

D-2 東アジア海域における有害化学物質の動態解明に関する研究

(2) 底泥をめぐる食物連鎖による底泥堆積有害化学物質の底魚類への蓄積過程に関する研究

② 底魚類、底生生物の底泥堆積有害化学物質蓄積に関する研究

研究代表者 水産庁瀬戸内海区水産研究所環境保全部水質化学研究室 小山次朗

水産庁瀬戸内海区水産研究所

環境保全部 水質化学研究室 小山次朗・池田久美子

(委託先) 大阪市環境科学研究所 福島 実・先山孝則

平成10-11年度合計予算額 19,332千円

(平成11年度予算額 9,661千円)

[要旨] 昨年度行った日本海沖合域の調査に続いて今年度は、日本海の中央部に位置する水深350~400mの大和堆で底泥、ベントス、底魚類を採取し、それぞれのダイオキシン類(以下、Co-PCBs12成分を含む)及び有機スズ化合物濃度を測定した。昨年度、水深200~500m前後の北陸・山陰沖で採取した試料についての結果も含めて日本海沖合域における底泥および底泥をめぐる食物連鎖網におけるダイオキシン類(及び有機スズ化合物の動態について検討した。

大和堆および北陸・山陰沖合域のいずれにおいてもTPTは底泥食物連鎖を通して濃縮される傾向が認められたが、TBTは食物連鎖を通して濃縮されなかった。特に大和堆から採取した試料でこの傾向が強く認められた。なお、TPTがTBTに比べ食物連鎖を通して蓄積されやすい理由として、酵素による代謝のされ難さや排泄の速さなどが関係しているものと考えられるが、その詳細を本研究で明らかにすることはできなかった。食物連鎖の位置と関連すると言われる安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ )とTPT濃度とのあいだに相関が認められなかった。これは有害物質の蓄積は安定同位体( $^{15}\text{N}$ )の蓄積に比べ、同一栄養段階における種間差(薬物代謝酵素活性の違いなど)が大きいためではないかと考えられた。以上の傾向は、沿岸域(七尾湾)で認められたものと同様であった。

大和堆の底泥からは、北陸・山陰沖に比べ約1/10のダイオキシン類しか検出されなかった。両海域で検出されたダイオキシン類は、その異性体組成から陸上で過去に使用された水田除草剤CNPやPCPとPCB製剤(カネクロール等)の影響が共通して窺えた。一方、生物中に蓄積されているダイオキシン類濃度の差は、両海域で小さかった。よって、生息海域の底泥中のダイオキシン類濃度が、生物の蓄積濃度に及ぼす影響は小さいものと判断できた。次に、これらの海域において底層食物連鎖における栄養段階とダイオキシン類蓄積濃度の関係について見たところ、海域や食物連鎖構造が異なっても、PCDDsとPCDFsは栄養段階との明確な関係は見られず、Co-PCBsのみが栄養段階の上昇に伴って濃縮される傾向が確認された。さらに、底泥と生物中に蓄積されているダイオキシン類濃度を比較すると、北陸・山陰沖では海域や食物連鎖を構成する生物が異なっても、Co-PCBsが底泥に比べ生物で濃度が高く、PCDDsとPCDFsでは濃度がほとんど変わらないか、反対に生物で低くなるといった傾向があった。しかし、

底泥中濃度の低い大和堆では、全てのダイオキシン類で生物中の濃度が底泥よりも高くなっていた。この傾向は、沿岸域（七尾湾）で確認されたものと同様であり、底泥に対する生物でのダイオキシン類の蓄積率は常に一定では無いが、Co-PCBs が最も蓄積されやすいことが明らかとなった。

[キーワード] 底泥、食物連鎖、生物濃縮、有機スズ化合物、ダイオキシン類

## 1. 序

PCB 等の有機塩素系化学物質に代表される多くの有機塩素化合物は、過去に使用された多くの部分が分解されずに底泥中に残存している。また、最近まで船底塗料等とさして多量に使用されていた有機スズ化合物等の新たな海洋汚染も危惧されている。さらに燃焼過程で非意図的に生成されて大気経由で海洋に降下するダイオキシン類、低緯度地域で使用され大気経由で中緯度地域にも拡散している有機塩素系化合物等によって沖合から外洋域までの地球規模の汚染が懸念されている。

これらの有害物質は最終的には懸濁物に吸着して底泥に移行し、多くの部分は分解されずに底泥中に残存している。このように底泥に堆積した有害物質の動態を明らかにするため、沿岸域底泥をめぐる食物連鎖を経由して底魚類に有害物質がどの程度移行するかを平成7年から3年間にわたって研究を行ったところ、Co-PCB や TPT が食物連鎖経由で底魚類に濃縮されることが明らかとなった。

平成10および11年度の2年間は、まだ明らかにされていない沖合域底泥に堆積する有害化学物質の魚介類への蓄積機構を解明し、沖合域の底泥汚染の評価手法及び底泥の汚染状況やその変動傾向を把握するための生物モニタリング手法の検討を行った。

## 2. 研究目的

沿岸域で実施した、底泥をめぐる食物連鎖構造解析と各生物中有害化学物質濃度測定から、ダイオキシン類である PCDDs 及び PCDFs の生物中濃度が、底泥-多毛類-魚類と食物連鎖の上位に行くにしたがって低下する傾向が認められており、食物連鎖による生物濃縮の起こっていないことが考えられた。一方、コプラナ PCB あるいは有機スズ化合物の一つである TPT は、食物連鎖経由の生物濃縮が起こっていると考えられた。このように、化学物質によっては沿岸域の食物連鎖では必ずしも生物濃縮が起こるとはかぎらないことから、沖合域あるいは外洋域の底泥をめぐる食物連鎖でも同様の現象が起こっているかどうかを明らかにする。

## 3. 研究手法

最近採用され始めた新しい手法である、 $^{15}\text{N}$ 等の安定同位体の食物連鎖網での分布及び胃内容物調査から明らかにされた底魚類までの食物連鎖網の構造と、それぞれの生物中の有害化学物質濃度との関係を検討し、底泥中のダイオキシン類及び有機スズ化合物が食物連鎖経由で底魚類に生物濃縮されるか否かを明らかにする。

試料中有機スズ化合物およびダイオキシン類の分析法は、平成10年度に報告した方法に準じた。

#### 4. 結果及び考察

##### 1) 有機スズ化合物

##### (1) 海水および底泥中 TBT、TPT 濃度

阿賀野川沖や大和堆で採取した底泥およびの海水（表層水）中有機スズ化合物濃度は表 1 に示す通りであった。大和堆の表層水中 TBT 濃度は 0.6-0.8ng/l であり、阿賀野川沖の 0.3-0.6ng/l に比べやや高い傾向であった。一方、大和堆および阿賀野川沖の海水から TPT は検出されなかった (<0.3ng/l)。

大和堆の底泥中 TBT 濃度は 6-16ng/g であり、阿賀野川沖の 4-6ng/g や若狭湾口の 6-8ng/g に比べやや高い傾向であった。大和堆の底泥中 TPT 濃度は 4-7ng/g であり、阿賀野川沖の 6-7ng/g とほぼ同程度であったが、若狭湾口の 6-12ng/g に比べやや低い傾向であった。阿賀野川沖の底泥中 TBT および TPT 濃度は若狭湾口に比べて低く、北陸・山陰海域では、沿岸から離れるにしたがって底泥中濃度は低くなる傾向であった。

