

# 中华白海豚(*Sousa chinensis*)组织中 多氯联苯的研究\*

黄健生<sup>1,2</sup> 贾晓平<sup>1</sup> 卢伟华<sup>2</sup> 甘居利<sup>1</sup>

(1. 农业部渔业生态环境重点开放实验室 广东省渔业生态环境重点实验室 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300; 2. 东莞市海洋与渔业环境监测站 东莞 523888)

**提要** 以珠江口海域的两头中华白海豚为研究对象, 采用气相色谱法分析了海豚组织中多氯联苯(PCBs)的含量分布特征和毒性水平。结果表明, PCBs 在海豚 10 种不同组织中的含量范围为 25.1—85567.3ng/g, PCBs 含量最高的组织为额隆和皮肤, 其次为肝脏、肌肉、心脏、睾丸和脑, 最低的为肺、胃和肾脏; PCBs 同系物和同族物在海豚不同组织中的分布特征相似, 同系物中以 PCB101+113 和 PCB153 所占总量的百分比最大, 在 10.25%—51.70%之间; 在同族物中以含在同族物中以 5 个氯原子和 6 个氯原子的 PCBs 为主, 所占百分比均在 23.53%—60.06%之间; 运用二噁呋毒性当量(TEQ)评价了中华白海豚不同组织中 PCBs 的毒性, 其 TEQs 范围为 55.9—68191.0pg/g, 其中皮肤 TEQs 含量最高。TEQs 主要来自非邻位取代的 PCBs, 占总量的 74.15%—99.62%, 其中来自 PCB126 的占 34.11%—96.51%。与世界其他海域海豚的 PCBs 污染水平相比, 成年中华白海豚受 PCBs 污染严重, 其体内的 PCBs 含量和毒性当量均已超出安全浓度范围, 对其健康已造成威胁。

**关键词** 多氯联苯, 中华白海豚, 分布特征, 毒性分析

**中图分类号** X55

中华白海豚(*Sousa chinensis*)属于哺乳纲、鲸目、齿鲸亚目、白海豚属, 是世界范围内最为濒危的一类海洋生物, 也是中国海洋鲸豚中唯一的国家一级保护动物。目前在国内主要分布于珠江口海域, 背靠工业发达的珠江三角洲城市群, 其生存环境不容乐观, 流入海洋的淡水水质变差, 大规模海岸工程、海洋垃圾、工业与农业废水等都对其造成威胁, 尤其是持久性有机污染物汇集到海洋后给处于食物链顶层的海豚造成损害(Minh *et al*, 2000; Weisbrod *et al*, 2001; Larry *et al*, 2004)。最近的研究报道(黄健生等, 2007)表明, 珠江口鲸豚受多氯联苯污染较重, 因此加强生活于珠江口沿岸的中华白海豚的 PCBs 研究是非常有必要和迫切的, 本文对两头珠江口海域采集的中华白海豚体中的 PCBs 展开研究, 为鲸豚护理及维护生

物多样性提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器设备及试剂

Agilent 6890N 型气相色谱仪、超声振荡器、氮吹仪、旋转蒸发浓缩器配真空泵、玻璃层析柱; 正己烷、二氯甲烷、无水硫酸钠、Florisil 硅土; PCBs 混合标准溶液由美国 AccuStand 公司提供, 纯度 98.8%—100%。

### 1.2 样品采集与制备

于 2006 年在珠江口内伶仃洋采集到 2 头死亡的中华白海豚(*Sousa chinensis*), 详细生物学数据见表 1。采样时分别剪切海豚组织样品各 50—100g, 用不锈钢剪刀剪碎, 成浆状, 于-20℃保存, 直到样品分析。

\* 科技部科研院所社会公益研究专项, 2005DIB3J021 号; 广东省科技兴海重大项目, A200099E01 号。黄健生, 硕士, E-mail: huangjs25@163.com

通讯作者: 贾晓平, 研究员, E-mail: jiaxiaoping53@163.com

收稿日期: 2007-09-15, 收修改稿日期: 2007-11-30

表 1 中华白海豚生物学数据  
Tab.1 Biological data of the dolphins

采集地点	采集时间	年龄段	性别	体重(kg)	体长(cm)
伶仃洋	2006 年 1 月	未成年	雌性	15.6	115
伶仃洋	2006 年 2 月	成年	雄性	145.0	243

### 1.3 样品测定

脂肪含量的测定:准确称量 0.5g 样品,加入正己烷/二氯甲烷超声萃取 20min,离心后取上清液至鸡心瓶,重复以上步骤 1 次,把鸡心瓶溶液旋转减压蒸发至干,干燥器中干燥至恒重后电子天平称量。

