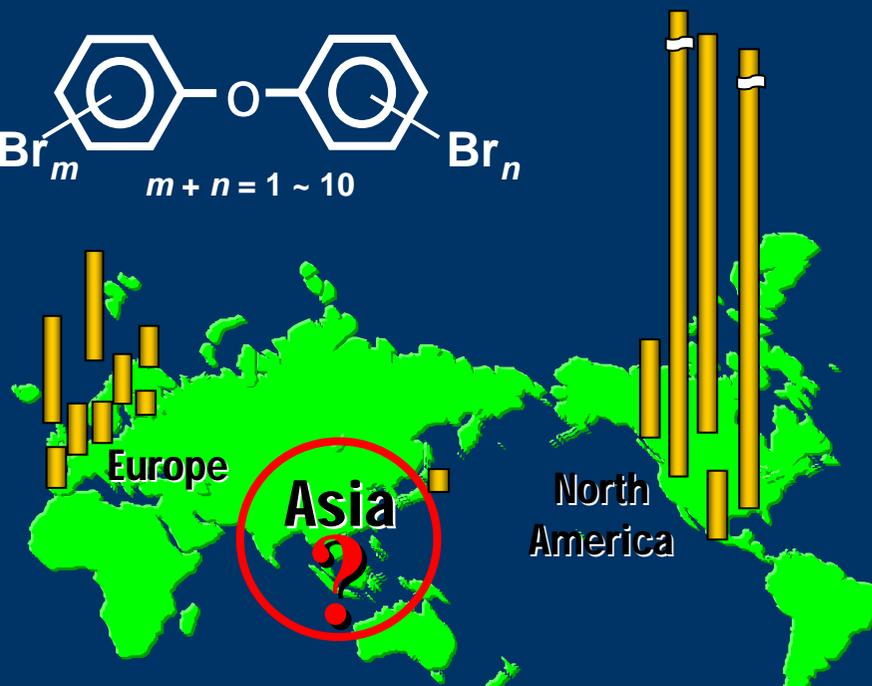
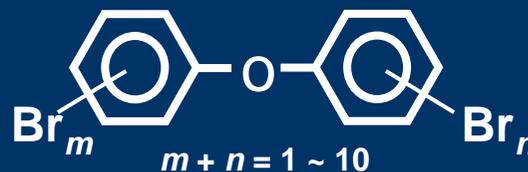


内分泌かく乱作用が疑われる 生物蓄積性化学物質の野生生物汚染

新規POP_sによる日本およびアジア地域の汚染実態

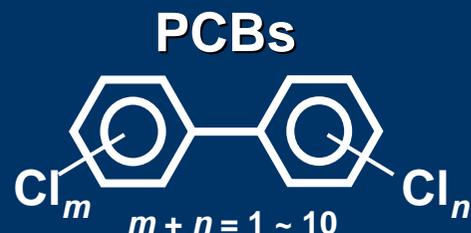
田辺 信介

愛媛大学沿岸環境科学研究センター



POPs および候補物質の生産・利用・規制に関する推移と現状

既存のPOPs

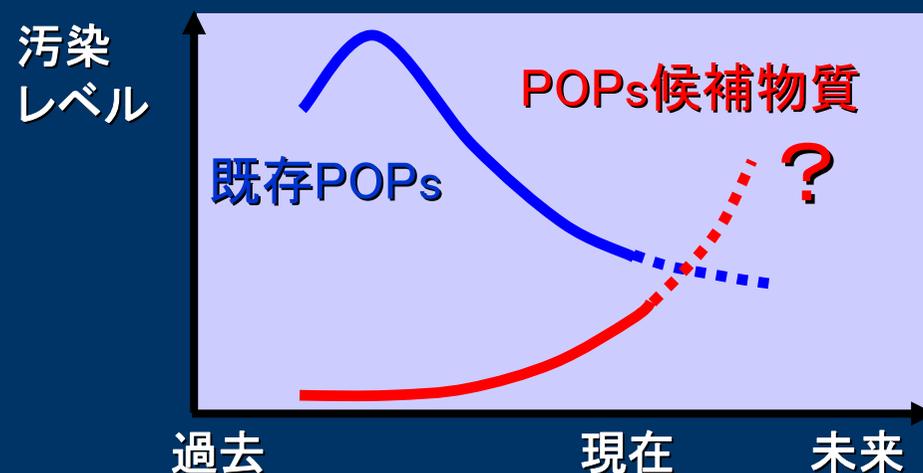


- 日本:1970年代に生産・使用禁止
- スtockホルム条約(POPs条約)等による国際的な規制・対策
- 汚染レベルの漸減

POPs候補物質

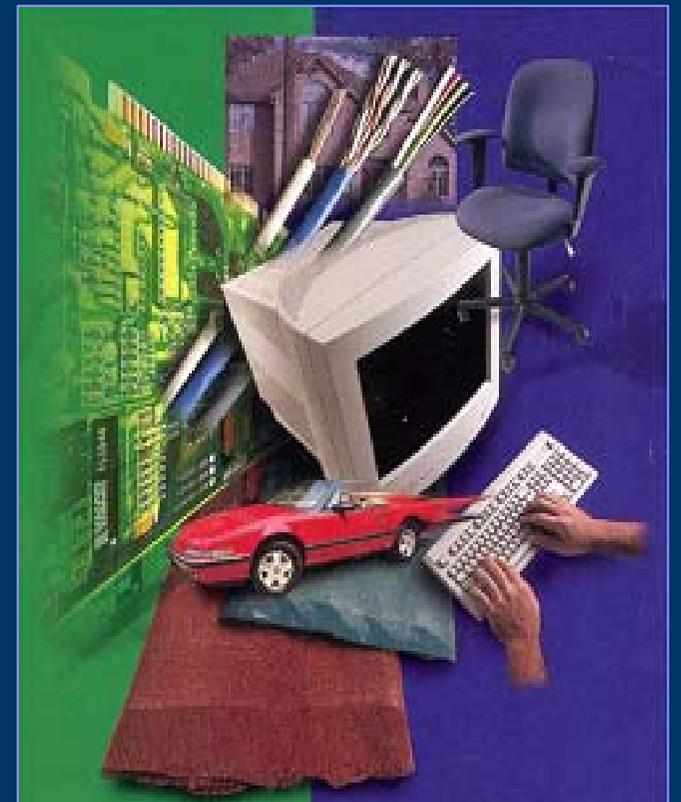
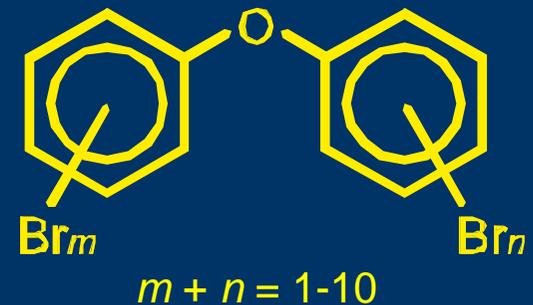


- 近年における汚染レベルの上昇が欧米で指摘
- POPs条約締約国会議で規制が検討/開始
- 一部製剤の使用継続



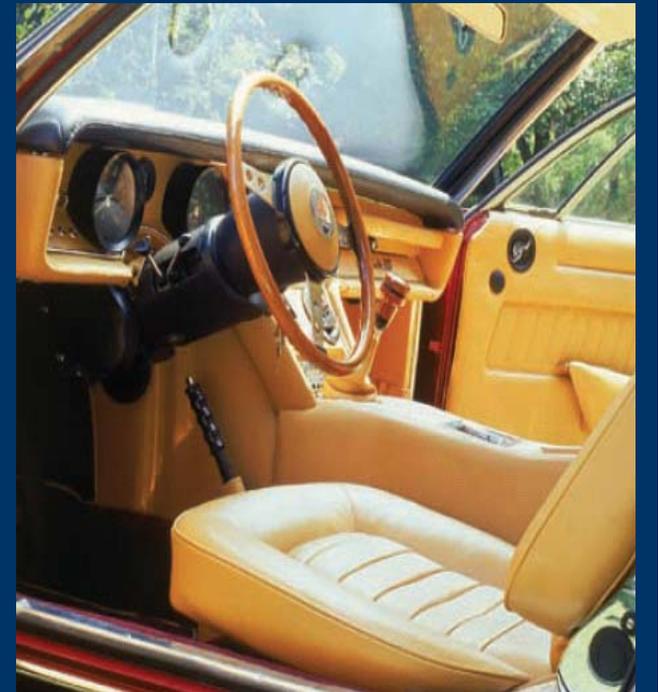
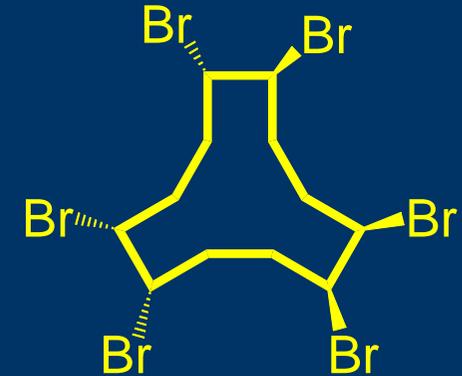
PBDEs: Polybrominated Diphenyl Ethers (ポリ臭素化ジフェニルエーテル)

- 家電やOA機器など、プラスチック製品に難燃剤として添加
- 構造・物理化学性がPCBsやDDTsなどの有機塩素化合物と類似しているため、環境汚染や生物影響が懸念
- 一部の製剤は今なお使用、近年まで環境汚染レベルが上昇
- ペンタ製剤等はPOPROC4/RoHS指令により規制
- 報告されている毒性
 - 甲状腺ホメオスタシス攪乱
 - 神経行動学的異常
 - 発ガン性

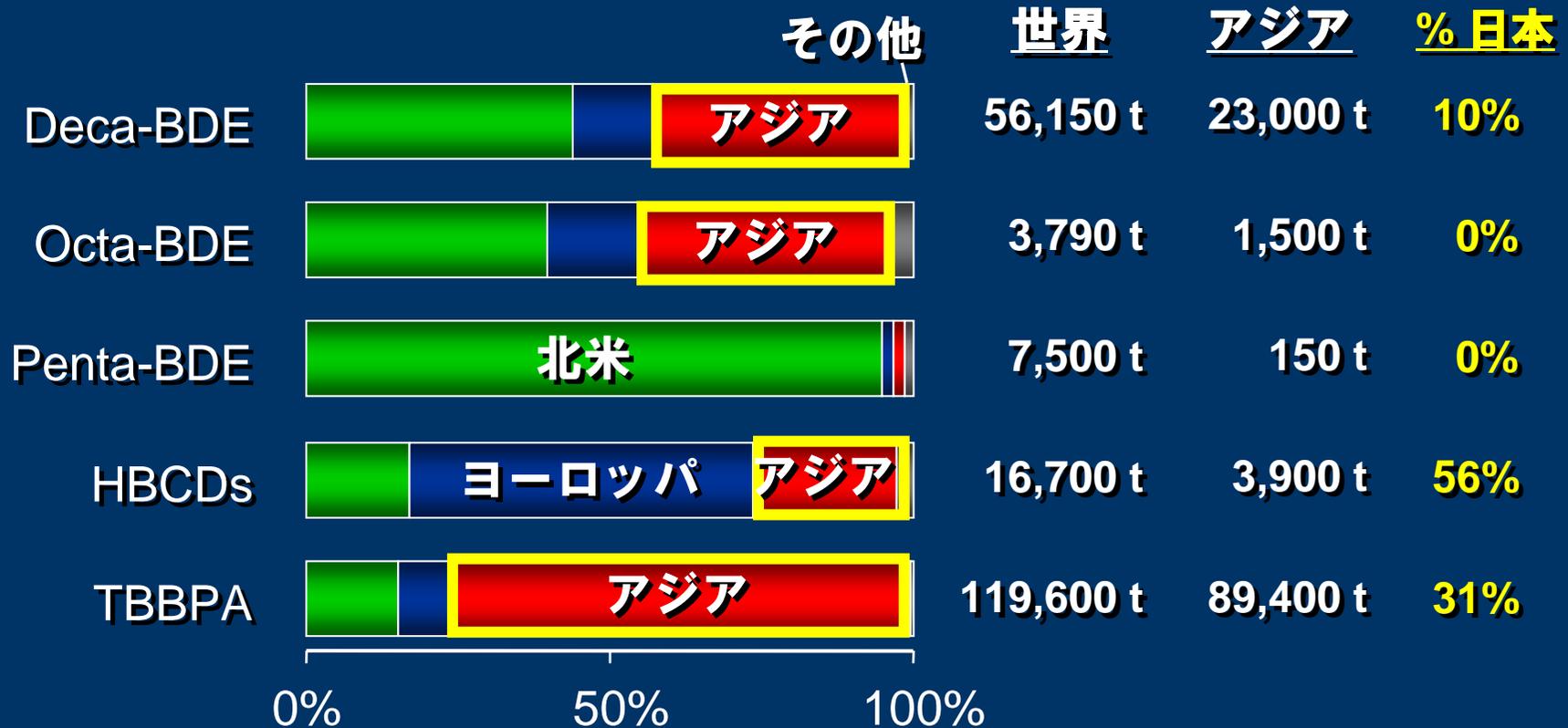


HBCDs: Hexabromocyclododecans (ヘキサブロモシクロドデカン)

- 断熱材用の**ポリウレタンフォーム**や室内装飾の**繊維製品**に難燃剤として添加
- ヨーロッパでの使用が顕著
- アジアでは**日本の消費量が多い**
- 今なお**使用量が増加**(22,000トン／年)
- γ -HBCDが工業製剤の主成分(80%)
- **生体中には α -HBCDが主に残留**
- 難分解・生物蓄積性
- 化審法第一種監視化学物質(2004年)
- **鳥類の生殖機能に影響**



