

富岩運河等におけるダイオキシン類の汚染原因について

1. 統計解析手法による汚染原因の解明

ダイオキシン類とは、含まれる塩素の数や配置により構造の異なる239種類の異性体の総称であり、焼却や農薬由来等の発生過程ごとに、どの異性体が多く出現するか一定のパターンがある。

「ダイオキシン類の組成を統計学的に解析する手法」は、この特徴を利用して発生源の特定と寄与割合の算定を試みるものであり、重回帰分析やケミカルマスバランス（CMB）法といった回帰分析が多く用いられている。いずれも、「環境中のダイオキシン類は複数の独立した発生源から排出されたダイオキシン類が積み重なったもの（発生源の寄与の総和）である」との前提のもと、図1のとおり、想定される発生源からのダイオキシン類の異性体パターンをどのように組み合わせれば実際に環境中で採取した試料の異性体パターンに近づくかを調べることで、発生源ごとの汚染の寄与を推計する手法である。

汚染原因の解明にあたっては、適切な計算モデルや諸条件を検討しつつ、推計を行った。

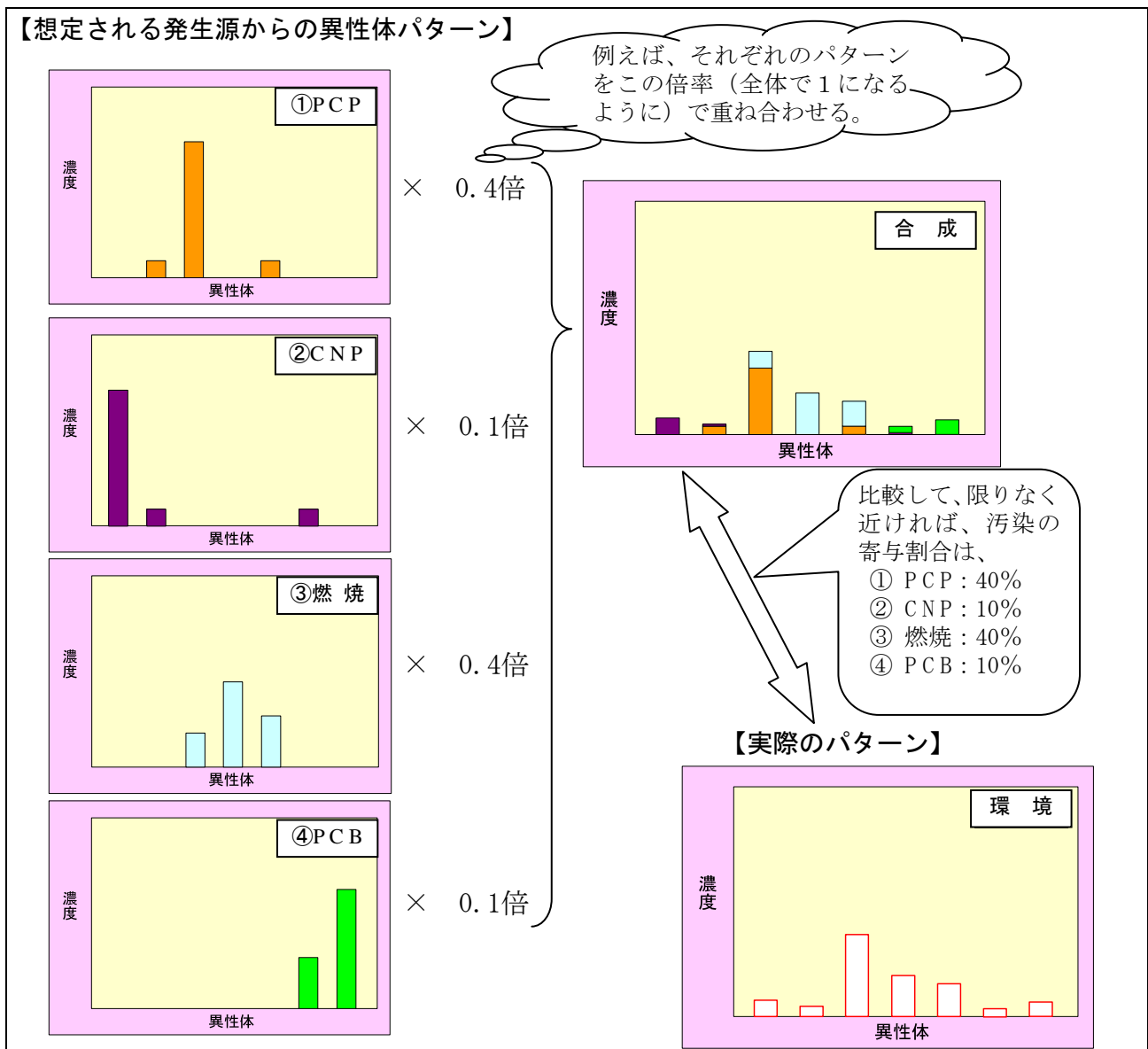


図1 統計解析手法による寄与割合算出のイメージ

1-1 発生源の設定に関する検討

1-1-1 発生源の設定

ダイオキシン類の発生源の絞り込みを行うため、富岩運河等における底質のダイオキシン類濃度調査結果等を用いて、異性体組成の主成分分析を実施した。

主成分分析は、多変量のデータを統合して、総合的な特性を表す新たな指標（主成分）を作り出す統計解析手法であり、環境中の異性体組成の主成分分析を行うことにより、発生源に関する情報（主な発生源の数等）を得ることができることから、主成分分析によるダイオキシン類の発生源推定は多くの研究事例に用いられている。

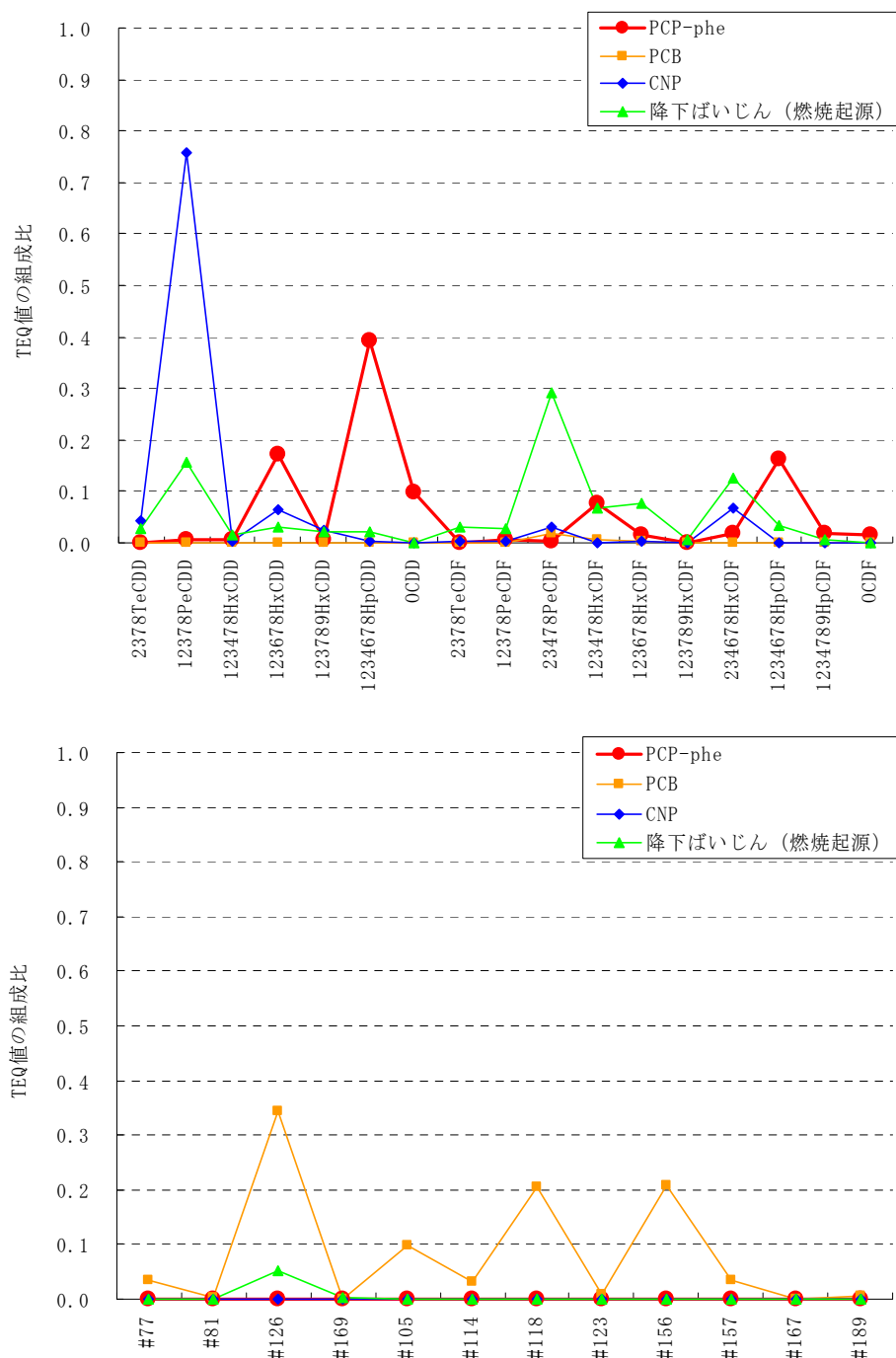
(1) 水域区分等の設定

主成分分析の実施にあたっては、河川・水路の流入状況等を考慮して、富岩運河中島閘門上流部、富岩運河中島閘門下流部、及び住友運河に分類し、水域区分ごとに解析を行った。

なお、富山港については富岩運河中島閘門下流部に含めることとした。また、富岩運河の維持浚渫のため、中島閘門下流部の一部の底質は富山新港東埋立地Cポンド地表に移出されていたことから、その地表部での土壌のダイオキシン類調査結果も富岩運河中島閘門下流部に含めた。

(2) 成分分析の結果

3つの水域区分毎に底質のダイオキシン類分析結果（TEQ換算値）を用いて、相関行列から主成分を求め、固有値が1以上となる主成分を全て抽出した。また、抽出した主成分については、図2に示す主要発生源の異性体組成との比較を行い、発生源を推定した。



- 出典1：益永茂樹，高菅卓三，中西準子：農薬中のダイオキシン類のBPX5カラムによる全異性体分析，横浜国立大学環境科学研究センター紀要，26(1)，1-9，2000
 2：清家伸康・大谷卓・上路雅子，高菅卓三，都築伸幸：水田土壤中ダイオキシン類の起源と推移，環境化学，13(1)，117-131，2003
 3：野馬幸生，石川紫，能勢和聡，峯戸松勝秀，滝上秀孝，酒井伸一，泉澤秀一，鍋木儀朗：保管PCB廃棄物のPCBsおよびダイオキシン類，環境化学，14(3)，501-518，2004

図2. 主要発生源のダイオキシン類異性体組成（TEQ換算値）

ア 中島閘門上流部

中島閘門上流部の調査結果を使用して主成分分析を実施したところ、3つの主成分が抽出された。固有値及び因子負荷量を表1に示す。

主要発生源の異性体組成と比較すると、第1主成分は、6～8塩化のPCDD及びPCDFの因子負荷量が大きく、PCPの寄与と推定される。第2主成分は、Co-PCBsの因子負荷量が大きく、PCBの寄与と推定される。第3主成分は、発生源は不明である。

