

D. 海洋汚染

D-2. 海洋汚染物質の海洋生態系への取り込み、生物濃縮と物質循環に関する研究

(3) 海洋汚染の生物モニタリング及び汚染メカニズムに関する研究

① オットセイ、海鳥等の被害実態及び生体濃縮過程の解明

	研究代表者	遠洋水産研究所	馬場徳寿
農林水産省水産庁	遠洋水産研究所北洋資源部	馬場徳寿・清田雅史	
文部省	愛媛大学農学部	立川 涼・田辺信介	
文部省	北海道大学水産学部	小城春雄	

平成2-6年度合計予算額 35,043 千円
(平成6年度予算額 6,460 千円)

[要旨] 海洋野生生物の生物汚染の実態と生体濃縮課程を解明し、地球規模の生物汚染モニタリングに資することを目的として、オットセイと海亀の重金属汚染及び近年問題となっている海鳥のプラスチック汚染について調べ、モニタリング手法について検討した。オットセイに適した重金属分析手法を開発し、三陸沖及びアラスカ沖で収集したオットセイ試料を分析して、重金属の体内蓄積、濃度の加齢変動、重金属の母子間移行等について知見を得た。毛中の重金属の含有率と濃度の季節変化及び血中性ステロイドホルモンの量とその周年動態を調べ、毛または血液による生物汚染モニタリングの可能性を検討した。不可抗力により漁網等に混獲した海亀から試料を収集し、重金属の体内蓄積及び成長に伴う蓄積量の変動等について知見を得た。北太平洋で収集した海鳥の胃内容物中のプラスチック粒子の種類及び出現率を調べ、プラスチックによる海鳥汚染の実態を明らかにすると共に、ニューストンネットを開発して外洋表層中のプラスチック粒子の分布について知見を得た。小笠原諸島の海岸のプラスチック汚染実態を調べ、離島を用いた海洋漂流プラスチック粒子のモニタリングが可能か検討した。5年間の研究を通し、生体濃縮課程の解明は今後の課題として残ったが、これまであまり研究されていなかったオットセイ、海亀、海鳥の有害化学物質汚染の実態を把握すると同時に、非捕殺的手法による海洋野生生物の生物汚染モニタリングの可能性を見い出すことが出来た。

[キーワード] 重金属、プラスチック、オットセイ、海鳥、海亀

序

北海のアザラシの大量死、イルカの水銀汚染、釣り糸に絡まった海鳥或いはプラスチックバンドに絡まったオットセイの死亡など、有害化学物質や産業廃棄物による海洋生物の被害は緊急かつ深刻な問題となってきている。しかし、これらの研究は北海や一部の沿岸域に限られ、外洋域ではほとんどなされていない。汚染物質の長期間の暴露・蓄積の影響は長寿命の海洋野生動物に顕著に見られ、中でもクジラ、イルカ、アザラシ、オットセイなどの海産哺乳動物は海洋生態系の頂点に位置し、食物連鎖を通じた生物濃縮により海洋汚染の影響を強く受けている。海産哺乳

動物は哺乳類としての体の基本構造が人間と共通しているため、海洋汚染の悪影響は人類に及ぶ被害の前兆とも考えられ、海産哺乳動物の海洋汚染の研究は極めて重要な意義をもつ。海亀は、昔から人間に親しまれている爬虫類の1つで、その資源の減少が懸念されている反面、原因の一つとも考えられる生物汚染に関してはほとんど調べられていない。有害化学物質による汚染と同様、工業製品の発展と共にプラスチック製品が増大し生物に大きな被害をもたらしている。これらの有害物質による生物汚染の実態と汚染機構を解明し、生物汚染のモニタリング手法を開発することは、海洋野生生物を保護管理する上で行政的にも学術的にも極めて重要である。このような観点から本研究は、有害物質による海洋野生生物の汚染実態と有害物質の生体濃縮過程を解明し、海洋汚染のモニタリングシステムの構築に資することを目的として実施した。

研究方法

キタオットセイ (*Callorhinus ursinus*、以後オットセイとする)の有害化学物質による汚染実態を調べるため、1990年及び1991年の4月三陸沖で50頭のオットセイを捕獲し、外部形態を測定した後、毛、筋肉、内臓諸器官から試料(約10g)を採集した。また、汚染度の系群比較を行うため、1992年7月アラスカ沖のプリビロフ諸島セントポール島にて33頭のオットセイの筋肉、肝臓、腎臓から試料を採集した。

海亀の有害化学物質による汚染実態を調べるため、1990年5月高知県土佐清水の定置網に混獲したアカウミガメ (*Caretta caretta*) 成体6頭、1990年小笠原諸島で捕獲されたアオウミガメ (*Chelonia mydas*) 成体2頭、1991年6~7月北太平洋における流し網に混獲したアカウミガメ幼体4頭、1992年4月沖縄県八重山諸島で捕獲されたアオウミガメ幼体2体及びタイマイ (*Eretmochelys imbricata*) 幼体1頭の筋肉、肝臓、腎臓から試料を採集した。これらの試料は、本研究で開発した硝酸-硫酸-過塩素酸の混酸液で分解したのち、溶液をそのまま、あるいはDDTC-MIBK抽出液を加え有機層を分離した後、原子吸光光度法でFe、Mn、Zn、Cu、Pb、Ni、Cd、Coの濃度を測定した。

生物汚染のモニタリング手法を開発するため、オットセイの胸、腹、後頸部から刺毛と綿毛を10平方cm採集し、洗浄したもの(中性洗剤-蒸留水-アセトン洗浄またはヘキサソ-蒸留水で洗浄)と洗浄しなかったものに分け、毛中の重金属の濃度を原子吸光光度法により測定した。また、毛中の重金属濃度の月変動をみるため、1993年11月~1994年3月の間1.5ヶ月ごとに飼育下のオットセイ7頭の後頸部から刺毛を採集した。一方、1993年5月~1995年4月の間5~10日毎に飼育中のオットセイ雌4頭から血液を約10ml採集し、性ステロイドホルモン(プロゲステロン及びエストラジオール)の濃度を調べ、有機塩素化合物による生殖機能障害のモニタリング用の基準値を作成した。ホルモンの分析は分析会社に依頼した。

海鳥のプラスチック被害を調べるため、1982年、1987年及び1988年の4~11月の間に北太平洋(38°N~47°N、143°E~146°W)で採集したハイロミズナギドリ (*Puffinus griseus*) 259羽、及び1992年に茨城県波崎新港で保護され落鳥したクロアシアホウドリ (*Diomedea nigripes*) 1羽の胃内容を調べ、胃中に見られたプラスチック粒子の形状及び重量を測定した。海洋表層中のプラスチック粒子の分布と量を調べるためニューストーンネットを考案し、1993年5~6月三陸沖において、また同年5~8月北太平洋中央水域において海表面の微小漂流物を採集した。収集した漂

流物はプラスチック片とそれ以外に分類し、プラスチック片は種類、数量及び重量について調べた。また、外洋のプラスチック粒子のモニタリングが可能か検討するため、小笠原諸島父島の二見港と小港港の浜で一定量の砂を採集し、砂中に含まれるプラスチック粒子の種類、形状及び数量を調べた。オットセイと海亀の重金属汚染は愛媛大学と、またプラスチック汚染は北海道大学と共同で実施した。

結果

オットセイの重金属汚染

オットセイの体重に対する臓器重量の割合は、筋肉では成獣が仔獣より、肝臓と腎臓では仔獣が成獣より高かった。体重に対する組織重量の割合をウェッデルアザラシ（317kg、雌成獣）とオットセイ（25.4kg、雌成獣）で比較すると、体重に対する毛皮、筋肉及び骨の重量の割合はオットセイがウェッデルアザラシより、一方、脂皮の割合はウェッデルアザラシがオットセイより大きかった。これは、ウェッデルアザラシが体温保持を脂皮にかなり依存しているためと考えられる（図1）。

オットセイの各臓器における重金属濃度は、Fe、Mn、Zn、Cu、Hgが肝臓で、Znが骨と毛で、PbとNiが毛で、Cdが腎臓で高かった。眼球におけるZn濃度は毛中のZn濃度の3倍と高かったが、これは哺乳動物全般に共通する特徴である。オットセイの肝臓中のCd濃度から、オットセイの食性は魚食—イカ食の中間と推定された（図2）。臓器は大きさや重量が各々異なるため、単純に濃度だけを比較することはできない。そこで、金属濃度と臓器重量の積を負荷量とし、総負荷量に対する各臓器の負荷量の割合を求めた。Hg、Cu、Cdの負荷量は肝臓で、Ni及びPbの負荷量は毛でそれぞれ高かった。後者の結果はオットセイの特徴と見られる（図3）。

肝臓、腎臓、筋肉中のZn、Cu、Fe、Cd濃度の加齢変動を図4に示した。Znの濃度は肝臓、腎臓、筋肉とも年齢の増加に伴いさほど変動しなかった。Cuの濃度は、筋肉では一定だが肝臓と腎臓で加齢と共に減少した。Feの濃度は、腎臓では一定であるが肝臓と筋肉で増加した。Cdの濃度は肝臓、腎臓、筋肉とも加齢と共に増加しており、Cdが体内に蓄積されることが示唆された。

