

(38) 微量有機汚染物質によるアマガエルの 汚染実態と生物濃縮性

嶋津 治希^{1*}

¹近畿大学理工学部社会環境工学科 (〒577-8502大阪府東大阪市小若江3-4-1)

* E-mail: hshimazu@civileng.kindai.ac.jp

日本全国57地域においてアマガエル(*Hyla japonica*), 環境水に含まれる多環芳香族炭化水素類, 有機リン酸トリエステル類, 農薬類を調査した. アマガエルでは, 27物質中18物質が検出され, 濃度の最も高い物質は8400 ng/g-dry, 検出率の高い物質は40 %程度であった. 環境水では, 27物質中20物質が検出され, 濃度の最も高い物質は8500 ng/L, 検出率の高い物質は90 %程度であった. 検出された物質で水中濃度と生物濃縮係数(BCF)の関係を調べた結果, 水中濃度が高くなるにつれてBCFが減少したが, これは化学物質の体内への摂取が限界に達したためと推察される. また, オクタノール/水分分配係数(Kow)とBCFの関係を調べたが, 親水性物質のlogBCFは既往の平衡実験で得られたlogKowとlogBCFの関係式より大きかった.

Key Words : polynuclear aromatic hydrocarbon, organophosphoric triester, pesticide, tree frog

1. はじめに

化学物質は現在, 世界で約10万種類が工業的に製造されており, この他にダイオキシン類など非意図的生成物質を含めると3000万種類以上, 存在するといわれる. また, このうち年間1000トン以上と大量に生産されるものも5000種類程度あり, 多くの化学物質が, 生産, 使用, 廃棄工程で, 環境中に排出されていると推測される.

これらの環境に排出された化学物質であるが, 大気, 水, 土壌などを経て, 生物の体内に取り込まれる. 中国における魚類中の残留塩素系農薬類の検出事例¹⁾, 瀬戸内海における貝類中のPCBsの検出事例²⁾, 鳥類中のポリ臭化ジフェニルエーテルの検出事例³⁾など, 様々な生物媒体において多くの化学物質が検出されている.

このように, 近年, 生物中の化学物質が測定され, データが蓄積されつつあるが, 化学物質の種類, 生物の種類ともに限られている. そこで, 本研究では, 生物中濃度の報告例がほとんどない多環芳香族炭化水素類(PAHs), 有機リン酸トリエステル類(OPEs), 農薬類を測定対象とした. また, 研究対象生物種としてアマガエル(*Hyla japonica*)を選定した. アマガエルは日本全国に分布し, 採取が容易であり, 有害化学物質による汚染に関する研究報告例がほとんどないことから選んだ.

日本全国57地域において, アマガエルを捕集し, それらに含まれるPAHs, OPEs, 農薬類を測定し, 汚染実態の調査を行った. また, アマガエルとともに生息地付近の環境水を採取し, アマガエル, 環境水の濃度データから, 研究対象物質の生物濃縮性の把握を試みた.

2. 調査及び測定方法

(1) 測定対象物質および生物

本研究で対象とした物質は表-1 に示す多環芳香族炭化水素類(PAHs), 有機リン酸トリエステル類(OPEs), 農薬類である⁴⁾. PAHs, OPEsはそれぞれ代表的な7種類ずつを, 農薬類は水道法で規制されているものの中から13種類を選定した. PAHsはダイオキシン類同様にAhR(aryl hydrocarbon receptor)を介した毒性発現が知られている有害化学物質であり, 石油, 石炭等の燃焼過程で生成することから, 主な排出源として自動車, 工場があげられる. OPEsには発がん性, 神経毒性を有するものがあり, 工業的に非常に有用なことからプラスチックの可塑剤, 難燃剤などに使用されており, 生活雑排水, 工場排水などあらゆる場所から排出されていると考えられる物質群である. 表-1 には研究対象物質のオクタノール/水分分配係