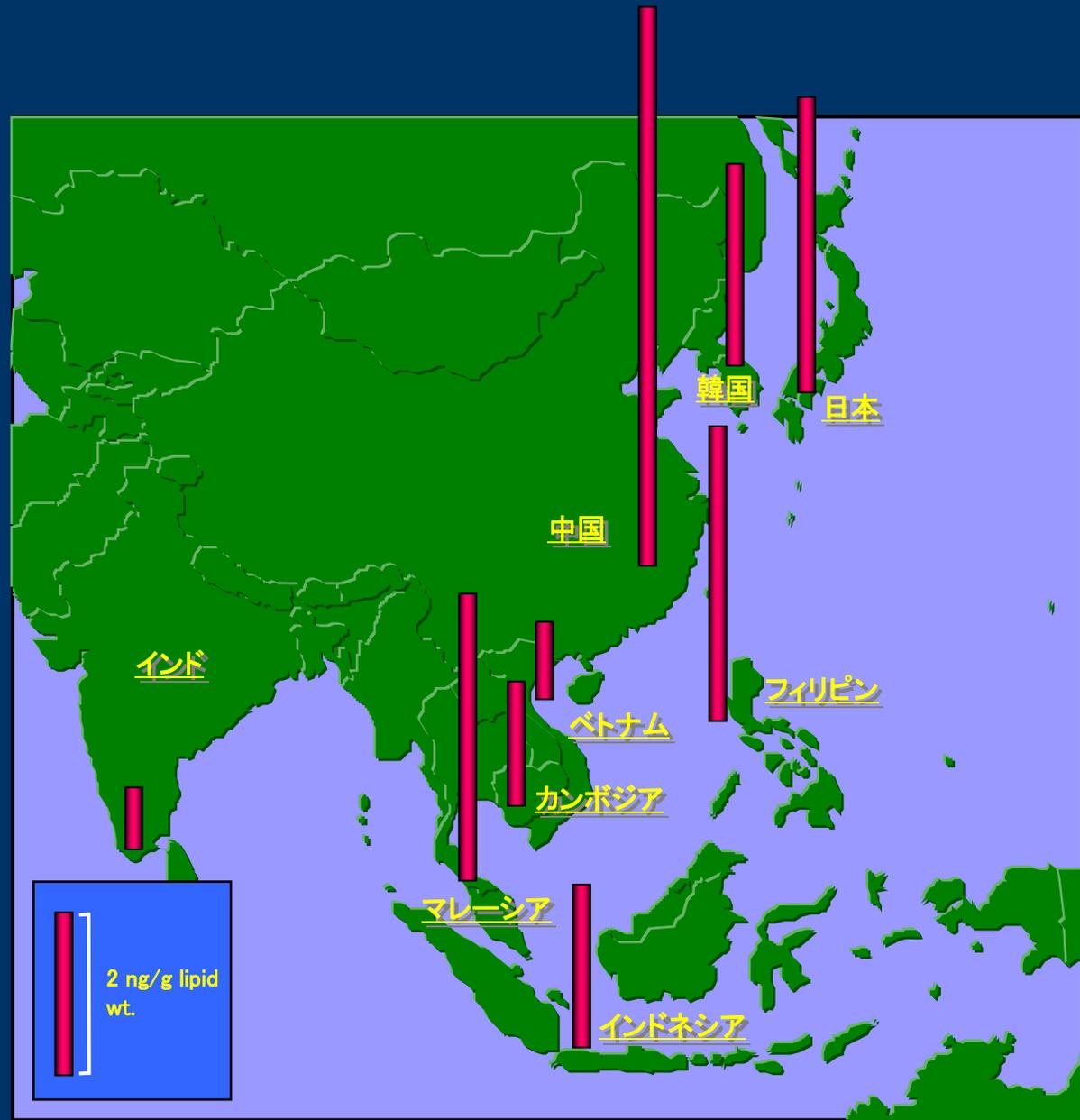
臭素系難燃剤の地域別年間需要量と割合



アジアの途上国に PBDEs の汚染源存在？

HBCDs の主要な発生源は先進国（日本）？

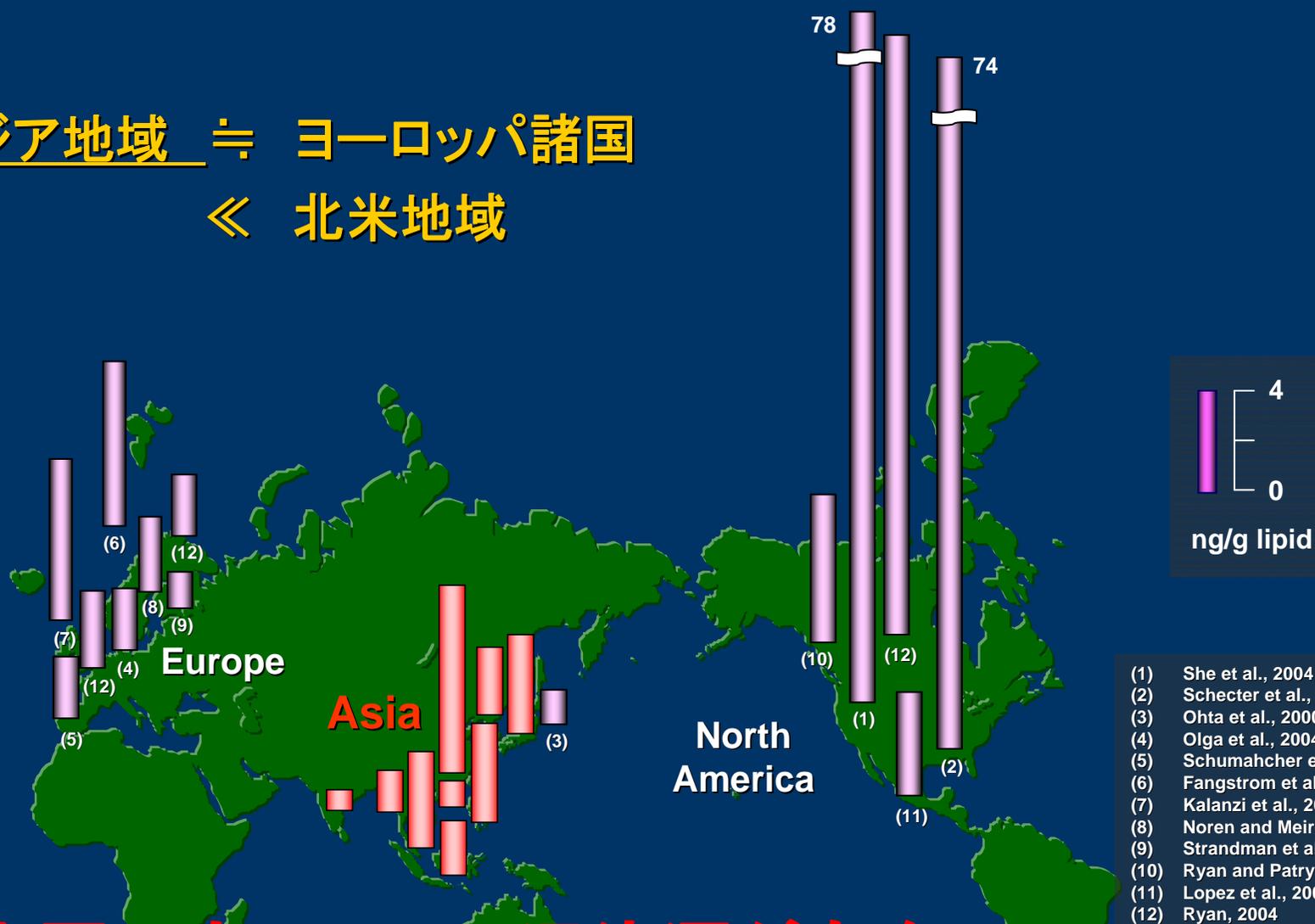
既往研究の結果：アジア諸国のヒト母乳中の PBDEs 濃度



途上国 ≡ 先進国

既往研究の結果：ヒト母乳中 PBDEs 濃度の国際比較

アジア地域 ≒ ヨーロッパ諸国
 ≪ 北米地域



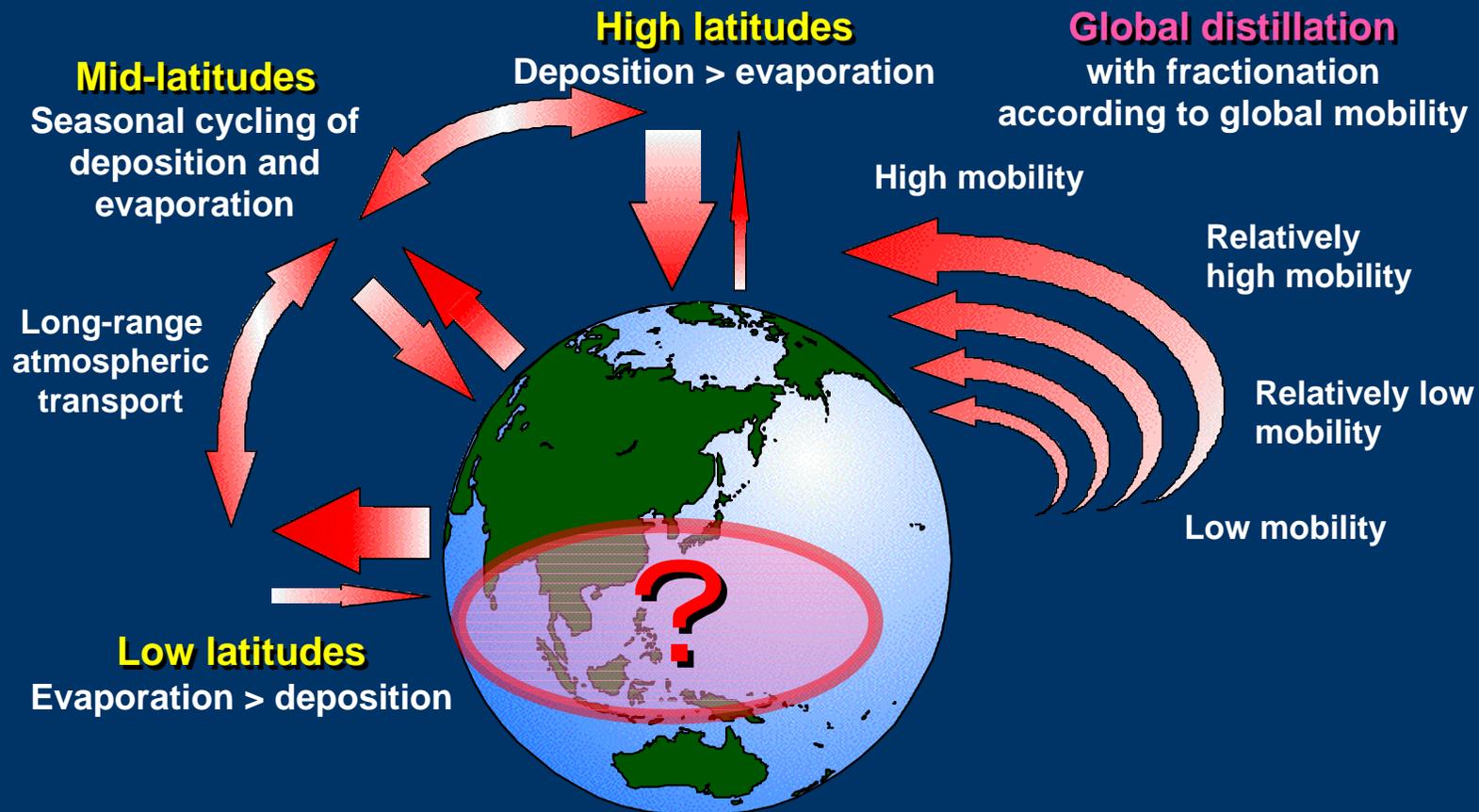
途上国にもBFRsの汚染源が存在
 グローカルな汚染の現状と推移に影響？

アジア途上国における廃棄物問題

急速な工業化に伴う環境汚染や公害の発生、廃棄物投棄量の増加、電子・電気機器廃棄物(e-waste)等の輸入・不適正処理...



地球規模での POPs 動態にみるアジア地域の重要性



Cited from Wania and Mackay (1996)

アジア地域における急速な人間活動・産業活動の進展は地球汚染の大きな発生源であり負荷源となる可能性大

アジア地域の BFRs 汚染実態に関する情報は少ない

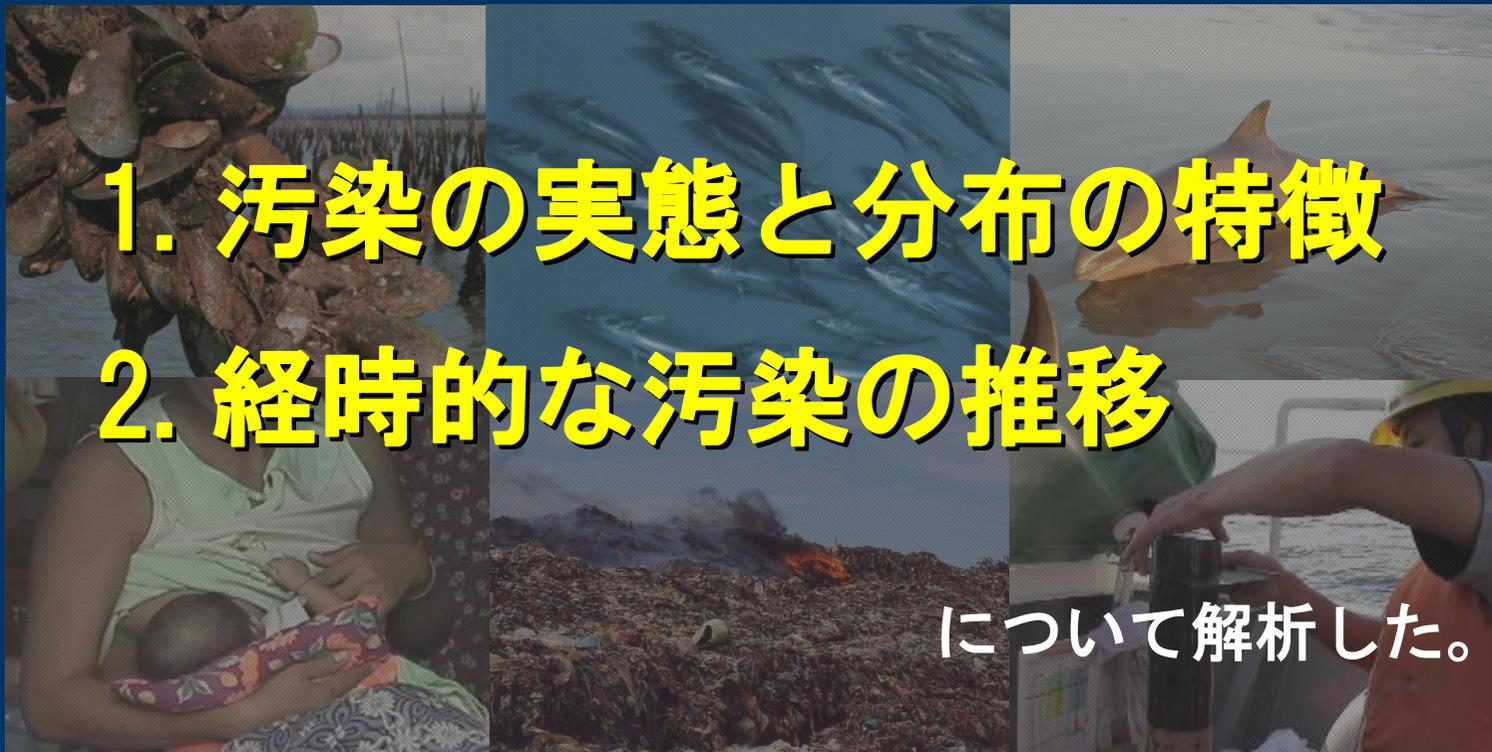
目的

- 日本を含むアジアー太平洋地域における POPs および候補物質 (BFRs) の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

について解析した。



生物環境試料バンク(*es-BANK*)

平成17年11月竣工(764m²)



超冷凍試料保管液体窒素タンク



冷凍試料保管室(-25°C)

愛媛大学の生物環境試料バンク (es-BANK)