Fe、Mn、Zn、Cu、Pb、Ni、Cdの母獣から胎児への移行率（胎児の重金属の総蓄積量／母体と胎児の重金属の総蓄積量）を求め図5に示した。これらの元素の内、PbとCdは移行率がかなり低く、両元素が母体に残りやすいことが分かった。この結果は、加齢に伴うCd濃度の増加を裏付けている。

三陸沖（アジア系）のオットセイと東部ベーリング海（プリビロフ系）のオットセイの筋肉、肝臓、腎臓中のCdとHgの濃度を比較し、図6に示した。腎臓中のCd濃度はプリビロフ系がアジア系より、一方、肝臓中のHg濃度はアジア系がプリビロフ系よりそれぞれ高かった。筋肉中のCdとHg濃度は両系群で大差なかった。この結果から、重金属による系群識別の可能性が示唆された。

海亀の重金属汚染

雄のアカウミガメの重金属体内負荷量を図7に示した。MnやZnの負荷量は、甲羅と骨で体内のほとんどを占めた。Cdの負荷量は腎臓と肝臓で大きく、両組織に体内総負荷量の約90%が蓄積されていた。海洋生物における脂肪中の重金属含有量を図8に示した。アカウミガメ及びアオウミガメとも、Mn、Cd、Cuの濃度はミンククジラやオットセイと大差なかったが、Zn濃度は両種とも海

生哺乳類の約20~40倍と高く、海亀の特徴ではないかと推察された。

甲長70~90cm(成体)のアカウミガメの肝臓と腎臓中のCd濃度は、甲長約20cm(幼体)の約5~6倍と高く、成長にともなうCdの蓄積が見られた(図9)。アカウミガメは甲長約70cmで成熟に達し、この時期に食性が変わると考えられており、亜成体(甲長40~60cm)の生態と重金属蓄積に興味もたれる。アカウミガメ、アオウミガメ及びタイマイの肝臓中の重金属濃度を比較し図10に示した。アカウミガメの肝臓中のFe、Mn、Znの濃度はアオウミガメやタイマイより低く、その傾向はCuとCdで顕著であった。

海鳥のプラスチック汚染

ハイロミズナギドリ259羽の胃内容物から5,526ヶのプラスチック粒子(レジンペレットやプラスチック製品の破片)が検出された。その内の31.3%はプラスチック原材料、68.7%はプラスチック製品の破片であった(表1)。プラスチックの形状には球形、棒状、三角形など一定の形をなすもの(40.0%)、燃えかす形のもの(30.3%)、それ以外のもの(29.7%)があった。各年の6月に採集した1羽当りの燃えかす形のプラスチック粒子の出現数は1982年がゼロ、1987年が0.5、1988年が9.3と急増した。これらの採集場所は、1982年が西部北太平洋(42°N, 154°E)、1987年が北太平洋の中央部(39°N, 175°W)、1988年が東部北太平洋(39°~43°N, 146°W~158°W)であり、燃えかす形のプラスチック粒子の汚染の拡大が懸念された。

1992年に波崎新港で保護され落鳥したクロアシアホウドリ(巣立ち後4ヶ月目)の砂囊から12個のプラスチック粒子(レジンペレット2個、プラスチック製品の破片10個)が観察された。この鳥は、巣立ち時に前胃の異物を吐き出すが砂囊中の異物は保持する。したがって、胃中に見られたプラスチック粒子は、繁殖地において親鳥から与えられた餌に混入していたものと見られる。

外洋におけるプラスチック粒子を定性・定量的に収集するため、そり式のニューストーンネット(口径20x50cm、目合:口網1.8mm、中網0.33mm)を開発した。ネットは枠につけたフロートと曳航索の長さで沈降及び浮上を調整できる。このネットを用い三陸沖で413片、北太平洋中央水域で2,041片の微小漂流物を収集した。漂流物の内、ペンキ片が三陸沖で全漂流物の48%、北太平洋中央水域で同59%と、両海域で卓越した。プラスチック粒子の割合は三陸沖が全漂流物の6.8%、北太平洋中央水域が同22.1%と北太平洋中央水域で高かった(図11)。北太平洋中央水域における微小漂流物の総数は三陸沖の約5倍と多かったが、これは海流や風により三陸沖の漂流物が北太平洋中央水域に運ばれるためと考えられる。

毛を用いた微量元素のモニタリング

実験に用いた毛の採集部位を図12に示した。毛中のFe、Cu、Ni及びCdの濃度は後頸部が胸部及び腹部のそれより高かったが、Mn、Zn、及びPbの濃度は胸部が後頸部及び腹部より高かった(表2)。毛中のFe及びPbの濃度は洗浄した毛が洗浄しなかった毛より低かったが、Zn、Cu、Ni、Cd及びHgの濃度は、洗浄した毛もしなかった毛もほぼ同レベルであった。洗浄した刺毛中のPb、Zn、Cu、Ni及びCdの濃度は綿毛中のそれらの濃度より高く、特にCdでその差が顕著であった。また、刺毛中のPb及びCuの濃度は年齢に関係なくほぼ同一であったが、Fe、Ni及びCdの濃度は加齢と共に増加した。ZnとHgの濃度の加齢変動は不明瞭であった。毛の採集部位により、また個体により毛中の微量元素の濃度は異なるが、サンプリングのし易さ、濃度の大きさなどから後頸部の刺毛がモ

ニタリングに適していると判断された。

毛中のHg濃度と筋肉中のHg濃度の関係を図13に示した。毛中のHg濃度と筋肉中のHg濃度は正の相関関係（相関係数0.443）にあった。毛は成長するため、毛中の濃度を周年の代表として使うには問題がある。そこで、毛中の重金属濃度の月変動について調べた。飼育下のオットセイ毛中のCu、Zn、Fe、Hg、Cd及びPbの濃度は、11～3月にかけほぼ横這いであったが、Mn及びNiの濃度は2月まで横這いでその後3月にかけ増加した。これらの濃度を4月に三陸沖で収集した個体と7月にプリピロフ諸島で採集した個体の毛中の濃度と比較すると、CuとZn濃度は、11～3月に収集した毛中の濃度が4月及び7月に収集した毛中の濃度より有意に高かったが、HgとCdの濃度は、逆に11～3月に収集した毛中の濃度が4月及び7月に収集した毛中の濃度より低かった（図14）。

性ステロイドホルモンを用いた汚染傷害モニタリング

性ステロイドホルモンの周年変動を図15に示した。排卵し妊娠した個体のプロゲステロン濃度は着床前に上昇し、着床期（11月）にピークとなり以後高いレベルを維持したが（個体番号7-7）、排卵したが妊娠しなかった個体のプロゲステロン濃度は、着床期を過ぎると徐々に退化した（5-21）。また、排卵したが妊娠しなかった個体（偽妊娠個体）のプロゲステロンは、11月以降も妊娠個体と同じような変動を示したが、その濃度値は4月～6月まで妊娠個体より小さかった。このことから、プロゲステロンによる妊娠判定は4月以降でないと正確に出来ないことがわかった。また、排卵・妊娠個体ではプロゲステロン濃度の急減、急増する時期が着床期と一致することから、この時期が妊娠にとって非常にクリティカルな時期であり、有害化学物質の影響を受けやすい時期ではないかと推察された。

離島を用いた海洋漂流プラスチックのモニタリング

小笠原諸島父島の二見港と小港港にて、計187カ所から延べ84,165ヶのプラスチック片が採集された。汚染物質は、居住区や港湾施設が集中している二見港では発砲スチレンの破片が最も多く、次いでプラスチック製品の破片、レジンペレットの順であった。また、人家が周辺にない小港湾ではプラスチック製品の破片、発砲スチレンの破片、レジンペレットの順であった。これらのプラスチック片は、入りくんだ入り江で陸風や海風が吹き付ける場所に多かった。外洋のプラスチック片の漂着には局所的な地衡風や潮が影響すると見られることから、沿岸や入り江における潮の流れや風の動態を把握することにより、外洋の漂流プラスチック片のモニタリングが可能と考えられた。

考察

重金属の中で毒性元素とされるCdとHgについて検討した。三陸沖オットセイの腎臓中のCd濃度（ $45.4 \pm 20.4 \mu\text{g/g}$ ）はプリピロフオットセイの腎臓中のCd濃度（ $66.5 \pm 27.8 \mu\text{g/g}$ ）より低かった。このことは、北太平洋の海水中のCd濃度がベーリング海より低いことと関係しているかもしれない¹⁾。本研究における三陸沖のオットセイの肝臓及び腎臓中のCd濃度は、ワシントン沖で1970-1971年に捕獲されたオットセイの腎臓中の値（ $0.1 \sim 15.6 \mu\text{g/g}$ ）より高かった²⁾。Cdによるオットセイの汚染が進んでいるかどうかは更に検討が必要とされる。一方、肝臓中のHg濃度は、逆に過去の値より低かった。この原因は不明である。

本研究におけるオットセイのCd濃度は、北大西洋のアザラシや南半球のウエッデルアザラシより高かったが^{3, 4)}、ナンキョクオットセイやロスアザラシより低かった^{5, 6)}。一方、Hg濃度はロスアザラシやウエッデルアザラシやより高かったが^{5, 7)}、ナンキョクオットセイやカリフォルニアアシカより低かった^{5, 8)}。オットセイはイカ類や魚類を餌し、両餌生物の胃内出現率は生息海域によって異なる⁹⁾。Hamanaka et al.¹⁰⁾は、ある種のイカのCd濃度は魚類より高いと報告している。種によるCd及びHg濃度の違いは、生息海域の海水や餌生物中のCd及びHg濃度と関係していると見られる^{1, 11)}。

