
市民参加によるムラサキイガイを生物指標とした 全国海水中ダイオキシン汚染の実態調査報告

Citizen Participatory Sea Water Monitoring by Mussel Shells as A Biomonitor

池田こみち^{*1}、上田真寿夫^{*2}、高田秀重^{*3}、鷹取敦^{*1}、青山貞一^{*1}

^{*1}：環境総合研究所

^{*2}：サーフライダーズ・ファウンデーション・ジャパン

^{*3}：東京農工大学農学部

1. 調査の背景

国や自治体は、この数年の間に魚介類に蓄積されるダイオキシン類について膨大な測定分析調査を実施してきた。その背景には、ダイオキシン問題への一般市民の関心の高まりがあることは間違いない。加えて、この間の BSE や無登録農薬問題、産地詐称など食の安全に対する信頼が大きく揺るぎ、生産者への不信とともに事業者や管理監督する側である行政のデータや情報に対する不信も同様に増幅していった。そうした中、環境総合研究所 (ERI) では、1999 年度から市民参加による松葉ダイオキシン調査を継続し、市民が自ら費用負担し調査に参加し、自分たちが呼吸している大気中のダイオキシン類濃度を測定し、市民にとってわかりやすいデータ、行政に依存しないオリジナルなデータを手にすることができ、それを元に、継続的な環境監視活動や政策提言活動を展開してきた。

そこで、松葉調査の実績を踏まえ、2001 年度からは、ムラサキイガイを生物指標として全国のサーファーや市民グループに働きかけ、市民参加による海のダイオキシン汚染監視活動をスタートさせた。この活動を推進する上で大きな役割を果たしたのは、2000 年春に発覚した、荏原製作所 (神奈川県藤沢工場) による高濃度ダイオキシンによる公共用水域の汚染事件である。環境基準の 8000 倍ものダイオキシン類を引地川に垂れ流したことにより、下流域から河口付近に棲息する生物がどれほどの影響を受けたのか、生物への蓄積はどのように進んでいったのか、藤沢地域の市民の関心は非常に高いものがあつた。湘南海岸一帯では、魚類への影響が心配されると共に、サーフィンや海水浴などマリナーレジャーを楽しむ人々の間にも不安が広がった。

サーフライダーズ・ファウンデーション・ジャパン (SFJ) では、サーファーや海を中心に活動する市民グループに働きかけ、全国規模でのムラサキイガイ調査を実施することとした。身近な海がどれほど汚染されているのか、同じ指標を分析することによって相対的な比較が可能となり、市民の関心を高め、日本のダイオキシン対策をさらに一歩進める上で重要なデータが得られることが期待された。

本調査の実施にあたり、SFJ からトヨタ財団に市民活動助成を申請し、受理された。サンプリングや分析費の多くはトヨタ財団の助成金によって支援されたものであることに、この場を借りて感謝の意を表したい。

2. ムラサキイガイの特徴

分布：日本各地、世界中の温帯地域。

殻長：6cm

特徴：日本の沿岸を席卷しているヨーロッパからの帰化種。1920 年代に神戸港付近で発見され、1950 年中頃には、全国で見られた。ムール貝とは本種のことだが、日本では取って食べようとする人は少ない。

(出典：小学館 フィールド・ガイド 20 海辺の生物 松久保晃作著 より一部抜粋)

摂南大学宮田教授の著書、岩波新書「ダイオキシン」によると、二枚貝のムラサキイガイ (ムール貝) は定住型であり、世界中の海域に広く生息している。そのため、海洋汚染の適切な指標生物と考えられ、多数の環境汚染物質のモニタリングに利用されている。ムラサキイガイ中のダイオキシン濃度 (pg-TEQ/g) は、生息域によって大きな差があり、海洋汚染に著しい地域差があることがわかる。宮田研究室が 97 年当時調査した結果、高濃度地域は、愛知、大阪、神奈川、千葉であり、人口密度が高く、商工業活動の盛んな大都市沿岸であった。逆に低濃度地域は、沖縄、高知、北海道、岩手及び日本海側の各地であった。この汚染傾向は大気の場合と類似しており、ダイオキシン汚染は都市型汚染であることが強く示唆された。