表-1 本研究における測定対象物質

物質名	略記号	logKow
多環芳香族炭化水素類(7種類)		
アントラセン	An	4.45
インデノ[1,2,3-cd]ピレン	IP	6.58
フルオランテン	FL	5.16
ベンゾ[a]ピレン	BaP	6.13
ベンゾ[b]フルオランテン	BbF	5.78
ベンゾ[k]フルオランテン	BkF	6.11
ベンゾ[ghi]ペリレン	BghiP	6.63
有機リン酸トリエステル類(7種類)		
リン酸トリエチル	TEP	0.80
リン酸トリス(2-エチルヘキシル)	TEHP	4.23
リン酸トリス(2-クロロエチル)	TCEP	1.44
リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)	TDCPP	3.65
リン酸トリフェニル	TPP	4.59
リン酸トリブトキシエチル	TBXP	3.75
リン酸ブチル	TBP	4.00
農薬類(13種類)		
イソキサチオン	IXT	3.73
イソプロチオラン	IPT	2.88
イプロベンホス	IBP	3.34
クロロニトロフェン	CNP	4.97
クロロタロニル	TPN	3.05
ジクロロボス	DDVP	1.43
シマジン	CAT	2.18
ダイアジノン	DZN	3.81
フェニトロチオン	MEP	3.30
フェノブカルブ	BPMC	2.78
プロピザミド	PPZ	3.43
ベンチオカーブ	TBC	3.40
EPN	EPN	4.78

* 略記号は以下の図表で用いる。

** logKowは参考文献(4)~(6)から収集。

数(logKow)も示しているが、logKowが0.80~6.63と非常に幅広い物性を有する物質を選定した。

次に、研究対象生物種のアマガエル(*Hyla japonica*)についてであるが、アマガエルは日本全国に生息し、冬季は温度差の小さい地中で冬眠し、春季になると水田や池などの止水域に集まる。肉食性で、昆虫類、クモ類を食す。卵から数日で孵化し、一ヶ月程かけてオタマジャクシからカエルに変態し、寿命は数年とみられている。

(2) 試料採取

付表に示す高等学校、地域住民、公共機関の協力を得て、39都道府県の57地域のアマガエル、環境水を採取した。なお、アマガエルと環境水は同じ場所で採取しているので、アマガエルは水辺に住む個体である。採取時期は2004年7月~10月であり、試料はPPバイアル瓶に直接、採取し、冷凍保存した。2008年10~12月に順次、解凍し、分析に供した。アマガエル試料は体長が1.0~4.5cm、地域によって個体数が異なり、1~20であった。環境水試料にも採取量に幅があり、25~320 mLであった。

(3) 測定方法

アマガエル試料を冷蔵庫内で解凍した後、ミキサーに

より磨砕を行い、均一化した。清浄なアルミホイル上で1~2日放置して、自然乾燥させた。乾燥させたアマガエル試料の中から2gを量り取り、セルロース円筒濾紙(公称粒子保持能60 μ m)に入れ、マイティバイアル内に置く。これにジクロロメタンを40 mL加えて超音波抽出を45分間行った。抽出液を窒素気流下で2 mLに濃縮した後、GCMSで測定対象物質を測定した。なお、アマガエルが小さく、個体数が少ない地域については、乾燥した試料全量をジクロロメタン40 mLで超音波抽出した。その後、抽出液を窒素気流下で2 mLに濃縮した後、GCMSで測定対象物質の測定を行った。

次に環境水試料であるが、冷蔵庫内で解凍した後、ガラス繊維濾紙(AP40)で濾過する。濾液を10 mL/minの流速で、活性化した固相カラム(Sep-Pak Plus PS-2)に加圧濃縮した。さらにエキストラクションマニホールド(Waters)に固相カラムを取り付け、これを循環アスピレーター(柴田科学WJ-20型、排気量24~30 L/min)で2時間吸引し、固相カラム内の水分を除去した。その後、固相カラム内の測定対象物質をジクロロメタン5 mLで溶出し、溶出液を窒素気流下で2 mLに濃縮した後、GCMSで測定対象物質の測定を行った。

