重量 _____ kg	骨重量 _____ kg			
内臓重量 _____ kg	血液重量 _____ kg	その他 _____ kg	体重 _____ kg			

図 2-2-4 鰭脚類調査票

生殖状態評価法

調査個体がそれまでに何頭の子供を育てたかについては、現在のところ真実を知るすべは無いが、有用な情報としては排卵数がある。鯨類では排卵した跡が卵巣に終生残ることから、これを計数することによって排卵数を知ることができる。排卵した卵子が全て受精するとは限らず、出産に至らない場合があることから、排卵数が必ずしも出産（子育て）回数であるとは言えないが、およその目安として、蓄積レベルを比較する上では有用な情報であることは疑う余地はない。しかしながら、まだ生物学的に十分解明されていないオウギハクジラなどの種には卵巣に排卵跡が終生残るか否かについてさらに検討を要するものもあり、種間で比較する場合などには十分注意する必要がある。

病理学的情報

病理学的情報は、特にストランディング個体を用いる場合に、その死因が重要な問題となるので、有用な情報となる。例えば、ある個体が外傷やその他の要因で餌を捕食することができずに、餓死してしまった場合には、体内の脂肪が消費されるが、化学物質は残留しつづけるため、結果として残留濃度が上昇することになる。この場合、高濃度の化学物質をもって死因とするのは誤りである。このような誤った判断を避けるためには、獣医師などの専門家による適切な病理学的剖検が必要である。選別的な病理剖検ではなく、網羅的な剖検を可能にする体制の確立が不可欠である。非専門家が採材する場合は、最低限下記の点について観察して写真と共に記録し、また死因究明のための組織を同時に収集しておくことが重要である。

- A．外形の撮影（可能な限り、全身左右側面、できれば背面、腹面、頭部左右背腹、腹部、生殖器周辺など）
- B．外傷の有無
- C．死因解明用の組織採集

DNA 試料の採取法

座礁・混獲鯨類については、DNA 解析のために、以下の方法で表皮（脂皮）や筋肉片の採取と保存を行うよう努力する（図 2-2-5）。なお、腐敗が進んでいても分析に使用できる場合があるので、可能な限り DNA 解析用試料を採取する。

採取・保存法：

- 〔1〕皮膚（脂皮）・筋肉とも、採集部位はどこからでもよい。
- 〔2〕2～3 cm 角に切りとる（DNA 解析には、左記の大きさがあれば十分ではあるが、採取および保管に問題がなければ、数点以上採取するようにする）。皮膚の場合は、

表皮と2～3cm程度以上の脂肪層をつけて切り取る(図2-2-5)。

〔3〕凍結保存するか、適当なガラス瓶で70～80%あるいは99%エタノール中に保存する。

〔4〕解析機関に送付する。

例えば

(財)日本鯨類研究所 ストランディングレコード係

住所：〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5

Tel 03-3536-6521 Fax 03-3536-6522

その他の海棲哺乳類研究機関・関係団体一覧(50音順)

国立科学博物館動物研究部動物第一研究室

〒169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1

Tel 03-5332-7168 / 03-3364-2311 内線7168 Fax 03-3364-7104

行政法人水圏独立行政法人水産総合研究センター 遠洋水産研究所

鯨類生態研究室あるいは鯨類管理研究室

〒424-8633 静岡県清水市折戸5-7-1

Tel 0543-36-6052 (鯨類生態研究室) 36-6054 (鯨類管理研究室)

Fax 0543-35-9642

東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター

〒028-1102 岩手県上閉伊郡大槌町赤浜2-106-1

Tel 0193-42-5611 Fax 0193-42-3715

(社)日本動物園水族館協会

〒110-0016 東京都台東区台東4-23-10 ヴェラハイツ御徒町

Tel 03-3837-0211 Fax 03-3837-1231

鳥取大学農学部家畜病理学教室

〒680-0945 鳥取市湖山町南4丁目101番地

Tel 0857-31-5422 Fax 0857-31-5422

日本海セトロジー研究グループ

〒920-0835 金沢市東御影町288「いしかわ動物園」内

佐野 修 事務局長

Tel 076-252-3221 Fax 076-251-4240

(財)日本鯨類研究所
〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5
Tel 03-3536-6521 Fax 03-3536-6522

三重大学生物資源学部水産資源育成学講座魚類増殖学研究室
〒5140008 三重県津市上浜町1515
Tel 0592-31-9526 Fax 0592-31-9523

商業目的の捕獲種については事前に水産庁、遠洋水産研究所および漁業者との協議が必要になる。

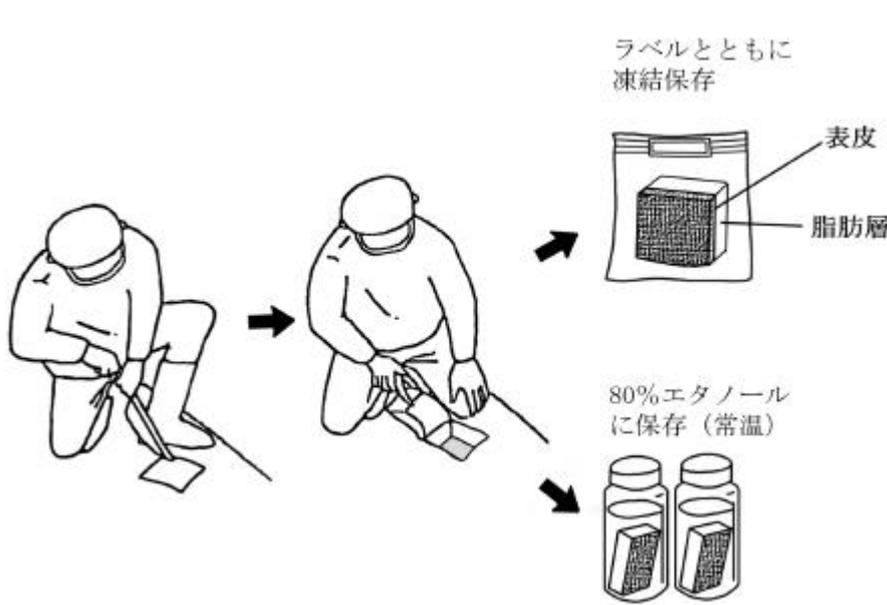


図 2-2-5 DNA 解析用皮脂標本の採取方法 (Naito and Nishiwaki 1972)

ストランディング・ネットワーク

先進諸国では、海棲哺乳類のストランディングならびに混獲に際し、生存個体の救護と死亡個体の調査を行う活動が行われている。ストランディング対応活動は、発見と通報にはじまり、現地での具体的な救護あるいは調査活動、そして事後のデータ整理などで終わる。そのためには、多種多様な人々や機関の協力が必要である場合が多く、人や機関のネットワークの組織化が不可欠である。

生存個体の救護の際に得られるデータの集積や、死亡個体の調査結果は海棲哺乳類に関するさまざまな情報源として貴重なものである。日本をとりまく海には、おおよそ 40 種の海棲哺乳類が棲息している。これらの調査により、どのような種がどの海

域に棲息しているかという基礎的な情報から、生活史、解剖学的な所見などを得ることが可能になる。また、鯨体の組織などを分析することにより、海の汚染状況を知ることができ、また汚染による影響も評価することも可能となる。このため、ストランディング個体の研究活動を推進することは、われわれの周囲の海を生活の場としている生物多様性の理解、環境としての海の現況把握に貴重な情報を提供する可能性がある。生存個体の救護活動は、自然保護の観点、生物多様性の保全、人類と海棲哺乳類に代表される自然との関わり合いにおいて、多様な対処が考えられる。

我が国では、海棲哺乳類のストランディングに対応する公的機関がなく、個人ベースで場当たりに取り組みがなされてきた。現実問題として、ストランディングに対応するには、活動の基盤となる機関や、フルタイムで対応できる責任者、資金、そして時に応じてさまざまな活動に従事するボランティアの組織化が必要である。1997年11月、国立科学博物館で開催された「海棲哺乳類ストランディング・シンポジウム」では、アメリカ合衆国などの先例を参考にしながらボランティアベースのストランディング対応活動を開始することが決議され、コーディネーション組織の具体化が当面の目標になっている。また、国立科学博物館では2001年から「ストランディングネットワーク構築プロジェクト」を発足させ、ストランディング対処の体制づくりに向けて調査を開始した。2001年2月以降、各地で起こったマスストランディングを機会に行政、研究組織、自然保護団体をはじめ多様な団体の複合的なネットワーク活動のための基盤確立が急務である。

参考文献

- 石川創. 1995a. ストランディングレコードから見た日本沿岸の鯨類の生態 (I). 鯨研通信, 387:1-7.
- 石川創. 1995b. ストランディングレコードから見た日本沿岸の鯨類の生態 (II). 鯨研通信, 388:6-11.
- 粕谷俊雄. 1983a. 鯨類の歯と年齢査定 (I). 科学と実験, 1983年4月号:39-45.
- 粕谷俊雄. 1983b. 鯨類の歯と年齢査定 (II). 科学と実験, 1983年5月号:47-62.
- 粕谷俊雄・山田 格. 1995. 日本鯨類目録. 鯨研叢書, No. 7.
- Naito, Y. and M. Nishiwaki. 1972. The growth of two species of the harbour seal in the adjacent waters of Hokkaido. Sci. Rep. Whales Res. Inst., 24: 127-144.
- 大隅清治. 1967. 鯨類の年齢査定. 日本水産学会誌, 33(8): 788-798.
- セーブ・ザ・マリーン・マンマール事業検討委員会. 1997. 座礁・混獲した鯨類への対処法. pp.48
- 吉田英可・吉岡基・張成年・白木原美紀. 1997. MtDNA塩基配列分析による日本産スナメリの地理的分化の検討. 日本水産学会春季大会講演要旨, p124.
- Purves, P.E. 1955. The wax plug in the external auditory meatus of the Mysticeti.

Discovery Rep., 27:293-302.

銭谷亮子. 1995. 南半球産ミンククジラの耳垢栓と年齢査定. 鯨研通信, 386:1-6. 参考図書

Geraci, J. and V. Launsbury. 1993. Marine Mammals Ashore. Texas A&M Sea Grant Publication, Galveston. pp.305. (邦訳 山田、天野鑑訳 1996 ストランディングフィールドガイド pp.347. 海游舎 東京.)

野生動物救護ハンドブック編集委員会. 1996. 野生動物救護ハンドブック. 文永堂出版, pp.326. 東京.

(2) オウギハクジラ *Mesoplodon stejnegeri* (Stejneger's beaked whale)

藤瀬良弘・山田 格

1) 種の特徴

分類と形態

分布

標式標本は、ベーリング海の Komandorski 島で 1885 年に発見された。わが国以外では、アリューシャン列島沿岸水域、特に Adak 島から合衆国アラスカ州までの範囲で漂着個体の数が多い。漂着例はさらにカナダ、ブリティッシュコロンビア州、合衆国のワシントン州からオレゴン州、さらにカリフォルニア州にまでおよぶが、現時点で収集されている漂着情報の密度からするとワシントン州付近以南の数は少ない。

わが国では、1960 年秋田県の第一例 (Nishiwaki, 1962) 以降、日本海側各地で漂着と迷入個体が発見されており、確認された南 (西) 限は福岡県、北 (東) 限は北海道稚内である (図 2-2-6) (中村ほか 1994)。ただし、青森県大間町周辺での漂着や沖合での漂流が数件あり、噴火湾に面した北海道臼尻町での漂着例もある。このことは太平洋側での分布を示すものか、死後津軽海峡を経て太平洋側に流出したものか現状では不明であり、津軽海峡と太平洋の境界付近で分布はさらに検討の余地がある。いずれにしても、日本海はおそらく本種の分布南限、あるいは西限であると考えられる。最近の漂着データの頻度からすると、東部北太平洋よりも個体数は少なくないものと考えられ、どの海域を主要な分布域とすべきかは明らかではない。これまで日本海側各地でのオウギハクジラであることが確認された漂着個体は 47 例であるが、その他に種不明のオウギハクジラ属の個体が 40 例近い。これらの種不明オウギハクジラ属の大半は、オウギハクジラである可能性が高い。

漂着報告が最も多いのは新潟県で、北海道、秋田県、石川県がこれに次ぎ、さらに青森県でもかなりの数が知られている (図 2-2-6)。青森県と北海道では生きている個体の漂着がやや多い。いずれにしても死亡個体の漂着は、冬から春にかけての期間に集中している。北西の季節風が卓越する時期に、新潟県西部ではかなり腐敗の進んだ本種の死体漂着が多いが、1997 年初頭のナホトカ号原油流出時の原油漂着パターンからすると、これらの個体が能登半島先端部付近あるいはそれよりも西で死亡して漂着する可能性が示唆される。

1960 年 5 月の日本初の漂着以来、1980 年代なかばまでの日本海側での漂着は非常に散発的で、どちらかといえばベーリング海付近に分布する本種が本来の分布域の外で偶発的に発見されたものと考えられることもできた。しかし、1988 年以来本種の漂着報告は次第に増加し、むしろ日本海側各地での漂着鯨類の中では代表的な種の位置を占

めるようになっている。その月別の漂着件数を調べると2月から4月に集中しており、さらに4月には新生児の漂着もある(図2-2-7)。このことから夏場には北方に分布する本種が、冬から春にかけて日本海に來遊し、日本海で出産するというヒゲクジラ型の回遊パターンが想定される。しかし、日本海側各地における冬場の漂着数はその他の種でも1月から4月に集中しており、このことが生息数を反映していると考えれば、卓越する北西の季節風が死亡あるいは衰弱個体を日本列島に吹き寄せたものと考えられるかもしれない。また、水産庁遠洋水産研究所の目視調査によれば8月から9月にかけて日本海中央部などで種不明のオウギハクジラ属の目視例がかなりあり(島田ほか 1995)、これがオウギハクジラであれば本種は日本海に定住している可能性もある。

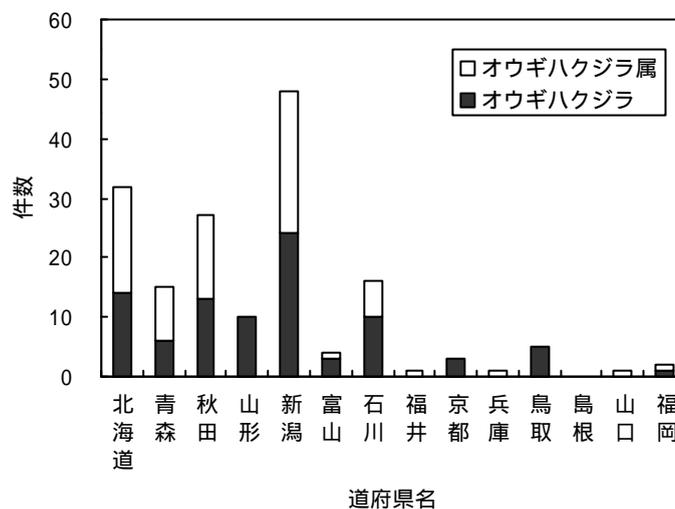


図 2-2-6 道府県別のオウギハクジラ漂着数

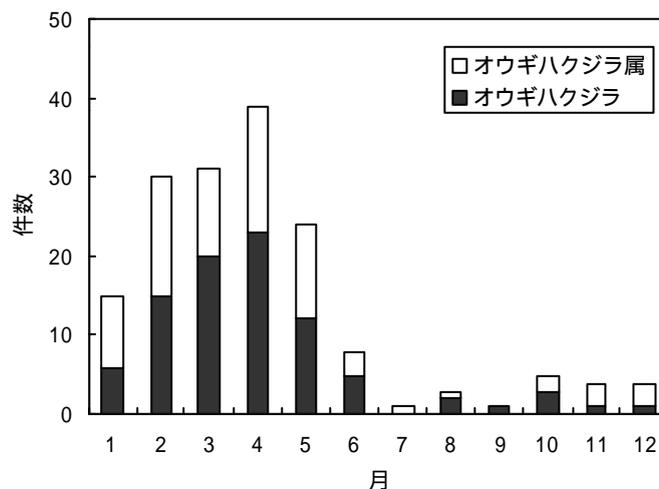


図 2-2-7 月別のオウギハクジラ漂着数

近縁種または近似種との分布の相違

オウギハクジラ属の北米大陸西岸での漂着頻度では、オウギハクジラがもっとも北でみられ、合衆国アラスカ州からカナダのブリティッシュコロンビア州を経て合衆国ワシントン州付近までの海岸に多い。ブリティッシュコロンビア州付近からハブスオウギハクジラの比率が高まり、カリフォルニア中部以南ではコブハクジラの漂着、迷入が多くなる。イチョウハクジラの漂着の報告もあるが数はきわめて少ない。このような漂着頻度から推測すると、北太平洋のオウギハクジラ属の分布は、最も北方型のオウギハクジラが、直南方に分布するハブスオウギハクジラとブリティッシュコロンビアからワシントン州付近では重複した生息域をもつ。カリフォルニア州付近からはコブハクジラの生息域になる。イチョウハクジラは、南北方向ではコブハクジラに匹敵する位置にある可能性があるが、分布が西方に偏っているためか太平洋東部での発見が少ない。我が国では、オウギハクジラは主として日本海、ハブスオウギハクジラは太平洋側北部、コブハクジラとイチョウハクジラは太平洋側のかなり南部を主な分布域としていると考えられよう。

形態

本種は、体長 4.5～5.3m の中型ハクジラである。体重は、1993 年 2 月山形県温海町に漂着した 479cm の雄の個体を、分割計量した総計重量として約 800kg の計測例があり（長澤ほか 1994）、1996 年 4 月 12 日新潟県柿崎町に漂着した体長 462cm の雌の個体を 4 日後の 4 月 16 日国立科学博物館で直接計量した例では 860kg であった。これらはいずれも空胃あるいはそれに近い死亡個体であり、体長 5m をこえる健康な個体では 1,200 から 1,300kg 程度、あるいはそれ以上の体重があるものと考えられる。体の側面型は紡錘状であるが、強く左右から圧平されたような平面型で非常に幅が狭い（あるいは薄い）、くちばしのある小さな頭部、口腔底体表部（のどもと）の「八」の字型をした一对の溝、小さい前肢（体長の約 10%）、体の後部（吻端からの距離が体長の 60 から 65% 程度）に位置する小さな背びれ、正中部に欠刻（切痕）の無い尾びれ、成熟雄にのみ下顎に萌出する一对の牙状の歯など、アカボウクジラ科一般、特にオウギハクジラ属に共通に見られる特徴が本種にも認められる（写真 2-2-1、2-2-2、2-2-3）。メロンはゆるやかに隆起し、吻との境界は明瞭でない。漂着個体では、栄養状態を反映してか、メロン部がしばしば平坦なことがある。体側に密着させた前肢をおさめる「ポケット」が認められるといわれているが、死体の状態によっては不明瞭なことも少なくない。

体色は、新生児と幼体では下顎先端と肛門のやや後ろよりも尾側の腹側半が明るい灰色であり、その他の部分は眼の周囲や前肢の外側面を含めて黒に近い褐色である（写真 2-2-1）。この幼体型の体色パターンは多くのオウギハクジラ属やアカボウクジラの幼体に共通する。体長が 4m に近づくと体色は次第に一様に灰色になり、多くの個体ではさらに全身が黒に近い褐色あるいは非常に濃い紫色になる（写真 2-2-2、2-2-3）。

Mead et al (1982) は、この紫色がかかる傾向が運動に伴う皮下の血流量の影響による可能性を示唆している。一般的な傾向として体色は死後時間の経過とともに黒化するといわれるが、本種では死亡直後でもほとんど黒に近い褐色の個体がある一方で、死後数日を経てもやや明るい灰色の体色が保たれていた例もある。Watson (1981) や Jefferson et al. (1993) の図は幼体型の体色パターンを成体に当てはめたらしく、少なくとも日本海沿岸に漂着した成体には見られないもので、これらの図は早急に改善することが望まれる。Nishimura and Nishiwaki (1964) や Nishiwaki (1962) は雄の体色が全体に黒っぽいと述べているのに対し、Mead et al. (1982) は雌の頭部腹側の体色にやや明るいカウンターシェーディングを指摘している。現在までの日本海側での漂着個体の観察結果では体色に顕著な性差は認められない。

下顎に一对だけ存在する歯は、雌では終生萌出しない。成熟雄では、口腔の外、上顎の左右のほぼ口角部に衝立のように萌出し、上顎を左右から圧迫しているように見える。歯が歯肉を破って萌出しはじめるのは体長が 4.5m をこえる頃で、歯はかなり急速に成長する可能性がある (山田ほか 1996)。若い雄や雌の歯は、底辺が下方に凸の正三角形に近いが、成熟雄の歯はへら状に大きく成長する (図 2-2-8、写真 2-2-4)。体表から見ると成熟雄の歯はやや前傾してみえる。頂部前縁近くにある尖った先端は、扇を上下逆において前に傾けた状態を想定すると、扇の「かなめ」の位置になる。本種では歯の先端は上顎の上縁とほぼ同じ高さであり、左右の歯の先端間距離は 60~70mm である。いわば歯頸部前縁に舌側から円形の摩耗が見られるようになり、顕著な例では半円形の欠刻となる。

成熟雄には、さまざまな曲線を描く条痕が数多く見られる。この条痕には一条のものもあるが、並列する二条のものが多い。並列する条痕の間隔は 0~80mm 程度までさまざまである。雌や歯が萌出していない若い雄には、体表の条痕はないか非常に少ないので、繁殖期に成熟雄同士が雌をめぐる争うときにこれらの条痕ができるものと考えられている (Mead et al. 1982)。これらの条痕は繁殖期の闘争時に、成熟雄の歯の先端がさまざまな角度で接触することによってできた傷が治癒した痕と考えられる。各地の博物館に所蔵されている頭骨と下顎骨を観察すると、かなりの頻度で下顎や上顎に骨折の治癒痕が見られるが、これらが繁殖時の闘争によるものであれば、その闘争はかなり激しいものと考えられる。なお、近縁種であるハップスオウギハクジラの条痕に関しては Heyning (1984) の詳細な考察があり、本種の場合にも多くの考察は適応するものと推測される。

しばしば鯨類の体表の記載で言及されるダルマザメの咬み痕は、あまり認められない。Leatherwood et al. (1982) によれば、アリューシャンやアラスカの本種では、非常に高頻度にダルマザメの咬み痕が見られるとのことである。しかし、その頻度には大きな差があるらしく、アメリカ大陸沿いの海域に分布する個体群と日本海沿岸に漂着する個体を含む個体群とは、全く分布域が独立している可能性も否定できない。



写真 2-2-1 オウギハクジラ幼体の上半身



写真 2-2-2 オウギハクジラの雌成体の頭部



写真 2-2-3 オウギハクジラの雄成体の頭部



図 2-2-8 オウギハクジラの歯の成長に伴う形状と大きさの変化



写真 2-2-4 オウギハクジラの雌成体（左）と雄成体（右）の歯の形状

近縁種または近似種との識別

洋上で本種と他のオウギハクジラ属各種とを識別するのは不可能に近い。またアカボウクジラ、場合によってはツチクジラとの識別も困難であるし、観察者が慣れない場合にはミンククジラとの混同すら起こりうる。本種もアカボウクジラ科の他の種と同じく吻を突き出して浮上するものと考えられるが、この時頭部を明瞭に観察することができ、当該個体が成熟雄であれば、口角部に萌出する歯の形状から本種と同定することができよう。

ツチクジラは成体であれば体長が 10m をこえるので識別は可能である。はっきりと頭部の形を見定めることができれば、ツチクジラの丸く膨隆した頭部との見極めも容易である。体長 5m 前後の本種と、成体であれば 6m 前後のアカボウクジラとを識別

するのはかなり困難であるが、アカボウクジラの方が体色が明るいことが多いこと、吻が短いことなどで識別は不可能ではない。イチョウハクジラは体色がやや明るい灰色であること、頭部の膨隆部分が相対的に長く感じられることなどで識別は不可能ではない。ハブスオウギハクジラは頭部と下顎先端に白い部分があるので、これが認められれば識別できよう。コブハクジラは雄雌ともに下顎が高く隆起しているので識別はやや容易である。死亡個体を同定する際にも、歯が萌出していない未成熟個体やメス個体の場合には、イチョウハクジラやハブスオウギハクジラなどとの識別は難しい。

確実な同定には頭骨の観察が必要である(写真2-2-5、2-2-6)。頭骨の眼窩前切痕のないことが本種の特徴で、これまでに日本沿岸で発見されている他の3種とはこの点で識別ができる。また、下顎の歯槽の位置が完全に下顎結合よりも後方にあるのが特徴で下顎のみの発見でも本種の同定は可能である(Moore, 1963)。間顎骨(前上顎骨)の傾斜が急なことも本種の特徴であり、同定の参考になる。

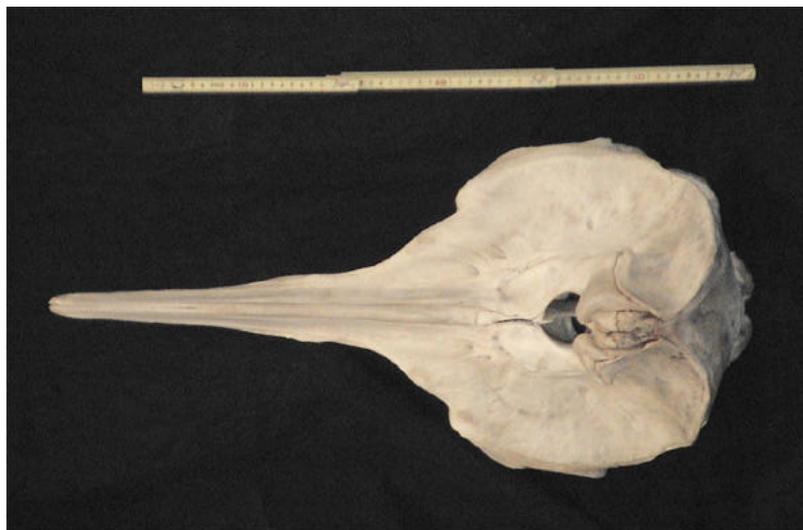


写真 2-2-5 オウギハクジラの頭骨標本(背面観)



写真 2-2-6 オウギハクジラの頭骨標本(側面観)

西脇（1965）によれば、椎骨式は $C7+D10+L10+Ca19=46$ とされているが、これまでに骨格を調査した例では肋骨は 9 から 11 対、椎骨式は $C7+D9-11+L9-11+Ca17-21=44-48$ であり、変異幅はこの程度と考えられるが、最頻値を決定するのは時期尚早かと思われる。

生態

食性

従来この種の食性に関して、イカ・タコなどの頭足類を主食とする旨の記載が少なくないが、Mead（1989）も述べているように、商業捕鯨の対象として捕獲されていた同じアカボウクジラ科のトックリクジラやツチクジラの食性からの類推に過ぎず、実際の胃内容物に関する報告はほとんどなかった。日本海側各地での漂着個体の大半は空胃であるが、数例でイカの顎板（あるいは口器、いわゆるカラスとトンビ）が発見され、本種の餌生物種が確定された珍しい例となっている。これらはドスイカ（*Berryteuthis magister*）スカシイカの 1 種（*Galiteuthis* sp.）などで、いずれも水深 200 から 600m の中層から深層に棲息するとされる種であり、本種が深い海域で頭足類を主として摂食しているという従来の推測は当たっていたといえそうである（山田ほか、1995）。その他、種の同定ができていない魚類の椎骨や頭骨も発見されている。食性と直接の関連は不明であるが、かなりの個体で胃内容物としてプラスチック製の袋、容器や縄、網あるいはワイヤーロープ、微少な石なども発見されている。

繁殖

本種の飼育例は皆無であり、商業捕鯨の対象種になったこともないので体系的なサンプリングもされたことがなく、正確な繁殖周期や生活史は不明であるが、漂着個体の調査から考えられることを述べておこう。新生児の漂着例としては、新潟県で 4 月 26 日に体長 218cm の個体が報告されている。妊娠個体の漂着は、1995 年 1 月 30 日に山形県飽海郡女鹿町（胎児の体長 143cm）と 1995 年 2 月 10 日に新潟県両津市大野亀（胎児体長 174cm）で記録されている。研究者による調査ではないが、1988 年 10 月 10 日に新潟県両津市で開腹作業を見守っていた観衆が胎児と認知できた大きさの胎児があり、1989 年 3 月末に新潟県佐渡郡小木町では死体の埋設作業中に体長 2m 程度の胎児を作業員が目撃している。以上のことから推測されるのは出産は 4 月から 5 月にかけて、出生時体長は 210cm 前後というところであろう。例数が少ないので、あくまでも参考にとどめなければならないが、10 月には素人目にも胎児と認識できる形と大きさの胎児があり、1 月末には 140cm 程度、2 月には 170cm 前後、3 月末には約 200cm になると考えることもできる。鯨類の一般的な妊娠期間を適用すれば 4 月頃が交尾期である可能性がある。また、Mead（1989）によれば、オウギハクジラ属の性成熟期の生殖線重量は雌では 13～15g、雄では 140～250g と報告されている。

生息域の環境条件

上述のように冬から春にかけて日本海岸各地に漂着することが多いことから、この時期かなり沿岸に接近している可能性も考えられる。しかし、死後数日以上漂流後の漂着個体も少なくないので漂着データからの棲息海域の推定は困難である。水産庁遠洋水産研究所の調査では、8月から9月にかけて新潟沖の瀬や碓周辺の水深500m程度の海域でかなりの数のオウギハクジラ属の個体が目視されており、これが本種であるとすれば通年日本海に棲息している可能性がある。漂着の有無は棲息水域の陸との距離や風および海流の方向と強さなどによって決定されているのかもしれない。ちなみに、新潟県で1990年前後の本種の漂着があった時期の漂着地付近の表面水温は10から11程度であった。一般にオウギハクジラ属の分布域は、水深200-300m程度の大陸棚、あるいは海山や碓から1000mをこえる深さまで急激に落ち込む斜面上の海域であるといわれる。

漁業との関連

サケ・マス流し網の周辺での目撃記録があり (Nishimura and Nishiwaki, 1964) 多少の影響も可能性はあるが、実際上の影響は認知されてはいない。

現在の分布生息状況

本種ならびに近縁種に関する分布情報は漂着個体に基づくもののみである。漂着データから判断する限り本種は日本海のほぼ全域に分布する。鳥取県以西の海域についてはデータは皆無であるが、このことが本種の分布とどのような関係があるかは不明である。一方、ハップスオウギハクジラは宮城県から静岡県までの太平洋側でわずかながら漂着が報告されている。残るオウギハクジラ属のイチョウハクジラとコブハクジラも確認された漂着データは太平洋側の各地である。

学術的な意義と価値

オウギハクジラ属の各種はいずれも人の目に触れる機会が少なく、研究対象としても特異的な状況下にある。そのなかで本種は北部太平洋でもっとも多数漂着個体の採集がおこなわれており、属全体の研究面でも非常に重要な種である。漂着個体からの限られたデータからではあるが、わずかに種の概略が浮かびつつある。今後も継続的に漂着個体の精査をおこなうとともに、目視や聞き取りなど遊泳中のデータ収集や、サテライトタギングやDNAを用いた研究などにより本種の実態が解明されることが期待される。

補足 - 本種のカナ表記について

本種の和名は、西脇（1965）により「オオギハクジラ」が当てられ、これが通例となっていた。中村ほか（1994）の「扇の形に似た形の歯」に由来する和名なので、むしろ「オウギハクジラ」とすべきであるという指摘は、当を得たものであるのでここでは「オウギハクジラ」を用いることとした。このほか「オオキバクジラ」（黒田、1965）も当てられることがあるが、これは *Mesoplodon stejnegeri* と誤査定された *Mesoplodon carlhubbsi* 「ハップスオウギハクジラ」に用いられたもので、本種とは関係がない。用例の詳細は粕谷ほか（1995）を参照されたい。

2) 試料の採取・処理

試料の採取に関わる法律、採取方法、処理方法などは、2-2-1（1）海棲哺乳類総論を参照のこと。

参考文献

- Heyning, John E. 1984. Functional morphology involved in intraspecific fighting of the beaked whale, *Mesoplodon carlhubbsi*. *Can.J.Zool.*, 62, 1645-1654.
- 石川創. 1994. 日本沿岸のストランディングレコード(1901-1993) 鯨研叢書, 6. 94pp. 日本鯨類研究所, 東京.
- Jefferson, Thomas A., Stephen Leatherwood and Marc A. Webber. 1993. Marine mammals of the World. FAO species identification guide., 320pp. United Nations Environment Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 粕谷俊雄・山田 格. 1995. 日本鯨類目録. 鯨研叢書, 91pp. 日本鯨類研究所, 東京.
- 黒田長禮. 1965. 新日本動物圖鑑(岡田要ほか監修). 763pp. 北隆館, 東京.
- Leatherwood, Randall R. Reeves, William F. Perrin and William E. Evans. 1982. Whales, Dolphins and porpoises of the eastern North Pacific and adjacent Arctic waters: a guide to their identification. NOAA Technical Report NMFS Circular 444, 245pp.
- Mead, James G. 1989. Beaked whales of the genus *Mesoplodon carlhubbsi*. In: Ridgeway, S.H. and R.J. Harrison, eds. Handbook of Marine Mammals, Vol. 4., 349-430, Academic Press, London.
- Mead, James G., William A. Walker and Warren J. Houck. 1982. Biological observation on *Mesoplodon carlhubbsi* (Cetacea: Ziphiidae). *Smithsonian Contrib.Zool.* 344,: 1-25.

- Moore, J.Curtis. 1963. Recognizing certain species of beaked whales of the Pacific Ocean. *Amer.Midland Naturalist*, 70: 396-428.
- Nishimura, Saburo and Masaharu Nishiwaki. 1964. Records of the beaked whale *Mesoplodon* from the Japan Sea. *Publ.Seto Mar.Biol.Lab.*, 12, 51-62.
- Nishiwaki, Masaharu. 1962. *Mesoplodon bowdoini* stranded at Akita Beach, Sea of Japan. *Sci.Rept.Whales Res.Inst.*, 16: 61-77.
- 長澤一雄・山田 格・鈴木倫明・加藤治彦・進藤順治・穂苅厚一. 1994. 山形県温泉町に漂着したイチョウハクジラ *Mesoplodon ginkgodens*. *日本海セトロジー研究 日本海の鯨たち*, 4 : 35-42.
- 中村一恵・神谷敏郎・宮内敏哉・松島義章. 1994. 日本の最北端に漂着したオウギハクジラ *Mesoplodon stejnegeri* について. *Bull. Kanagawa Pref. Mus. (Nat.Hist)*, 23 : 13-28.
- 西脇昌治. 1965. 鯨類・鰭脚類. Pp.439. 東京大学出版会, 東京.
- 島田裕之. 1995. 日本海におけるオオギハクジラ属の夏期分布. *日本哺乳類学会 1995 年度大会プログラム・講演要旨集*, 109.
- Watson, Lyall,. 1981. *Sea guide to whales of the World*. 302pp. Hutchinson, London.
- 山田 格・窪寺恒己・天野雅男・中村幸弘・鈴木倫明・進藤順治. 1995. オオギハクジラの食性について. *日本海セトロジー研究 日本海の鯨たち*, 5 : 31-3.
- 山田 格・長澤一雄. 1996. オオギハクジラの歯の形態について. *日本海セトロジー研究 日本海の鯨たち*, 6 : 1-5 .