Cdを200~600 µg/g投与すると腎臓機能が不全になることが実験動物で報告されている¹²⁾。今回調べた中では、3頭のオットセイの腎臓中のCd濃度が約100 µg/gであった。今のところ具体的な腎臓機能傷害は報告されていないが、他の鰭脚類や鯨と同様^{10, 13, 14)}、オットセイでもCdやHgが体内に残存し加齢と共に増加することから今後注意が必要であろう。オットセイの肝臓及び腎臓にはメタルチオネインまたはそれに似た蛋白質が存在することが報告されている¹⁵⁾。メタルチオネインはCdを解毒化する作用があるため、この物質の量や動態について解明することが今後重要であろう。

オットセイの毛は8~10月に換毛し、11月以降成長する¹⁶⁾。11~3月の間に収集したオットセイの毛中のZn及びCu濃度が、4月及び7月に収集した野生個体の毛中の濃度より高かったことは、毛の成長に必要な両元素が増加したためではないかと推察される^{17, 18)}。毛中のHg濃度が筋肉中のHg濃度と正の相関関係にあること、毛中のHg濃度に大きな月変動がみられないこと、Hgが主に餌から取り込まれること、11~6月までオットセイは常に洋上で生活することから、Hg汚染のモニタリングに毛が有用かもしれない。

アザラシやミンクは、発情・排卵期には有機塩素系の影響を受けにくい、妊娠初期は非常に影響を受けやすく、着床の失敗や妊娠初期の流産が誘発される^{19, 20)}。しかし、PCBに汚染された魚を食べたアザラシの血清中のステロイドホルモンの濃度は低下していない²⁰⁾。これは、ステロイドホルモンの濃度が下垂体~生殖腺のフィードバックループによって濃度が維持されるからかもしれない。有機塩素がステロイドホルモンのバランスを崩し生殖の失敗をもたらすことは報告されている²¹⁾。体内に残留する有機塩素により肝臓の薬物代謝酵素が誘導され、ステロイドの酸化、分解が亢進される²²⁾。したがって、ステロイドホルモン濃度だけでなく、有機塩素によって亢進されるステロイドの酸化・分解の度合いを調べることにより、有機塩素が生殖に及ぼす影響の目安を見出すことが今後の課題と考えられる。

参考文献

- 1). Honda, K., Yamamoto, Y. and Tatsukawa, R. 1987. Distribution of heavy metals in Antarctic marine ecosystem. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 1, 184-197.
- 2). Anas, R. E. 1974. Heavy metals in the northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, and Harbour seal, *Phoca vitulina richardi*. Fishery Bulletin 72, 133-137.
- 3). Wagemann, R. and Muir, D.C.G. 1984. Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: Overview and Evaluation. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No.1279.

- 4). Noda, K., Kuramochi, T., Miyazaki, N, Ichihashi, H. and Tatsukawa, R. 1993. Heavy metal distribution in weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) from the Antarctic during JARE-32. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 6, 76-83.
- 5). Malcolm, H. M. Boyd, I. L., Osborn, D., French, M. C. and Freestone, P. 1994. Trace metals in Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) livers from Bird Islands, South Georgia. Mar. Pollut. Bull., 28, 375-380.
- 6). McClurg, T. P. 1984. Trace metals and chlorinated hydrocarbons in Ross seals from Antarctica. Mar. Pollut. Bull., 15(10), 384-389.
- 7). Yamamoto, Y., Honda, K., Hidaka, H. and Tatsukawa R. 1987. Tissues distribution of heavy metals in weddell seals (*Leptonychotes weddelli*). Mar. Pollut. Bull., 18, 164-169.
- 8). Martin, J. H., Elliott, P. D., Anderlin, V. C., Girvin, D., Jacobs, S. A., Risebrough, R.W., DeLong R. L., and Gilmartin, W. G. 1976. Mercury-selenium-bromine imbalance in premature parturient california sea lions. Mar. Biol. 35, 91-104.
- 9). Kajimura, H. 1984. Opportunistic feeding of the northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, in eastern North Pacific Ocean and eastern Bering Sea. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-779. U.S. Dep. Commer., 1-49.
- 10). Hamanaka, T., Ito, T. and Mishima, S. 1982. Age-related change and distribution of cadmium and zinc concentration in the steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) from the coast of Hokkaido, Japan. Mar. Pollut. Bull., 13, 57-61.
- 11). Norstrom, R. J., Schweinsberg, R. E. and Collins, B. T. 1986. Heavy metals and essential elements in livers of the polar bear (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic. Sci. Total Environ. 48, 185-212.
- 12). Nomiya, K. and H. Nomiya. 1979. Factors modifying critical concentration and biological half-time of cadmium. Arh Hig Rada Toksikol(Suppl), 30, 191-200.
- 13). Honda, K., Tatsukawa, R., Itano, K., Miyazaki, N. and Fujiyama, T. 1983. Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissues of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and their variations with body length, weight, age and sex. Agric. Biol. Chem. 47, 1219-1228.
- 14). Roberts, T. M. Heppelestone, P. B. and Roberts, R. D. 1976. Distribution of heavy metals in tissues of the common seals. Mar. Pollut. Bull. 7, 194-196.
- 15). Olafson, R. W. and Thompson J. A. J. 1974. Isolation of heavy metal binding proteins from marine vertebrates. Mar. Biol. 28, 83-86.
- 16). Scheffer, V. B. 1962. Pelage and surface topography of the northern fur seal. U.S. Fish and Wild Life Service, 206pp.
- 17). Burley, R. W. and de Kock, W.T. 1957. A comparison of the N-terminal amino acid residues in wool from normal and copper-deficient sheep. Arch. Biochem. Biophys., 68, 21-29.
- 18). Raper, H. S. 1928. The aerobic oxidases. Physiol. Rev. 8, 245-282.
- 19). Jensen, S., J. E. Kihlstorm, M. Olsson, C. Lundberg and J. Orberg. 1977. Effects of PCB and DDT on mink (*Mustela vison*) during the reproductive season. Ambio 6(4).239

- 20). Reijnders, P. J. H. 1986. Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature*. 324(4).456-457.
- 21). Reijnders, P. J. H. 1980. Organochlorine and heavy metal residues in harbour seals from the Wadden Sea and their possible effects on reproduction. *Netherlands Journal of Sea Research*. 14(1). 30-65.
- 22). Peakall, D. B. 1967. Pesticide induces enzyme breakdown of steroids in birds. *Nature, Lond.* 216. 505-506.

国際共同研究等の状況

米国とオットセイ、トド、アザラシなどの汚染研究を行った。

ロシアとは日露環境合同委員会にて、鰻脚類の海洋汚染に関する研究を計画し承認された。

4. 研究発表

1. 伊藤克磨, 宮原昭二郎, 吉田主基, 馬場徳寿. 1990: ポリエチレン漁網の使用年数などの推定の一方法. 平成2年度日本水産学会秋期講要. p.9. 1990.10月
2. 野田香織・市川秀樹・馬場徳寿・清田雅史・立川 涼. 1991. 重金属を用いた海生哺乳類の系群識別. 日本地球化学会年会講演要旨集. 304, 1991年9月.
3. Choi, D.Y.・田辺信介・Song, J.K.・立川 涼・馬場徳寿・清田雅史・吉田主基 1991: 三陸沖のキタオットセイに残留する有機塩素化合物の年齢および経年による変動, 1991年11月, 東京, 日本環境科学会1991年会講演要旨集, p.109.
4. 羽根清乃・山下信義・田辺信介・立川 涼・馬場徳寿・清田雅史 1991: 三陸沖のキタオットセイに残留する PCB異性体・同族体組成と薬物代謝酵素の特徴, 1991年11月, 東京, 日本環境科学会1991年会講演要旨集, p.110.
5. 馬場徳寿, 清田雅史, C. W. Fowler. 1991: キタオットセイの海洋廃棄物絡まり. 平成3年度日本水産学会春期大会講演要旨集 p.193. 1991. 4
6. 清田雅史, 馬場徳寿, 中島将行, 香山薫, Thomas R. Loughlin. 1991: 塩酸テイレタミンと塩酸ゾラゼパムを使用したキタオットセイの麻酔. 日本哺乳類学会1991年度大会講演要旨集 p.82. 1991.
7. Sung, J.K.・Tanabe, S.・Choi, D.Y.・Tatsukawa, R.・Baba, N.・Kiyota, M.・Yoshida, K. 1991: Variations of organochlorine residue levels with age and time in northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) from Pacific coast of Japan since 1971. 12th annual Meeting of Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Nov. 3-7, 1991, Seattle, Washington, Japan, Abstract, p.2.
8. 田辺信介・成 重慶・崔 東燦・山下信義・羽根清乃・立川 涼・馬場徳寿・清田雅史・吉田主基 1992: 有機塩素化合物によるキタオットセイの汚染と影響, 1992年4月, 東京, 平成4年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.236.
9. 村山司, 馬場徳寿, 清田雅史, 青木一郎, 石井丈夫. 1992: オットセイの視力. 平成4年度日本水産学会春季節会講演要旨集 p.148. 1992. 4