過去半世紀の間、世界各地で環境調査を実施
多様な生物・環境試料を採取し冷凍保存

約1,300種類・11万試料

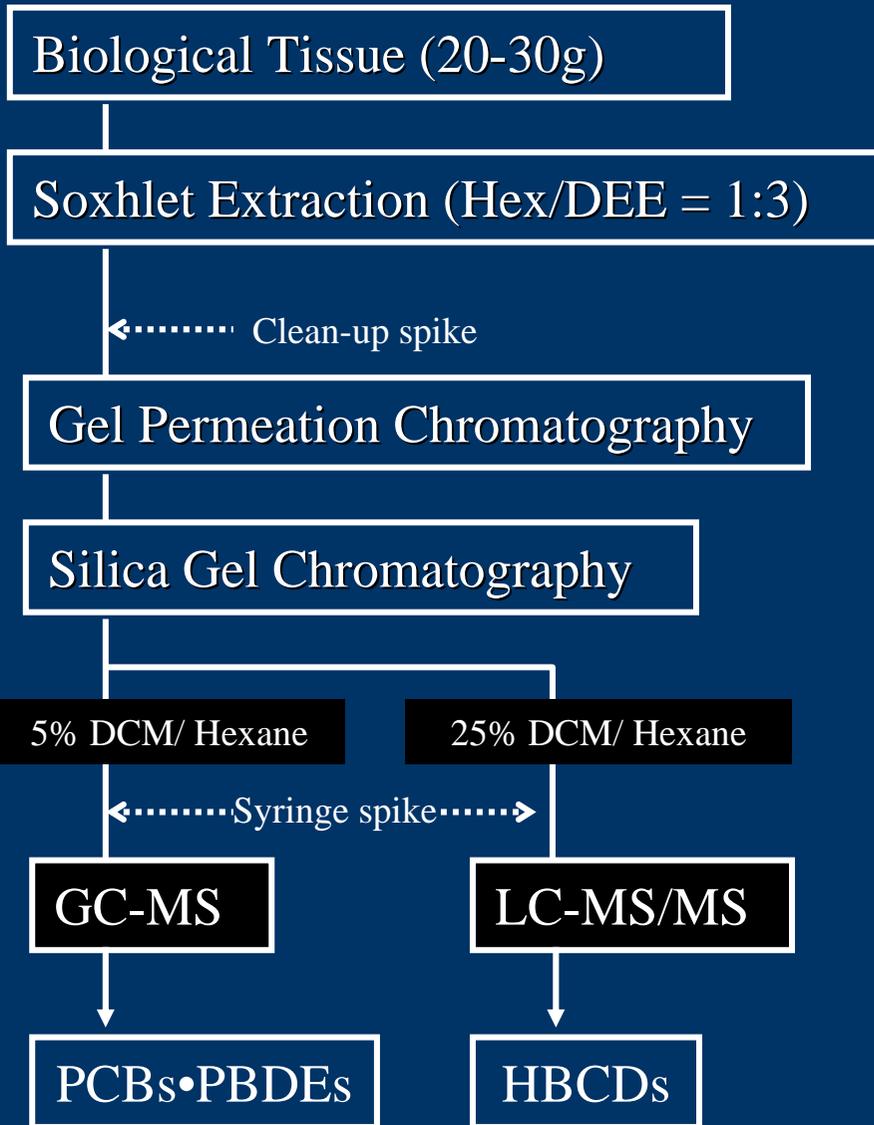
BFR 汚染の時空間分布解明研究に活用



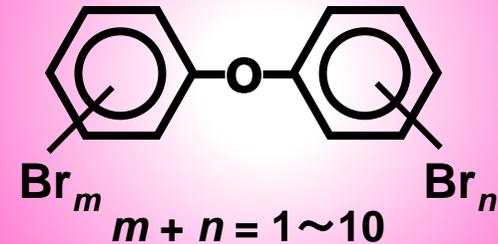
(2008年12月現在)

試料	● 魚介類	● 爬虫類	● 鳥類	水棲哺乳類		● 陸棲哺乳類	● ヒト	その他	総計
				● 鯨類	● 鯨類				
種数	765	9	364	50	16	39	1	50	1294
試料数	17511	2237	28287	29913	9355	3332	7514	9571	107720

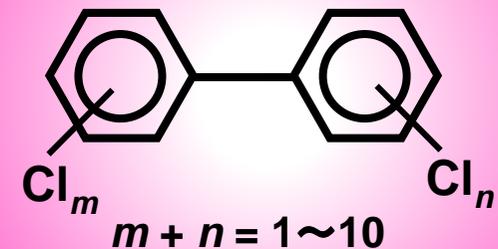
分析法



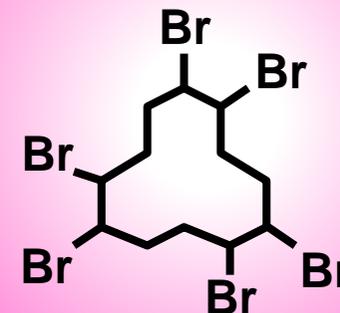
PBDEs: 14 congeners



PCBs: 62 congeners



HBCDs: 3 isomers



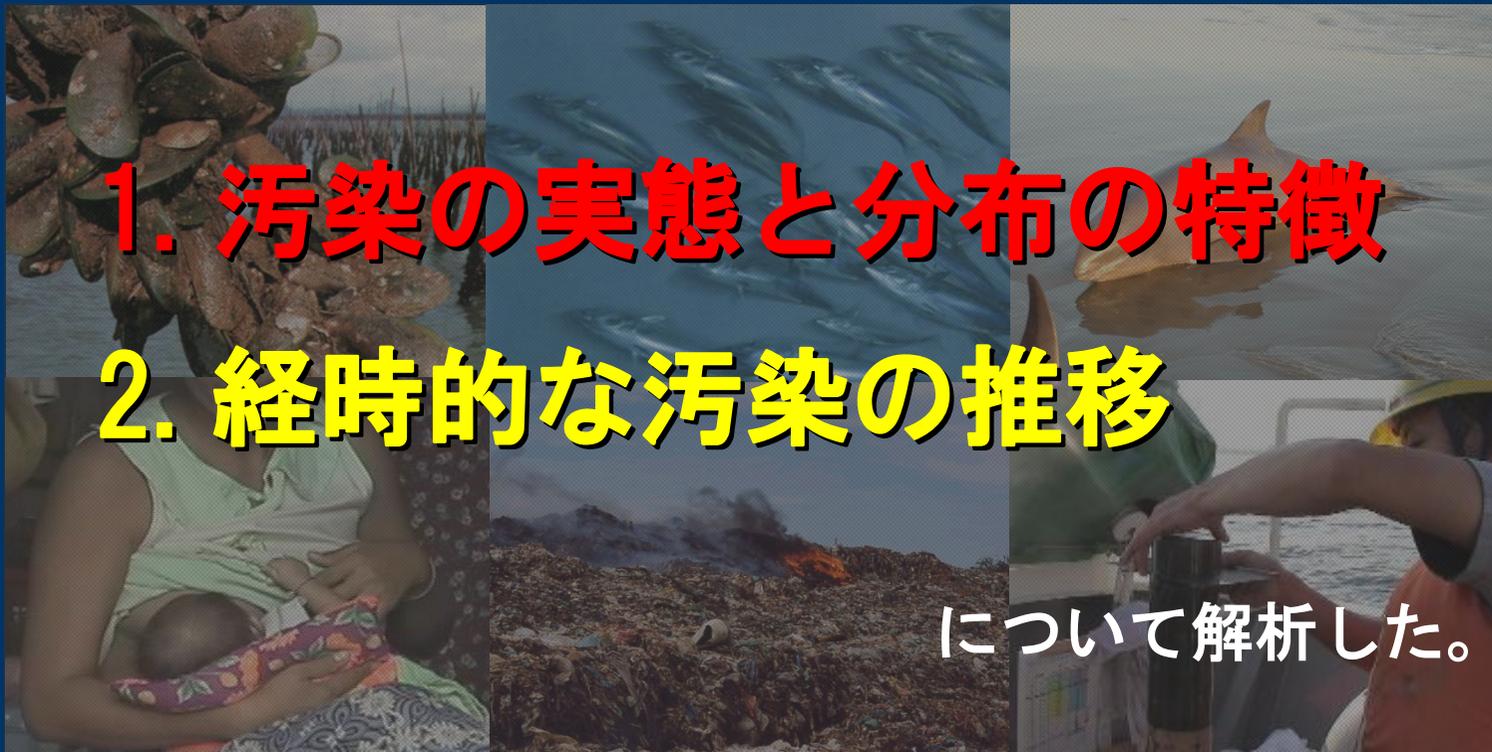
目的

- 日本を含むアジアー太平洋地域における POPs および候補物質(BFRs)の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

について解析した。

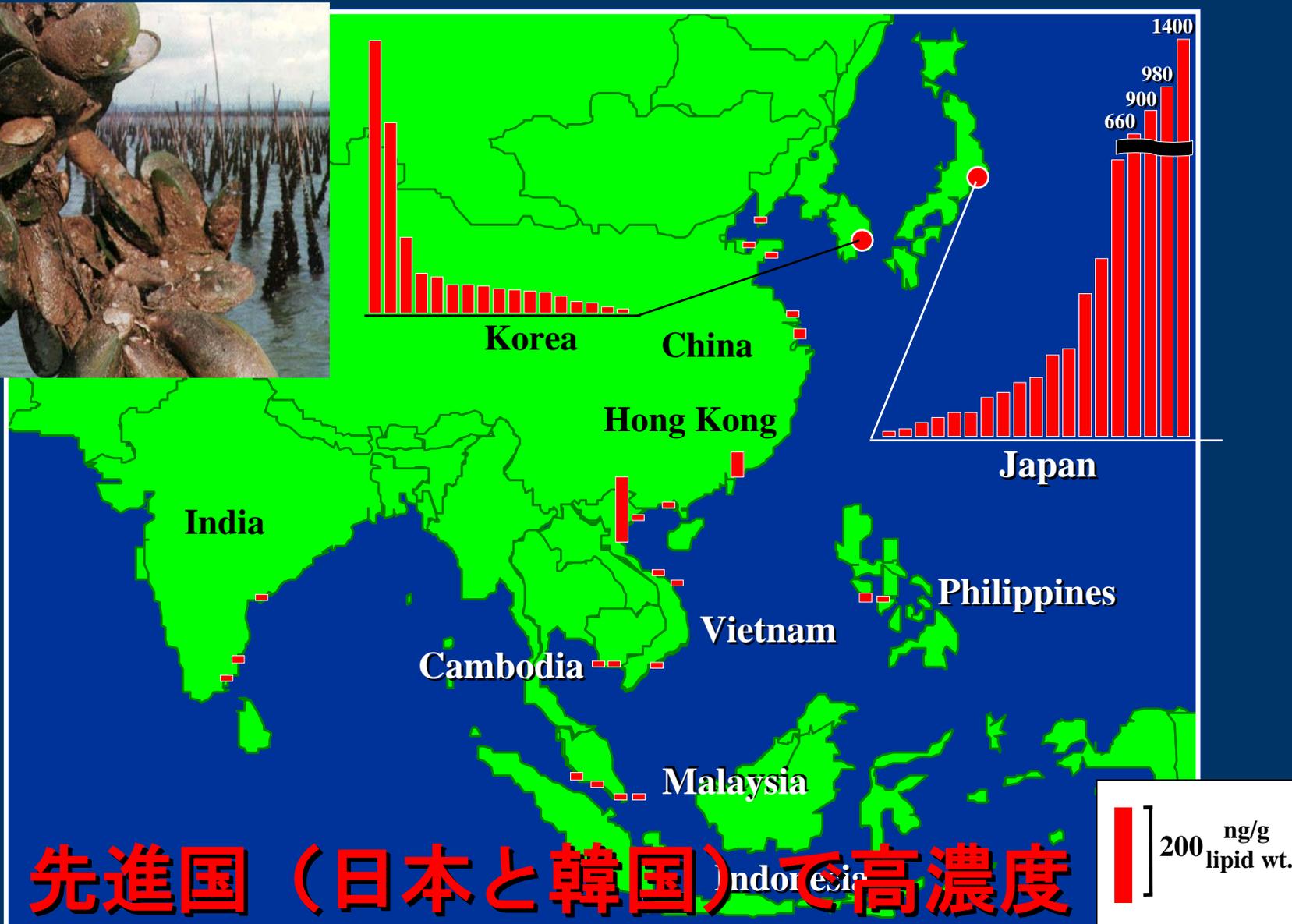


アジア海域における二枚貝イガイ (Mussel) の PBDEs 汚染



新興国で高濃度

アジア海域における二枚貝イガイ (Mussel) の HBCDs 汚染



鯨類の脂皮から検出された PBDEs の濃度分布

スナメリ



スジイルカ



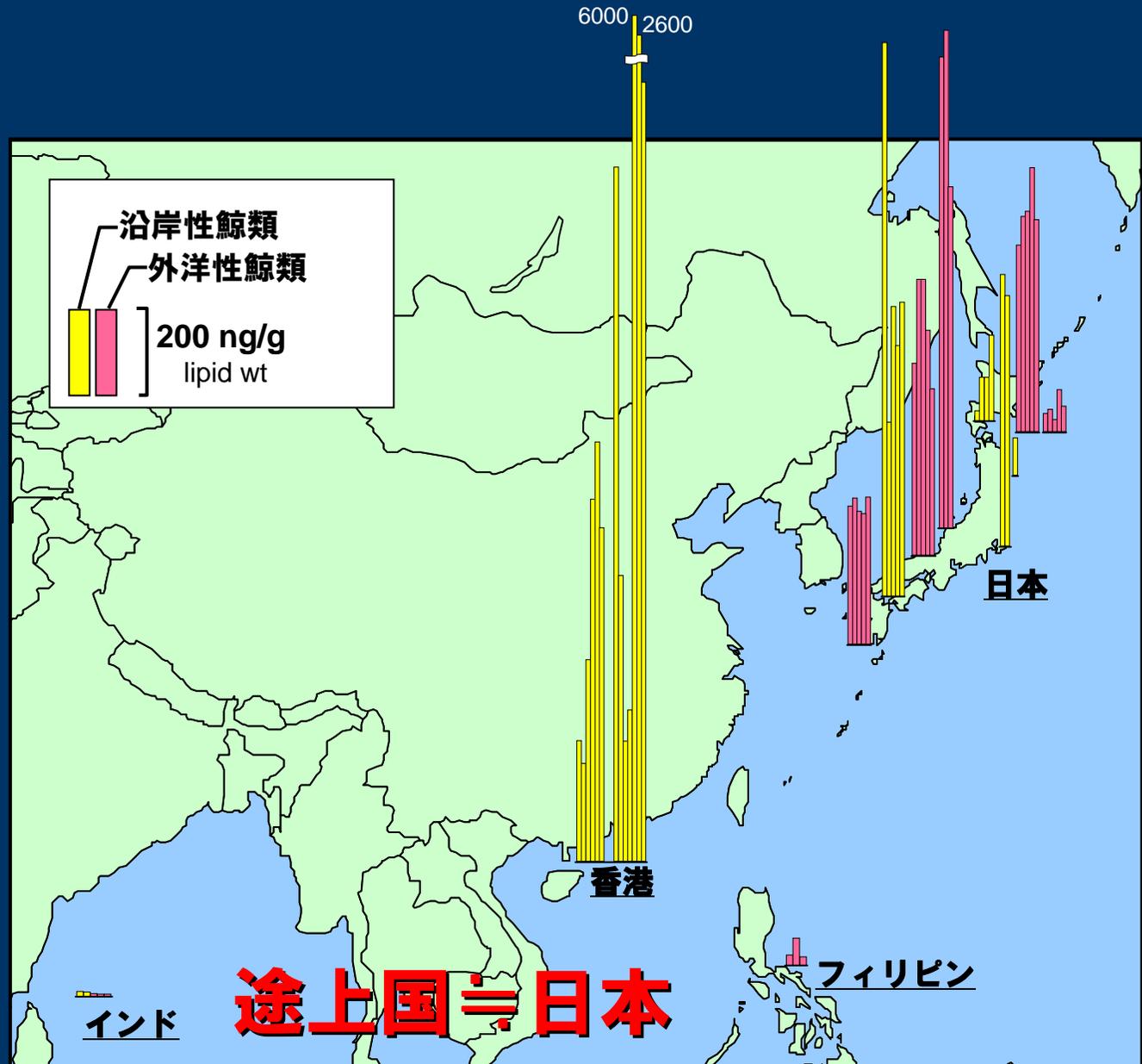
カズハゴンドウ



イシイルカ



シナウスイロイルカ
オウギハクジラ
ハシナギイルカ他



Data cited from Kajiwara et al. (2006)