(3) スナメリ *Neophocaena phocaenoides* (Finless porpoise)

吉田英可

1) 種の特徴

分類と分布

本種は日本において、仙台湾～東京湾、伊勢湾・三河湾、瀬戸内海～響灘、西九州沿岸海域に主として分布している(Shirakihara et al. 1992)。分布(Shirakihara et al. 1992)、繁殖期(Shirakihara et al. 1993)、頭骨形態(Yoshida et al. 1995)、外部形態(白木原 1993)、遺伝的差異(Yoshida et al. 2001)に関する情報から、少なくとも5つの系群(仙台湾～東京湾、伊勢・三河湾、瀬戸内海～響灘、大村湾、有明海～橘湾)に別れている可能性が高い。

生息数推定値

- a) 有明海～橘湾 3093 頭 (1.3 頭/km²) * Yoshida et al. (1997)
- b) 大村湾 187 頭 (0.6 頭/km²) * Yoshida et al. (1998)
- c) 瀬戸内海～響灘 4900 頭 (0.3 頭/km²)** Kasuya and Kureha (1979)
- d) 伊勢湾～三河湾 1952 頭 (伊勢湾 0.49 頭/km²; 三河湾 1.50 頭/km²)*** Miyashita et al. (1994)
- e) 東京湾～仙台湾 No data

* $g(0)$ は補正せず。生息数推定値は過小値。

** $k=0.5$ (k は 0m での発見率)

*** $g(0)=0.899$ とし補正(ただし、密度は補正なし)

生態

繁殖

おそらく2年周期で繁殖(Kasuya and Kureha 1979)。妊娠期間は11ヶ月程度(Kasuya et al. 1986)。授乳期間は9ヶ月程度(白木原 1993)。性成熟年齢は西九州沿岸海域において、雌6～9才、雄4～6才(白木原 1993)。野生下での最高齢は23才が報告されている(Shirakihara, et al. 1993)。

汚染物質

体内から高濃度の有機塩素化合物や有機スズ化合物が検出されている。

資源の動向

- a) 有明海～橘湾 資料なし

- b) 大村湾 資料なし
- c) 瀬戸内海～響灘 1999年3-6月に実施された船舶目視調査の結果は、1976-78年に比べ東部瀬戸内海における本種の出現数の低下を示している。しかし、西部海域においては減少傾向は認められず、分布域が西部海域に縮小した可能性もある。
- d) 伊勢湾～三河湾 資料なし
- e) 東京湾～仙台湾 資料なし

飼育状況

1998年4月現在、日本国内の7園館で計18頭(雄雌9頭ずつ)が飼育されている。うち11頭はすべて1990年以前に捕獲された個体。4頭は園内繁殖で得られた個体。残りの3頭は混獲個体を保護したもの。

指標

- 水産庁 = 希少種 (日本沿岸の個体群; 大隅1998) 水産資源保護法により捕獲禁止
- IUCN = 情報不足種
- CITES = 付属書I
- 文化庁 = 天然記念物(回遊海面指定: 瀬戸内海竹原沖の阿波島南端から半径1.5km内)
- 日本哺乳類学会編 = 絶滅危惧(大村湾個体群) 希少(その他の個体群)(粕谷1997)

2) 試料の採取・処理

関連する法など

水産資源保護法により、本種の採捕は禁止。展示用の生体捕獲も行われていない。1998年4月現在、日本国内の7園館で計18頭(雄雌9頭ずつ)のスナメリが飼育されている。うち11頭はすべて1990年以前に捕獲された個体。4頭は園内繁殖で得られた個体。残りの3頭は混獲個体を保護したもの。

採取方法

a.) 有明海～橘湾

橘湾ではかつて、秋～冬に小型定置網で大量に混獲され撲殺、遺棄。1963年9月下旬～10月下旬の1ヶ月間に橘湾だけで50頭以上の混獲あり(Mizue et al. 1965)。しかし漁法の変化で、このような多量の混獲は最近では認められない(Kasuya and

Kureha 1979)

1987年11月～1992年3月に長崎県内の有明海で48頭(10.9頭/年；底刺し網bottom gill net 31頭；浮き刺し網surface gill net 11頭；その他6頭)、橘湾で19頭(4.3頭/年；底刺し網ground gill net 18頭；浮き刺し網surface gill net 1頭)の混獲個体を収集(白木原1993)

羅網個体のうち、新生児は全体の10.5%、0.5歳児は34.2%、1歳児は13.2%を占め、1歳以下の個体が57.9%と多い(白木原1993)。後述のように、九州沿岸において授乳期間は9ヶ月と推定されていることから、この期間の終了とそれとともなう摂餌の開始(生後3ヶ月から餌を取り始める)の影響により若い個体の混獲が多発する傾向にある(白木原1993)

b.) 大村湾

1987年11月～92年3月に9頭(2.0頭/年；底刺し網bottom gill net 7頭；その他2頭)の混獲個体を収集(白木原1993)

c.) 瀬戸内海～響灘

1985～91年に瀬戸内海西部～響灘において8頭(底刺し網bottom gill net 2頭；浮き刺し網surface gill net 5頭；トロール1頭)の混獲個体を収集(Shirakihara et al. 1993)

d.) 伊勢湾～三河湾

詳細不明。水産庁の混獲統計は数個体/年の混獲を示す。

e.) 東京湾～仙台湾

詳細不明。

参考文献

Kasuya, T., and K. Kureha. 1979. The population of finless porpoise in the Inland Sea of Japan. Scientific Reports of the Whales Research Institute 31:1-46.

Kasuya, T., and Y. Yamamoto. 1999. Have the abundance of finless porpoises in Inland Sea decreased during the past 20 years? Pp 124 in Abstract of the Annual Meeting of the Mammalogical Society of Japan, Nagoya, Aichi, Japan, 230pp. (in Japanese).

Miyashita, T., H. Shimada, H. Taisyaku, and Y. Asai. 1994. Density and its seasonal changes of finless porpoises in Ise Bay and Mikawa Bay. Pp 58 in

Abstract of the Autumn Meeting of the Japanese Society of Fisheries Science, Tsu, Mie, Japan, 280pp. (in Japanese).

- Mizue, K., K. Yoshida, and Y. Masaki. 1965. Studies on the little toothed whales in the wet sea area of Kyushu - XII, *Neomeris phocaenoides*, so-called Japanese "SUNAMERI", caught in the coast of Tachibana Bay, Nagasaki Pref. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 18:7-29. (in Japanese with English summary).
- Shirakihara, K., H. Yoshida, M. Shirakihara, and A. Takemura. 1992. A questionnaire survey on the distribution of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in Japanese waters. Marine Mammal Science, 8:160-164.
- Shirakihara, M. 1993. Life history of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in the coastal waters of Nagasaki, Japan. Ph.D. dissertation, Nagasaki University, Nagasaki, Japan, 137pp. (in Japanese).
- Shirakihara, M., A. Takemura, and K. Shirakihara. 1993. Age, growth, and reproduction of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyushu, Japan. Marine Mammal Science, 9:392-406.
- Yoshida, H., K. Shirakihara, M. Shirakihara, and A. Takemura. 1995. Geographic variation in the skull morphology of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in Japanese waters. Fisheries Science 61:555-558.
- Yoshida, H., K. Shirakihara, H. Kishino, and M. Shirakihara. 1997. A population size estimate of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, from aerial sighting surveys in Ariake Sound and Tachibana Bay, Japan. Researches on Population Ecology 39:239-247.
- Yoshida, H., K. Shirakihara, H. Kishino, M. Shirakihara, and A. Takemura. 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: Estimation from aerial sighting surveys. The Journal of Wildlife Management, 62:286-291.
- Yoshida, H., M. Yoshioka, S. Chow and M. Shirakihara. 2001. Population structure of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in coastal waters of Japan based on mitochondrial DNA sequences. Journal of Mammalogy 82: 123-130.

2-3 陸棲哺乳類

(1) ニホンザル *Macaca fuscata* (Japanese monkey)

羽山伸一

1) 種の特徴

分類と形態

分布

日本固有種。北限は青森県下北半島、南限は鹿児島県屋久島。茨城県では、絶滅したために現在は分布していない。IUCN版レッドデータブック(2000)ではData Deficient(情報不足)、環境省版レッドデータブック(2002)ではヤクシマサル(亜種)が準絶滅危惧、東北地方および下北半島が絶滅のおそれの地域個体群。

形態

体成長は10才前後まで続き、体重はオスで10~15kg、メスで7~12kg程度で、個体差および地域差が大きい。

近縁種との区別

わが国には、本種以外の霊長類はヒト以外に自然分布しないが、家庭や動物園などで飼育されていた外来の近縁種が野生化している事例があり、混血も生まれている。これまでに野生化が記録された近縁種は、アカゲザル、タイワンザル、カニクイザルである。これらの近縁種はいずれも尾が本種よりも長く、成獣では容易に判別できるが、幼獣や混血子は専門家の鑑別が必要である。

生態

生活史

本種は、数十頭の母系の集団からなる群で行動し、群の生活圏は数百~数千haにおよぶ。山岳地帯では、夏と冬とで生活圏が垂直移動することがあり、北アルプスでは夏に3000mの稜線上に現れる群がある。

交尾期は秋から初冬にかけて、また出産期は春から初夏にかけてだが、地域による差がある。産子数は通常1頭で、妊娠期間は180日。初産年齢は餌付け群で4~5才、

野生群で6～7才が多い。出産率は、年変動が大きく、平均すると50%前後である。

メスは生まれた群で生涯を過ごす。オスは4才以降に群から離脱し、単独生活をしたり、他の群に入ったりする。

年齢・成長

500～550gで出産される。離乳時期は明確ではないが、2年半も哺乳していた例がある。生後2カ月頃には植物を口にしますが、10カ月齢以前に母親を失うと生存できない。野生下でも25才以上の個体がいる。

食性

おもに植物食だが、昆虫も食べる。

ダイオキシン類との関連

ヒトで近年問題となっている子宮内膜症は、ダイオキシン（TCDD）によってアカゲザルで誘発されることが報告されているが、ニホンザルに関する研究はない。近縁種であるアカゲザル、カニクイザル、ブタオザルでは飼育下における自然発症例の報告がある。

ニホンザルでは、1955年に大分県高崎山の餌付け群で先天性四肢奇形が発見され、その後全国各地で発生が確認されたが、1970年代をピークとして現在は発生率が低下している。原因はいまだに明らかではないが、遺伝的要因や感染症による発生は否定され、死体の分析から、ヘプタクロルエポキシドおよびディルドリンの蓄積量が奇形個体および奇形個体の母親で有意に高いという結果があるが、ダイオキシン類の測定は行われていない。また最近、これらの餌付け群でスギ花粉症の発症が確認されているが、原因などの研究は行われていない。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ニホンザルは、鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律では非狩猟獣であるため、捕獲はできないが、例外的に、有害鳥獣駆除または学術研究の目的で都道府県知事または環境庁長官の鳥獣捕獲許可を得れば捕獲は可能である。

また、以下の地域は文化財保護法で野生ニホンザル生息地として天然記念物に指定されており、これらの地域での作業には、事前に所在地の教育委員会と十分に協議する必要がある。

青森県下北半島、千葉県高宕山、大阪府箕面山、岡山県臥牛山、大分県高崎山、宮崎県幸島。

人獣共通感染症

捕獲および解剖にともない、以下の人獣共通感染症に注意する必要がある。できる限り、動物との接触時には手袋およびマスクを着用すべきである。

結核

これまで野生個体でツベルクリン反応が陽性となった例はほとんどないが、飼育下ではヒトより感染し、感染個体を介してヒトへ伝搬することが明らかである。近年、ふたたびヒトにおける結核感染率が上昇したため、餌付け群など、ヒトと接する機会の多い野生個体がヒトから感染している可能性は否定できない。

Bウイルス

*Macaca*属から分離されたヘルペスウイルスで、サル自身は症状が軽度であるが、ヒトでは発症すると重篤な症状を呈し、死に至ることがある。野生ニホンザルでの疫学検査は1960年代に実施され、抗体陽性個体は発見されなかったが、最近、実験動物で抗体を保有する個体が少なからず見つかり、問題となっている。わが国での発症例はなく、ヒトでも抗ヘルペス剤による治療効果が高いことが明らかであるが、標本の取り扱いには注意を要する。

ヒトT細胞白血病（HTLVまたはATLV）

ヒトT細胞白血病は、1977年に記載されたレトロウイルスによる白血病で、わが国では患者の出身地が西南日本に偏り、成人に発症する特徴を持つ。1982年に餌付け群や飼育下のニホンザルで本ウイルスの抗体が確認され、広範な感染が示唆されたが、ニホンザルにおける陽性個体の地理的な分布がヒトのそれと関係が見られず、現在では両種におけるウイルスのやりとりはないと考えられている。当然、ニホンザルからヒトへの感染例はないが、標本の取り扱いには注意する。

採取方法

野生ニホンザルの標本採取には以下の方法がある。

有害鳥獣駆除

近年、農林業被害などで有害鳥獣駆除で駆除されるニホンザルは年間6千頭以上にのぼるため、これらを本調査に利用することは、猟友会などの協力と死体の回収体制が整えば可能である。しかし、サルの死体をさわることが忌み嫌われており、また自治体によっては駆除許可権限が市町村長に委譲されているため、地域の実情を考慮に入れ、関係者に十分理解を求めることが必要である。

野猿公苑

野生ニホンザルに餌付けをして、観光などに利用している野猿公苑は、全国に13カ所あり、そのうちのいくつかは研究者や公園管理者によって個体識別されている。また、奇形や花粉症などの発生もほとんどが野猿公苑であるため、これらの個体の分析は本調査にとって重要である。

しかし、これらのニホンザルは餌付けされてはいるが野生個体であるため、捕獲にはしかるべき許可が必要であるが、公園管理者などの協力が得られれば、死亡個体が回収された場合に、提供を求めることが可能である。

学術捕獲

汚染源の周辺など、特定の地域の標本が必要で、駆除個体などの利用が困難な場合、学術捕獲によって採取することができる。現在は、都府県知事に捕獲許可権限が委譲されているが、麻酔銃を使用する場合には環境大臣の許可が必要である。

標本採取に当たっての協力機関および研究者

京都大学霊長類研究所	犬山市官林	0568-61-2891
大阪大学人間科学部	吹田市山田丘1-2	06-879-8055 (和 秀雄教授)
日本モンキーセンター	犬山市官林	0568-61-2327
幸島野猿公苑	宮崎県串間市教育委員会	
高崎山自然動物園	大分県大分市教育委員会	
波勝崎自然公園	静岡県南伊豆町伊浜	
岩田山自然遊園地	京都市西京区嵐山	
志賀高原地獄谷野猿公苑	長野県山ノ内町地獄谷	
淡路島モンキーセンター	兵庫県洲本市	

形態調査など

年齢査定法

ニホンザルの年齢査定法には、その精度に応じて以下の3つの方法がある。

a) 外見的に推定する

ニホンザルは体の成長が7~10年続くため、慣れればおよその年齢が外見から判断できる。しかし、成長には個体差が大きく、精度は高くない。また、誰にでもできるわけではないので、汎用性に欠ける。

実際に現場での汎用性を考えれば、性成熟を基準に、幼獣(およそ0~3才)、亜成獣(性成熟に達するおよそ4~6才)、成獣(およそ体の成長が完成する7才以上)、老獣(およそ20才以上)の4段階を識別する程度でよいと思われる。以下にその識別法を述べ

るが、地域や栄養状態による差で大きく変化するため、絶対年齢を評価するものではない。

幼獣：顔や尻が赤くなることはない。オスでは精巣が陰嚢内に降りていない。

亜成獣：オスでは精巣が陰嚢内に降りているが顔や尻に赤みが少ない。メスでは赤みを帯びるが、乳頭（乳首）が短い。

成獣：オスでは精巣が陰嚢内に降り、顔や尻が赤い。メスでは顔や尻が赤みを帯び、乳頭が長い。

老獣：顔や体にしわが多く、額の毛がパーマをかけたようにカールしている。

b) 歯の萌出順序で推定する

ニホンザルでは、乳歯が永久歯にすべて交換し、永久歯列が完成されるまでに6~7年かかり、しかも交換順序がおおよそ決まっているので、その歯式から0~7才までの絶対年齢を推定することが可能である。これも、地域や性あるいは個体によって1~1.5年程度の誤差を含むことがあるが、簡便法としては十分と考えられる。以下に、永久歯の萌出による年齢査定法を述べる。

0~1.5才：すべて乳歯

1.5~2.5才：第1大臼歯萌出

2.5~3.5才：第1切歯および第2切歯萌出

3.5~4.5才：第2大臼歯萌出

4.5~5.5才：犬歯、第1および第2小臼歯萌出

5.5~6.5才：第3大臼歯萌出

6.5才以上：永久歯完全萌出

c) 歯の年輪で推定する

ニホンザルは、他の日本産の大型哺乳類と同様に、歯のセメント質に年輪が形成される。この年輪を数えることで、ほぼ正確な絶対年齢を推定することが可能である。以下に、その方法を述べる。

材料：上顎第1切歯を抜歯後、70%アルコールで保存する。歯根を折らないように、メスなどで歯槽の結合組織をあらかじめ切っておくと良いが、セメント質に傷を付けないように注意する。

標本作製：砥石などで切歯の正中矢状面を観察できるように研磨する。これを、プランク・リコール液などで脱灰する。標本の大きさによるが、数十分から数時間で針が刺せるくらいに柔らかくなれば、5%硫酸ナトリウム液で同じ時間をかけて中和する。水洗した後、凍結マイクロームで約50 μmに薄切する。これをスライドガラスに張り付け、デラフィールド・ヘマトキシリン液で年輪が明瞭になるまで染色し、カバーガラスをかけて封入した後、400倍の顕微鏡で観察する。凍結マイクロームが無い場合には、砥石などであらかじめ50~80 μm程度に研磨しておけばよい。

観察方法：上顎第1切歯が満2.5才で萌出したと仮定した場合、顕微鏡で象牙質とセメ

ント質の境界線から最初の1本目の年輪を生後3回目の冬(満2.5才)と数える。2本目以降、順次同様に数え、死亡した月から判断して絶対年齢を推定する。2.5才以降で崩出した場合は、1本目の年輪は満3.5才にあたるため、誤差が生じることを考慮する必要がある。

外部計測法

ここでは最低限必要と思われる体重、体長、前胴長の計測方法を示す。

a) 体重

上皿天秤、またはバネばかりで計測する。最大目盛りは20~30kg以下で最小表示は10g以下が望ましい。生け捕り捕獲の場合、必ずしも捕獲直後に計測できるとは限らず、数日間飢餓状態で放置されていることがある。このような場合の計測値は野生状態を反映しているとはいえないので、参考記録とする。

b) 体長(座高)

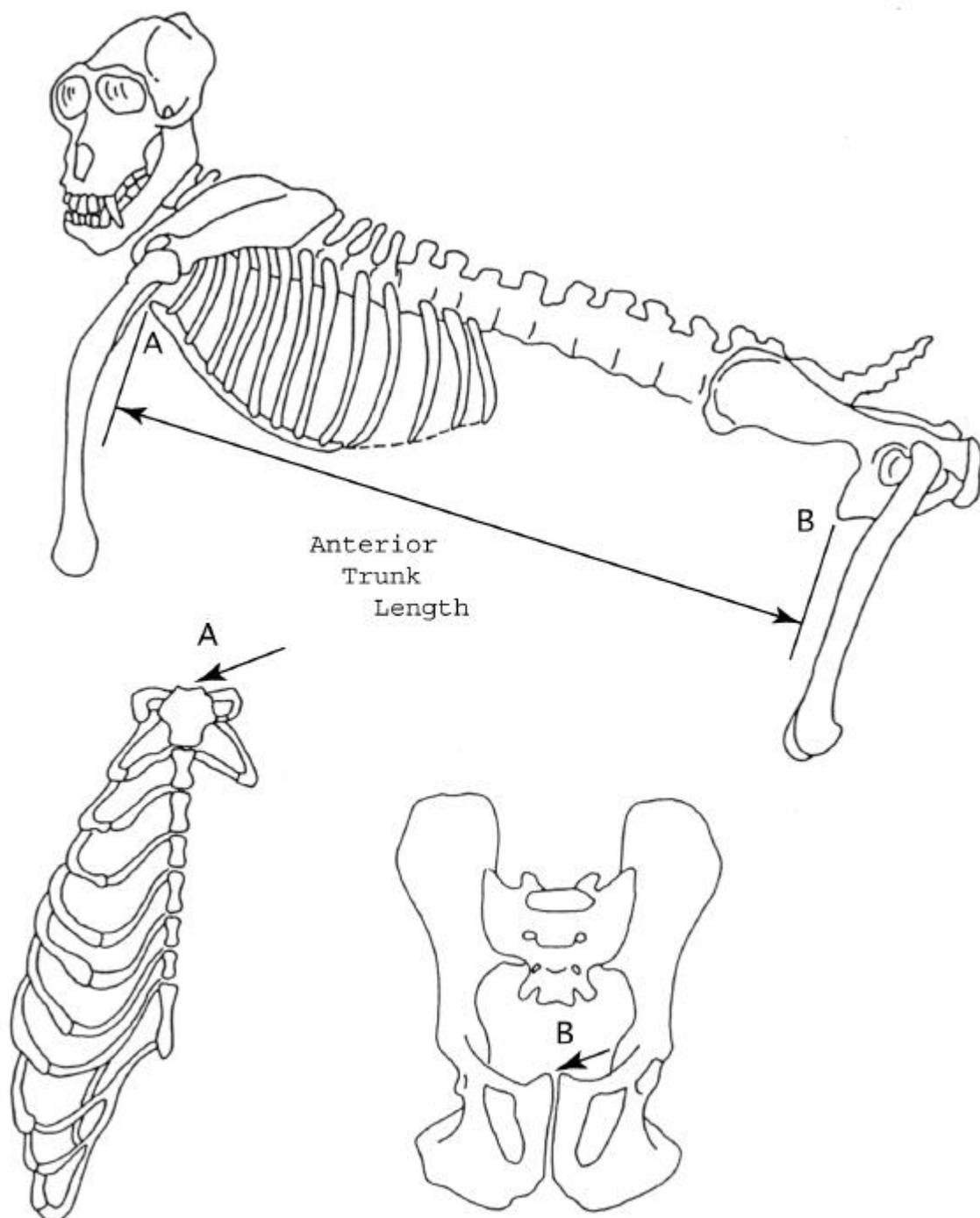
人間でいう座高にあたる。平坦なところに横たえて、頭頂から尻だこまでの直線距離を計測する。

c) 前胴長 (図 2-3-1)

仰向けに横たえて、胸骨の上端から恥骨結合の前縁までの直線距離を計測する。

d) 胎子

解剖時に胎子が確認された場合、その外部計測をすることが望ましい。この際、体重と頭臀長(頂臀長ともいう)を計測するのが一般的である。頭臀長は、胎子を自然に横たえ、頭頂から座骨結節までの直線距離を計測する。また、性別も記録する。



骨格による説明で胸部骨格図（中）のA点が胸骨上点を、骨盤部骨格図（下）のB点が恥骨結合点である。

図 2-3-1 ニホンザルの前胴長の計測方法（浜田 1986）

生殖状態評価法

生殖状態とは、任意の交尾期における個体の生殖の状態と定義する。生殖状態は、生殖器などの形態から推定する。以下に、その方法を述べる。

a) オスの場合

オスの生殖状態は、性成熟に達しているか否かの2つのカテゴリーしかない。これは、精子形成の有無で評価される。ニホンザルの精子形成は、精巣の組織学的な検査によって、交尾期以外でも判断が可能である。ただし、性成熟後の個体の精巣は、陰嚢の中に下降して急激に大きさを増すために、外見上から判断することが可能である。

b) メスの場合

メスの生殖状態は、基本的に性成熟の有無と妊娠の有無が評価される。ただし、ニホンザルの場合、必ずしも毎年排卵や妊娠が起こるわけではないので、年毎の生殖状態の評価が必要となる。

これらの評価は、死亡個体からの標本でなければできない場合が多く、また、捕獲された時期によっては、生殖状態を推定するのに十分な経験と組織学的な検査の設備がなければ評価は困難である。このような場合は、しかるべき研究機関などに標本を提供する必要がある。

捕獲現場では、これらの評価が困難であるため、以下の4点の記録をとっておく。

- ・妊娠（胎子）の有無
- ・泌乳（乳汁分泌）の有無
- ・アカンボウの有無（捕獲時に抱いていたかどうか）
- ・乳頭の長さ（左右の合計値、mm）

しかし、これらの情報は、生殖状態の推定には不十分なため、できる限り生殖器などの検査を行うようにする。以下にその方法を示す。

性成熟の評価

性成熟の評価は、排卵経験の有無によって判断される。*Macaca*属では、排卵後の黄体の退縮物が1年以上卵巣中に遺残する。したがって、卵巣中に黄体の遺残を見いだせば、性成熟に達していると判断する。ニホンザルの場合、性成熟に達している個体の子宮体の厚さが7.5mm以上あるため、子宮体の厚さの計測から、性成熟の有無を簡便に推定することもできる。

排卵の評価

捕獲個体が過去の最も近い交尾期に排卵したかどうかは、卵巣中の黄体の退縮物を観察することでわかる。受精しなかった発情黄体は、排卵後約6カ月間は黄体細胞にリポフスチンが沈着しない。また、その後も2~3カ月は軽度に沈着がみら

れる程度なので、妊娠黄体との鑑別は可能である。

妊娠の評価

捕獲個体が過去の最も近い交尾期に妊娠したかどうかは、出産後でも卵巣中の妊娠黄体の退縮物を観察することでわかる。出産後の妊娠黄体は、結合組織が発達し、黄体細胞を線維がとりまいている。この時期の発情黄体の退縮物は細胞内にリポフスチンが沈着しているので区別が可能である。

他の大型哺乳類では、乳汁の分泌から判断できる場合もあるが、ニホンザルでは1年間以上哺乳する例が多いので、捕獲個体がアカンボウを抱いていない限り、妊娠黄体を確認するしかない。

出産経験の評価

ダイオキシン類は、出産および哺乳によって母親から新生子に移行することが知られており、出産や哺乳の経験回数を知ることは重要である。ニホンザルでは、左右の乳頭の長さの合計値と出産回数とは相関関係にあり、これによって経産個体と未経産個体とをほぼ区別することが可能である。しかし、その境界値は、群れによって異なるため、地域ごとに基礎データを集積する必要がある。また、初産のアカンボウの死亡率が高いことを考えると、哺乳回数は妊娠回数よりも少ない可能性がある。ニホンザルの子宮筋層血管層には、妊娠経験のある個体で特異的に血管の変性（妊娠性硬変）が認められ、この硬変の程度によって出産回数の多少も推定が可能である。

体脂肪蓄積量評価法

ダイオキシン類は脂肪組織に蓄積されやすく、個体の脂肪蓄積量を評価しておく必要がある。ニホンザルでは、体脂肪の多くが腸間膜（腸管を背骨に固定し、血管が多く分布する膜）および大網（開腹した際に腸管全体を包むようにみえる腸間膜）に蓄積されるため、これらの重量から体脂肪率が以下に示す関係式から推定可能である。ここでの体脂肪率は、内臓抜き除脂肪体重に対する可視脂肪量の比率を表す。

$$\text{体脂肪率 (\%)} = 302 \times (\text{大網および腸間膜重量} \div \text{体重}) - 0.62$$

参考文献

- 浜田謙. 1986. ニホンザルの生体計測鳥類と哺乳類の計測マニュアル (I)p.73-78. 栃木県立博物館, 宇都宮.
- Hayama, S., S. Kamiya and H. Nigi. 1990. Pregnancy-induced sclerosis in the myometrial

- vessels of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). *Primates*, 31(3): 427-429.
- 羽山伸一・稲垣晴久・鳥居隆三・和秀雄. 1991. 有害駆除が野生ニホンザルに与える影響：捕獲記録の分析. *霊長類研究*, 14:1-6.
- Hayama, S., S. Kamiya and H. Nigi. 1997. Morphological changes of female reproductive organs of Japanese monkeys with reproductive conditions. *Primates*, 38(4):359-367.
- 羽山伸一・水谷苗子・森光由樹・白井啓・和秀雄. 1998. ニホンザルにおける体脂肪蓄積の様式と蓄積量の推定について. *霊長類研究*, 11:1-5.
- 伊藤光男・小川淳・園部俊明・中南元・石田紀郎・渡辺信英・稲垣晴久・和秀雄. 1987. ニホンザルの四肢奇形と有機塩素系農薬の関連について. *霊長類研究*, 4:103-113.
- 岩本光雄・渡辺毅・浜田譲. 1987. ニホンザル永久歯の萌出年齢. *霊長類研究*, 3: 18-28.
- 環境省. 2002. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 1 哺乳類. 環境省自然環境局野生生物課編, pp177, 自然環境研究センター, 東京
- 和秀雄. 1982. ニホンザル・性の生理. 動物社, 東京.
- 和秀雄. 1996. 環境汚染がらみの野生動物の疾病--ニホンザルの四肢奇形とスギ花粉症を中心に--. *日本野生動物医学会誌*, 1:8-12.
- Nigi, H., T. Tiba, S. Yamamoto, Y. Floesheim and S. Ohsawa. 1980. Sexual maturation and seasonal changes in reproductive phenomena of male Japanese monkeys in Takasakiyama. *Primates*, 21(3):230-240.
- Nigi, H., S. Hayama and R. Torii. 1989. Rise in age of sexual maturation in male Japanese monkeys at Takasakiyama in relation to nutritional conditions. *Primates*, 30(4):571-575.
- 四手井綱英ほか. 1984. ニホンザルの奇形に関する総合的研究 文部省科学研究費補助金研究成果報告書, pp.105.
- Wada, K., N. Ohtaishi and N. Hachiya. 1978. Determination of age in the Japanese monkey from growth layers in the dental cementum. *Primates*, 19(4):775-784.

(2) アカネズミ *Apodemus speciosus* (Large Japanese Field Mouse)

皆川康雄

1) 種の特徴

分類と形態

分布

ネズミ目 (Rodentia) ネズミ科 (Muridae) に属し、北海道、本州、四国、九州に分布する日本固有種。染色体数が本州中部の黒部川と天竜川を境として、東は $2n=48$ 、西は $2n=46$ と異なることが知られているが、現在のところ一つの種と考えられている。森林を中心に社寺林、農耕地、河川敷など多岐にわたり、平地から高山帯まで広く分布する。

形態

頭胴長 80 ~ 140 mm、尾長 70 ~ 130 mm、後足長 22 ~ 28 mm、体重 20 ~ 60g (阿部 1994)。体の大きさには地域差がある。体毛は背側が橙褐色で、腹側は白色。

生息環境が重なっていて、外見上も類似している種にはヒメネズミ (全国に分布) とハントウアカネズミ (北海道のみに分布) があり、厳密には頭骨の観察で識別する必要があるが、アカネズミは後足長が 22mm 以上であることが識別の一助となる。また、ヒメネズミが頭胴長より尾長の方が長いのに対して、尾長が頭胴長とほぼ等しいかそれより短い。

生態

食性

種子、昆虫が主であるが、根茎部も食べる。夜行性で、特に日没から 3 時間が活動的で、林床を移動しながら餌を探し回る。また、ドングリなどの堅果はその場で食べるだけでなく、巣穴や地中に埋めて貯蔵する。

繁殖

繁殖期は本州では春と秋の 2 回であるが、九州では秋から春にかけて 1 回であり、北海道では夏を中心として 1 回である。このような地域差は気温の影響と考えられている (村上 1980)。地中に巣穴をつくり出産する。一夫多妻型。妊娠期間は 20 日。産子数は 2 ~ 6 頭。新生児の体重 1.3 ~ 2.2g。無毛で耳の穴も眼も開いていない。離乳時期は生後 18 ~ 19 日。巣立ちは生後 28 ~ 30 日。生後 3 ~ 4 ヶ月で繁殖可能となるが、京都府での調査では、春生まれの子はほとんどその年の秋に繁殖するが、秋生まれの

子は次の春に繁殖するものとし、ないものがあることが知られている（村上 1980）。寿命は野外で最長 2 年、飼育下で 2～3 年である。

移動

行動範囲は数百～3 千 m²と報告されており（Kondo 1977, 中川 1986）。繁殖期に大きくなる傾向がある（中川 1986）。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

従来、アカネズミをはじめとするネズミ類は鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律の鳥獣に含まれていなかったため、捕獲にあたっては、捕獲許可等は必要としなかった。しかし、平成 14 年に法改正され、鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律では、農林業地域内で当該事業者が捕獲をおこなう場合を除いて、捕獲許可申請が必要となるので注意が必要である。

採取方法

ワナによる方法が一般的である。ワナにはいくつか種類があるが代表的なものに、シャーマントラップとパンチュートラップがある。シャーマントラップは、アルミ製で折り畳み式の箱ワナで、生体捕獲が可能。パンチュートラップは、プラスチック製であり軽量で、捕殺タイプのワナである。

通常、ワナは一ヶ所に数 10 個から 100 個程度設置し、夕方に仕掛けて翌朝回収する。また、ワナの設置場所の選択はある程度の経験が必要であるが、木の根元、岩の横、窪地などネズミが移動する際に通路として利用しそうなところを選ぶと捕獲効率がよいようである。

捕獲後は人獣共通感染症の観点からは、外部寄生虫の除去処理を行くことが望ましい。クロロホルムを染み込ませた綿を入れた容器に捕獲したネズミを 15 分程入れる方法が、容易で効率的である。また、ネズミと接触する際には、できる限りゴム手袋を着用すべきである。

人獣共通感染症

ネズミ類は比較的、重篤な人獣共通感染症を持っているので、取り扱いに際しては衛生面で注意する必要がある。

ツツガムシ病

ツツガムシ科のダニによって媒介される病気で、発疹性熱病である。山林や草地に棲むハタネズミ、アカネズミ、ドブネズミが保有者で、わが国では農山村地域を中心に各地で散発していることから、注意が必要である。

腎症候性出血熱

本症はげっ歯類から感染し、出血傾向と腎臓障害を現す、人の重篤な熱病である。原因はハンタウイルスで、韓国では野外でのアカネズミ属のネズミによる媒介が知られている。わが国では実験動物施設でラットを介して流行した例がある。また、各地の港湾地区やゴミ埋立処理場のドブネズミにも流行巣が発見されたとの報告があり、都市型流行の危険性が懸念されている。

鼠咬症

元来、ネズミの病原菌であるがネズミにはほとんど病原性を示さない。人がネズミに咬まれることにより発熱、発疹などを発症する。原因菌は *Spirillum minus* によるものと、*Streptobacillus moniliformis* によるものがある。生体捕獲の際の取り扱いに注意を要する。

レプトスピラ症

レプトスピラ属の菌によって引き起こされる疾患で、出血性黄疸（ワイル病）などがある。ネズミの尿を介して経皮感染することから、材料の採取時に注意が必要である。

外部計測法

ここでは確実な種の同定に必要と思われる体重、全長、頭胴長、尾長、後足長、耳長の計測方法を示す（図 2-3-2）。

体重

上皿天秤、またはバネばかりで計測する。最大目盛りは 100g 以下で、最小表示は 0.1g 以下が望ましい。

全長

動物を仰向けに寝かせ、まっすぐに伸ばし、鼻の先端から尾の先端（毛を含まない）までを計測した長さ。ノギスあるいはメジャーを用いて 0.1 mm 単位で測定する（以下同様）。

頭胴長

一般に頭胴長は計測しないで、全長から尾長を引いて算出する。

尾長

尾を持って背中に対して垂直に曲げ、仙椎と尾椎間関節付近の曲がり角のところに物差しをあて、尾の先端（毛を含まない）までを計測した長さ。

後足長

かかとかから最長の足指の先端までを計測した長さ。爪を含めない場合（爪なし）と爪を含める場合（爪あり）がある。

耳長

耳孔の下縁から耳の先端（毛を含まない）までを計測した長さ。

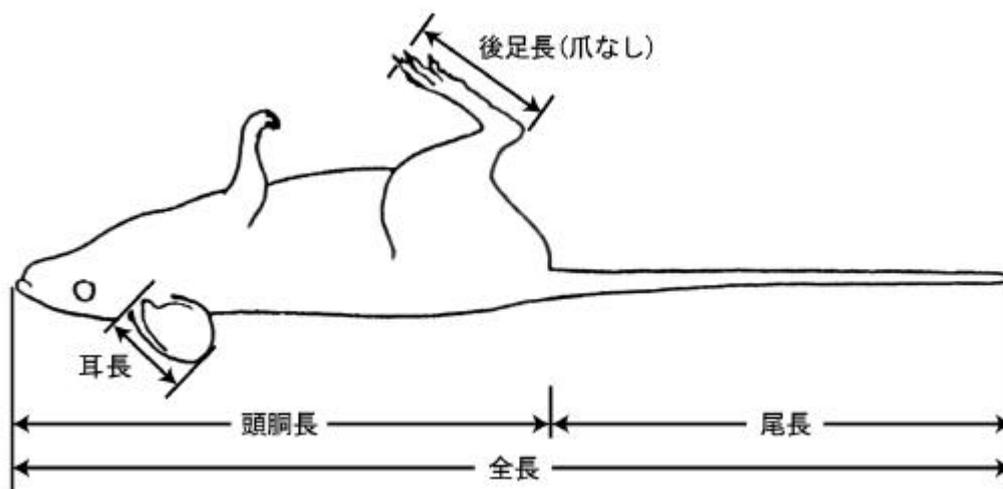


図 2-3-2 アカネズミの計測法（阿部 1994）

生殖状態評価法

オス

性成熟に達しているか否かは、精巢の組織学的な検査によって精子形成の有無で評価される。ただし、性成熟後の個体の精巢は陰囊の中に下降して急激に大きさを増すため、外見上から判断することが可能である。

メス

妊娠（胎子）の有無及び胎子数、泌乳(乳汁分泌)の有無の記録を取る。胎子がいる場合には、胎子の大きさと、判別可能であれば性別を記録する。胎子の外部計測では、体重と頭臀長（頂臀長ともいう）を計測することが一般的である。頭臀長は、胎子を自然に横たえ、頭頂から坐骨結節までの直線距離を計測する。

アカネズミでは出産後一定期間子宮に胎盤痕が残る。この胎盤痕を観察することにより、出産の有無が推定できるが、その形状が時間とともに変化するため、出産直後以外は出産子数の推定は困難である。

年齢査定

歯の摩耗状態による年令査定法が報告されているが（疋田・村上 1980）、本調査の目的では、寿命の短さから年齢を推定する必要性は低いと考えられ、性成熟の有無で十分と思われる。

試料採取

試料採取時には、解剖して生殖器やその他の臓器の採取、あるいは状態等を記録する。

ダイオキシン類の分析にはある一定の質量が必要であるため、試料の種類を肝臓など1種類に限定する場合には、性別や年令など、なるべく条件の同じ数頭を集めて1検体とする。ネズミ類では体が小さいため、筋肉や脂肪のみをまとめた量採取することは困難である。

1個体で1検体とする場合には、全身をそのまま分析材料とすることも可能であるが、生息環境の土などからのコンタミを防ぐためには、皮膚は取り除く方が好ましいと考えられる。推定蓄積濃度と試料の量、体内蓄積分布などを考慮する必要があるが、剥皮し、解剖して内臓など必要な試料を取り除いたもの（実質的には骨、筋肉、皮下脂肪、リンパ節、唾液腺、乳腺などを含む）を分析試料とするのが実用的ではないかと考えられる。

参考文献

- 阿部永. 1994. 日本の哺乳類. 東海大学出版会. 東京.
日高敏隆. 1996. 日本動物大百科1 哺乳類 . 平凡社. 東京.
疋田努・村上興正. 1980. アカネズミの年齢推定法. 日本生態学会誌, 30: 109-116
Kondo, T. 1977. Social Behavior of the Japanese Wood Mouse, *Apodemus speciosus* (Temminck et Schlegel), in the field. Jap. J. Ecol., 27: 301-310

- 村上興正. 1980. アカネズミの生態. 遺伝, 34(10): 75-81
- 中川和浩. 1986. 秋の繁殖期におけるアカネズミ (*Apodemus speciosus*) の空間関係の変化. 金沢大学大学院理学研究科修士論文.
- 自然環境研究センター. 1996. 野生動物調査法ハンドブック. (財)自然環境研究センター. 東京.
- 自然環境研究センター. 1999. 内分泌攪乱化学物質による野生生物影響実態調査マニュアル. (財)自然環境研究センター. 東京.
- 田中生男. 1982. ネズミとその駆除. 日本環境衛生センター. 東京.
- 栃木県立博物館. 1986. 鳥類と哺乳類の計測マニュアル(). 栃木県立博物館.

