

調査報告

マンガース (*Herpestes javanicus*) 肝臓を用いた  
沖縄島陸域の有機塩素化合物汚染状況調査

田代 豊

Pollution survey of organochlorines on Okinawa Island  
by analysis of mongoose liver

Yutaka TASHIRO

要 旨

沖縄島の自然環境における有機塩素化合物の分布について知見を得ることを目的として、沖縄島中北部（東村、大宜味村、名護市、宜野湾市）において捕獲された合計16頭のジャワ・マンガース (*Herpestes javanicus*) の肝臓中のPCB、DDT類、HCH類、HCB、クロルデン類 (CHLs) を分析した。マンガース体内の有機塩素化合物蓄積量は各個体の生息地域によって異なり、宜野湾市内の個体からは最高12,000 ng g<sup>-1</sup>のPCBが検出され、過去に報告されたマンガースやタヌキの濃度よりも高かった。PCB、DDTs、およびCHLsの蓄積量は各地域における有機塩素化合物汚染を生じる可能性のある発生源の有無と調和的であることが示された。

キーワード：有害物質、有機塩素化合物、マンガース、環境汚染、沖縄

Abstract

The concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs), dichlorodiphenyltrichloroethane and its metabolites (DDTs), hexachlorocyclohexane isomers (HCHs), hexachlorobenzene (HCB), and chlordane compounds (CHLs) in the liver of 16 feral mongooses (*Herpestes javanicus*) captured in Higashi Village, Ogimi Village, Nago City and Ginowan City on Okinawa Island, Japan, were measured in order to understand the distribution of organochlorine pollutants in the environment of this island. Detected concentrations of these chemicals varied corresponding to the area in accordance with the existence of suspected sources. The maximum PCB concentration of 12,000 ng g<sup>-1</sup> was found in a sample from Ginowan City and was higher than the concentrations previously reported for mongooses and raccoon dogs.

Key words: POPs, organochlorines, mongoose, environmental pollution, Okinawa

## 1. はじめに

PCB や DDT などの残留性有機塩素化合物は蓄積性があり、人や野生生物に慢性毒性を示す重要な環境汚染物質である。日本国内では、主として1960年代に大量の工業用 PCB（ポリ塩化ビフェニル）や、DDT、HCH などの有機塩素系殺虫剤が使用された。これら汚染物質は使用が禁止された以降も大気、水、生物への汚染が続いており、近年においても比較的高い濃度で人体や鳥類から検出されるなど、地球規模での汚染が明らかにされてきた<sup>1,3)</sup>。これらの物質には内分泌攪乱作用が指摘されているものもあり、ヤンバルのような希少生物に富む地域における生物の生息・繁殖環境の汚染は生物多様性保全・観光資源保全の点からも重大な問題である。これまで沖縄島内では、米軍基地に関連した PCB、PCP（ペンタクロロフェノール）などによる汚染がしばしば発生してきた<sup>4,5)</sup>。また、農耕地が発達しており農薬等の使用が野生生物に影響を与えてきた可能性がある。さらに廃棄物処理施設に構造上の不備を指摘されたことも多い。集落においては、温暖湿潤な気候のためシロアリ防除にクロルデンがとくに多量に使用された<sup>6)</sup>。このように、多岐に渡る発生源が存在すると考えられるが、沖縄における有機塩素化合物を含む微量有害物質に関するこれまでの調査研究は極めて限られている<sup>7,8)</sup>。

有害物質による環境の汚染状況を把握するための一般的な手法として、野生生物体内に蓄積された有害物質を分析し、地域間で比較することがある。例えば、イガイ<sup>9)</sup>やイルカ<sup>10)</sup>、イカ<sup>11)</sup>を用いた残留性有機汚染物質による沿岸海域の広域的な汚染調査などが報告されている。