鯨類の脂皮から検出された HBCDs の濃度分布

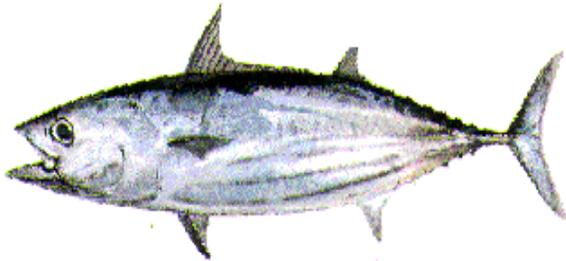


日本 > 途上国

カツオから検出された PBDEs の濃度分布

カツオ

(*Katsuwonus pelamis*)



PBDEs

近海・外洋汚染の指標生物

ブラジル

インド

東シナ海

日本

nd

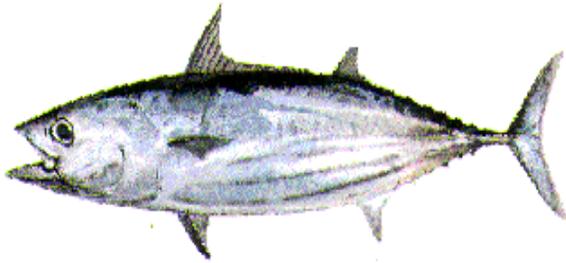
10 ng/g 脂肪重当たり

東シナ海で高濃度・途上国に汚染源

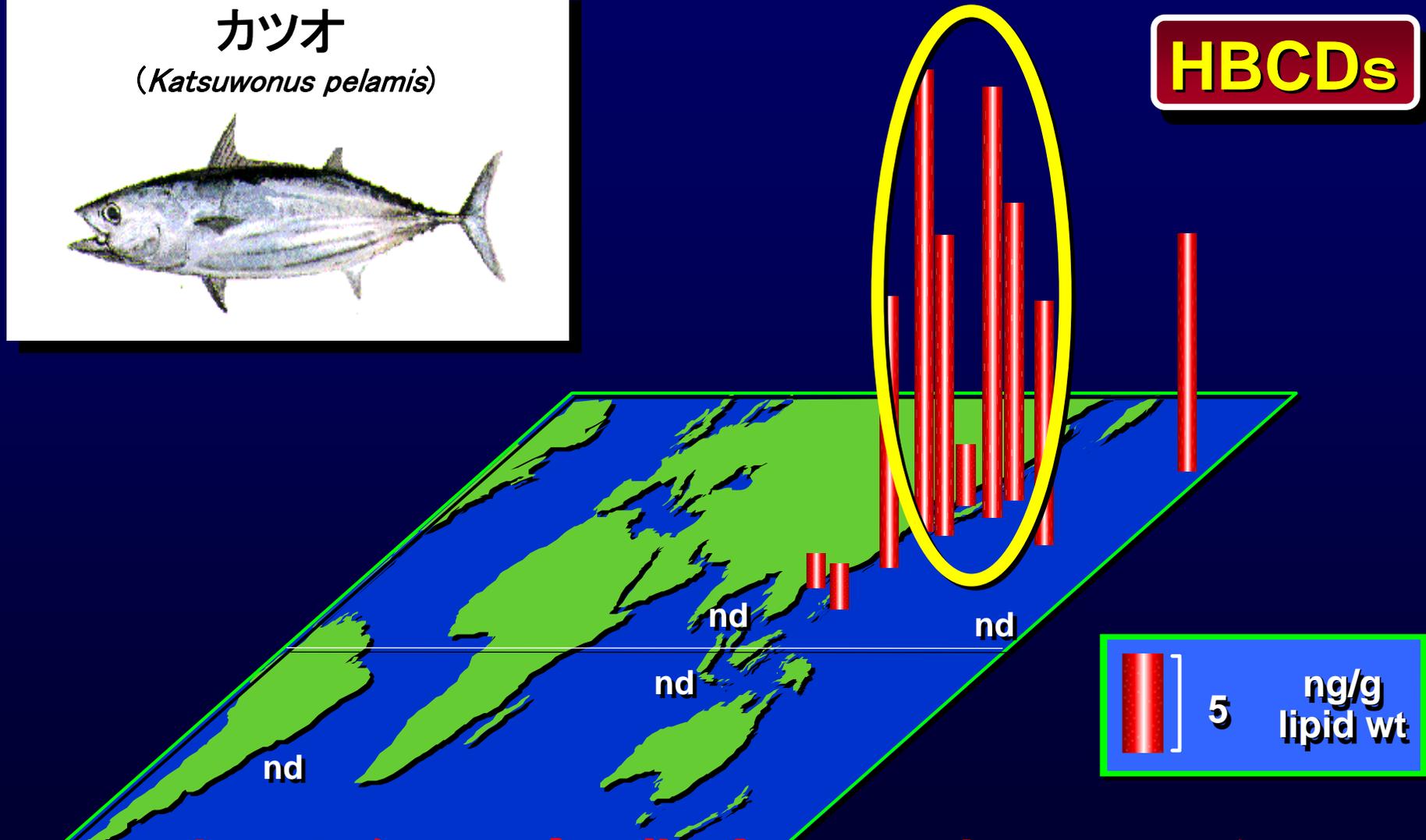
カツオから検出された HBCDs の濃度分布

カツオ

(*Katsuwonus pelamis*)



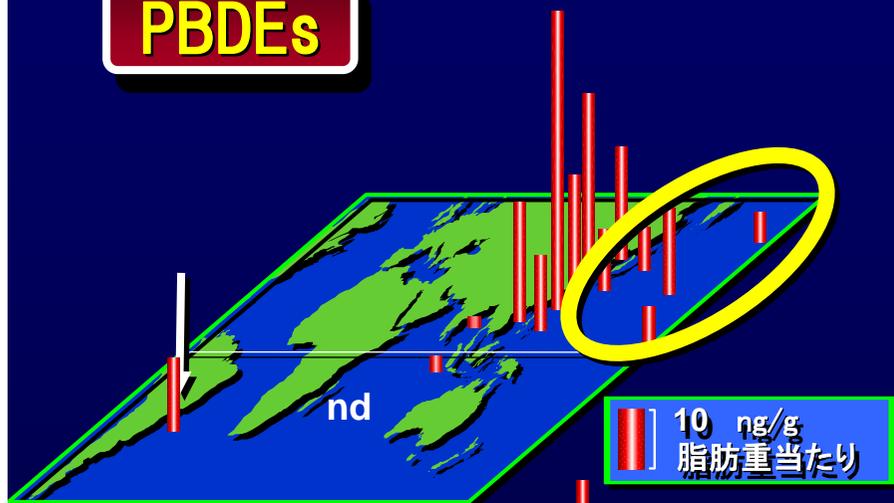
HBCDs



日本近海で高濃度・日本に汚染源

カツオから検出された BFRs および POPs の濃度分布の比較

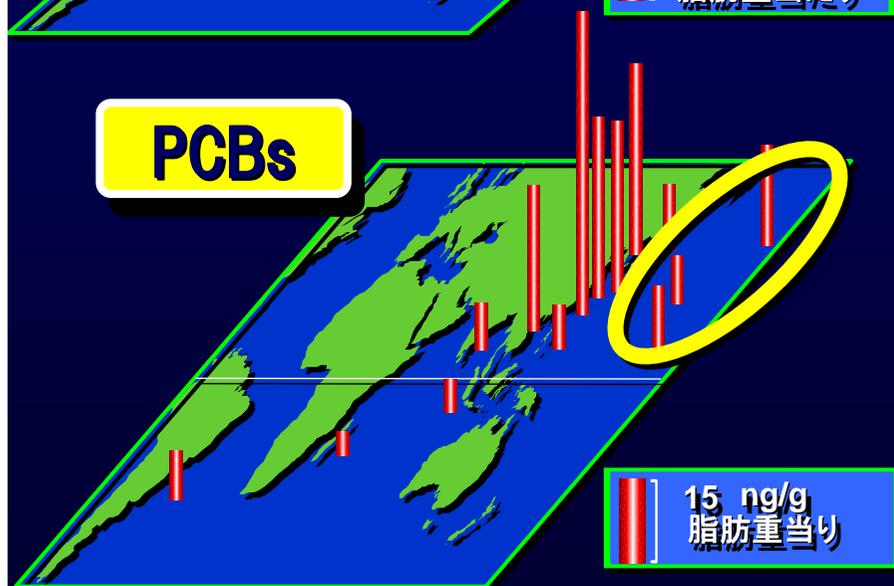
PBDEs



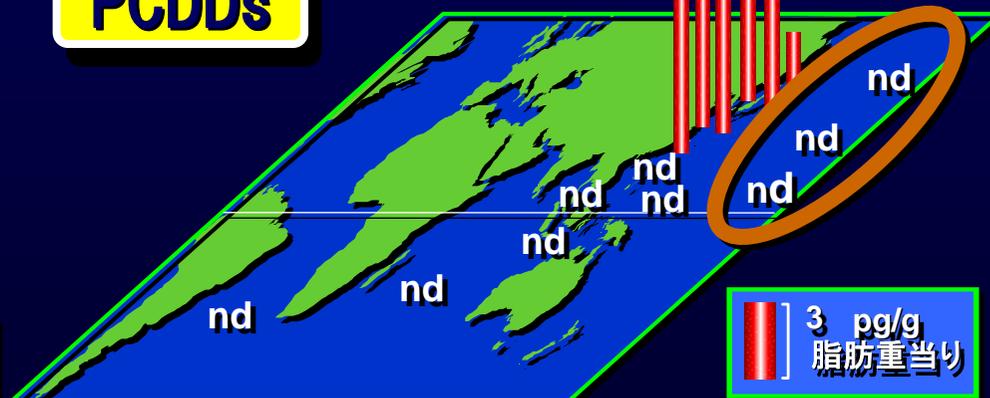
HBCDs



PCBs

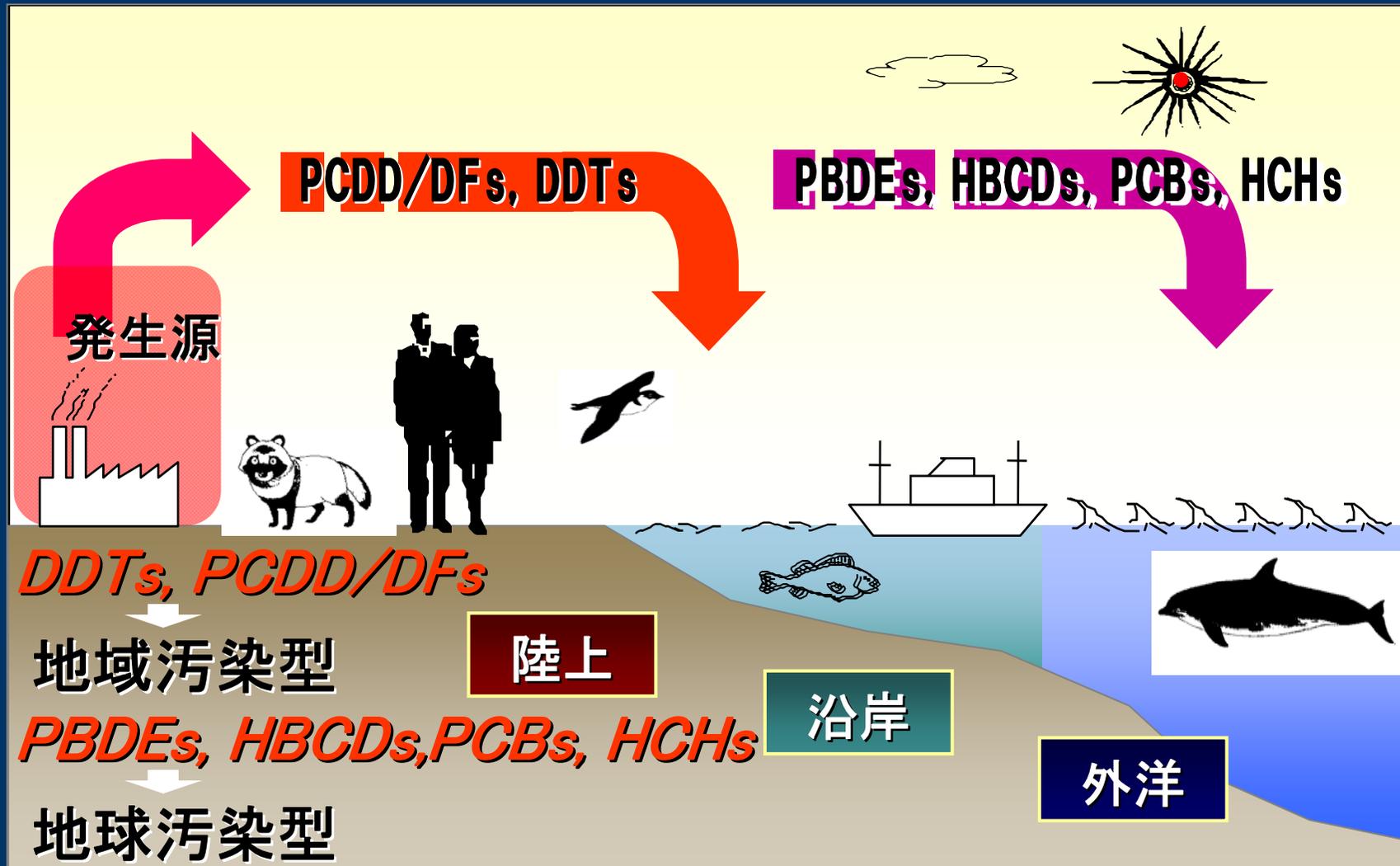


PCDDs



BFRs は外洋のカツオに残留 (PCBs に類似)