(3) クマ類

ツキノワグマ *Ursus thibetanus* (Asiatic black bear)

ヒグマ *Ursus arctos* (Hokkaido brown bear)

坪田敏男

1) 種の特性

分類と形態

分布

ツキノワグマはヒマラヤの南側山麓部から東南アジア北部、中国東北部、ロシア南東部、台湾、海南島、日本に分布する。国内では、本州および四国の冷温帯落葉広葉樹林（ブナ林）を中心に生息し、九州では絶滅した可能性がある。環境省版レッドデータブック（環境省 2002）では、下北半島、紀伊半島、東中国地域、西中国地域、四国山地および九州地方が保護すべき地域個体群に指定されている。

ヒグマは広く北半球に分布し、北アメリカ、ユーラシア中北部、サハリン、国後島、択捉島および日本に生息する。国内では、北海道の冷温帯林および高山帯での生息がみられる。環境省版レッドデータブック（環境省 2002）では、石狩西部が保護すべき地域個体群に指定されている。

形態

ツキノワグマは全身黒色で胸に白い三日月様の模様（月の輪）がみられる。成獣では、全長が110～130cm、体高が50～60cmであり、平均体重はオスでおよそ60～80kg、メスでおよそ30～50kgである。

ヒグマは黄金色から真黒色まで多彩な毛色を有する。ときにツキノワグマと同様、胸に白斑がみられることがある。成獣では、全長が130～200cmであり、体重はオスでおよそ120～200kg、メスでおよそ70～120kgである。

近縁種との区別

わが国には、本州以南にツキノワグマが、北海道にヒグマが生息する。この2種は大きさ、骨格形態および毛色から区別は明確にできる。ただし、ヒグマにも胸に月の輪様の白斑が見られることがあるので、白斑がツキノワグマとヒグマとの鑑別点にはならない。

日本に生息するツキノワグマは、ニホンツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* と呼ばれる一亜種であり、他にヒマラヤグマやタイワンクロクマなどがその仲間であり、外見はよく似ている。

日本（北海道）に生息するヒグマは、エゾヒグマ *Ursus arctos yesoensis* と呼ばれ

る一亜種であり、他にハイイログマ（グリズリー）やヨーロッパヒグマなどがその仲間であり、外見はよく似ている。

生態

生活史

クマ類は、ふだんは単独で行動し、その生活圏は数km²～数十km²におよぶ。冬期には樹洞や土穴などに入り冬眠をするが、その際の体温は4～5℃しか下がらない。

交尾期は6～7月の初夏で、5～6カ月の着床遅延期間を含む約7～8カ月の妊娠期間を経た後、1～2月に冬眠穴の中で出産する。産子数は1～3で、2頭の場合が多い。

年齢・成長

新生子は、ツキノワグマは200～300g、ヒグマは400～450gで出生する。

ツキノワグマは約1年の哺育期間の後、親から離れる。性成熟年齢は、オスで2～3歳、メスで4歳である。

ヒグマは約1～2年の哺育期間の後、親から離れる。性成熟年齢は、オスで2～4歳、メスで3～4歳である。

寿命は30～35歳くらいといわれている。

食性

おもに植物食であるが、ハチやアリなどの昆虫を食べることもある。また、ヒグマではシカを食べることもある。

ダイオキシン類との関連

クマ類の疾病例はほとんど報告がなく、ダイオキシン類の影響については全く不明である。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ツキノワグマおよびヒグマは、鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律で狩猟獣に指定されており、狩猟が可能であるが、期間、場所、方法に制限があり、狩猟免許と狩猟者登録が必要である。有害鳥獣駆除または学術研究の目的で捕獲する場合も鳥獣捕獲許可が必要である。

人獣共通感染症

捕獲および解剖にともない、以下の人獣共通感染症に注意する必要がある。できる限り、動物との接触時には手袋およびマスクを着用する。

a) 狂犬病

主として咬傷によって伝播する脳神経系のウイルス病で、温血動物、とくに哺乳類の感受性が高く、発症すればほとんど致死的な経過をたどる。日本では、1957年以降本症の発生をみていないが、今後発生しないという保証はない。ツキノワグマやヒグマも病原巣の一つとして考えられ、実際他のクマ類（アメリカクロクマとホッキョクグマ）での発生の報告がある。

b) トキソプラズマ症

病原体は*Toxoplasma gondii*で、ネコおよびネコ科動物を終末宿主とし、ヒトを含めた他の哺乳動物および鳥類を中間宿主とする細胞内寄生虫である。感染源は感染動物およびその肉や糞で、いずれも経口的に摂取することで感染が成立する。クマ類では、アメリカクロクマでの感染が報告されている。

c) 旋毛虫症

本症の原因である旋毛虫として4種が知られるが、ヒトの本症には*Trichinella spiralis*が重要である。感染源は、感染動物における被嚢幼虫を有する食肉とその加工品である。日本では、ニホンツキノワグマとエゾヒグマの肉の生食による発症が報告されている。

採取方法

野生ツキノワグマやヒグマの標本採取には、以下の方法がある。

有害鳥獣駆除

近年、農林業被害あるいは人里への出没を理由に有害鳥獣駆除で駆除されるツキノワグマは年間約600頭、ヒグマは年間約100頭はいる。これらを本調査に利用することは、猟友会および地方自治体の協力と死体の回収体制が整えば可能である。

学術捕獲

現在、各地方自治体（例えば、東京都、広島県および岐阜県）、民間団体（例えば、（株）野生動物保護管理事務所）あるいは大学（例えば、東京大学および岐阜大学）においてツキノワグマの学術捕獲（生け捕り）を行っている。ヒグマについては北海道（環境科学研究センター）および大学（北海道大学）において学術捕獲（生け捕り）

を行っている。また、必要であれば新たに環境省に申請することもできる。これらの個体から必要な材料を採取する方法（例えば、麻酔下で脂肪組織のバイオプシー）が確立すれば、それも可能である。

飼育個体

クマ牧場（例えば、ツキノワグマでは秋田県阿仁町熊牧場、ヒグマではのぼりべつクマ牧場）などでは野生で生け捕りされたクマ類を受け入れ、飼育する場合がある。これらの個体についても、学術捕獲の場合と同様に材料を採取することができる。

標本採取にあたっての協力機関および研究者

ツキノワグマ

- ・東京都高尾自然科学博物館
- ・阿仁町阿仁熊牧場
- ・(株)野生動物保護管理事務所
- ・信州ツキノワグマ研究会
- ・日本クマ研究所
- ・岐阜大学ツキノワグマ研究会

ヒグマ

- ・北海道環境科学研究センター
- ・北海道大学農学部および獣医学部
- ・北大ヒグマ研究グループ
- ・のぼりべつクマ牧場

形態調査など

年齢査定法

クマ類の年齢査定法には、その精度に応じて以下の2つの方法がある。

a) 外見的に推定する

外見的にクマ類の年齢を推定するのはほとんど無理であるが、体の大きさから未成熟個体と成熟個体に分けることができる。

b) 歯の年輪で推定する

クマ類では、他の哺乳類と同様に、歯のセメント質に年輪が形成される。この年輪を数えることで、ほぼ正確な絶対年齢を推定することが可能である。以下にその方法を述べる。

材料：犬歯または第4前臼歯を抜歯後、標本瓶に保存する。犬歯は抜け難いので、筋肉および結合組織をすべて取り除いた骨格標本からしか採取できない。この場合、

犬歯の周囲を熱湯で温めると抜けやすくなる。第4前臼歯は歯科用抜歯鉗子またはペンチなどで根元から引き抜く。

標本作製：セメント質部を含む歯根部の中央部を骨切りノコギリで切断する。これをプランク・リチュロ法により脱灰する。5%硫酸ナトリウム液で中和さらには水洗した後、凍結ミクロトームで50 μm に薄切する。これをスライドグラスに張り付け、乾燥させた後、デラフィールドのヘマトキシリン液で染色する。カバーグラスをかけて封入し、400倍で顕微鏡観察し、セメント質層の層板数を数える。

観察方法：犬歯または第4前臼歯が満1.5歳で萌出したと仮定した場合、象牙質とセメント質の境界線から最初の1本目の年輪を生後2回目の冬（満2歳）と数える。2本目以降順次同様に数え、死亡した月から判断して絶対年齢を推定する。

外部計測法

ここでは最低限必要と思われる体重、全長、体高および前腕長の計測方法を示す。

体重

バネばかり式体重計で計測する。最大目盛りはツキノワグマで200kg、ヒグマなら300kgで、最小表示は500g以下が望ましい。ロープを使って4肢を縛るか、あるいは網に動物を包むかして体全体が持ち上がるようにする。ツキノワグマで2～4人、ヒグマなら4～8人の力が必要である。

全長（頭尾長）

動物を横臥にして自然状態に体を保つ。この姿勢で鼻の先から尾の付け根までの直線距離を測る。

体高

全長測定の場合と同様に横臥姿勢を保ち、肩甲骨の上端から掌までの直線距離を測る。

前腕長

前腕骨の全長を直線距離で測る。

胎子

解剖時に胎子が確認された場合、その外部計測をすることが望ましい。この際、体重および全長を計測するのが一般的である。また、性別も記録する。

生殖状態評価法

生殖状態とは、任意の交尾期における個体の生殖の状態と定義する。クマ類は季節繁殖動物なので季節によって生殖機能に変化がみられる。また生殖状態は、生殖器などの形態から推定する。以下にその方法を述べる。

a) オスの場合

オスの生殖状態は、性成熟に達しているか否かの2つのカテゴリーに分けられる。これは精子形成の有無で評価される。

b) メスの場合

メスの生殖状態は、基本的に性成熟の有無と妊娠の有無が評価される。ただし、ツキノワグマの場合は2～3年毎、ヒグマの場合は3～4年毎に妊娠するので年毎の生殖状態の評価が必要となる。

これらの評価は、死亡個体からの標本でなければできない場合が多く、また、捕獲された時期によっては、生殖状態を推定するのに十分な経験と組織学的な検査の設備がなければ評価は困難である。このような場合は、しかるべき研究機関などに標本を提供する必要がある。

捕獲現場では、これらの評価が困難であるため、以下の3点の記録をとっておく。

- ・妊娠（胎子）の有無
- ・泌乳（乳汁分泌）の有無
- ・新生子（連れ子）の有無

しかし、これらの情報は生殖状態の推定には不十分なため、できる限り生殖器の検査を行うようにする。以下にその方法を示す。

性成熟の評価

性成熟の評価は、排卵経験の有無によって判断される。クマ類では、排卵後の黄体退縮物（白体）が数年にわたって遺残することがわかっている。したがって、卵巢中に黄体または黄体退縮物（白体）を見いだせば性成熟に達していると判断できる。このために、卵巢の組織標本を作製し、弾性線維染色などを行う必要がある。また、卵巢の重量および大きさによってもある程度判断することができ、ツキノワグマの場合は重量で1g以上、大きさ（長径）で12mm以上のものが性成熟に達している。ヒグマでは大きさ（長径×短径×幅¹）15mm以上のものが性成熟に達している。

妊娠の評価

クマ類の場合、妊娠しても胎子の発育がみられない、いわゆる着床遅延が存在

するので、胎子の有無だけでは妊娠の判定はできない。卵巢中に黄体が存在すれば妊娠の可能性が高いが、時に偽妊娠が起こりうるので、さらに未着床の胚（約0.1～1mm）または胎子を検出することが必要となる。着床遅延期間はおよそ7～12月までの期間である。

出産経験の評価

黄体退縮物の中でもその退縮初期像（輪郭が明瞭）を示すものは、最近の妊娠の経験を意味するものである。また、子宮壁内腔面には、やはり最近の着床（胎子発育）の証拠となる胎盤痕が認められる。ヒグマの場合は最近（大）および1年前（小）の着床による胎盤痕が認められる。これらの存在をもって最近の出産経験を評価できる。

排卵数および着床数の評価

黄体および黄体初期退縮物は肉眼的にその存在を認めることができ、その数を数えることによって排卵数を知ることができる。また、子宮壁内腔面に認められる胎盤痕の数より着床数を評価することができる。

体脂肪蓄積量評価法

ダイオキシン類は脂肪組織に蓄積されやすく、個体の脂肪蓄積量を評価しておく必要がある。クマ類では皮下と腎周囲に脂肪が付きやすく、これらを体脂肪蓄積量の指標に用いることが可能である。

皮下脂肪は背部から臀部にかけての最大厚（mm）を測り、腎脂肪は腎臓に付着した脂肪を下記の4段階に分けて評価する。なお、クマ類の腎臓はぶどうの房状にいくつもの腎葉に分葉している。

- : 腎臓を腹側から見て、脂肪が腎臓周囲にほとんど付着していないもの
- ± : 腎臓を腹側から見て、脂肪が腎葉間の溝に付着しているもの
- + : 腎臓を腹側から見て、脂肪が腎葉間の溝と腎葉の一部に付着しているもの
- + + : 腎臓を腹側から見て、脂肪が腎葉間の溝と腎葉のほとんどの付着しているもの

参考文献

- 阿部永・石井信夫・金子之史・前田喜四雄・三浦慎悟・米田政明. 1994. 日本の哺乳類. 東海大学出版会. 195pp.
- 岐阜県林政部自然環境保全課. 1995. 岐阜県ツキノワグマ個体群指標調査報告書.

35pp.

- 北海道環境科学研究センター. 1996. ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書II. 85pp.
- 日高敏隆. 1996. 日本動物大百科1 哺乳類I. 平凡社. 156pp.
- 環境庁自然保護局. 1985. 森林環境の変化と大型野生動物の生息動態に関する基礎的研究. 310pp.
- 環境省自然保護局. 2002. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 1 哺乳類. pp333. (財)自然環境研究センター. 東京
- 片山敦司・坪田敏男・山田文雄・喜多 功・千葉敏郎. 1996. ニホンツキノワグマ (*Selenarctos thibetanus japonicus*) の繁殖指標としての卵巣と子宮の形態学的観察. *Jpn. J. Zoo Wildl. Med.*, 1: 26-32.
- 小松武志・坪田敏男・岸本真弓・濱崎伸一郎・千葉敏郎. 1994. 雄ニホンツキノワグマ (*Selenarctos thibetanus japonicus*) における性成熟と精子形成にかかわる幹細胞. *J. Reprod. Dev.*, 40: j65-j71.
- 坪田敏男・金川弘司・高橋健一・安江健・福永重治. 1985. エゾヒグマの飼育条件下における性行動の観察. *家畜繁殖誌*, 31: 203-210.
- Tsubota, T., H. Kanagawa, T. Aoi and T. Mano. 1990. Sexual maturity of the Hokkaido brown bear. *Asiatic Bear Conf.*, 1: 1-9.
- Tsubota, T., H. Kanagawa, T. Mano and T. Aoi. 1990. Corpora albicantia and placental scars in the Hokkaido brown bear. *Int. Conf. Bear Res. and Manage.*, 8: 125-128.
- Tsubota, T., T. Mano, T. Aoi and H. Kanagawa. 1991. Reproductive parameters of the Hokkaido brown bear. *Wildlife Conservation - Present trends and perspectives for the 21st century*: 214-216.
- Tsubota, T. and H. Kanagawa. 1993. Morphological characteristics of the ovary, uterus and embryo during the delayed implantation period in the Hokkaido brown bear (*Ursus arctos yesoensis*). *J. Reprod. Dev.*, 39: 325-331.
- Tsubota, T., N. Maeda and H. Kanagawa. 1994. Parturition and postnatal development in the captive Hokkaido brown bear *Ursus arctos yesoensis*. *J. Mamm. Soc. Japan*, 19: 75-82.

(4) タヌキ *Nyctereutes procyonoides* (Raccoon dog)

坪田敏男

1) 種の特徴

分類と形態

分類

タヌキは食肉目イヌ科に属する。タヌキと誤認しやすい近縁種はアナグマ、ハクビシン、アライグマである。アナグマはイタチ科に属し、体毛は薄茶から黒茶褐色で、四肢は黒い。顔面はほぼ白いが目を覆うように黒い縦模様がある。ハクビシンはジャコウネコ科に属し、体毛は暗い灰褐色で、額から鼻にかけての白斑が特徴であり、タヌキに比べて小型である。アライグマはアライグマ科に属し、灰色から明るい赤褐色の毛を持ち、尾に5~10本の白い輪と、目の周囲の黒いマスク模様が特徴である。

分布

現在、日本には2種のタヌキが存在する。ホンドタヌキは本州、四国、九州に、エゾタヌキは北海道に分布する。別亜種は極東アジア、シベリア東部、中国、インドシナ半島北部、ヨーロッパ(移入)に分布する。平地から標高2000mを越える亜高山帯までの林や林縁、里山に生息する。

形態

頭胴長50~60cm、尾長13~20cm、体重は3~6kgだが年変動がある。毛は黄褐色で背中、四肢、眼周囲、尾は暗色。エゾタヌキはホンドタヌキより体毛が厚く毛色が淡い。

生態

生活史

夜行性で日中は巣穴で休息する。2月から4月に交尾期を迎え、59~64日の妊娠期間の後、4~6月に4~6頭の子を出産する。タヌキは雌雄ペアで生活するため、雄も子育てに参加する。子は冬までに独立するが、親と同じ穴で冬ごもりすることもある。冬ごもりは真の冬眠ではなく暖かい日には外出する。翌年には雌雄とも繁殖が可能となる。その他、ため糞をすることが知られている。

年齢・成長

新生子は、60~90gで出生する。約1カ月半から2カ月で離乳し、約半年後にはほぼ

成獣と同じくらいの大きさになる。性成熟は生後9～12カ月である。

食性

雑食性で、果実、堅果、穀類のほか、動物質として昆虫類、ヘビ、カエル、ネズミ、鳥類などを食べる。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

タヌキは鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律の狩猟獣に該当し、狩猟や捕獲が可能である。狩猟は期間、場所、方法に規制があり、狩猟免許および狩猟者登録が必要である。有害鳥獣駆除の目的または学術研究の目的で捕獲する場合も鳥獣捕獲許可が必要である。

採取方法

野生タヌキの標本採取には以下の方法がある。

狩猟

年間3万頭以上のタヌキが狩猟されている。これらを本調査に利用することは、猟友会などの協力と死体の回収体制が整えば可能である。地域の実情を考慮に入れ、関係者に十分理解を求めることが必要である。

有害鳥獣駆除

近年農林業被害などで有害鳥獣駆除で駆除されるタヌキは年間約四千頭にのぼるため、これらを本調査に利用することは、猟友会などの協力と死体の回収体制が整えば可能である。地域の実情を考慮に入れ、関係者に十分理解を求めることが必要である。

学術捕獲

汚染源の周辺など、特定の地域の標本が必要で、狩猟個体や駆除個体などの利用が困難な場合、学術捕獲によって採取することができる。現在は、都道府県知事に捕獲許可権限が委譲されている。

救護

交通事故などで負傷したタヌキが救護されるケースがあり、最近では年間約600頭が救護されている。これらは各都道府県にある鳥獣保護事業計画に基づいて鳥獣保護センター等を設置して行われている。したがって、これらのタヌキを本調査に利用する

ことは、猟友会などの協力と死体の回収体制が整えば可能である。地域の実情を考慮に入れ、関係者に十分理解を求めることが必要である。

年齢査定

歯の歯根部のセメント質に年輪が形成され、その年輪を数えることで絶対年齢を推定する。

材料：犬歯または前臼歯を抜歯後、標本瓶に保存する。犬歯は抜け難いので、筋肉および結合組織をすべて取り除いた骨格標本からしか採取できない。この場合、犬歯の周囲を熱湯で温めると抜けやすくなる。前臼歯は歯科用抜歯鉗子またはペンチなどで根元から引き抜く。

標本作製：セメント質部を含む歯根部の中央部を骨切りノコギリで切断する。これをプランク・リチュロ法により脱灰する。5%硫酸ナトリウム液で中和さらには水洗した後、凍結マイクロームで50ミクロンに薄切する。これをスライドグラスに張り付け、乾燥させた後、デラフィールのヘマトキシリン液で染色する。カバーグラスをかけて封入し、400倍で顕微鏡観察し、セメント質層の層板数を数える。

観察方法：生後半年で犬歯が生え揃うので、年輪の数がそのまま年齢となる。

生殖状態評価

a) オスの場合

性成熟に達しているか否かは、精巢の組織学的な検査によって精子形成の有無で評価される。

b) メスの場合

妊娠（胎子）の有無及び胎子数、泌乳（乳汁分泌）の有無の記録を取る。

形態計測

外部計測法については調査票の記録法の項参照。体脂肪蓄積評価法としては腎周囲脂肪係数を求める（図 2-3-3）。

調査票の記録法

ダイオキシン類蓄積状況等調査にあたって、材料採取とともに、正確な評価解析のため、以下に述べる採取試料に関する補助的な情報を可能なかぎり記載して下さい。

1. 採取条件

- (1) 個体番号：その個体とわかる番号、採取年月日でもよい（例：981008、98年10月8日）
- (2) 動物の種類
- (3) 採取日時：剖検を行い、材料を採取した日時
- (4) 死亡日時
- (5) 天気と気温
- (6) 性別：雄（M）・雌（F）
- (7) 採取場所の環境調査
 - 1) 地域の名称：市町村、番地、さらにわかる場合には、正確な位置ならびにその緯度経度（図面上に表示）
 - 2) 周辺の汚染および開発状況：工業地帯、都市、農村、河川、田畑、ゴミ焼却施設、廃棄物処理場、ゴミ捨て場など
- (8) 採取法：調査、有害駆除のための採集（罟、網）、へい死体、保護個体など
- (9) 解剖までの保存方法、期間：保存状況（冷蔵、冷凍、室温）とその期間
- (10) 従事者：解剖実施者の所属、氏名、連絡先等
- (11) 連絡者：連絡者の所属、氏名、連絡先等

2. 検体採取

- (1) 外部所見：外傷や外表奇形が認められた場合はその詳細を記入。体重、体長など外部形態を記入
 - 1) 体重、年齢：推定でも可、その場合は推定と記載する
 - 2) 全長：鼻の先から尾の先端（毛は含めない）までを計測した長さ。1mm単位（以下同様）
 - 3) 尾長：尾をもって垂直にまげ、仙椎と尾椎間関節付近の曲がり角のところに物差しをあて、尾の先端まで計測した長さ
 - 4) 体高：肩甲骨の上端から掌までの直線距離を計測した長さ
- (2) 解剖：剥皮、腹腔、胸腔の順で行う
特に注意が必要なもののみ、以下に示す。
 - 1) 脂肪：化学分析試料として200g程度をポリエチレン袋に入れ、冷凍。-20 以下が望ましい。
二次汚染を防ぐため、プラスチック製の器具の使用は避け、有機溶剤で洗浄したステンレスまたはチタンの器具を用いるのが望ましい
 - 2) 肝臓：脂肪と同様に化学分析試料として200g程度を採取、保管する
 - 3) 胃内容：食物残渣の有無、内容、プラスチック、金属片等の有無、重量
 - 4) 卵巣：大きさの計測後、長軸にそって二分し、卵胞、黄体、白体の数等を記載
 - 5) 子宮：胎子が確認された場合、体重、全長、性別（わかれば）を記録する。
クマの場合、卵巣に黄体があれば、胎子はなくても未着床の胚が存在する着床遅延中の可能性があるため、その場合は子宮に割は入れず、そのままホルマリン固定を行う
 - 6) 腎および副腎の摘出：尿管を確認後、腹膜を鈍性剥離し血管と尿管を切断してとりだす。副腎は腎臓とともに取り出す
 - 7) 腎周囲脂肪：個体の脂肪蓄積量の評価のため、クマの場合はブドウの房状に

分葉した腎葉に付着した脂肪状態で4段階にわけ

- : 腎臓を腹からみて脂肪が腎臓周囲にほとんど付着していない
- ± : 腎葉間の溝に付着しているもの
- + : 腎葉間の溝と腎葉の一部に付着しているもの
- ++ : 腎葉間の溝と腎葉のほとんどの付着しているもの

タヌキの場合は、腎周囲脂肪係数 (KFI) を測定するため、腎臓の両端にメスを入れ、腎の垂直方向の脂肪重量を計測する (図 1 参照)

腎周囲脂肪係数 (KFI) = 腎周囲脂肪重量 / 腎臓重量 × 100

8) リンパ節：大きさ、著変の有無を確認

9) 心臓の摘出と検査：心外膜、心冠脂肪織、冠動静脈を確認後、心室中隔に直角に心臓の前面中央部を心尖から大静脈口へ (I)、後面中央部を心尖から肺静脈にむけて切開 (II)。心に入入りする全ての血管を切断する (III)。左縦溝にそって心尖より肺動脈 (IV)、大動脈に向かって (V) それぞれ切開し、弁、腱索の著変の有無を確認 (図 2 参照)

10) 甲状腺の位置：第二～第三気管輪外腹側に位置し、筋と疎性結合組織で結合している

(3) その他採取項目

1) 血液：採血量、抗凝固処理の有無、保管条件、期間、輸送先、輸送方法等、詳細を記入

採血後、一般血液検査を行い、血漿 (血清) を遠心分離し、無菌的にマイクロチューブに分注後冷凍。-20 以下が望ましい。血液の分離が困難な場合は、全血の状態で冷蔵のまま送付

2) 歯：第四前臼歯または第二前臼歯を歯科用抜糸鉗子またはペンチで歯根部を傷つけないように根本から引き抜く。犬歯もよいが、かなり抜け難い。採取後、冷凍。-20 以下が望ましい

3) 脂肪：採取手順は上に記載。クマは皮下と腎周囲に脂肪が発達している

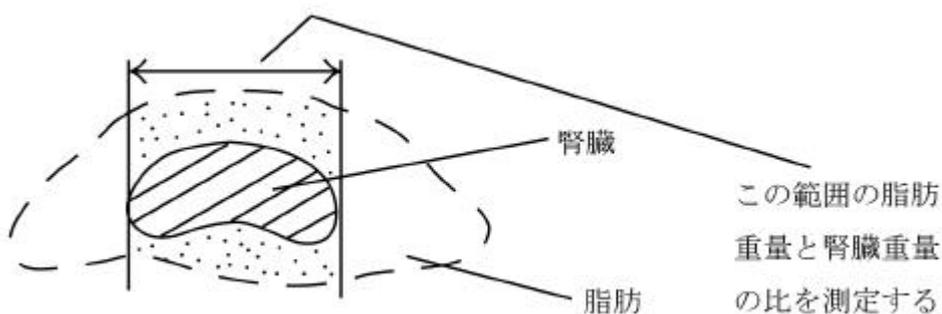


図 2-3-3 体脂肪蓄積量評価のための脂肪重量

人畜共通感染症

人畜共通感染症については、タヌキを扱ったことで重篤な症状を引き起こすような症例は報告されていないが、イヌと同様な取り扱いをするべきである。特に生体を取り扱う時は咬傷に十分注意する。また近年、イヌジステンパーや疥癬症が流行しており、注意が必要である。

参考文献

- 自然環境研究センター． 1996． 野生動物調査法ハンドブック． (財)自然環境研究センター．
- 自然環境研究センター． 1998． 野生動物のダイオキシン類汚染状況調査マニュアル． 自然環境研究センター．
- 阿部永・石井信夫・金子之史・前田喜四雄・三浦慎悟・米田政明． 1994． 日本の哺乳類． 東海大学出版会．
- 日高敏隆． 1996． 日本動物第百科1哺乳類． 平凡社．
- 日高敏隆． 1996． 日本動物第百科2哺乳類． 平凡社．
- 池田啓． 1989． 哺乳類の捕獲法 中型哺乳類2． タヌキの捕獲法． 哺乳類科学, 29 (2): 47-51．
- 今泉忠明． 1993． 動物百科 野生イヌの百科． データハウス．
- 岸本真弓． 1997． 飼育下のタヌキにおける体重、皮下脂肪厚および摂食量の季節変動． 哺乳類科学, 36 (2): 165-174．
- 源宣之・金城俊夫． 1996． 環境汚染の指標としての野生動物の病態 獣医畜産新報, 49(8): 660-664．
- 栃木県立博物館． 1986． 鳥類と哺乳類の計測マニュアル(I)． 栃木県立博物館．
- 野生動物救護ハンドブック編集委員会． 1996． 野生動物救護ハンドブック． 文永堂出版．

(5) ニホンジカ *Cervus nippon* (Sika deer)

羽山伸一

1) 種の特徴

分類と形態

分布

ベトナムから中国東部、台湾、日本、沿海州の温帯林の林縁部やその周辺の疎林、草地に生息する。地域により亜種に分類されるが、わが国ではエゾシカ(北海道)、ホンシュウジカ(本州)、キュウシュウジカ(四国、九州)、ヤクシカ(屋久島、馬毛島)、ケラマジカ(慶良間諸島)、ツシマジカ(対馬)の亜種が知られ、すべて日本固有亜種である。IUCN版レッドデータブック(2000)ではケラマジカとヤクシカがCritically Endangered(絶滅危惧 A類)に指定されている。

形態

体成長は4才前後まで続き、体格および角の個体差および地域差が大きい。角はオスのみで初夏から冬にかけて発達し、成獣では3又4尖を基本とする。

近縁種との区別

わが国には、本種以外のシカは自然分布しないが、近年、アカシカや別亜種のニホンジカ(海外もしくは国内の他地域を由来とする)を飼育する養鹿牧場が増え、脱柵などにより土着個体との混血が起こっている可能性も指摘されている。これらの近縁種や別亜種、混血個体は角の形態などで判別できるが、専門家の鑑別が必要である。

生態

生活史

本種は、数頭から数十頭の群で行動し、比較的多様な生息地に適応するが、多雪地帯は好まず、降雪による垂直移動をする個体群もある。

交尾期は9月下旬から11月にかけて、また出産期は5月下旬から7月上旬にかけてだが、地域による差がある。産子数は通常1頭で、妊娠期間は約230日。初産年齢は栄養条件が良ければ2才、不良であると3~4才以降になる場合も多い。妊娠率も栄養条件に左右され、数パーセント~100%まで大きく変動する。

メスは基本的に母系集団を形成するが、オスは1~2才で集団から離脱し、単独生活をしたり、オスの群に入ったりする。交尾期には優位なオスによってナワバリが形成され、ハーレム様の集団を形成する場合もある。

年齢・成長

5～6kgで出産される。離乳時期は明確ではないが、生後2～3カ月は哺乳に依存している。成長は、栄養条件に左右され、個体により成長停止時期は2～5才くらいまでばらつく。野生下での最長寿命は、オスで15才前後、メスで20才前後である。

食性

草食動物である。

2) 試料の採取・処理

関連する法など

ニホンジカは、鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律では狩猟獣であり、狩猟が可能であるが、期間、場所、方法に制限があり、狩猟免許と狩猟者登録が必要である。有害鳥獣駆除または学術研究の目的で捕獲する場合も鳥獣捕獲許可が必要である。

また、奈良公園のシカ、ケラマジカは国の、ツシマジカは長崎県の天然記念物に指定されており、これらの地域で作業を行う場合には、事前に所在地の教育委員会と十分に協議する必要がある。

人獣共通感染症

捕獲および解剖にともない、以下の人獣共通感染症に注意する必要がある。できる限り、動物との接触時には手袋およびマスクを着用すべきである。

結核

近年、世界的にシカ類で牛型結核の感染が確認されている。わが国においては、野生個体での感染は報告されていないが、可能性を否定できないので注意を要する。

ライム病

ダニが媒介するスピロヘータの感染症で、シカ類が終宿主であるが、ヒトへの感染が報告され、まれに重篤な神経障害や関節障害を引き起こすために、注意が必要である。

その他

1998年4月より、家畜伝染病予防法が改正され、シカが対象家畜に指定された。シカについて、監視伝染病として届け出が義務づけられたものは、以下の通りである。

ブルータング、悪性カタル熱、類鼻疽、破傷風、気腫疽、レプトスピラ症、サルモネラ症、小反芻獣疫、伝染性膿疱性皮膚炎、ナイロビ羊病。これらには、ヒトに感染する恐れのある伝染病も含まれているので、注意が必要である。

採取方法

ニホンジカの標本採取には以下の方法がある。

有害鳥獣駆除

近年、農林業被害などで有害鳥獣駆除で駆除されるニホンジカは年間数万頭にのぼるため、これらを本調査に利用することは、猟友会などの協力と死体の回収体制が整えば可能である。しかし、自治体によっては駆除許可権限が市町村長に委譲されているため、地域の実情を考慮に入れ、関係者に十分理解を求めることが必要である。

狩猟

狩猟個体も、上記などの理由で増加する傾向にあり、利用することが可能である。ただし、狩猟個体は捕獲者の所有物であるため、関係者に十分な理解を求める必要がある。

学術捕獲

汚染源の周辺など、特定の地域の標本が必要で、狩猟や駆除された個体の利用が困難な場合、学術捕獲によって採取することができる。現在は、都府県知事に捕獲許可権限が委譲されているが、麻酔銃を使用する場合には環境庁長官の許可が必要である。

救護

ニホンジカは大型動物であるため、救護されるケースは少ないが、地域によっては救護件数が多いところもある。これらの個体は、幼獣を除いて救命率が低いため、死亡した場合には本調査に利用可能である。採集に当たっては、救護にかかわる捕獲許可権限が都道府県知事に委譲されているので、許可の段階で調査への提供を求めておくことが望ましい。

年齢査定法

ニホンジカの年齢査定法には、その精度に応じて以下の2つの方法がある。

歯の萌出順序で推定する

ニホンジカでは、乳歯が永久歯にすべて交換し、永久歯列が完成されるまでに約4年かかり、しかも交換順序がおおよそ決まっているので、その歯式から0～4才までの絶

対年齢を推定することが可能である。これも、地域や性あるいは個体によって1年程度の誤差を含むことがあるが、簡便法としては十分と考えられる。以下に、永久歯の萌出による年齢査定法を述べる。

0～0.5才：すべて乳歯

0.5～1.5才：第1大臼歯および第1切歯萌出

1.5～2.5才：切歯列および第2大臼歯萌出

2.5～3.5才：小臼歯列および第3大臼歯萌出

4才以上：永久歯完全萌出

歯の年輪で推定する

ニホンジカは、他の日本産の大型哺乳類と同様に、歯のセメント質に年輪が形成される。この年輪を数えることで、ほぼ正確な絶対年齢を推定することが可能である。具体的な標本作製方法については、ニホンザルの項を参照。