沖縄島と奄美大島の陸域には、小動物や昆虫、植物をエサとして野生のジャワ・マングース (*Herpestes javanicus*) が生息する。環境省と鹿児島県および沖縄県は、奄美大島や沖縄島北部地域において、アマミノクロウサギ (*Pentalagus furnessi*) やヤンバルクイナ (*Gallirallus okinawae*) 等の希少生物の保護のために、マングース防除事業を実施している<sup>12)</sup>。ジャワ・マングースの寿命は3～5年で食物連鎖の上位に位置し、1頭で10～20ヘクタール程度の行動圏を持つため<sup>13,14)</sup>、体内に蓄積された有害物質を分析することによる局地的な汚染の評価に適していると考えられる。これまでにも、奄美大島で捕獲されたジャワ・マングースの肝臓から比較的高濃度の水銀が検出された報告<sup>15)</sup>もあり、有機塩素化合物の環境における分布と生物への影響を研究する上でも、有効な指標生物となる可能性がある。野生生物は通常調査員が踏査することが困難な森林や山地、あるいは米軍施設周辺でも行動するため、そのような地域の汚染に関する情報を得られる可能性がある。著者らは過去に名護市内および宜野湾市内のジャワ・マングースを捕獲し有害物質を分析した<sup>16)</sup>が、この際、局地的に有害物質体内濃度の高い個体が見出されており、生息環境の汚染を反映していることが示唆された。

本研究では、沖縄島の自然環境における有機塩素化合物の分布について知見を得ることを目的として、沖縄島中北部において駆除事業等に伴って捕獲されたジャワ・マングース試料の肝臓を分析し、PCB、DDT 類 (DDTs)、HCH 類 (HCHs)、HCB、およびクロルデン類 (CHLs) の濃度を測定した。

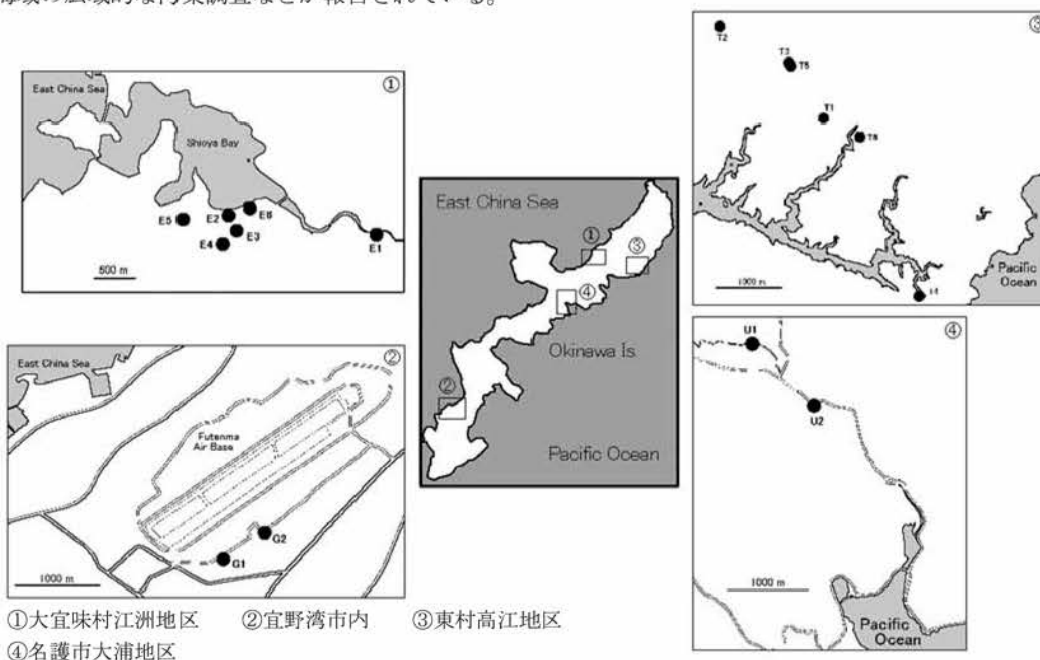


図1 マングース試料捕獲地点図

## 2. 方法

沖縄島内におけるマングース生息調査およびマングース駆除事業の際に、ワナを用いて捕獲・剖検されたジャワ・マングース成獣（オス15頭、メス1頭）の生体試料から肝臓を摘出し、分析に供した。これら生体の捕獲場所は、森林原野に囲まれた大宜味村江洲地区（6頭）と東村高江地区（6頭）、集落から延びる舗道沿いの名護市大浦地区（2頭）および市街地で米国海兵隊普天間飛行場に近接した宜野湾市内（2頭）であった（図1）。採取した試料は、分析までの間-20℃で保管した。