PCBs 测定:分别称取肾脏、肺脏、肝脏、心脏、胃、脑、肌肉、睾丸组织样品,加正己烷/二氯甲烷混合液,超声振荡萃取、离心,上清液转入鸡心瓶,重复 1 次。称取皮肤和额隆组织样品,加入氢氧化钠/乙醇溶液皂化,消解完全后加入正己烷/二氯甲烷,和纯水,液液萃取,上层溶液转入鸡心瓶,重复 2 次。将鸡心瓶水浴减压旋转蒸发至近干,用正己烷洗涤鸡心瓶,洗涤液逐次吸入离心管,加浓硫酸净化。将上清液缓慢加入层析柱,再用正己烷淋洗净化柱,收集淋洗液入鸡心瓶,蒸至近干。用正己烷洗涤鸡心瓶,洗涤液逐次吸入离心管,沿离心管内壁加正己烷,定容至 500 $\mu$ l,溶解残留物,GC 测定。

质量控制:选择 PCB31、PCB44、PCB102、PCB141、PCB183 标样按照前述操作方法处理用以计算回收率,测得方法回收率为 75.8%—119%,变异系数为 5.6%—11.2%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 中华白海豚组织中的 PCBs 含量

2.1.1 未成年白海豚组织中的 PCBs 含量 在未成年白海豚体中 9 种不同组织中 43 种 PCBs 同系物的 PCBs 含量范围在 25.1—17137.5ng/g 之间。在不同组织中,额隆的 PCBs 含量最高,湿重为 17137.5ng/g,比皮肤的含量(5806.9ng/g)高出一个数量级,比肝脏和脑的 PCBs 含量(267.8—499.4ng/g)高出两个数量级,

比其余 5 种组织的 PCBs 含量(25.1—47.1ng/g)高出三个数量级。9 个组织的 PCBs 含量大小顺序为:额隆>皮肤>肝脏>脑>心脏>肺脏>胃>肌肉>肾脏。各组织的 PCBs 含量转化为脂重后差异明显减小,其中 8 个组织在同一数量级,其数值在 20619.67—34079.96ng/g 之间,仅脑的含量例外,为 4220.6ng/g,远低于其他组织的含量,其对数函数值如图 1。

2.1.2 成年白海豚组织中的 PCBs 含量 在成年白海豚体中 10 种不同组织中的 43 种 PCBs 同系物 PCBs 含量范围在 30.9—85567.3ng/g 之间。在不同组织中,额隆的 PCBs 含量最高,湿重为 85567.3ng/g,其次是皮肤,为 32777.8ng/g,比肌肉、肝脏、脑和心脏的 PCBs 含量(180.2—446.6ng/g)高出两个数量级,比其余 4 种组织的 PCBs 含量(30.9—75.4ng/g)高出三个数量级。10 个组织的 PCBs 含量大小顺序为:额隆>皮肤>肌肉>肝脏>脑>心脏>睾丸>胃>肺脏>肾脏。当成年白海豚各组织的 PCBs 含量转化为脂重含量后差异明显减小,其中 8 个组织在同一数量级,其数值在 13321.4—46036.2ng/g 之间,仅脑和额隆的含量例外,分别为 2183.7 和 124715.5ng/g,比其他组织的含量低一个或高一个数量级。

从以上两头中华白海豚组织中 PCBs 含量分析及图中的曲线趋势表明,PCBs 在海豚组织的分布规律是基本一致的,即 PCBs 含量最高的为额隆和皮肤,其次为肝脏、心脏、睾丸、脑和肌肉,最低的为肺、胃和肾脏,其中脂肪含量高的组织其 PCBs 含量亦高。这与国外的研究结果相符,如 Kawai 等(1988)对斑纹海豚、Karlsona 等(2000)对港湾鼠海豚、Weisbrod 等(2001)对白斑海豚的研究。这是由于 PCBs 是极性低、亲脂性的化学物质,脂肪含量高的组织容易蓄积 PCBs, Kawai 等(1988)研究也证明这一点,他们发现中性脂肪呈极性的磷脂更能溶解 PCBs,也有报道认为 PCBs 的含量和甘油三酸酯含量呈正相关(Schneider *et al*, 1982)。本次研究的海豚各组织的 PCBs 含量转化为脂重后差异明显减小,从图 1 可知,