また、宮田教授等は、人為汚染の非常に少ない北海道利尻島に生息するムラサキイガイを大阪湾で飼育し、約 4 ヶ月後に蓄積濃度が最大に達し、その後は平衡状態になることを明らかにしている。すなわち、取り込み量と排出量が同じになるときが約 4 ヶ月後になり、このときの蓄積濃度が生息域の平均汚染濃度を反映するものと考えられると結論づけている。

3. 調査の概要

3-1 調査の目的

人々が日常的に親しみ利用している海域のダイオキシン類濃度を市民参加により測定分析し、汚染の実態を明らかにするとともに、市民の関心を高め、必要な対策等について事業者や行政に提言を行っていくための基礎資料とすることを目的としている。

本調査は、SFJ (サーフライダーズ・ファウンデーション・ジャパン)、東京農工大学農学部高田研究室、環境総合研究所の三者の連携によって実施された。

3-2 調査の方法

(1) 調査の対象

ムラサキイガイ 貝長5cm程度のもの、およそ100個採取し、むき身にした上でホモジナイズ(均質化)したもの約80~100gを試料とした。ホモジナイズ作業は、農工大高田研究室が担当した。

(2) 対象地域

本調査では、日本国内の主要な港湾及びマリンレジャーに利用される海浜を対象に、市民からの参加希望を募って調査地点を選定した。今年度は、千葉県、神奈川県、石川県、愛知県、三重県、京都府、大阪府、徳島県、福岡県、鹿児島県、東京都の1都2府8県の16海域を対象としている。

(3) サンプルング

サンプルングは、調査対象地点を活動拠点としているNGOグループの参加・協力によって平成13年10月~11月にかけて行われた。

(4) 分析方法

ムラサキイガイのダイオキシン類の測定分析方法は、摂南大学薬学部宮田秀明教授の研究室で開発された方法を参考に、カナダの分析機関の独自の方法で分析を行った。

<宮田研究室の分析手順>

- ①むき身にして、ホモジナイズする。
- ②ホモジナイズした試料をビーカーに取り、一定時間水気を切るために、傾けた状態で静置。
- ③水分を捨て、十分水気を切り分析に供すまで冷凍保存。
- ④分析方法は、衛生試験法のダイオキシン類の項と魚介類分析方法に準じて行う。
 - ・アルカリ分解、ヘキサン抽出後、クリンアップを行う。
 - ・ヘキサン分解時には、アルカリ分解を十分に行う。

(5) 分析機関

ムラサキイガイサンプルは、東京農工大農学部高田研究室において、調整(むき身及びホモジナイズ)作業を行い、およそ100gを1検体として環境総合研究所に送付され、その後、カナダ・オンタリオ州のMaxxam Analytics Inc. (ISO/IEC Guide 17025 取得機関)に冷凍状態で空輸し分析を行った。