表 1. 海水および底泥中 TBT および TPT 濃度

調査地点	海水 (ng/l)		底泥 (ng/g dry)	
	TBT	TPT	TBT	TPT
阿賀野川沖	0.3-0.6	Nd	4-6	6-7
若狭湾口	—	—	6-8	6-12
大和堆	0.6-0.8	Nd	6-16	4-7

大和堆の海水および底泥中 TBT 濃度は、より沿岸に近い阿賀野川沖および若狭湾口に比べやや高い傾向であった。また、大和堆の底泥中 TPT 濃度は、より沿岸に近い阿賀野川沖とほぼ同程度であった。大和堆における TBT および TPT 濃度が、我が国沿岸により近い海域に匹敵するものであった理由として、未だ有機スズ化合物に対する法的規制が整備されていない大陸の影響、水深 350-400m の大和堆が、有機スズ化合物のような化学物質のたまり場になっている可能性等が考えられた。

北陸・山陰海域では、沿岸から離れるにしたがって底泥中 TBT および TPT 濃度は低くなる傾向であった。北陸・山陰海域での生物試料採取地点は、底泥試料採取地点よりも沖合に位置することから、生物試料採取地点の底泥中濃度は、阿賀野川沖と同程度もしくは低い、すなわち大和堆と同程度もしくは低いことが推察された。

##### (2) 底泥食物連鎖構造と TBT 濃度 (図 1、2)

底泥食物連鎖における一次捕食者の TBT 濃度は、大和堆（クモヒトデ 11、モエビ類 65、ホッコクアカエビ 50、トゲザコエビ 5、エッチュウバイ 5ng/g）に比べ、北陸・山陰沖合域（それぞれ、5、119、61、14、30ng/g）で高かった。また、二次捕食者の TBT 濃度は、大和堆（ヒレグロ 18、アカガレイ 5、ハタハタ 168、ノロゲンゲ 8、ズワイガニ 4ng/g）に比べ、北陸・山陰沖合域（それぞれ、31、15、202、22、8ng/g）で高かった。

大和堆および北陸・山陰沖合域のいずれにおいても、二次捕食者の TBT 濃度は一次捕食者に比べて低い傾向であった。しかし、ハタハタの TBT 濃度は他の二次捕食者に比べ特異的に高かった。

底泥食物連鎖を構成する生物中 TBT 濃度は大和堆に比べて北陸・山陰沖合域で高く、底泥中濃度に依存しなかった。また、二次捕食者の TBT 濃度は一次捕食者に比べて低い傾向であったことなどから、TBT は底泥食物連鎖を通して濃縮されないことが示唆された。

### (3)底泥食物連鎖構造と TPT 濃度 (図 1、2)

大和堆の底泥食物連鎖における一次捕食者の TPT 濃度 (クモヒトデ 18、モエビ類 50、ホッコクアカエビ 100、トゲザコエビ 49、エッチュウバイ 55ng/g) は、北陸・山陰沖合域 (それぞれ、5、15、33、13、19ng/g) に比べ高かった。また、二次捕食者の TPT 濃度 (ヒレグロ 136、アカガレイ 140、ハタハタ 138、ノロゲンゲ 88、ズワイガニ 385ng/g) は、北陸・山陰沖合域 (それぞれ、22、20、27、27、37ng/g) に比べ高かった。

大和堆および北陸・山陰沖合域のいずれにおいても、二次捕食者の TPT 濃度は一次捕食者に比べて高い傾向であった。

大和堆の底泥食物連鎖における一次捕食者の TPT 濃度は北陸・山陰沖合域に比べて高く、これを反映して二次捕食者の TPT 濃度も北陸・山陰沖合域に比べて高かった。北陸・山陰沖合域における生物試料採取地点の底泥中 TPT 濃度は大和堆と同程度、もしくは低いことが推察されることから、生物中 TPT 濃度はある程度底泥中濃度を反映するものであると考えられた。また、二次捕食者の TPT 濃度は一次捕食者に比べて高い傾向であったことなどから、TPT は底泥食物連鎖を通して濃縮されることが示唆された。

### (4)底泥食物連鎖を通した TPT の蓄積機構 (図 3)

底泥からの濃縮率はクモヒトデに比べ、エビ類で高く、エビ類への濃縮率は、エビ類から二次捕食者への濃縮率に比べ高かった。エビ類から二次捕食者への濃縮率は、エビ類→カニ類のルートで最も高かった。なお、二次捕食者から三次捕食者 (アゴゲンゲ) への濃縮は認められなかった。

七尾湾においても TPT はエビ・カニ類に蓄積されやすい傾向がみとめられており、エビ・カニ類は一般的に薬物代謝酵素活性が低いといわれていることから、エビ・カニ類に TPT が蓄積されやすいのは、取り込まれた TPT が代謝・排泄されにくいためではないかと考えられた。

高次捕食者における濃縮率の低下は、薬物代謝酵素活性の増大によるものであると考えられた。また、三次捕食者で濃縮がおこらなかったのは、TPT の代謝・排泄速度が取り込み速度を上回ったためであると考えられた。