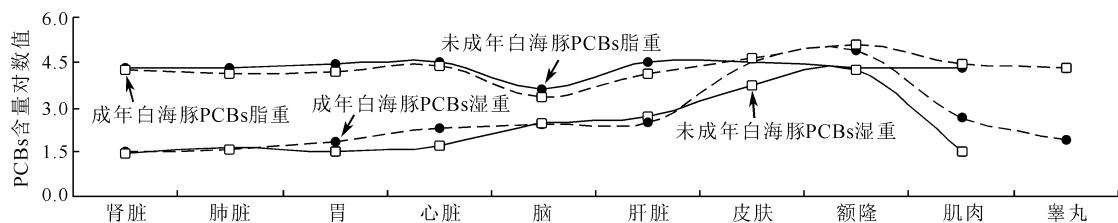


图 1 中华白海豚组织中 PCBs 含量对数关系

Fig.1 Logarithm of PCBs contents in tissues of the dolphins

各组织的 PCBs 脂重含量的对数曲线大致为一条直线, 即各组织的 PCBs 脂重含量在同一水平, 表明组织的 PCBs 脂重基本是相同的, 也说明了脂肪含量对 PCBs 含量高低有决定性作用。

但是从图 1 曲线中的凹凸点亦可发现有 3 个组织的 PCBs 含量表现异常。其一是肌肉。在成年白海豚和未成年白海豚两头海豚肌肉中的 PCBs 脂重含量基本相同, 但是 PCBs 湿重含量明显不同, 前者为 PCBs 含量最高的组织之一, 后者却为最低的组织之一。Kawai 等(1988)对生长年龄为 0.16、9.5 和 16.5 龄的斑纹海豚研究发现, 其肌肉的中性脂肪甘油三酸酯含量分别为 28.2%、61.4%和 71.1%。因此, 认为两头年龄差异较大的白海豚肌肉中甘油三酸酯含量不同是导致其 PCBs 的含量差异的主要因素, 即年龄对海豚肌肉中的 PCBs 蓄积有正相关作用。其二是脑和额隆。脑的 PCBs 脂重含量明显比其他组织低, Karlsona 等(2000)研究发现中性脂肪在海豚皮脂的含量占 99%, 而在肝中为 42%, 在脑中仅占 5%。推测本次研究的海豚的脑的 PCBs 的脂重含量较低与其中性脂肪含量较低有关。相反, 额隆的 PCBs 的脂重含量却比其他组织高, 根据 Kawai 等(1988)对条纹原海豚(*Stenella coeruleoalba*)的研究, 皮肤和额隆的脂肪含量和甘油三酸酯含量相似, 以此推测它们的含量亦相似, 但是从分析数表明它们相差近 1 倍, 此原因尚需进一步研究。

## 2.2 中华白海豚组织中 PCBs 的组成

### 2.2.1 未成年白海豚组织中 PCBs 的组成

本次测定的 43 种 PCBs 同系物在未成年白海豚各器官组织中 PCBs 的组成特征基本相似, 但高脂组织和低脂组织之间的 PCBs 异构体含量各占的百分比有差异。在高脂组织中有 15 种 PCBs 同系物含量较高, 均以 PCB101+113 所占总量的百分比最大, 其平均值为 51.70%, 其余 14 种同系物含量范围在 1.00%—7.70% 之间。在低脂组织中有 20 种 PCBs 同系物含量较高, 均以 PCB157、PCB101+113 和 PCB153 所占总量的百分比最大, 其平均值分别为 14.49%、13.80% 和

10.25%, 其次分别是 PCB138、PCB145 和 PCB180, 在 5.06%—5.49%, 其余 14 种同系物含量范围在 1.31%—3.76% 之间。在海豚各类组织的同族物中以高氯代的 PCBs 为主, 含 5 个以上氯原子的 PCBs 占 78.9%—90.1% 之间, 其中在高脂组织中以含 5 和 6 个氯原子的 PCBs 的百分比最大, 平均值分别为 60.06% 和 24.34%, 在低脂组织中以含 6 和 5 个氯原子的 PCBs 的百分比最大, 分别为 47.17% 和 25.31%, 其次分别都是含 4 个和 7 个氯原子的同族物, 在 10.88% 和 8.75%, 其余的均低于 3.50%, 如图 2。运用 SPSS13.0 对检测到的 43 种 PCBs 同系物在各组织的组成模式进行相关分析, 得到各组织间的相关性大小分别在 0.536—0.993 之间, 其中低脂组织间的相关系数为 0.800—0.970 之间, 高脂组织间的相关系数为 0.993 ( $P = 0.01$ ), 均为显著相关。