表1. 固有値及び因子負荷量（中島閘門上流部、TEQ換算値）

		第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値		15.2	8.9	2.0
PCDD	2, 3, 7, 8-TeCDD	0.780	0.191	-0.210
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.854	0.055	-0.164
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.966	0.133	-0.034
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.974	0.133	-0.033
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.966	0.133	-0.068
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.980	0.122	-0.047
	OCDD	0.975	-0.011	-0.004
PCDF	2, 3, 7, 8-TeCDF	0.954	0.089	-0.063
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.878	0.211	0.291
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.893	0.219	0.311
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0.981	0.148	0.066
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.943	0.196	-0.153
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.912	0.250	0.260
	2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.499	0.373	0.699
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.975	0.149	-0.019
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.975	0.125	-0.070
	OCDF	0.982	0.110	-0.042
Co-PCBs	3, 3', 4, 4' -TeCB (#77)	0.463	0.774	-0.235
	3, 4, 4', 5-TeCB (#81)	0.226	0.836	0.047
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB (#126)	-0.254	0.569	0.459
	3, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#169)	-0.265	0.394	0.784
	2, 3, 3', 4, 4' -PeCB (#105)	0.001	0.938	0.258
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB (#114)	0.208	0.889	0.189
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB (#118)	0.419	0.792	-0.287
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB (#123)	0.266	0.934	0.057
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)	-0.083	0.947	0.115
	2, 3, 3', 4, 4', 5' -HxCB (#157)	0.060	0.943	0.201
	2, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#167)	0.071	0.947	0.159
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#189)	0.396	0.836	0.107

備考 1 網掛けは、因子負荷量が0.9以上であることを示す。

2 PCDD：ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン

PCDF：ポリ塩化ジベンゾフラン

Co-PCBs：コプラナーポリ塩化ビフェニル（コプラナーPCB）

【以下、同様】

イ 中島閘門下流部

中島閘門下流部の調査結果を使用して、主成分分析を実施したところ、3つの主成分が抽出された。固有値及び因子負荷量を表2に示す。

主要発生源の異性体組成と比較すると、第1主成分は、6～8塩化のPCDD及びPCDFの因子負荷量が大きく、PCPの寄与と推定される。第2主成分の因子負荷量は、Co-PCBsの値が大きく、PCBの寄与と推定される。第3主成分は、発生源は不明である。

表2. 固有値及び因子負荷量（中島閘門下流部）

		第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値		13.8	8.8	2.4
PCDD	2, 3, 7, 8-TeCDD	0.783	-0.015	-0.072
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.691	0.151	0.398
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.977	0.086	-0.008
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.966	0.172	0.116
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.970	0.135	0.036
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.981	0.137	0.064
	OCDD	0.876	0.077	0.156
PCDF	2, 3, 7, 8-TeCDF	0.736	0.223	0.161
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.873	0.185	0.073
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.770	0.267	0.183
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0.966	0.183	0.112
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.973	0.085	-0.011
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.863	0.195	0.132
	2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.445	0.453	0.623
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.976	0.137	0.047
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.981	0.123	0.027
	OCDF	0.980	0.112	0.068
Co-PCBs	3, 3', 4, 4'-TeCB(#77)	0.508	0.604	0.518
	3, 4, 4', 5-TeCB(#81)	0.209	0.515	0.688
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB(#126)	0.227	0.740	0.389
	3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#169)	-0.072	0.125	0.815
	2, 3, 3', 4, 4'-PeCB(#105)	0.129	0.967	0.120
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB(#114)	0.180	0.932	0.190
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB(#118)	0.261	0.925	-0.044
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB(#123)	0.194	0.932	0.203
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB(#156)	0.065	0.977	0.043
	2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB(#157)	0.125	0.965	0.037
	2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#167)	0.098	0.975	0.067
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#189)	-0.011	0.812	0.235

ウ 住友運河

住友運河の調査結果を使用して、主成分分析を実施したところ。3つの主成分が抽出された。固有値及び因子負荷量を表3に示す。

主要発生源の異性体組成と比較すると、第1主成分は、4～5塩化のPCDD及びPCDFの因子負荷量が大きく、燃焼起源又はCNPの寄与と推定される。第2主成分は、Co-PCBsの因子負荷量が大きく、PCBの寄与と推定される。第3主成分は、6～8塩化のPCDD及びPCDFの因子負荷量が大きく、PCPの寄与と推定される。

表3. 固有値及び因子負荷量（住友運河）

		第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値		11.8	7.8	7.4
PCDD	2, 3, 7, 8-TeCDD	0.941	0.112	-0.014
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.901	0.029	0.089
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.787	0.164	0.457
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.228	0.315	0.902
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.727	0.212	0.583
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	-0.013	0.286	0.955
	OCDD	-0.070	0.250	0.954
PCDF	2, 3, 7, 8-TeCDF	0.935	0.105	0.034
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.961	0.210	0.132
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.988	0.084	-0.099
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0.792	0.335	0.467
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.870	0.280	0.287
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.650	0.392	0.597
	2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.871	0.263	0.324
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.011	0.289	0.952
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.268	0.381	0.871
	OCDF	-0.076	0.299	0.942
Co-PCBs	3, 3', 4, 4' -TeCB (#77)	0.152	0.874	0.377
	3, 4, 4', 5-TeCB (#81)	0.546	0.637	0.326
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB (#126)	0.961	0.197	-0.127
	3, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#169)	0.967	0.109	-0.163
	2, 3, 3', 4, 4' -PeCB (#105)	0.024	0.931	0.332
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB (#114)	0.155	0.934	0.267
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB (#118)	0.031	0.882	0.434
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB (#123)	0.209	0.909	0.313
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)	0.301	0.910	0.206
	2, 3, 3', 4, 4', 5' -HxCB (#157)	0.447	0.612	0.049
	2, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#167)	0.328	0.899	0.211
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB (#189)	0.922	0.276	-0.118

(3) 主成分分析結果による発生源の考察

主成分分析の結果を表4に整理した。

「中島閘門上流部」及び「中島閘門下流部」でPCPの寄与と推定される第1主成分が抽出され、「住友運河」では燃焼起源又はCNPの寄与と推定される第1主成分が抽出された。

また、3水域すべてでPCBの寄与と推定される第2主成分が抽出された。

以上の結果から、富岩運河等のダイオキシン類の発生源は、「PCP」、「CNP」、「燃焼起源」及び「PCB」であると推定される。これらの発生源については、多くの研究において、国内における主なダイオキシン類の発生源とされている（益永茂樹：日本の環境中ダイオキシンは何に由来しているか、水情報 19[12] 4-11（1999）等）ことや、富岩運河等流域における農薬PCP及びCNPの使用等の状況、事業場での廃棄物焼却等の状況から、富岩運河等における発生源とすることが妥当であると考えられる。

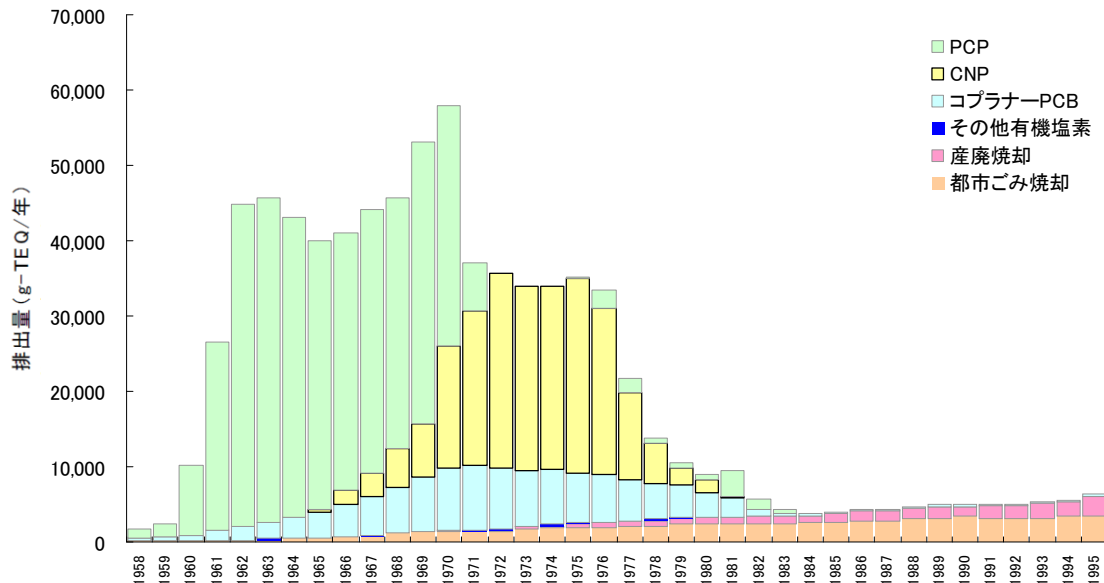
表4. 主成分分析結果まとめ

水 域	第1主成分	第2主成分	第3主成分
中島閘門上流部	PCP	PCB	不明
中島閘門下流部	PCP	PCB	不明
住友運河	燃焼起源 又はCNP	PCB	PCP

1-1-2 発生源の概要

それぞれの発生源からのダイオキシン類の発生状況に関する情報について、国内及び富岩運河流域別に整理するとともに、統計解析に使用するダイオキシン類の異性体組成比の設定を行った。

なお、益永（2001年）によると、過去の国内におけるダイオキシン類の発生量の推移は、図3のとおりで、ダイオキシン類の発生は1960年頃から始まり、1970年代初めにピークとなり、その後は減少している。



参考：「益永茂樹：日本の環境中ダイオキシンは何に由来しているか，水環境19(2)，p4-11，1999」より作成

図3 国内におけるダイオキシン類発生量の推移

(1) PCB（ポリ塩化ビフェニル）

ア 国内の状況

PCBは1929年にアメリカで工業生産が開始された。国内でも1954年（昭和29年）に製造が開始され、熱媒体、溶媒、難燃剤、絶縁油として広く用いられたが、生物濃縮性や難分解性による生態系への影響が指摘され、昭和47年には行政指導により製造・販売が中止となり、回収が指示された。また、昭和49年には化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律により製造、輸入及び開放系での使用が禁止された。

国内での使用量は累計で約54,000 tであり、使用の終わったPCB及びその含有製品については、廃棄物の処理及び清掃に関する法律やポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法により、適正保管及び平成28年7月までの処理が義務付けられている。

PCBには塩素の数や配置により構造の異なる209種類の異性体が存在するが、その中でもコプラナーPCBと呼ばれるものは毒性が強く、ダイオキシン類に分類されている。

益永（2001年）によると、PCB由来のダイオキシン類の発生は、図3のとおり、1960年頃から始まり、1970年代初めにピークとなり、その後は緩やかに減少している。

イ 富岩運河流域の状況

平成16年度及び17年度に、富岩運河流域内の事業場を対象として、ダイオキシン類を排出する可能性のある施設・工程に関する事業場実態調査を実施したところ、PCB製品を製造した実績のある事業場は確認されなかった。

また、PCB製品の利用については、2事業場において、過去に熱媒体等としてPCBを利用していたことが確認されている。

なお、平成17年1月時点でPCB含有コンデンサを使用している事業場が1か所、PCB含有廃棄物（使用済みコンデンサ等）を保管している事業場が8か所確認されたことから、富岩運河流域においても過去にはPCBが遍在的に利用されていたものと考えられる。

ウ 異性体組成比の設定

PCB由来のダイオキシン類の異性体組成比については、代表的なPCB製品（カネクロール300、400、500、600及び1000）中のダイオキシン類を測定した既存文献のデータを用いた。

なお、PCB製品の種類によってダイオキシン類の異性体組成比が異なることから、各PCB製品の製造量の比と富岩運河等へ流入したPCB製品由来のダイオキシン類の比とが等しいと仮定し、まず各PCB製品中の異性体組成比の平均値を既存文献から求め、これらを全国におけるPCB製品の製造量により加重平均を行うことで設定した。