上記の理由から、底泥食物連鎖を通した TPT の蓄積機構において、底泥からエビ類への移行が最も重要であると考えられた。

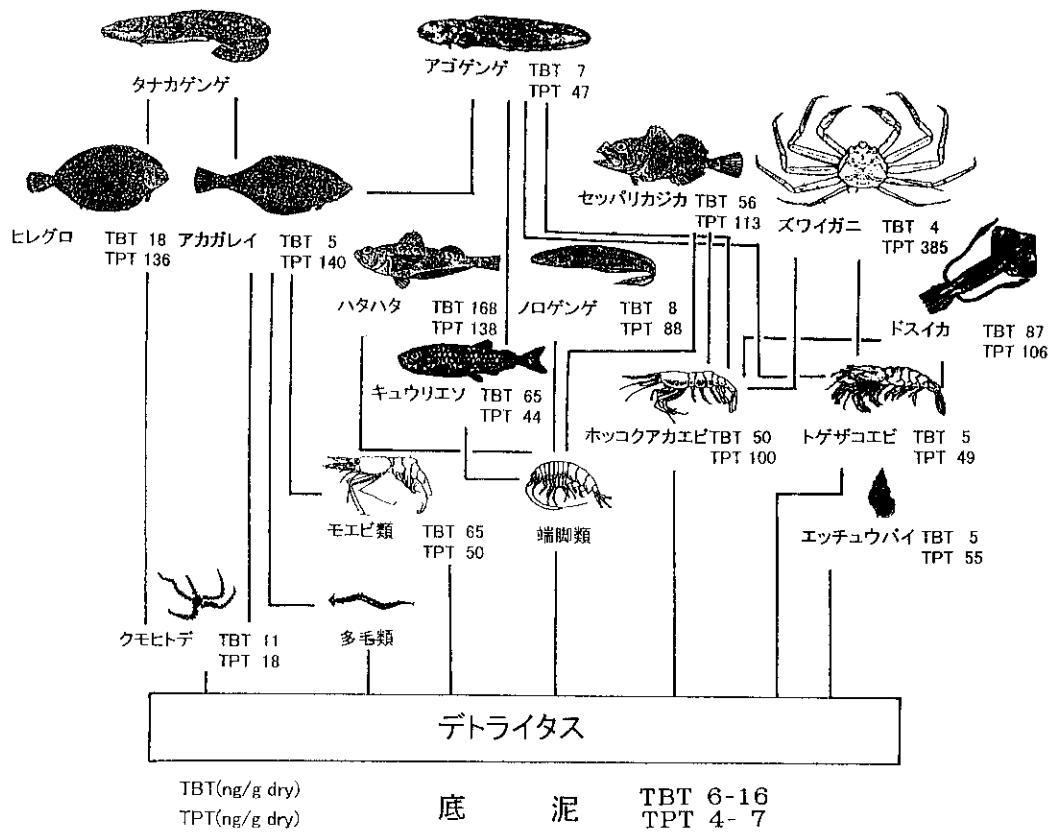


図1. 大和堆の底泥食物連鎖構造とTBTおよびTPT濃度

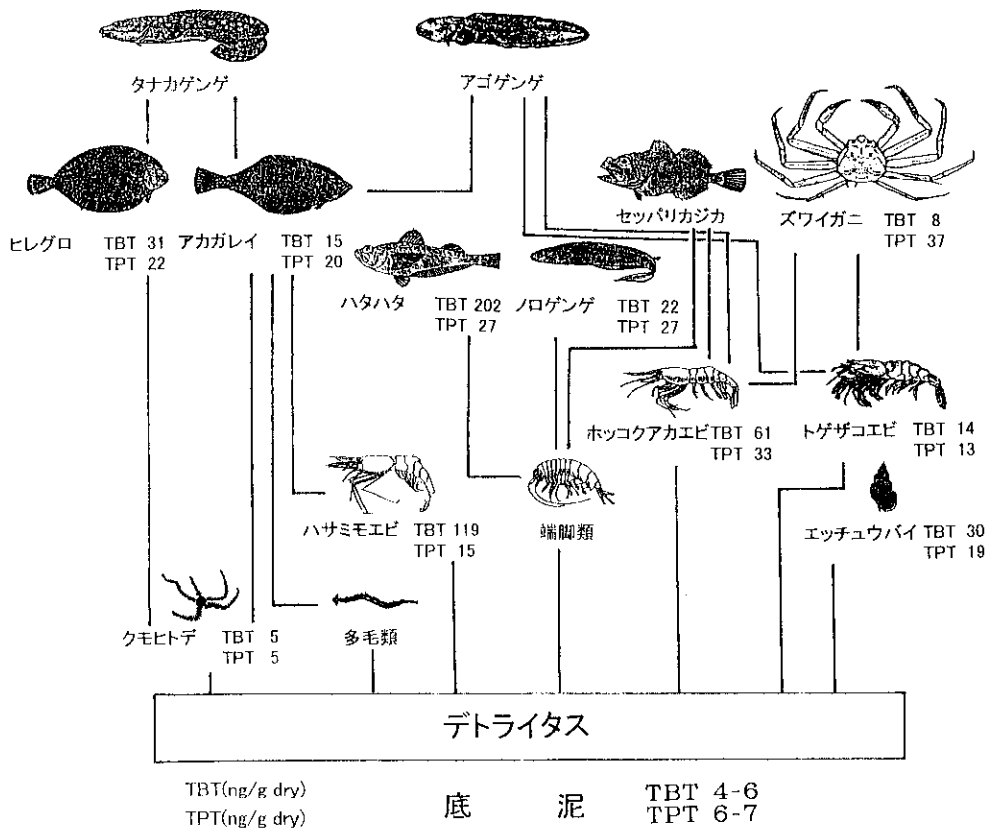


図2. 北陸・山陰沖合域の底泥食物連鎖構造とTBTおよびTPT濃度

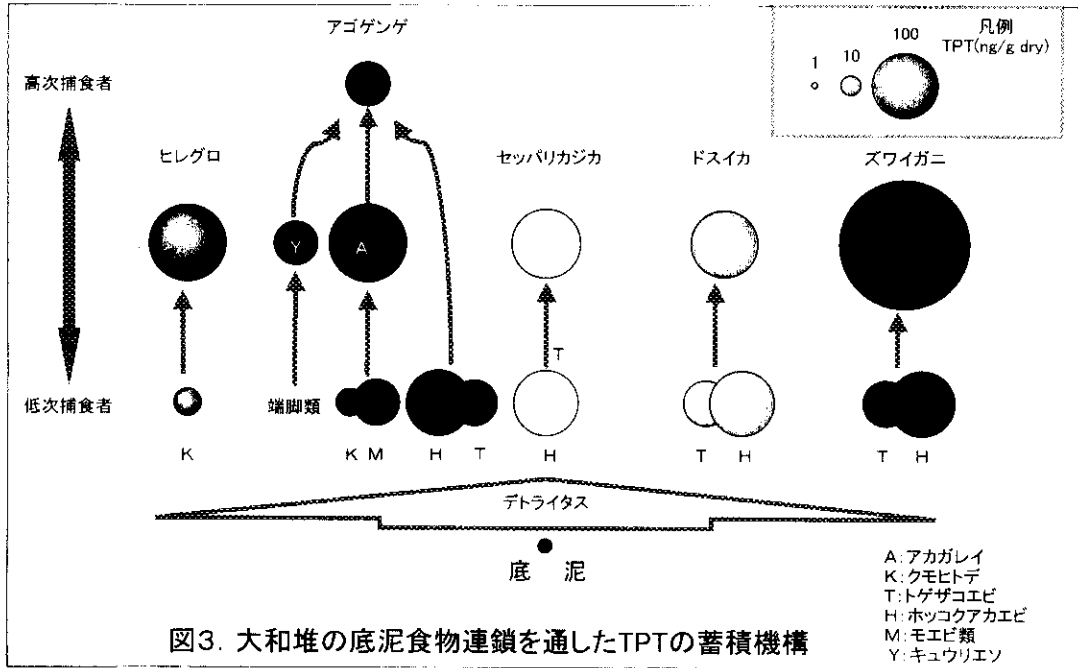


図3. 大和堆の底泥食物連鎖を通じたTPTの蓄積機構

(5) 安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と TBT および TPT 濃度との関係 (図4)

生物種の多かった大和堆について底泥食物連鎖を構成する生物の安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と TBT および TPT 濃度との関係を調べたが、安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と TBT および TPT 濃度とのあいだに相関は認められなかった。

安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と栄養段階とのあいだには正の相関があるといわれていることから、ドスイカ、ホッコクアカエビおよびズワイガニは、栄養段階のわりに TBT および TPT を蓄積しやすい生物種であると考えられた。