GCMSは5975B inert XL E/CI MSD (Agilent Technologies)で、キャピラリーカラムはHP-5MS(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m)、注入口温度は250 $^{\circ}$ C、注入方法はスプリットレス、注入量は2 μ L、カラム昇温条件は50 $^{\circ}$ C(1.5 min) $\rightarrow$ 20 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 180 $^{\circ}$ C $\rightarrow$ 5 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 290 $^{\circ}$ C(11 min)、キャリアーガスはヘリウム、インターフェース温度230 $^{\circ}$ Cの条件でアマガエル、環境水ともに27物質の測定を行った。各物質において代表的な質量数を3つ選び、定性評価に用い、また一番感度の大きい質量数で絶対検量線法により定量評価を行った。なお、各物質の検出下限値であるが、GCMSのクロマトグラムにおけるSN比の3倍値から算出した。

3. 結果および考察

(1) アマガエル、環境水における化学物質の検出状況

アマガエルの測定結果を図-1、表-2に示す。図中のプロットは各物質の検出濃度値である。なお、本研究で採取したアマガエルは個数、体長が各地点で違うために、各地点の検出下限値が2オーダー程度異なる。また、物質ごとの検出下限値は概ね2オーダー程度の差がある。

アマガエルで検出された物質は18物質あった。検出頻度が最も高かったのはリン酸トリエチル(TEP)、リン酸トリブチル(TBP)の57地域中24地域で、この他にリン酸トリス(2-エチルヘキシル)(TEHP)の20地域、EPNの18地域、ベンチオカーブ(TBC)の17地域が高かった。検出濃度の

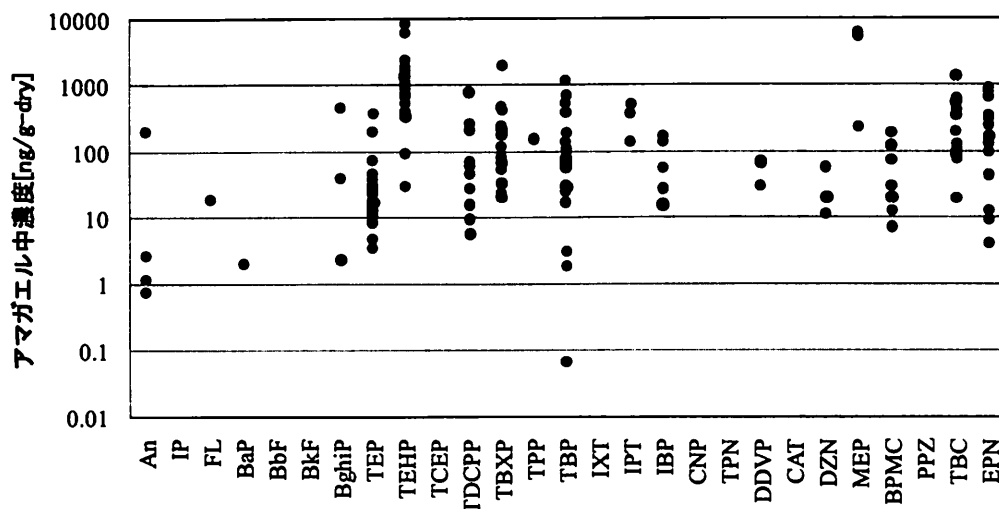


図-1 アマガエルにおける本研究対象化学物質の測定結果

表-2 アマガエルにおける本研究対象化学物質の検出地域数

An	IP	FL	BaP	BbF	BkF	BghiP	TEP	TEHP	TCEP	TDCPP	TBXP	TPP	TBP
4	0	1	1	0	0	3	24	20	0	10	15	1	24
IXT	IPT	IBP	CNP	TPN	DDVP	CAT	DZN	MEP	BPMC	PPZ	TBC	EPN	
0	3	6	0	0	3	0	3	3	8	0	17	18	

(全物質ともに測定地域数は57)

最大値はTEHPの8400 ng/g-dryで、フェニトロチオン(MEP)、リン酸トリブトキシエチル(TBXP)、TBP、TBCの最大濃度は1000 ng/g-dryを上回った。また、57地域のうち、53地域で1物質以上が検出され、多い地域では8物質が検出された。