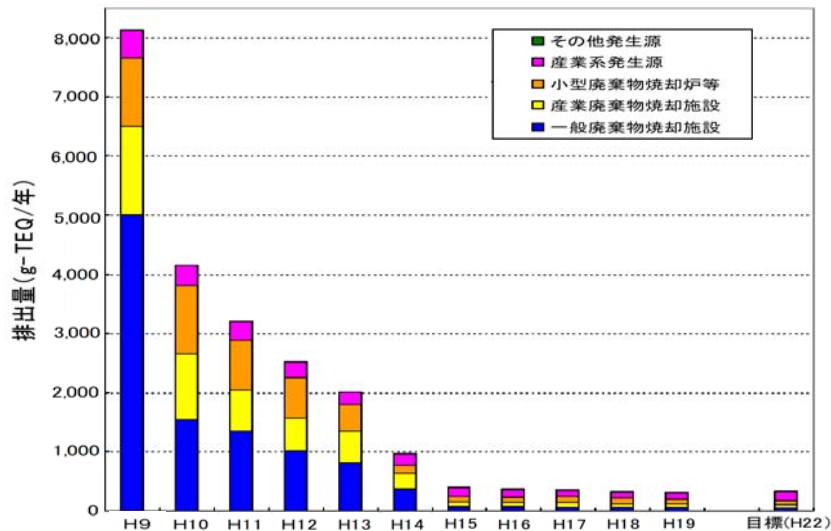
(2) 燃焼

ア 国内の状況

塩素化合物の存在下で300～500℃程度の燃焼条件であるとダイオキシン類が発生することから、廃棄物の焼却等によりダイオキシン類が生成・排出されたと考えられる。

益永（2001年）によると、燃焼由来によるダイオキシン類の排出量は、図3のとおり、国内における廃棄物焼却量の増加に伴い、1950年代から1990年代半ばまで経年的に増加しているが、近年においては、ダイオキシン類対策特別措置法の施行（平成12年1月）等の法規制により、その排出量は急速に減少している。

また、環境省が公表している「ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリー）」によると、近年の日本におけるダイオキシン類の環境への排出量は、図4のとおりで、焼却施設からのダイオキシン類の排出量は平成9年で7,000 g-TEQ/年以上であったが、平成19年には200g-TEQ/年程度にまで減少している。



参考：「ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリー）」（平成20年12月、環境省）より作成

図4 ダイオキシン類の排出総量の推移

イ 富岩運河流域の状況

前述の事業場実態調査では、富岩運河流域の62事業場において、過去又は現在において燃焼施設を有していたことが確認されている。

主な施設としては、一般廃棄物焼却施設、産業廃棄物処理施設、固形燃料ボイラー、小型焼却炉等がある。また、運河周辺には木材関連の工場が多いため、樹皮や木くずの焼却処理施設が多くなっている。

ウ 異性体組成比の設定

燃焼によるダイオキシン類の異性体組成の測定事例は多いが、燃焼物や施設の構造により、ダイオキシン類の異性体組成比は多様であるとともに、ダイオキシン類対策特別措置法施行以前の情報については入手が困難である。

また、富岩運河流域に存在していた焼却施設等についても、過去から現在に至るまでの個々の施設におけるダイオキシン類の排出状況に関する詳細な情報は把握できなかった。

そこで、最も普遍的な燃焼由来のダイオキシン類の異性体組成比として、環境庁が平成10年度に実施した「ダイオキシン類緊急全国一斉調査」の降下ばいじん調査結果のうち、富山県とその近隣県である石川県、福井県及び新潟県におけるデータの平均値を用いた。

(3) CNP（クロロニトロフェン）

ア 国内の状況

CNPは1965年に農薬登録され、主に水田除草剤として使用されたが、1994年には健康への影響（発がん性）を理由に製造・販売が中止された。また、1996年に登録が失効し、製造業者による自主回収が行われたが、その後CNPにダイオキシン類が含まれていることが確認されると、1999年には農林水産省から製造業者に対して回収が指示された。

益永（2002年）によると、CNPの国内における総使用量は78,000t、原体中のダイオキシン類濃度については年次変遷があるものの、1981年以前では平均3,600ng-TEQ/g、1982年以降では平均22ng-TEQ/gとなり、CNP由来のダイオキシン類排出量は210kg-TEQと推定され

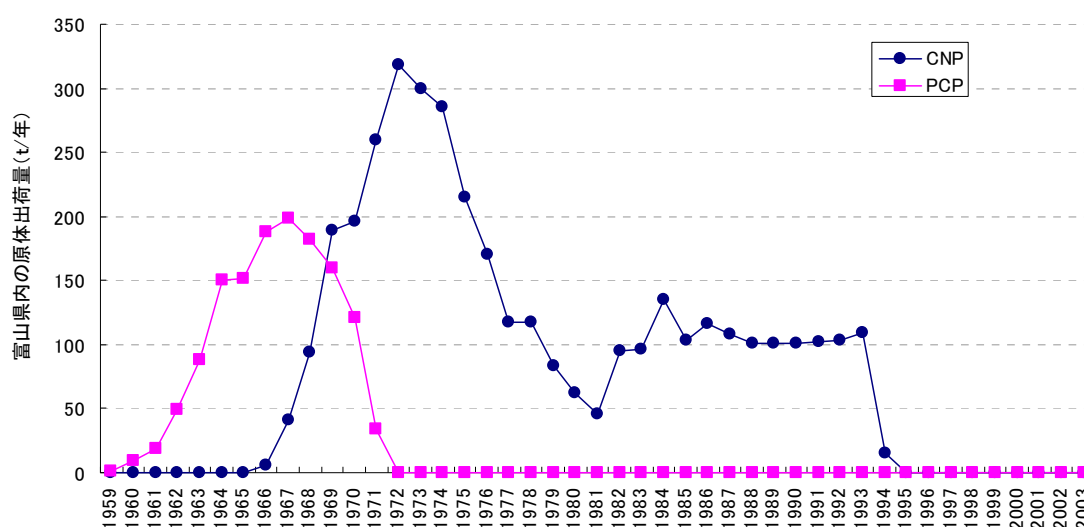
ている。

益永（2001年）によると、CNP由来のダイオキシン類の排出は、図3のとおり、農薬登録された1965年頃から始まり、1970年代前半にピークとなるが、1980年代以降はほとんどないとされる。

イ 富岩運河流域の状況

県内におけるCNPの散布量は、図5のとおりで、富岩運河流域を含め、県内においても一般的に使用されていたものと考えられる。なお、散布は1966年から始まり、1970年代前半に散布量が最大となり、1980年代以降も一定の散布量があるものの、1995年以降には散布がみられない。

また、前述の事業場実態調査では、CNPの製造実績のある事業場は確認されなかった。



参考：「病害虫防除所年報」（富山県病害虫防除所）より作成（CNP及びPCPの農薬出荷量は製剤量であるため、製剤中に占めるCNP及びPCPの原体の割合（PCP：24.0%、CNP：17.8%）を乗じて原体量とした。）

図5 県内におけるCNP及びPCPの散布量

ウ 異性体組成比の設定

CNP由来のダイオキシン類の異性体組成比については、農薬CNP中のダイオキシン類を測定した既存文献のデータを用いた。

なお、1982年以降に製造されたCNPではダイオキシン類濃度が大きく減少しており、環境中のCNP由来のダイオキシン類の多くは1981年以前に製造されたものと考えられることから、1981年以前の製品のみを対象として、その異性体組成比の平均値を用いた。

(4) PCP (ペンタクロロフェノール)

ア 国内の状況

PCPは1955年に殺菌剤、1956年に除草剤として農薬登録され、主に水田散布や木材防腐剤として利用されたが、魚毒性が強いことから1971年に水質汚濁性農薬として使用が規制され、1986年には製造・販売が中止、1990年に登録失効となった。2002年にはPCP中にダイオキシン類が含まれていることが確認されたことから、農林水産省から製造業者に対して回収が指示されている。

PCP中のダイオキシン類濃度についてはばらつきが大きく、環境中への排出量の推定は難しいとされているが、益永（2002年）によると、PCPの国内における総使用量は164,000 t、原体中のダイオキシン類の平均濃度は1,500ng-TEQ/gとなり、PCP由来のダイオキシン類排出量は250kg-TEQと推定されている。

益永（2001年）によると、PCP由来のダイオキシン類排出量は、図3のとおり、1960年代前半にピークとなり、1970年代以降は急速に減少している。

イ 富岩運河流域の状況

県内におけるPCPの散布量は、図5のとおりで、CNPと同様に、富岩運河流域を含め、県内でも一般的に使用されていたものと考えられる。なお、散布は1960年頃から始まり、1960年代後半に散布量が最大となり、1972年以降には散布がみられない。

また、前述の事業場実態調査では、PCPの製造実績のある事業場が存在することが確認されている。なお、当時の排水や廃棄物の処理状況については、資料が現存せず不明であった。

これらのことから、富岩運河流域におけるPCP由来のダイオキシン類については、「除草剤として水田に散布されたPCPに不純物として混入していたダイオキシン類が運河内に運ばれたもの（PCPの使用に伴う発生）」と「事業場内でのPCP製造過程で不純物として非意図的に生成されたダイオキシン類が工程排水や雨水排水により運河内に運ばれたもの（PCPの製造に伴う発生）」の2つの発生源が存在すると考えられる。

ウ 異性体組成比の設定

(ア) 農薬PCP（使用由来）

PCPの使用に伴って発生したと考えられるダイオキシン類の異性体組成比については、農薬PCP中のダイオキシン類を測定した既存文献のデータを用いた。

なお、PCPの製造法は、フェノールに塩素付加させるフェノール法と、ヘキサクロロベンゼンのアルカリ分解による方法の2通りに大別される。フェノール法で製造されたPCP中のダイオキシン類濃度はヘキサクロロベンゼン法と比較して高く、環境中のPCP由来のダイオキシン類の多くはフェノール法により製造されたPCP由来であるものと考えられる。

このことから、PCPの使用に伴って発生したと考えられるダイオキシン類の異性体組成比については、フェノール法の製品のみを対象として、その異性体組成比の平均値を用いた。

(イ) 農薬PCP（製造由来）

PCPの製造に伴って発生したと考えられるダイオキシン類の異性体組成比については、PCP製造事業場のダイオキシン類調査結果の平均値を用いた。

1-1-3 多重共線性の検定

統計解析では、類似した（相関が高い）異性体組成比を持つ発生源データを使用すると、信頼性の低い解析結果となる。この場合、発生源データ間に「多重共線性がある」という。

特に、富岩運河等におけるPCP由来のダイオキシン類については、上記のとおり「使用」と「製造」の2つの由来が考えられるが、そもそも両者ともPCPを起源とすることから異性体組成比が類似しており、これらを同時に用いて統計解析を行うと多重共線性を生じるおそれがある。

このことから、設定した各発生源データが、統計解析に使用可能であるかどうかを検証するため、データ間の多重共線性の検定を実施した。

なお、検定にあたっては、TEQ換算値及び実濃度の両方で行った。

(1) 相関係数による検定

相関係数は多重共線性の簡易的な指標として有効であり、経験的には相関係数が0.5～0.7以上の場合に、発生源データ間に多重共線性があるとされている。発生源相互の相関係数を求めると、表5のとおり、PCP（使用）とPCP（製造）との相関係数が高くなったほかは、いずれも低い値となった。

このことから、PCPの2つの発生源データの相関は極めて高いことが確認された。

表5 発生源データ間の相関係数（上段：実濃度、下段：TEQ換算値）

発生源	PCB	燃焼	CNP	PCP（使用）	PCP（製造）
PCB	1.000				
	1.000				
燃焼	0.213	1.000			
	0.004	1.000			
CNP	0.006	0.018	1.000		
	0.004	0.315	1.000		
PCP（使用）	0.005	0.138	0.003	1.000	
	0.015	0.002	0.004	1.000	
PCP（製造）	0.001	0.169	0.003	0.989	1.000
	0.006	0.001	0.005	0.839	1.000

(2) 分散拡大要因 (VIF) による検定

多重共線性の指標として、下式により算出されるVIF (Variance Inflation Factor : 分散拡大要因) がある。VIFが4～10以上の場合、多重共線性があるとされている。

$$\begin{aligned} \text{VIF} &= 1 / \text{許容度} \\ &= 1 / (1 - \text{当該説明変数を他の説明変数で回帰した場合の決定係数}) \end{aligned}$$

各発生源のVIFを求めると、表6のとおり、PCPの2つの発生源のVIFは高い値となったことから、この2つを同時に統計解析に使用する場合は、多重共線性があることが確認された。

表6 発生源データ間のVIF (上段：実濃度、下段：TEQ換算値)