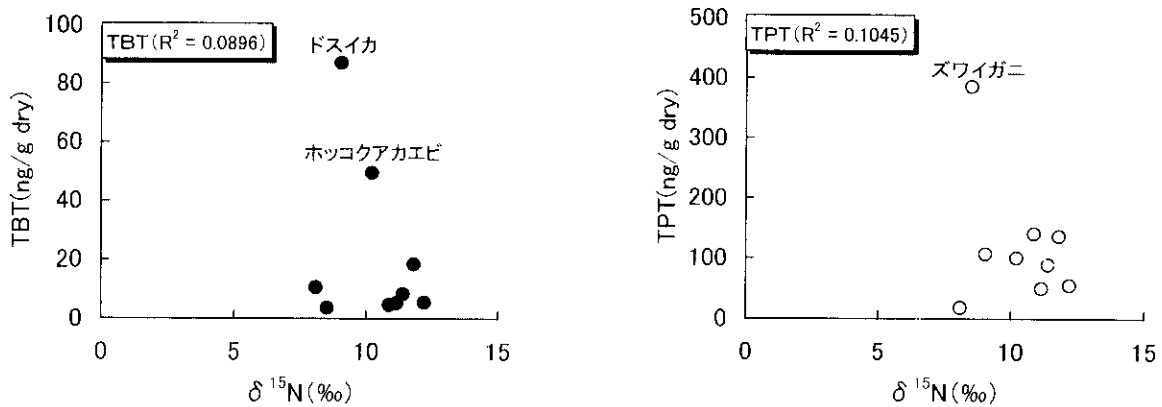


図4. 安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と TBT および TPT 濃度との関係

2) ダイオキシン類

(1) 沖合域の底泥中ダイオキシン類の組成と濃度の変化

底泥として、若狭湾 1 地点と阿賀野川河口沖 2 地点の計 3 地点、さらに大和堆の 3 地点の試料を測定した。表 2 に示すとおり、全ての試料からもダイオキシン類が検出された。

表2 日本海沖合域底泥試料中のダイオキシン類測定結果

(pg-TEQs/g. dry)

	北陸・山陰沖			大和堆		
	阿賀野川河口沖		若狭湾	T13		T17
	S-12	S-13		(1996)	(1996)	
PCDDs	6.7	5.2	3.1	0.27	0.32	0.44
PCDFs	2.4	1.8	3.2	0.37	0.44	0.58
Co-PCBs (Non-Ortho-3異性体)	0.32	0.29	0.38	0.038	0.047	0.059
Co-PCBs (Non-Ortho-4異性体)	0.31	0.28	0.37	0.038	0.046	0.058
Co-PCBs (Mono-Ortho-8異性体)	0.10	0.11	0.04	0.0045	0.0048	0.0071
Co-PCBs (12異性体)	0.41	0.38	0.41	0.042	0.051	0.065
Total (PCDDs/DFs)	9.1	7.0	6.4	0.63	0.76	1.0
Total (PCDDs/DFs, Co-PCBs-3)	9.4	7.3	6.7	0.67	0.80	1.1
Total (PCDDs/DFs, Co-PCBs-12)	9.5	7.4	6.8	0.68	0.81	1.1

若狭湾および阿賀野川沖の底泥中のダイオキシン類濃度は、平均7.9(中央値;7.4、範囲;6.8-9.5)pg-TEQs/g. dryで、大和堆の底泥濃度(平均;0.86、中央値;0.81、範囲;0.68-1.1pg-TEQs/g. dry)に比べ約10倍高かった(図5、6)。また、いずれの海域においてもダイオキシン類の異性体組成は類似していた。PCDDsとPCDFsの異性体組成は、1368-TeCDD、1379-TeCDD、2468-TeCDF、OCDDが優先的であり、水田除草剤CNPやPCPからの影響が大きいことを示していた。そして、Co-PCBsは、過去に広く使用されたPCB製剤(カネクロール等)と類似した組成を示していた。このことから、若狭湾および阿賀野川沖のダイオキシン類がさらに沖合へと拡散していることは明らかである。しかし、物質種や同族体の組成には差が見られ、TEQ濃度では、沿岸域でPCDDs>PCDFs>>Co-PCBs、大和堆でPCDFs>PCDD>>Co-PCBsとなっていた(図7、8)。

## (2) 生物中ダイオキシン類濃度

生物としては、北陸・山陰沖合域および大和堆でそれぞれ魚類5種、甲殻類4種、貝類(腹足類)1種、ペントス(海星類)1種を分析し、全ての試料からもダイオキシン類が検出された。

生物では、両海域による蓄積濃度の差は小さかった(図5、6)。また、沿岸域(七尾湾)との濃度差も小さかった。北陸・山陰沖合域および大和堆の生物においては、いずれもデトライタス食のエッチュウバイ(腹足貝類)でダイオキシン類濃度が最も高く(北陸・山陰沖合域;10pg-TEQs/g. wet、大和堆;38pg-TEQs/g. wet)、魚や甲殻類の5・20倍であった。エッチュウバイによるダイオキシン類の蓄積機構の詳細は不明であるが、貝類で高い濃度のダイオキシン類が蓄積されているという報告は無く、注目すべき結果である。一方、同じデトライタス食のクモヒトデ(海星類)では、いずれの海域においてもダイオキシン類濃度は最も低かった(北陸・山陰沖合域;0.19pg-TEQs/g. wet、大和堆;0.73pg-TEQs/g. wet)。

魚類のダイオキシン類濃度は、北陸・山陰沖合域で平均2.8(中央値;2.7、範囲;0.65-5.8)pg-TEQs/g. wet、大和堆で平均4.0(中央値;3.2、範囲;2.0-6.5)pg-TEQs/g. wetであった。また、いずれの海域でも、ヒレグロが魚類で最も低い濃度を示した。

甲殻類では、北陸・山陰沖合域で平均2.2(中央値;2.1、範囲;1.4-3.6)pg-TEQs/g. wet、大和堆で平均1.7(中央値;1.2、範囲;0.86-2.9)pg-TEQs/g. wetのダイオキシン類

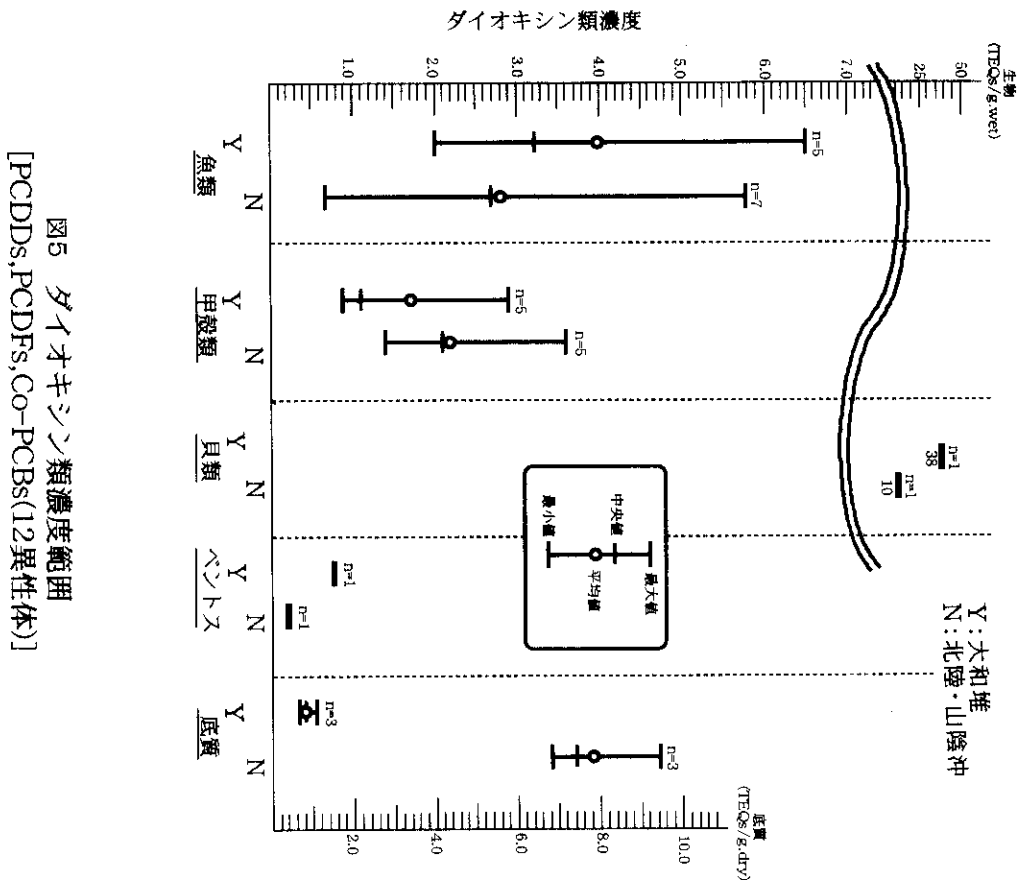


図5 ダイオキシン類濃度範囲  
[PCDDs, PCDFs, Co-PCBs(12異性体)]