次に環境水の測定結果であるが、図-2、表-3に示す。なお、本研究で採取した環境水の試料量は各地点で違うために、各地点の検出下限値が1オーダー程度異なる。また、物質ごとの検出下限値は2オーダー程度差がある。環境水で検出された物質は20物質あった。検出頻度が最も高かったのはTEPの57地域中51地域で、この他にフルオランテン(FI)の49地域、リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)(TDCPP)の47地域、ベンゾ[a]ピレン(BaP)の25地域などが高かった。アマガエル試料より検出頻度が高い物質が多かった。検出濃度の最大値はインデノ[1,2,3-cd]ピレン(IP)の8500 ng/Lで、IPなど5種類の多環芳香族炭化水素類、リン酸トリフェニル(TPP)など5種類の有機リン酸トリエステル類、3種類の農薬類の最大濃度が1000 ng/Lを上回った。また、57地域のうち、56地域で1物質以上が検出され、多い地域では12物質が検出された。

(2) 化学物質の水中濃度とアマガエル中濃度の関係

リン酸トリエチル(TEP)でアマガエル、環境水ともに検出されたのは23地域であるが、ここでは1地域の個体

数が3以上で、その乾燥重量が0.50 g以上であった19地域のデータを用いてアマガエル中濃度と水中濃度の関係を調べた。その結果を図-3に示す。横軸のCwは水中濃度(ng/L)、縦軸のCbはアマガエル中濃度(ng/kg-dry)である。概ね、水中濃度が高いとアマガエル中濃度が高くなるという傾向が得られた。なお、TEP以外の物質では、アマガエル、環境水ともに検出され、1地域の個体数が3以上、その乾燥重量が0.50 g以上であったのはTDCPPが7地域、TBXPが5地域であった。地域数が少ないので、参考であるが、TDCPPが右下がり、TBXPは右上がり傾向であった。

また、TEPについて、水中濃度と生物濃縮係数(BCF)の関係を図-4に示す。BCFは生物中濃度/水中濃度で定義され、単位は(ng/kg-dry)/(ng/L)である。BCFは化学物質の疎水性、酸解離定数、分子の大きさ、暴露濃度、生物種、生物の成長段階、排便、新陳代謝などに影響を受ける⁷⁾。Kondoら⁸⁾は実験室規模でクロロフェノールのメダカへの濃縮性を検討し、クロロフェノール水中濃度が高くなると、BCFは徐々に低下していくことを明らかにしている。本研究の結果は自然の状態からのデータであるが、似通った傾向が得られた。高濃度になるにつれて、体内への摂取が限界に達し、BCFが低下傾向になると推察される。なお、参考までにTDCPP、TBXPの水中濃度とBCFの関係であるが、TEPと同様に右下がりの結果となった。

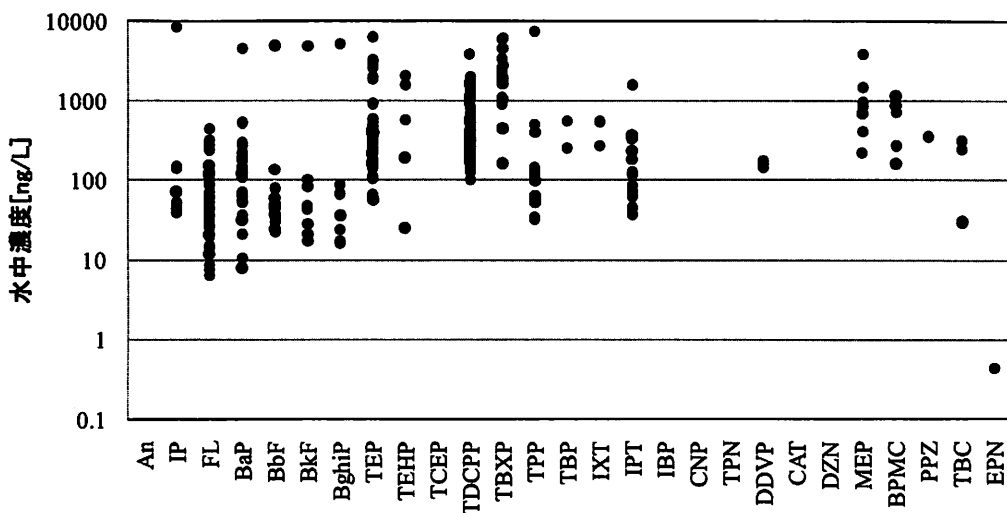


図-2 環境水における本研究対象化学物質の測定結果

表-3 環境水における本研究対象化学物質の検出地域数

An	IP	FL	BaP	BbF	BkF	BghiP	TEP	TEHP	TCEP	TDCPP	TBXP	TPP	TBP
0	9	49	25	12	8	7	51	5	0	47	19	15	2
IXT	IPT	IBP	CNP	TPN	DDVP	CAT	DZN	MEP	BPMC	PPZ	TBC	EPN	
2	13	0	0	0	3	0	0	8	5	1	3	1	