10. 清田雅史, 馬場徳寿, 加藤英紀. 1992: 北日本沖に来遊するキタオットセイの回遊の特徴.
日本哺乳類学会1991年度大会講演要旨集 p.63. 1992. 10
11. 清田雅史, 石井宏司, 古田彰, 馬場徳寿. 1992: キタオットセイの漁具識別能力の測定. 日
本哺乳類学会1991年度大会講演要旨集 p.65. 1992. 10
12. 清田雅史, 馬場徳寿, T. R. Loughlin, George A. Antonelis. 1992: プリビロフ系キタオッ
トセイの冬期回遊の特徴. Abstracts of 15th Symposium on Polar Biology. 1992.12
13. 小城春雄・福本由利・馬場徳寿・石原昭治. 1993: 小笠原諸島父島海岸における微小プラスチ
ック汚染物の分布. 1993年環境科学会.
14. 野田香織 1993: 海生哺乳類の重金属蓄積. Abstract of International Symposium on
Marine Pollution. Feb. 6, 1993. Kamogawa, Japan. 18-19.
15. 岩田久人・田辺信介・海野寛行・大内栄治・立川 涼・馬場徳寿・清田雅志・吉田主基
1993: 三陸沖産キタオットセイにおける α -HCH光学異性体の蓄積特性, 1993年4月,
東京, 平成5年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, p.383.
16. 馬場徳寿, 清田雅史, 小井土隆. 1993: 北太平洋中央水域におけるオットセイの分布. 日哺
学会講要, 1993.9
17. 馬場徳寿, 清田雅史. 1993: アジア系成熟雌オットセイの分布・回遊について. 日水学会講
要, 1993.10
18. 清田雅史, 馬場徳寿, 平林数行, 古田 彰, 志村 博, 吉川尚基. 1993: キタオットセイの
漁具識別能力. 日水学会講要, 1993.10
19. 野田香織・市川秀樹・馬場徳寿・清田雅史・立川 涼. 1993: キタオットセイの毛を用いた
非捕殺的重金属モニタリング方の検討. 筑波大学. 1993.12
20. Ragen, T.J., G. A. Antonelis, M. Kiyota. 1993: Early phase of northern fur seal
(Callorhinus ursinus) pup migration from St. Paul Island, Alaska. 第10回海産哺
乳類生物学会講要, 1993.9
21. Baba, N. 1994: Characteristics of northern fur seals, Callorhinus ursinus,
entangled in marine debris in the western North Pacific and Okhotsk Sea.
Abstract of third international Conference Marine Debris. p.26. May 1994.
22. Baba, N., and M. Kiyota. 1994: Distribution and characteristics of marine debris
in the North Pacific Ocean, 1989-1990. Abstract of third International
Conference Marine Debris. p.19. May 1994.
23. Matsumura, S., N. Baba, T. Domon, and K. Nasyu. 1994: Change of shape and ghost
fishing effect of released gillnet in the ocean. Abstract of third
international conference Marine Debris. p.27-28. May 1994.
24. 香山薫, 野村茂, 吉川尚基, 深田鉄夫, 清田雅史, 馬場徳寿, 1994: 飼育下のキタオットセイ
成熟雄個体の生殖周期に伴う血清中テストステロン濃度の変動と体重の変化. 日哺学会
講要: 60, 1994.9
25. 清田雅史, 久本敬, 香山薫, 野村茂, 馬場徳寿. 1994: キタオットセイの雌の生殖周期に伴
うステロイドホルモンの変動及び発情と排卵に關与する社会的要因. 日哺学会講要: 61,
1994.9

26. 野田香織・馬場徳寿・清田雅史・日登 弘・渡部 満・T.R.loughlin・佐伯和利・立川 涼.
1995: 毛を用いたキタオットセイの重金属モニタリングーその有効性と変動要因ー. 第
4回環境化学討論会.

論文発表

1. 馬場徳寿. 1991: プリピロフ諸島におけるオットセイの病気に関する研究. 第2回オットセイ飼育研究会報告書. 遠洋水産研究所. 53-69.
2. 野田香織, 馬場徳寿, 立川 涼. 1991: オットセイ中の重金属蓄積. 第2回オットセイ飼育研究会報告書: 18-23
3. 清田雅史. 1991: 太平洋のトドの個体群動向. 遠洋 82:5-9.
4. Miyahara, S., N. Baba, M. Kiyota and K. Yoshida. 1991: Results of heavy metal analysis of surface sea water, walleye pollock (Theragra chalcogramma) and northern fur seals (Callorhinus ursinus). Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, Tokyo, Japan, October, 1991). 11p.
5. Fowler, C.W, and N. Baba. 1991: Entanglement studies, St. Paul Island, 1990, juvenile male northern fur seals. NOAA Tech Memo NMFS-AFSC-2. 99-120.
6. Yoshida, K., T. Koido, N. Baba and M. Kiyota. 1991: Study of flying squid (Ommastrephes bartrami) behavior by ultrasonic telemetry-I. Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, Tokyo, Japan, October, 1991). 11p.
7. Baba, N. and M. Kiyota. 1991: Biological information of northern fur seals (Callorhinus ursinus) taken incidentally by high seas squid driftnet fisheries in 1989 and 1990. Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, Tokyo, Japan, October, 1991). 14p.
8. Baba, N., M. Kiyota and K. Yoshida. 1991: Investigation of northern fur seals (Callorhinus ursinus) in the North Pacific, 1988. Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, Tokyo, Japan, October, 1991). 10p.
9. Baba, N., M. Kiyota and K. Yoshida. 1991: Relationship between whisker color and age of northern fur seals (Callorhinus ursinus) collected in the western North Pacific and Okhotsk Sea. Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, Tokyo, Japan, October, 1991). 7p.
10. Baba, N and H. Kajimura. 1991: Fish net debris and beach litter on St. Paul Island, Alaska, 1990. NOAA Tech Memo NMFS-AFSC-2. 82-90.
11. 清田雅史. 1992: オットセイの繁殖集団はハーレムではない?. 遠洋 84:4-6.
12. 清田雅史, Thomas R. Loughlin, 馬場徳寿, 中島将行, 香山薫. 1992: 塩酸ティレタミンと塩酸ゾラゼバムを使用したキタオットセイの不動化法. 哺乳類科学 32(1):1-7. 1992.
13. 馬場徳寿. 1992: オットセイ資源の現状. 勇魚. 16, 2-10
14. 馬場徳寿. 1992: 環境庁予算によるオットセイの汚染研究. 遠洋 87:8-9.
15. 堺 温哉・市橋秀樹・菅沼弘行・亀崎直樹・立川 涼. 1992: 卵を用いたウミガメ類の重金属モニタリング. 日本爬虫両棲類学雑誌. 14(4), 207.

16. 立川 涼. 1992: 環境汚染からみたウミガメ. うみがめニュースレター15, 16
17. Baba, N., M. Kiyota, K. Yoshida and T. Koido. 1992: Distribution of northern fur seals, Callorhinus ursinus, in the central North Pacific from April to May during 1988-1991. Document submitted to the Annual Meeting of the INPFC, October, 1992. 12p.
18. Fowler, C. W., R. Ream, B. Robson and M. Kiyota. 1992: Entanglement studies, St. Paul Island, 1991 juvenile male northern fur seals. AFSC Processed Report 92-07. 45pp. 1992.
19. Kiyota, M., and C.W.Fowler. 1992: Surveys of entanglement among adult female northern fur seals, 1991-1992. E.H. Sinclair(ed.) Fur Seal Investigations, 1992. NOAA Tech. Mem. NMFS-AFSC-45:90-99, 1994.11
20. Kiyota, M., N. Baba and M. Mouri. 1992: Occurance of an elephant seal in Japan. Marine Mammal Science, 8(4):433.
21. 馬場徳寿 1993:海上におけるオットセイの捕獲. 49-72. 第4回オットセイ飼育研究会報告書. 遠洋水産研究所. 97p.
22. 新田 朗, 馬場徳寿. 1993: トド資源生態調査. 平成4年度トド対策調査報告書, 1993.3
23. Fowler, C. W., R. R. Ream, B. Robson and M. Kiyota. 1993: Entanglement studies, St. Paul Island, 1992 Juvenile male northern fur seals. AFSC Processed report 93-03, 1993.6
24. Baba, N., M. Kiyota, H. Hatanaka, and A. Nitta. 1993: Information and mortality of northern fur seals (Callorhinus ursinus) by the high seas Japanese squid driftnet fishery. Bull. North Pacific Commission, 53(III), 1993.11
25. Tanabe, S., Sung, J., Choi, D., Baba, N., Kiyota, M., Yoshida, K. and Tatsukawa, R. 1994: Persistent organochlorine residues in northern fur seal from the Pacific coast of Japan since 1971. Environ. Pollut., 85, 305-314.
26. Noda, K., T. Kuramochi, M. Miyazaki, H. Ichihashi and R. Tatsukawa. 1993. Heavy metal distribution in weddell seals (Leptonychotes weddelli) from the Antarctic during JARE-32. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 6, 76-83.
27. Ogi, H., K. Momose, F. Sato and N. Baba 1994: Plastic particles found in the gizzard of a starved Black-footed Albatross (Diomedea nigripes). J. Yamashina Inst. Ornithol., 26: 77-80.
28. Baba, N. 1994: Distribution and stomach contents of northern fur seals, Callorhinus ursinus, in the Okhotsk Sea during breeding seasons. Reports on the research of salmon resources in the north Pacific Ocean in 1993. 1994. 202-225.
29. Fowler, C.W., D. Baker, R. Ream, B. Robson, M. Kiyota. 1994: Entanglement studies on juvenile male northern fur seals, St. Paul Island, 1992. E.H. Sinclair(ed.) Fur Seal Investigations, 1992. NOAA Tech. Mem. NMFS-AFSC-45 : 100-136, 1994.11
30. Baba, N. 1995: Characteristics of northern fur seals, Callorhinus ursinus, entangled in marine debris in the western North Pacific and Okhotsk Sea from

1971 to 1987 and 1993. In Poster abstracts and manuscripts from the Third International Conference on Marine Debris. May 8-13, 1994, Miami, Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-51. 85-92.