(6) 分析項目

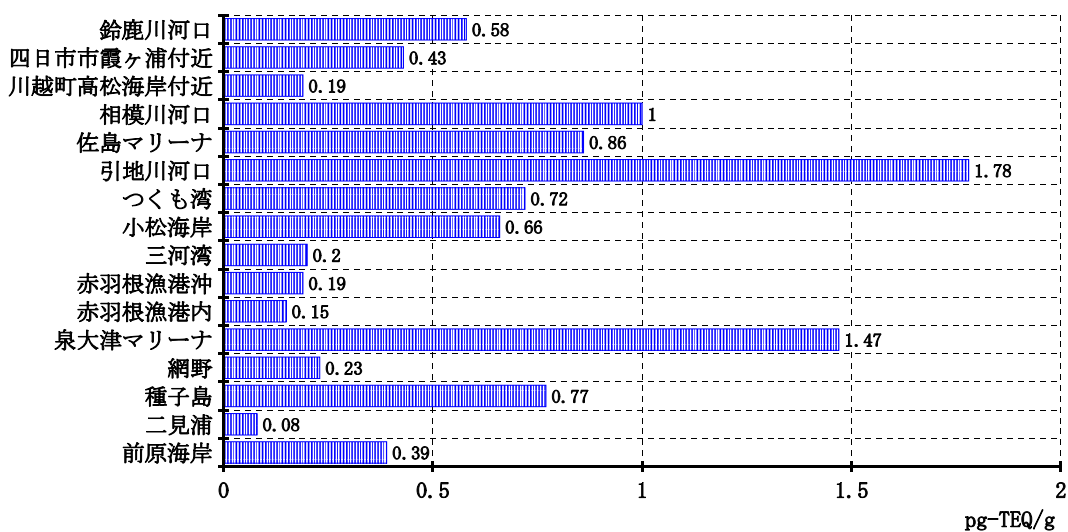
ムラサキイガイをはじめとする魚介類には、ダイオキシン類の中でも脂溶性及び蓄積性の高いコプラナーPCBが7~8割を占めていることを考慮し、本調査では、コプラナーPCBを中心に測定分析を行った。ただし、相模湾エリアでは、市民グループの参加を得て、荏原製作所による公共用水域汚染事件のその後を検証する目的で、3地点についてダイオキシン類(ポリ塩化ジベンゾパラダイオキシン:PCDD、ポリ塩化ジベンゾフラン:PCDF)についても測定分析を行った。

- | | | |
|-------------------|--------|-------|
| ①コプラナーPCB | ノンオルト体 | 4異性体 |
| | モノオルト体 | 8異性体 |
| | ジオルト体 | 2種 |
| ②ポリ塩化ジベンゾパラダイオキシン | | 7異性体 |
| ③ポリ塩化ジベンゾフラン | | 10異性体 |
| ④PCDD/PCDF/Co-PCB | の同族体 | |

3-3 分析結果

図3-1及び表3-1に、地域別のデータを示す。コプラナーPCBについてみると、実測値では、大阪府の泉大津マリーナのサンプルが最も高濃度となっているが、毒性等量では、16検体中、神奈川県引地川河口が1.78pg-TEQ/gと最も高いことが明らかになった。なお、東京湾のサンプルについてはインターキャリブレーション結果の中で後述する。

図3-1 採取エリア別 毒性等量濃度 (単位: pg-TEQ/g)



注) 佐島マリーナのサンプル及び、相模湾内3検体のPCDD/PCDF分析については、藤沢市の宮地俊作氏ら市民グループが荏原製作所による汚染の経過を調査するため、独自に費用負担して分析したものである。

表 3 - 1 採取エリア別結果一覧

No	地域	対象エリア	Co-PCB		PCDD+PCDF		Co-PCB+PCDD+PCDF	
			実測値 pg/g	毒性等量 pg-TEQ/g	実測値 pg/g	毒性等量 pg-TEQ/g	実測値 pg/g	毒性等量 pg-TEQ/g
1	三重県	鈴鹿川河口	1,805.0	0.580				
2		四日市市霞ヶ浦付近	3,762.25	0.427				
3		川越町高松海岸付近	1,202.25	0.189				
4	神奈川県	相模川河口	2,035.9	0.999	148.8	1.363	2,184.7	2.362
8		佐島マリーナ	1,288.65	0.860	61.4	0.647	1,350.1	1.507
9		引地川河口	3,309.9	1.778	123.4	1.298	3,433.3	3.076
5	石川県	つくも湾	1,919.9	0.722	—	—	—	—
7	徳島県	小松海岸	673.4	0.664	—	—	—	—
6	愛知県	三河湾	200.15	0.195	—	—	—	—
10		赤羽根漁港沖	175.9	0.192	—	—	—	—
11		赤羽根漁港内	171.6	0.149	—	—	—	—
12	大阪府	泉大津マリーナ	4,277.9	1.468	—	—	—	—
13	京都府	網野	220.15	0.230	—	—	—	—
14	鹿児島県	種子島	111.05	0.773	—	—	—	—
15	福岡県	二見浦	158.75	0.080	—	—	—	—
16	千葉県	前原海岸	654.05	0.386	—	—	—	—