試料の分析は、Tanabe et al.<sup>17)</sup> および環境庁<sup>18)</sup>の方法に準じて行った。その概略を以下に記す。5~10gの肝臓試料を、無水硫酸ナトリウムとともにすりつぶした。これをソックスレー抽出装置を用いたヘキサンとジエチルエーテルの混合溶液による抽出に供した。抽出液を濃縮後、一部は脂肪含有率を測定するため、80℃で乾固した。残りの濃縮液は、フロリジル (Florisol PR, Wako Chemicals USA, Inc., USA) ドライカラムに負荷して窒素気流により乾燥後、水-アセトニトリル混合液（1：4）で溶出して脂肪分を除去した。溶出液はヘキサンで分配後に濃縮し、濃硫酸で処理した。ヘキサン層を、フロリジルカラムによってクリーンアップした。ヘキサンで溶出した画分はPCB、HCB、p,p'-DDE、およびtrans-ノナクロールを含有し、15%ジエチルエーテル含有ヘキサンで溶出した画分には、p,p'-DDT、p,p'-

DDD、 $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH、 $\gamma$ -HCH、cis-ノナクロール、trans-ノナクロール、cis-クロルデン、trans-クロルデンおよびオキシクロルデンが含まれていた。各画分をロータリーエバポレーターで濃縮し、ECDを装備したガスクロマトグラフ（島津製作所製GC-2010）を用いて各成分を定量した。これら物質の定量は、サンプルのガスクロマトグラムにおけるピーク面積と標準品によるピーク面積とを比較することによって行なった。なお、PCBの定量には、カネクロール300、400、500、600の当量混合物を標準品として用いた。

## 3. 結果および考察

分析結果を表1に示した。本研究で分析したすべてのマングース肝臓から複数種類の有機塩素化合物が検出された。検出された脂肪重量当たりの濃度は、PCBが19~12,000 ng g<sup>-1</sup>、DDTsが24~690 ng g<sup>-1</sup>、CHLsが24~2,700 ng g<sup>-1</sup>、HCHsが0~90 ng g<sup>-1</sup>、HCBが2.7~24 ng g<sup>-1</sup>であった。なお、表1には各供試個体の体重も記載したが、宜野湾市で捕獲された個体が他の地域からの個体よりも有意に軽かった以外は、採集地域間で体重差はなかった。このため、本研究における個体の成熟度や採餌量の違いに起因する化学物質の蓄積量の違いは地域間でとくにないものと考えられる。また、雌雄に関しては、宜野湾市で捕獲された個体の一つが本研究で分析に供されたうちで唯一のメスであった。マン

表1 マングース肝臓中の有機塩素化合物検出濃度 (ng g<sup>-1</sup> lipid)

地域	No.*	雌	雄	体重 (g)	HCB	HCHs	CHLs	DDTs	PCBs
江洲地区 (大宜味村)	E1		M	715	4.2	<0.8	48	73	130
	E2		M	770	2.7	30	24	39	73
	E3		M	798	22	19	24	28	190
	E4		M	775	24	31	26	24	140
	E5		M	543	6.5	90	42	33	180
	E6		M	574	6.1	41	51	35	19
高江地区 (東村)	T1		M	533	3.7	8.4	55	58	130
	T2		M	796	6.2	61	52	56	270
	T3		M	731	5.2	44	36	25	160
	T4		M	558	3.7	8	47	89	380
	T5		M	649	5.2	9.5	49	38	170
	T6		M	639	5.8	18	70	130	230
大浦地区 (名護市)	U1		M	700	5	52	170	320	440
	U2		M	605	6	77	1700	610	390
宜野湾市	G1		M	606	5.9	29	2700	690	2000
	G2		F	381	3.4	2.5	1100	440	12000
			M**	382	3.6	20	810	970	3000
嘉陽地区 (名護市)			M**	782	7.5	110	1400	430	910
			M**	631	5.8	37	270	100	150
			M**	681	13	120	280	180	220

\*: 図1の試料捕獲地点に対応している。 \*\*: 既報値

グースのメスは、オスに比べて出産および授乳によって有機塩素化合物の体内濃度が低下する可能性が指摘されている<sup>16)</sup>。本研究のメス試料は、体重から性的に成熟した個体と考えられるが<sup>19)</sup>、HCHsおよびDDTs濃度が他の宜野湾市試料よりも低かったもののPCB濃度は全分析試料中最高値を示した。