### 2.2.2 成年白海豚组织中 PCBs 的组成

本次测定的 43 种 PCBs 同系物在白海豚各器官组织中 PCBs 的组成特征相似, 其中的 19 种 PCBs 同系物含量相对较高。在高脂组织的 PCBs 同系物中均以 PCB101+113 所占总量的百分比最大, 其平均值为 33.62%, 其次分别是 PCB153 为 12.44%, 其余 19 种同系物含量范围在 1.00%—5.43% 之间。在低脂组织的 PCBs 同系物中均以 PCB101+113 和 PCB153 所占总量的百分比最大, 其平均值分别为 15.22% 和 11.20%, 其次分别是 PCB138、PCB145 和 PCB180, 在 5.16%—7.77% 之间, 其余 15 种同系物含量范围在 1.62%—3.92% 之间, 如图 3。在海豚各类组织中同族物中以高氯代的 PCBs 为主, 含 5 个以上氯原子的 PCBs 占 83.0%—88.6% 之间, 其中在高脂组织中以含 5 和 6 个氯原子的 PCBs 的百分比最大, 平均值分别为 42.76% 和 33.01%, 在低脂组织中以含 6 和 5 个氯原子的 PCBs 的百分比最大, 为 46.66% 和 23.53%, 其次分别都是含 7 个和 4 个氯原子的同族物, 分别为 11.94% 和 10.66%, 其余均低于 3.26%, 如图 3。运用 SPSS13.0 对检测到的 43 种 PCBs 同系物在各组织的组成模式进行相关

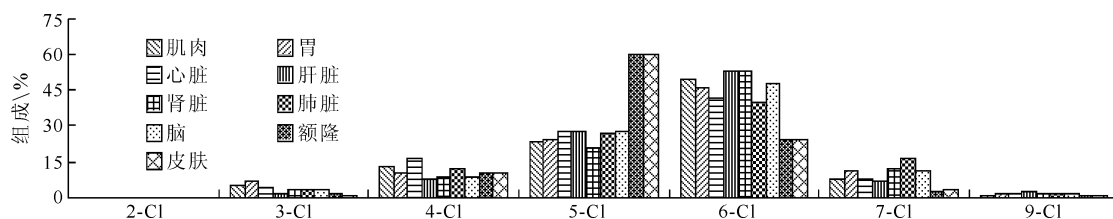


图 2 未成年中华白海豚体内不同组织中多氯联苯同族物的组成百分比

Fig.2 The percentages of PCBs homologs group in tissues of immature Humpbacked dolphin

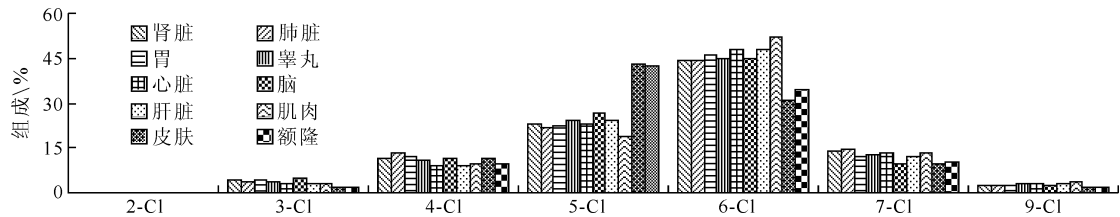


图3 成年中华白海豚体内不同组织中多氯联苯同族物的组成百分比

Fig.3 The percentages of PCBs homologs group in tissues of mature humpbacked dolphin

分析, 得到各组织间的相关性大小分别为 0.662—0.997 之间, 而低脂组织间的相关性为 0.902—0.987 之间, 高脂组织间的相关性为 0.997( $P=0.01$ ), 均显为显著相关。

从以上 PCBs 组成特征分析可知, 同一海豚不同组织之间的 PCBs 组成特征是基本相似的, 两头海豚各类组织中 PCBs 同系物组成基本以 PCB101+113 和 PCB153 为含量最高的同系物, 其次是 PCB110、PCB118、PCB138、PCB145、PCB157、PCB180、PCB187。在同族物中以 6 个氯原子和 5 个氯原子的 PCBs 为主。这些组成特征与我国环境中存在的 PCBs 相符, 如我国东部 22 条河流水体中的 PCB52、PCB101(陈静生等, 1999)、珠江口水体中的 PCB101 和 PCB153(Zhang *et al.*, 2002)、厦门港表层水体中的 PCB118、PCB138(张祖麟等, 2000)以及鼋头渚夜鹭卵中的 PCB153、PCB180(龚钟明等, 2001)等均为检出的 PCBs 中含量较高的同系物, 同族物也是以含 5 和 6 个氯原子的 PCBs 为主(Fang, 2004; 孙成等, 2003), 这表明在海豚体内的 PCBs 组成反映了环境中 PCBs 存在的情况。这种特征的形成存在与 PCBs 在海洋环境中原本的含量以及其降解, 在食物链的传递和代谢有关。