31. Baba, N., and M. Kiyota. 1995: Distribution and characteristics of marine debris in the North Pacific Ocean, 1989-1990. In Poster abstracts and manuscripts from the Third International Conference on Marine Debris. May 8-13, 1994, Miami, Florida. NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-51. 77-83.
32. Noda, K., H. Ichihashi, T. R. Loughlin, N. Baba, M. Kiyota and R. Tatsukawa. (in press). Distribution of heavy metal in muscle, liver and kidney of northern fur seal (Callorhinus ursinus) caught off Sanriku, Japan and from the Pribilof Islands, Alaska. Environ. Pollut.

表1. ハイイロミズナギドリの胃内容物から検出されたプラスチック粒子の月別出現割合, 北太平洋, 1982年, 1987年及び1988年.

種類	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	計 (標本数)
プラスチック原材料	33.0	20.8	17.9	20.8	30.7	24.7	36.0	33.3	31.3 (1,727)
プラスチック製品が壊れたもの	67.0	79.2	82.1	79.2	69.3	75.3	64.0	66.7	68.7 (3,799)

表2. 雄オットセイの刺毛と綿毛中の微量元素の濃度 ($\mu\text{g/g}$ 乾重)

種類と部位	Fe	Cu	Ni	Cd	Zn	Pb	Mn	Hg
刺毛								
後頸部	199.4	108.1	2.8	0.6	210.4	11.0	3.4	-
胸部	195.3	26.4	1.2	0.3	351.8	32.8	7.0	6.2
腹部	30.9	15.8	ND	0.6	223.6	7.4	2.8	6.5
綿毛								
後頸部	271.0	85.7	1.9	0.2	179.6	8.4	2.9	-
胸部	264.5	19.4	ND	ND	321.8	29.3	5.1	7.4
腹部	155.9	12.6	ND	ND	199.1	5.6	1.7	8.7

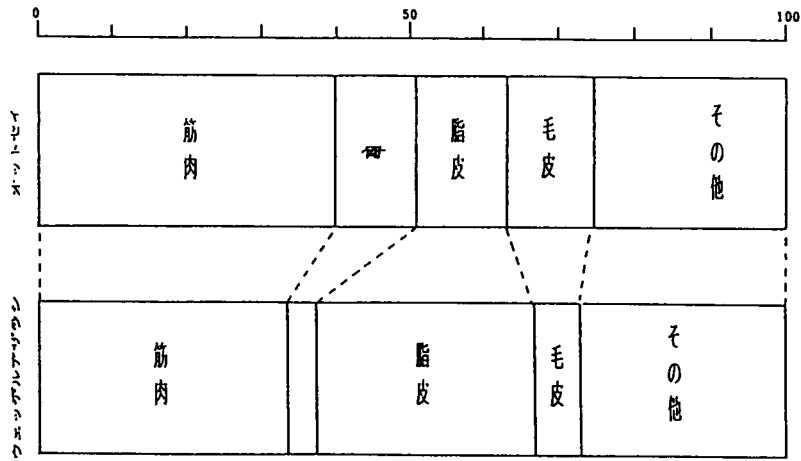


図1. オットセイとウエッデルアザラシの体重に対する各組織重量の割合

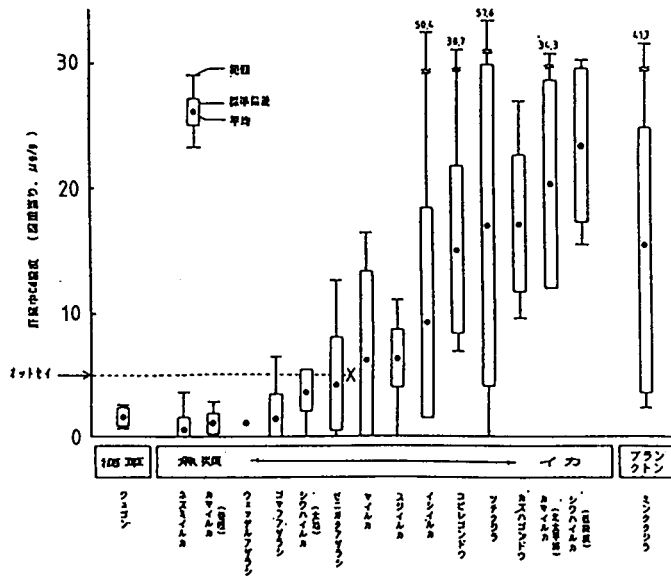


図2. 海産哺乳動物の肝臓中のCd濃度と食性の関係

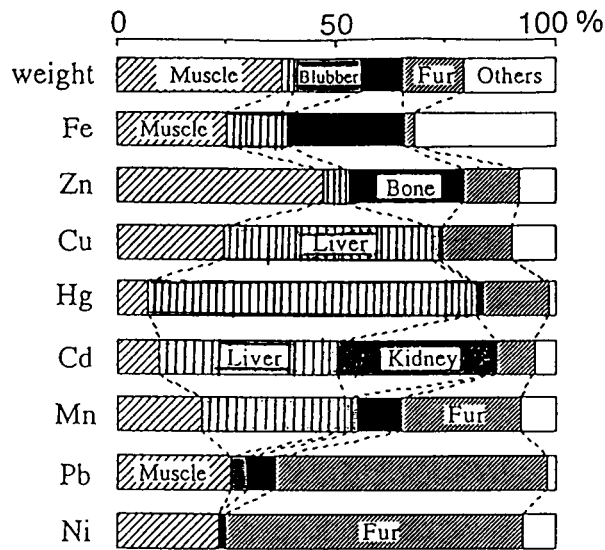


図3. 三陸沖の成熟雌オットセイにおける重金属の体内負荷量分布 (最上段は体重に対する各器官重量の割合)