組み合わせ	共線性の統計量	
	許容度	VIF
PCB	0.65	1.5
	0.96	1.0
燃焼	0.54	1.9
	0.67	1.5
CNP	0.93	1.1
	0.67	1.5
PCP (使用)	0.01	119.6
	0.16	6.3
PCP (製造)	0.01	122.3
	0.16	6.3

相関係数及びVIFの検定結果から、PCPの2つの発生源間には多重共線性があり、同時に解析を行うことができないことが確認された。従って、解析にあたっては、どちらか一方を棄却し、他方を富岩運河等におけるPCP由来 (全体) の代表データとして設定する必要がある。

本調査では、以下の理由より、PCP (製造) 由来のダイオキシン類の異性体組成比を用いることとした。

- ① 田畑に散布されたPCPに由来するダイオキシン類は遍在的な面源汚染であり、その他の地域においても概ね同程度の流入状況であったと考えられる。県内の他の地域におけるダイオキシン類の常時監視結果では、底質中のダイオキシン類濃度は最大でも50pg-TEQ/gであり、富岩運河等の底質濃度 (最大12,000pg-TEQ) と比較して著しく低いことから、田畑からのPCPの寄与は大きくないと考えられる。
- ② 過去に富山市が実施した調査において、事業場排水からダイオキシン類が検出された例があり、製造由来のPCPは富岩運河における汚染源の一つであると考えられている。

なお、それ以外の発生源データには多重共線性がなく、統計解析に使用することは妥当であると考えられる。

以上の結果から本調査で設定した各発生源の概要及び異性体組成比は、表7のとおりである。

1-1-4 PCP（使用）とPCP（製造）との区分

前述のとおり、富岩運河流域におけるPCPを発生源とするダイオキシン類については、PCP（使用）とPCP（製造）の2通りの由来が考えられるが、重回帰分析等による統計解析手法では、異性体組成比が類似しているこれらの発生源を区分することは困難であり、これらの寄与を明らかにするためには、他の手法を検討する必要がある。

そこで、本調査ではCNPの寄与割合に着目した。CNPとPCPは共に水田の除草剤として同じ用途に利用されていたことから、田畑に散布されたCNP及びPCPに由来するダイオキシン類の量は比例関係にあると想定される。

そこで、富岩運河等におけるCNP由来のダイオキシン類に（PCP由来/CNP由来）で求められる係数を乗じることにより、富岩運河等におけるPCP（使用）由来のダイオキシン類を算出し、富岩運河等全体のPCP由来のダイオキシン類から、富岩運河等におけるPCP（使用）由来のダイオキシン類を差し引いたものを富岩運河等におけるPCP（製造）由来とすることとした。

【富岩運河等におけるPCP（使用）由来ダイオキシン類堆積量（A）】

= [富岩運河等におけるCNP由来ダイオキシン類堆積量] × [係数]

※ [係数] は、[PCP由来ダイオキシン類/CNP由来ダイオキシン類]

【富岩運河等におけるPCP（製造）由来ダイオキシン類堆積量】

= [富岩運河等におけるPCP（全体）由来ダイオキシン類堆積量] - (A)

係数の設定にあたり、表8のとおり、①農薬の全国使用量、②農薬の県内使用量、③他県の事例から求めた堆積量について検討を行った結果、富岩運河等と同様に、底質に堆積したダイオキシン類を対象としているとともに、農薬が使用されていた時期の堆積状況を最も良く反映していると考えられる③が最も条件として近いと考えられることから、これで設定したPCP/CNPの比率（4.9）を係数とした。

表7 ダイオキシン類の発生源の概要及び異性体組成比 (TEQ換算値及び実濃度)

ダイオキシン類の発生源の概要	発生源の異性体組成比 (TEQ換算値)	発生源の異性体組成比 (実濃度)
<p>OPCB (ポリ塩化ビフェニル)</p> <p>《概要》 過去に絶縁油等として広く利用されたPCBに不純物としてダイオキシン類が含まれていたため、PCB含有物の取り扱い過程で何らかの原因により環境中に排出されたもの</p> <p>《異性体組成比データ》 既存文献によるPCB製品中のダイオキシン類の異性体組成比の平均値を製造量で加重平均したもの KC-300 (n=6)、KC-400 (n=7)、KC-500 (n=6)、KC-600 (n=6)、KC-1000 (n=2)</p>		
<p>〇 燃焼 (降下ばいじん等)</p> <p>《概要》 過去に廃棄物の焼却等に伴って非意図的に発生したダイオキシン類が、ばいじん等に含まれて環境中に排出され、流域内の排水路等を経由して運河内に運ばれたもの</p> <p>《異性体組成比データ》 既存文献による降下ばいじん中のダイオキシン類分析結果 (環境庁実施による平成10年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査における富山県、石川県、福井県、新潟県での降下ばいじん中のダイオキシン類の異性体組成比の平均値 (n=16))</p>		
<p>〇 CNP (クロロニトロフェン)</p> <p>《概要》 過去に水田の除草剤として広く利用されたCNP製剤中に不純物としてダイオキシン類が含まれていたため、水田から農業用排水路を経由して運河内に運ばれたもの</p> <p>《異性体組成比データ》 既存文献によるCNP農薬製品中のダイオキシン類分析結果 (1972~81年に製造されたCNP製品中のダイオキシン類の異性体組成比の平均値 (n=11))</p>		
<p>OPCP (ペンタクロロフェノール)</p> <p>《概要》 ① 過去に水田の除草剤として広く利用されたPCP製剤中に不純物としてダイオキシン類が含まれていたため、水田から農業用排水路を経由して運河内に運ばれたもの ② PCP製剤の製造過程で不純物として非意図的に生成されたダイオキシン類が、工程排水とともに排出され、運河内に流入したもの</p> <p>《異性体組成比データ》 PCP製造事業場の土壌中のダイオキシン類の異性体組成比の平均値 (n=15)</p>		

表8 PCP（使用）とPCP（製造）を区分するための係数の設定

係数の設定方法		ダイオキシン類 [g-TEQ]		係数 (PCP/CNP)		備考
		PCP由来	CNP由来			
①農薬の全国使用量	全国で田畑に散布された農薬PCP及び農薬CNPに由来するダイオキシン類の比率	250,000	210,000	1.2		PCP/CNPは農薬の使用実績により地点ごとのばらつきが大きいと考えられることから、全国での使用量比率は最も平均的なデータであると考えられる。 ただし、この使用量は田畑での散布量がベースとなっているため、PCPに由来するダイオキシン類とCNPに由来するダイオキシン類が同じ比率で流出することを前提としている。
②農薬の県内使用量	県内における農薬PCP及び農薬CNPの使用量から算出されたダイオキシン類の比率（富山県の農薬の出荷実績）	1,500	5,700	0.26		富山県内の使用実績を用いることで、全国ベースよりも流域の状況に即したデータであると考えられる。 ただし、農薬製品それぞれの原体換算率やダイオキシン類濃度の設定に関する情報の入手が困難であったため、原体換算率やダイオキシン類濃度を一律にして算出している。また、この使用量は田畑での散布量がベースとなっているため、PCPに由来するダイオキシン類とCNPに由来するダイオキシン類が同じ比率で流出することを前提としている。
③他県の事例から求めた堆積量	東京湾	150	35.9	4.2	4.9 (平均)	田畑での散布量ベースではなく、その後流出し底質に堆積したダイオキシン類での比率であるため、富岩運河等の底質により近い条件であると考えられる。
	宍道湖	81.0	14.8	5.5		

1-1 統計解析手法の概要、検討事項（条件）

1-1-1 統計解析に用いる異性体組成比情報の検討

本調査は、環境基準を達成するための対策が前提であることから、統計解析による寄与割合の算定にあたっては、毒性のある異性体のみを考慮し、汚染に直接寄与しない異性体は考慮しないものとした。

従って、毒性等価係数（TEF）を有する29異性体を計算の対象とし、TEQに換算した毒性等量の異性体組成比を用いて解析を行うこととした。異性体組成比にTEQ換算値と実濃度を用いた場合のそれぞれの概要は、表9のとおりである。

表9 統計解析に用いる異性体組成比情報の概要

異性体組成比情報	概要
TEQ換算値	<ul style="list-style-type: none"> 実濃度に異性体ごとの毒性の強さを乗じたものであり、毒性がない異性体は無視される。 環境基準値など、法令ではダイオキシン類を毒性等量により表すものとされている。
実濃度	<ul style="list-style-type: none"> すべての異性体の状況を解析に反映できるが、毒性がない異性体の濃度が高いと結果に影響を与えやすい。 1, 3, 6, 8-TeCDD及び1, 3, 7, 9-TeCDDは、CNPに特異的に検出されるため、CNPと燃焼由来を明確に区分できる。

1-1-2 計算モデルの検討

ダイオキシン類の異性体組成比を用いた統計解析手法による寄与割合計算については、他の研究機関等においてこれまでに多くの先行事例がある。これらの既存資料を参考に、統計解析に用いる計算モデルの概要について整理した。その結果は、表10のとおりである。

表10 (1) 統計解析手法の概要

手法	概要及び問題点
重回帰分析 （最小二乗法） ・濃度の高い異性体に重点をおいて、誤差を最小にする組合せを求める方法である。 ・不明分の割合が小さくなる。 ・低濃度の異性体の状況が反映されない。	【概要】 下記の式で示される残差を最小にする寄与割合 b について、最小二乗法により求めるものである。様々な分野で広く用いられている最もポピュラーな手法で、計算方法が最も簡便であり、Microsoft Excelアドイン等でも計算可能である。 $\sum_{i=1}^n (x_{ji} - \sum_{q=1}^p b_q \cdot C_{qi})^2$ x_{ji} : 環境試料 j 中の成分（異性体） i の濃度 b_q : 発生源 q の寄与割合 C_{qi} : 発生源 q の成分（異性体） i の濃度 p : 発生源の数 (=4 (PCP、CNP、PCB、燃焼の4つ)) n : 成分（異性体）の数 【問題点】 大きい濃度を持つ異性体に計算結果が引っ張られる。富岩運河等では、TEQ換算値の低いCo-PCB等はほとんど無視される。「ある発生源に特異的に検出され、発生源の推定に有用な情報を持つ異性体」が存在しても、その異性体の濃度が低い場合は無視される。

表10 (2) 統計解析手法の概要

手法	概要及び問題点
<p>加重重回帰分析 (重み付き最小二乗法)</p> <ul style="list-style-type: none"> どの異性体も平均的に誤差を最小にする組合せを求める方法である。 全ての異性体の状況を解析に反映できる。 低濃度の異性体の誤差を小さくすると、高濃度の異性体の誤差が大きくなる場合があり、不明分が大きくなる。 	<p>【概要】 底質濃度で汚染原因組成及び底質濃度を除することにより、ダイオキシン類濃度の大小による解析への影響をなくすものである。 TEQ換算値でなく実濃度を用いて解析を行う際には、異性体によっては濃度のオーダーが大きくなるため、重み付けを行うことが有効であると考えられる。</p> $\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{x_{ji}} (x_{ji} - \sum_{q=1}^p b_q \cdot C_{qi}) \right)^2$ <p> x_{ji} : 環境試料j中の成分(異性体)iの濃度 b_q : 発生源qの寄与率 C_{qi} : 発生源qの成分(異性体)iの濃度 p : 発生源の数 n : 成分(異性体)の数 </p> <p>【問題点】 組成比が小さい異性体(Co-PCB等)の寄与が相対的に大きくなる。これらの異性体の濃度がオーダーレベルで変化すると寄与割合に大きく影響するため、組成比がほとんど同じ地点の計算結果が大きく異なる等の不具合が生じるおそれがある。</p>
<p>CMB-EV法(有効分散最小二乗法)</p> <ul style="list-style-type: none"> データのばらつき<small>の小さい異性体</small>に重点をおいて、誤差を最小にする組合せを求める方法である。 数学的な信頼性を向上させることができる。 解析に有用な異性体まで不当に無視される場合があり、データの質が問題になる。 	<p>【概要】 重回帰分析の応用法であるが、環境試料中の化学成分の構成比から発生源の寄与を求める「リセプターモデル」として特化された手法である。発生源及び環境試料の分析誤差(標準偏差)を用いて残差の分散に発生源組成の不確実性に起因する分散を加え計算する。 アメリカ環境保護局が解析ソフト「CMB8」を配布し、青森県環境保健センターの早狩らがその日本語版「CMB8J」(Excel用マクロ)を作成・配布しており、これを用いたダイオキシン類や浮遊粒子状物質に関する寄与割合計算について、多くの先行事例がある。</p> $\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\left(C_i - \sum_{j=1}^p a_{ij} S_j \right)^2}{\sigma_{ci}^2 + \sum_{j=1}^p \sigma_{aj}^2 S_j^2}$ <p> C_i : 環境試料における成分iの濃度 a_{ij} : 発生源jの成分iの濃度 S_j : 発生源jの寄与率 n : 成分の数 p : 発生源の数 σ : 標準偏差 </p> <p>【問題点】 富岩運河等における底質の異性体組成比はほぼ均一であることから、汚染原因についても同様にバラツキがないことは自明であると考えられる。しかし、汚染原因の異性体組成データについては組成比の情報が多く、バラツキが大きいものを使わざるを得ない。このため、本調査の場合、発生源の標準偏差は現実と乖離しており、標準偏差をモデルに組み込むことによる精度向上は必ずしも見込めないと考えられる。</p>