未成年和成年白海豚主要差异体现在高脂组织中的 PCB101+113, 在前者为 51.7%, 后者为 33.62%, 相差近 1 倍, 而含 5 个氯原子的 PCBs 的百分比, 前者为 60.06%, 后者为 42.76%, 相差约 17 个百分点。白海豚活动的范围较窄, 生活环境和摄食都类似, 其差异应与生育有重要关系。因未成年白海豚处于幼年期, 其体内的 PCBs 主要是从母体内转移进来的。一

般来说氯化程度低的 PCBs 相对易溶于血, 所以更易从母体经过胎盘转移到胎儿中, 加之各 PCBs 同系物的转移速率也不一样, 含氯个数越多的 PCBs 转移速率越慢, 例如含 3—7 个氯原子的 PCBs 比含有 8—10 个氯原子的 PCBs 转移快 2.5 至 5.5 倍, PCB209 的转移速率比 PCB 的转移速率慢 18.5 倍(Gsalata *et al.*, 1995)。因此含 5 个氯原子 PCBs 的比例在未成年白海豚高于成年白海豚, 与 Gsalata 等(1995)对在美国得克萨斯州和佛罗里达州海岸搁浅的海豚研究结果吻合。可见母子间的 PCBs 转移对未成年海豚的 PCBs 组成有重要影响。

### 2.3 中华白海豚体内 PCBs 的毒性分析

**2.3.1 未成年白海豚的 9 种组织中, TEQs 在 55.97—6028.73pg/g 之间, 其中皮肤中的毒性当量最高, 其次是额隆, 分别为 6028.73 和 3150.36pg/g, 比脑和肝脏(151.24—988.49pg/g)高一个数量级, 比肾脏、肌肉、胃肺和心脏(55.97—88.95pg/g)高两个数量级, 毒性当量大小顺序为皮肤>额隆>肝脏>肺>脑>心脏>肌肉>胃>肾脏。海豚各组织 TEQs 主要来自非邻位取代共平面 PCBs 同系物, 占总量的 74.15%—98.87%, 其中 PCB126 的比重最大, 范围在 66.12%—96.21%之间。其次是 PCB169, 在脑中占总量的 23.40%, 在其余 7 个组织中(胃除外)在 2.71%—6.43%之间。**

**2.3.2 成年白海豚组织中的 TEQs 毒性当量** 在成年白海豚的 10 种组织中, TEQs 在 124.86—68191.02pg/g 之间, 其中皮肤中的毒性当量最高, 其次是额隆, 分别为 68191.02 和 28094.00pg/g, 比其余 8 个组织的含量高两个数量级, 毒性当量大小顺序呈皮肤>额隆>肝脏>脑>心脏>胃>睾丸>肺脏>肌肉>肾

表2 中华白海豚体中不同组织 PCBs 的国际毒性当量(pg/g 湿重)

Tab.2 TEQs of PCBs in tissues of the dolphin (pg/g wet wt.)

海豚	肾脏	肺脏	胃	睾丸	心脏	脑	肝脏	肌肉	皮肤	额隆
未成年	55.9	161.5	64.4	—	88.9	151.2	988.4	68.1	6028.7	3150.3
成年	124.8	175.8	261.4	241.3	674.5	680.9	898.4	139.9	68191.0	2809.0

脏的分布趋势。海豚各组织 TEQs 主要来自非邻位取代共平面 PCBs 同系物, 占总量的 93.99%—99.62%, 其中 PCB126 的比重最大, 在肌肉和额隆中在 34.11%—57.92% 之间, 在其余 8 个组织中在 92.26%—96.51% 之间。其次是 PCB169 在额隆和肌肉中分别在 35.98%—59.94% 之间, 在其余 8 个组织中在 4.49%—7.04% 之间。