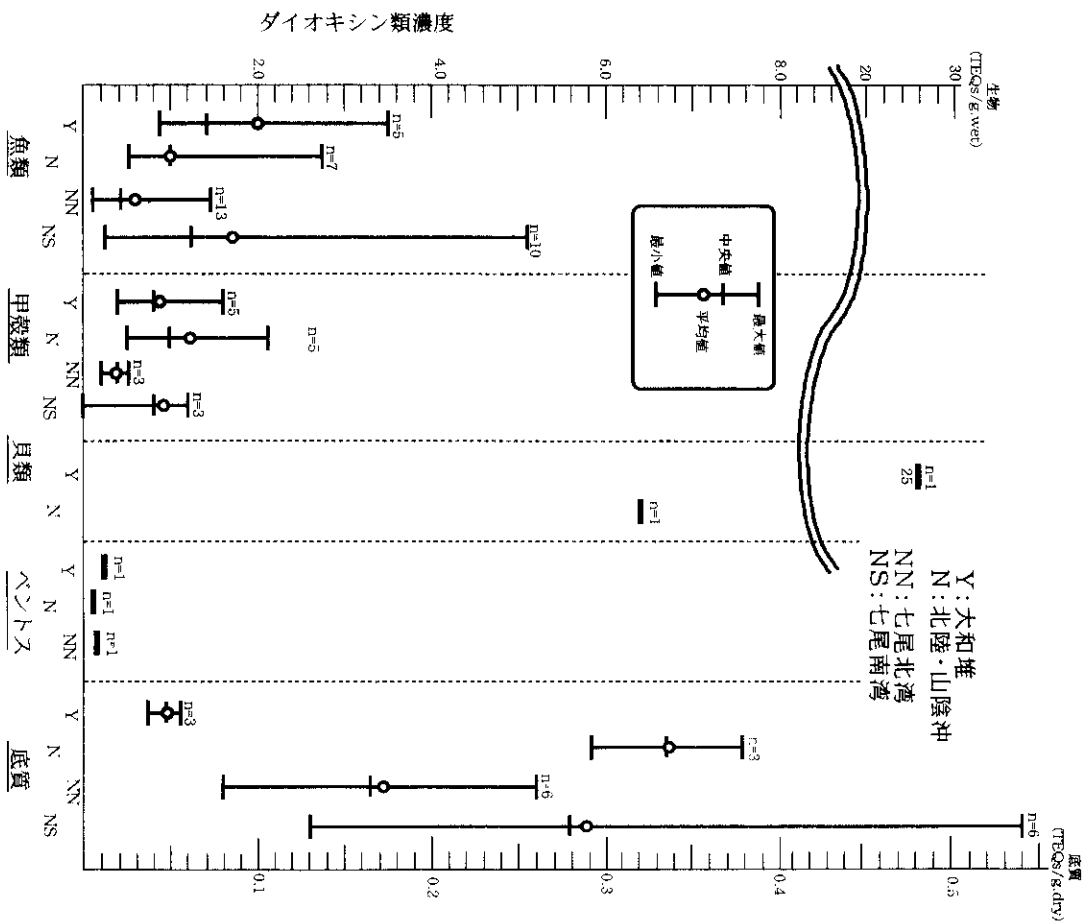


図6 ダイオキシン類濃度範囲  
[Co-PCBs(3異性体)]



が検出された。

海域による生物中のダイオキシン類異性体毎の実測濃度の変化も小さく、生物種毎のダイオキシン類組成の変化は小さかった。そして、魚類では、常に TEQ 濃度に Co-PCBs>>PCDFs>PCDDs の関係があった(図 7、8)。

各生物の異性体組成を詳しく見ると、魚類中の PCDDs と PCDFs は、いずれの海域においても 2378 塩素置換異性体が優先的であった。一方、甲殻類や貝、ベントスでは、これらの異性体が優先的な組成は示さず、多くの異性体が出されていた。この異性体組成は、概ね底泥中の組成に類似していた。エビ類(ホッコクアカエビ、トゲザコエビ、ハサミモエビ)では、1368-TeCDD、1379-TeCDD の濃度比が、底泥でみられる CNP 由来の比と逆転する傾向があった。これらの現象は、七尾湾でも確認されている。このことから、魚類では代謝により、残留の強い 2378 塩素置換異性体が選択的に蓄積したものと考えられる。そして、魚以外の代謝機能の弱い生物では、選択的な蓄積が底泥や水等に存在するダイオキシン類に類似した組成を示す異性体が残留していたものと推察できる。また、エビ類では、他の生物とは若干異なった代謝機能を有すると示唆された。Co-PCBs では、PCDDs や PCDFs のように異性体組成が媒体(底泥と生物)や生物種によって大きく異なることは無かった。しかし、同族体組成は、生物において 5、6 塩素化物の比率が高くなる傾向が見られた。このことから、いずれの生物においても PCB は、PCDDs や PCDFs のように異性体によって選択的に蓄積や代謝が行われないものと考えられる。

以上の結果から、生物中のダイオキシン類濃度は、底泥とは異なり、海域による濃度差がほとんど無いことが明らかになった。よって、生息海域の底泥中のダイオキシン類濃度が、生物の蓄積濃度に及ぼす影響は小さいものと判断できる。

### (3) 底層食物連鎖網におけるダイオキシン類蓄積濃度変化および底質、生物中ダイオキシン類の関係

各生物の胃内容物を用いた調査(日本海区水産研究所)で推定された、日本海沖合域の底層食物連鎖を構成する生物中窒素同位体比( $\sigma^{15}\text{N}$ )とダイオキシン類の蓄積濃度の関係を図 9、10 に示した。PCDDs、PCDFs、Co-PCBs を合わせたダイオキシン類濃度は、概ね栄養段階に伴って上昇する傾向が認められた。しかし、個別に見ると PCDDs と PCDFs では、栄養段階との明確な関係は見られず、Co-PCBs でのみ、若干、濃縮傾向が見られた。これは、沿岸域の七尾湾の調査で明らかになった傾向と一致するものであった。