BFRs および POPs の環境挙動



PBDEs および HBCDs は長距離輸送型（地球汚染型）の化学物質

カツオから検出されたPBDEs濃度の南北変化

北方海域



北太平洋-1

日本沖-1

日本沖-2

東シナ海-1

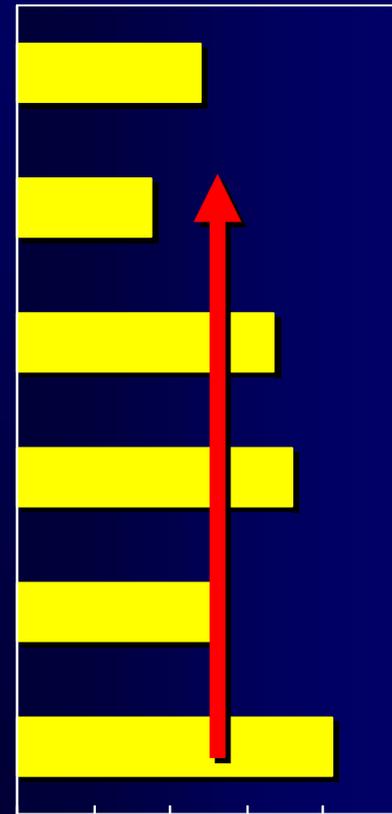
東シナ海-2

台湾沖

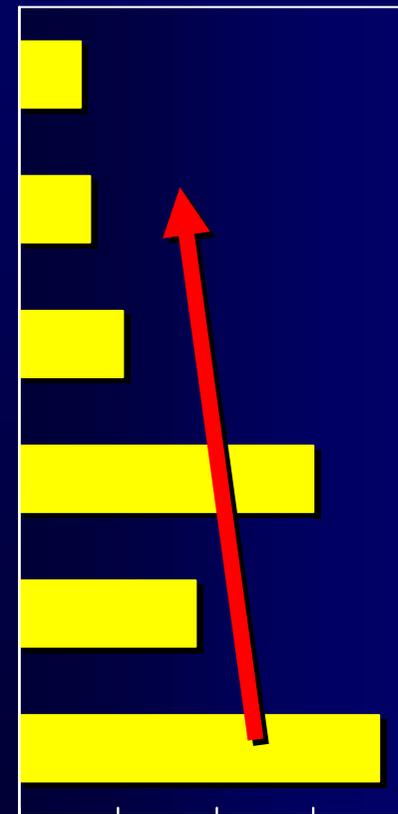


南方海域

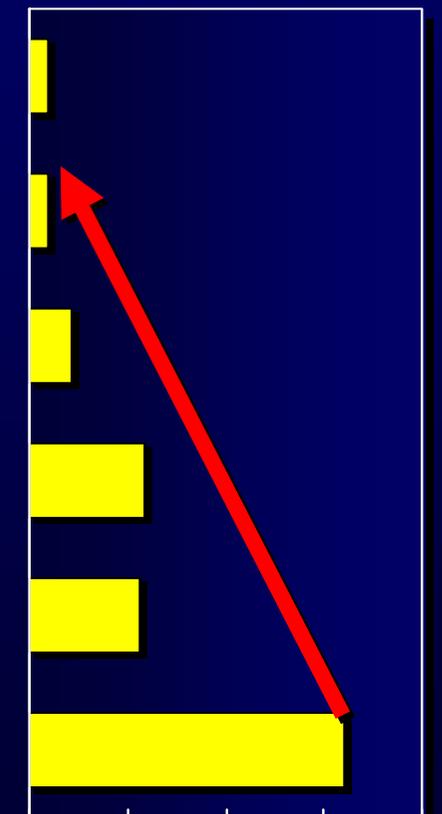
T3BDE(28)



T4BDE(47)

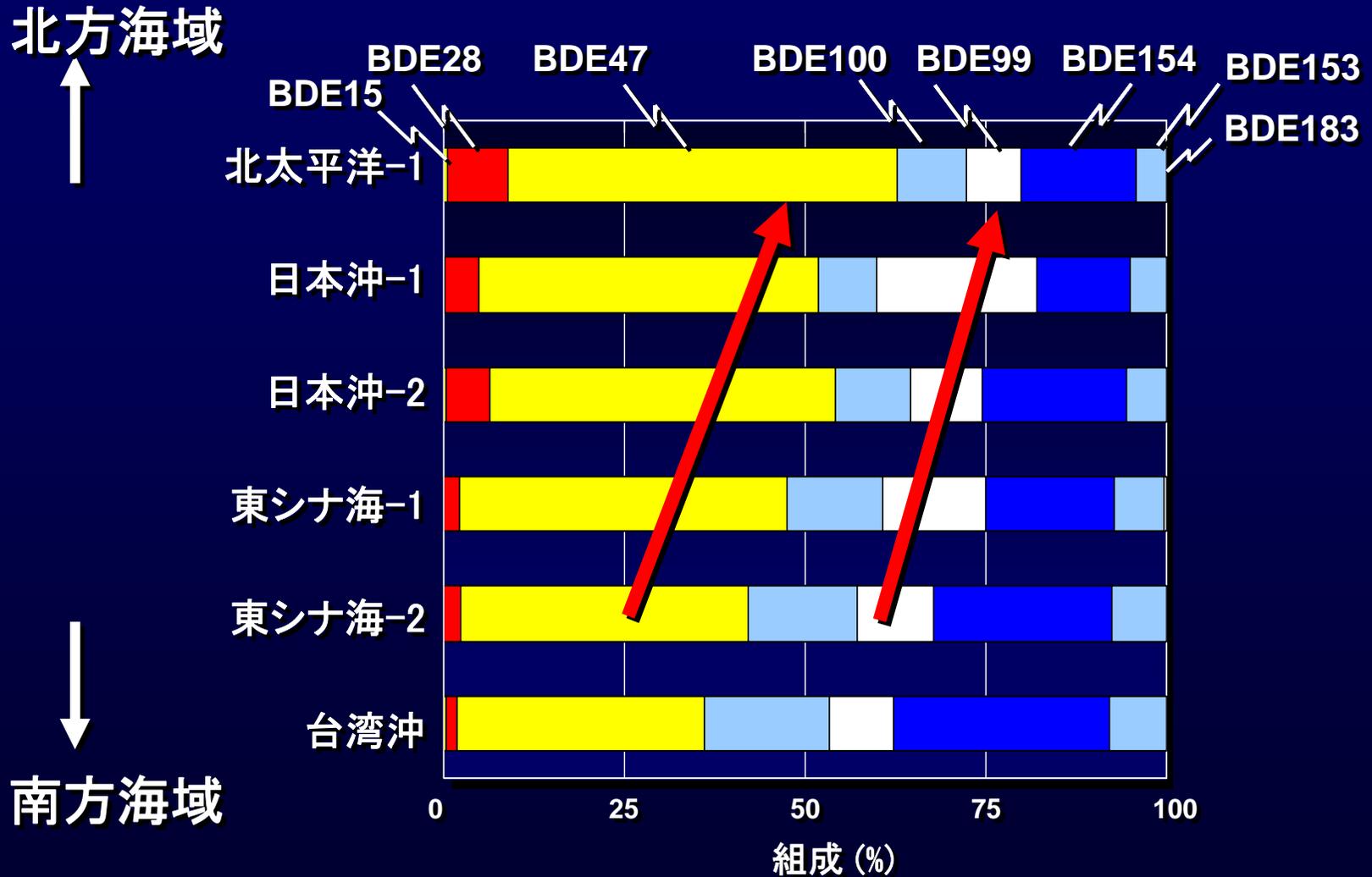


H6BDE(154)



濃度 (ng/g 脂肪重当たり)

カツオから検出された PBDEs 組成の南北変化



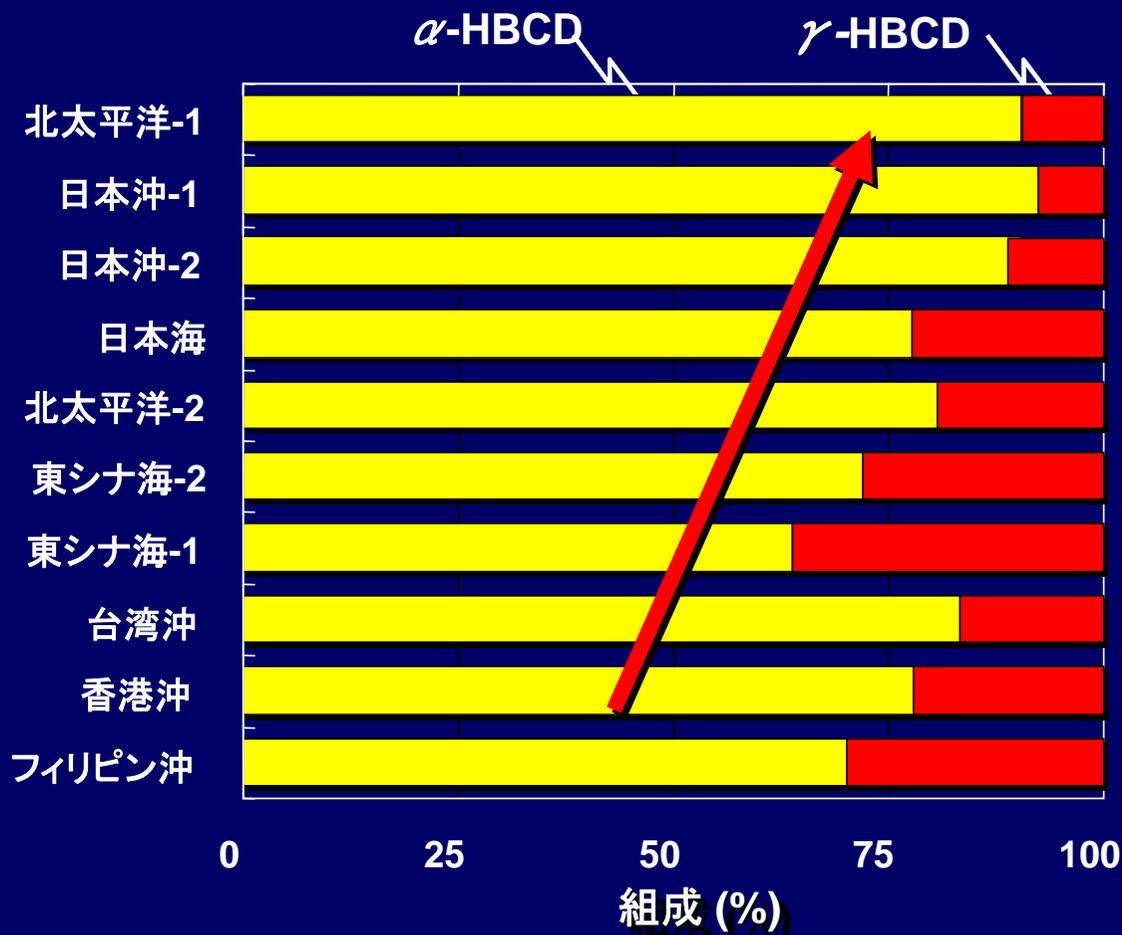
低臭素化 PBDEs の割合が北方海域ほど増大

カツオから検出された HBCDs 組成の南北変化

北方海域



南方海域



α-HBCD の割合が北方海域ほど増大

低臭素化PBDEs (2~4 Br) および α -HBCD は
選択的に大気輸送



北方の寒冷な海域に集積

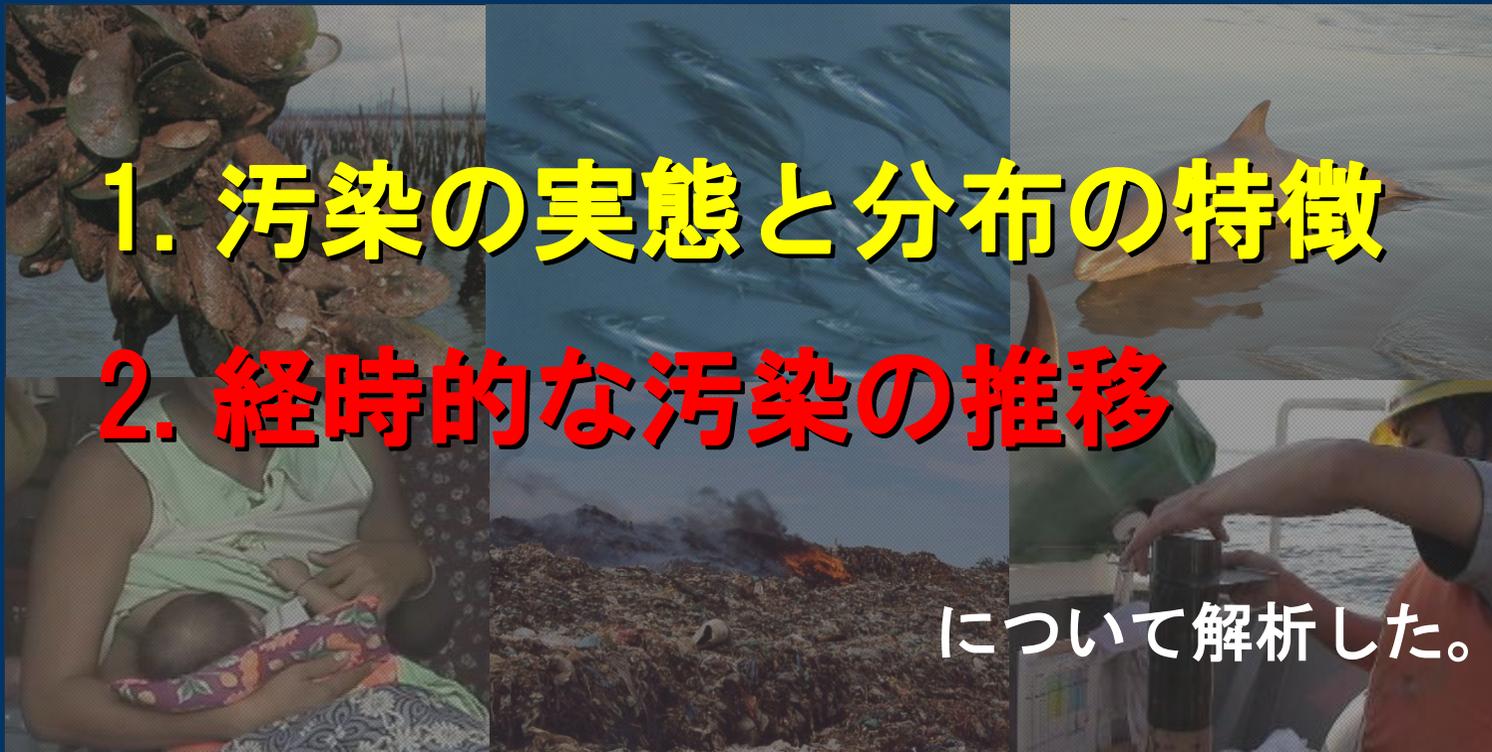
目的

- 日本を含むアジアー太平洋地域における POPs および候補物質(BFRs)の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と *es*-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

について解析した。



汚染の過去復元に用いた試料 (es-BANK 保存試料)



バイカルアザラシ



キタオットセイ



堆積物柱状試料
(東京湾)



カズハゴンドウ



スナメリ



スジイルカ



目的

- アジアー太平洋地域における POPs および候補物質 (BFRs) の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

(先進国・途上国の実態：ローカル・リージョナル)

について解析した。

汚染の過去復元に用いた試料 (es-BANK 保存試料)