1-1-3 計算モデルによる試算結果

重回帰分析、加重重回帰分析、CMB-EV法のそれぞれについて、TEQ換算値による試算を行い、統計解析結果を比較した。底質データのサンプルは、富岩運河の堆積年代測定で最も濃度が高かった60-62cm層の分析結果を用いた。サンプルのダイオキシン類の異性体組成比は、表11のとおりである。

表11 ダイオキシン類の異性体組成比の比較

データの概要	異性体組成比 (TEQ換算値)
<p>□ サンプル (富岩運河の底質データ)</p> <p>「堆積年代測定」において最も濃度が高い1960年代の層の組成比 (参考資料4参照) 地点：富岩運河 深さ：60-62cm層</p>	
<p>□ 参考 (発生源データ) PCB</p>	
<p>燃焼</p>	
<p>農薬CNP</p>	
<p>農薬PCP (製造由来)</p>	

手法ごとの統計解析の試算結果は、表12及び図6のとおりである。いずれの手法においても、残差を除く発生源ごとの寄与の傾向に大きな差はみられなかったが、重回帰分析が最も残差の割合が少なく、加重重回帰分析及びCMB-EV法では残差の割合が大きくなった。

なお、回帰分析の残差は、統計学的には計算誤差であり、厳密には発生源が特定できない「不明分」の寄与割合とは意味合いが異なるが、発生源の異性体組成比情報の設定等において不確実性が否めないことから、本調査においては残差を不明分として寄与割合に組み込むこととした。

表12 手法ごとの統計解析の試算結果

解析手法	解析結果（寄与割合）							残差	決定係数 r^2
	PCB	燃焼	CNP	PCP					
				全体	使用由来	製造由来			
①重回帰分析	0%	0%	3.0%	91.0%	14.8%	76.3%	6.0%	0.97	
②加重重回帰分析	12.8%	13.1%	7.2%	24.4%	24.4%	0%	42.5%	0.58	
③CMB-EV法	0%	5.1%	1.3%	77.3%	6.6%	70.7%	16.3%	0.79	

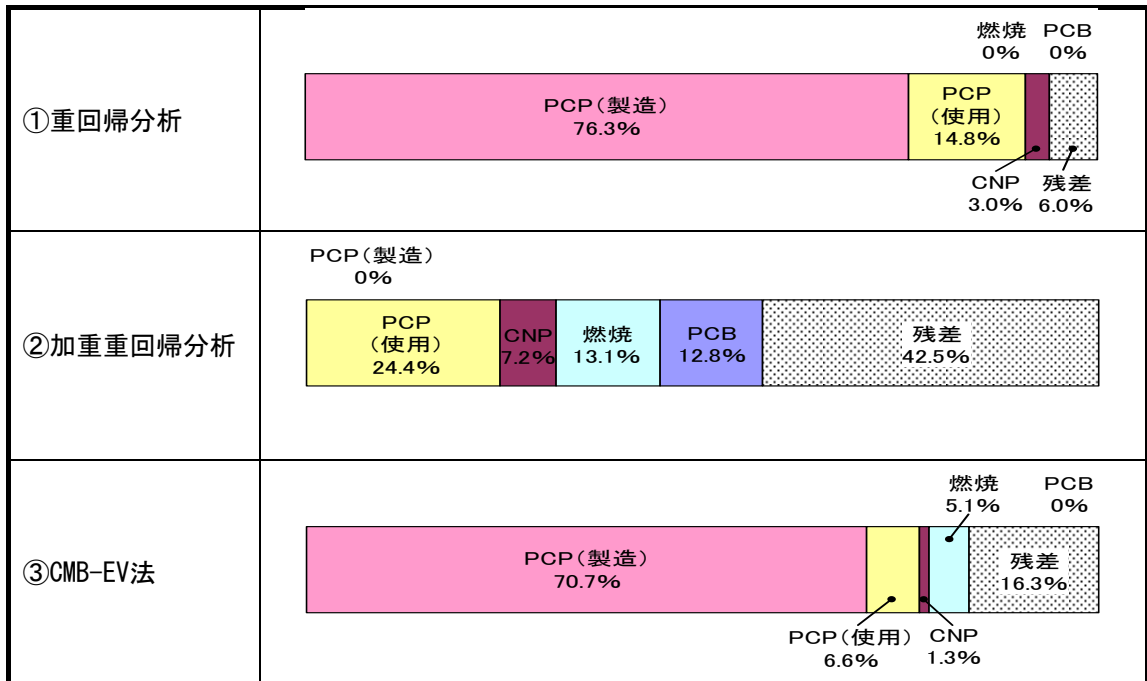


図6 手法ごとの統計解析の試算結果

1-1-4 各手法による解析結果の検討

各手法による解析結果の妥当性を検証したところ、加重重回帰分析では、PCP（製造）の寄与が0%と算定されるなど、合理性に欠ける結果となった。また、重回帰分析とCMB-EV法では、ほぼ同様の傾向を示したが、残差や決定係数の結果から重回帰分析の方がよりあてはまりが良い結果となった。このように、予測値と実測値の整合性、解析手法の信頼性を考慮すると、重回帰分析が最適な手法であると考えられる。なお、解析結果の概要は、以下のとおりである。

(1) 重回帰分析

重回帰分析による解析結果は、濃度の大きい異性体の影響を受けやすい傾向がある。

富岩運河等の底質のダイオキシン類については、1,2,3,4,6,7,8-HpCDDや1,2,3,4,7,8,9-HpCDFの異性体組成比が大きいと、同様の異性体組成の特徴をもつPCP由来のダイオキシン類の寄与割合が大きくなる。

しかしながら、TEQ換算値で解析を実施した場合、各異性体の濃度レベルが毒性換算によってある程度揃えられるため、解析結果の妥当性は損なわれないものと考えられる。

また、加重重回帰分析やCMB-EV法に比べて残差の割合が小さいことや、重回帰式のあてはまりのよさを示す各種係数（決定係数等）がより良い結果となっていることから、最も良好な解析結果が得られたものと考えられる。

(2) 加重重回帰分析

加重重回帰分析では、重回帰分析に見られる濃度レベルの大小による解析への影響を排除するため、底質濃度で説明変数及び目的変数を除している。

加重重回帰分析による解析では、検体（地点）間で濃度変動が大きく、かつ、組成比が小さい異性体（コプラナーPCB等）が支配的に作用するようになり、ほぼ同じ異性体組成比を持つ検体（地点）間で寄与割合の構成が大きく異なる例が見られたほか、残差が極めて大きくなり、良好な解析結果を得ることはできなかった。また、PCP（製造）の寄与割合が0%となり、富岩運河等における実態と乖離する結果となった。このため、本調査における解析手法としては、不相当と考えられる。

(3) CMB-EV法

CMB-EV法では、説明変数及び目的変数ともに、測定誤差を標準偏差として組み込むモデルとなっており、異性体組成比のバラツキが小さい（標準偏差が小さい）異性体及びデータセットに重みづけされる傾向がある。

解析結果は比較的良好であったが、重回帰分析よりもやや実測値と予測値が乖離する結果となった。

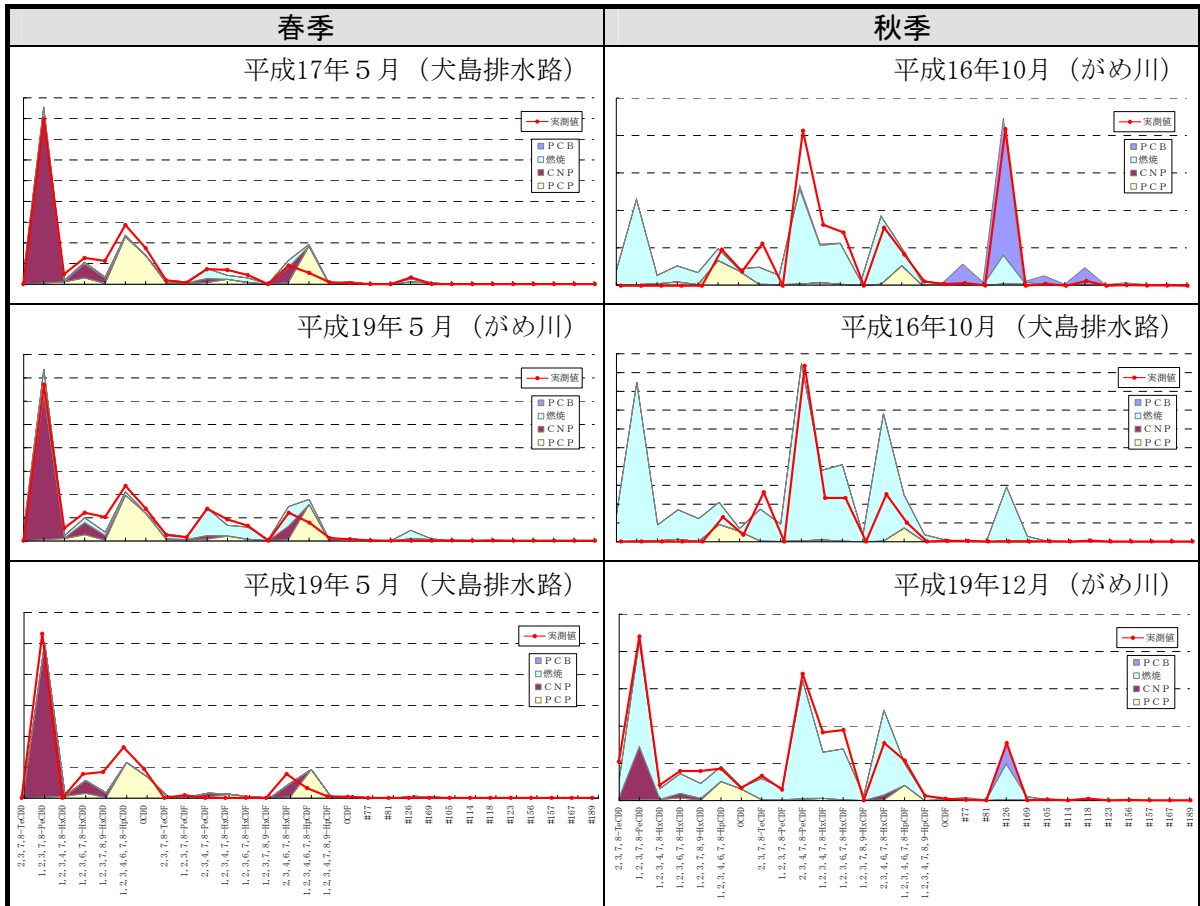
なお、CMB法については、同一検体（地点）のダイオキシン類分析を複数回実施して標準偏差を算出することにより精度の向上が見込めるが、本調査では各検体（地点）とも単一回の分析しか行っていないことから、地点ごとの標準偏差を算出しておらず、富岩運河等の底質のダイオキシン類分析結果をグルーピングし、グループ内の分析結果のばらつきから便宜的に算出した標準偏差を使用しており、本来のCMB法とは異なる解析手法をとっている。