从不同组织的分析结果可知, 白海豚皮肤的 TEQs 约为额隆含量的 2 倍, 比肝脏、心脏、肌肉、睾丸和脑的 TEQs 含量高 1—2 个数量级, 比肾脏、肺脏和胃的 TEQs 含量高两至三个数量级, 其分布规律基本与 PCBs 在海豚组织中的分布一致。海豚各组织 TEQs 主要来自非邻位取代共平面 PCBs 同系物, 占总量的 80% 以上, 其中 PCB126 的比重最大, 在 34.11%—98.63% 之间, 其次是 PCB169, 2.71%—59.94% 之间, 在单邻位取代共平面 PCBs 同系物中 PCB157 占 TEQ 百分比最大, 在 0.02%—9.50% 之间。Minh 等(2000)的研究表明, PCB126 是低纬度海域的鲸豚体中的 TEQs 的主要组成部分, 而在高纬度海域则是 PCB118。本次研究的海豚的活动范围在南海北部珠江口沿岸, 属低纬度海域, 本文的毒性评估结果与 Minh 等(2000)报道的研究结论吻合。

从总含量对比可知, 两头白海豚中的 TEQs 相差较大, 成年白海豚的 TEQs 含量约高于未成年白海豚一个数量级, 两者的 TEQs 分别在 55.97—6028.73pg/g 和 124.86—68191.02pg/g 之间。在相同的组织中, 前者的 TEQs 几乎都大于后者的含量。Storelli 等(2000)对地中海瓶鼻海豚的研究发现处成年、亚成年、青少年、幼年的海豚的 TEQs 分别为 56964、45136、33500 和 11543pg/g, 而两头处于青少年期的瓶鼻海豚的 TEQs 分别为 33500 和 28814pg/g, 这也证明了以上观点, 表明对于同一海域的海豚, 年龄与其 TEQs 含量呈正相关关系。与其他哺乳动物相比, 海豚对 PCBs 的代谢能力非常低, 这是它自身特殊的细胞色素 P450 氧化酶系统模式决定的, 尤其对氯化程度高的 PCBs 最难代谢(Tanabe *et al.*, 1988)。因此, 在海豚在其生长过程中 PCBs 基本保持“只进不出”状态, 年龄大的海豚其 TEQs 相对较高。但众多组织中唯一例外的是肝脏, 前者肝脏的 TEQ (898.41pg/g) 低于后者的含量(988.49pg/g), 这可能是因为成年白海豚肝脏部位对共平面 PCBs 的代谢能力高于未成年白海豚的肝脏, 在其较长的生命阶段中逐渐代谢了肝中的一部分 PCBs, 使其 TEQs 相对较低。

## 2.4 中华白海豚体内 PCBs 的毒性评价

**2.4.1 PCBs 总量的毒性水平** 为评价白海豚的 PCBs 污染程度, 把本次测定结果与国内外报道海豚皮层组织的数据作了相应比较。根据全球海豚的 PCBs 含量的数量级范围, 大致分为四个等级: 第一等级 PCBs 含量范围在  $10^2$ — $10^3$   $\mu\text{g/g}$  之间, 如地中海意大利沿岸的海豚(Corsolini *et al.*, 1995); 第二等级 PCBs 含量范围在  $10^1$ — $10^2$   $\mu\text{g/g}$  间, 如美国佛罗里达海岸(Larry *et al.*, 2004)和日本纪伊半岛的海豚(Minh *et al.*, 2000); 第三等级的 PCBs 含量范围在  $10^0$ — $10^1$   $\mu\text{g/g}$  之间, 如印度和菲律宾海豚(Minh *et al.*, 2000); 第四等级的 PCBs 含量范围在  $1\mu\text{g/g}$  以下, 为受污染程度很轻的海豚。本次调查的未成年白海豚含量为  $5.8\mu\text{g/g}$  处在第三等级中, 而成年白海豚含量为  $32.7\mu\text{g/g}$  处在第二等级中。根据 Wagemann 等(1984)的研究, 海豚体内的 PCBs 浓度达到 50—200  $\mu\text{g/g}$  时, 对海洋哺乳动物将会产生危害, 但在被认为受 PCBs 污染而感染麻疹病毒死亡的地中海瓶鼻海豚和瑞氏海豚体中检测到的 PCBs 含量分别在 90—1400  $\mu\text{g/g}$  和 20—610  $\mu\text{g/g}$  之间(Corsolini *et al.*, 1995)。本次测定的成年白海豚的皮肤的 PCBs 含量超过 20  $\mu\text{g/g}$ , 而且额隆的含量超过 50  $\mu\text{g/g}$ , 表明受 PCBs 污染严重, 对其健康已造成威胁。而本次测定的未成年白海豚的 PCBs 含量尽管不高, 但均处在未成年时期, 随着年龄增长其体内的 PCBs 不断富集, 含量亦有可能达到成年白海豚的含量水平, 因此对这一区域海豚的 PCBs 污染需给予高度关注。