底泥と生物中に蓄積されているダイオキシン類濃度を比較すると、北陸・山陰沖合域では海域や食物連鎖を構成する生物が異なっても、Co-PCBs が底泥に比べ生物で濃度が高く、PCDDs と PCDFs では濃度がほとんど変わらないか、反対に生物で低くなるといった傾向があった(図 11)。しかし、より沖合域に位置する大和堆では、底泥濃度が北陸・山陰沖合域に比べ低く、全てのダイオキシン類で生物中の濃度が底泥よりも高くなっていた(図 12)。しかし、その倍率は Co-PCBs で最も大きかった。この傾向は、七尾湾で確認されたものと同様であった。また、特に Co-PCBs の 5、6 塩素化物の比率が生物で高くなる傾向が見られた。

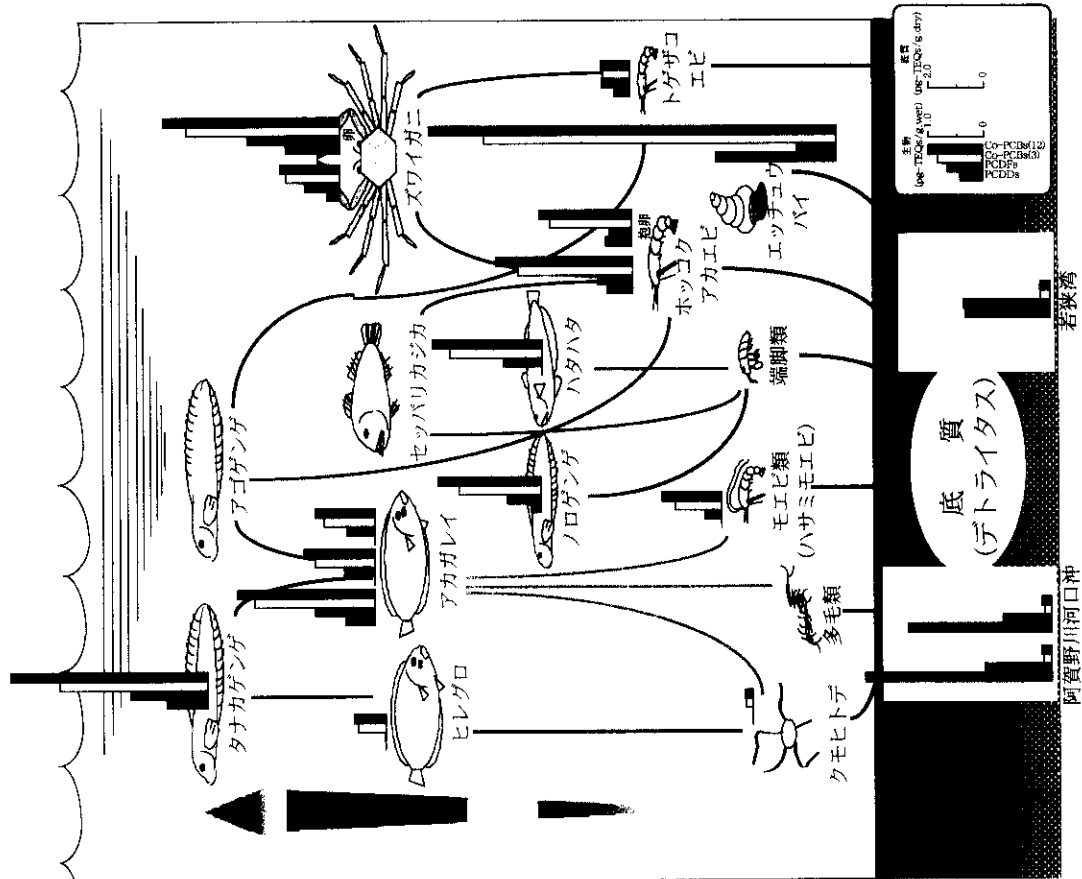