材料：下顎第1切歯

観察方法：下顎第1切歯は満1才で萌出するため、顕微鏡で象牙質とセメント質の境界線から最初の1本目の年輪を生後2回目の冬（満1.5才）と数える。2本目以降、順次同様に数え、死亡した月から判断して絶対年齢を推定する。

外部計測法

ここでは最低限必要と思われる体重、体長、後足長の計測方法を示す。

体重

大型動物であるため、野外での体重測定には適当な最大目盛りのパネばかりを立木などを利用して固定し、釣り下げて計測する。最小表示は1kg以下が望ましい。

体長（頭胴長）（図2-3-4、図2-3-5）

平坦なところに横たえて、首を伸ばし、吻端から尾端（尾の実質の先端まで）の直線距離（全長）から尾長（脊柱に対して尾を垂直にあげた長さ）を引いた値を体長（頭胴長）とする。cm単位で計測する。

後足長（図2-3-6）

踵骨近位端から蹄の先端までの直線距離をmm単位で計測する。研究者によっては、接地する蹄の後縁までの直線距離を計測している場合もあるので、比較できるようツメ無し後足長として計測することが望ましい。

胎子

解剖時に胎子が確認された場合、その外部計測をすることが望ましい。この際、体

重と頭臀長（頂臀長ともいう）を計測するのが一般的である。頭臀長は、胎子を自然に横たえ、頭頂から座骨結節までの直線距離を計測する。また、性別も記録する。

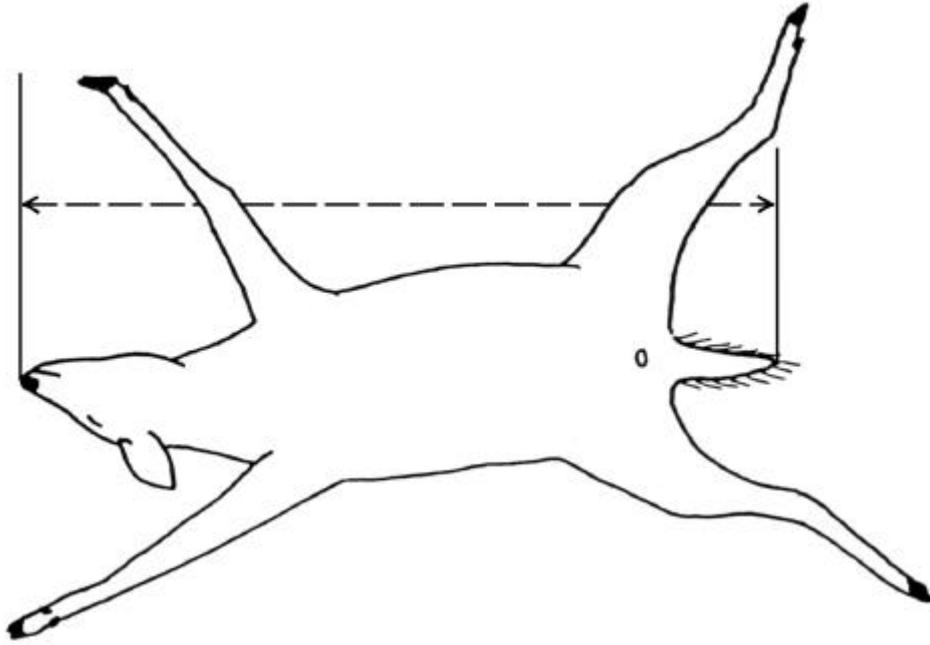


図 2-3-4 シカの全長計測法

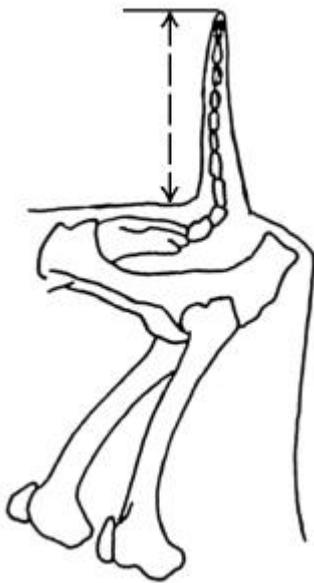


図 2-3-5 シカの尾長計測法

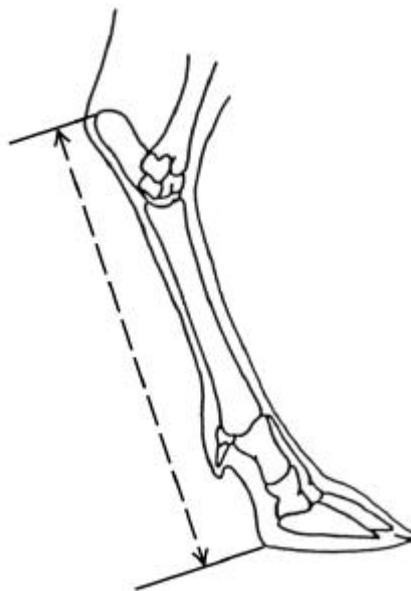


図 2-3-6 シカの後足長計測法

生殖状態評価法

生殖状態とは、任意の交尾期における個体の生殖の状態と定義する。生殖状態は、生殖器などの形態から推定する。以下に、その方法を述べる。

a) オスの場合

オスの生殖状態は、性成熟に達しているか否かの2つのカテゴリーしかない。これは、精子形成の有無で評価される。ニホンジカの精子形成は、精巢の組織学的な検査によって、交尾期以外でも判断が可能であるが、直接的に精子を観察できない場合もある。

性成熟後の個体の精巢は、陰囊の中に下降して急激に大きさを増すために、外見上から判断することも可能である。ただし、精巢の大きさは季節的に変化し、特に夏季に著しく萎縮する。

b) メスの場合

メスの生殖状態は、基本的に性成熟の有無と妊娠の有無が評価される。これらの評価は、死亡個体からの標本でなければできない場合が多く、また、捕獲された時期によっては、生殖状態を推定するのに十分な経験と組織学的な検査の設備がなければ評価は困難である。このような場合は、しかるべき研究機関などに標本を提供する必要がある。以下に生殖腺の分析方法を示す。

性成熟の評価

性成熟の評価は、排卵経験の有無によって判断される。シカ類では、排卵後の黄体の退縮物が1年間近く卵巣中に遺残する。したがって、卵巣中に黄体の遺残を見いだせば、性成熟に達していると判断する。

妊娠の評価

捕獲個体が過去の最も近い交尾期に妊娠したかどうかは、妊娠期間中では胎子の有無を、また出産後では卵巣中の妊娠黄体の退縮物を観察することで推定する。ただし、妊娠初期（4週間以内）では、受胎していても胎子の肉眼的観察が不可能な場合もある。

体脂肪蓄積量評価法

ダイオキシン類は脂肪組織に蓄積されやすく、個体の脂肪蓄積量を評価しておく必要がある。ニホンジカでは、体脂肪率を推定する関係式は見いだされていないので、ここでは一般にシカ類で応用されているライニー式腎周囲脂肪係数によって脂肪蓄積量

を相対的に評価する（図2-3-3参照）。

$$\text{ライニー式腎周囲脂肪係数} = (\text{腎周囲脂肪重量} / \text{腎臓重量}) \times 100 (\%)$$

ただし、左右の腎臓毎に係数を算出し、平均値を個体の係数とする。

参考文献

- 北原正宣. 1986. シカの生体(外部)計測 鳥類と哺乳類の計測マニュアル(I). p.65-71
栃木県立博物館.
- 日本哺乳類学会編. 1997. レッドデータ 日本の哺乳類. 文一総合出版, 東京
pp.279.
- 大泰司紀之. 1986. 遺跡出土ニホンジカの下顎骨による性別・年齢・死亡季節査定
法. 考古学と自然科学, 13 : 51-74.
- Riney, T. 1955. Evaluating condition of free-ranging red deer, with special reference to
New Zealand. J. Sci. & Tech., Sect B. 36:429-463.
- Suzuki, M., T. Koizumi and M. Kobayashi. 1992. Reproductive characteristics and
occurrence of accessory corpora lutea in sika deer in Hyogo prefecture, Japan. J.
Mamm. Soc. Japan, 17:11-18.
- Suzuki, M. and N. Ohtaishi. 1993. Reproduction of female sika deer in Ashoro district,
Hokkaido. J. Vet. Med. Sci., 55:833-836.

3 影響調査

3-1 影響調査の概要

ダイオキシン類に急性かつ大量の暴露があった場合の強い毒性については良く知られている。しかし通常の生活の中で、主に食餌を通して少しずつ体内に取り込まれ、食物連鎖によって生物濃縮され、蓄積されたダイオキシン類の影響については、まだ不明の点が多い。実験的に、あるいは過去の事故などによる暴露経験から知られている影響には、生殖機能、甲状腺機能、免疫機能、中枢神経機能などへの影響がある。体内のダイオキシン類の蓄積量とこれらの影響との関連性、作用機序はまだ十分には明らかになっておらず、これらの影響の有無、あるいはその程度を知るためには、影響の指標（バイオマーカー）が必要である。

ダイオキシン類は体内に入ると Ah 受容体（aryl hydrocarbon receptor）に結合し、薬物代謝酵素を誘導することが明らかになっている。これが生体に対する影響の最初の段階と考えられ、薬物代謝酵素活性の測定はダイオキシン類の影響の指標として広く用いられている。こうした作用には種差、個体差があると考えられ、遺伝学的手法でダイオキシン類の影響への感受性の指標も研究されている。また、ダイオキシン類の影響の作用機序は Ah 受容体を介するものばかりではないことも分かってきている。

機能への影響は生理学的指標の変化で測ることができる。たとえば内分泌腺の機能変化は分泌されるホルモンの量を指標として判断できる。免疫機能の変化は血球数やその内容の検査、免疫グロブリンの測定、リンパ球機能試験などで判断できるが、免疫機能は複雑で複数の検査を総合的に判断する必要がある。野生動物においては検査法の確立、正常値の把握などが遅れている分野である。また中枢神経機能に関しては行動変化などの指標が検討されているが、確立されていない。

生体への影響でわかりやすいものは奇形などの形態学的変化であるが、これは影響がかなり進んだ状態と考えられる。肉眼的に変化が認められなくても生殖腺や甲状腺、免疫組織などの中で変化が起きていることもあり、こうした変化は病理組織学的検査で調べることができる。

野外でこれらの指標の示すものはダイオキシン類特定の影響ではなく、その他の化学物質などの影響を合わせた複合的な影響の結果と考えられる。物質や異性体毎に特定の影響を知るためには実験が必要だが、野生生物を用いて厳密に条件を管理した実験はかなり困難と考えられる。近年は生体を用いるよりも培養細胞などを用いた実験が主流となってきており、野生生物でも応用が期待される。

3-2 薬物代謝酵素の測定

田辺信介・久保田彰・岩田久人

(1) 検査の意義

有機汚染物質の暴露によって生じる生化学反応の一つとして、薬物代謝酵素の誘導があげられる。例えばダイオキシン類や芳香族炭化水素は、生体内に取り込まれると、Ah 受容体(Aryl hydrocarbon receptor)を介してチトクローム P450(CYP)1A サブファミリーを含む複数遺伝子の転写活性化を促し、さまざまな毒性影響(催奇形性、免疫抑制、発癌、細胞内シグナル阻害、細胞成長の阻害)を惹起する(Whitlock et al. 1996、Okino and Whitlock 2000、Safe 2001)。従ってCYPの発現量をモニターすることは、有機汚染物質の暴露や毒性を検証する有望な手法と考えられている。

有害物質の環境汚染や生態毒性を検知する手法として、従来は個々の化学物質を分析機器等で測定する分析化学的手法が用いられてきた。このような分析化学的手法では、残留濃度から影響を間接的に推定できるが、その毒性の総体を理解することは難しい。CYP依存酵素活性(AROD活性; alkoxyresorufin *O*-dealkylase 活性)の測定は、個々の化学物質量をCYP誘導能の総量として簡便迅速に評価できるため、分析化学的手法を補足する手段として、近年環境調査に利用されるようになってきた。

(2) 試料と測定方法

薬物代謝酵素活性の測定には、生物を捕殺後すみやかに組織を取り出し、液体窒素で急速凍結したものをを用いる。凍結した組織は、分析時まで-80以下の超冷凍庫で保管する。凍結組織はホモジナイズ後、遠心分離によってミクロソーム画分を調製する。まずミクロソーム画分のタンパク濃度を測定し、タンパク濃度当たりのCYP活性を測定する。ここでは、CYP活性として4種のAROD活性、すなわちEROD(Ethoxyresorufin *O*-deethylase; エトキシレゾルフィン *O*-脱エチル化)活性、MROD(Methoxyresorufin *O*-demethylase; メトキシレゾルフィン *O*-脱メチル化)活性、PROD(Pentoxyresorufin *O*-depenethylase; ペントキシレゾルフィン *O*-脱ペンチル化)活性、BROD(Benzyloxyresorufin *O*-debenzylase; ベンジロキシレゾルフィン *O*-脱ベンジル化)活性の測定方法について説明する。

ミクロソームの調製

ミクロソームの調製は超遠心法(Guengerich 1982)で行う。組織の試料数グラム

を pH 7.4 に調整したホモジネーション緩衝液 (50 mM Tris HCl、0.15 M KCl) に加え、テフロンホモジナイザーにて細胞を破壊する。これを遠心管に移し、750 g・4 で 10 分間遠心分離する。得られた上清を 12000 g・4 で 10 分間遠心分離し、さらにその上清を 100000 g・4 で 90 分間遠心分離する。沈殿層から最下層のグリコーゲンを取り除いたものをマイクロソーム画分とし、pH 7.4 に調整した TEDG バッファー (50 mM Tris HCl、1 mM EDTA、1 mM DTT、20 % (v/v) glycerol) で適度に懸濁し、液体窒素で急冷後 -80 で保存する。以下の項では、すべてこのマイクロソーム画分を用いる。

タンパク濃度の測定

タンパク濃度の測定は、BCA 法 (Smith et al. 1985) で行う。測定には BCA キット (Pierce 社) およびマイクロプレートリーダー (TECAN 社; SPECTRAFluoroPlus) を使用する。48 穴マイクロプレートのウェルに蒸留水で希釈したマイクロソーム溶液を 25 μ l 加え、BCA キットの A 液・B 液の混合 (50 : 1) 溶液 500 μ l を各ウェルにすみやかに添加する。37 で 1 時間インキュベーション後、560 nm の吸光度を測定する。同プレート上でスタンダードおよびバッファーブランクの吸光度を測定し、検量線からタンパク濃度を算出する。スタンダードには Bovine serum albumin (牛血清アルブミン) を用いる。

CYP 活性 (AROD 活性)

AROD 活性の測定は Kennedy et al (1995) の方法に準拠し、マイクロプレートリーダーを使用して行う。Ethoxyresorufin (ER)、Methoxyresorufin (MR)、Pentoxoresorufin (PR) のメタノール飽和溶液を調製する。Benzyloxyresorufin (BR) は、DMSO 飽和溶液を調製する。これら飽和溶液を pH 7.8 に調整したアッセイバッファー (50 mM Tris HCl、100 mM NaCl) に溶解し、基質バッファー溶液とする。各基質バッファー (ER、MR、PR、BR) の最終濃度は、それぞれ 2 μ M、5 μ M、2 μ M、2 μ M とする。すべての基質バッファー溶液はアルミホイルで遮光する。

基質バッファー溶液 150 μ l とサンプルのマイクロソーム溶液 10 μ l をマイクロプレートの各ウェルに加えた後、すみやかに NADPH 溶液 (6.68 mM) 40 μ l を添加し、励起波長 535 nm、測定波長 595 nm にて 1 分間隔で 5 回蛍光度を測定する。スタンダードには 1 μ M レゾルフィン/メタノール溶液を用い、その検量線の傾きとサンプルの測定によって得られた近似直線の傾きから、以下の式を用いて活性値を算出する。検量線からはずれるサンプルについては、適当に基質バッファー溶液とマイクロソーム溶液の量を変え同様の方法で測定する。基質バッファーは、冷蔵庫で一週間程度保存可能である。

異物代謝酵素活性 (pmol/min/mg protein)

$$= (\text{Sample Slope}/\text{STD Slope}) \times \text{マイクロソーム希釈倍率}/(\text{タンパク濃度} \times \text{マイクロソーム Vol.})$$

(3) 測定データの解釈

ダイオキシン類や芳香族炭化水素による毒性影響評価に関する研究は、これまで実験動物や一部の野生動物を用いて行われ、肝臓の CYP1A 発現量や活性はこれら物質の投与(暴露)によって上昇することが報告されている(Safe *et al.*, 1985; Guruge and Tanabe, 1997)。すなわち、ダイオキシン類や芳香族炭化水素の高濃度暴露により、CYP1A サブファミリーが誘導されることが示唆されている。一方、ダイオキシン類など外来異物の侵入のほかに、外的要因として食事(餌)、内的要因として種差や系統差、性差、年齢差、栄養状態、病態、遺伝的要因に基づく個体差などが薬物代謝酵素活性の変動をもたらすことも知られている(加藤ら, 1995)。野生動物は実験動物のように一定の条件下で飼育されているわけではないので、これらのうちいくつかの要因が複合して薬物代謝酵素の活性に影響を与えている可能性もある。しかしながら、一般にこれらの要因による CYP1A の発現量や活性の変動は、一般環境に存在するレベルのダイオキシン類等の暴露を受けたことによる変動よりも小さい。したがって、野生動物における CYP1A は有用なバイオマーカーとして適用できる。

参考文献

- Guengerich, F. P. 1982. Microsomal enzymes involved in toxicology- analysis and separation. Principles and Methods of Toxicology (Hayes, A. W. ed.), Raven Press, New York, 609-634.
- Guruge, K. S. and Tanabe, S. 1997. Congener specific accumulation and toxic assessment of polychlorinated biphenyls in common cormorants, *Phalacrocorax carbo*, from lake Biwa, Japan. Environmental Pollution, 96, 425-433.
- 加藤隆一・鎌滝哲也. 1995. 7章 病態や栄養による薬物代謝の変動、8章 薬物代謝の個体差、遺伝的多型、年齢差、性差、人種差および種差、薬物代謝学 医療薬学・毒性学の基礎として、東京化学同人、149-176.
- Kennedy, S. W., Jones, S. P. and Bastien, L. J. 1995. Efficient analysis of cytochrome P4501A catalytic activity, porphyrins, and total proteins in chicken embryo hepatocyte cultures with a fluorescence plate reader. Analytical Biochemistry, 226, 362-370.
- Okino, S. T. and Whitlock, J. P. Jr. 2000. The aromatic hydrocarbon receptor, transcription, and endocrine aspects of dioxin action. Vitamins and hormones, 59, 241-264.
- Safe, S. 2001. Molecular biology of the Ah receptor and its role in carcinogenesis.

Toxicology Letters, 120, 1-7.

- Smith, P. K., Krohn, R. I., Hermanson, G. T., Mallia, A. K., Gartner, F. H., Provenzano, M. D., Fujimoto, E. K., Goeke, N. M., Olson, B. J. and Klenk, D. C. 1985. Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Analytical Biochemistry*, 150, 76-85.
- Safe, S., Bandiera, S., Sawyer, T., Robertson, L., Safe, L., Parkinson, A., Thomas, P. E., Ryan, D. E., Reik, L. M., Levin, W., Denomme, M. A. and Fujita, T. 1985. PCBs: Structure-function relationships and mechanism of action. *Environmental Health Perspectives*, 60, 47-56.
- Whitlock, J. P. Jr., Okino, S. T., Dong, L., Ko, H. P., Clarke-Katzenberg, R., Ma, Q. and Li, H. (1996) Induction of cytochrome P4501A1: a model for analyzing mammalian gene transcription. *FASEB Journal*, 10, 809-818.

3-3 内分泌学的検査

(1) 検査の意義

視床下部 - 下垂体 - 甲状腺系と視床下部 - 下垂体 - 生殖腺系の内分泌器官に化学物質が影響を与えることが疑われている。これらの内分泌機能は体内を循環している血液中のホルモンの量で知ることが可能で、ダイオキシン類などの影響指標の一つとしてホルモン濃度測定が利用されている。

しかし視床下部や下垂体から分泌されるホルモンは種毎に測定系を確立しなければならず、さまざまな野生動物での利用は困難である。一方、甲状腺から分泌される甲状腺ホルモンや生殖腺から分泌される性ホルモンは、種差に関わらず同一方法で測定が可能で、野生動物においても比較的容易に利用可能である。ここでは主に哺乳類と鳥類の甲状腺ホルモンと性ホルモンについて測定結果の解釈と注意点などについて解説する。

また、鳥類以下の卵生脊椎動物でエストロゲン作用の有無の指標と考えられているピテロジェニンについても、ホルモンではないが、ここで触れることとした。

(2) 試料と測定方法

1) 試料

ホルモンの測定には血液（血清または血漿）を用いる。採血後、なるべく早く血清または血漿に遠心分離し、冷凍保存すれば長期保存が可能である。ピテロジェニンは血液の他、産成部位の肝臓中の濃度を測ることもある。

心臓停止後の採血は困難であるが、解剖時に採取した血液（重度に溶血していることが多い）でもホルモン測定は可能な場合が多い。種や個体の状態などにもよるが、全血で1mlあれば1～2項目の測定は可能で、10ml以上採取できればここで扱うホルモンをすべて測定することが可能である。

血液を試料とする場合は、同一個体（生体）から経時的に繰り返し採取することが可能で、死体を利用する薬物代謝酵素測定や病理検査では得られない変化を観察できる可能性がある。しかし血液中のダイオキシン類の測定には、現時点では50ml程度の血液が必要で、大型動物でなければ血液のみでダイオキシン類濃度とホルモン濃度などを同時に測定することはできない。

またホルモンの測定値は、測定に用いる抗体の特性などにより、同一試料でも複数

回測るとかなり差があることがある。このため、二重または三重測定を行い、数値を比較する試料は同一時にまとめて測定する、精度管理のためにコントロールを同時に測定する、などの注意が必要である。

なお、尿や糞を試料として排出されたホルモンの代謝物を測定する方法も考えられるが、代謝物は種によって異なるため、これらを試料とする場合は代謝物の種類と測定法を確認する必要がある。

2) 測定方法

甲状腺ホルモンおよび性ホルモン

測定は抗原抗体反応を利用するイムノアッセイ法で行う。測定キットは各種市販されており、近年は自動化装置での測定も多い。甲状腺ホルモンや性ホルモンは脊椎動物では同一物質であり、動物の血清でも医療検査機関に依頼して測定することが可能であるが、動物ではヒトよりも濃度が低く測定できない項目もある。

ラジオイムノアッセイ (RIA) は感度が高く、長く利用されている測定法であるが、抗体の標識に放射性同位元素を用いるため、その使用ができる設備が必要である。近年は、放射性同位元素ではなく酵素や発光物質を標識に用いる、エンザイムイムノアッセイ (EIA) や化学発光イムノアッセイ法 (CLIA)、酵素増強化学発光イムノアッセイ (CLEIA) なども利用されている。

なお性ホルモンの測定では、従来は類似構造のステロイドによる交差反応を防ぐために有機溶媒による抽出などの前処理が必要であったが、近年は抗体の特異性の向上により直接測定する方法も多くなっている。

ビテロジェニン

測定法には免疫拡散法、ラジオイムノアッセイ (RIA)、酵素免疫法 (ELISA) などがあり、極めて敏感な測定である。上記ホルモンと同様、ラジオイムノアッセイに代わり化学発光イムノアッセイなども開発されてきている。

種毎に種特異的抗体を作る必要があり、現在までにコイ、メダカ、ウグイ、マハゼ、マミチョグ、マダイなどの抗体が市販されている。また、測定キットとして市販されているのは ELISA 法によるコイ用キットである。

なお、アフリカツメガエルなど魚類以外のビテロジェニン測定系も開発中で、ウズラの測定キットも環境省の「平成 13 年度鳥類を用いた内分泌攪乱化学物質のスクリーニング手法の確立および新規試験法の研究開発」業務で完成した。

(3) 測定データの解釈

1) 甲状腺ホルモン

種類

甲状腺で生成されるホルモンにはサイロキシン (thyroxine または tetraiodothyronine; T4) トリヨードサイロニン (triiodothyronine; T3) の2種類がある。哺乳類ではカルシトニン (カルシウム濃度を下げる作用がある) も甲状腺で生成されるが、他の脊椎動物では外側甲状腺 (ultimobranchial bodies) で作られている。通常、T3 と T4 を甲状腺ホルモンと呼ぶ。

役割

甲状腺ホルモンの主な役割は代謝機能維持で、細胞の酸素消費刺激による熱生産、発生、成長・成熟、両生類の変態、爬虫類の脱皮、鳥類の換羽、光周性、乳汁分泌亢進、魚類の淡水・海水間の移動の衝動などに関与している。なお、両生類の変態、成長に甲状腺ホルモンが重要な役割を果たすことを利用して、化学物質が甲状腺ホルモンに影響を与えるかどうかのスクリーニングにカエル類を用いた試験法が開発されている。

代謝

甲状腺はすべての脊椎動物に存在し、コロイドを含む胞から形成されている。甲状腺ホルモンは胞でアミノ酸のチロシンにヨードが結合して合成される。血液中に分泌されると、その大半は血漿中のアルブミンなどのタンパク質と結合して血中を運ばれる。結合しなかった部分は遊離 T4 (FT4) や遊離 T3 (FT3) と呼ばれ、ホルモン作用を示すのはこの部分である。T4、T3 は肝臓や腎臓、その他多くの器官で分解され、また T4 の一部は酵素によりヨードが取れて T3 となる。分解された T4、T3 は抱合体となって肝臓から胆汁経由で、あるいは血液から直接腸内へ移行し、排泄される。

T3、T4 の血中濃度は脳下垂体前葉から分泌される TSH (thyroid-stimulating hormone, thyrotropin) で調節される。さらに TSH は視床下部から分泌される TRH (thyrotropin-releasing hormone) で調節される。甲状腺ホルモンの血中濃度が上がると TSH、TRH は抑制されて濃度調節が行われる。こうした調節によりホルモン濃度は通常、一定範囲に保たれている。

甲状腺ホルモンは細胞に入り、核内受容体 (TR: thyroid receptors) と結合する。

この結合物が遺伝子に作用することによってホルモン作用が発現する。ヒトでは TR₁、TR₂ の2種類の遺伝子があり、受容体蛋白はそれぞれ2種類以上あると考えられている。受容体との結合は T3の方が T4よりも活発であるが、T3は TR₂とは結合しない。

通常、哺乳類では T3は T4より速く、強く効果を現すが、鳥類では T3と T4の強さは同等かむしろ T4の方が強い。また T4に対する FT4の割合は鳥類は哺乳類よりも多く、T3、T4の半減期は鳥類の方が哺乳類よりも短く、値の変動も大きい。

正常値

正常値は表 3-3-1 のように動物種によって異なる。T4の鳥類の正常値はヒトよりも低く、哺乳類でも正常値がヒトより低い種が多い。このためヒトの濃度に合わせて分析を行っている医療検査機関等で測定すると測定下限以下となることがある。

表 3-3-1 甲状腺ホルモン血漿中濃度の正常値

	単位	ヒト	イヌ	ラット	ニワトリ	オウム類	ニジマス
T4	µg/dl	8	0.94-3.9	平均 5.53	1.6	0.1-1.4	4.5
FT4	ng/dl	2	3.4	平均 2.2	5.5		44.3
T3	ng/dl	150	45-150	平均 89	150-250	75-145	
FT3	pg/ml	3		平均 2.1			

(Ganong 1999、Jacobs et al. 1992、Loeb et al. 1989、Lothrop et al. 1986、田名部 1977 などより作成)

濃度に影響を与える因子

ヨードは甲状腺ホルモンの原料の一つであり、ヨード欠乏は甲状腺ホルモン濃度を下げる。通常は餌から摂取されられて不足することはないが、山間部などで土壤中のヨードが欠乏し植物や水などのヨードが欠乏している地域では、地域的に多くの生物種で欠乏がみられることがある。

気温が低いと TSH が増加して甲状腺ホルモンも増加する。ヒトやイヌでは季節変動が報告されているが、地域差があり、日照時間の変化による影響などもあるようである。ヒトやラットでは日内変動も知られているが変動幅は小さい。鳥類では換羽中でも甲状腺ホルモンの血中濃度に変化はないと言われている。雌雄差はないとされるが、哺乳類では妊娠中は蛋白との結合の変化のため T4が増加する。また年令については、T4は哺乳類で乳児期に成獣の正常値の2~5倍に増加し、徐々に成獣の正常値に戻っていくことが知られている。鳥類でも早成性の種では孵化の時期に、晩成性の種では孵化後4ヶ月令頃(カモの例)に T4値がピークとなり、その後、成鳥の正常値に戻る。

血中の甲状腺ホルモン濃度は、血液中の結合蛋白の濃度、T4 を T3 に変える酵素の濃度などにより一時的に変化する。性ホルモンのエストロゲンや鎮静剤の投与では結合蛋白濃度が上がるため T4 や T3 濃度が上がり、逆にアンドロゲンやグルココルチコイドなどの投与で下がることもある。またヒトでは、T4 を変換する酵素を抑制し T3 濃度が下がる要因としてセレンウム欠乏、火傷、外傷、進行した癌、肝硬変、腎不全、心筋梗塞、発熱などが知られている。

ダイオキシン類による影響

ダイオキシン類による甲状腺ホルモンへの影響は Brouwer (1998) や Rolland (2000) によりまとめられている。実験動物(ラット、マウス、マーマセットなど)で TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) やコプラナーPCB の投与で T4 濃度や T3 濃度が減少することが報告されており、PCB 類の子宮内投与でも生まれた仔の T4 が減少する。ダイオキシン類以外の芳香族炭水化物(ヘキサクロロベンゼン、クロロフェノールなど)にも T4 を減少させる作用があることが知られている。

ラットでは PCB や TCDD は Ah 受容体を介して T4 を抱合化する酵素を誘導し、T4 の排泄を促進して血中濃度低下を起こす。しかし PCB では異性体や量により作用が異なり、PCB-153 単独では T4 濃度を増加させるとされる。また、PCB の水酸化代謝物は T4 やレチノール(ビタミンA)と結合する血中蛋白質の一つ(transthyretin)に競合的に結合するため、T4 やレチノールの血中濃度を低下させる。なおレチノール濃度も PCB などへの暴露の指標として利用されるが、野生動物の場合は食餌からの摂取量を管理できない点に留意する必要がある。

野生動物においては、ゼニガタアザラシで PCB などの有機塩素系物質濃度の高い魚の投与実験で甲状腺ホルモン濃度の減少が確認されており、野生のハイイロアザラシの幼獣で、T4 濃度と FT4 濃度の比率と血清中の PCB 濃度との間に負の相関が見られている。鳥類ではカワウやケワタガモでダイオキシン類やコプラナーPCB の蓄積濃度と甲状腺ホルモン濃度との間に負の相関が認められている他、アジサシではコプラナーPCB の濃度が高い地域で FT4 濃度が低い傾向が見られている。この他に PCB による甲状腺ホルモンの低下はオオカモメ、ハト、ウズラなどでも報告されている。しかしニワトリ、ハト、オオアオサギの卵への TCDD 投与で孵化したヒナの甲状腺ホルモン濃度には変化がなかったという報告もある。魚類ではサケ類で PCB の投与によって甲状腺ホルモン濃度の低下が報告されている。

2) 性ホルモン

種類

生殖腺から分泌されるステロイドホルモンには、大きく分けて雄性ホルモン(アン

ドロジェン)と卵胞ホルモン(エストロジェン)、黄体ホルモン(ジェスタージェンまたはプロジェスチン)の3種類がある。

雄性ホルモンは主に精巣の間質細胞(ライディッヒ細胞)から分泌されるが、メスでも卵巣または副腎から分泌されている。代表的な雄性ホルモンはテストステロンであるが、魚類では11-ケトテストステロンが中心的役割を果たしている。

卵胞ホルモンは主に卵巣中の卵胞から分泌されるが、オスでも少量が精巣や副腎から分泌されている。代表的な卵胞ホルモンは17 エストラジオール、エストロン、エストリオールなどである。

黄体ホルモンは哺乳類では卵巣中の黄体から主に分泌されるが、卵胞や胎盤からも少量が分泌される。黄体は卵胞が成熟し、排卵した後に形成される組織であるが、妊娠に関与した機能を持ち、鳥類以下の脊椎動物では黄体は形成されない。しかし黄体ホルモンは鳥類などでも卵巣で分泌されている。オスでも精巣や副腎から少量が分泌されている。代表的な黄体ホルモンはプロジェステロンである。

役割

雄性ホルモンはオスとしての発生や二次性徴、性行動を起こし、精子形成を維持する他、蛋白同化や成長促進作用がある。

卵胞ホルモンは発情ホルモンとも呼ばれ、哺乳類では発情行動を誘起したり乳腺の発育を促進したりする。卵の発達を促し、メスの二次性徴を発現する。ヒトでは骨端閉鎖促進作用も知られている。鳥類以下の卵生脊椎動物では、卵胞ホルモンが肝臓に作用してビテロジェニン(卵黄前駆蛋白)を産生させ、それが血流にのって卵巣へ行き、蓄積されて卵黄となる。鳥類では、卵胞ホルモンには卵管肥大、卵白分泌、血中カルシウム濃度増加などの作用もある。

哺乳類では排卵の時には卵胞ホルモンが高濃度となり、黄体ホルモンは低濃度である。しかし鳥類では排卵に関係するのは卵胞ホルモンではなく黄体ホルモンで、排卵の時には黄体ホルモンが高濃度となる。

黄体ホルモンは哺乳類では受精卵着床、妊娠維持作用を持つ。熱生産作用もある。鳥類では卵胞ホルモンと共に働いて、卵管からの卵白分泌促進作用などがある。

代謝

ステロイドホルモンはコレステロールから生成され、その過程はどの動物でも同様である。しかし肝臓で代謝された後、尿、糞へ排出される代謝産物は動物種によって異なっている。

いずれのホルモンも血漿中では大部分(ヒトで98%)はグロブリン、アルブミンなどの蛋白と結合している。性ホルモンの血中濃度は、甲状腺ホルモンと同様に、視床下部や下垂体前葉から分泌されるホルモンによって調整されていて、性周期や季節変

化を示しながら一定範囲に保たれている。下垂体前葉から分泌されるホルモンには卵胞刺激ホルモン（FSH）と黄体形成ホルモン（LH）があり、性ホルモンを調節する他、卵の成熟や排卵を誘発する作用もある。

性ホルモンは細胞内の受容体と結合して遺伝子に働きかけ、ホルモン作用を発現する。エストロゲンには2つの受容体（ER_α、ER_β）があり、それぞれ別の機能を持っていることが分かっている。

正常値

性ホルモン濃度は性成熟するまでは低く、性成熟後は性周期、季節によって変動する。哺乳類の成獣では雄性ホルモン濃度はオスがメスよりも高いが、鳥類ではメスでも産成が多く、成熟度や生殖状況によってメスの方がオスよりもテストステロン濃度が高いことも多い。

表 3-3-2 性ホルモン血漿中濃度の正常値

	単位	成人男子	成人女子 (非妊婦)	イヌ	ニワトリ	ウズラ	オウム類
テストステロン	pg/ml	3,000-10,000	300-700	780-15,600 (♂)	840-7,830 (♂) 500-1,000 (産卵メス)	100-1,200 (♂) 300-1,300 (産卵メス)	10-900
エストロゲン	pg/ml	20-50	10-250	2-150 (メス)	100-300 (産卵メス)	86-166 (産卵メス)	
プロラクチン	ng/ml	0.3	0.9-18	-0.7 (メス)	1-5 (産卵メス)		2-4

(Ganong 1999、Jacobs et al. 1992、Loeb et al. 1989、Millam 1997、稲野他 1977 などより作成)

濃度に影響を与える因子

ヒトや実験動物のラットやマウスのメスの性周期は、卵胞期 排卵 黄体期の繰り返しである。卵胞期に卵胞ホルモンが増加し、LH の大量分泌が起きると排卵が起きる。黄体期には黄体ホルモンが増加するが、妊娠しなければ減少し、卵胞の発育が始まる。

野生動物では繁殖季節があるものではホルモン濃度に季節変化が見られる。また基本的に繁殖（妊娠、孵卵、育児育雛）するため周期は長くなる。繁殖季節がなくても

育児育雛期間中は性ホルモン濃度は低くなり、オスも育児育雛に携わる間は雄性ホルモンの濃度が低く抑えられる種がある。

このように性ホルモンは正常個体でも変動が大きく、個体差もあり、個別の測定値の絶対値だけで機能が障害されているかどうかを判断することは困難な場合が多い。

ダイオキシン類による影響

実験動物では TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) はエストラジオールやプロジェステロンの合成を抑制し、血中濃度を下げることが知られている。一方 PCB については、異性体と作用時間などにより性ホルモン分泌への影響が異なり、全く逆の結果が出ることもあることが *in vitro* の実験や発生期への暴露実験などで明らかにされている。