バイカルアザラシ



キタオットセイ



堆積物柱状試料
(東京湾)



カズハゴンドウ



スナメリ



スジイルカ



東京湾堆積物柱状試料

PCBs・PBDEs・DeBDE・HBCDs濃度の鉛直プロファイル

²¹⁰Pb年代測定

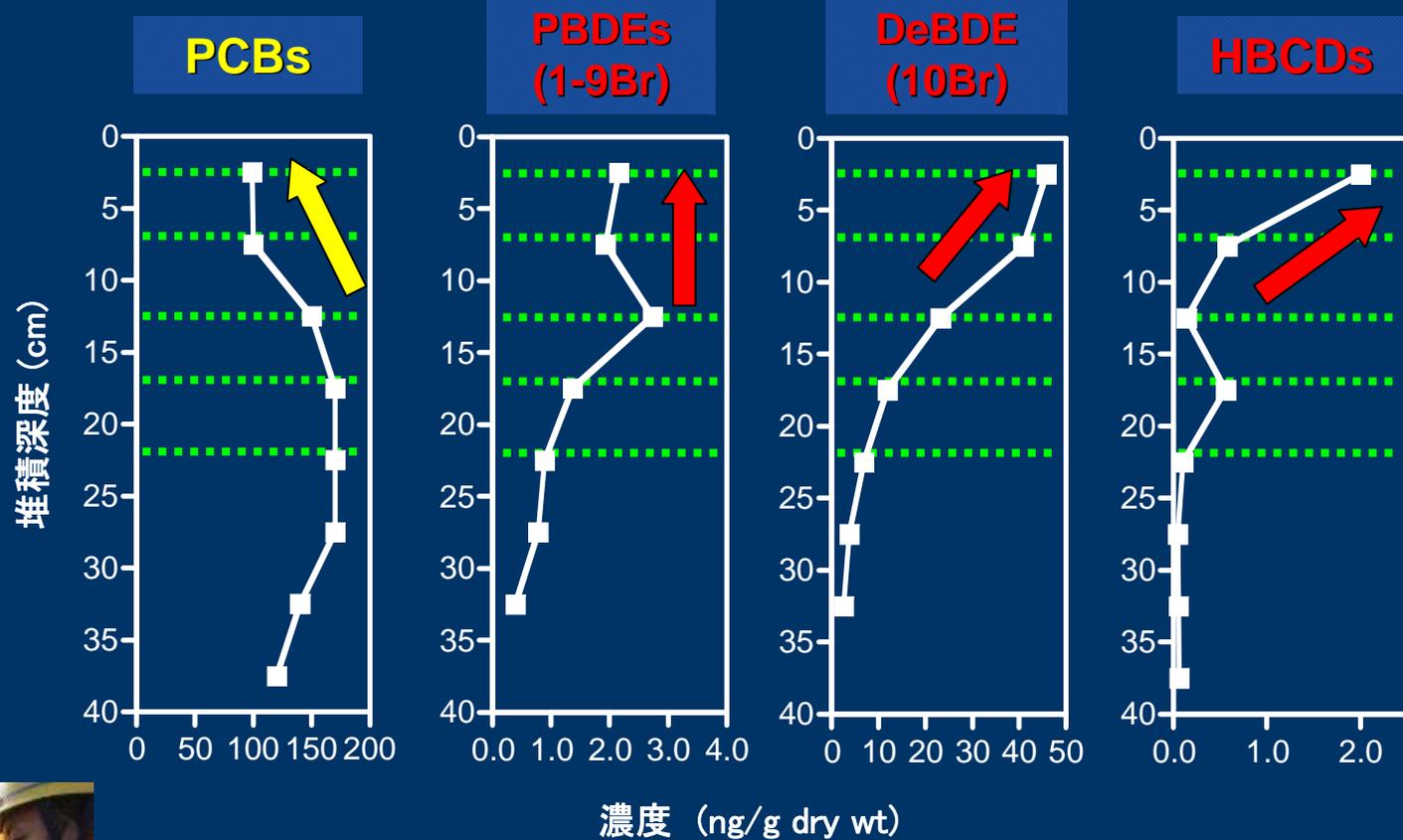
2000

1995

1988

1982

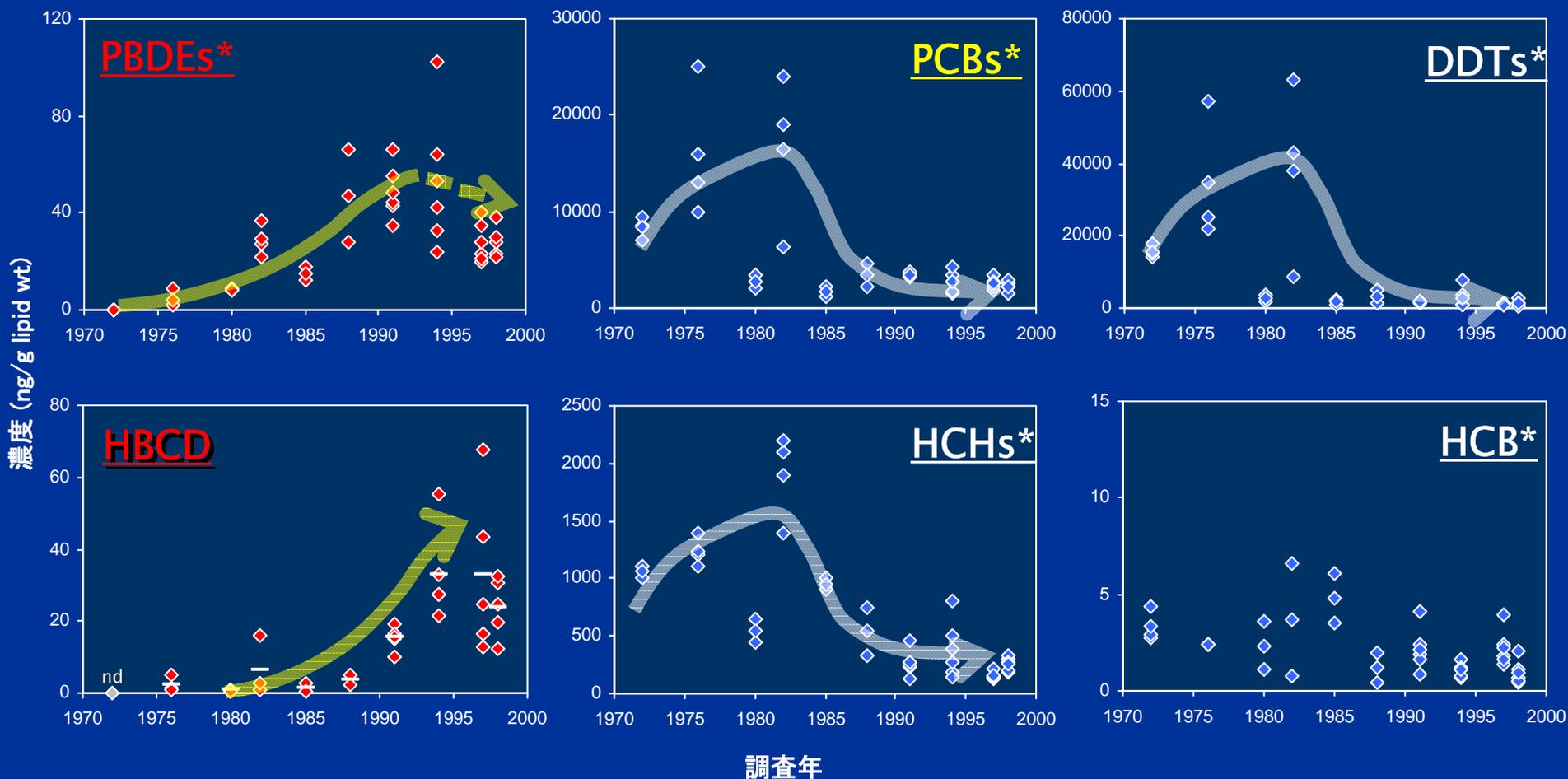
1975



PCBs の汚染は改善

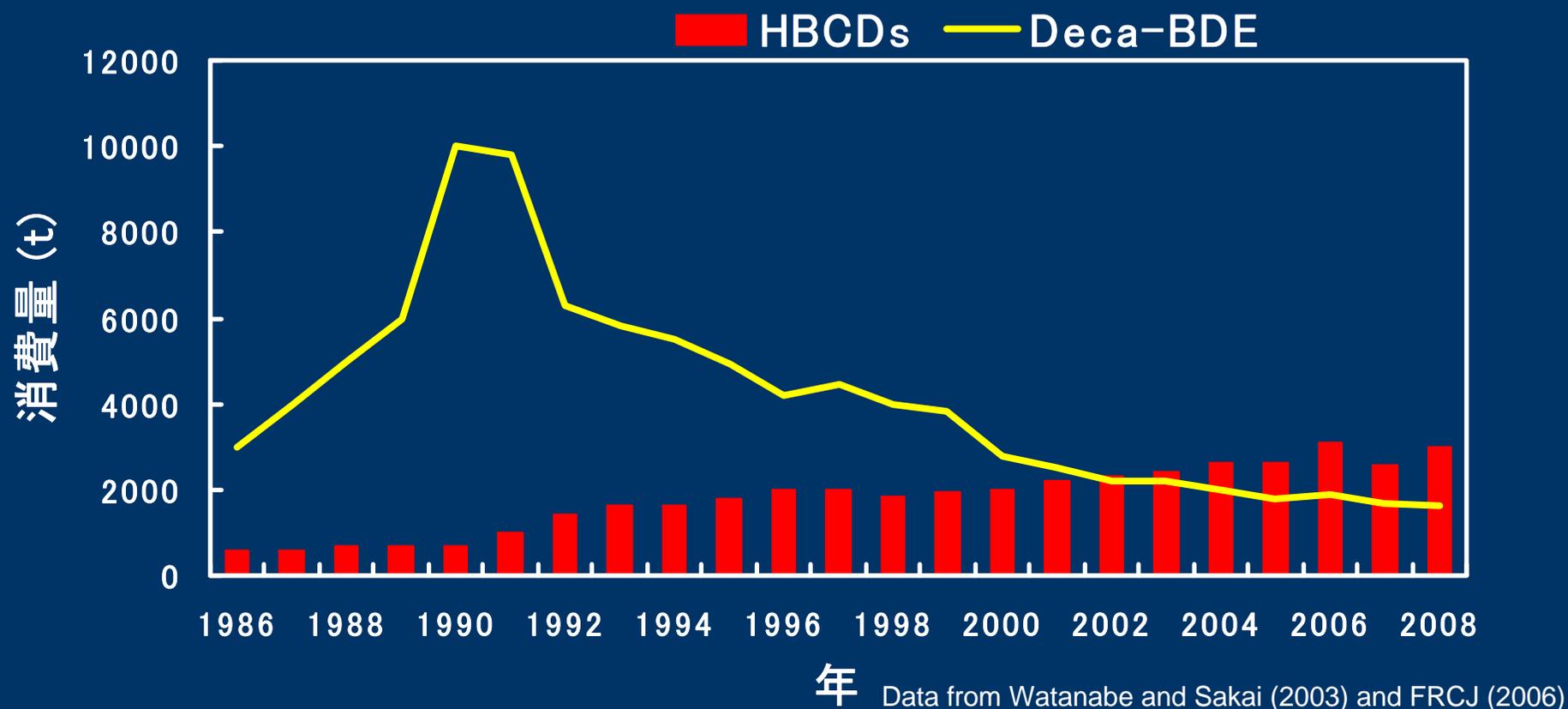
BFR とくに HBCDs の汚染が進行

三陸沖キタオットセイ BFRsおよびPOPs濃度の経年変化



沿岸の PCBs 汚染は低減：規制の効果
BFR とくに HBCDs による汚染の進行が顕著

国内のPBDEs・HBCDs消費の推移



- テトラ製剤は1991年、オクタ製剤は1998年に使用規制
- デカ製剤は1991年以降使用量減少
- HBCDs は使用量増加



日本の HBCDs 汚染が顕在化した主要因

目的

- 日本を含むアジアー太平洋地域における POPs および候補物質 (BFRs) の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

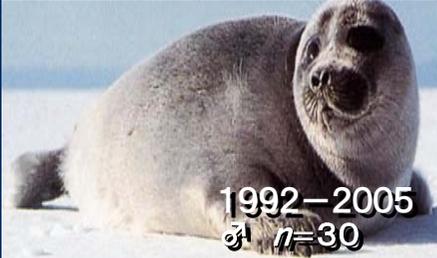
(先進国・途上国の実態：ローカル・リージョナル)

について解析した。

汚染の過去復元に用いた試料 (es-BANK 保存試料)



バイカルアザラシ



1992-2005
♂ $n=30$

キタオットセイ



1972~1998
♀ $n=35$

堆積物柱状試料
(東京湾)



カズハゴンドウ



1982~2011
♂ $n=20$

スナメリ



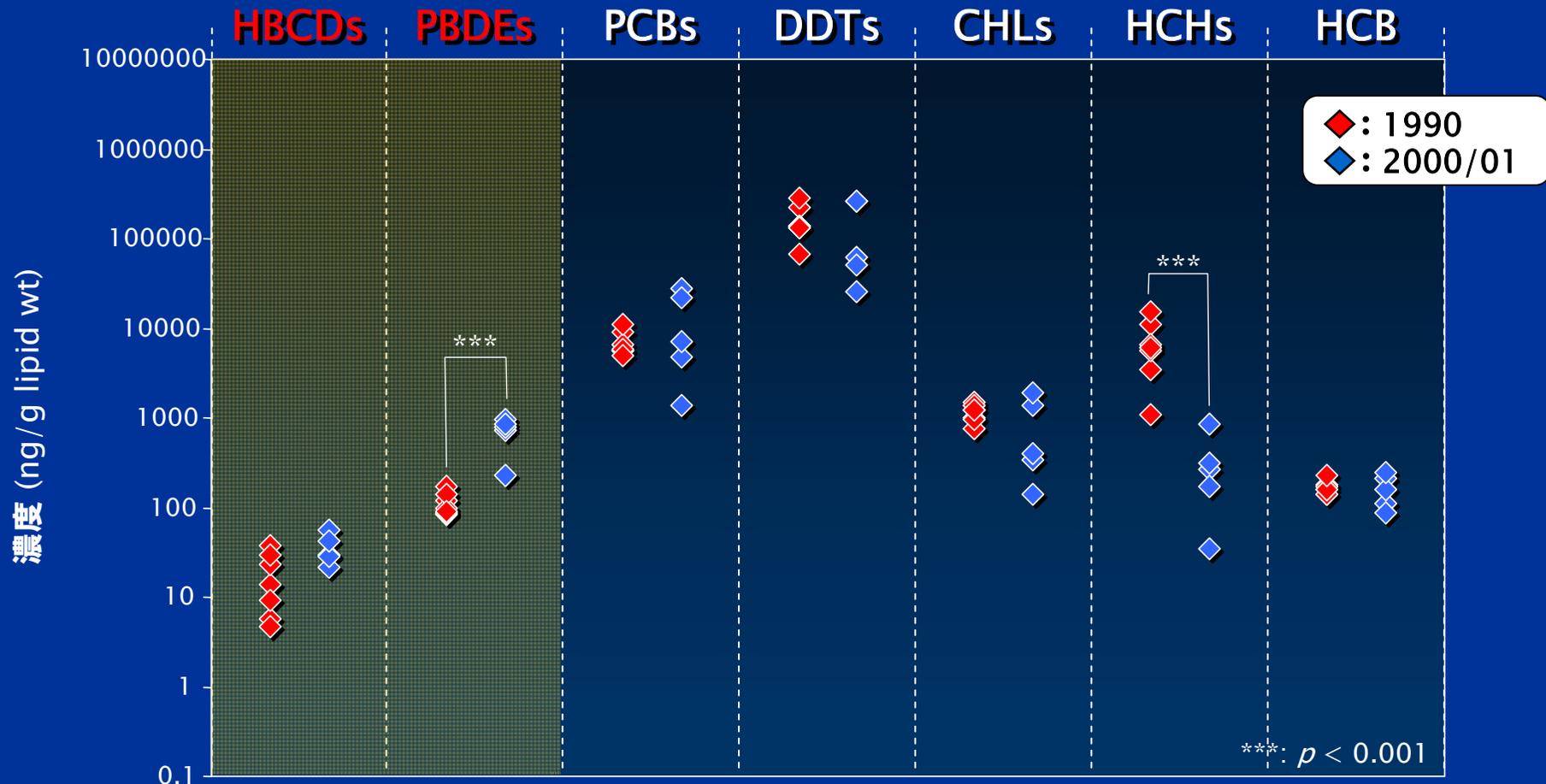
1990・2000/01
♂ $n=12$

スジイルカ



1978~2003
♂ $n=20$

南シナ海沿岸のスナメリ BFRs およびPOPs 濃度の経年変化 (1990 - 2000/01)