図7 北陸・山陰沖台域における底層食物連鎖構造とダイオキシン類濃度

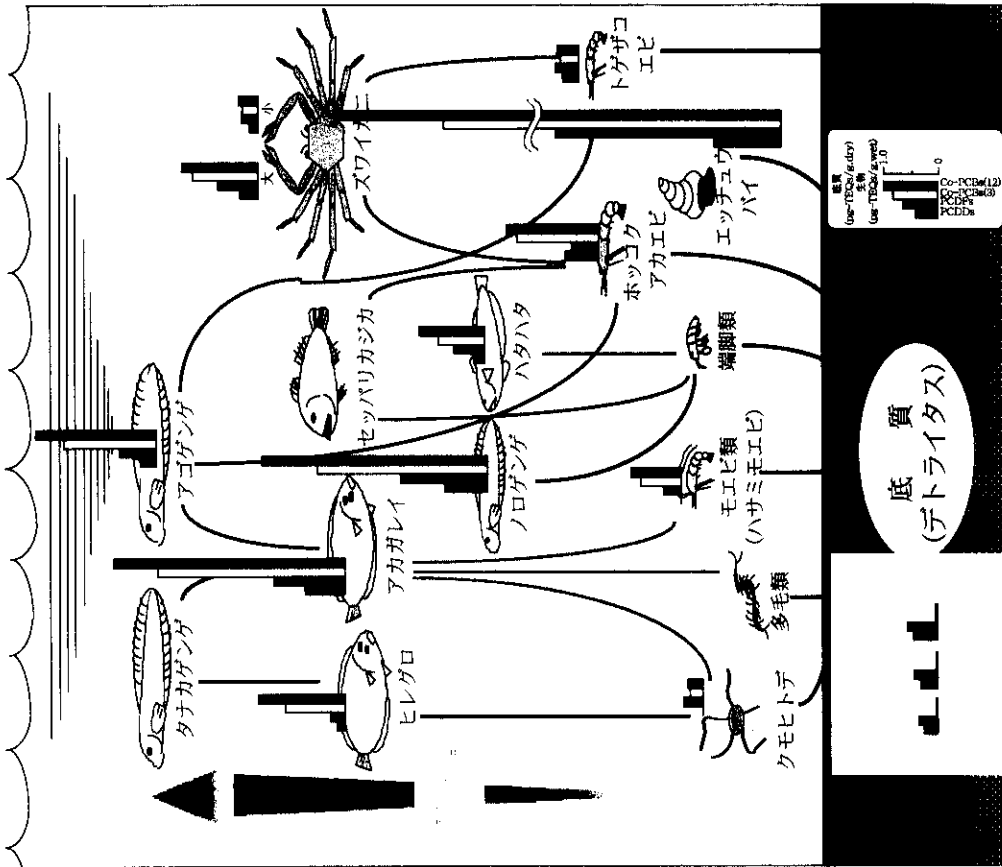


図8 大和堆における底層食物連鎖構造とダイオキシン類濃度

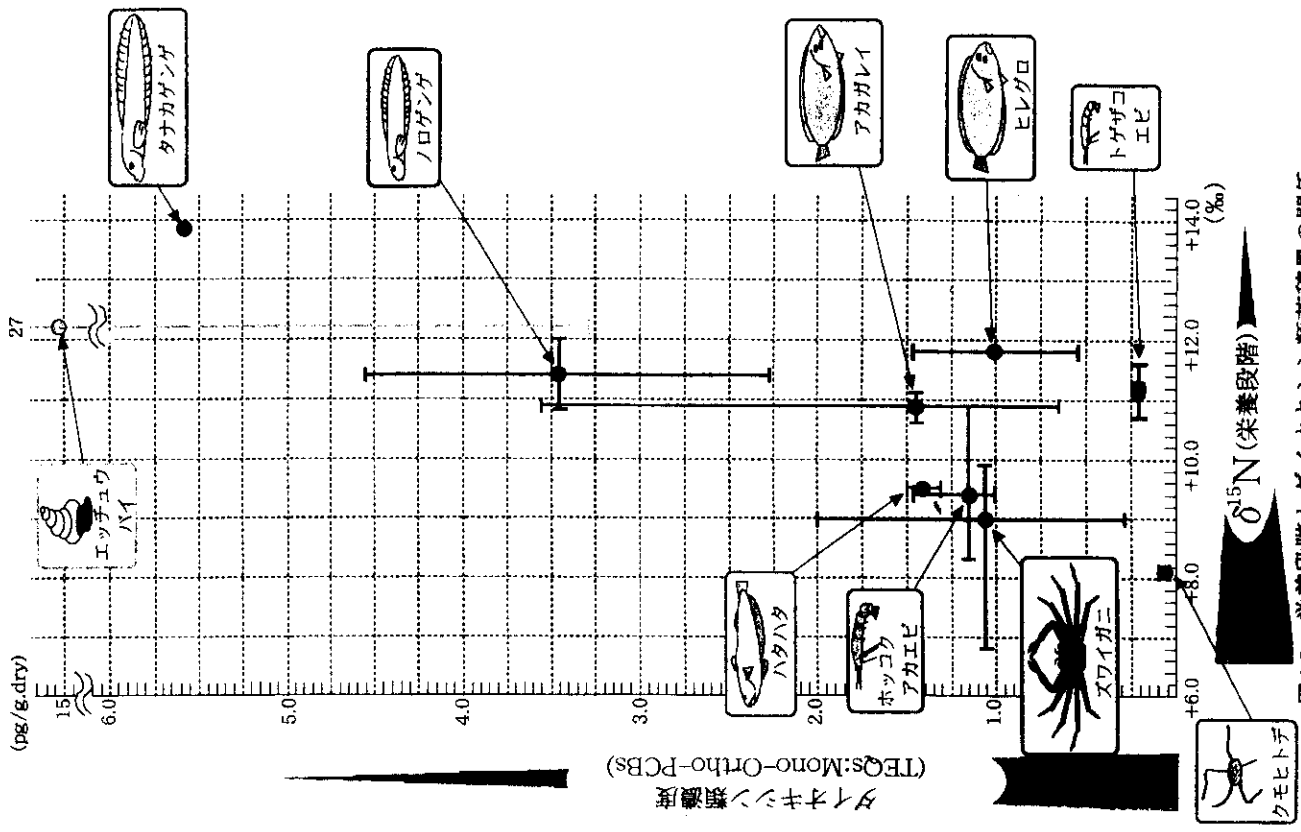


図10 栄養段階とダイオキシン類蓄積量の関係 (Mono-Ortho-PCBs)

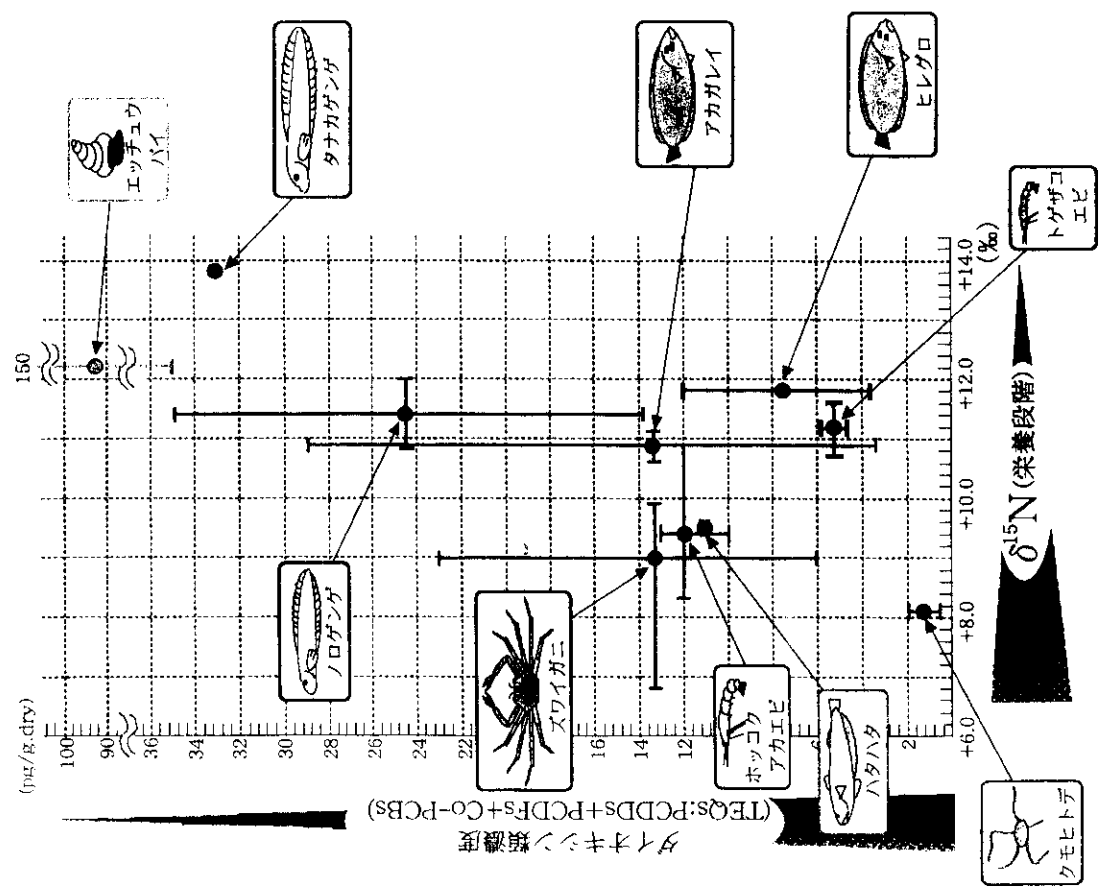


図9 栄養段階とダイオキシン類蓄積量の関係 (PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)