今回測定した地域の中では、荏原製作所の排水による汚染事件があった神奈川県相模湾地域、大都市の内湾である大阪府泉大津マリーナで高濃度が検出された他、石川県つくも湾や鹿児島県種子島などでも 0.7 ~ 0.8pg-TEQ/g の高濃度が検出されたことが注目される。工業地域を背後にした三重県四日市港のムラサキイガイは、これらの地域に比べても低い値となった。

今後、各採取エリアの背後地の土地利用状況、河川の汚染状況、上流域の発生源の可能性、生物生息状況などの情報を総合的に解析し、汚染源についても検討を行う予定となっている。

4. 神奈川県内 3 地点について

神奈川県内については、藤沢市内の市民グループの参加を得て 3 地点の調査がダイオキシン類も含めて行われた。その結果、毒性等量では、引地川河口が 3.07pg-TEQ/g、相模湾河口が 2.36pg-TEQ/g、最も離れた三浦半島西岸の小田和湾・佐島マリーナが 1.5pg-TEQ/g となった。この結果を、2000 年 10 月にサンプリングを行ったムラサキイガイパイロット調査結果（表 4-1）と比べると、引地川河口では、3.97pg-TEQ/g から 3.07pg-TEQ/g へ約 23 % 濃度が低下しているが大幅な改善は見られない。

表4-1 パイロット調査結果 単位：pg-TEQ/g

	引地川河口	江ノ島マリーナ
PCDD+PCDF	2.69	1.61
Co-PCBs	1.28	1.52
合計	3.97	3.13

(2000 年 10 月 1 日採取)

(1) ダイオキシン類の構成比

また、毒性等量値のダイオキシン類とコプラナー PCB の構成比についても以下に分析を行った。そ

の結果、コプラナー PCB 類の割合が佐島マリーナと引地川河口ではおよそ 60 %、相模川河口がおよそ 40 % と若干の違いが生じた。

図4-1相模湾地域の全ダイオキシン類毒性等量濃度

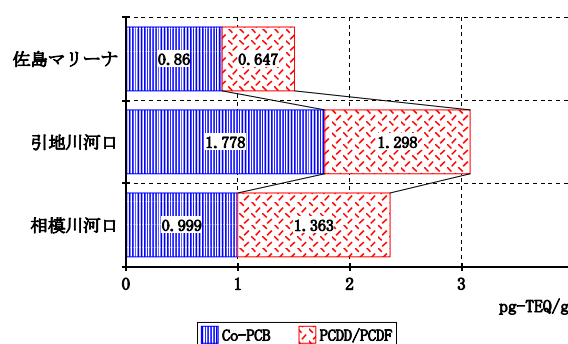
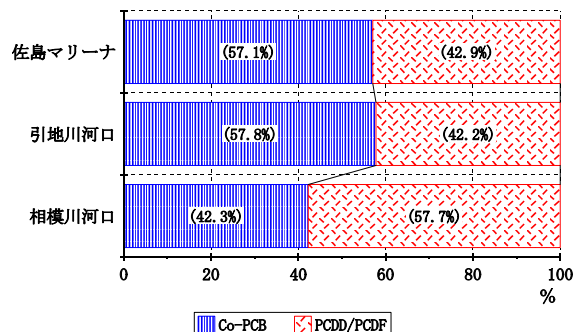