野生動物については、ダイオキシン類などに汚染された川のオスガメで対照地のものよりもエストラジオールが高くテストステロンが低かったという報告(Shelby et al. 2001) などがあるが、ダイオキシン類の影響を明確に示す報告は少なく、ニワトリ、ハト、オオアオサギの卵内に TCDD を投与してヒナの性ホルモン濃度への影響を見た例ではエストラジオール、テストステロン濃度には変化がなかったと報告されている (Janz et al. 1996)。

3) ビテロジェニン

種類

ビテロジェニンは卵生脊椎動物 (鳥類、爬虫類、両生類、魚類) で見られる卵黄前駆蛋白質で種差がある。通常は成熟メスのみに認められるが、卵胞ホルモンの作用でオスや未成熟メスでも分泌が起きるため、エストロジェン作用の指標と考えられている。無脊椎動物でもビテロジェニンの合成が認められるものがあり、線虫などで実験への応用が研究されている。

役割

ビテロジェニンは卵巣で卵母細胞の中に蓄積され、卵黄の元になる。自然に存在する血清蛋白質であり、オスで異常に増加しても、ビテロジェニンの存在だけによる障害はないと考えられている。

代謝

下垂体から分泌された GTH の刺激で卵巣の顆粒細胞でエストラジオールが産成され、これが肝臓に作用してビテロジェニン合成を誘起する。ビテロジェニンは血液中被運ばれて卵巣へ行き、受容体と結合して卵母細胞内に取り込まれる。その後、酵素の働きで分解して数種類の卵黄蛋白となる。卵黄蛋白は蓄積して、卵母細胞は大きくなり、卵黄となる。鳥類では FSH の作用によりビテロジェニンの取り込みが促進される。

正常値

原則的にメスでのみ合成される物質と考えられているが、オスでも血中や肝臓中に全く存在しないわけではない。正常値は種や測定系の感度によって異なるが、コイのオスでは 1 µg/ml 以上を異常値の目安と考える場合が多い。メスの正常値には幅があるが 1 ~ 5mg/ml 程度と考えられている。

濃度に影響を与える因子

卵胞ホルモンの他に影響を与える因子は知られていない。メスでは産卵期に高くなる。オスで血中または肝臓中にビテロジェニンが一定量以上検出された場合は、環境水や餌から外因性のエストロゲン作用物質に曝されたこと、または、オスの体内でメス化の異常変化が起こり、卵胞ホルモンを産成・分泌していることを意味する。

ダイオキシン類による影響

TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) は抗エストロゲン作用があり、ビテロジェニン合成を抑制する。一方、PCB はかつて使われていた製品類はエストロゲン作用がありビテロジェニン濃度の上昇をもたらす。しかし異性体によりエストロゲン作用のあるものと抗エストロゲン作用のあるものがあり、異性体によりビテロジェニン合成が起きたり抑制されたりする。

参考文献

- Brouwer, A., Morse, D. C., Lans, M. C. Schuur, A. G., Murk, A. J., Klasson-Wehler, E., Bergman, A. and Visser, T. J. 1998. Interactions of persistent environmental organohalogenes and the thyroid hormone system: Mechanisms and possible consequences for animal and human health. *Toxicol. Ind. Health*, 14: 59-84
- Ganong W. F. 1999. *Review of Medical Physiology* 19th ed. Appleton & Lange

- 稲野宏志・中村孝雄・鈴木桂子・玉置文一. 1977 4 ステロイドホルモンの生成、ホルモンの生産と分泌、日本比較内分泌学会編、学会出版センター p.95-137
- Jacobs, R. M., Lumsden, J. H. and Vernau, W. 1992. Canine and feline reference values. In Current veterinary therapy ed. by Kirk R.W. p1250-1277 W.B. Saunders Company
- Janz, D. M. and Bellward, G. D. 1996. In Ovo 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p -dioxin Exposure in Three Avian Species: 2. Effects on Estrogen Receptor and Plasma Sex Steroid Hormones during the Perinatal Period. Toxicology and Applied Pharmacology, 139: 292-300
- 金井泉・金井正光. 1998. 臨床検査法提要 金原出版
- 小林牧人・朴民根. 1998. 1 脊椎動物の生殖内分泌現象、生殖とホルモン、日本比較内分泌学会編、学会出版センター, p.1-18
- Loeb, W. F. and Quimby, F. W. 1989. The Clinical Chemistry of Laboratory Animals. Pergamon Press, Inc.
- Lothrop Jr., C.D. and Harrison, G. J. 1986. Miscellaneous Diagnostic Tests. In Clinical Avian Medicine and Surgery ed. by Harrison and Harrison p293-297 W. B. Saunders Company
- May, J. D. 1989. The Role of the Thyroid in Avian Species. Critical Reviews In Poultry Biology 2(2): 171-186
- Millam, J. R. 1997. Reproductive Physiology. In Avian Medicine and Surgery ed. by Altman et al. p12-26 W.B. Saunders Company
- Rolland, R. M. 2000. A review of chemically-induced alterations in thyroid and vitamin A status from field studies of wildlife and fish. J. Wildl. Dis., 36(4): 615-635
- Shelby, J. A. and Mendonca, M. T. 2001. Comparison of reproductive parameters in male yellow-blotched map turtles (*Graptemys flavimaculata*) from a historically contaminated and a reference site. Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol., 129(3): 233-242
- 田名部雄一. 1977. 6 甲状腺ホルモンの輸送蛋白質、ホルモンの生産と分泌、日本比較内分泌学会編、学会出版センター, p.163-185
- 田中克英・本間運隆. 1992. 3 家禽の生殖、ホルモンと生殖(III)、日本比較内分泌学会編、学会出版センター, p.67-89

3-4 病理形態学的検査

羽山伸一

(1) 検査の意義

化学物質による毒性影響では、多くの場合、形態学的変化を伴うことが知られている。そのため、実験動物を用いた毒性検査では、病理形態学的な検査を実施するのが一般的である。

したがって、野生動物を対象とした化学物質の影響評価のためには、病理形態学的な調査研究が欠かせないと考えられる。しかし、こうした調査研究の実施例は、後述するようにきわめて少なく、また対象となる野生動物種によっては健全な個体の形態学的知見すら乏しいのが現状である。

ここでは、こうした現状をふまえ、調査対象種について病理形態学的なデータを得るための基本的技術を紹介し、野生動物に対する化学物質の影響評価手法の確立を促したい。

(2) 試料と検査方法

本項では、病理学的検査の手順について、肉眼解剖学的検査および組織学的検査に分けて解説する。野生動物の病理学的検査は、検体が重大な感染症に罹患している恐れもあることから、しかるべき施設内で獣医師などによって実施されることが望ましい。

1) 肉眼解剖学的検査

哺乳類の解剖手技は、国内でも多数出版されている家畜等に関する成書が参考になる。しかし、野生鳥類では、分類群によって臓器などの形態に大きな違いがあるために、解剖学手技については一般化して整理することが難しく、さらに成書が少ない。したがって、本稿ではおもに野生鳥類を対象に、病理学的な検査に関わる主要な注意点を絞って解説する。

なお、詳細に関しては、「野生動物救護ハンドブック」(1996、文永堂出版)ならびに「野生動物の研究と管理技術」(2002、文永堂出版)を参照されたい。また、クジラ類の病理解剖および材料の採取については「内分泌攪乱化学物質による野生生物影響実態調査マニュアル」(1999、自然環境研究センター)に詳述されている。

外貌検査

検査対象の個体は、必ず体重や各部位の計測、年齢などの確認の後に、肉眼解剖学的検査に供する。冷凍保存後の個体では、この後の組織学的検査に大きな支障が生じるため、可能な限り捕獲後は冷凍せず、すみやかに肉眼解剖学的検査を実施して、組織学的検査試料を採取するように努める。死亡後、速やかに解剖ができない場合や輸送が必要な場合には、冷蔵保存が望ましい。

一般状態、外傷、奇形、天然孔からの出血や吐出物、付着物、などを記録する。ハトなどでは直腸便より *Cryptococcus neoformans* が検出されないかどうかを確認する（墨汁標本などにより）。本真菌は人畜共通感染症として重要であるため、検出された際には剖検者の安全の確保を最優先にすべきである。

胸腹腔の観察

アスペルギルス感染症の確認を最優先するために、剥皮よりも胸腹腔の観察を先に行う方が望ましい。

動物を仰臥位にし、胸骨竜骨突起を触診で確認する。この突起に沿って横 2 mm くらいにメスを入れ、皮膚および胸筋を切開する。羽毛がじゃまをして切開しにくいことがあるが、羽毛を水でぬらすと皮膚の露出が容易である。環境ホルモン用の標本採取に当たっては、この際にアルコール綿などの有機溶媒は決して使用しない。

メスを竜骨突起に沿って胸骨に至るまで深く入れることで、胸筋は容易に剥離することが可能である。胸筋を先に摘出すると、腋下動脈などを傷つけることがあるので、胸骨から剥離するだけにとどめておいた方が無難である。竜骨突起が露出したら、これを持ち上げながら腹直筋を正中切開することで腹部気囊の観察が可能となる。

次に、胸骨をはずす。骨格標本が不要な場合は、骨鋏で鎖骨、烏口骨、肋骨を切断するが、気囊や心囊を傷つけないように注意する。もし、希少鳥類などで骨格標本が必要な場合は、肋骨脊椎部と胸骨部および胸骨・烏口骨関節にメスを入れ胸骨をはずす。

胸骨をはずす際に、気管胸骨筋を引きちぎらないようにすると、甲状腺の発見が容易である。

万一、気囊にアスペルギルス感染症が疑われる病変を発見した場合は、直ちに剖検を中止し、剖検者の安全を優先する。この際、孢子（分生子）の拡散防止に努める。

胸骨をはずした状態で、胸腹腔の諸臓器の肉眼的観察を行う。

甲状腺の摘出

鳥類の甲状腺は、左右 1 対で米粒大から小豆大の黄色から赤褐色の臓器である。摘出には、頸部の皮膚を正中切開し、気管を鈍性剥離で露出させ、気管胸骨筋を見いだ

す。この筋肉の筋腹を切断すると、直下の頸動脈に沿って甲状腺が見える(写真 3-4-1)。栄養状態の良い個体ではこの部分に脂肪が多く蓄積するため、発見しにくいことがある。

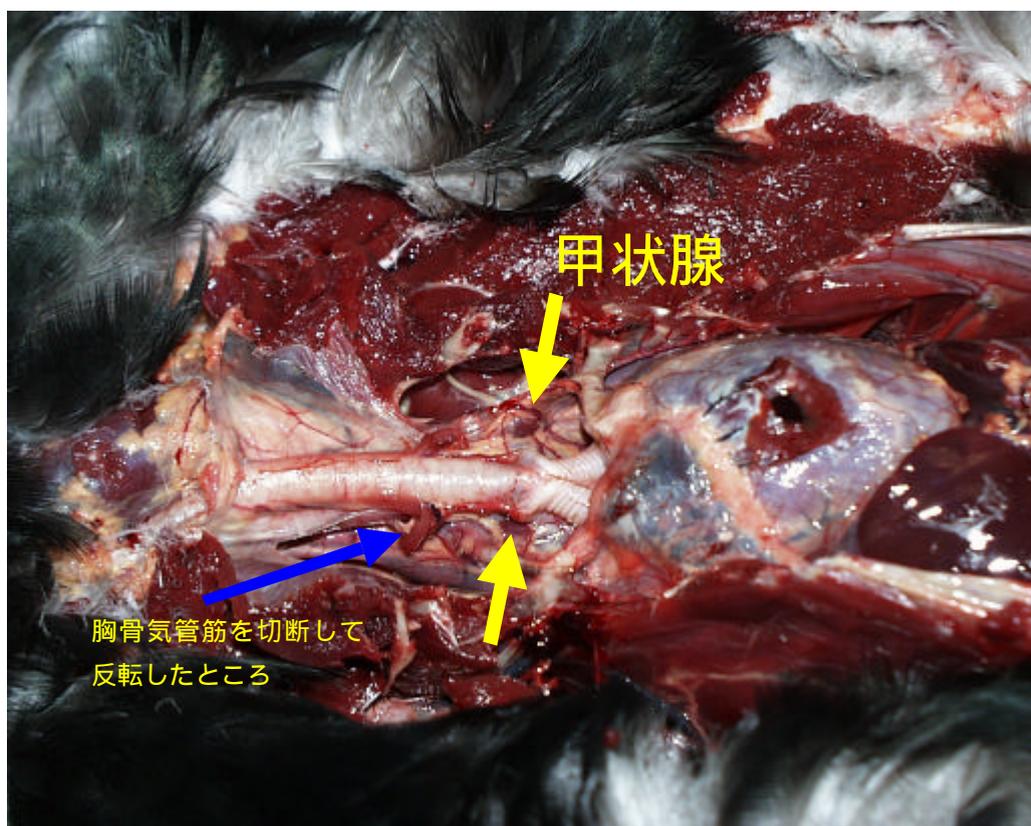


写真 3-4-1 鳥類の甲状腺

生殖腺の摘出

鳥類の生殖腺は、季節や年齢によって極端に大きさや色などが変化するために、注意が必要である。また、非繁殖期には腎臓に張り付いているため、摘出時に腎臓を傷つけないように注意する。

精巣は、非繁殖季節には萎縮しているため、他の臓器の摘出前に観察しておいた方が無難である。通常、左側が大きい。

卵巣は、通常、左側のみで発達するが、環境ホルモンなどの影響で両側に発達することもあると言われるので、十分観察する。繁殖季節には卵管がよく発達するが、それ以外の季節ではほとんど識別できないことが多い。卵管も両側で発達する場合は報告されているので、十分観察する。卵管を摘出した場合、可能な限り厚手の濾紙など

に貼付けてホルマリン固定をする。

化学分析標本の採取

環境ホルモンを分析するための標本は、目的に応じた容器で - 20 度以下で冷凍保存する。保存臓器は以下の通りであるが、同一個体でも臓器別に容器を分ける。

a . 肝臓

肝臓は観察が終わり次第、病理組織用の標本を採取し、残りはすべて冷凍する。

b . 脂肪組織

鳥類では脂肪組織の多くが胸腹腔の下腹部に塊状に蓄積する。これらは消化管や腸管膜を包んでいるので、注意深くはぎ取り、なるべく多く冷凍する。

c . 筋肉

左右の胸筋を摘出し、すべて冷凍保存する。筋間や皮下に脂肪組織が見られれば、できる限りそれらを含めて保存する。

主要臓器の標本採取

肉眼的な観察の後、組織学的検査用の標本を採取する。肉眼的に異常と判断された臓器および部分は必ずホルマリン液で固定する。それ以外の臓器として、少なくとも、心臓、肺、肝臓、消化管（胃、小腸、大腸）、膵臓、脾臓、腎臓、副腎は、標本を採取する。消化管以外は、可能な限り臓器全体を固定しておく、固定液が臓器に浸透しやすいように割を入れておく。

標本採取にあたって西ナイルウイルスへの注意点

西ナイルウイルス（フラビウイルス属）は蚊が媒介することによって主に鳥類に感染し、ときにヒトを含む哺乳類でも感染することが知られている。アフリカ、欧州南部、中東、西アジアに広く分布していたが、北米大陸では 1999 年に米国ニューヨーク市で初めて流行が確認され、7 人が死亡した。その後、流行地域が拡大し、わずか 3 年で西海岸地域にまで達した。

こうした状況から、日本にも西ナイルウイルスが侵入する恐れがあるため、厚生労働省、外務省、農林水産省、国土交通省、環境省の五省庁は、対策強化のための関係省庁連絡会議を設置した（2002 年 10 月 4 日）。同会議では、国内のカラスに同ウイルスが感染していないかどうかを調査することとなった。

これは西ナイルウイルスが鳥の体内で増殖し、米国ではヒトでの流行の先行指標として野生鳥類とくにカラス類の死亡個体の調査が行われていることによる。カラス類は同ウイルスに感受性が極めて高いと考えられ、これまでに数千羽の死亡個体が確認されている。実験的にはカラス間での感染も起こりうることが示唆されているが、これまでに鳥類からヒトへの直接感染の証拠はない。また、実際に同ウイルスの拡大がどのように起こっているのかは未だ明らかではなく、米国での調査によると、これまで 138 種の鳥類が同ウイルスで死亡が確認されている。

ダイオキシン類調査を目的として野生動物の標本採取を行う場合には、西ナイルウイルスに限らず実施者への感染症の防御には十分な注意が必要であり、適切な施設で獣医師が解剖を行うべきである。

米国 CDC（Centers for Disease Control and Prevention）では、野鳥を取り扱う際には、必ず手術用手袋などで防御し、決して素手で取り扱わないように求めている（Epidemic/ Epizootic West Nile Virus in the United States: Revised Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control. CDC, 2001）。

2) 組織学的検査

固定された臓器の標本は、定法にしたがって組織検査用の標本を作製し組織学的な観察を行う。

(3) 測定データの解釈

野生動物におけるダイオキシン類の影響に関して、病理組織学的な研究が少ないために、観察すべきポイントが明確ではない。ここでは、これまでダイオキシン類による影響と考えられる病理学的な変化について、報告されたものを列記しておく。

1) ダイオキシン類による影響

実験動物への投与実験で報告された病理学的変化

Kociba ら (1978、1979) は、SD ラットに 2,3,7,8-TCDD を投与して、肝細胞の変性壊死あるいは炎症性変化を確認した。その後、さまざまな実験動物を用いたダイオキシン類の投与実験では、用いられたすべての実験動物種で、肝細胞の過形成および肥大が報告されている。

Toth ら (1979) は、スイス系マウスに 2,3,7,8-TCDD を投与して、アミロイドーシスおよび皮膚炎を確認した。胸腺の萎縮、心筋障害などの報告例もあるが、動物種による反応の違いがあるようだ。また、Sewall ら (1995) は、ラットに 2,3,7,8-TCDD を投与して、甲状腺の過形成が誘発されることを報告した。

ダイオキシン類の発がん性試験は、多くの研究例がある。マウスおよびラットを用いた発がん性試験では、肝、肺、口唇、舌、鼻甲介、甲状腺での発がんが報告されている。

なお、詳細なデータは、「ダイオキシンのリスク評価」(1997、環境庁ダイオキシンリスク評価研究会)ならびに、「内分泌攪乱作用が疑われる化学物質の生態影響データ集」(1999、東京都衛生研究所毒性部)を参照されたい。

野生動物で報告された事例

野生動物におけるダイオキシン類の病理組織学的な研究はほとんど見当たらない。PCB 類に関しては、研究例は少ないが、野生動物を対象に飼育下での投与実験が行われている。Hoffman ら (1996) は、チョウゲンボウへの投与試験で、脾臓のリンパ球減少と甲状腺における濾胞の縮小およびコロイド減少を報告した。また、Fowles ら (1997) は、マガモに PCB を投与して、甲状腺重量の有意な増加と、高濃度投与における甲状腺濾胞の空胞化およびわずかな拡張を報告している。

Martineau ら (1988) は、1983 年から 1986 年にかけてカナダのセントローレンス側周辺で座礁したシロイルカ 13 頭を病理学的に検査して、皮膚潰瘍、肺脂肪種、脾臓繊維種、乳腺の過形成などを報告している。また、その後の研究では甲状腺腫も見つかっている。これらの個体はいずれも、PCB や DDT などを高濃度に蓄積しており、因果関係が指摘されている。

ダイオキシン類や PCB 類が甲状腺ホルモンと構造的に類似し、実験動物での投与試験で甲状腺の形態異常が誘発されることが明らかなため、野生個体群における甲状腺の形態学的調査がいくつかの野生動物で実施されている。Moccia ら (1986) は、米国五大湖に生息するオオセグロカモメを調査し、有機塩素系化学物質の汚染状況が甲状腺の過形成の発生率と因果関係にあることを示唆した。また、1988年から1989年にかけてヨーロッパ北海バルト海で大量死が起こったゼニガタアザラシを調査から、Shumacher ら (1993) は、死亡したアザラシの甲状腺で濾胞の縮小、コロイドの消失、間質の線維化が起こっていることを報告している。これらの病変は、有機塩素系化学物質の蓄積が少ない北大西洋の同種ではほとんど見出せないことから、これらの化学物質との関係を示唆している。

参考文献

- 野生動物救護ハンドブック編集委員会編著. 1996. 野生動物救護ハンドブック
文永堂出版、326pp
- 日本野生動物医学会・野生生物保護学会監修. 2001. 野生動物の研究と管理技術 (原典 : Research and Management Techniques for Wildlife and Habitat、Bokkhout,T.A. ed. The Wildlife Society) 文永堂出版、898pp
- Kociba,R.J., et al. 1978. Results of a two-year chronic toxicity and oncogenicity study of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD) in rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 46:279-303.
- Toth,K., et al. 1979. Carcinogenicity testing of herbicide 2,4,5-trichlorophenoxy ethanol containing dioxin and of pure dioxin in Swiss mice. *Nature*, 278:548-549.
- Sewall,C.H. and G.W.Lucier. 1995. Receptor-mediated events and the evaluation of the Environmental Protection Agency of dioxin risks. *Mutant. Res.*, 333:111-122.
- 環境庁ダイオキシンリスク評価研究. 1997. ダイオキシンのリスク評価 中央法規出版、196pp
- 東京都衛生研究所毒性部. 1999. 内分泌攪乱作用が疑われる化学物質の生態影響データ集. 東京都
- Hoffman, D.J. et al. 1996. Development toxicity of PCB126 in nesting American Ketrrels. *Fundamental and Applied Toxicology*, 34:188-200.
- Fowles,J.R. et al. 1997. Effects of Aroclor1254 on the thyroid gland, immune function, and hepatic cytochrom P450 activity in Mallards. *Envirn. Res.*,

75:119-129.

Martineau, D. et al. 1988. Pathology of Stranded Beluga whales from the St.Lawrence estury, Qebec, Canada. *J. Com. Path.*, 98:287-311.

Moccia, R.D. et al. 1986. A quantitative assessment of thyroid histopathology of Herring Gulls from the Great Lakes and hypothesis on the causal role of environmental contaminants. *J. Wildl. Disease*, 22:60-70.

Shumacher, U. et al. 1993. Histological investigations on the thyroid glands of marine mammals and the possible implications of marine pollution. *J. Wildl. Desease*, 29:103-108.

4 野生生物中のダイオキシン類の分析方法

濱田典明・橋本俊次

4-1 概要

本マニュアルでは、試料中のダイオキシン類を、抽出後、各種のクリーンアップ処理を行い、高分解能ガスクロマトグラフ - 高分解能質量分析計 (HRGC-HRMS) を用いて定性・定量する方法について示した。

しかし、本マニュアルに示した以外の手法であっても、実証試験等を行い、本マニュアルに示した手法と同等あるいはそれ以上の性能を有することが、客観的に証明されたものであれば、その採用を妨げるものではない。

4-2 測定対象物質

本マニュアルでは、野生生物中のポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン (PCDDs)、ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDFs) 及びコプラナーポリ塩化ビフェニル (Co-PCBs) を測定対象物質としている。(注1)

4-3 用語の定義

ダイオキシン類：狭義にはポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンとポリ塩化ジベンゾフランを指すが、本マニュアルでは、更にコプラナーポリ塩化ビフェニルをも合わせた総称とする。

異性体：塩素の置換した数と位置によって PCDDs は 75 種類、PCDFs は 135 種類、PCBs は 209 種類の異なった分子構造の化合物が存在する。(isomer)

同族体：それぞれの異性体のうち、塩素置換数が同じ化合物を指す。(homologue または congener)

PCDDs：ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins)

PCDFs	: ポリ塩化ジベンゾフラン。(polychlorinated dibenzofurans)
TeCDDs	: 四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxins)
PeCDDs	: 五塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(pentachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxins)
HxCDDs	: 六塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(hexachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxins)
HpCDDs	: 七塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(heptachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxins)
OCDD	: 八塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン。(octachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin)
TeCDFs	: 四塩化ジベンゾフラン。(tetrachlorodibenzofurans)
PeCDFs	: 五塩化ジベンゾフラン。(pentachlorodibenzofurans)
HxCDFs	: 六塩化ジベンゾフラン。(hexachlorodibenzofurans)
HpCDFs	: 七塩化ジベンゾフラン。(heptachlorodibenzofurans)
OCDF	: 八塩化ジベンゾフラン。(octachlorodibenzofuran)
PCBs	: ポリ塩化ビフェニル。(polychlorobiphenyls)
TeCBs	: 四塩化ビフェニル。(tetrachlorobiphenyls)
PeCBs	: 五塩化ビフェニル。(pentachlorobiphenyls)
HxCBs	: 六塩化ビフェニル。(hexachlorobiphenyls)
HpCBs	: 七塩化ビフェニル。(heptachlorobiphenyls)
Co-PCBs	: コプラナーPCBs。共平面構造型塩化ビフェニルで、オルト位に塩素が配位していないもの、1 つあるいは 2 つ配位しているものを指す。 (coplanar PCBs)
ノンオルト PCBs	: オルト位非塩素置換型塩化ビフェニル。(non- <i>ortho</i> PCBs)
モノオルト PCBs	: オルト位 1 塩素置換型塩化ビフェニル。(mono- <i>ortho</i> PCBs)
ジオルト PCBs	: オルト位 2 塩素置換型塩化ビフェニル。(di- <i>ortho</i> PCBs)
TEF	: 毒性等価係数。(2,3,7,8-TeCDD toxicity equivalency factor)
TEQ	: 毒性当量。PCDDs、PCDFs とコプラナーPCBs の量をダイオキシン類の中で最強の毒性を有する 2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンの量に換算した量として表していることを示す記号。(2,3,7,8-TeCDD toxicity equivalency quantity)
PFK	: ペルフルオロケロセン。(perfluorokerosene)
HRGC	: 高分離能ガスクロマトグラフィ(high resolution gas chromatography) または 高分離能ガスクロマトグラフ (high resolution gas chromatograph)
HRMS	: 高分解能質量分析法 (high resolution mass spectrometry) または高分解能質量分析計 (high resolution mass spectrometer)
HRGC-HRMS	: 高分解能ガスクロマトグラフ質量分析法または高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計
SIM	: 選択イオン検出法。(selected ion monitoring)

RRF	: 相対感度係数。(relative response factor)
QA/QC	: 品質保証 / 品質管理。(quality assurance / quality control)
vol%	: 体積百分率。(volume per unit volume)
mass%	: 質量百分率。(weight per unit weight)
ppm	: 100 万分の 1。(parts per million; 10^{-6})
ppb	: 10 億分の 1。(parts per billion; 10^{-9})
ppt	: 1 兆分の 1。(parts per trillion; 10^{-12})
ppq	: 1000 兆分の 1。(parts per quadrillion; 10^{-15})
µg	: マイクログラム。(microgram; 100 万分の 1 g; 10^{-6} g)
ng	: ナノグラム。(nanogram; 10 億分の 1 g; 10^{-9} g)
pg	: ピコグラム。(picogram; 1 兆分の 1 g; 10^{-12} g)
ss	: サンプルングスパイク。(sampling spike)
cs	: クリーンアップスパイク。(clean-up spike)
rs	: シリンジスパイク。(syringe spike)
DL	: 検出下限値。ブランク値と識別できる最小値；測定の標準偏差の 3 倍または SN 比が 3 の強度を示す量。(detection limit)
QL	: 定量下限値。定量値が信頼できる最小値；測定の標準偏差の 10 倍または SN 比が 10 の強度を示す量。(quantification limit)

なお、本マニュアルに記載されている商品名は、マニュアル使用者の便宜のために、マニュアル作成に伴い行われた検証試験等に使用し、かつ、一般に入手できるものを示したものであり、これを推奨するものではない。これと同等の品質、性能のものを用いてもよい。

4-4 試料

ダイオキシン類は脂溶性が高いため、野生生物の場合、その体内負荷量の大部分は脂肪組織に蓄積している。このため分析試料としては、イルカ・アザラシのような海棲哺乳動物の場合は脂皮を用い、その他の生物でも脂肪組織を選択することが望ましい。一方、十分な量の脂肪組織の確保が難しい小型の鳥類などは、脂肪含量の高い肝臓や腎臓等の器官を複数個体用いて分析する。

採取後の試料は、試料の変質（腐敗、脱水、酸化等）や分析対象物質の分解やコンタミネーションを避ける為、密閉できる容器に入れ、遮光し、高温を避け、運搬する。また、すぐに分析できない場合は、20 °C 以下で冷凍保管する。

4-5 試薬及び材料

分析に用いる試薬及び材料はブランク試験を行い、ダイオキシン類の分析に影響を及ぼす妨害成分が含まれていないことを確認してから使用する。カラムクロマトグラフィの条件は、随時、確認しておく必要がある。

ヘキサン、メタノール、アセトン、トルエン、ジクロロメタン

残留農薬試験用、PCB 試験用あるいはダイオキシン類分析用。

ノナン、デカン、イソオクタン

試薬特級または同等以上のもの。

純水

イオン交換水、蒸留水等でダイオキシン類の測定に支障をきたさないもの。

硫酸、塩酸

試薬特級または同等以上のもの。

硫酸ナトリウム

残留農薬試験用、PCB 試験用あるいはダイオキシン類分析用。

水酸化カリウム、硝酸銀、ピロガロール

試薬特級または同等以上のもの。

シリカゲル(注2)

カラムクロマトグラフィ用シリカゲル(0.063~0.210 mm、70~230 mesh)をビーカーに入れてメタノールで洗浄し、メタノールを十分揮散させる。これを層の厚さを10 mm以下にして、130 °Cで5時間以上乾燥して活性化した後、デシケータ内で約30分間放冷したもの。

2 mass% 水酸化カリウム被覆シリカゲル(以後水酸化カリウムシリカゲルと略称)(注3)

シリカゲルに50 g/l 水酸化カリウム水溶液を2 mass%になるように加え、ロータリーエバポレータで約50 °Cで減圧脱水し、水分のほとんどが除去された後、80 °Cに上げてさらに1時間続けて粉末状にしたもの。調製後、密閉できる試薬瓶に入れデシケータ中に保存する。または、これと同等の性能を有するもの。

44 mass% 及び 22 mass% 硫酸被覆シリカゲル(以後硫酸シリカゲルと略称)(注3)

シリカゲルに硫酸を44 mass%及び22 mass%になるように添加後、十分振とうし粉末状にしたもの。調製後、密閉できる試薬瓶に入れデシケータ中に保存する。または、これと同等の性能を有するもの。

10 mass% 硝酸銀被覆シリカゲル(以後硝酸銀シリカゲルと略称)(注3)

シリカゲルに400 g/l 硝酸銀水溶液を10 mass%になるように加えた後、ロータリーエバポレータで水分を完全に除去したもの。調製中は褐色フラスコを使用し、極力遮光すること。調製後、密閉できる褐色瓶に入れデシケータ中に保存する。または、

これと同等の性能を有するもの。

アルミナ（注4）

カラムクロマトグラフィ用アルミナ（0.063～0.210 mm、70～230 mesh）。あらかじめ活性化したものが入手できる場合は、そのまま使用してもよい。保存期間や保存状態により活性度が著しく異なる場合には、次のように活性化する。ビーカーに層の厚さを10 mm以下にして入れ130℃で約18時間加熱、もしくは、シャーレに層の厚さを約5 mm程度にして入れ500℃で約8時間加熱処理した後、デシケータ内で室温まで放冷する。調製後、密閉できる試薬瓶に入れデシケータ中に保存する。

活性炭（シリカゲル）（注5）

市販のダイオキシン類分析用活性炭埋蔵シリカゲル、活性炭分散シリカゲル。または、これと同等の性能を有するもの。

標準物質（注6）

ダイオキシン類の同定及び定量に使用する標準物質の種類を例を表4-5-1に示す。

表4-5-1 ダイオキシン類の同定及び定量に使用する標準物質の種類を例

種類	PCDDs	PCDFs	コプラナーPCBs (IUPAC 番号)
TEQ 算出に係る異性体	2,3,7,8-TeCDD 1,2,3,7,8-PeCDD 1,2,3,4,7,8-HxCDD 1,2,3,6,7,8-HxCDD 1,2,3,7,8,9-HxCDD 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD OCDD	2,3,7,8-TeCDF 1,2,3,7,8-PeCDF 2,3,4,7,8-PeCDF 1,2,3,4,7,8-HxCDF 1,2,3,6,7,8-HxCDF 1,2,3,7,8,9-HxCDF 1,2,3,7,8,9-HxCDF 2,3,4,6,7,8-HxCDF 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF OCDF	(ノンオルト) 3,3',4,4'-TeCB (77) 3,4,4',5-TeCB (81) 3,3',4,4',5-PeCB (126) 3,3',4,4',5,5'-HxCB (169) (モノオルト) 2,3,3',4,4'-PeCB (105) 2,3,4,4',5-PeCB (114) 2,3',4,4',5-PeCB (118) 2',3,4,4',5-PeCB (123) 2,3,3',4,4',5-HxCB (156) 2,3,3',4,4',5'-HxCB (157) 2,3',4,4',5,5'-HxCB (167) 2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)
その他の異性体 (分画確認用等, 使用は任意)	1,3,6,8-TeCDD	1,3,6,8-TeCDF	

標準液（注7）

市販の混合溶液等を用いて、検量線作成に応じて希釈したものを用意する。

内標準物質（注8）

安定同位体元素（¹³C や ³⁷Cl）で標識化された PCDDs、PCDFs やコプラナーPCBs を用いる（表 4-5-2）。

内標準液（注7）

市販の混合溶液等を用いて、内標準として添加する量及び検量線作成に応じて希釈

したものを用意する。

検量線作成用標準液（注9）

GC-MS に注入される各異性体の絶対量として、PCDDs、PCDFs が 0.1 ~ 1,000 pg 程度、コプラナーPCBs が 0.5 ~ 1,000 pg 程度の範囲に入る 5 段階程度の標準溶液を調製する。また、この液には、クリーンアップスパイク及びシリンジスパイクに用いたものと同じ内標準物質を、PCDDs、PCDFs が 10 ~ 20 pg 程度、コプラナーPCBs が 50 pg 程度となるように添加しておく（注10）。一例を表 4-5-3 に示す。

質量校正用標準物質

ペルフルオロケロセン等。

表4-5-2 ダイオキシン類の同定及び定量に使用する内標準物質の種類例

種類	PCDDs	PCDFs	コプラナーPCBs (IUPAC 番号)
① （クリーンアップスパイク用） ② （シリンジスパイク用）	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-TeCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PeCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-HxCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-HxCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HxCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD $^{13}\text{C}_{12}$ -OCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-TeCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PeCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,7,8-PeCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-HxCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-HxCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HxCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -OCDF	(ノンオルト) $^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4'-TeCB (77) $^{13}\text{C}_{12}$ -3,4,4',5-TeCB (81) $^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4',5-PeCB (126) $^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4',5,5'-HxCB (169) (モノオルト) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4'-PeCB (105) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,4',5-PeCB (114) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4,4',5-PeCB (118) $^{13}\text{C}_{12}$ -2',3,4,4',5-PeCB (123) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5-HxCB (156) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5'-HxCB (157) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4,4',5,5'-HxCB (167) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)
③ （シリンジスパイク用）	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4-TeCDD $^{37}\text{Cl}_4$ -2,3,7,8-TeCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4-TeCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6-PeCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,9-HxCDF $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,8,9-HpCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4',5-TeCB (70) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',5,5'-PeCB (111) $^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',5'-HxCB (138)

表4-5-3 検量線作成用標準液における各異性体の濃度範囲の例 (GC-MS 注入絶対量として表記)

化合物	異性体	濃度範囲 (pg) (この範囲で5段階程度)	異性体	濃度 (pg)	
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	0.1 ~ 200	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDD	10	
	1,2,3,7,8-PeCDD	0.1 ~ 200	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	10	
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	10	
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	10	
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDD	10	
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	10	
	OCDD	0.5 ~ 1,000*	¹³ C ₁₂ -OCDD	20*	
			¹³ C ₁₂ -1,2,3,4-TeCDD	10	
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	0.1 ~ 200	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TeCDF	10	
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.1 ~ 200	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	10	
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.1 ~ 200	¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	10	
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	10	
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	10	
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	10	
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -2,3,4,6,7,8-HxCDF	10	
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	10	
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.2 ~ 400	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	10	
	OCDF	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -OCDF	20	
			¹³ C ₁₂ -1,2,3,4-TeCDF	10	
			¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6-PeCDF	10	
		¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,9-HxCDF	10		
		¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,8,9-HpCDF	10		
コプラナー -PCBs	ノンオ ルト	3,3',4,4'-TeCB (77)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -3,3',4,4' -TeCB (77)	50
		3,4,4',5-TeCB (81)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -3,4,4',5-TeCB (81)	50
		3,3',4,4',5-PeCB (126)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -3,3',4,4',5-PeCB (126)	50
		3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	50
	モノオ ルト	2,3,3',4,4'-PeCB (105)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3,3',4,4'-PeCB (105)	50
		2,3,4,4',5-PeCB (114)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3,4,4',5-PeCB (114)	50
		2,3',4,4',5-PeCB (118)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3',4,4',5-PeCB (118)	50
		2',3,4,4',5-PeCB (123)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2',3,4,4',5-PeCB (123)	50
		2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	50
		2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	50
		2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	50
		2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	0.5 ~ 1,000	¹³ C ₁₂ -2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	50
	その他			¹³ C ₁₂ -2,3',4',5-TeCB (70)	50
				¹³ C ₁₂ -2,3,3',5,5'-PeCB (111)	50
				¹³ C ₁₂ -2,2',3,4,4',5'-HxCB (138)	50