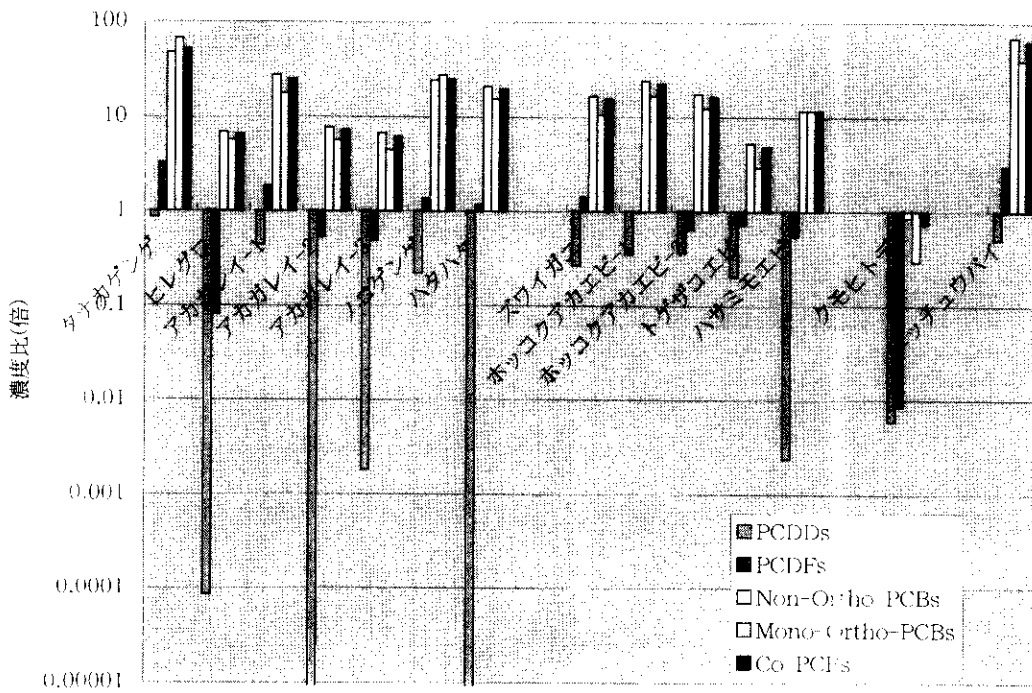


図11 北陸・山陰沖合域の生物における底質とのダイオキシン類の濃度比

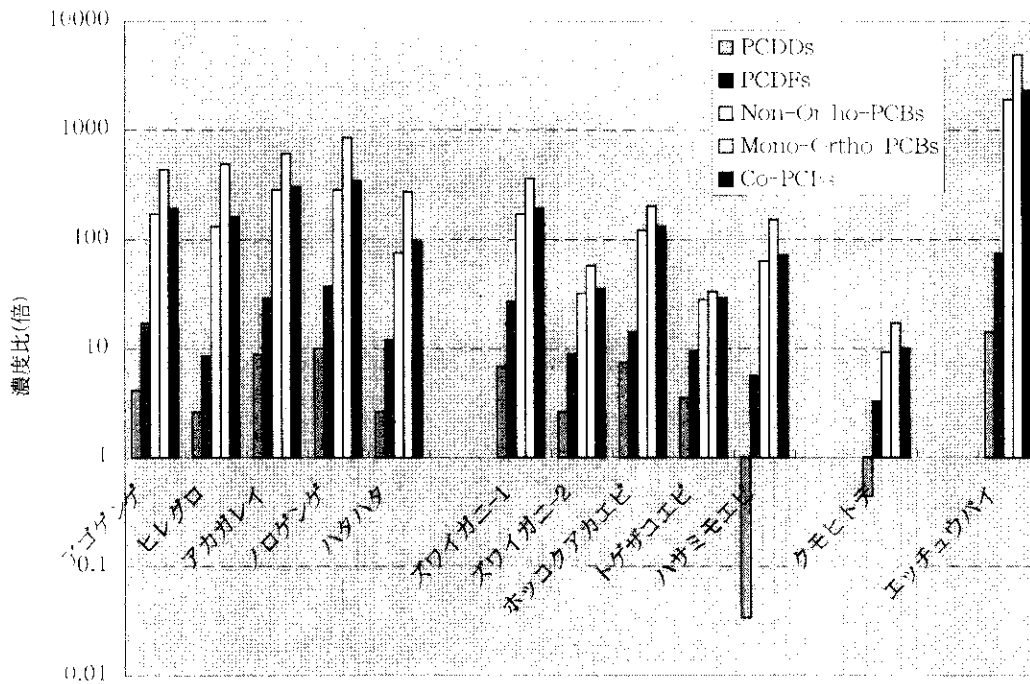


図12 大和堆の生物における底質とのダイオキシン類の濃度比

このことから、底泥に対する生物でのダイオキシン類の蓄積率は常に一定では無いが、Co-PCBs が最も蓄積されやすいことは明らかであった。

## 5. まとめ

### 1)有機スズ化合物

大和堆および北陸・山陰沖合域のいずれにおいても TPT は底泥食物連鎖を通して濃縮される傾向が認められたが、TBT は食物連鎖を通して濃縮されなかった。これは、沿岸の七尾湾における結果と一致した。

TPT が TBT に比べ食物連鎖を通して蓄積されやすい理由として、TPT の排泄速度定数が TBT に比べて小さいこと (Yamada *et al.*, 1994)、TPT の消化管からの吸収率が TBT に比べて高いこと (池田, 未発表) などが考えられた。

TPT がエビ・カニ類において特に蓄積されやすいのは、上記の理由に加え、それらの薬物代謝酵素活性が他の生物種に比べて低いためであると考えられた。

底泥からエビ類への濃縮率から、底泥食物連鎖を通じた TPT の蓄積機構において、底泥からエビ類への移行が最も重要であると考えられた。

このことは、食品としての安全性から高次捕食者の TPT 濃度を許容濃度以下に保つうえで、底泥中 TPT 濃度を低くおさえることは非常に効果的であるということを示唆している。

安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) と TPT 濃度とのあいだに相関が認められなかった理由として、有害物質の蓄積は、安定同位体 ( $^{15}\text{N}$ ) の蓄積に比べ、同一栄養段階における種間差 (薬物代謝酵素活性の違いなど) が大きいためであると考えられた。

### 2)ダイオキシン類

北陸・山陰沖合域とより沖合域に位置する大和堆におけるダイオキシン類の汚染状況にどのような差があるのかを明らかにするため、両海域の調査を行なった。また、これまで七尾湾を中心とした沿岸域の調査で得られた水生生物によるダイオキシン類の蓄積傾向が、沖合域にも適用できるか否かの検証も行なった。

その結果、大和堆の底泥からは、北陸・山陰沖合域に比べ約 1/10 のダイオキシン類しか検出されなかった。両海域で検出されたダイオキシン類は、その異性体組成から陸上で過去に使用された水田除草剤 CNP や PCP と PCB 製剤 (カネクロール等) の影響が共通して窺えた。一方、生物中に蓄積されているダイオキシン類濃度の差は、両海域で小さかった。また、七尾湾の生物との濃度差も小さかった。よって、生息海域の底泥中のダイオキシン類濃度が、生物の蓄積濃度に及ぼす影響は小さいものと判断できた。

次に、これらの海域において底層食物連鎖における栄養段階とダイオキシン類蓄積濃度の関係について見たところ、海域や食物連鎖構造が異なっても、PCDs と PCDFs は栄養段階との明確な関係は見られず、Co-PCBs のみが栄養段階の上昇に伴って濃縮される傾向が確認された。このことから、七尾湾で得られたダイオキシン類の生物濃縮傾向が、沖合域でも成り立つことが証明された。

さらに、底泥と生物中に蓄積されているダイオキシン類濃度を比較すると、北陸・

山陰沖では海域や食物連鎖を構成する生物が異なっても、Co-PCBs が底泥に比べ生物で濃度が高く、PCDDs と PCDFs では濃度がほとんど変わらないか、反対に生物で低くなるといった傾向があった。しかし、より沖合域に位置する大和堆では、底泥濃度が北陸・山陰沖合域に比べ低く、全てのダイオキシン類で生物中の濃度が底泥よりも高くなっていた。この傾向は七尾湾で確認されたものと同様であり、底泥に対する生物でのダイオキシン類の蓄積率は常に一定では無いが、Co-PCBs が最も蓄積されやすいことが明らかとなった。

## 6. 参考文献

Yamada *et al.*, *Environ. Toxicol. Chem.*, 13(9), 1415-1422 (1994).