地区ごとの各物質の検出濃度平均値を図2に示した。なお、宜野湾市からの試料については、前報<sup>16)</sup>に記載した同市内からの1個体の分析結果も加えて全3個体の平均値を算出した。大浦地区および宜野湾市からの個体の肝臓試料は、江洲地区および高江地区からのものよりもCHLsおよびDDTs濃度が各々有意に高かった。しかし、大浦地区と宜野湾市からの試料の間ではCHLsおよびDDTs濃度に有意差がなかった。江洲地区および高江地区の試料捕獲地点は周辺が山林原野に囲まれ人家等がほとんどない。これに対し、他の2地区の試料捕獲地点周辺には、市街地(宜野湾市地区)や集落に通じる道路(大浦地区)などがあり、これらの地区では家屋などで過去に殺虫剤として使用されたCHLsおよびDDTsが環境中に残留しているものと推定される。これに加え、宜野湾市からの試料のPCB平均濃度は、江洲地区および高江地区からのものと比較して有意に高かった。そして、宜野湾市の試料から検出されたPCBの最高濃度は12,000 ng g<sup>-1</sup> lipidに達し、過去に報告された名護市のマングース(910 ng g<sup>-1</sup> lipid)<sup>16)</sup>や神奈川県の大津市のタヌキ(1,200 ng g<sup>-1</sup> lipid)<sup>20)</sup>の最高濃度よりも一桁以上高いものであった。この個体が捕獲された地点は米軍普天間飛行場のフェンスのすぐ外側で周辺は古い住宅が多い地区であり、事業場や廃棄物処分場などとはとくに見当たらなかった。試料捕獲地点周辺の住宅あるいは米軍基地において民生用または軍用に使用されたPCBが、環境中に何らかの形で放出され残留していることが推定される。

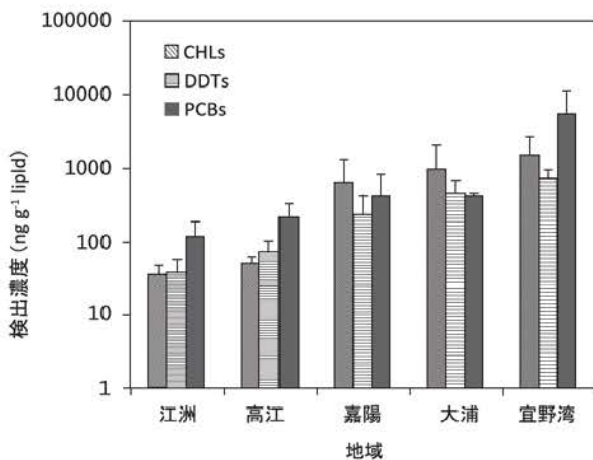


図2 各地域におけるCHLs、DDTs、PCBの検出濃度平均値(細線の長さは標準偏差を表す)

各物質の検出濃度間の関係を見ると(図3~5)、DDTsとCHLsの濃度との間には高い相関が見られ、家屋などで共通して使用されたものが環境を介してマングース体内に蓄積したことが示唆される。一方、これに比べてPCBはDDTsおよびCHLsとの相関がやや低く、一般の家屋とは異なる汚染源の存在を示している。PCB