*野生生物には、OCDD 濃度が高いものが多いので、これを他の PCDDs より高くするのもよい。

4-6 器具及び装置

分析に用いる器具及び装置類はブランク試験を行い、ダイオキシン類の分析に影響を及ぼす妨害成分が含まれていないことを確認してから使用する。

(1) 前処理用器具

シリカゲルクロマトカラム

内径 10 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管に活性化したシリカゲル 3 g をヘキサンで湿式充てんし、その上に硫酸ナトリウムを約 10 mm 積層したもの(注11)。ヘキサンで充てん物を十分洗浄する。

硫酸シリカゲルクロマトカラム

内径 20 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管にシリカゲル 1 g 及び 44 %硫酸シリカゲル 5 g、22 %硫酸シリカゲル 8 g を順次充てんし、その上に硫酸ナトリウムを約 10 mm 積層したもの(注11)。ヘキサンで充てん物を十分洗浄する。

硝酸銀シリカゲルクロマトカラム

内径 10 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管にシリカゲル 1 g 及び 10 %硝酸銀シリカゲル 3 g を順次充てんし、その上に硫酸ナトリウムを約 10 mm 積層したもの(注11)。ヘキサンで充てん物を十分洗浄する。

多層シリカゲルクロマトカラム

図 4-6-1 のように内径 20 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管にシリカゲル 0.9 g、2 %水酸化カリウムシリカゲル 3 g、シリカゲル 0.9 g、44 %硫酸シリカゲル 4.5 g、22 %硫酸シリカゲル 6 g、シリカゲル 0.9 g、10 %硝酸銀シリカゲル 3 g 及び硫酸ナトリウム 6 g を順次充てんして積層したもの(注11)。ヘキサンで充てん物を十分洗浄する。

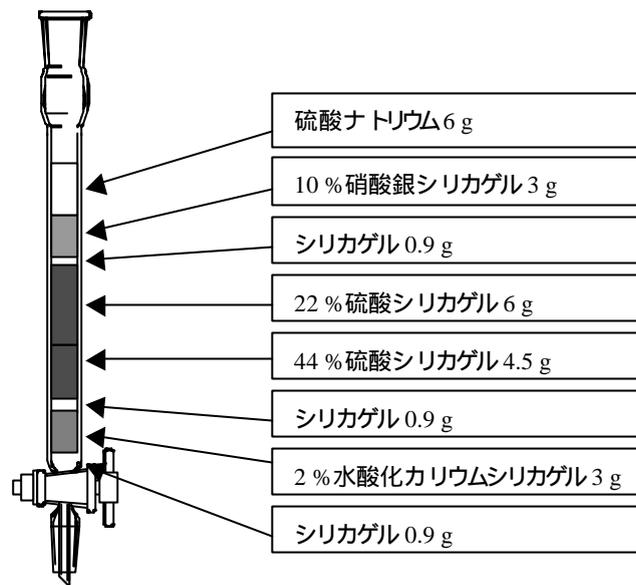


図4-6-1 多層シリカゲルクロマトカラムの作製例

アルミナクロマトカラム

内径 10 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管に活性化したアルミナ 10 g をヘキサンで湿式充てんし、その上に硫酸ナトリウムを約 10 mm 積層したもの（注11）。ヘキサンで充てん物を十分洗浄する。

活性炭（シリカゲル）クロマトカラム

内径 10 mm、長さ 300 mm のカラムクロマト管に、硫酸ナトリウム 10 mm、活性炭（シリカゲル）1 g、硫酸ナトリウム 10 mm を積層したもの（注11）。

濃縮器

クデルナ - ダニッシュ (KD) 濃縮器、ロータリーエバポレータ等。（注12）

(2) ガスクロマトグラフ質量分析計

高分解能ガスクロマトグラフ高分解能質量分析計で、四～五塩化物で 0.1 pg、六～七塩化物で 0.2 pg、八塩化物で 0.5 pg、コプラナーPCBs で 0.2 pg 以下までの測定感度を有するもの（4-8 (3) 1) 参照）。

1) ガスクロマトグラフ

試料導入部

試料液を再現性良く導入できるもの（スプリットレス、大量導入装置またはオンカラム方式）で、最高使用温度が 250～280 °C 程度であるもの。

カラム恒温槽

恒温槽の温度制御範囲が 50～350 °C であり、測定対象物質の最適分離条件の温度にできるような昇温プログラムの可能なもの。

キャピラリーカラム

内径 0.22～0.32 mm、長さ 25～60 m の溶融シリカ製のものであって、全ての異性体についてそれぞれ分離が良好で、それらの異性体のクロマトグラム上における溶出順位の判明しているカラムの使用を標準とする。様々な要因を考慮し、2 種以上の極性の異なるキャピラリーカラムの併用が望ましい（注13）。

キャリアーガス

高純度ヘリウム（純度 99.999 %以上）。

2) 質量分析計

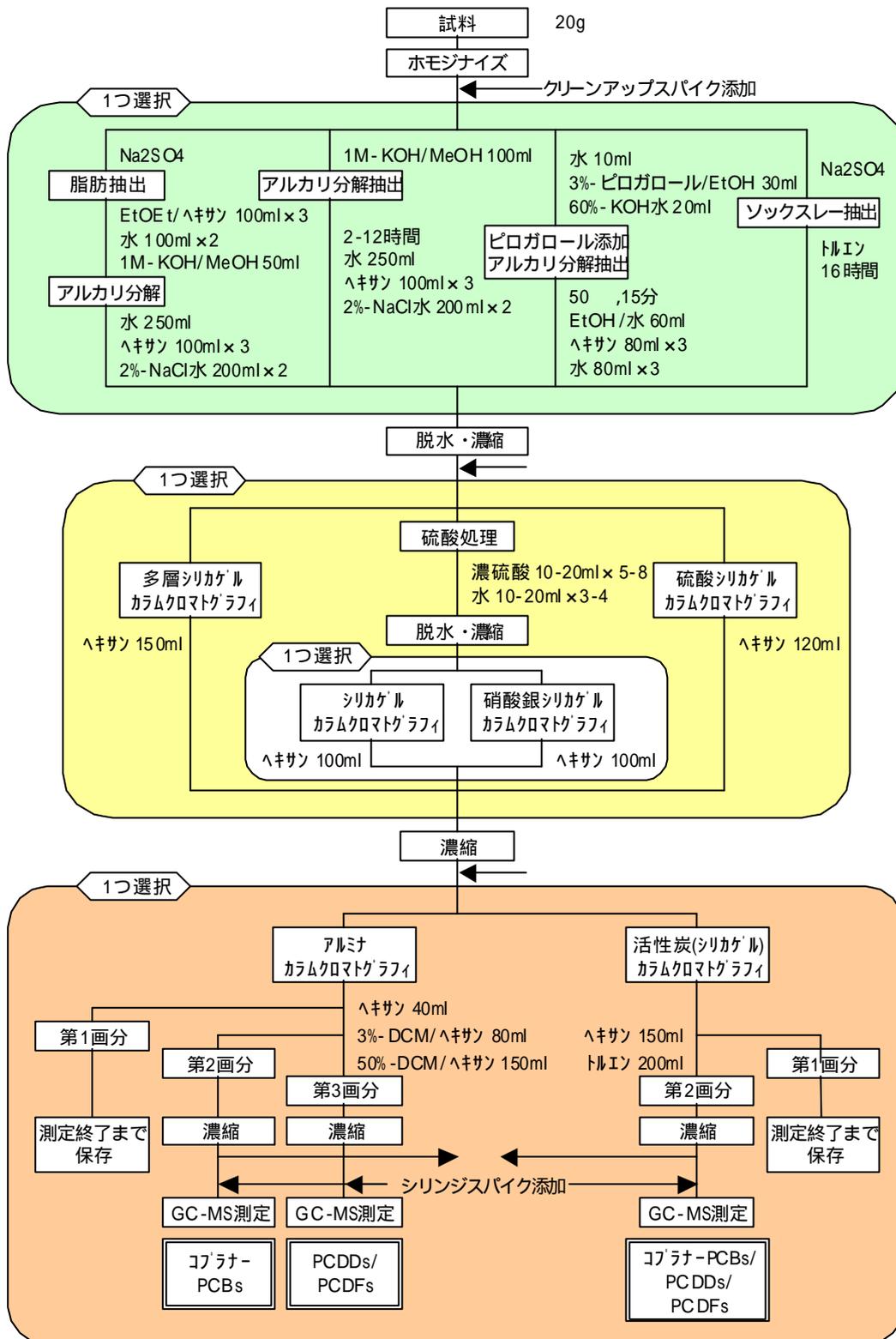
分解能 (m/ m) 10,000 以上の高分解能で測定できるもの。

イオン源は、温度を 250～350 °C に保つことができ、電子衝撃イオン化法（以後 EI 法と略称）が可能で、イオン化電圧が 30～70 V 程度のもの。

検出法として選択イオン検出法（以後 SIM 法と略称）で定量できるもの。SIM 法における周期を最大 1 秒以下にでき、ロックマス方式が可能なもの。

4-7 試料の前処理

分析時には、実試料の試験と並行して操作ブランク試験を実施する。（注14）
試料の分析方法のフロー図を図 4-7-1 に示す。



必要があればグリーンアップを繰り返す

図4-7-1 試料の分析方法のフロー図

(1) 試料の均一化

試料はホモジナイザー等を用いて均一化した後(注15)、一定量を秤量する(注16)。

(2) 脂肪含量

脂肪含量の測定は、エーテル/ヘキサン抽出法またはクロロホルム/メタノール抽出法から選択する。

1) エーテル/ヘキサン抽出法

細碎均一化した試料 5 g を乳鉢に量り取り、約 10 倍量の硫酸ナトリウムを加え、よく粉砕，すり潰しながら脱水、粉末状にする。

これを円筒ろ紙に入れ、ソックスレー抽出管に装着する。

ジエチルエーテル/ヘキサン(3:1(v/v))混液 400 ml を入れたフラスコ上部にソックスレー抽出管を装着し、冷却管をつなぎ、80~90 °C のウォーターバス上で7時間以上の抽出を行う。

抽出液を予め恒量を求めた濃縮用の容器に移し、濃縮器で有機溶媒を留去する。

さらに 30 °C 以下で、乾燥器あるいはデシケータ中で乾燥し、恒量となった抽出物(粗脂肪)の重量を測定する。

元の試料の重量と抽出物の重量から脂肪含量(%)を求める。

2) クロロホルム/メタノール抽出法

細碎均一化した試料 5 g をビーカーに量り取り、これにクロロホルム 20 ml、メタノール 40 ml を加え、高速ホモジナイザー等で 2 分間攪拌する。さらにクロロホルム 20 ml を加え、2 分間攪拌する。

これを、プフナーロート等を用いてガラス繊維ろ紙等でろ過し、残さは再びクロロホルム/メタノール(1:1(v/v)) 80 ml を加えて攪拌後、ろ過する。

有機層を合わせて分液ロートに移し、純水 60 ml を加えて穏やかに振り混ぜる。

下層のクロロホルム層を回収して硫酸ナトリウム等で脱水し、予め恒量を求めた濃縮用の容器に移し、濃縮器で有機溶媒を留去する。

さらに 30 °C 以下で、乾燥器あるいはデシケータ中で乾燥し、恒量となった抽出物(粗脂肪)の重量を測定する。

元の試料の重量と抽出物の重量から脂肪含量(%)を求める。

(3) 内標準物質の添加（クリーンアップスパイク）

抽出操作前の試料に、内標準物質を添加する。内標準物質の添加量は、GC-MS 測定試料溶液中の濃度が検量線作成用標準溶液中の濃度と同程度になるようにする（注17）。

例を示せば、注入割合が 1/50 とすれば、PCDDs 及び PCDFs の各異性体がそれぞれ 500 ~ 1,000 pg 程度、コプラナーPCBs の各異性体がそれぞれ 2,500 pg 程度添加する。

(4) 抽出

抽出は試料の量、共存有機物の量などを考慮し、アルカリ分解抽出法、ピロガロール添加アルカリ分解抽出法、ソックスレー抽出法、脂肪抽出・アルカリ分解法等から選択する（注18）。なお、溶媒及び試薬の量は、試料量に応じ、適宜増減させる。（注19）

1) アルカリ分解抽出

細碎均一化した試料 20 g をトールピーカーに量り取り、これに 1 mol/l 水酸化カリウム/メタノール溶液 100 ml を加え、高速ホモジナイザー等で攪拌後、室温でマグネチックスターラー等で穏やかに 2 ~ 12 時間攪拌する。（注20）

このアルカリ分解液を分液ロートに移し、これに純水 250 ml とヘキサン 100 ml を加え、10 分間振とう抽出する。

静置後ヘキサン層を分取し、水層にヘキサン 100 ml を加え同様の操作を 2 回行う。（注21）

ヘキサン層を合わせ、2 %塩化ナトリウム水溶液 200 ml を加えて回転するように緩やかに揺り動かし、静置後水層を取り除き、同様の操作を繰り返す。（注21）

水層を除いた後、ヘキサン抽出液を硫酸ナトリウム等で脱水し、濃縮器を用いて、約 3 ml に濃縮する。

2) ピロガロール添加アルカリ分解抽出

細碎均一化した試料 20 g をネジ付き三角フラスコに量り取り、これに純水 10 ml を加え、よく混ぜて試料を分散させる。

30 g/l ピロガロール/エタノール溶液 30 ml を加え、直ちに 600 g/l 水酸化カリウム水溶液 20 ml を加え、直ちにふたを閉めてよく攪拌する。（注22）

50 °C の湯浴中で 15 分間振とう後（注23）、直ちに 5 分間氷冷する。

このアルカリ分解液を分液ロートに移し、エタノール/水（1 : 1 (v/v)）混液 60 ml を数回に分けて三角フラスコを洗いこむ。

ヘキサン 80 ml を加え（注24）、10 分間振とう抽出する。
静置後ヘキサン層を分取し、水層にヘキサン 80 ml を加え同様の操作を 2 回行う。
ヘキサン抽出液を合わせ、純水 80 ml で数回、中性になるまで洗浄する。（注25）
水層を除いた後、ヘキサン抽出液を硫酸ナトリウム等で脱水し、濃縮器を用いて、
約 3 ml に濃縮する。

3) 脂肪抽出・アルカリ分解

a) 脂肪抽出

細碎均一化した試料 20 g を容器に取り、約 4～10 倍量の硫酸ナトリウムを加え、よく攪拌しながら脱水、粉末状にする。

これを分液ロートに入れ、ジエチルエーテル/ヘキサン（1：2（v/v））混液 100 ml を加え、10 分間振とう抽出する。

抽出液をガラス繊維ろ紙等でろ過し、別の分液ロートに移す。

、 の操作をさらに 2 回繰り返す。

合わせた抽出液に純水 100 ml を加え、緩やかに振とうする。この操作をもう 1 度繰り返す。

抽出液を硫酸ナトリウムで脱水した後、濃縮器で有機溶媒を留去し、脂肪を得る。

b) アルカリ分解

a)で抽出された脂肪をビーカーに取り、1 mol/l 水酸化カリウム/メタノール溶液 50 ml を加え、室温でマグネチックスターラー等で緩やかに 2 時間攪拌する。（注20）

このアルカリ分解液を分液ロートに移し、これに純水 100 ml とヘキサン 50 ml を加え、10 分間振とう抽出する。

静置後ヘキサン層を分取し、水層にヘキサン 50 ml を加え同様の操作を 2 回行う。

ヘキサン層を合わせ、2 %塩化ナトリウム水溶液 100 ml を加えて回転するように緩やかに揺り動かし、静置後水層を取り除き、同様の操作を繰り返す。

水層を除いた後、ヘキサン抽出液を硫酸ナトリウム等で脱水し、濃縮器を用いて、約 3 ml に濃縮する。

4) ソックスレー抽出（注26）

細碎均一化した試料 20 g を容器に取り、約 4～10 倍量の硫酸ナトリウムを加え、よく攪拌しながら脱水、粉末状にする。

これを円筒ろ紙（注27）に入れ、ソックスレー抽出管に装着する。

下部にトルエン（注28）を入れたフラスコ上部にソックスレー抽出管を装着し、冷

却管をつなぎ 16 時間以上の抽出を行う。

この抽出液を濃縮器を用いて 3 ml 程度に濃縮する。水分が残る場合には、硫酸ナトリウム等で脱水する。次に、硫酸処理のクリーンアップを行う場合は、有機溶媒を除去し、ヘキサン数 ml に溶解させる。

5) 高速溶媒抽出 (参考)

細碎均一化した試料 20 g を容器に取り、約 3 ~ 10 倍量の珪藻土を加え、よく攪拌しながら脱水、粉末状にする。(注29)

抽出容器に、少量の珪藻土、の試料の順で入れ、高速溶媒抽出装置にセットする。150 ~ 180 °C、1500 ~ 2000 psi の条件下で、トルエン(注28)で 2 ~ 3 回(15 分/回)、試料を抽出する。(注30)

この抽出液を濃縮器を用いて 3 ml 程度に濃縮する。水分が残る場合には、硫酸ナトリウム等で脱水する。次に、硫酸処理のクリーンアップを行う場合は、有機溶媒を除去し、ヘキサン数 ml に溶解させる。

(5) クリーンアップ (注31)

クリーンアップは硫酸処理、シリカゲルカラムクロマトグラフィ、多層シリカゲルカラムクロマトグラフィ、硫酸シリカゲルカラムクロマトグラフィ、硝酸銀シリカゲルカラムクロマトグラフィ、アルミナカラムクロマトグラフィ、活性炭(シリカゲル)カラムクロマトグラフィ等の中から選択して、組み合わせて行う。(注32)

代表的なクリーンアップの組合せ例としては、試料抽出液を硫酸処理した後、シリカゲルカラム若しくは硝酸銀シリカゲルカラム処理を行う、試料抽出液を直接多層シリカゲルカラム処理する、試料抽出液を直接硫酸シリカゲルカラム処理する方法がある。その後、アルミナカラムによってPCBs、コプラナーPCBs、PCDDs/PCDFs に分離する方法あるいは活性炭(シリカゲル)カラムによりPCDDs/PCDFs 及びコプラナーPCBs とその他の PCBs に分離する方法がある。ダイオキシン、フラン及びノンオルト PCBs 画分をさらにクリーンアップする必要がある時は、さらに活性炭(シリカゲル)カラムあるいはアルミナカラム処理等を行う。図 4-7-1 参照。(注33)

1) 硫酸処理

抽出液を分液ロートにヘキサン 50 ~ 100 ml で洗い込みながら移し入れ、濃硫酸を 10 ~ 20 ml 加え、穏やかに振とうし、静置後、硫酸層を除去する。この操作を硫酸層の着色が薄くなるまで繰り返す(注34)。

ヘキサン層を純水 50 ml で 3~4 回洗浄し、ほぼ中性になったら、硫酸ナトリウムで脱水後、濃縮器で約 3 ml に濃縮し、次のカラムクロマトグラフィの試験液とする。

2) シリカゲルカラムクロマトグラフィ

シリカゲルカラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

ヘキサン約 3 ml で濃縮器を洗浄し、洗液はカラム内壁を洗いながら入れる。この洗浄操作をもう 2 回繰り返す。

ヘキサン 100 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、ヘキサンを約 2.5 ml/min (毎秒 1 滴程度) の速度 (注35) で流下させる。

溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

3) 硫酸シリカゲルカラムクロマトグラフィ (注36)

硫酸シリカゲルカラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

ヘキサン約 3 ml で濃縮器を洗浄し、洗液はカラム内壁を洗いながら入れる。この洗浄操作をもう 2 回繰り返す。

ヘキサン 120 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、ヘキサンを約 2.5 ml/min (毎秒 1 滴程度) の速度 (注35) で流下させる。

溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

4) 硝酸銀シリカゲルカラムクロマトグラフィ

硝酸銀シリカゲルカラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

ヘキサン約 3 ml で濃縮器を洗浄し、洗液はカラム内壁を洗いながら入れる。この洗浄操作をもう 2 回繰り返す。

ヘキサン 100 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、ヘキサン

を約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させる。
溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

5) 多層シリカゲルカラムクロマトグラフィ（注36）

多層シリカゲルカラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

ヘキサン約 3 ml で濃縮器を洗浄し、洗液はカラム内壁を洗いながら入れる。この洗浄操作をもう 2 回繰り返す。

ヘキサン 150 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、ヘキサンを約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させる。

溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

6) アルミナカラムクロマトグラフィ（注37）

アルミナカラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。

ヘキサン約 3 ml で濃縮器を洗浄し、洗液はカラム内壁を洗いながら入れる。この洗浄操作をもう 2 回繰り返す。

ヘキサン 40 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、ヘキサンを約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させ、コプラナーPCBs 以外の PCBs を溶出する（PCBs 画分）。（注38）

次いで 3 % (v/v) ジクロロメタン/ヘキサン 80 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させ、コプラナーPCBs を溶出する（コプラナーPCBs 画分）。（注39）

続いて 50 % (v/v) ジクロロメタン/ヘキサン 150 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させ、PCDDs 及び PCDFs を溶出する（PCDDs/PCDFs 画分）。（注40）

各溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

7) 活性炭（シリカゲル）カラムクロマトグラフィ

活性炭（シリカゲル）カラムの充てん物をヘキサンで洗浄後、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。（注41）

試験液をパスツールピペット等でカラムに静かに注ぎ入れ、液面を硫酸ナトリウムの上面まで下げる。（注42）

少量のヘキサンで濃縮器を洗浄し、カラムに入れる。この洗浄操作をもう 1、2 回繰り返した後、しばらく放置する。（注43）

ヘキサン 150 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させ、PCBs を溶出する（PCBs 画分）。（注44）

続いてトルエン 200 ml の入った滴下用分液ロートをクロマト管の上部に装着し、約 2.5 ml/min（毎秒 1 滴程度）の速度（注35）で流下させ、ダイオキシン、フランとノンオルト PCBs を溶出する（コプラナーPCBs 及び PCDDs/PCDFs 画分）。（注45）

各溶出液を濃縮器で約 3 ml に濃縮する。

(6) 試料溶液の調製と内標準物質の添加（シリンジスパイク）

クリーンアップ後、PCDDs/PCDFs 及びコプラナーPCBs が溶出する各画分を濃縮器で約 1 ml に濃縮する。

濃縮液を試験管等に移し、元の容器をヘキサン 1~2 ml で、3 回洗浄し、洗液を濃縮用試験管に合わせた後、窒素気流下で極少量の溶媒が残る程度まで濃縮する。（注46）

シリンジスパイク用内標準物質を任意の量（注47）添加し、GC-MS 測定試料溶液とする。測定試料溶液量は、装置の検出下限、注入量、試料量を考慮し、決定する。（注48）

4-8 同定及び定量

ダイオキシン類の同定及び定量には、高分解能ガスクロマトグラフ - 高分解能質量分析

計（HRGC-HRMS）を用いる。質量校正用標準物質を測定用試料と同時にイオン源に導入し、選択イオンに近い質量のイオンをモニターして質量の微小な変動を補正するロックマス方式による選択イオン検出法（SIM 法）で検出し、保持時間及びイオン強度比を標準物質と比較し、分析対象化合物であることを確認した後、クロマトグラム上のピーク面積から内標準法（相対検量線法）によって定量を行う。

（1）測定操作

1) ガスクロマトグラフ - 質量分析計の測定条件の設定

ガスクロマトグラフ（GC）

各異性体のクロマトグラム上でのピーク形状が良好で、他の異性体のピークと良好に分離し、なおかつ安定した応答が得られるように、カラム恒温槽温度、注入口温度、キャリアーガス流量等を設定する。設定例を表 4-8-1 に示す。

表4-8-1 GC 条件の設定例

例 1	四～八塩素化 PCDDs 及び PCDFs (異性体別測定)
注入法	大量導入装置 OPTIC2 (ATUS) & At-Column (ジーエルサイエンス)
使用カラム	SP-2331 (スペルコ) 60 m, 0.25 mm, 0.20 μm (長さ, 内径, 膜厚)
使用ガス	He (高純度, 99.999 %以上)
注入口温度及び圧力	OPTIC2 によって制御
オープン温度	140 °C (1.5 分保持) 20 °C/分 200 °C (0 分保持) 3 °C/分 240 °C (0 分保持) 20 °C/分 270 °C (保持)
例 2	四～八塩素化 PCDDs 及び PCDFs (2,3,7,8 位塩素置換体測定) コプラナーPCBs
注入法	スプリットレス
使用カラム	CP-SIL8CB-MS (バリアン, クロモパック) 30 m, 0.25 mm, 0.25 μm (長さ, 内径, 膜厚)
使用ガス	He (高純度, 99.999 %以上)
注入口温度及び圧力	280 °C, 1.2 ml/分 (コンスタントフロー)
オープン温度	120 °C (1.5 分保持) 30 °C/分 200 °C (0 分保持) 5 °C/分 240 °C (0 分保持) 30 °C/分 290 °C (保持)
例 3	コプラナーPCBs
注入法	スプリットレス
使用カラム	HT-8 (SGE) 50 m, 0.22 mm, 0.25 μm (長さ, 内径, 膜厚)
使用ガス	He (高純度, 99.999 %以上)
注入口温度及び圧力	280 °C, 1.2 ml/分 (コンスタントフロー)
オープン温度	130 °C (1 分保持) 20 °C/分 220 °C (0 分保持) 5 °C/分 320 °C (保持)

質量分析計 (MS)

分解能は 10,000 以上に設定する。測定方式は、質量校正用標準物質を用いたロックマス方式で、選択イオン検出法 (SIM 法) とする。測定質量数は、同族体ごとに、対象物質については 2 つ以上、内標準物質については 1 つ以上の選択イオンとロックマス用の選択イオンを設定する (注 49)。PCDDs 及び PCDFs の設定質量数の例を表 4-8-2 に、コプラナーPCBs の設定質量数の例を表 4-8-3 に示す。

表4-8-2 PCDDs 及び PCDFs の設定質量数の例

	モニターイオン	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺
PCDDs	TeCDDs	319.897	321.894	
	PeCDDs	353.858	355.855	357.852*
	HxCDDs		389.816	391.813*
	HpCDDs		423.777	425.774
	OCDD		457.738	459.735
PCDFs	TeCDFs	303.902	305.899	
	PeCDFs	337.863	339.860	341.857
	HxCDFs		373.821	375.818
	HpCDFs		407.782	409.779
	OCDF		441.743	443.740
¹³ C ₁₂ -PCDDs	TeCDDs	331.937	333.934	
	PeCDDs	365.898	367.895	369.892**
	HxCDDs	399.859	401.856	403.853**
	HpCDDs		435.817	437.814
	OCDD		469.778	471.775
¹³ C ₁₂ -PCDFs	TeCDFs	315.942	317.939	
	PeCDFs	349.903	351.900	353.897***
	HxCDFs		385.861	387.858***
	HpCDFs		419.822	421.819***
	OCDF		453.783	455.780***
質量校正用	四，五塩素化物用	330.979		
標準物質（PFK）	五，六塩素化物用	380.976		
	六，七塩素化物用	430.973		
	七，八塩素化物用	442.973		

*塩素置換数が1つ多いPCBsの影響を受ける可能性がある。

**塩素置換数が1つ多い¹³C₁₂-PCBsの影響を受ける可能性がある。

***同塩素置換数のPCDDsの影響を受ける可能性がある。

表4-8-3 コプラナーPCBs の設定質量数の例

	モニターイオン	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺
PCBs	TeCBs	289.922	291.919*	
	PeCBs		325.880*	327.877*
	HxCBs		359.841*	361.839*
	HpCBs		393.802*	395.800*
¹³ C ₁₂ -PCBs	TeCBs	301.963	303.960**	
	PeCBs		337.921**	339.918**
	HxCBs		371.882**	373.879**
	HpCBs		405.843**	407.840**
質量校正用		330.979		
標準物質 (PFK)		380.976		

*塩素置換数が1つ少ないPCDDsの影響を受ける可能性がある。

**塩素置換数が1つ少ない¹³C₁₂-PCDDsの影響を受ける可能性がある。

2) GC-MS の調整

測定目的に応じて分析条件を設定し、試料の分析が可能なように調整する。この際、感度、直線性、安定性等のほか、分析の誤差となる干渉の有無の大きさ、その補正法等、十分信頼できる分析ができるかどうか確認しておく。

ガスクロマトグラフ (GC)

応答が安定していること、各同族体の保持時間が適切な範囲にあり、かつ、ピークが十分に分離されていること等を確認する。スプリットレスの時間、ページガス流量等を適切な値に調整する。

キャピラリーカラムの劣化により、測定対象物質と他の物質との分離が十分でない場合には、洗浄、交換等の対処をする(注50)。

質量分析計 (MS)

質量分析計の調整は、必要な条件を設定した後、質量校正用標準物質を導入し、質量校正プログラムによって行う。質量目盛、分解能等を測定目的に応じて所定の値に校正する。通常、一連の測定の最初に行い、校正結果は保存しておく。(注51)

3) SIM 測定操作

GC-MS を所定の条件に設定する。

質量校正標準物質を導入し、そのモニターチャンネルの応答が安定したら、試料の測定を行う。

測定したデータを記録する。

測定終了後、個々の試料ごとに質量校正用標準物質のモニターチャンネル、妨害成分の有無、測定対象物質のピークの分離と感度の確認を行う。(注52)

4) 相対検量線の作成 (RRFcs と RRFrs (注53) の算出)

初めてダイオキシンを測定する時、GC-MS に係る測定条件等に変更が生じた時には、必ず検量線を作成する。

検量線作成用標準液を 1 濃度に対して最低 3 回 GC-MS に注入し、SIM 測定を行い、全濃度領域で合計 15 点程度のデータを得る。

得られたクロマトグラムから、各測定対象物質の対応する二つ以上のモニターチャンネルのピーク面積比を求め、構成原子の同位体存在比から推定されるイオン強度比とほぼ一致することを確認する(表 4-8-4参照)。

表4-8-4 構成原子の同位体存在比から推定されるイオン強度比

	M*	M+2	M+4	M+6	M+8	M+10	M+12	M+14
TeCDDs	0.764	1.000	0.494	0.110	0.010			
PeCDDs	0.613	1.000	0.655	0.216	0.036	0.003		
HxCDDs	0.511	1.000	0.817	0.358	0.089	0.012	0.001	
HpCDDs	0.439	1.000	0.979	0.534	0.176	0.035	0.004	
OCDD	0.337	0.877	1.000	0.653	0.268	0.071	0.012	0.001
TeCDFs	0.775	1.000	0.492	0.109	0.010			
PeCDFs	0.613	1.000	0.654	0.215	0.036	0.002		
HxCDFs	0.516	1.000	0.816	0.356	0.088	0.012	0.001	
HpCDFs	0.439	1.000	0.978	0.533	0.175	0.035	0.004	
OCDF	0.337	0.877	1.000	0.652	0.267	0.070	0.012	0.001
TeCBs	0.767	1.000	0.491	0.108	0.009			
PeCBs	0.614	1.000	0.653	0.214	0.036	0.003		
HxCBs	0.512	1.000	0.815	0.355	0.087	0.012	0.001	
HpCBs	0.439	1.000	0.977	0.531	0.174	0.034	0.004	

*M は、最低質量数の同位体を示す。

各分析対象物質の対応するクリーンアップスパイクに対するピーク面積の比と、注入した標準溶液中の各測定対象物質とクリーンアップスパイクの濃度の比を用いて相対検量線を作成し、直線性があるとともに回帰式の切片がほぼ 0 であることを確認したうえで、相対感度係数 (RRFcs) を算出する。

RRFcs は、式 (1) によって各測定ごとに求めたものを平均する。この場合、データの変動係数が 10 % 以内でなければならない。

$$RRF_{cs} = \frac{Q_{cs}}{Q_s} \times \frac{A_s}{A_{cs}} \dots\dots\dots (1)$$

- RRF_{cs} : 測定対象物質のクリーンアップスパイクとの相対感度係数
- Q_{cs} : 標準液中のクリーンアップスパイクの量 (pg)
- Q_s : 標準液中の測定対象物質の量 (pg)
- A_s : 標準液中の測定対象物質のピーク面積
- A_{cs} : 標準液中のクリーンアップスパイクのピーク面積

同様に、 で得られたデータのうち RRF_{rs} 算出に係るものから、クリーンアップスパイクのシリンジスパイクに対する相対感度係数 (RRF_{rs}) を算出する。RRF_{rs} は、式 (2) によって各測定ごとに求めたものを平均する。この場合、データの変動係数が 10 %以内 (注54) でなければならない。(注55)

$$RRF_{rs} = \frac{Q_{rs}}{Q_{cs}} \times \frac{A_{cs}}{A_{rs}} \dots\dots\dots (2)$$

- RRF_{rs} : クリーンアップスパイクのシリンジスパイクとの相対感度係数
- Q_{rs} : 標準液中のシリンジスパイクの量 (pg)
- Q_{cs} : 標準液中のクリーンアップスパイクの量 (pg)
- A_{cs} : 標準液中のクリーンアップスパイクのピーク面積
- A_{rs} : 標準液中のシリンジスパイクのピーク面積

5) 試料の測定

検量線の確認

最低濃度を含む数段の検量線作成用標準液を 1 濃度に対して最低 1 回 GC-MS に注入し、SIM 測定を行い、RRF_{cs} 及び RRF_{rs} を求める。これらの相対感度係数が4-8 (1) 4) で求めた検量線作成時の相対感度係数に対して ±20 %以内であることを確認し (注56)、これを超えて変動がある場合には、その原因を取り除き、再測定を行う。

試料の測定

4-7 (6) で調整した測定用試料及び操作ブランクを SIM 測定し、各測定対象物質のクロマトグラムを記録する。

変動の確認

試料測定開始後、随時、低～中濃度の検量線作成用標準液を選び SIM 測定し、RRFcs を求める。これらの相対感度係数が4-8(1)4)で求めた検量線作成時の相対感度係数に対して $\pm 20\%$ 以内であることを確認し(注56) これを超えて変動がある場合には、その原因を取り除き、それ以前の一連の試料につき再測定を行う。

また、保持時間についてもその変動を調べ、保持時間が一日に $\pm 5\%$ 以上または内標準物質との相対保持比が $\pm 2\%$ 以上変動する場合には、その原因を取り除き、それ以前の一連の試料につき再測定を行う。

(2) 同定及び定量

1) ピークの検出

クロマトグラム上において、ベースラインのノイズ幅(N、高さ方向)に対して3倍以上の高さ(S)であるピーク、すなわちピーク高さでシグナルノイズ比(S/N)=3以上のピークについて、同定及び定量操作を行う。ここで、ノイズ幅及びピーク高さは、一般に次のようにして求める。

ノイズ幅は、対象ピーク近傍のノイズとみなせるベースライン部分の強度を、ピーク半値幅の10倍程度の範囲にわたって計測し、その標準偏差の2倍をノイズ幅とするか、ベースラインノイズの最大値(最も高い山部の頂点)と最小値(最も深い谷部の頂(谷)点)の差の2/5をノイズ幅とみなす。ピーク高さは、ノイズ幅の中央値をベースラインとした時の、ピーク頂点とベースラインの高さ方向の差として求める。(注57)

2) ピーク面積の算出

4-8(2)1)で検出されたピークについて、クロマトグラム処理ソフトウェア等により、そのピーク面積を算出する。

3) 回収率の確認

試料におけるクリーンアップスパイクのピーク面積とシリンジスパイクのピーク面積の比と対応する相対感度係数(RRFrs)を用いて式(3)によって回収率を計算する。

この回収率が40%以上120%以下の範囲から外れるときは、再度分析を行い再測定する。

$$R_c = \frac{A_{csi}}{A_{rsi}} \times \frac{Q_{rsi}}{RRF_{rs}} \times \frac{100}{Q_{csi}} \dots\dots\dots (3)$$

- R_c : 回収率 (%)
- A_{csi} : 試料中クリーンアップスパイクのピーク面積
- A_{rsi} : 試料中の対応するシリンジスパイクのピーク面積
- Q_{rsi} : 対応するシリンジスパイクの添加量 (pg)
- RRF_{rs} : 標準液における相対感度係数
- Q_{csi} : 対応するクリーンアップスパイクの添加量 (pg) (注58)