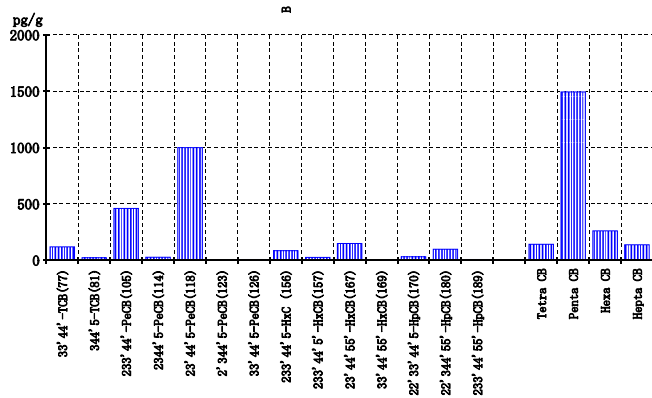
図4-2 毒性等量濃度構成比



(2) 同族体パターン比較分析

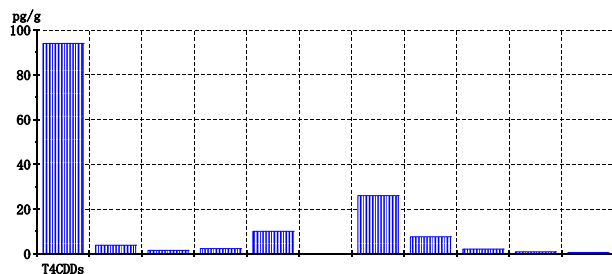
次に、神奈川県内 3 地点の同族体パターンの比較を行った。濃度は異なるが、異性体分布、同族体パターンは 3 地点とも極めて類似していた。引地川河口の例を図 4-3 に示す。

図4-3 コプラナーPCB類の異性体・同族体分布

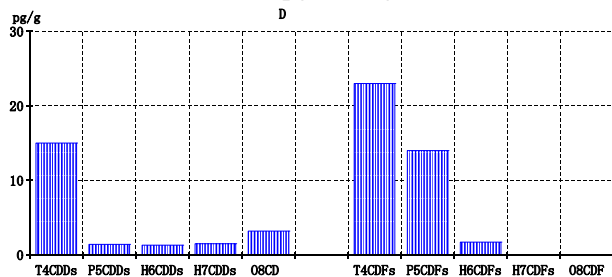


ダイオキシン類についても同様に3地域の同族体パターンの比較を行った。その結果、3地点とも極めて類似した同族体パターンとなった。

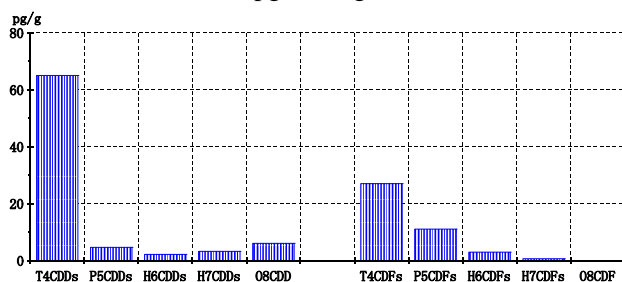
図4-4 ダイオキシン類の同族体パターン
＜相模湾河口 (1.36pg-TEQ/g)＞



＜佐島マリーナ (0.65pg-TEQ/g)＞



＜引地川河口 (1.3pg-TEQ/g)＞



しかし、4塩化及び5塩化ダイオキシンと同フランの構成についてみると、表4-2示したように、毒性等量濃度の低かった佐島マリーナと他の2地点は明らかに異なった構成となっていることが分かる。これは、引地川河口と相模川河口のムラサキガイのダイオキシン類の由来が類似していることを示唆している。

表4-2 4・5塩化ダイオキシンとフランの構成

	T4CDD	T4CDF	F/D	T5CDD	T5CDF	F/D
相模川河口	94.0	26.0	0.28	3.8	7.6	2.0
佐島 Marina	15.0	23.0	1.53	1.4	14.0	10.0
引地川河口	65.0	27.0	0.42	4.6	11.0	2.4