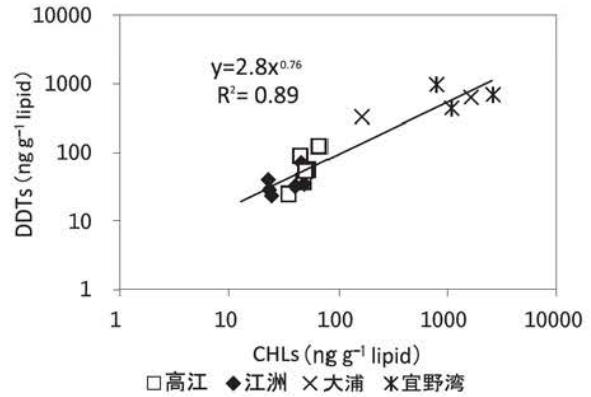


図3 CHLsとDDTsの検出濃度の関係

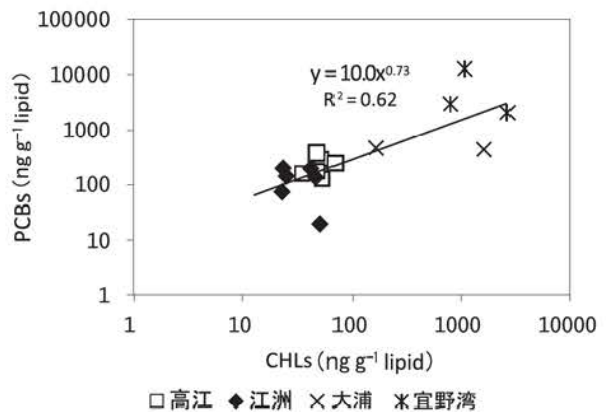


図4 CHLsとPCBの検出濃度の関係

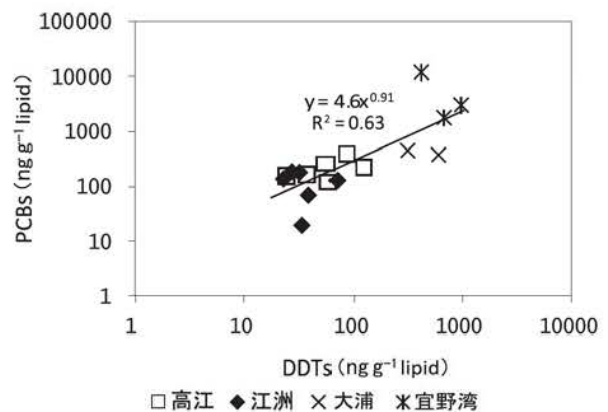


図5 DDTsとPCBの検出濃度の関係

濃度が高かった宜野湾市については、今後、本研究の調査地点周辺について、土壌、地下水などの汚染調査やPCB汚染源の探索を実施することが望ましいと考えられる。

本研究の結果により、マングース体内の有機塩素化合物蓄積量は各個体の生息地域によって異なり、PCB、DDTs、およびCHLsの蓄積量は各地域における有機塩素化合物汚染を生じる可能性のある発生源の有無と調和的であることが示された。これにより、沖縄島や奄美大島をはじめ東南アジアなどに広く生息するマングースを使って、これまで不足してきた広域的な陸域の残留性有害物質汚染分布調査が可能であると考えられる。今後、未知の汚染源の探索や返還軍用地の汚染調査などにおいて、マングースを分析試料として用いる調査方法が重要な知見を与えることが期待される。

## 謝 辞

本研究に当たりマングース試料の提供を賜った琉球大学農学部小倉剛准教授は、平成23年9月4日に急逝された。そのご厚意に謝意を表するとともにご冥福を祈るものである。本研究は、平成22年度名桜大学総合研究所一般研究助成を得て実施したものである。