4) ダイオキシン類ピークの同定

得られたクロマトグラムから、各測定対象物質の対応する二つ以上のモニターチャンネルのピーク面積比を求め、構成原子の同位体存在比から推定されるイオン強度比(表 4-8-4) に対して ±15 % (シグナルノイズ比 (S/N) = 10 以下のピークについては ±25 %) 以内であるものであって、さらに内標準物質の GC 保持時間と一致するか、文献(注59)などから予想される使用カラムでの GC 保持時間と一致するものをダイオキシン類とみなす。(注 60)

5) ダイオキシン類の定量

各異性体の定量

抽出液全量中のダイオキシン類各異性体の量は、それに対応するクリーンアップスパイクの添加量を基準にした内標準法で式(4)によって計算する(注61)

$$Q_i = \frac{A_i}{A_{csi}} \times \frac{Q_{csi}}{RRF_{cs}} \dots\dots\dots (4)$$

- Q_i : 抽出液全量中の各異性体の量 (pg)
- A_i : 異性体のピーク面積
- A_{csi} : 対応するクリーンアップスパイクのピーク面積
- Q_{csi} : 対応するクリーンアップスパイクの添加量 (pg)
- RRF_{cs} : 標準液における相対感度係数

濃度の算出

得られた各異性体の量から、試料中の濃度を式(5)によって算出する。

$$C_i = (Q_i - Q_t) \times \frac{1}{W} \dots\dots\dots (5)$$

- C_i : 試料中の各異性体濃度 (pg/g)
- Q_i : 試料抽出液全量中の各異性体の量 (pg)
- Q_t : 操作ブランク抽出液全量中の各異性体の量 (pg)
- W : 試料量 (g)

(3) 検出下限及び定量下限

1) 装置の検出下限 (EDL) 及び定量下限 (EQL)

最低濃度の検量線作成用標準液を SIM 測定し、各測定対象物質を定量する。この操作を 5 回繰り返して、得られた測定値から式 (6) によって標準偏差を求め、その 3 倍を装置の検出下限、10 倍を装置の定量下限とする。

ここで得られた装置の検出下限が、PCDDs、PCDFs の四、五塩素化物で 0.1 pg、六、七塩素化物で 0.2 pg、八塩素化物で 0.5 pg、コプラナー-PCBs で 0.2 pg を超える場合には、装置の調整及び測定条件の変更などを行い、これらの値以下になるようにする。

この装置の検出下限及び定量下限は、時々確認し、常に十分な感度を得られるように管理する。また、使用する設定を変更した場合には、必ず確認する。

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (6)$$

- s : 測定値の標準偏差 (pg)
- x_i : 各測定対象物質の測定値 (pg)
- \bar{x} : 測定値の平均 (pg)
- n : 測定回数

2) 分析方法の検出下限 (MDL) 及び定量下限 (MQL)

試料測定に用いるのと同量の抽出液に、式 (7) によって算出した量の標準物質と通常量

のクリーンアップスパイクを添加し、前処理、GC-MS での測定、同定及び定量を行う。これを 5 回行い、得られた測定値の標準偏差を式 (6) によって求め、その 3 倍を分析方法の検出下限、10 倍を分析方法の定量下限とする。

この分析方法の検出下限及び定量下限は、時々確認し、常に十分な値が得られるように管理する。また、分析方法を変更した場合には、必ず確認する。

$$Q = EQL \times \frac{v}{v_i} \dots\dots\dots (7)$$

- Q : 標準物質の添加量 (pg)
- EQL : 装置の定量下限 (pg)
- v : 測定用試料の液量 (μl)
- v_i : GC-MS 注入量 (μl)

3) 試料における検出下限 (SDL) 及び定量下限 (SQL)

分析方法の検出下限及び定量下限をもとに式 (8) 及び (9) によって試料における検出下限及び定量下限を算出する (注58)

ここで得られる試料における検出下限及び定量下限が、目的を達成するのに充分かどうか検討し、それを上回るようであれば、試料量や分析方法の変更などを行い、それらの値以下になるようにする (注62)

$$SDL = MDL \times \frac{v}{v_i} \times \frac{1}{W} \dots\dots\dots (8)$$

$$SQL = MQL \times \frac{v}{v_i} \times \frac{1}{W} \dots\dots\dots (9)$$

- SDL : 試料における検出下限 (pg/g)
- SQL : 試料における定量下限 (pg/g)
- MDL : 分析方法の検出下限 (pg)
- MQL : 分析方法の定量下限 (pg)
- v : 測定用試料の液量 (μl)
- v_i : GC-MS 注入量 (μl)
- W : 試料量 (g)

4) 測定時における検出下限 (ADL) 及び定量下限 (AQL)

対象ピークあるいは対象ピーク出現予定保持時間の近傍のノイズ幅 (4-8 (2) 1) 参照) をもとに、その 3 倍の高さに相当するピークの面積を標準液のクロマトグラムから推定し、その面積を用いて式 (4) からその量を算出する。続いて式 (5) により試料中濃度に換算し、これを測定時における検出下限とする。同様にノイズ幅の 10 倍の高さに相当するピーク的面積から測定時における定量下限を算出する。

測定時における検出下限及び定量下限は、試料における検出下限及び定量下限以下であることが望ましい。大きく超える場合には、問題を取り除き、再測定あるいは再分析を行う。

4-9 結果の報告

(1) 結果の表示方法

特に指定がない場合は、以下による。

PCDDs 及び PCDFs については、最低限、2,3,7,8-位塩素置換異性体の 17 種類の濃度を記載する。追加項目として、同族体ごとの合計濃度、PCDDs 濃度の総和、PCDFs 濃度の総和を記載する。必要に応じて、その他の異性体濃度も記載する (注63)。

コプラナーPCBs については、最低限表 4-5-1に示した 12 種の異性体の濃度を記載する。追加項目として、コプラナーPCBs 濃度の総和を記載する。必要に応じてその他の異性体濃度も記載する。

各異性体の濃度は、試料における定量下限 (SQL) 以上の値は、そのまま記載し、試料における検出下限 (SDL) 以上で定量下限 (SQL) 未満の値は、定量下限以上の値と同等の精度が保証できない値であることが分かるような表示を加えて記載する。試料における検出下限 (SDL) を下回ったものは、不検出を示す表示を記載する。また、全ての異性体について試料における定量下限 (SQL) 及び検出下限 (SDL) の値を別途記載する。

様式の例を表 4-9-1及び表 4-9-2に示す。

表4-9-1 測定結果の記載例（最小限の項目）(WHO,2006TEF)

化合物名称	実測濃度 (pg/g-wet)	毒性等価係数 TEF (哺乳類)	毒性当量 (pg-TEQ/g-wet)	試料における 定量下限	試料における 検出下限
2,3,7,8-TeCDD		1			
1,2,3,7,8-PeCDD		1			
1,2,3,4,7,8-HxCDD		0.1			
1,2,3,6,7,8-HxCDD		0.1			
1,2,3,7,8,9-HxCDD		0.1			
1,2,3,4,6,7,8,-HpCDD		0.01			
OCDD		0.0003			
2,3,7,8-TeCDF		0.1			
1,2,3,7,8-PeCDF		0.03			
2,3,4,7,8-PeCDF		0.3			
1,2,3,4,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,6,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,7,8,9-HxCDF		0.1			
2,3,4,6,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF		0.01			
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF		0.01			
OCDF		0.0003			
3,3',4,4'-TeCB (77)		0.0001			
3,4,4',5'-TeCB (81)		0.0003			
3,3',4,4',5'-PeCB (126)		0.1			
3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)		0.03			
2,3,3',4,4'-PeCB (105)		0.00003			
2,3,4,4',5'-PeCB (114)		0.00003			
2,3',4,4',5'-PeCB (118)		0.00003			
2',3,4,4',5'-PeCB (123)		0.00003			
2,3,3',4,4',5-HxCB (156)		0.00003			
2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)		0.00003			
2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)		0.00003			
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)		0.00003			

合計

表4-9-2 測定結果の記載例（多項目）(WHO,2006TEF)

化合物名称	実測濃度 (pg/g-wet)	毒性等価係数 TEF (哺乳類)	毒性当量 (pg-TEQ/g-wet)	試料における 定量下限	試料におけ る検出下限
2,3,7,8-TeCDD		1			
1,2,3,7,8-PeCDD		1			
1,2,3,4,7,8-HxCDD		0.1			
1,2,3,6,7,8-HxCDD		0.1			
1,2,3,7,8,9-HxCDD		0.1			
1,2,3,4,6,7,8,-HpCDD		0.01			
OCDD		0.0003			
2,3,7,8-TeCDF		0.1			
1,2,3,7,8-PeCDF		0.03			
2,3,4,7,8-PeCDF		0.3			
1,2,3,4,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,6,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,7,8,9-HxCDF		0.1			
2,3,4,6,7,8-HxCDF		0.1			
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF		0.01			
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF		0.01			
OCDF		0.0003			
3,3',4,4'-TeCB (77)		0.0001			
3,4,4',5-TeCB (81)		0.0003			
3,3',4,4',5-PeCB (126)		0.1			
3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)		0.03			
2,3,3',4,4'-PeCB (105)		0.00003			
2,3,4,4',5-PeCB (114)		0.00003			
2,3',4,4',5-PeCB (118)		0.00003			
2',3,4,4',5-PeCB (123)		0.00003			
2,3,3',4,4',5-HxCB (156)		0.00003			
2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)		0.00003			
2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)		0.00003			
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)		0.00003			
1,3,6,8-TeCDD					
1,3,7,9-TeCDD					
1,2,3,4-TeCDD					
1,2,3,6,8-PeCDD					
2,4,6,8-TeCDF					
1,2,7,8-TeCDF					
1,2,4,6,8-PeCDF					
1,2,4,6,8,9-HxCDF					
1,2,3,4,6,8,9-HpCDF					
TeCDDs					
PeCDDs					
HxCDDs					
HpCDDs					
TeCDFs					
PeCDFs					
HxCDFs					
HpCDFs					
PCDDs					
PCDFs					
コプラナー-PCBs					
合計					

(2) 濃度の単位

濃度は、湿重量当りおよび脂肪重量当り（注64）の pg/g で表示する。

(3) 毒性当量（TEQ）への換算

4-9(1)の各異性体濃度に、表 4-9-3に示す毒性等価係数（TEF）を乗じて pg-TEQ/g として表示する。この場合も、湿重量当りあるいは脂肪重量当りのどちらか、また何れの TEF を用いたかが分かるように明記する。

算出した各異性体の毒性当量を合計し、試料の毒性当量とする。

合計しようとする異性体の中に試料における定量下限（SQL）未満の値が含まれる場合には、試料における定量下限（SQL）未満のものは0（ゼロ）として合計する。

試料における検出下限（SDL）未満のものは SDL の値に TEF を乗じ、それ以外のものは TEF をそのまま乗じて合計する。試料における検出下限（SDL）未満のものは SDL の 1/2 に TEF を乗じ、それ以外のものは TEF をそのまま乗じて合計する。の何れかの方法で算出し、どちらの方法で毒性当量を算出したかを明記する。

表4-9-3 ダイオキシン類の毒性等価係数 (WHO,2006TEF,1998TEF,1998TEF)

		人, 哺乳類	鳥類	魚類
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	1	1	1
	1,2,3,7,8-PeCDD	1	1	1
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.05	0.5
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.01	0.01
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.01
	1,2,3,4,6,7,8,-HpCDD	0.01	<0.001	0.001
	OCDD	0.0003	0.0001	<0.0001
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	0.1	1	0.05
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.03	0.	0.05
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.3	1	0.5
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	0.01
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01
	OCDF	0.0003	0.0001	<0.0001
コプラナー PCBs	3,3',4,4'-TeCB (77)	0.0001	0.05	0.0001
	3,4,4',5-TeCB (81)	0.0003	0.	0.0005
	3,3',4,4',5-PeCB (126)	0.1	0.1	0.005
	3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	0.03	0.00	0.00005
	2,3,3',4,4'-PeCB (105)	0.00003	0.0001	<0.000005
	2,3,4,4',5-PeCB (114)	0.00003	0.000	<0.000005
	2,3',4,4',5-PeCB (118)	0.00003	0.00001	<0.000005
	2',3,4,4',5-PeCB (123)	0.00003	0.0000	<0.000005
	2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	0.00003	0.0001	<0.000005
	2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	0.00003	0.0001	<0.000005
	2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	0.00003	0.00001	<0.000005
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	0.00003	<0.0000	<0.000005
	その他のダイオキシン類	0	0	0

(4) 数値の取り扱い

特に指定がない場合は、以下による。

試料の検出下限 (SDL) は JIS Z 8401 の規定によって数値を丸め、有効数字 1 桁で表示する。定量下限 (SQL) は JIS Z 8401 の規定によって数値を丸め、検出下限 (SDL) の桁まで表示する。

各異性体の実測濃度、同族体ごとの合計濃度及び各化合物の濃度の総和は、JIS Z 8401 の規定によって数値を丸め、有効数字 2 桁で表示する。ただし、各異性体の実測濃度は検出下限 (SDL) の桁までとし、それより下の桁は表示しない。また、合計の計算を行うものについては、合計される数値のうちの最大の有効桁までとし、それより下の桁は表示しない。

個々の毒性当量は JIS Z 8401 の規定によって、実測濃度と同じ有効数字で丸める。それぞれの合計値は JIS Z 8401 の規定によって数値を丸め、有効数字 2 桁で表示す

る。ただし、合計される数値のうちの最大の有効桁までとし、それより下の桁は表示しない。

“ < ” の表示のある TEF を持つ異性体は、毒性当量に “ < ” を付けて表示し、合計の計算にはそのままの値を用い、合計の値には “ < ” を付けて表示する。また、毒性等価係数を 0 とした場合の合計の値を括弧付きで表示する。

なお、計算過程のいずれの段階においても丸めの操作は行わず、表示のときのみ丸めの操作を行う。

4-10 測定データの品質管理

ダイオキシン類の分析にあたっては、超高感度分析が要求されるばかりでなく、多数の異性体を分離・定量するので、極めて高度な精度が要求されるため、精度の管理を十分に行う必要がある。測定依頼者の品質管理規定を遵守するよう注意されたい。
(図 4-10-1 参照。)

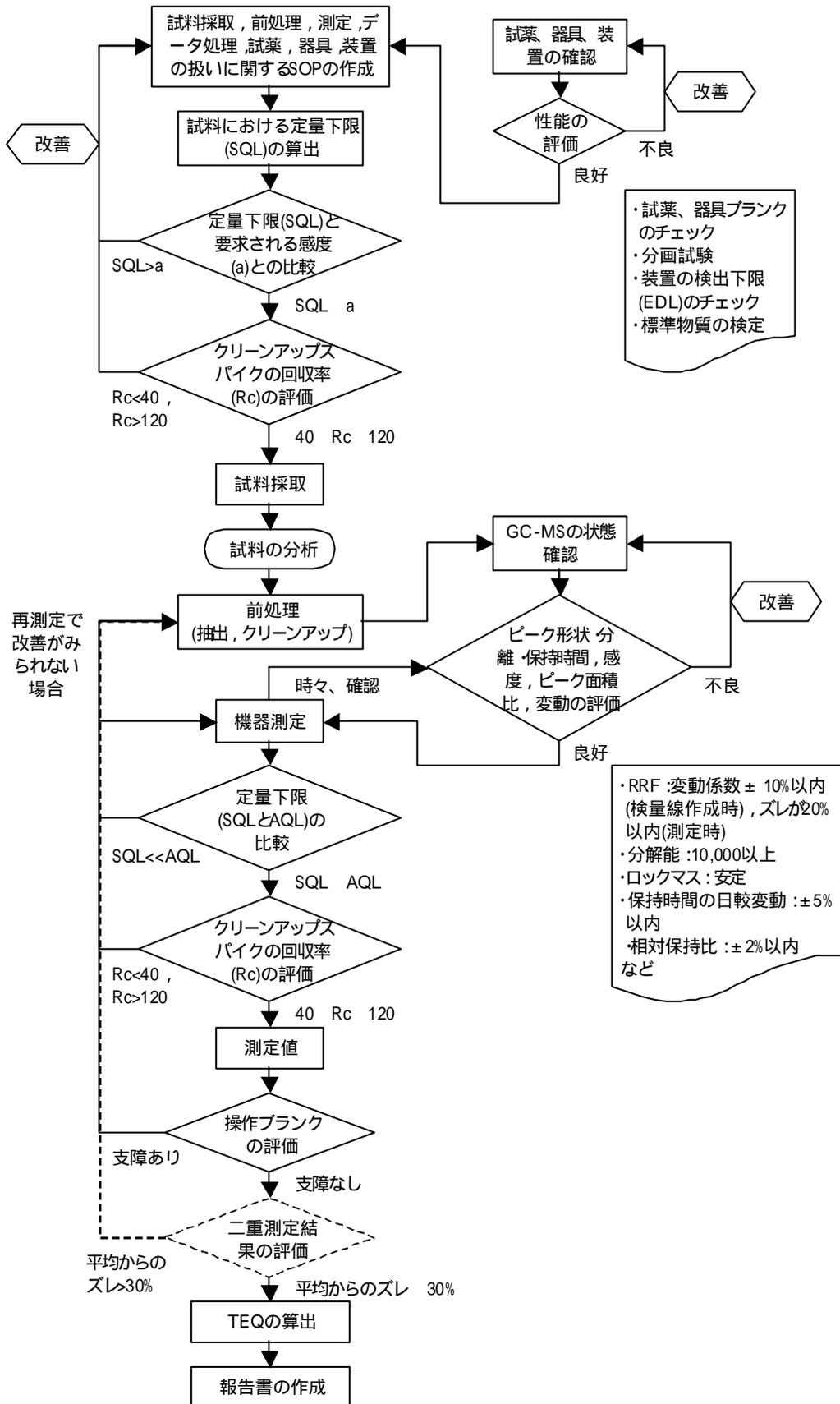


図4-10-1 精度管理の概要

測定データの品質管理は、標準作業手順（SOP； Standard Operation Procedure）の作成、分析方法の妥当性の評価及び分析時の信頼性の評価によって行われる。これらの作業は、実際の分析に先立って行う。

（１）標準作業手順（SOP）の作成

試験機関においては、次の項目等について作業手順を設定しておく。この作業手順は、具体的で分かりやすいこと及び関係者に周知徹底しておくことが必要である。

試料採取用器具等の準備、メンテナンス、保管及び取り扱い方法。

前処理用試薬類の準備、精製、保管及び取り扱い方法。

分析用試薬、標準物質等の準備、標準溶液の調製、保管及び取り扱い方法。

分析機器の分析条件の設定、調整、操作手順、維持管理の記録（注65）。

分析方法全行程の記録（使用するコンピュータのハード及びソフトを含む）。

異常値（基準を超えた値）が出た場合の対処方法及びその基準。

（２）分析方法の妥当性の評価

本マニュアルは、ダイオキシン類に対してすでに開発された実績のある測定方法のうち、検証試験によってその基本的性能が確認できた測定方法を提示したものである。しかし、新規に開発されたり、本マニュアルには採用されていないが一般に用いられており、本マニュアルに示した測定方法と同等の性能を有する方法は有効に活用されるべきである。

しかし、今後採用される方法としては、以下に示す事項について十分な検討がなされる必要がある。

1) 前処理（抽出）

- a) 様々な状況に応じて抽出効率が良く、安定した方法であるか。
- b) 添加した内標準物質（クリーンアップスパイク）の回収は十分か、また実際の試料中に存在する測定対象成分の抽出効率は十分か。

2) 前処理 (クリーンアップ)

- a) 試薬・器具のブランク値の確認。
- b) 各クロマトグラフィの分画条件の確認。
- c) 確実に効果的にクリーンアップできるか。
- d) 実試料で確認される可能性のある妨害成分の影響を分離・除去できるか。

3) GC-MS 分析

- a) 異性体分離能は良いか。異性体・同族体の重なりに対して対処できるか。
- b) GC-MS の校正、試料の濃度範囲と定量可能範囲 (検量線) の応答性の確認。
- c) 装置の検出感度とその変動 (ドリフト) の確認。
- d) 質量分析計の使用分解能が $m/z > 10,000$ であるか。
- e) ダイナミックレンジの確認。

4) 同定・定量

- a) 操作ブランク値の確認。
- b) 検出下限及び定量下限は、目的を果たすのに充分であるか。
- c) 同一試料についての再現性は良好か。

また、本マニュアルに示す分析精度の各管理目標を満たし、かつ、システム全体として 50% 以内の誤差で精度が確保される必要がある。更に複数の機関による検証試験の結果が公表され、ダイオキシン類に対する測定方法として広く認められることが望ましい。

(3) 分析時の信頼性の評価

1) 標準物質及び内標準物質

測定値は、採取試料と標準物質の測定結果を比較することによって得られるため、測定値の信頼性を確保するためには、可能な限りトレーサビリティの保障された標準物質を用いる必要がある。またこれらの標準物質は、溶媒の揮散等によって濃度変化がないようにガラス製の密閉容器に入れ、冷暗所にて厳重に保管し、保管・使用の記録をつける。

内標準物質は以下の操作を確認するために用いる。

前処理操作の結果を確認するために用いるクリーンアップスパイク。

GC-MS への試料液の注入を確認するために用いるシリンジスパイク。

したがって、クリーンアップスパイク、シリンジスパイクはそれぞれ別の安定同位体標識の異性体を用いる。また、クリーンアップスパイクとして全ての種類の分析対象物質に対してその安定同位体標識化合物を用いることが望ましい。

これらの内標準物質は、質量分析計の設定分解能によっては分析に妨害を与える場合があるので、その使用に際しては妨害しない条件を十分に検討・確認しておく。

2) 前処理時の信頼性の評価

試料の保管・運搬

試料保管に使用する器具等は洗浄し、器具等からの汚染を十分に低減する。試料の保管は周囲空気からの汚染や、周囲への漏洩を防ぐために密閉する。また、試料の保管・運搬時も遮光する。

試料調整

試料調整に必要な器具類、材料及び試薬等は、あらかじめ測定に妨害を及ぼすことがないことを確認するとともに、ブランク値を可能な限り低減するように配慮する。

試料調整に当たっては、常に同一の品質を維持するために、器具類、材料及び試薬等の管理方法について規格化しておき、その規格についての説明ができるようにしておく。

前処理操作の信頼性の確保

前処理終了後、試料溶液に着色がなく、不溶性成分が目視で確認できない状態まで十分にクリーンアップを行う。着色や残さが認められる場合には、キャピラリーカラムにおける成分の分離能の低下、装置のイオン源の汚染に伴う感度変動等による精度の低下、さらに質量校正用標準物質による正確なチューニングの妨害等の原因となる。

a) クリーンアップスパイク

クリーンアップスパイクは、予想される対象物質濃度と同程度になるように添加することが望ましい。しかし、通常、試料に含まれる量は未知であるので、報告のある類似の試料からその濃度を類推する。特に、添加量が対象物質に対して多すぎる場合には、クリーンアップスパイク自身が、測定の妨害になる恐れがあるので注意が必要である。また、本マニュアルでは、抽出を含めた全ての操作におけるダイオキシン類の損失をトレースするために、試料抽出前にクリーンアップスパイクを添加する。

b) アルカリ分解

ある条件下では、アルカリ分解処理によって、置換塩素数の多いダイオキシン類の脱

塩素反応が起きることが知られている。処理中、高温や強烈な光の照射は避けるべきである。また、エマルジョンの発生は、回収率の低下を招くおそれがあるので、極力予防しなければならない。

c) カラムクロマトグラフィ

カラムクロマトグラフィにおいて、分画条件は使用する充てん剤の種類や活性度、あるいは溶媒の種類及び量によって異なるので、あらかじめ標準物質等の分画試験を行って条件を決めなければならない。特にアルミナカラムクロマトグラフィについては、アルミナの吸着性能は製造ロットや開封後の保存状態及び保存期間によってかなり変化が認められる。活性の低下したものでは、3,4,4',5-TeCB (81)、1,3,6,8-TeCDD 及び 1,3,6,8-TeCDF 等が先に溶出する場合がある。また OCDD や OCDF は規定量の溶媒では溶出しきらない場合もあり、これらについても分画試験で確認する。

3) 測定の信頼性の評価

GC-MS の感度及び安定性の評価

GC-MS 測定時には以下の項目に注意し、問題があれば、それを取り除き、常に良好な状態で試料の測定を行わなければならない(注66)。各設定条件、測定試料情報、保守作業及び異常時対処内容を記録し保存しておく。

- a) 装置の検出下限 (EDL) が、PCDDs、PCDFs の四、五塩素化物で 0.1 pg、六、七塩素化物で 0.2 pg、八塩素化物で 0.5 pg、コプラナーPCBs で 0.2 pg 以下であるか。
- b) 全ての測定質量範囲で、分解能 10,000 以上が維持できているか。
- c) ロックマスが安定か (ゆらぎや落ち込みがないか)。
- d) 検量線に直線性があるか。予想される試料液濃度範囲に対して充分か。
- e) RRFcs 及び RRFrs の変動係数は、10% 以下か (検量線作成時) (注54)。試料測定時の各 RRF の変化は、検量線作成時に対して $\pm 20\%$ 以内か。(注56)
- f) 測定対象物質のピーク形状は良好か。また、他の異性体との分離は充分か。
- g) 測定対象物質のピークの GC 保持時間の一日の間の変化量は $\pm 5\%$ 以内か。または内標準物質との相対保持比が $\pm 2\%$ 以内か。

操作ブランク値の測定

操作ブランク試験は、試料の調製及び測定操作に起因する汚染を確認し、試料の分析に支障のない測定環境を設定するために行うものである。

操作ブランク値が高いと試料における定量下限が上がるだけでなく、測定値の信頼性を低下させる。したがって、極力、操作ブランク値の低減をはかり、そのレベルを維持管理することが大切である。

二重測定

試料数の 10 % 程度の頻度で二重測定を行うことが望ましい。しかし、二重測定用の試料が得られない場合は、十分な検討をしておき、必要に応じデータを提示できるようにしてあれば省略してもよい。

前処理操作及び機器分析における総合的な信頼性を確保するために、十分に均一化した試料から同程度の量を秤量した 2 つ以上の試料について同様に分析し、2,3,7,8 位塩素置換 PCDDs 及び PCDFs (17 種) とコプラナー PCBs の定量下限以上の測定値について、その平均値を求め、個々の測定値が平均値の $\pm 30\%$ 以内であることを確認する。この判定基準値 (30 %) を超えた場合は、再測定、再分析の順で行う。その何れも判定基準を超えた場合は、原則として欠測扱いとする。

回収率の評価

クリーンアップスパイクの回収率を確認し、各クリーンアップスパイクの回収率が 40 ~ 120 % の範囲内でない場合には、再度、試料の抽出からやり直す必要がある。

その結果、回収率が規定の範囲に達しない場合は、分析方法に問題があるとみなし、原則として欠測扱いとする。その場合、原因を究明し、問題を取り除く必要がある。

4) 異常値、欠測値の取り扱い

分析機器の感度の変動が大きい場合、試料に二次汚染が認められる場合、二重測定の結果が大きく異なる場合等は、測定値の信頼性に問題があるため、再測定や再分析を行ったり、欠測扱いとして再度試料の採取を行うこと等を示した。このような問題が起こると、多大な労力、時間、コストがかかるだけでなく、異常値や欠測値が多くなると、調査結果全体の評価に影響するため、事前のチェックを十分に行う等、異常値や欠測値を出さないように注意する。また、異常値や欠測値が出た経緯を十分に検討し、記録に残して、以後の再発防止に役立てることが重要である。

5) 測定操作の記録

以下の情報を記録し、整理・保管しておく。

試料の保管、調整及び前処理に使用する装置や器具の調整及び操作。

試料容器の準備、取り扱い及び保管の状況。

分析装置の調整、校正及び操作。

測定値を得るまでの各種の数値。

6) 精度管理に関する報告

精度管理に関する以下の情報を記録し、データと共に報告する。

SOPに規定されていること。

- a) 日常的点検、調整の記録(装置の校正等)
- b) 標準物質等のメーカ及びトレーサビリティ、分析機器の測定条件の設定と結果。

検出下限及び定量下限の測定結果。

操作ブランク試験の結果。

前処理操作等の回収試験の検証結果。

分析機器の感度の変動。

測定操作記録(試料採取から前処理・分析に関する記録)

4-11 安全管理

(1) 管理区域

ダイオキシン類は非常に有害であるので、全てその取り扱いは下記に示す実験室を有する管理区域内で行い、吸引や直接皮膚への接触を避け、かつ前処理室や分析室の換気及び廃液や廃棄物の管理は十分に行う。

実験室

実験室は、前室、前処理室、測定室等のように役割毎に2~3のエリアに仕切っていることが望ましい。各エリアは、室内圧力を-20~-50 Pa程度の負圧に保ち、室内の空気が外部に漏れないようにすることが望ましい。

実験室への出入

実験室への出入は、関係者に限定し、実験室のドアに関係者以外立入禁止の表示を行う。

実験室の排気、排水

実験室の換気は、排気装置やドラフトチャンバー等により行い、排気された空気は活性炭フィルター等の処理装置により処理した後、排出する。実験室からの排水は、活性炭処理槽等を通して有害物質を除去した後、排出する。

(2) 安全作業基準

ダイオキシン類の分析だけでなく、分析に使用する薬品、溶媒等は吸引や飲み込みにより分析者の健康を損なうものがあるので、取り扱いは慎重に行う。

実験室での業務

実験室内では専用の実験衣を着用し、作業中は手袋や安全眼鏡等を用いる。

標準物質の取り扱い

全ての標準物質、標準溶液の目録を作成し、全ての標準物質、標準溶液は二重栓容器に入れ、冷蔵庫に保管する。

試料の取り扱い

分析用試料は密封して保管し、濃縮した抽出液は密閉できる容器に入れて冷蔵保管する。

廃棄物の処理・保管

有害化学物質測定に伴い発生する廃棄物は、安全の確認されているものを除いて管理区域外に持ち出さない。有害固形廃棄物（手袋、マスク、紙タオル、活性炭フィルター等）は、密封可能な容器に入れて保管し、有害液体廃棄物（廃溶剤や真空ポンプの廃オイル等）は専用の密封容器に入れて保管する。

作業記録

a)実験室立入者の記録、 b)分析従事者の作業時間等の作業日報への記録、 c)標準溶液について物質名、数量、濃度、入手先、供与先及び使用状況の記録、 d)廃棄物の保管状況や処理状況の記録、 e)その他必要と考えられる事項の記録を行う。

健康診断

有機溶媒等を使用するため労働安全衛生法に定められた特定化学物質に係る定期的健康診断の実施とダイオキシン類等の影響に対する、血清中のトリグリセライド、コレステロール等についての診断を実施する。

(注1) 生物種により、ダイオキシン類に対する蓄積性には大きな違いがあるため、対象とする生物種の選定には、注意が必要である。例えば、イカ、タコ、貝類、甲殻類、昆虫等の無脊椎動物は、一般にダイオキシン類を代謝せず、環境中の異性体濃度を比較的直接反映する。一方、哺乳類、鳥類をはじめとする脊椎動物の多くは、ダイオキシン類を代謝排泄する能力を有しているものの、異性体によりその程度が異なるため、環境中の異性体濃度をそのまま反映するとはいえない。通常、それらの高

等生物からは2,3,7,8-位塩素置換PCDDsやPCDFsとコプラナーPCBsが多く検出され、その他のダイオキシン類が検出されることは稀である。さらに、それらから検出されるコプラナーPCBsの濃度は、PCDDs、PCDFsよりも1~3桁高いことが普通である。

(注2) シリカゲルカラムクロマトグラフィ用として、ワコーゲル-S1(和光純薬)、シリカゲル60(メルク)等がある。硫酸シリカゲル、硝酸銀シリカゲル等の担体用としては、ワコーゲルDX(和光純薬)、シリカゲル60(メルク)等が適している。

(注3) 各社から調整済みの化学被膜シリカゲルが販売されている。

(注4) アルミナカラムクロマトグラフィ用として、中性アルミナ(和光純薬)、酸化アルミニウム90塩基性活性度I(メルク)、アルミナB-Super I(ICN)等がある。

(注5) 活性炭(シリカゲル)カラムクロマトグラフィ用として、活性炭埋蔵シリカゲル(和光純薬)、活性炭分散シリカゲル(関東化学)、Carboxen 1000、1016(スペルコ)等がある。

(注6) ケンブリッジ・アイソトープ・ラボラトリ(CIL)やウェリントンより入手可能である。

(注7) 各種の希釈済み混合溶液が、ケンブリッジ・アイソトープ・ラボラトリ(CIL)やウェリントンより販売されている。

分析者が自分で希釈する場合は、誤差の少ない定容器具を使い、希釈回数を3回以下にすることが望ましい。作業中、被爆や汚染事故を起こさないよう十分に配慮する。希釈に使用する溶媒は、トルエン、ノナン、デカン、イソオクタンなどが一般的である。

(注8) クリーンアップスパイク、シリンジスパイクはそれぞれ別の安定同位体標識の異性体を用いる。クリーンアップ用の内標準物質として、全ての化合物に対してその安定同位体標識化合物を用いることが望ましい。一方、コプラナーPCBsについては分析対象全てに対応する安定同位体標識化合物を使用することが望ましい。シリンジスパイクには、クリーンアップスパイクで使用した以外の内標準物質を用いる。

これらの内標準物質は、質量分析計の設定分解能によっては分析に妨害を与える場合があるので、その使用に際しては妨害しない条件を十分に検討・確認しておく必要がある。

(注9) PCDDs及びPCDDs測定用とコプラナーPCB測定用は別に調整することが望ましい。一般に高等野生生物から検出されるダイオキシン類の中ではコプラナーPCBsがPCDDs、PCDFsよりも1~3桁程度高濃度であることから、検量線作成用標準液の濃度段階は、コプラナーPCBsの方をPCDDs、PCDFsより高く設定した方がよい。

(注10) シリンジスパイクは、全ての濃度段階の検量線作成用標準液に入れる必要はない。

-
- (注11)カラムクロマトグラフィにおいて使用する充てん剤や溶媒の種類及び量は標準物質の分画試験を行って決めなければならない。また、試料量や妨害成分の量に応じて、カラムサイズや試薬の充てん量を調節する必要がある。活性を保つために、各クロマトカラムは、処理の直前に作成することが望ましい。
- (注12)この他の多検体同時濃縮器として、ターボバップシリーズ（ツァイマーク（Zymark））やシンコア（Syncore）シリーズ（ビュッヒ）等がある。
- (注13)PCDDs、PCDFsについては内面にシアノプロピル系の強極性の液相を被覆したものの。コプラナーPCBsでは、メチル（フェニル）シロキサン系無極性カラムや微極性カラムが一般的で、最近ではカルボラン-シロキサンをベースにしたカラムも用いられる。
- シアノプロピル系カラムとして、SP-2331（スペルコ）、CP-SIL 88（クロモパック、バリアン）等がある。メチル・フェニルシロキサン系カラムとして、DB-5、DB-5ms、DB-17（J&W）、PTE-5（スペルコ）、BPX-5、BPX-50（SGE）等がある。また、カルボラン-シロキサン系カラムとして、HT-8（SGE）等がある。
- (注14)操作ブランク試験は、試験液の調整または分析機器への導入操作等に起因する汚染を確認し、試料の分析に支障のない環境を設定し、分析値の信頼性を確保するために行うものであり、試料の分析と同時に行う。
- 操作ブランクの確認は、検出下限を超える場合には、器具の再洗浄や機器の調整を行い、操作ブランク値の低減に努める。
- (注15)清浄なハサミ、ナイフ、フードカッター等である程度細かくした後、ポリトロン、ヒスコトロン、ウルトラタックス等で均一化するとよい。
- (注16)測定装置の検出下限及び注入割合等により、試料量を調整する必要がある。例えば、本マニュアルにおいて要求している装置の検出下限は、四、五塩素化PCDDs、PCDFsで0.1 pgであるが、注入割合を1/50、回収率を100%とすると、1 gの試料量では、5 pg/gの検出下限（SDL）、20 gでは0.25 pg/gの検出下限（SDL）になる。
- (注17)クリーンアップスパイクは、予想される対象物質濃度と同程度になるように添加することが望ましい。しかし、通常、試料に含まれる量は未知であるので、報告のある類似の試料からその濃度を類推する。特に、添加量が対象物質に対して多すぎると場合には、クリーンアップスパイク自身が、測定の妨害になる恐れがあるので注意が必要である。また、本マニュアルでは、抽出を含めた全ての操作におけるダイオキシン類の損失をトレースするために、試料抽出前にクリーンアップスパイクを添加する。
- (注18)アルカリ分解抽出法は従来多用されてきた方法である。しかしながら、アルカリ・アルコール分解によって、高塩素化合物で脱塩素反応が起こることが知られているので、高塩素化合物の回収率が低い場合や、穏やかな条件ではアルカリ分解が不十分でエマルジョンが生成したり、精製に多大な労力を要するような試料では、ピロ