(全物質ともに測定地域数は57)

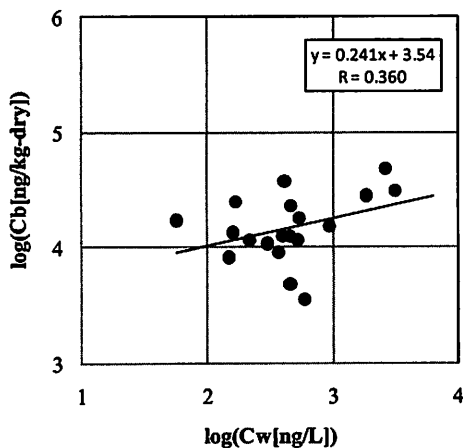


図-3 TEPの水中濃度とアマガエル中濃度の関係

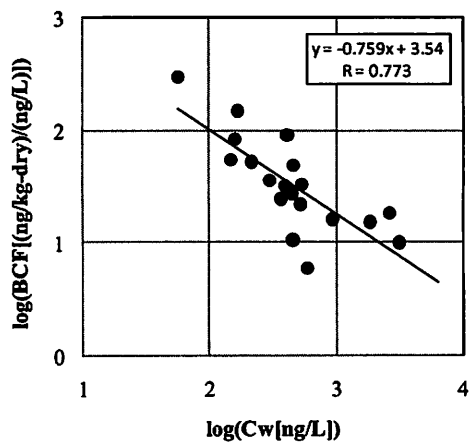


図-4 TEPの水中濃度と生物濃縮係数の関係

(3) 化学物質のオクタノール/水分配係数と生物濃縮係数の関係

BCFは化学物質の生物と水の分配比であるので、物性定数の一つであるオクタノール/水分配係数(Kow)との関係がこれまで調べられてきた。1980年代にはVeithら⁹⁾、Mackay¹⁰⁾らが、種々の農薬類、塩素系芳香族化合物のコイなどに対する生物濃縮性を調査し、logKowとlogBCFには正の比例関係があることを提案したが¹¹⁾、近年の研究^{12,13)}では比例関係から大きく外れる物質も存在すること

が指摘されてきた。Meylanら¹⁴⁾は既往研究から収集した694種類の化学物質のKowとBCFを用いて、それらの関係を整理し、非イオン系物質に関して以下の式を示した。
 $\log BCF = 0.50 \quad (\log Kow < 1)$ (1)

$$\log BCF = 0.77 \times \log Kow - 0.70 + \sum Fi \quad (1 < \log Kow < 7) \quad (2)$$

Fiは物質の種類によって定まる補正定数である。logKowが1より小さい物質ではlogBCFは0.50と一定の値をとり、logKowが1より大きく、7より小さい物質ではlogBCFとlogKowには正の比例関係がある。

ここで、今回、調査した化学物質のlogKowと日本全国の実測データから算出したlogBCFの関係を図-5に示す。なお、図中のlogBCFのプロットは、各物質のアマガエル、環境水ともに検出された地域ごとに求めた値であり、これにMeylanらの(1)式、補正定数を考慮していない(2)式もあわせて示している。今回の結果で特徴的なことの一つとして、logKowが0.80と低いリン酸トリエチル(TEP)においてlogBCFがMeylanらが提案した(1)式より、すべてのデータで高い値となった。嶋津ら¹⁹⁾は、日本全国における化学物質の水中濃度、底質中濃度のデータを用いて、logKowとlog(底質中濃度/水中濃度)(以下、logKsw)の関係を調査した。底質の場合でも、親水性物質におけるlogKswの値は、既往の平衡実験で得られたlogKowとlogKswの関係式より、2~5程度、大きくなった。底質については親水性物質が底質表面のイオン、反応基への吸着、底質に含まれる鉱物への無機吸着に関する報告例^{10,17)}があり、生物の場合についても同様のメカニズムが生じている可能性がある。今後、多くの親水性物質についてlogBCFが高くなるのか、またその原因について調査する必要がある。