## 引用文献

- 1) Hoshi, H., Minamoto, N., Iwata, H., Shiraki, K., Tatsukawa, R., Tanabe, S., Fujita, S., Hirai, K. and Kinjo, T. 1998. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl congeners in wild terrestrial mammals and birds from Chubu region, Japan : Interspecies comparison of the residue levels and compositions. *Chemosphere* 36 : 3211-3221.
- 2) Minh, T. B., Watanabe, M., Tanabe, S., Yamada, T., Hata, J. and Watanabe, S. 2001. Specific accumulation and elimination kinetics of tris (4-chlorophenyl)methane, tris (4-chlorophenyl) methanol, and other persistent organochlorines in humans from Japan. *Environ. Health Perspect* 109 : 927-935.
- 3) Ueno, D., Kajiwara, N., Tanaka, H., Subramani, A., Fillmann, G., Lam P. K. S., Zhen, G. G. J., Muchitar, M., Razak, H., Prudente, M., Chung, K. H., and Tanabe, S. 2004. Global pollution monitoring of polybrominated diphenyl ethers using skipjack tuna as a bioindicator. *Environ. Sci. Technol.* 38 : 2312-2316.
- 4) 金城喜栄・山城興博・上原隆. 1977. PCB・重金属による魚類の汚染調査 (第Ⅲ報). 沖縄県公衆衛生研究所報11 : 74-75.
- 5) 大城洋平・上地さおり・安里直和・金城孝一・吉田直史・渡口輝・玉城不二美・普天間朝好・宮城俊彦・上原隆. 2006. 沖縄県における化学物質環境実態調査について—平成7年度—平成16年度—. 沖縄県衛生環境研究所報40. 179-186.
- 6) Konishi, Y., Kuwabara, K. and Hori, S. 2001. Continuous surveillance of organochlorine compounds in human breast milk from 1972 to 1998 in Osaka, Japan. *Environmental Contamination and Toxicology* 40 : 571-578.
- 7) Tashiro, Y., Takahira, K., Osada, H., Fujii, H. and Tokuyama, A. 2004. Distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs), lead, and cadmium in Manko tidal flat, Okinawa. *Limnology* 5 : 177-183.
- 8) 田辺信介・高橋真・Govindan Malarvannan・池本徳孝・阿南弥寿美・国末達也・磯部友彦・阿草哲郎. 2008. 南西諸島に生息する水棲生物の有害化学物質調査—鯨類・ウミガメ類の汚染に関する報告—. 「南西諸島における野生生物の有害化学物質調査 ('05~'07)」。WWFジャパン.
- 9) Monirith, I., Ueno, D., Takahashi, S., Nakata, H., Sudaryanto, A., Subramanian, A., Karuppiah, S., Ismail, A., Muchtar, M., Zheng, J., Richardson, B. J., Prudente, M., Duc Hue, N., Seang Tana, T., Tkalin, A. V. and Tanabe, S. 2003. Asia-Pacific mussel watch: monitoring contamination of persistent organochlorine compounds in coastal waters of Asian countries. *Marine Pollution Bulletin* 46 : 281-300.
- 10) Kajiwara, N., Kamikawa, S., Ramu, K., Ueno, D., Yamada, T. K., Subramanian, A., Lam, P. K. S., Jefferson, T. A., Prudente, M., Chung, K. and Tanabe, S. 2006. Geographical distribution of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and organochlorines in small cetaceans from Asian waters. *Chemosphere* 64 : 287-295.
- 11) Ueno, D., Inoue, S., Ikeda, K., Tanaka, H., Yamada, H. and Tanabe, S. 2003. Specific accumulation of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in Japanese common squid as a bioindicator. *Environmental Pollution* 125 : 227-235.
- 12) Yamada, F. and Sugimura, K. 2004. Negative impact of an invasive small Indian mongoose, *Herpestes javanicus* on native wildlife species and evaluation of a control project in Amami-

- oshima and Okinawa Islands, Jaoan. Global Environmental Research 8(2) : 117-124.
- 13) 環境庁・鹿児島県・財団法人自然環境研究センター. 2000. 「平成11年度島しょ地域の移入種駆除・制御モデル事業（奄美大島：マングース）調査報告書」.
  - 14) Corbet, G. B. and Hill, J. E. 1991. "The Mammals of Indomalayan Region" Oxford University Press.
  - 15) Horai, S., Minagawa, M., Ozaki, H., Watanabe, I., Takeda, Y., Yamada, K., Ando, T., Akiba, S., Abe, S. and Kuno, K. 2006. Accumulation of Hg and other heavy metals in the Javan mongoose (*Herpestes javanicus*) captured on Amamioshima Island, Japan. Chemosphere 65 : 657-665.
  - 16) 田代豊・新垣裕治・増永貴史・山口俊. 2010. 沖縄島で捕獲されたマングース (*Herpestes javanicus*) 6 個体の有機塩素化合物分析. 名桜大学総合研究18 : 47-52.
  - 17) Tanabe, T., Senthilkumar, K., Kannan, K., and Subramanian A. N. 1998. Accumulation features of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in resident and migratory birds from South India. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 34 : 387-397.
  - 18) 環境庁. 1998. 『外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル（水質、底質、水生生物）』
  - 19) Ogura, G., Nonaka, Y., Kawashima, Y., Sakashita, M., Nakachi, M., and Oda, S. 2001. Reproductive activity in the female feral small Asian mongoose on Okinawa Island. Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine. 6 : 7-14.
  - 20) Kunisue, T., Takayanagi, N., Tsubota, T. and Tanabe, S. 2007. Persistent organochlorines in raccoon dogs (*Nyctereutes Procyonoides*) from Japan: Hepatic sequestration of oxychlordan. Chemosphere 66 : 203-211.