**2.4.2 类二噁噻 PCBs 的毒性(TEQs)水平** 把珠江口及其邻近海域海豚皮层的 TEQs 值与其他海域的数据进行了比较。世界各地海豚的按 TEQ 的数量级关系可分为 4 个等级: 第一等级污染最重, TEQs 超过  $10^4$  pg/g, 如意大利亚里亚得海岸的海豚(Storelli *et al.*, 2000); 第二等级污染较重, TEQs 在  $10^3$ — $10^4$  pg/g 之间, 如美国鳕岬海湾的海豚(Weisbrod *et al.*, 2001); 第三等级污染程度一般, TEQs 在  $10^2$ — $10^3$  pg/g 之间, 如英国哥伦比亚海岸的海豚(Jarman *et al.*, 1996); 第四等级污染程度较低, TEQs 在  $10^1$ — $10^2$  pg/g 之间, 如印度孟加拉湾的海豚(Minh *et al.*, 2000)。本次检测的未成年白海豚和成年白海豚处于第一和第二等级污染水平。根据一些学者的研究, 受流行麻疹病毒感染死亡的海豚的 TEQs 为 18000pg/g, 而健康海洋哺乳动物的 TEQs 为 100—5000pg/g (Corsolini *et al.*, 1995), 因此可认为两头白海豚的 TEQs 已超出健康的浓度范

围, 而成年白海豚已达到引起病毒感染死亡的浓度水平。从以上分析表明珠江口中华白海豚受到 PCBs 污染的威胁。

### 3 结论

(1) PCBs 在海豚组织中的分布规律基本一致的, 即 PCBs 含量最高的为额隆和皮肤, 其次为肝脏、心脏、睾丸、脑和肌肉, 最低的为肺、胃和肾脏, 影响组织中 PCBs 富集的主要因素是脂肪含量的高低。

(2) 本文海豚各类组织中的 PCBs 同系物组成以 PCB101+113 和 PCB153 为含量最高, 其次是 PCB110、PCB118、PCB138、PCB145、PCB157、PCB180、PCB187, 在同族物中以含 6 和 5 个氯原子的 PCBs 为主, 表明同一海豚组织之间的 PCBs 组成特征相似。

(3) 海豚皮肤和额隆组织中的 TEQs 含量最高, 比肝脏、心脏、肌肉、睾丸和脑的 TEQs 含量高一至两个数量级, 比肾脏、肺脏和胃的 TEQs 含量高两至三个数量级, 其分布规律和 PCBs 在海豚组织中的分布是一致的。组织中的 TEQs 主要来自非邻位取代共平面 PCBs, 占总量的 80% 以上, 其中 PCB126 所占比重最大, 为 34.11%—98.63%。