なお、解析にあたってはTEQ換算値を用いることとしたが、その際の問題点として、毒性のない異性体の情報を無視することが挙げられる。特に、1,3,6,8-TeCDD及び1,3,7,9-TeCDDについては、CNP由来のダイオキシン類に特異的に検出されることが知られており、これらの異性体を計算に組み込まないことにより、CNPの寄与割合が十分に反映されない（CNP由来と燃焼由来の寄与割合が混同する）おそれがある。

そこで、TEQ換算値と実濃度を用いた場合の燃焼由来とCNP由来の寄与の識別について検討するため、富岩運河等へ流入するがめ川及び犬島排水路における春季及び秋季の流入水のダイオキシン類測定結果について、TEQ換算値による重回帰分析を行った。その結果は、表13のとおりで、春季については秋季に比べてCNPの寄与が高くなっている。

これは、代掻きの時期にはCNPの影響が一般的に高くなることと符合しており、富岩運河等の場合においては、TEQ換算値での計算でも十分に燃焼由来とCNP由来とを識別できていると考えられる。

表13 流入河川の解析結果（TEQ換算値による重回帰分析）



1-1-5 富岩運河等における寄与割合の算定

これまでの検討結果を踏まえ、富岩運河等全体における寄与割合を求めた。条件及び手法は、表14のとおりである。

なお、底質のダイオキシン類濃度データについては、平成15～16年に実施した底質調査結果（359検体）について、1検体（地点）ごとに発生源の寄与割合及びダイオキシン類の量を計算し、その積算で全体の寄与割合を算出した。

表14 統計解析における条件及び手法

計算方法	TEQ換算値の重回帰分析
発生源データ	PCB：PCB製品中のダイオキシン類測定結果（出荷量による加重平均値） 燃焼：降下ばいじんの測定結果 CNP：農薬CNPの測定結果 PCP：PCP製造事業場の土壌調査結果 PCP（使用由来）＝CNP×4.9 PCP（製造由来）＝PCP全体－PCP（使用由来）
底質試料	県が測定した底質調査結果（富岩運河（234）、住友運河（100）、富山港（25））
その他	<ul style="list-style-type: none"> 負の寄与が生じた場合は当該発生源を除いて再計算 底質試料について1検体（地点）ごとに寄与割合及びダイオキシン類量を算出し、その積算で富岩運河全体を算出 残差を不明分として寄与割合に組み込む

算出された富岩運河等における発生源ごとのダイオキシン類堆積量と寄与割合は、表15及び図7、発生源ごとの寄与割合の水平分布は図8のとおりである。

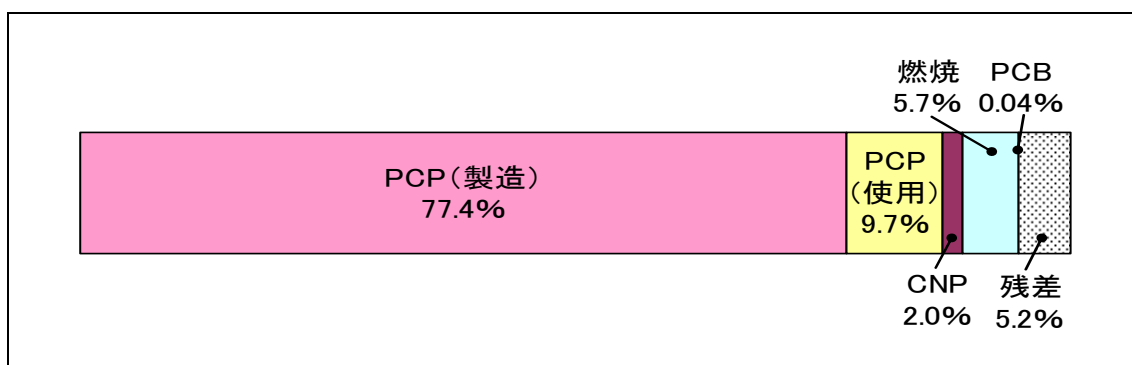
富岩運河等の水域によって各発生源の寄与割合は異なっているが、発生源ごとのダイオキシン類堆積量は、全地点の合計でPCB由来が0.1g-TEQ、燃焼由来が14g-TEQ、CNP由来が4.7 g-TEQ、PCP由来（全体）が209g-TEQとなり、PCPの寄与割合が全体の87%を占めた。なお、どの発生源にも当てはまらない残差分の寄与割合は全体の5.2%となり、計算結果は総じて良好であった。

また、最も寄与割合が大きくなったのはPCP（製造）由来であり、富岩運河等に堆積しているダイオキシン類の77.4%を占める結果となった。

なお、寄与割合については、ダイオキシン類の現存堆積量240g-TEQに占める割合である。富岩運河等におけるダイオキシン類汚染は、底質の堆積年代測定結果から、その大部分が1960年代から1970年代にかけて、あるいはそれ以前に高濃度のダイオキシン類が富岩運河等に流入したものによると考えられており（参考資料4参照）、現在では、流域に立地している事業場からの排水についてはいずれも排水基準を満足しているほか、CNPやPCPといった高濃度のダイオキシン類が含まれているとされる農薬は使用されていない。

表15 重回帰分析による堆積量及び寄与割合の解析結果

水域の区分	ダイオキシン類堆積量 [g-TEQ]							合計
	PCB	燃焼	CNP	PCP			残差	
				全体	使用由来	製造由来		
富岩運河	0.04	7.3	4.0	185	20	166	11	208
住友運河	0.1	4.8	0.7	5.0	3.3	1.7	0.4	11
富山港	0	1.6	0.1	18	0.4	18	1.1	21
合計	0.1	14	4.7	209	23	186	13	240
寄与割合	0.04%	5.7%	2.0%	87.1%	9.7%	77.4%	5.2%	100%