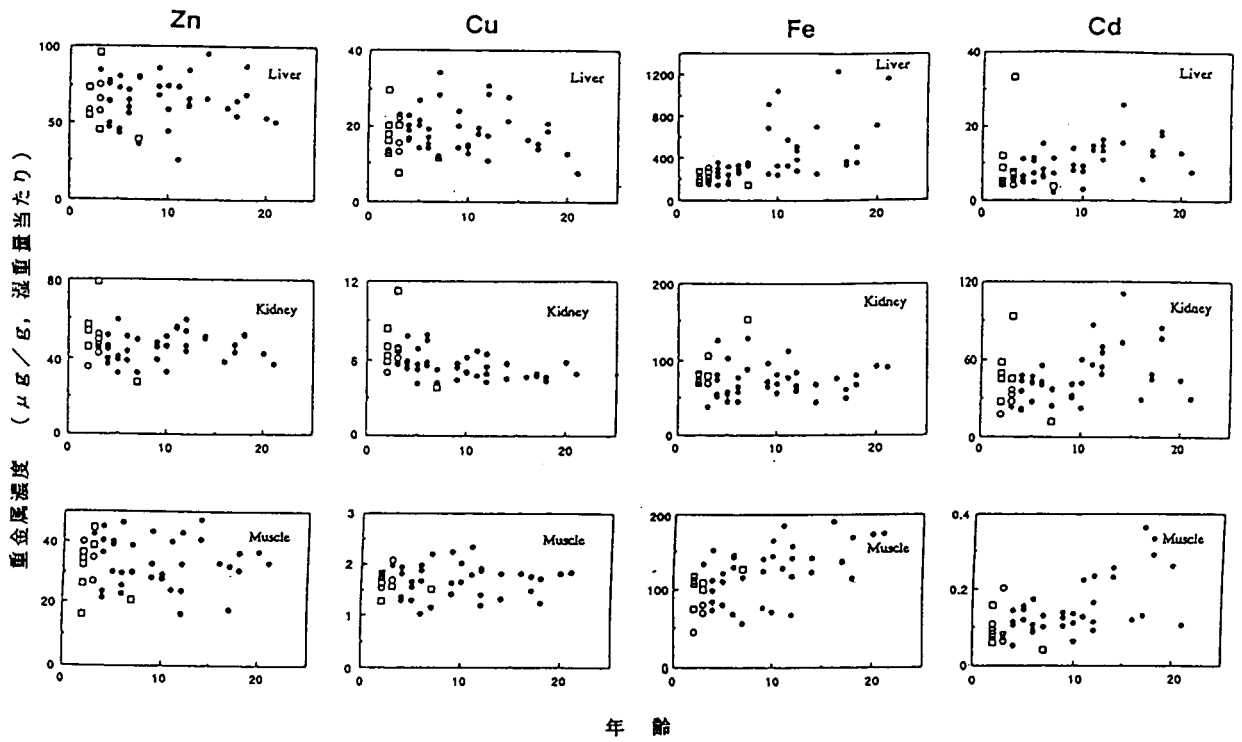


図4. 三陸沖オットセイの重金属濃度の加齢変動

□: ♂ ○: 若齢♀ ●: 成熟♀

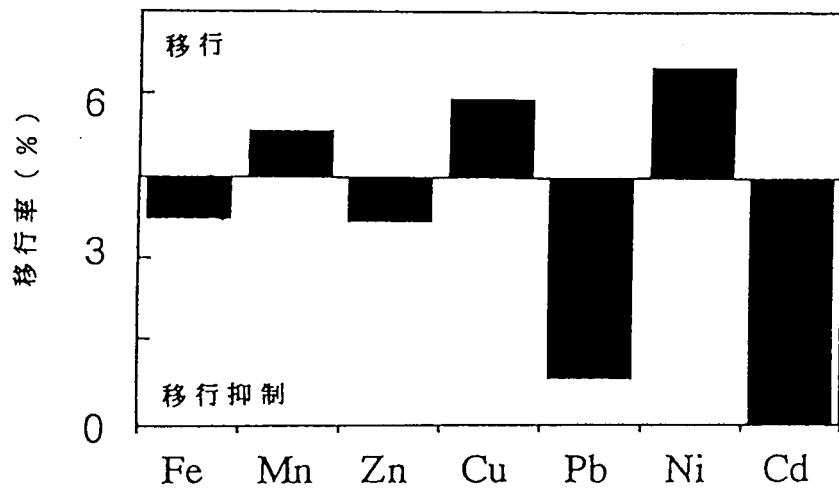


図5. 三陸沖オットセイにおける重金属の母子間移行率の相違

(移行率: 胎児中の元素別総負荷量/母体と胎児中の元素別総負荷量)