(4) 研究表明, 成年中华白海豚受 PCBs 污染严重, 其体内的 PCBs 和 TEQs 含量均已超出健康安全浓度范围, 对其健康已造成威胁, 需采集更多样品进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- 孙 成, 许士奋, 姚书春等, 2003. 香港海域翡翠贻贝(*Perna viridis* L.)中多氯联苯的研究. 环境化学, 22(2): 182—188
- 张祖麟, 洪华生, 哈里德等, 2000. 厦门港表层水体中有机氯和多氯联苯的研究. 海洋环境科学, 19(3): 48—51
- 陈静生, 高学民, 1999. 我国东部河流沉积物中的多氯联苯. 环境科学学报, 19(6): 614—618
- 黄健生, 贾晓平, 甘居利, 2007. 珠江口印度洋瓶鼻海豚脂肪的多氯联苯研究. 中国环境科学, 27(4): 461—466
- 龚钟明, 董元华, 安 琼, 2001. 夜鹭卵中几种多氯联苯(PCBs)的残留特征. 中国环境科学, 21(2): 124—127
- Corsolini S, Focardi S, Kannank *et al*, 1995. Congener profile and toxicity assessment of polychlorinated biphenyls in dolphins, sharks and tuna collected from Italian coastal waters. Mar Environ Res, 40(1): 33—53
- Fang Zhan-qiang, 2004. Organochlorines in sediments and mussels collected from coastal sites along the Pearl River Delta South China. Journal of Environmental Sciences, 16(2): 321—327
- Gsalata G, Wade T L, Sericano J L *et al*, 1995. Analysis of gulf of mexico bottlenose dolphins for organochlorine pesticides and PCBs. Environmental Pollution, 88(9): 167—175
- Jarman W M, Norstrom R J, Muir D C G *et al*, 1996. Levels of organochlorine compounds, including PCDDs and PCDFs, in the blubber of cetaceans from the west coast of North America. Mar Pollut Bull, 32: 426—436
- Karlsona K, Ishaqa R, Beckerb G *et al*, 2000. PCBs, DDTs and methyl sulphone metabolites in various tissues of harbour porpoises from Swedish waters. Environmental Pollution, 110(1): 29—46
- Kawai S, Fukushima M, Miyazaki N *et al*, 1988. Relationship between lipid composition and organochlorine levels in the tissue of striped dolphin. Mar Pollut Bull, 19(3): 129—133
- Larry J Hansen, Lori H Scheacke, Greg B Mitchum *et al*, 2004. Geographic variation in polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide concentrations in the blubber of bottlenose dolphins from the US Atlantic coast. The Science of the Total Environment, 319(1—3): 147—172
- Minh T B, Nakata H, Watanabe M *et al*, 2000. Isomer-specific accumulation and toxic assessment of polychlorinated biphenyls, including coplanar congeners, in Cetaceans from the North Pacific and Asian Coastal Waters. Arch Environ Contam Toxicol, 39(3): 398—410
- Schneider R, 1982. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in cod tissues from the Western Baltic: significance of equilibrium partitioning and lipid composition in the bioaccumulation of lipophilic pollutants in gill-breathing animals. Meeresforsch, 29: 69—79
- Storelli M M, Marcotrigiano G O, 2000. Persistent organochlorine residues in Risso's dolphins (*Grampus griseus*) from the Mediterranean Sea (Italy). Marine Pollution Bulletin, 40(6): 555—558
- Tanabe S, Watanabe S, Kan H *et al*, 1988. Capacity and mode of PCB metabolism in small cetaceans. Mar Mammal Sci, 4(2): 103—124
- Wagemann R, Muir D C G, 1984. Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. Western Region. Department of Fisheries and Oceans, Canada, 1—97
- Weisbrod A V, Shea D, Moore M J *et al*, 2001. Species, tissue and gender-related organochlorine bioaccumulation in white-sided dolphins, pilot whales and their common prey in the Northwest Atlantic. Marine Environmental Research, 51(1): 29—50
- Zhang Z, Dai M, Hong H *et al*, 2002. Dissolved insecticides and polychlorinated biphenyls in the Pearl River Estuary and South China Sea. Journal of Environmental Monitoring, 4(6): 922—928

## POLYCHLOROBIPHENYLS (PCBs) IN TISSUES OF HUMPBACKED DOLPHINS *SOUSA CHINENSIS* IN THE ZHUJIANG (PEARL) RIVER ESTUARY

HUANG Jian-Sheng<sup>1,2</sup>, JIA Xiao-Ping<sup>1</sup>, LU Wei-Hua<sup>2</sup>, GAN Ju-Li<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Guangdong Province; South China Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Guangzhou, 510300; 2. Dongguan Marine and Fishery Environment Monitoring Station, Dongguan, 523888)

**Abstract** Humpbacked dolphins (*Sousa chinensis*) in the Zhujiang (Pearl) River Estuary, the South China were studied in gas chromatography (GC) for PCBs contents in 10 tissues of the dolphin. 43 PCBs congeners were detected in concentration between 25.1—85567.3ng/g in a descending order from melon, skin, liver, muscle, heart, testicle, brain, stomach, kidney, and lungs. The distributions of PCBs congeners and PCBs homologs groups in the tissues are similar. PCB101+113 and PCB153 were the major PCBs taking 10.25%—51.70% of the total. The contents of hexachlorobiphenyls and pentachlorobiphenyls were the two highest in all the PCBs homologs groups, accounting for 23.53%—60.06%. Toxicity of the PCBs were assessed using toxic equivalent (TEQ) 2,3,7,8-tetrachlor-dioxin. The TEQ of PCB in tissues of the dolphin ranged 55.9 — 68191.0pg/g, and the highest TEQ was found in skin. Non-ortho congeners were the major contributor to the toxicity, occupying 74.15%—99.62%, and PCB126 had the greatest contribution to the total TEQs, accounting for 34.11%—96.51%. Compared with TEQs of the other dolphins from different waters in the world, the TEQs of PCBs in mature humpbacked dolphin was at relatively high level, and had caused potential adverse effects on its health.

**Key words** Polychlorinated biphenyls, Humpbacked dolphins *Sousa chinensis*, Distribution characteristics, Analysis of toxicity