注：各発生源の寄与割合については、富岩運河等におけるダイオキシン類の現存堆積量240g-TEQに占める割合である。

図7 重回帰分析による寄与割合の解析結果

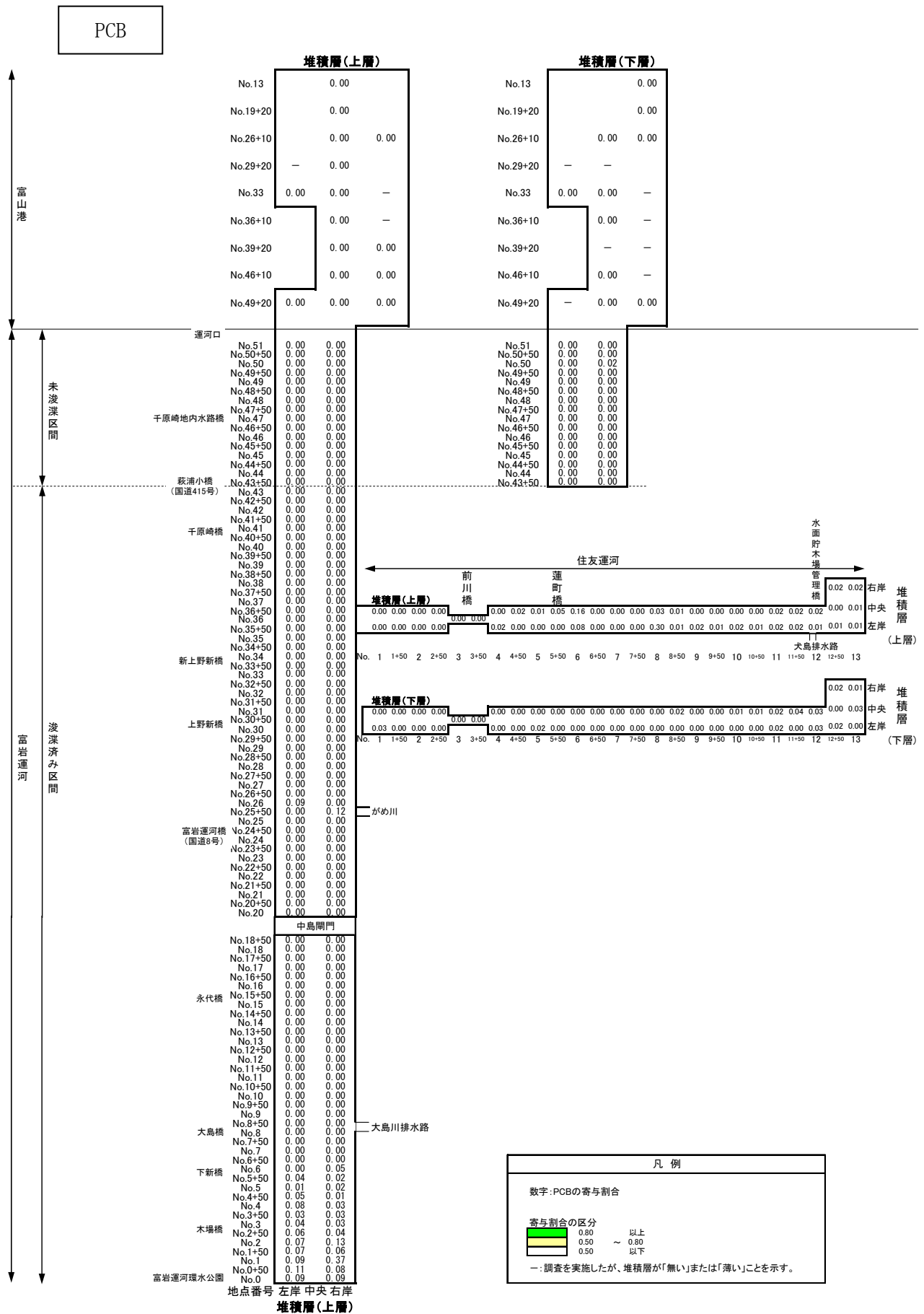


図8 (1) PCB由来の寄与割合の水平分布

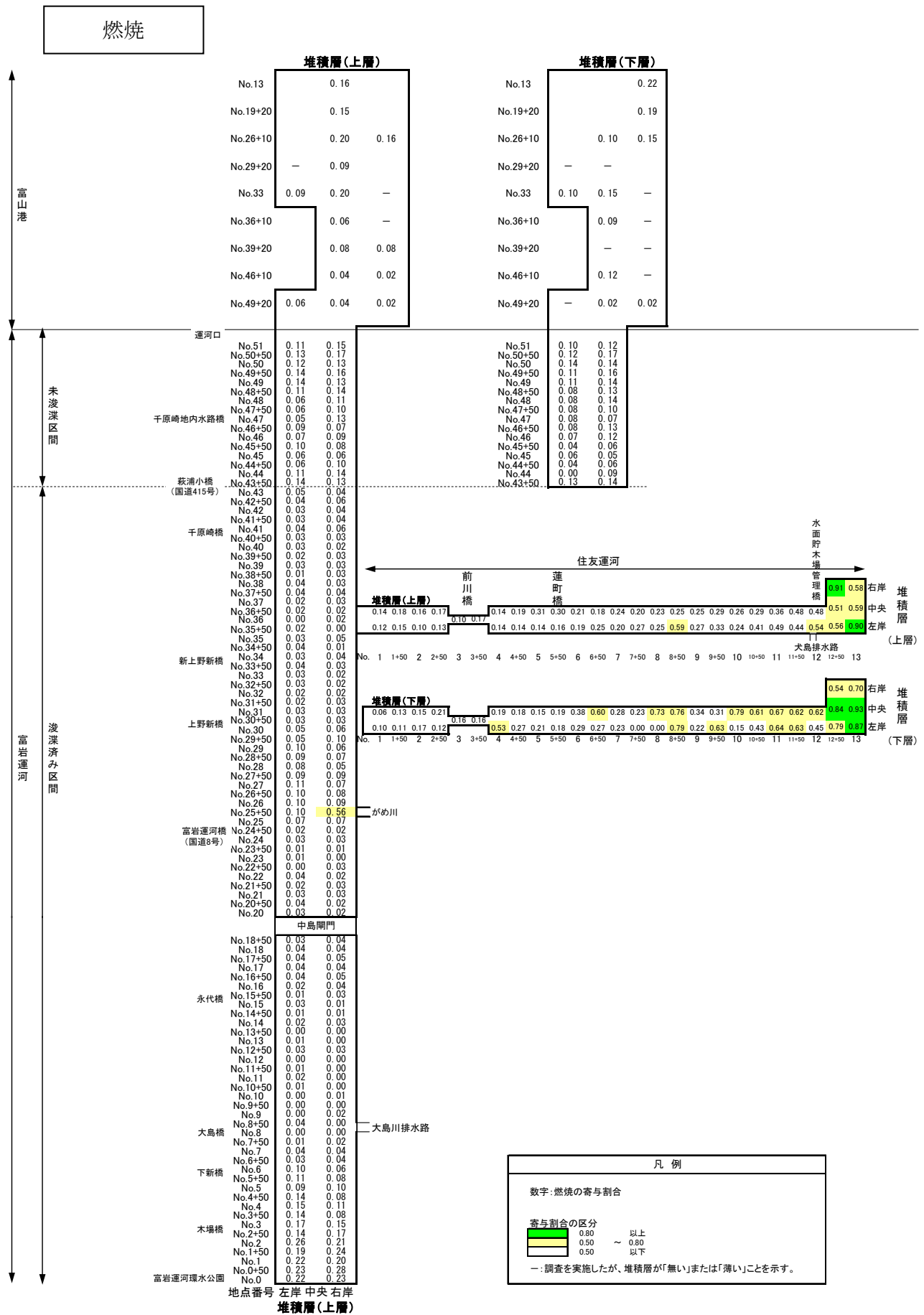


図8 (2) 燃烧由来の寄与割合の水平分布

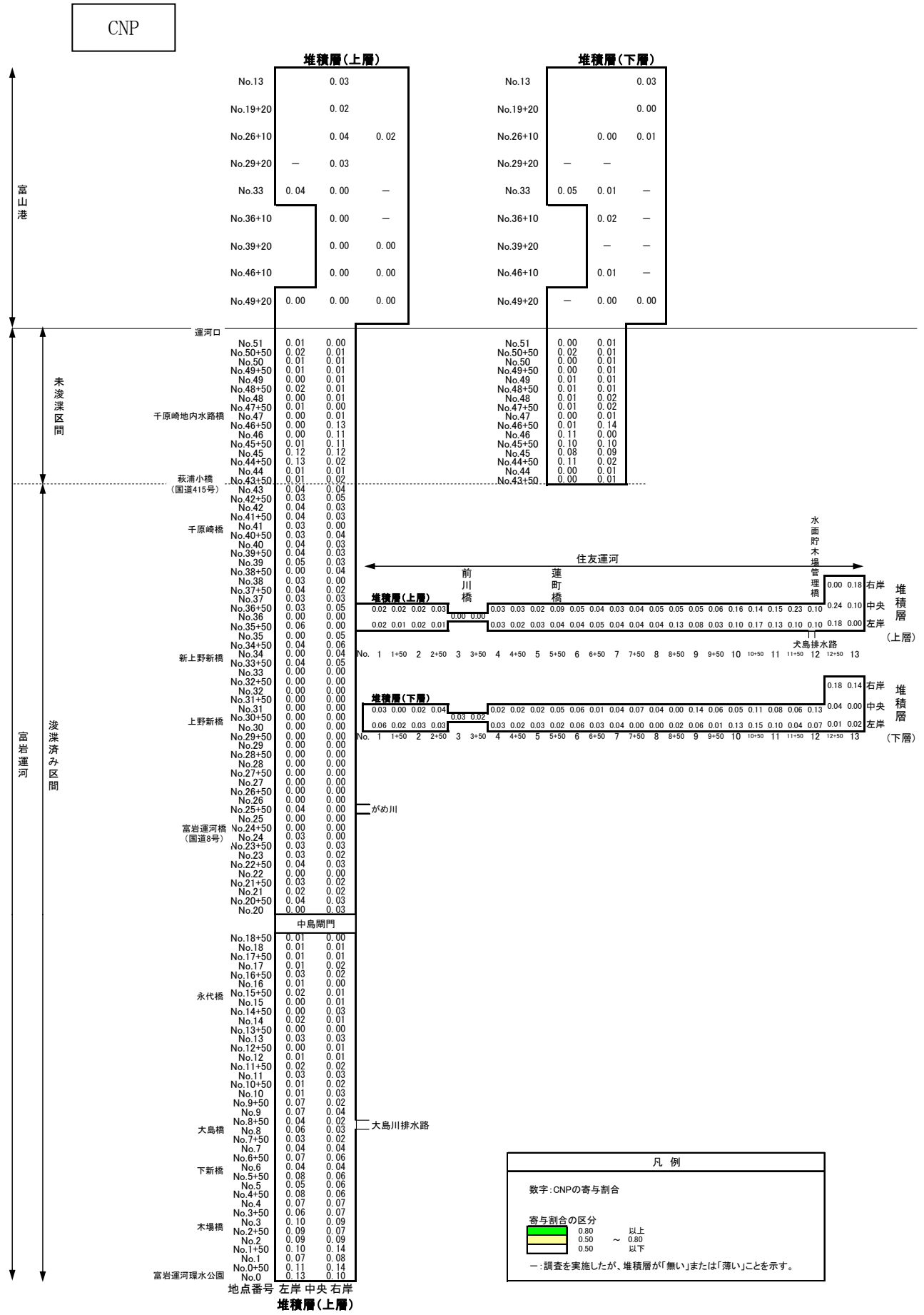


図8 (3) CNP由来の寄与割合の水平分布

PCP (全体)

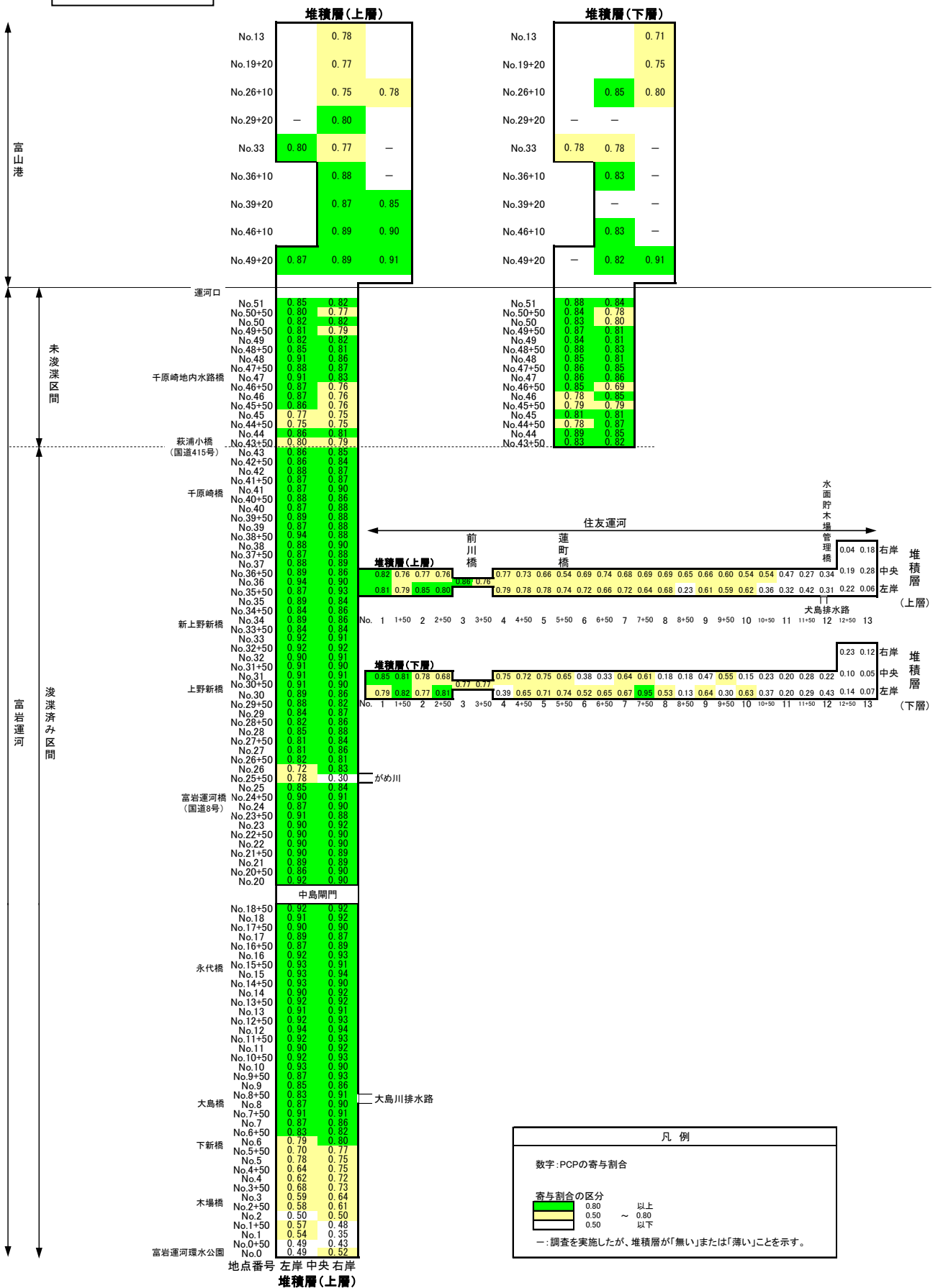


図8(4) PCP(全体)由来の寄与割合の水平分布

PCP (使用)