(3) 結論

今回の全国16地点のムラサキガイ調査により、依然として藤沢市引地川河口のダイオキシン類濃度が高く、しかもその由来が他地域とは異なり、PCDD/PCDFの割合が多いことから、2000年2月に発覚した荏原製作所による汚染事件が依然として地域の生物に影響を及ぼし、生物濃縮をもたらしていることが示唆された。

- ・発生源である焼却炉が停止されたことにより、河川及び地先海域の水質中のダイオキシン類濃度は急速に改善されている。
- ・しかし、底質については、高濃度の汚染土砂が時間の経過とともに下流に流れ、河口付近に溜まり、また海域の潮流や気象条件によって流れ、相模湾の一部に滞留し生態系の汚染に繋がっていく可能性もある。
- ・水産庁の魚介類中ダイオキシン類調査では、平成12年度に相模湾の「マイワシ」が調査対象となっているが、1.98pg-TEQ/g、1.92pg-TEQ/gと米国EPAの指針値を超えており、相模湾の魚介類の汚染が心配される。汚染地域の体系的な事後モニタリングが行われていない。

以上に加え、水質・食品等に関連した今後の課題として、法制度上の見直し、企業責任(汚染者責任、排出者責任)のあり方についても提案を行っておく。

(1) 法制度上の課題

①ダイオキシン類対策特別措置法の改正

- ・水質環境基準値の見直し、生物濃縮を考慮した基準を。
- ・魚介類、乳製品、農作物等に対する単体基準値あるいは指針値の設定
- ・TDI(耐容一日摂取量)の見直し
- ・汚染者負担原則の徹底：罰則の強化

②水質汚濁防止法の改正

排ガス、大気を重視してきたダイオキシン類対策、大気汚濁防止法改訂だが、今後、水質についても水質汚濁防止法との関連で改正をしていかねばならない。

- ・ダイオキシン類対策に資する規制の強化、届出事業所の規模見直し

③環境モニタリングの体制の強化－安易な安全宣言をさせないために。

- ・調査対象地域、サンプリング地点、調査対象試料の選定に関して透明性を高める
- ・市民参加による調査の実施
- ・すみやかな情報公開と情報提供の推進
- ・緊急時の体制の強化(委員会の立ち上げ、市町村)
- ・都道府県・国との連携のあり方、市民へのリスクコミュニケーションのあり方など)
- ・日常的なリスクコミュニケーションのあり方

- ・第三者性の高い測定分析機関の選定、技術の向上等
- (2) 汚染者としての企業としての課題
- ・PPPの原則に従った責任を果たす
- ・環境監視の徹底と情報公開の徹底
 - －汚染の除去、回復に係る費用負担
 - －事業所内の監視と環境モニタリングの強化
 - －継続的な環境モニタリングに対する費用負担
 - －社員への環境教育の徹底
- ・企業市民として地域住民に対する責任を果たす
- ・企業モラルの向上
 - －開かれた企業としての情報公開、情報提供
 - －環境広告のあり方（ゼロエミッション企業）
 - －市民活動に対する支援、協力
 - －ISO取得企業としての責任
 - －技術評価のあり方の見直し など

5. インターキャリブレーション試験

5-1 目的

本プロジェクトでは、ムラサキガイのダイオキシン類分析精度をより確実なものとするため、3つの分析機関による同一試料のクロスチェック分析を実施した。

5-2 参加機関

① Maxxam Analytics Inc. (Ontario, Canada)
Waterloo Laboratory

② 摂南大学薬学部食品衛生学科宮田秀明研究室

③ 国内民間分析機関 A 社

5-3 試料

インターキャリブレーション用試料としては、東京湾羽田沖から採取したムラサキガイを東京農工大農学部高田研究室で他のサンプルと同様の手順により殻剥きし、ホモジナイズしたものをおよそ 100g ずつ配布して行った。

5-4 分析方法

分析方法は、各分析機関が最も手慣れた方法とし、分析方法の統一は行わなかった。

宮田研究室は衛生試験法に準拠した独自の方法、国内分析機関 A 社は、環境省が公表している「ダイオキシン類に係る水生生物調査暫定マニュアル」（平成 10 年 7 月）に準拠、Maxxam 社は自社の SOP により分析を行った。