過去10年間で... PBDEs: 10倍以上に増加 → 途上国での利用が急速に進展
 HBCDs: 2倍程度 → 途上国での利用は未だ進行していない

PBDEs の汚染が進行、HBCDs は低レベル

目的

- アジアー太平洋地域における POPs および候補物質 (BFRs) の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

(先進国・途上国の実態：ローカル・リージョナル)

(遠隔海域の実態：グローバル)

について解析した。

汚染の過去復元に用いた試料 (es-BANK 保存試料)



キタオットセイ



1972~1998
♀ $n=35$

堆積物柱状試料
(東京湾)



カズハゴンドウ



1982~2011
♂ $n=20$

スナメリ



1990・2000/01
♂ $n=12$

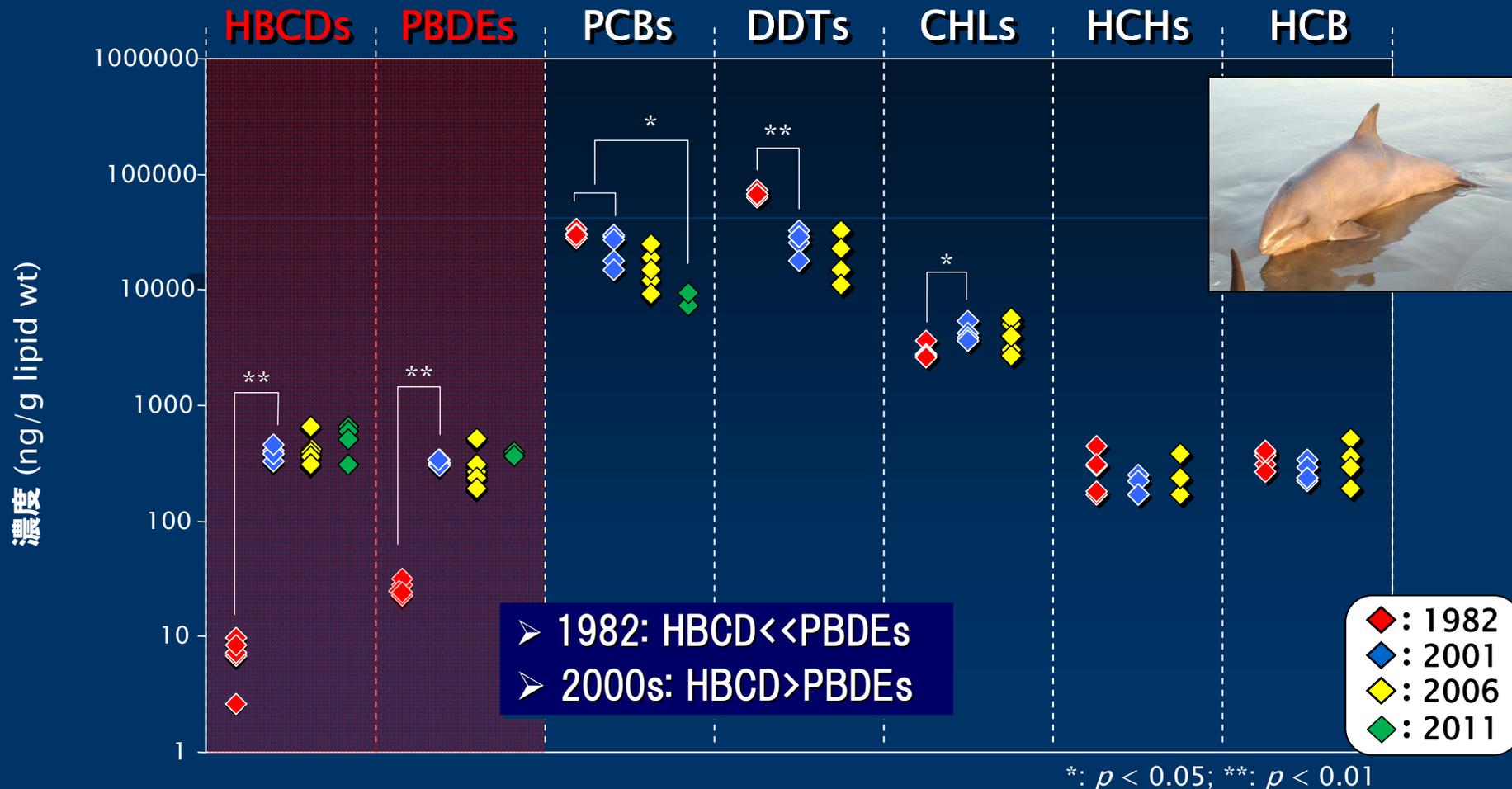
スジイルカ



1978~2003
♂ $n=20$

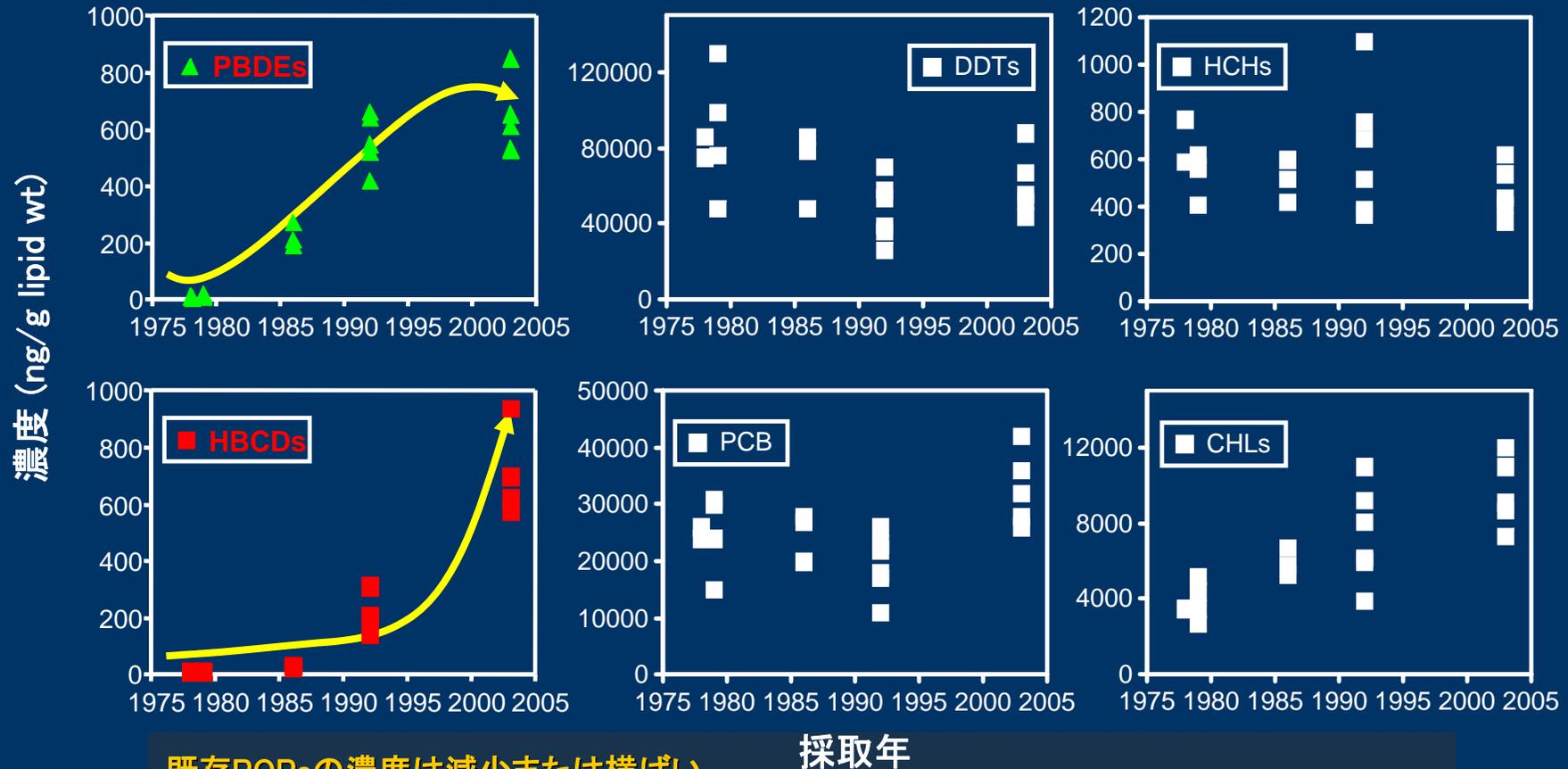
カズハゴンドウ

BFRs および POPs 濃度の経年変化 (1982, 2001, 2006, 2011)



過去30年間で... PBDEs: 約10倍に増加 → 日本+途上国での暴露
HBCDs: 約50倍に増加 → 日本での暴露

スジイルカ BFRs および POPs 濃度の経年変化



既存POPの濃度は減少または横ばい
 PBDEsの濃度は1993年まで急速に、その後はゆるやかに上昇
 HBCDsの濃度は1993年以降も上昇中

PBDEs の暴露: 日本+途上国 HBCDs の暴露: 日本

外洋域の汚染は先進国・途上国両方の影響を反映

目的

- 日本を含むアジアー太平洋地域における POPs および候補物質 (BFRs) の汚染調査を開始
- 最近の調査で得た試料と es-BANK 保存試料を活用

1. 汚染の実態と分布の特徴

2. 経時的な汚染の推移

(先進国・途上国の実態：ローカル・リージョナル)

(遠隔海域の実態：グローバル)

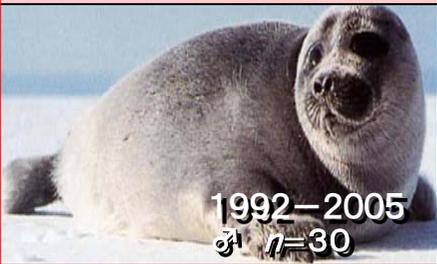
(遠隔陸域の実態：グローバル)

について解析した。

汚染の過去復元に用いた試料 (es-BANK 保存試料)



バイカルアザラシ



1992-2005
♂ $n=30$

キタオットセイ



1972-1998
♀ $n=35$

堆積物柱状試料
(東京湾)