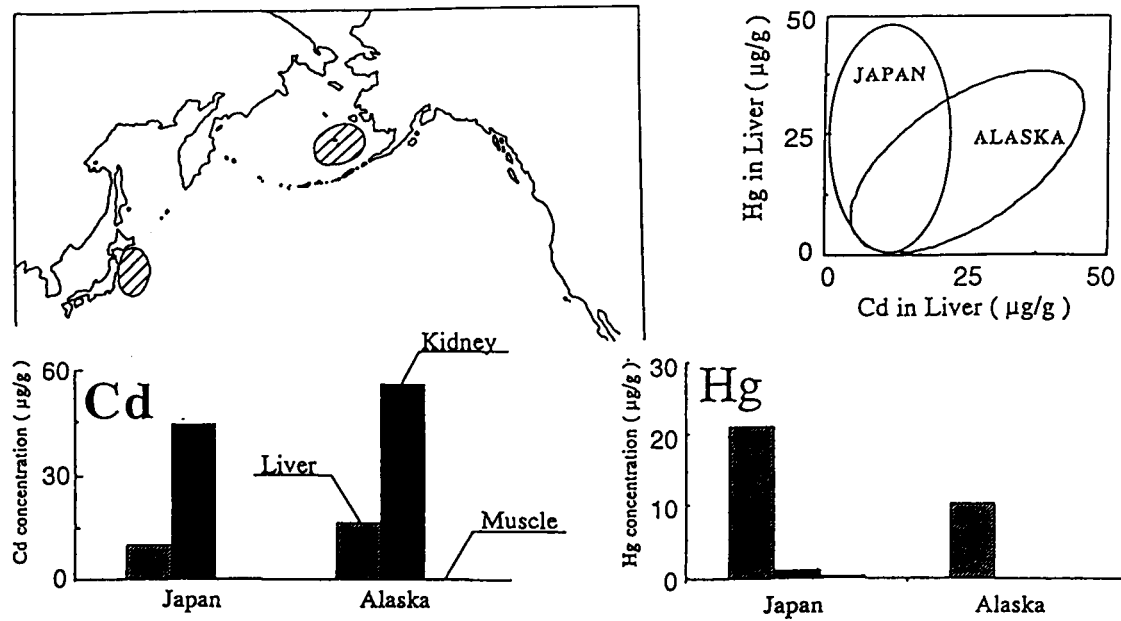


図6. 三陸沖オットセイとプリピロフ諸島オットセイの筋肉，肝臓及び腎臓中におけるCd濃度とHg濃度の比較

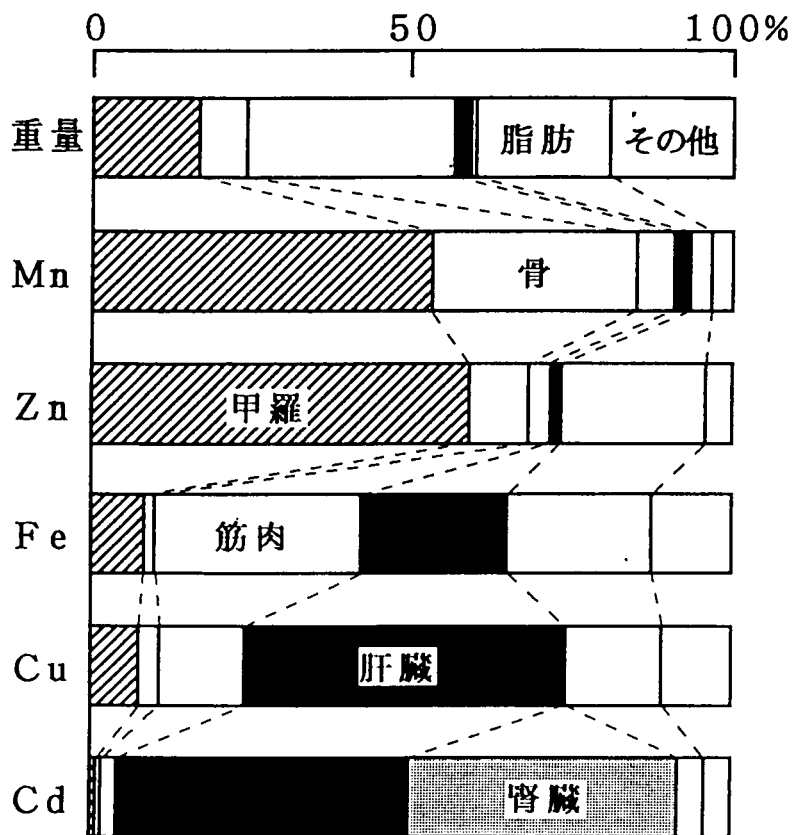


図7. アオウミガメ(♂)における重金属の体内負荷量分布

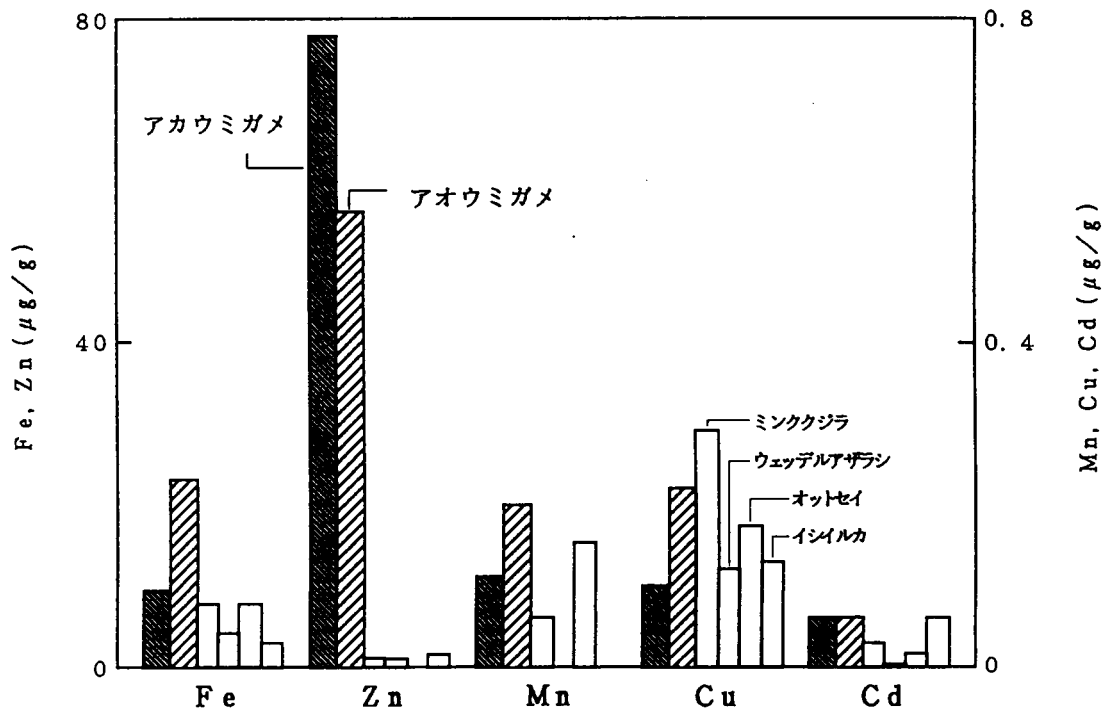


図8. 海洋生物における脂肪中の重金属濃度の比較

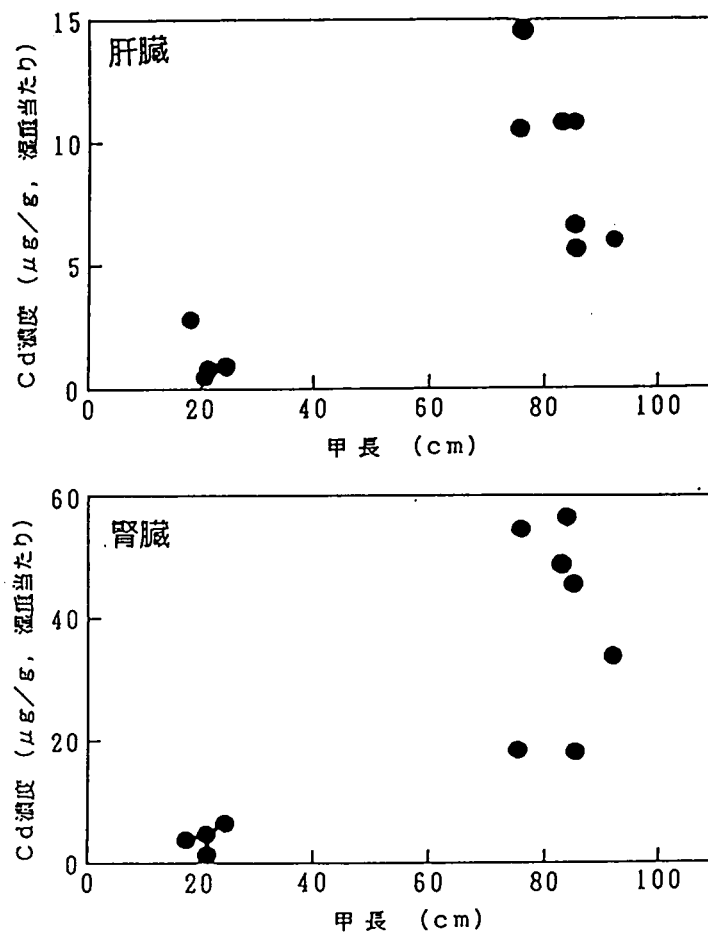


図9. アカウミガメの甲長と肝臓、腎臓中のCd濃度の関係

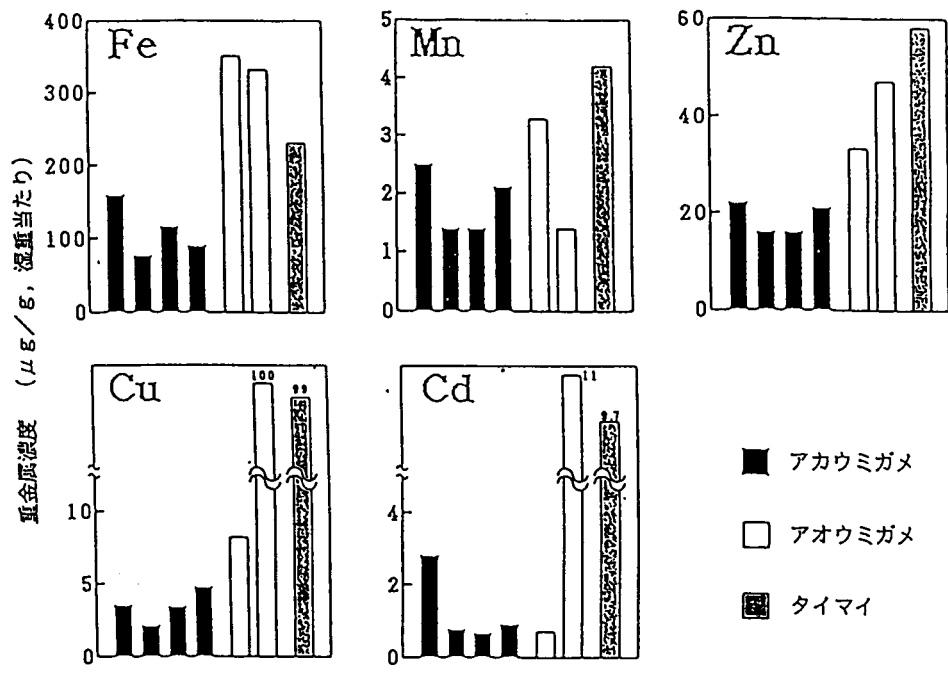


図10. アカウミガメ, アオウミガメ, タイマイ (すべて幼体) の肝臓中の重金属濃度の比較

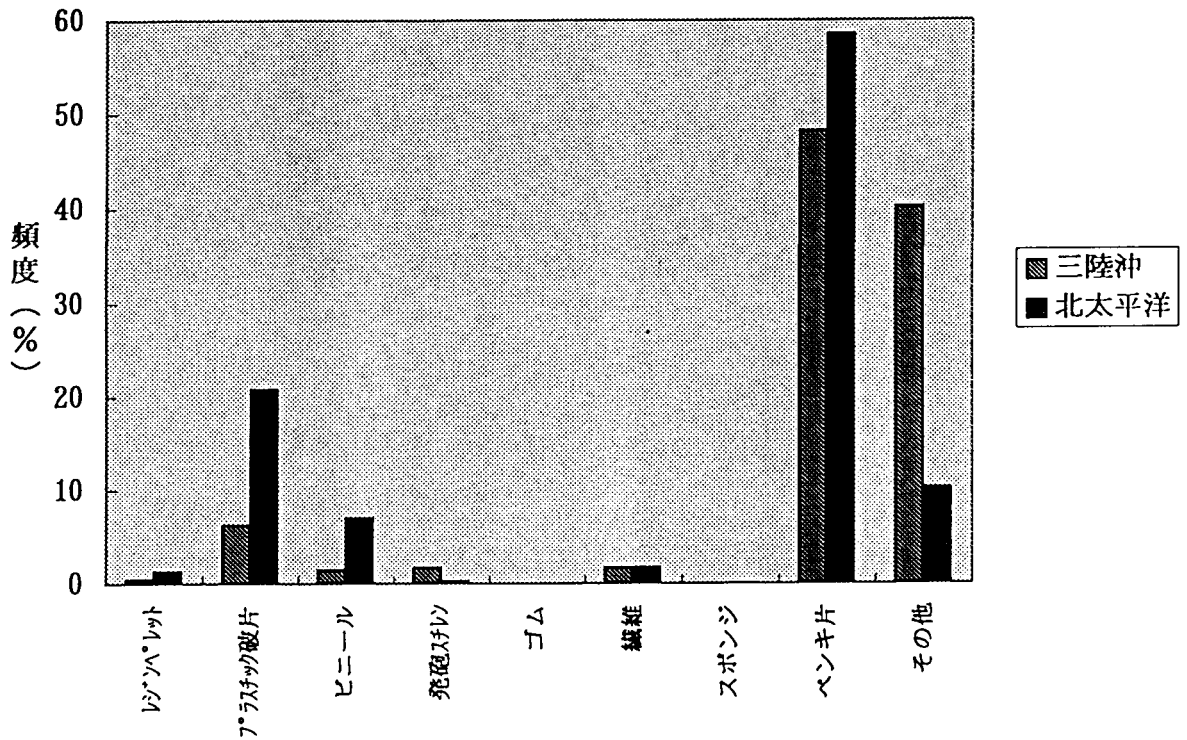


図11. 三陸沖と北太平洋におけるプラスチック粒子の出現頻度