5-5 分析結果の比較

表 5-2 に 3 機関の分析結果を示す。

上記の結果について、宮田秀明教授、ERI 及び東京農工大高田秀重助教授、SFJ 事務局長の 4 者による評価会を実施した。

結果は Co-PCB についてはほぼ 3 機関の結果が一致した。D/F については民間 A 社の結果が一桁低かったが、検出下限値以上の濃度を採用した場合にはほぼ一致した。

異性体ごとの濃度や同族体パターンには若干の差がみられたが、貝の水分調整など前処理の統一などが重要な点であることが指摘された。本クロスチェックによって今回の分析の精度が検証されたこととなる。

表5-2 3機関による分析結果

分析機関		実測濃度 [pg/g]		
		EPA	WHO	MHW
摂南大学 宮田研究室	PCDD	68.9	68.9	68.9
	PCDF	76.0	76.0	76.0
	PCDD+PCDF	144.9	144.9	144.9
	Co-PCB	3133.0	3133.0	3133.0
	総計	3277.9	3277.9	3277.9
国内分析機関 A 社	PCDD	57.9	57.9	57.9
	PCDF	41.0	41.0	41.0
	PCDD+PCDF	98.9	98.9	98.9
	Co-PCB	2968.3	2968.3	2968.3
	総計	3067.2	3067.2	3067.2
MAXXAM (環境総合研究所)	PCDD	82.7	82.7	82.7
	PCDF	60.8	60.3	59.8
	PCDD+PCDF	143.5	143.0	142.5
	Co-PCB	3429.1	3415.4	3401.6
	総計	3572.6	3558.4	3544.1

分析機関		毒性等量濃度 [pg-TEQ/g]		
		EPA	WHO	MHW
摂南大学 宮田研究室	PCDD	0.46	0.37	0.27
	PCDF	0.31	0.27	0.22
	PCDD+PCDF	0.77	0.63	0.49
	Co-PCB	1.01	1.01	1.01
	総計	1.78	1.64	1.50
国内分析機関 A 社	PCDD	0.19	0.14	0.10
	PCDF	0.18	0.16	0.14
	PCDD+PCDF	0.37	0.30	0.24
	Co-PCB	0.90	0.90	0.90
	総計	1.27	1.20	1.13
MAXXAM (環境総合研究所)	PCDD	0.24	0.12	0.01
	PCDF	0.41	0.39	0.37
	PCDD+PCDF	0.65	0.51	0.38
	Co-PCB	1.00	0.99	0.97
	総計	1.65	1.50	1.35

注) EPA:定量下限値未満の値を定量下限値として計算
WHO:定量下限値未満の値を定量下限値÷2として計算
MHW:定量下限値未満の値を0として計算

●参考文献

1. 「ダイオキシン」、宮田秀明著、岩波新書
2. ムラサキガイを環境指標とした住民参加の海域ダイオキシン汚染調査の提案、ERI, Dioxin Bulletin & Review No.14, 10 Sept.2000
3. ムラサキガイパイロット調査報告、ムラサキガイを生物指標とした市民参加によるダイオキシン全国調査キックオフミーティング資料、2001.7.21
4. Mussel Project NEWS-No.1, ERI, 2001.08.01
5. ムラサキガイを生物指標とした市民参加による日本海浜におけるダイオキシン類汚染の実態把握について～パイロット調査を中心に～、池田こみち他、2001年10月環境行政改革フォーラム総会発表
6. 湘南の海の汚染はどこまで続くかーその後のムラサキガイのダイオキシン類調査からー、2002.3.30 引地川ダイオキシン汚染事故2周年報告集会報告書
7. インターキャリブレーション評価会資料、2002.6.29、於：ERI 会議室

●本論文は「市民参加による調査」と「インターキャリブレーション調査」を一体化したものである。