次にアマガエル以外の生物種についても合わせてlogKowとlogBCFの関係の状況を確認することとする。環境省は毎年、日本全国の水、大気、底質、生物などにおける様々な化学物質の濃度データを蓄積し、「化学物質と環境」において公表している¹⁹⁾。この中のデータで、「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)」の対象とされている19物質群について日本全国13地点の水中濃度、魚類(スズキ)中濃度、貝類(ムラサキガイ)中濃度のデータから、logKowとlogBCFの関係を調査した。

図-6に化学物質のlogKowと本研究のデータから算出したアマガエルのlogBCF、環境省データから算出したスズキ、ムラサキガイのlogBCFの関係を示す。プロットは各物質群のlogBCFの中央値で、最大値と最小値も合わせて示している。スズキは8地点で測定されており、スズキ、環境水ともに検出された地点が5以上の物質群をプロットした。また、ムラサキガイは5地点で測定されており、全ての地点でムラサキガイ、環境水ともに検出された物質群をプロットした。各物質群のlogBCFのプロットとMeylanらの(1)式、(2)式(主に室内平衡実験データから算出)の差の平均値は0.50で、最大値は1.41であった。実際の環境データから算出したlogBCFと室内平衡実験データから算出したlogBCFの比較と考えると、差は比較的小さかったといえる。なお、それぞれの物質群のlogBCFの最大値と最小値の差の平均値は1.41であり、実際の環境から得られたデータの場合、すべてのデータが平衡状態に達していないと考えられる。今後、より多く

の実環境のデータを収集していけば、実環境における化学物質のlogKowとlogBCFの関係式を構築でき、化学物質のリスクランキン付けに関して重要な評価基準になりうる。

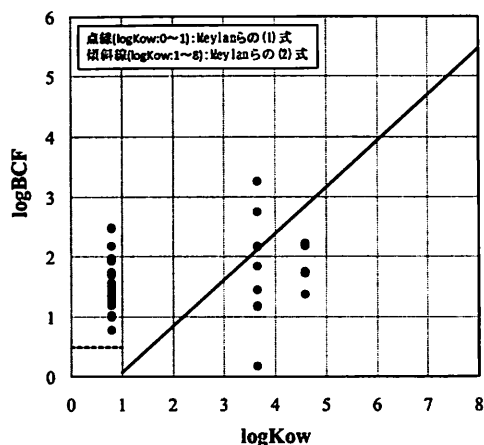


図-5 本研究対象物質のlogKowとlogBCFの関係

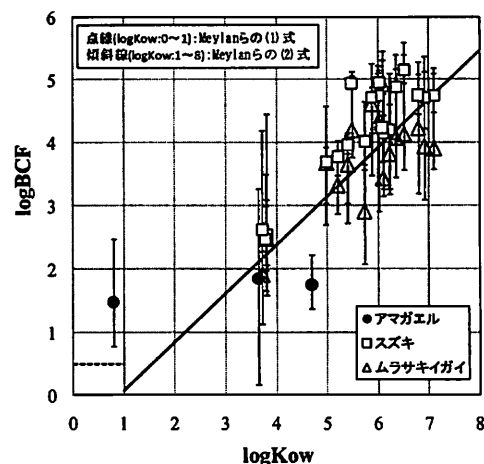


図-6 化学物質のlogKowとlogBCFの関係
(アマガエル、スズキ、ムラサキガイ)

4. おわりに

本研究では、日本全国57地域においてアマガエル(*Hyla japonica*)に含まれる多環芳香族炭化水素類(PAHs)、有機リン酸トリエステル類(OPEs)、農業類の汚染実態を調査した。また、アマガエルとともに環境水を採取し、アマガエル、環境水の濃度データから、研究対象物質の生物濃縮性について考察を行った。本研究で得られた主な結論をまとめると以下になる。