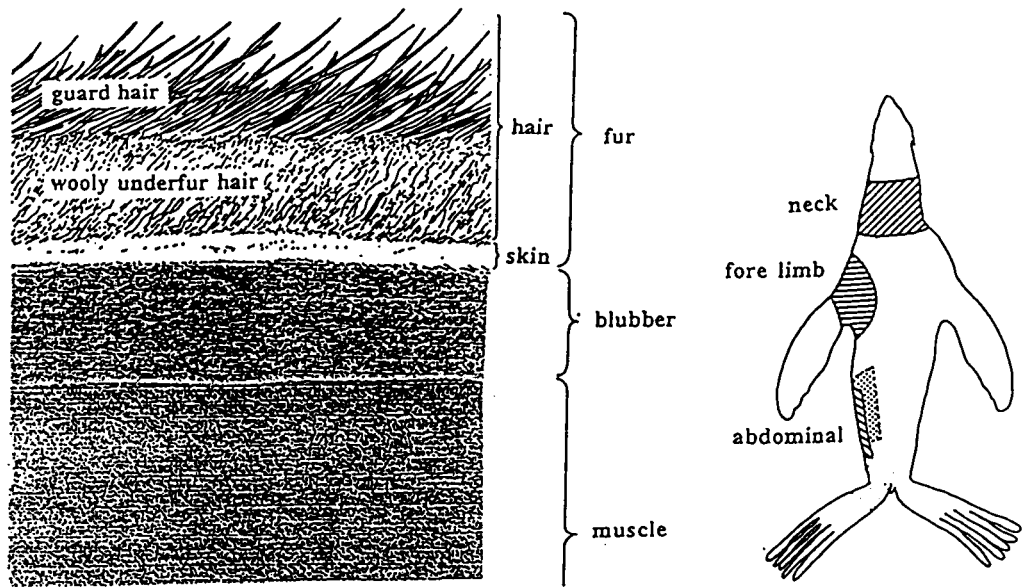


図12. オットセイの毛の採集部位と皮膚の構成

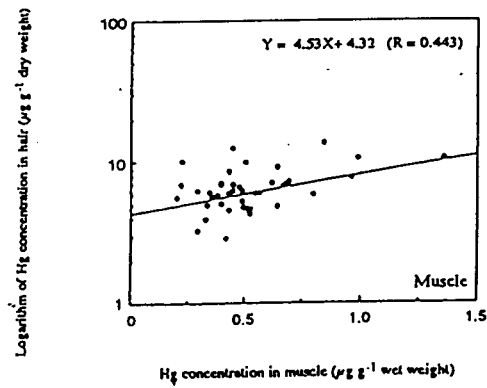


図13. オットセイの毛中のHg濃度と筋肉中のHg濃度の関係

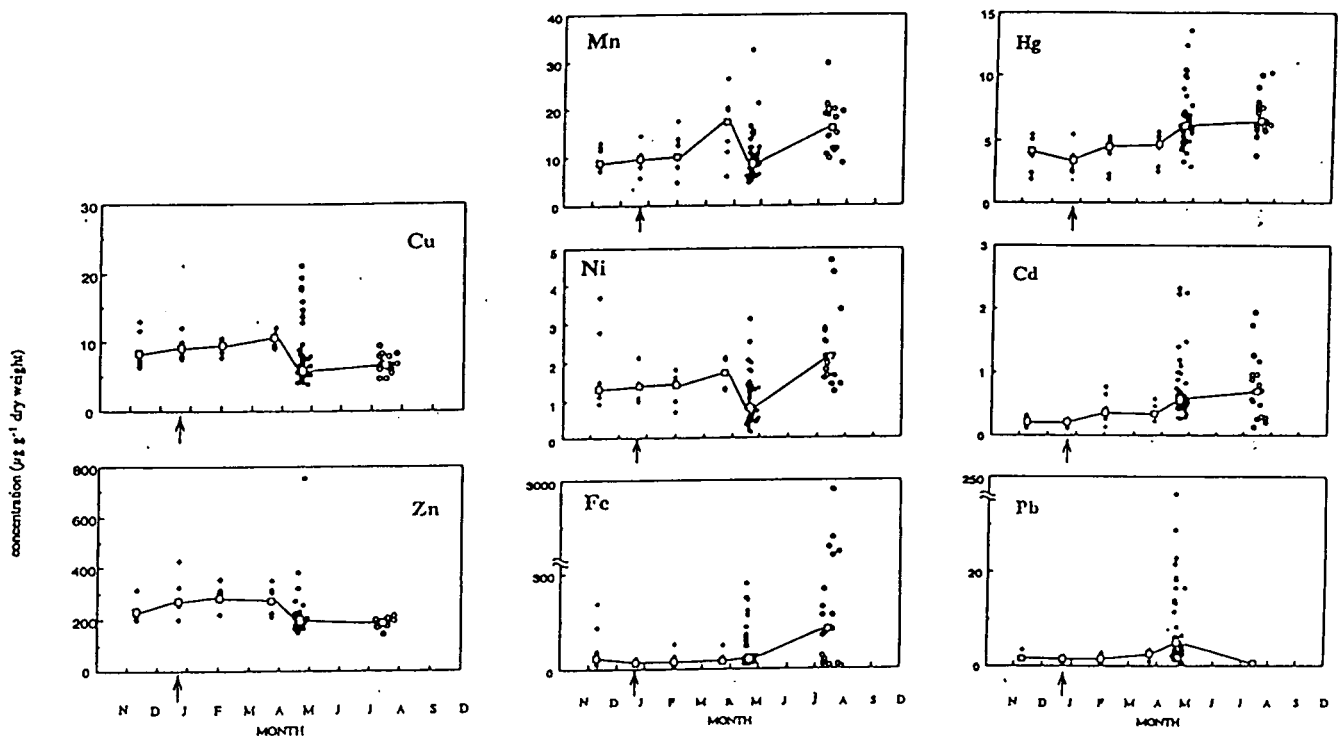
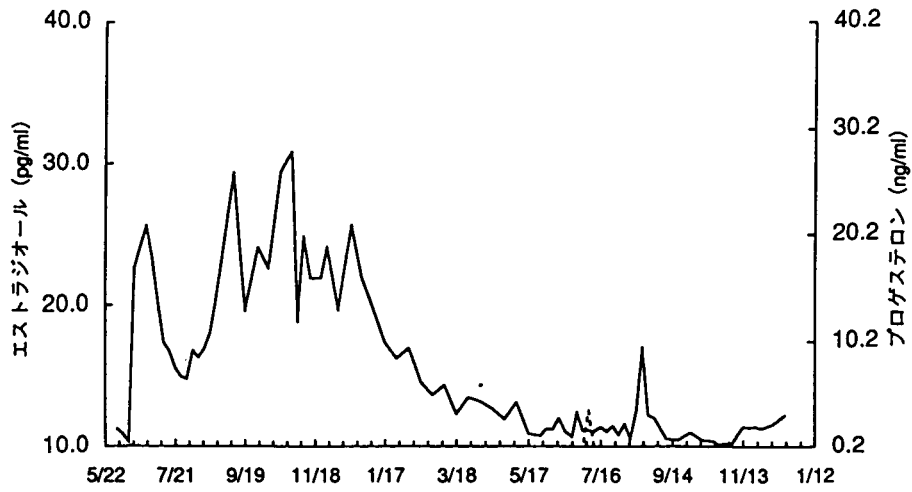
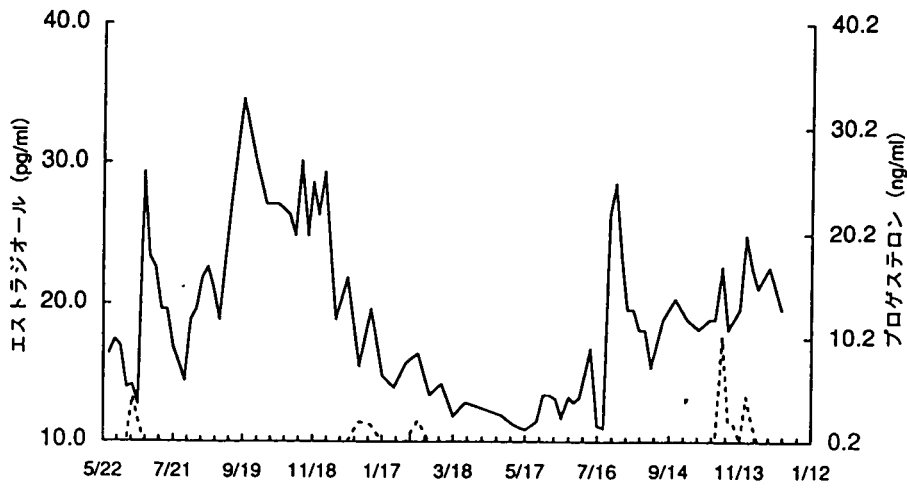


図14. オットセイの毛中の重金属濃度の月変化
(11~3月: 飼育個体 4月: 三陸沖個体, 7月: プリピロフ結島個体)

5-21(橙)



6-4 (赤)



7-7 (青)

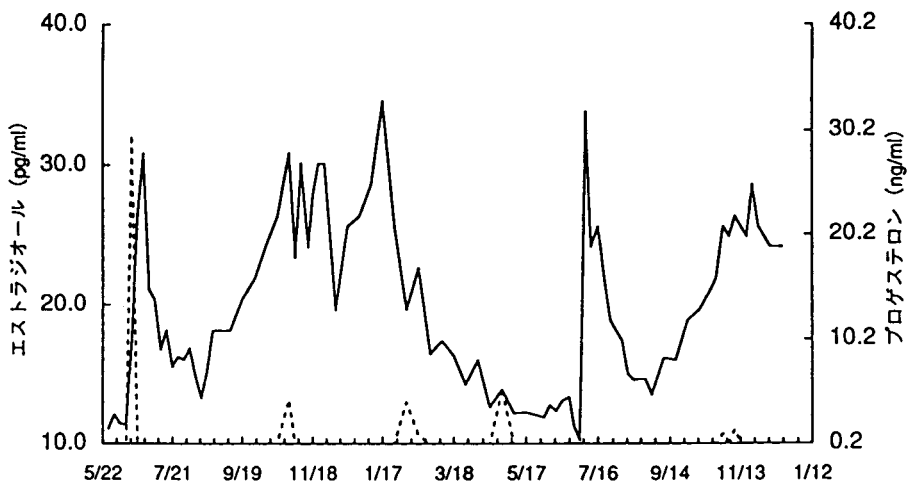


図15. 3個体の成熟雌オットセイの血中ステロイドホルモンの動態,
1993年5月22日~1994年12月18日
—— ; プログステロン, - - ; エストラジオール