カズハゴンドウ



1982-2011
♂ $n=20$

スナメリ



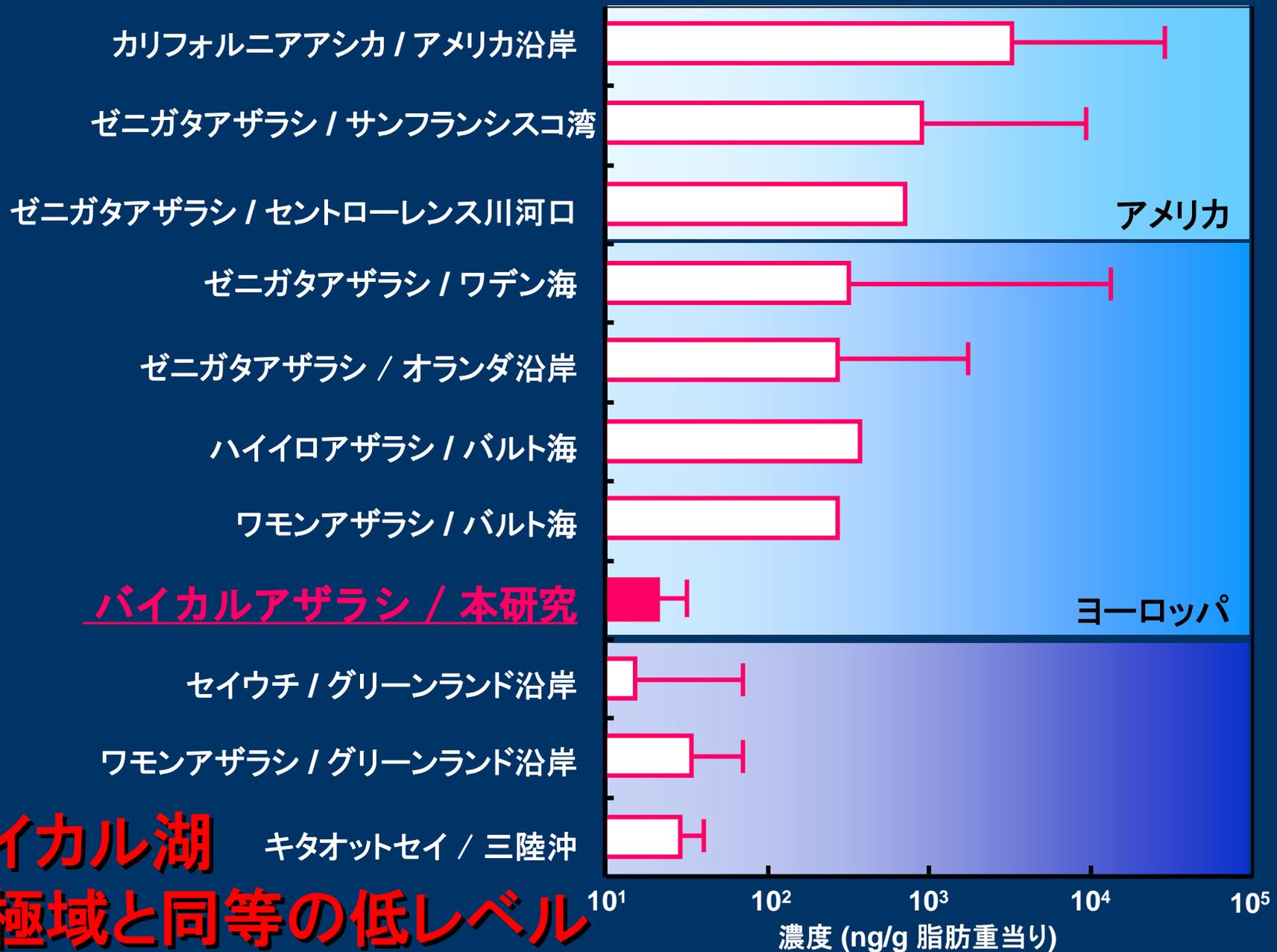
1990・2000/01
♂ $n=12$

スジイルカ



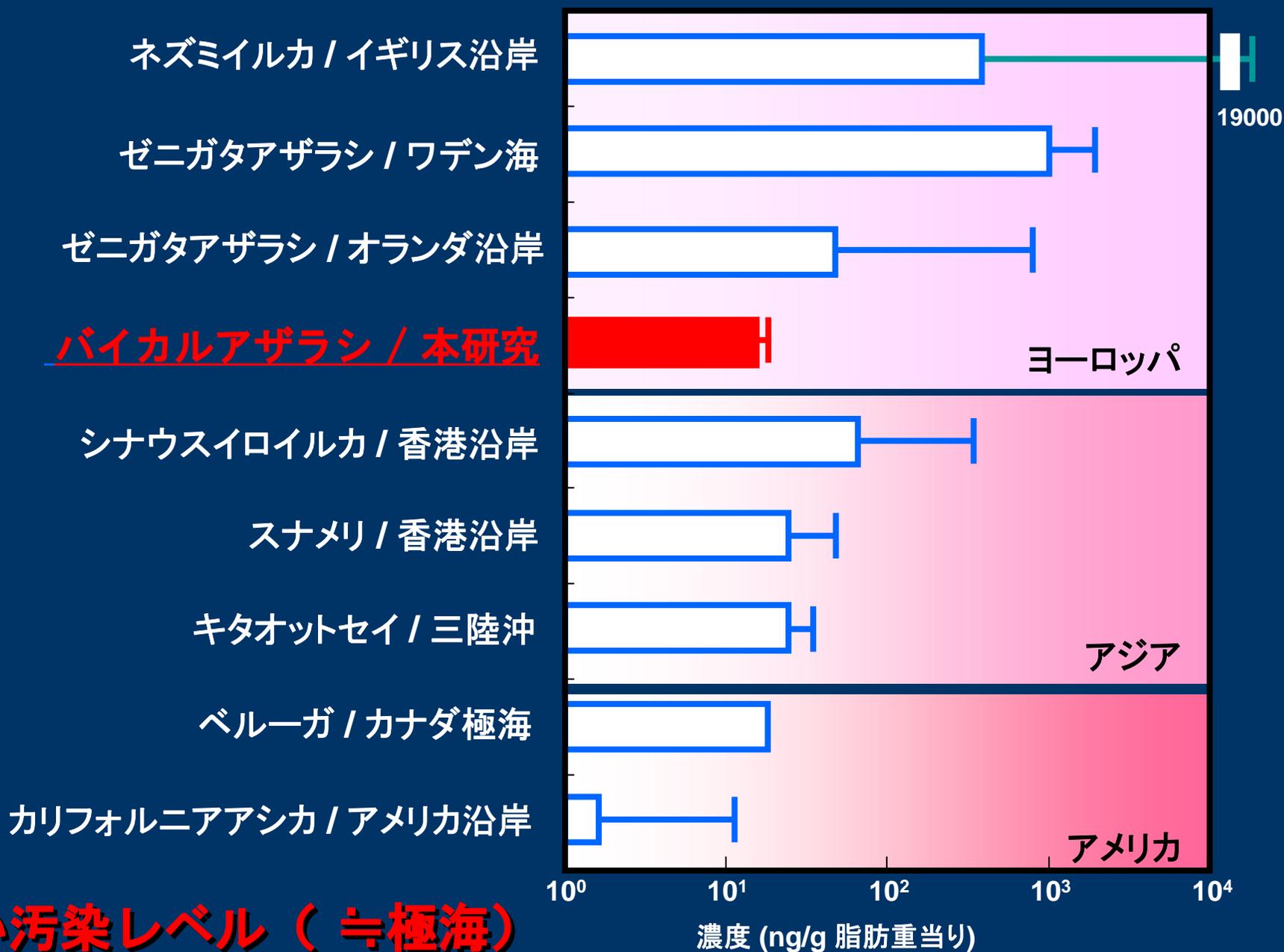
1978-2003
♂ $n=20$

鰭脚類に残留する PBDEs 濃度の地域比較



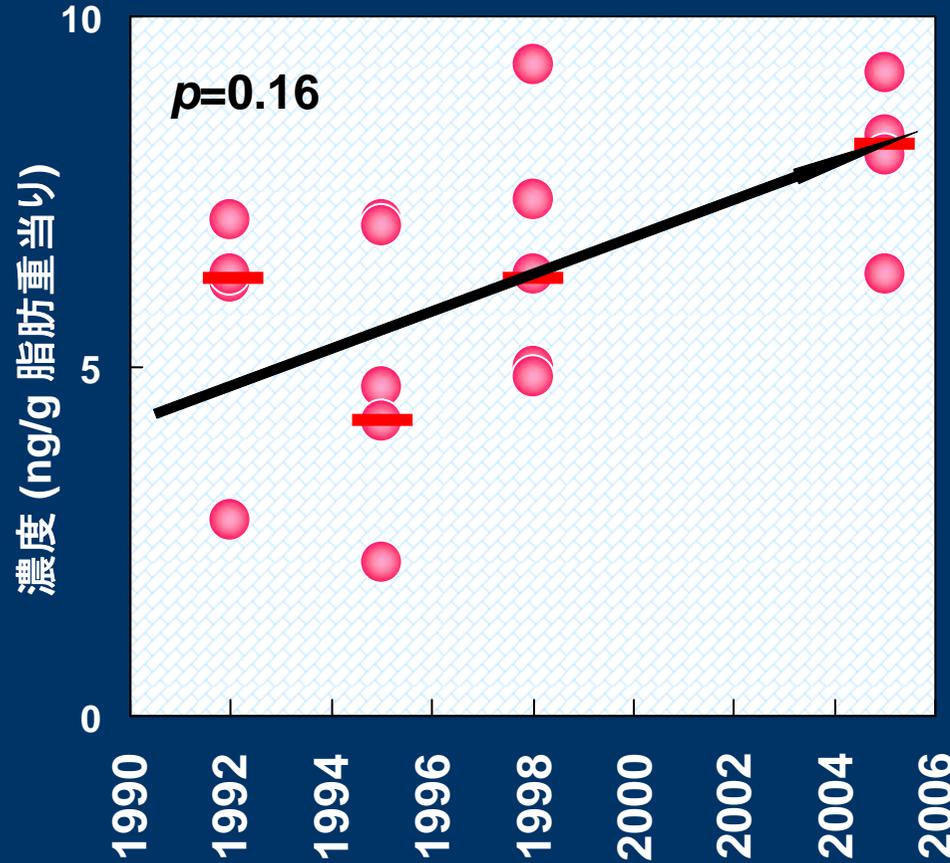
**バイカル湖
北極域と同等の低レベル**

水棲哺乳類に残留する HBCDs 濃度の地域比較

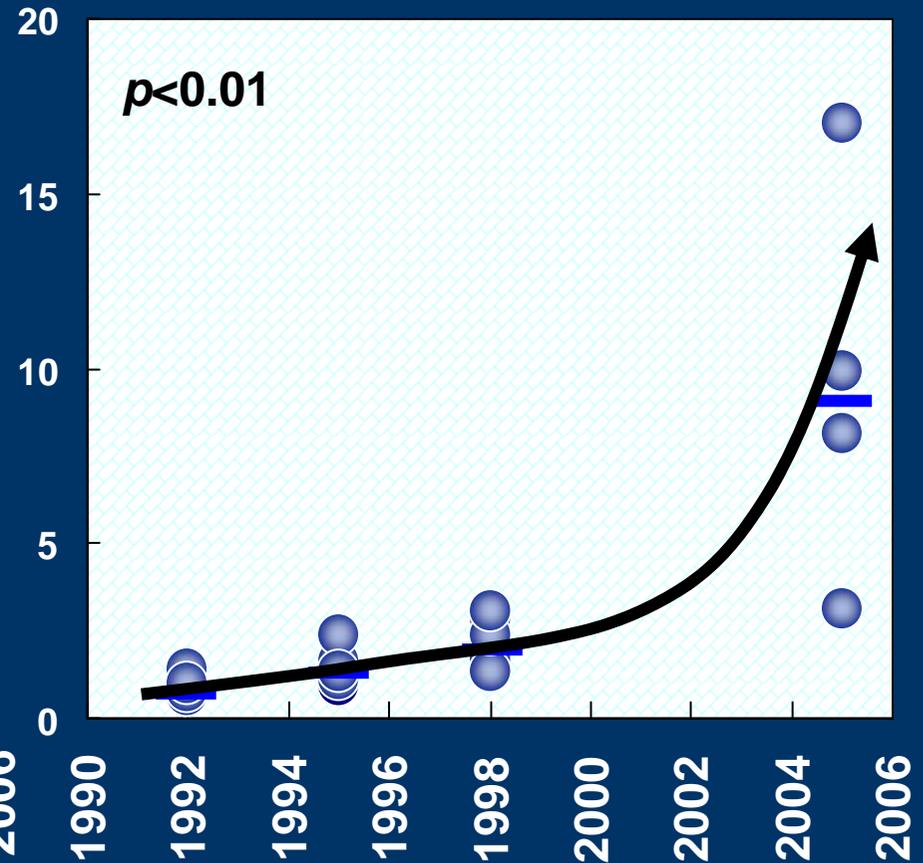


バイカルアザラシ（幼獣） BFRs 濃度の経年変動

PBDEs



HBCDs



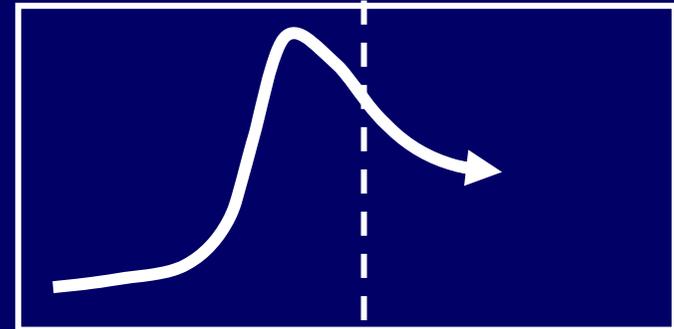
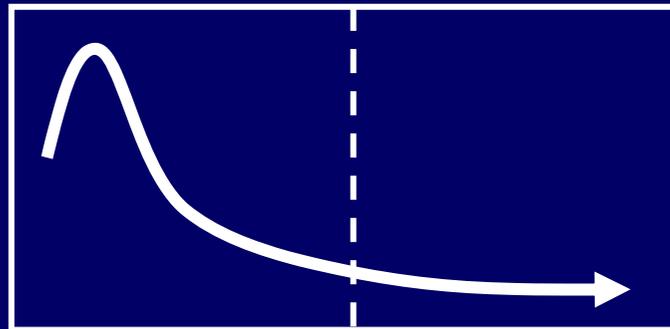
地球規模の汚染は進行中、HBCDs 汚染の拡大顕著

アジア地域の環境汚染レベル将来予測

ローカル・リージョナル

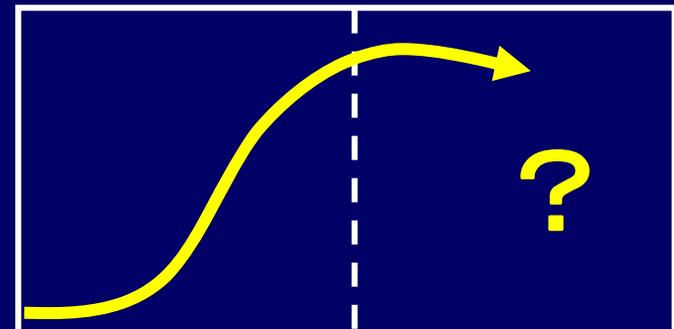
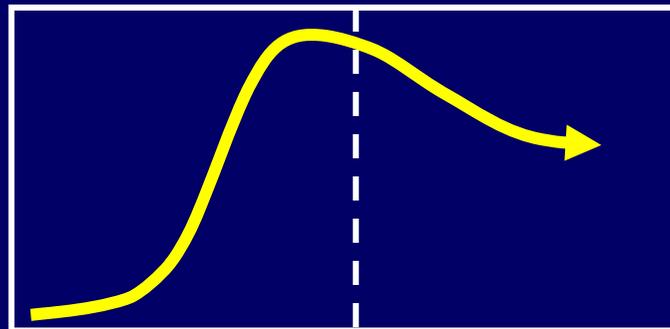
グローバル

POPs

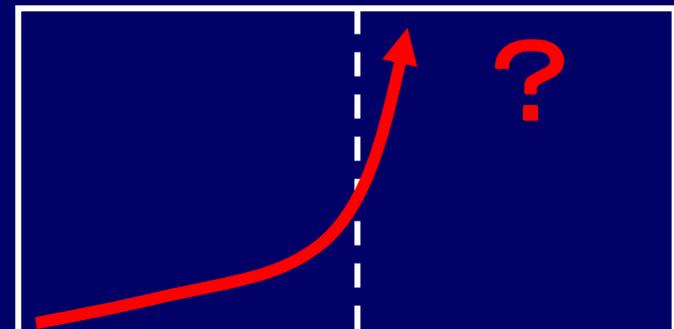
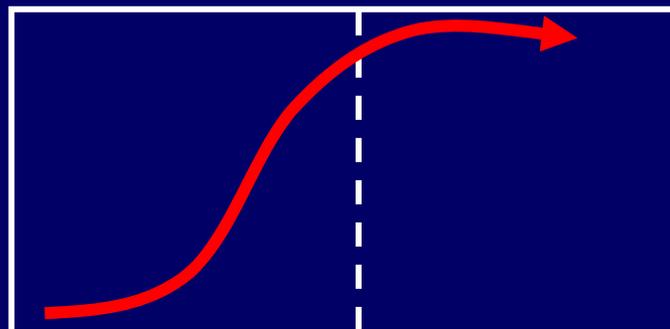


汚染レベル

PBDEs



HBCDs



過去

現在

未来

過去

現在

未来

結 論

日本およびアジア地域におけるBFRs汚染の実態と経年変化

■ 汚染の実態と分布の特徴

- 途上地域(新興国)にPBDEs汚染が拡大
- HBCDs汚染は先進国で顕在化、途上国は低レベル
- 広域拡散する地球汚染型の化学物質

■ 経時的な汚染の推移

- 規制の進んでいる既存のPOPsに比べ、BFRsによる汚染レベルは近年明らかに上昇
- 先進国のPBDEs汚染は低減傾向、一方HBCDs汚染は急増中
- 途上国のPBDEs汚染も増大、HBCDs汚染は低レベル・漸増であるがPBDEs規制後に急増の可能性(代替としての利用拡大)、今後要監視
- 遠隔地のBFRs汚染は進行中、汚染の長期化が懸念