- (1) アマガエルの測定結果では、57地域のうち53地域で1物質以上が検出され、多い地域では8物質が検出された。検出頻度が最も高かったのはリン酸トリエチル(TEP)、リン酸トリブチルの24地域であった。検出濃度の最大値はTEHPの8400 ng/g-dryで、フェニトロチオンなど4物質で、最大濃度が1000 ng/g-dryを上回った。
- (2) 環境水の測定結果では、57地域のうち56地域で1物質以上が検出され、多い地域では12物質が検出された。検出頻度が最も高かったのはTEPの57地域中51地域であった。検出濃度の最大値はインデノ[1,2,3-*cd*]ピレン(IP)の8500 ng/Lで、IPなどの5種類のPAHs、リン酸トリフェニルなど5種類のOPEs、3種類の農薬類の最大濃度が1000 ng/Lを上回った。
- (3) 本研究で得られた化学物質の水中濃度と生物濃縮係数(BCF)の関係を調べた結果、水中濃度が高くなるにつれてBCFが減少したが、体内への摂取が限界に達し、BCFが低下傾向になるためと推察された。
- (4) 化学物質のlogKowとlogBCFの関係を調べた結果、logKowが低い親水性物質のlogBCFは既往研究で得られた関係式(主に室内平衡実験データより作成)より大きくなった。

今後の課題として実際の水環境における、さらに多くの物質の環境水中濃度、アマガエル中濃度データを収集し、それらの物質のアマガエルへの濃縮特性を解明することがあげられる。

謝辞：本研究におけるアマガエル、環境水試料は付表に示す全国の高等学校、地域住民、公共機関の協力により採取いただいた。近畿大学理工学部南武志准教授には、試料の提供及びアマガエルの前処理に関して有益な助言をいただいた。また、試料分析の際には近畿大学理工学部環境衛生工学研究室卒業生の永井章氏、地美亜矢子氏、岸村翼氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

付表 試料採取協力機関

北海道札幌白石高等学校	高槻市住民
青森県立青森北高等学校	阪南市住民
青森県立三本木農業高等学校	豊能町立吉川小学校
宮城県栗田島林高等学校	豊岡市住民
宮城県伊具高等学校	上郡町立赤松小学校
宮城県黒川高等学校	香芝市住民
秋田県立横手高等学校	海南市住民
鹿王高等学校	和歌山県立熊野高等学校
福島県立橘高等学校	鳥取県立鳥取工業高等学校
作新学院高等学校	岩美町住民
宇都宮市住民	島根県立益田産業高等学校
埼玉県立秩父高等学校	岡山県立弓削高等学校
千葉県立多古高等学校	福山市住民
新潟第一高等学校	徳島市住民
富山県立小矢部園芸高等学校	香川県立高松南高等学校
石川県立七尾農業高等学校	愛媛県立松山北高等学校
石川県立能登青翔高等学校	愛媛県立松山東高等学校
福井県立福井農林高等学校	高知県立春野高等学校
福井県立大野高等学校	高知県立幡多農業高等学校
長野県立長野高等学校	福岡県立糸島農業高等学校
長野県立伊那農業高等学校	佐賀県立佐賀農業高等学校
岐阜県立岐阜高等学校	長崎県立長崎東高等学校
静岡県立新居高等学校	長崎県立島原農業高等学校
名古屋県立富田高等学校	熊本県立熊本高等学校
愛知県立岡崎東高等学校	熊本県立熊本農業高等学校
愛知県立西尾高等学校	宮崎県立宮崎海洋高等学校
三重県立上野農業高等学校	鹿児島県立鶴翔高等学校
東栗市住民	沖縄県立博物館
大山崎町住民	