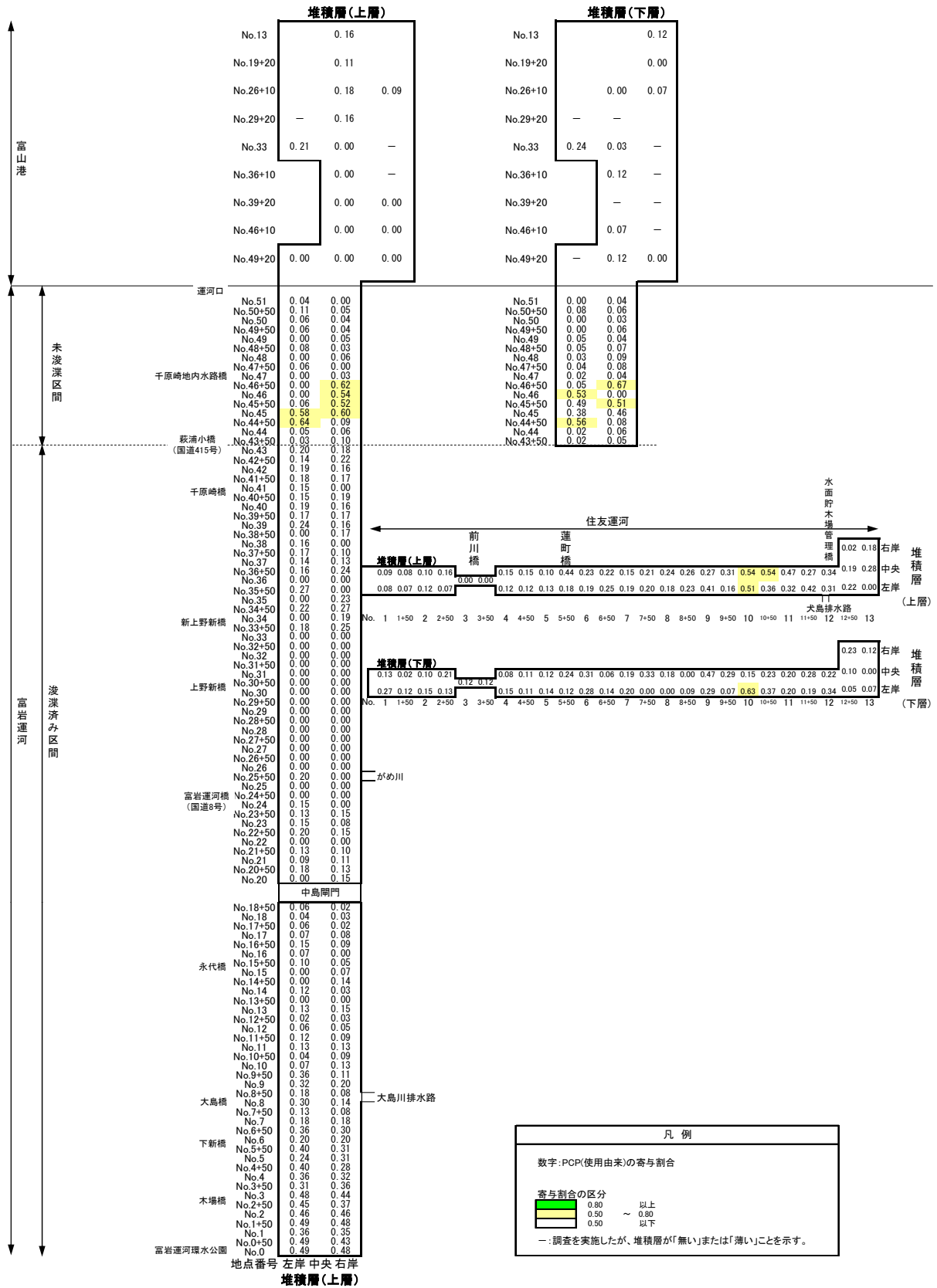


図 8 (5) PCP (使用由来) の寄与割合の水平分布

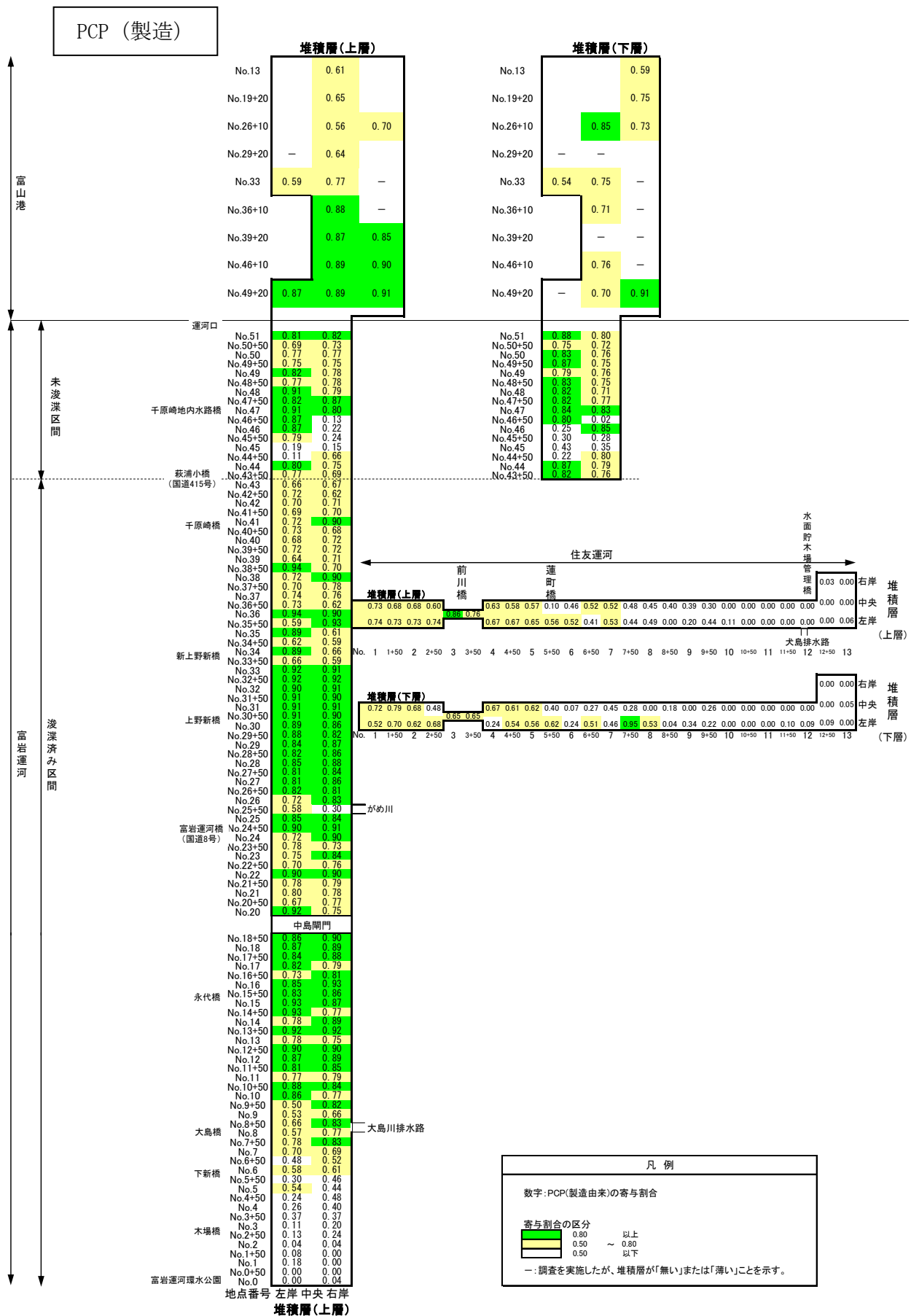


図8(6) PCP(製造由来)の寄与割合の水平分布

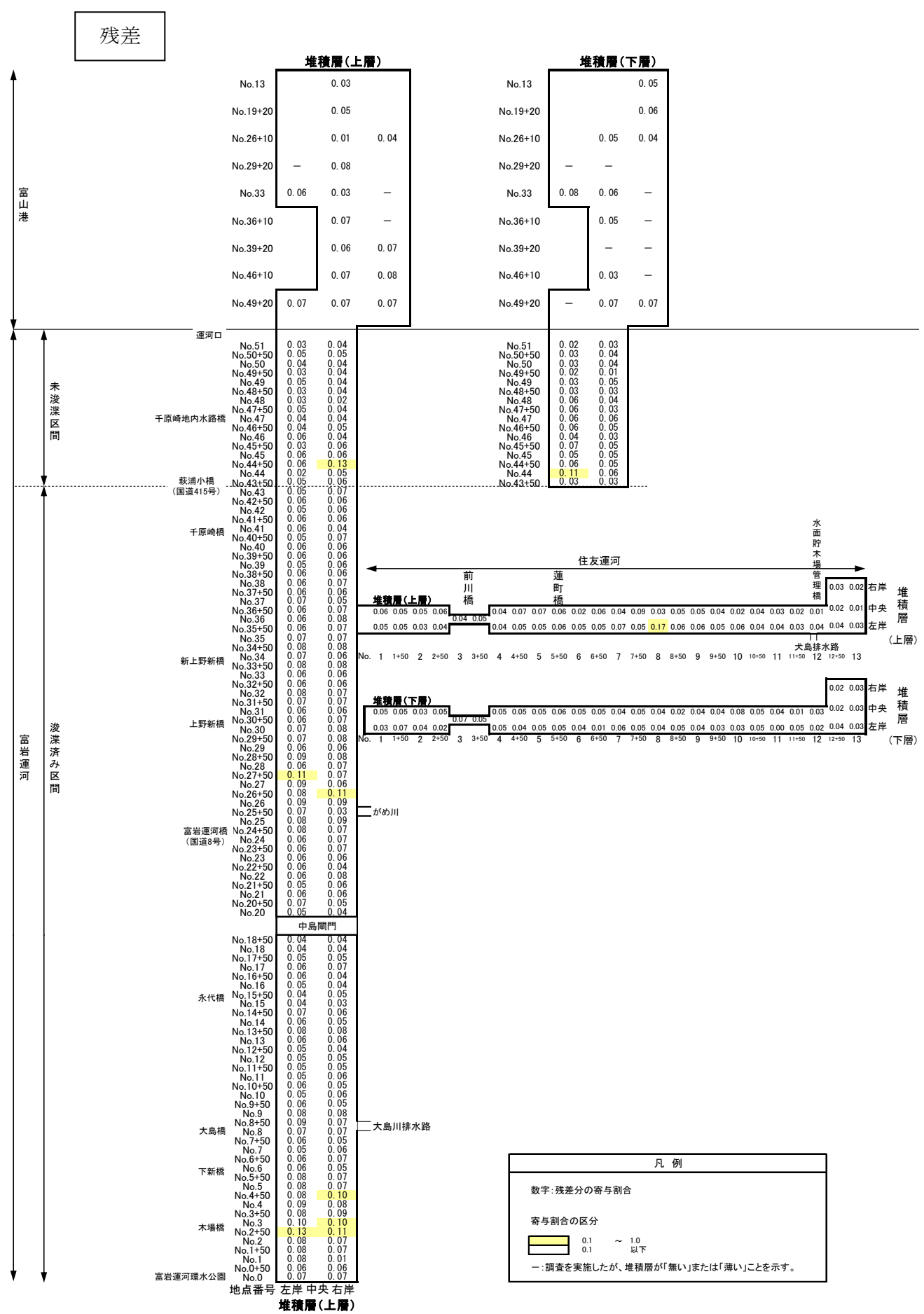


図8(7) 残差の寄与割合の水平分布

2. まとめ

富岩運河等におけるダイオキシン類の汚染原因については、過去のダイオキシン類の排出状況を完全に再現することは困難であることから、これまでの調査で得られた情報と現在の科学的知見から推定することが妥当であると考えられる。

各発生源の寄与割合の算出については、底質中のダイオキシン類の異性体組成を統計学的に解析する手法が、汚染の現状を最も反映しており、科学的にも信頼性が高いと考えられる。解析手法としては、重回帰分析が最も妥当であると考えられる。

以上のことから、本調査では、富岩運河等のダイオキシン類汚染の原因及び各発生源の寄与割合を、表16のとおり算定した。

なお、今回判明した汚染原因については、いずれもダイオキシン類に関する法規制や毒性等に関する知見がなかった過去における事業活動等によるものであり、これらが現在においても高濃度のダイオキシン類を排出していることを意味するものではない。

表16 富岩運河等におけるダイオキシン類の汚染原因及び寄与割合

発生源	原因者	汚染原因	寄与割合
PCP (製造由来)	事業者	PCP製造事業場におけるPCPの製造過程で、不純物として非意図的に生成されたダイオキシン類が工場排水とともに工場外へ排出され、富岩運河等に流入したものと推測される。 また、PCPの製造を停止した後も、PCP製造施設周辺や事業場内排水路等に溜まったダイオキシン類を含む土砂・底泥が雨水排水等とともに場外へ排出され、同様に富岩運河等に流入したものと推測される。	77.4%
PCP (使用由来)	農業者	過去に水田除草剤として広く使用されたPCP製剤中に不純物としてダイオキシン類が含まれていたことから、水田から農業用排水路を経由して富岩運河等に流入したものと推測される。	9.7%
CNP	農業者	過去に水田除草剤として広く使用されたCNP製剤中に不純物としてダイオキシン類が含まれていたことから、水田から農業用排水路を経由して富岩運河等に流入したものと推測される。	2.0%
燃焼	事業者等	過去に廃棄物の焼却等に伴って非意図的に発生したダイオキシン類が、ばいじん等に含まれて環境中に排出され、富岩運河等に直接降下または雨水等とともに流域内の排水路等を経由して富岩運河等に流入したものと推測される。	5.7%
PCB	事業者	過去に絶縁体等に広く利用されていたPCBに不純物としてダイオキシン類が含まれていたことから、PCB含有製品の取扱い過程で何らかの原因により環境中に排出され、雨水等により流域内の排水路等を経由して富岩運河等に流入したものと推測される。	0.04%
不明分	不明	環境試料や発生源情報の分析誤差、未知発生源等に由来するものであり、現在の知見では原因を特定することは困難である。	5.2%
合計			100%

注：各発生源の寄与割合については、富岩運河等におけるダイオキシン類の現存堆積量240g-TEQに占める割合である。