-
- ガロール添加アルカリ分解抽出法を用いるとよい。また、農薬等でアルカリ分解を行えない他の化合物も同時に測定する必要がある場合は、脂肪抽出・アルカリ分解法やソックスレー抽出法を採用するとよい。その他の抽出法として、高速溶媒抽出装置（ダイオネクス ASE シリーズ、アプライドセパレーション PSE シリーズ）、自動ソックスレー（ピュッヒ B-811、B-815、ゲルハルト Soxtherm シリーズ）等の機器を用いた手法も利用可能である。使用溶媒の削減、所要時間の短縮、省力化の観点から、機器による分析の自動化も検討されるべきである。
- (注19) 本マニュアルでは、試料量を 20 g として、試薬量及び条件を設定してある。試料量に合わせてそれらを変える必要がある。
- (注20) アルカリ・アルコール分解によって、高塩素置換化合物で脱塩素反応が起こることが知られているので、アルカリ分解の時間や温度等の条件に注意する。
- (注21) エマルジョンが生成しないように注意する。エマルジョンが生成した場合には、塩濃度を上げる、加温する、遠心分離する等して対処する。メタノールの添加はエマルジョンの除去に有効であるが、脱水操作時には、水層にメタノールが残留しないようにする必要がある。
- (注22) ピロガロールは酸素と反応するので、密栓後はアルカリ分解液を分液ロートに移すまでふたを開けてはいけない。
- (注23) 細切が十分であれば、10 分経過時には固体はほとんど存在しない。脂肪の多い試料では、脂肪が分離することがあるので、時々激しく攪拌して、分解液と十分に混合する必要がある。
- (注24) 三角フラスコに着色が残る場合は、少量の純水で着色がなくなるまで洗い込む。その後、80 ml のヘキサンのうちの少量で数回洗い込む。
- (注25) ピロガロールはダイオキシン類の分解を遅延させることはできても、分解を完全に抑制できるわけではないので、水洗の操作までは手順どおり速やかに行う。たんばく質の多い試料で、エマルジョンが発生する場合は 2 % 塩化ナトリウム水溶液を用いて水洗する。水洗の 1、2 回目は振とうしないように、回転するように穏やかに揺り動かすようにして行い、3 回目以降は軽く混ぜて行う。
- (注26) 自動ソックスレー（ピュッヒ B-811、B-815、ゲルハルト Soxtherm シリーズ）等の機器を用いた手法も利用可能である。
- (注27) ガラス繊維あるいは石英繊維製のものを使用し、使用に先立ち、アセトン及びトルエンで洗浄するか、電気炉で数時間加熱しておく。
- (注28) 他の溶媒の使用に関して、検討の余地がある。
- (注29) 1 本の抽出容器（セル）に入りきらない場合は、数本に分け、全量が抽出セルに入るように調製する。珪藻土（ハイドロマトリクス）の量は、試料の水分量に応じて調製する。
- (注30) 溶媒量や各条件は、装置の仕様によって異なる。

-
- (注31) ここで示す各処理における試薬及び溶媒の量は、一つの目安であり、各条件は使用者が最適に設定することが望ましい。特に、カラムクロマトグラフィの分画条件は、吸着剤の製品差、ロット差、環境条件によって変化するので、適宜確認しておくことが望ましい。
- (注32) 試料液中の有機物（夾雑物）量が少ない場合には、カラムクロマトグラフィに市販のカートリッジカラムも利用可能である。各社から様々なものが入手できる。ただし、この場合、カラム基材等からの溶出成分が、GC-MS 測定時に、妨害ピークとして現れたり、ベースラインの上昇をもたらすことがあるので、事前にそれらの問題を解消しておかなくてはならない。
- (注33) 多層カラムと活性炭（シリカゲル）カラム、あるいは硫酸カラムと活性炭（シリカゲル）カラムを連結して行う方法もある。この場合、上に多層カラムか硫酸カラム、下に活性炭（シリカゲル）カラムという構成になる。ヘキサンを規定量流下した後、上側のカラムを取り除き、活性炭（シリカゲル）カラムにトルエン等を流下し、コプラナーPCBs 及び PCDDs/PCDFs を回収する。
- (注34) 1、2 回目の硫酸処理時には、エマルジョンが生成するので、振とうしてはならない。有機物濃度が低くなってから振とうする。エマルジョンが生成した場合は、遠心分離を行うか、長時間（一晚程度）放置する。
- (注35) チャネリング、ひび割れ等の問題がなく、分画が正常に行われるのであれば、この速度である必要はない。カラム上端側から加圧する、あるいは下側から吸引し、流下速度を速め、溶出時間を短縮する方法もある。
- (注36) 硫酸シリカゲルカラムあるいは多層シリカゲルカラム処理では、有機物含量が多い場合、反応物によってカラムが詰まる恐れがあるので、カラム内径を大きくする、硫酸濃度を下げ充てん量を増やす等の対応が必要となる。
- (注37) アルミナの吸着性能は製造ロットや開封後の保存状態及び保存期間によってかなり変化が認められる。
- (注38) この画分にモノオルト PCBs が溶出してくることがあるので、測定が完了するまでこの画分を保存しておくことが望ましい。
- (注39) GC キャピラリーカラムでコプラナーPCBs 異性体とその他の PCBs 異性体の分離が可能であれば、先の PCBs 画分と合わせて測定してもよい。
- (注40) 活性の低下したものでは、1,3,6,8-TeCDD 及び 1,3,6,8- TeCDF 等が先のコプラナーPCBs 画分に溶出する場合がある。また OCDD や OCDF は規定量の溶媒では溶出しきらない場合もあり、これらについても分画試験で確認する。
- (注41) 乾式充てんの場合は、ヘキサンで洗浄する必要はない。
- (注42) 活性炭（シリカゲル）カラムクロマトグラフィ処理の前に、試験液量を 0.5～1 ml 程度まで濃縮しておく。試験液をカラムに入れる際には、カラム内壁に液がつかないようにする。

-
- (注43) 試験液を活性炭(シリカゲル)に充分保持させるためには、洗い込みに使用するヘキサンの量は極力少なくする必要がある。放置時間は、活性炭埋蔵シリカゲル(和光純薬)で数分程度、活性炭分散シリカゲル(関東化学)で15分程度。Carboxenシリーズ(カートリッジカラム、スペルコ)では、特に放置の必要はない。
- (注44) この画分にモノオルト PCBs が溶出してくることがあるので、測定が完了するまでこの画分を保存しておくことが望ましい。
- (注45) トルエン流下前にカラムを上下倒置し、逆方向よりトルエンを流下させたり、40~50℃に加熱したトルエンを流下させることによって、PCDDs、PCDFsの溶出を促進する方法がある。ただし、後者の場合、作業者がトルエン蒸気を吸い込む恐れがあるので、ドラフト中で行うなどの対応が必要である。
- (注46) ダイオキシン類が揮発する可能性があるので、窒素の流量や温度には気をつける。
- (注47) クリーンアップスパイク用内標準物質と同じ量に合わせれば、計算が容易である。
(注17参照)
- (注48) 大量試料導入法では、10 µl以上のGC-MS注入が可能であるので、その比率に合わせ測定試料用液を希釈することが可能である。例えば、測定試料用液20 µlのうちスプリットレス注入法等により1 µl注入しているものは、大量試料導入法で50 µl注入するならば、測定試料用量1 mlで同等の注入絶対量となる。(測定試料用液量を減らし、注入量を増やせば、注入絶対量は増える。ただし、その場合、注入される不純物の量も比例するので、カラムの劣化やイオン源の汚れを招きやすくなる。)
- (注49) 複数の質量数をモニターした場合、原則として、強度比が高い方の一つのモニターイオンを定量に用い、他方を確認用とする。定量に用いるモニターイオンは、検量線作成用標準液と試料で常に同じものでなければならない。
キャピラリーカラムによって得られるピークの幅は、5~10秒程度であるが、ピークを構成するデータポイントを確保するためには、SIM法における周期は、最大でも1秒以下にしなければならない。1回の分析で設定可能なモニターチャンネルの数は、要求される感度との兼ね合いとなるので、十分に検討した上で設定する必要がある。
また、クロマトグラム上の各ピークの保持時間を考慮して、時間分割によるグルーピング方式によって分析しても良いが、この場合には各グループごとに、適切な内標準物質ピークが出現するように、条件の設定を行う必要がある。
- (注50) キャピラリーカラムの両端または片端(注入口側)300 mm程度切断することにより、分析対象物質と他物質との分離が回復することもある。
- (注51) 二重収束型質量分析計の場合、モニターイオンの質量範囲によっては、イオン加速電圧の変化が大きくなり、装置分解能が変化する場合があるため、測定質量範囲内全体での分解能を確認する必要がある。

-
- (注52) 質量校正用標準物質のモニターチャンネル(ロックマスチャンネル)のクロマトグラムが波打つ等の変動があった場合で、特に測定対象物質の出現位置においてこの現象が認められた場合に、正確にピークを捕らえていない可能性があるため、その成分については定量してはならない。主な原因として、試料の前処理が不十分であることが考えられる。
- (注53) syringe spike の略称から本来 RRF_{ss} とすべきであるが、他マニュアルにある sampling spike に係る RRF_{ss} との混同を避ける為に RRF_{rs} とした。
- (注54) クリーンアップスパイクとシリンジスパイクのモニターチャンネルが、同一測定グループ内にある場合は、変動係数 10 %以内に収まるべきであるが、それらが異なる測定グループにある場合は、変動係数 15 %以内とする。
- (注55) 検量線作成用標準液調整の都合上、1点検量線としても構わない。ただし、クリーンアップスパイクとシリンジスパイクの添加量は、等量にしなければならない。
- (注56) クリーンアップスパイクとシリンジスパイクのモニターチャンネルが、異なる測定グループにある場合の RRF_{rs} は、± 30 %以内とする。
- (注57) クロマトグラムのベースラインを正しく計測するためには、ノイズの山と谷が定量に係る範囲全域で読み取れるように、オフセットをあらかじめ調整しておく必要がある。また、スムージングやオフセット等を調整することによって、故意にノイズ幅を小さくしてはならない。
- (注58) 試料を抽出後いったん定容し、分取して測定を行った場合はその補正をする。
- (注59) Ryan ら (*J. Chromatography*, **541**, 131-183, 1991) が、DB-1、DB-5、DB-17、DB-210、DB-225、CPS-1、SP-2331、CP-Sil 88、Smetic における四～六塩素化 PCDDs 及び PCDFs の GC 保持時間を報告している。また、PCBs については、DB-5 (高菅ら、*環境化学*, **5**, 647-675, 1995)、DB-5ms、SP-2331、Ultra-2 (中野ら、第 10 回環境化学討論会要旨、572-573, 2001)、HT-8 (Matsumura ら、*Organohalogen compounds*, **31**, 14-19, 1997) が報告されている。
- (注60) ダイオキシン類異性体を全て含む試料(フライアッシュ、都市域沿岸表層底質など)の抽出液をクリーンアップしたものを、ダイオキシン類同定用試料液として用意しておき、カラムの種類や GC 条件等を変えた場合などには、これを測定し、文献値と比較するなどして各異性体の保持時間を確認しておく。
- (注61) 対応するクリーンアップスパイクが無い異性体については、各同族体ごとにクリーンアップスパイクのピーク面積及び相対感度の平均値を用いる。
- (注62) 目的によって、要求される試料における検出下限 (SDL) 及び定量下限 (SQL) は異なる。分析方法の検出下限が 0.1 pg の場合、試料量 20 g、測定用試料液の量 20 µl、GC-MS 注入量 1 µl の時、理想的には 0.1 pg/g の SDL (SQL は約 0.33 pg/g) となる。
- (注63) 無脊椎動物からは、2,3,7,8-位塩素置換以外の異性体も検出可能であることから、

汚染源推定のために、1,3,6,8-TeCDD、1,3,7,9-TeCDD、1,2,3,4-TeCDD、1,2,3,6,8-PeCDD、2,4,6,8-TeCDF、1,2,7,8-TeCDF、1,2,4,6,8-PeCDF、1,2,4,6,8,9-HxCDF、1,2,3,4,6,8,9-HpCDFを追加することは有効である。

(注64) 脂肪含量は4-7(2)に示す方法で測定する。

(注65) GC-MSの性能を維持するには、日常的なメンテナンスを欠かしてはならない。特に、GCとのインターフェイスやイオン化室内の汚れは、感度や分解能、定量精度の低下に大きく影響するので、適宜洗浄する必要がある。

(注66) GC-MSの性能を維持するための具体的なハードウェア的作業例としては、ピーク形状の改善及び分離の改善、ベースラインの低減のためには、注入口の洗浄、ライナー等の交換、カラムの交換、洗浄、先端の切除等が効果があり、感度の向上のためには、イオン源の洗浄、フィラメントの交換、検出器の交換等が効果がある。また、分解能の向上のためには、イオン源の洗浄、スリットの洗浄、交換が効果がある。

資料 平成10 - 12年度 野生生物のダイオキシン類蓄積状況調査
 における検出範囲

平成10年度と、平成11 - 12年度は調査対象種が異なり、また、脂肪重量当りの毒性等量算出方式が異なるため、分けて表示した。

平成10年度調査結果 検出範囲（湿重量当り濃度）

種	試料部位	n	PCDDs		PCDFs		Co-PCBs	
			pg/g-wet					
コイ	筋肉	48	0.42 ~ 15	0.22 ~ 11	620 ~ 14,000			
カエル	全身	80	3.4 ~ 420	1.7 ~ 38	75 ~ 6,000			
ドバト	筋肉・肝臓	5	0.69 ~ 2.9	0.35 ~ 1.8	250 ~ 5,200			
	筋肉・肝臓・腎臓	2	48 ~ 220	5.0 ~ 13	130 ~ 580			
	筋肉・肝臓・腎臓・脂肪	8	13 ~ 230	1.4 ~ 14	190 ~ 1,700			
トビ	筋肉	8	1.9 ~ 55	2.1 ~ 76	17,000 ~ 1,200,000			
	筋肉・脂肪	20	10 ~ 250	7.5 ~ 71	3,000 ~ 340,000			
シマフクロウ	筋肉・脂肪	4	8.4 ~ 12	17 ~ 38	13,000 ~ 170,000			
猛禽類	肝臓	5	7.9 ~ 560	17 ~ 680	4,700 ~ 56,000			
クジラ類	脂肪	22	1.3 ~ 240	0.52 ~ 190	1.2 ~ 1,500			
アザラシ類	脂肪	13	2.0 ~ 5.4	3.7 ~ 8.1	23,000 ~ 59,000			
アカネズミ	全身・肝臓	37	8.8 ~ 910	1.4 ~ 480	17 ~ 1,400			
ニホンザル	脂肪・筋肉	10	1.3 ~ 46	2.5 ~ 29	24 ~ 1,600			
	脂肪	6	3.9 ~ 39	10 ~ 51	470 ~ 2,700			
	筋肉	4	1.7 ~ 36	0.53 ~ 27	55 ~ 1,700			
	肝臓・脂肪・筋肉	5	0.52 ~ 27	1.9 ~ 19	100 ~ 650			
	脂肪・肝臓	5	2.1 ~ 29	4.6 ~ 42	270 ~ 1,400			
クマ類	脂肪	10	0.41 ~ 23	0.11 ~ 2.1	33 ~ 1,100			
	脂肪・肝臓	6	0.86 ~ 8.1	0.81 ~ 4.0	67 ~ 430			
タヌキ	脂肪	1	100	47	12,000			
	肝臓	4	120 ~ 570	51 ~ 350	84 ~ 5,000			
	脂肪・肝臓	5	69 ~ 1,100	32 ~ 64	1,400 ~ 150,000			
	脂肪・肝臓・筋肉	1	280	25	1,400			
ニホンジカ	肝臓	25	0.11 ~ 8.4	0.98 ~ 27	50 ~ 420			
	脂肪・肝臓	5	2.5 ~ 6.5	2.6 ~ 19	200 ~ 860			
	腎臓	28	0.22 ~ 12	0.27 ~ 14	5.6 ~ 740			
	脂肪・腎臓	20	0.84 ~ 6.5	1.7 ~ 9.2	540 ~ 2,400			

平成 10 年度調査結果 検出範囲 (湿重量当り毒性等量)

種	試料部位	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs	Total
			pg-TEQ/g-wet			
コイ	筋肉	48	0.16 ~ 2.9 (0.15) ~ (2.9)	0.077 ~ 2.7 (0.088) ~ (2.8)	0.0069 ~ 0.32 (0.34) ~ (6.5)	0.27 ~ 5.9 (0.62) ~ 11
カエル	全身	80	0.27 ~ 3.6 (0.27) ~ (3.3)	0.29 ~ 3.7 (0.33) ~ (4.0)	0.012 ~ 0.15 (0.26) ~ (3.3)	0.62 ~ 7.5 (0.88) ~ (11)
ドバト	筋肉・肝臓	5	0.16 ~ 0.31 (0.18) ~ (0.36)	0.49 ~ 1.2 (0.24) ~ (0.60)	0.074 ~ 0.76 (0.085) ~ (1.1)	0.85 ~ 1.8 (0.65) ~ (1.8)
	筋肉・肝臓・腎臓	2	2.3 ~ 3.1 (3.3) ~ (3.6)	1.4 ~ 2.5 (0.72) ~ (1.5)	0.16 ~ 0.30 (0.18) ~ (0.27)	4.6 ~ 5.0 (4.5) ~ (5.1)
	筋肉・肝臓・腎臓・脂肪	8	0.40 ~ 3.2 (0.55) ~ (4.4)	0.41 ~ 2.4 (0.25) ~ (1.4)	0.030 ~ 6.2 (0.034) ~ (5.9)	1.1 ~ 11 (1.2) ~ (10)
トビ	筋肉	8	1.0 ~ 27 (1.1) ~ (28)	0.89 ~ 29 (0.44) ~ (15)	6.6 ~ 340 (8.9) ~ (430)	9.6 ~ 390 (11) ~ (470)
	筋肉・脂肪	20	3.3 ~ 100 (3.4) ~ (110)	5.1 ~ 28 (2.4) ~ (15)	13 ~ 150 (7.0) ~ (100)	22 ~ 220 (13) ~ (220)
シマフクロウ	筋肉・脂肪	4	5.3 ~ 7.5 (5.5) ~ (7.7)	10 ~ 26 (3.3) ~ (6.3)	33 ~ 77 (23) ~ (59)	66 ~ 97 (37) ~ (70)
猛禽類	肝臓	5	1.5 ~ 48 (1.8) ~ (58)	6.8 ~ 410 (3.4) ~ (220)	5.6 ~ 70 (5.2) ~ (110)	14 ~ 530 (10) ~ (380)
クジラ類	脂肪	22	0.14 ~ 10	0.037 ~ 7.5	0.92 ~ 200	1.3 ~ 200
アザラシ類	脂肪	13	0.96 ~ 3.0	0.35 ~ 0.98	7.3 ~ 24	8.6 ~ 27
アカネズミ	全身・肝臓	37	0.42 ~ 22	0.50 ~ 71	0.12 ~ 60	1.3 ~ 120
ニホンザル	脂肪・筋肉	10	0.094 ~ 7.5	0.21 ~ 5.2	0.082 ~ 5.5	0.39 ~ 18
	脂肪	6	1.7 ~ 8.4	2.1 ~ 8.2	1.8 ~ 10	5.7 ~ 27
	筋肉	4	0.22 ~ 9.5	0.16 ~ 5.4	0.20 ~ 6.9	0.57 ~ 22
	肝臓・脂肪・筋肉	5	0.29 ~ 3.9	0.25 ~ 2.8	0.31 ~ 2.7	0.85 ~ 9.4
	脂肪・肝臓	5	0.43 ~ 7.2	0.75 ~ 6.2	0.50 ~ 5.8	1.7 ~ 19
クマ類	脂肪	10	0.067 ~ 0.50	0.068 ~ 0.48	0.023 ~ 1.1	0.17 ~ 2.1
	脂肪・肝臓	6	0.067 ~ 0.2	0.099 ~ 0.74	0.024 ~ 0.28	0.23 ~ 1.1
タヌキ	脂肪	1	10	6.3	11	28
	肝臓	4	1.4 ~ 8.5	7.5 ~ 35	0.64 ~ 6.2	9.8 ~ 42
	脂肪・肝臓	5	5.6 ~ 43	2.1 ~ 11	2.7 ~ 45	13 ~ 99
	脂肪・肝臓・筋肉	1	5.6	1.7	2.4	9.7
ニホンジカ	肝臓	25	0.081 ~ 2.1	0.30 ~ 6.8	0.39 ~ 4.1	0.98 ~ 10
	脂肪・肝臓	5	0.33 ~ 0.81	0.77 ~ 3.6	0.65 ~ 2.1	1.7 ~ 6.1
	腎臓	28	0.23 ~ 5.8	0.16 ~ 3.1	0.045 ~ 1.8	0.46 ~ 11
	脂肪・腎臓	20	0.48 ~ 2.8	0.49 ~ 2.3	0.98 ~ 5.4	2.0 ~ 9.7

毒性等価係数(TEF)は WHO(1998)を用いた。

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 で換算した。

コイ、カエルの毒性等量は魚類、鳥類の毒性等量は鳥類の TEF を用いた。括弧内は哺乳類の TEF で算出したものである。

平成 10 年度調査結果 検出範囲 (脂肪重量当り濃度)

種	試料部位	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs
			pg/g-fat		
コイ	筋肉	48	64 ~ 760	16 ~ 410	64,000 ~ 2,800,000
カエル	全身	80	190 ~ 37,000	260 ~ 3,700	3,100 ~ 550,000
ドバト	筋肉・肝臓	5	11 ~ 58	6.5 ~ 36	5,100 ~ 85,000
	筋肉・肝臓・腎臓	2	850 ~ 5,200	88 ~ 300	14,000 ~ 15,000
	筋肉・肝臓・腎臓・脂肪	8	130 ~ 5,200	13 ~ 320	1,300 ~ 31,000
トビ	筋肉	8	13 ~ 1,800	15 ~ 2,900	270 ~ 46,000
	筋肉・脂肪	20	62 ~ 1,800	48 ~ 700	19 ~ 2,500
シマフクロウ	筋肉・脂肪	4	28 ~ 120	82 ~ 330	31 ~ 980
猛禽類	肝臓	5	92 ~ 4,900	190 ~ 5,200	57 ~ 440
クジラ類	脂肪	22	1.5 ~ 290	1.5 ~ 210	3.4 ~ 1,800
アザラシ類	脂肪	13	2.4 ~ 6.6	4.5 ~ 10	28,000 ~ 71,000
アカネズミ	全身・肝臓	37	190 ~ 22,000	33 ~ 14,000	250 ~ 39,000
ニホンザル	脂肪・筋肉	10	4.3 ~ 120	8.1 ~ 74	78 ~ 4,100
	脂肪	6	4.3 ~ 51	11 ~ 67	530 ~ 3,500
	筋肉	4	2.9 ~ 310	0.90 ~ 230	92 ~ 15,000
	肝臓・脂肪・筋肉	5	0.91 ~ 100	3.3 ~ 62	280 ~ 2,100
	脂肪・肝臓	5	4.7 ~ 93	9.4 ~ 150	800 ~ 7,400
クマ類	脂肪	10	0.46 ~ 25	0.12 ~ 2.4	56 ~ 1,200
	脂肪・肝臓	6	1.0 ~ 17	1.0 ~ 8.2	87 ~ 4,300
タヌキ	脂肪	1	130	57	14,000
	肝臓	4	180 ~ 6,100	57 ~ 3,700	890 ~ 120,000
	脂肪・肝臓	5	87 ~ 3,100	47 ~ 1,600	1,900 ~ 150,000
	脂肪・肝臓・筋肉	1	430	38	2,100
ニホンジカ	肝臓	25	1.1 ~ 210	12 ~ 670	450 ~ 7,300
	脂肪・肝臓	5	12 ~ 57	12 ~ 160	930 ~ 5,900
	腎臓	28	2.3 ~ 380	2.7 ~ 440	140 ~ 23,000
	脂肪・腎臓	20	2.7 ~ 52	6.1 ~ 70	2,000 ~ 13,000

平成 10 年度調査結果 検出範囲 (脂肪重量当り毒性等量)

種	試料部位	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs	Total
			pg-TEQ/g-fat			
コイ	筋肉	48	7.9 ~ 270 (7.9) ~ (260)	6.1 ~ 110 (6.4) ~ (110)	0.50 ~ 18 (28) ~ (550)	14 ~ 380 (42) ~ (840)
カエル	全身	80	0.088 ~ 340 (0.92) ~ (310)	18 ~ 320 (0.20) ~ (340)	0.57 ~ 19 (12) ~ (390)	30 ~ 680 (28) ~ (970)
ドバト	筋肉・肝臓	5	0 ~ 4.0 (0.0050) ~ (4.9)	6.5 ~ 20 (3.3) ~ (11)	0.23 ~ 12 (1.2) ~ (17)	10 ~ 26 (7.4) ~ (22)
	筋肉・肝臓・腎臓	2	54 ~ 54 (63) ~ (78)	24 ~ 58 (12) ~ (36)	2.1 ~ 5.5 (3.2) ~ (6.4)	80 ~ 120 (78) ~ (120)
	筋肉・肝臓・腎臓・脂肪	8	5.2 ~ 50 (7.7) ~ (77)	3.3 ~ 44 (2.1) ~ (29)	0.048 ~ 77 (0.23) ~ (73)	9.0 ~ 150 (11) ~ (150)
トビ	筋肉	8	9.5 ~ 830 (10) ~ (870)	10 ~ 1,100 (5.3) ~ (580)	47 ~ 13,000 (63) ~ (16,000)	67 ~ 15,000 (78) ~ (18,000)
	筋肉・脂肪	20	21 ~ 950 (22) ~ (990)	33 ~ 220 (16) ~ (110)	87 ~ 1,600 (45) ~ (1,300)	140 ~ 2,700 (83) ~ (2,400)
シマフクロウ	筋肉・脂肪	4	17 ~ 71 (18) ~ (73)	56 ~ 200 (13) ~ (56)	76 ~ 610 (54) ~ (390)	150 ~ 880 (86) ~ (520)
猛禽類	肝臓	5	17 ~ 380 (20) ~ (450)	79 ~ 3,200 (39) ~ (1,700)	65 ~ 540 (60) ~ (820)	160 ~ 4,100 (120) ~ (2,900)
クジラ類	脂肪	22	0.096 ~ 10	0 ~ 9.6	2.6 ~ 460	3.5 ~ 470
アザラシ類	脂肪	13	1.1 ~ 3.7	0.40 ~ 1.2	8.9 ~ 28	10 ~ 31
アカネズミ	全身・肝臓	37	0.021 ~ 540	7.7 ~ 1,900	3.8 ~ 1,600	12 ~ 2,800
ニホンザル	脂肪・筋肉	10	0.12 ~ 19	0.66 ~ 13	0.26 ~ 14	1.0 ~ 46
	脂肪	6	1.6 ~ 11	2.4 ~ 11	2.0 ~ 13	6.1 ~ 35
	筋肉	4	0.27 ~ 83	0.21 ~ 47	0.34 ~ 61	0.81 ~ 190
	肝臓・脂肪・筋肉	5	0.49 ~ 13	0.41 ~ 9.0	0.55 ~ 9.7	1.5 ~ 30
	脂肪・肝臓	5	0.78 ~ 23	1.4 ~ 27	0.91 ~ 19	3.1 ~ 64
クマ類	脂肪	10	0.000059 ~ 0.55	0.048 ~ 0.53	0.033 ~ 1.3	0.12 ~ 2.4
	脂肪・肝臓	6	0.0027 ~ 0.20	0.11 ~ 1.5	0.026 ~ 0.57	0.22 ~ 2.2
タヌキ	脂肪	1	13 ~	7.7	14	34
	肝臓	4	10 ~ 200	55 ~ 370	5.4 ~ 150	72 ~ 610
	脂肪・肝臓	5	7.3 ~ 44	3.8 ~ 11	3.6 ~ 47	17 ~ 100
	脂肪・肝臓・筋肉	1	8.5 ~	2.6	3.7	15
ニホンジカ	肝臓	25	0.034 ~ 51	4.6 ~ 170	3.9 ~ 69	14 ~ 260
	脂肪・肝臓	5	0.0012 ~ 5.3	2.8 ~ 34	3.1 ~ 70	6.4 ~ 73
	腎臓	28	1.6 ~ 180	1.1 ~ 97	0.46 ~ 55	3.2 ~ 330
	脂肪・腎臓	20	1.1 ~ 22	1.7 ~ 17	3.9 ~ 39	7.1 ~ 79

毒性等価係数(TEF)は WHO(1998)を用いた。

定量下限値を下回る異性体については 0 として算出した。

コイ、カエルの毒性等量は魚類、鳥類の毒性等量は鳥類の TEF を用いた。括弧内は哺乳類の TEF で算出したものである。

平成 11 ~ 12 年度調査結果 検出範囲 (湿重量当り濃度)

種	分析試料	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs
			pg/g-wet		
トビ	筋肉	42	0.66 ~ 150	0.27 ~ 42	1,600 ~ 130,000
	脂肪	16	16 ~ 1,100	17 ~ 520	32,000 ~ 2,400,000
	肝臓	30	2.6 ~ 820	0.93 ~ 430	900 ~ 98,000
カワウ	筋肉	84	2.7 ~ 290	1.1 ~ 83	4,400 ~ 1,600,000
	脂肪	6	88 ~ 800	59 ~ 780	160,000 ~ 19,000,000
オウギハクジラ	筋肉	19	0.068 ~ 12 (15/19)	0.070 ~ 5.1 (16/19)	2,600 ~ 73,000
	脂肪	19	14 ~ 56	51 ~ 260	4,400 ~ 1,500,000
スナメリ	筋肉	23	0.23 ~ 15	0.060 ~ 14	2,700 ~ 420,000
	脂肪	22	6.0 ~ 180	6.0 ~ 110	97,000 ~ 1,000,000
アカネズミ	全身	57	2.0 ~ 650 (27/57)	0.44 ~ 10 (23/57)	5.3 ~ 900 (56/57)
タヌキ	筋肉	10	1.3 ~ 200	0.37 ~ 140	1,600 ~ 22,000
	脂肪	20	2.6 ~ 710	0.99 ~ 620	1,100 ~ 180,000

括弧内は、上段に検出下限未満の値があった場合の検出率を示す。

平成 11 ~ 12 年度調査結果 検出範囲 (湿重量当り毒性等量)

種	分析試料	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs	Total
			pg-TEQ/g-wet			
トビ	筋肉	42	0.4 ~ 49 (0.43) ~ (53)	0.32 ~ 29 (0.16) ~ (15)	0.98 ~ 75 (0.94) ~ (75)	2.0 ~ 110 (1.7) ~ (100)
	脂肪	16	7.3 ~ 450 (7.7) ~ (470)	12 ~ 180 (4.6) ~ (100)	37 ~ 1,100 (24) ~ (1,200)	56 ~ 1,400 (37) ~ (1,400)
	肝臓	30	0.27 ~ 79 (0.33) ~ (90)	0.59 ~ 300 (0.31) ~ (160)	0.91 ~ 140 (0.85) ~ (160)	4.9 ~ 520 (3.6) ~ (400)
カワウ	筋肉	84	0.73 ~ 69 (0.75) ~ (75)	0.80 ~ 49 (0.37) ~ (26)	4.1 ~ 370 (2.7) ~ (520)	6.1 ~ 430 (3.8) ~ (570)
	脂肪	6	25 ~ 420 (26) ~ (450)	36 ~ 560 (16) ~ (290)	180 ~ 4,600 (110) ~ (5,700)	240 ~ 5,500 (150) ~ (6,500)
オウギハクジラ	筋肉	19	0.066 ~ 0.2	0.037 ~ 0.38	0.68 ~ 16	0.78 ~ 16
	脂肪	19	1.1 ~ 2.9	2.2 ~ 5.8	1.1 ~ 350	9.6 ~ 360
スナメリ	筋肉	23	0.066 ~ 1.8	0.037 ~ 2.0	0.45 ~ 58	0.57 ~ 62
	脂肪	22	0.66 ~ 6.3	1.0 ~ 6.5	15 ~ 130	17 ~ 140
アカネズミ	全身	57	0.066 ~ 3.2	0.037 ~ 1.8	0.0056 ~ 4.2	0.11 ~ 8.5
タヌキ	筋肉	10	0.23 ~ 32	0.09 ~ 23	0.90 ~ 25	1.5 ~ 78
	脂肪	20	0.20 ~ 100	0.22 ~ 83	4.0 ~ 160	7.8 ~ 310

毒性等価係数(TEF)は WHO(1998)を用いた。

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 で換算した。

鳥類の括弧内は哺乳類の TEF で算出したものである。

平成 11～12 年度調査結果 検出範囲（脂肪重量当り濃度）

種	分析試料	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs
			pg/g-fat		
トビ	筋肉	42	15 ~ 5200	5.3 ~ 1200	33,000 ~ 2,700,000
	脂肪	16	20 ~ 1,400	21 ~ 580	40,000 ~ 4,400,000
	肝臓	20	62 ~ 15,000	23 ~ 11,000	23,000 ~ 2,400,000
カワウ	筋肉	84	75 ~ 6,300	31 ~ 3,600	120,000 ~ 96,000,000
	脂肪	6	120 ~ 1,400	83 ~ 1,300	220,000 ~ 30,000,000
オウギハクジラ	筋肉	19	5.9 ~ 820 (15/19)	4.8 ~ 310 (16/19)	170,000 ~ 5,000,000
	脂肪	19	17 ~ 67	54 ~ 320	5,700 ~ 1,800,000
スナメリ	筋肉	23	4.5 ~ 150	2.4 ~ 230	52,000 ~ 2,300,000
	脂肪	22	8.4 ~ 200	7.5 ~ 120	120,000 ~ 1,400,000
アカネズミ	全身	57	59 ~ 13,000 (27/57)	8.7 ~ 540 (23/57)	190 ~ 30,000 (56/57)
タヌキ	筋肉	10	17 ~ 1,700	15 ~ 1,200	15,000 ~ 270,000
	脂肪	20	3.6 ~ 940	1.4 ~ 820	4,200 ~ 270,000

括弧内は、上段に検出下限未満の値が合った場合の検出率を示す。

平成 11～12 年度調査結果 検出範囲（脂肪重量当り毒性等量）

種	分析試料	n	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs	Total
			pg-TEQ/g-fat			
トビ	筋肉	42	8.7 ~ 2,500 (9.4) ~ (2,700)	6.2 ~ 690 (3.1) ~ (360)	21 ~ 2,200 (20) ~ (1,300)	42 ~ 5,400 (36) ~ (5,000)
	脂肪	16	9.1 ~ 580 (9.6) ~ (610)	15 ~ 220 (5.8) ~ (120)	46 ~ 1,700 (31) ~ (1,900)	70 ~ 1,900 (46) ~ (2,100)
	肝臓	20	6.7 ~ 2,000 (8.1) ~ (2,200)	14 ~ 7,500 (7.5) ~ (3,900)	24 ~ 3,300 (22) ~ (3,900)	130 ~ 13,000 (94) ~ (10,000)
カワウ	筋肉	84	20 ~ 1,800 (21) ~ (2,000)	22 ~ 1,800 (10) ~ (990)	130 ~ 23,000 (74) ~ (32,000)	170 ~ 26,000 (110) ~ (35,000)
	脂肪	6	35 ~ 720 (36) ~ (760)	50 ~ 950 (23) ~ (490)	250 ~ 8,700 (150) ~ (10,000)	330 ~ 10,000 (210) ~ (12,000)
オウギハクジラ	筋肉	19	0.97 ~ 17	2.1 ~ 14	52 ~ 1,100	52 ~ 1,100
	脂肪	19	1.2 ~ 3.6	2.3 ~ 7.5	1.4 ~ 410	13 ~ 420
スナメリ	筋肉	23	0.95 ~ 9.6	0.87 ~ 10	7.6 ~ 270	8.2 ~ 280
	脂肪	22	0.82 ~ 7.4	1.2 ~ 8.7	19 ~ 170	21 ~ 190
アカネズミ	全身	57	3.0 ~ 180	1.7 ~ 93	0.26 ~ 230	5.0 ~ 470
タヌキ	筋肉	10	8.1 ~ 270	4.2 ~ 190	11 ~ 280	23 ~ 660
	脂肪	20	0.27 ~ 160	0.31 ~ 110	5.5 ~ 240	11 ~ 470

毒性等価係数(TEF)は WHO(1998)を用いた。

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 で換算した。

鳥類の括弧内は哺乳類の TEF で算出したものである。