参考文献

- 1) Zhou, R., Zhu, L. and Kong, Q.: Persistent chlorinated pesticides in fish species from qiantang river in east china, *Chemosphere*, Vol.68, pp.838-847, 2007.
- 2) 津野洋, 中野武, 永禮英明, 松村千里, 鶴川正寛, 是枝卓成, 高部祐剛: POPsの二枚貝への濃縮特性に関する研究, 土木学会論文集G, Vol.63, No.3, pp.179-185, 2007.
- 3) Chen, D., Mai, B., Song, J., Sun, Q., Luo, Y., Luo, X., Zeng, E. and Hale, R. C.: Polybrominated diphenyl ethers in birds of prey from northern china, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.41, No.6, pp.1828-1833, 2007.
- 4) Interactive PhysProp Database Demo, <http://www.symes.com/what-we-do/databaseforms.aspx?id=386>
- 5) 国立環境研究所: Webkis-Plus 化学物質データベース, <http://w-chemdb.nies.go.jp/>
- 6) 環境省: 平成12年度版「化学物質と環境」, <http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/index.htm#top>
- 7) Boethling, R. S. and Mackay, D.: *Handbook of property estimation methods for chemicals: environmental and health sciences*, Lewis Publishers, pp.189-231, 2000.
- 8) Kondo, T., Yamamoto, H., Tatarazako, N., Kawabe, K., Koshio, M., Hirai, N. and Morita, M.: Bioconcentration factor of relatively low concentrations of chlorophenols in Japanese medaka, *Chemosphere*, Vol.61, pp.1299-1304, 2005.
- 9) Veith, G.D., Defoe, D. L. and Bergstaedt, B. V.: Measuring and estimating the bioconcentration factor of chemicals in fish, *J. Fish. Res. Board Can.*, Vol.36, pp.1040-1048, 1979.

- 10) Mackay, D. : Correlation of bioconcentration factors, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.16, No.5, pp.274-278, 1982.
- 11) Ramaswami, A., Milford, J. B. and Small, M. J. : *Integrated environmental modeling : pollutant transport, fate and risk in the environment*, John Wiley & Sons, pp.96-99, 2005.
- 12) Bintein, S. and Devillers, J. : Nonlinear dependence of fish bioconcentration on n-octanol/water partition coefficient, *SAR and QSAR in Environmental Research*, Vol.1, pp.29-39, 1993.
- 13) 津野洋, 新海貞史, 中野武, 永禮英明, 松村千里, 是枝卓成 : 瀬戸内海におけるPCBの分布とムラサキイガイへの濃縮特性に関する研究, 土木学会論文集G, Vol.63, No.2, pp.149-158, 2007.
- 14) Meylan, W. M., Howard, P. H., Boethling, R. S., Aronson, D., Printup, H. and Gouchie, S. : Improved method for estimating bioconcentration/bioaccumulation factor from octanol/water partition coefficient, *Environ. Toxicol. Chem.*, Vol.18, No.4, pp.664-672, 1999.
- 15) 嶋津治希, 大西英一, 尾崎則廣, 福島武彦, 中杉修身 : 化学物質の水中濃度と底質中濃度の関係, 水環境学会誌, Vol.23, No.12, pp.786-794, 2000.
- 16) Haderlein S.B. and Schwarzenbach R.P. : Adsorption of substituted nitrobenzenes and nitrophenols to mineral surfaces, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.27, No.2, pp.316~326, 1993.
- 17) Schwarzenbach R. P., Gschwend P. M. and Imboden D.M. : *Environmental organic chemistry*, John Wiley & Sons, 1993.
- 18) 環境省 : 平成 17 年度版「化学物質と環境」, <http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/index.html#top>

(2009.5.22 受付)

Occurrence and Bioaccumulation of Trace Organic Pollutant in Tree Frog

Haruki SHIMAZU¹

¹School of Science and Technology, Kinki University

27 kinds of polynuclear aromatic hydrocarbons, organophosphoric triesters and pesticides in tree frogs and waters were monitored at 57 different sampling stations throughout Japan. 18 kinds of organic pollutants were detected in tree frogs. The maximum concentration and detection rate were 8400 ng/g-dry in case of tris(2-ethylhexyl) phosphate and 42 % in case of triethyl phosphate and tributyl phosphate, respectively. 20 kinds of organic pollutants were detected in waters. The maximum concentration and detection rate were 8500 ng/L in case of indeno(1,2,3-cd) pyrene and 89 % in case of triethyl phosphate, respectively. BCF decreases with increasing water concentration for detected pollutant. This is probably because intake of pollutant is reached to maximum level in tree frog. The relationship between K_{ow} and BCF for detected pollutants were investigated. There observed from one to three orders of magnitude differences between them in the case of low $\log K_{ow}$ substance.